ผลของสภาวะอับอากาศที่มีต่อคุณภาพของข้าวเปลือกงอกสายพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105
Effects of Anaerobic Treatment on Quality Attributes of Germinated Paddy *Oryza sativa L.* cv. KDML 105

จักราวุฒิ เตโช[1*] สมชาติ โสภณรณฤทธิ์[2] สมเกียรติ ปรัชญาวรากร[3] สักกมน เทพหัสดิน ณ อยุธยา[4] และสุจิตรา เตโช[5]

Jakkrawut Techo[1*] Somchart Soponronnarit[2] Somkiat Prachayawarakorn[3] Sakamon Devahastin[4] and Sujitra Techo[5]

[1]สาขาวิศวกรรมพลังงาน ภาควิชาเทคโนโลยีอุตสาหกรรม คณะเทคโนโลยีการเกษตรและเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏนครสวรรค์ 398 ถนนสวรรค์วิถี ตำบลนครสวรรค์ตก อำเภอเมืองนครสวรรค์ จังหวัดนครสวรรค์ ประเทศไทย 60000

[2]สายวิชาเทคโนโลยีพลังงาน คณะพลังงานสิ่งแวดล้อมและวัสดุ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี 126 ถนนประชาอุทิศ แขวงบางมด เขตทุ่งครุ กรุงเทพมหานคร 10140

[3]ภาควิชาวิศวกรรมเคมี คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี 126 ถนนประชาอุทิศ แขวงบางมด เขตทุ่งครุ กรุงเทพมหานคร 10140

[4]ภาควิชาวิศวกรรมอาหาร คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี 126 ถนนประชาอุทิศ แขวงบางมด เขตทุ่งครุ กรุงเทพมหานคร 10140

[5]มหาวิทยาลัยมหิดล วิทยาเขตนครสวรรค์ จังหวัดนครสวรรค์ ประเทศไทย 60000

[1]Energy Engineering Program, Division of Industrial Technology, Faculty of Agricultural Technology and Industrial Technology, Nakhon Sawan Rajabhat Universtiy, 398 Nakhon Sawan Tok, Muang, Nakhonsawan 60000, Thailand

[2]Division of Energy Technology, School of Energy, Environment and Materials, King Mongkut's University of Technology Thonburi, 126 Pracha-Uthit Road, Bang Mod, Thung khru, Bangkok 10140, Thailand

[3]Department of Chemical Engineering, Faculty of Engineering, King Mongkut's University of Technology Thonburi, 126 Pracha-Uthit Road, Bang Mod, Thung khru, Bangkok 10140, Thailand

[4]Department of Food Engineering, Faculty of Engineering, King Mongkut's University of Technology Thonburi, 126 Pracha-Uthit Road, Bang Mod, Thung khru, Bangkok 10140, Thailand

[5]Mahidol University Nakhonsawan Campus, Nakhonsawan 60000, Thailand

*Corresponding author: Jakkrawut_engineering@hotmail.com

บทคัดย่อ

กระบวนการงอกสามารถทำให้คุณภาพเนื้อสัมผัสโดยเฉพาะการลดค่าความแข็ง และสามารถเพิ่มปริมาณสารแกมม่าอมิโนบิวทีริกแอซิด (กาบ้า) ได้ แต่อย่างไรก็ตามกระบวนการงอกทำให้เกิดรอยร้าวในเมล็ดข้าวได้ นอกจากนี้กระบวนการงอกในสภาวะอับอากาศยังเพิ่มปริมาณสารกาบ้าได้มากกว่าวิธีการงอกแบบปกติ ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงสนใจที่จะศึกษาเปรียบเทียบการเปลี่ยนแปลงปริมาณสารกาบา คุณภาพเนื้อสัมผัส และเปอร์เซ็นต์การแตกร้าวของข้าวเปลือกงอกหลังผ่านการเพาะงอกในสภาวะอับอากาศ

ซึ่งจากผลการวิจัยพบว่าวิธีการแช่น้ำร่วมกับการให้สภาวะอับอากาศที่เวลาการงอก 72 ชม. ให้ปริมาณสารกาบ้าสูงสุดเท่ากับ 30.19 มก./100 กรัมแห้ง คุณภาพเนื้อสัมผัสในส่วนของค่าความแข็งลดลงจาก 98.82 นิวตัน เหลือ 51.86-74.85 นิวตัน นอกจากนี้ยังพบว่ากระบวนการงอกทำให้การแตกร้าวของเมล็ดข้าวกล้องงอกเพิ่มขึ้น

คำสำคัญ: ปริมาณสารกาบ้า วิธีการเพาะงอก คุณภาพเนื้อสัมผัส เปอร์เซ็นต์การแตกร้าว สภาวะอับอากาศ

Abstract

Germination can improve textural property of cooked rice, especially decreasing of hardness and increase especially gamma-aminobutyric acid (GABA). However, germination can produce fissured kernel in rice. Moreover, anaerobic treatment was also reported to increase the GABA content in rice compared conventional soaking. The objective of this study was therefore to compare changes in the GABA content, textural property and percentage of fissure kernel of germinated rice after anaerobic treatments.

