อิทธิพลของพันธุกรรมและระยะเวลาการบ่มเพาะต่อปริมาณสารอาหารกาบา ในเมล็ดข้าวกล้องงอก

Genotypes and Incubated Durations Effects on GABA Contents in Germinated Brown Rice

ดำเนิน กาละดี[1,2]*, โสรยา ต๊ะวงค์[1], ชัยพร เลาหล้า[1], วัชรพงษ์ กามะวิถี[1] และ แสงทิวา สุริยงค์[1]

Dumnern Karladee[1,2], Soraya Tawong[1], Chaiyaporn Laola[1], Watcharapong Kamawitre[1] and Sangtiwa Suriyong[1]

Abstract

Gamma aminobutyric acid (GABA) enriched in germinated rice grains, has increasing popularity in the health food market. Quantities of GABA is affected by many factors including the duration in incubation of seeds which may become a major factor affecting levels of GABA contents of germinated rice grains. In this report, 5 different incubation durations (0, 12, 24, 36 and 48 hours) and 21 rice varieties (11 landraces and 10 modern varieties) were tested. Results show that GABA contents increased steadily from 3.96 mg/100g dry matter at 0 hour duration (i.e. no incubation period) to 10.04 mg/100g dry matter after 12 hours and reached the highest levels of 17.87 mg/100 g dry matter at 24 hours incubation and then decreased consecutively afterwards to 9.91 and 1.36 mg/100g dry matter at 36 and 48 hours, respectively. The correlation of GABA levels at 0 hour and 24 hours was r = 0.48* with a regression y = 12.7 + 1.05x. Genotypic variation was detected with a minimum 6.50 to a maximum 10.10 and a mean of 8.03 mg/100g dry matter. At 24 hours, the white rice variety KDML 105 and the purple rice variety Kum Doi Saket contained 23.48 and 23.63 mg/100 g dry matter of GABA, respectively, which exhibited the highest GABA content of all 21 rice varieties.

Keywords: Gamma aminobutyric acid (GABA), Modern rice variety, Landrace upland rice, Purple rice variety

[1]ภาควิชาพืชศาสตร์และทรัพยากรธรรมชาติ คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ เชียงใหม่

Department of Plant Science and Natural Resources, Faculty of Agriculture, Chiang Mai University, Chiang Mai

[2] สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ เชียงใหม่

Science and Technology Research Institute, Chiang Mai University, Chiang Mai

รับเรื่อง: มกราคม 2554

*corresponding author: karladee@chiangmai.ac.th

บทคัดย่อ

กรดแกมมาแอมิโนบิวเทอริก (สารอาหารกาบา) ในเมล็ดข้าวกล้องเพาะงอกสร้างความสนใจในตลาดอาหารสุขภาพอย่างรวดเร็ว มีปัจจัยหลายชนิดที่ควบคุมคุณภาพของสารอาหารกาบา ระยะเวลาที่บ่มเพาะเมล็ดให้งอกก็เป็นปัจจัยที่สำคัญควบคุมปริมาณสารกาบาในเมล็ดข้าวกล้องงอก ในงานวิจัยนี้ ได้วิเคราะห์ระยะเวลาการบ่มเพาะงอกของเมล็ดข้าวกล้องที่เหมาะสมสำหรับการผลิตข้าวกาบา 5 ระยะ (0, 12, 24, 36 และ 48 ชั่วโมง) โดยใช้เมล็ดข้าวกล้องของข้าว 21 พันธุ์ (ข้าวพื้นเมือง 11 พันธุ์ และข้าวพันธุ์ปรับปรุง 10 พันธุ์) ผลการวิจัยพบว่าปริมาณสารอาหารกาบาในเมล็ดเพิ่มขึ้นจากก่อนบ่ม (0 ชั่วโมง) 3.96 mg/100g dry matter เป็น 10.04 mg/100g dry matter ที่ 12 ชั่วโมง และสูงสุด 17.87 mg/100 g dry matter ที่ระยะเวลาการบ่มเพาะงอก 24 ชั่วโมง หลังจากนั้นปริมาณจะลดลงเป็น 9.91 และ 1.36 mg/100g dry matter ที่ 36 และ 48 ชั่วโมงตามลำดับ โดยการเพิ่มขึ้นของปริมาณสารอาหารกาบาระหว่างก่อนการบ่มเพาะ กับปริมาณที่ 24 ชั่วโมงหลังบ่มเพาะ มีความสัมพันธ์ในเชิงบวกที่ r = 0.48* โดยมีสมการรีเกสชั่น y = 12.7 + 1.05x ปริมาณสารอาหารกาบาที่พบมีค่าแตกต่างกันระหว่างพันธุ์ข้าวโดยมีค่าต่ำสุดที่ 6.50 mg/100g dry matter และสูงสุดที่ 10.10 mg/100g dry matter หรือโดยเฉลี่ยที่ 8. 03 mg/100g dry matter โดยที่ระยะเวลาการบ่มเพาะ 24 ชั่วโมง พันธุ์ข้าวขาวดอกมะลิ 105 และข้าวก่ำพันธุ์ก่ำดอยสะเก็ด แสดงปริมาณสารอาหารกาบาสูงสุดที่ 23.48 และ 23.63 mg/100 g dry matter ตามลำดับ

