ประโยชน์ที่ดีต่อสุขภาพของข้าวกล้องงอกและข้าวฮางงอก

Health Benets of Germinated Brown Rice and Germinated Parboiled Rice

มัณฑนา นครเรียบ

ภาควิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม จังหวัดมหาสารคาม 44150

บทคัดย่อ

ข้าว (*Oryza sativa* L.) นอกจากจะเป็นอาหารหลักหรือสินค้าส่งออกที่สำคัญของประเทศไทยแล้ว ในด้านโภชนาการ เมล็ดข้าวเป็นแหล่งที่ดีของสารอาหารต่างๆ ได้แก่ คาร์โบไฮเดรต โปรตีน เส้นใยอาหาร ไขมัน วิตามิน สารกาบ้า และสารกลุ่มฟีนอลิก ทั้งนี้ปริมาณสารอาหารจะขึ้นอยู่กับสายพันธุ์และการขัดสีข้าว การศึกษาในปัจจุบันพบว่าข้าวที่มีสีต่างๆหรือข้าวกล้องเป็นแหล่งของสารต้านอนุมูลอิสระหลายชนิด เช่น สารแกมม่า-โอไรซานอล สารเบต้าแคโรทีน กรดไฟติก และสารแอนโทไซยานินส์ ซึ่งเป็นสารที่ไม่พบในข้าวขัดสีจนขาวทั่วไป สารเหล่านี้มีประโยชน์และมีสรรพคุณทางยา ทำหน้าที่เป็นสารต้านอนุมูลอิสระ ช่วยการหมุนเวียนของกระแสโลหิต ชะลอการเสื่อมของเซลล์ร่างกาย สามารถยับยั้งการเจริญเติบโตของเซลล์มะเร็งและโรคเรื้อรังหลายโรคได้ ปัจจุบันพบว่าประชากรโลกเกิดภาวะความเสี่ยงต่อการเจ็บป่วยและการเกิดโรคต่างๆ ดังนั้นการบริโภคข้าวที่ผ่านกระบวนการทำให้งอกซึ่งได้แก่ ข้าวกล้องงอก (การงอกจากข้าวกล้อง) และข้าวฮางงอก (การงอกจากข้าวเปลือก) จึงเป็นอีกทางเลือกที่ดีสำหรับผู้บริโภคที่ใส่ใจในสุขภาพของตัวเอง เพราะในช่วงที่ข้าวมีการงอกนี้จะมีการเปลี่ยนแปลงทางชีวเคมี ดังนั้นในข้าวงอกจะมีสารอาหารต่างๆเพิ่มขึ้นมากกว่าข้าวกล้องธรรมดา และเมื่อนำไปหุง ข้าวจะมีลักษณะอ่อนนุ่มกว่าข้าวกล้อง ง่ายต่อการรับประทาน โดยสารอาหารหลักที่เพิ่มขึ้นในข้าวงอกคือ สารกาบ้า เส้นใยอาหาร วิตามินอี วิตามินบี 1 บี 6 สังกะสี แมกนีเซียม แกมมา-ออไรซานอล กรดไฟติก และกรดเฟอรูลิก ซึ่งสารกาบ้าเป็นสารที่ช่วยให้การทำงานของไตดีขึ้น ช่วยลดความดันโลหิต ช่วยในการไหลเวียนของโลหิตในสมองดีขึ้น ป้องกันการเสื่อมของสมอง ป้องกันโรคเบาหวานและช่วยลดไขมันในเลือด เป็นต้น

คำสำคัญ: ข้าวกล้องงอก ข้าวฮางงอก สารกาบ้า

Abstract

Rice (*Oryza sativa* L.) is not only the staple food or the important export commodity of Thailand, in the nutrition, grain is the good source of nutrition such as carbohydrate, protein, ber, fat vitamin, Gaba and phenolic compounds. However the nutrient, amount depends on the species and mill friction. The current studies showed that unpolished rice or brown rice is a good source of many antioxidants such as γ-oryzanol, β-carotene, phytic acid and anthocyanins. These compounds are not generally found in white rice. The useful compounds are medicinal properties, antioxidant activities, improve blood circulation, reduce the degeneration of body cells, inhibit the growth of cancer cells and prevent many chronic diseases. As the current, world populations are risk of illness and various diseases. Thus, consumption of germinated brown rice and germinated parboiled rice is a good choice for consumers who care about their own health. This is because of during the prolifera-

tion of rice there are the biochemical changes in the grain. Therefore, germination rice contains more nutrients than regular brown rice. In addition, after cooking, the germinated rice is softer than typical unpolished one. The main nutrients which are increased in rice seed include GABA, dietary ber, vitamin E, B1, B 6, zinc, magnesium, γ-oryzanol, phytic acid and ferulic acid. GABA is the substance that improves kidney function, reduces the blood pressure, improves brain's blood circulation, prevents deterioration of the brain and diabetes and reduces the cholesterol in blood.

Keywords: germinated brown rice, germinated parboiled rice, GABA

บทนำ

ข้าวเป็นธัญพืชชนิดอาหารหลักของชาวไทยและชาวโลกมาเป็นเวลาช้านาน มีชื่อทางวิทยาศาสตร์ว่า *Oryza sativa* L. จัดอยู่ในวงศ์ Poaceae ข้าวที่ปลูกในประเทศไทยเป็นพวก *Indica* [1] ปัจจุบันจัดเป็นสินค้าที่ทำรายได้ให้กับประเทศไทยมากกว่าสินค้าเกษตรอื่นๆ ถ้าแบ่งข้าวตามชนิดของแป้งที่รวมกันเป็นเอ็นโดสเปิร์มจะแบ่งได้เป็นข้าวเหนียวและข้าวเจ้า ถ้าแบ่งตามลักษณะของสีเมล็ดข้าวจะแบ่งได้เป็น ข้าวขาว ข้าวแดงและข้าวดำ เป็นต้น ข้าวมีสารอาหารที่เป็นประโยชน์ต่อร่างกายทั้งสารปฐมภูมิ ได้แก่ คาร์โบไฮเดรต โปรตีน วิตามิน โดยเฉพาะวิตามินบีรวม แร่ธาตุที่จำเป็น เช่น แคลเซียม ฟอสฟอรัส ฟอสฟอรัส เหล็ก และสังกะสี ไนอะซีน (niacin) เส้นใยอาหาร และสารทุติยภูมิ ได้แก่ สารประกอบฟีนอลิก เช่น กรดเฟอรูลิก (ferulic acid) และสารกาบ้า (GABA) [2] นอกจากนี้ยังพบสารอาหารไขมัน เช่น γ-oryzanol, tocophrol, phytosterol และ carotenoid เป็นต้น ซึ่งพบมากในรำข้าว ทั้งนี้ปริมาณของสารอาหารดังกล่าวจะขึ้นอยู่กับชนิดของข้าว สภาวะการปลูก การขัดสีข้าวและสายพันธุ์ข้าว [3] มีรายงานการวิจัยพบว่าข้าวกล้องและข้าวที่มีสีชนิดต่างๆ เป็นแหล่งของสารที่เป็นประโยชน์ต่อร่างกายที่ดีมากหลายชนิด เช่น สารโพลีฟีนอล ฟลาโวนอยด์ แอนโทไซยานิน เบต้าแคโรทีน กาบ้า วิตามินต่างๆ แร่ธาตุและแกมม่าโอไรซานอล เป็นต้น [4] [5] แต่น่าเสียดายที่คนไทยส่วนใหญ่ยังรับประทานข้าวที่ขัดสีจนขาวอยู่ การขัดสีของเมล็ดข้าวจะเกิดการสูญเสียส่วนที่ดีของข้าว สารอาหารอาจถูกขัดออกไปถึง 75% ทำให้เสี่ยงต่อการเป็นโรคต่างๆ เช่น โรคเหน็บชา โรคปากนกกระจอก โรคอ้วน โรคเบาหวาน โรคมะเร็ง เป็นต้น ในปัจจุบันนี้จึงได้มีการค้นคิดการผลิตและการแปรรูปข้าวในรูปแบบใหม่ๆ เพื่อให้ผู้บริโภคได้รับคุณค่าทางโภชนาการมากขึ้นเรื่อยๆ เช่น ข้าวกล้อง ข้าวกล้องงอก ข้าวฮาง ข้าวฮางงอก น้ำมันรำข้าว เป็นต้น

