



ปริมาณสารเบต้าแคโรทีน กาบาและสารต้านอนุมูลอิสระของข้าว 4 สายพันธุ์ Beta Carotene GABA and Antioxidant Activity of Four Local Rice Cultivars

มณฑา หมี่ไพโรพฤษ์*, นัตติกาล ปานสุด และ ทรงพร วัฒนโคมยง

Montha Meepririk*, Nuttikarn Pansut and Songporn Wattanachomyong

สาขาวิชาวิทยาศาสตร์ทั่วไป คณะครุศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏกำแพงเพชร

Faculty of Education, Kamphaeng Phet Rajabhat University

*Corresponding author; E-mail: e-mail:montha_mee@hotmail.com

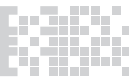
บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อหาปริมาณสารเบต้าแคโรทีนแกมมาอะมิโนบิวทิริกแอซิด (กาบา) และสารต้านอนุมูลอิสระของพันธุ์ข้าวจำนวน 4 สายพันธุ์ ได้แก่ ข้าวเหนียวพันธุ์เบลล์เบากรู ข้าวเจ้าพันธุ์ข้าวดอย ข้าวเหนียวดำ 1 และข้าวเหนียวดำ 3 นำเมล็ดข้าวกลองทั้ง 4 สายพันธุ์บดละเอียด เตรียมสารสกัดหยาบจากข้าวกลอง วิเคราะห์ปริมาณสารเบต้าแคโรทีนและกาบาและสารต้านอนุมูลอิสระ ผลการวิจัยพบปริมาณสารเบต้าแคโรทีนของข้าวเจ้าพันธุ์เบลล์เบากรู ข้าวเหนียวพันธุ์ข้าวดอย ข้าวเหนียวดำ 1 และข้าวเหนียวดำ 3 เท่ากับ 8.64 ± 0.07 , 4.65 ± 0.13 , 7.69 ± 0.06 และ 7.55 ± 0.06 มิลลิกรัม/100 กรัม ตามลำดับ ปริมาณกาบาของข้าวเหนียวพันธุ์เบลล์เบากรู ข้าวเจ้าพันธุ์ข้าวดอย ข้าวเหนียวดำ 1 และข้าวเหนียวดำ 3 เท่ากับ 15.44 ± 0.13 , 15.10 ± 0.07 , 19.56 ± 0.05 และ 31.34 ± 0.05 มิลลิกรัม/100 กรัม ตามลำดับ และปริมาณสารต้านอนุมูลอิสระของข้าวเหนียวพันธุ์เบลล์เบากรู ข้าวเจ้าพันธุ์ข้าวดอย ข้าวเหนียวดำ 1 และข้าวเหนียวดำ 3 เท่ากับ 53.20 ± 0.13 , 13.96 ± 0.26 , 65.12 ± 0.26 และ 41.26 ± 0.59 มิลลิกรัม/100 กรัม ตามลำดับ

คำสำคัญ : สารเบต้าแคโรทีน สารกาบาข้าวพันธุ์พื้นเมือง

Abstract

This research aims to study the total beta carotene, gamma-aminobutyric acid (GABA) and antioxidant activity in local rice cultivars. The four local rice cultivars include Khao' Babaogru, Khao' Doi, Khao' Niaw Dam 1 and Khao' Niaw Dam 3. The four local rice cultivars were ground to prepare crude extracts and then analyzed of Beta-carotene, GABA and antioxidant activities. The results showed that the beta-carotene contents of Khao' Babaogru, Khao' Doi, Khao' Niaw Dam 1, and Khao' Niaw Dam 3 were 8.64 ± 0.07 , 4.65 ± 0.13 , 7.69 ± 0.06 , and 7.55 ± 0.06 mg/ 100 g, respectively. GABA of Khao' Babaogru, Khao' Niaw Dam 1, Khao' Niaw Dam 3, and Khao' doi were 15.44 ± 0.13 , 15.10 ± 0.07 , 19.56 ± 0.05 , and 31.34 ± 0.05 mg/ 100 g,



respectively. The antioxidant activity of Khao' Bebaogru, Khao' Doi, Khao] Niaw Dam 1, and Khao' Niaw Dam 3 were 53.20 ± 0.13 , 13.96 ± 0.26 , 65.12 ± 0.26 and 41.26 ± 0.59 mg/100 g respectively.

