ความแปรปรวนของปริมาณแอนโทไซยานินและความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระของข้าวเหนียวก่ำพันธุ์พื้นเมืองของไทย

Variation of Anthocyanin Content and Antioxidant Capacity among Local Thai Purple Glutinous Rice Genotypes

สุภาภรณ์ ญะเมืองมอญ[1/] และชนากานต์ เทโบลต์ พรมอุทัย[1/, 2/*]

Supaporn Yamuangmorn[1/] and Chanakan Thebault Prom-u-thai[1/, 2/*]

[1/]สาขาวิชาพืชไร่ ภาควิชาพืชศาสตร์และปฐพีศาสตร์ คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ จ.เชียงใหม่ 50200

[1/]Agronomy Division, Department of Plant and Soil Sciences, Faculty of Agricultural, Chiang Mai University, Chiang Mai 50200, Thailand

[2/]ศูนย์วิจัยข้าวล้านนา มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ จ.เชียงใหม่ 50200

[2/]Lanna Rice Research Center, Chiang Mai University, Chiang Mai 50200, Thailand

**Corresponding author: Email: chanakan15@hotmail.com, chanakan.p@cmu.ac.th*

(Received: 9 February 2016; Accepted: 25 April 2016)

Abstract: Purple rice is rich in nutritional values and bioactive compounds such as anthocyanins found mostly in pericarp layer of the grain. They illustrate antioxidant properties by reacting against reactive oxygen species. For this reason, consuming purple rice has recently become popularly among health concerning people. The objective of this study was to determine variation of grain yield, anthocyanin content and antioxidant capacity among 19 local purple rice genotypes. The experiment was arranged in RCBD with 3 replications. Rice plants were grown in the same growing condition and harvested at maturity for yield evaluation. Anthocyanin content and antioxidant capacity were analyzed in brown rice caryopsis. The results show significant variation in grain yield, anthocyanin content and antioxidant capacity among the 19 purple rice genotypes. Grain yield varied significantly from 260 to 625 kg/rai, anthocyanin content ranged from 9.73 - 54.68 mg/100 g and antioxidant capacity ranged from 251.76 - 709.38 mg Trolox/100 g and 2304.6 - 6247.0 µmol Fe (II)/100 g determined by DPPH and FRAP assays, respectively. The genotype Kum 7677 had the highest amount of grain yield, anthocyanins and antioxidants determined by DPPH assay. These 2 assays was used to determine the antioxidant capacity in purple rice as they were significantly correlated ($r = 0.71$, $p < 0.01$). The correlation was not observed between anthocyanin content and antioxidant capacity determined by both assays. There should be some other compounds play the similar role as anthocyanin which is requiring further study. However, the information in this study encourages further study on physiological mechanisms of anthocyanin and antioxidant accumulation in rice grain among different rice genotypes and the selection of rice genotypes in breeding program for high anthocyanin and antioxidant capacity genotypes which will be benefit for rice consumers.

Keywords: Local purple glutinous rice genotype, yield, anthocyanin, antioxidant

บทคัดย่อ: ข้าวเหนียวดำหรือข้าวเหนียวก่ำอุดมไปด้วยสารสำคัญที่มีคุณค่าทางโภชนาการสูง มีสารรงควัตถุให้สีคือ แอนโทไซยานินที่อยู่บริเวณเยื่อหุ้มเมล็ด ซึ่งมีคุณสมบัติในการต้านอนุมูลอิสระที่ก่อให้เกิดโรคสำคัญหลายชนิด ทำให้ปัจจุบันข้าวเหนียวก่ำเป็นข้าวที่ได้รับความนิยมสูงในกลุ่มผู้บริโภคที่รักสุขภาพ การทดลองนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อประเมินความแปรปรวนของผลผลิต ปริมาณแอนโทไซยานินและ ความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระ ในข้าวเหนียวก่ำพันธุ์พื้นเมือง 19 พันธุ์ โดยวางแผนการทดลองแบบ RCBD จำนวน 3 ซ้ำ ปลูกข้าวเหนียวก่ำทั้งหมดในสภาพการจัดการเดียวกัน เก็บเกี่ยวเมล็ดในระยะสุกแก่เพื่อประเมินผลผลิตและวิเคราะห์ปริมาณแอนโทไซยานินและความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระในข้าวกล้อง ผลการทดลองพบว่า มีความแตกต่างของผลผลิต แอนโทไซยานินและ ความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระระหว่างข้าวเหนียวก่ำทั้ง 19 พันธุ์ โดยมีผลผลิตอยู่ในช่วง 260 - 625 กิโลกรัม/ไร่ ปริมาณแอนโทไซยานินมีค่าอยู่ในช่วง 9.73 - 54.68 มิลลิกรัม/100 กรัม และ ความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระมีค่าอยู่ในช่วง 251.76 - 709.38 มิลลิกรัม Trolox/100 กรัม และ 2304.6 - 6247.0 ไมโครโมล Fe(II)/100 กรัม วัดโดยวิธี DPPH และ FRAP ตามลำดับ โดยพบว่าพันธุ์ก่ำ 7677 เป็นพันธุ์ที่มีผลผลิต แอนโทไซยินและความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระสูง นอกจากนี้ยังพบว่า การวัดความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระที่วัดได้จากทั้งสองวิธีมีความสัมพันธ์กันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($r = 0.71$, $p < 0.01$) ในขณะที่ไม่พบความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณแอนโทไซยานินและความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระที่วัดได้ทั้งสองวิธี แสดงให้เห็นว่า แอนโทไซยานินเป็นสารที่ทำให้เกิดสีดำในข้าวเหนียวก่ำแต่อาจจะไม่ใช่องค์ประกอบหลักของสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพเพียงตัวเดียวในการต้านอนุมูลอิสระที่พบในข้าวเหนียวก่ำที่เป็นข้าวกล้อง น่าจะมีสารชนิดอื่นๆ ที่ออกฤทธิ์ในการต้านอนุมูอิสระอีกที่มีบทบาทสำคัญและทำหน้าที่ร่วมกัน ซึ่งเป็นประเด็นที่น่าสนใจในการศึกษาวิจัยเพื่อการนำไปใช้ประโยชน์ต่อไป อย่างไรก็ตามผลการทดลองนี้สามารถนำมาใช้เป็นฐานข้อมูลเบื้องต้นสำหรับการศึกษากลไกการสะสมสารแอนโทไซยานินที่ไม่สอดคล้องกับความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระที่พบในข้าวเหนียวก่ำ รวมทั้งการคัดเลือกพันธุกรรมข้าวเหนียวก่ำเพื่อนำไปใช้ในการปรับปรุงพันธุ์ข้าวเหนียวก่ำให้มีปริมาณแอนโทไซยานินและความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระสูงเพื่อประโยชน์ต่อผู้บริโภคต่อไป

