วิศวกรรมสาร มข. ปีที่ 37 ฉบับที่ 2 (131 - 139) เมษายน - มิถุนายน 2553 บทความวิจัย
KKU Engineering Journal Vol.37 No.2 (131 - 139) April - June 2010

ผลของกระบวนการแช่ที่มีการเติมสารเร่งและการงอกที่มีผลต่อปริมาณสาร GABA ในข้าวเปลือกงอกหอมมะลิ 105

อภิชาติ อาจนาเสียว*

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้เป็นการเพิ่มปริมาณสาร GABA ในข้าวเปลือกงอกหอมมะลิ 105 โดยการเติมสารเร่งน้ำหมักชีวภาพในกระบวนการแช่ ซึ่งมีอัตราส่วนระหว่างสารเร่งกับน้ำ เท่ากับ 1:100 แล้วทำการศึกษาผลของกระบวนการแช่ในช่วงอุณหภูมิ 30-50 ^{0}C เวลา 5-24 ชั่วโมง ที่มีต่อปริมาณสาร GABA ในเมล็ดข้าว จากผลการทดลอง พบว่า เมื่ออุณหภูมิน้ำแช่เพิ่มขึ้นจาก 30 เป็น 40 ^{0}C ปริมาณสาร GABA ในเมล็ดข้าวมีค่าเพิ่มขึ้น แต่เมื่ออุณหภูมิสูงเกินกว่า 40 ^{0}C ปริมาณสาร GABA ในเมล็ดข้าวมีค่าลดลง เมื่อระยะเวลาในการแช่เพิ่มขึ้น ปริมาณสาร GABA ในเมล็ดข้าวเพิ่มขึ้นด้วย หลังจากนั้นคัดเลือกสภาวะการแช่ที่ให้ปริมาณสาร GABA สูงสุด คือ อุณหภูมิ 40 ^{0}C เวลา 24 ชั่วโมง มาใช้ทดลองการงอกต่อไป โดยศึกษาผลของกระบวนการงอกในช่วงอุณหภูมิ 30-50 ^{0}C เวลา 12-36 ชั่วโมง ความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศ 95 % ที่มีต่อปริมาณสาร GABA ในเมล็ดข้าว จากผลการทดลอง พบว่า เมื่ออุณหภูมิในการงอกเพิ่มขึ้นจาก 30 เป็น 40 ^{0}C ปริมาณสาร GABA ในเมล็ดข้าวมีค่าเพิ่มขึ้น อย่างไรก็ตามเมื่ออุณหภูมิสูงเกินกว่า 40 ^{0}C ปริมาณสาร GABA ในเมล็ดข้าวมีค่าลดลง เมื่อระยะเวลาในการงอกเพิ่มขึ้นในช่วง 12-24 ชั่วโมง ปริมาณสาร GABA ในเมล็ดข้าวมีค่าเพิ่มขึ้น แต่เมื่อระยะเวลาในการงอกเกิน 24 ชั่วโมง ปริมาณสาร GABA ในเมล็ดข้าวมีค่าลดลง สภาวะที่เหมาะสม คือ ทำการแช่ที่อุณหภูมิ 40 ^{0}C ระยะเวลา 24 ชั่วโมง แล้วทำการงอกต่อเนื่องไปที่อุณหภูมิ 40 ^{0}C ระยะเวลา 24 ชั่วโมง โดยให้ปริมาณสาร GABA ในเมล็ดข้าวสูงสุด 448.79 มิลลิกรัมต่อ 100 กรัมน้ำหนักแห้ง

คำสำคัญ : ข้าวเปลือกงอก, GABA, การแช่, การงอก

* อาจารย์, ภาควิชาวิศวกรรมเคมี, มหาวิทยาลัยขอนแก่น, จังหวัดขอนแก่น 40002, อีเมล์: aapich@kku.ac.th

Effects of Accelerated Soaking and Germinating Process on GABA Content in Germinated Paddy Hom Mali 105

Apichart Artnaseaw*

Abstract

To increase GABA content in germinated paddy rice (Hom Mali 105), paddy rice grains was soaked in water which accelerating agent, bioextract : water 1:100, has been added. Effects of soaking temperature (30-50 ^{0}C) and soaking time (5-24 hours) on GABA content in rough rice were investigated. It was found that GABA content increased with an increase of soaking temperature in the range of 30-40 ^{0}C. However, when soaking temperature exceeded 40 ^{0}C, GABA content decreased. GABA content increased with an increase of soaking time. Then, the highest GABA content in water soaking process, 24 hours and 40 °C, was used to study effects of germinating temperature (30-50 ^{0}C), germinating time (12-36 hours) and relative humidity of 95% on GABA content in rough rice. The results showed that GABA content increased when the germinating temperature increased from 30 ^{0}C to 40 ^{0}C. However, when germinating temperature exceeded 40 ^{0}C, GABA content decreased. GABA content increased with an increase of germinating time in the range of 12-24 hours. When germinating time was higher than 24 hours, GABA content decreased. The highest GABA content (448.79 mg/100g dry basis) was obtained under both soaking and germinating conditions at 40 °C for 24 hours.

