

นวัตกรรมการผลิตข้าวกล้องงอกให้สารกาบาสูง Innovation of Germinated Brown Rice Production for High GABA

กรกฎ เพ็ชรหัสณโยธิน¹ สุธน เสถียรยานนท์¹ และ ธิดา อมร^{2*}

Korakoj Pethassanayothin¹ Suthon Sathienyanon¹ and Tida Amon^{2*}

¹สาขาวิชาเคมีอุตสาหกรรม คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏบ้านสมเด็จเจ้าพระยา

²สาขาวิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏบ้านสมเด็จเจ้าพระยา

วันที่ส่ง : 11 มีนาคม 2561 วันที่แก้ไข : 24 พฤษภาคม 2561 วันที่ตอบรับ : 22 มิถุนายน 2561

บทคัดย่อ

อาหารมีบทบาทสำคัญต่อสุขภาพ ปัจจุบันจึงมีการพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหารเพื่อเป็นอาหารเสริมสุขภาพโดยเฉพาะข้าวซึ่งเป็นอาหารหลักสำหรับประชากรมากกว่าครึ่งหนึ่งของโลก ข้าวกล้องเป็นข้าวที่มีคุณค่าทางโภชนาการสูงแต่เมื่อหุงต้มจะมีเนื้อสัมผัสแข็ง นวัตกรรมการผลิตข้าวกล้องงอกกำลังเป็นที่นิยมเนื่องจากข้าวกล้องงอกที่หุงสุกมีเนื้อสัมผัสนุ่ม บริโภคง่าย มีงานวิจัยมากมายรายงานว่าการงอกชักนำให้เกิดการสร้างสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพ ตัวอย่างเช่น กรดแกมมา-อะมิโนบิวทิริก (กาบา) กาบาเป็นกรดอะมิโนที่ไม่เป็นองค์ประกอบของโปรตีนที่สังเคราะห์จากปฏิกิริยาดีคาร์บอกซิเลชันของกรดกลูตามิก กระบวนการเมแทบอลิซึมของกาบาเกี่ยวข้องกับเอนไซม์ 3 ชนิด ได้แก่ กลูตาเมตดีคาร์บอกซิเลส กาบา-ทรานส์อะมิเนส และซักซินิก เชมิแอลดีไฮด์ ดีไฮโดรจีเนส การศึกษาผลของการแช่และการทำให้งอกของข้าวกล้องพบว่าข้าวกล้องงอกมีผลต่อการเพิ่มปริมาณกาบาแต่ปริมาณกาบาจะแตกต่างกันขึ้นอยู่กับข้าวแต่ละสายพันธุ์ การผลิตข้าวกล้องงอกให้สารกาบาสูงขึ้นอยู่กับสภาวะที่เหมาะสม ได้แก่ เวลาในการแช่ เวลาการเพาะงอก อุณหภูมิและพีเอชที่เหมาะสม ประโยชน์ของกาบาได้แก่ ช่วยลดความดันโลหิต ทำให้สมองผ่อนคลาย ป้องกันโรคอัลไซเมอร์ ยับยั้งการสร้างเซลล์มะเร็ง ป้องกันโรคเบาหวาน บทความนี้แสดงให้เห็นถึงความสำคัญของสารกาบาและนวัตกรรมการผลิตข้าวกล้องงอกให้สารกาบาสูง

คำสำคัญ : กรดแกมมา-อะมิโนบิวทิริก กาบา ข้าวกล้องงอก

Abstract

Food has a significant effect on health. In present, various food products have been developed as functional food. Especially, rice is a staple food for over half of the world's population. Brown rice is high in nutritional value but has a hard texture when cooked. Innovation of germinated brown rice production is popular because germinated brown rice has a soft texture and suitable to consume. Many researches have reported that the

*ที่อยู่ติดต่อ. E-mail address : tidaamon@hotmail.com

germination could induce the formation of bioactive compounds such as gamma-aminobutyric acid (GABA). GABA is a non-protein amino acid which is synthesized by decarboxylation of glutamic acid. The metabolism of GABA relates to three enzymes : glutamate decarboxylase, GABA transaminase and succinic semialdehyde dehydrogenase. The studies on the effect of soaking and germination of brown rice indicated that the germinated brown rice can enhance level of GABA content but GABA accumulation differed among rice varieties. The production of germinated brown rice is high in GABA content dependent on the optimum conditions including of soaking time, germination time, optimum temperature and optimum pH. GABA is useful for reduction of blood pressure, brain relaxing, preventive effect on Alzheimer's disease, inhibitory action on cancer cell and prevention of diabetes. This review demonstrates to important of GABA and innovative production of germinated brown rice for high GABA content.

Keywords : gamma-aminobutyric acid, GABA, germinated brown rice

1. บทนำ

ข้าวเป็นพืชตระกูลหญ้า (Genus *Oryza*) ซึ่งได้มีการนำมาเพาะปลูกเพื่อใช้ในการบริโภคมาเป็นเวลานาน โดยเฉพาะคนไทยเป็เอเชียส่วนใหญ่นิยมบริโภคข้าวเป็นอาหารหลัก ข้าวแต่ละสายพันธุ์มีคุณภาพเมล็ดแตกต่างกันขึ้นอยู่กับแหล่งที่เพาะปลูก กรรมวิธีการผลิตและขั้นตอนการเก็บเกี่ยว องค์ประกอบทางเคมีของข้าวแต่ละสายพันธุ์ขึ้นอยู่กับสิ่งแวดล้อม ดิน และสายพันธุ์ของข้าวแต่ละชนิด ในเมล็ดข้าวประกอบด้วยโปรตีน ลิพิด และแป้งเป็นองค์ประกอบหลักซึ่งองค์ประกอบเหล่านี้มีผลต่อการหุงต้ม (cooking) และคุณค่าทางโภชนาการ (eating quality)

คุณค่าทางโภชนาการและประโยชน์ของข้าวมีมากมาย มีรายงานพบว่าข้าวเป็นแหล่งของไทอามีน (thiamine) หรือวิตามินบี 1 ไรโบฟลาวิน (riboflavin) หรือวิตามินบี 2 และไนอะซิน (niacin) หรือวิตามินบี 3 ในส่วนของจมูกข้าว (germ) และรำข้าว (bran) จะพบแร่ธาตุ เช่น เหล็กและสังกะสี โปรตีน และวิตามินในปริมาณสูง แต่ผู้บริโภคส่วนใหญ่นิยมบริโภคข้าวขาว (white rice) โดยนำเมล็ดข้าวไปขัดสีแยกรำข้าวและจมูกข้าวออกไป ทำให้สูญเสียธาตุอาหารและสารอาหารไปส่วนหนึ่ง นอกจากนี้ยังพบว่าการบริโภคข้าวขาวยังทำให้เกิดภาวะความเสี่ยงต่อโรคเบาหวานเนื่องจากมีค่าดัชนีน้ำตาล (glycemic Index) สูง [1]

ดังนั้นการรับประทานข้าวให้ได้ประโยชน์สูงสุดควรทานข้าวกล้อง (brown rice) ซึ่งเป็นข้าวที่ผ่านการเอาเปลือกออกโดยที่เมล็ดข้าวยังมีลักษณะเต็มเมล็ด มีจมูกข้าวและเยื่อหุ้มเมล็ดข้าว (rice bran) ซึ่งเป็นบริเวณที่อุดมด้วยวิตามิน เส้นใยอาหาร แกมมาออริซานอล (γ -oryzanol) และแร่ธาตุ แต่การบริโภคข้าวกล้องยังประสบปัญหาในการหุงต้มเนื่องจากเนื้อสัมผัสค่อนข้างแข็ง ในปัจจุบันได้มีการปรับปรุงพัฒนาผลิตภัณฑ์ข้าวเพื่อให้เหมาะแก่การบริโภคและให้คุณค่าทางโภชนาการสูง ซึ่งการทำให้งอก (germination) จัดเป็นเทคโนโลยีหนึ่งที่ปรับปรุงเนื้อสัมผัสข้าวกล้องในการหุงต้มและยังทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงทั้ง

องค์ประกอบและโครงสร้างทางเคมีของสารที่ออกฤทธิ์ทางชีวภาพ มีรายงานวิจัยพบว่าในเมล็ดที่กำลังงอก จะเกิดกระบวนการสร้างสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพ (bioactive compounds) อย่างเช่น กรดแกมมา-อะมิโนบิวทิริก (gamma-aminobutyric acid) หรือเรียกว่ากาบา (GABA) ซึ่งมีบทบาทหน้าที่เป็นสารสื่อประสาท ช่วยบำรุงประสาท และให้ประโยชน์หลายอย่างต่อร่างกาย ปัจจุบันการบริโภคข้าวกล้องงอกกำลังเป็นที่นิยมมากในหลายประเทศในทวีปเอเชียเนื่องจากการปรับปรุงคุณภาพของข้าวกล้องงอกให้เหมาะแก่การรับประทานและยังส่งเสริมสุขภาพ [2] ดังนั้นการพัฒนาผลิตภัณฑ์ข้าวกล้องงอกที่มีสารกาบาสูง จัดเป็นนวัตกรรมหนึ่งที่กำลังเป็นที่สนใจเนื่องจากมีประโยชน์ต่อสุขภาพหลายด้าน อาทิเช่น การทำหน้าที่เป็นสารสื่อประสาทในระบบประสาทส่วนกลางประสาทยับยั้งเพื่อรักษาสมดุลในสมองที่ได้รับการกระตุ้น ช่วยทำให้สมองเกิดการผ่อนคลาย นอนหลับสบาย สารกาบาได้ถูกนำมาใช้ทางการแพทย์สำหรับรักษาเกี่ยวกับระบบประสาท ลดอาการอัลไซเมอร์ และลดความดันโลหิต เป็นต้น [3]