Keywords : Beta carotene, GABA, Local rice

บทนำ

ข้าวพันธุ์พื้นเมืองต่างสายพันธุ์กันจะมีความแตกต่างกันทั้งในลักษณะทางสัณฐานวิทยา ลักษณะทางการเกษตรและองค์ประกอบทางโภชนาการ เช่น คาร์โบไฮเดรต โปรตีน ไขมัน วิตามิน แร่ธาตุและสารสำคัญที่มีประโยชน์ต่อร่างกาย เช่น สารเบต้าแคโรทีน เป็นสารตั้งต้นของวิตามินเอ ซึ่งช่วยบำรุงสายตา ชะลอความแก่ และดูแลผิวพรรณให้มีความอ่อนเยาว์ เหมาะสำหรับคนทุกเพศทุกวัย เบต้าแคโรทีนยังใช้ในการรักษาโรคบางชนิด เช่น โรคกระดูก ความผิดปกติของผิวหนังอันเนื่องมาจากความไวต่อแสง เบต้าแคโรทีนสามารถหยุดปฏิกิริยาของอนุมูลอิสระ สามารถช่วยป้องกันโรคหัวใจ โดยยับยั้งการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันของ Low density lipoprotein (LDL) [1] การมีฤทธิ์เป็นการต้านออกซิเดชันของเบตาแคโรทีนและแคโรทีนอยด์ตัวอื่นช่วยลดอัตราการเกิดโรคมะเร็ง [2] กรดแกมมาอะมิโนบิวทีริก (γ -aminobutyric acid) หรือ กาบา (GABA) เป็นสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพสำคัญ เป็นสารต้านอนุมูลอิสระและสารออกฤทธิ์สื่อประสาท [3] ทำให้สมองผ่อนคลาย นอนหลับง่าย ลดความดันโลหิต ชะลอการเสื่อมของเซลล์ร่างกายลดปริมาณการเพิ่มของเซลล์มะเร็งและลดความเสี่ยงการเกิดโรคอัลไซเมอร์ได้ [4] สามารถยับยั้งการเจริญเติบโตของเซลล์มะเร็งและโรคเรื้อรังหลายโรคได้ [5, 6, 7] โดยงานวิจัยพันธุ์ข้าวที่สูงบ้านป่าคา 5 สายพันธุ์ ได้แก่ ข้าวพันธุ์เบิ้ลละ ข้าวพันธุ์เบิ้ลเจอ ฟ่างข้าวพันธุ์เบิ้ลหยางเจอ ข้าวพันธุ์เบิ้ลเกลือและข้าว

พันธุ์เจ้าลิซอ พบว่าข้าวพันธุ์เจ้าลิซอมีปริมาณกาบาและฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระมากที่สุด [8]อำเภอเมืองและอำเภอไทรंगาม จังหวัดกำแพงเพชร เคยมีการปลูกข้าวสายพันธุ์พื้นเมืองจำนวน 102 สายพันธุ์โดยมีสายพันธุ์พื้นเมืองจำนวน 23 สายพันธุ์ที่ชาวราษฎร์จัก และมี 12 สายพันธุ์ที่เคยปลูก [9] ในปี 2559 พบพันธุ์พื้นเมืองในอำเภอเมืองและอำเภอไทรंगาม จังหวัดกำแพงเพชรเหลือจำนวน 10 สายพันธุ์ [10]

