



การประชุมวิชาการสมาคมวิศวกรรมเกษตรแห่งประเทศไทย

ระดับชาติ ครั้งที่ 20 วันที่ 14-15 มีนาคม 2562

ณ โรงแรมฮาร์ตริค พัทยา จังหวัดชลบุรี

Available online at [www.tsaе.asia](http://www.tsaе.asia)

การเปรียบเทียบวิธีการแช่ข้าวเปลือกในน้ำนิ่งและโดยให้น้ำไหลผ่านข้าวเปลือกของการผลิตข้าวกล้องงอกที่มีต่อปริมาณ GABA และคุณภาพข้าวกล้อง

Comparison of Soaking Procedures in Stagnant Water and Circulating Water through Paddy of Brown Rice Germination on GABA Quantity and Other Qualities

ศิริรัตน์ พิลาวุธ<sup>1\*</sup>, ธนากร บุณเพชร<sup>1</sup>, จิรพงษ์ แสนศักดิ์<sup>1</sup>, เชิดศักดิ์ ศิริหาล้า<sup>1</sup>, วีรยุทธ จีเพช<sup>1</sup>, พิศาล หมั่นแก้ว<sup>1</sup>, Sirorat Pilawut<sup>1\*</sup>, Thanakorn Buranapet<sup>1</sup>, Jirapong saen-sakdi<sup>1</sup>, Cherdasak Sirila<sup>1</sup>, Veerayut Jeepet<sup>1</sup>, and Pisal Muenkaew<sup>1</sup>,

<sup>1</sup>สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องจักรกลเกษตร คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน วิทยาเขตขอนแก่น, ขอนแก่น, 40000

<sup>1</sup>Program of Agricultural Machinery Engineering, Faculty of Engineering, Rajamangala University of Technology ISAN Khonkaen Campus

\*Corresponding author: Tel: +66-8-9715-0977, E-mail: [sirorat.pilawut@gmail.com](mailto:sirorat.pilawut@gmail.com)

#### บทคัดย่อ

การศึกษานี้มีวัตถุประสงค์เพื่อเปรียบเทียบผลของระยะเวลาในการแช่ข้าวเปลือกและวิธีการแช่ของการผลิตข้าวกล้องงอก 2 วิธี คือ แช่ข้าวเปลือกในน้ำนิ่งและแช่โดยให้น้ำไหลผ่านข้าวเปลือก ที่มีผลต่อปริมาณสาร Gamma-aminobutyric acid (GABA) ความยาวราก และคุณภาพข้าวกล้องด้านร้อยละข้าวกล้องรวม ค่าความแตกต่างสี และความเหลืองของข้าวกล้อง โดยทั้งสองวิธีแปรค่าระยะเวลาในการแช่ 9 ระดับ คือ 32 40 48 56 64 72 80 88 และ 96 ชั่วโมง ควบคุมปริมาณน้ำ 10 เท่าของข้าวเปลือกโดยน้ำหนัก อุณหภูมิน้ำ 35 องศาเซลเซียส และข้าวเปลือกที่ผ่านการแช่น้ำแล้วนำไปเพาะงอก 30 ชั่วโมง ข้าวเปลือกที่ใช้ทดสอบเป็นข้าวพันธุ์ข้าวดอกมะลิ 105 ผลการศึกษาพบว่า การแช่ข้าวทั้งสองวิธีให้ปริมาณสาร GABA เพิ่มขึ้นเมื่อระยะเวลาในการแช่ข้าวเพิ่มขึ้นจาก 32 ถึง 80 ชั่วโมง และการแช่โดยให้น้ำไหลผ่านข้าวเปลือกให้ปริมาณสาร GABA มากกว่าการแช่ข้าวในน้ำนิ่ง เมื่อระยะเวลาในการแช่ข้าวเพิ่มขึ้นจาก 32 ถึง 80 ชั่วโมง

คำสำคัญ: GABA, กระบวนการแช่, ข้าวกล้องงอก

#### Abstract

The objective of this study was to compare the effect of soaking time by 2 methods of grain watering in the soaking process of germinated brown rice, i.e. soaking in stagnant water and circulating water through grains, on the content of Gamma-aminobutyric acid (GABA), root length and brown rice quality (percentage of total brown rice, color difference and yellowness of brown rice). The soaking time varied from 32 to 96 hours in 8 hours increments for each soaking method. The water quantity was set constant at 10 times of paddy weight. The water temperature was kept constant at 35 °C. After soaking, the wet paddy was sacked and kept at room temperature for 30 hours. The Khao Dok Mali 105 rice variety was chosen for this study. The results showed that the GABA content of paddy rice under circulation method was higher for soaking times from 32 to 80 hours. The higher the soaking time, the higher the GABA content in both watering methods for soaking times from 32 to 80 hours.

