Agricultural Sci. J. 42 : 1 (Suppl.) : 457-460 (2011) ว. วิทย. กษ. 42 : 1 (พิเศษ) : 457-460 (2554)

ผลของระยะเวลาการนึ่งต่อปริมาณโภชนสารสำคัญในข้าวกล้องงอกนึ่ง

Effect of Steaming Time on the Amount of Bioactive Compounds of Parboiled Germinated Brown Rice

พิษณุ แก้วตะพาน[1] **อุมา แสงคร้าม**[1] **และ โศรดา วัลภา**[2]
Phissanu Kaewtaphan[1] , Uma Sangkram[1] and Sorada Wanlapa[2]

Abstract

This study consisted of 2 experiments. In the first experiment, rough rice cv. Pathum Thani 1 (PT1) and Phitsanuloke 2 (PL2) were soaked in warm water at 30°C for 15-24 h to produce germinated brown rice (GBR). After soaking, the rice were dried and husked before measuring the amount of gamma - aminobutyric acid (GABA) in rice flour. The results showed that soaking time of 16 and 20 h caused GBR of PT1 and PL2 to have highest values of GABA significantly ($p< 0.05$) (73.92 and 58.50 mg/100 g of flour, respectively). The second experiment was to produce parboiled of germinated brown rice (PGBR). Rough rice cv. PT1 and PL2 were soaked in warm water for 16 and 20 h then were steamed at 121°C for 10, 15 and 20 min. Steamed rough rice was then dried and husked to determine the amount of GABA. Results showed that increase of steaming time caused the increase of GABA in rice flour. However, steaming time at 20 min gave lower amount of GABA in rice flour of PT1 than those steaming time of 10 and 15 min. Apart from GABA, it was also found that the increase steaming time resulted in the increase of gamma - oryzanol in rice bran oil. Further more, steaming could significantly decreased the amount of kernel breakage and the viscosity of rice flour as measured by rapid visco analyzer.

Keywords: Gamma - aminobutyric acid, gamma – oryzanol, parboiled germinated brown rice.

บทคัดย่อ

การทดลองแบ่งเป็น 2 ขั้นตอน โดยขั้นแรกเพื่อหาเวลาการแช่น้ำในการทำข้าวกล้องงอกที่ทำให้ข้าวมีปริมาณกรดแกมมาอะมิโนบิวทีริก (GABA) สูงสุด ทดสอบโดยใช้ข้าวพันธุ์ปทุมธานี 1 (ปธ.1) และพันธุ์พิษณุโลก 2 (พล.2) ในข้าวแต่ละพันธุ์วางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ จำนวน 3 ซ้ำ ทำการแช่ข้าวเปลือกเจ้าแต่ละพันธุ์ในน้ำอุณหภูมิ 30°ซ เป็นเวลา 15-24 ชั่วโมง จากนั้นนำมาลดความชื้นและกะเทาะ เพื่อหาปริมาณ GABA ในแป้งข้าว พบว่า การแช่น้ำที่ 16 และ 20 ชั่วโมง ทำให้ข้าวกล้องงอกพันธุ์ ปธ.1 และพันธุ์ พล.2 มีปริมาณ GABA สูงสุดอย่างมีนัยสำคัญ *($p<0.05$)* คือ 73.92 และ 58.50 มิลลิกรัม/100 กรัมแป้ง ตามลำดับ ในขั้นที่สองเป็นการศึกษาผลของเวลาการนึ่งต่อคุณสมบัติข้าวกล้องงอกนึ่ง วางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ จำนวน 3 ซ้ำ โดยการทำข้าวกล้องงอกใช้เวลาแช่น้ำที่ทำให้ข้าวมีปริมาณ GABA สูงสุด หลังการแช่น้ำทำการนึ่งข้าวเปลือกงอกที่อุณหภูมิ 121°ซ ด้วยความดันสูงเป็นเวลา 10, 15 และ 20 นาที จากนั้นนำมาลดความชื้นและกะเทาะเป็นข้าวกล้องงอกนึ่ง ผลการทดลองพบว่า การนึ่งทำให้ข้าวทั้งสองพันธุ์มีปริมาณ GABA สูงขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ และปริมาณจะเพิ่มขึ้นตามระยะเวลาการนึ่ง ยกเว้นการนึ่งที่ 20 นาที ที่ทำให้ GABA ของข้าวพันธุ์ ปธ.1 ลดลงต่ำกว่าการนึ่งที่ 10 และ 15 นาที นอกจากนี้ยังพบว่า เวลาการนึ่งที่เพิ่มขึ้นมีผลให้ปริมาณสารแกมมาโอรีซานอลในน้ำมันรำข้าวเพิ่มสูงขึ้น ในขณะที่ทำให้การแตกหักของข้าวหลังกะเทาะ และค่าความหนืดของแป้งข้าวที่วัดด้วยเครื่อง rapid visco analyzer ลดลงอย่างมีนัยสำคัญ

