

การประเมินปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด ฟลาโวนอยด์ และแอนโทไซยานิน
ในต้นอ่อนข้าวเหนียวดำ

Evaluation of Total Phenolic, Flavonoid and Anthocyanin Contents
in Black Glutinous Rice Seedling

หทัยรัตน์ อุ่นแก้ว¹ นรินทร์ ท้าวแก่นจันทร์¹ กอบลาภ อารีศรีสม¹ วิกานดา ใหม่เพย² และภาวิณี อารีศรีสม^{1*}

Hathairat Aunkaew¹, Narin Taokaenchan¹, Koblap Areesrisom¹, Vikanda Maifaey²
and Pawinee Areesrisom^{1*}

¹สาขาวิทยาการสมุนไพร คณะผลิตกรรมการเกษตร มหาวิทยาลัยแม่โจ้ เชียงใหม่ 50290

²สาขาการจัดการชุมชน มหาวิทยาลัยแม่โจ้-แพร่ เฉลิมพระเกียรติ แพร่ 54140

¹Division of Medicinal Plant Science, Faculty of Agricultural Production, Maejo University, Chiang Mai, Thailand 50290

²Division of Community Management, Maejo University, Phrae Campus, Phrae, Thailand 54140

*Corresponding author: areesrisom30@gmail.com

Received: December 02, 2020

Revised: March 09, 2022

Accepted: March 29, 2022

Abstract

In the present work, total phenolic, flavonoid and anthocyanin contents in seedling of 4 black glutinous rice varieties including Kum Phukieo, Kum Doi Saket, Kum Yai and Leumpua were evaluated. The experiment was carried out based on Completely Randomized Design (CRD) with three replications and the black glutinous rice seedling were harvested at 10 days after planting. The results showed that the black glutinous rice varieties had a statistically significant effect on the active compounds. Seedling of Kum Doi Saket and Kum Yai provided the highest of total phenolic contents at concentrations of 5.65 ± 0.13 and 5.64 ± 0.10 mg GAE/g dry weight, respectively. Though, seedling of Kum Doi Saket gave the highest of flavonoid contents at the concentration of 2.17 ± 0.03 mg QE/g dry weight. However, Seedling of Kum Yai gave the highest of anthocyanin contents at the concentration of 14.70 ± 0.35 mg/100 g fresh weight.

Keywords: seedling, black glutinous rice, total phenolic, flavonoid, anthocyanin

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด ฟลาโวนอยด์ และแอนโทไซยานิน ในต้นอ่อนข้าวเหนียวดำ 4 สายพันธุ์ ได้แก่ กำภูเขียว กำดอยสะเก็ด กำใหญ่ และลิ่มผั่ว โดยวางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (Completely Randomized Design; CRD) จำนวน 3 ซ้ำ และเก็บเกี่ยวต้นอ่อนข้าวเหนียวดำเมื่ออายุครบ 10 วัน ผลการศึกษาพบว่าสายพันธุ์ของข้าวเหนียวดำมีผลต่อปริมาณสารสำคัญในต้นอ่อนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดพบสูงสุดในต้นอ่อนสายพันธุ์กำดอยสะเก็ดและพันธุ์กำใหญ่ มีเท่ากับ 5.65 ± 0.13 และ 5.64 ± 0.10 มก. สมมูลย์ของกรดแกลลิกต่อกรัมตัวอย่างแห้ง ตามลำดับ ส่วนฟลาโวนอยด์พบมากที่สุดที่ต้นอ่อนสายพันธุ์กำดอยสะเก็ด มีค่าเท่ากับ 2.17 ± 0.03 มก. สมมูลย์ของเคอร์ซีตินต่อกรัมตัวอย่างแห้ง ในขณะที่ปริมาณแอนโทไซยานินพบสูงสุดในต้นอ่อนสายพันธุ์กำใหญ่ มีค่าเท่ากับ 14.70 ± 0.35 มก./100 กรัมน้ำหนักสด

คำสำคัญ: ต้นอ่อน ข้าวเหนียวดำ สารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด ฟลาโวนอยด์ แอนโทไซยานิน

คำนำ

ข้าวเหนียวดำ (Black glutinous rice) จัดอยู่ในวงศ์ POACEAE มีชื่อวิทยาศาสตร์ว่า *Oryza sativa* var. *glutinosa* ภาษามอญทางภาคเหนือเรียกว่า ข้าวดำ ซึ่งเรียกตามลักษณะสีของเมล็ดข้าวที่มีสีม่วงดำหรือแดงดำ ข้าวเหนียวดำเป็นข้าวพื้นเมืองของประเทศไทย นิยมปลูกในภาคเหนือและภาคตะวันออกเฉียงเหนือที่ปลูกได้เฉพาะนาปี มีลักษณะเฉพาะแตกต่างจากข้าวทั่วไป เนื่องจากมีการปรากฏของสีม่วงบนส่วนต่าง ๆ ของต้น เช่น กาบใบ

