Agricultural Sci. J. 49 : 4 (Suppl.) : 123-126 (2018) ว. วิทย. กษ. 49 : 4 (พิเศษ) : 123-126 (2561)

ผลของอุณหภูมิในการแช่ข้าวเปลือกสำหรับการผลิตข้าวกล้องงอก ที่มีต่อปริมาณ GABA และคุณภาพข้าวกล้อง

Effect of Soaking Temperature on GABA Content and Brown Rice Quality in Soaking Process of Paddy for Germinated Brown Rice

ศิโรรัตน์ พิลาวุธ[1]
Sirorat Pilawut [1]

Abstract

Several studies show that a germinated paddy has more favorable qualities especially higher Gamma-aminobutyric acid (GABA) content than germinated brown rice. The objective of this study was to determine the effect of soaking temperature in the soaking process of paddy for germinated brown rice on the content of GABA, root length and brown rice qualities, including percentage of whole grain brown rice, color difference and yellowness of brown rice. Three levels of the soaking temperature in soaking process were tested as 31.53, 36.25 and 41.44 ºC. The water quantity was set constant at 10 times of paddy weight. The soaking time was kept constant for 32 hours. After soaking, the wet paddy was sacked and kept at room temperature for 30 hours. Khoa Dok Mali 105 rice variety was chosen for this study. The results indicated that the amount of GABA content decreased as the increase of soaking temperature. The increase in soaking temperature also decreased root length as well as the percentage of whole grain brown rice, whereas the color difference and the yellowness of brown rice did not change.

Keywords: GABA, Germinated Brown Rice, Khoa Dok Mali 105 rice variety

บทคัดย่อ

จากการตรวจสอบงานวิจัยต่าง ๆ พบว่าข้าวกล้องงอกที่ผลิตจากข้าวเปลือกมีคุณสมบัติดีกว่าข้าวกล้องงอกที่ผลิตจากข้าวกล้อง โดยเฉพาะอย่างยิ่งมีปริมาณสาร Gamma-aminobutyric acid (GABA) สูงกว่า การศึกษานี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาอุณหภูมิในการแช่ข้าวเปลือกของการผลิตข้าวกล้องงอก ที่มีผลต่อปริมาณสาร GABA ความยาวราก และคุณภาพข้าวกล้องด้านร้อยละข้าวกล้องเต็มเมล็ด ค่าความแตกต่างสี และความเหลืองของข้าวกล้อง การทดสอบแปรค่าอุณหภูมิน้ำในการแช่ข้าวเปลือก 3 ระดับ คือ 31.53 36.25 และ 41.44 ºC โดยควบคุม ปริมาณน้ำ 10 เท่าของข้าวเปลือกโดยน้ำหนัก ระยะเวลาน้ำไหลผ่านข้าวเปลือก 32 ชั่วโมง และข้าวเปลือกที่ผ่านการแช่น้ำแล้วนำไปเพาะงอก 30 ชั่วโมง ข้าวเปลือกที่ใช้ทดสอบเป็นข้าวพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 ผลการศึกษาพบว่าเมื่ออุณหภูมิในการแช่ข้าวเพิ่มขึ้นมีผลให้ปริมาณสาร GABA ลดลง ขณะเดียวกันเมื่ออุณหภูมิในการแช่ข้าวเพิ่มขึ้น มีผลให้ความยาวรากลดลง ร้อยละข้าวกล้องเต็มเมล็ดมีแนวโน้มลดลง ส่วนค่าความแตกต่างสีและความเหลืองของข้าวกล้องไม่เปลี่ยนแปลง

คำสำคัญ: GABA, ข้าวกล้องงอก, ข้าวพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105