2. องค์ประกอบของเมล็ดข้าวและชีวเคมีของเมล็ดข้าวในระหว่างงอก

เมล็ดข้าวประกอบด้วยเปลือกและเมล็ดข้าว (caryopsis) เมื่อกะเทาะเปลือกออกเรียกว่าข้าวกล้อง ซึ่งประกอบด้วยเยื่อชั้นนอก (pericarp) เยื่อชั้นใน (aleurone) รวมกับเยื่อหุ้มเมล็ด (seed coat) และนิวเคลลัส (nucellus) คัพพะ (embryo) และเอนโดสเปิร์ม (endosperm) ซึ่งมีแบ่งเป็นองค์ประกอบเป็นส่วนใหญ่ [4] ในส่วนจมูกข้าวและรำข้าวประกอบด้วยแร่ธาตุ โปรตีน และวิตามินปริมาณสูง การสีข้าวจะขจัดส่วนของจมูกข้าวและรำข้าวออกได้เป็นข้าวขาว ซึ่งจะมีคุณค่าทางโภชนาการลดลงกว่าข้าวกล้อง

การศึกษาชีวเคมีของเมล็ดข้าวในระหว่างงอกพบว่าการเปลี่ยนแปลงปริมาณของแป้ง โปรตีน และอาร์เอ็นเอ (RNA : ribonucleic acid) รวมถึงกิจกรรมของเอนไซม์ที่ทำหน้าที่ย่อยสลายในเอนโดสเปิร์ม [5] การงอกเป็นกระบวนการทางชีวภาพซึ่งจะชักนำการทำการกิจกรรมของเอนไซม์โดยดูจากการเปลี่ยนแปลงกิจกรรมของเอนไซม์และการเปลี่ยนแปลงขององค์ประกอบต่าง ๆ ของข้าวในระหว่างการงอก เนื่องจากระบวนการทำให้ข้าวงอกจะมีการดูดซึมน้ำเข้าไปในเมล็ด ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงสมบัติทางกายภาพ และเกิดกระบวนการเมแทบอลิซึม (metabolic) ในเมล็ดข้าว การเปลี่ยนแปลงนี้มีผลให้ในข้าวกล้องงอกพบสารที่มีบทบาททางชีวภาพสูงกว่าข้าวกล้อง อย่างเช่น กรดแกมมา-อะมิโนบิวทิริก หรือกาบา ซึ่งเกิดการสังเคราะห์ในระหว่างการงอก [2] นอกจากนี้ยังพบว่าเมื่อเมล็ดข้าวงอกจะเกิดการย่อยสลายอาหารที่เก็บไว้ในเมล็ดข้าวตามกระบวนการทางชีวเคมีจนเกิดเป็นสารประกอบคาร์โบไฮเดรตที่โมเลกุลเล็กลง และน้ำตาลรีดิวซ์ ส่วนโปรตีนในเมล็ดข้าวจะถูกย่อยเป็นกรดอะมิโนและเพปไทด์ รวมทั้งยังพบสารเคมีสำคัญต่าง ๆ มากมาย เช่น แกมมา-ออริซานอล (gamma-oryzanol) โทโคฟีรอล (tocopherol) โทโคไตรอีนอล (tocotrienol) [6]

3. ประเภทของข้าวที่ผ่านกระบวนการทำให้งอก

ข้าวผ่านกระบวนการทำให้งอกขึ้นอยู่กับกรรมวิธีการผลิต ถ้าเป็นการนำข้าวเปลือกมาแช่น้ำเพื่อให้เกิดกระบวนการงอกจะเรียกว่าข้าวฮางงอก (germinated parboiled rice or germinated hang rice) แต่ถ้าเป็นการนำข้าวกล้องมาแช่น้ำเพื่อทำให้งอกจะเรียกว่าข้าวกล้องงอก (germinated brown rice)

3.1 ข้าวฮางอก

ข้าวฮางอกเป็นข้าวที่ผลิตจากภูมิปัญญาชาวภูไท จังหวัดสกลนคร โดยนำข้าวเปลือกมาแช่น้ำเพื่อกระตุ้นให้เกิดการงอกของข้าว จากนั้นนำมาบ่มให้ข้าวงอกแล้วนำไปนึ่ง ผึ่งให้แห้ง และนำไปกะเทาะเปลือกออก [7] ข้าวฮางอกนี้เรียกว่า parboiled rice [8] การนำข้าวเปลือกไปนึ่งให้สุก ทำให้เมล็ดข้าวมีลักษณะเหนียว จมูกข้าวและเยื่อหุ้มเมล็ดยังอยู่ เมื่อนำไปสีจึงมีเพียงเปลือกข้าวที่ถูกสีออกไปทำให้ได้เส้นใยโปรตีน และสารอาหารในข้าวมากกว่าข้าวที่ไม่ผ่านการเพาะงอก นอกจากนี้การนึ่งข้าวเปลือกทำให้ส่วนสีเหลืองของเปลือกข้าวซึมเข้าไปในเมล็ดข้าวทำให้ข้าวฮางอกมีสีเหลือง ซึ่งคนในสมัยก่อนเรียกว่าข้าวหอมทอง [9] ข้าวฮางอกที่หุงสุกจะมีเนื้อสัมผัสที่อ่อนนุ่ม จัดเป็นผลิตภัณฑ์ข้าวที่มีคุณค่าทางโภชนาการสูงและมีสารอาหารที่สำคัญในปริมาณสูง เช่น สารกาบา เป็นต้น

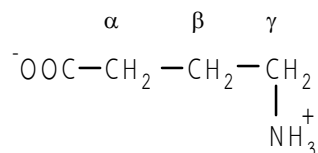
3.2 ข้าวกล้องงอก

ข้าวกล้องงอกเกิดจากการนำข้าวกล้องมาแช่น้ำแล้วนำไปบ่มจนเกิดการงอกที่บริเวณจมูกข้าว [6] ความแตกต่างของข้าวกล้องกับข้าวกล้องงอกคือข้าวกล้องไม่ได้ผ่านการเพาะงอกแต่ข้าวกล้องงอกจะผ่านกระบวนการงอก (germination) จึงเรียกข้าวกล้องงอกได้อีกอย่างว่าข้าวกล้องเพาะงอก (sprouted brown rice) ในกระบวนการทำให้งอกจะนำข้าวกล้องไปแช่น้ำที่สภาวะเหมาะสม ที่อุณหภูมิประมาณ 35 – 40 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 10 - 12 ชั่วโมง จากนั้นเทน้ำออกแล้วนำไปบ่มเป็นเวลา 20 – 24 ชั่วโมง ซึ่งในระหว่างการบ่มต้องมีการเปลี่ยนถ่ายน้ำเพื่อป้องกันการเกิดการหมัก ข้าวกล้องงอกที่ได้จะมีการงอกออกมาตรงจมูกข้าว ยาวประมาณ 0.5 – 1.0 มิลลิเมตร ข้าวกล้องงอกที่ได้จะให้คุณค่าทางอาหารและโภชนาการสูง [10]

การศึกษาการเปลี่ยนแปลงปริมาณสารสำคัญในข้าวกล้องงอกได้มีงานวิจัยที่ศึกษาการเปลี่ยนแปลงทางชีวเคมีของข้าวกล้อง 3 ชนิด ได้แก่ ข้าวหอมนิล ข้าวขาวดอกมะลิ 105 และข้าวเหนียวดำ โดยนำข้าวมาแช่น้ำที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส ระยะเวลางอก 48 ชั่วโมง พบว่าข้าวทั้ง 3 สายพันธุ์ที่ผ่านกระบวนการงอกจะให้ปริมาณวิตามินบี 1 สารพอลิฟีนอล และสารกาบาเพิ่มขึ้น 1 – 4 เท่าเมื่อเทียบกับข้าวที่ไม่ผ่านกระบวนการงอก [11]

