ผลของ pH เวลา และอุณหภูมิต่อปริมาณกรดแกมมาอะมิโนบิวทีริก (สารกาบ้า) ของข้าวหลากสายพันธุ์ในพื้นที่ปลูกจังหวัดนครสวรรค์

ณัชฐ์ธพงศ์ เพชรอำไพ* และ ศิริกาญจนา ศิรินนทร์

ศูนย์ห้องปฏิบัติการ หน่วยวิจัย เครื่องมือวิทยาศาสตร์ และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยมหิดล วิทยาเขตนครสวรรค์ 402/1 หมู่ 5 ตำบลเขาทอง อำเภอพยุหะคีรี จังหวัดนครสวรรค์ 60130

รับบทความ 25 มกราคม 2567 แก้ไขบทความ 23 กันยายน 2567 ตอบรับบทความ 15 ตุลาคม 2567

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของ pH อุณหภูมิ และระยะเวลาในการแช่ และการงอกต่อปริมาณกรดแกมมาอะมิโนบิวทีริกของข้าวที่ปลูกในจังหวัดนครสวรรค์จำนวน 26 สายพันธุ์ โดยใช้ข้าวพันธุ์ปทุมธานี1 เป็นพันธุ์อ้างอิงสภาวะที่เหมาะสมในสารละลายบัฟเฟอร์ (pH4, pH5, pH6, pH7) และน้ำ อุณหภูมิ (35, 40 และ 45 องศาเซลเซียส) และเวลาในการแช่ (3, 8 และ 12 ชั่วโมง) และเวลาในการงอก (24, 36 และ 48 ชั่วโมง) ที่แตกต่างกัน จากนั้นนำไปอบแห้งที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส จนแห้งเพื่อหยุดการงอกของข้าว พบว่าสภาวะแช่ข้าว ในสารละลายบัฟเฟอร์ pH5 อุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 8 ชั่วโมง ส่งผลให้ข้าวมีปริมาณสารกาบ้าสูงสุดในเมล็ดข้าวแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($p<0.05$) ในขณะที่สภาวะข้าวงอกมีปริมาณกาบ้าสูงสุดคือ ในสารละลายบัฟเฟอร์ pH5 อุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 36 ชั่วโมง แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($p<0.05$) จากนั้นทำการทดสอบในข้าวทั้ง 26 สายพันธุ์ ภายใต้สภาวะดังกล่าว พบว่า ข้าวที่มีกาบ้าสูงสุด ได้แก่ ข้าวพันธุ์หอมมะลิ105 มีปริมาณกาบ้าในช่วงแช่ข้าว และช่วงข้าวงอกเท่ากับ 12.79±0.12 และ 20.47±0.35 ppm ตามลำดับ ข้าวพันธุ์จ้าวขาวเจ๊กมีปริมาณกาบ้าในช่วงแช่ข้าวต่ำสุด(10.17±0.15 ppm) และข้าวพันธุ์ กข47 มีปริมาณกาบ้าในช่วงข้าวงอกต่ำสุด (11.58±0.15 ppm) ดังนั้นสภาวะเหมาะสมที่ข้าวมีปริมาณสาร กาบ้าสูงสุด เมื่อข้าวงอกในสารละลายบัฟเฟอร์ pH5 อุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 36 ชั่วโมง แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ 0.05

คำสำคัญ : ข้าว; กาบ้า; การแช่; การงอก

** ผู้นิพนธ์ประสานงาน โทร: +669 8829 2494, ไปรษณีย์อิเล็กทรอนิกส์: natth1977@gmail.com*

Effect of pH, Time and Temperature Affecting Gamma-Aminobutyric Acid (GABA) Content of Various Rice Varieties in Plantation Areas, Nakhon Sawan Province

Natthapong Pechampai* and Sirikanjana Sirinon

Laboratory Center, Research Unit, Instruments and Technology, Mahidol University, Nakhonsawan
402/1 Moo 5, Khao Thong Subdistrict, Phayuha Khiri District, Nakhon Sawan Province, 60130

Received 25 January 2024; Revised 23 September 2024; Accepted 15 October 2024

Abstract

The objective of this research was to study the effect of pH, temperature, soaking time, and germination on the gamma-aminobutyric acid (GABA) content of 26 varieties of rice grown in Nakhon Sawan Province. The rice seeds of the Pathum Thani1 variety were soaked in various buffer solutions (pH4, pH5, pH6, pH7) and water at different temperatures (35, 40, and 45 ℃) and for varying soaking times (3, 8, and 12 hours) and different germination times (24, 36, and 48 hours). Afterward, the rice was dried at a temperature of 50 ℃ until dry to stop the germination of rice. The results indicated that soaking the rice in a pH 5 buffer solution at 40℃ for 8 hours led to the highest GABA content in rice grains and was significantly different ($p < 0.05$). Additionally, the germinated rice condition with the highest GABA content was in the pH5 buffer solution at a temperature of 40℃ for 36 hours and was also significantly different ($p<0.05$). Following this, all 26 rice varieties were tested using the Pathum Thani1 rice variety as a reference. Under these conditions, it was found that KDML105 had the highest GABA content during both the rice soaking period (12.79±0.12 ppm) and rice germination (20.47±0.35 ppm). In contrast, Jao Khao Jek rice had the lowest GABA content during rice soaking (10.17±0.15 ppm), and rice variety RD47 had the lowest GABA content during rice germination (11.58±0.15 ppm). In conclusion, the optimal conditions for rice to have the highest GABA content during germination were found to be in a pH 5 buffer solution at a temperature of 40℃ for 36 hours and the difference was statistically significant at the 0.05 level.

