องค์ประกอบทางเคมีบางประการ และคุณสมบัติต้านอนุมูลอิสระของข้าวพื้นเมืองในจังหวัดนครราชสีมา

Some Chemical Compositions and Antioxidant Properties of Local Rice in Nakhon Ratchasima Province, Thailand

สายใจ ปอสูงเนิน[1]* และ ธีระ ธรรมวงศา[2]

Saijai Posoongnoen[1]* and Theera Thummavongsa[2]

[1] *โปรแกรมวิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏนครราชสีมา*

[2] *โปรแกรมวิชาชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏนครราชสีมา*

[1]*Chemistry program, Faculty of Science and Technology, Nakhon Ratchasima Rajabhat University*

[2]*Biology program, Faculty of Science and Technology, Nakhon Ratchasima Rajabhat University*

Received : 17 May 2018

Accepted : 9 July 2018

Published online : 16 July 2018

บทคัดย่อ

การวิเคราะห์หาองค์ประกอบทางเคมีบางประการ ได้แก่ ปริมาณโปรตีน ไขมัน คาร์โบไฮเดรต เถ้า กรดแกมมาอะมิโนบิวทีริก (GABA) อะไมโลส คุณสมบัติต้านอนุมูลอิสระ และพลังงาน ในข้าวพื้นเมือง 10 พันธุ์ ในพื้นที่จังหวัดนครราชสีมา พบว่า ข้าวเหนียวดำ 1 มีโปรตีน (9.12 g/100 g) ไขมันทั้งหมด (3.23 g/100 g) และให้พลังงาน (370.25 kcal/100 g) สูงที่สุด ข้าวที่มีคาร์โบไฮเดรต และเถ้าสูงสุดคือข้าวหอมมะลิดั้งเดิม (78.21 g/100 g) และข้าวเหนียวดำชุมพวง (1.51%) ตามลำดับ การวิเคราะห์กรดแกมมาอะมิโนบิวทีริกในข้าวกล้องงอก อยู่ระหว่าง 9.62-88.25 mg/100 g DW และข้าวที่มีกรดแกมมาอะมิโนบิวทีริกสูงที่สุดคือ ข้าวเหนียวดำชุมพวง ข้าวที่มีปริมาณอะไมโลสสูงสุด คือ ข้าวเหลืองทอง (31.97%) การวิเคราะห์สารประกอบฟีนอลิกและฟลาโวนอยด์ อยู่ในช่วง 18.86-211.16 mg GAE/100 g DW และ 18.61-123.32 mg CE/100 g DW ตามลำดับ ข้าวเหนียวดำ 2 มีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ สารประกอบฟีนอลิก และสารประกอบฟลาโวนอยด์สูงที่สุด จะเห็นได้ว่าข้าวที่มีสีดำและสีแดง จะมีสารต้านอนุมูลอิสระสูงกว่าข้าวพันธุ์อื่นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) ผลการศึกษาในครั้งนี้ จะเป็นประโยชน์ในการพัฒนาข้าวในพื้นที่ให้เป็นข้าวเพื่อสุขภาพและพัฒนาเป็นผลิตภัณฑ์ต่าง ๆ ในอนาคต

คำสำคัญ : ข้าวพื้นเมือง, คุณสมบัติการต้านอนุมูลอิสระ, องค์ประกอบทางโภชนาการ, กาบา, อะไมโลส

*Corresponding author. E-mail : Saijai.p@nrru.ac.th

Abstract

Some chemical composition (protein, total fat, carbohydrate, ash, gamma-aminobutyric acid (GABA), and amylose) antioxidant properties and energy were studied in 10 local Thai rice cultivars in Nakhon Ratchasima province. Neow Dam 1 had the highest protein (9.12 g/100 g), total fat (3.23 g/100 g) and energy (370.25 kcal/100 g) content. The highest total carbohydrate and ash content were Hommali Dang Doem (78.21 g/100 g) and Neow Dam Chum Puang (1.51 %), respectively. The gamma-aminobutyric acid content in germinated brown rice ranged from 9.62 to 88.25 mg/100 g DW and the highest content was found in Neow Dam Chum Puang. Amylose content was highest in Huang Tong (31.97%). The phenolics and flavonoids content were 18.86 to 211.16 mg GAE/100 g DW and 18.61 to 123.32 mg CE/100 g DW, respectively. Neow Dam 2 had the highest DPPH radical scavenging capacity, phenolics and flavonoids content among all the rice cultivars. The black and red local rice showed higher antioxidant properties than ($p \leq 0.05$) white rice. The results in this study implied that local rice is suitable for promotion as health food and further food product development.

Keywords : local rice, antioxidant properties, nutritional composition, GABA, amylose

บทนำ

ข้าว (*Oryza sativa* L.) เป็นอาหารหลักของประชากรโลก โดยเฉพาะในเอเชียมีประชากรกว่า 95% บริโภคข้าวเป็นอาหารหลัก (Bhattacharjee *et al*., 2002; Fresco, 2005) โดยเป็นแหล่งของสารอาหารที่สำคัญ ได้แก่ คาร์โบไฮเดรต โปรตีน ไขมัน และวิตามิน เป็นต้น ที่มีความสำคัญต่อร่างกาย ข้าวเป็นแหล่งอาหารที่ให้พลังงาน โปรตีน และไขมัน ประมาณ 715 kcal/คน/วัน (27% ของพลังงานจากอาหาร) 14% ของโปรตีนจากอาหาร และ 2% ของไขมันจากอาหาร ตามลำดับ (Kennedy & Burlingame, 2003) นอกจากการรายงานการศึกษาสารอาหารหลักและวิตามินหลากหลายชนิดในข้าว ยังมีการค้นพบสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพ เช่น สารประกอบฟีนอลิก ฟลาโวนอยด์ และคุณสมบัติในการต้านอนุมูลอิสระในข้าว (Chotimarkorn *et al*., 2008; Sompong *et al*., 2011; Goufo & Trindade, 2013) โดยมีรายงานว่าสารประกอบฟีนอลิก มีคุณสมบัติการต้านอนุมูลอิสระซึ่งช่วยลดความเสี่ยงของการเกิดโรคต่าง ๆ เช่น โรคมะเร็ง โรคหลอดเลือดหัวใจ ฯลฯ (Liu, 2004; Dykes & Rooney, 2007; Liu, 2007) ซึ่งสารประกอบฟีนอลิกบางตัว อาทิเช่น ferulic acid, *p*-coumaric และ diferulate ไม่สามารถพบในผักและผลไม้แต่พบในเมล็ดข้าว (Adom & Liu, 2002) ส่วนสารประกอบฟลาโวนอยด์มีประสิทธิภาพในการต้านอนุมูลอิสระและยับยั้งการเกิดโรคมะเร็ง (Adom & Liu, 2002; Hu *et al*., 2003; Dykes & Rooney, 2007) นอกจากนี้ยังมีรายงานการพบสารสำคัญเมื่อเมล็ดข้าวมีการงอก คือกรดแกมมาอะมิโนบิวทีริก (gamma-aminobutyric acid) หรือสารกาบา (GABA) ซึ่งมีประโยชน์ต่อสุขภาพ

สารอาหารในข้าวจะแตกต่างกันไปตามสายพันธุ์ (Sompong *et al*., 2011) การศึกษาองค์ประกอบทางเคมี หรือโภชนาการของข้าว โดยเฉพาะข้าวพันธุ์พื้นเมืองในแต่ละพื้นที่จึงมีความสำคัญและจำเป็นเพื่อจะได้แหล่งสารอาหารที่มีคุณภาพดี จากการลงศึกษาพื้นที่ในจังหวัดนครราชสีมาของคณะผู้วิจัยพบว่า พันธุ์ข้าวที่เกษตรกรในพื้นที่นิยมปลูกมี 10 พันธุ์