Keywords: Germinated paddy rice, GABA, Soaking, Germination

* Lecturer, Department of Chemical Engineering, Khon Kaen University, Khon Kaen, 40002,
E-mail: aapich@kku.ac.th

1. บทนำ

ข้าวเปลือกงอกหรือข้าวฮางงอก คือ กระบวนการแปรรูปข้าวแบบภูมิปัญญาท้องถิ่นของคนไทยภาคอีสาน เพื่อให้เก็บข้าวเปลือกไว้ได้เป็นเวลานานเมื่อเกิดปัญหาข้าวในนาเสียหายจากภัยธรรมชาติต่างๆ เช่น น้ำท่วมและฝนแล้ง เป็นต้น สามารถทำได้ทั้งข้าวเจ้าและข้าวเหนียว โดยกระบวนการผลิตข้าวเปลือกงอกมีขั้นตอนในการทำดังนี้ คือ 1) นำข้าวเปลือกไปแช่ในน้ำประมาณ 1 วัน 2) นำข้าวเปลือกที่แช่น้ำแล้วไปทำให้งอกในกระสอบป่านประมาณ 1 วัน 3) นำข้าวเปลือกไปนึ่งให้สุก 4) ทำการอบแห้งข้าวเปลือก และ 5) นำไปกะเทาะเปลือกออกตามลำดับ โดยปกติแล้วในข้าวกล้องทั่วไปจะประกอบด้วยสารอาหารจำนวนมาก เช่น ใยอาหาร กรดไฟติก วิตามินซี วิตามินอี และ GABA (gamma aminobutyric acid) ซึ่งเป็นสารสื่อประสาท ป้องกันเส้นโลหิตในสมองแตก ช่วยบำรุงเซลล์สมอง รวมทั้งป้องกันโรค Alzheimer และนอกจากนี้ยังช่วยป้องกันโรคต่างๆ เช่น โรคมะเร็งและเบาหวานได้ (Shoichi, 2004) แต่เมื่อนำข้าวกล้องหรือข้าวเปลือกมาแช่น้ำแล้วทำให้งอก จะทำให้ข้าวที่ได้มีสารอาหาร โดยเฉพาะสาร GABA เพิ่มขึ้น ซึ่งนอกจากจะได้ประโยชน์จากการที่มีปริมาณสารอาหารที่สูงขึ้นแล้ว ยังทำให้ข้าวเปลือกงอกที่หุงสุกมีเนื้อสัมผัสที่อ่อนนุ่มและหอม รับประทานได้ง่ายกว่าข้าวกล้องธรรมดาอีกด้วย โดยข้าวเปลือกงอกที่ทำมาจากข้าวเหนียวจะมีความนุ่มมากกว่าข้าวเจ้า

จากการศึกษาทางกายภาพและทางชีวเคมีของเมล็ดข้าว พบว่า ประกอบด้วยเปลือกหุ้มเมล็ดหรือแกลบซึ่งจะหุ้มข้าวกล้องไว้ โดยในเมล็ดข้าวกล้องประกอบด้วยจมูกข้าว รำข้าวและเมล็ดข้าวขาว ส่วนสารอาหารในเมล็ดข้าวประกอบด้วยคาร์โบไฮเดรตเป็นส่วนประกอบหลัก โดยมีโปรตีน วิตามินบี วิตามินอี และแร่ธาตุที่แยกไปอยู่ในส่วนต่าง ๆ ของเมล็ดข้าว นอกจากนี้ ยังพบสารอาหารประเภท ไขมันซึ่งพบได้ในรำข้าวเป็นส่วนใหญ่ ข้าวเมื่ออยู่ในสภาวะที่มีการเจริญเติบโตจะมีการเปลี่ยนแปลงทางชีวเคมี (Shelp et al.,1999) โดยการเปลี่ยนแปลงจะเริ่มขึ้นเมื่อน้ำได้แทรกเข้าไปในเมล็ดข้าวและจะกระตุ้นให้เอนไซม์ภายในเมล็ดข้าวเกิดการทำงาน เมื่อเมล็ดข้าวเริ่มงอก สารอาหารที่ถูกเก็บไว้ในเมล็ดข้าวก็จะถูกย่อยสลายไปตามกระบวนการทางชีวเคมีจนเกิดเป็นสารประเภทคาร์โบไฮเดรตที่มีโมเลกุลเล็กลง และน้ำตาลรีดิวซ์ นอกจากนี้ โปรตีนภายในเมล็ดข้าวก็จะถูกย่อยให้เกิดเป็นกรดอะมิโนและเปปไทด์ รวมทั้งยังพบการสะสมสารเคมีสำคัญต่าง ๆ เช่น แกมมาออริซานอล โทโคฟีรอล โทโคไตรอีนอล และโดยเฉพาะสาร GABA (Tian et al., 2004) ซึ่งเป็นกรดอะมิโนอิสระชนิดหนึ่งที่ผลิตจากกระบวนการชีวเคมี decarboxylation ของกรดกลูตามิก (glutamic acid) โดยการเร่งปฏิกิริยาของเอนไซม์ชนิดหนึ่งที่มีชื่อว่า กลูตาเมตดีคาร์บอกซีเลส (glutamate decaboxylase enzyme) (Mayer et al., 1990)

