Agricultural Sci. J. 45 : 3/1 (Suppl.) : 185-188 (2014) ว. วิทย. กษ. 45 : 3/1 (พิเศษ) : 185-188 (2557)

ผลของกระบวนการผลิตของผู้ประกอบการขนาดย่อมต่อปริมาณ γ-amino-butyric acid ของข้าวฮางงอก
Effects of Processing Methods of Small Enterprise on γ-amino-butyric Acid of Parboiled Germinated Rice

เวียงโขง วันสะหว่าง[1] วีรเวทย์ อุทโธ[1] เอกสิทธิ์ อ่อนสอาด[1] และ วชิราพรรณ บุญญาพุทธิพงศ์[1]
Viengkhong Vansavang[1], Weerawate Utto[1], Ekasit Onsaard[1] and Wachirapun Boonyaputipong[1]

Abstract

This research investigated the effects of processing methods employed by a small enterprise (so-called PVD method) on γ-amino-butyric acid (GABA) of parboiled germinated rice (PGR), in accordance to completely ramdomised experimental design. The enterprise currently utilises so-called local wisdom to process PGR i.e. rough rice germination by soaking in water for 24 h and incubating for 48 h at room temperature. The rice thereafter was streamed and sun-dried for1 day. The dried rough rice was subsequently dehusked with an average moisture content of rice grain at 13.02 per cent (dry basis). Quantities of GABA of PGR processed by PVD was analysed by High Performance Liquid Chromatography (HPLC) and compared with those processed by other two methods (denoted as REF1 and REF2) referenced in the literature reportedly having high potentials for implementing into small and medium food processing enterprises. For REF1, rough rice was soaked in $CaCl_2$solution 1 mM, pH 5 for 3 h at 40^0C and incubated at room temperature for 36 h. Meanwhile, for REF2, rough rice was soaked in water for 48 h and incubated for 48 h. The steaming and drying processes of both REF1 and REF2 were modified and employed the current practices of the enterprise. Research findings indicated GABA quantities of PVD, REF1, and REF2 of 4.57, 2.52and 3.86 mg/100g dry basis, respectively. Whilst GABA quantity of REF1 was significantly lower than that of PVD and REF2 ($p \leq 0.05$), the quantities analysed from rice processed by PVD and REF2 were not clearly different. The study evidently showed that the GABA quantity of PGR processed by PVD was in line with that processed by other methods tested.

Keywords: parboiled germinated rice, γ-amino-butyric acid (GABA), rice processing

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้ศึกษาผลของกระบวนการผลิตของผู้ประกอบการอาหารขนาดย่อมต่อสาร γ-amino-butyric acid (GABA)ของข้าวฮางงอก ตามแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ ซึ่งปัจจุบันผู้ประกอบการ (หรือวิธี PVD)ได้ผลิตข้าวฮางงอกจากภูมิปัญญาท้องถิ่นโดยนำข้าวเปลือก (พันธุ์ข้าวขาวดอกมะลิ 105)มาแช่น้ำเปล่าเป็นเวลา 24 ชั่วโมง บ่มเพื่อให้งอกนาน 48 ชั่วโมง แล้วนำข้าวไปนึ่งและตากแดดเป็นเวลา1 วัน จากนั้นนำข้าวเปลือกไปผลิตเป็นข้าวฮางงอก โดยความชื้นของข้าวมีร้อยละความชื้นเฉลี่ยฐานแห้งเท่ากับ 13.02 การศึกษานี้วิเคราะห์ปริมาณสาร GABAของข้าวฮางงอกที่ผลิตด้วยวิธีของผู้ประกอบการโดยใช้High Performance Liquid Chromatography (HPLC)และเปรียบเทียบปริมาณ GABA ของข้าวฮางงอกที่ผลิตด้วยวิธีที่มีศักยภาพในการผลิตเชิงอุตสาหกรรมขนาดย่อม จำนวน 2 วิธี ประกอบด้วย วิธี REF1 โดยแช่ข้าวเปลือกในสารละลาย $CaCl_2$ความเข้มข้น1มิลลิโมลาร์ ความเป็นกรด-ด่าง (pH)5ณ 40^0Cเพื่องอก เป็นเวลา 3 ชั่วโมง และบ่มนาน 36 ชั่วโมง และวิธี REF2แช่ข้าวเปลือกในน้ำเปล่าเพื่องอกเป็นเวลา 48 ชั่วโมง และบ่มนาน 48 ชั่วโมงโดยกระบวนการนึ่งและทำแห้งของ REF1 และ REF2ได้ดัดแปลงโดยใช้วิธีของ PVDผลการศึกษาพบว่าปริมาณสาร GABAของข้าวฮางงอกที่ผลิตโดยวิธี PVD, REF1และ REF2เท่ากับ 4.57, 2.52และ 3.86 มิลลิกรัม ต่อ 100 กรัมฐานแห้ง ตามลำดับ โดยปริมาณ GABAของข้าวที่ผลิตโดยวิธี REF1มีค่าต่ำกว่าปริมาณ GABAที่ผลิตโดยทั้งวิธี PVDและ REF2 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) แต่วิธีการผลิตทั้งPVDและ REF2นั้นไม่ส่งผลให้มีปริมาณ GABAของข้าวที่แตกต่างกันอย่างชัดเจน ผลการวิจัยนี้แสดงให้ทราบว่าการผลิตข้าวฮางงอกโดยวิธีของภาวดีไรซ์ส่งผลให้มีสาร GABAในปริมาณที่ใกล้เคียงกับการผลิตด้วยวิธีอื่นๆ