คือ พันธุ์เหลืองพระทองคำ สะกอ หอมจันทร์ เหลืองทอง หอมมะลิดั้งเดิม หอมมะลิแดง 1 หอมมะลิแดง 2 เหนียวดำ 1 เหนียวดำ 2 และเหนียวดำชุมพวง ซึ่งเป็นแหล่งทรัพยากรที่สำคัญที่จะนำข้าวพื้นเมืองในพื้นที่มาวิเคราะห์สารอาหารและศึกษาวิจัย

การศึกษาครั้งนี้มีวัตถุประสงค์ในการศึกษาเปรียบเทียบปริมาณสารอาหาร คือ ปริมาณโปรตีน ไขมัน คาร์โบไฮเดรต เถ้า กรดแกมมาอะมิโนบิวทีริก อะไมโลส พลังงาน และคุณสมบัติต้านอนุมูลอิสระ ประกอบด้วย การวิเคราะห์สารประกอบฟีนอลิก ฟลาโวนอยด์ และฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ DPPH (2,2'-diphenyl-1-picrylhydrazyl) ของข้าวพื้นเมือง 10 พันธุ์ ในพื้นที่จังหวัดนครราชสีมา เพื่อเป็นข้อมูลโภชนาการของข้าวในการส่งเสริมการผลิตข้าวเพื่อสุขภาพ และให้เกษตรกรเห็นความสำคัญของข้าวพื้นเมือง อนุรักษ์ข้าวพื้นเมืองให้คงอยู่ในพื้นที่ต่อไป ตลอดจนยังเป็นข้อมูลที่สำคัญในปรับปรุงพันธุ์ข้าวและพัฒนาข้าวพื้นเมืองในพื้นที่เป็นสิ่งบ่งชี้ทางภูมิศาสตร์ (Geographical Indication; GI) ต่อไปในอนาคต

วิธีดำเนินการวิจัย

ทำการเก็บตัวอย่างข้าวพื้นเมือง ในจังหวัดนครราชสีมาในพื้นที่อำเภอต่าง ๆ จำนวน 10 พันธุ์ โดยมีชื่อพันธุ์ (อำเภอ) ประกอบด้วย พันธุ์เหลืองพระทองคำ (โชคชัย) สะกอ (โนนไทย) หอมจันทร์ (โนนไทย) เหลืองทอง (ด่านขุนทด) หอมมะลิดั้งเดิม (บัวลาย) หอมมะลิแดง 1(จักราช) หอมมะลิแดง 2 (ขามสะแกแสง) เหนียวดำ 1 (โนนแดง) เหนียวดำ 2 (แก้งสนามนาง) และเหนียวดำชุมพวง (ชุมพวง) นำส่วนที่เป็นแกลบออก เก็บตัวอย่างไว้ในกล่องสุญญากาศทึบแสง ที่อุณหภูมิ 4 ^{o}C วิเคราะห์ภายใน 7 วัน

<u>การวิเคราะห์สารอาหารหลัก</u>

ทำการวิเคราะห์สารอาหารหลัก ได้แก่ ความชื้น ปริมาณโปรตีน ไขมัน คาร์โบไฮเดรต เถ้า และพลังงาน ตามวิธีมาตรฐานของ AOAC (Association of Official Analytical Chemists, 2012) ปริมาณความชื้นวิเคราะห์โดยใช้วิธี Gravimetric method (AOAC 952.08) การวิเคราะห์ปริมาณโปรตีนใช้วิธี Kjeldahl method (AOAC 991.20) ปริมาณไขมันใช้วิธี Petroleum ether extraction method (AOAC 945.16) การวิเคราะห์เถ้าโดยใช้ Gravimetric method (AOAC 945.46) ปริมาณคาร์โบไฮเดรตและพลังงานได้จากการคำนวณ

<u>การวิเคราะห์ปริมาณกรดแกมมาอะมิโนบิวทีริกหรือกาบา (Gamma-aminobutyric acid, GABA)</u>

นำข้าวกล้องมาเพาะให้งอกโดยการแช่น้ำเป็นเวลา 3 ชั่วโมง และเพาะให้ข้าวกล้องงอกเป็นเวลา 21 ชั่วโมง ที่อุณหภูมิห้อง นำเมล็ดข้าวที่งอกแล้วมาอบในตู้อบลมร้อนให้แห้ง โดยใช้อุณหภูมิ 100 ^{o}C นาน 30 นาที แล้วนำตัวอย่างมาบดให้ละเอียด และร่อนผ่านตะแกรงขนาด 100 mesh (150 micron) (Patil & Khan, 2011; Karladee & Suriyong, 2012) นำมาวิเคราะห์ปริมาณสารกาบาโดยวิธีของ Kitaoka & Nakano (1969) โดยนำตัวอย่างข้าว 3 g มาเติม 70% v/v ethanol ปริมาตร 30 mL เขย่าให้เข้ากัน นำมาปั่นเหวี่ยงที่ 7000 xg ที่อุณหภูมิ 4 ^{o}C นาน 20 นาที นำสารสกัดที่ได้ไประเหยเอทานอลด้วยเครื่องกลั่นสุญญากาศที่อุณภูมิ 40 ^{o}C จากนั้นเติมน้ำกลั่นปริมาตร 8 mL นำสารสกัดตัวอย่างที่ได้ปริมาตร 0.1 mL ผสมกับ 0.2 M borate buffer ปริมาตร 0.2 mL และ 6% w/v phenol ปริมาตร 1 mL ผสมให้เข้ากัน ทำให้เย็นโดยแช่ในอ่างน้ำแข็ง 5 นาที เติม 15% v/v NaOCl ปริมาตร 0.4 mL เขย่านาน 1 นาที แช่ในอ่างน้ำแข็ง 5 นาที แล้วนำไปต้มนาน 10 นาที ทำให้เย็นโดยแช่ในอ่างน้ำแข็ง 5 นาที นำมาวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 630 nm ด้วยเครื่องยูวี-วิสิเบิลสเปกโทรโฟโตมิเตอร์ (UV-1601 Shimadzu, Japan) นำค่าการดูดกลืนแสงที่ได้ไปเทียบกับกราฟมาตรฐานสารกาบา เพื่อคำนวณปริมาณสารกาบาในหน่วยมิลลิกรัมต่อ 100 กรัมน้ำหนักแห้ง (mg/100 g dry weight (DW))

การวิเคราะห์ปริมาณอะไมโลส

ทำการวิเคราะห์ปริมาณอะไมโลสโดยดัดแปลงจากวิธีของ Juliano (1985) และ Sompong *et al*. (2011) โดยนำข้าวมาบดให้ละเอียดและร่อนผ่านตะแกรงขนาด 100 mesh (150 micron) จากนั้นนำข้าว (1 g) ผสมกับ 95% v/v ethanol ปริมาตร 1 mL และ 1 N NaOH ปริมาตร 9 mL ผสมให้เข้ากัน นำไปให้ความร้อนเป็นเวลา 10 นาที ทำให้เย็นลง แล้วเทใส่ขวดวัดปริมาตรขนาด 100 mL ปรับปริมาตรด้วยน้ำกลั่น นำสารละลายตัวอย่างที่ได้ปริมาตร 5 mL และ 1 N Acetic acid เติมลงในขวดวัดปริมาตรขนาด 100 mL จากนั้นเติมสารละลายไอโอดีน ปริมาตร 2 mL แล้วปรับปริมาตรให้ได้ 100 mL ด้วยน้ำกลั่น ผสมให้เข้ากัน ตั้งทิ้งไว้นาน 20 นาที นำไปวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ 620 nm ด้วยเครื่องยูวี-วิสิเบิลสเปกโทรโฟโตมิเตอร์ (UV-1601 Shimadzu, Japan) นำค่าการดูดกลืนแสงที่ได้ไปเทียบกับกราฟมาตรฐานอะไมโลส ปริมาณอะไมโลสสามารถจำแนกออกเป็น 5 กลุ่ม (Sompong *et al*., 2011) คือ waxy (1-2%), very low (2-9%), low (10-20%), intermediate (20-25%) และ high (25-33%).

