

ผลของความร้อนจากคลื่นความถี่วิทยุที่มีต่อปริมาณแอนโทไซยานิน
ในข้าวเปลือกพันธุ์เก่าเจ้า มช. 107

Effect of Radio Frequency Heating on Anthocyanin Content in
Purple Rough Rice cv. Kumjao CMU 107

วรวิมล วงศ์พานิช¹, ณัฐศักดิ์ กฤตติกาเมษ^{1,2*}, วิบูลย์ ช่างเรือ^{1,3}, เยาวลักษณ์ จันทร์บาง^{4,5*} และ ณัฏฐวัฒน์ หมื่นมาณี^{1,5}
Wornwimol Wangspa¹, Nattasak Krittigamas^{1,2*}, Viboon Changrue^{1,3}, Yaowaluk Chanbang^{4,5*} and Nadthawat Muenmanee^{1,5}

Abstract

Purple rice cv. Kumjao CMU 107 was breeding by Chiang Mai University researcher team. The rice grain was characterized by black or purple color of pericarp layer with anthocyanin content as antioxidant. However, there are many reports that heating affected to the decrease in anthocyanin content. The objective of this experiment was to determine the effects of radio frequency (RF) heat treatment with 27.12 MHz at temperature of 55, 60 and 65°C for 180 seconds on purple rough rice cv. CMU 107, which those temperatures and time has the efficacy in controlling stored insect pests. The results showed that anthocyanin content significantly decreased ($P<0.05$) from all RF temperatures compared to untreated purple rice (30.22±3.9 mg/100 g). Anthocyanin content with RF for 180 seconds at 55, 60 and 65°C were 24.00±3.5, 24.99±2.7 and 17.57±0.9 g/100 mg, respectively. Nevertheless, RF heat treatment of 60°C for 180 seconds not only low affected to anthocyanin content in purple rice cv. Kumjao CMU 107 but also it can be used to effectively control in several of stored product insects, such as rice moth, lesser grain borer, saw-toothed grain beetle and rice weevil.

Keywords: radio frequency, anthocyanin, purple rice cv. Kumjao CMU 107

บทคัดย่อ

ข้าวเก่าเจ้า มช. 107 เป็นพันธุ์ข้าวที่ปรับปรุงพันธุ์โดยกลุ่มนักวิจัยของมหาวิทยาลัยเชียงใหม่ ข้าวมีเยื่อหุ้มเมล็ดสีดำหรือม่วงมีสารประกอบที่เรียกว่าแอนโทไซยานิน ซึ่งเป็นสารที่มีคุณสมบัติในการต้านอนุมูลอิสระ แต่เนื่องจากการรายงานถึงความร้อนมีผลทำให้ปริมาณแอนโทไซยานินลดลง การทดลองครั้งนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของการใช้ความร้อนจากคลื่นความถี่วิทยุที่ความถี่ 27.12 MHz ระดับอุณหภูมิ 55, 60 และ 65 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 180 วินาที กับข้าวเปลือกพันธุ์เก่าเจ้า มช. 107 ซึ่งเป็นช่วงอุณหภูมิและระยะเวลาที่มีรายงานว่า มีประสิทธิภาพในการควบคุมแมลงศัตรูโรงเก็บ จากผลการทดลองพบว่า ในแต่ละระดับอุณหภูมิ เมล็ดข้าวมีปริมาณแอนโทไซยานินลดลงและแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) เมื่อเปรียบเทียบกับชุดควบคุมซึ่งไม่ได้ผ่านการให้ความร้อน (30.22±3.9 มิลลิกรัม/100 กรัม) โดยที่อุณหภูมิ 55, 60 และ 65 องศาเซลเซียส มีปริมาณแอนโทไซยานินเฉลี่ย เท่ากับ 24.00±3.5, 24.99±2.7 และ 17.57±0.9 มิลลิกรัม/100 กรัม ตามลำดับ อย่างไรก็ตามการให้ความร้อนที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 180 วินาที นอกจากจะมีการลดลงในระดับที่ต่ำของแอนโทไซยานินในเมล็ดข้าวเก่าเจ้า มช. 107 แล้ว ยังมีประสิทธิภาพในการควบคุมแมลงศัตรูโรงเก็บได้ในหลายชนิดอีกด้วย เช่น ฝั่ข้าวสาร มอดหัวบ่อม มอดพื้นเลื้อย และด้วงวงข้าว