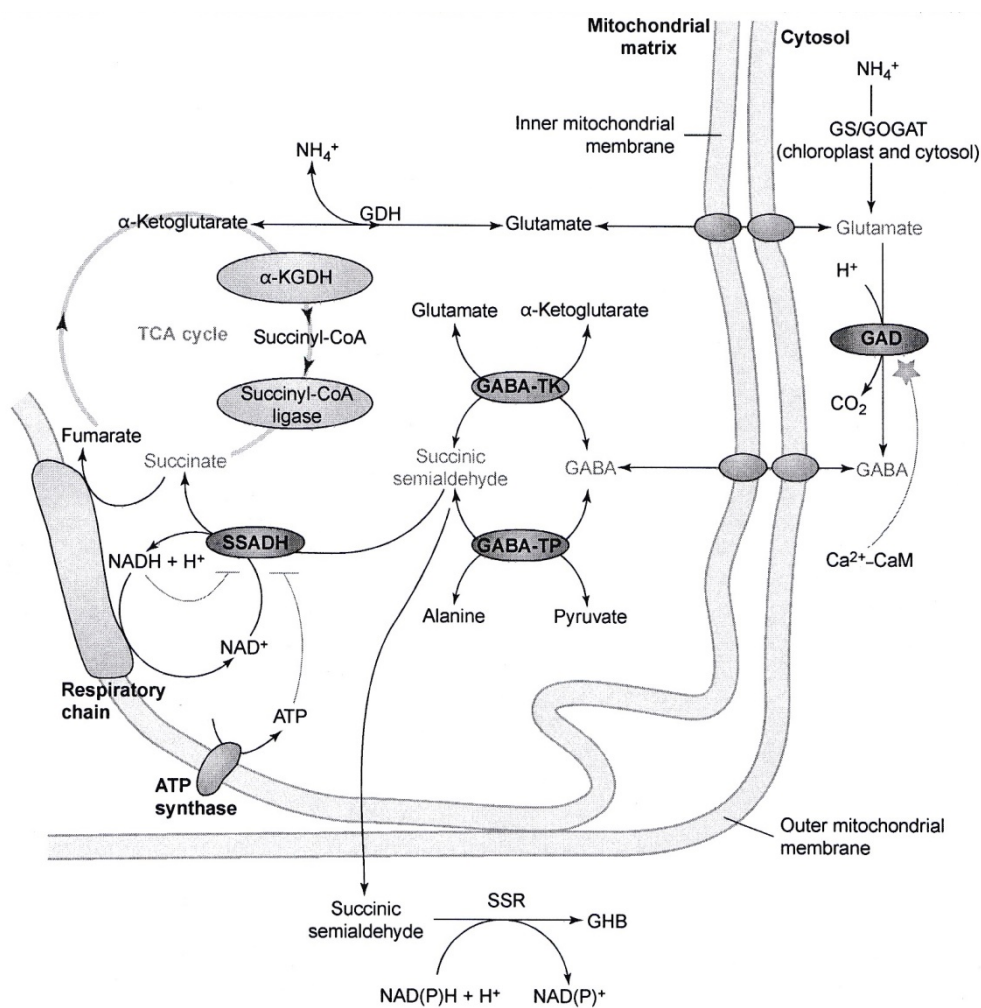
4. การสังเคราะห์และวิถีเมแทบอลิซึมของกรดแอมมา-อะมิโนบิวทริก

กรดแอมมา-อะมิโนบิวทริก หรือ กาบาเป็นกรดอะมิโนที่ไม่เป็นองค์ประกอบของโปรตีน (non-protein amino acid) ประกอบด้วยคาร์บอน 4 อะตอม มีหมู่อะมิโนจับกับคาร์บอนที่ตำแหน่งแอมมา ดังรูปที่ 1 กาบาจะอยู่ในสภาพชีวิตเตอร์ไอออน (zwitterion) ที่สภาวะ pH ภายในเซลล์ [12]



รูปที่ 1. กรดแอมมา-อะมิโนบิวทริก (กาบา)

ในพืชและสัตว์เกิดกระบวนการวิถีเมแทบอลิซึมในการสังเคราะห์สารกาบา โดยมีเอนไซม์เกี่ยวข้องกับ 3 ชนิด เรียกว่า วิถีกาบา (GABA shunt) ซึ่งเกิดได้ 2 ส่วน ได้แก่ ส่วนไซโทซอล (cytosol) โดยมีเอนไซม์ กลูตาเมตดีคาร์บอกซิเลส (glutamate decarboxylase ; GAD) ทำหน้าที่เร่งปฏิกิริยา และในส่วนไมโทคอนเดรียมีเอนไซม์กาบาทรานส์อะมิเนส (GABA transaminase ; GABA-T) และซักซินิก เซมิแอลดีไฮด์ ดีไฮโดรจีเนส (succinic semialdehyde dehydrogenase ; SSADH) ทำหน้าที่ในการเร่งปฏิกิริยา ดังรูปที่ 2 [13]

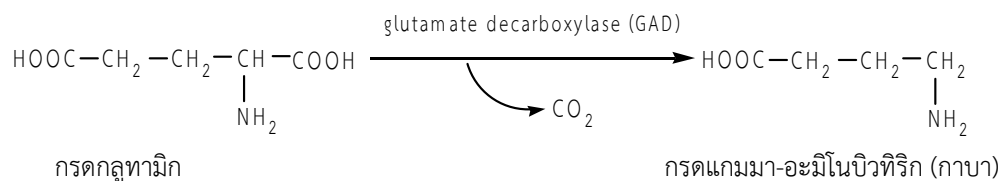


TRENDS in Plant Science

รูปที่ 2. วิถีเมแทบอลิซึมของสารกาบา [13]

4.1 ขั้นตอนเกิดวิถีการก่อกำเนิดในไซโทซอล

ในไซโทซอลเกิดการสังเคราะห์ก่อกำเนิดโดยเอนไซม์กลูตาเมตดีคาร์บอกซิเลสเร่งปฏิกิริยาดีคาร์บอกซิเลชันกลูตาเมตได้เป็นกรดแกมมา-อะมิโนบิวทิริก (ก่อกำเนิด) (รูปที่ 3) ดังปฏิกิริยา

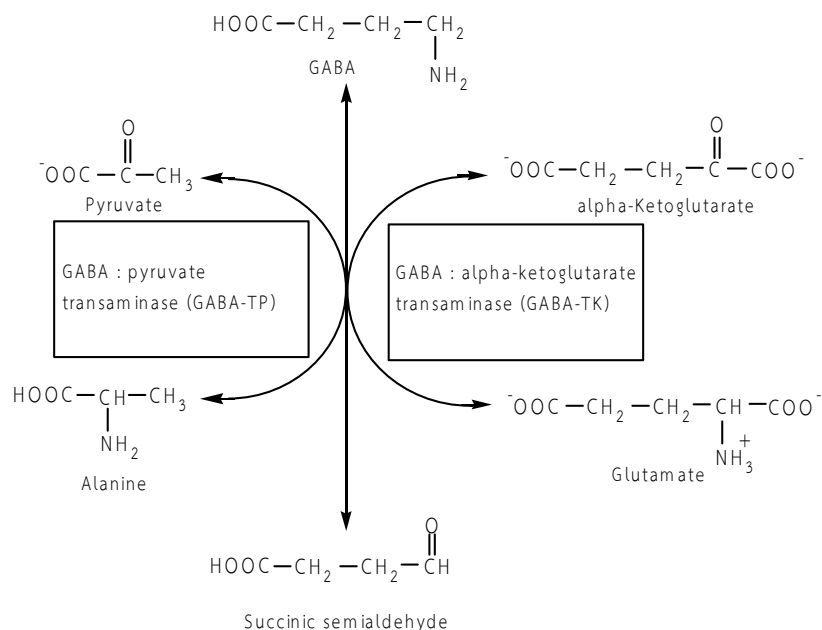


รูปที่ 3. การสังเคราะห์ก่อกำเนิดในไซโทซอล

เอนไซม์กลูตาเมตดีคาร์บอกซิเลสมีความจำเพาะต่อ L-กลูตาเมต ในปฏิกิริยาการเกิดก่อกำเนิดจะไม่เกิดปฏิกิริยาย้อนกลับ pH ที่เหมาะสมของเอนไซม์นี้อยู่ในช่วงกรดที่ pH ประมาณ 5.8 [12]

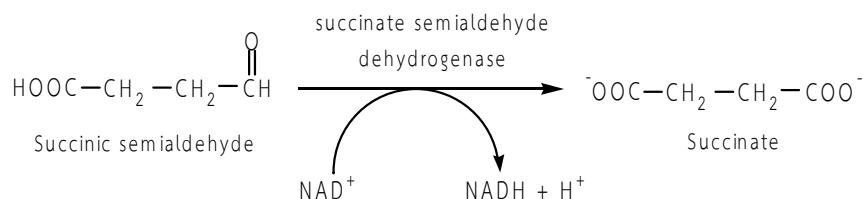
4.2 ขั้นตอนเกิดวิถีการก่อกำเนิดในไมโทคอนเดรีย

ก่อกำเนิดในไซโทซอลจะถูกขนส่งไปยังไมโทคอนเดรียและเปลี่ยนเป็นซัคซินิก เซมิแอลดีไฮด์ (succinic semialdehyde ; SSA) โดยเอนไซม์ก่อกำเนิดทรานส์อะมิเนส ปฏิกิริยานี้ใช้แอลฟา-คีโตนกลูตาเรต (α -ketoglutarate ; GABA-TK) หรือไพรูเวต (pyruvate ; GABA-TP) เป็นกรดอะมิโนตัวรับ (amino acid acceptor) ได้ผลผลิตเป็นกลูตาเมตหรืออะลานีน ตามลำดับ (รูปที่ 4) [13]