ข้าวพันธุ์พื้นเมืองมีคุณค่าทางโภชนาการสูง ข้าวพันธุ์พื้นเมืองต่างสายพันธุ์กันจะมีคุณค่าทางโภชนาการหรือมีสารอาหารที่เป็นประโยชน์แตกต่างกันออกไป ดังนั้นการหาปริมาณเบต้าแคโรทีน สารกาบาและสารต้านอนุมูลอิสระในข้าวพันธุ์พื้นเมืองที่พบในจังหวัดกำแพงเพชร จำนวน 4 สายพันธุ์ ได้แก่ ข้าวเหนียวพันธุ์เบิ้ลเบากรู ข้าวเจ้าพันธุ์ข้าวตอย ข้าวเหนียวดำ 1 และข้าวเหนียวดำ 3 ทำให้ทราบสายพันธุ์ข้าวที่มีปริมาณเบต้าแคโรทีน สารกาบาและสารต้านอนุมูลอิสระ สามารถนำข้อมูลไปใช้ในการคัดเลือกสายพันธุ์ข้าวพื้นเมืองที่มีคุณค่าทางโภชนเภสัชเพื่อการบริโภค การแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์อาหารหรือเวชสำอางและนำสายพันธุ์ข้าวพื้นเมืองของจังหวัดกำแพงเพชรสู่การอนุรักษ์ต่อไป

วัสดุ อุปกรณ์และวิธีการ

การศึกษาวิจัยครั้งนี้เป็นการศึกษาปริมาณสารเบต้าแคโรทีน กาบาและสารต้านอนุมูลอิสระในข้าวพันธุ์

พื้นเมืองจำนวน 4 สายพันธุ์ ของจังหวัดกำแพงเพชร ได้แก่ ข้าวเหนียวพันธุ์เบิ้ลเบากรี ข้าวเจ้าพันธุ์ข้าวตอย พันธุ์ข้าวเหนียวดำ 1 และพันธุ์ข้าวเหนียวดำ 3 ดังแสดงใน Table 1 นำข้าวทั้ง 4 สายพันธุ์บดให้ละเอียดด้วยเครื่องบดตัวอย่างเพื่อวิเคราะห์หาปริมาณเบต้าแคโรทีนกาบา และสารต้านอนุมูลอิสระในขั้นต้นต่อไป

วิเคราะห์หาปริมาณเบต้าแคโรทีน (Beta-carotene) [11] นำตัวอย่างข้าวที่บดละเอียดมาตัวอย่างละ 1 กรัม ใส่ในหลอดทดลอง ทำ 3 ซ้ำ เตรียมสารที่ใช้ในการวัดค่าการดูดกลืนแสง ซึ่งใช้ Acetone: Hexane อัตราส่วน 4:6 เติมสารละลายที่เตรียมไว้ใส่ในหลอดทดลองหลอดละ 20 มิลลิลิตร นำไปปั่นด้วยเครื่อง Homogenizer เป็นเวลา 1 นาที รินส่วนใสไปวิเคราะห์หาค่าการดูดกลืนแสงด้วยเครื่อง spectrophotometer ที่ช่วงความยาวคลื่น 663, 645, 505 และ 453 นาโนเมตร (nm) เพื่อนำไปคำนวณหาปริมาณสารเบต้าแคโรทีน ดังสมการ 1

$$\text{เบต้าแคโรทีน} = 0.216A_{663} - 1.22A_{645} - 0.034A_{505} + 0.452A_{453} \dots(1)$$









การวิเคราะห์หาปริมาณสารกาบา [12] ซึ่งตัวอย่างข้าวที่บดละเอียด 2 กรัม ใส่หลอดทดลองเติมน้ำกลั่น 5 มิลลิลิตร แล้วนำไปปั่นเหวี่ยงด้วยความเร็วรอบ 4,000 rpm เป็นเวลา 60 นาที จากนั้นกรองด้วยกระดาษกรอง ดูดส่วนที่ใสปริมาณ 1 มิลลิลิตร ลงในหลอดทดลอง เติมสารละลาย เติม 6% phenol reagent ปริมาณ 1 มิลลิลิตร Borate buffer 9 ปริมาณ 0.2 มิลลิลิตร และเติมสารละลาย sodium hypochlorite reagent ปริมาณ 0.4 มิลลิลิตร แล้วเขย่าให้เข้ากัน จากนั้นนำไปต้มในน้ำร้อน เป็นเวลา 10 นาที แล้วนำออกมาแช่ในน้ำเย็น 20 นาที แล้วเติม 60% ethanol ปริมาณ 1 มิลลิลิตร และนำสารละลายที่ได้ไปวัดค่าการดูดกลืนแสงที่มีความยาวคลื่นที่ 645 นาโนเมตร ด้วยเครื่องสเปกโตรโฟโตมิเตอร์บันทึกผลและคำนวณหาปริมาณสารกาบา