คำนำ

สารอาหารกาบา (Gamma aminobutyric acid : GABA) เป็นกรดแอมิโนชนิดหนึ่งที่ไม่ใช่โปรตีน มีความสำคัญในการสื่อประสาทในระบบประสาทส่วนกลาง และสื่อระบบประสาทยับยั้ง คือรักษาสมดุลในสมองซึ่งช่วยทำให้สมองเกิดการผ่อนคลายและนอนหลับสบาย อีกทั้งยังทำหน้าที่ช่วยกระตุ้นต่อมไร้ท่อ ซึ่งทำหน้าที่ผลิตฮอร์โมนที่ช่วยในการเจริญเติบโต ทำให้เกิดการสร้างเนื้อเยื่อ กล้ามเนื้อเกิดความกระชับ และเกิดสาร lipotropic ซึ่งเป็นสารป้องกันการสะสมไขมัน (Akama et al., 2009) สารอาหารกาบาจะมีอยู่ตรงส่วนของคัพภะข้าว (embryo) ของเมล็ดข้าวที่กำลังจะเจริญเติบโต ไปเป็นต้นอ่อน ปัจจุบันมีผู้คนหันมาใส่ใจกับเรื่องของสุขภาพกันมากขึ้น โดยเฉพาะการบริโภคอาหาร ข้าวกล้องงอกที่มีสารอาหารกาบาก็ถือเป็นจุดเด่นและเป็นทางเลือกที่ดีสำหรับคนรักสุขภาพ สารอาหารกาบา (GABA) เป็นโมเลกุลที่ประกอบด้วยหมู่แอมิโน(NH_2) และหมู่คาร์บอกซิล(COOH) อย่างละ 1 หมู่ เชื่อมอยู่กับคาร์บอนอะตอม (Shelp et al., 1999) โดยทั่วไปแล้วระดับของ GABA ที่พบในเนื้อเยื่อของพืชจะต่ำ ซึ่งพบในช่วง 0.03 ถึง 2.00 ไมโครโมลต่อกรัมของน้ำหนักสด แต่จะเพิ่มขึ้นเมื่อมีการตอบสนองกับการกระตุ้น เช่น การให้ความร้อนอย่างรุนแรง หรือในสภาวะที่เนื้อเยื่อของพืชขาดออกซิเจน (hypoxia) (Bown and Shep, 1997) เมล็ดข้าวในขณะงอก สารอาหารกาบาจะเพิ่มขึ้นถึง 8 ไมโครโมลต่อกรัมของน้ำหนักสด (Reggiani et al., 1988) และการแช่น้ำที่อุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส นาน 36 ชั่วโมงมีผลทำให้สารอาหารกาบาเพิ่มขึ้น 9.2 เท่า เมื่อเทียบกับการแช่น้ำที่ 30 องศาเซลเซียส ในช่วงเวลาที่เท่ากัน (Sunte et al., 2007) นอกจากนี้ค่า pH ของสารละลายยังมีปฏิกิริยาต่อปริมาณสารกาบาเช่นกันและสารละลายที่มี pH 5.5 จะให้ปฏิกิริยาดีที่สุด (Khampang et al., 2009) อย่างไรก็ตาม การเพิ่มขึ้นของสารอาหารนี้ ในเมล็ดข้าวขณะงอกอาจขึ้นอยู่กับพันธุกรรม และระยะเวลาของการบ่มงอกของเมล็ดนั้นๆด้วย ในงานวิจัยนี้ได้วิเคราะห์ปริมาณสารอาหารกาบาในเมล็ดข้าวที่ใช้เวลาบ่มเพาะงอกต่างกัน 4 ระยะเวลา คือ 12, 24, 36 และ 48 ชั่วโมง เปรียบเทียบกันระหว่างพันธุกรรมข้าวพื้นเมือง 11 พันธุ์ (ข้าวเหนียวดำ (ข้าวก่ำ) 6 พันธุ์ ข้าวไร่ 5 พันธุ์) โดยมีข้าวพันธุ์ปรับปรุงส่งเสริม 10 พันธุ์ เป็นพันธุกรรมตรวจสอบ วัตถุประสงค์เพื่อประเมินผลของความแตกต่างทางพันธุกรรมข้าว และ

ระยะเวลาการบ่มเพาะงอกของเมล็ดข้าวต่อปริมาณสารอาหารกาบา ทำการทดลองที่ภาควิชาพืชศาสตร์และทรัพยากรธรรมชาติ คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ ระหว่างเดือน กรกฎาคมถึงธันวาคม พ.ศ. 2553 ผลการวิจัยจะเป็นประโยชน์ต่องานอุตสาหกรรมการผลิตข้าวกล้องงอกเพื่อผลิตภัณฑ์อาหารเพื่อสุขภาพ รวมทั้งเป็นข้อมูลในโครงงานการปรับปรุงพันธุ์ เพื่อพัฒนาพันธุ์ข้าวให้มีปริมาณสารอาหารกาบาสูงต่อไป

อุปกรณ์และวิธีการ

วางแผนการทดลองแบบ Factorial Experiment โดยมี 2 ปัจจัยการทดลอง คือปัจจัยแรกพันธุ์ข้าว ประกอบด้วยพันธุ์ข้าวจำนวนทั้งหมด 21 พันธุ์ ดังตาราง