ส่วนประกอบและคุณค่าทางโภชนาการของเมล็ดข้าว

เมล็ดข้าว (Figure 1) ประกอบด้วย เนื้อเมล็ดข้าวสารหรือเนื้อข้าว เป็นส่วนที่มีมากที่สุดในเมล็ดข้าว ประมาณร้อยละ 80 ของน้ำหนักเมล็ดทั้งหมด มีคาร์โบไฮเดรตเป็นส่วนประกอบหลัก โดยมีโปรตีน วิตามินบี วิตามินอี และแร่ธาตุที่เป็นส่วนประกอบรองโดยจะแยกไปอยู่ในส่วนต่างๆ ของเมล็ดข้าว ส่วนสารอาหารประเภทไขมันจะพบมากในรำข้าว [2] เมล็ดข้าวประกอบ ด้วย 2 ส่วนหลัก คือส่วนที่ห่อหุ้มเมล็ดข้าวหรือเปลือกหุ้มเมล็ด เรียกว่าแกลบ (Hull หรือ Husk) ซึ่งอยู่ภายนอกสุด ประกอบไปด้วยเปลือกใหญ่ (lemma) เปลือกเล็ก (palea) ขน (pubescence) หาง (awn) ขั้วเมล็ด (rachilla) และกลีบรองเมล็ด (sterile lemmas) ส่วนนี้จะไม่มีคุณค่าทางโภชนาการ และส่วนเนื้อผลหรือผลแท้ หรือข้าวกล้อง (true fruit หรือ caryopsis หรือ brown rice) ซึ่งอยู่ภายในเมล็ดข้าวที่กะเทาะเปลือกออกแล้ว

จะประกอบด้วย จมูกข้าวหรือคัพภะ (embryo) จะอยู่ที่โคนเมล็ดด้านเปลือกใหญ่ ส่วนท้องของเมล็ดมีส่วนประกอบเป็นรากอ่อน (radicle) ต้นอ่อน (plumule) เยื่อหุ้มต้นอ่อน (coleoptile) ท่อน้ำท่ออาหาร (epiblast) และใบเลี้ยง (scutellum) ซึ่งเป็นใบเลี้ยงเดี่ยว จมูกข้าวเป็นแหล่งสะสมอาหารสำหรับการเจริญเติบโตของต้นอ่อน จึงมีปริมาณสารอาหารต่างๆ เช่น โปรตีน ไขมัน แร่ธาตุ และสารพฤกษเคมี (phytochemical) สูงกว่าส่วนอื่นๆของเมล็ด นอกจากนี้ ในจมูกข้าวยังประกอบด้วยสารที่มีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระที่แตกต่างกัน ได้แก่ สาร ประกอบฟีนอลิก (phenolic compound) โทโคฟีรอล (tocopherol) โทโคไตรอีนอล (tocotrienol) ออไรซานอล (oryzanol) และฟลาโวนอยด์ (avonoid) เป็นต้น [6] เยื่อหุ้มเมล็ด (seed coat) หรือรำข้าว (bran) ซึ่งเป็นเนื้อเยื่อชั้นนอก เป็นชั้นที่มีสารสีหรือรงควัตถุปนอยู่ ทำให้ข้าวกล้องหรือข้าวซ้อมมือมีสีต่างๆ เช่น สีน้ำตาล สีน้ำตาลปนแดง หรือปนม่วง หรือสีอื่นๆ ขึ้นอยู่กับชนิดและส่วนประกอบของเมล็ดข้าวประมาณร้อยละ 10 ของเมล็ดข้าวทั้งหมด ซึ่งประกอบด้วยไขมันและสารสี เช่น เดียวกับเยื่อหุ้มผล ทำให้ข้าวกล้องมีสี มีสารอาหารและเส้นใยอาหารในปริมาณสูง [1] และเนื้อเมล็ดข้าวสาร (endosperm) ในข้าวกล้องหรือข้าวซ้อมมือจะมีสารอาหารต่างๆ อยู่มาก โดยพบมากในบริเวณใกล้เปลือกของข้าวกล้องหรือข้าวซ้อมมือและจมูกข้าว [7] ซึ่งสารเหล่านี้ เป็นสารที่มีประโยชน์มาก ทำหน้าที่ป้องกันความเสื่อมสภาพ ความชราหรือการแก่ก่อนวัย รวมทั้ง โรคอ้วน โรคเบาหวาน โรคมะเร็ง โรคหัวใจและหลอดเลือด ดังนั้นการขัดสีของเมล็ดข้าวจนขาวจะทำให้ชิ้น ส่วนของข้าวที่มีความอุดมสมบูรณ์หลุดหายไป ทำให้เสี่ยงต่อการเป็นโรคต่างๆ ตามมา

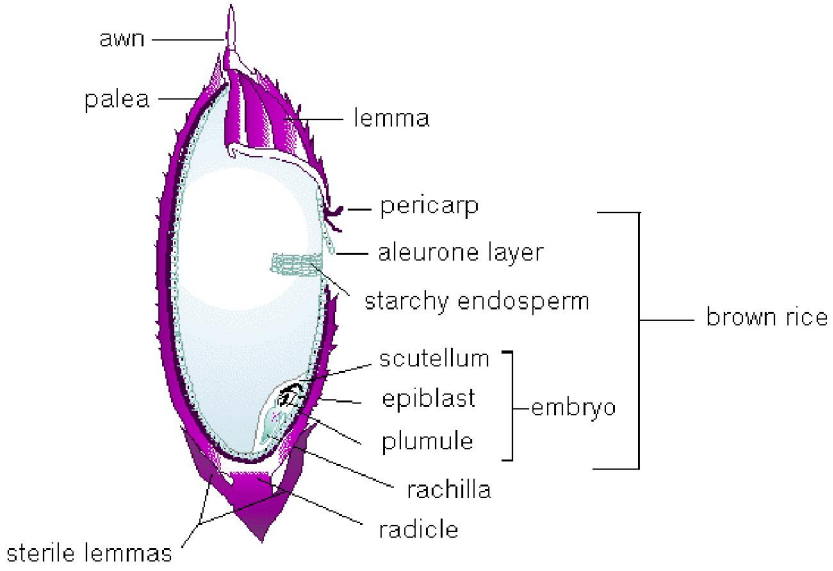

Figure 1. Structure of grain

จากการศึกษาการเจริญเติบโตของเมล็ดข้าว (Figure 2) พบว่า เมล็ดข้าวเมื่ออยู่ในสภาวะที่มีการเจริญเติบโตจะมีการเปลี่ยนแปลงทางชีวเคมีและสารอาหารที่อยู่ในเมล็ดข้าว [8] ซึ่งการเปลี่ยนแปลงจะเริ่มขึ้น เมื่อน้ำได้แทรกซึมเข้าไปในเมล็ดข้าว จะไปกระตุ้นให้เอนไซม์ภายในเมล็ดข้าวเกิดการทำงาน เมื่อเมล็ดข้าวเริ่มงอก (malting) สารอาหารที่ถูกเก็บไว้ในเมล็ดข้าวก็จะถูกย่อยสลายไปตามกระบวนการทางชีวเคมี จนเกิดเป็นสารประเภทน้ำตาลรีดิวซ์ (reducing sugar) และคาร์โบไฮเดรตที่มีโมเลกุลเล็กลงหรือโอลิโกแซคคาไรด์