At 72 h of germination, the anaerobic treatment combined soaking produced highest the GABA content, which was 30.19 mg/100 g DW. The hardness of cooked germinated rice was decreased from 98.82 N to 51.86-74.85 N. In addition, the germination process can increase fissured kernel.

Keywords: GABA content, Germination method, Texture Properties, Percentage of fissured kernel, Anaerobic treatment

คำนำ

ปัจจัยที่สำคัญในการพัฒนาประเทศได้แก่คุณภาพชีวิตของประชากร กล่าวคือประชากรต้องได้รับการตอบสนองความต้องการ ทั้งด้านร่างกาย จิตใจ สังคม จนก่อให้เกิดความมีสุขภาพกาย สุขภาพจิตที่ดี เพราะสภาวะสุขภาพที่สมบูรณ์และแข็งแรงของประชากร ย่อมนำไปสู่การมีศักยภาพทั้งด้านสติปัญญา และความคิดสร้างสรรค์ อันเป็นปัจจัยสำคัญในการพัฒนาประเทศชาติให้เจริญก้าวหน้า ผลิตภัณฑ์อาหารเพื่อสุขภาพจึงถูกยอมรับและได้รับความนิยมอย่างกว้างขวาง เนื่องจากประโยชน์ในเรื่องคุณค่าทางโภชนาการที่สูง ช่วยลดความอ้วนและช่วยป้องกันโรคต่างๆ ข้าวกล้องเป็นผลิตภัณฑ์เพื่อสุขภาพที่เป็นที่นิยม เนื่องจากข้าวกล้องเป็นข้าวที่อุดมไปด้วยสารที่สำคัญ เพราะเยื่อหุ้มเมล็ดไม่ได้ถูกขัดสีออกไป โดยสารอาหารที่มีประโยชน์ในข้าวกล้อง เช่น โปรตีน ไขมัน เส้นใยอาหาร วิตามินบี1 วิตามินบี2 แคลเซียม และธาตุเหล็ก ทำให้ข้าวกล้องเป็นที่นิยมบริโภคในกลุ่มผู้บริโภคอาหารเพื่อสุขภาพ ถึงแม้ว่าข้าวกล้องจะมีประโยชน์มากเพียงใด ก็ยังไม่เป็นที่นิยมสำหรับผู้บริโภคทั่วไป เนื่องจากเนื้อสัมผัสของข้าวกล้องภายหลังการหุงต้มที่ค่อนข้างแข็ง

เพื่อแก้ปัญหาดังกล่าวนักวิจัยหลายท่านจึงนำข้าวกล้องมาผ่านกระบวนการทำให้งอก เพื่อกระตุ้นการเจริญเติบโตของเมล็ดข้าว ซึ่งกระบวนการดังกล่าวทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงทางชีวเคมีภายในเมล็ด ส่งผลทำให้เนื้อสัมผัสของข้าวกล้องงอกอ่อนลง (Moongngarm and Saetung. 2010) และยังเกิดสารอาหารที่มีประโยชน์เพิ่มมากขึ้น ได้แก่ กรดเฟอรูลิก (Ferulic acid) (Banchuen et al., 2010) แกมมาโอไรซานอล (γ-oryzanol) โทโคฟีรอล (tocopherol) โทโคไตรอีนอล (tocotrienol) วิตามินและแร่ธาตุต่างๆ (Moongngarm and Saetung. 2010) โดยเฉพาะอย่างยิ่ง พบปริมาณสารกาบ้า แต่อย่างไรก็ตามข้าวกล้องงอกก็มีข้อจำกัดก็คือมีสีเข้ม และความเข้มข้นของสารกาบ้า ซึ่งเป็นสารสื่อในระบบประสาทในน้ำไขสันหลังของสัตว์ที่เลี้ยงลูกด้วยน้ำนม (Iversen, 2004) ยังมีไม่เพียงพอต่อการแสดงกิจกรรมในการรักษาโรคต่างๆ เช่น โรคมะเร็ง โรคอัลไซเมอร์ ป้องกันโรคหัวใจ (Kayahara and Tukahara, 2000) ลดความตึงเครียด รักษากิจกรรมการทำงานของไต ป้องกันความผิดปกติช่วงเปลี่ยนวัยหมดประจำเดือน และช่วยลดความดันโลหิต เป็นต้น จากปัญหาดังกล่าวจึงมีการนำข้าวมาผ่านการงอกแบบทั้งเปลือกโดยทำให้สีข้าวสวยกว่าข้าวกล้องงอกทั่วไป และนำข้าวเปลือกมาอยู่ในสภาวะอับอากาศ หลังจากผ่านการแช่น้ำมาแล้วเป็นระยะเวลาหนึ่งเพื่อเพิ่มปริมาณสารกาบ้าให้สูงขึ้น จากการศึกษาของ Youn et al (2011) พบว่าการควบคุมสภาวะการงอกให้อยู่ในสภาพอับอากาศ (anaerobic condition) ควบคู่กับการให้ความร้อนมีผลทำให้ปริมาณสารกาบ้าใน