คำสำคัญ: คลื่นความถี่วิทยุ แอนโทไซยานิน ข้าวเก่าเจ้า มช. 107

¹ศูนย์นวัตกรรมเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยว กระทรวงการอุดมศึกษา วิทยาศาสตร์ วิจัยและนวัตกรรม กรุงเทพฯ 10400

²Postharvest Technology Innovation Center, Ministry of Higher Education, Science, Research and Innovation, Bangkok 10400, Thailand.

³ภาควิชาพืชศาสตร์และปฐพีศาสตร์ คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ จ.เชียงใหม่ 50200

⁴Department of Plant Science and Soil Science, Faculty of Agriculture, Chiang Mai University, Chiang Mai 50200, Thailand

⁵ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ จ.เชียงใหม่ 50200

³Department of Mechanical Engineering, Faculty of Engineering, Chiang Mai University, Chiang Mai 50200, Thailand

⁴ภาควิชากีฏวิทยาและโรคพืช คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ จ.เชียงใหม่ 50200

⁴Department of Entomology and Plant Pathology, Faculty of Agriculture, Chiang Mai University, Chiang Mai 50200, Thailand

⁵ศูนย์วิจัยเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยว คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ จ. เชียงใหม่ 50200

⁵Postharvest Technology Research Center, Faculty of Agriculture, Chiang Mai University, Chiang Mai 50200, Thailand

*Corresponding author: nattasak.k@cmu.ac.th, lukksu@hotmail.com

คำนำ

ข้าวเก่าเจ้า มช. 107 เป็นพันธุ์ข้าวที่ได้รับการปรับปรุงสายพันธุ์ระหว่างข้าวเก่าดอยสะเก็ดกับข้าวขาวดอกมะลิ 105 โดยกลุ่มนักวิจัยของมหาวิทยาลัยเชียงใหม่ เป็นข้าวที่มีเยื่อหุ้มเมล็ด (pericarp) สีดำหรือม่วง ซึ่งเป็นสารประกอบในกลุ่มฟลาโวนอยด์ คือแอนโทไซยานิน (กรมวิทยาศาสตร์และบริการ, 2561; Pusadee *et al.*, 2019) มีรายงานว่าแอนโทไซยานินเป็นสารที่มีประโยชน์ต่อสุขภาพ มีคุณสมบัติในการต้านอนุมูลอิสระ (antioxidant) ลดการอักเสบ (anti-inflammatory) ช่วยลดระดับไขมันในพลาสมา และลดความเสี่ยงในการเป็นโรคหัวใจและโรคหลอดเลือดแดงแข็งตัวได้ (Oki *et al.*, 2002; Wang *et al.*, 2007; Yamuangmorn *et al.*, 2018a) ดังนั้นข้าวเก่าจึงเป็นพืชอาหารที่ได้รับความนิยมในกลุ่มผู้บริโภคอาหารเพื่อสุขภาพ อย่างไรก็ตามแมลงศัตรูในโรงเก็บนับว่าเป็นปัญหาสำคัญในการเก็บรักษาข้าวเปลือก เนื่องจากแมลงหลายชนิดสามารถเข้าทำลายตั้งแต่ช่วงก่อนการเก็บเกี่ยวและยังสามารถแพร่ขยายพันธุ์ต่อไปได้อย่างรวดเร็วในระหว่างการเก็บรักษา ทำให้มีประชากรเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว โดยจะเข้าทำลาย และก่อให้เกิดความเสียหายแก่ผลผลิต ทั้งในด้านคุณภาพ และปริมาณ (Togola *et al.*, 2013; Srivastava and Subramanian, 2016) การใช้ความร้อนจากคลื่นความถี่วิทยุ (radio frequency, RF) เป็นเทคโนโลยีที่มีประสิทธิภาพในการกำจัดแมลงโรงเก็บชนิดต่างๆ โดยเฉพาะอย่างยิ่งที่ 27.12 MHz อุณหภูมิ 55-65 องศาเซลเซียส ระยะเวลา 180 วินาที (ณคนฉิม และคณะ, 2551; กฤษณา และคณะ, 2552; ชัชพงษ์ และคณะ, 2557; Wangspa *et al.*, 2015 และ กฤตพจน์ และคณะ, 2564) แต่เนื่องจากมีรายงานว่าแอนโทไซยานินมีความอ่อนไหวต่อระดับอุณหภูมิ (Bhawamai *et al.*, 2016) ดังนั้นการทดลองครั้งนี้ จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของความร้อนจากคลื่นความถี่วิทยุที่ระดับอุณหภูมิ 55-65°C ระยะเวลา 180 วินาที ต่อปริมาณแอนโทไซยานินในเมล็ดข้าวพันธุ์เก่าเจ้า มช. 107