Keywords: GABA, Soaking Procedures, Germinated Brown Rice

#### 1 บทนำ

ข้าวเป็นอาหารที่มีความสำคัญต่อประชากรกว่าครึ่งหนึ่งของโลก และเป็นพืชที่มีความสำคัญมากของประเทศไทย ทั้งทางเศรษฐกิจ สังคม และการเมือง ปี พ.ศ. 2561 ข้าวไทยมีผลผลิตรวม 30 ล้านตันข้าวเปลือก ส่งออกในรูปแบบข้าวสารกว่า 10 ล้านตัน

คิดเป็นมูลค่าประมาณ 180 พันล้านบาท ซึ่งส่วนหนึ่งของการส่งออกข้าวสารนั้นเป็นข้าวสารคุณภาพดีรวมข้าวกล้อง ประมาณ 5 ล้านตัน (Department of Foreign Trade, 2019)

ข้าวกล้องงอก ประกอบด้วยสารอาหารจำนวนมาก เช่น ใยอาหาร กรดไฟติก วิตามินซี วิตามินอี และ GABA (gamma

aminobutyric acid) ซึ่งเป็นสารสื่อประสาท (Neurotransmitter) ป้องกันเส้นโลหิตในสมองแตก ช่วยบำรุงเซลล์สมอง รวมทั้งป้องกันโรค Alzheimer และนอกจากนี้ยังช่วยป้องกันโรคต่างๆ เช่น โรคมะเร็งและเบาหวาน ได้ (Shoichi, 2004) และเมื่อนำข้าวกล้องมาแช่น้ำแล้วทำให้งอก มีการค้นพบว่าทำให้ข้าวที่ได้มีสารอาหาร โดยเฉพาะสาร GABA เพิ่มขึ้น โดยปัจจุบันในการค้าอาหารสุขภาพจากข้าวนั้นได้เน้นการพัฒนาผลิตภัณฑ์ข้าวให้ได้คุณค่าทางอาหารมากขึ้นโดยเฉพาะสาร GABA จากการใช้วัตถุดิบที่เป็นข้าวกล้อง แล้วนำมาผ่านกระบวนการแช่น้ำ การทำให้งอก การหยุดงอก ทำให้แห้ง กะเทาะ และบรรจุเป็นผลิตภัณฑ์ ซึ่งในแต่ละกระบวนการผลิตข้าวกล้องงอกนั้น มีปัจจัยที่มีผลต่อปริมาณสาร GABA ในข้าวกล้องหลายอย่างด้วยกัน อาทิ อุณหภูมิและระยะเวลาในกระบวนการแช่และกระบวนการเพาะงอก เป็นต้น โดยปัจจัยต่างๆ ดังกล่าวยังคงเป็นความลับทางการค้า และได้เคยมีการศึกษา มาบ้างแล้ว อาทิ จารุรัตน์ และคณะ (2550) ศึกษาผลของกระบวนการแช่และการงอกต่อปริมาณสาร GABA ในข้าวกล้องงอกหอมมะลิ วรรณช (2551) ศึกษาหาสภาวะที่เหมาะสมในการงอกเพื่อให้ได้ปริมาณสาร GABA มากที่สุด พัชรี และคณะ (2550) ศึกษาวิธีการเพิ่มปริมาณสาร GABA ในคัพภะ (จุกข้าว) ข้าวเจ้า Komatsuzaki et al. (2007) ศึกษาผลของกระบวนการแช่และการกำจัดจุลินทรีย์ต่อปริมาณสาร GABA ในข้าวกล้องงอกศราวดี และคณะ (2553) ออกแบบและสร้างเครื่องผลิตข้าวกล้องงอกขนาดเล็กในครัวเรือน และวารุณี และคณะ (2548) ศึกษากรรมวิธีการเพิ่มปริมาณแกมมา-แอมิโน บิวเทริกแอซิดในคัพภะของข้าว เป็นต้น

ภาคอีสานของประเทศไทยมีการแปรรูปข้าวแบบภูมิปัญญาท้องถิ่นโดยการทำข้าวเปลือกงอกหรือภาษาท้องถิ่นเรียกว่า “ข้าวฮาง” จึงมีผู้เริ่มศึกษาปริมาณสาร GABA จากข้าวเปลือกงอก โดยพบว่า ได้ปริมาณสาร GABA มากกว่าการใช้วัตถุดิบจากข้าวกล้องงอกถึง 2 เท่า (ชาญวิทย์ และคณะ, 2552) ซึ่งเป็นการศึกษาเพียงบางปัจจัยเท่านั้น

กระบวนการผลิตข้าวเปลือกงอกปัจจุบัน ผู้ผลิตจะนำข้าวเปลือกมาแช่น้ำในน้ำนิ่ง เป็นเวลาประมาณ 24-48 ชม. เพื่อให้งอก (ขึ้นกับกลุ่มผู้ผลิต) แล้วนำข้าวเปลือกดังกล่าวขึ้นจากน้ำนำไปเพาะความงอกในกระสอบข้าวในสภาวะอากาศแวดล้อมปกติ ประมาณ 24-48 ชม. (ขึ้นกับกลุ่มผู้ผลิต) ซึ่งจะมีรากงอกออกมาเล็กน้อย ต่อจากนั้นจะนำข้าวเปลือกดังกล่าวไปนึ่ง ลดความชื้น และนำไปสีเป็นข้าวกล้องงอก ตามลำดับ ซึ่งสามารถสรุปกระบวนการผลิตข้าวกล้องงอกแบบต่าง ๆ ได้ดังภาพ Figure 1 โดยในภาพดังกล่าวประกอบด้วย (a) วิธีดั้งเดิม (Toyoshima et al., 2004) (b) วิธีที่ถูกพัฒนาขึ้น (Komatsuzaki, 2007) (c) วิธีเพาะให้งอกขณะแช่น้ำ และ (d) วิธีเพาะให้งอกหลังการแช่น้ำ (สำนักงานมาตรฐานสินค้าเกษตรและอาหารแห่งชาติ (มกษ. 4404-2555), 2555)