แผ่นใบ กลีบดอก เปลือกเมล็ด และเยื่อหุ้มเมล็ด (Kaladee *et al.*, 2000) โดยสีที่เกิดขึ้นนั้นพบว่าเป็นมาจากการสะสมของรงควัตถุ 3 ชนิด คือ แอนโทไซยานิน ฟลาโวนอยด์ และโปรแอนโทไซยานิน (Wiriyasuk *et al.*, 2005) ซึ่งเป็นสารในกลุ่มฟลาโวนอยด์ ละลายได้ดีในน้ำ และมีคุณสมบัติเป็นสารต้านอนุมูลอิสระ (Matsuo *et al.*, 1997) นอกจากนี้ยังพบสารประกอบอื่น ๆ ได้แก่ โปรตีน ฟอสฟอรัส โพรแทสเซียม แคลเซียม ธาตุเหล็ก และสังกะสี ในเมล็ดข้าวสูงกว่าข้าวขาวทั่วไป ในอดีตมีการปลูกข้าวดำเพื่อใช้ในการรักษาโรคต่าง ๆ ได้แก่ โรคท้องร่วง และโรคผิวหนัง เช่น โรคหิด เป็นต้น (Phengrat and Jearakongman, 2009)

ปัจจุบันผู้บริโภคมีแนวโน้มของการให้ความสำคัญต่อสุขภาพมากขึ้น จึงมีผลิตภัณฑ์จากข้าวออกมามากมาย เช่น ข้าวกล้องงอกและผลิตภัณฑ์จากข้าวกล้องงอก และมีการวิจัยพัฒนาเป็นผลิตภัณฑ์อื่น ๆ อีก เช่น ผลิตภัณฑ์ผงต้นอ่อนข้าวสาลี เนื่องจากต้นอ่อนข้าวประกอบไปด้วยสารกลุ่มฟีนอลิก สารออริซานอล โยอาหาร และวิตามินอี (Areekul *et al.*, 2015) นอกจากนี้ยังมีรายงานการวิจัยพบว่า ต้นอ่อนข้าวสามารถนำไปใช้เป็นวัตถุดิบในการผลิตชาต้นอ่อนข้าวได้ โดยพบว่ามีปริมาณธาตุอาหาร วิตามิน และสารที่เป็นประโยชน์ต่อร่างกายมากมายหลายชนิด เช่น คลอโรฟิลล์ และสารเบต้ากลูแคนที่มีส่วนช่วยในการกระตุ้นการเจริญเติบโตและซ่อมแซมเนื้อเยื่อ ช่วยลดระดับโคเลสเตอรอลในร่างกาย ช่วยปรับน้ำตาลในเลือด และช่วยลดความดันโลหิต (Sudtasam *et al.*, 2008) จากการศึกษาคุณค่าทางโภชนาการในชาต้นอ่อนข้าวพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 พันธุ์เหนียวกำใหญ่ และพันธุ์หอมนิล พบว่าชาที่ผลิตจากใบของต้นอ่อนพันธุ์เหนียวกำใหญ่ อายุ 10 วัน ให้ปริมาณแอนโทไซยานินมากที่สุด (Somporn *et al.*, 2018)

การเจริญเติบโตของต้นอ่อนถูกควบคุมด้วยหลายปัจจัยที่เหมาะสมกับการงอก เช่น ความชื้น แสง อุณหภูมิ และออกซิเจน โดยสายพันธุ์ถือเป็นปัจจัยหนึ่งที่มีผลต่อ

ปริมาณผลผลิตและสารสำคัญ จากการค้นคว้าข้อมูลพบว่า ยังไม่มีรายงานการศึกษาถึงปริมาณสารประกอบฟีนอลิก ทั้งหมด ฟลาโวนอยด์และแอนโทไซยานินในต้นอ่อนของ ข้าวเหนียวดำสายพันธุ์ต่าง ๆ ดังนั้นการวิจัยนี้จึงสนใจ ศึกษาเพื่อเปรียบเทียบปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด ฟลาโวนอยด์ และแอนโทไซยานิน ในต้นอ่อนข้าวเหนียวดำ จำนวน 4 สายพันธุ์ ได้แก่ พันธุ์กำภูเขียว (*Oryza sativa* var. Kum Phukhieo) พันธุ์กำตอยสะเกิด (*Oryza sativa* var. Kum Doi Saket) พันธุ์กำใหญ่ (*Oryza sativa* var. Kum Yai) และพันธุ์ลิ้มผัว (*Oryza sativa* var. Leumpua) เนื่องจากเป็นสายพันธุ์ ข้าวเหนียวดำที่เกษตรกร ให้การยอมรับและนิยมปลูกในภาคเหนือ เพื่อการบริโภค ขยายพันธุ์ และเก็บรักษาสายพันธุ์ งานวิจัยนี้ถือได้ว่าเป็น การเพิ่มมูลค่าให้แก่ข้าวเหนียวดำ เพื่อสามารถนำไปต่อยอด เป็นผลิตภัณฑ์ในอุตสาหกรรมต่าง ๆ เช่น อาหารคาวหวาน อาหารเสริมสุขภาพ เครื่องสำอาง และเวชภัณฑ์ยา เป็นต้น



