คุณค่าทางโภชนาการและสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพที่สำคัญในข้าวกล้องจากเชื้อพันธุกรรมข้าวไทย

Nutritional Value and Bioactive Compounds in Brown Rice from Rice Genetic Resources

ผกามาศ วงค์เตย์ [1),*] รัตนวรรณ จันทร์ศศิธร[1)] นฤมล เสือแดง[1)] กัลยาณี วงษ์พาศกลาง[1)]
ปราณี มณีนิล[2)] พีรพล ม่วงงาม[2)] จิตรา สุวรรณ์[2)] พิสูทธ์ บุญร่ม[2)]
Pakamas Wongtay[1),*] Rattanawan Jansasithorn[1)] Narumol Sueadang[1)] Kanyanee Wongphatkang[2)]
Pranee Maneenin[2)] Peerapon Moung-ngam[2)] Jittra Suwan[2)] Pisoot Boonrom[2)]

Abstract

The National Rice Seed Storage Laboratory for Genetic Resources (NRSSL) has collected a wide range of rice varieties; however, information on nutritional values and nutraceutical properties remains limited. This information could assist researchers, farmers, entrepreneurs, and consumers in identifying and promoting potential rice varieties while facilitating the development of value-added products. This research aims to evaluate the nutritional compositions and bioactive compounds in brown rice from The National Rice Seed Storage Laboratory for Genetic Resources (NRSSL) at Pathum Thani Rice Research Center, for further utilization and to enhance opportunities for adding value to rice. A total of 447 brown rice samples were analyzed for their nutritional compositions including protein and fat contents. Protein content ranged from 6.08 to 12.87% with Kaifa (G.S. No. 22045) and Met Mahkuea (G.S. No. 22087) containing over 12.8% of protein. Fat content ranged from 1.84 to 3.26 % with Niaw Piya (G.S. No. 9993) and E-mom (G.S. No.19334) showing the highest fat content. In addition, bioactive compounds including phenolic content, antioxidant activity, vitamin E and gamma-oryzanol were also measured. Phenolic content ranges from 98.53 to 999.25 mg/kg while the pigmented rice such as Lueang WaiL (G.S. No. 22142), Niaw Dam (G.S. No. 3359), Lueang Ta Saeng 107-17-96 (G.S. No. 951), Lueang Mueang Kan (G.S. No.11057), Niaw Loi (G.S. No. 4496), Ma Yaeng (G.S. No. 22763), Khao' Daeng Nak (G.S. No. 22140) and Kala Tae (G.S. No. 22026) contained high phenolics (>1,000 mg/kg) and are correlated to high antioxidant activity by DPPH method (>1,000 mg/kg). Vitamin E contents ranged from 10.71 to 56.32 mg/kg and the highest vitamin E contents were found in Khao Nahng Long (G.S. No. 9415), Soi Khao Soi Daeng (G.S. No. 5330), and E-mom (G.S. No. 19334). Gamma-oryzanol content ranged from 101.46 to 497.5 mg/kg, with the Leam Thong (G.S. No. 6672) and Dawk Tiw (G.S. No. 21597) varieties exhibiting the highest concentrations. This finding information could provide alternative options for consumers and support the development of new products. For instance, Kaifa and Met Makhuea rice varieties contain high protein which is a good source of essential amino acids with easily digestible, and non-allergenic. Additionally, the Niaw Loi, Ma Yaeng, and Khao' Daeng Nak rice varieties which contain high antioxidant activity, can be used as potential varieties to enhance the utilization and value of rice in the future.

Keywords: tradition rice varieties, brown rice, nutritional value, bioactive compounds, phenolic compound, antioxidant activity, vitamin E, gamma-oryzanol

Received: August 13, 2024/ Revised: March 10, 2025/ Accepted: March 10, 2025

* corresponding author E-mail: pakamas.w@rice.mail.go.th

[1)] สถาบันวิทยาศาสตร์ข้าวแห่งชาติ อ.เมือง จ.สุพรรณบุรี 72000 โทร. 0-3555-5340
Thailand Rice Science Institute, Mueang, Suphan Buri 72000 Tel. 0-3555-5340

[2)] ศูนย์วิจัยข้าวปทุมธานี อ.ธัญบุรี จ.ปทุมธานี 12110 โทร. 0-2577-1688
Pathum Thani Rice Research Center, Thanyaburi, Pathum Thani 12110 Tel. 0-2577-1688

บทคัดย่อ

เชื้อพันธุ์ข้าวหลากหลายสายเชื้อพันธุ์ได้มีการรวบรวมไว้ที่ศูนย์ปฏิบัติการและเก็บเมล็ดเชื้อพันธุ์ข้าวแห่งชาติ (ศขช.) ณ ศูนย์วิจัยข้าวปทุมธานี ยังขาดข้อมูลคุณค่าทางโภชนาการและโภชนเภสัช ซึ่งเป็นข้อมูลสำคัญสำหรับให้นักวิจัย และผู้สนใจในการเลือกสายเชื้อพันธุ์ที่โดดเด่นมาใช้ประโยชน์ต่อยอดการพัฒนาผลิตภัณฑ์ งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อให้ได้ข้อมูลคุณค่าทางโภชนาการและสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพที่สำคัญในเชื้อพันธุกรรมข้าวไทย ที่เก็บรวบรวมไว้ใน ศขช. โดยการศึกษาจากตัวอย่างเชื้อพันธุ์ข้าว 447 เชื้อพันธุ์ ประกอบด้วยข้าวที่มีเยื่อหุ้มเมล็ดสีน้ำตาล สีแดง และสีดำ ในรูปข้าวกล้องนำมาวิเคราะห์หาปริมาณโปรตีนและไขมัน ผลการวิเคราะห์พบปริมาณโปรตีน ตั้งแต่ร้อยละ 6.08-12.87 โดยเชื้อพันธุ์ไก่ฟ้า (G.S. No. 22045) และเม็ดมะเขือ (G.S. No. 22087) มีปริมาณโปรตีนมากกว่าร้อยละ 12.8 ปริมาณไขมันพบตั้งแต่ร้อยละ 1.84-3.26 โดยเชื้อพันธุ์เหนียวปียา (G.S. No. 9993) และอีมอม (G.S. No. 19334) มีปริมาณไขมันมาก ปริมาณสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพ ได้แก่ สารฟีนอลิก พบปริมาณตั้งแต่ 98.53-999.25 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ยกเว้นเชื้อพันธุ์เหลืองไว (G.S. No. 22142) เหนียวดำ (G.S. No. 3359) เหลืองตาแสง 107-17-96 (G.S. No. 951) เหลืองเมืองกาญจน์ (G.S. No. 11057) เหนียวลอย (G.S. No. 4496) หมาแหย่ง (G.S. No. 22763) ข้าวแดงหนัก (G.S. No. 22140) และกลาแต (G.S. No. 22026) ซึ่งเป็นข้าวที่มีเยื้อหุ้มเมล็ดสีแดงและสีดำ พบปริมาณสารฟีนอลิกมากกว่า 1,000 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม สอดคล้องกับปริมาณสารต้านอนุมูลอิสระเมื่อทดสอบด้วยวิธี DPPH มีค่ามากกว่า 1,000 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ส่วนปริมาณวิตามินอีพบตั้งแต่ 10.71-56.32 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม โดยเชื้อพันธุ์ขาวนางหลวง (G.S. No. 9415) สร้อยขาวสร้อยแดง (G.S. No. 5330) และอีมอม (G.S. No. 19334) พบปริมาณมาก สารแกมมาออไรซานอล พบปริมาณตั้งแต่ 101.46-497.5 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม โดยพบปริมาณมาก ในเชื้อพันธุ์แหลมทอง (G.S. No. 6672) และดอกติ้ว (G.S. No.21597) ข้อมูลที่ได้ครั้งนี้ เช่น เชื้อพันธุ์ไก่ฟ้า และเม็ดมะเขือ ที่พบปริมาณโปรตีนมาก เป็นแหล่งของกรดอะมิโนจำเป็น ย่อยได้ง่าย และไม่ก่อเกิดภูมิแพ้ หรือเชื้อพันธุ์เหนียวลอย หมาแหย่ง และข้าวแดงหนัก ที่มีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระสูง สำหรับเป็นแนวทางในการใช้ประโยชน์และเพิ่มมูลค่าข้าวหรือนำไปพัฒนาผลิตภัณฑ์

คำสำคัญ: ข้าวพันธุ์พื้นเมือง ข้าวกล้อง คุณค่าทางโภชนาการ สารออกฤทธิ์ทางชีวภาพ สารประกอบฟีนอลิก ฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระ วิตามินอี แกมมาออไรซานอล