คำสำคัญ: ข้าวเหนียวก่ำพันธุ์พื้นเมือง ผลผลิต แอนโทไซยานิน สารต้านอนุมูลอิสระ

คำนำ

ข้าวเหนียวก่ำ (purple rice) เป็นพืชอาหารที่กำลังได้รับความนิยมสูงในกลุ่มผู้บริโภคนิยมอาหารเพื่อสุขภาพ โดยเฉพาะในกลุ่มผู้บริโภคที่บริโภคข้าวเป็นอาหารหลัก เนื่องจาก ข้าวเหนียวก่ำเป็นข้าวที่มีลักษณะพิเศษ โดยมีองค์ประกอบของสารแอนโทไซยานิน (anthocyanin) ที่เป็นสารรงควัตถุ พบบริเวณเยื่อหุ้มเมล็ด ซึ่งพบว่า รงควัตถุนี้เป็นสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพ (biological activities) เช่น ช่วยต้านอนุมูลอิสระ (antioxidant) ลดการอักเสบ (anti-inflammatory) มีฤทธิ์ต้านเชื้อจุลินทรีย์ (antimicrobial) (Lucioli, 2012) อีกทั้งแอนโทไซยานินยังมีบทบาทต่อระบบหลอดเลือดและเกล็ดเลือดอีกด้วย มีรายงานว่า การบริโภคอาหารเสริมแอนโทไซยานินที่สกัดจากข้าวเหนียวก่ำ ช่วยลดภาวะเสี่ยงของการเกิดโรคหัวใจ (Wang *et al*., 2007) เนื่องจากช่วยลดปริมาณคอเลสเตอรอลในพลาสมา (วิทย์ธพงษ์ และคณะ, 2554) ทำให้ข้าวเหนียวก่ำเป็นที่ต้องการของผู้บริโภคในตลาดข้าวเป็นจำนวนมาก มีการนำเอาข้าวเหนียวก่ำมาแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์เพื่อสุขภาพในอุตสาหกรรมหลายชนิด เช่น อาหาร เครื่องดื่ม และเครื่องสำอางเพื่อเป็นทางเลือกของผู้บริโภคที่หลากหลาย โดยทั่วไปชนิดและปริมาณของแอนโทไซยานินที่ปรากฏในข้าวเหนียวก่ำมีความแตกต่างกันออกไปขึ้นอยู่กับการแสดงออกทางพันธุกรรม จากการศึกษาก่อนหน้านี้พบว่าปริมาณแอนโทไซยานินในข้าวเหนียวก่ำจำนวน 9 สายพันธุ์ อยู่ในช่วง 17.74-172.83 มิลลิกรัม/100 กรัม เมล็ด (ช่อแก้ว และคณะ, 2554) นอกจากนี้การสังเคราะห์แอนโทไซยานินยังเกี่ยวข้องกับเงื่อนไขทางสภาพแวดล้อมอีกด้วย พบว่าข้าวเหนียวก่ำมีการตอบสนองต่อปุ๋ยไนโตรเจนแตกต่างกันซึ่ง