Keywords: Rice; GABA; Soaking; Germination

*** Corresponding Author. Tel.: +669 8829 2494, E-mail Address: natth1977@gmail.com***

1. บทนำ

ข้าวที่นิยมปลูกเพื่อบริโภคมี 2 ชนิด คือ ข้าวปลูกเอเชีย (*Oryza sativa* L.) และข้าวปลูกแอฟริกา (*Oryza glaberrima* Steud) ในประเทศไทยนั้นข้าวมีความหลากหลายสายพันธุ์ ซึ่งแต่ละสายพันธุ์ มีลักษณะที่แตกต่างกัน คนไทยนิยมบริโภคข้าวอยู่ 2 ชนิดคือ ข้าวเจ้า และข้าวเหนียว ขึ้นอยู่กับวัฒนธรรมในแต่ละภูมิภาคพื้นถิ่นดั่งเดิมมา ทั้งข้าวเจ้า และข้าวเหนียวก็จำแนกได้หลายประเภทหลากหลายสายพันธุ์ ที่มีการปรับปรุงพันธุ์มาแต่ ดั่งเดิมจนถึงปัจจุบัน คนไทยในพื้นที่ภาคเหนือตอนล่างภาคกลางตอนบนก็นิยมบริโภครับประทานข้าวเป็นอาหารหลักเช่นกันด้วย ซึ่งในประเทศไทยร้อยละ 80 ของพื้นที่การเกษตรทั้งหมด (107.24 ล้านไร่) เป็นพื้นที่นาปลูกข้าวถึง 71.88 ล้านไร่ ในจังหวัดนครสวรรค์มีพื้นที่ 130 ตำบล 15 อำเภอ มีเกษตรกรทำนาประมาณ 117,148 ราย มีพื้นที่ ทำนา 2.98 ล้านไร่ จำแนกเป็นข้าวนาปี และนาปรัง เท่ากับ 2.56 และ 0.42 ล้านไร่ ตามลำดับ [1] มีความต้องการใช้เมล็ดข้าวพันธุ์ดี ประมาณ 56,000 ตันต่อปี [2] ชาวนาในเขตพื้นที่ ภาคเหนือตอนล่าง และภาคกลางตอนบน มีการพัฒนาศักยภาพในการรวมกลุ่มกันเพื่อพัฒนาการปลูกข้าวโดยใช้ความรู้ทางวิทยาศาสตร์เข้ามาประยุกต์เพื่อให้ได้สารโภชนเภสัชที่สำคัญในการบริโภค สารสำคัญที่มีอยู่ในข้าวได้แก่ สารกาบ้า (Gamma-aminobutyric acid; GABA) โดยในพืชถูกพบครั้งแรกในเนื้อเยื่อของมันฝรั่ง และต่อมาก็มีการค้นพบสารชนิดนี้ในพืชผักชนิดต่าง ๆ เช่น ผักโขม มะเขือเทศ ผักเคล บล็อคโคลี่ มันหวาน เห็ดชิตาเกะ เกาลัด ชาขาว กะหล่ำปลี หน่อไม้ฝรั่ง และยังพบสารนี้ในผลไม้ เช่น องุ่น แอปเปิ้ล และพบในเมล็ดธัญพืช เช่น ข้าวสาลี ข้าวบาร์เลย์ ข้าวกล้องงอก ถั่วเหลือง และพบในเมล็ดธัญพืชที่เพาะงอกซึ่งจะให้สารกาบ้าสูง [3]

สารกาบ้าเป็นกรดอะมิโนที่ไม่จำเป็น (Non-essential Amino Acid) ชนิดหนึ่งที่ผลิตจากกระบวนการดีคาร์บ๊อกซิเลชั่น (Decarboxylation) ของกรดกลูตามิก (Glutamic acid) โดยวิตามินไพรีด๊อกซอล (Vitamin Pyridoxal) พบมากในสมองและตาของมนุษย์ ที่มีบทบาทสำคัญเป็นสารสื่อประสาท (Neurotransmitter) ประเภทยับยั้ง (Inhibitor) ในระบบประสาทส่วนกลางของมนุษย์ ทำหน้าที่ในการรักษาสมดุลของสมองช่วยทำให้สมองเกิดการผ่อนคลาย ซึ่งเกิดจากกระบวนการทางธรรมชาติที่เปลี่ยนสารกลูตาเมท (Glutamate) ในสมองเป็นสารกาบ้า [4] อย่างไรก็ตามสารกาบ้านั้นเป็นที่รู้จักกันมานานแล้วในหลายประเทศสามารถพบได้ทั่วไปตามธรรมชาติของอาหารหลายประเภทที่มีปริมาณแตกต่างกันไป และด้วยความเป็นธรรมชาตินี้เองจึงมีปริมาณไม่คงที่ และไม่เพียงพอต่อความต้องการที่จะทำให้เกิดผลตามที่ผู้บริโภคคาดหวัง ดังนั้นจึงมีการเติมสารกาบ้าลงในผลิตภัณฑ์อาหารชนิดต่าง ๆ เพื่อให้ผู้บริโภคได้รับในปริมาณที่เพียงพออย่างแท้จริง [5] สารกาบ้า มีบทบาทสำคัญในการทำหน้าที่ช่วยลดความตึงเครียด ลดอาการวิตกกังวล ลดอาการซึมเศร้า ลดอาการแปรปรวนของอารมณ์ช่วงประจำเดือน ทำให้นอนหลับได้ดีขึ้น ป้องกันโรคที่เกี่ยวกับสารสื่อประสาท เช่น อัลไซเมอร์ หรือพาร์กินสัน ชะลอความเสื่อมของเซลล์ ป้องกันการเกิดมะเร็ง ควบคุมการเคลื่อนไหวช่วยให้ผ่อนคลาย (Relaxation) รักษาสมดุลในสมองที่ได้รับการกระตุ้นทำให้สมองเกิดการผ่อนคลายจากกระบวนการทางธรรมชาติที่เปลี่ยนสารกลูตาเมท [6] ในสมองเป็นสารกาบ้า จึงเรียกอีกอย่างหนึ่งว่า เป็นสารธรรมชาติในสมองที่ช่วยให้สงบ (Brain's Natural Calming Agent) ช่วยในการรักษาโรคลมบ้าหมู และความดันโลหิตสูง ถ้ามีสารกาบ้าต่ำจะทำให้เกิดอาการชักได้ ในผู้ที่มีพฤติกรรมคลุ้มคลั่ง (Manic Behavior) ลุกลี้ลุกลน (Acute Agitation) สารกาบ้าจะทำให้ผู้ป่วยสงบจึงมีฤทธิ์คล้ายยากล่อมประสาทแต่ไม่ทำให้ติดยา [7] ซึ่งปริมาณสารกาบ้าในข้าวแต่ละชนิดแต่ละสายพันธุ์ก็มี