อุปกรณ์และวิธีการ

1. ผลของระดับอุณหภูมิของคลื่นความถี่วิทยุที่มีต่อระดับแอนโทไซยานินในข้าวเก่าเจ้า มช. 107

ข้าวเปลือกที่ใช้ในการทดลองนี้คือ ข้าวพันธุ์เก่าเจ้า มช. 107 วางแผนการทดลองแบบ Completely Randomized Design (CRD) จำนวน 3 ซ้ำ โดยใช้ข้าวเปลือก 300 กรัมต่อตัวอย่าง มาผ่านคลื่นความถี่วิทยุที่ 27.12 MHz ระดับอุณหภูมิ 55, 60 และ 65 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 180 วินาที แล้วจึงนำตัวอย่าง ไปผ่านกระบวนการกะเทาะเปลือก เพื่อเตรียมข้าวกล้องสำหรับการไปวิเคราะห์ปริมาณแอนโทไซยานิน

2. การวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงของปริมาณแอนโทไซยานินหลังผ่านความร้อนจากคลื่นความถี่วิทยุ

วิเคราะห์ปริมาณแอนโทไซยานินด้วยวิธี pH-differential (Abdel-Aal and Hucl, 1999) โดยใช้ตัวอย่างข้าวกล้อง 0.5 กรัม ใส่ในหลอดทดลอง เติม 0.1 % ไฮโดรคลอริกในเมทานอล ปริมาตร 10 มิลลิลิตร นำไปใส่เครื่องเขย่าด้วยความเร็ว 150 รอบต่อนาที เป็นเวลา 30 นาที เมื่อครบตามเวลานำไปปั่นเหวี่ยงที่ 3,000 รอบต่อนาที เป็นระยะเวลา 15 นาที จากนั้นแบ่งสารสกัดออกเป็น 2 ส่วน ใส่ลงในหลอดทดลอง ทำการเจือจางสารสกัดด้วยสารละลายบัฟเฟอร์ 2 ชนิด คือ โฟสเฟตซีเอ็มคลอไรด์ (0.025 M, pH 1.0) และ โซเดียมอะซิเตต (0.4 M, pH 4.5) ในอัตราส่วน 1:100 แล้วนำไปวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 520 และ 700 นาโนเมตร ด้วยเครื่อง UV-VIS Spectrophotometer (Analytik Jena SPECORD 40, USA) และนำค่าการดูดกลืนแสงมาคำนวณปริมาณแอนโทไซยานินจากสมการ

$$\text{Anthocyanin content} = (A \times MW \times DF \times 1000) / \epsilon \times L$$