ขึ้นอยู่กับสายพันธุ์ (วรรณภา และคณะ, 2556) อย่างไรก็ตาม ข้าวเหนียวก่ำที่ปลูกทั่วไปในประเทศไทยส่วนใหญ่ยังคงเป็นพันธุ์พื้นเมือง เป็นพืชวันสั้น ตอบสนองต่อปุ๋ยไนโตรเจนต่ำ และอีกทั้งลักษณะประจำพันธุ์ข้าวเหนียวก่ำเป็นข้าวที่ไม่แตกกอมาก มีดัชนีการเก็บเกี่ยวต่ำ ทำให้ผลผลิตต่อไร่ต่ำ ผลตอบแทนได้น้อย เกษตรกรจึงไม่นิยมปลูกในเชิงพาณิชย์ เนื่องจากยังไม่มีข้อมูลการศึกษาวิจัยในเชิงลึกและต่อเนื่องเทียบกับคุณสมบัติของสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพชนิดต่าง ๆ ในข้าวเหนียวก่ำที่จะสามารถนำองค์ความรู้ไปใช้ในการต่อยอด และการปรับปรุงพันธุ์ ดังนั้นวัตถุประสงค์ของการศึกษานี้คือ ประเมินผลผลิต ปริมาณสารแอนโทไซยานินและความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระในข้าวเหนียวก่ำที่เก็บรวบรวมมาได้ เพื่อหาความสัมพันธ์ระหว่างแอนโทไซยานินกับความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระและผลผลิตของข้าวเหนียวก่ำแต่ละพันธุ์ ซึ่งจะเป็นประโยชน์ต่อการคัดเลือกพันธุ์ข้าวเหนียวก่ำ เพื่อการปรับปรุงพันธุ์ให้มีผลผลิต แอนโทไซยานินและความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระสูง และเพื่อการศึกษาสารออกฤทธิ์ชีวภาพในข้าวเหนียวก่ำเชิงลึกเพื่อการนำไปใช้ประโยชน์ต่อไป

อุปกรณ์และวิธีการ

การปลูกและการดูแลรักษา

ข้าวเหนียวก่ำจำนวน 19 พันธุ์ คือ ก่ำนา, ก่ำเวียดนาม, ก่ำ 87046, ก่ำหกสาลี, ก่ำ 19088, ก่ำ 5155, ก่ำฝาง, ก่ำสุพรรณ, ก่ำ 11875, ก่ำ 19104, ก่ำ 99151, ก่ำพะเยา, ก่ำ 7677, ก่ำ 87061, ก่ำ 19959, ก่ำ 87090, ก่ำ 87057, ก่ำเวียงสา และก่ำดอยสะเก็ด ปลูกในฤดูนาปี ช่วงเดือนกรกฎาคม - ธันวาคม 2556 โดยการเพาะกล้าอายุได้ 30 วัน จากนั้นย้ายปลูกลงแปลงพื้นที่ขนาด 3 x 3 เมตร ด้วยวิธีปักดำ จำนวน 1 ต้นต่อหลุม ระยะปลูก 25 x 25 เซนติเมตร ณ แปลงทดลองสาขาวิชาพืชไร่ ภาควิชาพืชศาสตร์และและปฐพีศาสตร์ คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ วางแผนการทดลองแบบ Randomized Complete Block Design (RCBD) จำนวน 3 ซ้ำ ใส่ปุ๋ยเคมีจำนวน 2 ครั้ง คือ ปุ๋ยแอมโมเนียมฟอสเฟต (16-20-0) อัตรา 25 กิโลกรัมต่อไร่ หลังจากปักดำได้ 20 วัน และอัตรา 10 กิโลกรัมต่อไร่ ที่ระยะกำเนิดช่อดอก มีการดูแลรักษาและป้องกันกำจัดโรคและแมลงตามความเหมาะสม เก็บเกี่ยวผลผลิตที่ระยะสุกแก่ นำเมล็ดมาทำความสะอาด และตากให้แห้งเพื่อลดความชื้นให้ไม่เกิน 14 เปอร์เซ็นต์ จากนั้นนำเมล็ดไปกระเทาะเปลือกให้ได้ข้าวกล้องเพื่อนำไปวิเคราะห์ต่อไป

การวิเคราะห์ปริมาณแอนโทไซยานินและความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระ

วิเคราะห์ปริมาณแอนโทไซยานินด้วยวิธี pH-different (Abdel-Aal and Hucl, 1999) โดยใช้ตัวอย่างข้าวกล้อง 2.5 กรัม ใส่ในหลอดทดลอง เติมน้ำปราศจากไอออนปริมาตร 10 มิลลิลิตร จากนั้นนำไปต้มที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส นาน 30 นาที โดยทำการเขย่าทุก ๆ 5 นาที จากนั้นกรองสารสกัดด้วยกระดาษกรอง Whatman เบอร์ 1 จากนั้นดูดสารสกัดปริมาตร 2 มิลลิลิตร ลงในขวดรูปชมพู่ขนาด 25 มิลลิลิตร ทำการเจือจางสารสกัดด้วยสารละลายบัฟเฟอร์ 2 ชนิด คือ โพแทสเซียมคลอไรด์ (0.025 M, pH 1.0) และ โซเดียมอะซิเตรต (0.4 M, pH 4.5) แล้วอ่านค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 520 และ 700 นาโนเมตร ด้วยเครื่อง spectrophotometer (Biochrom Libra S22, England)

วิเคราะห์ความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระ โดยใช้ข้าวที่บดละเอียดแล้ว 0.1 กรัม ใส่ลงในหลอดทดลอง เติมเมทานอลปริมาตร 10 มิลลิลิตร จากนั้นนำเข้าเครื่องเขย่า นาน 1 ชั่วโมง และนำเข้าเครื่องหมุนเหวี่ยง นาน 5 นาที จากนั้นกรองสารสกัดที่ได้จากข้าวด้วย nylon membrane filter 0.45 ไมครอน แบ่งสารสกัดสองส่วนนำไปวิเคราะห์ความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระ 2 วิธี คือ DPPH (1,1-Diphenyl-2-Picrylhydrazyl) radical scavenging activity (DPPH) (Amarowicz *et al*., 2004) และวิธี Ferric reducing antioxidant power (FRAP) (Benzie and Strain, 1999)

วิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติหาความแตกต่างของผลผลิต ปริมาณแอนโทไซยานินและความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระในข้าวเหนียวก่ำแต่ละสายพันธุ์ ด้วยวิธีวิเคราะห์ความแปรปรวน (analysis of variance) โดยเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยด้วยวิธี Least

Significant Different (LSD) ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

ผลการศึกษาและวิจารณ์

พบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติของปริมาณแอนโทไซยานินในข้าวเหนียวก่ำทั้ง 19 พันธุ์ ($P < 0.01$) (ภาพที่ 1) แอนโทไซยานินมีความแปรปรวนตั้งแต่ 9.73 - 54.68 มิลลิกรัม/100 กรัม และมีค่าเฉลี่ย 27.09 มิลลิกรัม/100 กรัม พันธุ์ก่ำ 7677 มีปริมาณแอนโทไซยานินสูงสุดคือ 54.68 มิลลิกรัม/100 กรัม ส่วนก่ำดอยสะเก็ดและก่ำเวียงสา มีค่าต่ำสุด คือ 12.04 และ 9.73 มิลลิกรัม/100 กรัม ตามลำดับ ซึ่งผลการวิเคราะห์ปริมาณแอนโทไซยานินจากการทดลองนี้บ่งชี้ว่ามีความแปรปรวนในช่วงกว้างระหว่างพันธุกรรมข้าว แม้ว่าปริมาณแอนโทไซยานินที่พบจะมีค่าต่ำกว่าที่รายงานไว้ก่อนหน้านี้ในข้าวเหนียวก่ำที่สกัดด้วยเอทานอล จำนวน 9 พันธุ์ ที่พบว่ามีค่าอยู่ระหว่าง 17.74 - 172.83 มิลลิกรัม/100 กรัม (ช่อแก้ว และคณะ, 2554) อาจเป็นไปได้ว่าค่าแอนโทไซยานินที่วิเคราะห์จากการทดลองนี้เป็นค่าของมอนอเมอริกแอนโทไซยานิน ซึ่งเป็นรูปของแอนโทไซยานินที่ละลายน้ำได้และสามารถนำมาใช้ได้โดยตรง แตกต่างจากแอนโทไซยานินรวมที่ได้จากแอนโทไซยานินทั้งหมดที่ละลายน้ำได้และไม่ได้ ซึ่งมีรายงานกล่าวไว้ว่าชนิดและปริมาณแอนโทไซยานินที่สกัดได้ จะขึ้นอยู่กับชนิดของตัวทำละลาย โดยปกติแล้วเมทานอลมีประสิทธิภาพในการสกัดแอนโทไซยานินมากกว่าเอทานอล และน้ำ ตามลำดับ ดังนั้นในการเปรียบเทียบปริมาณของแอนโทไซยานิน จำเป็นต้องระบุด้วยว่าเป็นการสกัดมาจากตัวทำละลายเดียวกันหรือไม่ (Giusti and Jing, 2008) ซึ่งงานวิจัยเชิงลึกอาจจะต้องเปรียบเทียบความเข้มข้นของแอนโทไซยานินทั้ง 2 รูปแบบในข้าวแต่ละพันธุ์ด้วยว่ามีสัดส่วนที่แตกต่างกันอย่างไร เพื่อจะเป็นข้อมูลต่อการนำไปใช้ประโยชน์ในด้านต่าง ๆ รวมทั้งการปรับปรุงพันธุ์ข้าวให้มีปริมาณแอนโทไซยานินสูงต่อไป และอาจเป็นไปได้ด้วยว่าความแตกต่างของปริมาณแอนโทไซยานินนั้นเกิดจากพันธุกรรมข้าวที่นำมาวิเคราะห์เป็นข้าวจากแหล่งพันธุกรรมที่แตกต่างกัน ซึ่งทำให้เกิดความแปรปรวนของปริมาณแอนโทไซยานินที่แตกต่างกันด้วย

นอกจากปริมาณแอนโทไซยานิน ยังพบว่ามีความแตกต่างของความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระในข้าวเหนียวก่ำทั้ง 19 พันธุ์ด้วย โดยการทดลองนี้ได้แสดงวิธีการวัดความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระ 2 วิธีเปรียบเทียบกันคือ DPPH radical scavenging activity (DPPH) และ ferric reducing antioxidant power (FRAP) (ภาพที่ 2 และ 3) พบว่า พันธุ์ก่ำ 7677 มีความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระสูงสุดเมื่อวัดโดยวิธี DPPH คือ 709.38 มิลลิกรัม Trolox/100 กรัม ส่วนพันธุ์ก่ำ 87046 มีค่าต่ำสุดที่ 251.76 มิลลิกรัม Trolox/100 กรัม และผลจากการวัดความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระโดยวิธี FRAP พบว่า พันธุ์ก่ำ 11875 และก่ำ 19104 แสดงความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระสูงสุด คือ 6247.0 และ 6033.8 ไมโครโมล Fe(II)/100 กรัม ตามลำดับ ส่วนพันธุ์ก่ำ 87090 ก่ำ 87046 ก่ำ 87061