(oligosaccharide) ซึ่งสารนี้จะทำหน้าที่เป็นสารพรีไบโอติก (prebiotic) ช่วยในการย่อยอาหารและดูดซึมอาหาร นอกจากนี้ โปรตีนภายในเมล็ดข้าวก็จะถูกย่อยให้เกิดเป็นเปปไทด์และกรดอะมิโน รวมทั้งยังพบการสะสมสารสำคัญต่างๆ เช่น แกมมาออริซานอล โทโคฟีรอล โทโคไตรอีนอล และสารกาบ้า [9] เมื่อต้นข้าวเจริญเติบโตต่อไปในระยะที่มีการแทงยอดอ่อน จะมีการสร้างสารที่เรียกว่าสารทุติยภูมิ ซึ่งได้แก่ คลอโรฟิลล์, oryzadione, 7-oxostigmasterol, ergosterol peroxide เป็นต้น ซึ่งสารเหล่านี้มีความ สำคัญต่อการดำรงชีวิตของต้นข้าว โดยทั่วไปกระบวน การทำให้เมล็ดข้าวงอกสามารถทำได้ 2 วิธีได้แก่ การทำให้งอกจากข้าวกล้อง ซึ่งเรียกว่าข้าวกล้องงอกและถ้าเป็นการทำให้งอกจากข้าวเปลือก จะเรียกว่าข้าวเปลือกงอกหรือข้าวฮางงอกนั่นเอง และการทำข้าวงอกนี้สามารถทำได้ทั้งข้าวเหนียวและข้าวเจ้า

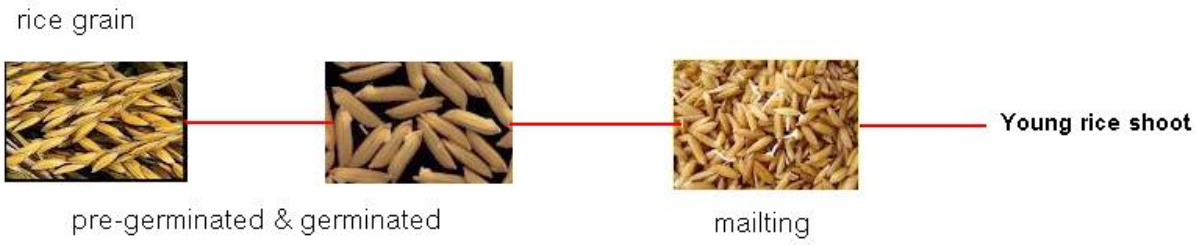

Figure 2. Biochemical changes in rice through stages of growth

ข้าวกล้องงอก (Germinated Brown Rice) และสาระสำคัญที่มีประโยชน์ต่อสุขภาพ

ในสมัยโบราณ ข้าวที่ชาวบ้านใช้วิธีตำเพื่อเอาเปลือกออก จะเรียกว่าข้าวซ้อมมือ (unpolished rice) ซึ่งเมล็ดส่วนใหญ่จะแตกหัก แต่ในปัจจุบัน ได้นำเครื่องจักรมาใช้ในการสีข้าวมากขึ้น การสีข้าวที่เอาแต่เปลือกแข็งออกเพียงครั้งเดียว ข้าวที่ได้เราจะเรียกว่าข้าวกล้อง (brown rice) ข้าวกล้องจะมีเมล็ดที่แตกหักน้อยกว่าข้าวซ้อมมือ ดังนั้นในข้าวกล้องยังมีส่วนของจมูกข้าวและเยื่อหุ้มเมล็ดข้าวติดอยู่ (Figure 3A-B) อุดมด้วยสารอาหารที่มีประโยชน์ต่อร่างกาย ซึ่งโดยปกติแล้วในตัวเมล็ดข้าวกล้อง จะประกอบด้วยสารอาหารที่มีคุณค่าจำนวนมาก เช่น ใยอาหาร กรดไฟติก วิตามินซี วิตามินอี วิตามินบี 1, 2, 6 และ 12 สารที่มีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ และสาร