เมื่อ A คือ ค่าการดูดกลืนแสงที่แท้จริงของตัวอย่าง ซึ่งคำนวณจากสมการ (A520 nm - A700 nm) pH 1.0 - (A520 nm - A700 nm) pH 4.5 MW คือ น้ำหนักโมลโมเลกุลของไซยานิน-3-กลูโคไซด์ คือ 449.2 กรัมต่อโมล DF คือ dilution factor ของตัวอย่าง ϵ คือ ค่า molar absorptivity เท่ากับ 26,900 L คือ ความกว้างของคิวเวตมีค่าเท่ากับ 1 เซนติเมตร ทำการ 66 วิเคราะห์ความแปรปรวน (analysis of variance) โดยเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยด้วยวิธี least significant different (LSD) ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

ผล

ผลของระดับอุณหภูมิจากคลื่นความถี่วิทยุที่มีต่อปริมาณแอนโทไซยานินในข้าวพันธุ์ก่ำเจ้า มช. 107

หลังจากนำข้าวเปลือกพันธุ์ก่ำเจ้า มช. 107 มาผ่านความร้อนจากคลื่นความถี่วิทยุที่ 55, 60 และ 65 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 180 วินาที พบว่าปริมาณแอนโทไซยานินมีการลดลงอย่างมีนัยสำคัญในทุกระดับอุณหภูมิ ($P < 0.05$) จากชุดควบคุม คือ 24.00 ± 3.5 , 24.99 ± 2.7 และ 17.57 ± 0.9 มิลลิกรัม/100 กรัม ตามลำดับ (Table 1) ข้าวเปลือกที่ผ่านความร้อนที่ระดับอุณหภูมิ 55 และ 60 องศาเซลเซียส พบการลดลงของปริมาณแอนโทไซยานินไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($P > 0.05$) อย่างไรก็ตามที่ระดับอุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส ข้าวมีเปอร์เซ็นต์การสูญเสียแอนโทไซยานินหลังจากผ่านความร้อนจากคลื่นความถี่วิทยุในปริมาณต่ำที่สุดคือ 17.31% ขณะที่อุณหภูมิ 55 และ 65 องศาเซลเซียส มีการลดลงเท่ากับ 20.6 และ 41.86% ตามลำดับ

Table 1 Moisture content and anthocyanin content of purple rice cv. Kumjao CMU 107 after being exposed to radio frequency heat treatment (RF) at 55 to 65 °C for 180 seconds.

RF temperature at 180 seconds (°C)	Moisture Content (%) ± SE	Anthocyanin content (mg/100 g) ± SE
Untreated RF	9.30 ± 0.3 a	30.22 ± 3.9 a
55	9.05 ± 0.2 a	24.00 ± 3.5 b
60	8.63 ± 0.1 b	24.99 ± 2.7 b
65	8.15 ± 0.1 c	17.57 ± 2.9 c
CV(%)	2.10	10.39

Means within the column followed by different letters are significantly different at 95% confidence level ($P < 0.05$) by least significant difference (LSD) comparison.

วิจารณ์ผล

ปัจจัยที่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงของปริมาณแอนโทไซยานินในเมล็ดข้าว ได้แก่ ระยะเวลาการเก็บรักษา ชนิดของพันธุ์ข้าว สภาพของเมล็ด (ข้าวเปลือก ข้าวสาร หรือข้าวกล้อง) และอุณหภูมิ โดย Yamuangmorn *et al.* (2018b) พบว่าการเก็บรักษาข้าวเก่า (ข้าวเหนียวดำ) ที่อุณหภูมิห้อง (ประมาณ 25-30 องศาเซลเซียส) และ 25 องศาเซลเซียส มีปริมาณแอนโทไซยานินลดลงประมาณ 30 เปอร์เซ็นต์ ในขณะที่การเก็บรักษา ที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส มีการลดลงเท่ากับ 42 เปอร์เซ็นต์ หลังจากเก็บรักษาเป็นเวลา 6 เดือน พันธุ์ข้าวที่มีแอนโทไซยานินสูงมีการเปลี่ยนแปลงปริมาณแอนโทไซยานินสูงกว่าในข้าวที่มีแอนโทไซยานินต่ำ และการเก็บรักษาในสภาพข้าวกล้องลดการเปลี่ยนแปลงปริมาณแอนโทไซยานินได้ดีกว่าในสภาพข้าวเปลือก เนื่องมาจากกิจกรรมของเอนไซม์ เช่น polyphenol oxidase และ peroxidase ที่ในอยู่แถบทำให้มีผลต่อการลดลงของแอนโทไซยานิน (Zhang *et al.*, 2005; Ducamp-Collin *et al.*, 2008; Yamuangmorn *et al.*, 2018b)