ปริมาณที่ไม่เท่ากันขึ้นอยู่กับหลายปัจจัย เช่นชนิดพันธุ์ข้าว สภาวะแวดล้อมของการปลูก กระบวนการในขั้นตอนการแช่และการงอกของเมล็ดข้าวเป็นต้น [8] โดยผลจากการศึกษาปริมาณสารกาบ้าในข้าวเพาะงอกที่ระยะเวลาต่าง ๆ ของข้าว 5 สายพันธุ์คือ มะลิ105, พิษณุโลก2, สุพรรณบุรี1, ชัยนาท1 และปทุมธานี1 พบว่าในเมล็ดข้าวจะมีปริมาณสารกาบ้าสูงขึ้นในระหว่างการงอก และสูงที่สุดในการงอกเป็นเวลา 20 วัน หลังจากนั้นปริมาณกาบ้าจะค่อย ๆ ลดลง ซึ่งผลการวิจัยนี้แสดงให้เห็นว่าเมล็ดข้าวมีระยะเวลาที่ให้ปริมาณสารกาบ้าสูงที่เหมาะสมต่อการบริโภค [9] และมีการศึกษาปริมาณสารกาบ้าในข้าวเหนียวพันธุ์ กข 6 พบว่าข้าวเหนียวที่ผ่านการแช่น้ำจะมีปริมาณของสารกาบ้าเพิ่มขึ้น นอกจากนี้ยังมีรายงานการศึกษาปริมาณสารกาบ้าในข้าวกล้องงอกพบว่าค่าเฉลี่ยปริมาณสารกาบ้าของข้าวเพิ่มขึ้นและสูงที่สุดที่การบ่มเป็นเวลา 24 ชั่วโมง จากนั้นปริมาณสารกาบ้าจะลดลงที่ระยะเวลาการบ่มเพิ่มขึ้น [10] ซึ่งจากการศึกษาผลการวิจัยในข้าวจึงพบว่า อุณหภูมิ และระยะเวลาในการแช่ข้าวและการงอกมีผลต่อ ปริมาณสารกาบ้า [11] และ pH ของสารละลายที่ใช้ในการแช่และการงอกก็มีผลต่อปริมาณสารกาบ้า [12] โดยในการทำวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยได้ศึกษาผลของค่าความเป็นกรดด่าง อุณหภูมิ และระยะเวลาในการแช่ ต่อปริมาณกรดแกมมาอะมิโนบิวทีริกของข้าวหลากสายพันธุ์ในพื้นที่ปลูกในจังหวัดนครสวรรค์

2. ระเบียบวิธีวิจัย

วางแผนการทดลองแบบ Randomized Complete Block Design (RCBD) ทำการทดลอง 3 ซ้ำ โดยศึกษาปริมาณสารกาบ้าในสภาวะที่เหมาะสมช่วง pH อุณหภูมิ ระยะเวลา (การแช่และการงอก) แล้วทำการเปรียบเทียบปริมาณสารกาบ้า โดยทำการศึกษาค้นคว้าสำรวจข้อมูลพันธุ์ข้าวในพื้นที่ 130 ตำบล 15 อำเภอ ในจังหวัดนครสวรรค์ ทำการเก็บตัวอย่างพันธุ์ข้าวที่ใช้ปลูกจากเกษตรกรชาวนา ศึกษาสภาวะที่เหมาะสมในการแช่และการงอกของข้าว ที่มีผลต่อปริมาณสารกาบ้าของข้าวหลากสายพันธุ์ในพื้นที่ปลูกในจังหวัดนครสวรรค์

2.1 การเตรียมวัตถุดิบข้าวกล้องงอก

การเก็บตัวอย่างพันธุ์ข้าว ขณะเก็บเกี่ยวความชื้น 20 เปอร์เซ็นต์ ปริมาณ 500 กรัม จำนวน 26 ตัวอย่าง 26 สายพันธุ์ (ตารางที่ 1) จากนั้นนำไปกะเทาะเปลือกออกเพื่อนำเมล็ดข้าวไปเตรียมเป็นสารละลายตัวอย่างข้าว

ตารางที่ 1 พันธุ์ข้าวที่ปลูกในจังหวัดนครสวรรค์

Rice sample group	Rice varieties
Photoperiod sensitivity Rice	Black glutinous, Daeng Noi, Khao Kamnan, Ha Ruang, Hawm Bai Tuey62, Chor Ratri, Hom Khaojek, KDML105, Khao Dawk Mali, Khao Tha Phra, Niaw dang, Niaw Wan, Nok Na, Phra Vet, San pah tawng, Sinlek,
Non-photoperiod sensitivity Rice	Hom Nin, Pathum Thani1, Phitsanulok2, RD31, RD41, RD47, RD49, Red Jasmine, Riceberry, Suphan Buri1

Source: Subdistrict Agriculture Office, District and Nakhon Sawan Province (2014)

2.2 การตรวจวิเคราะห์ปริมาณสารกาบา โดยดัดแปลงวิธีของ KittaoKa and Nakano (1967)

การเตรียมสารละลายมาตรฐาน Gamma-aminobutyric acid (GABA) ที่ความเข้มข้น 0.5, 1.0,

1.5 และ 3.0 มิลลิกรัม ในน้ำ 100 มิลลิลิตร วัดค่าดูดกลืนแสงของสารที่ความยาวคลื่น 630 นาโนเมตร โดยทำการวัด 3 ซ้ำ แล้วสร้างกราฟมาตรฐาน