ส่วนปัจจัยรอง คือ ระยะเวลาในการบ่มเพาะเมล็ดข้าวประกอบด้วย 5 ระยะได้แก่ การบ่มที่ 0, 12, 24, 36 และ48 ชั่วโมง ทำการทดลองทั้งหมด 4 ซ้ำ โดยสุ่มตัวอย่างเมล็ดข้าวเปลือกของพันธุ์ข้าวทั้ง 21 พันธุ์ ปริมาณ 50 กรัม นำมาแช่น้ำที่อุณหภูมิห้องนาน 24 ชั่วโมงและบ่มในภาชนะปิดที่อุณหภูมิห้องตามระยะเวลาปัจจัยรอง จากนั้นนำมาทำให้แห้งโดย hot air oven ที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 30 นาที จนมีความชื้น 13-14% จึงนำไปกะเทาะเปลือกให้เป็นข้าวกล้อง นำตัวอย่างข้าวกล้องงอกที่ได้บดด้วยเครื่องบดละเอียดเพื่อนำไปวิเคราะห์ปริมาณสารกาบา(GABA) โดยดัดแปลงวิธีของ Kitaoka and Nakano (1969) ดังนี้

1. การเตรียมกราฟมาตรฐานของ GABA นำสารละลายมาตรฐาน GABA 0.1-0.3 ml ในหลอดทดลอง เติม borate buffer 0.2 ml และ phenol reagent 1.0 ml เขย่าให้เข้ากัน นำไปทำให้เย็นในอ่างน้ำควบคุมความเย็น จากนั้นเติม 7.5% NaOCl reagent 0.4 ml เขย่าแรงๆ 1 นาทีในอ่างน้ำควบคุมความเย็น แล้วนำไปต้มในอ่างน้ำควบคุมอุณหภูมิ (Water bath) 100 องศาเซลเซียสนาน 10 นาที ทำให้เย็นทันทีนาน 5 นาที หาก standard solution มีปริมาตรน้อยกว่า 1.7-1.9 ml จะเติม 60% ethanol 1.0 ml และใช้ 60% ethanol 2.0 ml เป็น blank จึงนำไปวัดค่าการดูดกลืนแสงโดยใช้ spectrophotometer ที่ความถี่แสง 630 นาโนเมตรจากนั้นนำมาสร้างกราฟมาตรฐาน

ข้าวเจ้าพันธุ์ส่งเสริม (Modern non-glutinous rice varieties)	ข้าวเหนียวพันธุ์ส่งเสริม (Modern glutinous rice varieties)	ข้าวไร่พันธุ์พื้นเมือง (Landrace upland rice varieties)	ข้าวเหนียวดำพันธุ์พื้นเมือง (Landrace purple glutinous rice varieties)
ข้าวขาวดอกมะลิ105	ข้าวกข10	ข้าวบือกิ	ข้าวก่ำน่าน
ข้าวปทุมธานี 1	ข้าวเหนียวสันป่าตอง	ข้าวลาซอแดง	ข้าวก่ำพะเยา
ข้าวชัยนาท1	ข้าวเหมยนอง62M	ข้าวมะโดะ	ข้าวก่ำดอยสะเก็ด
ข้าวสุพรรณบุรี 90	ข้าวไทยซุง	ข้าวนิกอ	ข้าวก่ำเวียดนาม
ข้าวหอมพิษณุโลก		ข้าวจานอนะ	ข้าวก่ำดอยมูเซอ
ข้าวกข23			ข้าวก่ำ88082

2. การสะกัดปริมาณสาร GABA

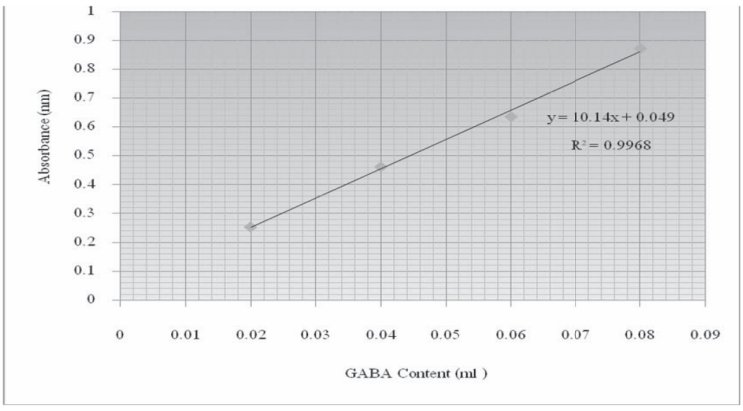
ชั่งตัวอย่างข้าวกล้องงอกที่บดละเอียด 3 กรัม ละลายใน 80% ethanol เขย่าเป็นเนื้อเดียวกันแล้วกรองด้วยกระดาษกรองเบอร์ 1 นำไปต้มในอ่างน้ำควบคุมอุณหภูมิ (Water bath) 80 องศาเซลเซียส เพื่อให้ethanol ระเหย จากนั้นเติมน้ำกลั่น 0.5 ml นำไปเหวี่ยงด้วยเครื่องหมุนเหวี่ยง (centrifuge) ความเร็วรอบ 10,000 รอบ/วินาที นาน 10 นาที แล้วดูดสารละลายส่วนบนมาเติม 0.2 M borate buffer ปริมาตร 0.2 ml และ 6% phenol ปริมาตร 1.0 ml เขย่าให้เข้ากัน หลังจากนั้นนำไปทำให้เย็นในอ่างน้ำควบคุมความเย็น(cooling bath) เติม 10-15% NaOCl ปริมาตร 0.4 ml เขย่าแรงๆประมาณ 1 นาทีแช่ในอ่างน้ำควบคุมความเย็น จากนั้นนำไปต้มในอ่างน้ำควบคุมอุณหภูมิ(Water bath) 100 องศาเซลเซียสนาน 10 นาที แล้วทำให้เย็นทันที โดยใช้ 60% ethanol 2.0 ml เป็น blank และนำไปวัดค่าการดูดกลืนแสงโดยใช้ spectro photometer ที่ความยาวคลื่น 630 นาโนเมตร คำนวณหาปริมาณสารอาหารกาบา (GABA)ในข้าวตัวอย่างโดยเทียบกับกราฟมาตรฐาน

