Agricultural Sci. J. 46 : 3/1 (Suppl.) : 457-460 (2015) ว. วิทย. กษ. 46 : 3/1 (พิเศษ) : 457-460 (2558)

# การอบแห้งถั่วหรั่งงอกด้วยเทคนิคฟลูอิไดเซชันแบบอากาศร้อน

## Germinated Bambara Groundnut Drying by Hot Air Fluidization Technique

**นฤบดี ศรีสังข์[1] ไชยรัตน์ เพชรศีรี[2] อัครภาส์ สมหวัง[3] ศุภกฤต เลิศล้ำมงคล[3] และ ณรงค์ชัย ชีวะธรรมรัตน์[3]**

Naruebodee Srisang[1], Chairat Petkere[2], Ackalapa Somwang[3], Suppakrit Lerdlummongkon[3] and Narongchai Chewatummarat[3]

**Abstract**

Bambara groundnut (BG) is a cash crop normally grown together in rubber plantation. The BG can have an increase product value by germination the seed increasing its nutritional value. Germination was done by soaking the seed in water followed incubation in close container. Germinated bambara broundnut (GBG) was dried using fluidization technique at hot air temperature of 90°, 130°, and 150°C. Amount of microorganism, protein, carbohydrates, fat, and gamma amino butyric acid (GABA) were determined before and after the drying. Germination results showed that GB with pot removed had high percentage germination 90% higher than those BG with pot. The amount of microorganism after drying at 150°C was 103 CFU/g. Protein, fat, carbohydrates, and GABA reduced with an increase in temperature of drying air. Amount of GABA in the GBG was 5 folds of the BG. Texture, taste and aroma of the GBG was highly acceptable by the taste panels.

**Keywords**: germinated bambara groundnut, fluidization, GABA

**บทคัดย่อ**

ถั่วหรั่งเป็นพืชที่ปลูกเสริมในสวนยางพาราเพื่อเพิ่มรายได้ เพื่อเป็นการเพิ่มมูลค่าจึงนำถั่วหรั่งมาเพาะงอกให้มีคุณค่าทางโภชนาการสูงขึ้น ถั่วหรั่งงอกถูกนำมาเพาะงอกด้วยวิธีการแช่น้ำร่วมกับการบ่ม ทำให้ถั่วหรั่งมีความชื้นสูงจำเป็นต้องนำมาอบแห้ง ดังนั้นในงานวิจัยนี้จึงศึกษาในเรื่องของ ผลกระทบของเปลือกถั่วหรั่งต่อการงอก จลนศาสตร์การอบแห้งถั่วหรั่งด้วยเทคนิคฟลูอิไดเซชันที่อุณหภูมิอบแห้ง 90 130 และ 150°C ปริมาณของจุลินทรีย์ โปรตีน คาร์โบไฮเดรต ไขมัน และสาร GABA ของถั่วหรั่งงอก ความพึงพอใจถั่วหรั่งงอกของผู้บริโภคในด้านกลิ่น สี และเนื้อสัมผัส ผลการศึกษาพบว่า การเพาะงอกถั่วหรั่งแบบไร้เปลือกมีการงอกประมาณร้อยละ 90 ซึ่งสูงกว่าการเพาะงอกจากถั่วหรั่งปกติ ถั่วหรั่งงอกหลังการอบแห้งมีปริมาณจุลินทรีย์น้อยกว่า 103 CFU/g ที่อุณหภูมิ 150°C ใช้เวลาอบแห้งสั้นที่สุดเท่ากับ 30 นาที และผู้บริโภคพึงพอใจสีและเนื้อสัมผัสในระดับดีมาก และผู้บริโภคพึงพอใจกลิ่นของถั่วหรั่งงอกในระดับดีมากที่อุณหภูมิอบแห้ง 130°C หลังการงอกถั่วหรั่งมีปริมาณโปรตีนและไขมันลดลงในขณะที่ปริมาณคาร์โบไฮเดรตและสาร GABA เพิ่มขึ้น โดยเฉพาะสาร GABA เพิ่มขึ้นห้าเท่าหลังการงอก ปริมาณโปรตีน ไขมัน คาร์โบไฮเดรต และสาร GABA ลดลงกับการเพิ่มขึ้นของอุณหภูมิอบแห้ง