คำนำ

ข้าวกล้องเป็นอาหารที่ประกอบด้วยคุณค่าด้วยมีแหล่งพลังงานและสารอาหารที่จำเป็นต่อร่างกายในการเจริญเติบโตอย่างครบถ้วน เช่น คาร์โบไฮเดรตและไขมันที่ให้พลังงาน โปรตีนช่วยในการเจริญเติบโต (Kamara *et al.*, 2010) ซึ่งปริมาณโปรตีนในข้าวกล้องจากงานวิจัยของ Juliano และคณะ (1973) พบว่า มีปริมาณไม่เกินร้อยละ 10 ที่ประกอบด้วยกรดอะมิโนไลซีนมากที่สุด และงานศึกษาของ Hoogenkamp และคณะ (2017) พบปริมาณโปรตีนในเมล็ดข้าวประมาณร้อยละ 16 โดยโปรตีนส่วนใหญ่พบมากในเยื่อหุ้มเมล็ดหรือรำ ประกอบด้วยโปรตีนกลูเทลิน ร้อยละ 80 และโปรลามิน ร้อยละ 20-25 ซึ่งโปรตีนจากข้าวเป็นแหล่งของกรดอะมิโนที่จำเป็น ย่อยได้ง่าย ไม่ก่อให้เกิดภูมิแพ้ เมื่อโปรตีนข้าวผ่านกระบวนการย่อยอาหาร จะถูกย่อยเป็นเปปไทด์สายสั้นที่มีฤทธิ์ทางชีวภาพ เช่น การต้านอนุมูลอิสระ ยับยั้งการเจริญเติบโตของเซลล์มะเร็ง ต้านการอักเสบ ที่ช่วยส่งเสริมการทำงานของร่างกายและป้องกันการเกิดโรคต่างๆ ได้ เป็นต้น

ไขมันในข้าวพบมากในส่วนรำข้าว โดยน้ำมันรำข้าวมีกรดไขมันอิ่มตัว (saturated fatty acid: SFA) ร้อยละ 18 กรดไขมันไม่อิ่มตัวเชิงเดี่ยว (monounsaturated fatty acid (MUFA)) ร้อยละ 45 และกรดไขมันไม่อิ่มตัวเชิงซ้อน (polyunsaturated fatty acid (PUFA)) ร้อยละ 37 ซึ่งสัดส่วนของกรดไขมันทั้ง 3 ประเภท มีสัดส่วนที่เหมาะสมต่อการบริโภคประจำวัน ตามแนวทางปฏิบัติเพื่อการมีสุขภาพที่ดี (guideline for healthy lifestyle) ซึ่งจัดทำโดยองค์การอนามัยโลก (World Health Organization (WHO)) ร่วมกับองค์การอาหารและเกษตรแห่งสหประชาชาติ (Food and Agriculture Organization (FAO)) (ลัดดา, 2561)

นอกจากสารอาหารหลักแล้ว ในเยื่อหุ้มเมล็ดข้าวมีสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพ ที่ก่อให้เกิดผลดีต่อสุขภาพของผู้บริโภค ซึ่งมีความแตกต่างกันไปตามสายพันธุ์ เช่น สารประกอบฟีนอลิก วิตามินอี และแกมมาออไรซานอล เป็นต้น

สารประกอบฟีนอลิก เป็นสารทุติยภูมิที่พบในพืช สารกลุ่มนี้มีบทบาทในการต้านอนุมูลอิสระและช่วยให้พืชอยู่รอดในสภาพแวดล้อมที่ไม่เหมาะสม โครงสร้างของสารประกอบฟีนอลิก ประกอบด้วยวงแหวนอะโรมาติกตั้งแต่ 1 หมู่ขึ้นไป รวมตัวกับหมู่ไฮดรอกซิลตั้งแต่ 1 หมู่ขึ้นไป ทำให้สามารถถ่ายเทโมเลกุลไฮโดรเจนและทำให้โครงสร้างอนุมูลอิสระเสถียรมากขึ้น ลดการเกิดออกซิเดชันระหว่างเซลล์ โดยตำแหน่งของ secondary hydroxyl-group มีความสามารถในการถ่ายเทโมเลกุลไฮโดรเจน จากการศึกษาของ Tian และคณะ (2004) พบว่า สารฟีนอลิกส่วนใหญ่มักจะสร้างพันธะกับคาร์โบไฮเดรตเชิงซ้อนของผนังเซลล์ โดยข้าวจะพบสารเหล่านี้มากในส่วนรำ และพบว่าในข้าวมีกรดเฟอรูลิก (ferulic acid) และกรดพี-คูมาริก (p-coumaric acid) เป็นกรดฟีนอลิกที่พบมากที่สุด โดยอยู่ในรูปอิสระ เป็นรูปที่สามารถละลายน้ำได้และรูปยึดเหนี่ยวที่พบในใยอาหารเป็นส่วนใหญ่ เช่นเดียวกับงานวิจัยของผกามาศ และคณะ (2563) ว่าในข้าวพบสารประกอบฟีนอลิก ได้แก่ กรดเฟอรูลิก กรดพี-คูมาริก กรดแกลลิก และกรดวานิลลิก โดยกรดเฟอรูลิกเป็นกรดฟีนอลิกที่พบมากที่สุดเมื่อเปรียบเทียบกับกรดฟีนอลิกอื่นๆ ปริมาณกรดเฟอรูลิกพบมากในข้าวที่มีเยื่อหุ้มเมล็ดสีดำ สีแดง และสีน้ำตาล ตามลำดับ

วิตามินอี เป็นวิตามินที่ละลายในไขมัน ในธรรมชาติสามารถพบโครงสร้าง 2 รูปแบบ ได้แก่ โทโคไตรอีนอล (tocotrienols) และโทโคฟีรอล (tocopherol) ซึ่งมีความแตกต่างกันที่ตำแหน่งพันธะคู่ โดยในแต่ละกลุ่มยังแบ่งออกเป็น 4 ชนิด ตามลักษณะของโครงสร้าง ได้แก่ แอลฟา (α) เบต้า (β) แกมม่า (γ) และเดลต้า (δ) ดังนั้น วิตามินอีจึงมีทั้งหมด 8 ชนิด ซึ่งนันทยา (2545) รายงานว่า โคไตรอีนอล มีคุณสมบัติการเป็นสารต้านอนุมูลอิสระมากกว่าโทโคฟีรอล และช่วยให้ระดับโคเลสเตอรอลในเลือดลดลง ยับยั้งการจับกลุ่มของเกล็ดเลือด ลดโอกาสเกิดโรคหลอดเลือดหัวใจอุดตัน นอกจากนี้ ยังพบว่าป้องกันการเกิดมะเร็ง โดยวิตามินอีรูปโคไตรอีนอล พบมากในน้ำมันปาล์มและน้ำมันรำข้าว (Heinomen and Piironen, 1991)

สเตียรอล (sterol) หรือไตรเทอร์ฟีนแอลกอฮอล์ (triterpene alcohols) เป็นสารประกอบที่พบมากในรำข้าว ซึ่งประกอบด้วยสารหลัก 4 ชนิด ได้แก่ cycloartenol ferulate, 2,4-methylenecycloartanyl ferulate, campesterol ferulate และ β-sitosterol ferulate จากการศึกษาปริมาณสารแกมมาออไรซานอลในผลิตภัณฑ์จากพืชชนิดต่างๆ ของพันทิพา และคณะ (2547) พบว่า รำข้าวเหนียวดำ พันธุ์ก่ำนาน และก่ำดอยสะเก็ด มีปริมาณแกมมาออไรซานอล ร้อยละ 2.854 และ 2.693 ของวัตถุแห้ง ตามลำดับ ส่วนผลิตภัณฑ์จากพืชชนิดต่างๆ มีปริมาณแกมมาออไรซานอล อยู่ในปริมาณน้อย ดังเช่น ข้าวโพดพบ ร้อยละ 0.241 งา ร้อยละ 0.007 เมล็ดลินสีด ร้อยละ 0.014 กากเรปสีด ร้อยละ 0.003 กากฝ้าย ร้อยละ 0.003 ถั่วเหลือง ร้อยละ 0.001 รำข้าวสาลี ร้อยละ 0.143 เป็นต้น

ปภาวดี และคณะ (2562) พบว่า สารแกมมาออไรซานอล นอกจากมีคุณสมบัติเป็นสารต้านอนุมูลอิสระแล้ว ยังมีผลต่อสุขภาพหลายด้าน เช่น ช่วยเสริมความจำ ลดผลเสียที่เกิดจากความเครียด ลดความดันโลหิต ลดระดับน้ำตาลและไขมันในเลือด และสามารถยับยั้งการแพร่กระจายของเซลล์มะเร็งผิวหนังได้ โดย Ishihara (1984)ศึกษาในผู้ป่วยที่มีภาวะไขมันในเลือดสูงได้รับการสุ่มให้รับแกมมาออไรซานอลขนาด 300 มิลลิกรัมต่อวัน พบว่ากลุ่มที่ได้รับแกมมาออไรซานอล มีการลดลงของระดับคอเลสเตอรอลและไตรกลีเซอไรด์ ในเลือดอย่างมีนัยสำคัญ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อวิเคราะห์คุณค่าทางโภชนาการและสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพที่สำคัญในข้าวกล้องจากเชื้อพันธุกรรมข้าวไทย ที่เก็บรวบรวมไว้ศูนย์ปฏิบัติการและเก็บเมล็ดเชื้อพันธุ์ข้าวแห่งชาติ เพื่อเป็นฐานข้อมูลเบื้องต้น ในการต่อยอดงานวิจัย การพัฒนาปรับปรุงพันธุ์ข้าวให้มีคุณภาพทางด้านโภชนาการ การเพิ่มมูลค่าผลผลิต และพัฒนาผลิตภัณฑ์ ที่เป็นประโยชน์กับผู้บริโภค รวมถึงเกษตรกรไทยต่อไป