โดยในกระบวนการแช่ข้าวเปลือกนั้นคาดว่าหากนำข้าวเปลือกแช่น้ำที่มีการถ่ายเทและหมุนเวียนโดยให้น้ำไหลผ่านข้าวอาจได้ผลดีกว่าการแช่ข้าวเปลือกในน้ำนิ่ง จึงเป็นที่มาของการวิจัยในครั้งนี้คือ การเปรียบเทียบวิธีการแช่ข้าวของการผลิตข้าวกล้องงอกที่มีต่อปริมาณ GABA คุณภาพข้าวกล้อง และการงอก

## 2 อุปกรณ์และวิธีการ

### 2.1 วัดคุณสมบัติพื้นฐานข้าวเปลือก

การทดสอบใช้ข้าวเปลือกพันธุ์ข้าวดอกมะลิ 105 มีความชื้นของเมล็ดเฉลี่ยร้อยละฐานเปียก 11.51 ความงอกเริ่มต้นเฉลี่ยร้อยละ 77 ปริมาณสาร GABA เฉลี่ยน้อยกว่า 1.30 ไมโครกรัม/มิลลิลิตร ข้าวกล้องรวมเฉลี่ยร้อยละ 75.36 ข้าวกล้องเต็มเมล็ดเฉลี่ยร้อยละ 63.18 ค่าความเหลืองของข้าวกล้องเฉลี่ย 23.66 ความหนาแน่นของข้าวเปลือกเฉลี่ย 523.40 กรัม/ลิตร และน้ำหนักเมล็ดข้าวเปลือก 1,000 เมล็ด เฉลี่ย 26.29 กรัม ซึ่งค่าดังกล่าวได้จากการวัดคุณสมบัติพื้นฐานข้าวเปลือก ดังนี้

1) ความชื้นเมล็ดข้าวเปลือก (%wb) โดยสุ่มตัวอย่างข้าวเปลือก ชั่งน้ำหนัก 150 g จำนวน 5 ซ้ำ นำมาอบแห้งในตู้อบแห้ง (Memmert Model U15, Germany) ที่อุณหภูมิ 105 °C เป็นเวลา 24 h ตามวิธีมาตรฐาน ASAE Standard (1996) และคำนวณความชื้นเมล็ดข้าวเปลือก (%wb) ได้ตามสมการที่ 1

$$MC (\%wb) = \frac{\text{Loss in weight}}{\text{Weight of Wet Sample}} \times 100 \quad (1)$$

2) ความหนาแน่นของข้าวเปลือก โดยสุ่มตัวอย่างข้าวเปลือก จำนวน 5 ซ้ำ วัดด้วยเครื่องมือ Filling Hopper and Stand (Seedburo Model 151, USA) ด้วยหลักการ Volumetric cups

3) น้ำหนักเมล็ดข้าวเปลือก โดยชั่งน้ำหนักเมล็ดข้าวเปลือก 1,000 เมล็ด ที่ได้จากการสุ่มนับ จำนวน 5 ซ้ำ

4) เปอร์เซ็นต์การงอก โดยสุ่มตัวอย่างข้าวเปลือก 100 เมล็ด จำนวน 5 ซ้ำ นำมาทดสอบความงอกตามมาตรฐานของสมาคมตรวจสอบคุณภาพเมล็ดพันธุ์ระหว่างประเทศ (International Seed Testing Association, ISTA) (ณัฐหทัย, 2547)

5) ปริมาณสาร GABA ร้อยละข้าวกล้องรวม ค่าสีของข้าวกล้อง และความยาวราก ดังจะกล่าวถึงวิธีการวัดในหัวข้อ 2.4 การหาค่าชี้ผลหลังการทดสอบ

### 2.2 ชุดทดสอบ

การศึกษาดำเนินการโดยใช้ชุดทดสอบที่สามารถควบคุมอุณหภูมิของน้ำได้ ซึ่งอุณหภูมิของน้ำควบคุมโดยชุดควบคุมอุณหภูมิอัตโนมัติ (Temperature Controlle รุ่น SFN96, SIGMA) ตลอดจนการทดสอบบันทึกค่าอุณหภูมิ น้ำ อุณหภูมิและ

ความชื้นสัมพัทธ์อากาศด้วยเครื่องบันทึกข้อมูลอัตโนมัติ (Data logger รุ่น LR8400-20 HIOKI, Japan)

### 2.3 การทดสอบ

ข้าวเปลือกที่ใช้ทดสอบทำความสะอาด 3 รอบ ด้วยเครื่องทำความสะอาดเมล็ดพันธุ์ข้าวเปลือก ด้วยความเร็วลม 2.0 เมตร/วินาที เพื่อคัดแยกสิ่งเจือปนและเมล็ดข้าวเปลือกที่ลีบแบนและไม่สามารถออก จากนั้นนำข้าวเปลือกที่สะอาดแล้ว 3 กิโลกรัม ล้างในน้ำสะอาดแล้วบรรจุลงในชุดทดสอบ ทดสอบโดยแปรค่าระยะเวลาในการแช่ 9 ระดับ คือ 32 40 48 56 64 72 80 88 และ 96 ชั่วโมง โดยปัจจัยที่ควบคุมในกระบวนการแช่ ประกอบด้วยปริมาณน้ำ 10 เท่าของข้าวเปลือกโดยน้ำหนัก อุณหภูมิ 35 องศาเซลเซียส และข้าวเปลือกที่ผ่านการแช่น้ำแล้วนำไปเพาะงอกที่สภาวะอากาศแวดล้อมปกติ 30 ชั่วโมง ดังแสดงในภาพ Figure 2