**คำสำคัญ**: ถั่วหรั่งงอก, ฟลูอิไดเซชัน, สาร GABA

## คำนำ

ถั่วหรั่ง (Bambara Groundnut, BG) เป็นพืชตระกูลถั่วที่นิยมปลูกแซมในสวนยางเพื่อสร้างรายได้ให้เกษตรกร ถั่วหรั่งมีปริมาณสารอาหารที่สูงสามารถนำมาบริโภคเป็นอาหารคบเคี้ยว (Mkandawire, 2007) หรือนำไปแปรรูปเป็นแป้งประกอบอาหาร ปริมาณสารอาหารในถั่วหรั่งสามารถเพิ่มขึ้นได้โดยใช้กระบวนการงอก จากรายงานของ Khampang *et al.* (2009) พบว่า ถั่วเหลือง ถั่วเขียว และถั่วแดง หลังผ่านกระบวนการงอกโดยการนำไปแช่น้ำ 6 ชั่วโมง มีปริมาณสารอาหารที่มีประโยชน์เพิ่มขึ้น ได้แก่ วิตามินบี 1 ซึ่งช่วยเพิ่มการเผาผลาญคาร์โบไฮเดรต และสาร Gamma amino butyric acid (GABA) ช่วยป้องกันโรคความดันสูง ดังนั้นในงานวิจัยนี้จึงได้นำเมล็ดถั่วหรั่งมาเพาะงอกด้วยการแช่น้ำร่วมกับการบ่มในสภาวะอับอากาศ เพื่อกระตุ้นให้เมล็ดถั่วหรั่งงอก ถั่วหรั่งงอก (Germinated Bambara Groundnut, GBG) มีปริมาณความชื้นสูงจึงจำเป็นต้องนำมาอบแห้งเพื่อลดความชื้นให้เหลือ 13-15% (d.b.) ซึ่งเป็นความชื้นที่เหมาะสมต่อการเก็บรักษา เทคนิคการ

[1]สาขาวิชาวิศวกรรมพลังงาน สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง วิทยาเขตชุมพรเขตรอุดมศักดิ์ จังหวัดชุมพร 86160

[1]Department of Energy Engineering, King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang Prince of Chumphon Campus, Chumphon 86160

[2]สาขาวิชาวิศวกรรมเทคโนโลยีอุตสาหกรรม สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง วิทยาเขตชุมพรเขตรอุดมศักดิ์ จังหวัดชุมพร 86160

[2] Department of Industrial Technology Engineering, King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang Prince of Chumphon Campus, Chumphon 86160

[3]สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง วิทยาเขตชุมพรเขตรอุดมศักดิ์ จังหวัดชุมพร 86160

[3] Department of Mechanical Engineering, King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang Prince of Chumphon Campus, Chumphon 86160

อบแห้งด้วยอากาศร้อนแบบฟลูอิไดเซชันถูกนำมาใช้ในการศึกษานี้เนื่องจากเป็นเทคนิคที่ให้อัตราการอบแห้งที่สูงทำให้ใช้ระยะเวลาในการอบแห้งที่สั้น ซึ่งเกิดขึ้นเนื่องจากเมล็ดถั่วหรั่งงอกสามารถสัมผัสกับอากาศร้อนอย่างทั่วถึงและสม่ำเสมอในระหว่างการเกิดสภาวะฟลูอิไดเซชันในห้องอบ ส่งผลให้เกิดการถ่ายเทมวลและความร้อนที่สูง นอกจากนี้ยังทำให้ปริมาตรความชื้นของเมล็ดถั่วหรั่งในห้องอบลดลงอย่างสม่ำเสมอ อย่างไรก็ตามการอบแห้งด้วยอุณหภูมิสูงอาจส่งผลต่อคุณภาพของเมล็ดถั่วหรั่งงอก ดังนั้นในการศึกษานี้จึงได้สร้างเครื่องอบแห้งถั่วหรั่งงอกด้วยเทคนิคฟลูอิไดเซชันแบบลมร้อน เพื่อศึกษาถึงผลกระทบของเปลือกถั่วหรั่งต่อการงอก จลนศาสตร์การอบแห้งถั่วหรั่งงอก ปริมาณของจุลินทรีย์ โปรตีน คาร์โบไฮเดรต ไขมัน และสาร GABA ของถั่วหรั่งงอกหลังการอบแห้ง และความพึงพอใจถั่วหรั่งงอกของผู้บริโภคในด้านกลิ่น สี และเนื้อสัมผัส

