Agricultural Sci. J. 48 : 3 (Suppl.) : 273–277 (2017) ว. วิทย. กษ. 48 : 3 (พิเศษ) : 273-277 (2560)

ความสัมพันธ์ระหว่างลักษณะทางสัณฐานวิทยา องค์ประกอบทางเคมี และสารต้านออกซิเดชันของข้าวก่ำจังหวัดน่าน

Relation of Morphological Characters, Chemical Composition and Antioxidative Properties of Purple Rice Grains in Nan Province

กวินทิพย์ พรมแดง[1] คัศฤญา เตปินตา[1] บรรจง อูปแก้ว[2] สุภาพร ชุติประพฤทธิ์[2] และ ปิยะนุช รสเครือ[1]

Kawintip Promdang[1], Katsaruya Tabinta[1], Bunjong Oupkaew[2], Supaporn Chutiprapruet[2] and Piyanuch Roskhrua[1]

Abstract

The purpose of this research was to evaluate morphological characters, chemical composition and antioxidative properties of purple rice grains in Nan province. Fifteen samples of purple rice grains were selected from 6 districts (Bo Kluea district, Wiang Sa district, Phu Phiang district, Mae Charim district, Thung Chang district and Pua district). Pearson correlation coefficients were used to evaluate the morphological characters, chemical composition and antioxidative properties of purple rice grains. A significant variation in peel color of purple rice grains was observed among the tested grains. The result revealed that the distribution of paddy length, milled rice length, paddy width and milled rice width were 0.91-1.14, 0.64-0.76, 0.26-0.43 and 0.21-0.35 cm, respectively. The length/width ratio of purple milled rice was 1.9-3.4. Shapes of purple milled rice were slender, medium and bold. Moreover, the percentage in dry basis of protein, ash, lipid, fiber, carbohydrate and amylose contents were 8.02-10.69, 0.90-1.56, 2.59-3.90, 0.87-1.76, 70.88-76.04 and 2.35-11.32, respectively. Total phenolic compound, total anthocyanin and free radical scavenging activity were 1,669-6,372 µg gallic acid/g flour, 218-840 µg/g flour and 48.3-74.1 g flour/g DPPH. Purple milled rice from Bo Kluea district have the highest total phenolic compound and free radical scavenging activity. For correlation, wider rice paddy and milled grains had less amylose content ($p \leq 0.05$) but higher total phenolic compound and free radical scavenging activity ($p \leq 0.01$). Moreover, shorter grains had more total phenolic compound but less total ash content ($p \leq 0.01$). These results could be useful in the selection and breeding of purple rice. These characteristics can also be used to select the appropriate commercial industries.

Keywords: purple rice grains, anthocyanin, free radical scavenging activity, phenolic compound

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อจำแนกลักษณะและประเมินความสัมพันธ์ของลักษณะทางสัณฐานวิทยา องค์ประกอบทางเคมี และสารต้านออกซิเดชันของข้าวก่ำพื้นบ้านจังหวัดน่าน โดยสำรวจและรวบรวมพันธุ์จาก 6 อำเภอ (อำเภอบ่อเกลือ อำเภอเวียงสา อำเภอภูเพียง อำเภอแม่จริม อำเภอทุ่งช้าง และอำเภอปัว) จำนวน 15 ตัวอย่าง วิเคราะห์ความสัมพันธ์ด้วย Pearson correlation coefficients พบว่า สีเปลือกข้าวก่ำมีความแตกต่างกัน มีการกระจายตัวของลักษณะความยาวเมล็ดทั้งเปลือก ความยาวเมล็ดข้าวสาร ความกว้างเมล็ดทั้งเปลือก และความกว้างเมล็ดข้าวสาร อยู่ในช่วง 0.91-1.14, 0.64-0.76, 0.26-0.43 และ 0.21-0.35 เซนติเมตร ตามลำดับ มีอัตราส่วนความยาวต่อความกว้าง อยู่ในช่วง 1.90-3.40 รูปร่างเมล็ดมีทั้งลักษณะเรียว ปานกลาง และป้อม นอกจากนี้มีปริมาณโปรตีน เถ้า ไขมัน เส้นใยหยาบ คาร์โบไฮเดรต และแอไมโลส ร้อยละ 8.02-10.69, 0.90-1.56, 2.59-3.90, 0.87-1.76, 70.88-76.04 และ 2.35-11.32 โดยน้ำหนักแห้ง ตามลำดับ มีปริมาณกรดฟีนอลิก 1,669-6,372 ไมโครกรัมของกรดแกลลิกต่อกรัมแป้ง, ปริมาณแอนโธไซยานินทั้งหมด 218-840 ไมโครกรัมต่อกรัมแป้ง และประสิทธิภาพการต้านอนุมูลอิสระ 48.3-74.1 กรัมแป้ง/กรัม DPPH โดยข้าวก่ำจากอำเภอบ่อเกลือมีปริมาณกรดฟีนอลิกปริมาณแอนโธไซยานินทั้งหมด และประสิทธิภาพการต้านอนุมูลอิสระมากที่สุด เมื่อประเมินความสัมพันธ์ข้าวก่ำที่มีลักษณะความกว้างเมล็ดทั้งเปลือกและความกว้างเมล็ดสูงมีแนวโน้มพบปริมาณแอไมโลสต่ำ ($p \leq 0.05$) แต่มีปริมาณกรดฟีนอลิกและ