อุปกรณ์และวิธีการ

1. ตัวอย่างเชื้อพันธุกรรมข้าวไทยและการเตรียมตัวอย่าง

รวบรวมตัวอย่างเชื้อพันธุ์ข้าว จากกิจกรรมการปลูกศึกษาและฟื้นฟูเชื้อพันธุ์ข้าว เพื่อรักษาความมีชีวิตและเพิ่มปริมาณสำหรับการเก็บอนุรักษ์และให้บริการเมล็ดพันธุ์ ซึ่งปลูก ณ ศูนย์วิจัยข้าวปทุมธานี จำนวน 447 เชื้อพันธุ์ โดยตัวอย่างเมล็ดข้าวเปลือกทั้งหมด นำมากะเทาะเป็นข้าวกล้อง ประกอบด้วยข้าวกล้องสีน้ำตาลจำนวน 439 ตัวอย่าง ข้าวกล้องสีแดง 7 ตัวอย่าง และข้าวกล้องสีดำ 1 ตัวอย่าง

คัดเลือกเมล็ดข้าวกล้องที่สมบูรณ์ เก็บไว้ในถุงสุญญากาศและเก็บไว้ที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส ตามวิธีการของ Yu และคณะ (2016) จากนั้นนำมาบดให้ละเอียดในช่วง 80-100 เมช เก็บตัวอย่างที่อุณหภูมิ -20 องศาเซลเซียส ก่อนนำไปวิเคราะห์องค์ประกอบทางโภชนาการ สารออกฤทธิ์ทางชีวภาพ และฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระต่อไป

2. การวิเคราะห์คุณค่าทางโภชนาการของข้าวกล้องจากตัวอย่างเชื้อพันธุกรรมข้าวไทย

2.1. การวิเคราะห์หาปริมาณโปรตีนรวม ด้วยวิธี combustion (Dumas) method (Miller *et al*., 2007) โดยชั่งน้ำหนักตัวอย่าง 10 มิลลิกรัม และห่อด้วยแผ่นดีบุกเป็นแคปซูลเล็ก นำไปใส่ในเครื่องสุ่มตัวอย่างอย่างอัตโนมัติ (autosampler) เครื่องวิเคราะห์ธาตุคาร์บอน ไฮโดรเจน และไนโตรเจน (CHN analyzer) รุ่น Flash 2000 เครื่องหมายการค้า Thermo Scientific ดำเนินการที่สถาบันวิทยาศาสตร์ข้าวแห่งชาติ จังหวัดสุพรรณบุรี

คำนวณหาปริมาณโปรตีนโดยเปรียบเทียบกับกราฟของสารมาตรฐาน acetanilide ดังนี้ ค่าปริมาณไนโตรเจนx 6.25 (Factor ที่เหมาะสมกับชนิดตัวอย่างข้าว)

2.2. การวิเคราะห์หาปริมาณไขมันรวม ด้วยเทคนิค soxhlet ตามวิธี AOAC (2000) method No. 30-10.35 ชั่งตัวอย่าง 5 กรัมใส่กระดาษกรอง ใส่ในหลอดกระดาษกรอง (Thimble) ทำการสกัดด้วยสารละลายปิโตรเลียมอีเธอร์ 120 มิลลิลิตร ด้วยเครื่องวิเคราะห์ไขมันแบบอัตโนมัติ (fat extraction system) รุ่น Soxtec™ 2055 เครื่องหมายการค้า FOSS นำถ้วยไปอบที่อุณหภูมิ 105 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 2 ชั่วโมง จากนั้นนำถ้วยมาชั่งน้ำหนัก แล้วคำนวณหาปริมาณไขมัน ดำเนินการที่ศูนย์วิจัยข้าวปทุมธานี

3. การวิเคราะห์สารออกฤทธิ์ทางชีวภาพของข้าวกล้องจากตัวอย่างเชื้อพันธุกรรมข้าวไทย

3.1 การสกัดสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพในข้าว (Yu *et al*., 2016) ชั่งตัวอย่างแป้งข้าวกล้อง 0.5 กรัม เติมสารละลายเมทานอล 80% ปริมาตร 10 มิลลิลิตร ผสมสารละลายให้เข้ากัน และบ่มตัวอย่างที่อุณหภูมิห้องพร้อมทั้งเขย่าด้วยเครื่องเขย่าที่ความเร็วรอบ 250 รอบต่อนาที เป็นเวลา 30 นาที นำตัวอย่างไปปั่นเหวี่ยงที่ 4,000 รอบต่อนาที นาน 15 นาที นำสารสกัดส่วนใส เก็บที่อุณหภูมิ -20 องศาเซลเซียส จนกว่าจะนำมาวิเคราะห์

3.2 การวิเคราะห์ปริมาณกลุ่มสารฟีนอลิก ด้วยวิธี Folin-Ciocalteu colorimetry ดัดแปลงวิธีจาก Qiu และคณะ (2010) โดยนำสารสกัดข้าวปริมาตร 50 ไมโครลิตร ผสมกับสารละลาย Folin-Ciocalteu ปริมาตร 25 ไมโครลิตร เก็บไว้ที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 4 นาที แล้วเติมสารละลายโซเดียมคาร์บอเนต 7.5% ปริมาตร 125 ไมโครลิตร บ่มตัวอย่างในที่มืดที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 30 นาที และวัดค่าการดูดกลืนแสงของสารละลายที่ความยาวคลื่น 760 นาโนเมตร ด้วยเครื่อง microplate reader รุ่น EZ Read 2000 เครื่องหมายการค้า Biochrom

คำนวณหาปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดเปรียบเทียบกับกราฟมาตรฐานของกรดแกลลิค (gallic acid) รายงานผลออกมาในหน่วยมิลลิกรัมกรดแกลลิคต่อกิโลกรัมตัวอย่าง

3.3 การวิเคราะห์ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ โดยวิธี 2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl (DPPH) radical scavenging assay ดัดแปลงวิธีจาก Brand-Williams และคณะ (1995) โดยนำสารสกัดข้าวปริมาตร 25 ไมโครลิตร ผสมกับสารละลาย DPPH ความเข้มข้น 0.06 มิลลิโมลาร์ ปริมาตร 225 ไมโครลิตร เก็บไว้ในที่มืด อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 30 นาที นำไปวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 517 นาโนเมตร นำค่าการดูดกลืนแสงที่ได้มาคำนวณหาปริมาณสารต้านอนุมูลอิสระเปรียบเทียบกับสารมาตรฐาน ascorbic acid รายงานผลเป็น ascorbic

acid equivalent antioxidant capacity (mg ascorbic acid equivalent/g extract)

3.4 วิเคราะห์ปริมาณโทโคไตรอีนอล โทโคฟีรอล และแกมมาออไรซานอล (Chen and Bergman, 2005) โดยชั่งตัวอย่างแป้งข้าวกล้อง 1 กรัม เติมสารละลายผสมคลอโรฟอร์มและเมธานอล อัตราส่วน 3:2 ปริมาตร 10 มิลลิลิตร เขย่าเป็นเวลา 60 นาที จากนั้นทำการปั่นเหวี่ยงที่ความเร็ว 3,000 รอบต่อนาที เป็นเวลา 10 นาที

ส่วนใสจากการสกัดนำไปทำการระเหยตัวทำละลายออก ด้วยเครื่องระเหยสารแบบไนโตรเจน ตะกอนที่เหลือนำมาละลายด้วยวัฏภาคเคลื่อนที่ B ปริมาตร 2 มิลลิลิตร และกรองผ่าน แผ่นกรองขนาด 0.45 ไมโครเมตร นำไปทำการวิเคราะห์ด้วยเทคนิค RP-HPLC ปริมาตรในการวิเคราะห์ 20 ไมโครลิตร สภาวะของเครื่องลิควิดโครมาโทกราฟีสมรรถนะสูง ใช้คอลัมน์ Luna PFP100A (4.6 x 150 มิลลิเมตร; 3 ไมโครเมตร) ที่อุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส วัฏภาคเคลื่อนที่ A: methanol:water (93.5:6.5) วัฏภาคเคลื่อนที่ B: acetonitrile:methanol:iso-Propanol (25:70:5) with 0.1% Acetic acid โดยมีสภาวะที่นาที 0-12 นาที %A 100, นาที 12 -17 %A 100 - 0, นาที 17-25 %B 100 อัตราการไหลที่ 1 มิลลิลิตรต่อนาที ใช้ตัวตรวจวัดแบบ Diode array Detector (DAD) ที่ความยาวคลื่น 325 นาโนเมตร สำหรับวิเคราะห์สารแกมมาออไรซานอล และ ตัวตรวจวัดแบบ fluorescence detector (FLD) ที่ความยาวคลื่น excitation wavelength 298 นาโนเมตร และ emission wavelength 328 นาโนเมตร สำหรับวิเคราะห์สารโทโคไตรอินอลและโทโคฟีรอล