### 2.4 การหาค่าชี้ผลหลังการทดสอบ

การหาค่าชี้ผลต่าง ๆ หลังการทดสอบ ประกอบด้วย

#### 2.4.1 ปริมาณสาร GABA

นำข้าวเปลือกงอกลดความชื้นโดยตากแห้ง (กรมวิชาการเกษตร, สำนักงานเศรษฐกิจอุตสาหกรรม, 2547) สุ่มข้าวเปลือก 250 g จำนวน 3 ตัวอย่าง นำมากะเทาะด้วยเครื่องกะเทาะข้าวเปลือก (SATAKE Model THU356A, Japan) จำนวน 2 รอบ คัดแยกเฉพาะข้าวกล้องนำมาบดด้วยเครื่องบดแบบ Ultra Centrifugal Mill (Retsch Model ZM 200, Germany) ใช้ความเร็วรอบในการบด 6,000 rpm บดผ่านรูตะแกรงขนาด 0.50 mm และนำผงแป้งข้าวกล้องส่งวิเคราะห์ปริมาณสาร GABA ตัวอย่างละ 3 ซ้ำ รวมเป็น 9 ซ้ำ ตามวิธีวิเคราะห์ปริมาณ GABA (สำนักงานมาตรฐานสินค้าเกษตรและอาหารแห่งชาติ (มกษ. 4003-2555), 2555) ด้วยเทคนิค HPLC (High Performance Liquid Chromatography) ณ ห้องปฏิบัติการกลาง คณะเภสัชศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น

#### 2.4.2 ร้อยละข้าวกล้องรวม

สุ่มตัวอย่างข้าวเปลือก 250 g จำนวน 3 ซ้ำ นำมากะเทาะด้วยเครื่องกะเทาะข้าวเปลือก (SATAKE Model THU356A, Japan) จำนวน 2 รอบ นำข้าวเปลือกที่ไม่ถูกกะเทาะซึ่งมีเพียงเล็กน้อยแกะเปลือกด้วยมือ แล้วชั่งน้ำหนักข้าวกล้องที่ได้ทั้งหมดแล้วคำนวณร้อยละข้าวกล้องรวมได้ตามสมการที่ 2

$$\text{ร้อยละข้าวกล้องรวม} = \frac{\text{น้ำหนักข้าวกล้องรวม}}{\text{น้ำหนักข้าวเปลือก}} \times 100 \quad (2)$$

#### 2.4.3 ค่าสีของข้าวกล้อง

นำข้าวกล้องเต็มเมล็ด วัดค่าสีจำนวน 9 ซ้ำ ด้วยเครื่อง Color Reader (Konica Minolta Model CR-10, Japan) ซึ่งวัดค่าสีในระบบ CIE LAB Color Space กำหนดขึ้นโดย Commission International de l' Eclairage แสดงผลเป็นค่า L\* a\* และ b\* โดย L\* บ่งถึงค่าความสว่าง a\* บ่งถึงค่าสีแดงและสีเขียว และ b\* บ่งถึงค่าสีเหลืองและสีน้ำเงิน ในการศึกษานี้ แสดงค่าสีของข้าวกล้องเป็นค่าความเหลืองจากค่าของ b\* เนื่องจากข้าวกล้องโดยทั่วไปมีโทนสีเหลือง และนำค่า L\* a\* และ b\* คำนวณเพื่อหาระดับความแตกต่างสีของตัวอย่างเทียบกับค่าอ้างอิง ( $\Delta E$ ) ตามสมการที่ 3 (Konica Minolta, 1999.)

$$\Delta E = \sqrt{(L_{sam}^* - L_{ref}^*)^2 + (a_{sam}^* - a_{ref}^*)^2 + (b_{sam}^* - b_{ref}^*)^2} \quad (3)$$

#### 2.4.4 ความยาวของราก

ข้าวเปลือกที่ผ่านขั้นตอนการเพาะงอกแล้วนำมาวัดความยาวของรากด้วยอุปกรณ์วัด Absolute Digimatic Caliper (Mitutoyo Model 500-171-20, Japan) โดยสุ่มตัวอย่างข้าวเพื่อวัดความยาวของรากจำนวน 100 เมล็ด 3 ซ้ำ

### 3 ผลและวิจารณ์

ผลการศึกษการเปรียบเทียบวิธีการแช่ข้าวของการผลิตข้าวกล้องงอกเมื่อใช้ระยะเวลาในการแช่ต่างกัน ที่มีต่อปริมาณ GABA คุณภาพข้าวกล้อง และการงอกดังแสดงใน Table 1

ผลการศึกษาเมื่อเปรียบเทียบระหว่างการแช่ข้าวโดยให้น้ำไหลผ่านข้าวเปลือกด้วยอัตราการไหล 3 l/min/kg paddy กับการแช่ข้าวเปลือกในน้ำนิ่งซึ่งเป็นการแช่โดยทั่วไป (อัตราการไหล 0 l/min/kg paddy) พบว่าปริมาณสาร GABA จากทั้ง 2 วิธีมีค่าเพิ่มขึ้นเมื่อเวลาในการแช่มากขึ้น จาก 32 ถึง 80 ชั่วโมง (Figure 3) โดยปริมาณสาร GABA มีค่ามากที่สุด 28.53 mg/100 g เมื่อแช่ข้าวโดยให้น้ำไหลผ่าน 80 ชั่วโมง ในขณะที่การแช่ข้าวในน้ำนิ่งมีปริมาณสาร GABA มากสุด 26.04 mg/100 g ที่ 80 ชั่วโมงเช่นกัน