ข้าวสาลี (wheat) มีปริมาณเพิ่มขึ้น 40-57 เท่าของปริมาณสารกาบ้าเริ่มต้นและ Thuwapanichayanan et al (2014) พบว่าปริมาณสารกาบ้า ในข้าวเปลือกงอกมีปริมาณเพิ่มขึ้น 29 เท่า

ดังนั้นจุดมุ่งหมายของการศึกษานี้คือ เพื่อศึกษาผลของวิธีการเพาะงอกในสภาวะอับอากาศต่อการเปลี่ยนแปลงปริมาณสารกาบ้า คุณภาพเนื้อสัมผัสหลังการหุงต้ม และเปอร์เซ็นต์การแตกร้าวของข้าวเปลือกงอก

อุปกรณ์และวิธีการ

อุปกรณ์

ข้าวเปลือกงอกเตรียมจากข้าวขาวดอกมะลิ 105 จากศูนย์วิจัยพันธุ์ข้าวราชบุรี ซึ่งเป็นข้าวในกลุ่มอะมิโลสต่ำ (ปริมาณอะมิโลส 10-19%)

การเตรียมตัวอย่างข้าวเปลือกงอก

ล้างข้าวเปลือก 4 กก. ในน้ำให้สะอาด รวมทั้งคัดเมล็ดลีบทิ้ง จากนั้นนำข้าวเปลือกมาแช่น้ำในอ่างน้ำควบคุมอุณหภูมิที่ 35 ซ. เป็นเวลา 72 ชม. อีกทรีตเมนท์หนึ่งนำข้าวเปลือกงอกแช่น้ำที่อุณหภูมิ 35 ซ. เป็นเวลา 24 ชม. แล้วปล่อยให้งอกในสภาวะสภาพอับอากาศเป็นเวลา 48 ชม. ในท่อ PVC ขนาด 3 นิ้ว สูง 30 ซม. มีฝาปิดหัว-ท้าย จากนั้นพันเทปกาวจนรอบกระบอกท่อ PVC เพื่อป้องกันก๊าซออกซิเจนผ่านเข้า-ออก หลังจากนั้นหยุดการงอกโดยการตากแห้ง (Shade drying) เป็นเวลา 3 วันจนกระทั่งความชื้นของข้าวเปลือกงอกลดลงเหลือ 22% (ฐานแห้ง) สุดท้ายนำข้าวไปกระเทาะเปลือก เก็บรักษาตัวอย่างในตู้เย็นที่อุณหภูมิ 4-6 ซ. เพื่อรอการตรวจสอบคุณภาพของข้าวเปลือกงอก

ปริมาณสารกาบ้าของข้าวเปลือกงอก

การทดลองนี้ตรวจวัดปริมาณสารกาบ้าตามวิธีของ Thuwapanichayanan et al (2014) โดยนำตัวอย่างข้าวกล้องงอกมาบดด้วย Ultra centrifugal mill และร่อนผ่านตะแกรงขนาด 120 Mesh จากนั้นนำแป้งข้าวตัวอย่างที่ผ่านการร่อนมา 0.5 กรัม ผสมกับน้ำ 1.8 มล. และ Sulfosalicylic acid 200 ไมโครลิตร ผสมให้เข้ากันด้วยเครื่องเขย่า (shaker) เป็นเวลา 90 นาที นำสารละลายที่ได้ไปแยกด้วยเครื่องปั่นเหวี่ยง (centrifuge) ที่ความเร็ว 4,500 รอบ/นาที เป็นเวลา 20 นาที ปิเปตเอาเฉพาะสารละลายส่วนใส (supernatant) มาทำปฏิกิริยากับ Dabsyl chloride เพื่อให้เกิดสารอนุพันธ์ (derivatives) จากนั้นวิเคราะห์ปริมาณสารกาบ้าด้วยเทคนิค High Performance Liquid Chromatography (HPLC) ใช้คอลัมน์ Supelcosil-LC-DABS ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางภายใน 4.6 มม. ยาว 150 มม. อุณหภูมิคอลัมน์เท่ากับ 35 ซ. ใช้ Acetonitrile เป็นเฟสเคลื่อนที่ซึ่งมีอัตราการไหล 0.8 มล./นาที และใช้ Ultraviolet detector ที่ความยาวคลื่น 465 นาโนเมตร ปริมาณสารกาบ้าจะรายงานค่าเป็น มก.สารกาบ้า/100 กรัมแห้ง