4. การวิเคราะห์ข้อมูล

ข้อมูลที่ได้จากการวิเคราะห์คุณค่าทางโภชนาการ วิเคราะห์ตัวอย่างละ 2 ซ้ำ และสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพ วิเคราะห์ตัวอย่างละ 3 ซ้ำ นำมาหาค่าเฉลี่ย และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน โดยกำหนดค่าสัมประสิทธิ์ของความแปรปรวน (coefficient of variation (CV)) ไม่เกินร้อยละ 10

ผลการทดลองและวิจารณ์

1. การวิเคราะห์คุณค่าทางโภชนาการของข้าวกล้องจากตัวอย่างเชื้อพันธุกรรมข้าวไทย

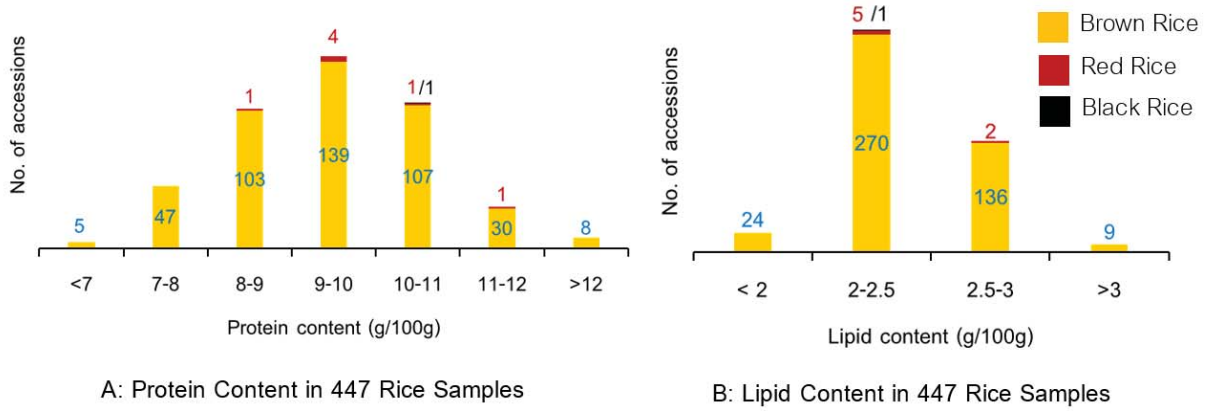
<u>ปริมาณโปรตีน</u> พบปริมาณโปรตีนร้อยละ 6.08-12.87 จากตัวอย่างเชื้อพันธุ์ข้าวทั้งหมด 447 เชื้อพันธุ์ โดยข้าวจำนวน 5 เชื้อพันธุ์ ได้แก่ เชื้อพันธุ์มันเจ้า (G.S. No. 10127) ลูกแดงปัตตานี (G.S. No. 21963) อีมุ่น (G.S. No. 7964) มะแขก (G.S. No. 3412) และสุรินทร์ 1 (G.S. No. 2705) มีปริมาณโปรตีนน้อยกว่าร้อยละ 7

เชื้อพันธุ์ข้าว 143 เชื้อพันธุ์ หรือร้อยละ 32 มีปริมาณโปรตีนร้อยละ 9.00-9.99 ร้อยละ 24 (109 เชื้อพันธุ์) มีปริมาณโปรตีนร้อยละ 10.00-10.99 และร้อยละ 23 (109 เชื้อพันธุ์) มีปริมาณโปรตีนร้อยละ 8.00-8.99

นอกจากนี้ พบเชื้อพันธุ์ข้าวจำนวน 8 เชื้อพันธุ์ ได้แก่ เชื้อพันธุ์เศรษฐี (G.S. No. 5678) ปากลัด (G.S. No. 15984) ล้นเกวียน (G.S. No. 3612) รากแห้ง (G.S. No. 15934) ยักคิ้ว (G.S. No. 6360) กอโง้ง (G.S. No. 9198) ไก่ฟ้า (G.S. No. 22045) และเม็ดมะเขือ (G.S. No. 22087) มีปริมาณโปรตีนมากกว่าร้อยละ 12 (Fig. 1A) (Table 1) สอดคล้องกับงานวิจัยของ มัชฌิมา และคณะ (2566) ได้ทำการศึกษาคุณค่าทางโภชนาการและสารออกฤทธิ์ชีวภาพที่สำคัญในข้าวพื้นเมือง จำนวน 9 พันธุ์ พบว่ามีปริมาณโปรตีน 8.23-11.43 กรัมต่อข้าว 100 กรัม เช่นเดียวกับงานวิจัยของ Ukpong และคณะ (2023) วิเคราะห์ข้าวกล้องงอกจำนวน 3 พันธุ์ พบปริมาณโปรตีนร้อยละ 10.99 -11.05 โดยในข้าวแต่ละพันธุ์มีปริมาณโปรตีนที่แตกต่างกันไป โดยสภาพแวดล้อมในการเพาะปลูกเป็นปัจจัยสำคัญต่อปริมาณโปรตีนในข้าว

<u>ปริมาณไขมัน</u> พบปริมาณไขมัน ร้อยละ 1.84-3.26 จากตัวอย่างเชื้อพันธุ์ข้าว 447 เชื้อพันธุ์ โดยเชื้อพันธุ์บางพระ (G.S. No. 851) และเชื้อพันธุ์เหลืองควายล้า (G.S. No. 5555, 7599, 14179) มีปริมาณไขมันน้อยที่สุด (ร้อยละ 1.84) เชื้อพันธุ์เหนียวปียา (G.S. No. 9993) อีมอม (G.S. No. 19334) เล็บช้าง (G.S. No. 3596) ดำน้อย (G.S. No. 3573) ดอหนองคาย (G.S. No. 7993) ดอนางสวน (G.S. No. 21612) เหลืองตะโก (G.S. No. 6393) เม็ดแดง (G.S. No. 23503) และบักม่วยขาว (G.S. No. 9311) พบมีปริมาณไขมันมากกว่าร้อยละ 3

ตัวอย่างเชื้อพันธุ์ข้าวส่วนใหญ่จำนวน 276 เชื้อพันธุ์ หรือร้อยละ 62 มีปริมาณไขมันร้อยละ 2-2.5 เชื้อพันธุ์ข้าวจำนวน 138 เชื้อพันธุ์ (ร้อยละ 31) มีปริมาณไขมันร้อยละ 2.51-3.0 และเชื้อพันธุ์ข้าวจำนวน 24 เชื้อพันธุ์ (ร้อยละ 5) มีปริมาณไขมันน้อยกว่าร้อยละ 2 (Table 1, Fig. 1B)



A: Protein Content in 447 Rice Samples

B: Lipid Content in 447 Rice Samples

Fig. 1 Distribution of protein content (A) and lipid content (B) across 447 rice samples

สอดคล้องกับงานวิจัยของมัชฌิมา และคณะ (2566) ได้ศึกษาคุณค่าทางโภชนาการในข้าวพื้นเมือง 9 พันธุ์ พบว่ามีปริมาณไขมันร้อยละ 2.05-3.2 และ สุภาษิต และคณะ (2563) พบปริมาณไขมันร้อยละ 1.63-2.14 ในข้าวกล้องพื้นเมือง จังหวัดตรัง เช่นเดียวกับ Zhu และคณะ (2024) พบปริมาณไขมันร้อยละ 2.52-2.62 ในข้าวที่มีเยื่อหุ้มสีต่างกัน

2. การวิเคราะห์สารออกฤทธิ์ทางชีวภาพของข้าวกล้องจากตัวอย่างเชื้อพันธุกรรมข้าวไทย

สารประกอบฟีนอลิก พบมีปริมาณสาร 98.53-2,409.93 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม และค่าเฉลี่ย 493.40± 241.99 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม จากการวิเคราะห์ตัวอย่างเชื้อพันธุ์ข้าว 447 เชื้อพันธุ์ โดยปริมาณสารน้อยที่สุดพบในเชื้อพันธุ์ยุ้งหัก (G.S. No. 22942) ทั้งนี้กลุ่มข้าวกล้องที่มีเยื่อหุ้มเมล็ดสีน้ำตาลจำนวน 439 เชื้อพันธุ์ มีปริมาณสารประกอบฟีนอลิกแตกต่างกัน โดยส่วนใหญ่ร้อยละ 41 (185 เชื้อพันธุ์) มีปริมาณสารประกอบฟีนอลิก 400-499 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม และมีเพียงจำนวน 4 เชื้อพันธุ์ ได้แก่ เชื้อพันธุ์วังหิน (G.S. No. 6650) เม็ดแดง (G.S. No. 23503) ห้องทอง (G.S. No. 9673) และ เบาดอนเมือง (G.S. No. 17938) มีปริมาณสารประกอบฟีนอลิก 700-1,000 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม

กลุ่มข้าวที่มีเยื่อหุ้มเมล็ดสีแดงและสีดำ พบปริมาณสารประกอบฟีนอลิก ตั้งแต่ 1,406.88-2,409.93 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ดังนี้