การวิเคราะห์กิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระ (Antioxidant activity) [13] ซึ่งตัวอย่างข้าวที่บดละเอียด 1 กรัม เติม 80% เอทานอลในอัตราส่วน 1:5 (w/v) เก็บไว้ที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 24 ชั่วโมง นำไปกรองด้วยกระดาษกรอง ทำให้เข้มข้นด้วยเครื่อง Vacuum rotary evaporator ที่อุณหภูมิ 45 องศาเซลเซียส นำสารสกัดหยาบมาปรับให้มีความเข้มข้น 5% ด้วย 80% เอทานอลหาความยาวคลื่นสูงสุด (λ_{max}) ที่ช่วงความยาวคลื่น 400-800 นาโนเมตร นำตัวอย่างสารสกัดหยาบจากข้าวความเข้มข้น 100 ไมโครลิตร มา 1 มิลลิลิตร ผสมกับสารละลาย 2, 2-diphenyl-1-picrylhydrazyl (DPPH) 2 มิลลิลิตร ในหลอดทดลอง ตั้งทิ้งไว้ในที่มืด 30 นาที นำไปวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่นสูงสุด (λ_{max}) เตรียมสารละลายควบคุม (Control) โดยใส่ 80% ethanol อย่างละ 1 มิลลิลิตร ผสมกับสารละลาย DPPH 2 มิลลิลิตร ในหลอดทดลอง ตั้งทิ้งไว้ในที่มืด 30 นาที นำไปวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่นสูงสุด (λ_{max})

ผลการศึกษา

ลักษณะเมล็ดข้าวเปลือกและข้าวกล้องที่พบในการศึกษารุ่นนี้ได้แสดงใน Table 1

Table 1. Characteristics of paddy and brown rice of the four local rice cultivars

Local rice Varieties	Paddy	Brown rice
Khao'Babaogru		
Khao'Doi		
Khao'Niaw Dam 1		
Khao'Niaw Dam 3		

**Table 2.** Beta-carotene of the four local rice cultivars

Local rice Varieties	Beta-carotene (mg/ 100g) ($\bar{x} \pm SD.$)
Khao'Babaogru	8.64 \pm 0.07
Khao'Doi	4.65 \pm 0.13
Khao'Niaw Dam 1	7.69 \pm 0.06
Khao'Niaw Dam 3	7.55 \pm 0.06

ปริมาณเบต้าแคโรทีนในข้าวทั้ง 4 สายพันธุ์ (Table 2) มีความแตกต่างกัน โดยข้าวเหนียวพันธุ์เบลล์เบากรู มีปริมาณเบต้าแคโรทีนสูงสุดเท่ากับ 8.64 \pm 0.07 มิลลิกรัม/100 กรัม รองลงมาคือข้าวเหนียวดำ 1 เท่ากับ 7.69 \pm 0.06 มิลลิกรัม/100 กรัม ข้าวเหนียวดำ 3 เท่ากับ 7.55 \pm 0.06 มิลลิกรัม/ 100 กรัม และข้าวเจ้าพันธุ์ข้าวดอย เท่ากับ 4.65 \pm 0.13 มิลลิกรัม/100 กรัม ตามลำดับ

Table 3. GABA content of the four local rice cultivars

Local rice Varieties	GABA(mg/ 100g) ($\bar{x} \pm SD.$)
Khao'Babaogru	15.44 \pm 0.13
Khao'Doi	15.10 \pm 0.07
Khao'Niaw Dam 1	19.56 \pm 0.05
Khao'Niaw Dam 3	31.34 \pm 0.05

ปริมาณกาบาในข้าวทั้ง 4 สายพันธุ์ (Table 3) มีความแตกต่างกัน โดยข้าวเหนียวดำ 3 มีปริมาณสารกาบาสูงสุดเท่ากับ 31.34 \pm 0.05 มิลลิกรัม/100 กรัม รองลงมาคือข้าวเหนียวดำ 1 เท่ากับ 19.56 \pm 0.05 มิลลิกรัม/100 กรัม ข้าวเหนียวพันธุ์เบลล์เบากรูเท่ากับ 15.44 \pm 0.13 มิลลิกรัม/100 กรัม และข้าวเจ้าพันธุ์ข้าวดอย เท่ากับ 15.10 \pm 0.07 มิลลิกรัม/100 กรัม ตามลำดับ