คำสำคัญ: กรดแกมมาอะมิโนบิวทีริก แกมมาโอรีซานอล ข้าวกล้องงอกนึ่ง

คำนำ

ข้าว (*Oryza sativa* L.) ประกอบด้วยสารอาหารตามหลักทางโภชนาการค่อนข้างครบถ้วน โดยมีผลต่อการเสริมสุขภาพและการต้านโรค ซึ่งจะแตกต่างกันไปตามสายพันธุ์ รวมทั้งกระบวนการแปรรูป โดยข้าวกล้องหรือข้าวที่ไม่ได้ผ่านการขัดสีจะมีคุณค่าทางอาหารสูงกว่าข้าวสารขาว แต่ผู้บริโภคบางส่วนไม่นิยมเพราะมีเนื้อสัมผัสที่ร่วนและหุงสุกยาก จึงได้มีความพยายามในการปรับปรุงคุณภาพให้ดีขึ้นโดยการทำข้าวกล้องงอก Saikusa *et al.* (1994) พบว่าในเมล็ดข้าวกล้องงอกมีกรด

[1]สาขาวิชาเทคโนโลยีการผลิตพืช คณะเทคโนโลยีการเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง กรุงเทพฯ 10520
[1]Division of Plant Production Technology, Faculty of Agricultural Technology, King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang, Bangkok 10520
[2]ฝ่ายเทคโนโลยีอาหาร สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย ปทุมธานี 12120
[2]Food Technology Department, Thailand Institute of Scientific and Technological Research, Pathum Thani 12120

แกมมาอะมิโนบิวทิริค (gamma - aminobutyric acid : GABA) และแกมมาโอรีซานอล (gamma - oryzanol) ซึ่งมีอยู่ในปริมาณที่สูงกว่าข้าวกล้องปกติ สารดังกล่าวมีคุณค่าทางอาหารสูง โดย GABA ทำหน้าที่เป็นสารสื่อนำประสาท ช่วยทำให้สมองผ่อนคลาย นอนหลับง่าย ส่วนแกมมาโอรีซานอลซึ่งมีมากในส่วนของรำ มีประโยชน์ในการช่วยลดคอเรสเตอรอลในเลือด และต้านอนุมูลอิสระ อุมาและลำพึง (2550) รายงานว่าข้าวกล้องงอกที่ทำจากข้าวเปลือกจะมีโภชนสารสำคัญคือ โอรีซานอลมากกว่าข้าวกล้องงอกที่ทำจากข้าวกล้อง แต่การนำข้าวเปลือกที่ผ่านการงอกมากะเทาะ จะทำให้ข้าวแตกหักมาก ศิริรัตนาพร (2552) จึงนำวิธีการทำข้าวนึ่งมาใช้นึ่งข้าวเปลือกงอกก่อนนำมากะเทาะ พบว่าลดการแตกหักของข้าวได้ ซึ่งข้าวที่ได้เรียกว่าข้าวกล้องงอกนึ่ง อย่างไรก็ตามกระบวนการนึ่งมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงคุณสมบัติทางเคมี-กายภาพ และโภชนสารสำคัญในข้าวกล้องงอกนึ่ง ดังนั้นการศึกษานี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาระยะเวลาการแช่น้ำของข้าวและระยะเวลาการนึ่งข้าวที่มีผลต่อปริมาณโภชนสารสำคัญในข้าวกล้องงอกนึ่งเพื่อเป็นข้อมูลในการพัฒนาการผลิตข้าวกล้องงอกนึ่งต่อไป