การเตรียมตัวอย่างข้าวในการวิเคราะห์สารต้านอนุมูลอิสระ

นำตัวอย่างข้าวมาบดให้ละเอียด และร่อนผ่านตะแกรงขนาด 100 mesh (150 micron) แล้วผสมกับ 80% v/v ethanol ในอัตราส่วน 1:5 เขย่าเป็นเวลา 24 ชั่วโมง นำไปปั่นเหวี่ยงแล้วเก็บส่วนใสที่ได้ไประเหยตัวทำละลายออกด้วยเครื่องกลั่นสุญญากาศ ที่อุณหภูมิ 45 °C นำสารสกัดที่ได้ไปทำให้แห้งด้วยเครื่องทำแห้งแบบแช่แข็ง

การวิเคราะห์ปริมาณสารประกอบฟีนอลิก

การวิเคราะห์สารประกอบฟีนอลิก ดัดแปลงจาก Folin-Ciocalteu method (Singleton *et al*., 1999) นำสารสกัดข้าวปริมาตร 200 μL ผสมกับสารละลาย Folin-Ciocalteu ที่เตรียมใหม่ (เจือจางด้วยน้ำอัตราส่วน 1:10) ปริมาตร 1 mL นำไปเขย่าเป็นเวลา 1 นาที เติม 10% w/v Na_2CO_3 ปริมาตร 800 μL เขย่าให้เข้ากัน ตั้งทิ้งไว้ 2 นาที ปรับปริมาตรด้วยน้ำกลั่นให้ได้ปริมาตร 5 mL นำไปบ่มที่อุณหภูมิห้องนาน 2 ชั่วโมง นำมาวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 760 nm ด้วยเครื่องยูวี-วิสิเบิลสเปกโทรโฟโตมิเตอร์ (UV-1601 Shimadzu, Japan) นำค่าการดูดกลืนแสงที่ได้ไปเทียบกับกราฟมาตรฐานกรดแกลลิก คำนวณปริมาณสารประกอบฟีนอลิกในหน่วยมิลลิกรัมสมมูลของกรดแกลลิกต่อ 100 กรัมน้ำหนักแห้ง (mg gallic acid equivalent (GAE)/100 g dry weight (DW))

การวิเคราะห์สารประกอบฟลาโวนอยด์

การวิเคราะห์ปริมาณฟลาโวนอยด์ดัดแปลงจากวิธีของ Jia *et al*. (1999) นำสารสกัดข้าวปริมาตร 250 μL ผสมกับน้ำกลั่นปริมาตร 1.25 mL เติมสารละลาย 5% w/v $NaNO_2$ ปริมาตร 75 μL ตั้งไว้ที่อุณหภูมิห้องนาน 6 นาที เติมสารละลาย 10% w/v $AlCl_3$ ปริมาตร 150 μL ตั้งทิ้งไว้นาน 5 นาที เติมสารละลาย 1 M NaOH ปริมาตร 0.5 mL แล้วเขย่าทันที นำมาวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 510 nm ด้วยเครื่องยูวี-วิสิเบิลสเปกโทรโฟโตมิเตอร์ (UV-1601 Shimadzu, Japan) นำค่าการดูดกลืนแสงที่ได้ไปเทียบกับกราฟมาตรฐานคาเทชิน คำนวณปริมาณสารประกอบฟลาโวนอยด์ในหน่วยมิลลิกรัมสมมูลของคาเทชินต่อ 100 กรัมน้ำหนักแห้ง (mg catechin equivalent (CE)/100 g dry weight (DW))

การวิเคราะห์ประสิทธิภาพการต้านอนุมูลอิสระ 2,2-Diphenyl-1-picrylhydrazyl (DPPH)

การวิเคราะห์ประสิทธิภาพการต้านอนุมูลอิสระ DPPH ดัดแปลงจากวิธีการของ Brand-Williams *et al*. (1995) เปรียบเทียบกับสารมาตรฐานวิตามินซี นำสารสกัดข้าวปริมาตร 0.2 mL ผสมกับสารละลาย 0.06 mM DPPH ที่เตรียมใหม่ปริมาตร 3.8 mL เขย่าให้เข้ากัน แล้วนำไปบ่มที่อุณหภูมิห้องในที่มืดนาน 60 นาที นำมาวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น

515 nm ด้วยเครื่องยูวี-วิสิเบิลสเปกโทรโฟโตมิเตอร์ (UV-1601 Shimadzu, Japan) ประสิทธิภาพการต้านอนุมูลอิสระ DPPH คำนวณดังสมการที่ 1

$$\text{DPPH redical Scavenging activity (\%)} = [(Abs_{control} - Abs_{sample})/Abs_{control}] \times 100 \quad (1)$$

โดย $Abs_{control}$ = ค่าการดูดกลืนแสงของปฏิกิริยาในสภาวะที่ไม่มีสารสกัดข้าว

Abs_{sample} = ค่าการดูดกลืนแสงของปฏิกิริยาในสภาวะที่มีสารสกัดข้าว

จากนั้นคำนวณหาค่าความเข้มข้นของสารสกัดข้าวที่สามารถลดปริมาณอนุมูลอิสระ DPPH ลงได้ร้อยละ 50 (IC_{50}) และนำค่าการดูดกลืนแสงที่ได้ไปเทียบกับกราฟมาตรฐานวิตามินซี แล้วคำนวณประสิทธิภาพการต้านอนุมูลอิสระ DPPH ในหน่วยมิลลิกรัมสมมูลของวิตามินซีต่อ 100 กรัมน้ำหนักแห้ง (mg vitamin C equivalent (VCE)/100 g dry weight (DW))

การวิเคราะห์ข้อมูล

การทดลองแต่ละขั้นตอนทำการทดลอง 3 ซ้ำ (n=3) ผลการทดลองรายงานในรูปแบบค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (SD) แล้วทำการวิเคราะห์ผลการทดลองทางสถิติ โดยการวิเคราะห์ความแปรปรวน (Analysis of variance, ANOVA) และเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยโดยวิธี Duncan's Multiple Range Test ที่ระดับเชื่อมั่น 95% ($p \leq 0.05$)

ผลการวิจัยและวิจารณ์ผล

ผลการศึกษาสารอาหารหลักในข้าวพื้นเมือง

การวิเคราะห์สารอาหารในข้าวพื้นเมืองจำนวน 10 พันธุ์ พบว่าข้าวทั้ง 10 พันธุ์ มีสารอาหารที่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) โดยแสดงรายละเอียดดังตารางที่ 1 ข้าวที่ศึกษามีความชื้นอยู่ระหว่าง 10.27 - 11.82 % ซึ่งอยู่ในปริมาณที่เหมาะสม โดยความชื้นในข้าวจะส่งผลต่อคุณภาพข้าว ความอร่อย การขัดสี และอายุการเก็บรักษาเมล็ดข้าว (Ebuehi & Oyewole, 2007; Xheng & Lan, 2007) ปริมาณเถ้าอยู่ระหว่าง 0.89 -1.51% โดยข้าวที่มีปริมาณเถ้าสูงสุดคือ ข้าวเหนียวดำชุมพวง (1.51%) โดยปริมาณเถ้ามีส่วนสำคัญในการบ่งบอกปริมาณแร่ธาตุในอาหาร (Bhat & Sridhar, 2008) ซึ่งข้าวที่มีปริมาณเถ้าสูงคาดว่าจะมีแร่ธาตุอาหารสูงด้วย ปริมาณโปรตีนจากการวิเคราะห์อยู่ในช่วง 6.60 – 9.12 g/100 g ซึ่งมีค่าที่สอดคล้องกับรายงานปริมาณโปรตีนในข้าวจากประเทศไทย จีน และศรีลังกา ซึ่งอยู่ในช่วง 7.16 – 10.85 g/100g (Sompong *et al*., 2011) ข้าวที่มีปริมาณโปรตีนสูงสุดคือ ข้าวเหนียวดำ 1 (9.12 g/100 g) รองลงมาคือ ข้าวเหลืองพระทองคำ และข้าวเหนียวดำชุมพวง โดยข้าวเหนียวดำ 1 มีปริมาณโปรตีนสูงกว่าข้าวกล้อง กข-6 (6.98 %) ซึ่งเป็นข้าวเหนียวที่นิยมบริโภคในภาคตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศไทย (Moongngarm & Saetung, 2010) ปริมาณโปรตีนในข้าวส่งผลต่อคุณภาพสารอาหารในข้าว โดยข้าวที่มีปริมาณโปรตีนสูงสามารถนำไปพัฒนาเป็นผลิตภัณฑ์อาหารได้ ปริมาณไขมันในข้าวพบต่ำสุดและสูงสุดคือ ข้าวเหลืองพระทองคำ (2.26 g/100 g) และข้าวเหนียวดำ 1 (3.23 g/100g) ตามลำดับ มีรายงานการศึกษาปริมาณไขมันของข้าวกล้องที่มีเปลือกหุ้มเมล็ดสีม่วงและดำ พบปริมาณไขมันในช่วง 3.33 - 3.73% (Reddy *et al*., 2017) ข้าวเป็นแหล่งที่ดีของกรดไขมันโอเลอิก กรดลิโนเลอิก และกรดไขมันที่สำคัญอื่น ๆ ซึ่งมีประโยชน์ต่อร่างกาย (Verma & Srivastav, 2017) ข้าวทุกพันธุ์มีปริมาณคาร์โบไฮเดรตที่สูง (>70%) ปริมาณคาร์โบไฮเดรตสูงสุดพบในข้าวหอมมะลิดั้งเดิม (78.21g/100 g) รองลงมาคือ ข้าวหอมมะลิแดง 2 และข้าวเหนียวดำ 2 ซึ่งมีความสอดคล้องกับข้าวสายพันธุ์อื่น ๆ