[1] สาขาอุตสาหกรรมเกษตร คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา น่าน 55000

[1] Department of Agro-industry, Faculty of Science and Agricultural Technology, Rajamangala University of Technology Lanna, Nan 55000

[2] สาขาพืชศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา น่าน

[2] Department of Plan Science, Faculty of Science and Agricultural Technology, Rajamangala University of Technology Lanna, Nan 55000

ประสิทธิภาพการต้านอนุมูลอิสระสูง ($p \leq 0.01$) นอกจากนี้ข้าวก่ำที่มีลักษณะเมล็ดสั้นป้อมมีแนวโน้มพบปริมาณกรดฟีนอลิกสูง แต่มีปริมาณเถ้าต่ำ ($p \leq 0.01$) ดังนั้นข้อมูลที่ได้จากการศึกษานี้สามารถใช้เป็นประโยชน์ในการคัดเลือกและปรับปรุงพันธุ์ข้าวก่ำ รวมทั้งสามารถใช้เป็นข้อมูลเพื่อเชิงพาณิชย์ได้ต่อไป

คำสำคัญ: ข้าวก่ำ แอนโธไซยานิน ประสิทธิภาพการต้านอนุมูลอิสระ สารประกอบฟีนอลิก

คำนำ

ข้าวก่ำ (purple rice) หรือ ข้าวเหนียวดำ (black sticky rice) เป็นข้าวที่มีสารอาหารที่มีประโยชน์และมีรงควัตถุที่สำคัญ จึงจัดว่าเป็นทรัพยากรทางพันธุกรรมของข้าวที่สำคัญ ข้าวก่ำมีทั้งข้าวเหนียว และข้าวเจ้า เมล็ดเป็นสีออกแดงม่วงหรือแดงก่ำ จนเรียก 'ข้าวก่ำ' เป็นชื่อเรียกตามภาษาถิ่นของภาคเหนือและภาคตะวันออกเฉียงเหนือ โดยจังหวัดน่านพบการเพาะปลูกข้าวก่ำทุกอำเภอมีกาปลูกแบบไร่และแบบที่ราบ (อร่าม และ มงคล, 2549) ข้าวไร่ในจังหวัดน่าน มีความหลากหลายทางชีวภาพมาก เมื่อเปรียบเทียบลักษณะทางสัณฐานวิทยา พบว่า มีความแตกต่างทางลักษณะ ด้านสีเปลือก ความยาวเมล็ดทั้งเปลือก ความกว้างเมล็ดทั้งเปลือก ความยาวเมล็ดข้าว และ ความกว้างเมล็ดข้าว บางพันธุกรรมมีลักษณะทางสัณฐานวิทยาที่ใกล้เคียงกันมาก แต่มีสภาพการเพาะปลูกแตกต่างกัน ซึ่งอาจจะเป็นเพราะมีการใช้เมล็ดพันธุ์ที่ไม่บริสุทธิ์ของสายพันธุ์มาเพาะปลูก นอกจากนี้เกษตรกรแต่ละพื้นที่มีการนำสายพันธุ์ข้าวก่ำจากแหล่งอื่นมาเพาะปลูก ทำให้เกิดการข้ามพันธุกรรมได้พันธุ์ที่ไม่แท้จริงมาเป็นเมล็ดพันธุ์เพื่อปลูกใหม่ในปีต่อๆ ไป (กาญจนา และคณะ, 2551) ซึ่งปัญหาที่ตามมา คือ สายพันธุ์ที่ถูกต้องตามพันธุ์เดิมก็อาจจะถูกกลืนหายและสูญพันธุ์ไปในที่สุด ดังนั้นคณะผู้วิจัยจึงได้ศึกษารวบรวมลักษณะทางสัณฐานวิทยา องค์ประกอบทางเคมี และสารต้านออกซิเดชันของข้าวก่ำในจังหวัดน่านเพื่อสามารถใช้เป็นข้อมูลที่เป็นประโยชน์ในการคัดเลือกและปรับปรุงพันธุ์ข้าวก่ำ รวมทั้งสามารถใช้เป็นข้อมูลเพื่อเชิงพาณิชย์ได้ต่อไป