คำนำ

ข้าวเป็นพืชเศรษฐกิจที่มีความสำคัญมากของประเทศไทย มีผลผลิตรวมปีละกว่า 30 ล้านตันข้าวเปลือก และส่งออกในรูปข้าวสารปีละกว่า 10 ล้านตัน คิดเป็นมูลค่าประมาณ 200,000 ล้านบาทต่อปี (สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร, 2557) โดยส่วนหนึ่งของการส่งออกข้าวสารนั้น เป็นข้าวคุณภาพดีซึ่งรวมถึงข้าวกล้อง ประมาณ 6 ล้านตันต่อปี (กรมการค้าต่างประเทศ, 2557)

ข้าวกล้องงอก ประกอบด้วยสารอาหารจำนวนมาก เช่น ใยอาหาร กรดไฟติก วิตามินซี วิตามินอี และ GABA (gamma aminobutyric acid) ซึ่งเป็นสารสื่อประสาท (Neurotransmitter) ป้องกันเส้นโลหิตในสมองแตก ช่วยบำรุงเซลล์สมอง รวมทั้งป้องกันโรคเสื่อม/อัลไซเมอร์ (Alzheimer) และนอกจากนี้ยังช่วยป้องกันโรคต่าง ๆ เช่น โรคมะเร็งและเบาหวาน (Ito and

[1] สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องจักรกลเกษตร คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน วิทยาเขตขอนแก่น ขอนแก่น 40000
[1] Program of Agricultural Machinery Engineering, Faculty of Engineering, Rajamangala University of Technology ISAN Khon Kaen Campus, Khon Kaen 40000

Ishikawa, 2004) และเมื่อนำข้าวกล้องมาแช่น้ำแล้วทำให้งอก มีการค้นพบว่าทำให้ข้าวที่ได้มีสารอาหาร โดยเฉพาะสาร GABA เพิ่มขึ้น โดยปัจจุบันในการค้าอาหารสุขภาพจากข้าวนั้นได้เน้นการพัฒนาผลิตภัณฑ์ข้าวให้ได้คุณค่าทางอาหารมากขึ้น โดยเฉพาะสาร GABA จากการใช้วัตถุดิบที่เป็นข้าวกล้อง แล้วนำมาผ่านกระบวนการแช่น้ำ การทำให้งอก การหยุดงอก ทำให้แห้ง กะเทาะ และบรรจุเป็นผลิตภัณฑ์ ซึ่งในแต่ละกระบวนการผลิตข้าวกล้องงอกนั้น มีปัจจัยที่มีผลต่อปริมาณสาร GABA ในข้าวกล้องหลายอย่างด้วยกัน อาทิ อุณหภูมิและระยะเวลาในกระบวนการแช่และกระบวนการเพาะงอก เป็นต้น โดยปัจจัยต่าง ๆ ดังกล่าวยังคงเป็นความลับทางการค้า และได้เคยมีการศึกษามาบ้างแล้ว โดย จารุรัตน์และคณะ (2550) ศึกษาผลของกระบวนการแช่และการงอกต่อปริมาณสาร GABA ในข้าวกล้องงอกหอมมะลิ วรนุช (2551) ศึกษาหาสภาวะที่เหมาะสมในการงอกเพื่อให้ได้ปริมาณสาร GABA มากที่สุด พัชรีและคณะ (2550) ศึกษาวิธีการเพิ่มปริมาณสาร GABA ในคัพภะ (จมูกข้าว) ข้าวเจ้า Komatsuzaki *et al*. (2007) ศึกษาผลของกระบวนการแช่และการกำจัดจุลินทรีย์ต่อปริมาณสาร GABA ในข้าวกล้องงอก ไชยรัตน์ (2553) เขียนถึงผลงานการออกแบบและสร้างเครื่องผลิตข้าวกล้องงอกขนาดเล็กในครัวเรือน และวารุณีและคณะ (2548) ศึกษากรรมวิธีการเพิ่มปริมาณแกมม่า – แอมิโน บิวเทริกแอซิด ในคัพภะของข้าว