Figure 1 Seeds of 4 black glutinous rice varieties

การวิเคราะห์ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด ในต้นอ่อนข้าวเหนียวดำ

สกัดตัวอย่างพืช โดยชั่งต้นอ่อนข้าวเหนียวดำแห้ง ที่บดละเอียดแล้วตัวอย่างละ 3.00 กรัม ใส่ลงในหลอด เซนทรีฟิวจ์ ขนาด 50 มล. เติมน้ำ 99.9% เมทานอล (RCI Labscan, AR. grade) 40 มล. ปิดฝา เขย่า แล้วตั้งทิ้งไว้ เป็นเวลานาน 24 ชม. กรองด้วยกระดาษกรองเบอร์ 1 ลงขวดกั่นกลมขนาด 250 มล. แล้วนำไปประเหยให้แห้ง ด้วยเครื่องระเหยสูญญากาศ (R-3, Buchi) หลังจากนั้น

วิธีดำเนินการวิจัย

การปลูกต้นอ่อนข้าวเหนียวดำ

ปลูกต้นอ่อนข้าวเหนียวดำ 4 สายพันธุ์ คือ พันธุ์ กำภูเขียว พันธุ์กำตอยสะเกิด พันธุ์กำใหญ่ และพันธุ์ลิ้มผัว โดยวางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (CRD) จำนวน 3 ซ้ำ โดยแช่เมล็ดพันธุ์ข้าวเหนียวดำ ซ้ำละ 150 กรัม นาน 48 ชม. จากนั้นรึนน้ำออกให้หมด แล้วนำเมล็ดมาบ่มโดยใช้ กระสอบห่อหุ้มเมล็ดพันธุ์ข้าวให้มิดชิด เก็บในถังพลาสติก นาน 48 ชม. เตรียมวัสดุปลูก โดยนำแกลบดำมาแช่น้ำทิ้งไว้ 24 ชม. และล้างเอาขี้เถ้าออกให้หมด แล้วใส่ในตะกร้า สำหรับเพาะต้นอ่อน ขนาด 25×37×6 ซม. ให้หนาประมาณ 2 ซม. หลังจากนั้นโรยเมล็ดพันธุ์ข้าวเหนียวดำให้สม่ำเสมอทั่วตะกร้า ดูแลรักษาดันอ่อนข้าวเหนียวดำโดยรดน้ำทุกวัน วันละ 2 ครั้ง เช้าและเย็น เก็บเกี่ยวต้นอ่อนข้าวเหนียวดำ เมื่อปลูกครบระยะเวลา 10 วัน

ละลายสารสกัดหยาบด้วย 99.9% เมทานอล 5 มล. วิเคราะห์หาปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด โดยใช้ Folin–Ciocalteu’s phenol reagent (Merck, AR. grade) ซึ่งดัดแปลงจากวิธีของ Namjooyen *et al.* (2010) โดยนำสารสกัดหยาบที่ได้มา 0.4 มล. ปรับปริมาตร ด้วยน้ำกลั่นในขวดวัดปริมาตรขนาด 10 มล. นำสารสกัด ที่เจือจางแล้ว 0.1 มล. ใส่ลงในหลอดทดลองขนาด 10 มล. เติมน้ำละลาย 2% โซเดียมคาร์บอเนต (RCI Labscan, AR. grade) 2 มล. และเติมน้ำละลาย Folin–Ciocalteu’s

phenol reagent 0.1 มล. ผสมให้เข้ากัน ตั้งทิ้งไว้ในที่มืด อุณหภูมิห้อง เป็นเวลา 30 นาที จากนั้นนำไปวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 750 นาโนเมตร ด้วยเครื่องสเปกโตรโฟโตมิเตอร์ (Genesys10S, Thermo Scientific, USA) โดยเปรียบเทียบกับกราฟมาตรฐานของสารละลายมาตรฐานกรดแกลลิกในช่วงความเป็นเส้นตรง ซึ่งอยู่ในช่วงความเข้มข้น 80-200 มก./ลิตร คำนวณหาปริมาณ

สารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดที่ได้ จากกราฟความสัมพันธ์เชิงเส้นตรงระหว่างแกน X คือ ความเข้มข้นของสารมาตรฐานกรดแกลลิก (มก./ลิตร) และแกน Y คือ ค่าดูดกลืนแสงของสารมาตรฐานแต่ละความเข้มข้น ($Y = 0.0021X - 0.0003$, $R^2 = 0.9989$) ที่สร้างขึ้นเอง รายงานผลปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดเป็นมิลลิกรัมสมมูลของกรดแกลลิกต่อกรัมตัวอย่างแห้ง