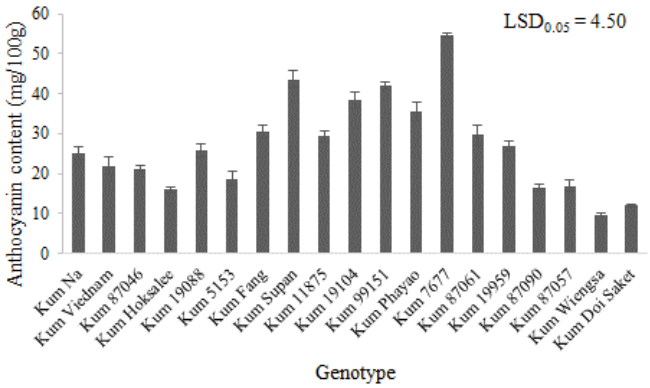

Figure 1 Anthocyanin content in 19 local Thai purple glutinous rice genotypes

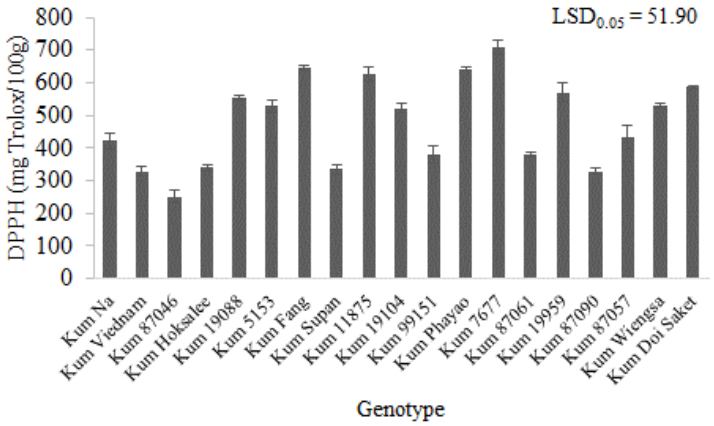

Figure 2 Antioxidant capacity of 19 local Thai purple glutinous rice genotypes determined by DPPH method

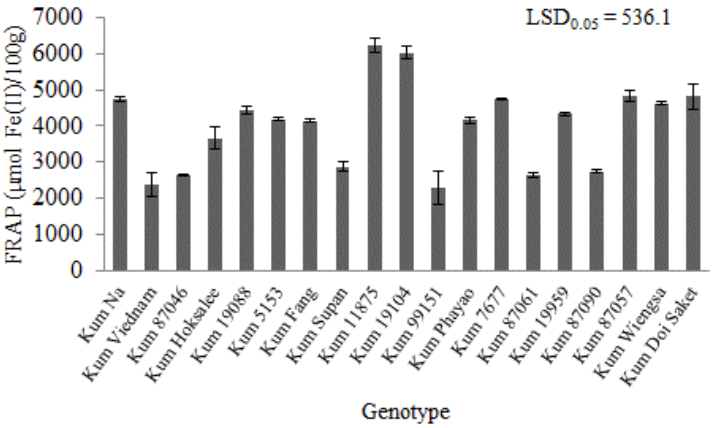

Figure 3 Antioxidant capacity of 19 local Thai purple glutinous rice genotypes determined by FRAP method

ก่ำเวียดนาม และก่ำ 99151 แสดงค่าต่ำสุด เท่ากับ 2740.2, 2626.7, 2617.7, 2377.2 และ 2304.6 ไมโครโมล Fe(II)/100 กรัม ตามลำดับ

นอกจากนี้ยังพบความสัมพันธ์อย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ของความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระที่วัดได้จากทั้งสองวิธี ($r = 0.71$, $p < 0.01$) (ภาพที่ 4) ซึ่งแสดงให้เห็นว่าการวัดความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระในเมล็ดข้าวเหนียวก่ำที่เป็นข้าวกล้องสามารถทำได้ทั้ง 2 วิธี หรือใช้แทนกันได้ ขึ้นอยู่กับอุปกรณ์และวิธีการที่เอื้ออำนวยในแต่ละห้องปฏิบัติการ และเมื่อพิจารณาความสัมพันธ์ระหว่างแอนโทไซยานินกับความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระที่วัดโดยวิธี DPPH และ FRAP ไม่พบความสัมพันธ์ระหว่างแอนโทไซยานินกับความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระที่วัดโดยวิธี DPPH ($r = 0.27^{ns}$) และ FRAP ($r = 0.002^{ns}$) (ภาพที่ 5) ซึ่งความสัมพันธ์ที่ได้จากการทดลองนี้ขัดแย้งกับรายงานก่อนหน้านี้ที่พบว่า แอนโทไซยานินมีความสัมพันธ์เชิงบวกกับความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระที่พบในข้าวพันธุ์เหนียวดำและพันธุ์หอมนิล (Sutharut and Sudarat, 2012) ซึ่งรายงานดังกล่าวได้อธิบายไว้ว่าแอนโทไซยานินเป็นสารประกอบฟีนอลิกกลุ่มหนึ่งที่สะสมอยู่บริเวณเยื่อหุ้มเมล็ดของข้าว มีฤทธิ์ในการต้านอนุมูลอิสระที่สำคัญ (Lucioli, 2012) ข้าวที่มีปริมาณแอนโทไซยานินสูงก็จะมีความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระสูงด้วย อย่างไรก็ตามผลการทดลองอาจเป็นในทาง