คำสำคัญ: ข้าวฮางงอก สาร γ-amino-butyric acid (GABA)การแปรรูปข้าว

[1]คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี, อำเภอ วารินชำราบจังหวัดอุบลราชธานี 34190
[1] Faculty of Agriculture, UbonRathchathaniUniversity, Warinchamrab district, UbonRathchathani province, Thailand, 34190

บทนำ

ข้าวฮางงอก (Parboiled germinated-rice) คือข้าวที่มีการผลิตโดยนำข้าวเปลือกมาแช่ในน้ำและนำไปเพาะงอก จากนั้นนำข้าวที่งอกไปทำการนึ่ง ตากแห้ง และกะเทาะเปลือก (อรอนงค์, 2547)ข้าวฮางงอกเป็นผลิตภัณฑ์ที่มีคุณค่าต่อสุขภาพ โดยเฉพาะสารกรดแกมมา-แอมิโนบิวเทริก (gamma-aminobutyric acid; GABA) ในข้าวฮางงอกเป็นสารสื่อในระบบประสาท ที่ช่วยลดภาวะการเกิดเส้นโลหิตในสมองแตก ช่วยและลดความดันโลหิตในสมอง พร้อมกับบำรุงสมองและส่วนอื่นๆ ของร่างกาย (Shoichi, 2004) ทั้งนี้สารGABA เกิดจากกิจกรรมของเอนไซม์กลูตาเมตคีคาร์บอกซีเลสส (glutamate decarboxylase)ซึ่งเปลี่ยนกรดอะมิโนกลูตาเมตไปเป็น GABA (Shelp*et al.*,1999) ปัจจุบันกลุ่มแม่บ้านและวิสาหกิจชุมชนของจังหวัดในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ซึ่งเป็นผู้ประกอบการขนาดย่อม ได้ผลิตข้าวฮางงอกออกจำหน่ายอย่างแพร่หลายข้าวฮาง และแปรรูปจากภูมิปัญญาของชาวอีสาน เพื่อการถนอมอาหารเพื่อบริโภคในช่วงที่ต้องเก็บเกี่ยวข้าวรวงที่ยังไม่แก่ถึงระยะเก็บเกี่ยว ที่อาจเกิดจากภาวะฝนตกหนัก (โสมฉาย,2551) จากการสำรวจในเบื้องต้นพบว่ากระบวนการผลิตข้าวฮางงอกของผู้ประกอบการมีความแตกต่าง โดยเฉพาะอย่างยิ่งการเพาะแช่และการเพาะงอก เช่น ระยะเวลาในการแช่ ความถี่ของการเปลี่ยนน้ำ และระยะเวลาในการเพาะงอก เป็นต้น และอาจส่งผลต่อปริมาณสาร GABA ในข้าวฮางงอก ดังนั้นวัตถุประสงค์ของการวิจัยได้ศึกษาผลของกระบวนการผลิตของผู้ประกอบการขนาดย่อมรายหนึ่งในจังหวัดอุบลราชธานี ซึ่งผลิตข้าวฮางงอกตามวิธีที่สืบทอดกันมาต่อปริมาณสาร GABA ในข้าวฮางงอก และทำการเปรียบกับปริมาณสาร GABA ของข้าวฮางงอกที่ผลิตด้วยวิธีที่มีศักยภาพในการผลิตเชิงอุตสาหกรรมขนาดย่อม จำนวน 2 วิธี

