# ผลของระยะเวลาการนึ่งและอุณหภูมิอบแห้งข้าวไรซ์เบอร์รี่ต่อสารต้านอนุมูลอิสระ

# Effect of Parboiling Times and Temperatures Drying of Riceberry on Antioxidant Activity

**ประไพ บางเชย[1] ชัยวัฒน์ บรรใดเพ็ชร[1] กฤตนัย แก้วยศ[2] และ ชัยยงค์ เตชะไพโรจน์[1]***
**Prapai Bangchay[1], Chaiwat Bandaiphet[1], Krittanai Kaewyot[2] and Chaiyong Taechapairoj[1]***
Received date: 18 ส.ค. 65 Revised date: 29 พ.ค. 66 Accepted date: 8 ก.ค. 66
DOI: https://doi.org/10.55003/kmaj.2024.08.16.002

## บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์คือเพื่อศึกษาผลของการนึ่งที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส ระยะเวลา 10, 20 และ 30 นาที และอบแห้งที่อุณหภูมิ 50, 60 และ 70 องศาเซลเซียส ของข้าวไรซ์เบอร์รี่ต่อสารต้านอนุมูลอิสระ โดยความชื้นสุดท้ายอยู่ระหว่าง 15-16 % มาตรฐานแห้ง ผลการศึกษาพบว่ามีค่าสี L*, a* และ b* อยู่ระหว่าง 29.53-32.74, 0.88-1.00 และ 0.14-0.18 ตามลำดับ โดยเมื่อผ่านการนึ่งและการอบแห้งพบว่า ปริมาณฟีนอลลิกทั้งหมดลดลงอยู่ระหว่าง 10.00-10.90 mgGAE/g ส่วน %DPPH scavenging activity ลดลงอยู่ระหว่าง 69.52-81.80% และปริมาณ ferric-reducing antioxidant power ลดลงอยู่ระหว่าง 7.14-7.99 mg$FeSO_4$/g เมื่อเปรียบเทียบกับข้าวอ้างอิง โดยการนึ่ง 10 นาที และการอบแห้งที่ 50 องศาเซลเซียส จะเหมาะสมที่สุดในการศึกษานี้

**คำสำคัญ:** การนึ่ง การอบแห้ง ไรซ์เบอร์รี่ สารต้านอนุมูลอิสระ

## Abstract

The aim of this research was to investigate the effect of parboiling riceberry at 100°C for 10, 20 and 30 minutes and drying at 50, 60 and 70°C on antioxidant activity. The moisture content of parboiled rice was approximately of 15 - 16% db. The experimental results showed that color L*, a* and b* were in the range of 29.53 - 32.74, 0.88 - 1.00 and 0.14 - 0.18, respectively. The total phenolic content, %DPPH scavenging activity and ferric reducing antioxidant power (FRAP) of riceberry after process were decreased in the range of 10.00 - 10.90 mgGAE/g, 69.52 - 81.80% and 7.14 - 7.99 mg$FeSO_4$/g, respectively, when compared to reference rice. Parboiling for 10 min and drying at 50°C were the most suitable in this study.

**Keywords:** parboiling, drying, riceberry, antioxidant activity

## คำนำ

ข้าว (*Oryza sativa* L.) ถือว่าเป็นอาหารหลักและพืชเศรษฐกิจประเทศไทย และแน่นอนว่าไม่ได้มีเพียงแค่ข้าวขาว ประเทศไทยยังมีข้าวสีอื่น ๆ หลายสายพันธุ์ที่ปลูกในประเทศไทย ซึ่งเม็ดสีที่อยู่ในข้าวมีรายงานว่าเป็นแหล่งของสารพฤกษเคมี (Phytonutrients) ที่มีประโยชน์ต่อร่างกายรวมไปถึงสารต้านอนุมูลอิสระ (Chen and Bergman, 2005) ซึ่งข้าวไรซ์เบอร์รี่ (Riceberry) ก็ถือว่าเป็นหนึ่งในข้าวที่มีสีและได้รับความนิยมในประเทศไทยที่สูงมาก เนื่องจากมีปริมาณสารต้านอนุมูลอิสระที่สูง (Wang et al., 2010) โดยลักษณะข้าวไรซ์เบอร์รี่จะมีสีม่วงเข้ม สายพันธุ์ลูกผสมจากพันธุ์ข้าวหอมนิลและข้าวหอมมะลิ 105 (Kongkachuichai et al., 2013) นอกจากนี้ยังพบว่าข้าวไรซ์เบอร์รี่มีธาตุเหล็กสูงและระดับน้ำตาลต่ำ สามารถใช้เป็นอาหารเสริมสำหรับผู้ป่วยโรคโลหิตจางและเบาหวานได้ (Leardkamolkarn et al., 2011)