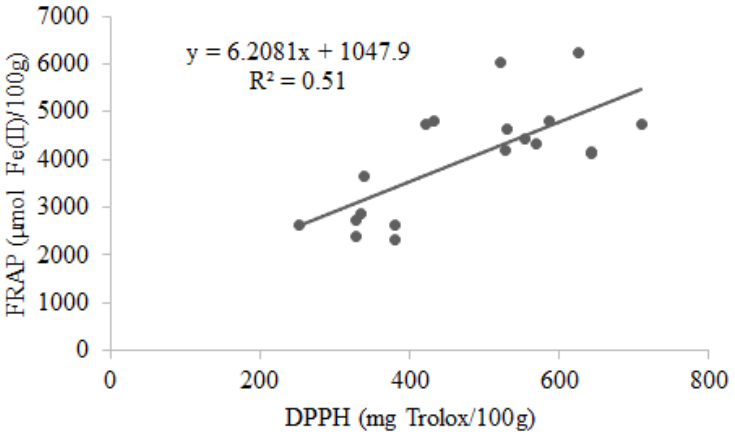

Figure 4 Relationship between antioxidant capacity determined by DPPH and FRAP methods (n = 19)

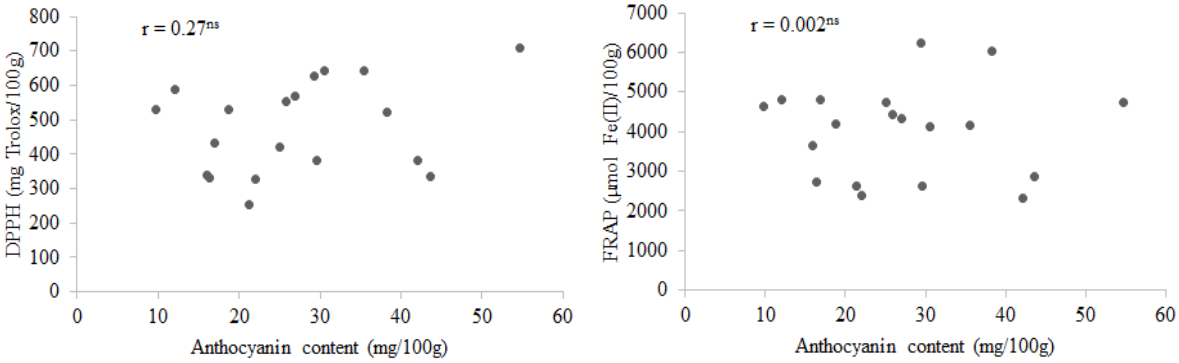

Figure 5 Relationship between anthocyanin content and antioxidant capacity determined by DPPH and FRAP Methods (n = 19)

ตรงกันข้ามดังได้แสดงผลในการทดลองนี้ได้ เนื่องจากแอนโทไซยานินเป็นเพียงส่วนหนึ่งของสารต้านอนุมูลอิสระที่มีอยู่หลายชนิดในพืชและสัตว์ที่มีบทบาทเหมือนกับแอนโทไซยานิน เช่นในงานทดลองที่พบว่าข้าวที่มีเยื่อหุ้มเมล็ดสีดำมีปริมาณแอนโทไซยานิน อยู่ในช่วง 109.5 - 256.6 มิลลิกรัม/100 กรัม ในขณะที่ข้าวที่มีเยื่อหุ้มเมล็ดสีแดงมีเพียง 0.3 - 1.4 มิลลิกรัม/100 กรัม ซึ่งค่าแอนโทไซยานินที่วัดได้ต่างกันมากระหว่างข้าวดำและข้าวแดง แต่พบว่าความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระที่วัดโดยวิธี FRAP ไม่มีความแตกต่างกันระหว่างสีของเยื่อหุ้มเมล็ด (Sompong *et al*., 2011) แสดงให้เห็นว่า ในข้าวบางกลุ่มมีแอนโทไซยานินเป็นองค์ประกอบ แต่อาจไม่ใช่ฤทธิ์ทางชีวภาพหลักในการแสดงออกของความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระที่พบในข้าวกลุ่มนั้น สารต้านอนุมูลอิสระอื่น ๆ ที่พบในข้าวที่มีสี ได้แก่ ฟลาโวน ฟลาโวนอยด์ แคโรทีนอยด์ แกมม่าโอไรซานอล เป็นต้น (Pereira-Caro *et al*., 2013) การศึกษาและวิจัยในอนาคตอาจมุ่งเน้นที่จะวัดองค์ประกอบหลักของสารที่ออกฤทธิ์ทางชีวภาพในการต้านอนุมูลอิสระในข้าวแต่ละกลุ่มพันธุ์ ซึ่งอาจจะมีความเหมือนหรือแตกต่างกันก็เป็นไปได้ นอกจากนี้ปัจจัยภายนอกอื่น ๆ เช่น สภาพและอายุการเก็บรักษาก็อาจส่งผลทำให้เกิดความเปลี่ยนแปลงขององค์ประกอบทางชีวภาพที่จะส่งผลต่อความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระแตกต่างกันในข้าวแต่ละพันธุ์ด้วย