ในประเทศไทยโดยเฉพาะภาคตะวันออกเฉียงเหนือมีการแปรรูปข้าวแบบภูมิปัญญาท้องถิ่นโดยการทำข้าวกล้องงอกจากข้าวเปลือก หรือภาษาท้องถิ่นเรียกว่า “ข้าวฮาง” (Ha-ang Rice) ซึ่งเป็นกระบวนการแปรรูปข้าวเพื่อให้เก็บข้าวเปลือกไว้ได้นานเมื่อเกิดปัญหาข้าวในนาเสียหายจากภัยธรรมชาติต่าง ๆ เช่น น้ำท่วมและฝนแล้ง จึงมีผู้เริ่มศึกษาปริมาณสาร GABA ของข้าวกล้องงอกจากข้าวเปลือก ผลการศึกษาพบว่าข้าวกล้องงอกจากจากข้าวเปลือก มีปริมาณสาร GABA มากกว่าข้าวกล้องงอกจากข้าวกล้อง ถึง 2 เท่า (ชาญวิทย์และคณะ, 2552; อภิชาติ, 2553) ซึ่งเป็นการศึกษาเพียงบางปัจจัยในกระบวนการผลิตข้าวกล้องงอกจากข้าวเปลือก

กระบวนการผลิตข้าวกล้องงอกจากข้าวเปลือกปัจจุบัน ผู้ผลิตจะนำข้าวเปลือกมาแช่ในน้ำที่สภาวะอากาศแวดล้อมปกติโดยไม่ได้ควบคุมอุณหภูมิน้ำให้คงที่ และใช้ปริมาณน้ำเพียงให้น้ำท่วมข้าว เป็นเวลาประมาณ 24-48 ชม. เพื่อให้งอก (ขึ้นกับกลุ่มผู้ผลิต) แล้วนำข้าวเปลือกดังกล่าวขึ้นจากน้ำ จากนั้นนำไปเพาะความงอกในกระสอบข้าวในสภาวะอากาศแวดล้อมปกติ ประมาณ 24-48 ชม. (ขึ้นกับกลุ่มผู้ผลิต) ซึ่งจะมีรากงอกออกมาเล็กน้อย ต่อจากนั้นจะนำข้าวเปลือกดังกล่าวไปนึ่ง ลดความชื้น และนำไปสีเป็นข้าวกล้องงอก ตามลำดับ โดยในกระบวนการแช่ข้าวเปลือกนั้นคาดว่าหากนำข้าวเปลือกแช่ในน้ำที่มีการควบคุมอุณหภูมิที่ต่างไปจากวิธีปฏิบัติเดิมอาจได้ผลดีกว่า จึงเป็นที่มาของการวิจัยในครั้งนี้คือการศึกษาอุณหภูมิในการแช่ข้าวเปลือกสำหรับการผลิตข้าวกล้องงอก ที่มีผลต่อปริมาณสาร GABA และคุณภาพข้าวกล้อง

อุปกรณ์และวิธีการ

การศึกษาดำเนินการโดยใช้ชุดทดสอบที่สามารถควบคุมอุณหภูมิของน้ำได้ ซึ่งอุณหภูมิของน้ำควบคุมโดยชุดควบคุมอุณหภูมิอัตโนมัติ ตลอดการทดสอบบันทึกค่าอุณหภูมิน้ำ อุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์อากาศด้วยเครื่องบันทึกข้อมูลอัตโนมัติ ใช้ข้าวเปลือกพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 ที่มีความชื้นของเมล็ดเฉลี่ยร้อยละฐานเปียก 10.40 ความหนาแน่นของข้าวเปลือกเฉลี่ย 537.22 g/l น้ำหนักเมล็ดข้าวเปลือก 1,000 เมล็ด เฉลี่ย 26.19 g ความงอกเฉลี่ยร้อยละ 83.80 และมีค่าเริ่มต้นของข้าวกล้องที่มีปริมาณสาร GABA เฉลี่ย 1.37 mg/100 g ข้าวกล้องเต็มเมล็ดเฉลี่ยร้อยละ 79.31 และค่าความเหลืองของข้าวกล้องเฉลี่ย 24.36 ค่าคุณภาพน้ำก่อนการทดสอบประกอบด้วย ค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) 7.07 ค่าความนำไฟฟ้า (Electrical Conductivity) 299 μS/cm ปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำ (Dissolved Oxygen, DO) 5.4 mg/l และปริมาณคลอรีน (Chlorine) 3.3 mg/l

