



รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์
โครงการ ความหลากหลายของคุณภาพทางด้านโภชนาการ
ในข้าวสีพันธุ์พื้นเมืองของไทย

โดย

อ.ดร.ชนากานต์ เทโบลต์ พรมอูทัย

สาขาวิชาพืชไร่ ภาควิชาพืชศาสตร์และทรัพยากรธรรมชาติ คณะเกษตรศาสตร์
มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

15 กรกฎาคม 2558

รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์
โครงการ ความหลากหลายของคุณภาพทางด้านโภชนาการ
ในข้าวสีพันธุ์พื้นเมืองของไทย

ผู้วิจัย

อ.ดร.ชนากานต์ เทโบลต์ พรหมอุทัย

สาขาวิชาพืชไร่ ภาควิชาพืชศาสตร์และทรัพยากรธรรมชาติ คณะเกษตรศาสตร์
มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

สนับสนุนโดยสำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย
และมหาวิทยาลัยเชียงใหม่
(ความเห็นในรายงานนี้เป็นของผู้วิจัย สกว. และ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
ไม่จำเป็นต้องเห็นด้วยเสมอไป)

สารบัญ

	หน้า
กิตติกรรมประกาศ	1
บทคัดย่อ	2
Abstract	4
บทนำ	6
วิธีการทดลอง	8
ผลการทดลอง	19
บทวิจารณ์	85
เอกสารอ้างอิง	90
ผลสำเร็จของโครงการ	96
ภาคผนวก	98

คุณค่าทางโภชนาการของข้าวเจดสี

Nutritional Values of Local Thai Colored Rice

ชนากานต์ เทโบลต์ พรหมอุทัย¹⁾ ศันสนีย์ จำจด¹⁾ เบญจวรรณ ฤกษ์เกษม¹⁾

Chanakan T Prom-u-thai¹⁾ Sansanee Jamjod¹⁾ Benjavan Rerkasem¹⁾

ABSTRACT

Colored rice or pigmented rice refers to the color of rice kernel such as black, purple and red which is form by deposits of anthocyanin in different layers of the pericarp, seedcoat and aluerone layers. This experiment was to evaluate nutritional values (anthocyanin, iron and zinc) of rice grain among local colored rice varieties. Variation among varieties for anthocyanin, iron and zinc concentrations were found in brown rice, white rice and bran. Significant amount of anthocyanin concentration was found in black color rice, whereas very low concentration was found in red and brown color rice. Among all black rice, the highest anthocyanin concentration was found in Niaw Dam 6 collected from Udon Thani (90 mg/100 g in brown rice) and (820 mg/100 g in bran). Positive relationship between anthocyanin content in brown rice and bran was detected, indicating that most of anthocyanin was located in the pericarp layer of rice grain. For iron and zinc, colored rice varieties had higher iron and zinc concentration than KDML105 in brown rice, white rice and bran. In brown rice, the highest iron concentration was found in Leumpua (16.1 mg/kg) and zinc in Niaw Dam 2 and 3 (33.9-34.7 mg/kg). In white rice, the highest iron concentration was found in Paeiklo (6.9 mg/kg) and zinc in Niaw Dam 2 and 3 (30.8-31.5 mg/kg). Inclusion, the variation of anthocyanin, iron and zinc concentration was shown in colored rice varieties. This variation may cause by genotype, environmental conditions and interaction among them which require further study.