กระบวนการทำให้งอกสามารถทำได้ 2 แบบ คือ การงอกจากข้าวกล้อง (ข้าวกล้องงอก) และ การงอกจากข้าวเปลือก (ข้าวเปลือกงอก) สำหรับข้าวกล้องงอกได้มีนักวิจัยหลายคนทำการวิจัยแล้ว เช่น จารุรัตน์และคณะ (2550) ศึกษาผลของกระบวนการแช่และการงอกต่อปริมาณสาร GABA ในข้าวกล้องงอกหอมมะลิ วรนุช (2551) ได้ศึกษาหาปริมาณสาร GABA ของพันธุ์ข้าวแต่ละชนิดที่นำมาทำการงอก พัชรีและคณะ (2550) ศึกษาวิธีการเพิ่มปริมาณสาร GABA ในคัพภะ(จมูกข้าว) ข้าวเจ้า และ Komatsuzaki et al. (2007) ศึกษาผลของกระบวนการแช่และการกำจัดจุลินทรีย์ต่อปริมาณสาร GABA ในข้าวกล้องงอก ส่วนข้าวเปลือกงอกมีนักวิจัยเพียงกลุ่มเดียว คือ ชาญวิทย์และคณะ (2552) ที่ทำการศึกษา โดยพบว่า เมื่ออุณหภูมิในการแช่และงอกเพิ่มขึ้นในช่วง 30 – 50 ^{0}C ปริมาณสาร GABA จะเพิ่มขึ้นด้วยและมีค่าสูงสุด 95.6 มิลลิกรัมต่อ 100 กรัมน้ำหนักแห้ง แต่ยังมีหลายประเด็นที่ยังต้องการการศึกษาวิจัยต่อไป ซึ่งแนวทางในการเพิ่มปริมาณสาร GABA เป็นประเด็นหนึ่งที่น่าสนใจ การใช้สารเร่งการงอกในน้ำแช่ข้าวเปลือกเป็นวิธีหนึ่งที่ยังไม่มีการวิจัยก่อนหน้านี้ ดังนั้นผู้วิจัยจึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาอิทธิพลของอุณหภูมิและเวลาในกระบวนการแช่และการงอกที่มีผลต่อปริมาณสาร GABA ของข้าวเปลือกงอกหอมมะลิ 105 ที่มีการเติมสาร

เร่งการงอกในน้ำแช่ข้าวเปลือก เพื่อเพิ่มปริมาณสาร GABA ให้สูงขึ้น ซึ่งจะทำให้ได้สภาวะการแช่และงอกที่เหมาะสมต่อไป

2. อุปกรณ์และวิธีการทดลอง

2.1 ขั้นตอนการเตรียมวัตถุดิบ

นำข้าวเปลือกหอมมะลิ 105 พื้นที่ปลูกในจังหวัดขอนแก่น ที่ได้หลังจากการเก็บเกี่ยวประมาณ 1 สัปดาห์ มาทำการอบอย่างต่อเนื่องที่อุณหภูมิ 50 ^{0}C ระยะเวลา 1 สัปดาห์ เพื่อลดระยะเวลาการพักตัวของข้าวเปลือกหอมมะลิ (ถ้านำข้าวใหม่มาผ่านกระบวนการแช่และงอกจะไม่สามารถเกิดการงอกได้ ต้องนำมาทำให้เป็นข้าวเก่าก่อน) ซึ่งข้าวเปลือกจะมีความชื้นสุดท้ายประมาณ 14% w.b. ก่อนนำไปทดลองต่อไป

2.2 วิธีการทดลอง

นำข้าวเปลือกหอมมะลิจำนวน 20 กิโลกรัม มาแช่ในน้ำที่มีการเพิ่มสารเร่งน้ำหมักชีวภาพ ในอัตราส่วนสารเร่งต่อน้ำเป็น 1:100 ภายในถังสแตนเลสที่ด้านข้างทำการหุ้มฉนวน ซึ่งสามารถควบคุมอุณหภูมิได้ ขนาด 60 ลิตร จากนั้นทำการควบคุมอุณหภูมิและระยะเวลาในการแช่ตามกำหนด คือ อุณหภูมิ 30, 40 และ 50 ^{0}C เป็นเวลา 5, 12 และ 24 ชั่วโมง โดยการทดลองแต่ละชุดจะทำการแช่ต่อเนื่องกันโดยไม่มีการเปลี่ยนน้ำในระหว่างการทดลอง ซึ่งหลังจากสิ้นสุดการทดลองแต่ละชุด ตัวอย่างข้าวเปลือกที่ผ่านการแช่บางส่วนจะถูกนำไปหาความชื้นในเมล็ดข้าวตามวิธีของ AOAC (2000) โดยอบแห้งข้าวเปลือกที่อุณหภูมิ 103 ^{0}C เป็นระยะเวลา 24 ชั่วโมง และตัวอย่างข้าวเปลือกที่ผ่านการแช่อีกบางส่วนจะถูกนำไปอบแห้งที่อุณหภูมิ 50 ^{0}C เป็นเวลา 12 ชั่วโมง (วรนุช, 2551) แล้วนำไปทำการกะเทาะเปลือกออก ก่อนนำไปวิเคราะห์หาปริมาณ GABA ในเมล็ดข้าวต่อไป

จากนั้นทำการคัดเลือกสภาวะการแช่ที่ให้ปริมาณ GABA สูงที่สุด เพื่อใช้เป็นสภาวะการแช่ในการทดลองของขั้นตอนการงอกต่อไป โดยเริ่มต้นจากการนำข้าวเปลือกหอมมะลิจำนวน 20 กิโลกรัมมาแช่ที่อุณหภูมิและระยะเวลาที่ให้ปริมาณ GABA สูงที่สุด จากนั้นนำข้าวเปลือกออกมาจากถังแช่เพื่อนำไปใส่ในในถุงผ้าขาวบาง ก่อนนำไปไว้ในถังงอก ซึ่งเป็นถังสแตนเลสที่ด้านข้างทำการหุ้มฉนวน มีขนาด 60 ลิตร สามารถควบคุมอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศได้ จากนั้นทำการควบคุมอุณหภูมิ ระยะเวลาในการแช่และความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศ ตามกำหนด คือ เพาะให้งอกภายใต้ความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศ 95% ที่อุณหภูมิ 30, 40 และ 50 ^{0}C นาน 12, 24 และ 36 ชั่วโมง โดยที่หลังจากสิ้นสุดการทดลองแต่ละชุด ตัวอย่างข้าวเปลือกที่ผ่านการงอกจะถูกนำไปอบแห้งที่อุณหภูมิ 50 ^{0}C เป็นเวลา 12 ชั่วโมงและกะเทาะเปลือกออก ก่อนนำไปวิเคราะห์หาปริมาณ GABA ในเมล็ดข้าวต่อไป