ข้าวเปลือกที่ใช้ทดสอบทำความสะอาดด้วยเครื่องทำความสะอาดเมล็ดพันธุ์ข้าวเปลือก (วินิต,2553) ความเร็วลมในการทำความสะอาด 2 เมตร/วินาที ทำความสะอาด 3 รอบ เพื่อคัดแยกสิ่งเจือปนและเมล็ดข้าวเปลือกที่มีลักษณะลีบแบนไม่สมบูรณ์ออก นำข้าวเปลือกที่ทำความสะอาดแล้วจำนวน 3 กิโลกรัม ล้างในน้ำสะอาดแล้วบรรจุลงในชุดทดสอบ โดยแปรค่าอุณหภูมิน้ำในการแช่ข้าวเปลือก (หรือการไหลของน้ำผ่านข้าวเปลือก) 3 ระดับ ที่ชุดทดสอบสามารถควบคุมได้ในช่วงระหว่าง 30-42 °C ซึ่งเป็นช่วงอุณหภูมิที่เมล็ดข้าวสามารถงอกได้ (จวงจันทร์, 2529) จึงแปรค่าอุณหภูมิน้ำ 3 ระดับ ดังนี้ 31.5 36.3 และ 41.4 °C (31.5 °C เป็นอุณหภูมิของน้ำ ณ อุณหภูมิห้อง ที่ชุดทดสอบสามารถควบคุมได้ต่ำที่สุด เนื่องจากการทำงานของเครื่องสูบน้ำตลอดเวลาทดสอบมีผลให้น้ำมีอุณหภูมิสูงขึ้นกว่าอุณหภูมิน้ำปกติ) โดยปัจจัยที่ควบคุมในกระบวนการแช่ประกอบด้วย อัตราการไหลของน้ำผ่านข้าวเปลือก 3 l/min/kg paddy สัดส่วนของน้ำต่อข้าวเปลือกโดยน้ำหนัก 10 : 1 เวลาในการแช่ข้าวเปลือก 32 ชั่วโมง และควบคุมเวลาในการเพาะงอก 30 ชั่วโมง ซึ่งเพาะงอกในกระสอบข้าวที่สภาวะอากาศแวดล้อมปกติ หลังการทดสอบวัดความยาวรากที่งอก ด้วยอุปกรณ์วัด Absolute Digimatic Caliper (Mitutoyo Model 500-171-20,

Japan) โดยสุ่มตัวอย่างข้าวเพื่อวัดความยาวของรากจำนวน 300 เมล็ด จากนั้นนำข้าวเปลือกงอกลดความชื้นโดยตากแห้ง 2-3 แดด (กรมวิชาการเกษตร, 2547)