[1] ภาควิชาเทคโนโลยีชีวภาพ คณะวิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยศิลปากร จังหวัดนครปฐม 73000
[2] กลุ่มงานวิจัยและพัฒนา สถาบันจิตเวชศาสตร์สมเด็จเจ้าพระยา กรมสุขภาพจิต กรุงเทพมหานคร 10600
[1] Department of Biotechnology, Faculty of Engineering and Industrial technology, Silpakorn University, Nakhon Pathom 73000
[2] Division of Research and Development, Somdet Chaopraya Institute of Psychiatry, Department of Mental Health, Bangkok 10600
*Corresponding author: chaiyong_t@yahoo.com

โดยปัจจุบันข้าวไรซ์เบอร์รี่ได้ถูกนำมาแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์เพื่อสุขภาพต่าง ๆ แต่กระบวนการแปรรูปจะมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงสารอาหารในผลิตภัณฑ์ โดยข้าวนึ่ง (Parboiling Rice) เป็นการแปรรูปผลิตภัณฑ์อย่างนึ่ง โดยการนำข้าวผ่านกระบวนการไฮโดรเทอร์มอลซึ่งประกอบด้วยการแช่ การทำให้เกิดเจลาติไนเซชัน (Gelatinization) และการคายน้ำ (Dehydration) ซึ่งจะเปลี่ยนคุณสมบัติทางเคมี กายภาพ โภชนาการ การปรุงอาหาร และคุณสมบัติทางประสาทสัมผัสของเมล็ดข้าว โดยจะลดความเหนียวของข้าว และทำให้สีเข้มขึ้น (Liu et al., 2020) นอกจากนี้ การผลิตข้าวนึ่งมีจุดประสงค์เพื่อลดปริมาณข้าวหักระหว่างการสี ลดการสูญเสียสารอาหารบางส่วนของเมล็ดข้าว และเพิ่มคุณค่าทางโภชนาการของข้าวในระหว่างขั้นตอนการผลิต ตลอดจนช่วยยืดอายุการเก็บรักษาของข้าว และเพิ่มคุณค่าการใช้ประโยชน์จากข้าว (Bhattacharya, 1985; Champagne, 2004) โดยข้าวหลังจากนำมาผ่านกระบวนการแช่แล้ว ข้าวจะมีความชื้นที่สูงและจะมีปริมาณของจุลินทรีย์ที่สูงซึ่งเกิดขึ้นที่ผิวของข้าว จึงต้องนำมาผ่านกระบวนการอบแห้ง เพื่อลดความชื้นภายในข้าวและทำให้สามารถนำมาเก็บรักษาได้นานขึ้น และแน่นอนว่าพารามิเตอร์ที่สำคัญของการแช่และการอบแห้งเป็นสิ่งสำคัญในการพัฒนาหรือปรับปรุงผลิตภัณฑ์จากข้าวไรซ์เบอร์รี่

การนึ่งเป็นการรักษาความชื้นด้วยความร้อนประกอบด้วยขั้นตอนหลัก ๆ คือ 1) การแช่ข้าวจนถึงความชื้นอิ่มตัว 2) การนึ่งหรือต้ม และ 3) การอบแห้งข้าวนึ่งด้วยแสงแดดหรือเตาอบจนปริมาณความชื้นลดลงเหลือน้อยกว่า 14% (Ayamdoo et al., 2013) ในกระบวนการนึ่งข้าวจะส่งผลให้เกิดการเปลี่ยนแปลงของคุณค่าทางโภชนาการ เม็ดสี วิตามินและแร่ธาตุ ซึ่งทำให้ข้าวนึ่งที่ผ่านการขัดสีมีคุณค่าทางโภชนาการมากขึ้น นอกจากนี้ยังสามารถเพิ่มความแข็งของข้าวเพื่อให้มีเมล็ดข้าวหักน้อยลง (Elbert et al., 2001) จากการทบทวนวรรณกรรมการนึ่งหรือการอบแห้งข้าวไรซ์เบอร์รี่จะพบเป็นการอบแห้งแบบลูกกลิ้งทรงกระบอก (Drum drying) (Wiriyawattana et al., 2018) หรือการอบแห้งแบบไอน้ำร้อนยวดยิ่ง (Superheated Steam) (Boonmawat et al., 2019) ส่วนการนึ่งและการอบแห้งข้าวไรซ์เบอร์รี่ยังมีอยู่ค่อนข้างจำกัด ดังนั้นการศึกษาผลของการนึ่งและการอบแห้งข้าวไรซ์เบอร์รี่ต่อสารต้านอนุมูลอิสระ สามารถใช้ผลการวิจัยเป็นแนวทางในการพัฒนาผลิตภัณฑ์จากข้าวไรซ์เบอร์รี่ที่อุดมไปด้วยสารอาหารและสารต้านอนุมูลอิสระต่อไป