ผลการทดลอง

จากการทดลอง โดยใช้สารละลายกาบา (GABA) มาตรฐาน สร้างกราฟมาตรฐานได้สมการเส้นตรง

y = 0.049 + 10.14x (ภาพที่ 1)

ผลการวิเคราะห์สารอาหารกาบา (GABA) ในเมล็ดข้าวบ่มเพาะงอกที่แสดงใน ตารางที่ 1 พบว่าแม้ในเมล็ดข้าวขณะที่ยังไม่ได้เพาะงอก (ที่ 0 ชั่วโมง) ก็ยังพบว่ามีการสะสมสารอาหารเริ่มต้นแล้ว (3.96 mg/100 g dry matter โดยเฉลี่ย) และมีปริมาณสารกาบาเกิดขึ้นเมื่อเมล็ดข้าวถูกบ่มเพาะงอกโดยที่มีปริมาณสูงสุดเมื่อเวลาการบ่มเพาะที่ 24 ชั่วโมง (17.87 mg/100g dry matter) โดยพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 พิษณุโลก2 กข10 นิกอ ก่ำน่าน และก่ำดอยสะเก็ด เท่านั้นที่แสดงปริมาณสารอาหารกาบาสูงกว่า 20.00 mg/100g dry matter ซึ่งปริมาณสารอาหารนี้ลดลงมากเมื่อยังคงบ่มเพาะต่อไปจนเหลือเพียง 1.36 mg/100 g dry matter เมื่อบ่มเพาะให้งอกนาน 48 ชั่วโมง แต่หากพิจารณาที่ 12 ชั่วโมงของการบ่มเพาะก็พบว่ามีพันธุ์ข้าวอีก 3 พันธุ์คือ ชัยนาท1 เหนียวสันป่าตอง และก่ำพะเยา ที่แสดงความสามารถในการสังเคราะห์สารอาหารกาบาได้ดีเช่นกัน (11.01-13.40 mg/100g dry matter) อย่างไรก็ตามหากพิจารณาโดยรวมแล้ว พันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 กข 10 เหนียวสันป่าตอง ก่ำดอยสะเก็ด และก่ำ88082 เท่านั้นที่แสดงความสามารถในการสังเคราะห์สารอาหารกาบาสูงกว่าพันธุ์อื่นๆ

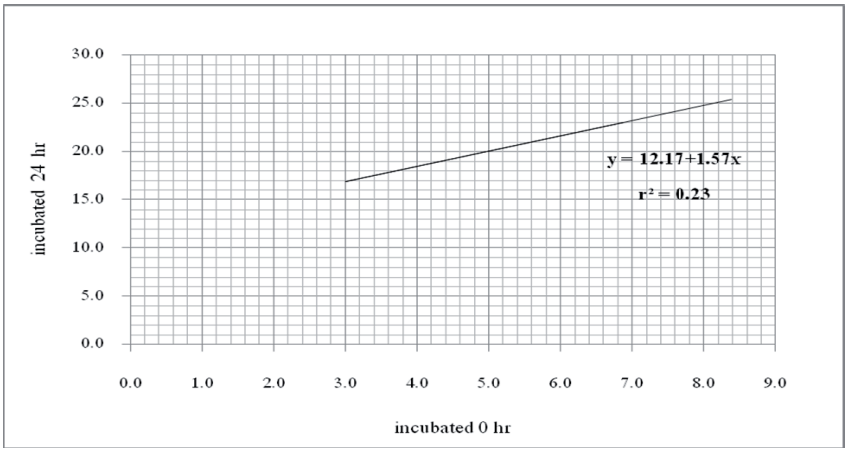


ภาพที่ 1 กราฟมาตรฐานปริมาณสารอาหารกาบา

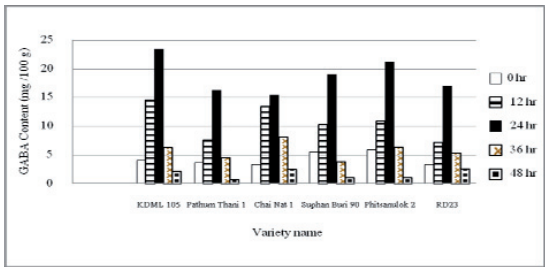
คารางที่ 1 ปริมาณสารอาหารกาบา (mg/100 g dry matter) ในเมล็ดข้าวกล้องบ่มเพาะงอก 5 ระยะ เวลา