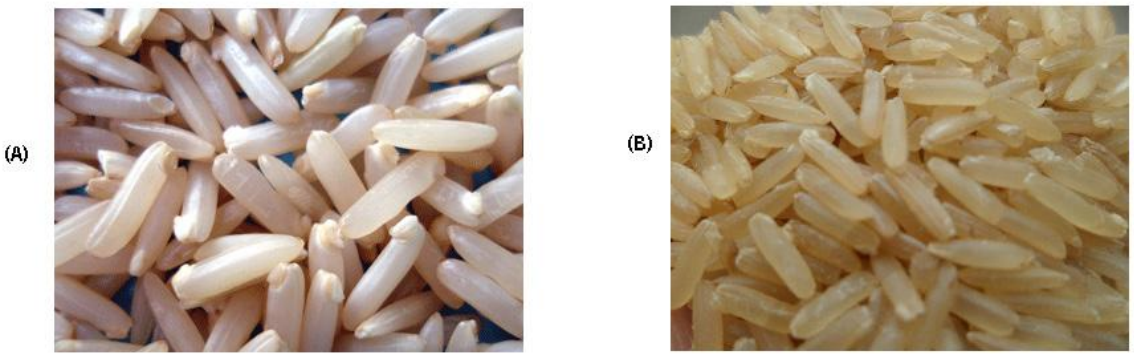

Figure 3. A; Germinated brown rice, B; Germinated parboiled rice

กาบ้าปริมาณสารต่างๆ ที่พบในข้าวชนิดต่างๆ (Table 1) ซึ่งสารเหล่านี้ช่วยป้องกันโรคต่างๆ เช่น โรคมะเร็ง โรคเบาหวาน และช่วยในการควบคุมน้ำหนัก เป็นต้น [10] แต่ข้าวกล้องมักมีปัญหาในการนำมาบริโภค เนื่องจากมีความแข็งมากกว่าข้าวขัดสี จึงมีการนำข้าวกล้องไปแช่น้ำ 1–2 วัน เพื่อกระตุ้นให้เกิดการงอกของเมล็ดข้าว เมื่อนำไปปรุงเพื่อบริโภคจะทำให้ข้าวมีความความนุ่มเพิ่มขึ้น เราจะเรียกข้าวที่ได้จากกระบวนการนี้ว่าข้าวกล้องงอก นักวิจัยชาวญี่ปุ่นกล่าวว่าข้าวกล้องงอกสามารถผลิตได้โดยการแช่ข้าวกล้องในน้ำและเพาะให้งอกในระยะเวลาสั้นๆ ซึ่งในระหว่างการงอก สารอาหารที่ถูกเก็บไว้ในเมล็ดข้าวจะมีการย่อยสลายไปตามกระบวนการชีวเคมี ทำให้สารอาหารในเมล็ดข้าวกล้องเกิดการเปลี่ยนแปลงอย่างมาก โดยสารอาหารหลักที่เพิ่มขึ้นในข้าวกล้องงอก คือ สารกาบ้า เส้นใยอาหาร อิโนซิทอล (inositols) กรดเฟอรูลิก โทโคไตรอีนอล แมกนีเซียม โพแทสเซียม สังกะสี กรดไฟติก แกมม่าออไรซานอล วิตามินอี และวิตามินบี [11] ซึ่งมีรายงานว่าข้าวกล้องงอกมี กาบ้ามากกว่าข้าวขัดสี ถึง 10 เท่า และนอกจากนี้ยังมีใยอาหาร วิตามินอี ไนอะซิน ไลซีน วิตามินบี 1 บี 6 และแมกนีเซียมมากกว่าข้าวขัดสี 3-4 เท่า [12] สารเหล่านี้จะช่วยป้องกันเส้นเลือดในสมองแตก ลดความตึงเครียดภายหลังการใช้สมอง รักษาความดันโลหิตต่ำ ป้องกันความผิดปกติในช่วงเปลี่ยนวัยหมดประจำเดือน รักษากิจกรรมการทำงานของไต และยับยั้งการกระจายของเซลล์มะเร็ง [12] [13] นอกจากนี้ยังได้มีงานวิจัยที่รายงานว่า การรับประทานข้าวกล้องงอกอย่างต่อเนื่อง จะส่งผลดีต่อสมอง สามารถป้องกันอาการปวดหัว บรรเทาอาการท้องผูก ป้องกันมะเร็งในลำไส้ ควบคุมระดับน้ำตาลในเลือด ป้องกันโรคหัวใจ ลดความดันโลหิต [14] ในปัจจุบันข้าวกล้องงอกกำลังได้รับความนิยมและเป็นที่สนใจ เพราะนอกจากจะได้รับประโยชน์จากการที่มีปริมาณสารอาหารที่มีคุณค่าสูงแล้ว ยังทำให้ข้าวกล้องงอกที่หุงสุกมีเนื้อสัมผัสที่อ่อนนุ่ม น่ารับประทานกว่าข้าวกล้องธรรมดาและง่ายแก่การหุง โดยไม่ต้องผสมกับข้าวขาวตามความนิยมของผู้บริโภคที่ชอบข้าวที่มีลักษณะอ่อนนุ่ม

Table 1 ปริมาณสารอาหารบางชนิด (มิลลิกรัม/100 กรัม) ในข้าวหอมมะลิ 105 ชนิด ข้าวขัดสีขาว ข้าวกล้อง และข้าวกล้องงอก

สารอาหาร (Nutrient)	ข้าวขาว (White rice)	ข้าวกล้อง (Brown rice)	ข้าวกล้องงอก (Germinated brown rice)
ใยอาหาร (Fiber)	400	1800	3520
วิตามินบี 1 (Vitamin B1)	0.0163	0.096	0.08
วิตามินบี 2 (Vitamin B2)	0.013	0.025	0.01
วิตามินบี 6 (Vitamin B6)	0.073	0.145	2.13
แคลเซียม (Calcium)	10	10	3.39
เหล็ก (Iron)	0.42	0.42	0.46
ไนอะซีน (Niacine)	1.476	1.528	2.49
ฟอสฟอรัส (Phosphorus)	43	83	131.13
แมกนีเซียม (Magnesium)	12	43	48.9
กาบ้า (GABA)	-	0.27	2.51

ที่มา: บริษัทห้องปฏิบัติการกลาง (ประเทศไทย) และสำนักพัฒนาผลิตภัณฑ์ข้าว

สารกาบ้า (GABA) และคุณประโยชน์

สารกาบ้ามีชื่อเต็มว่า γ-aminobutyric acid มีสูตรโมเลกุลคือ $H_2N(CH_2)_3COOH$ ละลายน้ำได้และสลายตัวที่อุณหภูมิ 195˚C สารกาบ้าจัดเป็นกรดอะมิโนชนิดหนึ่งซึ่งไม่ใช่กรดอะมิโนที่ก่อให้เกิดการเป็นโปรตีน [15] พบในธรรมชาติทั้งในพืชและสัตว์ สำหรับมนุษย์พบมากที่สุดในสมองส่วน encephalon และ medulla oblongate การสังเคราะห์สารกาบ้าในเมล็ดข้าว เกิดขึ้นจากกระบวนการดีคาร์บอกซิเลชั่น (decarboxylation) ของกรดกลูตามิก (glutamic acid) หรืออะมิโนแอลกลูตาเมท (amino acid L-glutamate) ในระหว่างการงอกด้วยเอนไซม์ชนิดหนึ่งที่มีชื่อว่า กลูตาเมทดีคาร์บอกซิเลส (Glutamate decarboxylase) [15] สารกาบ้าพบมากที่สุดในจมูกข้าว มีรายงานวิจัยได้ค้นพบว่า สารกาบ้ามีความสำคัญในการทำหน้าที่เป็นสารสื่อประสาท (neurotransmitter) ประเภทสารยับยั้ง (inhibitor) ในระบบประสาทส่วนกลาง โดยจะทำหน้าที่รักษาสมดุลในสมองที่ได้รับการกระตุ้น ช่วยบำรุงเซลล์ประสาท ทั้งยังทำให้สมองเกิดการผ่อนคลายและนอนหลับ สามารถป้องกันการถูกทำลายของมันสมอง เนื่องมาจากสารเบต้าอไมลอยด์เปปไทด์ (beta-amyloid peptide) ซึ่งเป็นสาเหตุของโรคอัลไซเมอร์ [16] นอกจากนี้ยังทำหน้าที่ ช่วยกระตุ้นต่อมไร้ท่อในสมองส่วนหน้า(anterior pituitary) ซึ่งทำหน้าที่ผลิตฮอร์โมนที่ช่วยในการเจริญเติบโต (HGH) ทำให้เกิดการสร้างเนื้อเยื่อ ทำให้กล้ามเนื้อเกิดความกระชับ ลดไขมันในเลือด [17] ช่วยในการไหลเวียนของโลหิตในสมอง ช่วยลดความดันโลหิต ช่วยให้การทำงานของไตดีขึ้น [14] ดังนั้นใน ต่างประเทศได้นำสารกาบ้า มาใช้ในวงการแพทย์ เพื่อรักษาโรคเกี่ยวกับระบบประสาทต่างๆ เช่น โรควิตกกังวล โรคนอนไม่หลับ โรคลมชัก เป็นต้น แต่เนื่องจากกระบวนการผลิตข้าวกล้องงอกนั้นยังไม่เป็นที่ยอมรับของผู้บริโภคมากนัก เพราะว่าข้าวกล้องงอกที่ผลิตได้มีกลิ่นไม่พึงประสงค์ ไม่เหมาะต่อการนำไปบริโภค ซึ่งเกิดจากการเปลี่ยนแปลงเมตาบอลิซึมที่เกิดระหว่างการงอก และการเจริญของเชื้อจุลินทรีย์ที่ผิวเมล็ดข้าวกล้อง [18] โดยมีปัจจัยหลายอย่าง เช่น สายพันธุ์ข้าว น้ำ ความชื้น ออกซิเจน และอุณหภูมิ ที่มีผลต่อคุณภาพของข้าวกล้องงอก [19]