## วิธีการศึกษา

**การเตรียมวัตถุดิบ**

ใช้ข้าวเปลือกสายพันธุ์ไรซ์เบอร์รี่ จากเขตภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ประเทศไทย เข้าสู่กระบวนการแช่น้ำที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส ระยะเวลา 6 ชั่วโมง จากนั้นนำไปนึ่งที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส แบ่งเป็นระยะเวลา 10, 20 และ 30 นาที และอบแห้งที่อุณหภูมิต่าง ๆ คือ 50, 60 และ 70 องศาเซลเซียส จนได้ความชื้นสุดท้ายอยู่ระหว่าง 15-16% มาตรฐานแห้ง (%db.) ส่วนข้าวอ้างอิง (Reference) จะผ่านกระบวนการแช่น้ำที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส ระยะเวลา 6 ชั่วโมง ไม่ผ่านกระบวนการนึ่งและการอบแห้ง โดยใช้อากาศแวดล้อม (Ambient Air) ในการลดความชื้นจนได้ความชื้นสุดท้ายอยู่ระหว่าง 15-16% มาตรฐานแห้ง (% db.) จากทำการทดลองซ้ำ 3 ครั้ง

**การวิเคราะห์ทางกายภาพ**

**การวิเคราะห์ปริมาณความชื้น**

การวิเคราะห์ปริมาณความชื้นตามมาตรฐานของ AACC (American Association Cereal Chemistry, 1995) มีขั้นตอนดังนี้ ชั่งน้ำหนักของข้าวเปลือก 50 กรัม ใส่ในกระป๋องความชื้น (Moisture Can) อบลมร้อนอุณหภูมิ 103 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 72 ชั่วโมง จากนั้นใส่ในโถดูดความชื้น 45 นาที ชั่งน้ำหนักอีกครั้งจนกระทั่งมีน้ำหนักคงที่ แล้วคำนวณเป็นความชื้นมาตรฐานแห้ง (%db.) จากทำการทดลองซ้ำ 3 ครั้ง

**การวัดสี**

การวัดสี โดยนำข้าวที่ผ่านการกะเทาะเปลือกแล้ว 50 กรัม นำมาวัดสีด้วยเครื่อง Colorimeter (NR200 Precision Colorimeter, China) โดยปริมาณที่วัดได้นั้นจะอ้างอิงตามระบบ CIE Lab Scale รายงานผลในรูปของ L*, a*, b* ซึ่งทั้ง 3 ค่าเป็นการแสดงการวัดค่าสีโดยที่ค่า L* คือค่าความสว่าง (Lightness) มีค่าความสว่างมากเมื่อเข้าใกล้ 100 และมีความมืดเมื่อเข้าใกล้ 0

ค่า a* คือค่าความเป็นสีเขียว (Greenness) เมื่อมีค่าเป็นลบและมีค่าความเป็นสีแดง (Redness) เมื่อมีค่าเป็นบวก และค่า b* คือค่าความเป็นสีเหลือง (Yellowness) เมื่อมีค่าเป็นบวกและค่าความเป็นสีน้ำเงิน (Blueness) เมื่อมีค่าเป็นลบ จากทำการทดลองซ้ำ 3 ครั้ง

**การวิเคราะห์ทางเคมี**

**การสกัดตัวอย่าง**

การสกัดตัวอย่างจากวิธีการของ Skerget et al. (2005) โดยนำข้าวที่บดให้ละเอียดน้ำหนัก 5 กรัม ผสม 70% เอทานอล 25 มิลลิลิตร จากนั้นนำไปกวน 20 นาที และปั่นเหวี่ยงที่ 3500 g ระยะเวลา 10 นาที เก็บส่วนใสแล้วนำตะกอนที่เหลือสกัดซ้ำ แล้วนำส่วนใสมารวมกัน จากนั้นกรองสารที่สกัดได้ด้วยกระดาษกรอง Whatman No.5 และระเหยตัวทำละลายด้วยเครื่อง Rotary evaporator ที่อุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส ให้เหลือปริมาตรสุดท้าย 5 มิลลิลิตร

**การวิเคราะห์ปริมาณ Total Phenolic Content (TPC)**

การวิเคราะห์ปริมาณ Total Phenolic Content จากวิธีการของ Shao et al. (2014) นำสารสกัดตัวอย่าง 200 ไมโครลิตร เติม Folin-Ciocalteu's reagent ที่เจือจาง 10 เท่า ปริมาตร 1.5 มิลลิลิตร ระยะเวลา 5 นาที จากนั้นเติม 7.5% (w/v) $Na_2CO_3$ 1.5 มิลลิลิตร แล้วนำไปบ่มที่ห้องมืดอุณหภูมิห้อง ระยะเวลา 2 ชั่วโมง แล้วนำไปวัดค่าการดูดกลืนแสงด้วยเครื่อง spectrophotometer ที่ความยาวคลื่น 725 นาโนเมตร คำนวนผลเป็น mg GAE/g Dry Weight จากทำการทดลองซ้ำ 3 ครั้ง