Keywords: rice, *Oryza sativa*, colored rice, local rice, nutritional product, nutritional value, agriculture science, northern Thailand, Chiang Mai

1) สาขาวิชาพืชไร่ ภาควิชาพืชศาสตร์และทรัพยากรธรรมชาติ คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ โทรศัพท์ (053) 944654 ต่อ 14

Agronomy Division, Department of Plant Science and Natural Resources, Chiang Mai University, Telephone (053) 944654 extension 14

บทคัดย่อ

ข้าวเหนียวคือข้าวที่มีเยื่อหุ้มเมล็ดประกอบไปด้วยสีต่างๆ เช่นสีดำ ม่วงและแดง ซึ่งเกิดจากสารประกอบแอนโทไซยานินในชั้นต่างๆ ของเนื้อเยื่อหุ้มเมล็ด การทดลองนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อวิเคราะห์ปริมาณสารอาหารในข้าวเหนียวที่มีคุณค่าในทางโภชนาการต่อผู้บริโภค (แอนโทไซยานิน ธาตุเหล็กและสังกะสี) พบว่าข้าวเหนียวมีความแปรปรวนของปริมาณสารแอนโทไซยานิน ธาตุเหล็กและสังกะสีในข้าวแต่ละพันธุ์ทั้งในข้าวกล้อง ข้าวสารและรำข้าว สำหรับสารแอนโทไซยานินพบว่าพันธุ์ข้าวที่มีเมล็ดดำจะมีสารแอนโทไซยานินมากกว่าเมล็ดแดงและน้ำตาล และพบว่าข้าวเหนียวดำ 6 ที่เก็บมาจากจังหวัดอุดรธานีมีปริมาณแอนโทไซยานินสูงที่สุดทั้งในข้าวกล้อง (90 มิลลิกรัม/100 กรัม) และรำข้าว (820 มิลลิกรัม/100 กรัม) นอกจากนี้ยังพบความสัมพันธ์ของสารแอนโทไซยานินในข้าวกล้องและรำข้าว ซึ่งแสดงว่าสารแอนโทไซยานินในเมล็ดข้าวจะอยู่ในส่วนของเนื้อเยื่อหุ้มเมล็ดที่มีสีเป็นส่วนมาก ธาตุเหล็กและสังกะสีก็มีความแปรปรวนในข้าวเหนียวแต่ละพันธุ์ พันธุ์ข้าวที่มีปริมาณธาตุเหล็กสูงที่สุดในข้าวกล้องคือพันธุ์ลิ้มผั่ว (16.1 มิลลิกรัม/กิโลกรัม) และธาตุสังกะสีพบในพันธุ์เหนียวดำ 2 และ 3 (33.9-34.7 มิลลิกรัม/กิโลกรัม) ตามลำดับ ในข้าวสารพบธาตุเหล็กสูงที่สุดในพันธุ์ปะอ้ายโกล (6.9 มิลลิกรัม/กิโลกรัม) และธาตุสังกะสีในพันธุ์เหนียวดำ 2 และ 3 (30.8-31.5 มิลลิกรัม/กิโลกรัม) จากการทดลองนี้แสดงให้เห็นว่ามีความแปรปรวนของสารแอนโทไซยานิน ธาตุเหล็กและสังกะสีในข้าวเหนียวแต่ละพันธุ์ ซึ่งความแปรปรวนนี้อาจจะขึ้นอยู่กับลักษณะทางพันธุกรรม สภาพแวดล้อม และปฏิสัมพันธ์ของพันธุกรรมและสภาพแวดล้อมที่จะต้องมีการศึกษาและวิจัยถึงรายละเอียดต่อไป

คำสำคัญ: ข้าว ข้าวสี ข้าวพื้นเมือง ผลิตภัณฑ์เพื่อสุขภาพ คุณค่าทางโภชนาการ วิทยาศาสตร์การเกษตร ภาคเหนือ เชียงใหม่