อุปกรณ์ และวิธีการ

1. วัตถุดิบและเตรียมตัวอย่างข้าวฮางงอก

การผลิตข้าวฮางงอกใช้ข้าวเปลือกขาวหอมมะลิ105จากพื้นที่ปลูกในอำเภอดอนมดแดง จังหวัดอุบลราชธานี ฤดูกาลเก็บเกี่ยวในปี 2556/2557 นำมาทำความสะอาดด้วยการเอาฝุ่น เศษไม้ ดิน หินออก และล้างน้ำให้สะอาดเพื่อไม่ให้มีกลิ่นโดยสังเกตจากน้ำที่ล้างมีความใสและนำไปผลิตเป็นข้าวฮางงอก3 วิธีดังนี้

วิธีที่ 1 การผลิตข้าวฮางงอกของผู้ประกอบการขนาดย่อมในจังหวัดอุบลราชธานี (ตัวย่อวิธี PVD) ซึ่งได้นำข้าวเปลือกที่ผ่านการล้าง มาแช่มาน้ำสะอาดในอัตราข้าวต่อน้ำ 1:2วางไว้กลางแจ้งที่อุณหภูมิห้อง (35-36^{o}C) เป็นเวลา 24ชั่วโมงจากนั้นนำไปเพาะงอกในกระสอบป่านที่เปียกน้ำ ที่อุณหภูมิห้อง เป็นเวลา 24 ชั่วโมง ในที่กลางแจ้ง โดยมีผ้าพลาสติกหนาสีดำคลุมทับกระสอบป่านเพื่อลดการระเหยของน้ำจากกระสอบป่าน ภายหลังจากการเพาะงอก ได้นำข้าวไปนึ่งในหม้อนึ่งความดัน 1 bar ที่อุณหภูมิ 80^{0}C จากนั้นนำมาผึ่งแดดเป็นเวลา 24 ชั่วโมงและนำมาพักในที่ร่มเป็นเวลา 16 ชั่วโมง ก่อนการนำข้าวมากะเทาะเปลือกเป็นข้าวฮางงอก โดยใช้เครื่องกะเทาะเปลือก รุ่น MS 100 (บริษัทสิงห์สยามจำกัด ประเทศไทย) เมื่อกะเทาะเสร็จแล้วทำการคัดแยกเปลือกที่ปนมาและเมล็ดดำเน่าเสียออก จัดเก็บรักษาข้าวเพื่อทำการวิเคราะห์ปริมาณสารGABAในถุงอะลูมิเนียมฟอล์ยลามิเนต (PET/Al foil/LDPE) ขนาดถุง 15X20cm โดยแต่ละถุงบรรจุข้าวฮางงอกประมาณ 50 กรัม

วิธีที่ 2 การผลิตข้าวฮางงอกโดยประยุกต์วิธีที่รายงานโดย วรนุช (2550) (ตัวย่อวิธี REF1) โดยนำข้าวเปลือกที่ล้างสะอาดมาแช่ในสารละลายแคลเซียมคลอไรด์ (ความเข้มข้น1 มิลลิโมลาร์pH = 5) ในอัตราข้าวต่อสารละลาย เท่ากับ1:2 ที่อุณหภูมิ 40^{0}Cเป็นเวลา3 ชม จากนั้นนำไปเพาะงอกในกระสอบป่านที่เปียกน้ำ ที่อุณหภูมิห้อง เป็นเวลา 24 ชั่วโมง ในที่กลางแจ้ง โดยมีผ้าพลาสติกหนาสีดำคลุมทับกระสอบป่าน ทั้งนี้กระบวนการนึ่ง ตากแห้งและกะเทาะเปลือกได้ดำเนินการตามวิธี PVD

วิธีที่ 3การผลิตข้าวฮางงอกโดยประยุกต์วิธีที่รายงานโดย Moongngarm and Saetung(2010) (ตัวย่อวิธี REF2) นำข้าวเปลือกที่ล้างสะอาดมาแช่ในอัตราข้าวต่อน้ำ 1:2 วางไว้กลางแจ้งที่อุณหภูมิห้อง (35-36^{o}C) เป็นเวลา 24ชั่วโมง จากนั้นนำไปเพาะงอกในกระสอบป่านที่อุณหภูมิห้อง เป็นเวลา 48 ชั่วโมง ในที่กลางแจ้ง โดยมีผ้าพลาสติกหนาสีดำคลุมทับกระสอบป่านภายหลังจากการเพาะงอกได้นำข้าวไปนึ่ง ตากแห้งและกะเทาะเปลือกได้ดำเนินการตามวิธี PVD