คุณภาพเนื้อสัมผัสของข้าวเปลือกงอก

ทำการกะเทาะเปลือกข้าวออกเป็นข้าวกล้องงอก แล้วนำไปหุงโดยใช้กระป๋องอะลูเนียมโดยใช้อัตราส่วนข้าวกล้องงอก: น้ำ เท่ากับ 1:2 จากนั้นวิเคราะห์ลักษณะเนื้อสัมผัสของข้าวกล้องงอกด้วยเครื่อง texture analyzer โดยนำเมล็ดข้าวจำนวน 12 เมล็ด วางเรียงเป็น 2 แถวโดยวางไว้ใต้ cylindrical probe ที่มีเส้นผ่านศูนย์กลาง 50 มม. เมล็ดข้าวจะถูกกดลงด้วยความเร็ว (pretest speed) 1 มม./วินาที และถูกยกกลับด้วยความเร็ว (posttest speed) 10 มม./วินาที และรายงานผลเป็นค่าความแข็ง (hardness) และค่าความเหนียว (stickiness) ของเมล็ดข้าว ในการทดสอบเนื้อสัมผัสของเมล็ดข้าวจะทำการกด 2 ครั้งเพื่อจำลองให้เหมือนกับการเคี้ยวของมนุษย์ (Chungcharoen et al., 2012) ดังแสดงใน Figure 1

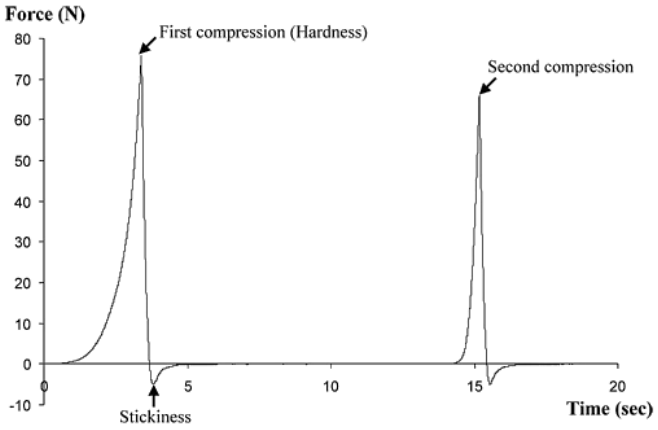

Figure 1 Texture profile of germinated rice (Srisang et al., 2010)

เปอร์เซ็นต์การแตกร้าวของข้าวเปลือกงอก

การตรวจสอบการแตกร้าวของเมล็ดข้าว ทำได้โดยการสุ่มตัวอย่างเมล็ดข้าวกล้องงอกจำนวน 100 เมล็ด และนำมาส่องกับแสงไฟเพื่อสังเกตการแตกร้าวของเมล็ด ถ้าพบการแตกร้าวของเมล็ดจะพิจารณาว่าเป็นเมล็ดร้าว (fissure kernel) จำนวนของเมล็ดข้าวที่เกิดการแตกร้าว แสดงด้วยค่าเปอร์เซ็นต์การแตกร้าวของเมล็ด ในการหาค่าเปอร์เซ็นต์การแตกร้าวของเมล็ดข้าวทำสามซ้ำ และรายงานผลในรูปของค่าเฉลี่ย (Srisang et al., 2010)