คำนำ

ข้าวเหนียวคือข้าวที่มีเยื่อหุ้มเมล็ดประกอบไปด้วยสีต่างๆ เช่นสีดำ ม่วงและแดง เป็นต้น ซึ่งปลูกกันมาตั้งแต่ในอดีตเป็นเวลานาน โดยเฉพาะอย่างยิ่งในแถบเอเชีย (Ahuja *et al.*, 2007) แต่พบว่าข้าวเหนียวไม่นิยมบริโภคมากนักในกลุ่มผู้บริโภคข้าวโดยทั่วไปเปรียบเทียบกับข้าวขาวที่นิยมบริโภคกันมากกว่า เนื่องจากส่วนใหญ่แล้วข้าวเหนียวจะเป็นข้าวเหนียวและมีเนื้อสัมผัสค่อนข้างแข็ง โดยเฉพาะในข้าวกล้องที่ยังมีส่วนของเยื่อหุ้มเมล็ดอยู่ โดยทั่วไปแล้วการบริโภคข้าวเหนียวจะอยู่ในรูปของของหวาน และการนำเอามาบูชาสิ่งศักดิ์สิทธิ์ในพิธีกรรมของชนเผ่าต่างๆ ที่อยู่บนที่สูงทางตอนเหนือของประเทศไทย (Yimyan, 2006) ในอดีตข้าวเหนียวได้นำมาใช้เป็นยารักษาโรคต่างๆ โดยนำมาต้มเพื่อใช้น้ำในการดื่มรักษาโรคต่างๆ เช่น ปวดเข่า ปวดข้อ เป็นไข้ ความดัน เบาหวาน และมะเร็ง เป็นต้น จะเห็นได้ว่าการใช้ประโยชน์จากข้าวเหนียวมีมาตั้งแต่ในอดีตแต่ยังไม่มีมีการวิเคราะห์หรือจำแนกสารประกอบที่อยู่ในเยื่อหุ้มเมล็ดออกมาว่าเป็นสารชนิดใด

ในปัจจุบันที่วิทยาการในการวิเคราะห์สารประกอบต่างๆ มีความก้าวหน้า จึงมีการศึกษาวิจัยและพบว่าสารประกอบสำคัญในเนื้อเยื่อหุ้มเมล็ดของข้าวเจดสีเป็นสารในกลุ่มฟลาโวนอยด์ (Flavonoid) ที่สามารถพบได้ในส่วนต่างๆ ของพืช อย่างเช่นผลไม้ ผัก ดอกไม้ ใบไม้ ราก และส่วนสะสมอาหารต่างๆ ของพืช เช่นเมล็ด ซึ่งมักจะเห็นเป็นสีส้ม แดง ม่วง และฟ้า (Escribano-Bailon *et al.*, 2004) ในข้าวเจดสีพบว่าสารชนิดนี้ส่วนมากจะเป็นสารแอนโทไซยานินที่อยู่ในรูปของแอคซิลิเลท โปรไซยานิดิน (Acetylate Procyanidins) ที่พบว่ามีฤทธิ์ในการต้านอนุมูลอิสระที่เป็นสาเหตุของการเกิดโรคมะเร็ง และการเกิดริ้วรอยเหี่ยวย่นของผิวหนัง (Oki *et al.*, 2002) ซึ่งโดยในธรรมชาติแล้วแอนโทไซยานินมีทั้งหมด 6 ชนิดด้วยกันคือ เดลฟินิดิน (Delphinidine) ไซยานิดิน (Cyanidin) พีลาгонินดิน (Pelargonidin) พีทูนิดิน (Petunidin) พีโอนิดิน (Peonidin) และมาลวิดิดิน (Malvidin) (Escribano-Bailon *et al.*, 2004) แต่พบว่าในข้าวที่มีเจดสีดำและแดงจะประกอบไปด้วยสารแอนโทไซยานิน 2 ชนิดหลักคือ ไซยานิดิน 3 กลูโคไซด์ (Cyanidin-3-glucoside, C3G) ในปริมาณร้อยละ 93 และที่เหลือจะอยู่ในรูปพีโอนิดิน 3 กลูโคไซด์ (Peonidine-3-glucoside, P3G) (Abdel-Aal *et al.*, 2006; Ryu *et al.*, 1998; Sompong *et al.*, 2011)