การหาความชื้นและปริมาณสาร GABA ในเมล็ดข้าวทำการทดลอง 3 ซ้ำ แล้วรายงานผลเป็นค่าเฉลี่ย

2.3 การวิเคราะห์ปริมาณ GABA

วิธีวิเคราะห์หาปริมาณ GABA ดัดแปลงมาจากวิธีของ Lin & Wang (1980) และ Heems et al. (1998) เริ่มต้นจากการนำตัวอย่างข้าวมาบดให้ละเอียด แล้วสุ่มตัวอย่างมาให้ได้น้ำหนัก 0.5 กรัม ใส่ในหลอดทดลองก่อนเติมน้ำ 1,800 ไมโครลิตรและเติม sulfosalicylic acid ความเข้มข้น 5% โดยปริมาตร ปริมาตร 200 ไมโครลิตร ผสมให้เข้ากันด้วยเครื่องผสมสารละลายแบบ vortex จากนั้นนำไปเข้าเครื่องเหวี่ยงที่ความเร็วรอบ 7,000 รอบต่อนาที เป็นเวลานาน 20 นาทีเพื่อแยกส่วนใสออก นำส่วนใสที่ได้ไปกรองเพื่อการวิเคราะห์ต่อไป

การเตรียมอนุพันธ์ของตัวอย่างเพื่อวิเคราะห์ด้วยเครื่อง HPLC (High Performance Liquid Chromatography) ทำได้โดยดูดส่วนใสที่ได้จากการสกัดตัวอย่างข้างต้นปริมาตร 50 ไมโครลิตร เติมโซเดียมไบคาร์บอเนต ความเข้มข้น 100 มิลลิโมล ปริมาตร 50 ไมโครลิตร และ Dabsyl – Cl ความเข้มข้น 4 มิลลิโมล ปริมาตร 200 ไมโครลิตร ผสมสารละลายให้เข้ากันด้วยเครื่องผสมสารละลายแบบ Vortex เป็นเวลา 1 นาที แล้วนำไปบ่มที่อุณหภูมิ 70 ^{0}C นาน 10 นาที ทิ้งไว้ในเย็นก่อนเติมเอธานอลความเข้มข้นร้อยละ 95 โดยปริมาตร ปริมาตร 250 ไมโครลิตร และสารละลายโพแทสเซียม

ไดไฮโดรเจนฟอสเฟต (pH 6.8) ปริมาตร 250 ไมโครลิตร ผสมให้เข้ากันก่อนกรองผ่านเมมเบรน เพื่อนำไปวิเคราะห์ด้วยเครื่อง HPLC ต่อไป

เครื่อง HPLC รุ่น Agilent 1100 series, USA ต่อเข้ากับ diode array detector UV 465 nm คอลัมน์วิเคราะห์ใช้ supelcosil LC-DABS ขนาด 150 x4.6 mm (USA) โดยใช้ mobile phase ชนิด gradient และใช้ flow rate 1.0 ml/min อุณหภูมิ 25 ^{0}C ใช้ mobile phase เป็น sodium acetate pH 6.8 และ acetonitrile เปรียบเทียบจากค่า retention time (RT)

3. ผลการทดลองและวิจารณ์

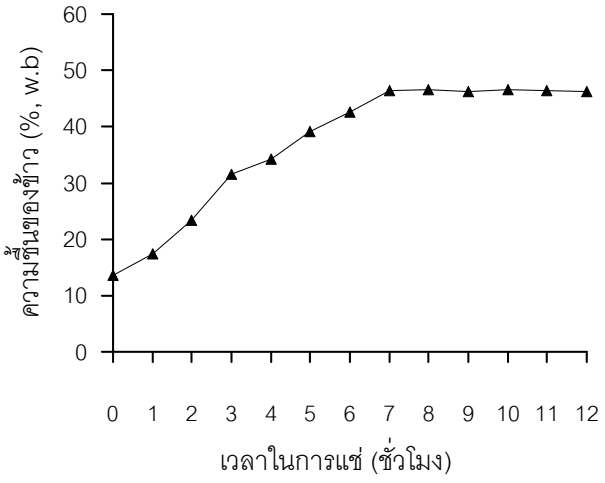
ผลการศึกษาอิทธิพลของอุณหภูมิและระยะเวลาในกระบวนการแช่ที่มีผลต่อปริมาณสาร GABA แสดงในตารางที่ 1 โดยพบว่า เมื่ออุณหภูมิเพิ่มขึ้นในช่วง 30 - 40 ^{0}C ปริมาณสาร GABA จะเพิ่มขึ้นด้วย เพราะเมื่ออุณหภูมิเพิ่มขึ้น การแพร่ของน้ำจากภายนอกเข้าสู่เมล็ดข้าวจะมีมากขึ้น ดังแสดงในตารางที่ 2 เนื่องจากที่อุณหภูมิสูงโมเลกุลของน้ำมีพลังงานในการเคลื่อนที่มากกว่าที่อุณหภูมิต่ำ ดังนั้นโมเลกุลของน้ำที่อุณหภูมิสูงจึงสามารถแพร่เข้าไปในเนื้อเมล็ดข้าวได้ง่ายกว่าด้วย ซึ่งน้ำเหล่านี้จะไปกระตุ้นการทำงานของเอนไซม์ต่าง ๆ ให้เกิดกระบวนการย่อยสลายสารอาหารภายในเมล็ดข้าว โดยเฉพาะเอนไซม์กลูตาเมตดีคาร์บอกซีเลสซึ่งเกี่ยวข้องกับการเปลี่ยนกรดอะมิโนกลูตามิกไปเป็นสาร GABA มีผลให้ปริมาณสาร GABA ในเมล็ดข้าวเพิ่มขึ้น (Liu et al., 2005) แต่เมื่ออุณหภูมิสูงเกินกว่า 40 ^{0}C ปริมาณสาร GABA กลับลดลง เพราะที่อุณหภูมิเกินกว่านี้อัตราการดูดซึมน้ำเข้าสู่เมล็ดข้าวมีมากเกินไป ทำให้การกระจายตัวของความชื้นภายในเมล็ดข้าวไม่สม่ำเสมอ มีผลให้การทำงานของเอนไซม์ต่าง ๆ มีประสิทธิภาพต่ำ ซึ่งหมายถึงปริมาณสาร GABA ในเมล็ดข้าวลดลงด้วย ในขณะที่เมื่อระยะเวลาในการแช่เพิ่มขึ้น ปริมาณสาร GABA จะเพิ่มขึ้นด้วย เพราะเมื่อเวลาในการแช่เพิ่มขึ้น การกระจายของน้ำภายในเมล็ดข้าวสม่ำเสมอมากขึ้น มีผลให้การทำงานของเอนไซม์ต่าง ๆ มีประสิทธิภาพสูงขึ้น (Manna et al., 1995) นอกจากนี้เมื่อระยะเวลาในการแช่เพิ่มขึ้น ความชื้นในเมล็ดข้าวมีมากขึ้น ดังแสดงในตารางที่ 2 ทำให้เกิดกระบวนการย่อยสลายสารอาหารภายในเมล็ดข้าวเป็นสาร GABA เพิ่มขึ้นด้วย ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของชาญวิทย์และคณะ (2552) และ Horino et al. (1994) ที่ศึกษาอิทธิพลของอุณหภูมิในกระบวนการแช่ที่มีผลต่อปริมาณสาร GABA ของข้าวเปลือกหอมมะลิและจมูกข้าวพันธุ์ Koshihikari ตามลำดับ