**การวิเคราะห์ DPPH Radical Scavenging Activity**

การวิเคราะห์ DPPH Radical Scavenging Activity จากวิธีการของ Shao et al. (2014) นำสารสกัดตัวอย่าง 100 ไมโครลิตร ผสมสารละลาย DPPH ความเข้มข้น 100 ไมโครโมล/ลิตร ปริมาตร 1.5 มิลลิลิตร บ่มไว้ในที่มืดนาน 30 นาที ที่อุณหภูมิห้อง และนำไปวัดค่าการดูดกลืนแสงด้วยเครื่อง Spectrophotometer ที่ความยาวคลื่น 517 นาโนเมตร โดยใช้สาร Trolox เป็นสารมาตรฐาน คำนวณผลเป็น %DPPH Scavenging Activity จากทำการทดลองซ้ำ 3 ครั้ง

**การวิเคราะห์ Ferric-reducing Antioxidant Power (FRAP)**

การวิเคราะห์ Ferric-reducing Antioxidant Power (FRAP) จากวิธีการของ Deng et al. (2013) นำสารสกัดตัวอย่าง 100 ไมโครลิตร ผสมกับสารสะลาย FRAP ปริมาตร 3 มิลลิลิตร ทิ้งไว้เกิดปฏิกิริยาที่อุณหภูมิห้อง 4 นาที และนำไปวัดค่าการดูดกลืนแสงด้วยเครื่อง Spectrophotometer ที่ความยาวคลื่น 593 นาโนเมตร คำนวณผลเป็น mg$FeSO_4$/g Dry Weight จากทำการทดลองซ้ำ 3 ครั้ง

**การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ**

วิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติด้วยโปรแกรมสำเร็จรูปทางสถิติ โดยวิเคราะห์ความแตกต่างระหว่างข้าวอ้างอิงกับข้าวที่ผ่านกระบวนการนึ่งและการอบแห้งด้วยวิธี One-way ANOVA เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยรายคู่ด้วยวิธี Least Significant Difference (LSD) กำหนดนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

## ผลการศึกษาและวิจารณ์

**ปริมาณความชื้น**

จาก Figure 1A-1C แสดงการเปลี่ยนแปลงปริมาณความชื้นของข้าวไรซ์เบอร์รี่ที่ระยะเวลาในการนึ่งและอุณหภูมิการอบแห้งต่าง ๆ พบว่า ความชื้นเริ่มต้นของตัวอย่างที่ผ่านกระบวนการนึ่งเฉลี่ยเท่ากับ 38.68 ± 2.09 %db. และเมื่อผ่านการอบแห้งปริมาณความชื้นที่ระยะเวลาต่าง ๆ ของการนึ่งที่ 10, 20 และ 30 นาที พบปริมาณความชื้นไม่แตกต่างกัน แต่เมื่ออุณหภูมิในการอบแห้งมากขึ้น ทำให้ระยะเวลาในการอบแห้งสั้นลง โดยต้องการความชื้นสุดท้ายอยู่ระหว่าง 15-16 %db. ซึ่งการอบแห้งที่อุณหภูมิ

50 องศาเซลเซียส (Figure 1A) จะใช้เวลา 20 นาที อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส (Figure 1B) จะใช้เวลา 18 นาที และอุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส (Figure 1C) จะใช้เวลา 10 นาที โดยใช้ตัวอย่างดังกล่าวไปวิเคราะห์ต่อไป