รูปที่ 4. การเปลี่ยนก่อกำเนิดเป็นซัคซินิก เซมิแอลดีไฮด์ โดยเอนไซม์ก่อกำเนิดทรานส์อะมิเนส

จากนั้นซักซินิก เซมิแอลดีไฮด์จะถูกเร่งปฏิกิริยาโดยเอนไซม์ซักซินิก เซมิแอลดีไฮด์ ดีไฮโดรจีเนส โดยที่ซักซินิก เซมิแอลดีไฮด์จะถูกออกซิไดส์ด้วยเอนไซม์นี้และเปลี่ยนเป็นรูปซักซิเนต (succinate) (รูปที่ 5)



รูปที่ 5. ซักซินิก เซมิแอลดีไฮด์เปลี่ยนเป็นซักซิเนตโดยเอนไซม์ซักซินิก เซมิแอลดีไฮด์ ดีไฮโดรจีเนส

ในวิถีการบำบัดเป็นทางผ่านไปยังวิถีไตรคาร์บอกซิลิก เอซิก (tricarboxylic acid cycle ; TCA cycle) โดยซักซิเนตจะผ่านเข้าไปยังวิถีไตรคาร์บอกซิลิก เอซิกซึ่งเกิดในกระบวนการหายใจ วิถีเมแทบอลิซึมของกลูตาเมตไปเป็นซักซิเนตโดยผ่านทางวิถีการบำบัด จะให้ $1 \text{ NADH} + \text{H}^+$ ดังนั้นการบำบัดจึงมีบทบาทเป็นทั้งโมเลกุลที่ส่งสัญญาณ (signaling molecule) และสารเมแทบอลิท์ (metabolite) [13]

5. งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับนวัตกรรมการผลิตข้าวกล้องงอกให้สารกาบาสูง

สารกาบาในพืชถูกค้นพบครั้งแรกในเนื้อเยื่อของมันฝรั่งแต่พบในปริมาณเล็กน้อยและต่อมาได้มีการพบสารนี้ในผักชนิดต่าง ๆ เช่น ผักโขม กะหล่ำปลี หน่อไม้ฝรั่ง บร็อคโคลี่ มะเขือ และยังพบสารนี้ในผลไม้ เช่น แอปเปิล องุ่น รวมทั้งพวกธัญพืช เช่น ข้าวบาร์เลย์ ข้าวโพด ต่อมา มีรายงานว่าในข้าวฟ่างและพืชตระกูลถั่วที่เพาะงอก จะให้สารกาบาสูง [14] ในปีพ.ศ. 2537 Saikusa และคณะพบว่าส่วนจมูกข้าวเมื่อผ่านการแช่น้ำและนำไปหาปริมาณกาบา จะพบสารกาบาในปริมาณที่สูงขึ้น [15]

เนื่องจากมีหลายรายงานวิจัยพบว่าในธัญพืชที่นำไปเพาะงอกจะให้สารกาบาสูง บทความนี้จึงสนใจศึกษาในข้าวกล้องงอกเนื่องจากข้าวเป็นอาหารหลักที่คนในทวีปเอเชียส่วนใหญ่นิยมบริโภค ดังนั้น ถ้าพัฒนาผลิตภัณฑ์ข้าวที่ให้สารกาบาสูงจะส่งเสริมให้สุขภาพของผู้บริโภคดีขึ้น เมื่อปีพ.ศ. 2546 ได้มีรายงานวิจัยการศึกษาสภาวะการกระตุ้นการสังเคราะห์กาบาในข้าวกล้องงอกโดยพบว่าข้าวกล้องที่นำไปเพาะงอกจะให้สารกาบาสูงเมื่อเปรียบเทียบกับข้าวที่ไม่เพาะงอกและในสภาวะที่นำข้าวกล้องไปเพาะงอกในน้ำกลั่นและสารละลายต่าง ๆ พบว่าข้าวกล้องที่นำไปเพาะงอกในสารละลายผสมระหว่างโคโคซานและกรดกลูตามิกจะให้ปริมาณกาบาสูงที่สุด ขณะเดียวกับที่ปริมาณความเข้มข้นของกลูตามิกในสารละลายลดลงและ GAD มีแอคติวิตีสูง [16] ในปี พ.ศ. 2548 มีรายงานวิจัยการศึกษาผลของการแช่ต่อปริมาณกาบาในข้าวไทย 6 ชนิด ได้แก่ ข้าวขาวดอกมะลิ 105, ข้าวปทุมธานี 1, ข้าวชัยนาท 1, ข้าวสุพรรณบุรี 1, ข้าวเหลืองประทิว 123 และข้าวพลาญงาม โดยทีมงานของ Varanyanond และคณะ โดยนำส่วนจมูกข้าวของข้าวตัวอย่างทั้ง 6 ชนิดมาชั่งน้ำหนักและคัทร้อยละของน้ำหนักจมูกข้าว จากนั้นนำมาแช่น้ำและบ่มที่ 40 องศาเซลเซียส พบว่าร้อยละน้ำหนักของจมูกข้าวไม่ได้แสดงความสัมพันธ์กับปริมาณของกาบา แต่พบว่าข้าวทุกชนิดจะมีปริมาณกาบาสูงขึ้นเมื่อผ่านการแช่ จากผลการวิจัยพบว่าข้าวขาวดอกมะลิ 105 จะให้ปริมาณสารกาบาสูงที่สุด ตามด้วยข้าวปทุมธานี 1 และข้าวชัยนาท 1 ซึ่งสรุปได้ว่าปริมาณกาบาจะขึ้นอยู่กับสายพันธุ์ข้าว [17]

งานวิจัยศึกษาการผลิตกาบาในข้าว ทางทีมงานของ Takashi และคณะได้พัฒนาริธีอย่างง่ายในการผลิตกาบาจากรำข้าวบาร์เลย์ โดยใช้ไซโตเดียมกลูตาเมต ในงานวิจัยไม่เติมบัฟเฟอร์และโคเอนไซม์ไพริดอกซาล 5'-ฟอสเฟต (pyridoxal 5'-phosphate; PLP) เข้าไปในการทำปฏิกิริยา แต่ผลิตกาบาจากเอนไซม์กลูตาเมต ดีคาร์บอกซิเลสและ PLP จากภายในรำข้าวบาร์เลย์โดยใช้ไซโตเดียมกลูตาเมต จากผลการทดลองพบว่าเมื่อใส่ไซโตเดียมกลูตาเมตมีผลทำให้ปริมาณกาบาสูงขึ้นกว่าเมื่อไม่ได้ใส่ไซโตเดียมกลูตาเมต การที่กาบาเพิ่มขึ้นอาจเกิดเนื่องจากไซโตเดียมกลูตาเมตที่เพิ่มเข้าไปถูกเปลี่ยนโดยเอนไซม์กลูตาเมต ดีคาร์บอกซิเลสภายในรำข้าวบาร์เลย์ได้เป็นกาบา [18] เมื่อปี พ.ศ. 2553 มีรายงานวิจัยศึกษาเปรียบเทียบการผลิตกาบาในข้าวไทยโดย Jannoey และคณะ ได้เปรียบเทียบวิธีการผลิตกาบาในเมล็ดข้าวไทยโดยวิธีการหมักและวิธีการเพาะงอก ซึ่งในการทดลองได้ใช้ข้าวตัวอย่าง 7 ชนิด ได้แก่ ข้าวขาวดอกมะลิ 105, ข้าวสุพรรณบุรี 1, ข้าวชัยนาท 1, ข้าวพิษณุโลก 2, ข้าวปทุมธานี 1, ข้าวสันป่าตอง 1 และข้าว กข 6 ในการศึกษาการผลิตกาบาศววิธีหมักได้ใช้ข้าวทั้ง 7 ชนิดที่ขัดสีแล้วมาแช่น้ำประมาณ 8 ชั่วโมง ถายน้ำออกแล้วนำไปนึ่งด้วยไอน้ำ จากนั้นมาทำกรรมวิธีการหมักโดยใช้เชื้อ *Monascus purpureus* ซึ่งผลที่ได้จากการหมักข้าวจะเกิดสีแดงเรียกว่าข้าวยีสต์แดง (red yeast rice) แล้วนำไปวิเคราะห์ปริมาณกาบาในแต่ละสัปดาห์ สำหรับการผลิตกาบาโดยวิธีการเพาะงอกได้ใช้ข้าวทั้ง 7 ชนิดแบบเต็มเมล็ด มาแช่น้ำเป็นเวลา 72 ชั่วโมง แยกน้ำออกแล้วนำไปเพาะงอกโดยวางบนกระดาษกรองที่เปียกชุ่มน้ำ เก็บตัวอย่างข้าวงอกทุก ๆ 3 วันโดยแยกส่วนจมูกข้าวแล้วนำมาวิเคราะห์หาปริมาณกาบา จากผลการทดลองทั้ง 2 วิธี พบว่าการหมักในข้าวตัวอย่างทุกชนิดจะให้ผลผลิตกาบาสูงแต่ใช้ระยะเวลาและเกิดเป็นข้าวยีสต์แดง ส่วนการใช้วิธีการเพาะงอกพบว่าข้าวตัวอย่างทุกชนิดจะให้ผลผลิตกาบาสูงกว่าข้าวที่ไม่ผ่านการเพาะงอกแต่ให้ปริมาณกาบาคต่ำกว่าข้าวที่ผ่านกระบวนการหมัก ซึ่งข้าวที่ผ่านการเพาะงอกจะเหมาะสมสำหรับการบริโภค การผลิตกาบาในข้าวทั้ง 2 วิธี เป็นการเพิ่มประสิทธิภาพในการเพิ่มปริมาณกาบาซึ่งเป็นทางเลือกหนึ่งของอาหารเสริมสุขภาพ [19]