2. การวิเคราะห์ปริมาณสาร GABA

ชั่งตัวอย่างที่บดแล้ว 2.5 กรัม เติมน้ำปริมาณ18 mlแล้วเติม 3% sulfosalicylic acid ปริมาณ 2ml จากนั้นทำการปั่นเหวี่ยงเป็นเวลา 30 นาที และนำส่วนใสผสมกับ $NaHCO_3$พร้อมกับเติม dabsyl-CL ผสมให้เข้ากัน แล้วนำไปให้ความร้อนในอ่างน้ำร้อนwater bath ที่อุณหภูมิ70^{0}C นาน 10 นาที หลังจากนั้นทำการเติม ethanol และ KH_2PO_4ผสมให้เข้ากัน เมื่อแล้วเสร็จได้ดำเนินการกรองนำไปวิเคราะห์ปริมาณสาร GABA ด้วยเครื่อง High Performance Liquid Chromatography (HPLCบริษัทแอคเซ็สไซรุ่น Agilent 1100ประเทศอเมริกา)(Abe *et al.*, 1998) โดยใช้คอลัมน์ Supelcosil LC-DABS (particle

size 3 µm, Lx I.D เท่ากับ150x4.6 mm), flow rate เท่ากับ1 ml/min, mobile phase คือ gradient 80% CH_3COONa pH 6.8: 20% acetonitrile ปริมาตรที่ฉีด เท่ากับ 5 µL อุณหภูมิคอลัมน์ เท่ากับ 40°C และ UV detector (465 nm.)

3. การวางแผนและวิเคราะห์ผลการทดลอง

การวิจัยนี้ได้ดำเนินการวางแผนการทดลองแบบCompletely Randomized Design (CRD) ซึ่งได้ดำเนินการทดลองจำนวน 2 ซ้ำการทดลอง (จำนวนตัวอย่างที่วิเคราะห์ทั้งหมดเท่ากับ 4 ตัวอย่างในแต่ละสิ่งทดลอง) โดยผลที่ได้จากการทดลองได้นำมาวิเคราะห์ความแปรปรวน (analysis of variance; ANOVA)และเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยจากสิ่งทดลองต่างๆด้วยวิธี Duncan's multiple range test (DMRT) ณ ความเชื่อมั่นที่ระดับ 95%ด้วยโปรแกรม SPSS (Version 16.0)

ผลและวิจารณ์

ผลของกระบวนการผลิตข้าวฮางงอกต่อปริมาณสาร GABA แสดงใน Table 1ข้าวฮางงอกที่ผลิตทั้ง 3 วิธีมีค่าความชื้นเท่ากับ 11-12% พบว่าปริมาณสาร GABA ของข้าวฮางงอกที่ผลิตด้วยวิธี PVD และวิธี REF2 มีค่าที่ไม่แตกต่างอย่างชัดเจน แต่ปริมาณสาร GABA ของข้าวฮางงอกที่ผลิตทั้งสองวิธีนี้มีค่าสูงกว่าปริมาณสาร GABA ที่ผลิตด้วยวิธี REF1 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p< 0.05$) จากผลการทดลองสามารถสังเกตได้ว่าปริมาณสาร GABA ที่ผลิตด้วยวิธี REF2 นั้นมีความแปรปรวนของข้อมูลที่สูง ซึ่งอาจเกิดจากความแปรปรวนของข้าวที่นำมาใช้ในการทดลองนี้เช่น ระยะเวลาข้าวสุกเต็มรวงที่ไม่สม่ำเสมอ และข้าวเปลือกที่นำมาทำการศึกษามีระยะเก็บเกี่ยวที่ต่างกัน ซึ่งอาจส่งผลให้ ปริมาณสาร GABA ของข้าวฮางที่ผลิตด้วยทั้ง 3 วิธีมีค่าต่ำกว่าระดับGABA ที่กำหนดในมาตรฐาน สินค้าเกษตรและอาหารแห่งชาติ (มกอช.)ซึ่งเท่ากับ 5 mg/100gฐานแห้งเล็กน้อย แต่ความชื้นของข้าวฮางงอกที่ผลิตนั้นมีค่าค่อนข้างต่ำกว่าระดับความชื้นตามมาตรฐานมกอช. ซึ่งเท่ากับ ร้อยละ14เมื่อพิจารณาปริมาณสารGABA ของข้าวที่ผลิตในการศึกษานี้ พบว่ามีค่าใกล้เคียงปริมาณสาร GABA ของข้าวขาวหอมมะลิ 105 และข้าวสายพันธุ์อื่นๆ ซึ่งผลิตด้วยวิธีที่คล้ายกัน เช่น ปริมาณสาร GABA ในข้าวขาวมะลิ 105 พันธุ์ชัยนาท1 พิษณุโลก2 ประทุมธานี1 ข้าวเหนียว กข6 สุพรรณบุรี 1 และ ข้าวเหนียวสันป่าตอง1 เท่ากับ 0.74-4.84, 1.43-5.09, 1.76-6.33, 1.55-5.65, 1.68-3.86, 1.71-6.31 และ 2.79-3.27mg/100g (ฐานแห้ง)ตามลำดับ(Jannoey*et al.,* 2010)