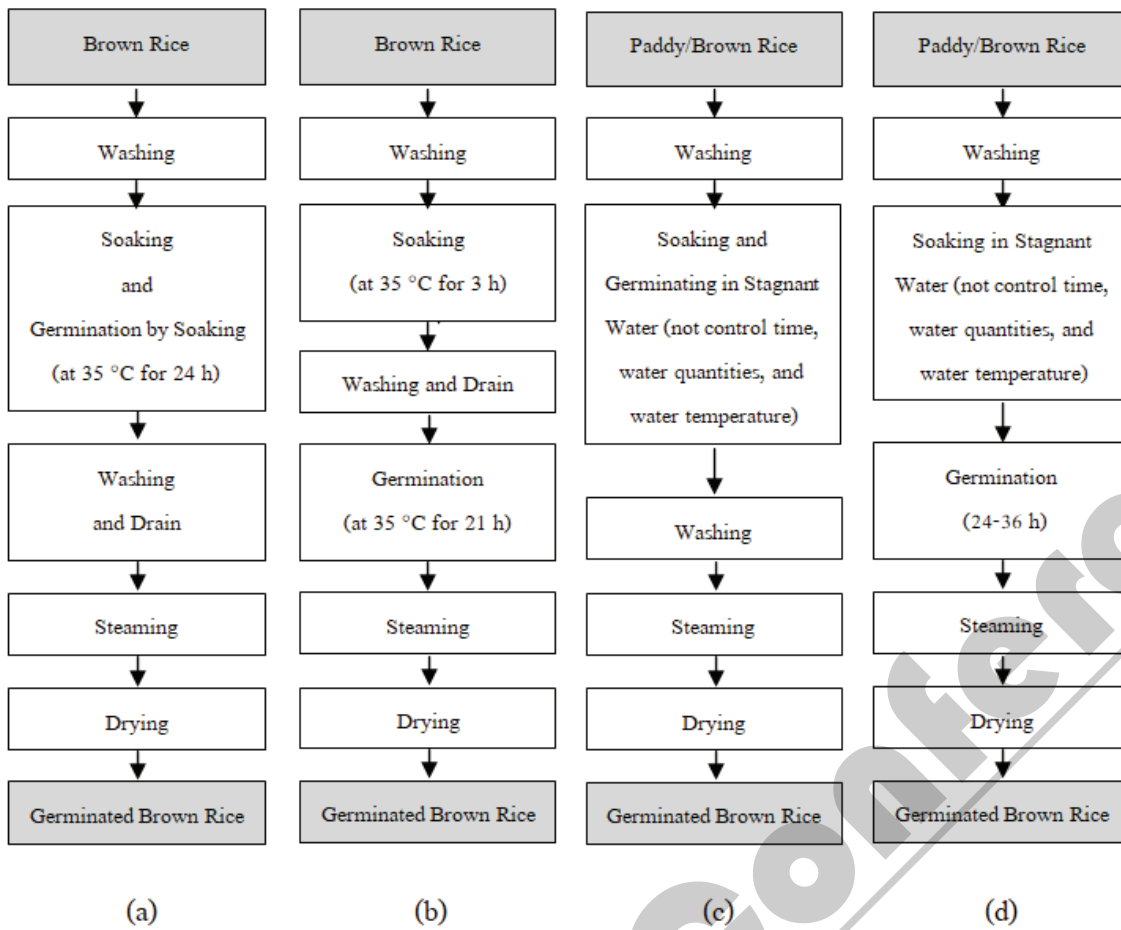


Figure 1 Process for production of germinated brown rice.

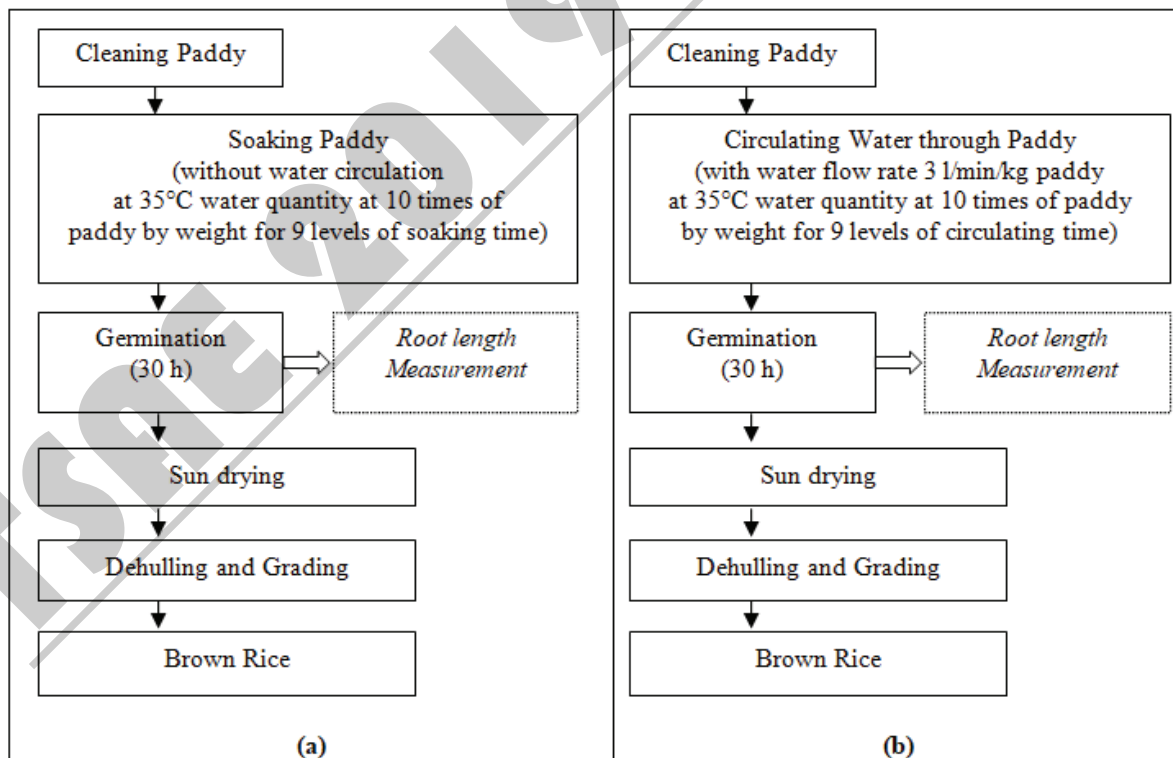


Figure 2 Flowchart of traditional soaking and circulating procedures.