(Sompong *et al*., 2011; Thomas *et al*., 2013; Verma & Srivastav, 2017) ข้าวจัดว่าเป็นแหล่งที่ดีของคาร์โบไฮเดรตสำหรับสุขภาพและการประยุกต์ใช้ในด้านต่าง ๆ นอกจากนี้ข้าวเหนียวดำ 1 ให้พลังงานมากที่สุด พลังงานในข้าวพื้นเมืองอยู่ในช่วง 356.11- 370.25 kcal/100 g จากรายงานก่อนหน้าข้าวแดงและดำในประเทศไทย จีน และศรีลังกา ให้พลังงานในช่วง 350.72-370.53 kcal/100 g (Sompong *et al*., 2011) และข้าวอินเดียให้พลังงานในช่วง 350.12-365.23 kcal/100 g (Verma & Srivastav, 2017)

ตารางที่ 1 องค์ประกอบทางเคมีเบื้องต้นและพลังงานของข้าวพื้นเมือง 10 พันธุ์

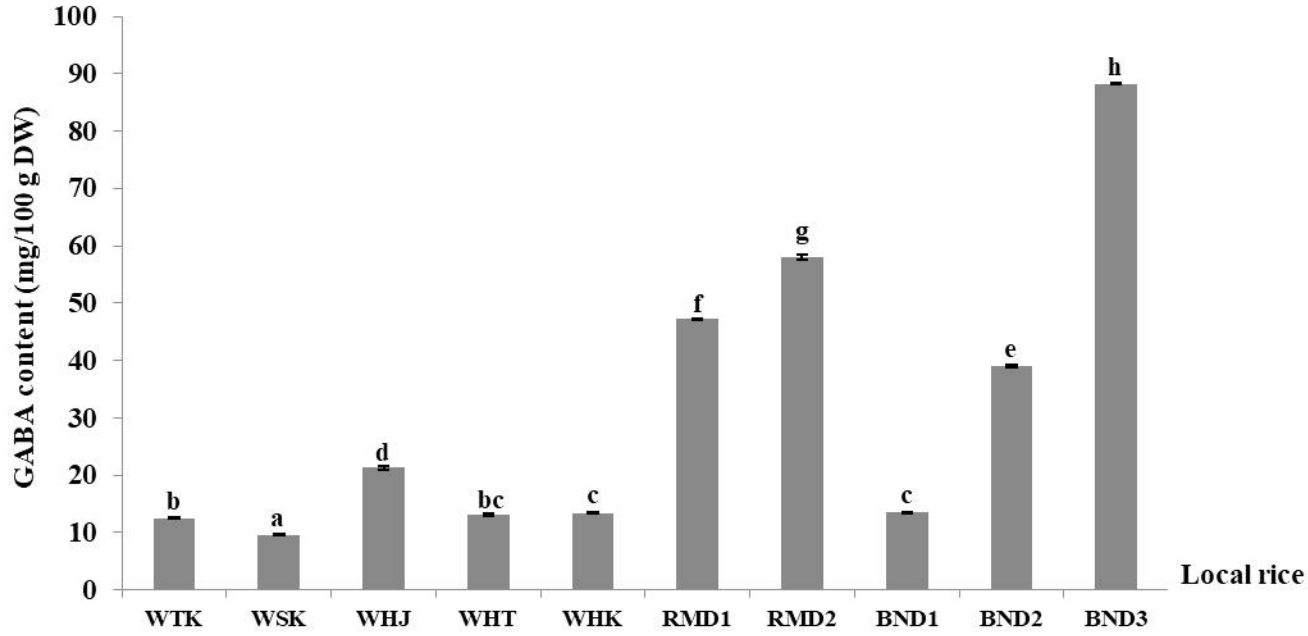
ชื่อพันธุ์ข้าว (อักษรย่อ)	Moisture (%)	Ash (%)	Protein (g/100 g)	Total Fat (g/100 g)	Total carbohydrate (g/100 g)	Energy (kcal/100 g)
White pericarp color						
เหลืองพระทองคำ (WTK)	11.82±0.08^{g}	1.03±0.01^{b}	8.80±0.04^{i}	2.26±0.02^{a}	76.09±0.11^{b}	359.90±0.49^{b}
สะกอ (WSK)	11.02±0.07^{d}	1.29±0.01^{e}	8.51±0.06^{g}	2.57±0.06^{b}	76.63±0.19^{c}	363.61±0.03^{d}
หอมจันทร์ (WHJ)	11.12±0.09^{de}	1.29±0.01^{e}	8.09±0.04^{e}	2.61±0.04^{b}	76.91±0.02^{d}	363.45±0.56^{d}
เหลืองทอง (WHT)	11.13±0.03^{de}	1.23±0.01^{d}	7.21±0.05^{c}	3.11±0.01^{f}	77.34±0.06^{f}	366.11±0.09^{e}
หอมมะลิดังเดิม (WHK)	11.16±0.01^{e}	1.29±0.01^{e}	6.60±0.03^{a}	2.76±0.02^{c}	78.21±0.04^{h}	364.01±0.08^{d}
Mean±SD	11.25±0.32	1.23±0.11	7.84±0.92	2.66±0.31	77.04±0.80	363.42±2.24
Red pericarp color						
หอมมะลิแดง 1 (RMD1)	10.79±0.06^{c}	1.12±0.01^{c}	7.97±0.02^{d}	3.03±0.04^{e}	77.11±0.07^{e}	367.53±0.03^{f}
หอมมะลิแดง 2 (RMD2)	10.27±0.02^{a}	0.89±0.01^{a}	8.20±0.02^{f}	2.91±0.03^{d}	77.74±0.05^{g}	369.91±0.11^{g}
Mean±SD	10.53±0.37	1.01±0.16	8.09±0.16	2.97±0.08	77.43±0.45	368.72±1.68
Black pericarp color						
เหนียวดำ 1 (BND1)	10.44±0.15^{b}	1.04±0.01^{b}	9.12±0.01^{j}	3.23±0.08^{g}	76.19±0.09^{b}	370.25±0.98^{g}
เหนียวดำ 2 (BND2)	11.48±0.02^{f}	1.28±0.00^{e}	7.09±0.05^{b}	2.54±0.01^{b}	77.62±0.02^{g}	361.63±0.06^{c}
เหนียวดำชุมพวง(BND3)	12.30±0.08^{h}	1.51±0.00^{f}	8.64±0.03^{h}	2.27±0.06^{a}	75.28±0.11^{a}	356.11±0.02^{a}
Mean±SD	11.41±0.93	1.28±0.24	8.28±1.06	2.68±0.50	76.36±1.18	362.66±7.3