อุปกรณ์และวิธีการ

ทำการทดลองโดยใช้ข้าวเปลือกเจ้าพันธุ์ปทุมธานี 1 (ปธ.1) และพิษณุโลก 2 (พล.2) วางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (CRD) จำนวน 3 ซ้ำ แบ่งการทดลองเป็น 2 ขั้นตอน โดยขั้นแรกคือการทำข้าวกล้องงอก ดำเนินการโดยแช่ข้าวเปลือกในน้ำอุณหภูมิ 30°ซ เป็นเวลา 15-24 ชั่วโมง แล้วเทน้ำทิ้ง จากนั้นนำข้าวเปลือกมาลดความชื้นให้เหลือ 12 $\pm$ 1 % กะเทาะแล้วนำไปบดและร่อนด้วยตะแกรง (100 เมช) นำแป้งข้าวที่ได้ไปวิเคราะห์หาปริมาณ GABA ตามวิธีที่ดัดแปลงจาก Komatsuzaki *et al*. (2007) เพื่อหาระยะเวลาการแช่น้ำที่ทำให้ข้าวมี GABA สูงสุด ขั้นตอนที่สองเป็นการศึกษาผลของเวลาการนึ่งต่อคุณสมบัติข้าวกล้องงอกนึ่ง ซึ่งการทำข้าวเปลือกงอกใช้เวลาแช่น้ำที่ได้ผลจากขั้นตอนแรก หลังการแช่น้ำ ทำการนึ่งข้าวเปลือกงอกที่อุณหภูมิ 121°ซ ด้วยความดันสูงเป็นเวลา 10, 15 และ 20 นาที จากนั้นนำมาลดความชื้นและกะเทาะเป็นข้าวกล้องงอกนึ่ง การลดความชื้นของข้าว ทำโดยการอบในตู้อบลมร้อน ที่อุณหภูมิ 45°ซ หลังลดความชื้นทำการพักข้าวเป็นเวลา 7 วัน ก่อนกะเทาะ การศึกษาคุณสมบัติของข้าว เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยใช้ Ducan's Multiple Range Test (DMRT) ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 % คุณสมบัติของข้าวที่ทำการศึกษา ได้แก่ (1) ปริมาณ GABA (ดัดแปลงจาก Komatsuzaki *et al*., 2007) (2) ปริมาณโอรีซานอลในน้ำมันรำ โดยวิธี spectrophotometry (ดัดแปลงจาก Bucci *et al*., 2003) (3) เปอร์เซ็นต์การแตกหักของข้าว โดยเปรียบเทียบน้ำหนักข้าวหัก ซึ่งเป็นข้าวที่มีขนาดสั้นกว่า 8 ใน 10 ส่วน ตามมาตรฐานข้าวไทย (กระทรวงพาณิชย์, 2540) ต่อน้ำหนักข้าวเปลือกก่อนกะเทาะ และ (4) ค่าความหนืดของแป้งด้วยเครื่อง Rapid Visco Analyzer (RVA) (ดัดแปลงจาก AACC, 2000)

ผลการทดลองและวิจารณ์

จากการทดลองในขั้นตอนแรก โดยใช้ระยะเวลาการแช่น้ำ เป็นเวลา 15-24 ชั่วโมง และหาปริมาณ GABA ของข้าว พบว่า ข้าวกล้องงอก ปธ.1 มีปริมาณ GABA มากสุดที่ระยะเวลาการแช่น้ำ 16 ชั่วโมง คือ 73.92 มิลลิกรัม/100 กรัมแป้ง และข้าวกล้องงอก พล.2 ปริมาณ GABA มากสุดที่ระยะเวลาการแช่น้ำ 20 ชั่วโมง คือ 58.50 มิลลิกรัม/100 กรัมแป้ง (Table 1)

Table 1 Gamma - aminobutyric acid content in Pathum Thani 1 (PT1) and Phitsanuloke 2 (PL2) rice flour (mg/100 g of flour)