นอกจากนี้ในการทดลองยังแสดงให้เห็นว่ามีความแตกต่างของผลผลิตเมล็ดข้าวในข้าวเหนียวก่ำทั้ง 19 พันธุ์ด้วย (ภาพที่ 6) โดยพบว่า ผลผลิตมีความแปรปรวนอยู่ในช่วง 260 - 625 กิโลกรัม/ไร่ และมีค่าเฉลี่ย

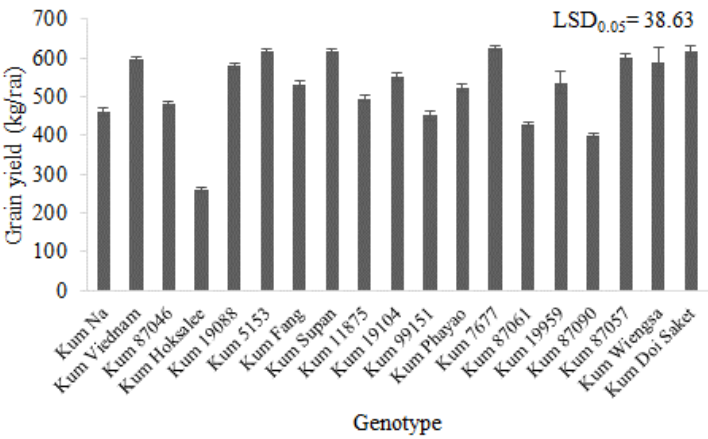

Figure 6 Grain yield (at 14% moisture content) of 19 local Thai purple glutinous rice genotypes

อยู่ที่ 524 กิโลกรัม/ไร่ โดยมี 7 พันธุ์ ให้ผลผลิตสูง คือ ก่ำ 7677 ก่ำ 5153 ก่ำสุพรรณ ก่ำดอยสะเก็ด ก่ำ 87057 ก่ำเวียดนาม และก่ำเวียงสา (589 - 625 กิโลกรัม/ไร่) ส่วนพันธุ์ก่ำหกสาลีให้ผลผลิตต่ำสุด (260 กิโลกรัม/ไร่) ส่วนพันธุ์อื่นๆ มีผลผลิตอยู่ระหว่างกลาง และเมื่อพิจารณาความสัมพันธ์ระหว่างผลผลิตกับปริมาณแอนโทไซยานินและความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระ ไม่พบความสัมพันธ์ระหว่างผลผลิตกับปริมาณแอนโทไซยานิน ($r = 0.17^{ns}$) เช่นเดียวกับความสัมพันธ์ระหว่างผลผลิตกับความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระที่วัดโดยวิธี DPPH ($r = 0.44^{ns}$) และ FRAP ($r = 0.29^{ns}$) ซึ่งแสดงให้เห็นว่าทั้งปริมาณแอนโทไซยานินและความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระ ไม่ได้เกี่ยวข้องกับการสร้างผลผลิตในข้าวพันธุกรรมข้าวเหนียวก่ำพันธุ์พื้นเมืองที่นำมาทดสอบ ซึ่งอาจจะเป็นข้อดีในการปรับปรุงพันธุ์ข้าวเหนียวก่ำให้มีคุณค่าทางโภชนาการสูงโดยไม่มีการสูญเสียผลผลิต หรืออาจจะสามารถเพิ่มผลผลิตของข้าวเหนียวก่ำได้ โดยไม่ทำให้คุณค่าทางโภชนาการลดลง และเมื่อพิจารณาปริมาณสารแอนโทไซยานิน ความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระและปริมาณผลผลิตในแต่ละพันธุ์ พบว่า พันธุ์ก่ำ 7677 เป็นพันธุ์ที่เหมาะสมในการนำมาใช้เพาะปลูกเพื่อการบริโภคข้าวเหนียวก่ำที่ให้คุณค่าทางโภชนาการสูง อย่างไรก็ตาม แหล่งผลิตข้าวยังมีผลต่อปริมาณสารแอนโทไซยานินและผลผลิต ดังนั้นการปลูกข้าวควรเลือกพันธุ์ข้าวให้เหมาะสมกับสภาพพื้นที่ปลูก จากการรายงานก่อนหน้านี้ในข้าวเหนียวก่ำไร่จำนวน 7 พันธุ์ ปลูกในพื้นที่แตกต่างกัน พบว่า พันธุ์มีการตอบสนองต่อปริมาณแอนโทไซยานินในแต่ละพื้นที่ปลูกแตกต่างกัน เช่นเดียวกับผลผลิตที่พบว่า พื้นที่ปลูกมีผลต่อปริมาณผลผลิตในข้าวเหนียวก่ำ (Somsana *et al.*, 2013) อาจเป็นผลมาจากแต่ละพื้นที่มีสภาพแวดล้อมที่แตกต่างกัน เช่น อุณหภูมิ ปริมาณน้ำฝน และความอุดมสมบูรณ์ของดิน เป็นต้น