ผลการศึกษาปริมาณของกาบาในข้าวเพาะงอกที่ระยะเวลาต่าง ๆ โดย Jannoey และคณะ ได้ศึกษาข้าว 5 สายพันธุ์ได้แก่ข้าวขาวดอกมะลิ 105, ข้าวพิษณุโลก 2, ข้าวสุพรรณบุรี 1, ข้าวชัยนาท 1 และข้าวปทุมธานี 1 โดยนำมาแช่น้ำเป็นเวลา 72 ชั่วโมง จากนั้นนำไปเพาะงอกเป็นเวลา 5, 10, 15, 20, 25 และ 30 วัน นำไปแยกส่วนเปลือก ราก และใบอ่อนออกจากเมล็ด จากนั้นนำส่วนเมล็ดข้าวและใบอ่อนไปวิเคราะห์ปริมาณกาบาพบว่าปริมาณกาบาสูงขึ้นทั้งในเมล็ดและใบอ่อนในข้าวทุกชนิด ผลการศึกษาปริมาณกาบาในข้าวเพาะงอกที่ระยะเวลาต่าง ๆ พบว่าในเมล็ดข้าวจะมีปริมาณกาบาสูงขึ้นในระหว่างการงอกและสูงที่สุดในการงอกเป็นเวลา 20 วัน หลังจากนั้นปริมาณกาบาจะค่อย ๆ ลดลง ส่วนในใบอ่อนจะมีปริมาณกาบาสูงกว่าในเมล็ดข้าวและมีปริมาณสูงขึ้นในระหว่างงอกที่ระยะเวลาต่าง ๆ จนถึง 30 วันปริมาณกาบาจะลดลง ซึ่งผลการวิจัยนี้สามารถผลิตเมล็ดข้าวในระยะที่ให้กาบาสูงที่เหมาะสมต่อการบริโภค ส่วนใบข้าวสามารถนำไปใช้ผลิตยาทางเภสัชกรรมได้ [20] การศึกษาปริมาณกาบาในข้าว กข 6 โดยนำข้าวเปลือกมาแช่น้ำที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 50 ชั่วโมง และนำไปเพาะงอกเป็นเวลา 0, 12, 24, 36, 48 และ 60 ชั่วโมง นำข้าวที่บ่มแต่ละเวลามาตัดส่วนจมูกข้าวเพื่อนำไปหาปริมาณกาบาศววิธีโครมาโทกราฟีของเหลวสมรรถนะดันสูง (high performance liquid chromatography) พบว่าข้าวที่ผ่านการแช่น้ำจะมีปริมาณของกาบาเพิ่มขึ้นและผลจากการนำข้าวไปเพาะงอกที่เวลาต่าง ๆ พบว่าปริมาณกาบาจะเพิ่มขึ้นอย่าง

ต่อเนื่องจาก 80 ไปจนถึง 220 มิลลิกรัมต่อน้ำหนักจมูกข้าว 100 กรัมที่เวลาเพาะงอกตั้งแต่ 12 – 60 ชั่วโมง งานวิจัยนี้บ่งชี้ว่าในระหว่างการงอกของข้าวปริมาณของกาบาจะเพิ่มขึ้น ซึ่งสามารถนำไปใช้ประโยชน์ทำเป็นขนมขบเคี้ยว อาหารสำหรับทารก และเครื่องดื่มต่าง ๆ ได้ [21] ผลงานวิจัยของ Karladee และ Suriyong ได้ศึกษาปริมาณกาบาในข้าวกล้องงอก 21 ชนิด โดยนำมาแช่น้ำเป็นเวลา 24 ชั่วโมง แล้วนำไปบ่มที่ระยะเวลา 0, 12, 24, 36 และ 48 ชั่วโมง และวิเคราะห์ปริมาณกาบาพบว่าค่าเฉลี่ยปริมาณกาบาของข้าวทั้ง 21 สายพันธุ์ที่การบ่ม 0 ชั่วโมงมีค่าเป็น 3.96 มิลลิกรัมต่อ 100 กรัม หลังจากบ่มได้ 12 ชั่วโมงมีค่าเฉลี่ยปริมาณกาบาเพิ่มขึ้นที่ 10.04 มิลลิกรัมต่อ 100 กรัม และพบว่าปริมาณกาบามีค่าเฉลี่ยสูงที่สุดที่ 17.87 มิลลิกรัมต่อ 100 กรัมที่การบ่มเป็นเวลา 24 ชั่วโมง จากนั้นปริมาณกาบาจะลดลงเหลือ 9.91 และ 1.36 มิลลิกรัมต่อ 100 กรัมที่เวลาการบ่ม 36 และ 48 ชั่วโมงตามลำดับ จากการบ่มข้าวเป็นเวลา 24 ชั่วโมงพบว่าข้าวขาวดอกมะลิ 105 และข้าวเก่าตอยสะเก็ดจะให้ปริมาณกาบาสูงมากถึง 23.48 และ 23.63 มิลลิกรัมต่อ 100 กรัมตามลำดับ ส่วนข้าวชนิดอื่น ๆ ให้ผลปริมาณกาบาสูงที่ 24 ชั่วโมงเช่นกัน [22] งานวิจัยของ Khwanchai และคณะ [23] ได้ศึกษาเปรียบเทียบปริมาณของกาบา กรดกลูตา-มิก และกิจกรรมของเอนไซม์กลูตาเมตดีคาร์บอกซิเลสในข้าวกล้องและข้าวกล้องงอกของข้าว 5 สายพันธุ์ ได้แก่ ข้าวขาวดอกมะลิ 105, ข้าวปทุมธานี 1, ข้าวชัยนาท 1, ข้าวสุพรรณบุรี 1 และข้าวพิษณุโลก 2 จากผลงานวิจัยพบว่าข้าวกล้องและข้าวกล้องงอกของทุกสายพันธุ์มีความแตกต่างของปริมาณกาบาอย่างมีนัยสำคัญ โดยการแช่และบ่มเพาะงอกจะทำให้ข้าวทุกสายพันธุ์มีปริมาณกาบาสูงขึ้น และพบว่าในข้าวกล้องงอกของสายพันธุ์ที่ให้ปริมาณกาบาสูงจะให้ผลของกิจกรรมเอนไซม์กลูตาเมตดีคาร์บอกซิเลสสูงขึ้นและมีปริมาณของกรดกลูตา-มิกซึ่งเป็นสับสเตรตในการสังเคราะห์กาบาลดลง [23] ในปีพ.ศ. 2559 ได้มีงานวิจัยศึกษาผลของการงอกต่อปริมาณนินทรีย์ฟอสฟอรัส กรดไฟติก และกาบาของข้าวไทยพันธุ์กข 41 ในระหว่างการงอกที่เวลา 0, 4, 8, 12, 16, 20, 24, 28, 32, 36 และ 40 ชั่วโมง พบว่าข้าวที่เพาะงอกจะมีปริมาณกรดไฟติกลดลงที่เวลา 28, 32 และ 36 ชั่วโมง และมีปริมาณกาบาสูงที่สุดที่ 28 ชั่วโมง ผลงานวิจัยนี้เป็นแนวทางในการนำไปใช้ประโยชน์ในการเพิ่มคุณค่าทางโภชนาการของผลิตภัณฑ์ข้าว [24]

การศึกษาสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพของข้าวกล้องงอกโดย Banchuen และคณะ (2553) ได้ศึกษาปริมาณของกาบา แกมมาออริซานอล กรดเฟอร์ูลิก (ferulic acid) และกรดไฟติกในข้าว 3 สายพันธุ์ได้แก่ ข้าวเหนียวดำเปลือกดำ ข้าวสังข์หยดพัทลุง และข้าวเหนียวพัทลุง ผลการวิจัยการศึกษากาบาในข้าวกล้องงอกพบว่าการแช่น้ำมีผลให้ปริมาณกาบาสูงขึ้น หลังจากแช่ 24 ชั่วโมงพบว่าข้าวเหนียวดำเปลือกดำ ข้าวสังข์หยดพัทลุง และข้าวเหนียวพัทลุงให้ปริมาณกาบาที่ 18.70, 10.67 และ 10.66 มิลลิกรัมต่อ 100 กรัมตามลำดับ เมื่อนำข้าวทั้ง 3 สายพันธุ์ไปแช่ในสารละลายบัฟเฟอร์ที่ pH 2, 3, 5 และ 7 เป็นเวลา 5 ชั่วโมงแล้วไปเพาะงอกพบว่าที่สารละลายบัฟเฟอร์ pH 3 ให้ปริมาณกาบาสูงที่สุดในทั้ง 3 สายพันธุ์ และผลการแช่ข้าวในสารละลายบัฟเฟอร์ pH 3 และนำไปบ่มเพาะงอกในภาชนะแบบเปิดและแบบปิดที่เวลา 12, 24, 36 และ 48 ชั่วโมงพบว่ากาบาของข้าวสังข์หยดพัทลุงและข้าวเหนียวพัทลุงในภาชนะแบบปิดที่เวลา 36 ชั่วโมงจะให้กาบาสูง ส่วนข้าวเหนียวดำเปลือกดำให้กาบาสูงที่สุดในภาชนะแบบปิดที่ 48 ชั่วโมง ผลการเปรียบเทียบปริมาณกาบาในข้าวกล้องที่ไม่เพาะงอกกับข้าวกล้องงอกที่สภาวะเหมาะสมพบว่าข้าวกล้องงอกให้ปริมาณกาบาสูงกว่าข้าวที่ไม่เพาะงอกเพิ่มขึ้น 9.43-16.74 เท่า ผลการวิเคราะห์ปริมาณกรดเฟอร์ูลิกในข้าวกล้องที่ไม่เพาะงอกกับข้าวกล้องงอกพบว่าในข้าวกล้องงอกจะมีปริมาณกรดเฟอร์ูลิกเพิ่มขึ้น 1.12-1.43