- เชื้อพันธุ์เหลืองไว (G.S. No. 22142) พบปริมาณ 1,406.88 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม
- เชื้อพันธุ์เหนียวดำ (G.S. No. 3359) พบปริมาณ 1,840.49 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม
- เชื้อพันธุ์เหลืองตาแสง 107 (G.S. No. 951) พบปริมาณ 2,037.92 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม
- เชื้อพันธุ์เหลืองเมืองกาญจน์ (G.S. No. 11057) พบ 2,188.61 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม
- เชื้อพันธุ์เหนียวลอย (G.S. No. 4496) พบปริมาณ 2,290.27 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม
- เชื้อพันธุ์หมาแหย่ง (G.S. No. 22763) พบปริมาณ 2,384.67 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม
- เชื้อพันธุ์ข้าวแดงหนัก (G.S. No. 22140) มีปริมาณ 2,389.25 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม
- เชื้อพันธุ์กลาแต (G.S. No. 22026) พบปริมาณ 2,409.93 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม (Table 1, Fig. 2A)

จากผลดังกล่าวข้างต้น พบว่า ข้าวที่มีเยื่อหุ้มเมล็ดที่มีสีต่างๆ เช่น สีดำ และสีแดง มีปริมาณสารประกอบฟีนอลิกมากกว่าข้าวที่ไม่มีสี และพบมากในส่วนของเยื่อหุ้มเมล็ด หรือรำ โดยพบสารฟีนอลิกในรำ ร้อยละ 70-90 (Zhou *et al.*, 2004) เช่นเดียวกับ มัชฌิมา และคณะ (2566) พบปริมาณสารฟีนอลิกในตัวอย่างข้าวพื้นเมือง 9 พันธุ์ ตั้งแต่ 430-3,640 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม โดยพบว่าข้าวเยื่อหุ้มเมล็ดสีดำมีปริมาณฟีนอลิกมากกว่าข้าวขาวประมาณ 2-8 เท่า

นอกจากพันธุ์ข้าว สภาพแวดล้อมยังเป็นปัจจัยสำคัญที่ส่งผลต่อความแปรปรวนของสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพในข้าว ดังงานวิจัยของ Kunnam และคณะ (2023) ได้ศึกษาความคงตัวของสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพจากพันธุ์

Table 1 Samples of rice accessions contain useful protein content, lipid content, total phenolic content, antioxidant content, vitamin E content and gamma oryzanol contents

Grain character	Accession (G.S. No.)
Protein content (> 11%)	Hawm Phama (19843), Hahng Yi (3908), Khao Nang Nuan (14498), Khao Thotlong (255), Bang Phra (851), Khiao Yai (13098), Daw Mawk (19710), Dam Noi (3573), Khai Maengda (2075), Nang Phaya (18182), Lueang Dok Soi (6829), Leuang Bai Phai (4986), Leuang Pratew (5683), Daw Nahng Suan (21612), Leuang Dong (3471), Khi Tum Yai 34-7-98 (674), Ton Sot (6321), Thong Bai (6497), Dawk Tiw (21597), Hahng Yi (5737), Do-Hom 48-1-134 (680), E-mued (9288), Nang Dam (18203), Hawm SA DUNG (9600), Hawm Bang (6382), Leuang Samoe (17931), Hawm In Took (6735), Leuang Wai (22142), Ta Ban (6320), LUANG Pra Than (5684), Bun Ma (6340), Setthi (5678), Pa Klat (15984), LON KWIAN (3612), Rak Haeng (15934), Yak Khiew (6360), Ko Ngong (9198), Kaifa (22045), Met Makhuea (22087)
Lipid content (> 3%)	Bak Muai Khao (9311), Met Daeng (23503), Leuang Tako (6393), Daw Nahng Suan (21612), Do Nong Khai (7993), Dam Noi (3573), Leb Chang (3596), E-mom (19334), Niaw Piya (9993)
Total phenolic content (> 1,000 mg/kg)	Leuang Wai (22142), NIAW DAM (3359), Leuang Ta Saeng 107-17-96 (951), Leuang Mueang Kan (11057), Niaw Loi (4496), Ma Yaeng (22763), Khao Daeng Nak (22140), Kala Tae (22026)
Total phenolic content (> 600 mg/kg)	Chiang Saen (6594), Gahb Yahng (10664), Niaw Nak (5701), Sam Ruang Leuang (985), Ruang Yao (3514), Khan Na (6442), Bue Sip (21720), Tong Daeng (4238), Phukhiao (20956), LUEANG YAI (3837), Khao Pak Mo (991), Bow U-den (4164), Khao Akat (7286), Cho Pli Kao (4197), Si Nuan (9164), Cham Pa Chin 84-8-16 (975), Ton Sot (6321), Lamyong (3511), Leb Chahng (6609), Leam Thong(6672), Kalong (1451), Man Ped (5732), Cho Maphrao (4190), Daeng Santi (4319), Daeng Ta Dam (22420), Cho Fai (10229), Khitom Dam (3909), Hom Phama (19843), Nang Daeng (4147), Nang mon S4 (95), Pha Daeng 49-4-122 (683), Cho Mai Phai (3977), Cho Nimit (7037), Khao (3356), LEB CHANG (3596), Wang Hin (6650), Met Daeng (23503), Hong Thong (9673), Bao Donmueang (17938)
Antioxidant content (> 600 mg/kg)	Khitom Dam (3909), Daw Nahng Suan (21612), Kalong (1451), Kaeokhao (22474), Kaew Bao (5524), Ta Nod (4908), Khitom Nahk (4485), Sam Ruang (5544), Bue Sip (21720), Wang Hin (6650), Nga (7480), Khao Luang (12389), Do Sam Duean (9047), Khao (3356), Leuang Mueang Kan (11057), Leuang Ta Saeng 107-17-96 (951),

Table 1 (cont.)

Grain character	Accession (G.S. No.)
	Kala Tae (22026), Leuang Wai (22142), Niaw Dam (3359), Khao Daeng Nak (22140), Ma Yaeng (22763), Niaw Loi (4496)
vitamin E content (> 45 mg/kg)	Daeng Na (22850), Pha Daeng 49-4-122 (683), Hom Setthil (2968), Cho Maphrao (4190), Cho Fai (10229), Kaen Taeng (6543), Khao Ta Ek (10651), Cho Champa (7016), Pha Daeng 49-4-124 (684), Chapa Son (495), Cho Pli Kao (4197), Met Daeng (23503), Malet Lek Bao (3820), Champa Son (4962), Rangwan (7022), Lueang Hom (5072), Pin Thong 2-55-2 (713), Lueang Pra Thiw (5681), Bao U Den (10311), Klet Plachon (22853), Kalong (1451), Surin 3 (2707), Daw Rak Hawng (3296), Hom Mali (6426), Lamyong (3511), Sam Ruang Lueang (985), Daeng Santi (4319), Luk Mi Daeng (4587), Kho Tam (7752), Chao Lueang (5791), E-mom (19334), Sol Khao Soi Daeng (5330), Khao Nahng Long (9415)
gamma oryzanol contents (> 350 mg/kg)	Niaw Hawm (4915) Daw Pootan (1408), Hom Mali (6426), Som Samai (10671), E-dam (21724), Leuang Samoe (17931), Daw Mawk (19710), Yai Fak (3867), Chiang Saen (6594), Hom Setthi (2968), Do Hom 48-1-134 (680), Khao' Hawm (4851), Sang Nok (9156), Hawm Maled Yai (11058), Leuang Rahong (3767), In Paeng (5669), Niaw Loi (4496), Khao' Hawm (4869), Kaen Taeng (5748), Khao Pak Krabok 4-7-11 (721), Hawm Jan (5767), Leb Chang (3596), Khao Mali (21006), Gahb Yahng (10664), Leb Chang (6609), Lueang Kaset (8326), Khitom Dam (3909), Khao Dawk Mali 105 (13744), Khao Setti (3366), Do Hom 50-2-184 (689), E dok (5758), Khao' Hawm (4865), Khao' Hawm (4866), Hawm Mali (19360), Mae Mai Khan Hak (17939), Jao Jin (7939), Mahk Hai (12595), Dam Dahn (3292), Mali Bow (7941), Plah Khaeng (3241), Nahng Gai (1410), Ma Khahm (21727), E-lub (5599), Niaw Dam (3359), Wang Hin (6650), Hahng Yi (3908), Hahng Yi (5737), Daeng Dok Kok (20849), Daw Nahng Suan (21612), Dawk Tiw (21597), Leam Thong (6672)