ชนิดพันธุ์	ชื่อพันธุ์ (variety)	ปริมาณกาบาในการบ่ม (Incubation) 5 ระยะเวลา (ชม.)					เฉลี่ย
		0	12	24	36	48	
ข้าวเจ้าพันธุ์ส่งเสริม	ข้าวขาวดอกมะลิ105	4.04	14.60	23.48	6.20	2.16	10.10 a
	ข้าวปทุมธานี 1	3.62	7.55	16.22	4.46	0.68	6.51 i
	ข้าวชัยนาท1	3.35	13.40	15.45	8.13	2.43	8.55 de
	ข้าวสุพรรณบุรี 90	5.51	10.21	19.07	3.75	0.98	7.90 fg
	ข้าวหอมพิษณุโลก	5.88	10.90	21.16	6.39	0.99	9.06 cd
	ข้าวกข23	3.32	7.17	17.01	5.30	2.51	7.06 hi
ข้าวเหนียวพันธุ์ส่งเสริม	ข้าวกข10	4.56	14.76	20.36	7.15	1.51	9.67 ab
	ข้าวเหนียวสันป่าตอง	3.75	12.99	19.29	9.70	1.92	9.53 abc
	ข้าวเหมยนอง62M	3.96	10.18	19.17	6.62	1.14	8.21 ef
	ข้าวไทยซุง	3.55	8.95	17.45	3.59	0.81	6.87 hi
ข้าวไร่พันธุ์พื้นเมือง	ข้าวบือกิ	4.34	7.64	19.88	6.52	1.66	8.00 ef
	ข้าวลาซอแดง	4.84	8.36	13.65	6.73	1.83	7.10 hi
	ข้าวมะโดะ	3.31	8.32	19.20	6.66	1.12	7.72 fg
	ข้าวนิกอ	5.10	9.57	20.27	4.32	1.71	8.19 ef
	ข้าวจานอนะ	3.98	10.45	19.88	3.64	1.19	7.82 fg
ข้าวเหนียวดำ (ข้าวก่ำ) พันธุ์พื้นเมือง	ข้าวก่ำน่าน	5.43	8.18	21.65	3.51	0.90	7.94 fg
	ข้าวก่ำพะเยา	3.00	11.01	17.40	4.27	1.40	7.41 gh
	ข้าวก่ำดอยสะเก็ด	4.67	10.19	23.63	5.68	1.30	9.09 bcd
	ข้าวก่ำเวียดนาม	3.08	8.12	14.38	5.75	1.40	6.55 i
	ข้าวก่ำดอยมูเซอ	3.80	5.83	15.77	6.42	0.68	6.50 i
	ข้าวก่ำ88082	4.12	12.37	18.43	9.25	2.23	8.83 bc
	เฉลี่ย	3.96 D	10.04 B	17.87 A	5.91 C	1.36 E	8.03

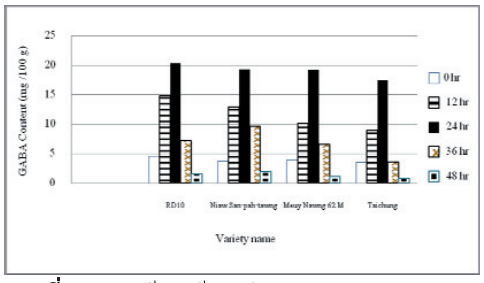
	F-test	LSD 0.05
Variety	**	0.59
Incubation	**	0.36
Variety x Incubation	**	1.35
CV (%) 13.37		



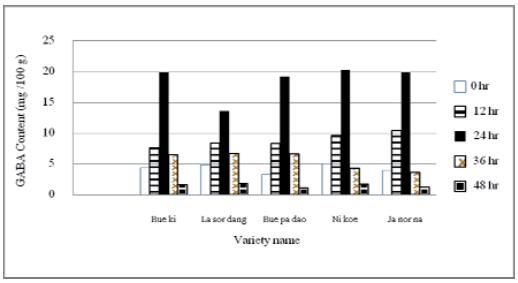
ภาพที่ 2 เส้นรีเกรสชั่นของสารกาบที่การบ่มเพาะ 24 และ 0 ชั่วโมง



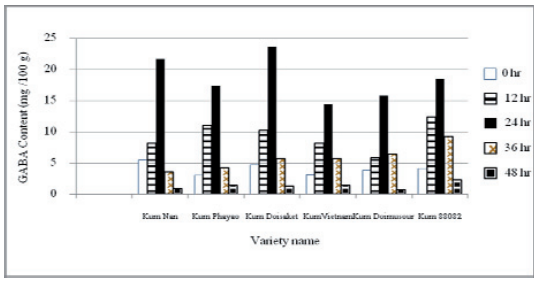
ภาพที่ 3 ภาพเปรียบเทียบปริมาณสารกาบา (mg/100g dry matter) ในเมล็ดข้าวกล้องเพาะงอกระหว่าง ข้าวเจ้าพันธุ์ส่งเสริมในระยะบ่มเพาะ 5 ระยะ



ภาพที่ 4 ภาพเปรียบเทียบปริมาณสารกาบา (mg/100g dry matter) ในเมล็ดข้าวกล้องเพาะงอกระหว่าง ข้าวเหนียวพันธุ์ส่งเสริมในระยะบ่มเพาะ 5 ระยะ



ภาพที่ 5 ภาพเปรียบเทียบปริมาณสารกาบา (mg/100g dry matter) ในเมล็ดข้าวกล้องเพาะงอกระหว่าง ข้าวไร่พื้นเมืองในระยะบ่มเพาะ 5 ระยะ



ภาพที่ 6 ภาพเปรียบเทียบปริมาณสารกาบา (mg/100g dry matter) ในเมล็ดข้าวกล้องเพาะงอกระหว่าง ข้าวเหนียวดำพันธุ์พื้นเมืองในระยะบ่มเพาะ 5 ระยะ