ข้าวฮางงอก (Germinated Parboiled Rice) และสารสำคัญที่มีประโยชน์ต่อสุขภาพ

ข้าวฮางเป็นกระบวนการแปรรูปข้าวจากข้าวเปลือก เป็นภูมิปัญญาของคนท้องถิ่นในแถบภาคอีสาน ข้าวฮางเป็นข้าวที่เก็บไว้ได้นาน ในสมัยก่อนนิยมทำข้าวฮางเก็บไว้บริโภคกันเมื่อเกิดการขาดแคลน เช่น น้ำท่วม ฝนแล้งหรือแมลงระบาด ทำให้ไร่นาเสียหาย เป็นต้น มีรายงานการวิจัยพบว่าข้าวฮาง มีฤทธิ์ต้านมะเร็ง ต้านอนุมูลอิสระ และกระตุ้นระบบภูมิคุ้มกันของร่างกายได้มากกว่าข้าวกล้องงอก ข้าวกล้อง และข้าวขาวตามลำดับ [20] ข้าวฮางงอกหรือบางคนเรียกว่าข้าวเปลือกงอก คือ ข้าวที่เพาะงอกจากข้าวเปลือก ซึ่งมีขั้นตอนในการทำดังนี้ คือ นำข้าวเปลือกไปแช่น้ำ 24 ชั่วโมง หลังจากนั้นนำมาบ่มไว้จนเห็นรากข้าวงอกยาวประมาณ 5 มิลลิเมตร นำข้าวไปนึ่งจนสุก นำไปผึ่งลมหรืออบให้แห้ง แล้วนำไปสีด้วยเครื่องสีข้าวแบบกะเทาะเปลือก (Figure 3 (B)) และจากการนำข้าวเปลือกไปนึ่งให้สุก ทำให้เมล็ดข้าวมีลักษณะเหนียว ไม่มีรอยแตกร้าว ทำให้จมูกข้าวและเยื่อหุ้มเมล็ดข้าวยังอยู่ครบ เมื่อนำไปสีจึงมีเพียงเปลือกข้าวเท่านั้นที่ถูกสีออก ไป วิธีการนี้จะทำให้องค์ประกอบที่เป็นประโยชน์ของเมล็ดข้าว ได้แก่ เส้นใย โปรตีนและสารอาหารยังอยู่ครบถ้วนเมื่อเทียบกับข้าวกล้องงอก ในการนึ่งข้าวเปลือก ส่วนที่เป็นสีเหลืองของเปลือกข้าวจะซึมเข้าไปในเมล็ดข้าว ทำให้ข้าวฮางงอกมีสีเหลือง ซึ่งคนในสมัยก่อนจะเรียกข้าวในลักษณะนี้ว่าข้าวหอมทอง การนำข้าวเปลือกมาแช่น้ำให้เกิดการงอก จะทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงทางชีวเคมีในเมล็ดข้าว โดยเฉพาะอย่างยิ่งการเพิ่มขึ้นของปริมาณสารกาบ้า นอกจากนี้ยังอุดมไปด้วยแร่ธาตุ และวิตามินต่างๆ รวมกว่า 20 ชนิด อีกทั้งข้าวฮางงอกมีเส้นใยอาหารปริมาณสูง ซึ่งช่วยในการทำงานของระบบขับถ่ายได้ดีมาก ด้วยความโดดเด่นของข้าวฮางงอก ซึ่งนอกจากจะได้ประโยชน์จากการที่มีปริมาณสารอาหารที่มีคุณค่าต่างๆ สูงแล้ว ยังทำให้ข้าวฮางงอกที่หุงสุกมีเนื้อสัมผัสที่อ่อนนิ่ม อร่อย คล้ายข้าวขาวทั่วๆไป สามารถหุงรับประทานได้เหมือนกัน

กับข้าวขาวแต่จะมีกลิ่นหอมอ่อนๆ ของข้าวเปลือกด้วย สารอาหารที่เพิ่มขึ้นทั้งชนิดและปริมาณหลายเท่าตัว ที่สำคัญ ได้แก่ สารกาบ้า ซึ่งมีมากกว่าข้าวกล้องประมาณ 15 เท่า มีโปรตีนที่มีประโยชน์ต่อร่างกายสูงกว่าข้าวขาว 6-12 เท่า มีธาตุแมงกานีสในปริมาณที่สูง ซึ่งจะช่วยต่อต้านอนุมูลอิสระซึ่งเป็นสาเหตุของการเกิดโรคมะเร็ง มีเส้นใยอาหารสูงกว่าข้าวขาว 3-8 เท่า ช่วยในการย่อยอาหารเป็นไปอย่างช้าๆ ทำให้น้ำตาลเข้าสู่กระแสเลือดได้ทีละน้อย ค่า glycemic index จึงต่ำ การรับประทานข้าวฮางงอกจึงเหมาะสำหรับผู้ป่วยที่เป็นโรคเบาหวาน [21] จะเห็นได้ว่าข้าวฮางงอกมีสีเข้มกว่าข้าวกล้องงอก เนื่องจากกระบวนการเกิดสีน้ำตาลแบบเมลลาร์ด (Maillard reaction) โดยน้ำตาลจะรีดิวซ์กรดอะมิโน โดยมีความร้อนเป็นตัวเร่งปฏิกิริยา หรืออาจเกิดจากไอน้ำที่บริเวณผิวของเปลือกทำให้สีของเยื่อหุ้มเมล็ดข้าวซึมเข้าสู่เนื้อเมล็ดข้าว [22] ข้าวฮางงอกมีข้อได้เปรียบกว่าข้าวกล้องงอก ในเรื่องของกระบวนการผลิต คือไม่จำเป็นต้องมีการเฝ้าระวังปริมาณจุลินทรีย์ที่เกิดขึ้นระหว่างกระบวนการแช่ข้าวเหมือนข้าว กล้องงอก [23] นอกจากนี้ข้าวฮางงอกยังสามารถผลิตได้ในปริมาณมากได้ เพราะข้าวฮางงอกไม่ต้องคัดเลือกเมล็ดข้าวที่จะนำมาทำเหมือนข้าวกล้องงอก ซึ่งเป็นอุปสรรคที่สำคัญในกระบวนการผลิตในเชิงอุตสาหกรรม

งานวิจัยที่รายงานถึงการศึกษาปริมาณสารอาหารและการใช้ประโยชน์จากข้าวงอก

ผลิตภัณฑ์ที่แปรรูปจากข้าว เป็นอาหารเพื่อสุขภาพชนิดหนึ่งที่กำลังได้รับความนิยม และมีแนวโน้มในการตลาดที่ดีมาก โดยเฉพาะข้าวงกล้องงอกและข้าวฮางงอก ซึ่งในปัจจุบันนี้มีการนำข้าวกล้องงอกไปใช้ในการผลิตอาหารหลากหลายชนิด เช่น ข้าวพร้อมบริโภค ซุบ เค้ก คุกกี้ ข้าวหมัก ชา เครื่องดื่มน้ำข้าวกล้องเครื่อง ดื่มน้ำข้าวกล้องงอกผสมธัญพืช อาหารเสริมจากข้าวกล้องงอก และการพัฒนาผลิตภัณฑ์ขนมขบเคี้ยวจากแป้งข้าวกล้องงอก โดยมีงานวิจัยที่เกี่ยวข้องต่างๆ ดังนี้

เมื่อปี พ.ศ. 2548 Ohtsubo และคณะ ศึกษาขนมปังที่ใช้แป้งเอกซ์ทรูเดต (extrudate) จากข้าวกล้องงอก ร้อยละ 30 มี GABA และน้ำตาลรีดิวซิ่งมากกว่าขนมปังที่ผลิตจากข้าวสาลีและข้าวกล้อง และมีคะแนนความหวานและความชอบโดยรวมมากกว่าขนมปังจากแป้งสาลีโดยมีนัยสำคัญทางสถิติ [18] Liu และคณะ ศึกษาการสะสมของ GABA ในเมล็ดข้าวที่มีจมูกข้าวหรือคัพภะ พบว่าข้าวกล้องที่มี คัพภะขนาดใหญ่มีปริมาณการสะสมของ GABA สูงที่สุด เมื่อเปรียบเทียบกับข้าวกล้องที่มีคัพภะขนาดเล็กและไม่มีคัพภะ [24] Seki และคณะพบว่าข้าวกล้องงอกของข้าวพันธุ์เมล็ดสั้นของญี่ปุ่นมี GABA สูงกว่าข้าวสารถึง 20 เท่า [25] Varanyanond และคณะ ได้ตรวจหาสาร GABA ในข้าวหอมไทยพันธุ์ ขาวดอกมะลิ 105 และปทุมธานี 1 พบสาร GABA สูงสุดในข้าวปทุมธานี 1 แต่ข้าวพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 มีต่ำกว่าเล็กน้อย เมื่อแช่น้ำ 4 ชั่วโมง ที่อุณหภูมิ 40 C [19]