	Soaking time (h.)										
Cultivars	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	CV(%)
PT1	61.63c	73.92a	67.67b	56.83d	45.58e	56.63d	40.17f	34.33g	30.13h	26.40i	3.04
PL2	30.79c	25.87d	53.73b	33.06c	22.66e	58.50a	24.00ed	25.73d	31.06c	54.26b	4.51

Mean values followed by the same letter in the same low are not significantly different ($p > 0.05$) by DMRT

ในขั้นตอนที่สองเมื่อทำการนึ่งข้าวเปลือกงอก ด้วยระยะเวลาที่ต่างกัน ผลการทดลองปรากฏดังนี้

1. ปริมาณกรดแกมมาอะมิโนบิวทิริก (GABA)

พบว่าการนึ่งทำให้ข้าวกล้องงอกนึ่งทั้งสองพันธุ์มีปริมาณ GABA สูงขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ *($p<0.05$)* โดยปริมาณจะเพิ่มขึ้นตามระยะเวลาการนึ่ง ยกเว้นการนึ่งที่ 20 นาที ที่ทำให้ปริมาณ GABA ของข้าวกล้องงอกนึ่งพันธุ์ ปธ.1 ลดลงต่ำกว่าการนึ่งที่ 10 และ 15 นาที (Table 2)

2. ปริมาณแกมมาโอรีซานอล

เมื่อนำรำข้าวมาสกัดน้ำมันและตรวจวัดปริมาณสารแกมมาโอรีซานอลในน้ำมันรำข้าว พบว่า ปริมาณสารโอรีซานอลในน้ำมันรำของข้าวกล้องงอกนึ่งทั้งสองพันธุ์จะเพิ่มขึ้นตามระยะเวลาการนึ่ง และสูงกว่าข้าวกล้องปกติอย่างมีนัยสำคัญ เช่นเดียวกับ GABA (Table 2)

Table 2 Gamma - aminobutyric acid (mg/100 g of flour) in Pathum Thani 1 (PT1) and Phitsanuloke 2 (PL2) rice flour and oryzanol content (ppm) in rice bran oil

Cultivars	Type of rice	GABA content	Oryzanol content
PT 1	PT1 (BR)	25.74 c	30.00 d
	PT1 (PGBR) 16 h;10 min	78.30 a	39.02 c
	PT1 (PGBR) 16 h;15 min	84.27 a	39.45 b
	PT1 (PGBR) 16 h;20 min	60.24 b	40.95 a
	CV (%)	12.34	0.37
PL 2	PL2 (BR)	19.16 c	31.04 c
	PL2 (PGBR) 20 h;10 min	89.24 b	32.76 b
	PL2 (PGBR) 20 h;15 min	134.09 a	33.61 b
	PL2 (PGBR) 20 h;20 min	137.42 a	34.76 a
	CV (%)	10.76	1.42

Mean values followed by the same letter in the same column are not significantly different ($p > 0.05$) by DMRT

BR : brown rice, PGBR : parboiled germinated brown rice

3. เปอร์เซ็นต์การแตกหัก

การทำข้าวกล้องงอกนึ่งทั้งสองพันธุ์จากข้าวเปลือกก่อนนำมากะเทาะ พบว่าทำให้การแตกหักของข้าวกล้องงอกนึ่งเมื่อเทียบกับข้าวกล้องปกติมีค่าลดลงอย่างมีนัยสำคัญ *($p<0.05$)* โดยเปอร์เซ็นต์การแตกหักของข้าวจะลดลงเมื่อระยะเวลาการนึ่งเพิ่มขึ้น (Table 3) สอดคล้องกับการทดลองของศิริรัตนาพร (2552) ทั้งนี้เนื่องจากการนึ่งทำให้เม็ดสตาร์ชภายในเมล็ดข้าวเกิดการเจลาทิไนซ์ และการประสานกันของเม็ดสตาร์ชที่อุ้มน้ำและพองตัวขณะเจลาทิไนซ์ ทำให้เมล็ดข้าวไม่เปราะและหักในขณะกะเทาะเปลือก (น้ำฝนและอรอนงค์, 2546)

Table 3 Percentage of broken kernel brown rice

Cultivars	Treatment	Broken kernel, percentage
PT 1	PT1 (BR)	31.00 a
	PT1 (PGBR) 16 h;10 min	1.12 b
	PT1 (PGBR) 16 h;15 min	1.07 b
	PT1 (PGBR) 16 h;20 min	0.70 b
	CV (%)	10.23
PL 2	PL2 (BR)	26.00 a
	PL2 (PGBR) 20 h;10 min	5.57 b
	PL2 (PGBR) 20 h;15 min	2.10 c
	PL2 (PGBR) 20 h;20 min	2.27 c
	CV (%)	12.43

Mean values followed by the same letter in the same column are not significantly different ($p > 0.05$) by DMRT.