นอกจากนี้ผลการทดลองยังแสดงถึงความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณสารอาหารเริ่มต้นขณะยังไม่มีการบ่มเพาะ (ที่ 0 ชั่วโมง) กับปริมาณสารอาหารกาบาเมื่อนำไปบ่มเพาะงอกแล้วที่ระยะเวลาการบ่ม 24 ชั่วโมง โดยที่มีค่า correlation co-efficient (r) = 0.48* ($p \geq 0.05$) และมีสมการเส้นตรงที่ y = 12.17 + 1.50x (ภาพที่ 2) เช่นพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 สุพรรณบุรี90 พิษณุโลก 2 กข10 เหนียวสันป่าตอง บือกิ ก่ำน่าน ก่ำดอยสะเก็ด และก่ำ 88082 เป็นต้น

ส่วนเมื่อพิจารณาความสามารถในการสังเคราะห์สารอาหารกาบาของพันธุ์ข้าวในแต่ละชนิดพันธุ์ข้าว โดยพิจารณาที่ความสามารถในระดับสูงสุดที่การบ่มเพาะงอก 24 ชั่วโมง พบว่า ชนิดพันธุ์ปรับปรุงใหม่ ข้าวพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 ในกลุ่มแรก (ข้าวเจ้าพันธุ์ส่งเสริม) พันธุ์ กข 10 และเหนียวสันป่าตอง ในชนิดพันธุ์ที่สอง (ข้าวเหนียวพันธุ์ส่งเสริม) แสดงความสามารถสูงกว่าพันธุ์อื่นๆ รวมทั้งสูงกว่าข้าวพื้นเมืองที่แสดงค่าสูง คือพันธุ์บือกิ และนิกอ ในชนิดพันธุ์ที่สาม (ข้าวไร่พันธุ์พื้นเมือง) พันธุ์ก่ำดอยสะเก็ดและก่ำ88082 ในชนิดพันธุ์ที่สี่ (ข้าวเหนียวดำพันธุ์พื้นเมือง) (ภาพที่ 3, 4, 5 และ 6 ตามลำดับ)

นอกจากนี้ เป็นที่น่าสังเกตุว่า แม้ข้าวทุกๆพันธุ์แสดงปริมาณสารกาบาในเมล็ดระยะเริ่มต้นไม่แตกต่างกัน คือ 3.96-4.29 mg/100 g dry matter แต่เมื่อนำไปบ่มเพาะงอกแล้ว ข้าวพันธุ์พื้นเมือง สังเคราะห์สารอาหารกาบาได้ช้ากว่าโดยที่ระยะบ่ม 12 ชั่วโมงมีปริมาณสารอาหารดังกล่าว 8.90 และ 9.28 mg/100g dry matter ต่ำกว่าปริมาณสารนี้ในเมล็ดข้าวชนิดพันธุ์ปรับปรุงใหม่ (10.64 และ 11.72 mg/100g dry matter) ทั้งนี้มีปริมาณสารเพิ่มขึ้นอยู่ในระดับเท่ากันเมื่อระยะเวลาการบ่มเพาะที่ 24 ชั่วโมง (18.54 และ 19.07 mg/100g dry matter) และมีปริมาณสารอาหารลดลงในระดับเท่ากันเมื่อระยะเวลาการบ่มเพาะมากขึ้นที่ 36 ชั่วโมง และปริมาณจะน้อยมาก (1.32-1.63 mg/100g dry matter) หากระยะเวลาการบ่มเพาะเพิ่มขึ้นจนถึง 48 ชั่วโมง แต่โดยภาพรวมแล้วข้าวชนิดพันธุ์ปรับปรุงแสดงปริมาณสารอาหารกาบาในเมล็ดบ่มเพาะสูงกว่าข้าวชนิดพันธุ์พื้นเมือง 0.5-0.8 mg/100g dry matter (ตารางที่ 2)

วิจารณ์

ปริมาณสารอาหารเริ่มต้นที่พบในเมล็ดข้าวขณะที่ยังไม่มีการบ่มเพาะงอก (3.96 mg/100g dry matter ที่ 0 ชั่วโมง) คือสารอาหารที่ข้าวสะสมในเมล็ดเพื่อใช้ในระยะเริ่มต้นของการงอกซึ่งเป็น gamma amino acid เป็น protein ชนิด prolamins ในกลุ่มของ Globulin เป็นส่วนใหญ่ โดยมี Albumin เป็นส่วนน้อย (Bewley and Black,1985 ; Nithiya, 1993) หลังจากเมล็ดข้าวได้รับน้ำเมล็ดเข้าสู่การงอกกระบวนการแรกคือ การดูดซึมน้ำ (Imbibition) เข้าสู่เมล็ดเกิดการเพิ่มขนาดและน้ำหนักของ tissue ต่างๆและใช้เวลาประมาณ 6 ชั่วโมง ก่อนเร่งอัตราของกระบวนการหายใจ และการเกิดระบบต่างๆของ enzyme (formation of enzyme systems) ในระยะ 6-12 ชั่วโมง กระตุ้นให้เกิดการทำงานของกระบวนการเมแทบอลิซึมของกรดแอมิโน (amino acid metabolism) ภายในเมล็ดซึ่งเกิดเป็นกระบวนการเริ่มต้นของการงอก (commencement of growth and radicle emergence) เกิดการสังเคราะห์โปรตีนต่างๆขึ้นมาใหม่หรือส่งไปยังต้นอ่อน ทำให้มีการสะสมสาร เช่น gamma aminobutyric acid (GABA) เป็นต้น

ตารางที่ 2 ผลการเปรียบเทียบปริมาณสารกาบา (mg/100 g dry matter) ระหว่างชนิดพันธุ์ข้าว 4 ชนิด