ผลการวิจัย

ผลของการแช่น้ำต่อเปอร์เซนต์การงอกของข้าวเปลือก

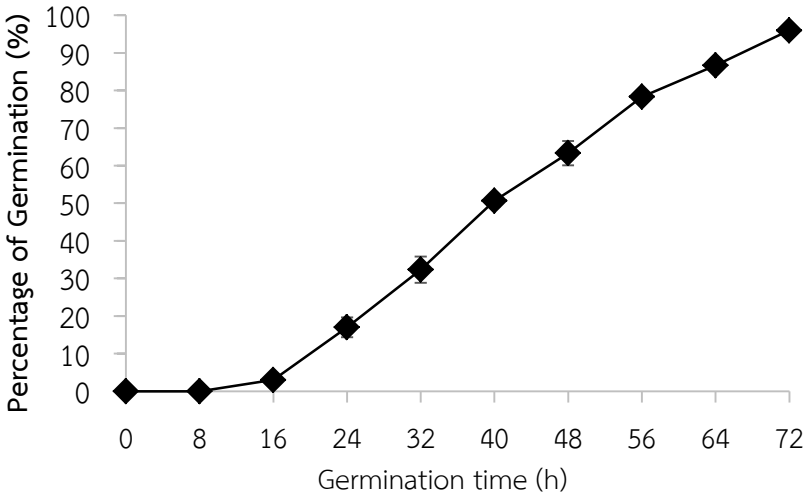

Figure 2 Germination percentage of germinated rice

จากการศึกษาเปอร์เซนต์การงอกของข้าวเปลือกพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 พบว่าในช่วง 16 ชม.แรก เปอร์เซนต์การงอกเท่ากับ 3-5 % หลังจากนั้นเปอร์เซนต์การงอกจะเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วจนกระทั่งที่ 72 ชม. มีเปอร์เซนต์การงอกเท่ากับ 95% ดังแสดงใน Figure 2 ข้าวเปลือกมีความชื้นประมาณ 58.41% (ฐานแห้ง) ที่เวลาการแช่น้ำ 72 ชม. Chungcharoen et al. (2012) รายงานว่าที่เปอร์เซ็นต์การงอกดังกล่าวจะทำให้ได้ปริมาณสารกาบ้าสูงที่สุดเมื่อทำการขยายเวลาเพาะงอกออกไป จะไม่สามารถเพิ่มเปอร์เซนต์การงอกได้มากกว่า 95% เนื่องจากเมล็ดข้าวบางเมล็ดเป็น

เมล็ดที่ไม่สมบูรณ์ โดยในเวลาดังกล่าวข้าวเปลือกงอกจะเกิดการงอกจากส่วนของจมูกข้าวหรือคัพภะ (embryo) จนสามารถสังเกตเห็นเป็นตุ่มเล็ก ๆ ขนาดประมาณ 0.5-2 มม.

ผลของการแช่น้ำและการให้สภาวะอับอากาศต่อปริมาณสารกาบ้า

ปริมาณสารกาบ้าในข้าวเปลือกมีค่าเริ่มต้นเท่ากับ 5.35 มก./100 กรัมแห้ง จากการทดลองพบว่าวิธีการงอกมีผลต่อปริมาณสารกาบ้าอย่างมีนัยสำคัญ โดยวิธีการแช่น้ำร่วมกับการให้สภาวะอับอากาศให้ปริมาณสารกาบ้าสูงกว่าวิธีแช่น้ำ ที่เวลา 72 ชม. ข้าวมีปริมาณสารกาบ้าสูงสุดเท่ากับ 30.19 มก./100 กรัมแห้ง ข้าวที่ผ่านการงอกด้วยวิธีแช่น้ำร่วมกับการให้สภาวะอับอากาศมีปริมาณสารกาบ้าเพิ่มขึ้น 1.2 เท่า และ 5.6 เท่า เมื่อเปรียบเทียบกับข้าวที่ผ่านการงอกด้วยวิธีแช่น้ำและข้าวกล้องที่ไม่ผ่านการงอก ตามลำดับ นอกจากนี้เวลาที่ใช้ในการงอกมีผลต่อการเพิ่มขึ้นต่อปริมาณสารกาบ้าอย่างมีนัยสำคัญ โดยที่เวลาการงอกเท่ากับ 72 ชม. ให้ปริมาณสารกาบ้าสูงที่สุดทั้งวิธีการงอกโดยการแช่น้ำและด้วยวิธีการแช่น้ำร่วมกับการให้สภาวะอับอากาศ ดังแสดงใน Figure 3