อุปกรณ์และวิธีการ

1 สำรวจและรวบรวมพันธุ์ข้าวก่ำพื้นบ้าน

สำรวจและรวบรวมพันธุ์ข้าวก่ำพื้นบ้านจากพื้นที่ที่มีการปลูกข้าวก่ำในจังหวัดน่าน จำนวน 15 แหล่ง

2 วัดสีของเปลือกและเมล็ดข้าว

เลือกข้าวเปลือกและข้างกล้องที่มีความสมบูรณ์ของแต่ละตัวอย่าง จำนวน 10 เมล็ด เพื่อวัดสีของเปลือกและเมล็ดข้าวก่ำแต่ละพันธุ์ด้วยสายตา

3 ศึกษาลักษณะขนาดเมล็ดและรูปร่างเมล็ดของพันธุ์ข้าวก่ำ

เลือกข้าวเปลือกและข้างกล้องที่มีความสมบูรณ์ของแต่ละตัวอย่าง จำนวน 100 เมล็ด เพื่อวัดความยาวและความกว้างของเมล็ดทั้งเปลือกและข้าวกล้อง รูปร่างเมล็ดข้าว ตามวิธีของ Adair *et al*. (1966) และอัตราส่วนความยาวต่อความกว้าง (รูปร่างเมล็ด) โดยประเมินรูปร่างเมล็ดจากอัตราส่วนความยาวต่อความกว้าง จำแนกเป็น 3 แบบ ดังนี้ เมล็ดเรียว (มากกว่า 3.0), เมล็ดเรียวปานกลาง (2.0-3.0) และ เมล็ดป้อม (น้อยกว่า 2.0)

4 วิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีและฤทธิ์ต้านออกซิเดชันของข้าวก่ำ

วิเคราะห์ปริมาณโปรตีน (N X 5.95) เถ้า ไขมัน เส้นใยหยาบ และคาร์โบไฮเดรต ตามวิธี AOAC (2000) วิเคราะห์ปริมาณแอไมโลส ตามวิธี Juliano *et al*. (1964) วิเคราะห์ปริมาณแอนโธไซยานินทั้งหมดตามวิธีของ Giusti and Wrolstad (2005) วิเคราะห์ปริมาณฟีนอลิกทั้งหมด ตามวิธีของ Goffman and Berman (2004) และวิเคราะห์ประสิทธิภาพการต้านอนุมูลอิสระ (EC_{50}) ตามวิธีของ Brand-Williams *et al*. (1995)

5 สร้างความสัมพันธ์ของตัวแปร

ประเมินความสัมพันธ์ระหว่างลักษณะทางสัณฐานวิทยา ต่อ องค์ประกอบทางเคมี และฤทธิ์ต้านออกซิเดชันของข้าวก่ำ ด้วยวิธี Pearson correlation coefficients

ผล

จากการศึกษาลักษณะสีเปลือก และลักษณะทางสัณฐานวิทยาของข้าวก่ำ พบว่า ข้าวก่ำจาก 15 แหล่งมีลักษณะสีของเปลือกและสีของเมล็ดแตกต่างกัน ดัง Figure 1 และ Table 1 ซึ่งทำให้ทราบว่าการสร้างสารสีในเมล็ดข้าวเกิดขึ้นทั้งบริเวณที่เป็นเปลือก และเมล็ดข้าว โดยเมล็ดข้าวก่ำมีการกระจายตัวของลักษณะความยาวเมล็ดทั้งเปลือก ความยาวเมล็ดข้าวสาร ความกว้างเมล็ดทั้งเปลือก และความกว้างเมล็ดข้าวสาร อยู่ในช่วง 0.91-1.14, 0.64-0.76, 0.26-0.43 และ 0.21-0.35