ชนิดพันธุ์	ปริมาณกาบาในการบ่ม (Incubation) 5 ระยะเวลา (ชม.)					เฉลี่ย
	0	12	24	36	48	
ข้าวเจ้าพันธุ์ส่งเสริม	4.29	10.64	18.73	5.71	1.63	8.20
ข้าวเหนียวพันธุ์ส่งเสริม	3.96	11.72	19.07	6.77	1.35	8.57
ข้าวไร่พันธุ์พื้นเมือง	4.31	8.90	18.58	5.57	1.50	7.77
ข้าวเหนียวดำ (ข้าวก่ำ) พันธุ์พื้นเมือง	4.02	9.28	18.54	5.81	1.32	7.72

ดังนั้นจึงพบการเกิดขึ้นของสารอาหารกาบา (GABA) (10.04 mg/100g dry matter ที่ 12 ชั่วโมง) และเมแทบอลิซึมของกรดแอมิโนมีมากขึ้นในระยะแนวราบสูง (plateau period) ที่12-24 ชั่วโมง (Leopold and Kriedemann, 1975) ดังนั้นจึงพบว่ามีปริมาณสารอาหารกาบาสูงสุด (17.87 mg/100g dry matter) ที่ 24 ชั่วโมง ซึ่งใกล้เคียงกับ Komatsuzaki et al., (2007) ที่วิเคราะห์ในข้าวชนิด japonica type พบปริมาณสารอาหารกาบาสูงสุดที่ 72 ชั่วโมง หลังจากนั้นก็เข้าสู่ระยะการเจริญของต้นอ่อน (growth of seedling) อาหารที่สะสมไว้ในเมล็ดถูกย่อยเป็นโมเลกุลเล็กๆในรูปที่ละลายน้ำถูกเคลื่อนย้ายไปยังจุดเจริญจนเกือบหมด (Juangjan, 1986) ปริมาณสารกาบาที่พบจึงลดลงที่ระยะเวลาบ่มเพาะงอก 36 และ48 ชั่วโมง (5.91 และ 1.36 mg/100g dry matter ตามลำดับ) และจะหมดไปก่อนที่ต้นอ่อนจะมี chlorophyll และเข้าสู่กระบวนการ photosynthesis ปกติ ซึ่งมีการสังเคราะห์สารอาหารกาบาได้อีก และมีมากในใบอ่อนที่อายุ 30 วัน (Panatda Jannoey et al., 2010)

ส่วนความแตกต่างของปริมาณสารอาหารกาบาที่พบระหว่างพันธุ์ข้าวทดลองนั้น เกี่ยวข้องกับปัจจัยทางพันธุกรรม และปฏิกิริยาร่วมกับสิ่งแวดล้อมโดยปริมาณ protein ในข้าวชนิด indica มีค่า heritability ที่มีความแปรปรวนสูง ขึ้นอยู่กับลักษณะของพันธุกรรม (Chai et al., 1995) และ ลักษณะ amino acid component ถูกควบคุมด้วย gene แบบ triploid ใน endosperm และถ่ายทอดลักษณะผ่าน cytoplasmic ของต้นแม่ (Shi et al., 1996) นอกจากนี้จำนวน gene ที่ควบคุมยังขึ้นอยู่กับชนิดของ protein โดยเฉพาะความแตกต่างของ prolamins (Bewley and Black,1985) ส่วนความสัมพันธ์ทางพันธุกรรมที่พบ ($r = 0.48^*$ ($p \leq 0.05$) และ $y = 12.17 + 1.50x$) ระหว่างปริมาณสารอาหารเริ่มต้นก่อนการบ่มเพาะงอก (0 hr) กับปริมาณสารอาหารกาบาที่เพาะงอกแล้ว (24 hr) นับว่าเป็นประโยชน์ต่อการคัดเลือก parental lines สำหรับโครงการผสมพันธุ์ข้าวเพื่อสารอาหารดังกล่าวทั้งนี้แสดงว่าในการประเมินพันธุกรรมสามารถใช้ข้อมูลการวิเคราะห์สารอาหารเริ่มต้นโดยมิต้องเสียเวลาทำการบ่มเพาะเมล็ดเพื่อประเมินหาพันธุกรรมเหมาะสม (desirable genotypes) สำหรับคัดเลือกเป็น parental lines ดังกล่าว