Table 4. Antioxidant Activity of the four local rice cultivars

Local rice Varieties	Antioxidant activity ($\bar{x} \pm SD.$)
Khao'Babaogru	53.20 \pm 0.13
Khao'Doi	13.96 \pm 0.26
Khao'Niaw Dam 1	65.12 \pm 0.26
Khao'Niaw Dam 3	41.26 \pm 0.59

สารต้านอนุมูลอิสระในข้าวทั้ง 4 สายพันธุ์ (Table 4) มีความแตกต่างกัน โดยข้าวเหนียวดำ 1 มีสารต้านอนุมูลอิสระสูงสุดเท่ากับ 65.12 \pm 0.26 มิลลิกรัม/100 กรัม รองลงมาคือข้าวเหนียวพันธุ์เบลล์เบากรู เท่ากับ 53.20 \pm 0.13 มิลลิกรัม/ 100 กรัม ข้าวเหนียวดำ 3 เท่ากับ 41.26 \pm 0.59 มิลลิกรัม/ 100 กรัม และข้าวเจ้าพันธุ์ดอยเท่ากับ 13.96 \pm 0.26 มิลลิกรัม/ 100 กรัม ตามลำดับ

อภิปรายผล

ปริมาณเบต้าแคโรทีนในข้าวทั้ง 4 สายพันธุ์ มีความแตกต่างกัน โดยข้าวเหนียวพันธุ์เบลล์เบากรูมีปริมาณเบต้าแคโรทีนสูงสุด รองลงมาคือข้าวเหนียวพันธุ์ข้าวเหนียวดำ 1 ข้าวเหนียวพันธุ์ข้าวเหนียวดำ 3 พันธุ์ข้าวเจ้า พันธุ์ข้าวดอย ตามลำดับ ซึ่งข้าวที่มีอัลฟาแคโรทีน (Alpha Carotene) และคริปโตแซนทีน (Cryptoxanthin) สูงมีปริมาณเบต้าแคโรทีนมากกว่าพันธุ์ที่มีอัลฟาแคโรทีน (Alpha Carotene) และคริปโตแซนทีน (Cryptoxanthin) ต่ำ [14] ข้าวเหนียวดำซึ่งเป็นข้าวที่มีสีดำมีปริมาณฟลาโวนอยด์และฟีนอลทั้งหมดที่เป็นองค์ประกอบสูงกว่าข้าวที่มีสีขาวในทุกๆ วิธีการทดสอบ ซึ่งสารฟลาโวนอยด์เป็นสารในกลุ่มเบต้าแคโรทีน [15]



ปริมาณกาบาในข้าวทั้ง 4 สายพันธุ์ มีความแตกต่างกันโดยข้าวเหนียวดำ 3 มีปริมาณสารกาบาสูงสุด รองลงมา คือข้าวเหนียวดำ 1 ข้าวเหนียวพันธุ์เบลล์เบากูรี และข้าวเจ้าพันธุ์ข้าวดอย ตามลำดับ ปริมาณสารกาบาในข้าวเจ้าที่มีแอมิโลสต่ำมีค่าสูงกว่าข้าวเจ้าที่มีแอมิโลสสูง โดยข้าวเหนียวมีปริมาณสารกาบาสูงกว่าข้าวเจ้าที่มีแอมิโลสต่ำ ข้าวที่มี amylose ต่ำ มีปริมาณสาร GABA มากกว่าพันธุ์ amylose สูง [16,17] ดังนั้นคัพภะข้าวที่มีปริมาณแอมิโลสต่ำจะมีปริมาณสารกาบาสูงกว่าคัพภะข้าวที่มีแอมิโลสสูง นอกจากนี้อาจเกี่ยวข้องกับลักษณะทางพันธุกรรมในการเปลี่ยนโปรตีนเป็นกรดกลูตามิก [18] การสะสมกรดกลูตามิกในเนื้อเยื่อข้าวกล้อง [19] กลไกการเกิดปฏิกิริยาชีวเคมีที่สัมพันธ์กับกระบวนการสังเคราะห์สาร GABA [20]