เซนติเมตร ตามลำดับ มีอัตราส่วนความยาวต่อความกว้างอยู่ในช่วง 1.90-3.40 รูปร่างเมล็ดมีทั้งลักษณะเรียว ปานกลาง และป้อม

Figure 1 Shape and color of purple rice grains and milled rice

Table 1 Peel color and morphological properties of purple rice grains and milled rice

samples	peel color	paddy length (cm)	paddy width (cm)	milled rice length (cm)	milled rice width (cm)	the length/width ratio (shape grains)
1. Pua district 1	purple	1.01±0.02	0.28±0.03	0.72±0.04	0.21±0.01	3.4 (slender)
2. Pua district 2	purple	1.04±0.05	0.26±0.04	0.74±0.07	0.22±0.01	3.4 (slender)
3. Wiang Sa district 1	purple	0.99±0.04	0.41±0.06	0.69±0.05	0.33±0.01	2.1 (medium)
4. Wiang Sa district 2	red - white	0.96±0.06	0.42±0.05	0.67±0.05	0.33±0.02	2.0 (medium)
5. Wiang Sa district 3	purple	0.91±0.07	0.34±0.05	0.64±0.03	0.33±0.02	1.9 (bold)
6. Bo Kluea district 1	red	0.96±0.09	0.40±0.04	0.68±0.01	0.32±0.01	2.1 (medium)
7. Bo Kluea district 2	red - white	1.05±0.12	0.38±0.03	0.75±0.02	0.30±0.01	2.5 (medium)
8. Bo Kluea district 3	purple	1.02±0.09	0.37±0.04	0.74±0.02	0.35±0.03	2.1 (medium)
9. Bo Kluea district 4	red	1.08±0.04	0.37±0.01	0.76±0.06	0.33±0.02	2.3 (medium)
10. Bo Kluea district 5	white	1.09±0.08	0.36±0.04	0.79±0.04	0.33±0.02	2.4 (medium)
11. Bo Kluea district 6	purple - white	0.93±0.07	0.41±0.02	0.64±0.04	0.32±0.01	2.0 (medium)
12. Mae Charim district 1	red - white	1.14±0.11	0.43±0.02	0.82±0.02	0.35±0.01	2.3 (medium)
13. Mae Charim district 2	purple	1.05±0.12	0.38±0.03	0.75±0.03	0.30±0.01	2.5 (medium)
14. Mae Charim district 3	purple - red	1.03±0.09	0.39±0.04	0.75±0.03	0.30±0.02	2.5 (medium)
15. Thung Chang district	white	1.00±0.09	0.37±0.06	0.70±0.02	0.29±0.01	2.4 (medium)

Different letters within the same column indicate significant differences at $p \leq 0.05$ based on DMRT.

Table 2 Total phenolic compound, total anthocyanin and free radical scavenging activity of purple milled rice

samples	total phenolic compound (µg gallic acid/g flour)	total anthocyanin (µg/g flour)	EC_{50} (g flour/g DPPH)
1. Pua district 1	$2,601^{e}$ ± 35	592^{d} ± 13	60.4^{cd} ±3.1
2. Pua district 2	$3,398^{c}$ ± 66	408^{g} ± 22	50.6^{f} ±5.3
3. Wiang Sa district 1	$3,187^{d}$ ± 72	425^{fg} ± 33	62.5^{c} ±5.4
4. Wiang Sa district 2	$4,142^{b}$ ± 84	497^{e} ± 11	67.6^{bc} ±3.2
5. Wiang Sa district 3	$3,237^{cd}$± 45	381^{h} ± 21	56.6^{d} ±6.3
6. Bo Kluea district 1	$6,372^{a}$ ± 66	408^{g} ± 12	50.7^{f} ±9.6
7. Bo Kluea district 2	$2,192^{f}$ ± 33	222^{i} ± 12	71.6^{ab} ±5.8
8. Bo Kluea district 3	$1,891^{g}$ ± 45	695^{b} ± 32	58.3^{d} ±4.4
9. Bo Kluea district 4	2,061f^{g}± 55	836^{a} ±14	55.3^{de} ±5.6
10. Bo Kluea district 5	$2,225^{f}$ ± 56	448^{ef} ± 15	74.1^{a} ±4.4
11. Bo Kluea district 6	$2,463^{ef}$ ± 68	218^{i} ±11	53.2^{e} ±4.4
12. Mae Charim district 1	$1,669^{h}$ ± 64	360^{h} ± 15	76.8^{a} ±3.1
13. Mae Charim district 2	$2,682^{e}$ ± 75	630^{c} ± 31	63.6^{c} ±5.2
14. Mae Charim district 3	$3,479^{c}$ ± 87	436^{f} ± 15	48.3^{g} ±4.1
15. Thung Chang district	$2,495^{ef}$ ± 76	840^{a} ± 13	69.4^{b} ±3.5