Table 1 GABA quantity and moisture content of parboiled germinated rice processed with three different processing methods

Processing Treatments	GABA quantity (mg/100gdry weight)	moisture content (percent dry weight)
PVD	3.86±0.12[a]	11.64±0.32
REF1	2.52±0.12[b]	10.94±0.50
REF2	4.57±1.40[a]	11.99±0.25

Note: Data shown as mean ± standard deviation (SD; n = 4). Data of GABA quantity withthe same letter in column are not significant different at $p \leq 0.05$

จากการวิจัยพบว่าปริมาณสาร GABA ในข้าวฮางงอกที่ผลิตด้วยวิธี REF1 มีค่าต่ำที่สุด(Table 1) อาจมีสาเหตุจากระยะเวลาของการแช่น้ำที่น้อยกว่าวิธีอื่นๆ ทำให้ไม่สามารถทำให้เกิดการกระตุ้นให้เอนไซม์ภายในเมล็ดข้าวเกิดการงอกของเมล็ดได้ ซึ่งส่งผลต่อการงอกของเมล็ดในระดับที่ต่ำ และช่วงระยะเวลาที่สั้นนั้นอาจส่งผลให้เกิดการดูดน้ำเข้าสู่เมล็ด และเกิดการกระจายตัวเข้าไปในส่วนต่างๆอย่างไม่สม่ำเสมอ (วรนุช,2552) วิธี REF1 พบว่าได้มีการแช่ข้าวเปลือกในสารละลาย $CaCl_2$ โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อให้Ca^{2+}ไปส่งผลให้เกิดการกระตุ้นกิจกรรมของเอนไซม์กลูตาเมตดีคาร์บอกซีเลสซึ่งจะเปลี่ยนกลูตาเมตเป็น GABA อย่างไรก็ตามผลจากการวิจัยนี้แสดงให้เห็นว่าแม้มีการแช่สารละลาย $CaCl_2$ณ อุณหภูมิ 40°C แต่ปริมาณสาร GABA มีค่าที่น้อย ซึ่งอาจเป็นผลจากระยะเวลาการแช่ ทั้งนี้กรรณิการ์ และคณะ (2555) ได้รายงานว่า การแช่เมล็ดเปลือกจนตัวอ่อนและเริ่มแตกหน่อส่งผลให้เกิดการเปลี่ยนแปลงองค์ประกอบทางเคมีของข้าวเกิดขึ้นอย่างรวดเร็ว ซึ่งนำไปสู่การผลิตสาร GABA และสารสำคัญอื่นๆ เช่น โทโคฟีรอล (tocopherol)และการสร้างพลังงานสำหรับการก่อตัวของต้นกล้า นอกจากนี้ระยะเวลาของการแช่มีความสัมพันธ์กับการงอกของส่วนเนื้อเมล็ด (endosperm) และจมูกข้าว (embryo) ซึ่งพบว่ามีการดูดน้ำเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว ภายใน 24 ชั่งโมงแรกของการแช่ Watanabe *et al*. (2004) ได้ศึกษาผลของระยะเวลาการแช่น้ำเพื่อทำ

การงอก (8, 16 และ 24 ชั่วโมง)ต่อปริมาณสารGABA ในข้าวกล้อง ที่อุณหภูมิ 30^0C พบว่าปริมาณสารGABA ในข้าวกล้องเพิ่มขึ้นตามระยะเวลาการแช่ เท่ากับ 9.0, 9.6 และ 13 mg/100g (ฐานแห้ง) ตามลำดับ