การนำข้าวมาแช่น้ำ มีผลทำให้น้ำจากภายนอกแพร่เข้ามาสู่ภายในเมล็ดข้าว ส่งผลให้ความชื้นในเมล็ดข้าวเพิ่มขึ้นตามระยะเวลาในการแช่ แต่เมื่อระยะเวลาการแช่มากกว่า 8 ชั่วโมง ความชื้นในเมล็ดข้าวจะคงที่ ดังแสดงในรูปที่ 1 ดังนั้นระยะเวลาการแช่น้ำที่อุณหภูมิ 40 ^{0}C ควรจะมากกว่า 8 ชั่วโมง แต่ต้องไม่เกิน 30 ชั่วโมง เพราะน้ำแช่จะเกิดการเน่าเสีย เนื่องจากในระหว่างการทดลองไม่มีการเปลี่ยนน้ำแช่ ส่งผลให้ข้าวเปลือกงอกที่ได้มีกลิ่นไม่น่ารับประทาน

ปริมาณสาร GABA สูงสุดเกิดขึ้นที่อุณหภูมิในการแช่ 40^{0}C นาน 24 ชั่วโมง เท่ากับ 293.63±0.02 มิลลิกรัมต่อ 100 กรัมน้ำหนักแห้ง ต่างจากงานวิจัยของ ชาญวิทย์และคณะ (2552) จารุรัตน์และคณะ (2550) และ Horino et al. (1994) ที่รายงานค่าปริมาณสาร GABA ของข้าวที่ผ่านกระบวนการแช่เท่านั้น 45.2, 24.7 และ 23.4 มิลลิกรัมต่อ 100 กรัมน้ำหนักแห้ง ตามลำดับ เพราะในงานวิจัยนี้มีการเติมสารเร่งน้ำหมักชีวภาพที่ภายในน้ำหมักชีวภาพประกอบไปด้วยส่วนประกอบที่หลายชนิด เช่น จุลินทรีย์ กรดอะมิโน กรดอินทรีย์ น้ำตาล วิตามิน ฮอร์โมน เอนไซม์ ฯลฯ (Chaiyasut et al., 2003) ซึ่งสารเหล่านี้นี้มีส่วนช่วยกระตุ้นการทำงานของเอนไซม์กลูตาเมตดีคาร์บอกซีเลสเกิดได้เร็วขึ้น นอกจากนี้การนำข้าวใหม่ 1 สัปดาห์ มาทำการงอกมีผลต่อปริมาณสาร GABA เพราะข้าวใหม่จะมีปริมาณสารอาหารมากกว่าข้าวเก่า เนื่องจากสารอาหารต่างๆในข้าวเก่าถูกทำลายไปจากอุณหภูมิและระยะเวลาในการเก็บที่มากกว่า 6 เดือน (ไพฑูรย์ และคณะ, 2524)

คัดเลือกสภาวะที่ใช้ในกระบวนการแช่ที่ให้ปริมาณ GABA มากที่สุดคือ การแช่ข้าวที่อุณหภูมิ 40^{0}C