Different letters within the same column indicate significant differences at $p \leq 0.05$ based on DMRT.

ส่วนปริมาณความชื้นทั้งหมด โปรตีน เถ้า ไขมัน เยื่อใย และคาร์โบไฮเดรตของข้าวก่ำจังหวัดน่าน อยู่ช่วงร้อยละ 10.10-15.76, 8.02-10.69, 0.90-1.56, 2.59-3.90, 0.87-1.76 และ70.88-76.04 โดยน้ำหนักแห้ง นอกจากนี้ยัง มีปริมาณแอไมโลสใน ข้าวก่ำประมาณร้อยละ 2.35-11.32 โดยน้ำหนักแห้ง ดังนั้นตัวอย่างข้าวก่ำที่นำมาวิเคราะห์ทั้งหมดเป็นข้าวก่ำเหนียว จาก Table 2 ปริมาณฟีนอลิกทั้งหมดอยู่ในช่วง 1,669-6,372 ไมโครกรัมของกรดแกลลิกต่อกรัมแป้ง ปริมาณแอนโทไซยานินทั้งหมด อยู่ในช่วง 218-840 ไมโครกรัมต่อกรัมแป้ง และ EC_{50} 48.3-74.1 กรัมแป้ง/กรัม DPPH ตามลำดับ จาก Figure 2 ประเมินความสัมพันธ์ระหว่างลักษณะทางสัณฐานวิทยาต่อ องค์ประกอบทางเคมี และฤทธิ์ต้านออกซิเดชันของข้าวก่ำ พบว่า เมล็ดข้าวที่มีลักษณะเมล็ดกว้างมีแนวโน้มว่ามีปริมาณแอไมโลสต่ำ($p \leq 0.05$) และข้าวก่ำที่มีเมล็ดสั้นมีแนวโน้มพบปริมาณกรดฟีนอลิกทั้งหมดสูงกว่า ข้าวเมล็ดยาว ส่วนข้าวก่ำที่มีปริมาณโปรตีนสูงพบว่ามีแนวโน้มปริมาณสารประกอบฟีนอลิกและ EC_{50} สูง แต่กลับพบว่ามีปริมาณคาร์โบไฮเดรตและสารแอนโธไซยานินต่ำ($p \leq 0.05$) และปริมาณเถ้าทั้งหมดสูงมีความสัมพันธ์ต่อปริมาณกรดฟีนอลิกทั้งหมดต่ำ ($p \leq 0.01$) นอกจากนี้พบว่า ข้าวก่ำที่มีปริมาณไขมันสูงจะพบว่ามีแนวโน้มปริมาณแอนโธไซยานินทั้งหมดต่ำ ส่วนข้าวก่ำที่มีปริมาณฟีนอลิกสูงพบว่ามีประสิทธิภาพการต้านอนุมูลอิสระสูง