เมื่อปี พ.ศ. 2549 Miura พบว่าข้าวกล้องงอกมี GABA 10 เท่าของข้าวกล้องที่ไม่ได้งอก มีใยอาหาร,วิตามินอี ไนอะซิน และ ไลซีน 4 เท่าของข้าวกล้องที่ไม่ได้งอก มีวิตามินบี1 บี6 และแมกนีเซียม 3 เท่าของข้าวกล้องธรรมดา [26]

ปี พ.ศ. 2550 Liang และคณะ ได้ศึกษาผลกระทบของการแช่ การทำให้งอก และการหมักต่อปริมาณสังกะสีทั้งหมด พบว่าปริมาณสังกะสีทั้งหมด ในข้าวที่ผ่านการแช่สูงกว่าในข้าวที่ไม่ผ่านกระบวนการแช่ แต่น้อยกว่าในข้าวกล้องงอก การหมักและการทำให้งอกไม่มีผลต่อการละลายของสังกะสี แต่ เมื่อเทียบกับข้าวขาว การบริโภคข้าวกล้องทำให้ร่างกาย ได้รับสังกะสีและธาตุเหล็กมากกว่า 3 และ 1.7 เท่า ตามลำดับ [27] พัชรีและคณะ ศึกษาวิธีการเพิ่มปริมาณสารกาบ้าในคัพภะข้าว พบปริมาณ GABA ในข้าวเจ้าที่มีแอมิโลสต่ำ (31.0 -37.2 มก. ต่อ 100 กรัมคัพภะ) มีค่าสูงกว่าข้าวเจ้าที่มีแอมิโลสสูง (21.4-28.8 มก. ต่อ 100 กรัมคัพภะ) ส่วนข้าวเหนียวมีปริมาณ GABA สูงกว่าข้าวเจ้าที่มีแอมิโลสต่ำ ซึ่งมีค่าอยู่ในช่วง 29.6-72.8 มก. ต่อ 100 กรัมคัพภะ และอัตราการเพิ่มของ GABA ในข้าวทุกสายพันธุ์จะค่อนข้างสูงโดยเฉพาะใน 1 ชั่วโมงแรกของการแช่ข้าว อาจเนื่องมาจากแอมิโลสจะละลายน้ำได้ค่อน

ข้างน้อย แต่เนื่องจากในกระบวนการงอกนี้น้ำเป็นส่วนสำคัญที่สุดเพราะก่อให้เกิดกระบวนการแยกสลายด้วยน้ำ (hydrolysis) เพื่อส่งถ่ายสารอาหารจากส่วนต่างๆ ของเมล็ด โดยเฉพาะส่วนเนื้อในเมล็ดมาสู่ส่วนคัพภะ ซึ่งมีผลทำให้เกิดการสังเคราะห์โปรตีน การเพิ่มขึ้นของใยอาหาร วิตามินและส่วนประกอบอื่นๆ ดังนั้นคัพภะข้าวที่มีปริมาณแอมิโลสต่ำ จะมีปริมาณสารกาบ้าสูงกว่าคัพภะข้าวที่มีแอมิโลสสูง [28]

ปี พ.ศ. 2551 ปาริชาตและวรรณา ศึกษาสภาวะที่เหมาะสม ในการผลิตข้าวกล้องงอกไทย พบว่าอุณหภูมิ 35 ˚C ระยะเวลาการงอก 24 ชั่วโมง ข้าวกล้องสายพันธุ์ กข 23 มีคุณภาพในการผลิตโภชนสารบางชนิดที่ดีกว่า และข้าวกล้องงอกพันธุ์ชัยนาท 1 มีปริมาณกาบ้าสูงที่สุด [29] สุภาณีและคณะ ผลิตโจ๊กกึ่งสำเร็จรูปจากข้าวกล้องงอก โดยใช้ข้าวขาวดอกมะลิ 105 และปทุมธานี 1 ที่เพาะให้งอกในสภาพต่างกัน พบว่าการใช้เวลาเพาะข้าวกล้องงอกในที่มืด อุณหภูมิ 30˚C เป็นเวลา 26 ชั่วโมง ทำให้มีปริมาณสารอาหาร เพิ่มขึ้นสูงสุดในข้าวที่ทดสอบทั้ง 2 พันธุ์ [30] Rossaporn และคณะ ศึกษาผลของแป้งข้าวกล้องเริ่มงอกต่อคุณภาพผลิตภัณฑ์คุกกี้ไส้สับปะรด พบว่าแช่เวลา 72 ชั่วโมง มีน้ำตาลรีดิวซ์และ GABA สูงสุดคือ 505.0 และ 38.90 mg/100g ตามลำดับ ผลของอัตราส่วนของแป้งข้าวกล้องงอก และแป้งสาลีที่เหมาะสมคือ 60:40 สำหรับคุกกี้ไส้สับปะรดที่ผลิต ความชอบโดยรวมได้รับการจัดอันดับที่ชอบปานกลาง [31]

ปี พ.ศ. 2553 Watchararparpaiboon และคณะ ศึกษาหาปริมาณสารอาหารในข้าวกล้องงอกของข้าวขาวดอกมะลิ 105 และชัยนาท 1 พบว่าสภาวะที่ดีที่สุดสำหรับการผลิตข้าวกล้องงอกของพันธุ์ทั้งสองคือการแช่ในน้ำที่มีค่า pH 6 และอุณหภูมิ 35˚C เป็นเวลา 24 ชั่วโมง พบว่าข้าวกล้องงอกดอกมะลิ 105 มีสารกาบ้า โปรตีนและไขมันสูงที่สุด รองมาคือวิตามิน B1 และกรดไฟติก (IP6) [2] Shallan และคณะ ได้ศึกษาหาปริมาณโปรตีน แร่ธาตุ เส้นใยอาหารรวม (total dietary ber) กรดไฟติก แกมม่าออไรซานอล สังกะสี แคลเซียม แมกนีเซียม เหล็ก และฟีนอลรวม (total phenols) ในข้าวขาว, ข้าวกล้องงอก และขนมปังข้าว พบว่าข้าวกล้องงอกมีสารดัง กล่าวมากกว่าข้าวขัดสีหรือขนมปังข้าว [2]

ปี พ.ศ. 2554 กฤษณาและคณะ ศึกษาและพัฒนาผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มจากข้าวกล้องงอกของข้าวพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 ในรูปแบบน้ำข้าวกล้องงอก และปรับปรุงสูตรเพิ่มเติม โดยผสมแป้งข้าวกล้องงอกข้าวเหนียวดำ ในอัตราส่วนของปริมาณที่เป็นที่ยอมรับของผู้บริโภคคือ ข้าวกล้องงอกอบแห้งของข้าวขาวดอกมะลิ 105 : ข้าวเหนียวดำ เท่ากับ 2.5 : 1 โดยน้ำหนัก [32]