ระยะเวลา 24 ชั่วโมง จากนั้นนำมาเพาะให้งอก ซึ่งผลการศึกษาอิทธิพลของอุณหภูมิและระยะเวลาในระหว่างกระบวนการงอกที่มีผลต่อปริมาณสาร GABA แสดงในตารางที่ 3 พบว่า เมื่ออุณหภูมิในการงอกเพิ่มขึ้นจาก 30 เป็น 40 ^{0}C ปริมาณสาร GABA จะเพิ่มขึ้นด้วย เพราะเมื่ออุณหภูมิเพิ่มมากขึ้นกระบวนการเมตาบอลิซึมจะเปลี่ยนกรดเป็นสาร GABA เพิ่มมากขึ้น (Taiz & Zeiger, 2002) แต่เมื่ออุณหภูมิสูงเกินกว่า 40 ^{0}C ปริมาณสาร GABA กลับลดลง เพราะอุณหภูมิที่เหมาะสมในการงอกและในการเจริญเติบโตของข้าวที่งอกแล้ว อยู่ในช่วง 30–35 ^{0}C และ 35-40 ^{0}C ตามลำดับ ในขณะที่เมื่อระยะเวลาในการงอกเพิ่มมากขึ้น ในช่วง 12-24 ชั่วโมง ปริมาณสาร GABA จะเพิ่มขึ้นด้วย เพราะข้าวมีเวลาในการสร้างเอนไซม์เบต้าอะไมเลสในส่วนของจมูกข้าวและฮอร์โมนจิบเบอเรลลินมากขึ้น ซึ่งสิ่งเหล่านี้จะเป็นตัวกระตุ้นให้เยื่อหุ้มเนื้อเมล็ดผลิตเอนไซม์ชนิดอื่นๆขึ้นมา เช่น เบต้ากลูแคนเนส แพนโตแซนเนส เป็นต้น เอนไซม์เหล่านี้จะไปทำให้สารอาหารต่างๆ ที่สะสมในส่วนเนื้อเมล็ดเปลี่ยนไปอยู่ในรูปโครงสร้างที่สลายได้ง่าย จึงทำให้มีปริมาณสาร GABA เพิ่มสูงขึ้น แต่เมื่อระยะเวลาในการงอกเกิน 24 ชั่วโมง ปริมาณสาร GABA ลดลง เพราะภายในเวลา 24 ชั่วโมง เมล็ดข้าวจะเกิดรากเทียมออกมาเป็นจุดเริ่มต้นของการงอก แต่หลังจากนั้นจะมีการสร้างรากแท้ขึ้นมา ซึ่งรากแท้นี้จะต้องใช้สารอาหารที่สะสมไว้มาใช้เป็นแหล่งพลังงาน



รูปที่ 1 *ปริมาณความชื้นของเมล็ดข้าวที่ผ่านกระบวนการแช่ ที่อุณหภูมิ 40 ^{0}C ระยะเวลาการแช่นาน 1-12 ชั่วโมง*

ตารางที่ 1 *ปริมาณสาร GABA ในเมล็ดข้าวที่ผ่านกระบวนการแช่ ที่อุณหภูมิและระยะเวลาการแช่ต่างๆ*

อุณหภูมิ (^{o}C)	**ระยะเวลาการแช่ (ชม.)**	**ปริมาณ GABA (mg/100g นน.แห้ง)[1]**
30	5	26.60±0.10[a]
	12	99.64±0.12[c]
	24	258.05±0.08[f]
40	5	164.06±0.39[d]
	12	254.03±0.02[f]
	24	293.63±0.02[h]
50	5	90.18±0.21[b]
	12	175.57±0.11[e]
	24	280.57±0.03[g]

ตารางที่ 2 *ปริมาณความชื้นในเมล็ดข้าวที่ผ่านกระบวนการแช่ ที่อุณหภูมิและระยะเวลาการแช่ต่างๆ*

อุณหภูมิ (^{o}C)	**ระยะเวลาการแช่ (ชม.)**	**ความชื้นในเมล็ดข้าว[1] (% w.b.)**
30	0	13.52±0.84
	5	30.23±0.36
	12	39.12±0.36
	24	46.02±0.36
40	0	13.52±0.84
	5	39.22±0.36
	12	44.29±0.36
	24	46.11±0.36
50	0	13.52±0.84
	5	43.30±0.36
	12	46.14±0.36
	24	46.42±0.36

ตารางที่ 3 *ปริมาณสาร GABA ในเมล็ดข้าวที่ผ่านกระบวนการงอกที่อุณหภูมิและระยะเวลาการงอกต่างๆ*

อุณหภูมิ (°C)	ระยะเวลาการงอก (ชม.)	ปริมาณ GABA (mg/100g นน.แห้ง)
30	12	86.10±1.87[a]
	24	215.00±0.60[b]
	36	202.74±2.45[c]
40	12	259.54±4.06[d]
	24	448.79±2.15[e]
	36	445.29±1.25[e]
50	12	171.45±2.29[f]
	24	197.40±1.5[c]
	36	112.96±1.14[g]

หมายเหตุ :

[1] หมายถึง ค่าเฉลี่ย ±ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน

[a,b,c...] ตัวอักษรที่ต่างกันในแนวตั้งแสดงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) เปรียบเทียบค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานโดยวิธี Duncan's new multiple Range test

ในการเจริญเติบโตไปเป็นใบเลี้ยงอ่อน ราก และต้นข้าวต่อไป ซึ่งสารอาหารเหล่านี้ส่วนหนึ่งเป็นสารตั้งต้นในการผลิตสาร GABA ด้วย มีผลให้ปริมาณสาร GABA ลดลง เมื่อแช่ข้าวนานเกิน 24 ชั่วโมง เพราะมีการสร้างรากแท้แล้ว (Manna et al., 1995)