หมายเหตุ $^{a-j}$ ตัวอักษรที่ต่างกันในแนวตั้งหมายถึงผลการทดลองมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

ผลการศึกษาปริมาณสารกาบาในข้าวพื้นเมือง

ข้าวพื้นเมืองทั้ง 10 พันธุ์ เมื่อผ่านกระบวนการทำให้งอก พบว่ามีปริมาณสารกาบาอยู่ในช่วง 9.62-88.25 mg/100 g โดยแสดงรายละเอียดดังภาพที่ 1 พบว่าข้าวกล้องงอกมีปริมาณสารกาบาแตกต่างกันในแต่ละพันธุ์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) โดยปัจจัยที่มีผลต่อปริมาณสารกาบา คือ สายพันธุ์ข้าว ระยะเวลาการเพาะให้งอก และอุณหภูมิ (Komatsuzaki *et al*., 2007; Wichamanee & Teerarat, 2012; Caceres *et al*., 2017) และพบปริมาณสารกาบาสูงที่สุดในข้าวเหนียว

ดำชุมพวง คือ 88.25 mg/100 g รองลงมาคือ ข้าวหอมมะลิแดง 2 (58.05 mg/100 g) และหอมมะลิแดง 1 (47.24 mg/100 g) จากรายงานการศึกษาสารกาบาก่อนหน้าในข้าวกล้องของข้าวไร่พื้นเมือง 35 พันธุ์ พบมีค่าอยู่ในช่วง 77.85 - 108.80 mg/100 g dry weight และมีปริมาณสูงสุดในข้าวหลวงพระบาง 10 (108.80 mg/100 g dry weight) ที่ระยะเวลาการเพาะให้งอก 24 ชั่วโมง (Auntin *et al*., 2011) ในข้าวกล้องงอกหอมมะลิ 105 และชัยนาท 1 พบปริมาณสารกาบาสูงสุด คือ 73.05 และ 92.42 mg/100 g dry basis ตามลำดับ ที่อุณหภูมิ 26 °C ระยะเวลาการเพาะ 72 ชั่วโมง (Kaosa-ard & Songsermpong, 2012) ข้าวกล้องมะลิแดงที่ทำการเพาะให้งอกที่อุณหภูมิ 35 °C นาน 24 ชั่วโมง มีปริมาณสารกาบา 41.02 mg/100g (Wichamanee & Teerarat, 2012) การเพิ่มขึ้นของปริมาณสารกาบาคาดว่าเกิดจากกิจกรรมการทำงานของเอนไซม์ glutamate decarboxylase (GAD) ในการเร่งปฏิกิริยาเปลี่ยนกรดอะมิโนกลูตาเมทไปเป็นสารกาบา (Lui *et al*., 2005; Komatsuzaki *et al*., 2007) โดยกาบาเป็นอนุพันธ์ของกรดอะมิโน มีบทบาทสำคัญในการทำหน้าที่เป็นสารสื่อประสาท และสารสื่อประสาทประเภทยับยั้ง ซึ่งมีบทบาทสำคัญในการช่วยยับยั้งการเจริญของเซลล์มะเร็ง เพิ่มระบบภูมิคุ้มกัน ป้องกันโรคอัลไซเมอร์ เป็นต้น (Patil & Khan, 2011)



ภาพที่ 1 ปริมาณสารกาบาในข้าวพื้นเมือง $^{a-h}$ ตัวอักษรที่ต่างกันหมายถึงผลการทดลองมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

ผลการศึกษาปริมาณอะไมโลสในข้าวพื้นเมือง

ปริมาณอะไมโลสในข้าวพื้นเมืองมีความแตกต่างกันระหว่างพันธุ์ปลูกอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) โดยแสดงรายละเอียดดังตารางที่ 2 ข้าวที่จัดอยู่ในกลุ่มอะไมโลสปานกลาง (20-25%) คือ ข้าวหอมมะลิแดง 1 ข้าวหอมมะลิแดง 2 ข้าวหอมมะลิดั้งเดิม ข้าวเหลืองพระทองคำ และข้าวเหนียวดำ 1 ซึ่งเมื่อหุงต้มแล้วจะมีลักษณะร่วน นุ่ม และมีเนื้อสัมผัสที่นุ่มหลังจากเย็นลง ซึ่งเป็นข้าวที่นิยมบริโภค (Adu-Kwarteng *et al*., 2003) ส่วนข้าวที่มีอะไมโลสสูง คือ ข้าวเหลืองทอง ข้าวสะกอ

และข้าวหอมจันทร์ ซึ่งมีปริมาณอะไมโลส 31.97%, 27.89% และ 26.39% ตามลำดับ เมื่อหุงต้มแล้วจะมีลักษณะร่วนและนุ่ม แต่เมื่อเย็นลงเนื้อข้าวจะแข็ง อาจเนื่องมาจากการกลับคืนสภาพของโมเลกุลอะไมโลส (Adu-Kwarteng *et al*., 2003) ข้าวที่มีอะไมโลสต่ำและต่ำมาก คือ ข้าวเหนียวดำชุมพวง (10.89%) และข้าวเหนียวดำ 2 (8.40%) ตามลำดับ เมื่อหุงต้มแล้วข้าวที่มีอะไมโลสต่ำ (10-20%) จะแฉะและเหนียว ปริมาณอะไมโลสส่งผลต่อคุณภาพของข้าวด้านความหนืด การหุงต้ม และการรับประทาน ซึ่งมีความสำคัญต่อการผลิตและบริโภคข้าว (Adu-Kwarteng *et al*., 2003) ปริมาณอะไมโลสจะทำให้ข้าวสุกมีความเหนียวลดลง หรือร่วนมากขึ้น ทำให้ข้าวนุ่มน้อยลง มีรายงานการศึกษาว่าข้าวที่มีอะไมโลสสูงจะมีดัชนีน้ำตาล (Glycemic index, GI) ต่ำ (Frei *et al*., 2003) การทดลองในหนูพบว่า ข้าวที่มีปริมาณอะไมโลสสูง (26.1%) ส่งผลให้ระดับไตรกลีเซอไรด์ กลูโคสในเลือด และน้ำหนักตับที่ต่ำ (Denardin *et al*., 2007) ข้าวสายพันธุ์พื้นเมืองของอินเดีย (Lalat) ที่มีอะไมโลสสูง (27.9%) จะมีดัชนีน้ำตาลและค่าปริมาณน้ำตาลที่บริโภคต่ำ (Glycemic load, GL) ซึ่งมีบทบาทสำคัญในการป้องกันและรักษาโรคเบาหวาน (Prasad *et al*., 2018)

ตารางที่ 2 ปริมาณอะไมโลส และการจัดกลุ่มข้าวตามปริมาณอะไมโลส

ชื่อพันธุ์ข้าว	Amylose content (%)	Amylose classification
White pericarp color		
เหลืองพระทองคำ	22.07±0.12^{d}	Intermediate amylose
สะกอ	27.89±0.12^{g}	High amylose
หอมจันทร์	26.39±0.16^{f}	High amylose
เหลืองทอง	31.97±0.52^{h}	High amylose
หอมมะลิดั้งเดิม	22.89±0.12^{e}	Intermediate amylose
Red pericarp color		
หอมมะลิแดง 1	22.96±0.20^{e}	Intermediate amylose
หอมมะลิแดง 2	22.96±0.45^{e}	Intermediate amylose
Black pericarp color		
เหนียวดำ 1	21.56±0.21^{c}	Intermediate amylose
เหนียวดำ 2	8.40±0.23^{a}	Very low amylose
เหนียวดำชุมพวง	10.89±0.06^{b}	Low amylose

หมายเหตุ $^{a-h}$ ตัวอักษรที่ต่างกันในแนวตั้งหมายถึงผลการทดลองมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