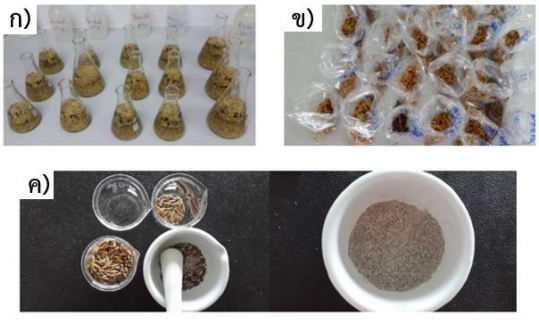
การเตรียมตัวอย่าง น้ำเมล็ดข้าวมาบดให้ละเอียดเป็นผงแป้งขนาด 3-5 ไมครอน โดยชั่งแป้งข้าว 3 กรัม สกัดในสารละลาย Ethanol เข้มข้น 80 เปอร์เซ็นต์ 10 มิลลิลิตร เพื่อเตรียมเป็นสารละลายตัวอย่างข้าวแล้วนำไปวัดค่าการดูดกลืนแสง โดยทำการวัด 3 ซ้ำ ด้วยเครื่อง Spectrophotometer (ยี่ห้อ CECIL รุ่น CE1011 1000 Series ผลิตจากประเทศอังกฤษ) ที่ความยาวคลื่น 630 นาโนเมตร ดัดแปลงตามวิธีของ KittaoKa and Nakano (1967) เพื่อวิเคราะห์หาปริมาณสารกาบ้าในสภาวะที่เหมาะสม [13]

2.3 การศึกษาผลของ pH อุณหภูมิ และระยะเวลาในการแช่ข้าว และช่วงข้าวงอก

ศึกษาสภาวะที่เหมาะสมในการแช่ข้าว ทำได้โดยเตรียมตัวอย่างพันธุ์ข้าว 100 กรัม โดยผู้วิจัยเลือกใช้ข้าวพันธุ์ปทุมธานี 1 ที่มีปลูกทั่วไปทุกภูมิภาค เป็นพันธุ์อ้างอิงสภาวะที่เหมาะสม โดยทำการแช่ข้าวใน Citrate buffer ที่ pH 4, 5, 6, 7 และน้ำ อย่างละ 20 กรัม (รูปที่ 1ก) เป็นเวลา 3, 8 และ 12 ชั่วโมง ที่อุณหภูมิ 35, 40 และ 45 องศาเซลเซียส จากนั้นนำเมล็ดข้าวมา 10 กรัม อบที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส จนแห้งเพื่อหยุดการงอกของข้าว กะเทาะเปลือกออกแล้วนำไปบดจนเป็นผงแป้งขนาด 3-5 ไมครอน เพื่อเตรียมเป็นสารละลายตัวอย่างข้าว และวิเคราะห์หาปริมาณสารกาบ้าจะได้สภาวะเหมาะสมที่ข้าวมีปริมาณสารกาบ้าสูงสุดของช่วงการแช่ข้าว

ศึกษาสภาวะที่เหมาะสมในช่วงข้าวงอก นำเมล็ดข้าวที่เหลือของข้าวในสภาวะเหมาะสมในสารละลายบัฟเฟอร์ที่มีปริมาณสารกาบ้าสูงสุดของช่วงการแช่ข้าว มา 10 กรัม (รูปที่ 1ข) ทำให้ข้าวงอกต่อเป็นเวลา 24, 36 และ 48 ชั่วโมง ที่อุณหภูมิ 35, 40 และ 45 องศาเซลเซียส อบที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส จนแห้งเพื่อหยุดการงอกของข้าวกะเทาะเปลือกออก แล้วนำไปบดจนเป็นผงแป้งขนาด 3-5 ไมครอน เพื่อเตรียมเป็นสารละลายตัวอย่างข้าว และวิเคราะห์หาปริมาณสารกาบ้า

วิเคราะห์ปริมาณสารกาบ้าในเมล็ดข้าวที่งอกจากการแช่น้ำ นำเมล็ดข้าวที่เหลือจากการแช่ข้าวในน้ำในสภาวะแช่ข้าวที่ได้ปริมาณการบ้าสูงสุด 10 กรัม มาทำให้ข้าวงอกต่อในน้ำ (วัดค่า pH ประมาณ 7.5) เป็นเวลา 24, 36 และ 48 ชั่วโมง ที่อุณหภูมิ 35, 40 และ 45 องศาเซลเซียส จากนั้นอบที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส จนแห้งเพื่อหยุดการงอกของข้าวกะเทาะเปลือกออก แล้วนำไปบดจนเป็นผงแป้งขนาด 3-5 ไมครอน (รูปที่ 1ค) เตรียมเป็นสารละลายตัวอย่างข้าว และวิเคราะห์หาปริมาณสารกาบ้า



รูปที่ 1 ก) การแช่ข้าวในสารละลายบัฟเฟอร์ ข) ข้าวที่ได้จากการอบที่ 50 องศาเซลเซียส เพื่อหยุดการงอก ค) แป้งข้าวที่ได้จากการบด

วิเคราะห์ปริมาณสารกาบ้า ในพันธุ์ข้าวปลูกพื้นที่ในจังหวัดนครสวรรค์ จำนวน 26 สายพันธุ์ ดังแสดงใน (ตารางที่ 1) ในสภาวะที่เหมาะสม (ช่วง pH อุณหภูมิ และระยะเวลาแช่) ได้ปริมาณสารกาบ้าสูงสุด เปรียบเทียบปริมาณสารกาบ้าของข้าวแต่ละสายพันธุ์