เท่า แต่ปริมาณกรดไฟติกจะลดลงในข้าวกล้องงอก ส่วนปริมาณแกมมาออริซานอลทั้งในข้าวกล้องไม่เพาะงอกและข้าวกล้องงอกมีปริมาณใกล้เคียงกัน [25] ในปีพ.ศ. 2558 Cornejo และคณะ ได้ศึกษาคุณค่าทางโภชนาการของขนมปังแบ่งข้าวกล้องงอก โดยนำข้าวกล้องมาทำให้งอกที่เวลา 0, 12, 24 และ 48 ชั่วโมง แล้วนำไปทำเป็นขนมปัง จากนั้นนำไปวิเคราะห์ปริมาณสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพและสารต้านอนุมูลอิสระ จากผลการวิจัยพบว่าขนมปังแบ่งข้าวกล้องงอกที่ได้จากข้าวกล้องที่ทำให้งอกที่ชั่วโมงต่าง ๆ จะมีปริมาณสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพ ได้แก่ กาบาและพอลิฟีนอลสูงขึ้นและสูงมากเมื่อเพาะงอกเป็นเวลา 48 ชั่วโมง กิจกรรมของสารต้านอนุมูลอิสระสูงขึ้น ปริมาณกรดไฟติกและค่าดัชนีน้ำตาลลดลง [26] การศึกษาปริมาณของกาบา กิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระและปริมาณสารประกอบฟีนอลิกของข้าวกล้องงอกที่ผลิตจากข้าวพื้นเมือง 5 สายพันธุ์ ได้แก่ ข้าวเจ้าแดง ข้าวเจ้าเหลือง ข้าวเจ้าดอ ข้าวเจ้าสัมพันธ์แดง และข้าวเจ้าโสมมาลี โดยนำข้าวกล้องตัวอย่างมาแช่น้ำเป็นเวลา 12 ชั่วโมง แล้วนำไปเพาะงอกเป็นเวลา 12 ชั่วโมง พบว่าปริมาณกาบา กิจกรรมต้านอนุมูลอิสระและปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดในข้าวกล้องงอกตัวอย่างมีความแตกต่างกันทางสถิติโดยพบว่าข้าวเจ้าแดงมีปริมาณกาบามากที่สุด รองลงมาคือ ข้าวเจ้าสัมพันธ์แดง ข้าวเจ้าโสมมาลี ข้าวเจ้าดอ และข้าวเจ้าเหลืองตามลำดับ สำหรับกิจกรรมต้านอนุมูลอิสระพบมากในข้าวเจ้าสัมพันธ์แดง ข้าวเจ้าโสมมาลี และข้าวเจ้าแดง ส่วนข้าวเจ้าดอและข้าวเจ้าเหลืองมีกิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระต่ำกว่าพันธุ์อื่น ๆ ซึ่งสอดคล้องกับปริมาณสารประกอบฟีนอลิกที่พบมากที่สุดในข้าวเจ้าสัมพันธ์แดง ข้าวเจ้าแดง ข้าวเจ้าโสมมาลี จากผลงานวิจัยนี้การศึกษาปริมาณกาบาในข้าวพื้นเมืองทั้ง 5 สายพันธุ์จะพบว่าข้าวกล้องงอกต่างสายพันธุ์กันจะมีปริมาณของกาบาแตกต่างกัน [27]

มีรายงานการศึกษาปัจจัยและสภาวะต่าง ๆ ที่มีผลต่อปริมาณกาบา โดย Tipkanon และ Abdallah ได้ศึกษาปัจจัยที่มีต่อปริมาณของกาบาในจมูกข้าวชาวดอกมะลิ 105 ได้แก่ pH, ความเข้มข้นของแคลเซียมคลอไรด์ อุณหภูมิ และเวลา ผลการวิจัยพบว่าจมูกข้าวจะมีผลผลิตกาบาสูงที่ภาวะการแช่ในสารละลายแคลเซียมคลอไรด์เข้มข้น 0.5 มิลลิโมลต่อลิตร ที่ pH 6 ที่อุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 8 ชั่วโมง โดยให้ผลผลิตกาบาสูงถึง 307.1 มิลลิกรัมต่อ 100 กรัม [28] ทีมงานของ Zhang และคณะ ได้ศึกษาสภาวะการแช่และการงอกในการเพิ่มปริมาณกาบาโดยศึกษาในข้าว 2 จีโนไทป์ ได้แก่ จาโปนิกา (japonica) และอินดิกา (indica) ผลการวิจัยพบว่าการแช่ที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียสและเพาะงอกที่อุณหภูมิ 35 องศาเซลเซียสจะให้กาบาสูง และพบว่าข้าวอินดิกาจะให้ปริมาณกาบาสูงกว่าข้าวจาโปนิกา การศึกษาสภาวะต่าง ๆ ที่มีผลต่อปริมาณกาบาโดยนำข้าวกล้องไปแช่ที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส ที่ pH ต่าง ๆ และนำมาบ่มเพาะงอกพบว่าที่ pH 5.6 ให้ปริมาณกาบาสูงที่สุด ส่วนผลของการแช่ในสภาวะที่มี L-กลูตามิกและจีบเบอเรลลินและนำไปบ่มเพาะงอกพบว่า L-กลูตามิกเข้มข้น 1 กรัมต่อลิตรและจีบเบอเรลลินปริมาณ 0.25 มิลลิกรัมต่อลิตรจะเพิ่มปริมาณกาบามากขึ้น งานวิจัยนี้จึงเป็นแนวทางในการเพิ่มปริมาณกาบาในอาหารเพื่อเสริมสุขภาพ [29] Trung และ Ha [30] ได้ศึกษาข้าวกล้องงอกที่ปลูกในดินดอนสามเหลี่ยมปากแม่น้ำโขง (Mekong Delta) ประเทศเวียดนาม สายพันธุ์ข้าวที่นำมาศึกษาได้แก่ Jasmine85, OM4900, OM2517, CLN, Mot Bui Do (MBD) และ IR50404 โดยนำข้าวกล้องไปแช่น้ำให้อิ่มตัวแล้วนำไปบ่มเพาะงอกที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส ที่เวลา 16, 20, 24 ชั่วโมง ในสภาวะใช้ออกซิเจนและไม่ใช้ออกซิเจน จากผลการวิจัยพบว่าข้าวส่วนใหญ่ในสภาวะไม่ใช้ออกซิเจนจะให้ปริมาณกาบาสูงกว่าในสภาวะใช้ออกซิเจนและข้าว 4 สายพันธุ์ที่ให้กาบาสูงได้แก่ Jasmine85, IR50404, MBD และ CLN