อย่างไรก็ตาม แม้ว่าจะมีความแตกต่างระหว่างพันธุ์ แต่เมื่อพิจารณาจากกลุ่มของชนิดพันธุ์ (Modern non-glutinous, Modern glutinous, Landrace upland และ Landrace purple glutinous rice varieties) พบว่า ไม่มีความเด่นหรือด้อยกว่ากันมากนักในการสังเคราะห์สารกาบา (8.57, 8.20, 7.77 และ 7.72 mg/100g dry matter ตามลำดับ)ชี้ว่าสามารถนำเอาข้าวพันธุ์พื้นเมือง(Landrace upland varieties และ Landrace purple glutinous rice varieties) มาสร้างมูลค่าเพิ่มเป็นข้าวอุดมด้วยสารอาหารกาบา (GABA rice) ได้อย่างมีคุณภาพเช่นเดียวกับพันธุ์ปรับปรุง (Modern non-glutinous varieties, Modern glutinous varieties) นอกจากนี้การที่ข้าวก่ำพันธุ์ ก่ำดอยสะเก็ด (Kum Doi Saket) ที่พบในงานทดลองนี้ว่ามีความสามารถในการสังเคราะห์สารอาหารกาบา ที่ระยะเวลา 24 ชั่วโมง (23.63 mg/100g dry matter) ได้เทียบเท่ากับพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 (KDML 105: 23.48 mg/100g dry matter) แล้วพันธุ์ก่ำดอยสะเก็ดยังมีสารอาหารสุขภาพ Gamma-oryzanol สูงกว่าพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 (72.95 mg/100g brown rice vs. 30.89 mg/100g brown rice) (Panita Boonsit et al., 2010) และที่นอกจากนี้ข้าวก่ำพันธุ์ก่ำดอยสะเก็ด ยังอุดมด้วยสารอาหารสุขภาพอื่นที่พันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 ไม่มี คือ สาร proanthocyanin (C3G) อีกด้วย นับว่า ข้าวก่ำดอยสะเก็ดเป็นข้าวอีกพันธุ์หนึ่งที่มีขีดความสามารถสูง สมควรพิจารณาในการนำมาวิเคราะห์เพื่อผลิตเป็นผลิตภัณฑ์ข้าวเพื่อสุขภาพต่อไป นอกจากชนิดของ amino acid และพันธุกรรม แล้ว คุณภาพอื่นๆของเมล็ดเช่นความสมบูรณ์ของเมล็ด เปอร์เซ็นต์ความงอก และสภาพการเก็บรักษาอาจเป็นอีกปัจจัยสำคัญที่จำกัดคุณภาพของเมล็ด และอาจส่งผลต่อการสังเคราะห์สารอาหารกาบา ในเมล็ดข้าวที่ต้องการแปรรูปเป็นข้าวกล้องงอกซึ่งควรพิจารณาทดสอบต่อไป

คำขอบคุณ

งานวิจัยนี้ ได้รับการสนับสนุนจากโครงการส่งเสริมการวิจัยในอุดมศึกษาและการพัฒนามหาวิทยาลัยวิจัยแห่งชาติของสำนักงานคณะกรรมการการอุดมศึกษา

เอกสารอ้างอิง

Akama Kazuhito, Junko Kanetou, Shunsuke Shimusaki, Kouhei Kawakami, Satoru Tsuchikura and Fumio Takaiwa. 2009. Seed – specific expression of truncated *OsGAD2* produces GABA-enriched rice grains that influence a decrease in blood pressure in spontaneously hypertensive rats. Transgenic Res. 18. p. 865-876

Bowley, J. Derek and Micheal Black. 1985. Seed germination structure and composition: Seed Physiology of Development and Germination. 2nd Edition, Plenum press,New York. p. 18-26

Bown, A. W. and B. J. Shelp. 1997. The metabolism and functions of γ-aminobutyric acid. *Plant Physiol*. 115. p. 1-5.

Chai, Q.H., M.T. Shi and R.C. Yang. 1995. Genetic analysis of protein content and the composition of amino acid in early indica rice. J. Fujian Agri Uni. 24. p. 149-153

Juangjan Duangpatra. 2529. Seed Technology. Department of Agronomy, Faculty of Agriculture Kasetsart Univ. Bangkok. P. 44-45 (in Thai)

Komatsuzaki N., K. Tsukahara, H. Toyoshima, T. Suzaki, N. Shimizu and T. Kimura. 2007. Effect of soaking and gaseous treatment on GABA content in germinated brown rice. J. of Food Engineering. 78. p. 556-560

Sunte J., Srijesdaruk V. and Tangwongchai R. 2007. Effect of Soaking and Germination Processes on Gamma-Aminobutyric acid (GABA) Content in Germinated Brown Rice (Khom Mali 105). Agricultural Sci. J. 38 (5) (Suppl.). p. 164-167 (in Thai)

Khampang, E., O. Kerdchoechuen and N.Laohakunjit, 2009. Change of chemical composition of rice and cereals during germination. Agricultural Sci. J. 40(3)(Suppl.). p. 341-344 (in Thai)

Kitaoka, S. and Y. Nakano. 1969. Colorimetric Determination of α-Amino Acids. The Journal of Biochemistry. Vol. 66 no. 1. p. 87-94

Leopold, A. Carl and Paul E. Kriedemann. 1975. Plant Growth and Development. 2nd Edition, McGraw-Hill, New York. p. 224-228

Nithiya Rattanapanone. 2549. Protein; Food Chemistry.2nd Edition. Odeon Store. Bangkok. p. 111-142 (in Thai)

Jannoey, P. H. Niamsup, S. Lumyong, S.Tajima, M. Nomura and G. Chairote. 2010. Gamma Aminobutyric Acid (GABA) Accumulations in Rice During Germination. Chiang Mai J. Sci. 37(1). p.124-133

Boonsit, P., D. Karladee and P. Phongpiachan. 2010. Gamma Oryzanol Content in Glutinous Purple Rice Landrace Varieties. CMU Journal of Natural Science. Vol.9 No.1. p. 151-157

Reggiani, R., M. Nebuloni and I. Brambilla. 1988. Accumulation and inter conversion of amino acid in rice roots under anoxia. *Plant and Cell Physiology*. 29. p. 981-987.

Shelp, B. J., A. W. Bown And M.D. Mclean. 1999. Metablism and function of Gamma-aminobutyric acid. trends in plant science. 4. p. 446-452.

Shi, C.H., J.M. Xue, Y.G. Yu, X.E. Yang and J.Zue. 1996. Analysis of genetic effects for nutrient quality traits in indica rice. Theor. Appl. Genet. 92. p. 1099-1102