## อุปกรณ์และวิธีการ

นำถั่วหรั่งพันธุ์สงขลา 1 มาคัดเลือกเมล็ดที่สมบูรณ์ โดยใช้การคัดด้วยสายตาเพื่อแยกเมล็ดไม่สมบูรณ์ร่วมกับการนำมาลอยในน้ำ เมล็ดถั่วที่ลอยคือเมล็ดที่ไม่สมบูรณ์ ซึ่งจะถูกคัดทิ้ง นำเมล็ดถั่วที่สมบูรณ์มาเพาะงอกโดยแยกเพาะงอกถั่วหรั่งใน 2 รูปแบบ คือ เพาะงอกจากถั่วหรั่งที่มีเปลือก (Normal BG) ดังแสดงใน Figure 1a และเพาะงอกจากถั่วหรั่งที่ไม่มีเปลือก (Unshell BG) ดังแสดงใน Figure 1b นำเมล็ดถั่วหรั่งมาเพาะงอก โดยนำมาแช่น้ำที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 72 ชั่วโมง และเปลี่ยนน้ำทุกๆ 12 ชั่วโมง นำเมล็ดถั่วมาบ่มในกล่องอับอากาศเป็นเวลา 72 ชั่วโมง และเปิดกล่องทุกๆ 24 ชั่วโมง เมล็ดถั่วหรั่งภายหลังการแช่น้ำและการบ่มจะปรากฏการงอกเป็นตุ่มขนาดเล็กประมาณ 2-5 mm ที่บริเวณตาของเมล็ดถั่ว (Figure 1c) บันทึกร้อยละการงอกของถั่วหรั่งที่เวลาการบ่มต่างๆ จากนั้นนำถั่วหรั่งงอกไปอบแห้งในเครื่องอบแห้งแบบฟลูอิไดเซชัน

**Figure 1** Bambara groundnut (BG) a) BG before peeling shell, b) unshell BG and c) GBG

เครื่องอบแห้งฟลูอิไดเซชันแบบอากาศร้อน (Figure 2a) ประกอบไปด้วย Blower 2HP ฮีตเตอร์ 15 kW ควบคุมอุณหภูมิโดย PID controller ความแม่นยำ ±1°C ห้องอบแห้งเส้นผ่านศูนย์กลาง 20 cm สูง 100 cm มี Damper สำหรับหมุนเวียนอากาศร้อนกลับมาใช้ใหม่ประมาณ 80% (Figure 2b) ถั่วหรั่งงอกประมาณ 1.5 kg มีความชื้นเริ่มต้น 173.58% (d.b.) นำมาอบแห้งที่อุณหภูมิ 90 130 และ 150°C ที่ความเร็วอากาศ 16.8 m/s และความสูงเบด 15 cm เก็บข้อมูลการเปลี่ยนแปลงความชื้นของถั่วหรั่งงอกในระหว่างการอบแห้ง เมื่อความชื้นถั่วหรั่งลดลงเหลือ 13-15% (d.b.) นำถั่วหรั่งงอกไปเก็บที่อุณหภูมิ 4-6°C เพื่อรอการตรวจสอบคุณภาพ ปริมาณของจุลินทรีย์วิเคราะห์ตามวิธีมาตรฐานของ BAM ปริมาณสาร GABA หาได้โดยการนำแป้งถั่วหรั่งงอกไปวิเคราะห์ด้วยเครื่อง HPLC ปริมาณโปรตีน คาร์โบไฮเดรต และไขมัน วิเคราะห์ตามวิธีมาตรฐานของ AOAC และความพึงพอใจถั่วหรั่งงอกในด้านกลิ่น สี และเนื้อสัมผัสของผู้บริโภคประเมินด้วยประสาทสัมผัสของผู้ตอบแบบสอบถามจำนวน 50 คน