Kum Phukieo



Kum Doi Saket



Kum Yai



Leumpua

Figure 2 Seedling of 4 black glutinous rice varieties at 10 harvesting days

การวิเคราะห์ปริมาณฟลาโวนอยด์ในต้นอ่อนข้าวเหนียวดำ

นำตัวอย่างต้นอ่อนข้าวเหนียวดำที่ผ่านการอบแห้งด้วยตู้อบลมร้อนที่ 50°C. เป็นเวลา 24 ชม. มาบดให้ละเอียดแล้วชั่งน้ำหนักตัวอย่างละ 1.00 กรัม ใส่ในหลอดทดลองขนาด 10 มล. เติม 99.9% เอทานอล (RCI Labscan, AR. grade) ปริมาตร 10 มล. ตั้งทิ้งไว้ 5 นาที แล้วนำไปทำการ Sonicate 10 นาที ตั้งทิ้งไว้อีก 5 นาที เพื่อให้

ตกตะกอน จากนั้นกรองด้วยกระดาษกรองเบอร์ 1 ใส่ขวดปรับปริมาตรขนาด 25 มล. ทำซ้ำอีก 2 ครั้ง แล้วปรับปริมาตรด้วย 99.9% เอทานอล (RCI Labscan, AR. grade) จนครบ 25 มล. นำสารสกัดที่ได้มา 0.5 มล. ใส่หลอดทดลองขนาด 10 มล. เติม 99.9% เอทานอล 1.5 มล. อะลูมิเนียมคลอไรด์ (Merck, AR. grade) 0.1 มล. และน้ำกลั่น 2.9 มล. ผสมให้เข้ากัน นำสารละลายที่ได้ไปวัดค่า

การดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 415 นาโนเมตร ด้วยเครื่องยูวี-วิสิเบิลสเปกโตรโฟโตมิเตอร์ (Genesys10S, Thermo Scientific, USA) โดยเทียบกับกราฟมาตรฐานของสารละลายมาตรฐานเคอร์ซีตินในช่วงความเป็นเส้นตรงซึ่งอยู่ในช่วงความเข้มข้น 40-160 มก./ลิตร คำนวณหาปริมาณฟลาโวนอยด์ที่ได้จากกราฟความสัมพันธ์เส้นตรงระหว่างแกน X คือ ความเข้มข้นของสารมาตรฐานเคอร์ซีติน (มก./ลิตร) และ แกน Y คือ ค่าดูดกลืนแสงของสารมาตรฐานแต่ละความเข้มข้น ($Y = 0.007X - 0.0232$, $R^2 = 0.9997$) ที่สร้างขึ้นเอง รายงานผลปริมาณสารฟลาโวนอยด์เป็นมิลลิกรัมสมมูลย์ของเคอร์ซีตินต่อกรัมตัวอย่างแห้ง

การวิเคราะห์ปริมาณแอนโทไซยานินในต้นอ่อนข้าวเหนียวดำ

การวิเคราะห์หาปริมาณแอนโทไซยานิน ดัดแปลงจากวิธีการของ Ranganna (1997) โดยนำตัวอย่างต้นอ่อนข้าวเหนียวดำสดมาตัดเป็นชิ้นเล็ก ๆ และชั่งน้ำหนักตัวอย่างละ 1.00 กรัม บดตัวอย่างด้วยโกรงบดให้ละเอียด ใส่ลงในหลอดทดลองที่มีฝาปิด ขนาด 50 มล. ล้างตัวอย่างที่เหลือค้างในโกรงบดด้วยสารละลาย Ethanolic HCl (เตรียมจาก 99.9% Ethanol และ 1.5 N HCl (RCI Labscan, AR. grade) ในอัตราส่วน 85:15 v/v) ปริมาตร 25 มล. แล้วถ่ายใส่ในหลอดเดิม เก็บไว้ที่อุณหภูมิ 4°C. เป็นเวลา 24 ชม. นำสารสกัดที่ได้มากรองเอากากออกด้วยกระดาษกรองเบอร์ 1 และนำสารละลายที่กรองได้มาปรับปริมาตรด้วยสารละลาย Ethanolic HCl จนครบ 50 มล. นำไปวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 535 นาโนเมตร ด้วยเครื่องยูวี-วิสิเบิลสเปกโตรโฟโตมิเตอร์ (Genesys10S, Thermo Scientific, USA) คำนวณหาปริมาณแอนโทไซยานิน ในหน่วย มิลลิกรัมต่อ 100 กรัม น้ำหนักสด จากสูตรต่อไปนี้

ปริมาณแอนโทไซยานิน (มก./100 กรัม น้ำหนักสด)
เท่ากับผลรวมค่าดูดกลืนแสง /100 กรัม น้ำหนักสด

ผลรวมค่าดูดกลืนแสง /100 กรัม น้ำหนักสด

$$= \frac{A_{535} \times V \times 100}{W}$$

เมื่อ A_{535} = ค่าดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 535 นาโนเมตร

V = ปริมาตรที่ปรับ 50 มล.