สารต้านอนุมูลอิสระในข้าวทั้ง 4 สายพันธุ์ มีความแตกต่างกัน โดยข้าวเหนียวดำ 1 มีสารต้านอนุมูลอิสระสูงสุด รองลงมาคือข้าวเหนียวเบลล์เบากูรี ข้าวเหนียวพันธุ์ข้าวเหนียวดำ 3 และข้าวเจ้าพันธุ์ข้าวดอยตามลำดับ การเพิ่มขึ้นของสารต้านอนุมูลอิสระของข้าวกล้องต่างสายพันธุ์อาจเนื่องจากการเพิ่มขึ้นของปริมาณกาบาและสารฟีนอลิก ซึ่งมีสมบัติเป็นสารต้านอนุมูลอิสระชนิดหนึ่ง [21] พันธุ์ข้าวที่แตกต่างกันมีองค์ประกอบทางเคมีที่แตกต่างกัน เช่น ปริมาณแอมิโลสและแอมิโลเพกติน จึงทำให้ปริมาณสารกาบาและฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระแตกต่างกัน [22]

สรุป

ข้าวเหนียวพันธุ์เบลล์เบากูรีมีปริมาณเบต้าแคโรทีนสูงกว่าข้าวเหนียวดำ 1 ข้าวเหนียวดำ 3 และข้าวเจ้าพันธุ์ข้าวดอย โดยที่ข้าวเหนียวดำ 3 มีปริมาณกาบาสูงกว่าข้าวเหนียวพันธุ์ข้าวเหนียวดำ 1 ข้าวเหนียวพันธุ์เบลล์เบากูรี และข้าวเจ้าพันธุ์ข้าวดอย ในขณะที่ข้าวเหนียวดำ

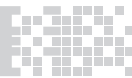
1 มีปริมาณสารต้านอนุมูลอิสระสูงกว่าข้าวเหนียวพันธุ์เบลล์เบากูรี ข้าวเหนียวดำ 3 และข้าวเจ้าพันธุ์ข้าวดอย

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณมหาวิทยาลัยราชภัฏกำแพงเพชร ที่สนับสนุนทุนในการทำวิจัย และขอขอบคุณสถาบันวิจัยและพัฒนา มหาวิทยาลัยราชภัฏกำแพงเพชร ที่สนับสนุนค่าใช้จ่ายในการนำเสนองานวิจัย

เอกสารอ้างอิง

1. Tapiero, H., Townsend, D.M. and Tew, K.D. 2004. The role of carotenoids in the prevention of human pathologies. *Biomed Pharmacother.* 58: 100-110.
2. Tanumihardjo, S.A. 2002. Factor influencing the conversion of carotenoid to retinol: bioavailability to bioconversion to bioefficacy. *Int J Vitam Nutr Res.* 72: 40-45.
3. Zhang, Q., Xiang, J., Zhang, L., Zhu, X.F., Evers, J., der Werf, W. and Duan, L.s. 2014. Optimizing soaking and germination conditions to improve gamma-amino butyric acid content in japonica and indica germinated brown rice. *Journal of Functional Foods.* 10: 283-291.
4. อินทาทูธ สรรพวรสถิตย์ และคณะ. 2558. ผลของวิธีการหุงต่อปริมาณกรดแกมมาอะมิโนบิวทิริก (กาบา) และสมบัติทางเคมีกายภาพของข้าวกล้องงอก. *วารสารเทคโนโลยีการอาหาร มหาวิทยาลัยสยาม.* 10(1): 30-41.
5. Kayahara, H., Tsukahara, K. 2000. Flavor, health and nutritional quality of pre-germinated brown rice. Presented at 2000 Int Chem Congr