ผลการศึกษาปริมาณฟีนอลิก ฟลาโวนอยด์ และสารต้านอนุมูลอิสระในข้าวพื้นเมือง

ปริมาณฟีนอลิกในข้าวพื้นเมืองอยู่ในช่วง 18.86-211.16 mg GAE/100 g DW โดยแสดงรายละเอียดดังตารางที่ 3 ปริมาณฟีนอลิกในข้าวแต่ละพันธุ์มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ ($p \leq 0.05$) จากรายงานก่อนหน้า ปริมาณฟีนอลิกในข้าวแดงและข้าวดำจากประเทศไทย จีน และศรีลังกา มีค่าในช่วง 79.18-691.37 mg ferulic acid equivalent/100 g flour (Sompong *et al*., 2011) ข้าวพื้นเมืองที่มีสีข้าวกล้องไม่มีสี สีแดง และสีดำ มีปริมาณฟีนอลิกเฉลี่ยเท่ากับ 25.36, 98.60 และ 154.97 mg GAE/100 g DW ตามลำดับ ปริมาณฟีนอลิกในข้าวสีดำและสีแดงมีค่ามากกว่าข้าวไม่มีสี 6 และ 4 เท่า ตามลำดับ Walter *et al*. (2013) ได้รายงานว่าข้าวที่เปลือกหุ้มเมล็ดมีสีแดงและสีดำจะมีปริมาณฟีนอลิกอิสระที่สูงกว่าข้าวไม่มีสี 7 และ 15 เท่า ตามลำดับ ข้าวเหนียวดำ 2 มีปริมาณฟีนอลิกสูงสุด (211.16 mg GAE/100 g DW) ข้าวที่มีปริมาณฟีนอลิกต่ำสุด คือ ข้าวหอมมะลิดั้งเดิม (18.86 mg GAE/100 g DW) ปริมาณฟีนอลิกของข้าวพื้นเมืองมีความสัมพันธ์กับสีเปลือกหุ้มเมล็ด ข้าวที่มีเปลือกหุ้มเมล็ดสีแดงและดำ จะมีปริมาณฟีนอลิกทั้งหมดสูงกว่าไม่มีสี (Tian *et al*., 2004; Shen *et al*., 2009; Zhang *et al*., 2015) โดยข้าวกล้องที่ไม่มีสีจะมีสารประกอบฟีนอกลิก คือ กรดฟีนอลิกโดยเฉพาะกรดเฟรูลิค (ferulic acid) และกรดคูมาริค (***p***-coumaric acids) เป็นส่วนใหญ่ (Tian *et al*., 2004; Zhou *et al*., 2004) ขณะที่ข้าวกล้องที่มีสีแดงและสีดำจะประกอบด้วย anthocyanins, cyanidin-3-O-**β**-D-glucoside, peonidin-3-O-**β**-D-glucoside (Zhang *et al*., 2006) จึงส่งผลให้ข้าวดำและแดงมีปริมาณฟีนอลิกสูงกว่าข้าวไม่มีสี (Walter *et al*., 2013) ซึ่งความแตกต่างของปริมาณฟีนอลิกในข้าวแต่ละสายพันธุ์อาจมีสาเหตุมาจากสายพันธุ์ สถานที่เพาะปลูก สภาวะเพาะปลูก ระยะเวลาการเก็บรักษา และวิธีการสกัดสารฟีนอลิก (Shen *et al*., 2009; Butsat & Siriamornpun, 2010; Goufo & Trindade, 2013)

ปริมาณฟลาโวนอยด์ในข้าวพื้นเมืองอยู่ในช่วง 18.61-123.32 mg CE/100 g DW ซึ่งมีความสอดคล้องกับข้าวกล้องในประเทศจีน (75.90-112.03 mg of catechin equivalent/100g dry weight) (Gong *et al*., 2017) และปริมาณฟลาโวนอยด์อิสระของข้าวกล้องไม่มีสี และสีดำในประเทศจีน (30.3-138.2 mg catechin equivalent/100 grains) (Zhou *et al*., 2014) ปริมาณฟลาโวนอยด์ที่แตกต่างกัน อาจเนื่องมาจากวิธีการสกัดและความหลากหลายของข้าว ปริมาณฟลาโวนอยด์ในข้าวแต่ละพันธุ์ปลูกมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ ($p \leq 0.05$) โดยข้าวที่มีปริมาณฟลาโวนอยด์สูงสุด คือ ข้าวเหนียวดำ 2 (123.32 mg CE/100 g DW) รองลงมาคือ ข้าวเหนียวดำชุมพวง และข้าวหอมมะลิแดง 2 ข้าวที่มีปริมาณฟลาโวนอยด์ต่ำสุดคือ ข้าวเหลืองพระทองคำ โดยข้าวที่มีสีจะมีปริมาณฟลาโวนอยด์สูงกว่าข้าวที่ไม่มีสี ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาข้าวจากประเทศจีน ซึ่งปริมาณฟลาโวนอยด์เฉลี่ยในข้าวดำ (240mg rutin equivalent (RE)/100 g of dry weight) และข้าวแดง (147.2 mg RE/100g) สูงกว่าข้าวไม่มีสี (131.6 mg RE/100g) (Shen *et al*., 2009) คาดว่าสีดำและสีแดงในเปลือกหุ้มเมล็ดของข้าวส่งผลต่อปริมาณฟลาโวนอยด์ ข้าวที่มีสีดำจะมีส่วนประกอบหลักเป็นแอนโทไซยานิน (anthocyanins) ส่วนสีแดงจะมีโพรแอนโทไซยานิน (proanthocyanidins) (Goufo & Trindade, 2013)

การศึกษาประสิทธิภาพการต้านอนุมูลอิสระ DPPH ของข้าวพื้นเมือง มีค่าในช่วง 6.19 - 115.04 mg VCE/100 g DW และมีค่า IC_{50} ในช่วง 0.38-3.45 mg/mL ซึ่งถ้าค่า IC_{50} ต่ำแสดงว่ามีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระสูง โดยในข้าวแต่ละพันธุ์ปลูกมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) โดยข้าวที่มีฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระสูงสุด คือ ข้าวเหนียวดำ 2 (115.04 mg VCE/100 g DW) โดยข้าวที่มีสมบัติการต้านอนุมูลอิสระสูง คือ ข้าวกล้องสีดำและสีแดง ซึ่งสอดคล้องกับรายงานก่อนหน้า พบว่าสมบัติการต้านอนุมูลอิสระของข้าวที่มีเปลือกหุ้มเมล็ดไม่มีสีต่ำกว่าข้าวที่มีสีแดงและสีดำถึง 8 และ 14 เท่า ตามลำดับ (Walter *et al*., 2013) คาดว่าสีของเปลือกหุ้มเมล็ดส่งผลต่อสมบัติการต้านอนุมูลอิสระ และในข้าวที่มีสีเดียวกันก็มี

ความแตกต่างกันของสมบัติการต้านอนุมูลอิสระ แต่อย่างไรก็ตามข้าวพื้นเมืองมีฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระต่ำกว่าวิตามินซีซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยข้าวของไทยก่อนหน้า (Butsat & Siriamornpun, 2010) สมบัติการต้านอนุมูลอิสระ DPPH มีความสัมพันธ์กับปริมาณฟีนอลิกและฟลาโวนอยด์ แสดงว่าปริมาณฟีนอลิกและฟลาโวนอยด์เป็นส่วนประกอบสำคัญที่ส่งผลต่อสมบัติการต้านอนุมูลอิสระในข้าวพื้นเมือง ซึ่งก็สอดคล้องกับงานวิจัยก่อนหน้า (Goffman & Bergman, 2004; Shen *et al*., 2009; Walter *et al*., 2013) อย่างไรก็ตามกระบวนการหุงต้มข้าวที่อุณหภูมิสูงเป็นเวลานาน อาจส่งผลให้ปริมาณสารต้านอนุมูลอิสระลดลงได้ (Walter *et al*., 2013)