สำหรับข้าวฮางงอก มีงานวิจัยค่อนข้างน้อยที่มีการกล่าวถึง ได้แก่ เมื่อปี พ.ศ. 2551 วรนุช ศึกษาวิธีเพาะข้าวกล้องงอกที่ได้สารกาบ้า มากขึ้น ซึ่งพบว่าการงอกทั้งเปลือก จะทำให้ได้สารกาบ้า สูงขึ้น ในพันธุ์ข้าวหลายชนิด รวมทั้งข้าวมะลิแดงมีสารกาบ้า เพิ่มขึ้นสูงที่สุด เป็น 12 มิลลิกรัม ต่อ100 กรัมน้ำหนักแห้ง [33] ปี พ.ศ. 2552 ชาญวิทย์และคณะ ได้ศึกษากระบวนการงอกของข้าวเปลือกหอมมะลิ 105 พบว่าเมื่ออุณหภูมิในการแช่และงอกเพิ่มขึ้นในช่วง 30-50˚C ปริมาณสารกาบ้าจะเพิ่มขึ้นด้วยและมีค่าสูงสุด 95.6 มิลลิกรัมต่อ 100 กรัมน้ำหนักแห้ง [34] ปี พ.ศ. 2553 อภิชาติ ศึกษาการเพิ่มขึ้นของปริมาณสารกาบา ในข้าวเปลือกงอกหอมมะลิ 105 โดยการเติมสารเร่งน้ำหมักชีวภาพในกระบวนการแช่ (อัตราส่วนน้ำหมักชีวภาพต่อน้ำเป็น 1:100) พบว่า เมื่อใช้อุณหภูมิน้ำแช่ 40 C ระยะเวลา 24 ชั่วโมง ปริมาณสารกาบ้าจะเพิ่มขึ้นและมีค่าสูงสุด [35]

เนื่องจากข้าวงอก มีสารอาหารต่างๆ ที่เป็นประโยชน์ต่อร่างกายสูงกว่าข้าวทั่วๆ ไปที่ไม่ได้ผ่านกระบวนการทำให้งอก ประกอบกับช่วงที่ผ่านมากระแสความนิยมข้าวงอกจากผู้บริโภคที่เพิ่มมากขึ้น ส่งผลให้เกษตรกรในภาคตะวันออกเฉียงเหนือรวมตัวกันเพื่อก่อตั้งวิสาหกิจชุมชนดำเนินกิจการการผลิตข้าวงอกในรูปแบบต่างๆ ได้แก่ ข้าวฮางงอก ข้าวกล้องงอก เพื่อตอบสนองความต้องการของตลาดและเป็นการเพิ่มมูลค่าให้แก่ผลผลิตทางการเกษตรอีกทางหนึ่ง โดยนำข้าวงอกมาแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์ต่างๆ มากมาย และมีการวางจำหน่ายตามท้องตลาด เช่น เครื่องดื่มจากน้ำข้าวกล้องงอก น้ำข้าวกล้องงอกผสมธัญพืชหรือสมุนไพรต่างๆ ไอศกรีม น้ำข้าวกล้องงอก โจ๊กข้าวกล้องงอก ข้าวกล้องงอกผง

กาแฟสูตรข้าวกล้องงอก ซีเรียลข้าวกล้องงอก อาหารเสริมแป้งจากข้าวกล้องงอกชนิดต่างๆ เช่น บัวลอยจากข้าวกล้องงอก ขนมครกจากแป้งข้าวกล้องงอก กระทงกรอบนนทรีจากแป้งข้าวกล้องงอก ลูกประคบข้าวกล้องงอก การทำเจลล้างมือจากข้าวกล้องงอก สบู่จากข้าวกล้องงอก แชมพูเข้ากล้องงอก ครีมบำรุงผิวจากข้าวกล้องงอก เป็นต้น

บทสรุป

ข้าวกล้องงอกและข้าวฮางงอกนอกจากจะเป็นแหล่งของคาร์โบไฮเดรต โปรตีน ไขมัน วิตามิน และเกลือแร่แล้ว การศึกษาในปัจจุบันพบว่า ข้าวกล้องงอกและข้าวฮางงอกจะมีการสะสมสารที่เป็นประโยชน์ต่อ เช่น กาบ้า โทโคฟีรอล โทโคไตรอีนอล แกมม่าออไรซานอล เป็นต้น โดยสารเหล่านี้มีสมบัติเป็นสารสื่อประสาท ควบคุมการทำงานของไตและสมอง ลดความดันโลหิต และช่วยป้องกันโรคต่างๆ เช่น โรคมะเร็ง เบาหวาน เป็นต้น นอกจากนี้ข้าวกล้องงอกหุงได้แบบข้าวขาว เมื่อสุกแล้วจะมีเนื้อสัมผัสที่อ่อนนุ่มและรับประทานได้ง่ายกว่าข้าวกล้องธรรมดา ส่วนข้าวฮางงอกจะมีกลิ่นหอมอ่อนๆของข้าวเปลือกด้วย ด้วยคุณประโยชน์เหล่านี้ จึงมีการนำข้าวมาแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์ต่างๆ เพื่อจำหน่ายเป็นผลิตภัณฑ์ข้าวเพื่อสุขภาพกันมากขึ้น เช่น ข้าวกล้องงอก ข้าวฮางงอก เครื่องดื่มข้าวกล้องงอก ผงข้าวงอก อาหารว่างจากข้าวงอก เครื่องสำอางผสมข้าวงอก เป็นต้น แต่ยังมีการส่งออกน้อยและจำกัดในบางสถานะและเวลา หากมีการวิจัยเพื่อพัฒนาคุณภาพทางโภชนาการให้มากยิ่งขึ้น ซึ่งมีความสำคัญต่อการส่งเสริมสุขภาพ และเศรษฐกิจของประเทศมากขึ้นในอนาคต

เอกสารอ้างอิง

1. อรอนงค์ นัยวิกุล. 2550. *ข้าว:วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี.* กรุงเทพมหานคร. สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
2. Watchararparpaiboon, W., Laohakunjit, N. and Kerdchoechuen, O. 2010. An improved process for high quality and nutrition of brown rice production. *Food Sci. Technol. Int.* 16: 147-58.
3. ไมตรี สุทธจิตต์. 2553. *ข้าวและคุณค่าทางโภชนา การเพื่อสุขภาพ.* เอกสารประกอบการประชุมวิชา การข้าวเนื่องในโอกาสวัน ข้าวและชาวนาแห่งชาติ ครั้งที่ 1. กรุงเทพมหานคร.
4. Sompong, R., Siebenhandl-Ehn, S., Linsberger-Martin,G. and Berghofer, E. 2011. Physicochemical and antioxidative properties of red and black rice varieties from Thailand, China and Sri Lanka. *Food Chem.* 124: 132–140.
5. Shallan, M. A., El-Beltagi, H. S., Mona, A. M. and Amera, T. M. 2010. Chemical evaluation of pre-germinated brown rice and whole grain rice bread. Electronic Journal of Environmental, Agric. *Food Chem.* 9: 958-971.
6. Carlos, A. G., Grace, G., Mercedes, B. M., Patricio, H. and Victor, C. G. 2007. Correlation of tocopherol, tocotrienol, γ-oryzanol and total polyphenol content in rice bran with different antioxidant capacity assays. *Food Chem.* 102: 1228-1232.
7. เครือวัลย์ อัตตะวิริยะสุข. 2536. *คุณภาพเมล็ดข้าวทางกายภาพและการแปรสภาพเมล็ดข้าว.* เอกสารประกอบการบรรยายการฝึกอบรมหลักสูตรวิทยา การหลังการเก็บเกี่ยว ณ ศูนย์วิจัยข้าวพัทลุง จ.พัทลุง. 1-53.
8. Shelp, B. J., Bown, A. W. and Mclean, M. D. 1999. Metabolism and function of γ-aminobutyric acid. *Trends Plant Sci.* 4: 446- 452.
9. Tian, S., Nakamura, K. and Kayahara, H. 2004. Analysis of phenolic compounds in white rice, brown rice, and germinated brown rice. *J. Agric. Food. Chem.* 52: 4808-4813.
10. Hyun, Y. K., In, G. H., Tae, M. K., Koan, S. W., Dong, S. P., Jae, H. K., Dae, J. K.,, Junsoo, L., Youn, R. L. and Heon, S. J. 2012. Chemical

and functional components in different parts of rough rice (Oryza sativa L.) before and after germination. *Food Chem.* 134: 288-293.