สรุป

มีความแตกต่างของปริมาณแอนโทไซยานินและความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระระหว่างพันธุกรรมข้าวเหนียวก่ำที่นำมาทดสอบทั้ง 19 พันธุ์ ในช่วงที่กว้าง พันธุ์ข้าวเหนียวก่ำส่วนมากมีปริมาณแอนโทไซยานินและความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระค่อนข้างต่ำ แต่อย่างไรก็ตามยังมีพันธุ์ข้าวบางพันธุ์ที่มีปริมาณแอนโทไซยานินสูง เช่น ก่ำ 7677 และบางพันธุ์มีความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระสูง เช่น ก่ำ 7677 ก่ำ 11875 และก่ำ 19104 ซึ่งความแตกต่างระหว่างพันธุกรรมของปริมาณแอนโทไซยานินและความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระดังกล่าวจะสามารถนำมาใช้เป็นแหล่งของวัตถุดิบในการปรับปรุงพันธุ์ข้าวให้มีปริมาณแอนโทไซยานินและความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระสูง ซึ่งจะสามารถนำมาใช้ประโยชน์ต่อการบริโภคได้มากและกว้างขวางขึ้น ทั้งใน

ด้านผลิตภัณฑ์อาหาร ยา และเครื่องสำอาง เป็นต้น การทดลองต่อไปอาจจะต้องศึกษาถึงสารออกฤทธิ์ชีวภาพที่มีฤทธิ์ในการต้านอนุมูลอิสระตัวอื่น ๆ ในเมล็ดข้าวเหนียวก่ำ เนื่องจากการทดลองนี้พบว่าปริมาณแอนโทไซยานินไม่ใช่ตัวที่จะบ่งชี้ความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระในเมล็ดข้าว

เอกสารอ้างอิง

ช่อแก้ว อนิลบล ปรเมศ บรรเทิง จิรวัฒน์ สนิทชน และพัชรินทร์ ส่งศรี. 2554. การศึกษาปริมาณแอนโทไซยานินในข้าวเหนียวดำ โดยใช้วิธี HPLC และ spectrophotometric. วารสารแก่นเกษตร 39 (ฉบับพิเศษ): 353-357.

วรรณภา ก่ำถ้วย เบญจวรรณ ฤกษ์เกษม ศันสนีย์ จำจด และณัฏฐิณี ภัทรกุล. 2556. ผลของการจัดการปุ๋ยไนโตรเจนและน้ำต่อผลผลิตและปริมาณสารแอนโทไซยานินในข้าวเหนียวก่ำ 2 พันธุ์. วารสารแก่นเกษตร 41(4): 403-410.

วิทย์พงษ์ เปี้ยวงค์ ปุณเรศวร์ รัตนประดิษฐ์ สัญชัย จตุรสิทธา ทัศนีย์ อภิชาติสรางกูร ดำเนิน กาละดี และ พันทิพา พงษ์เพียจันทร์. 2554. ผลของข้าวเหนียวก่ำต่อสมรรถภาพการผลิตปริมาณคอเลสเตอรอลในพลาสมาและคุณภาพซากของสุกรรุ่น-ขุน. วารสารเกษตร 27(2): 101-112.

Abdel-Aal, E-SM and P. A. Hucl. 1999. A rapid method for quantifying total anthocyanins in blue aleurone and purple pericarp wheats. Cereal Chemistry 76: 350-354.

Amarowicz, R., R. B. Pegg, P. Rahimi-Moghaddam, B. Barl and J. A. Weil. 2004. Free-radical scavenging capacity and antioxidant activity of selected plant species from the Canadian prairies. Food Chemistry 84: 51-562.

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

Giusti, M. M. and P. Jing. 2008. Analysis of Anthocyanin. Food Colorants Chemical and Founctional Properties, Boca Raton. pp. 479-497.

Lucioli, S. 2012. Anthocyanins: Mechanism of action and therapeutic efficacy. *In*: A Capasso (ed) Medicinal Plants as Antioxidant Agents: Understanding Their Mechanism 23 of Action and Therapeutic Efficacy, Research Signpost. India, ISBN: 978-81-308-0509-2.

Pereira-Caro, G., G. Cros, T. Yokota and A. Crozier. 2013. Phytochemical profiles of black, red, brown, and white rice from the Camargue region of France. Journal of Agricultural and Food Chemistry 61: 7976-7986.

Sompong, R., S. Siebenhandl-Ehn, G. Linsberger-Martin and E. Berghofer. 2011. Physicochemical and antioxidative properties of red and black rice varieties from Thailand, China and Sri Lanka. Food Chemistry 124: 132-140.

Somsana, P., P. Wattana, B. Suriharn and J. Sanitchon. 2013. Stability and genotype by environment interactions for grain anthocyanin content of Thai black glutinous upland rice (*Oryza sativa*) SABRAO Journal of Breeding and Genetics 45: 523-532.

Sutharut, J. and J. Sudarat. 2012. Total anthocyanin content and antioxidant activity of germinated colored rice. International Food Research Journal 19: 215-221.

Wang, Q., P. Han, M. Zhang, M. Xia, H. Zhu, J. Ma, M. Hou, Z. Tang and W. Ling. 2007.

Supplementation of black rice pigment fraction improves antioxidant and anti-inflammatory status in patients with coronary heart disease. Asia Pacific Journal of Clinical Nutrition 16: 295-301.