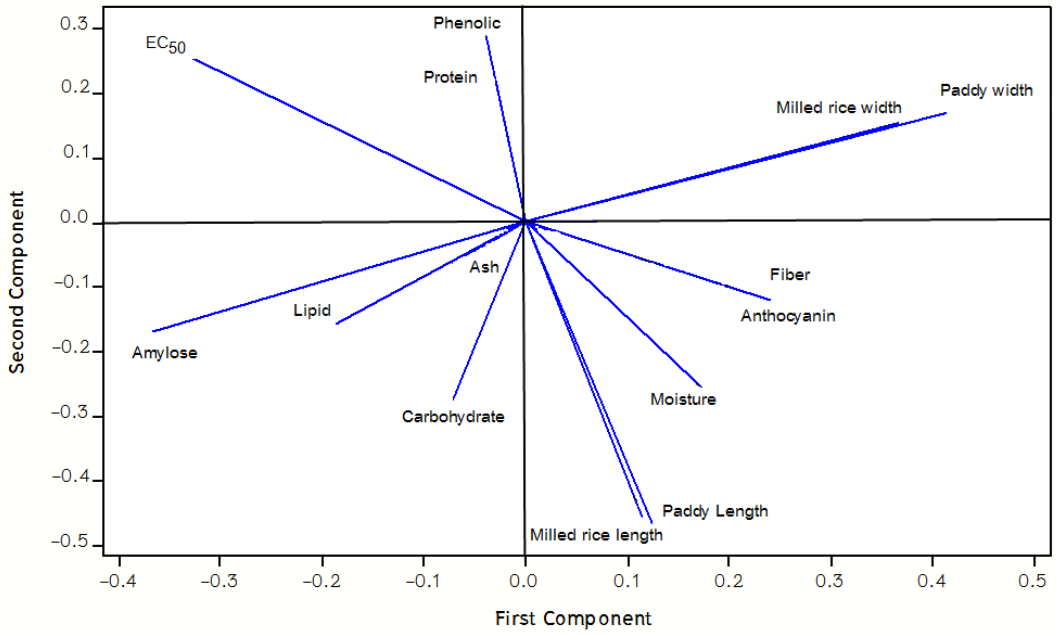

Figure 2 Relationships between morphological characters, chemical composition and antioxidative properties in purple milled rice

วิจารณ์ผล

ข้าวก่ำในจังหวัดน่าน มีความหลากหลายทางชีวภาพมาก เมื่อเปรียบเทียบลักษณะทางสัณฐานวิทยา พบว่า มีความแตกต่างทางลักษณะ ด้านสีเปลือก ความยาวเมล็ดทั้งเปลือก ความกว้างเมล็ดทั้งเปลือก ความยาวเมล็ดข้าว และ ความกว้างเมล็ดข้าว บางพันธุกรรมมีลักษณะทางสัณฐานวิทยาที่ใกล้เคียงกันมาก แต่มีสภาพการเพาะปลูกแตกต่างกัน ซึ่งอาจจะเป็นเพราะมีการใช้เมล็ดพันธุ์ที่ไม่บริสุทธิ์ของสายพันธุ์มาเพาะปลูก นอกจากนี้เกษตรแต่ละพื้นที่มีการนำสายพันธุ์ข้าวก่ำจากแหล่งอื่นมาเพาะปลูก ทำให้เกิดการข้ามพันธุกรรมได้สายพันธุ์ที่ไม่แท้จริงมาเป็นเมล็ดพันธุ์เพื่อปลูกใหม่ในปีต่อๆ ไป (กาญจนา และคณะ, 2551) โดยลักษณะทางสัณฐานวิทยา องค์ประกอบทางเคมี และฤทธิ์ต้านออกซิเดชันของข้าวก่ำ มีความสัมพันธ์กัน ข้าวที่มีลักษณะเมล็ดกว้างมีปริมาณแอไมโลสต่ำ และข้าวก่ำที่มีเมล็ดสั้นมีแนวโน้มพบปริมาณกรดฟีนอลิกทั้งหมดสูงกว่าข้าวเมล็ดยาว (Chotimarkorn *et al*., 2008) ส่วนข้าวก่ำที่มีปริมาณฟีนอลทั้งหมดสูงมีประสิทธิภาพการต้านอนุมูลอิสระสูง (Jeng *et al*., 2012)

สรุป

ข้าวก่ำจังหวัดน่านส่วนใหญ่มีรูปร่างเมล็ดเรียวปานกลาง มีปริมาณแอไมโลสต่ำจัดว่าเป็นข้าวเหนียวก่ำ โดยที่ข้าวก่ำที่มีลักษณะเมล็ดกว้างและเมล็ดสั้นป้อมมีแนวโน้มพบปริมาณกรดฟีนอลิกทั้งหมดและประสิทธิภาพการต้านอนุมูลอิสระสูง ส่วน ข้าวก่ำที่มีปริมาณไขมันสูงจะพบว่ามีแนวโน้มปริมาณแอนโธไซยานินทั้งหมดต่ำ ข้าวก่ำที่มีปริมาณโปรตีนสูงพบว่ามี