11. Yamada,C. H., Izumi, J., Hirano, A., Mizukuchi, M., Kise, T., Matsuda, and Y. Kato. 2005. Degradation of soluble proteins including some allergens in brown rice grains by endogenous proteolytic activity during germination and heat-processing. *J. Biotech.* 69: 1877–1883.
12. Kayahara, H. and Tukahara, K. 2000. *Flavor Health and Nutritional Quality of Pre-germinated Brown Rice.* International Chemical Congress of Pacic Basin Societies in Hawaii.
13. Oh, C. H. and Oh, S. H. 2004. Effect of germinated brown rice extracts with enhanced levels of GABA on cancer cell proliferation and apoptosis. *J. Med. Food.* 7: 19-23.
14. Komatsuzaki, N., Tsukahara, K., Toyoshima, H., Suzuki, T., Shimizu, N. and Kimura, T. 2007. Effect of soaking and gaseous treatment on GABA content in germinated brown rice. *J. Food Eng.* 78: 556-560.
15. Shelp, B. J., Bown, A. W. and Mclean, M. D. 1999. Metabolism and function of γ-aminobutyric acid. *Trends Plant Sci.* 4 :446- 452.
16. Shoichi, I. 2004. *Marketing of Value-Added Rice Products in Japan : Germinated Brown Rice Bread.* The Food and Agriculture Organization Rice Conference, Room, Italy, 12-13 February, 5:1-10.
17. Zang, H., Yao, H. Y, and Jiang, Y. R. 2002. Development of the health food enriched with gamma-aminobutyric acid (GABA). *Food Ferment. Ind.* 28: 69–72.
18. 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. Food Compos. Anal.* 18:303-316.
19. Varanyanond, W., Tungtrakul, P., Surojanametakul, V., Watansiritham, L. and Luxiang, W. 2005. Effect of water soaking on gamma-aminobutyric acid (GABA) in germ of different Thai rice varieties. *Kasetsart Journal (Natural Science).* 39: 411-415.
20. ขนิษฐา ทานี่ฮิล อรรถพล แช่มช้อย เชษฐา เกินหน้า กีรติพร วรเศรษฐสิงห์ กสิณา เที่ยงบูรณธรรม และ ทัศนีย์ ผลไม้. 2009. *ฤทธิ์ต้านมะเร็ง ต้านอนุมูลอิสระ และกระตุ้นระบบภูมิคุ้มกันของข้าวฮาง.* Thailand Research Symposium ณ ศูนย์ประชุมบางกอก คอนเวนชันเซ็นเตอร์ กรุงเทพมหานคร
21. Walter, M., da Silva, L, P. and Denardin, C.C. 2005. Rice and resistant starch: different content depending on chosen methodology. *J. Food Compos. Anal.* 18 : 279-285.
22. Gariboldi, F. 1974. *Rice parboiling.* Food and Agriculture Organization of the United Nation, Rome.
23. Piernas, V. and Guiraud, P. 1998. Control of Microbial Growth on rice sprouts. *Int. J. Food Sci. Technol.* 33: 297-305.
24. Liu, L. L., Zhai, H. Q. and Wan, J. M. 2005. Accumulation of γ-aminobutyric acid in giant-embryo rice grain in relation to glutamate decarboxylase activity and its gene expression during water soaking. *Cereal Chem.* 82: 191–196.
25. Seki, T., R. Nagase, M. Torimitsu, M. Yanagi, Y. Ito., M. Kise, A. Mizukuchi, K. Hayamizu and T. Ariga. 2005. Insoluble ber is a major constituient responsible for post-prandial blood glucose concentration in the pre-germinated brown rice. *Biol. Pharm. Bull.* 28: 1539-1542.

26. Miura, D., Ito, Y., Mizukuchi, A., Kise, M., Aoto, H. and Yagasaki, K. 2006. Hypochloesterolemic action of pre-germinated brown rice in hepatoma-bearing rats. *Life Sci.* 45: 102–117.
27. Liang, J., Han, B. Z., Nout, M. J. R. and Hamer, R. J. 2008. Effects of soaking, germination and fermentation on phytic acid, total and in vitro soluble zinc in brown rice. *Food Chem.* 110; 821 – 828.
28. พัชรี ตั้งตระกูล วารุณ วารัญญานนท์ วิภา สุโรจนะเมธากุล และลัดดา วัฒนศิริธรรม. 2550. GABA ในคัพภะข้าวและข้าวกล้องงอก. *วารสารอาหาร.* 37: 291-296.
29. ปาริชาต หิรัญพงษ์ และ วรรณา ตั้งเจริญชัย. 2551. *ผลของการงอกต่อปริมาณสารชีวกิจกรรม ในข้าวกล้องงอกสามสายพันธุ์.* การประชุมวิชาการ วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย ครั้งที่ 34 (วทท. 34) กรุงเทพมหานคร.
30. สุภาณี จงดี, กฤษณา สุดทะสาร และรานี เคนเหลื่อม. 2551. *โจ๊กกึ่งสำเร็จรูปจากข้าวกล้องงอก.* เอกสารประกอบการประชุมวิชาการข้าวและธัญพืชเมืองหนาว ประจำปี 2551 ณ โรงแรมชลจันทร์ พัทยารีสอร์ท จังหวัดชลบุรี. 385-397.
31. Rossaporn, J., Kamolwan, J., Anuvat, J. and Patcharee, T. 2008. *The effect of pre-germinated brown rice our on cookie with pineapple lling quality.* Proceedings of 46th Kasetsart University Annual Conference: Agro-Industry, Bangkok (Thailand). 570-578.
32. กฤษณา สุดทะสาร สุภาณี จงดี และรานี เคนเหลื่อ. 2554. ผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มจากข้าวกล้องงอกของข้าวพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 เอกสารประกอบการประชุมวิชาการข้าว เนื่องในโอกาสวันข้าวและชาวนาแห่งชาติ ครั้งที่ 2 กรุงเทพมหานคร. 334-335.
33. วรนุช ศรีเจษฎารักข์. 2551. รายงานฉบับสมบูรณ์เรื่องการผลิตสารประกอบทางชีวภาพจากข้าวกล้องงอก ภาควิชาเทคโนโลยีอาหาร คณะเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยขอนแก่น.
34. ชาญวิทย์ ศรีเพ็ญชัย อภิชาต อาจนาเสียว และทินกร คำแสน. 2552. *ผลของอุณหภูมิในกระบวนการแช่และกระบวนการงอกของข้าวเปลือก (หอมมะลิ 105) ต่อปริมาณสารแกมมาอะมิโนบิวเทอริกเอซิด.* การประชุมวิชาการมหาวิทยาลัยอุบลราชธานีวิจัย ครั้งที่ 3. 88-92.
35. อภิชาติ อาจนาเสียว. 2553. ผลของกระบวนการแช่ที่มีการเติมสารเร่งและการงอกที่มีผลต่อปริมาณ สาร GABA ในข้าวเปลือกงอกหอมมะลิ 105. *วิศวกรรมสาร* มข. 37: 131-139.