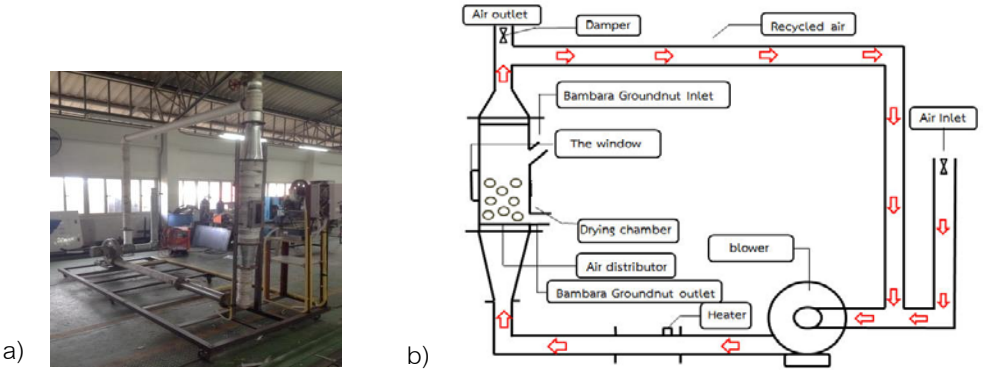


**Figure 2** a) Hot air fluidization dryer and b) schematic operation of fluidization dryer

## ผล

Unshell BG และ Normal BG หลังการแช่น้ำ 72 ชั่วโมง มีความชื้นประมาณ 157.06 และ 180.23% (d.b.) ตามลำดับ เมื่อนำมาบ่ม 72 ชั่วโมง พบว่า Unshell BG และ Normal BG มีความชื้นเพิ่มขึ้นเป็น 173.58 และ 261.37% (d.b.) ตามลำดับ ความสัมพันธ์ระหว่างร้อยละการงอกกับเวลาการบ่ม แสดงถึง ถั่วหรั่งที่เพาะงอกจาก Unshell BG และ Normal BG มีร้อยละการงอกเพิ่มขึ้นตามเวลาการบ่มที่เพิ่มขึ้น (Figure 3a) ถั่วหรั่งที่เพาะงอกจาก Unshell BG มีร้อยละการงอกสูงสุดเท่ากับ 95 ที่เวลาการบ่ม 72 ชั่วโมง ซึ่งสูงกว่าถั่วหรั่งที่เพาะงอกจาก Normal BG ดังนั้นจึงเลือกเพาะงอกถั่วหรั่งจาก Unshell BG เมื่อนำ GBG มาอบแห้ง พบว่า ความชื้นของ GBG ลดลงอย่างรวดเร็วในช่วงเริ่มต้นของการอบแห้ง จากนั้นความชื้นลดลงอย่างช้าๆ ในช่วงท้ายของการอบแห้ง (Figure 3b) และการลดลงของความชื้นเพิ่มขึ้นตามอุณหภูมิอบแห้งที่เพิ่มขึ้น ที่อุณหภูมิ 150°C ใช้เวลาอบแห้งสั้นที่สุดเท่ากับ 30 นาที ปริมาณจุลินทรีย์ของ GBG หลังจากผ่านกระบวนการงอกมีปริมาณที่สูงประมาณ 7.55 x $10^6$ CFU/g (Table 1) หลังจากนำมาอบแห้งปริมาณจุลินทรีย์ลดลงอย่างมีนัยสำคัญ โดยปริมาณจุลินทรีย์ลดลงประมาณ 99% อุณหภูมิอบแห้งที่เพิ่มขึ้นไม่ส่งผลต่อการลดลงของปริมารจุลินทรีย์อย่างมีนัยสำคัญ กระบวนการงอกส่งผลให้ปริมาณโปรตีนและไขมันของถั่วหรั่งลดลงอย่างมีนัยสำคัญ ในขณะที่ปริมาณคาร์โบไฮเดรตและสาร GABA เพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ โดยเฉพาะสาร GABA เพิ่มขึ้นประมาณ 5 เท่าหลังการงอก (Table 2) หลังการอบแห้งปริมาณโปรตีน ไขมัน คาร์โบไฮเดรต และสาร GABA ลดลงอย่างมีนัยสำคัญ ตามอุณหภูมิอบแห้งที่เพิ่มสูงขึ้น ผู้บริโภคพึงพอใจสีและเนื้อสัมผัสของถั่วหรั่งงอกหลังอบแห้งที่อุณหภูมิ 150°C ที่ระดับคะแนน 3.98 และ 3.96 ตามลำดับ และพึงพอใจกลิ่นของถั่วหรั่งงอกที่ระดับคะแนน 4.16 หลังอบแห้งที่อุณหภูมิ 130°C ซึ่งระดับคะแนนที่มากกว่า 3.50 จัดอยู่ในระดับดีมาก