งานวิจัยนี้สามารถผลิตข้าวที่ผ่านกระบวนการแช่แล้วนำไปงอกต่อ ที่มีปริมาณสาร GABA สูงสุดเท่ากับ 448.79±2.15 มิลลิกรัมต่อ 100 กรัมน้ำหนักแห้ง โดยทำการแช่ที่อุณหภูมิ 40 ^{0}C ติดต่อกันนาน 24 ชั่วโมง แล้วนำไปทำให้เกิดการงอกที่อุณหภูมิ 40 ^{0}C นาน 24 ชั่วโมง ซึ่งเป็นปริมาณสาร GABA ในข้าวงอกที่มากที่สุดตั้งแต่มีงานวิจัยมา โดยชาญวิทย์และคณะ (2552) วรนุช (2551) จารุรัตน์และคณะ (2550) พัชรีและคณะ (2550) Komatsuzaki et al. (2007) ที่ศึกษาข้าวที่ผ่านกระบวนการแช่และการงอก โดยรายงานค่า 95.6, 103.43, 96.83, 72.8 และ 24.9 มิลลิกรัมต่อ 100 กรัมน้ำหนักแห้ง ตามลำดับ ซึ่งเป็นผลมาจากการเติมสารเร่งน้ำหมักชีวภาพ ในกระบวนการแช่ และยืนยันได้จากผลการทดลองหาปริมาณสาร GABA ในข้าวกล้องที่ไม่ผ่านการแช่น้ำและข้าวที่ผ่านการแช่น้ำที่ไม่มีการเติมสารเร่งแล้วไปทำการงอก ที่มีค่า 1.93 และ 82.27 มิลลิกรัมต่อ 100 กรัมน้ำหนักแห้ง ตามลำดับเท่านั้น แต่สารเร่งจะไปมีผลอย่างไรในกระบวนการสร้างสาร GABA ควรมีการศึกษาเพิ่มเติมต่อไป

เมื่อเปรียบเทียบปริมาณสาร GABA ที่เกิดขึ้นระหว่างกระบวนการแช่และกระบวนการงอก พบว่า ข้าวที่แช่น้ำและเพาะให้งอกที่อุณหภูมิ 40 ^{0}C นาน 24 ชั่วโมง มีปริมาณ GABA สูงกว่าข้าวที่ผ่านขั้นตอนการแช่อย่างเดียวประมาณ 2 เท่า เนื่องจาก Manna et al., (1995) ได้แบ่งกระบวนการงอกของเมล็ดข้าวออกเป็น 3 ช่วง ซึ่งการแช่ข้าวจัดอยู่ในระยะแรกที่มีการดูดซึมน้ำเข้าสู่เมล็ดข้าวและจะกระตุ้นการทำงานของเอนไซม์ชนิดต่าง ๆ ทำให้มีการย่อยสลายสารอาหารภายในเมล็ดบางส่วน ซึ่งการทำงานของเอนไซม์กลูตาเมตดีคาร์บอกซีเลสที่เกิดขึ้นในขั้นตอนนี้น้อยกว่าขั้นตอนการเพาะให้งอก จึงทำให้ปริมาณสาร GABA ต่ำกว่าด้วย ส่วนการเพาะข้าวให้งอกจัดอยู่ในกระบวนการระยะที่สองซึ่งมีการสังเคราะห์เอนไซม์ที่ทำให้เกิดการย่อยสลายของผนังเซลล์ของชั้นอะลิวโรน เมื่อเกิดการย่อยของผนังเซลล์แล้ว เอนไซม์กลุ่มที่ย่อยโปรตีนที่มีอยู่ในเมล็ดข้าวก็จะทำงานโดยย่อยโปรตีนเป็นกรดอะมิโนชนิดต่างๆ ได้ ซึ่งกระบวนการต่อไปจะเกิดการเพิ่มขนาดและปริมาณของเซลล์ขึ้น เป็นระยะที่สาม ดังนั้นขั้นตอนการแช่น้ำและเพาะข้าวให้งอกจึงมีปริมาณ GABA สูงกว่าขั้นตอนการแช่อย่างเดียว

แต่ในกรณีที่อุณหภูมิการงอกที่ 50 ^{0}C ข้าวที่ผ่านการแช่น้ำแล้วไปทำการงอก มีปริมาณสาร GABA น้อยกว่าข้าวที่ผ่านการแช่น้ำอย่างเดียว เนื่องจากการงอกของรากเทียมที่เป็นจุดสะสมสาร GABA มีมากเกินไปจากผลของอุณหภูมิที่สูงเกินไป มีผลทำให้รากเทียมเกิดการเปลี่ยนสภาพไปเป็นรากแท้ ใบเลี้ยง ไฟเบอร์ และ

คลอโรฟิล ปริมาณสาร GABA จึงมีค่าน้อยลง (Manna et al., 1995)

4. บทสรุป

เมื่อนำข้าวเปลือกหอมมะลิ 105 มาผ่านกระบวนการแช่ในน้ำที่มีสารเร่งน้ำหมักชีวภาพ ในอัตราส่วนสารเร่งต่อน้ำเป็น 1:100 ที่อุณหภูมิ 30, 40 และ 50 ^{0}C เป็นเวลา 5, 12 และ 24 ชั่วโมง พบว่า เมื่ออุณหภูมิเพิ่มขึ้นจาก 30 เป็น 40 ^{0}C ปริมาณสาร GABA จะเพิ่มขึ้นด้วย แต่เมื่ออุณหภูมิสูงเกินกว่า 40 ^{0}C ปริมาณสาร GABA จะลดลง เมื่อระยะเวลาในการแช่เพิ่มขึ้น ปริมาณสาร GABA จะเพิ่มขึ้นด้วย เมื่ออุณหภูมิและระยะเวลาในการแช่เพิ่มขึ้น ความชื้นในเมล็ดข้าวจะเพิ่มขึ้น และเมื่อนำข้าวที่แช่ในน้ำ 40 ^{0}C นาน 24 ชั่วโมง มาผ่านกระบวนการงอกที่อุณหภูมิที่ 30, 40 และ 50 ^{0}C นาน 12, 24 และ 36 ชั่วโมง ที่ความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศ 95% พบว่า เมื่ออุณหภูมิในการงอกเพิ่มขึ้นจาก 30 เป็น 40 ^{0}C ปริมาณสาร GABA จะเพิ่มขึ้น แต่เมื่ออุณหภูมิสูงเกินกว่า 40 ^{0}C ปริมาณสาร GABA มีค่าลดลง เมื่อระยะเวลาในการงอกเพิ่มขึ้นในช่วง 12-24 ชั่วโมง ปริมาณสาร GABA จะเพิ่มขึ้น แต่เมื่อระยะเวลาในการงอกเกิน 24 ชั่วโมงจะให้ปริมาณสาร GABA ลดลง ข้าวที่ผ่านกระบวนการแช่ที่อุณหภูมิ 40 ^{0}C ระยะเวลา 24 ชั่วโมง แล้วทำการงอกต่อเนื่องไปที่อุณหภูมิ 40 ^{0}C ระยะเวลา 24 ชั่วโมง ให้ปริมาณสาร GABA ในเมล็ดข้าวสูงสุด 448.79±2.15 มิลลิกรัมต่อ 100 กรัมน้ำหนักแห้ง