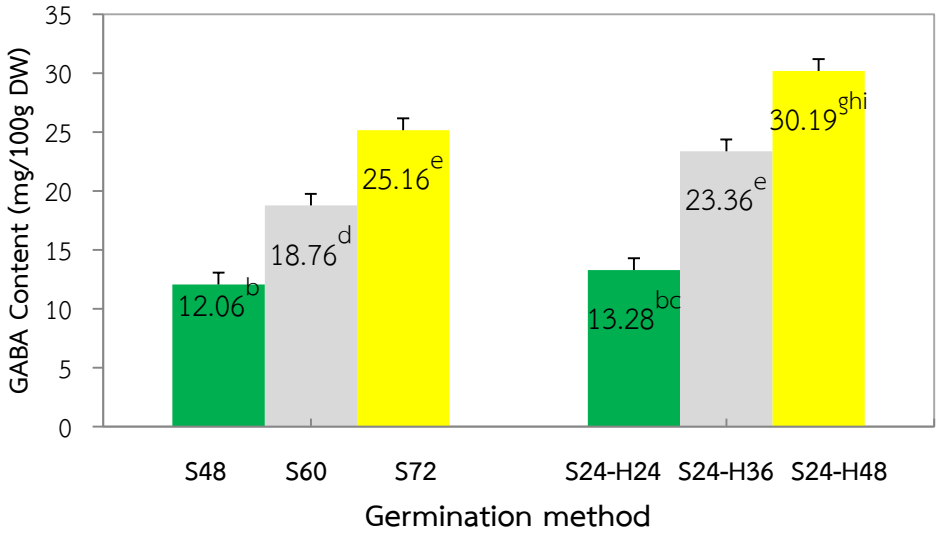

Figure 3 GABA content prepared by different germination method

ผลของการแช่น้ำและการให้สภาวะอับอากาศต่อคุณภาพเนื้อสัมผัส

จาก Table 1 แสดงให้เห็นว่าค่าความแข็งของข้าวกล้องงอกหุงสุกที่เพาะงอกด้วยวิธีต่างๆ มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ โดยข้าวเปลือกงอกที่แช่น้ำเพียงอย่างเดียวมีค่าความแข็งที่น้อยที่สุด ส่วนการแช่น้ำร่วมกับการอับอากาศมีค่าความแข็งรองลงมา และข้าวกล้องหุงสุกที่ไม่ผ่านการเพาะงอกมีค่าความแข็งมากที่สุด อย่างไรก็ตามความเหนียวของข้าวกล้องที่เพาะงอกทั้งสองวิธีไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ โดยความเหนียวมีค่าอยู่ระหว่าง -2.225 ± 0.55 ถึง -2.732 ± 1.43 นิวตัน

Table 1 Textural properties of germinated rice at different germination method.

Germination method	Hardness (N)	Stickiness (N)
Raw rice	98.82 ± 1.78^{c}	-0.915 ± 0.40^{a}
Soaking 72 h	51.86 ± 3.58^{a}	-2.2250. ± 55^{b}
Soaking 24 h + Anaerobic treatment 48 h	74.85 ± 2.49^{b}	-2.732 ± 1.43^{b}

$^{a-c}$Means with different superscripts in the same column are significantly different ($p < 0.05$).

ผลของการแช่น้ำและการให้สภาวะอับอากาศต่อการแตกร้าวของเมล็ดข้าว

ผลการทดลองพบว่า การแตกร้าวของเมล็ดข้าวกล้องงอกหลังผ่านกระบวนการงอกแบบแช่น้ำและแช่น้ำร่วมกับการให้สภาวะอับอากาศมีค่าเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ เมื่อเปรียบเทียบกับข้าวกล้องที่ไม่ผ่านการงอก ดังแสดงใน Table 2

Table 2 Percentage of fissure kernels at different germination method.

Germination method	Percentage of fissure kernel (%)
Raw rice	3% ± 1[a]
Soaking 72 h	62% ± 3[bc]
Soaking 24 h + Anaerobic treatment 48 h	57% ± 4[b]

[a-c] Means with different superscripts in the same column are significantly different ($p < 0.05$).

วิจารณ์ผลการวิจัย

สภาวะอับอากาศ เป็นสภาวะที่ไม่มีก๊าซออกซิเจนหรือก๊าซออกซิเจนน้อย ซึ่งในข้าวบาร์เลย์ที่เพาะงอกในสภาวะอับอากาศจะมีปริมาณสารกาบ้ามากกว่าการนำมางอกในสภาวะปกติ (Chung et al.,2009) นอกจากนี้ยังมีรายงานในข้าวสาลีอีกด้วย (Youn et al., 2011) Thuwapanichayanan et al (2014) รายงานว่าการแช่น้ำและด้วยวิธีการแช่น้ำร่วมกับการให้สภาวะอับอากาศในการเพาะงอกข้าวช่วยเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตสารกาบ้า ได้ประมาณ 1.6 เท่า ดังนั้นการแช่น้ำร่วมกับการให้สภาวะอับอากาศ ช่วยเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตสารกาบ้าได้ เนื่องจากสภาวะอับอากาศทำให้ค่า pH ใน cytosol ของเซลล์พืชลดลง สภาวะดังกล่าวจะช่วยกระตุ้นกิจกรรมของเอนไซม์ glutamate decarboxylase (GAD) ส่งผลให้เกิดการสะสมสารกาบ้า (Aurisano et al.,1995; Bown และ Shelp, 1997)