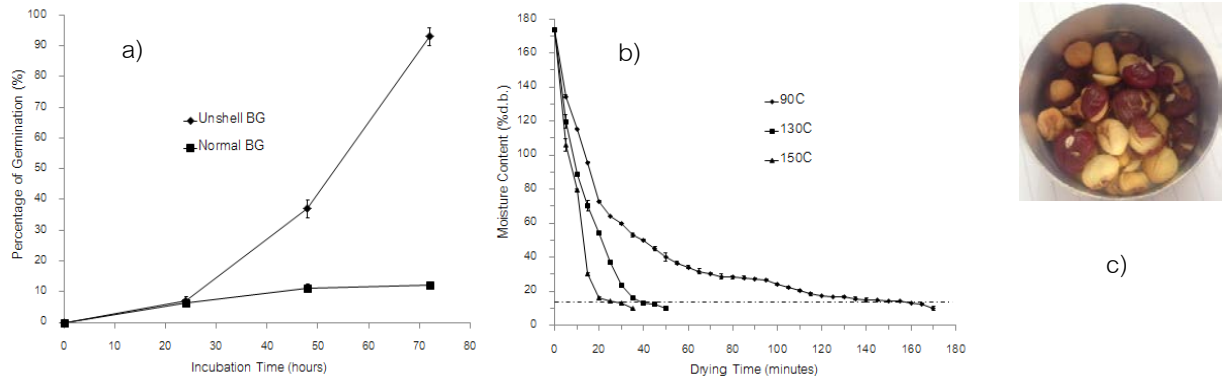


**Figure 3** a) Relationship between the percentage of germination and the incubation time
b) The change of moisture content of GBG with the drying temperature of 90 130 and 150°C
c) GBG after fluidization drying

## วิจารณ์ผล

ถั่วหรั่งที่เพาะงอกจาก Normal BG มีปริมาณความชื้นสูงกว่าที่เพาะจาก Unshell BG เนื่องจากมีเปลือกที่ช่วยในการกักเก็บความชื้น ร้อยละการงอกของถั่วหรั่งทั้ง 2 แบบเพิ่มขึ้นตามเวลาการบ่มในกล่องอับอากาศที่เพิ่มขึ้น เนื่องจากการบ่มในกล่องอับอากาศสามารถเก็บรักษาความชื้นได้ดี (Srisang *et al*., 2013) ถั่วหรั่งที่เพาะงอกจาก Normal BG แม้จะมีปริมาณความชื้นที่สูงกว่า Unshell BG แต่มีร้อยละการงอกที่ต่ำกว่า อาจเนื่องจากความชื้นถูกดูดซับโดยเปลือกถั่ว ทำให้เมล็ดถั่วที่อยู่ภายในได้รับความชื้นไม่เพียงพอ ความชื้นของ GBG ลดลงอย่างรวดเร็วในช่วงเริ่มต้นการอบแห้ง เนื่องจากความชื้นเกิดการระเหยที่บริเวณผิวของเมล็ด ซึ่งการระเหยอย่างรวดเร็วเกิดขึ้นจากการสัมผัสกันอย่างทั่วถึงระหว่างอากาศร้อนกับเมล็ดถั่วในขณะที่เกิดฟลูอิไดเซชันในระหว่างการอบแห้ง ในช่วงท้ายของการอบแห้งความชื้นลดลงอย่างช้าๆ เนื่องจากความชื้นเกิดการแพร่จากภายในออกมาที่ผิวเมล็ดก่อนที่จะถูกระเหย ซึ่งอัตราการแพร่ของความชื้นช้ากว่าการระเหย ความชื้นลดลงเร็วขึ้นตามอุณหภูมิอบแห้งที่เพิ่มขึ้น เนื่องจากน้ำได้รับพลังงานที่ใช้ในการระเหยและการแพร่เพิ่มขึ้น ในระหว่างกระบวนการงอกมีปริมาณจุลินทรีย์จำนวนมากเกิดขึ้นที่บริเวณผิวของเมล็ดถั่วหรั่ง หลังการอบแห้งปริมาณของจุลินทรีย์ลดลงเนื่องจากจุลินทรีย์บางส่วนถูกทำลายด้วยความร้อนและจุลินทรีย์บางส่วนหลุดออกไปกับผิวชั้นนอกของเมล็ดถั่ว (เปลือกถั่วสีแดงใน Figure 3c) หลังการอบแห้งปริมาณจุลินทรีย์ลดลงต่ำกว่า $10^3$ CFU/g ซึ่งอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานความปลอดภัยในอาหาร (Thai Industrial Standards Institute, 2003) ปริมาณโปรตีนและไขมันลดลงหลังการงอกเนื่องจากถูกย่อยสลายด้วยเอ็นไซม์ที่ถูกกระตุ้นในระหว่างกระบวนการงอก (Shoichi, 2004) ปริมาณสาร GABA เพิ่มขึ้นเนื่องจากเอ็นไซม์แอลฟาและเบต้าอะไมเลสถูกกระตุ้น