ตารางที่ 3 แสดงปริมาณสารประกอบฟีนอลิก สารประกอบฟลาโวนอยด์ และฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ DPPH ในข้าวพื้นเมือง

ชื่อพันธุ์ข้าว	Phenolics (mg GAE/100 g DW)	Flavonoids (mg CE/100 g DW)	DPPH-radical scavenging activity	
			IC_{50} (mg/mL)	mg VCE/100 g DW
White pericarp color				
เหลืองพระทองคำ	31.40±0.53^{e}	18.61±0.84^{a}	3.42±0.01^{e}	11.56±0.15^{b}
สะกอ	29.39±0.34^{d}	19.60±0.45^{ab}	3.34±0.03^{e}	12.02±0.32^{b}
หอมจันทร์	22.41±0.25^{b}	20.87±0.33^{bc}	3.21±0.03^{e}	12.33±0.2^{1b}
เหลืองทอง	24.73±0.14^{c}	21.16±0.79^{c}	0.54±0.01^{c}	60.07±0.97^{c}
หอมมะลิดั้งเดิม	18.86±0.09^{a}	49.07±0.82^{d}	3.45±0.04^{e}	6.19±0.05^{a}
White pericarp color				
หอมมะลิแดง 1	88.75±0.27^{f}	62.76±0.90^{e}	0.38±0.00^{b}	98.09±0.13^{e}
หอมมะลิแดง 2	108.45±0.58^{g}	76.68±0.96^{g}	0.40±0.01^{b}	101.84±0.90^{f}
White pericarp color				
เหนียวดำ 1	116.32±0.48^{h}	67.75±0.64^{f}	0.85±0.02^{d}	61.05±1.08^{c}
เหนียวดำ 2	211.16±0.32^{j}	123.32±1.06^{i}	0.38±0.00^{b}	115.04±2.84^{g}
เหนียวดำชุมพวง	137.43±0.50^{i}	86.34±0.86^{h}	0.53±0.01^{c}	85.61±1.16^{d}
Vitamin C	-	-	0.04±0.00^{a}	-

หมายเหตุ $^{a-j}$ ตัวอักษรที่ต่างกันในแนวตั้งหมายถึงผลการทดลองมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

สรุปผลการวิจัย

การวิเคราะห์หาองค์ประกอบทางเคมี คุณสมบัติต้านอนุมูลอิสระ และพลังงาน ของข้าวพื้นเมืองในพื้นที่จังหวัดนครราชสีมา จำนวน 10 พันธุ์ ประกอบด้วย พันธุ์เหลืองพระทองคำ สะกอ หอมจันทร์ เหลืองทอง หอมมะลิดั้งเดิม หอมมะลิแดง 1 หอมมะลิแดง 2 เหนียวดำ 1 เหนียวดำ 2 และเหนียวดำชุมพวง พบว่าข้าวมีความชื้นอยู่ระหว่าง 10.27-11.82 % ปริมาณเถ้าอยู่ระหว่าง 0.89-1.51% ปริมาณโปรตีนอยู่ระหว่าง 6.60-9.12 g/100 g ปริมาณไขมันอยู่ระหว่าง 2.27-3.23 g/100g และพลังงานอยู่ระหว่าง 356.11-370.25 kcal/100 g ข้าวเหนียวดำ 1 มีโปรตีน (9.12 g/100 g) ไขมันทั้งหมด (3.23

g/100 g) และให้พลังงาน (370.25 kcal/100 g) สูงที่สุด ข้าวที่มีคาร์โบไฮเดรตและเถ้าสูงสุดคือข้าวหอมมะลิดั้งเดิม (78.21 g/100 g) และข้าวเหนียวดำชุมพวง (1.51%) ตามลำดับ การวิเคราะห์สารกาบาอยู่ระหว่าง 9.62-88.25 mg/100 g DW และข้าวที่มีกาบาสูงที่สุดคือ ข้าวเหนียวดำชุมพวง ข้าวที่มีปริมาณอะไมโลสสูงสุด คือ ข้าวหอมทอง (31.97%) การวิเคราะห์สารประกอบฟีนอลิกและฟลาโวนอยด์ อยู่ในช่วง 18.86-211.16 mg GAE/100 g DW และ 19.60-123.32 mg CE/100 g DW ตามลำดับ ข้าวเหนียวดำ 2 มีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ สารประกอบฟีนอลิก และสารประกอบฟลาโวนอยด์สูงที่สุด โดยข้าวที่มีความโดดเด่น คือ ข้าวเหนียวดำชุมพวง เนื่องจากมีกาบาและเถ้าสูงสุด และยังมีโปรตีน สารต้านอนุมูลอิสระสูง เหมาะสมที่จะนำไปพัฒนาเป็นผลิตภัณฑ์ข้าวกล้องงอกเพื่อสุขภาพ นอกจากนี้ยังมีข้าวเหนียวดำ 2 และข้าวหอมมะลิแดง 2 ที่เหมาะในการพัฒนาเป็นข้าวกล้องเพื่อสุขภาพ หรือผลิตภัณฑ์ต่าง ๆ เช่น ไวน์ข้าว และข้าวหมาก เนื่องจากมีปริมาณสารต้านอนุมูลอิสระสูง

ข้อมูลที่ได้จากงานวิจัยในครั้งนี้ เป็นข้อมูลที่สำคัญในการพัฒนาผลิตภัณฑ์ข้าวเพื่อสุขภาพ และเป็นข้อมูลในการคัดเลือกพันธุ์ที่มีสารอาหารสูงเพื่อใช้เป็นต้นพันธุ์ในการปรับปรุงพันธุ์ ตลอดจนทำให้เกษตรกรเห็นคุณค่าของข้าวพื้นเมือง และร่วมกันอนุรักษ์ข้าวพื้นเมืองในพื้นที่ต่อไป

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยครั้งนี้ได้รับทุนสนับสนุนการวิจัยจากสำนักบริหารโครงการส่งเสริมการวิจัยในอุดมศึกษาและพัฒนามหาวิทยาลัยวิจัยแห่งชาติ สำนักงานคณะกรรมการการอุดมศึกษา ขอขอบคุณศูนย์วิทยาศาสตร์ โปรแกรมวิชาเคมี และโปรแกรมวิชาชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏนครราชสีมา ที่เอื้อเฟื้ออุปกรณ์และสถานที่ทำวิจัย ขอขอบคุณเกษตรกรในพื้นที่ที่อนุเคราะห์พันธุ์ข้าวพื้นเมืองในการศึกษาครั้งนี้

เอกสารอ้างอิง

Adom, K.K. & Liu, R.H. (2002). Antioxidant activity of grains. *Journal of Agricultural and Food Chemistry, 50*(21), 6182-6187.

Adu-Kwarteng,E., Ellis, W.O., Oduro, I., & Manful, J.T. (2003). Rice grain quality: A comparison of local varieties with new varieties under study in Ghana. *Food Control, 14*, 507-514.

AOAC. (2012). *Official Method of Analysis*. 18th edn. Assoc. of Offic. Anal. Chem,: Washington, DC.

Auntin, P., Suriyong, S., & Karladee, D. (2011). Gamma-amino butyric acid (GABA) in germinated brown rice of upland rice cultivated in the Royal Project. *Agricultural Science Journal, 42*(3), 412-415. (in Thai)

Bhat, R. & Sridhar, K.R. (2008). Nutritional quality evaluation of electron beam-irradirated lotus (*Nelumbo Nuifera*) seeds. *Food Chemistry, 107*(1), 174-184.

Bhattacharjee, P., Singhal, R.S., & Kulkarni, P.R. (2002). Basmati rice: A review. *International Journal of Food Science & Technology, 37*(1), 1-12.

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

Butsat, S. & Siriamornpun, S. (2010). Antioxidant capacities and phenolic compounds of the husk, bran and endosperm of Thai rice. *Food Chemistry, 119*(2), 606-613.

Caceres, P.J., Penas, E., Martinez-Villaluenga, C., Amigo, L. & Frias, J. (2017). Enhancement of biologically active compound in germinated brown rice and the effect of sun-drying. *Journal of Cereal Science, 73*, 1-9.