เมื่อพิจารณาปริมาณสาร GABA ของข้าวผลิตด้วยวิธี PVD และ REF2 (Table 1) พบว่าแม้ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญแต่ปริมาณสาร GABA ในข้าวที่ผลิตด้วยวิธี REF2 มีแนวโน้มสูงกว่า ซึ่งอาจตั้งสมมติฐานได้ว่าเกิดเกิดจากความแตกต่างของระยะเวลาของการเพาะงอกระยะเวลาที่ใช้ในวิธี REF2ยาวนานกว่าวิธี PVD ประมาณ 2 เท่า จึงส่งผลให้การดำเนินกิจกรรมของเอนไซม์กลูตาเมตคีคาร์บอกซีเลสในการผลิตสาร GABA เกิดขึ้นอย่างต่อเนื่อง (Watanabe *et al.*,2004)

สรุป

ผลการศึกษานี้แสดงให้ทราบว่า พบว่า กระบวนการผลิตมีผลต่อปริมาณสาร GABA ในข้าวฮางงอก โดยเฉพาะระยะเวลาการแช่น้ำและเพาะงอกที่ส่งผลให้ปริมาณสาร GABA ของข้าวฮางงอกมีความแตกต่างกัน ทั้งนี้การผลิตข้าว ฮางงอกด้วยวิธีการของผู้ประกอบการรายย่อมที่ศึกษาให้ปริมาณสาร GABA อยู่ในระดับใกล้เคียงกับปริมาณสาร GABA ที่ผลิตด้วยวิธีที่คล้ายกัน ผลจากการศึกษานี้จะได้นำไปใช้ร่วมกับการศึกษาการเก็บรักษาข้าวเปลือกและข้าวฮางงอกต่อไป

คำขอบคุณ

ขอขอบคุณทุนโครงการความร่วมมือเพื่อการพัฒนาระหว่างประเทศ (สพร, Thailand International Development Cooperation Agency) ประเทศสาธารณรัฐประชาธิปไตยประชาชนลาว และคณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี

เอกสารอ้างอิง

กรรณิการ์ ห้วยแสน, จิระพันธ์ ห้วยแสน, หนูเดือน สาระบุตร, พัฒนา พึ่งพันธุ์ และแสงเทียน อุดรรุ่ง. 2555. วิธีการเตรียมและการอบแห้งต่อสมบัติทางกายภาพและเคมีของข้าวฮางงอกจากข้าวพันธุ์ขาวดอกมะลิ105. วารสารวิชาการและวิจัย มทร.พระนคร (ฉบับพิเศษ): 376-383.

วรนุชศรีเจษฎารักข์. 2552. สารโภชนาการบำบัดของข้าวฮางงอก และข้าวกล้องงอกภาควิชาเทคโนโลยีอาหาร คณะเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยขอนแก่น. 148 หน้า.

โสมฉาย จุ่นหัวโทน. 2551. ข้าวฮางเพื่อสุขภาพ. [ระบบออนไลน์]. แหล่งที่มา http://gotoknow. org/ blog/agext23/1699414. (28มิถุนายน. 2557).

อรอนงค์ นัยวิกุล. 2547. ข้าว. กรุงเทพมหานคร. สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. 366 หน้า.

Abe, T., Y. Kurozumi, WB.Yao and T. Ubuka. 1998. High-performance liquid chromatographic determination of beta-alanine, beta-aminoisobutyric acid and gamma-aminobutyric acid in tissue extracts and urine of normal and (aminooxy)acetate-treated rats. Journal of Chromatography B: Biomedical Sciences and Applications 7: 712: 43-49.

Jannoey, P., H. Niamsup, S. Lumyong, T. Suzuki, T. Katayama and G. Chairote. 2010. Comparison of gamma aminobutyric acid production in Thai rice grains. World Journal of Microbiology and Biotechnology 26: 257-263.

Moongngarm, A. and N. Saetung. 2010. Comparison of chemical compositions and bioactive compounds of germinated rough rice and brown rice. Food Chemistry 122: 782-788.

Shelp, B.J., A.W. Bown and M.D. McLean. 1999. Metabolism and functions of gamma-aminobutyric acid. Trends in Plant Science 4: 446-452.

Shoichi, I. 2004. Marketing of value-added rice products in Japan: germinated brown rice and rice bread. FAO Rice Conference: 1-10.

Watanabe, M., T. Maeda, K. Tsukahara, H. Kayahara and N.Morital. 2004. Application of pre-geminated brown rice for breadmaking. Cereal Chemistry 81: 450-455.