2.4 สถิติและการวางแผนการทดลอง

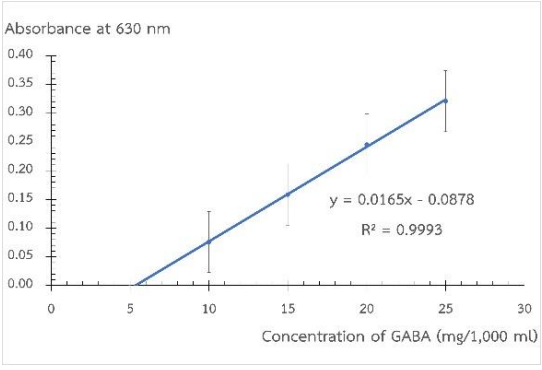
วิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ ทำการวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติโดยใช้วิธี Analysis of Variance (ANOVA

เปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ย โดยวิธี Duncan's new multiple range test (DMRT) ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

3. ผลการศึกษาและอภิปรายผล

3.1 ผลการวิเคราะห์ค่าการดูดกลืนแสงของสารละลายมาตรฐาน Gamma-aminobutyric acid (GABA)

โดยให้แกน X เป็นความเข้มข้นและ แกน y เป็นค่าการดูดกลืนแสงที่ 630 นาโนเมตร โดยสมการของกราฟมาตรฐาน Y=0.0165X-0.0878 มีค่า R Square เท่ากับ 0.9993 (รูปที่ 2)



รูปที่ 2 กราฟมาตรฐานแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าการดูดกลืนแสง และปริมาณความเข้มข้นของกาบ้า

3.2 ผลการวิเคราะห์หาปริมาณสารกาบ้า Gamma-aminobutyric acid (GABA) ในสภาวะช่วงแช่ข้าว

ในสภาวะช่วงแช่ข้าว โดยใช้ข้าวพันธุ์ปทุมธานี1 เป็นพันธุ์อ้างอิง พบว่าในสภาวะช่วงแช่ข้าวใน Citrate buffer pH4 ข้าวมีสารกาบ้าสูงสุดที่อุณหภูมิ 35 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 3 ชั่วโมงมีปริมาณสารกาบ้า 11.91 ppm, Citrate buffer pH5 ข้าวมีสารกาบ้าสูงสุดที่อุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 8 ชั่วโมง มีปริมาณสารกาบ้า 16.47 ppm, Citrate buffer pH6 ข้าวมีสารกาบ้าสูงสุดที่อุณหภูมิ 45 และ 40 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 3 ชั่วโมง มีปริมาณสารกาบ้า 15.32 และ 15.20 ppm ตามลำดับ และที่อุณหภูมิ 35 เป็นเวลา 8 ชั่วโมง มีปริมาณสารกาบ้า 15.30 ppm, Citrate buffer pH7 ข้าวมีสาร กาบ้าสูงสุดที่อุณหภูมิที่อุณหภูมิ 35 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 3 ชั่วโมง มีปริมาณสารกาบ้า 14.03 ppm และในน้ำ ข้าวมีสารกาบ้าสูงสุดที่อุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 8 ชั่วโมง มีปริมาณสารกาบ้า 16.03 ppm (ตารางที่ 2) แสดงให้เห็นว่าอุณหภูมิ ค่าpH และเวลา มีผลต่อปริมาณสารกาบ้าที่แตกต่างในสภาวะที่ต่างกันของการแช่ข้าว โดยพบว่า การแช่ข้าวใน Citrate buffer pH5 ข้าวมีสารกาบ้าสูงสุด ซึ่งจากรายงานการศึกษาวิจัย พบว่าระยะเวลา อุณหภูมิ และค่า pH ของสารละลายในการแช่ข้าวมีผลต่อปริมาณสารกาบ้า [12], [14]

ตารางที่ 2 การวิเคราะห์หาปริมาณสารกาบ้า Gamma-aminobutyric acid (GABA) ในสภาวะช่วงแช่ข้าว

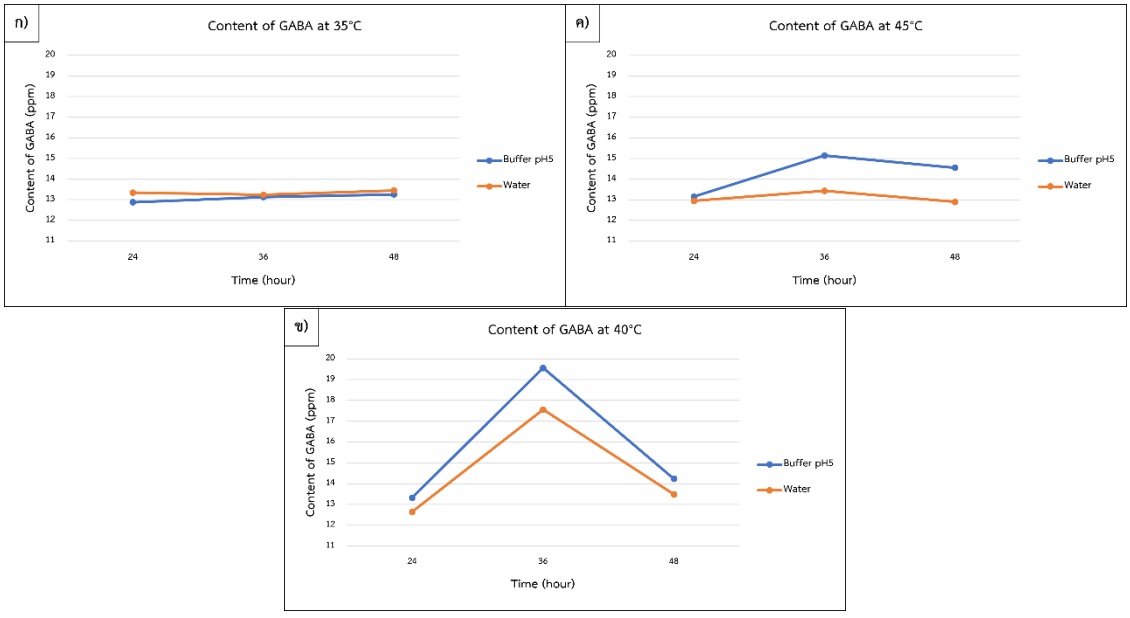
Temperature (°C)	Buffer pH4	Buffer pH5	Buffer pH6	Buffer pH7	Water
	Time (3hr)				(ppm)
35	11.91±0.36 a	9.44±0.06 g	14.65±0.13 b	14.03±0.09 a	14.74±0.10 b
40	9.99±0.06 d	13.02±0.06 c	15.20±0.12 a	12.96±0.12 e	13.99±0.12 c
45	9.44±0.06 e	12.33±0.09 d	15.32±0.12 a	13.42±0.13 cd	14.84±0.06 b
	Time (8hr)				(ppm)
35	10.86±0.07 b	6.23±0.06 h	15.30±0.15 a	13.56±0.06 bc	13.54±0.09 d
40	10.59±0.06 c	16.47±0.10 a	14.65±0.07 b	12.29±0.12 f	16.03±0.09 a
45	8.47±0.06 g	13.62±0.06 b	12.41±0.06 c	12.29±0.06 f	14.78±0.06 b