W = น้ำหนักสด

การวิเคราะห์ข้อมูล

นำข้อมูลที่ได้จากการทดลองไปวิเคราะห์ทางสถิติเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยวิธี Duncan's New Multiple Range Test (DMRT) ที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ($p < 0.05$) ด้วยโปรแกรมสำเร็จรูป SPSS 17.0

ผลการวิจัย

จากการศึกษาเพื่อเปรียบเทียบปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด ฟลาโวนอยด์ และแอนโทไซยานินในต้นอ่อนข้าวเหนียวดำ จำนวน 4 สายพันธุ์ ได้แก่ พันธุ์กำภูเขียว พันธุ์กำดอยสะเก็ด พันธุ์กำใหญ่ และพันธุ์ลิ้มฝัว ที่มีอายุปลูก 10 วัน ผลการวิจัยแสดงได้ดังนี้

ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดในต้นอ่อนข้าวเหนียวดำ

จากการศึกษาปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดในต้นอ่อนข้าวเหนียวดำ 4 สายพันธุ์ พบว่ามีปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยพันธุ์กำดอยสะเก็ดและพันธุ์กำใหญ่ มีปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดสูงสุด มีค่าเท่ากับ 5.65 ± 0.13 และ 5.64 ± 0.10 มก. สมมูลย์ของกรดแกลลิกต่อกรัมตัวอย่างแห้ง รองลงมา คือ พันธุ์ลิ้มฝัว และพันธุ์กำภูเขียว มีปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด เท่ากับ 4.46 ± 0.09 และ 3.78 ± 0.20 มก. สมมูลย์ของกรดแกลลิกต่อกรัมตัวอย่างแห้ง ตามลำดับ (Table 1)

Table 1 Total phenolic content in seedling of 4 black glutinous rice varieties

Seedling variety	Total phenolic content (mg GAE/g dry weight) (n=3)
Kum Phukieo	3.78±0.20c
Kum Doi Saket	5.65±0.13a
Kum Yai	5.64±0.10a
Leumpua	4.46±0.09b

Values are means of three replications ± standard error.

Values in the same column with the different letters are significantly different at $P<0.05$.

ปริมาณฟลาโวนอยด์ในต้นอ่อนข้าวเหนียวดำ

เมื่อทำการศึกษาเปรียบเทียบปริมาณฟลาโวนอยด์ในต้นอ่อนข้าวเหนียวดำจำนวน 4 สายพันธุ์ พบว่าต้นอ่อนข้าวเหนียวดำทุกสายพันธุ์ มีปริมาณฟลาโวนอยด์แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) โดยพันธุ์ก่ำดอยสะเก็ด มีปริมาณฟลาโวนอยด์สูงที่สุดอยู่ที่ 2.17 ± 0.03 มก.

สมมุติของเคอร์ซีตินต่อกรัมตัวอย่างแห้ง รองลงมา คือ พันธุ์ก่ำใหญ่ พันธุ์ลิ้มผั่ว และพันธุ์ก่ำภูเขียว โดยปริมาณฟลาโวนอยด์เท่ากับ 1.98 ± 0.07 , 1.64 ± 0.0 และ 1.46 ± 0.07 มก. สมมุติของเคอร์ซีตินต่อกรัมตัวอย่างแห้ง ตามลำดับ (Table 2)

Table 2 Flavonoid content in seedling of 4 black glutinous rice varieties

Seedling variety	Flavonoid content (mg QE/g dry weight) (n=3)
Kum Phukieo	1.46±0.07d
Kum Doi Saket	2.17±0.03a
Kum Yai	1.98±0.07b
Leumpua	1.64±0.08c

Values are means of three replications ± standard error.

Values in the same column with the different letters are significantly different at $P<0.05$.

ปริมาณแอนโทไซยานินในต้นอ่อนข้าวเหนียวดำ

จากการศึกษาปริมาณแอนโทไซยานินในต้นอ่อนข้าวเหนียวดำ 4 สายพันธุ์ ได้แก่ พันธุ์กำภูเขียว พันธุ์กำดอยสะเก็ด พันธุ์กำใหญ่ และพันธุ์ลิ้มผัว พบว่าต้นอ่อนข้าวเหนียวดำทั้ง 4 สายพันธุ์ มีปริมาณแอนโทไซยานินแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) โดยพันธุ์กำใหญ่

มีปริมาณแอนโทไซยานินสูงที่สุด อยู่ที่ 14.70 ± 0.35 มก./100 กรัม น้ำหนักสด รองลงมา คือ พันธุ์กำดอยสะเก็ด พันธุ์กำภูเขียว และพันธุ์ลิ้มผัว มีปริมาณแอนโทไซยานินเท่ากับ 13.41 ± 0.22 , 5.43 ± 0.33 และ 5.37 ± 0.10 มก./100 กรัม น้ำหนักสด ตามลำดับ ดังแสดงใน Table 3

Table 3 Anthocyanin content in seedling 4 black glutinous rice varieties

Seedling variety	Anthocyanin content (mg/ 100 g fresh weight) (n=3)
Kum Phukieo	$5.43\pm0.33c$
Kum Doi Saket	$13.41\pm0.22b$
Kum Yai	$14.70\pm0.35a$
Leumpua	$5.37\pm0.10c$

Values are means of three replications $\pm$ standard error.