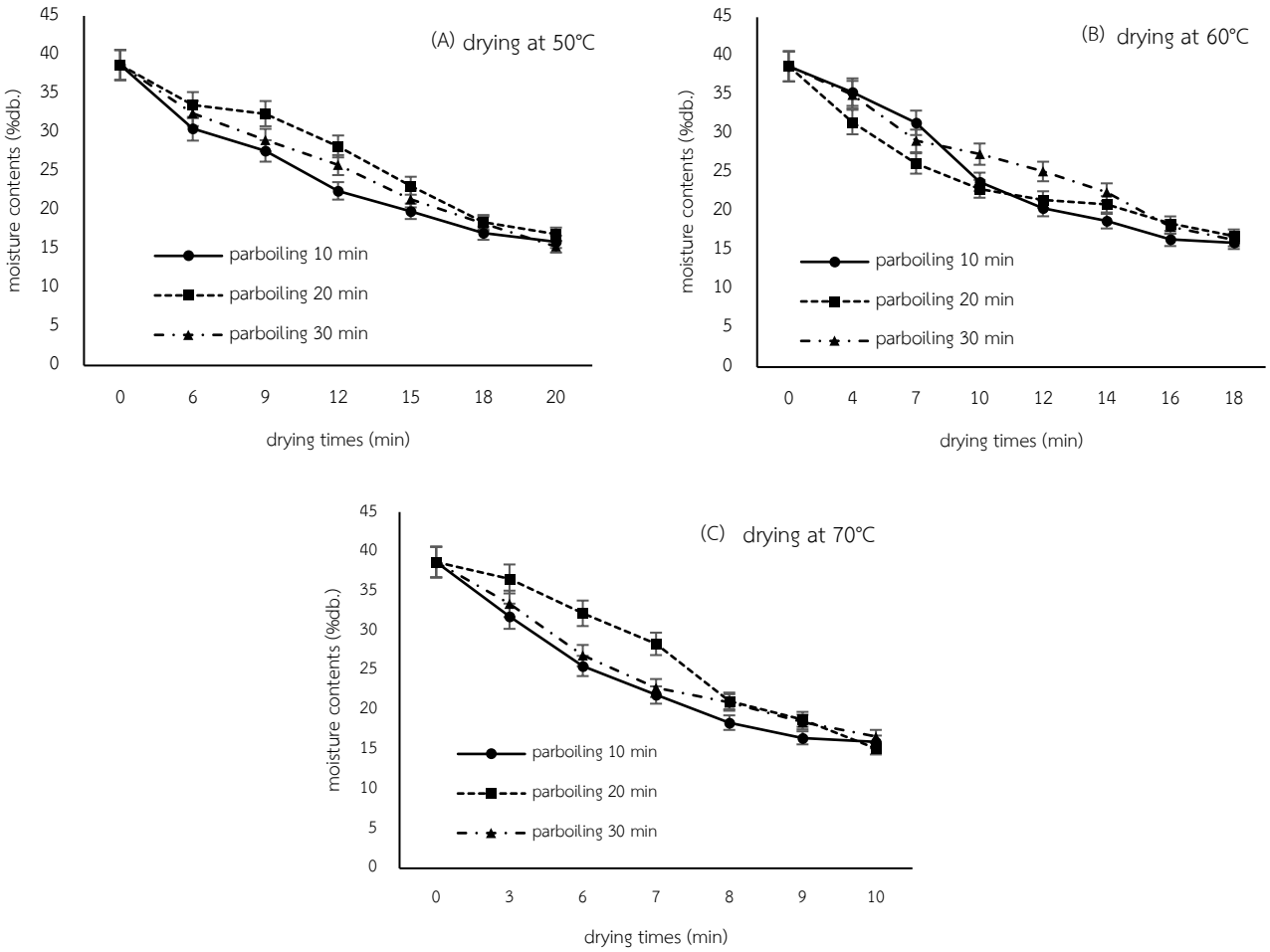


**Figure 1A-1C** Changes in moisture content of riceberry at different parboiling times and drying temperatures

**ค่าสี**

จาก Table 1 แสดงค่าสีของข้าวไรซ์เบอร์รี่ที่ผ่านกระบวนการนึ่งและการอบแห้ง พบว่า ในส่วนของค่าสี L* มีค่าอยู่ระหว่าง 29.53-33.03 ซึ่งไม่แตกต่างกับค่าสี L* ของข้าวอ้างอิง (32.23-32.78) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 ส่วนค่าสี a* มีค่าอยู่ระหว่าง 0.88-1.00 ซึ่งไม่แตกต่างกับค่าสี a* ของข้าวอ้างอิง (0.96-1.01) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 และค่าสี b* มีค่าอยู่ระหว่าง 0.14-0.17 ซึ่งเพิ่มขึ้นเมื่อเทียบกับค่าสี a* ของข้าวอ้างอิง (0.05-0.06) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 เนื่องจากตัวอย่างมีการผ่านความร้อนทำให้มีสีที่เข้มขึ้นได้ สอดคล้องกับการศึกษาของ Hu et al. (2017) ที่ศึกษาผลของการนึ่งต่อสารประกอบทางชีวภาพและสารต้านอนุมูลอิสระในข้าวแดงงอก พบว่า การผ่านกระบวนการนึ่งทำให้ค่าสีเพิ่มขึ้น อันเนื่องมาจากการเปลี่ยนแปลงเม็ดสีจากเอ็มบริโอเป็นชั้นสีน้ำตาลของเอนโดสเปิร์ม (Sirisoontaralak et al., 2015) นอกจากนี้ยังสามารถอธิบายได้ว่า การเปลี่ยนแปลงสีของตัวอย่าข้าวไรซ์เบอร์รี่อาจเกิดจากการเปลี่ยนแปลงของลักษณะพื้นผิวของวัสดุเมื่อสัมผัสกับอุณหภูมิสูงในระหว่างกระบวนการอบแห้งจึงเกิดการกระตุ้นให้เกิดสีน้ำตาลแบบไม่ใช้เอนไซม์ซึ่งนำไปสู่การเกิดสีที่เข้มขึ้น (Dao, 2015)