เอกสารอ้างอิง

จารุรัตน์ สันเต วรนุช ศรีเจษฎารักข์ และรัชฎา ตั้งวงค์ไชย. (2550). ผลของกระบวนการแช่ต่อปริมาณสารแกมมาอะมิโนบิวทาริกแอซิดในข้าวกล้องงอก (หอมมะลิ 105). *วารสารวิทยาศาสตร์เกษตร*, ปีที่ 38, ฉบับที่ 5 พิเศษ, หน้า 164-167.

ชาญวิทย์ ศรีเพ็ญชัย อภิชาติ อาจนาเสียว และทินกร คำแสน. (2552). *ผลของอุณหภูมิในกระบวนการแช่และกระบวนการงอกของข้าวเปลือก (หอมมะลิ 105) ต่อปริมาณสารแกมมาอะมิโนบิวเทอริกเอซิด*. การประชุมวิชาการมหาวิทยาลัยอุบลราชธานีวิจัย ครั้งที่ 3, หน้า 88-92.

พัชรี ตั้งตระกูล วารุณี วารัญญานนท์ วิภา สุโรจนะเมธากุล และ ลัดดา วัฒนศิริธรรม. (2550). GABA ในคัพภะข้าวและข้าวกล้องงอก. *วารสารอาหาร*, ปีที่ 37, ฉบับที่ 4, หน้า 291-296.

ไพฑูรย์ อุไรรงค์ อัมพวัน สิมะกรัย และ งามชื่น คงเสรี. (2524). *การเปลี่ยนแปลงของความงอก คุณภาพการสีและคุณสมบัติของแป้งของข้าวในระหว่างการเก็บรักษา*. รายงานผลการค้นคว้าวิจัย ปี 2521:กองแผนงาน กองการข้าว กรมวิชาการเกษตร กรุงเทพฯ หน้า 88-89.

วรนุช ศรีเจษฎารักข์. (2551). *รายงานฉบับสมบูรณ์เรื่องการผลิตสารประกอบทางชีวภาพ จากข้าวกล้องงอก*. มหาวิทยาลัยขอนแก่น, คณะเทคโนโลยี, ภาควิชาเทคโนโลยีอาหาร

AOAC., (2000). Official methods of analysis. Association of official Analytical Chemists. Washington, DC.

Chaiyasut C., Peerajan S., Charoenrat T., Chansakaow S. (2003). *Antioxidant Activity of Some Fermented Herb Juices*. International Joint Meeting on Food Factors and Free Radicals in Health & Disease, Japan, December 4-7.

Heems, D., Luck, G., Fraudeau, C., Verette, E. (1998). Fully automated precolumn derivatization, on – line dialysis and high performance liquid chromatographic analysis of amino in food, beverages and feedstuff. *Journal of Chromatography* A, Vol. 798, No. 1-2, 9-17.

Komatsuzaki, N., Tsukahara, K., Toyoshima, H., Suzuki, T., Shimizu, N., Kimura, T. (2007). Effect of soaking and gaseous treatment on GABA content in germinated brown rice. *Journal of Food Engineering*, Vol. 78, No. 2, 556–560.

Lin, J.K. and Wang, C.H. (1980). Determination of urinary amino acids by liquid chromatography with dabsyl chloride. *Clinical Chem*. Vol. 26, No. 5, 579-583.

Liu, L.L., Zhai, H.Q., Wan, J.M. (2005). Accumulation of γ-aminobutyric acid in giant-embryo grain in relation to glutamate decarboxylase activity and it gene expression during water soaking. *Cereal Chemistry*, Vol. 82, No. 2, 191–196.

Manna, K.M., Naing, K.M., Pe, H. (1995). Amylase activity of some roots and sprouted cereals and beans. *Food and Nutrition Bulletin*, Vol. 16, No. 2, 178-181.

Mayer, R.R., Cherry, J.H., Rhodes, D. (1990). Effects of heat shock on amino acid metabolism of cowpea cells. *Plant Physiology*, Vol. 94, 796–810.

Saikusa, T., Horino, T., Mori, Y. (1994). Distribution of free amino acids in the rice kernel and kernel fractions and the effect of water soaking on the distribution. *Journal Agricultural Food Chemistry*, Vol. 42 , No. 5, 1122-1125.

Shelp, B.J., Bown, A.W., Mclean, M.D. (1999). Metabolism and function of γ - aminobutyric acid. *Trends Plant Science*, Vol. 4, No. 11, 446-452.

Shoichi, I. (2004). *Marketing of value-added rice products in Japan: germinated brown rice and rice bread*. FAO rice conference, Rome, Italy, 12-13 February.

Taiz, L, Zeiger, E. (2002). *Plant physiology*, in Chapter 2, 3rd ed.; Sinauer.

Tian, S., Nakamura, K., Kayahara, H. (2004). Analysis of phenolic compounds in white rice, brown rice, and germinated brown rice. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, Vol. 52 No. 15, 4808–4813.