Values in the same column with the different letters are significantly different at $P<0.05$.

วิจารณ์ผลการวิจัย

จากการศึกษาปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด ฟลาโวนอยด์ และแอนโทไซยานิน ในต้นอ่อนข้าวเหนียวดำ 4 สายพันธุ์ ได้แก่ พันธุ์กำภูเขียว พันธุ์กำดอยสะเก็ด พันธุ์กำใหญ่ และพันธุ์ลิ้มผัว ที่มีอายุปลูก 10 วัน พบว่าต้นอ่อนข้าวเหนียวดำทั้ง 4 สายพันธุ์ มีปริมาณสารสำคัญดังกล่าวแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) โดยต้นอ่อนข้าวเหนียวดำพันธุ์กำดอยสะเก็ดและพันธุ์กำใหญ่มีปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดสูงที่สุด โดยปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดมีค่าไม่แตกต่างกันทางสถิติ รองลงมาคือ พันธุ์ลิ้มผัว และพันธุ์กำภูเขียว ตามลำดับ ทั้งนี้เนื่องจากต้นอ่อนของข้าวเหนียวดำพันธุ์กำดอยสะเก็ดและพันธุ์กำใหญ่มีสีม่วงเข้มกว่าพันธุ์ลิ้มผัว และพันธุ์กำภูเขียว จึงส่งผลให้มีปริมาณของสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดสูงกว่า ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของ Chatsuwan and Areekul (2010) ที่พบว่าสายพันธุ์ข้าว

มีผลต่อปริมาณฟีนอลิกทั้งหมดแตกต่างกัน และกลุ่มข้าวเหนียวดำที่นำมาทดสอบจากแหล่งต่าง ๆ กัน มีปริมาณฟีนอลิกแตกต่างกัน ซึ่งมีค่าอยู่ระหว่าง 2.781-8.702 มก. ต่อกรัม น้ำหนักแห้ง โดยสารสกัดจากกลุ่มข้าวที่มีสีเข้มจะมีปริมาณฟีนอลิกทั้งหมดสูงกว่าสารสกัดจากกลุ่มข้าวที่มีสีแดงและไม่มีสี ซึ่งใกล้เคียงกับการศึกษาของ Chanphrom (2007) ที่รายงานไว้เท่ากับ 2.76 และ 4.06 มก. ต่อกรัม น้ำหนักแห้ง ในข้าวสีม่วงและข้าวเหนียวดำ ตามลำดับ

สำหรับปริมาณฟลาโวนอยด์ในต้นอ่อนข้าวเหนียวดำ พบว่าต้นอ่อนของข้าวเหนียวดำสายพันธุ์กำดอยสะเก็ดมีปริมาณฟลาโวนอยด์สูงที่สุด รองลงมาคือ พันธุ์กำใหญ่ พันธุ์ลิ้มผัว และพันธุ์กำภูเขียว ตามลำดับ ซึ่งสอดคล้องกับปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดที่พบมากสุดในต้นอ่อนของข้าวเหนียวดำพันธุ์กำดอยสะเก็ด เนื่องจากฟลาโวนอยด์จัดอยู่ในกลุ่มของสารประกอบฟีนอลิก ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของ Jansom *et al.* (2017) ที่พบว่าในพันธุ์ข้าวสีทุกพันธุ์รวมถึงข้าวขาวมีฟลาโวนอยด์เป็นองค์ประกอบ

โดยข้าวพันธุ์สีม่วงถึงดำจะมีฟลาโวนอยด์มากกว่าพันธุ์ข้าวสีแดงถึงแดงเข้ม และในพันธุ์ข้าวสีขาวจะมีปริมาณฟลาโวนอยด์น้อยที่สุด เนื่องจากรงควัตถุที่ทำให้เกิดสีในเยื่อหุ้มเมล็ดข้าวเป็นสารในกลุ่มฟลาโวนอยด์และฟีนอลที่เป็นองค์ประกอบ (Shen *et al.*, 2009)