ระหว่างการเพาะงอกนี้พบว่าปริมาณสารพอลิฟีนอลจะเพิ่มขึ้นด้วย ผลการทดลองนี้บ่งชี้ว่าปริมาณกาบาขึ้นอยู่กับสายพันธุ์ข้าวแต่ละชนิดและข้าวที่เหมาะสมในการนำไปพัฒนาเป็นผลิตภัณฑ์ข้าวกล้องงอกได้แก่ พันธุ์ Jasmine85, IR50404 และ MBD [30] ผลการศึกษาปัจจัยที่มีต่อปริมาณกาบาของข้าวชนิดต่าง ๆ ได้แก่ ข้าวขาวดอกมะลิ 105 ข้าวสุพรรณบุรี 1 ข้าวชัยนาท 1 ข้าวพิษณุโลก 2 และข้าวปทุมธานี 1 จากผลการทดลองพบว่าข้าวขาวดอกมะลิ 105 ให้ปริมาณกาบาสูงสุด งานวิจัยนี้จึงนำข้าวขาวดอกมะลิ 105 มาศึกษาต่อโดยนำข้าวของข้าวขาวดอกมะลิผสมกรดกลูตามิกและบ่มที่อุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส พบว่าที่เวลา 6 ชั่วโมง จะให้ปริมาณกาบาสูงที่สุดและในระหว่างการบ่มจะมี pH สูงขึ้น จากนั้นศึกษาชนิดของบัฟเฟอร์ที่เหมาะสมในการสังเคราะห์กาบาที่เวลาการบ่ม 6 ชั่วโมงพบว่าปริมาณกาบาสูงที่สุดเมื่อใช้ฟอสเฟตบัฟเฟอร์ที่ pH 5.6 และเมื่อศึกษาความเข้มข้นของฟอสเฟตบัฟเฟอร์ที่เหมาะสมในการสังเคราะห์กาบาพบว่าฟอสเฟตบัฟเฟอร์ที่ความเข้มข้น 80 มิลลิโมลาร์จะให้ผลผลิตกาบาสูงที่สุด ดังนั้นระยะเวลาการบ่ม ชนิดของบัฟเฟอร์ และความเข้มข้นของบัฟเฟอร์มีผลต่อการสังเคราะห์กาบา [31] ในปีพ.ศ. 2560 Chaiyasutn และคณะ ได้ศึกษาปริมาณกาบาของข้าวกำแพงเขา โดยศึกษาการแช่ที่ระยะเวลา pH และการเพาะงอกที่ระยะเวลาต่าง ๆ กัน พบว่าผลการแช่ที่ 12 ชั่วโมง ที่ pH 7 และการเพาะงอกเป็นระยะเวลา 36 ชั่วโมง จะให้ปริมาณกาบาสูงสุด [32]

ปัจจุบันการศึกษาการมีรายงานวิจัยจำนวนมากที่เกี่ยวกับนวัตกรรมการผลิตธัญพืชเพื่อให้สารกาบาสูง อย่างเช่น นวัตกรรมการผลิตข้าวกล้องงอกเพื่อให้ได้ผลิตภัณฑ์ข้าวที่มีกาบาสูง การนำกาบาไปใช้ในการทำผลิตภัณฑ์อาหาร และการศึกษาประโยชน์ของกาบาต่อสุขภาพและการนำไปใช้ในทางการแพทย์

6. ประโยชน์ของกาบา

การศึกษาประโยชน์ของกาบามาตั้งแต่ปีพ.ศ. 2493 มีรายงานการพบสารกาบาในระบบประสาทส่วนกลาง ซึ่งสังเคราะห์มาจากกลูตาเมตโดยการเร่งปฏิกิริยาด้วยเอนไซม์กลูตาเมตดีคาร์บอกซิเลส การสังเคราะห์กาบาจะเกิดขึ้นที่ปลายประสาท จึงมีบทบาทเป็นสารสื่อประสาทสำหรับยับยั้งการส่งผ่านกระแสประสาทเพื่อรักษาสสมดุลในสมองที่ได้รับการกระตุ้น ทำให้เกิดการคลายความกังวล [33] นอกจากนี้ยังพบกาบาในส่วนระบบประสาทรอบนอก ต่อมไร้ท่อ และส่วนที่ไม่ใช่เนื้อเยื่อประสาท มีหน้าที่เช่นกดกระแสประสาท ยับยั้งการกระตุ้นการปล่อยแอสิติลโคลีน ในส่วนที่ไม่ใช่เนื้อเยื่อประสาทพบว่ากาบามีบทบาทสำคัญต่อการเคลื่อนไหวและการเกาะกลุ่มกันของสเปิร์ม กระตุ้นการผลิตเทสโทสเตอโรน ควบคุมการเคลื่อนไหวของลำไส้ บทบาทของกาบาต่อต่อมไร้ท่อเกี่ยวข้องกับการควบคุมการหลั่งของฮอร์โมนของเซลล์ต่อมไร้ท่อในตับอ่อน ต่อมหมวกไต และระบบทางเดินอาหาร [34] มีรายงานวิจัยศึกษามากมายเกี่ยวกับประโยชน์ของกาบาที่มีผลต่อสุขภาพได้แก่ช่วยควบคุมความดันเลือดและอัตราการเต้นของหัวใจ บรรเทาอาการปวดและวิตกกังวล เพิ่มการหลั่งของอินซูลินจากตับอ่อน [35] ในปีพ.ศ. 2559 ได้ศึกษาผลของข้าวขาวที่อุดมด้วยสารกาบากับผู้ป่วยที่มีความดันโลหิตสูง จากผลวิจัยพบว่าข้าวที่อุดมด้วยกาบามีผลต่อการลดความดันเลือด [36] และยังพบว่ากาบาช่วยลดอาการอัลไซเมอร์ ชะลอหรือยับยั้งการสร้างเซลล์มะเร็ง ช่วยลด LDL (low density lipoprotein) ลดโรคเครียด เป็นต้น [3]

7. บทสรุป

ข้าวเพาะงอกสามารถผลิตจากข้าวเปลือกหรือข้าวกล้อง โดยนำมาแช่น้ำแล้วบ่มเพาะงอก ซึ่งข้าวที่ผ่านกรรมวิธีการผลิตจากข้าวเปลือกเรียกว่าข้าวฮางอก ส่วนข้าวที่ผลิตจากข้าวกล้องเรียกว่าข้าวกล้องงอก มีหลายงานวิจัยพบว่าผลของการแช่และการเพาะงอกทำให้ข้าวเพาะงอกมีสารกาบาสูงขึ้นและมีการค้นพบว่าข้าวกล้องงอกที่ให้สารกาบาสูงจะมีกิจกรรมของเอนไซม์กลูตาเมตดีคาร์บอกซิเลสสูงขึ้นด้วย โดยที่ข้าวแต่ละสายพันธุ์จะให้ปริมาณกาบาแตกต่างกันแต่โดยส่วนใหญ่มีแนวโน้มให้กาบาสูงขึ้นเมื่อผ่านกระบวนการแช่และเพาะงอก ปัจจัยที่ทำให้ปริมาณกาบาสูงในข้าวกล้องงอก ได้แก่ เวลาในการแช่ เวลาในการบ่มเพาะงอก อุณหภูมิ และ pH ที่เหมาะสม รวมถึงการกระตุ้นกิจกรรมของเอนไซม์กลูตาเมตดีคาร์บอกซิเลสโดยใช้โซเดียมกลูตาเมตเป็นสับสเตรท นอกจากนี้ยังพบว่าข้าวกล้องงอกไม่เพียงแต่ให้ปริมาณกาบาสูงแต่ยังให้สารออกฤทธิ์ทางชีวภาพ เช่น กรดเพอรูลิก สารประกอบฟีนอลิกสูงขึ้นด้วย การผลิตข้าวกล้องงอกที่ให้กาบาสูงจัดเป็นนวัตกรรมหนึ่งที่น่าสนใจจากข้าวมาใช้เป็นอาหารเสริมสุขภาพ ดังนั้นควรมีงานวิจัยการผลิตข้าวกล้องงอกที่ให้คุณค่าทางโภชนาการสูงจากข้าวหลากหลายสายพันธุ์ จากแหล่งท้องถิ่นต่าง ๆ เพื่อให้ได้ข้อมูลที่เป็นประโยชน์ในการนำไปปรับปรุงพัฒนาผลิตภัณฑ์ข้าว ตลอดจนการนำไปแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์ส่งเสริมต่อสุขภาพ เพื่อเป็นประโยชน์ต่อผู้บริโภค

เอกสารอ้างอิง (References)

- [1] Rohman, A., Helmiyati, S., Hapsari, M. and Setyaningrum, D.L. 2014. Rice in health and nutrition. *International Food Research Journal*, 21(1), 13-24.
- [2] Cho, D.H. and Lim, S.T. 2016. Germinated brown rice and its bio-functional compounds. *Food Chemistry*, 196, 259-271.
- [3] จันทพร ทองเอกแก้ว. 2558. คุณประโยชน์ของสารกาบาที่มีต่อสุขภาพ. *วารสารวิทยาศาสตร์มหาวิทยาลัยขอนแก่น*, 43(2), 205-211. [Jantaporn Tongekkaew. 2015. A greatly useful of GABA for health. *Khon Kaen University science journal*, 43(2), 205-211. (in Thai)]
- [4] Zhou, Z., Robards, K., Helliwell, S. and Blanchard C. 2002. Composition and functional properties of rice. *International Journal of Food Science and Technology*, 37, 849-868.
- [5] Palmiano, E.P. and Juliano, B.O. 1972. Biochemical changes in the rice grain during germination. *Plant Physiology*, 49, 751-756.
- [6] สุนัน ปานสาคร และ จตุรงค์ ลังกาพินธุ์. 2556. ข้าวกล้องงอกทำง่าย ได้ประโยชน์สูง. พิมพ์ครั้งที่ 1, บริษัททริปเพิ้ล กรุ๊ป จำกัด, สถาบันวิจัยและพัฒนา มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี ปทุมธานี. [Sunan Parnsakhorn and Jaturong Lungapin. 2013. The easy to make germinated brown rice and its benefit. 1st ed, Triple Group Co, Ltd., Institute of research and development, Rajamangala university of Technology Thanyaburi, Pathum Thani. (in Thai)]