ในระหว่างกระบวนการงอก และไปย่อยสลาย High-molecular-weight polymer ส่งผลให้เกิดสาร GABA เพิ่มมากขึ้น (Pradeep *et al*., 2011) ปริมาณสาร GABA หลังการอบแห้งแม้จะลดลงแต่ยังคงมีปริมาณสูงกว่าถั่วหรั่งก่อนทำการเพาะงอก และสูงกว่าธัญพืชงอกชนิดอื่นดังแสดงในผลงานวิจัยของ Khampang *et al.* (2009) เช่น ข้าวงอก ถั่วแดงงอก ถั่วเหลืองงอก ซึ่งมีปริมาณสาร GABA เท่ากับ 39.30 15.72 และ 13.80 mg/100g ตามลำดับ

**Table 1** Microorganism quantities of GBG before and after fluidization drying

| Sample | Microorganism quantities (CFU/g) |
|---|---|
| GBG before drying (after soaking and incubation) | 7550000 ± 70710a |
| GBG after drying at 90°C | 440 ± 14b |
| GBG after drying at 130°C | 205 ± 7b |
| GBG after drying at 150°C | 115 ± 21b |

a, b mean with different superscripts in the same column are significantly different ($p \leq 0.05$).

**Table 2** Nutritional values of BG and GBG

| Sample | Protein (%) | Fat (%) | Carbohydrate (%) | GABA (mg/100 g) |
|---|---|---|---|---|
| BG | 20.93±0.03e | 9.42±0.01d | 40.76±0.06a | 28.63±0.10a |
| GBG before drying | 20.87±0.02d | 9.36±0.02d | 58.61±0.09b | 165.87±1.27e |
| GBG after drying 90°C | 18.67±0.02c | 8.46±0.01c | 59.98±0.11c | 155.37±0.24d |
| GBG after drying 130°C | 16.76±0.01b | 7.50±0.06b | 62.02±0.04d | 138.98±0.08c |
| GBG after drying 150°C | 12.53±0.03a | 5.01±0.03a | 62.92±0.08e | 77.45±1.34b |

a, b, c, d, e mean with different superscripts in the same column are significantly different ($p \leq 0.05$).

## สรุป

การเพาะงอกถั่วหรั่งช่วยเพิ่มปริมาณสารอาหาร และเทคนิคการอบแห้งแบบฟลูอิไดเซชันด้วยอากาศร้อนสามารถใช้ในการอบแห้งถั่วหรั่งงอก ซึ่งสามารถลดความชื้นถั่วหรั่งงอกอย่างรวดเร็วและลดปริมาณจุลินทรีย์ให้อยู่ในระดับที่ปลอดภัย แต่ทำให้ปริมาณสารอาหารในถั่วหรั่งลดลง อย่างไรก็ตามปริมาณสาร GABA ยังคงมีปริมาณที่สูงกว่าธัญพืชงอกชนิดอื่น

## คำขอบคุณ

ขอขอบคุณ กองทุนวิจัยสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ที่สนับสนุนทุนในการศึกษาวิจัยนี้

## เอกสารอ้างอิง

Khampang, E., O. Kerdchoechuen and N. Laohakunjit. 2009. Change of Chemical Composition of rice and cereals during germination. Agricultural Sci. J. 40 (3Suppl.): 341-344.

Mkandawire, C.H. 2007. Review of bambara groundnut (*Vigna subterranean (L.) Verdc.*) production in sub-Sahara Africa. Agric. J. 2: 464-470.

Pradeep, S.R., N.G. Mallesshi and M. Guha. 2011. Germinated millets and legumes as a source of gamma-aminobutyric acid. World Applied Sciences Journal 14: 108-113.

Shoichi, I. 2004. Marketing of value-added rice products in Japan : Germinated Brown Rice and Rice Bread, The Food and Agriculture Organization Rice Conference 5: 1-10.

Srisang, N., N. Kanthabut, P. Wongjinda and S. Samkamnin. 2013. Paddy germination machine. Agricultural Sci. J. 44 (3Suppl.): 474-477.

Thai Industrial Standards Institute. 2003. Thai Community Product Standard : Rice Snack Chip Cracker (TCPS 107/2003). p. 5 (in Thai).