ต่อมาข้าวเปลือกงอกที่แห้งแล้วนำมากะเทาะและคัดแยกเพื่อหาคุณภาพข้าวกล้องด้านร้อยละข้าวกล้องรวมและร้อยละข้าวกล้องเต็มเมล็ดในห้องปฏิบัติการโดยใช้อุปกรณ์ SATAKE โดยสุ่มตัวอย่างข้าวเปลือก 250 g จำนวน 3 ซ้ำ นำมากะเทาะด้วยเครื่องกะเทาะข้าวเปลือก (SATAKE Model THU356A, Japan) จำนวน 2 รอบ นำข้าวเปลือกที่ไม่ถูกกะเทาะซึ่งมีเพียงเล็กน้อยแกะเปลือกด้วยมือ แล้วชั่งน้ำหนักข้าวกล้องที่ได้ทั้งหมด จากนั้นนำข้าวกล้องมาคัดขนาดด้วยเครื่องคัดขนาดข้าวสาร (SATAKE Model TRG05B, Japan) โดยใช้ตะแกรงรูกลมเบอร์ 5 มุมรองรับข้าวหัก 30 องศา ระยะเวลาคัดแยก 1 นาที และชั่งน้ำหนักข้าวกล้องเต็มเมล็ด คำนวณร้อยละข้าวกล้องรวม และร้อยละข้าวกล้องเต็มเมล็ด และวัดค่าสีจำนวน 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 ในการศึกษานี้แสดงค่าสีของข้าวกล้องเป็นค่าความเหลืองจากค่าของ b* เนื่องจากข้าวกล้องโดยทั่วไปมีโทนสีเหลือง และนำค่า L* a* และ b* คำนวณเพื่อหาระดับความแตกต่างสีของตัวอย่างเทียบกับค่าอ้างอิง (ΔE) ตามสมการที่ 1 ของ Konica Minolta (1999) (* หลังค่า L a และ b ถูกกำหนดขึ้นโดย Commission International de l' Eclairage ซึ่งพัฒนามาจากค่า L a และ b) และส่งตัวอย่างข้าวกล้องเต็มเมล็ดหาค่าปริมาณสาร GABA ณ ห้องปฏิบัติการกลาง คณะเภสัชศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น

$$\Delta E = \sqrt{(L^*_{sam} - L^*_{ref})^2 + (a^*_{sam} - a^*_{ref})^2 + (b^*_{sam} - b^*_{ref})^2} \quad (1)$$

ผลและวิจารณ์ผล

ผลการศึกษาในกระบวนการแช่ข้าวเปลือกสำหรับการผลิตข้าวกล้องงอก เพื่อพิจารณาหาอุณหภูมิที่เหมาะสมจากการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของค่าชี้ผลต่าง ๆ โดยสรุปดังแสดงใน Table 1 ซึ่งพบว่าเมื่อเปรียบเทียบระหว่างการแช่ข้าวโดยให้น้ำไหลผ่านข้าวเปลือกด้วยอัตราการไหล 3 l/min/kg paddy กับการแช่ข้าวเปลือกในน้ำนิ่งซึ่งเป็นการแช่โดยทั่วไป (อัตราการไหล 0 l/min/kg paddy) ปริมาณสาร GABA จากการแช่ข้าวโดยให้น้ำไหลผ่านมีแนวโน้มลดลงเมื่ออุณหภูมิน้ำสูงขึ้น โดยปริมาณสาร GABA มีค่ามากที่สุด 27.84 mg/100 g เมื่อแช่ข้าวโดยให้น้ำไหลผ่านและอุณหภูมิน้ำ 31.53 °C ในขณะที่การแช่ข้าวในน้ำนิ่งและอุณหภูมิน้ำ 26.04 °C (อุณหภูมิน้ำ ณ อุณหภูมิห้อง) มีปริมาณสาร GABA 22.51 mg/100 g