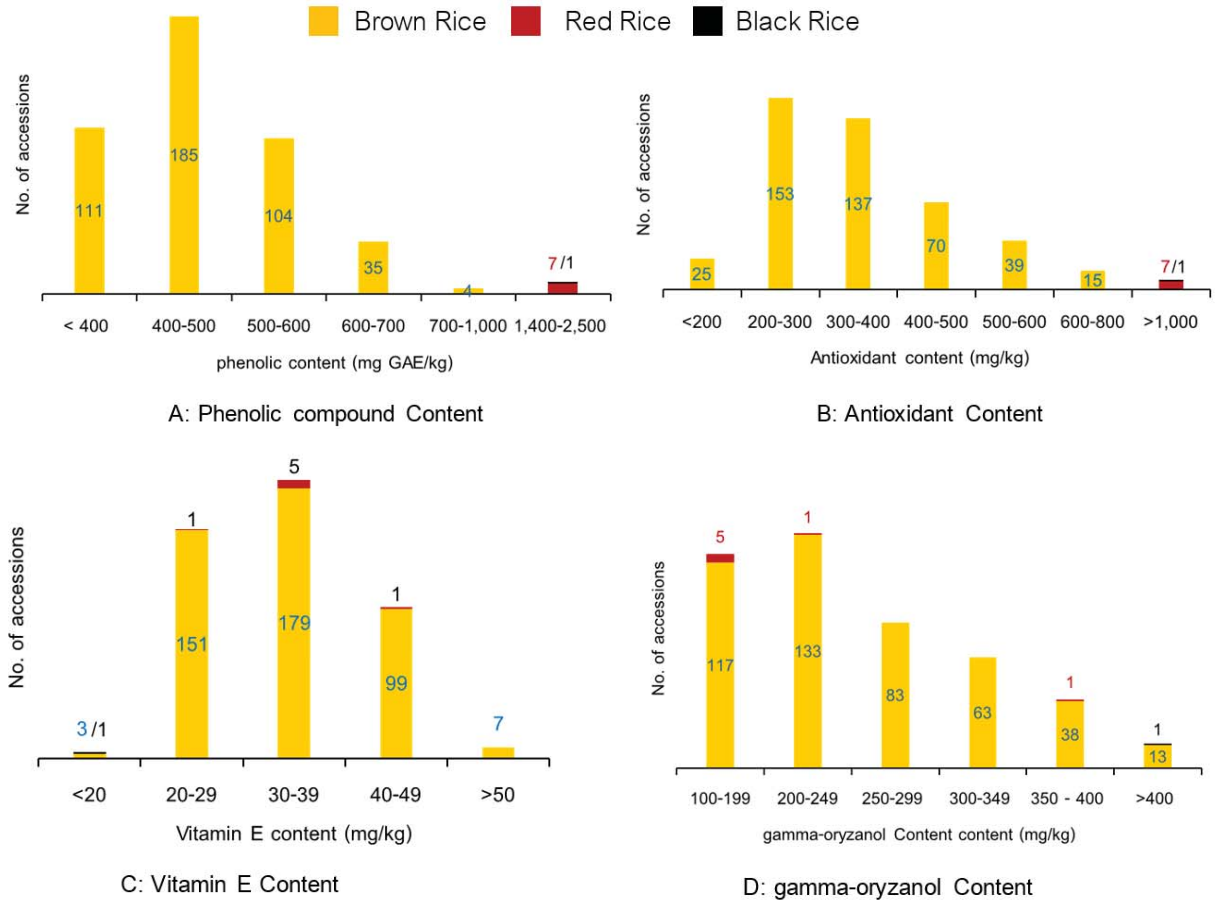


Fig.2 Distribution of phenolic compound content (A), antioxidant content (B), vitamin E content (C) and gamma-oryzanol content (D) across 447 rice samples

ข้าว 6 พันธุ์ ในพื้นที่ปลูกจังหวัดกรุงเทพมหานครฯ พบมีปริมาณสารฟีนอลิก 171.6-442.9 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม จังหวัดตราดพบมีปริมาณสารฟีนอลิก 165.3-455.3 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม และจังหวัดสกลนคร พบมีปริมาณสารฟีนอลิก 206.4-506.4 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม โดยข้าวพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 มีปริมาณสารฟีนอลิกน้อยที่สุดในทุกพื้นที่การปลูก (ค่าเฉลี่ย 181.1 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม) และข้าวพันธุ์มะลินิลสุรินทร์ มีปริมาณสารฟีนอลิกมากที่สุดในทุกพื้นที่การปลูก (ค่าเฉลี่ย 462.8 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม) จากการศึกษาสารประกอบฟีนอลิกในข้าว Sahu และคณะ (2023) ได้รวบรวมข้อมูลการศึกษาสารฟีนอลิกในข้าวจากงานวิจัยต่างๆ พบว่า มีความแตกต่างกันทั้งจากสายพันธุ์ ระยะการเจริญเติบโต และวิธีการวิเคราะห์

ฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระ พบมีปริมาณตั้งแต่ 130.17-762.96 ในตัวอย่างข้าวที่มีเยื่อหุ้มเมล็ดสีน้ำตาล โดยข้าวส่วนใหญ่จำนวน 153 พันธุ์ หรือร้อยละ 34 พบมีปริมาณสารต้านอนุมูลอิสระตั้งแต่ 200-299 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม รองมาร้อยละ 31 (ข้าว 137 พันธุ์) มีปริมาณสารต้านอนุมูลอิสระ 300-399 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม

ข้าวที่มีเยื่อหุ้มเมล็ดสีดำและสีแดง พบปริมาณสารต้านอนุมูลอิสระตั้งแต่ 1,021.99-2,864.82 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม (Table 1, Fig. 2B) ซึ่งสอดคล้องกับปริมาณสารฟีนอลิกที่ส่งผลให้สารสกัดจากข้าวที่มีเยื่อหุ้มเมล็ดสีดำและสีแดงจำนวน 8 พันธุ์ มีฤทธิ์ในการต้านอนุมูลอิสระมากกว่าข้าวที่มีเยื่อหุ้มเมล็ดสีน้ำตาล เช่นเดียวกับงานวิจัยของ Goffman และ Bergman (2004) Zhang และคณะ (2006) และ Oki และคณะ (2002) ที่รายงานว่า พบปริมาณสารประกอบฟีนอลิกในข้าวมีความสัมพันธ์เชิงบวกกับฤทธิ์ในการต้านอนุมูลอิสระ ในข้าวที่มีเยื่อหุ้มเมล็ดสีแดง ปริมาณสารโปรแอนโทรไซยานิดิน ส่งผลต่อฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ แต่ในข้าวที่มีเยื่อหุ้มเมล็ดสีดำความสัมพันธ์กันขึ้นอยู่กับปริมาณแอนโทไซยานิน ซึ่งสารทั้งสอง

นี้ อยู่ในกลุ่มสารประกอบฟีนอลิก

วิตามินอี จากตัวอย่างเชื้อพันธุ์ข้าวทั้งหมด 447 เชื้อพันธุ์ พบวิตามินอีในรูป γ-tocotrienol มากที่สุด โดยมีปริมาณตั้งแต่ 7.22 -42.72 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ค่าเฉลี่ย 25.80±5.87 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม โดยพันธุ์ข้าวที่มีปริมาณ γ-tocotrienol มากที่สุด 3 อันดับแรก ได้แก่ เชื้อพันธุ์ขาวนางหลวง (G.S. No. 9415) 42.72 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ผาแดง 49 (G.S. No. 684) 41.88 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม และผาแดง 49 (G.S. No. 683) 41.59 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม รองลงมาคือ γ-tocopherol และ γ-tocopherol มีปริมาณตั้งแต่ 0.4-10.0 และ 0.93-13.81 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ตามลำดับ โดยเชื้อพันธุ์ข้าวที่มีปริมาณ γ-tocopherol มากที่สุด 3 อันดับแรก ได้แก่ เชื้อพันธุ์เม็ดแดง (G.S. No. 23503) อีมอม (G.S. No. 19334) และสร้อยขิง (G.S. No. 21227) เชื้อพันธุ์ข้าวที่มีปริมาณ γ-tocopherol มากที่สุด 3 อันดับแรก ได้แก่ เชื้อพันธุ์เจ้าเหลือง (G.S. No. 5791) สุรินทร์ (G.S. No. 2707) และเหลืองเมืองกาญจน์ (G.S. No. 11057) พบว่า เชื้อพันธุ์ข้าว 98 เชื้อพันธุ์ จาก 447 เชื้อพันธุ์ ไม่พบสารดังกล่าวข้างต้น ส่วนวิตามินอีชนิด γ-tocotrienol ไม่พบในตัวอย่างเชื้อพันธุ์ข้าวทั้ง 447 เชื้อพันธุ์

เมื่อพิจารณาจากผลรวมของวิตามินอีทั้ง 8 ชนิด พบปริมาณตั้งแต่ 10.71-56.32 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ค่าเฉลี่ย 33.81±7.41 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม โดยตัวอย่างเชื้อพันธุ์ข้าวส่วนใหญ่ร้อยละ 41 (184 เชื้อพันธุ์) พบมีปริมาณวิตามินอีรวม 30-39.9 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ข้าวร้อยละ 34 (152 เชื้อพันธุ์) พบปริมาณวิตามินอีรวม 20-29.9 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม และร้อยละ 22 (100 เชื้อพันธุ์) พบปริมาณวิตามินอีรวม 40-49.9 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม

ตัวอย่างเชื้อพันธุ์ข้าวจำนวน 7 เชื้อพันธุ์ได้แก่ เชื้อพันธุ์แดงสันติ (G.S. No. 4319) ลูกหมีแดง (G.S. No. 4587) คอต่ำ (G.S. No. 7752) เจ้าเหลือง (G.S. No. 5791) อีมอม (G.S. No. 19334) สร้อยขาวสร้อยแดง (G.S. No. 5330) และขาวนางหลวง (G.S. No. 9415) พบมีปริมาณวิตามินอีรวมมากกว่า 50 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม (Table 1, Fig. 2C) ซึ่งปริมาณวิตามินอีรวมที่ตรวจพบมีความแตกต่างจากงานวิจัยอื่นๆ ที่พบปริมาณวิตามินอีตั้งแต่ 0.02-2.2 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม จากตัวอย่างข้าวกล้องพื้นเมืองจังหวัดตรัง 7 พันธุ์ (สุภาษิต และคณะ, 2563) และ 1.87-16.18 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม จากตัวอย่างข้าวพื้นเมืองจังหวัดเลย 20 พันธุ์ (นภัสสร, 2561) ซึ่งทั้งสองงานวิจัยมีการวิเคราะห์วิตามินอีในรูป tocopherol เพียงอย่างเดียว ทำให้ปริมาณที่ตรวจพบมีปริมาณน้อยกว่าการศึกษานี้ ซึ่งทำการวิเคราะห์วิตามินอีในรูป tocotrienol และ tocopherol รวมทั้งอนุพันธ์ทั้งหมดของวิตามินอีด้วย เช่นเดียวกับงานวิจัยของ Dias และคณะ (2022) ศึกษาปริมาณวิตามินอีทั้ง 8 รูป พบว่า ในข้าวที่มีกลิ่นหอม มีปริมาณวิตามินอีรวม 4 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม และ 14.8 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมในข้าวไม่มีกลิ่นหอม เมื่อเปรียบเทียบกับการศึกษาครั้งนี้พบเชื้อพันธุ์ข้าวหลายพันธุ์มีปริมาณวิตามินอีรวมปริมาณมากกว่า

สารแกมมาออไรซานอล เป็นสารในกลุ่มไฟโทสเตอรอล (Phytosterol) จากตัวอย่างเชื้อพันธุ์ข้าวจำนวน 447 เชื้อพันธุ์ พบปริมาณเฉลี่ย 253.05±70.91 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม โดยเชื้อข้าวพันธุ์มะลิทอง (G.S. No. 14471) พบปริมาณน้อยที่สุดเท่ากับ 101.4 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม แต่เชื้อพันธุ์แหลมทอง (G.S. No. 6672) พบปริมาณมากที่สุดเท่ากับ 497.5 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม

เชื้อพันธุ์ข้าวจำนวน 12 เชื้อพันธุ์ ได้แก่ เชื้อพันธุ์มะลิเบา (G.S. No. 7941) ปลาแข็ง (G.S. No.3241) นางก๋าย (G.S. No. 1410) มะขาม (G.S. No. 21727) อีหลุบ (G.S. No. 5599) เหนียวดำ (G.S. No. 3359) วังหิน (G.S. No. 6650) หางยี (G.S. No. 3908) หางยี (G.S. No. 5737) แดงดอกกก (G.S. No. 20849) ดอนางสวน (G.S. No. 21612) และดอกติ้ว (G.S. No. 21597) พบปริมาณแกมมาออไรซานอลมากกว่า 400 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ซึ่งเชื้อพันธุ์ข้าวส่วนใหญ่ร้อยละ 30 (133 เชื้อพันธุ์) พบปริมาณ 201-249 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม (Table 1, Fig. 2D) เป็นไปในทิศทางเดียวกันกับรายงานของ Kato และ Horibata (2021) และ Thapa และคณะ (2024) ที่ว่าปริมาณของสารแกมมาออไรซานอล ขึ้นกับสายพันธุ์ข้าวแต่ละพันธุ์ โดยพบในช่วงความเข้มข้นใกล้เคียงกัน นอกจากสายพันธุ์ที่ต่างกัน มีข้อมูลการศึกษาการเปลี่ยนแปลงปริมาณสารแกมมาออไรซานอล ในข้าวที่มีเยื่อหุ้มเมล็ดสีดำ 2 พันธุ์ พบว่า ปริมาณแกมมาออไรซานอลรวมเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่องตลอดการพัฒนาเมล็ดข้าว ตั้งแต่

ระยะเริ่มต้นจนถึงความสมบูรณ์เต็มที่ โดยปริมาณสารแกมมาออไรซานอลที่พบในเมล็ดสุกแก่ เท่ากับ 500 และ 650 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม นอกจากนี้ยังมีการศึกษาของ Dewi และคณะ (2024) ศึกษาปริมาณรูปแบบสารแกมมาออไรซานอลในข้าวเยื่อหุ้มเมล็ดสีขาว สีแดง และสีดำ พบว่าปริมาณแกมมาออไรซานอลในข้าวเยื่อหุ้มเมล็ดสี (แดงและดำ) มากกว่าข้าวไม่มีสี (ขาว) และพบองค์ประกอบของ 2,4-methylenecycloartanyl ferulate มากที่สุด รองลงมาด้วย cycloartanyl ferulate, campesteryl ferulate และ β-sitosteryl ferulate ตามลำดับ ซึ่งแตกต่างกับงานวิจัยครั้งนี้ที่พบว่าข้าวที่มีเยื่อหุ้มเมล็ดสีดำมีปริมาณสารแกมมาออไรซานอลมาก ส่วนข้าวที่มีเยื่อหุ้มเมล็ดสีแดงเพียง 1 พันธุ์ มีปริมาณสารแกมมาออไรซานอล มากกว่าข้าวที่มีเยื่อหุ้มเมล็ดสีน้ำตาลส่วนใหญ่ (Fig. 2D) แต่เนื่องจากตัวอย่างที่เป็นข้าวเยื่อหุ้มเมล็ดมีสี มีจำนวนน้อยพันธุ์เมื่อเปรียบเทียบกับข้าวขาว ทำให้ยังไม่สามารถสรุปความแตกต่างระหว่างสีของเยื่อหุ้มเมล็ดข้าว ที่ส่งผลต่อปริมาณสารแกมมาออไรซานอลได้

สรุปผลการทดลอง

ผลการวิเคราะห์คุณค่าทางโภชนาการและสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพในข้าวกล้องจากเชื้อพันธุ์ข้าวพันธุ์พื้นเมือง จำนวน 447 เชื้อพันธุ์ ที่เก็บรวบรวมไว้ที่ศูนย์ปฏิบัติการและเก็บเมล็ดเชื้อพันธุ์ข้าวแห่งชาติ (ศชช.) ศูนย์วิจัยข้าวปทุมธานี พบเชื้อพันธุ์ข้าวที่มีความโดดเด่นในด้านคุณค่าทางโภชนาการ เช่น เชื้อพันธุ์เม็ดมะเขือ (G.S. No. 22087) และเชื้อพันธุ์ไก่ฟ้า (G.S. No. 22045) มีปริมาณโปรตีนมากกว่าร้อยละ 12.8 เชื้อพันธุ์เหนียวปียา (G.S. No. 9993) มีปริมาณไขมันมากที่สุด

เชื้อพันธุ์ข้าวที่มีปริมาณสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพมากที่สุด พบมากในกลุ่มข้าวที่มีเยื่อหุ้มเมล็ดสีแดงและดำ จำนวน 8 เชื้อพันธุ์ ได้แก่ เชื้อพันธุ์เหลืองไว (G.S. No. 22142) เหนียวดำ (G.S. No. 3359) เหลืองตาแสง 107 (G.S. No. 951) เหลืองเมืองกาญจน์ (G.S. No. 11057) เหนียวลอย (G.S. No. 4496) หมาแหย่ง (G.S. No. 22763) ข้าวแดงหนัก (G.S. No. 22140) และกลาแต (G.S. No. 22026) โดยมีปริมาณสารประกอบฟีนอลิกและฤทธิ์ในการต้านอนุมูลอิสระมากที่สุด

เชื้อพันธุ์ข้าวที่มีปริมาณวิตามินอีรวมสูงสุด ได้แก่ เชื้อพันธุ์แดงสันติ (G.S. No. 4319) ลูกหมีแดง (G.S. No. 4587) คอต่ำ (G.S. No. 7752) เจ้าเหลือง (G.S. No. 5791) อีมอม (G.S. No. 19334) สร้อยขาวสร้อยแดง (G.S. No. 5330) และขาวนางหลวง (G.S. No. 9415) รวมทั้งเชื้อพันธุ์แหลมทอง (G.S. No. 6672) และดอกติ้ว (G.S. No. 21597) มีปริมาณสารแกมมาออไรซานอลมากที่สุด

การศึกษาครั้งนี้ พบว่า เชื้อพันธุ์ข้าวที่มีความโดดเด่นในด้านคุณค่าทางโภชนาการและสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพ เป็นข้อมูลที่สามารถนำไปใช้ประโยชน์ในงานด้านปรับปรุงพันธุ์ พัฒนาผลิตภัณฑ์ นำไปพัฒนาเป็นส่วนประกอบในผลิตภัณฑ์ด้านสุขภาพและเวชสำอาง เป็นการเพิ่มมูลค่าข้าว อีกทั้งยังช่วยอนุรักษ์พันธุ์ข้าวให้กลับมาเป็นที่นิยม ซึ่งข้อมูลจากการศึกษานี้ได้ทำการรวบรวมในฐานข้อมูลธนาคารเชื้อพันธุ์ข้าวแห่งชาติ https://trsi-app.ricethailand.go.th/genebank เพื่อให้ผู้สนใจทั่วไปได้เข้าไปสืบค้นและใช้ประโยชน์ต่อไป

คำขอบคุณ

ขอขอบคุณกองทุนส่งเสริมวิทยาศาสตร์ วิจัยและนวัตกรรม และสำนักงานคณะกรรมการส่งเสริมวิทยาศาสตร์ วิจัยและนวัตกรรม (สกสว.) ที่ส่งเสริมและสนับสนุนงบประมาณ โครงการการประเมินคุณค่าทางโภชนาการ สารออกฤทธิ์ทางชีวภาพของเชื้อพันธุ์ข้าว ภายใต้แผนงานการวิจัยและพัฒนาการอนุรักษ์และการศึกษาคุณสมบัติพื้นฐานของทรัพยากรพันธุกรรมข้าว

เอกสารอ้างอิง

นภัสสร วงเปรียว. 2561. การวิเคราะห์หาปริมาณโปรตีน แร่ธาตุและวิตามินในข้าวพันธุ์พื้นเมืองของจังหวัดเลย. วารสารวิชาการและวิจัย มทร.พระนคร 12(2): 158-171.