นอกจากสารประกอบในกลุ่มฟลาโวนอยด์ในข้าวเจดสีที่มีประโยชน์แล้ว ยังพบว่าเมล็ดข้าวที่มีเยื่อหุ้มเมล็ดสีดำยังมีปริมาณสารอาหารอื่นๆ ที่มีประโยชน์สูงกว่าข้าวทั่วไป เช่น ธาตุเหล็กและสังกะสี (Prom-u-thai and Rerkasem, 2001; Saenchai *et al.*, 2012) ซึ่งพบว่าเป็นสารอาหารที่เป็นประโยชน์ต่อการโภชนาการเป็นอย่างมาก โดยเฉพาะอย่างยิ่งในวัยเด็กที่มีผลต่อการพัฒนาของสมองและร่างกาย (Hotz and Brown, 2004; Rosado, 2003) มีรายงานว่าประชากรจำนวนมากในโลกที่ขาดธาตุอาหารดังกล่าว โดยเฉพาะอย่างยิ่งประชากรที่บริโภคข้าวเป็นอาหารหลัก เนื่องจากข้าวที่บริโภคส่วนมากมีธาตุอาหารดังกล่าวในปริมาณน้อยมากเมื่อเทียบกับธัญพืชชนิดอื่นๆ รวมทั้งขาดโอกาสในการบริโภคอาหารที่เป็นแหล่งของธาตุเหล็กและสังกะสีอย่างเช่นเนื้อสัตว์และนม เป็นต้น (Juliano, 1993) ดังนั้นการศึกษาวิจัยเพื่อจำแนกพันธุ์ข้าวเจดสีที่มีคุณค่าในทางโภชนาการสูงอย่างสารแอนโทไซยานิน ธาตุเหล็กและสังกะสี จึงน่าจะเป็นแนวทางในการใช้ประโยชน์จากข้าวเจดสีในการเพิ่มคุณภาพทางโภชนาการของผู้บริโภคข้าวได้เป็นอย่างดี

อุปกรณ์และวิธีการ

การเตรียมตัวอย่างข้าวเจดสี

เก็บตัวอย่างข้าวเจดสีพันธุ์พื้นเมืองทั้งหมด 15 พันธุ์มาจากจังหวัดต่างๆ (ตารางที่ 1) นำพันธุ์ข้าวทั้งหมดมาปลูกในสภาพการจัดการเดียวกันที่แปลงสาธิต สาขาวิชาพืชไร่ ภาควิชาพืชศาสตร์และทรัพยากรธรรมชาติ คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ ช่วงเดือนมิถุนายน-ธันวาคม 2554 โดยมีพันธุ์ข้าวดอกมะลิ 105 เป็นพันธุ์เปรียบเทียบ หลังจากการเก็บเกี่ยวข้าวทั้งหมด สุ่มตัวอย่างข้าวเปลือกของข้าวแต่ละพันธุ์จำนวน 200 กรัม กะเทาะเปลือกออกเพื่อเตรียมตัวอย่างข้าวกล้อง แบ่งตัวอย่างข้าวกล้องมาจำนวน 50 กรัม นำมาขัดขาวเป็นเวลา

30 วินาทีเพื่อเตรียมตัวอย่างข้าวสาร และรำข้าวที่ได้จากการขัดข้าวกลั่นเป็นข้าวสาร นำตัวอย่างทั้งหมดมาทำให้แห้งด้วยเครื่องทำแห้งด้วยความเย็น (Freeze dryer) แล้วนำตัวอย่างที่แห้งแล้วไปเก็บในตู้แช่เย็น -20 องศาเซลเซียส