Temperature (°C)	Buffer pH4	Buffer pH5	Buffer pH6	Buffer pH7	Water
	Time (12hr)				(ppm)
35	9.12±0.09 f	9.66±0.10 f	12.45±0.09 c	12.19±0.09 f	9.73±0.10 g
40	8.56±0.06 g	11.83±0.06 e	9.40±0.09 d	13.32±0.06 d	11.79±0.10 f
45	10.84±0.06 b	11.83±0.06 e	14.59±0.13 b	13.60±0.09 b	12.41±0.06 e
F-Test	*	*	*	*	*
% C.V.	0.980	0.654	0.774	0.699	0.659

* = Significant difference at probability level 0.05

3.3 ผลการวิเคราะห์หาปริมาณสารกาบ้าในสภาวะช่วงข้าวงอก

โดยใช้ข้าวพันธุ์ปทุมธานี1 เป็นพันธุ์อ้างอิง พบว่าในสภาวะช่วงข้าวงอก Citrate buffer pH5 ข้าวมีสารกาบ้าสูงสุดที่อุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 36 ชั่วโมง มีปริมาณสารกาบ้า 19.56 ppm และในน้ำข้าวมีสารกาบ้าสูงสุดที่อุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 36 ชั่วโมง มีปริมาณสารกาบ้า 17.56 ppm (ตารางที่ 3) แสดงให้เห็นว่าอุณหภูมิ ค่าpH และเวลา มีผลต่อปริมาณสารกาบ้าที่แตกต่างในสภาวะที่ต่างกันของช่วงข้าวงอก โดยพบว่า การข้าวงอกใน Citrate buffer pH5 ที่อุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 36 ชั่วโมง มีปริมาณสารกาบ้าสูงสุด (รูปที่ 2ข) ซึ่งจากรายงานการศึกษาวิจัย พบว่าระยะเวลา อุณหภูมิ และค่า pH ของสารละลายในสภาวะช่วงข้าวงอกมีผลต่อปริมาณสารกาบ้า [14]



รูปที่ 2 ก) ปริมาณสารกาบ้าที่อุณหภูมิ 35 องศาเซลเซียส ข) ปริมาณสารกาบ้าที่อุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส ค) ปริมาณสารกาบ้าที่อุณหภูมิ 45 องศาเซลเซียส

ตารางที่ 3 การวิเคราะห์หาปริมาณสารกาบ้า Gamma-aminobutyric acid (GABA) ในสภาวะช่วงข้าวงอก

Temperature (°C)	24hr	36hr	48hr
	Buffer pH5		(ppm)
35	12.88±0.15 b	13.13±0.09 d	13.26±0.09 b
40	13.32±0.06 a	19.56±0.06 a	14.23±0.15 a
45	13.15±0.06 a	15.14±0.15 c	14.55±0.10 a
	Water		(ppm)
35	13.34±0.09 a	13.24±0.06 d	13.45±0.15 b
40	12.64±0.09 b	17.56±0.06 b	13.48±0.09 b
45	12.95±0.10 b	13.43±0.10 d	12.90±0.12 c
F-Test	*	*	*
% C.V.	0.705	0.587	0.855

* = Significant difference at probability level 0.05

3.4 เปรียบเทียบปริมาณสารกาบ้า Gamma-aminobutyric acid (GABA) ในช่วงแช่ข้าวกับช่วงข้าวงอก

ในช่วงแช่ข้าว (40 องศาเซลเซียส, 8 ชั่วโมง) และช่วงข้าวงอก (40 องศาเซลเซียส, 36 ชั่วโมง) ในสารละลาย buffer pH5 และน้ำ ซึ่งเป็นสภาวะที่ให้สารการบ้าสูงสุด ของข้าวแต่ละสายพันธุ์พบว่า ข้าวที่มีปริมาณสารกาบ้าสูงสุดคือ ข้าวพันธุ์มะลิ 105 ที่สภาวะข้าวงอกในสารละลาย Citrate buffer pH5 ที่อุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 36 ชั่วโมง มีปริมาณสารกาบ้า 20.47 ppm (ตารางที่ 4) แสดงให้เห็นว่าข้าวแต่ละสายพันธุ์มีปริมาณสารการบ้าสูงสุดในสภาวะที่แตกต่างกัน โดยข้าวทุกสายพันธุ์จะมีปริมาณสารกาบ้าสูงสุดในช่วงข้าวงอกในสารละลาย Citrate buffer pH5 ซึ่งจากรายงานการวิจัยพบว่า สภาวะแช่ข้าว (40 องศาเซลเซียส, 8 ชั่วโมง) และช่วงข้าวงอก (40 องศาเซลเซียส, 36 ชั่วโมง) ในสารละลายกรดอ่อน pH5-6 เป็นช่วงค่า pH ที่ให้ปริมาณสารกาบ้าสูงกว่าในช่วงค่า pH อื่น ซึ่งสารละลายน้ำมีค่า pH7-8 ดังนั้นสภาวะแช่ข้าว และช่วงข้าวงอก ในสารละลาย Citrate buffer pH5 จึงมีปริมาณสารกาบ้าสูงกว่าในน้ำ [14]