นันทยา ชนะรัตน์. 2545. Supervitamin E. วารสารเทคนิคการแพทย์เชียงใหม่ 35(3): 179-183.

ปภาวดี คล่องพิทยาพงษ์ และจันทรรัตน์ จาริกสกุลชัย. 2562. การพัฒนาเภสัชภัณฑ์จากน้ำมันรำข้าวเพื่อสุขภาพ. วารสารวิชาการมหาวิทยาลัยอีสเทิร์นเอเชีย 13(2): 1-16.

ผกามาศ วงค์เตย์, ดารารัตน์ มณีจันทร์, รัตนวรรณ จันทร์ศศิธร, อสมาภรณ์ จัตตุพรพงษ์, นฤมล เสือแดง, ภัทรศยา สายยืด, ศตวรรณ คงสมจิตต์, วัชรี สุขวิวัฒน์, ปราณี มณีนิล และเกศสุดา ปางรัสมี. 2563. ปริมาณสาร

ฟีนอลิกในพันธุ์ข้าวไทย และผลของอุณหภูมิในการเก็บรักษาต่อคุณภาพข้าว. วารสารวิชาการข้าว 11(2): 103-113.

พันทิพา พงษ์เพียจันทร์, ธวัธชัย แถวถาทำ และดำเนิน กาละดี. 2547. ปริมาณแกมมา-โอไรซานอลในผลิตภัณฑ์จากพืชชนิดต่างๆ. วารสารเกษตร 20(2): 111-119

มัชฌิมา นามมูลน้อย, บังอร ศรีพานิชกุลชัย, จิรวัฒน์ สนิทชน และศรัญญา ตันติยาสวัสดิกุล. 2566. การศึกษาคุณค่าทางโภชนาการและฤทธิ์ทางชีวภาพของข้าวพื้นเมืองไทย. วารสารเภสัชศาสตร์อีสาน 19(2): 75-89.

ลัดดา แสงเดือน วัฒนศิริธรรม. 2561. น้ำมันรำข้าวเพื่อสุขภาพ. อาหาร 48(1): 50-55.

สุภาษิต ชูกลิ่น, ธีระพงค์ หมวดศรี และผกามาส ปุรินทราภิบาล. 2563. คุณค่าทางโภชนาการของข้าวกล้องพื้นเมืองตรัง. วารสารวิจัย มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย 12(2): 285-296.

AOAC. 2000. Official methods of analysis. Association of official analytical chemist. 17th ed., Gaitherburg, Maryland, USA.

Brand-Williams, W., M.E. Cuvelier and C. Berset. 1995. Use of a free radical method to evaluate antioxidant activity. LWT-Food science and Technology 28(1): 25-30.

Chen, M.H. and C.J. Bergman. 2005. A rapid procedure for analysing rice bran tocopherol, tocotrienol and gamma oryzanol contents. Journal of Food Composition and Analysis 18: 319-331.

Dewi, A.M.P., W. Setyaningsih and M. Palma. 2024. Rapid method for simultaneous determination of γ-oryzanol compounds in rice (*Oryza sativa*) grains using UV-Vis spectroscopy and chemometrics. Trends in Sciences 21(12): 8550.

Dias, L.G., A. Hacke, E.D.S. Souza, S. Nath, M.R. Canesin, O.V. Vilella, B. Geloneze, J.A.L. Pallone, C.B.B. Cazarin, J.J. Blakeslee, L.R.B. Mariutti and N. Bragagnolo. 2022. Comparison of chemical and nutritional compositions between aromatic and non-aromatic rice from Brazil and effect of planting time on bioactive compounds. Journal of Food Composition and Analysis 111: 104608.

Goffman, F.D. and C.J. Bergman. 2004. Rice kernel phenolic content and its relationship with antiradical efficiency. Journal of the Science of Food and Agriculture 84: 1235-1240.

Heinonen, M. and V. Piironen. 1991. The tocotrienol, and vitamin E content of the average Finnish diet. International Journal for Vitamin and Nutrition Research 61: 27-32

Hoogenkamp, H., H. Kumagai and J.P.D. Wanasundara. 2017. Rice protein and rice protein products. pp.47-65. *In:* S.R. Nadathur, J.P.D. Wanasundara, L. Scanlin (eds.), Sustainable Protein Sources. Academic Press.

Ishihara, M. 1984. Effect of γ-oryzanol on serum lipid peroxide level and clinical symptoms of patients with climacteric disturbances. Asia-Oceania Journal of Obstetrics and Gynaecology 10(3): 317-323.

Juliano, B.O., A.A. Antonio and B.V. Esmama. 1973. Effects of protein content on the distribution and properties of rice protein. Journal of the Science of Food and Agriculture 24(3): 295-306.

Kamara, J.S., S. Konishi, T. Sasanuma and T. Abe. 2010. Variation in free amino acid profile among some rice (*Oryza sativa* L.) cultivars. Breeding Science 60(1): 46-54.

Kato, T. and H. Akira. 2021. Distribution of γ-oryzanol in the outer layers of brown rice and its variation among cultivars. Plant Production Science 24(2): 256-265.

Kunnam, J., P. Wanwipa, R. Ruttanachira, B. Darika, T. Thanasin and A. Chorkaew. 2023. Stability of phenols, antioxidant capacity and grain yield of six rice genotypes. Plants 12(15). 2787.

Miller, E.L., B.P. Anthony, B. M. Stuart and S. Berni. 2007. Repeatability and reproducibility of determination of the nitrogen content of fishmeal by the combustion (Dumas) method and comparison with the Kjeldahl method: interlaboratory study. Journal of AOAC International 90(1): 6-20.

Oki, T., M. Mami, K. Mio, N. Yoichi, F. Shu, S. Ikua and S. Tetsuo. 2002. Polymeric procyanidins as

radical-scavenging components in red-hulled rice. Journal of Agricultural and Food Chemistry 50: 7524-7529.

Qiu, Y., L. Qin and B. Trust. 2010. Antioxidant properties of commercial wild rice and analysis of soluble and insoluble phenolic acids. Food Chemistry 121: 140-147.

Sahu, R., M. Subhajit, D. Priya, A.J. Gouhar, D.K. Tarun, P. Paramita, N. Gouranga and K. Ritu. 2023. The bioavailability, health advantages, extraction method, and distribution of free and bound phenolics of rice, wheat, and maize: A review. Food Chemistry Advances 3: 100484.

Thapa, M., L. Lei, B.J. Bronwyn, K. Tobias, R.Y. Suzy and R.J. Terry. 2024. Accumulation patterns of anthocyanin and γ-oryzanol during black rice grain development. PLOS One 19(5): 0302745.

Tian, S., K. Nakamura and H. Kayahara. 2004. Analysis of phenolic compounds in white rice, brown rice and germinated brown rice. Journal of Agricultural and Food Chemistry 52(15): 4808-4813.

Ukpong, E.S., E.U. Onyeka and B.S. Oladeji. 2023. Bioactive compounds, nutrients and pasting properties of parboiled milled rice, brown rice and germinated brown rice of selected cultivars and the effects of germination durations. Food Chemistry Advances 2: 100234.

Yu, L., G. Li, M. Li, F. Xu, T. Beta and J. Bao. 2016. Genotypic variation in phenolic acid, vitamin E and fatty acids in whole grain rice. Food Chemistry 197: 776-782.

Zhang, M.W., B.J. Guo, R.F. Zhang, J. W. Chi, Z.C. Wei, Z.H. Xu, Y. Zhang and X.J. Tang. 2006. Separation, purification and identification of antioxidant compositions in black rice. Agricultural Science in China 5: 431-440.

Zhou, Z., R. Kevin, H. Stuart and B. Chris. 2004. The distribution of phenolic acids in rice. Food Chemistry 87(3): 401-406.

Zhu, J., W. Xiaoyu, L. Ao, W. Rannan, N. Xinhua, H. Jinlong, W. Haiyan, Z. Hongcheng and X. Qiangqiang. 2024. The main nutritional components in colored rice grains. LWT-Food Science and Technology 191: 115663.