ความยาวราก เมื่อแช่ข้าวโดยให้น้ำไหลผ่านมีค่ามากกว่าการแช่ข้าวในน้ำนิ่งสำหรับทุกอุณหภูมิน้ำ ยกเว้นที่อุณหภูมิน้ำ 41.44 °C ซึ่งเป็นเพราะข้าวไม่งอกเกือบทั้งหมด (ความยาวของรากที่วัดได้จำนวน 7 เมล็ด จาก 300 เมล็ด) คาดว่าน่าจะมีสาเหตุจากอุณหภูมิน้ำที่เกือบจะสูงกว่าช่วงที่ข้าวสามารถงอกได้ คือ 10-42 °C (จวงจันทร์, 2529)โดยการแช่ข้าวเปลือกโดยให้น้ำไหลผ่านมีความยาวของรากเฉลี่ยระหว่าง 0.02-10.61 mm เมื่ออุณหภูมิน้ำลดลงระหว่าง 41.44-31.53 °C ในขณะที่การแช่ในน้ำนิ่งและอุณหภูมิน้ำ 26.04 °C มีความยาวรากเฉลี่ย 0.61 mm ร้อยละข้าวเต็มเมล็ด เมื่อแช่ข้าวโดยให้น้ำไหลผ่านมีค่าสูงกว่าการแช่ข้าวในน้ำนิ่งสำหรับทุกอุณหภูมิน้ำ สำหรับระดับความแตกต่างสีและค่าความเหลือง มีค่าไม่แตกต่างกันเมื่อแช่ข้าวในน้ำนิ่งหรือน้ำไหล ในทุกอุณหภูมิน้ำ

Table 1 The comparison of germinated brown rice (BR) properties for 3 levels of water temperatures

Water flow rate through paddy l/min/kg paddy	Water temperature °C	Indicators value				
		GABA mg/100g BR	root length mm	whole grain BR %	color difference	yellowness
0	26.04	22.51 ^{c}	0.61 ^{b}	63.54 ^{a}	3.44 ^{a}	23.24 ^{a}
3	31.53	27.84 ^{d}	10.61 ^{d}	79.50 ^{c}	3.68 ^{a}	22.66 ^{a}
	36.25	19.88 ^{b}	7.28 ^{c}	78.93 ^{c}	3.17 ^{a}	22.80 ^{a}
	41.44	9.33 ^{a}	0.02 ^{a}	73.18 ^{b}	3.36 ^{a}	23.01 ^{a}

Mean with different superscripts in the same column are significantly different by Duncan ($p < 0.05$)

สรุป

อุณหภูมิน้ำ ในขั้นตอนการแช่ของกระบวนการผลิตข้าวกล้องงอกจากข้าวเปลือก ที่ควบคุมได้ใกล้เคียงสภาวะอากาศแวดล้อมที่สุดขณะทดสอบ (31.53 °C) สำหรับข้าวพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 มีผลให้ปริมาณสาร GABA มากที่สุด (27.84 mg/100 g) เมื่อเทียบกับอุณหภูมิที่สูงกว่าจนถึง 41.44 °C (9.33 mg/100 g) เมื่อแช่ข้าวเปลือกโดยให้น้ำไหลผ่าน และมากกว่าการแช่ข้าวเปลือกในน้ำนิ่งที่อุณหภูมิน้ำปกติขณะทดสอบ 26.04 °C (22.51 mg/100 g) ดังนั้นอุณหภูมิน้ำประมาณ 30 °C ถือได้ว่ามีความเหมาะสมเมื่อแช่ข้าวเปลือกโดยให้น้ำไหลผ่าน (เนื่องจากเมื่อน้ำไหลผ่านเครื่องสูบน้ำของชุดทดสอบจะทำให้น้ำมีอุณหภูมิสูงขึ้นเล็กน้อย)

ดังนั้นจึงอาจกล่าวได้ว่า การแช่ข้าวโดยให้น้ำไหลผ่านข้าวเปลือก โดยน้ำมีอุณหภูมิประมาณ 30 °C มีความเหมาะสม เนื่องจากเมื่อน้ำไหลผ่านเครื่องสูบน้ำของชุดทดสอบจะทำให้น้ำมีอุณหภูมิสูงขึ้นเล็กน้อย และด้วยข้อจำกัดของชุดทดสอบที่สามารถควบคุมอุณหภูมิน้ำเฉลี่ยให้คงที่ได้ต่ำสุด 31.53 °C ณ ช่วงเวลาที่ทดสอบ ซึ่งสอดคล้องกับวิธีที่ผู้ผลิตข้าวกล้องงอกจากข้าวเปลือกปฏิบัติทั่วไปด้วยคือไม่จำเป็นต้องเพิ่มอุณหภูมิน้ำ

คำขอบคุณ

ขอขอบคุณมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน วิทยาเขตขอนแก่น ที่สนับสนุนการนำเสนอผลงานวิจัยนี้

เอกสารอ้างอิง

กรมการค้าต่างประเทศ. 2557. สถานการณ์ข้าวโลกเดือนมกราคม. [ระบบออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก URL: http://www.dft.go.th. (23 สิงหาคม 2560).