การวิเคราะห์สารแอนโทไซยานิน

นำตัวอย่างที่ทำแห้งด้วยความเย็นมาวิเคราะห์ปริมาณสารแอนโทไซยานินตามวิธีของ pH-differential method (Giusti and Wrolstad, 2001) ซึ่งมีขั้นตอนดังนี้ ชั่งตัวอย่างข้าวกลั่นและรำข้าวจำนวน 2.5 และ 0.5 กรัม ตามลำดับ ใส่ลงในบีกเกอร์ขนาด 25 มิลลิลิตร ตวงน้ำปราศจากไอออน ด้วยกระบอกตวง ปริมาตร 24 มิลลิลิตร คนสารละลายตัวอย่าง ทำการควบคุมอุณหภูมิของสารละลายไว้ที่ 50 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 30 นาที จากนั้นกรองสารละลายที่ได้ด้วยกระดาษกรองเบอร์ 1 ปรับสารละลายที่ได้ให้มีปริมาตร 25 มิลลิลิตร ในขวดวัดปริมาตร นำสารละลายที่ได้มาทำการวิเคราะห์หาปริมาณแอนโทไซยานิน

ปิเปตสารละลายตัวอย่างที่สกัดจากข้าวปริมาณ 2 มิลลิลิตร ลงในขวดวัดปริมาตรขนาด 25 มิลลิลิตร จำนวน 2 ขวด ขวดที่ 1 เจือจางด้วยบัฟเฟอร์โพแทสเซียมคลอไรด์ ความเข้มข้น 0.025 โมลาร์ (พีเอช 1.0) ให้ได้ปริมาตร 25 มิลลิลิตร และขวดที่ 2 เจือจางด้วยบัฟเฟอร์โซเดียมอะซิเตต ความเข้มข้น 0.4 โมลาร์ (พีเอช 4.5) ให้ได้ปริมาตร 25 มิลลิลิตร

นำสารละลายขวดที่ 1 (พีเอช 1.0) และสารละลายขวดที่ 2 (พีเอช 4.5) ด้วยเครื่อง UV-VIS spectrometer มาทำการวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวสูงสุดด้วยเครื่อง UV-VIS spectrometer ที่ความยาวคลื่น 520 นาโนเมตร และ 700 นาโนเมตร ค่าการดูดกลืนแสงของแอนโทไซยานินในสารละลายสามารถคำนวณได้จากสมการ (1)

$$A = (A_{520-blk} - A_{700})_{pH1.0} - (A_{520-blk} - A_{700})_{pH4.5} \quad \dots\dots\dots(1)$$

จากนั้นคำนวณหาปริมาณแอนโทไซยานินจากสมการ (2)

$$\text{ปริมาณแอนโทไซยานิน (มิลลิกรัมต่อลิตร)} = (A \times MW \times DF \times 1000) / \epsilon \quad \dots\dots\dots(2)$$

โดย

A	=	ค่าการดูดกลืนแสงที่ได้จากการคำนวณจากสมการ (1)
MW	=	มวลโมเลกุลของชนิดแอนโทไซยานิน
DF	=	Dilution factor
ϵ	=	Molar absorptivity

การวิเคราะห์ธาตุเหล็กและสังกะสี

ชั่งตัวอย่างข้าวกล้องและข้าวสารจำนวน 1 กรัมและรำข้าวจำนวน 0.3 กรัม นำตัวอย่างมาวิเคราะห์ความเข้มข้นของธาตุเหล็กและสังกะสีด้วยวิธี Dry-ashed ด้วยการเผาที่อุณหภูมิ 500 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 8 ชั่วโมง แล้วสกัดด้วยกรดไฮโดรคลอริก ก่อนที่จะอ่านค่าความเข้มข้นของธาตุเหล็กและสังกะสีด้วยเครื่อง Atomic Absorption Spectrophotometer (AAS) (Zarcinas *et al.*, 1987)