**Table 1** Change in color of riceberry after processing

| Drying temperatures | Parboiling times | Color | | |
|---|---|---|---|---|
| | | L*$^{ns}$ | a*$^{ns}$ | b* |
| Raw | - | 32.23±0.01 | 1.01±0.01 | 0.05±0.01$^{a}$ |
| Reference | - | 32.78±0.01 | 0.96±0.01 | 0.06±0.01$^{a}$ |
| 50°C | 10 min | 32.08±0.01 | 0.95±0.01 | 0.14±0.01$^{b}$ |
| | 20 min | 29.53±5.19 | 0.94±0.02 | 0.15±0.01$^{b}$ |
| | 30 min | 31.65±0.53 | 0.94±0.02 | 0.16±0.02$^{b}$ |
| 60°C | 10 min | 31.17±0.32 | 0.98±0.02 | 0.14±0.01$^{b}$ |
| | 20 min | 31.28±0.45 | 0.95±0.01 | 0.17±0.02$^{b}$ |
| | 30 min | 32.06±0.04 | 1.00±0.03 | 0.18±0.05$^{b}$ |
| 70°C | 10 min | 32.74±1.47 | 0.88±0.01 | 0.17±0.01$^{b}$ |
| | 20 min | 33.03±0.01 | 0.89±0.01 | 0.17±0.01$^{b}$ |
| | 30 min | 32.67±0.01 | 0.90±0.01 | 0.14±0.01$^{b}$ |

$^{a,b}$Different superscripts in column mean that the values are significantly different ($p < 0.05$), ns = not significant

**ปริมาณ Total Phenolic Content (TPC), DPPH Radical Scavenging Activity และ Ferric-reducing Antioxidant Power (FRAP)**

จาก Table 2 แสดงปริมาณ Total Phenolic Content (TPC), DPPH Radical Scavenging Activity และ Ferric-reducing Antioxidant Power (FRAP) ของข้าวไรซ์เบอร์รี่ที่ผ่านกระบวนการนึ่งและการอบแห้ง พบว่าในส่วนของปริมาณ Total Phenolic Content (TPC) น้อยกว่าเมื่อเปรียบเทียบกับข้าวอ้างอิง (19.02-19.79 mg GAE/g dry weight) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 แต่เมื่อเปรียบเทียบระยะเวลาในการนึ่งและอุณหภูมิในการอบแห้ง พบว่าไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 มีค่าอยู่ระหว่าง 10.00-10.90 mg GAE/g dry weight โดยใกล้เคียงกับการศึกษาของ Luang-In et al. (2018) ที่ศึกษาปริมาณ TPC ในข้าวไรซ์เบอร์รี่ที่หักและน้ำมันข้าวไรซ์เบอร์รี่ อยู่ประมาณ 9.94 mg GAE/g extract

ส่วน %DPPH Scavenging Activity น้อยกว่าเช่นเดียวกันเมื่อเปรียบเทียบกับข้าวอ้างอิง (84.54-85.58%) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 และเมื่อเปรียบเทียบระยะเวลาในการนึ่งและอุณหภูมิในการอบแห้ง พบว่าที่การอบแห้งอุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส ระยะเวลาการนึ่ง 30 นาที %DPPH Scavenging Activity จะลดลงอยู่ที่ 75.68% และที่การอบแห้งอุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส ระยะเวลาการนึ่ง 30 นาที %DPPH Scavenging Activity จะลดลงอยู่ที่ 69.52% ซึ่งแตกต่างกับระยะเวลาการนึ่งและอุณหภูมิการอบแห้งอื่น ๆ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 โดยภาพรวมจะมีค่าอยู่ระหว่าง 69.52-81.80% และปริมาณ Ferric-reducing Antioxidant Power (FRAP) น้อยกว่าเช่นเดียวกันเปรียบเทียบกับข้าวอ้างอิง (9.17-9.22 mg$FeSO_4$/g dry weight) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 แต่เมื่อเปรียบเทียบระยะเวลาในการนึ่งและอุณหภูมิในการอบแห้ง พบว่า ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 มีค่าอยู่ระหว่าง 7.14-7.99 mg$FeSO_4$/g Dry Weight ซึ่งเกิดจากปฏิกิริยา reduction ของ $Fe^{3+}$ ที่อยู่ในรูป $Fe^{3+}$-TPTZ เมื่อถูกรีดิวซ์จะเกิดเป็น $Fe^{2+}$-TPTZ ซึ่งถ้าเกิด $Fe^{2+}$-TPTZ มากแสดงว่ามีความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระได้ (Benzie & Strain, 1999) ทั้งนี้เนื่องจากการผ่านความร้อนในกระบวนการนึ่งและการอบแห้งส่งผลให้สารต้านอนุมูลอิสระสูญเสียสภาพไปบ้าง ส่งผลให้ ปริมาณ Total Phenolic Content (TPC), DPPH Radical Scavenging Activity และ Ferric-reducing Antioxidant Power (FRAP) มีค่าลดลงจากข้าวอ้างอิง ซึ่งสารดังกล่าวเป็นรงควัตถุที่ละลายน้ำได้ และไม่เสถียรจึงสลายตัวได้ง่ายเมื่อได้รับความร้อน (Jongjitt et al., 2017) ซึ่งจากการศึกษาของ Leardkamolkarn et al., (2011) กล่าวว่าข้าวไรซ์เบอร์รี่มีสารประกอบที่มีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ เช่น ฟีนอลและแอนโทไซยานินในปริมาณสูง ซึ่งสาร