กรมวิชาการเกษตร. 2547. คุณภาพและการตรวจสอบข้าวหอมมะลิไทย. กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, สำนักงานเศรษฐกิจอุตสาหกรรม, กระทรวงอุตสาหกรรม. กรุงเทพฯ: จิรวัฒน์เอ็กซ์เพรส.

จารุรัตน์ สันเต, วรนุช ศรีเจษฎารักษ์ และ รัชฎา ตั้งวงค์ไชย. 2550. ผลของกระบวนการแช่ต่อปริมาณสารแกมมาอะมิโนบิวทาริกแอซิดในข้าวกล้องงอก (หอมมะลิ 105). วารสารวิทยาศาสตร์เกษต 38(5 พิเศษ): 164-167.

จวงจันทร์ ดวงพัตรา. 2529. เทคโนโลยีเมล็ดพันธุ์. กรุงเทพฯ: กลุ่มหนังสือเกษตร.

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

ไชยรัตน์ ส้มฉุน. 2553. สร้างเครื่องผลิตข้าวกล้องงอก พัฒนาคุณภาพนำใช้ในครัวเรือน. หนังสือพิมพ์ไทยรัฐ. [ระบบออนไลน์] เข้าถึงได้จาก: http://www.thairath.co.th/content/edu/102201. (5 ธันวาคม 2555).

พัชรี ตั้งตระกูล, วารุณี วาธัญญานนท์, วิภา สุโรจนะเมธากุล และ ลัดดา วัฒนศิริธรรม. 2550. การเพิ่มปริมาณกรดแกมมา–แอมิโนบิวเทริกในคัพภะข้าวเจ้าและข้าวเหนียวโดยการแช่. อาหาร 37(4): 291-296.

วรนุช ศรีเจษฎารักษ์. 2551. รายงานฉบับสมบูรณ์เรื่องการผลิตสารประกอบทางชีวภาพจากข้าวกล้องงอก. ภาควิชาเทคโนโลยีอาหาร คณะเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยขอนแก่น.

วารุณี วาธัญญานนท์, วิภา สุโรจนะเมธากุล และ พัชรี ตั้งตระกูล. 2548. กรรมวิธีการเพิ่มปริมาณแกมม่า–แอมิโน บิวเทริกแอซิด ในคัพภะของข้าว [อนุสิทธิบัตร กรมทรัพย์สินทางปัญญา เลขที่ 1783]. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

วินิต ชินสุวรรณ. 2553. เครื่องทำความสะอาดเมล็ดพันธุ์ข้าวเปลือก. [อนุสิทธิบัตร กรมทรัพย์สินทางปัญญา เลขที่ 5629]. มหาวิทยาลัยขอนแก่น.

สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร. 2557. ข้อมูลเศรษฐกิจการเกษตร. กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. [ระบบออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก URL: http://www.oae.go.th.

อภิชาติ อาจนาเสียว. 2553. ผลของกระบวนการแช่ที่มีการเติมสารเร่งและการงอกที่มีผลต่อปริมาณสาร GABA ในข้าวเปลือกงอกหอมมะลิ 105. วิศวกรรมสาร มข. 37(2): 131-139.

Ito, S. and Y. Ishikawa. Marketing of value-added rice products in Japan. Paper presented at the FAO RICE CONFERENCE 2004 Feb12-13, Rome, Italy.

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

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