Table 1 Germinated brown rice properties from 2 soaking procedures and 9 soaking periods.

Soaking Time (hr)	Measured Properties					
	GABA (mg/100g rice)		Root Length (mm)		Total Brown Rice (%)	
	Soaking	Circulating	Soaking	Circulating	Soaking	Circulating
32	7.12 <sup>a</sup>	10.05 <sup>b</sup>	0.39 <sup>a</sup>	7.78 <sup>b</sup>	75.07 <sup>b</sup>	72.16 <sup>a</sup>
40	6.30 <sup>a</sup>	12.11 <sup>b</sup>	0.61 <sup>a</sup>	9.49 <sup>b</sup>	74.24 <sup>b</sup>	70.72 <sup>a</sup>
48	12.72 <sup>a</sup>	16.07 <sup>b</sup>	0.84 <sup>a</sup>	10.57 <sup>b</sup>	74.51 <sup>b</sup>	68.57 <sup>a</sup>
56	12.28 <sup>a</sup>	15.24 <sup>b</sup>	0.71 <sup>a</sup>	13.21 <sup>b</sup>	74.81 <sup>b</sup>	64.51 <sup>a</sup>
64	20.49 <sup>a</sup>	20.91 <sup>a</sup>	1.25 <sup>a</sup>	13.60 <sup>b</sup>	74.23 <sup>b</sup>	63.59 <sup>a</sup>
72	18.13 <sup>a</sup>	20.80 <sup>b</sup>	0.91 <sup>a</sup>	13.79 <sup>b</sup>	74.36 <sup>b</sup>	60.97 <sup>a</sup>
80	26.04 <sup>a</sup>	28.53 <sup>b</sup>	1.18 <sup>a</sup>	13.83 <sup>b</sup>	74.39 <sup>b</sup>	61.04 <sup>a</sup>
88	18.56 <sup>b</sup>	15.90 <sup>a</sup>	1.03 <sup>a</sup>	14.53 <sup>b</sup>	74.03 <sup>b</sup>	55.27 <sup>a</sup>
96	18.28 <sup>b</sup>	14.85 <sup>a</sup>	0.89 <sup>a</sup>	14.97 <sup>b</sup>	74.39 <sup>b</sup>	54.47 <sup>a</sup>

Means with different superscripts in the same row for each germinated brown rice property are significant difference ( $p < 0.05$ )

ความยาวราก (Figure 4) เมื่อแช่ข้าวโดยให้น้ำไหลผ่าน (เฉลี่ย 12.42 มิลลิเมตร) มีค่ามากกว่าการแช่ข้าวในน้ำนิ่ง (เฉลี่ย 0.87 มิลลิเมตร) ที่ทุกระยะเวลาในการแช่

ร้อยละข้าวกล้องรวม เมื่อแช่ข้าวโดยให้น้ำไหลผ่านมีค่าต่ำกว่าการแช่ข้าวในน้ำนิ่งสำหรับทุกอุณหภูมินี้ สำหรับระดับความแตกต่างสีและค่าความเหลือง มีค่าไม่แตกต่างกันเมื่อแช่ข้าวในน้ำนิ่งหรือน้ำไหล ในทุกอุณหภูมินี้

ระดับความแตกต่างสีของข้าวกล้องไม่แตกต่างกันทั้งสองวิธี ในทุกระยะเวลาการแช่ ขณะที่ค่าความเหลือง เมื่อแช่ข้าวโดยให้น้ำไหลผ่าน (เฉลี่ย 21.94 มิลลิเมตร) มีค่าต่ำกว่าการแช่ข้าวในน้ำนิ่งเล็กน้อย (เฉลี่ย 22.78 มิลลิเมตร)

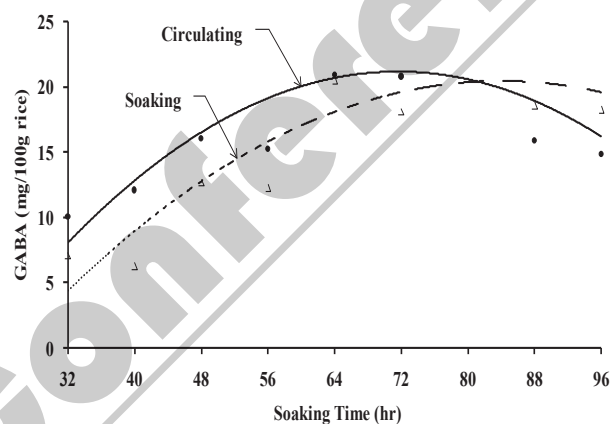


Figure 3 GABA quantities as a function of soaking time.

Table 1 Germinated brown rice properties from 2 soaking procedures and 9 soaking periods. (cont.)