คุณภาพเนื้อสัมผัสของข้าวที่ผ่านการงอกลดลงอย่างมีนัยสำคัญทั้งนี้เนื่องจากกระบวนการงอกทำให้เกิดการสลายตัวของพอลิเมอร์ที่มีน้ำหนักโมเลกุลสูง (Megat-Rusydi et al., 2011) เช่น อะไมโลส โดยเอนไซม์อะไมเลสจะถูกกระตุ้นให้ทำงานไปย่อยสลายอะไมโลส เป็นผลให้อะไมโลสลดลง และส่งผลให้ข้าวกล้องงอกหุงสุกมีเนื้อสัมผัสที่นุ่มขึ้น (Gibson and Ferguson, 1996) ส่วนการที่วิธีการแช่น้ำเพียงอย่างเดียวมีความแข็งน้อยกว่าวิธีแช่น้ำร่วมกับการอับอากาศ เนื่องจากวิธีการแช่น้ำเพียงอย่างเดียว ทำให้ข้าวอยู่ในน้ำตลอดเวลา ดังนั้นส่งผลทำให้แป้งอาจจะละลายในน้ำ ทำให้เมล็ดข้าวอ่อนลง (Techo et al., 2017)

การแตกร้าวของเมล็ดข้าวหลังจากกระบวนการงอกเกิดขึ้นเนื่องจากการแช่น้ำจะทำให้เกิดความเค้นภายในเมล็ดข้าว (Yamaguchi et al., 1984) ซึ่งเปอร์เซ็นต์การแตกร้าวดังกล่าวสอดคล้องกับ Srisang et al. (2010) ที่รายงานว่ากระบวนการงอกทำให้ข้าวมีร้อยละการแตกร้าวที่เพิ่มมากขึ้น ซึ่งหากต้องการลดเปอร์เซ็นต์การแตกร้าวของเมล็ดข้าว ให้อบแห้งข้าวด้วยการใช้ตัวกลางการอบแห้งแบบไอน้ำร้อนยวดยิ่ง โดยความเร็วที่เหมาะสมต่อการอบแห้งต้องเท่ากับ 3.5 เมตร/วินาที อย่างไรก็ตามหากเพิ่มความเร็วการอบแห้งเป็น 5.7 เมตร/วินาที ร้อยละการแตกร้าวจะสูงขึ้นประมาณ 10% ทั้งนี้เนื่องจากผลของอัตราการอบแห้งที่เร็วขึ้น ทำให้เกิดความแตกต่างของความชื้นภายในเมล็ดที่มากกว่า ส่งผลให้เกิดความเค้นที่มากกว่าด้วย (Kunze, 1979)

สรุปผลการวิจัย

วิธีการเพาะงอกส่งผลให้ข้าวมีปริมาณสารกาบ้าเพิ่มขึ้น คุณภาพเนื้อสัมผัสในส่วนของค่าความแข็งลดลง และมีการแตกร้าวข้องเมล็ดข้าวเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ โดยวิธีการเพาะงอกแบบแช่น้ำร่วมกับการให้สภาวะอับอากาศ ทำให้ได้ปริมาณสารกาบ้าสูงที่สุด (30.19 มก./100 กรัมแห้ง) คุณภาพเนื้อสัมผัสในส่วนของค่าความแข็งมีค่าสูงกว่าการงอกด้วยวิธีแช่น้ำ และมีเปอร์เซ็นต์การแตกร้าวต่ำกว่าวิธีการเพาะงอกแบบแช่น้ำเพียงอย่างเดียว ถึงแม้ว่าวิธีแช่น้ำร่วมกับการให้สภาวะอับอากาศจะทำให้ข้าวมีความแข็งมากกว่าวิธีแช่น้ำ แต่ทำให้ข้าวมีการสะสมปริมาณสารกาบ้าสูงสุด ดังนั้นวิธีการแช่น้ำร่วมกับการให้สภาวะอับอากาศเป็นวิธีการผลิตข้าวกล้องงอกที่เหมาะสมที่สุดสำหรับการผลิตข้าวกล้องงอกที่เป็นอาหารเพื่อสุขภาพ

กิตติกรรมประกาศ

คณะผู้วิจัยขอขอบคุณ ทุนวิจัยจากศูนย์วิจัยและเทคโนโลยี คณะเทคโนโลยีการเกษตรและเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏนครสวรรค์ และสถานที่ทำวิจัยและตรวจสอบคุณภาพเนื้อสัมผัสจากมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี รวมทั้งทุนวิจัยจากสำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย (Grant no. DPG5980004) นอกจากนี้คณะผู้วิจัยขอขอบคุณสถาบันวิจัยและพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหารมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ที่สนับสนุนอุปกรณ์ในการตรวจสอบปริมาณสารกาบ้าในข้าวเปลือกงอก

เอกสารอ้างอิง

Aurisano, N., Bertani, A. and Reggiani, R. 1995. Anaerobic accumulation of 4-aminobutyrate in rice seedlings; causes and significance. **Phytochemistry** 38: 1147–1150.