ผลการทดลองและวิจารณ์

จากผลการทดลองพบว่าข้าวทั้ง 15 พันธุ์มีปริมาณสารแอนโทไซยานินแตกต่างกันทั้งในข้าวกล้องและรำข้าว โดยพบปริมาณสารแอนโทไซยานินในช่วง 0-90 มิลลิกรัม/ 100 กรัม และ 0-820 มิลลิกรัม/ 100 กรัม ตามลำดับ ข้าวเหนียวดำ 6 ซึ่งเก็บตัวอย่างมาจากเกษตรกรจังหวัดอุดรธานีมีปริมาณแอนโทไซยานินสูงที่สุดในข้าวกล้อง (90 มิลลิกรัม/ 100 กรัม) และรำข้าว (820 มิลลิกรัม/ 100 กรัม) และพันธุ์ที่มีสารแอนโทไซยานินต่ำที่สุดทั้งในข้าวกล้องและรำข้าวคือข้าวพันธุ์หอมมะลิแดง ปะอ้ายโกล์ บือซูลี และบือซือกวา ซึ่งเป็นพันธุ์มีเนื้อเยื่อหุ้มเมล็ดเป็นสีแดง มีปริมาณสารแอนโทไซยานินน้อยมากเท่ากับข้าวพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 (0-0.7 มิลลิกรัม/ กิโลกรัม) ซึ่งเป็นข้าวที่เนื้อเยื่อหุ้มเมล็ดสีน้ำตาล (รูปที่ 1 และ 2) จะเห็นว่าพันธุ์ข้าวที่มีเมล็ดสีแดงจะมีสารแอนโทไซยานินน้อยกว่าเมล็ดดำ ซึ่งตรงกับรายงานการวิจัยก่อนหน้านี้ของ Jeamyungyuen *et al.* (2012) ปริมาณสารแอนโทไซยานินที่มีมากในรำข้าวเมล็ดสีเปรียบเทียบกับข้าวกล้องและความสัมพันธ์ในทางบวกระหว่างปริมาณแอนโทไซยานินในข้าวกล้องและรำข้าว ($r = 0.97^{**}$, $p < 0.05$) เป็นการยืนยันว่าสารแอนโทไซยานินจะอยู่บริเวณส่วนของเนื้อเยื่อหุ้มเมล็ดข้าวที่มีสีเป็นส่วนใหญ่ โดยเฉพาะสีดำและสีม่วง สารแอนโทไซยานินนี้มีความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระที่เป็นสาเหตุของการเกิดโรคมะเร็ง และโรคภัยแรงอื่นๆ ที่มีสาเหตุมาจากการเกิดอนุมูลอิสระ (Wang and Stoner, 2008) มีรายงานพบว่าข้าวที่มีเมล็ดสีแดงและดำจะประกอบไปด้วยสารแอนโทไซยานินจำนวนมาก ซึ่งประกอบไปด้วย 2 รูปหลักคือ C3G ร้อยละ 93 และที่เหลือจะอยู่ในรูป P3G (Abdel-Aal *et al.*, 2006; Ryu *et al.*, 1998; Sompong *et al.*, 2011) นอกจากสารแอนโทไซยานิน ข้าวเมล็ดสียังประกอบไปด้วยสารอาหารอื่นๆ ที่เป็นประโยชน์ต่อโภชนาการของผู้บริโภคอีกด้วย

การวิเคราะห์ปริมาณธาตุเหล็กพบว่ามีความแปรปรวนในข้าวแต่ละพันธุ์ทั้งในข้าวกล้อง (7.4-16.1 มิลลิกรัม/กิโลกรัม) และข้าวขาว (2.3-6.9 มิลลิกรัม/กิโลกรัม) ซึ่งนิยมบริโภคกันมากในกลุ่มผู้บริโภคข้าวเป็นอาหารหลัก โดยในข้าวทุกพันธุ์พบว่าข้าวกล้องมีปริมาณธาตุเหล็กมากกว่าในข้าวขาว (รูปที่ 3 และ 4) อย่างไรก็ตามพบว่าข้าวเมล็ดสีทุกพันธุ์มีปริมาณธาตุเหล็กมากกว่าข้าวพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 ทั้งในข้าวกล้องและข้าวสาร ยกเว้นพันธุ์หอมมะลิแดงที่มีปริมาณธาตุเหล็กในข้าวกล้องเท่ากับขาวดอกมะลิ 105 ในข้าวกล้องพันธุ์ที่มีธาตุเหล็กค่อนข้างสูงคือพันธุ์ลิ้มผิว (16.1 มิลลิกรัม/กิโลกรัม) และปานกลางคือพันธุ์ เหนียวดำ 2 เหนียวดำ 3 เจ้าดำ 1 เหนียวดำ 4 บือซาโกล์และบือซูลี (12.0-14.2 มิลลิกรัม/กิโลกรัม) พันธุ์ที่เหลือมีปริมาณธาตุเหล็กค่อนข้างต่ำ