- Pac Basin Soc in Hawaii, December 2000.
6. 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. *Journal of Medicinal Food*. 7: 19-23.
 7. Shoichi, I. 2004. Marketing of Value-Added Rice Production in Japan: Geminated Brown Rice and Rice Bread, In Rice in Global Markets. UN Food in Global Markets, Italy.
 8. จุฑามาศ ทามา และคณะ. 2559. ลักษณะทางสัณฐานวิทยา ปริมาณสารกาบา และกิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระของพันธุ์ข้าวที่สูงบ้านป่าคาอำเภอลองลาน จังหวัดกำแพงเพชร. *วารสารสักทอง: วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (สทวท)*. 3(2): 31-40.
 9. สุภาสพงษ์ ฐู๋ทำนอง และวัลลภ ทองอ่อน. 2553. การวิเคราะห์พื้นที่เหมาะสมในการปลูกข้าวสายพันธุ์พื้นเมือง ในอำเภอเมืองและอำเภอไทรงาม จังหวัดกำแพงเพชร. *สักทอง: วารสารมนุษยศาสตร์และสังคมศาสตร์*. 16(1): 88-102.
 10. Meepriruk, M. Boonpitak, S. Pongpinyoopat, S., Plailaharn, S. Rattansu, S., and Ratanopas, W. 2017. Diversity of Local Rice Varieties in Nai Muang and Sai Ngam District, Kamphaeng Phet Province. Proceedings 4th Rajabhat University National and International Research and Academic Conference (RUNIRAC IV). 22nd-24th November, 2017.
 11. Nagata, M. and Yamashita, I. 1992. Simple Method for Simultaneous Determination of Chlorophyll and Carotenoids in Tomato Fruit. *Journal of the Japanese Society for Food Science Technology*. 39: 925-928.
 12. Zhang, H., Yao, H.Y. and Chen, F. 2007. Genotype and environmental effects on the relationship between alpha-amylase activity and seedling growth in rice. *Bioscience Biotechnology Biochemistry*. 5(70):1160-1165.
 13. Butsat, S. and Siriamornpun, S. 2010. Antioxidant capacities and phenolic compound of the husk, bran and endosperm of Thai rice. *Food Chemistry* 119: 606-613.
 14. รัชณี คงคาอุยผาย และคณะ. 2551. ปริมาณธาตุเหล็ก สังกะสี ธาตุทองแดง วิตามินอี เบต้าแคโรทีน และลูทีน ในข้าวพันธุ์พื้นเมืองจากแหล่งต่างๆ ของประเทศไทย. *วารสารสำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ*. 40 (2): 13-32.
 15. นวลอนงค์ และคณะ. 2558. ปริมาณฟลาโวนอยด์ สารประกอบฟีนอลทั้งหมดและฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระของสารสกัดจากข้าวไทย. *วิจัย. ภาควิชาชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงใหม่ อ.เมือง จ.เชียงใหม่*.
 16. พัชรี ตั้งตระกูล และคณะ. 2549. การใช้ประโยชน์จากคัพพะข้าวและข้าวกล้องงอกเป็นอาหารสุขภาพเพื่อเพิ่มมูลค่า. กรุงเทพฯ: สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ.
 17. Varayanond, W., et al. 2005. Effect of water soaking on gamma-aminobutyric acid (GABA) in germ of different Thai rice varieties. *Kasetsart Journal (Natural Science)*. 39: 411-415.
 18. Lásztity, R. 1996. The chemistry of cereal proteins. CRC Press, Boca Raton FL USA.



19. Roohinejad, et al., 2009. Roohinejad S, et al. 2009. Evaluation of GABA, crude protein and amino acid composition from different varieties of Malaysian's brown rice. *Aust J Crop Sci.*3 : 184-190.
20. Shelp, B.J., Bown, A.W. & McLean, M.D. 1999. Metabolism and functions of gamma aminobutyric acid. *Trends in Plant Science.* 4(11): 446-452.
21. วรัมย์พร วงศ์สุติน และคณะ. 2555. การเปลี่ยนแปลงปริมาณสารสำคัญในข้าวกล้องงอก. *วารสารวิทยาศาสตร์เกษตร.* 43(2) (พิเศษ) : 553-556.
22. สำราญ และคณะ. 2558. ปริมาณกาบาและกิจกรรมต้านอนุมูลอิสระของข้าวกล้องงอกพันธุ์พื้นเมือง 5 สายพันธุ์. *วารสารเกษตรพระวรุณ.* 12(1) : 35-40.