Banchuen, J., Thammarutwasik, P., Ooraikul, B., Wuttijumnong, P. and Sirivongpaisal, P. 2010. Increasing the Bio-Active Compounds Contents by Optimizing the Germination Conditions of Southern Thai Brown Rice. **Songklanakarin Journal of Science and Technology** 32(3): 219-230.

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

Centeno, C., Viveros, A., Brenes, A., Canales, R., Lozano, A. and Cuadra, C. 2001. Effect of Several Germination Conditions on Total P, Phytate P, Phytase, and Acid Phosphatase Activities and Inositol Phosphate Esters in Rye and Barley. **Journal of Agricultural and Food Chemistry** 49(7): 3208-3215.

Chung, H. J., Su, H. J., Hong, Y. C. and Seung, T. L. 2009. Effects of steeping and anaerobic treatment on GABA (γ-aminobutyric acid) content in germinated waxy hull-less barley. **Food Science and Technology** 42: 1712–1716.

Chungcharoen, T., Prachayawarakorn, S., Soponronnarit, S. and Tungtrakul, P. 2012. Effect of Drying Temperature on Drying Characteristics and Quality of Germinated Rices Prepared from Paddy and Brown Rice. **Drying Technology: An International Journal** 30(16): 1844-1853.

Gibson, R.S. and Ferguson, E.L. 1996. Food Processing Methods for Improving Zinc Content and Bioavailability of Home-Based and Commercially Available Conplementary Foods. In: **Micronutrient Interactions Impact on Child Health and Nutrition**. Washington DC. 50-57 p.

Jiamyangyuen, S. and Ooraikul, B. 2008. The Physico-Chemical, Eating and Sensorial Properties of Germinated Brown Rice. **Journal of Food Agriculture Environment** 6(2): 119-124.

Kayahara, H. and Tsukahara, K. 2000. Flavor, Health, and Nutritional Quality of Pre-Germinated Brown Rice. International Chemical Congress of Pacific Basin Societies in Hawaii, December.

Kunze, O. 1993. Effect of Drying on Grian Quality. Grain Drying in Asia: Proceeding of an International Conference. Champ et al. (Editor). Bangkok. 178-197p.

Maeda, S., Shinmura, H., Nakagawa, K., Asai, T. and Morita, A. 2007. Comparison of the Free Amino Acid Content and Certain Other Agronomic Traits of Germinated and Non-Germinated Brown Rice in Momocultured and Mixed Plantings. **SABRAO Journal of Breeding and Genetics** 39(2): 107-115.

Marrosu, F., Serra, A., Maleci, A., Puligheddu, M., Biggio, G. and Piga, M. 2003. Correlation Between GABAA Receptor Density and Vagus Nerve Stimulation in Individuals with Drug-Resistant Partial Epilepsy. **Epilepsy Research** 55: 59-70.

Megat-Rusydi, M.R., Noraliza, C.W., Azrina, A. and Zulkhairi, A. 2011. Nutritional changes in germinated legumes and rice varieties. **International Food Research Journal** 18: 705–713.

Moongngarm, A. and Saetung, N. 2010. Comparison of Chemical Compositions and Bioactive Compounds of Germinated Rough Rice and Brown Rice. **Food Chemistry** 122: 782-788.

Ohtsubo, K., Suzuki, K., Yasui, Y. and Kasumi, T. 2005. Bio-Functional Components in the Processed Pre-Germinated Brown Rice by a Twin-Screw Extruder. J**ournal of Food Composition and Analysis** 18: 303-316.

Saman, P., Vázquez, J.A. and Pandiella, S.S. 2008. Controlled Germination to Enhance the Functional Properties of Rice. **Process Biochemistry** 43(12): 1377-1382.

Srisang, N., Prachayawarakorn, S., Varanyanond, W. and Soponronnarit, S. 2010. Germinated Brown Rice Drying by Hot Air Fluidization Technique. **Drying Technology: An International Journal** 29(1): 55-63.

Techo, J., Prachayawarakorn, S., Devahastin, S., Soponronnarit, S., Wattanasiritham, L. S. and Thuwapanichayanan, R. 2017. Comparison of heat and cold treatment on quality attributes of germinated brown rice. **In: The 9th Asia-Pacific Drying Conference (ADC2017)**, Wuxi, China.

Thuwapanichayanan, R., Yoosabai U., Jaisut, D., Soponronnarit, S. and Prachayawarakorn, S. (2014). Enhancement of γ-aminobutyric acid in germinated paddy by soaking in combination with anaerobic and fluidized bed heat treatment. **Food and Bioproducts Processing** 95: 55-62.

Youn, Y. S., Park, J. K., Jang, H. D. and Rhee, Y. W. 2011. Sequential hydration with anaerobic and heat treatment increases GABA (γ-aminobutyric acid) content in wheat. **Food Chemistry** 129: 1631-1635.