เมื่อเปรียบเทียบปริมาณแอนโทไซยานินพบว่าต้นอ่อนข้าวสายพันธุ์งั่วใหญ่มีปริมาณแอนโทไซยานินสูงที่สุด รองลงมา คือ พันธุ์งั่วดอยสะเก็ด พันธุ์งั่วเขียว และพันธุ์ลิ้มผัว ตามลำดับ โดยปริมาณแอนโทไซยานินในพันธุ์งั่วเขียวและพันธุ์ลิ้มผัว มีค่าไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ซึ่งสอดคล้องกับปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดที่พบมากที่สุดที่ต้นอ่อนข้าวเหนียวดำพันธุ์งั่วใหญ่ ทั้งนี้ อาจเนื่องจากต้นอ่อนของข้าวเหนียวดำพันธุ์งั่วใหญ่มีสีม่วงเข้มมากที่สุดจึงส่งผลให้พบปริมาณแอนโทไซยานินสูงกว่าสายพันธุ์อื่น ซึ่ง Shen *et al.* (2009) ได้ศึกษาถึงความหลากหลายของสารฟีนอลที่เป็นองค์ประกอบของฟลาโวนอยด์ในธัญพืชชนิดต่าง ๆ เช่น ข้าวที่มีสีดำ สีนํ้าตาล สีขาว และข้าวฟ่างสีแดง และได้รายงานว่แอนโทไซยานินเป็นฟลาโวนอยด์กลุ่มที่พบมากที่สุดในธัญพืชที่มีสีดำถึงแดง ซึ่งสอดคล้องกับรายงานของ Chatsuwan and Areekul (2010) ที่กล่าวว่าสารสกัดจากกลุ่มข้าวที่มีสีเข้มจะมีปริมาณแอนโทไซยานินสูงกว่าสารสกัดจากกลุ่มข้าวที่มีสีแดงและไม่มีสี เช่นเดียวกับรายงานของ Somporn *et al.* (2018) ที่พบว่าชาเขียวที่ได้จากต้นอ่อนข้าวเหนียวพันธุ์งั่วใหญ่ มีปริมาณแอนโทไซยานินสูงกว่าชาเขียวจากต้นอ่อนข้าวสายพันธุ์อื่น ๆ และในการศึกษาของ Chen *et al.* (2012) ได้แบ่งข้าวเป็น 4 กลุ่ม คือ ข้าวที่มีเมล็ดสีขาว สีเขียว สีแดง และสีดำ พบว่าเมล็ดข้าวที่มีสีต่างกันจะมีปริมาณและชนิดของแอนโทไซยานินแตกต่างกัน โดยข้าวสีดำมีปริมาณแอนโทไซยานินสูงสุด รองลงมาคือ ข้าวสีแดง ส่วนข้าวสีเขียวและสีขาวมีปริมาณแอนโทไซยานินน้อยมาก และจากการศึกษาของ Pascual-Teresa and Sanchez-

Ballesta (2008) ได้รวบรวมปริมาณแอนโทไซยานินในพืชผักและผลไม้ชนิดต่าง ๆ พบว่าในเมล็ดข้าวเหนียวดำมีปริมาณแอนโทไซยานิน เท่ากับ 10-493 มก./100 กรัม น้ำหนักแห้ง เมื่อเทียบกับพืชชนิดอื่นที่มีรงควัตถุที่เป็นสีดำสีม่วง และสีแดง เช่น ถั่วดำ แบล็กเบอร์รี่ กะหล่ำแดง ที่มีปริมาณแอนโทไซยานิน เท่ากับ 24.1-44.5, 82.5-325.9 และ 322 มก./100 กรัม น้ำหนักแห้ง ตามลำดับ

สรุปผลการวิจัย

จากการศึกษาเพื่อเปรียบเทียบปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด ฟลาโวนอยด์ และแอนโทไซยานินในต้นอ่อนข้าวเหนียวดำ 4 สายพันธุ์ ได้แก่ พันธุ์งั่วเขียว พันธุ์งั่วดอยสะเก็ด พันธุ์งั่วใหญ่ และพันธุ์ลิ้มผัว พบว่าสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดมีปริมาณมากที่สุดในต้นอ่อนสายพันธุ์งั่วดอยสะเก็ดและพันธุ์งั่วใหญ่ ส่วนฟลาโวนอยด์มีปริมาณมากที่สุดในต้นอ่อนสายพันธุ์งั่วดอยสะเก็ด ในขณะที่แอนโทไซยานินมีปริมาณมากที่สุดที่ต้นอ่อนสายพันธุ์งั่วใหญ่ และเมื่อพิจารณาความสามารถในการนำข้าวเหนียวดำมาเพาะเป็นต้นอ่อนเพื่อการบริโภคหรือแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์ต่างๆ พบว่าต้นอ่อนข้าวเหนียวดำสายพันธุ์งั่วใหญ่ และสายพันธุ์งั่วดอยสะเก็ด มีความเหมาะสมสำหรับการเพาะเป็นต้นอ่อนมากที่สุด เนื่องจากให้ปริมาณสารสำคัญมากกว่าข้าวเหนียวดำสายพันธุ์อื่น ๆ ที่นำมาศึกษา ซึ่งในการศึกษาที่ผ่านมาพบว่าผลผลิตน้ำหนักรากและน้ำหนักแห้งของต้นอ่อนข้าวเหนียวดำทั้ง 4 สายพันธุ์ ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ดังนั้น ผลจากงานวิจัยนี้จึงสามารถใช้เป็นแนวทางในการเลือกบริโภคและสร้างมูลค่าเพิ่มให้กับข้าวเหนียวดำได้ ตลอดจนสามารถนำไปประยุกต์ใช้ในการพัฒนาระบบการผลิตเชิงพาณิชย์ และต่อยอดผลิตภัณฑ์จากข้าวเหนียวดำพันธุ์พื้นบ้านสู่ระดับอุตสาหกรรมภายในประเทศและต่างประเทศต่อไป

กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยขอขอบคุณสาขาวิทยาการสมุนไพร คณะ
ผลิตกรรมการเกษตร มหาวิทยาลัยแม่โจ้ ที่ให้ความ
อนุเคราะห์เครื่องมือ อุปกรณ์ และสถานที่ในการทำงาน
วิจัยในครั้งนี้

เอกสารอ้างอิง

- Areekul, V., T. Saeku, P. Cheuwongngam and
T. Laorjinyo. 2015. Phenolic Content,
Chlorophyll and Antioxidant Activities
of Black Rice Grass. pp. 1145-1151.
*In The Proceedings of 53rd Kasetsart
University Annual Conference.*
Bangkok: Kasetsart University. [in Thai]
- Chanphrom, P. 2007. **Antioxidants and
Antioxidant Activities of Pigmented
Rice Varieties and Rice Bran.**
Master Thesis. Mahidol University.
123 p. [in Thai]
- Chatsuwan, N. and V. Areekul. 2010. Color
Parameters, Total Phenolic and
Anthocyanin Content in Various Rice
Cultivars. pp. 252-260. *In Proceedings
of 48th Kasetsart University Annual
Conference: Agro-Industry.* Bangkok:
Kasetsart University. [in Thai]
- Chen, X.Q., N. Nagao, T. Itani and K. Irifune. 2012.
Anti-oxidative analysis, and identification
and quantification of anthocyanin
pigments in different coloured rice.
Food Chemistry 135: 2783-2788.
- Jansom, V., C. Jansom and N. Lerdvuthisophon.
2017. Study on total phenolics
compound, total flavonoids, total
monomeric anthocyanins, vitamin E and
gamma-oryzanol in pigmented Thai rice.
Thammasat Medical Journal
17(2): 194-204. [in Thai]
- Kaladee, D., P. Pongpiachan and S. Jamjod. 2000.
**Genetics, Breeding and Agriculture
Nutritional Immunity of Purple Rice
(*Oryza sativa* L.).** 73 p. *In Research
Report.* Chiang Mai: Science and
Technology Research Institute
Chiang Mai University. [in Thai]
- Matsuo, T., Y. Futsuhara, F. Kikuchi and
H. Yamaguchi. 1997. **Science of the
Rice Plant.** Tokyo: Food and Agriculture
Policy Research Center. 1008 p.
- Namjooyan, F., M.E. Azmi and V.R. Rahmanian.
2010. Investigation of antioxidant
activity and total phenolic content of
various fractions of aerial parts of
Pimpinella Barbata (DC.) Boiss.
**Jundishapur Journal of Natural
Pharmaceutical Products** 5(1): 1-5.
- Pascual-Teresa, S. and M. Sanchez-Ballesta. 2008.
Anthocyanins: from plant to health.
Phytochemistry Reviews 7(2): 281-299.

- Phengrat, J. and S. Jearakongman. 2009. Black Glutinous Rice: Various Benefits, Composite Thinking, Enhancing Thai Economic Opportunities. pp. 325-342. *In Proceedings of Rice and Temperate Cereal Crops Annual Conference 2009*. Bangkok: Division of Rice Research and Development. [in Thai]
- Ranganna, S. 1977. **Manual of Analysis of Fruit and Vegetable Products**. New York: Tata McGraw-Hill. 634 p.
- Shen, Y., L. Jin, P. Xiao, Y. Lu and J.S. Bao. 2009. Total phenolics, flavonoids, antioxidant capacity in rice grain and their relations to grain color, size and weight. **Journal of Cereal Science** 49: 106-111.
- Somporn, C., C. Krainart and J. Tobuch. 2018. The study of antioxidant capacity of green tea from rice seedlings. **Rajabhat Agriculture** 17(1): 27-33. [in Thai]
- Sudtasarn, G., S. Jongdee and R. Kenlhaem. 2008. Research and Development of Green Tea from Fragrant Rice Seedlings. pp. 398. *In Proceedings of Rice and Temperate Cereal Crops Annual Conference 2008*. Bangkok: Division of Rice Research and Development. [in Thai]
- Wiriyasuk, K. 2005. **Extraction and Regulation of Genes Controlling Grain Anthocyanin and Proanthocyanin (Condensed Tannins) Accumulation in Rice**. Master Thesis. Kasetsart University. 64 p. [in Thai]