ดังกล่าวมีรายงานว่าสามารถสลายตัวได้เร็วเมื่อถูกความร้อนที่สูงขึ้นและ pH ที่ลดลง (Hou et al., 2013) นอกจากนี้ Nayak et al. (2011) ได้รายงานว่าการสลายตัวของสารต้านอนุมูลอิสระอาจเกิดจากการก่อตัวของสารประกอบสีน้ำตาลผ่านปฏิกิริยา Maillard ที่อุณหภูมิสูง

**Table 2** Total Phenolic Content (TPC), DPPH Radical Scavenging Activity และ Ferric-reducing Antioxidant Power (FRAP) of riceberry after processing

| Drying temperatures | Parboiling times | TPC (mg GAE/ g dry weight) | %DPPH scavenging activity | FRAP (mg$FeSO_4$ / g dry weight) |
|---|---|---|---|---|
| Raw | - | 19.02±0.04[a] | 84.54±0.02[a] | 9.17±0.85[a] |
| Reference | - | 19.79±0.01[a] | 85.58±0.04[a] | 9.22±0.74[a] |
| 50°C | 10 min | 10.00±0.06[b] | 81.80±0.14[b] | 7.64±0.04[b] |
| | 20 min | 10.81±0.11[b] | 80.19±0.13[b] | 7.23±0.33[b] |
| | 30 min | 10.38±0.10[b] | 75.68±0.15[c] | 7.18±0.31[b] |
| 60°C | 10 min | 10.90±0.08[b] | 79.68±0.21[b] | 7.52±0.11[b] |
| | 20 min | 10.13±0.02[b] | 80.88±0.18[b] | 7.48±0.13[b] |
| | 30 min | 10.14±0.15[b] | 79.65±0.15[b] | 7.97±0.10[b] |
| 70°C | 10 min | 10.11±0.09[b] | 76.31±0.15[c] | 7.19±0.17[b] |
| | 20 min | 10.10±0.09[b] | 76.03±0.20[c] | 7.14±0.73[b] |
| | 30 min | 10.62±0.13[b] | 69.52±0.26[d] | 7.99±0.43[b] |

[a,b]Different superscripts mean that the values are significantly different ($p < 0.05$)

## สรุปผลการศึกษา

เมื่อนำข้าวไรซ์เบอร์รี่เข้าสู่กระบวนการการนึ่งและกระบวนการอบแห้งให้มีปริมาณความชื้นสุดท้ายอยู่ระหว่าง 15-16 %db. ซึ่งการอบแห้งที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส จะใช้เวลา 20 นาที ได้ปริมาณความชื้น 15.92-16.90%db อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส จะใช้เวลา 18 นาที ได้ปริมาณความชื้น 15.99-16.86%db. และอุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส จะใช้เวลา 10 นาที ได้ปริมาณความชื้น 15.14-16.65%db. โดยมีค่าสี L* อยู่ระหว่าง 29.53-32.74 และ a* อยู่ระหว่าง 0.88-1.00 ซึ่งไม่แตกต่างจากข้าวอ้างอิง ยกเว้นค่าสี b* ที่มีค่าสีอยู่ระหว่าง 0.14-0.18 ซึ่งเพิ่มขึ้นเมื่อผ่านกระบวนการนึ่งและการอบแห้ง และเมื่อนำตัวอย่างไปวิเคราะห์คุณภาพทางเคมี พบว่า ปริมาณ Total Phenolic Content (TPC) ลดลงอยู่ระหว่าง 10.00-10.90 mg GAE/g dry weight ส่วน %DPPH Scavenging Activity ลดลงอยู่ระหว่าง 69.52-81.80% และปริมาณ Ferric-reducing Antioxidant Power (FRAP) ลดลงอยู่ระหว่าง 7.14-7.99 mg$FeSO_4$/g Dry Weight ซึ่งลดลงเมื่อผ่านกระบวนการนึ่งและการอบแห้ง แต่ยังถือว่าอยู่ในระดับที่ยอมรับได้ เนื่องจากมีความแตกต่างจากข้าวอ้างอิงหรือข้าวที่ไม่ผ่านกระบวนการเพียงเล็กน้อย ซึ่งการนึ่ง 10 นาที และการอบแห้งที่ 50 องศาเซลเซียส จะเหมาะสมที่สุดในการศึกษานี้ เพื่อศึกษาต่อยอดคุณภาพทางกายภาพ เช่น ร้อยละต้นข้าว (Head Rice Yield) ต่อไป

## เอกสารอ้างอิง


American Association Cereal Chemistry. (1995). **Approved Methods of the American Association Cereal Chemistry**. 9th ed. St.Paul.

Ayamdoo, A. J., Demuyakor, D., Dogbe, W., Owusu, R., & Ofosu, M. A. (2013). Effect of varying parboiling conditions on physical qualities of jasmine 85 and nerica 14 rice varieties. **American Journal of Food Technology**, 8, 31-42.