สอดคล้องกับผลการวิเคราะห์ปริมาณธาตุเหล็กในข้าวพันธุ์หลักของไทยทั้งหมด 38 พันธุ์ที่พบว่ามีความแปรปรวนอยู่ในช่วง 10-24 มิลลิกรัม/กิโลกรัม (Prom-u-thai *et al.*, 2001) และนอกจากนี้ยังพบว่าธาตุเหล็กจะอยู่บริเวณส่วนเนื้อเยื่อหุ้มเมล็ดที่จะหลุดออกไปหลังจากการขัดสีข้าวกล้องเป็นข้าวขาว ซึ่งจะขึ้นอยู่กับลักษณะและรูปร่างของเมล็ดข้าวแต่ละพันธุ์เป็นสำคัญ (Prom-u-thai *et al.*, 2007a, 2007b) ซึ่งจากการทดลองนี้พบว่าพันธุ์ปะอ้ายโกล้ เป็นพันธุ์ที่มีปริมาณธาตุเหล็กในเมล็ดข้าวขาวสูงที่สุดหลังจากการขัดสี (6.9 มิลลิกรัม/กิโลกรัม)

เช่นเดียวกับผลการวิเคราะห์ธาตุสังกะสีในข้าวเจดสีที่พบว่ามีความแปรปรวนของปริมาณธาตุสังกะสีในเมล็ดข้าวเจดสีทั้งในข้าวกล้อง (20.2-34.7 มิลลิกรัม/กิโลกรัม) และข้าวสาร (13.1-31.5 มิลลิกรัม/กิโลกรัม) แต่พบว่าข้าวเจดสีทุกพันธุ์มีปริมาณธาตุสังกะสีมากกว่าข้าวพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 ทั้งในข้าวกล้องและข้าวสาร

ตารางที่ 1 รายชื่อพันธุ์ข้าวเจดสีและแหล่งที่มาของข้าวทั้ง 16 พันธุ์ที่นำมาใช้ในการทดลอง

พันธุ์ข้าว	เจดสี	แหล่งที่มา
ลิ้มผัว	ดำ	ศูนย์วิจัยข้าวพิษณุโลก
กำดอยสะเกิด	ดำ	มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
ข้าวเหนียวดำ 1	ดำ	เกษตรกร หนองบัวลำภู
ข้าวเหนียวดำ 2	ดำ	เกษตรกร หนองบัวลำภู
ข้าวเหนียวดำ 3	ดำ	เกษตรกร หนองบัวลำภู
ข้าวเจ้าดำ 1	ดำ	เกษตรกร หนองบัวลำภู
แดงมันปู	แดง	เกษตรกร หนองบัวลำภู
ข้าวเหนียวดำ 4	ดำ	เกษตรกร อุดรธานี
ข้าวเหนียวดำ 5	ดำ	เกษตรกร อุดรธานี
ข้าวเหนียวดำ 6	ดำ	เกษตรกร อุดรธานี
ปะอ้ายโกล้	แดง	เกษตรกร แม่ฮ่องสอน
ป้อชาโกล้	แดง	เกษตรกร เชียงใหม่
ขาวดอกมะลิ 105	น้ำตาล	มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
ป้อชู	ดำ	เกษตรกร แม่ฮ่องสอน
ป้อซูลี	แดง	เกษตรกร แม่ฮ่องสอน
ป้อชือกวา	แดง	เกษตรกร แม่ฮ่องสอน