Soaking Time (hr)	Measured Properties					
	Color Difference		Yellowness		Germinated Rough Rice	
	Soaking	Circulating	Soaking	Circulating	Soaking	Circulating
32	2.61 <sup>a</sup>	3.16 <sup>a</sup>	22.38 <sup>a</sup>	22.17 <sup>a</sup>		
40	2.75 <sup>a</sup>	3.32 <sup>a</sup>	22.68 <sup>a</sup>	21.99 <sup>a</sup>		
48	3.60 <sup>a</sup>	2.62 <sup>a</sup>	22.33 <sup>a</sup>	21.93 <sup>a</sup>		
56	2.64 <sup>a</sup>	3.65 <sup>a</sup>	22.23 <sup>a</sup>	21.43 <sup>a</sup>		
64	1.80 <sup>a</sup>	3.43 <sup>a</sup>	23.18 <sup>b</sup>	21.61 <sup>a</sup>		
72	2.50 <sup>a</sup>	3.48 <sup>a</sup>	23.63 <sup>b</sup>	21.36 <sup>a</sup>		
80	2.35 <sup>a</sup>	3.06 <sup>a</sup>	23.03 <sup>a</sup>	22.99 <sup>a</sup>		
88	2.64 <sup>a</sup>	3.32 <sup>a</sup>	22.56 <sup>a</sup>	22.98 <sup>a</sup>		
96	2.84 <sup>a</sup>	3.31 <sup>a</sup>	23.01 <sup>b</sup>	20.98 <sup>a</sup>		

Means with different superscripts in the same row for each germinated brown rice property are significant difference ( $p < 0.05$ )

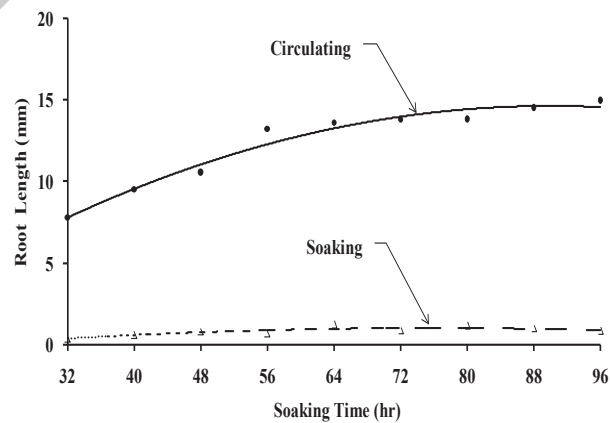


Figure 4 Root lengths as a function of soaking time.

ค่าความยาวของรากที่มีข้อเสนอแนะไว้ในกรปฏิบัติที่ดีสำหรับการผลิตข้าวกล้องงอก ของสำนักงานมาตรฐานสินค้าเกษตรและอาหารแห่งชาติ (มกษ. 4003-2555, 2555) คือเพาะงอกจนเกิดรากยาวประมาณ 0.5-1 mm หรือประมาณ 1-2 mm (ทัศนีย์, 2553) ขึ้นกับเทคนิคการผลิตของผู้ผลิต โดยผลการศึกษานี้มีความยาวรากจากการแช่ข้าวในน้ำนิ่งเฉลี่ย 0.87 มิลลิเมตร ซึ่งสอดคล้องกับความยาวรากของข้าวกล้องงอกที่มีข้อเสนอแนะไว้ดังกล่าวเพื่อใช้สำหรับเป็นผลิตภัณฑ์ข้าวกล้องงอก ขณะที่ความยาวรากจากการแช่ข้าวโดยให้น้ำไหลผ่านมีค่าเฉลี่ย 12.42

มิลลิเมตร ซึ่งมีความยาวกว่ากรณีแช่น้ำนิ่งถึงกว่า 14 เท่า และให้ผลของปริมาณสาร GABA มากกว่าด้วยนั้น อาจเนื่องจากการแช่น้ำในน้ำหมุนเวียนช่วยเพิ่มปริมาณออกซิเจนในน้ำและน้ำไม่มีกลิ่นเหม็นหรือจุลินทรีย์ต่าง ๆ น่าจะส่งผลให้มีอัตราการงอกเร็วขึ้น ความยาวรากจึงมากกว่าการแช่น้ำนิ่ง และน่าจะเหมาะสมต่อการแปรรูปเป็นผงข้าวกล้องงอก

#### 4 สรุป

การเปรียบเทียบระหว่างการแช่ข้าวโดยให้น้ำไหลผ่านข้าวเปลือกด้วยอัตราการไหล 3 l/min/kg paddy กับการแช่ข้าวเปลือกในน้ำนิ่งซึ่งเป็นการแช่โดยทั่วไป (อัตราการไหล 0 l/min/kg paddy) สำหรับการผลิตข้าวกล้องงอกพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 โดยทั้งสองวิธีแปรค่าระยะเวลาในการแช่ 9 ระดับ คือ 32 40 48 56 64 72 80 88 และ 96 ชั่วโมง มีผลให้ปริมาณสาร GABA มากที่สุดที่ 80 ชั่วโมง (28.53mg/100 g) เมื่อแช่ข้าวเปลือกโดยให้น้ำไหลผ่าน และมากกว่าการแช่ข้าวเปลือกในน้ำนิ่งที่ระยะเวลาเดียวกัน (26.04 mg/100 g) ความยาวรากจากการแช่ข้าวเปลือกโดยให้น้ำไหลผ่านมีความยาวกว่า ขณะที่ร้อยละข้าวกล้องรวมและค่าความเหลืองมีค่าน้อยกว่าการแช่น้ำนิ่งเล็กน้อย ส่วนระดับความแตกต่างสีของข้าวกล้องไม่แตกต่างกัน ทั้งสองวิธีในทุกระยะเวลาการแช่

#### 5 กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี วิทยาเขตขอนแก่น ที่สนับสนุนการนำเสนองานวิจัยนี้

#### 6 เอกสารอ้างอิง

American Society of Agricultural Engineers. ASAE Standard 1996: Moisture measurement grain and seeds (method S352.2). MI, USA: American Society of Agricultural Engineers; 1996.