Benzie, I. F., & Strain, J. J. (1999). Ferric reducing/antioxidant power assay: Direct measure of total antioxidant activity of biological fluids and modified version for simultaneous measurement of total antioxidant power and ascorbic acid concentration. **Methods in Enzymology,** 299, 15-27.

Bhattacharya, K. R. (1985). Parboiling of rice. In: Juliano, B. O., ed. **Rice: Chemistry and Technology**. St. Paul.

Boonmawat, S., Ratphitagsanti, W., & Haruthaitanasan, V. (2019). Effect of superheated steam heating on quality and antioxidant activities of riceberry bran. **Agriculture and Natural Resources**, 53, 130-138.

Champagne, E. T. (2004). **Rice: Chemistry and Technology**. 3rd ed. The American Association of Cereal Chemists Inc.

Chen, M. H., & Bergman, C. J. (2005). A rapid procedure for analyzing rice bran tocopherol, tocotrienol and c-oryzanol contents. **Journal of Food Composition and Analysis,** 18, 319-331.

Dao, V. T. T. (2015). Optimization of drum drying process parameters for pumpkin powder production and its substitution in rice noodles. **Journal of Science**, 3, 149-160.

Deng, G. F., Lin, X., Xu, X., Gao, L., Xie, J., & Lia, H. (2013). Antioxidant capacities and total phenolic contents of 56 vegetables. **Journal of Functional Foods**, 5, 260-266.

Elbert, G., Tolaba, M. P., & Suárez, C. (2001). Effects of drying conditions on head rice yield and browning index of parboiled rice. **Journal of Food Engineering**, 47(1), 37-41.

Hou, Z., Qin, P., Zhang, Y., Cui, S., & Ren, G. (2013). Identification of anthocyanins isolated from black rice (Oryza sativa L.) and their degradation kinetics. **Food Research International**, 50(2), 691-697.

Hu, Z., Tang, X., Liu, J., Zhu, Z., & Shao, Y. (2017). Effect of parboiling on phytochemical content, antioxidant activity and physicochemical properties of germinated red rice. **Food Chemistry**, 214, 285-292.

Jongjitt, K., Donthuan, J., Prathumtet, J., Kaewkhamjan, P., & Kansuk, P. (2017). Determination of antioxidant, total phenolic compounds and facial cream formulation from Antidesma bunius extract. **Isan Journal of Pharmaceutical Sciences**, 13(Suppl.), 209-218.

Kongkachuichai, R., Prangthip, P., Surasiang, R., Posuwan, J., Charoensiri, R., Kettawan, A., & Vanavichit, A. (2013). Effect of riceberry oil (deep purple oil; *Oryza sativaindica*) supplementation on hyperglycemia and change in lipid profile in streptozotocin (STZ)-induced diabetic rats fed a high fat diet. **International Food Research Journal,** 20, 873-882.

Leardkamolkarn, V., Thongthep, W., Suttiarporn, P., Kongkachuichai, R., Wongpornchai, S., & Wanavijitr, A. (2011). Chemopreventive properties of the bran extracted from a newly developed Thai rice: The riceberry. **Food Chemistry,** 125(3), 978-985.

Liu, Q., Kong, Q., Li, X., Lin, J., Chen, H., Bao, Q., & Yuan, Y. (2020). Effect of mild-parboiling treatment on the structure, colour, pasting properties and rheology properties of germinated brown rice. **LWT,** 130, 109623.

Luang-In, V., Yotchaisarn, M., Somboonwatthanakul, I., & Deeseenthum, S. (2018). Bioactivities of organic riceberry broken rice and crude riceberry rice oil. **Thai Journal of Pharmaceutical Sciences,** 42(3), 161-168.

Sirisoontaralak, P., Nakornpanom, N. N., Koakietdumrongkul, K., & Panumaswiwath, C. (2015). Development of quick cooking germinated brown rice with convenient preparation and containing health benefits. **LWT**, 61(1), 138-144.

Shao, Y., Xu, F., Sun, X., Bao, J., & Beta, T. (2014). Identification and quantification of phenolic acids and anthocyanins as antioxidants in bran, embryo and endosperm of white, red and black rice kernels (*Oryza sativa* L.). **Journal of Cereal Science,** 59, 211–218.

Skerget, M., Kotnik, P., Hadolin, M., Hraš, A. R., Simonič, M., & Knez, Z. (2005). Phenols, proanthocyanidins, flavones and flavonols in some plant materials and their antioxidant activities. **Food Chemistry,** 89, 191-198.

Wang L., Xie, B., Shi, J., Xue, S., Deng, Q., Wei, Y., & Tian, B. (2010). Physicochemical properties and structure of starches from Chinese rice cultivars. **Food Hydrocolloids,** 24, 208-216.

Wiriyawattana, P., Suwonsichon, S., & Suwonsichon, T. (2018). Effects of drum drying on physical and antioxidant properties of riceberry flour. **Agriculture and Natural Resources**, 52, 445-450.