4. ค่าความหนืดของแป้งข้าว

การวิเคราะห์ค่าความหนืดของแป้งข้าวด้วยเครื่อง RVA พบว่า ข้าวกล้องงอกนึ่งทั้งสองพันธุ์มีค่าความหนืดสูงสุด (peak viscosity) และค่าความหนืดเมื่อแป้งคงตัว (trough) ต่ำกว่าข้าวกล้องปกติอย่างมีนัยสำคัญ *($p<0.05$)* และจะลดลงตามระยะการเวลานึ่งที่เพิ่มขึ้น ยกเว้นพันธุ์ ปธ.1 ซึ่งการนึ่งเป็นเวลา 15 นาที ทำให้แป้งข้าวมีค่าความหนืดทั้งสองค่า น้อยกว่าการนึ่งที่ 20 นาที แต่ไม่แตกต่างกันทางสถิติ (Table 4) การที่ค่าความหนืดสูงสุดของข้าวกล้องงอกนึ่งมีค่าต่ำ อาจเกิดจากใน

กระบวนการทำข้าวกล้องงอกนึ่ง ข้าวเกิดการเกิดเจลาติไนซ์ในขั้นตอนการนึ่งมาก่อนแล้ว สังเกตได้จากการที่ค่าความหนืดเมื่อแป้งพองตัวสูงสุดมีค่าน้อยเมื่อเปรียบเทียบกับข้าวกล้องปกติ สอดคล้องกับ Himmelsbach *et al.* (2008) ซึ่งพบว่าแป้งข้าวที่ผ่านการนึ่ง หากมีระดับการเจลาติไนซ์ที่สูงขึ้น ไม่ว่าจากการเพิ่มอุณหภูมิหรือระยะเวลาในการนึ่ง จะทำให้มีค่าความหนืดลดลง

ในส่วนค่าความหนืดเมื่อแป้งยุบตัว (breakdown) พบว่า แป้งข้าวกล้องงอกนึ่งมีค่าต่ำกว่าแป้งข้าวกล้องปกติอย่างมีนัยสำคัญ *($p<0.05$)* แต่ระยะเวลาการนึ่งที่เพิ่มขึ้นไม่มีผลให้ค่าความหนืดเมื่อแป้งยุบตัวของข้าวกล้องงอกนึ่งแตกต่างกันทางสถิติ สำหรับค่าความหนืดเมื่อแป้งเย็นตัว (final viscosity) และความหนืดเมื่อแป้งคืนตัว (setback) มีแนวโน้มเช่นเดียวกับค่าความหนืดสูงสุด โดยจะมีค่าลดลงตามเวลาการนึ่งที่เพิ่มขึ้น ยกเว้นพันธุ์ ปธ.1 ซึ่งการนึ่ง 15 นาที ทำให้มีค่าน้อยกว่าที่ 20 นาที

Table 4 Viscosity of rice flour

Cultivars	Treatment	Viscosity, cp				
		Peak	Trough	Breakdown	Final Visc	Setback
PT 1	PT1 (BR)	2683.00 a	1830.00 a	853.00 a	3317.33 a	1487.33 a
	PT1 (PGBR) 16 h;10 min	549.67 b	454.67 b	95.00 b	812.67 b	358.00 b
	PT1 (PGBR) 16 h;15 min	335.33 c	228.33 c	107.00 b	428.33 d	200.00 d
	PT1 (PGBR) 16 h;20 min	410.33 c	295.67 c	114.67 b	539.00 c	243.33 c
	CV (%)	4.68	7.23	27.20	3.49	2.99
PL 2	PL2 (BR)	1250.33 a	956.33 a	294.00 a	1668.67 a	712.33 a
	PL2 (PGBR) 20 h;10 min	199.67 b	181.67 b	18.00 b	252.33 b	70.67 b
	PL2 (PGBR) 20 h;15 min	164.67 c	151.33 b	13.33 b	225.67 b	74.33 b
	PL2 (PGBR) 20 h;20 min	103.33 d	92.67 c	10.67 b	148.33 c	55.67 c
	CV (%)	3.38	4.79	4.86	2.54	3.36

Mean values followed by the same letter in the same column are not significantly different ($p > 0.05$) by DMRT.