ตารางที่ 4 การเปรียบเทียบปริมาณสารกาบ้า Gamma-aminobutyric acid (GABA) ในช่วงแช่ข้าว กับช่วงข้าวงอก

Conditions	Soak in (40°C, 8hr)		Germinate in (40°C, 36hr)		F-Test	% C.V.
Rice varieties (ppm)	buffer pH5	water	buffer pH5	water		
Black glutinous	11.38 b	10.17 d	12.59 a	10.78 c	*	0.008
Chor Ratri	11.18 c	9.97 d	18.25 a	12.59 b	*	0.035
Daeng Noi	10.78 c	9.76 d	18.65 a	13.20 b	*	0.015
Ha Ruang	11.38 b	10.17 d	13.40 a	10.78 c	*	0.011
Hawm Bai Tuey62	11.38 c	10.17 d	19.06 a	12.59 b	*	0.008
Hom Khaojek	10.17 c	9.97 c	12.59 a	10.78 b	*	0.014

Conditions	Soak in (40°C, 8hr)		Germinate in (40°C, 36hr)		F-Test	% C.V.
Rice varieties (ppm)	buffer pH5	water	buffer pH5	water		
Hom Nin	12.19 c	10.58 d	19.67 a	14.82 b	*	0.043
KDML105	12.79 c	10.78 d	20.47 a	15.02 b	*	0.032
Khao Dawk Mali	11.38 c	10.17 d	18.85 a	12.79 b	*	0.019
Khao Kamnan	10.78 b	10.17 c	12.39 a	10.98 b	*	0.025
Khao Tha Phra	11.38 b	9.56 d	12.79 a	10.78 c	*	0.011
Niaw dang	11.38 c	10.17 d	18.85 a	13.40 b	*	0.018
Niaw Wan	11.38 b	10.17 d	13.20 a	10.78 c	*	0.018
Nok Na	11.38 b	9.56 d	12.59 a	10.78 c	*	0.018
Pathum Thani1	12.19 c	11.18 d	19.46 a	14.41 b	*	0.032
Phitsanulok2	11.38 b	9.56 d	13.20 a	10.98 c	*	0.013
Phra Vet	11.18 b	9.76 c	12.59 a	10.78 b	*	0.028
RD31	11.18 b	8.55 c	12.79 a	10.78 b	*	0.041
RD41	11.18 b	9.56 c	11.79 a	10.78 b	*	0.025
RD47	10.98 b	10.17 c	11.58 a	10.98 b	*	0.039
RD49	11.38 b	9.76 c	12.59 a	10.98 b	*	0.028
Red Jasmine	11.18 c	10.37 d	18.25 a	14.01 b	*	0.045
Riceberry	11.99 c	10.58 d	19.46 a	14.61 b	*	0.031
San pah tawng	11.38 b	9.97 d	13.40 a	10.78 c	*	0.025
Sinlek	10.98 c	9.76 d	17.64 a	13.40 b	*	0.047
Suphan Buri1	11.38 b	9.56 d	11.99 a	10.78 c	*	0.008

* = Significant difference at probability level 0.05

3.5 เปรียบเทียบปริมาณสารกาบ้า Gamma-aminobutyric acid (GABA) ของพันธุ์ข้าวในจังหวัดนครสวรรค์

ในสารละลาย Citrate buffer pH5 ที่อุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 36 ชั่วโมง (เป็นสภาวะที่เหมาะสมที่ข้าวมีปริมาณสารกาบ้าสูงสุด) พบว่าข้าวพันธุ์มะลิ 105 มีปริมาณสารกาบ้าสูงสุดเท่ากับ 20.47 ppm ส่วนข้าวพันธุ์ กข 47 เป็นข้าวพันธุ์ที่มีปริมาณสารกาบ้าต่ำสุดเท่ากับ 11.58 ppm (ตารางที่ 5) จะเห็นได้ว่าข้าวแต่ละสายพันธุ์มีปริมาณสารกาบ้าที่แตกต่างกัน โดยพันธุ์ข้าวปลูกพื้นที่ในจังหวัดนครสวรรค์ที่มีปริมาณสารกาบ้าสูงได้แก่ KDML105, Pathum Thani 1, Khao Dawk Mali, Chor Ratri และ Ha Ruang ตามลำดับ จึงควรส่งเสริมเพื่อเป็นตัวเลือกให้เกษตรกร นำข้าวไปแปรรูปเป็นข้าวที่มีสารกาบ้าสูงในการขายเพื่อสร้างมูลค่าและรายได้ให้กับเกษตรกรต่อไป

ตารางที่ 5 การเปรียบเทียบปริมาณสารกาบ้า Gamma-aminobutyric acid (GABA) ของพันธุ์ข้าวในจังหวัดนครสวรรค์

Rice varieties	GABA (ppm)	Rice varieties	GABA (ppm)	Rice varieties	GABA (ppm)
KDML105	20.47 a	Hom Nin	19.67 b	Riceberry	19.46 bc
Pathum Thani 1	19.46 bc	Hawm Bai Tuey62	19.06 cd	Niaw dang	18.85 d
Khao Dawk Mali	18.85 d	Daeng Noi	18.65 de	Red Jasmine	18.25 e
Chor Ratri	18.25 e	Sinlek	17.64 f	San pah tawng	13.40 g
Ha Ruang	13.40 g	Niaw Wan	13.20 gh	Phitsanulok 2	13.20 gh
RD31	12.79 hi	Khao Tha Phra	12.79 hi	Black glutinous	12.59 i
RD49	12.59 i	Phra Vet	12.59 i	Hom Khaojek	12.59 i
Nok Na	12.59 i	Khao Kamnan	12.39 ij	Suphan Buri 1	11.99 jk
RD41	11.79 k	RD47	11.58 k	F-Test	*
				% C.V.	1.595