Department of Foreign Trade, Ministry of Commerce, Thailand. [online] 2019 [cited 2019 February 2] from: <http://www.dft.go.th/th-th/DFT-Service/Service-Data-Information/Statistic-Import-Export/Detail-dft-service-data-statistic/ArticleId/12718/12718>

Komatsuzaki N, Tsukahara K, Toyoshima H, Suzuki T, Shimizu N, Kimura T. Effect of soaking and gaseous treatment on GABA content. *Journal of Food Engineering* 2007; 78: 556–560.

Konica Minolta. Color measure manual: CM-3500d Spectrophotometer. Japan: IGHAJ Press; 1999.

Toyoshima H, Ohtsubo K, Okadome H, Tsukahara K, Komatsuzaki N, Kohno T. Germinated brown rice with good safety and cooking property, process for producing the same, and processed food therefrom. United States of America patent 6685979 B1. 2004 February 3.

กรมวิชาการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, สำนักงานเศรษฐกิจอุตสาหกรรม กระทรวงอุตสาหกรรม. คุณภาพและการตรวจสอบข้าวหอมมะลิไทย. กรุงเทพฯ: จีวีเอ็นเอ็กซ์เพรส; 2547.

จารุรัตน์ สันเต, วรณัฐ ศรีเจษฎารักษ์, รัชฎา ตั้งวงศ์ไชย. ผลของกระบวนการแช่ต่อปริมาณสารแกมมาอะมิโนบิวเทริกแอซิดในข้าวกล้องงอก (หอมมะลิ 105). *วารสารวิทยาศาสตร์เกษตร* 2550; 38(5 พิเศษ): 164-167.

ชาญวิทย์ ศรีเพ็ญชัย, อภิชาติ อัจฉริยะ, ทินกร คำแสน. ผลของอุณหภูมิในกระบวนการแช่และกระบวนการงอกของข้าวเปลือก (หอมมะลิ 105) ต่อปริมาณสารแกมมาอะมิโนบิวเทริกแอซิด. ใน: การประชุมวิชาการ ม.อบ. วิจัย ครั้งที่ 3. 2552. หน้า 88-92.

ไชยรัตน์ สัมฉน. สร้างเครื่องผลิตข้าวกล้องงอก พัฒนาคุณภาพน้ำใช้ในครัวเรือน. *ไทยรัฐ [วารสารออนไลน์]* 9 สิงหาคม 2553 [อ้างเมื่อ 5 ธันวาคม 2555]. จาก: <http://www.thairath.co.th/content/edu/102201>

ทัศนีย์ ลิ่มสุวรรณ. ภูมิปัญญาอาหารจากข้าว. กรุงเทพฯ: สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ; 2553. ธีรภัทย์ เอพาณิช. การตรวจสอบคุณภาพเมล็ดพันธุ์. กรุงเทพฯ: สำนักวิจัยพัฒนาเทคโนโลยีชีวภาพ กรมวิชาการเกษตร; 2547.

พัชรี ตั้งตระกูล, วารุณี วาธัญญานนท์, วิภา สุโรจนะเมธากุล, ลัดดา วัฒนศิริธรรม. การเพิ่มปริมาณกรดแกมมา-อะมิโนบิวเทริกในคัพเพาะข้าวเจ้าและข้าวเหนียวโดยการแช่. *อาหาร* 2550; 37(4): 291-296.

วรณัฐ ศรีเจษฎารักษ์. รายงานฉบับสมบูรณ์เรื่องการผลิตสารประกอบทางชีวภาพจากข้าวกล้องงอก. ภาควิชาเทคโนโลยีอาหาร คณะเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยขอนแก่น: 2551.

วารุณี วาธัญญานนท์, วิภา สุโรจนะเมธากุล, พัทรี ตั้งตระกูล. กรรมวิธีการเพิ่มปริมาณแกมมา-อะมิโน บิวเทริกแอซิดในคัพเพาะของข้าว [อนุสิทธิบัตร กรมทรัพย์สินทางปัญญา เลขที่ 1783]. *มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์*; 2548.

สำนักงานมาตรฐานสินค้าเกษตรและอาหารแห่งชาติ กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. มาตรฐานสินค้าเกษตร: การปฏิบัติที่ดีสำหรับการผลิตข้าวกล้องงอก (มกษ. 4404-2555). กรุงเทพฯ: กระทรวงเกษตรและสหกรณ์; 2555.

สำนักงานมาตรฐานสินค้าเกษตรและอาหารแห่งชาติ กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. มาตรฐานสินค้าเกษตร: ข้าวกล้องงอก (มกษ. 4003-2555). กรุงเทพฯ: กระทรวงเกษตรและสหกรณ์; 2555.

อภิชาติ อัจฉริยะ. ผลของกระบวนการแช่ที่มีการเติมสารเร่งและการงอกที่มีผลต่อปริมาณสาร GABA ในข้าวเปลือกงอกหอมมะลิ 105. *วิศวกรรมสาร มช.* 2553; 37(2): 131-139.