- [7] วุฒิพงษ์ ฮามวงศ์. 2557. ข้าวฮาง. คณะทรัพยากรธรรมชาติ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน วิทยาเขตสกลนคร, แหล่งข้อมูล : <http://natres.skrc.rmuti.ac.th/kaowhang.pdf>. ค้นเมื่อวันที่ 6 ตุลาคม 2560.
- [8] รังสรรค์ ไชยเชษฐ์. 2559. การศึกษาปัจจัยที่เหมาะสมในการสีข้าวฮาง. *บทความวิจัยวารสารวิชาการ วิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี*, 9(2), 1-9. [Rungsan Chaiyachet. 2016. Study of Suitable Factors for Hang Rice Milling. *Ubon Ratchathani University Engineering Journal*, 9(2), 1-9. (in Thai)]
- [9] มณฑนา นครเรียบ. 2555. ประโยชน์ที่ต่อสุขภาพของข้าวกล้องงอกและข้าวฮางงอก. *วารสารวิทยาศาสตร์ แห่งมหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบุรี*, 9(1), 69-79. [Muntana Nakornriab. 2012. Health benefits of germinated brown rice and germinated parboiled rice. *The science journal of Phetchaburi Rajabhat University*, 9(1), 69-79. (in Thai)]
- [10] Patil, S.B. and Khan M.K. 2011. Germinated brown rice as a value added rice product: A review. *Journal of Food Science and Technology*, 48(6), 661-667.
- [11] วรัมพร วงศ์สุติน, พัทธราภรณ์ รัตนธรรม, ญัฐา เลหากุลจิตต์ และ อรพิน เกิดชูชื่น. 2555. การเปลี่ยนแปลงปริมาณสารสำคัญในข้าวกล้องงอก. *วารสารวิทยาศาสตร์เกษตร*, 43(2)(พิเศษ), 553-556. [Voramporn Wongsudin, Patcharaporn Ratthanatham, Nutta Laohakunjit and Orapin Kerdchoechuen. 2012. Change of Bioactive Compounds in Germinated Rice. *Agricultural Science Journal*, 43(2)(Suppl), 553-556. (in Thai)]
- [12] Shelp, B.J., Bown, A.W. and Mclean, M.D. 1999. Metabolism and functions of gamma-aminobutyric acid. *Trends in Plant Science*, 4(11), 446-452.
- [13] Bouche, N. and Fromm, H. 2004. GABA in plants: just a metabolite. *Trends in Plant Science*, 9(3), 110-115.
- [14] Diana, M., Quilez, J. and Rafecas, M. 2014. Gamma-aminobutyric acid as a bioactive compound in foods: a review. *Journal of Functional Foods*, 10, 407-420.
- [15] Saikusa, T., Horino, T. and Mori, y. 1994. Accumultion of γ -Aminobutyric acid (GABA) in the rice germ during water soaking. *Bioscience, Biotechnology, and Biochemistry*, 58(12), 2291-2292.
- [16] Oh, S.H. 2003. Stimulation of γ -Aminobutyric acid synthesis activity in brown rice by a chitosan/glutamic acid germination solution and calcium/calmodulin. *Journal of Biochemistry and Molecular Biology*, 36(3), 319-325.
- [17] Varanyanond, W., Tungtrakul, P., Surojanametakul, V., Watanasiritham, L. and Luxiang, W. 2005. Effects of water soaking on Gamma-aminobutyric acid (GABA) in germ of different Thai rice varieties. *Kasetsart Journal. (Natural. Science)*, 39, 411-415.

- [18] Limure, T., Kihara, M., Hirota, N., Zhou, T., Hayashi, K. and Ito, K. 2009. A method for production of γ -amino butyric acid (GABA) using barley bran supplemented with glutamate. *Food Research International*, 42, 319-323.
- [19] Jannoey, P., Niamsup, H., Lumyong, S., Suzuki, T., Katayama, T. and Chairrote, G. 2010. Comparison of gamma-aminobutyric acid production in Thai rice grains. *World Journal of Microbiology and Biotechnology*, 26, 257-263.
- [20] Jannoey, P., Niamsup, H., Lumyong, S., Tajima, S., Nomura, M. and Chairrote, G. 2010. γ -Aminobutyric acid (GABA) accumulations in rice during germination. *Chiang Mai Journal of Science*, 37(1), 124-133.
- [21] Maisont, S. and Narkruga, W. 2010. The effect of germination on GABA content, chemical composition, total phenolics content and antioxidant capacity of Thai waxy paddy rice. . *Kasetsart Journal. (Natural. Science)*, 44, 912-923.
- [22] Karladee, D. and Suriyong, S. 2012. γ -Aminobutyric acid (GABA) content in different varieties of brown rice during germination. *ScienceAsia*, 38, 13-17.
- [23] Khwanchai, P., Chinprahast, N., Pichyangkura, R., and Chaiwanichsiri, S. 2014. Gamma-Aminobutyric acid and glutamic acid contents, and the GAD activity in germinated brown rice (*Oryza sativa* L.): Effect of rice cultivars. *Food Science and Biotechnology*, 23(2), 373-379.
- [24] จิตา อมร. 2559. ผลของการงอกต่อปริมาณอินทรีย์ฟอสฟอรัส กรดไฟติก และกรดแกมมา-แอมิโนบิวทิริก (กาบา) ของข้าวไทยพันธุ์กข 41. *วารสารวิทยาศาสตร์ลาดกระบัง*, 25(2), 1-13. [Tida Amon. 2016. Effect of Germination on Inorganic Phosphorous, Phytic Acid and Gamma-aminobutyric Acid (GABA) Contents of RD41 Thai Rice. *Journal of Science Ladkrabang*, 25(2), 1-13. (in Thai)]
- [25] 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.
- [26] Cornejo, F., Caceres, P.J., Martinez-Villaluenga, C., Rosell, C.M. and Frias, J. 2015. Effects of germination on the nutritive value and bioactive compounds of brown rice breads. *Food Chemistry*, 173, 298-304.
- [27] สำราญ พิมราช, สุนันท์ บุตรศาสตร์, อีระรัตน์ ชินแสน และ ถวัลย์ เกตมาลา. 2558. ปริมาณกาบาและกิจกรรมต้านอนุมูลอิสระของข้าวกล้องงอกพันธุ์พื้นเมือง 5 สายพันธุ์. *วารสารเกษตรพระวรุณ*, 12(1), 35-40. [Sumran Pimratch, Sunan Butsat, Theerarat Chinnasaen and Thawan Ketmala. 2015. GABA content and antioxidant activity of five local

- germinated brown rice varieties. *Prawarun Agricultural Journal*, 12(1), 35-40. (in Thai)]
- [28] Tipkanon, S. and Abdallah, A.M. 2014. Factor affecting accumulation of gamma-aminobutyric acid (GABA) in rice germ (Khao Dawk Mali 105). *King Mongkut's University of Technology North Bangkok International Journal of Applied Science and Technology*, 7(3), 43-48.
- [29] Zhang, Q., Xiang, J., Zhang, L., Zhu, X., Evers, J., van der Werf, W. and Duan, L. 2014. Optimizing soaking and germination conditions to improve gamma-aminobutyric acid content in japonica and indica germinated brown rice. *Journal of Functional Foods*, 10, 283-291.
- [30] Trung, P.Q. and Ha, N.C. 2016. Changes of chemical properties and functional compounds during the germination of various brown rice in Mekong Delta, Viet Nam. *Journal of Agriculture and Food Technology*, 6(2), 1-6.
- [31] Eamarjharn, A., Theerakulkait, C. and Thanachasai, S. 2016. Effect of incubation time, buffer type and concentration on gamma-aminobutyric acid (GABA) production using Khao Dawk Mali 105 rice bran. *Agriculture and Natural Resources*, 50, 80-84.
- [32] Chaiyasut, C., Sivamaruthi, B.S., Pengkumsri, N., Saelee, M., Kesika, P., Sirilun, S., Fukngoen, P., Jampatip, K., Khongtan, S. and Peerajan, S. 2017. Optimization of conditions to achieve high content of gamma amiono butyric acid in germinated black rice, and changes in bioactivities. *Journal of Food Science and Technology*, 37, 83-93.
- [33] Olsen, R.W., 2002. Neuropsychopharmacology: The Fifth Generation of Progress. 5th ed, Lippincott Williams & Wilkins (LWW), American College of Neuropsychopharmacology.
- [34] Tillakaratne, N.J.k., Medina-Kauwe, L. and Gibson, K.M. 1995. Gamma-Aminobutyric acid (GABA) metabolism in mammalian neural and nonneural tissues. *Comparative Biochemistry and Physiology*, 112A(2), 247-263.
- [35] Gan, R.Y., Lui, W.Y., Wu, K., Chan, C.L., Dai, S.H., Sui, Z.Q. and Corke, H. 2017. Bioactive compounds and bioactivities of germinated edible seeds and sprouts: An updated review. *Trends in Food Science & Technology*, 59, 1-14.
- [36] Nishimura, M., Yoshida, S.I., Haramoto, M., Mizuno, H., Fukuda, T., Kagami-Katsuyama, H., Tanaka, A., Ohkawara, T., Sato, Y. and Nishihira, J. 2016. Effects of white rice containing enriched gamma-aminobutyric acid on blood pressure. *Journal of Traditional and Complementary Medicine*, 6, 66-71.