* = Significant difference at probability level 0.05

4. สรุป

สภาวะที่ข้าวมีปริมาณสารกาบ้าสูงสุดคือ ที่สภาวะข้าวงอกในสารละลาย Citrate buffer pH5 ที่อุณหภูมิ 40องศาเซลเซียส เป็นเวลา 36 ชั่วโมง โดยข้าวพันธุ์มะลิ 105 มีปริมาณสารกาบ้าสูงสุดเท่ากับ 20.47±0.35 ppm ข้าวพันธุ์ กข 47 มีปริมาณสารกาบ้าต่ำสุดเท่ากับ 11.58±0.15 ppm ซึ่งจากการทดสอบนี้ทำให้ทราบถึง อุณหภูมิ ความเป็นกรดด่าง ระยะเวลาในการแช่ข้าวมีผลต่อปริมาณกรดแกมมาอะมิโนบิวทีริก (สารกาบ้า) ของข้าวหลากสายพันธุ์ ซึ่งแต่ละสายพันธุ์จะมีปริมาณกรดแกมมาอะมิโนบิวทีริกที่แตกต่างกัน เป็นประโยชน์ในการเลือกกรรมวิธีที่เหมาะสมในขั้นตอนการสกัดกรดแกรมมาอะมิโนบิทีริกมาใช้ประโยชน์เป็นโภชนเภสัชสาร

5. กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณ ศูนย์ห้องปฏิบัติการ หน่วยวิจัยเครื่องมือวิทยาศาสตร์ และเทคโนโลยี โครงการจัดตั้งวิทยาเขตนครสวรรค์ มหาวิทยาลัยมหิดล ที่ให้ความอนุเคราะห์ ห้องปฏิบัติการ วัสดุอุปกรณ์ เครื่องมือ ในการทำวิจัย และขอขอบคุณ มหาวิทยาลัยมหิดล ที่ให้ทุนสนับสนุนการทำผลงานเพื่อพัฒนางานของบุคลากร ช่วยให้การวิจัยในครั้งนี้สำเร็จได้ด้วยดี

6. เอกสารอ้างอิง

[1] Nakhon Sawan Provincial Agriculture and Cooperatives Office, “Basic information about Nakhon Sawan Province,” [Online]. Available: https://www.opsmoac.go.th/nakhonsawan-dwl-preview-412991791898. [Accessed: Jun. 30, 2023].

[2] Office of Agricultural Economics, “Weekly production and marketing situation, August 14–20, 2023,” [Online]. Available: https://shorturl.asia/krsKE. [Accessed: Aug. 21, 2023].

[3] B. J. Shelp, A. W. Bown, and M. D. McLean, "Metabolism and functions of gamma-aminobutyric acid," *Trends in*

Plant Science, vol. 4, no. 11, pp. 446-452, Nov. 1999.

[4] K. Ploysri, "GABA and stress relief" [Online]. Available: https://archives.mfu.ac.th/database/files/original/ff8b8171db88d8597c56851246617aaf.pdf. [Accessed: Jul. 8, 2012].

[5] Q. Zhang, J. Xiang, L. Zhang, X. Zhu, J. Evers, W. V. D. Werf, and L. Duan, "Optimizing soaking and germination conditions to improve gammaaminobutyric acid content in japonica and indica germinated brown rice," *Journal of Functional Foods*, vol. 10, pp. 283-291, Sep. 2014.

[6] P. Tungtrakul, W. Varanyanond, V. Surojanametakul, and L. Wattanasiritham, "Accumulation of gamma-Aminobutyric acid (GABA) in non-waxy and waxy rice germ during water soaking," in *Proceedings of the 32th Congress on Science and Technology of Thailand*, Bangkok, Thailand, 2006.

[7] C. Sovaphan, K. Jangchud, and P. Tungtrakul, "Effect of germination conditions on pasting properties and gaba content of germinated brown rice flour produced from paddy rice," in *Proceedings of 49th Kasetsart University Annual Conference: Agro-Industry*, Bangkok, Thailand, 2011, pp. 250-257.

[8] E. Khampang, O. Kerdchoechuen, and N. Laohakunjit, "Changes of nutrition and bioactive compounds of fermented soybean," *Agricultural Science Journal*, vol 41, no. 3/1(Suppl.), pp. 589-592, 2010.

[9] N. Bouche and H. Fromm, "GABA in plants: just a metabolite?," *Trends in Plant Science*, vol. 9, no. 3, pp. 110-115, Mar. 2004.

[10] M. Diana, J. Quilez, and M. Rafecas, "Gamma-aminobutyric acid as a bioactive compound in foods: a review," *Journal of Functional Foods*, vol. 10, pp. 407-420, Sep. 2014.

[11] P. Annoey, H. Niamsup, S. Lumyong, S. Tajima, M. Nomura, and G. Chairote, "y-Aminobutyric acid (GABA) accumulations in rice during germination," *Chiang Mai Journal of Science,* vol. 37, no. 1, pp. 124-133, 2010.

[12] N. Laokuldilok, S. Khumpan, T. Prom-in, N. Chokumnoyporn, and N. Damrongwattanagool, "Optimal Condition for Glutinous Brown Rice 'RD6' Germination and Application in Puffed Rice Snack Products," *Journal of Agriculture, Faculty of Agriculture, Chiang Mai University,* vol. 34, no. 2, pp. 297–309, 2018.

[13] D. Karladee and S. Suriyong, "y-Aminobutyric acid (GABA) content in different varieties of brown rice during

germination," *Science Asia,* vol. 38, pp. 13-17, 2012.

[14] *Research report,* Effects of temperature soaking, germination and cooking to thiamine GABA, antioxidants in sungyod malts and parboiled germinated brown rice, Faculty of Science and Fisheries Technology, RMUTSV, Trang, 2013.