Chotimarkorn, C., Benjakul, S., & Silalai, N. (2008). Antioxidant components and properties of five long-grained rice bran extracts from commercial available cultivars in Thailand. *Food Chemistry, 111*(3), 636-641.

Denardin, C.C., Walter, M., da Silva, L.P., Souto, G.D. & Fagundes, C.A.A. (2007). Effect of amylose content of rice varieties on glycemic metabolism and biological responses in rats. *Food Chemistry, 105*(4), 1474-1479.

Dykes, L. & Rooney, L.W. (2007). Phenolic compounds in cereal grains and their health benefits. *Cereal Food World, 52*, 105–111.

Ebuehi, O.A.T. & Oyewole, A.C. (2007). Effect of cooking and soaking on physical characteristics, nutrient composition and sensory evaluation of indigenous rice and foreign rice varieties in Nigeria. *African Journal of Biotechnology, 6*(8), 1016-1020.

Frei, M., Siddhuraju, P. & Becker, K. (2003). Studies on the in vitro starch degestibility and the glycemic index of six different indigenous rice cultivars from the Plilippines. *Food Chemistry, 83*(3), 395-402.

Fresco, L. (2005). Rice is life. *Journal of food composition and analysis, 18*, 249-253.

Goffman, F.D. & Bergman, C.J. (2004). Rice kernel phenolic content and its relationship with antiradical efficiency. *Journal of the Science of Food and Agriculture, 84*(10), 1235-1240.

Gong, E.S., Luo, S.J., Li, T., Liu, C.M., Zang, G.W., Chen, J., Zeng, Z.C., & Liu, R.H. (2017). Phytochemical profiles and antioxidant activity of brown rice varieties. *Food Chemistry, 227*, 432-443.

Goufo, P. & Trindade, H. (2013). Rice antioxidants: phenolic acids, flavonoids, anthocyanins, proanthocyanidins, tocopherols, tocotrienols, γ-oryzanol, and phytic acid. *Food science and nutrition, 2*(2), 75-104.

Hu, C., Zawistowski, J., Ling, W., & Kitts, D.D. (2003). Black rice (*Oryza sativa* L. indica) pigmented fraction suppresses both reactive oxygen species and nitric oxide in chemical and biological model systems. *Journal of agricultural and food chemistry, 51*(18), 5271-5277.

Jia, Z., Tang, M. & Wu, J. (1999). The determination of flavonoid contents in mulberry and their scavenging effects on superoxides radicals. *Food Chemistry, 64*(4), 555-559.

Juliano, B.O. (1985). Criteria and test for rice grain qualities In: Rice chemistry and technology. B.O. Juliano (Ed), 2nd ed, pp. 17–57. Paul, MN: *American Association of Cereal Chemists*, USA.

Kaosa-ard, T. & Songsermpong, S. (2012). Influence of germination time on the GABA content and physical properties of germinated brown rice. *Asian Journal of Food and Agro-Industry, 5*(4), 270-283.

Karladee, D. & Suriyong, S. (2012). γ-Aminobutyric acid (GABA) content in different varieties of brown rice during germination. *Science Asia*, *38*, 13-17.

Kennedy, G. & Burlingame, B. (2003). Analysis of food composition data on rice from a plant genetic resources perspective. *Food Chemistry, 80*(4), 589-596.

Kitaoka, S. & Nakano, Y. (1969). Colorimetric determination of omega-amino acids. *Journal of biochemistry, 66*(1), 87-94.

Komatsuzaki, N., Tsukahara, K., Toyoshima, H., Suzuki, T., Shimizu, N. & Kimura, T. (2007). Effect of soaking and gaseous treatment on GABA content in germinated brown rice. *Journal of Food Engineering, 78*(2), 556-560.

Liu, R.H. (2004). Potential synergy of phytochemicals in cancer prevention: mechanism of action. *The Journal of nutrition, 134*, 3479s-3485s.

Liu, R.H. (2007). Whole grain phytochemicals and health. *Journal of Cereal Science, 46*(3), 207-219.

Lui, L.L., Zhai, H.Q., & Wan, J.M. (2005). Accumulation of γ–aminobutyric acid in giant-embryo rice grain in relation to glutamate decarboxylase activity and its gene expression during water soaking. *Cereal Chemistry, 82*(2), 191-196.

Moongngarm, A. & Saetung, N. (2010). Comparison of chemical compositions and bioactive compounds of germinated rough rice and brown rice. *Food Chemistry, 122*(3), 782-788.

Patil, S.B. & Khan, Md.K. (2011). Germinated brown rice as a value added rice product: A review. *Journal of Food Science and technology, 48*(6), 661-667.

Prasad, V.S.S., Hymavathi, A., Ravindra Babu, V., & longvah, T. (2018). Nutritional composition in relation to glycemic potential of popular Indian rice varieties. *Food Chemistry, 238*(1), 29-34.

Reddy, C.K., Kimi, L. Haripriya, S., & Kang, N. (2017). Effect of polishing on proximate composition, physicochemical characteristics, Mineral composition and Antioxidant properties of pigmented rice. *Rice Science, 24*(5), 241-252.

Shen, Y., Jin, L., Xiao, P., Lu, Y., & Bao, J. (2009). Total phenolics, flavonoids, antioxidant capacity in rice grain and their relations to grain color, size and weight. *Journal of Cereal Science, 49*(1), 106-111.

Singleton, V.L., Orthofer, R. & Lamuela-Raventos, R.M. (1999). Analysis of total phenols and other oxidation substrates and antioxidants by means of Folin–Ciocalteu reagent. *Method in Enzymology, 299*, 152-178.

Sompong, S., Siebenhandl-Ehn, S., Linsberger-Martina, E., & Berghofera, E. (2011). Physicochemical and antioxidative properties of red and black rice varieties from Thailand, China and Sri Lanka. *Food Chemistry, 124*(1), 132-140.

Thomas, R., Wan-Nadiah, W.A. & Bhat, R. (2013). Physiochemical properties, proximate composition, and cooking qualities of locally grown and imported rice varieties marketed in Penang, Malaysia. *International Food Research Journal, 20*(3), 1345-1351.

Tian, S., Nakamura, K. & Kayahara, H. (2004). Analysis of phenolic compounds in white rice, brown rice, and germinated brown rice. *Journal of agricultural and food chemistry, 52*(15), 4808-4813.

Verma, D.K. & Srivastav, P.P. (2017). Proximate composition, mineral content and fatty acids analyses of aromatic and non-aromatic Indian rice. *Rice Science, 24*(1), 21-31.

Walter, M., Marchesan, E., Massoni, P.F.S., da Silva, L.P., Sartori, G.M.S. & Ferreira, R.B. (2013). Antioxidant properties of rice grains with light brown, red and black pericarp colors and the effect of processing. *Food Research International, 50*(2), 698-703.

Wichamanee, Y. & Teerarat, I. (2012). Production of germinated Red Jasmine brown rice and its physicochemical properties. *International Food Research Journal, 19*(4), 1649-1654.

Xheng, X. & Lan, Y. (2007). Effects of drying temperature and moisture content on rice taste quality. *Agricultural Engineering International, 49*, 1-9.

Zhang, H., Shao, Y., Bao, J., & Beta, T. (2015). Phenolic compounds and antioxidant properties of breeding lines between the white and black rice. *Food Chemistry, 172*, 630-639.

Zhang, M.W., Guo, B.J., Zhang, J.W., Wei, Z.C., Xu, Z.H. et al. (2006). Separation, purification and identification of antioxidant composition in black rice. *Agricultural Sciences in China, 5*(6), 431-440.

Zhou, Z., Robards, K., Helliwell, S., & Blanchard, C. (2004). The distribution of phenolic acids in rice. *Food Chemistry, 87*(3), 401-406.

Zhou, Z., Chen, X., Zhang, M. & Blanchard, C. (2014). Phenolics, flavonoids, proanthocyanidin and antioxidant activity of brown rice with different pericarp colors following storage. *Journal of Stored Products Research, 59*, 120-125.