สรุป

การนำข้าวเปลือกงอกไปนึ่งส่งผลให้ข้าวกล้องงอกนึ่งมีปริมาณการแตกหักของเมล็ดหลังการกะเทาะลดลง และการใช้ระยะเวลาการนึ่งที่มากขึ้นส่งผลให้ปริมาณโภชนสารสำคัญในเมล็ดข้าว คือ ปริมาณกรดแกมมาอะมิโนบิวทีริก (GABA) และแกมมาโอรีซานอลเพิ่มมากขึ้น รวมทั้งทำให้ความหนืดของแป้งข้าวลดลง ซึ่งคุณสมบัติที่เปลี่ยนแปลงไปในข้าวกล้องงอกนึ่งอาจนำไปสู่การทำผลิตภัณฑ์อาหารแป้งข้าวแปรรูปหรือเป็นข้าวที่ใช้หุงรับประทาน ซึ่งเป็นการเพิ่มทางเลือกให้แก่ผู้บริโภคที่รักสุขภาพและยังเป็นแนวทางในการเพิ่มมูลค่าการส่งออกข้าวและผลิตภัณฑ์ข้าวในอนาคต

เอกสารอ้างอิง

กระทรวงพาณิชย์. 2540. มาตรฐานข้าวไทย ประกาศกระทรวงพาณิชย์ เรื่อง มาตรฐานสินค้าข้าว พ.ศ. 2540 ประกาศในราชกิจจานุเบกษา เล่ม 114 ตอนที่ 31ง. วันที่ 17 เมษายน 2540

น้ำฝน ศีตะจิตต์ และ อรอนงค์ นัยวิกุล. 2546. กระบวนการผลิตข้าวเปลือกนึ่งระดับห้องปฏิบัติการ. *ใน:* การประชุมวิชาการมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 41 มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตบางเขน, กรุงเทพฯ. น. 36 – 44.

ศิริรัตนาพร หล้าบัววงศ์. 2552. การพัฒนาข้าวกล้องงอกโดยกระบวนการทำข้าวนึ่งและผลของการเก็บรักษาต่อคุณสมบัติของข้าวกล้องงอกนึ่ง. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาพืชไร่ บัณฑิตวิทยาลัย, สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง. 82 น.

อุมา แสงคร้าม และ ลำพึง พุ่มจันทร์. 2550. ผลของระยะเวลาการแช่น้ำและการเก็บรักษาต่อปริมาณสารโอรีซานอลในข้าวกล้องงอก. วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยมหาสารคาม ฉบับพิเศษ. น. 392 – 401.

AACC. 2000. Approved Methods of the American Association of Cereal Chemists. 10th ed. American Association of Cereal Chemists, St. Paul, Minnesota.

Bucci, R., A.D Magri, A.L. Magri and F. Marini. 2003. Comparison of three spectrophotometric methods for determination of γ-oryzanol in rice bran oil. Anal Bioanal Chem. 375: 1254 – 1259.

Himmelsbach, D.S., J.T. Manful and R.D. Coker. 2008. Change in rice with Variable Temperature Parboiling: Thermal and Spectroscopic Assessment 85 (3): 384 – 390.

Komatsuzaki, N., K. Tsukahara, H. Toyoshima, T. Suzuki, N. Shimizu and T. Kimura. 2007. Effect of Soaking and Gaseous treatment on GABA content in germinated brown rice. J. Food Eng. 78 (2): 556 – 560.

Saikusa, T., T. Horino and Y. Mori. 1994. Accumulation of gamma - aminobutyric acid (GABA) in rice germ during water soaking. Bioscience, Biotechnology and Biochemistry 58(12): 2291 - 2292.