แนวโน้มปริมาณสารประกอบฟีนอลิกและ EC_{50} สูง แต่กลับพบว่ามีปริมาณคาร์โบไฮเดรตและสารแอนโธไซยานินต่ำ ในการศึกษาข้าวก่ำจังหวัดน่านครั้งนี้ พบว่าองค์ประกอบทางเคมีและฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระของข้าวก่ำจังหวัดน่านนั้นมีข้อมูลที่กระจายไม่สามารถจำแนกกลุ่มได้ จึงควรศึกษาลักษณะตัวแปรอื่น ๆ ที่มีอิทธิพลต่อปริมาณองค์ประกอบทางเคมีและฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระร่วมด้วย เช่น ศึกษาชีววิทยาระดับโมเลกุลของทุกตัวอย่างที่คาดว่าเป็นพันธุ์ปลูกเดียวกันข้างต้น เพื่อยืนยันและประกอบการตั้งชื่ออวิทยาศาสตร์ระดับพันธุ์ปลูก สภาพพื้นที่ปลูก และการเขตกรรม (ใส่ปุ๋ย) เป็นต้น ซึ่งอาจเป็นประโยชน์ในการศึกษาความสัมพันธ์ที่มีอิทธิพลต่อปริมาณองค์ประกอบทางเคมีและฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระในข้าวก่ำได้ต่อไป

คำขอบคุณ

ขอขอบคุณทุนอุดหนุนการวิจัยของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา น่าน

เอกสารอ้างอิง

กาญจนา รุจิพจน์, สุภาพร รัตนาพันธุ์ และ มงคล พุทธวงศ์. 2551. ศึกษาการเจริญเติบโต และผลผลิตของข้าวไร่ในสภาพเกษตรบนพื้นที่สูงจังหวัดน่าน. *รายงานวิจัย มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนาน่าน,* น่าน. 107 น.

อร่าม คุ้มกลาง และ มงคล พุทธวงศ์. 2549. การอนุรักษ์ข้าวพื้นบ้านในแปลงปลูกเกษตรกร. รายงานวิจัย สถาบันเทคโนโลยีราชมงคล วิทยาเขตน่าน. น่าน, 211 น.

Adair, C.R., H.M. Beachell, N.E. Jodon, T.H. Johnston, J.R. Thysell, V.E. Green, B.D. Webb and J.G. Atkins. 1996. Rice breeding and testing methods in the U.S. In: Rice in the U.S.: varieties and production. *USDA Agricultural Research Services Handbook*. 289 U.S. Dept. of Agriculture. p 19-64.

AOAC. 2000. Official methods of analysis of the Association of Official Analytical Chemists. St. Paul, MN: The Association

Brand-Williams, W., M. E. Cuvelier and C. Berset. 1995. Use of a free radical method to evaluate antioxidant activity. *LWT*. 28: 25–30.

Chotimarkorn, C., S. Benjakul and N. Silalai. 2008. Antioxidant compounds and properties of five long-grain rice bran from commercial available cultivars in Thailand. *Food Chemistry* 111: 636-641.

Giusti, M.M. and R.E. Wrolstad. 2005. Characterization and measurement of anthocyanins by UV-Visible spectroscopy. pp. 19-31. *In:* R.E. Wrolstad, T.E. Acree, E.A. Decker, M.H. Penner, D.S. Reid, S.J. Schwartz, C.F. Shoemaker, D. Smith and P. Sporns, (eds.). Handbook of Food Analytical Chemistry. Wiley-Interscience, Hoboken, New Jersey.

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.

Jeng T.L., C.C. Lai, P.T. Ho, Y.J. Shih and J.M. Sung. 2012. Agronomic, molecular and antioxidative characterization of red- and purple pericarp rice (*Oryza sativa* L.) mutants in Taiwan. *Journal of Cereal Science* 56: 425-431.

Juliano, B. O., E. L. Albano and G. B. Cagampang. 1964. Variability in protein content, amylose content and alkali digestibility of rice varieties in Asia. *Philippine Agriculturist* 48: 234–456.