นอกจากนี้ยังมีรายงานว่าระดับความร้อนที่สูงกว่า 37.5 องศาเซลเซียส เกี่ยวข้องกับการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันและการสลายของแอนโทไซยานินในข้าวที่มีสีม่วงและสีดำ (Tiwari *et al.*, 2010; Das *et al.*, 2017) ซึ่งในการศึกษารุ่นนี้ พบว่าความร้อนจากคลื่นความถี่วิทยุที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส ระยะเวลา 180 วินาที เป็นอุณหภูมิที่มีผลในการป้องกันกำจัดแมลงศัตรูโรงเก็บหลายชนิด เช่น ฝี่เสื่อข้าวสาร มอดหัวป้อม และ มอดพื้นเลื้อย ในข้าวสารพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 (ถนอม และคณะ, 2551; กฤษณา และคณะ, 2552; ชัชพงษ์ และคณะ, 2557) และ Wangspa *et al.* (2015) ได้รายงานว่านอกจากจะสามารถกำจัดด้วงงวงข้าว ที่ระยะทนทานในข้าวเปลือกได้อย่างสมบูรณ์แล้วยังสามารถยับยั้งการเกิดของแมลงในรุ่นลูก (F1) ได้อีกด้วย

สรุป

การใช้ความร้อนจากคลื่นความถี่วิทยุที่ 27.12 MHz ที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส ระยะเวลา 180 วินาที แก่ข้าวเปลือกพันธุ์ก่ำเจ้า มช. 107 มีการลดลงต่ำสุดของปริมาณแอนโทไซยานินประมาณ 17% และเป็นอุณหภูมิที่สามารถใช้กำจัดแมลงได้

คำขอบคุณ

ขอขอบคุณศูนย์นวัตกรรมเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยว กระทรวงการอุดมศึกษา วิทยาศาสตร์ วิจัยและนวัตกรรม สำหรับการสนับสนุนทุนในการวิจัยครั้งนี้

เอกสารอ้างอิง

- กรมวิทยาศาสตร์และบริการ. 2561. ข้าวพันธุ์ใหม่ "ก้าเจ้า มข.107" ต้านมะเร็งกระเพาะ-ป้องกันโรคหัวใจ. [ออนไลน์]. แหล่งที่มา: http://siweb1.dss.go.th/news/show_abstract.asp?article_ID=7643 (12 พฤศจิกายน 2563).
- กฤตพจน์ นันตะกุล, ญัฐวิวัฒน์ หมั่นมาณี และ ยาวลักษณ์ จันทร์บาง. 2564. การใช้คลื่นความถี่วิทยุในการควบคุมเหาหนังสือ (*Liposcelis entomophila*) ในเมล็ดข้าวหอมมะลิ. วารสารแก่นเกษตร 49: 119-129.
- กฤษณา สุเมธะ, ยาวลักษณ์ จันทร์บาง, วิเชียร เสงส์สวัสดิ์ และ ญัฐศักดิ์ กฤตกาเมษ. 2552. ผลของการใช้คลื่นความถี่วิทยุต่อมอดหัวป้อมและคุณภาพของข้าวสารพันธุ์ข้าวดอกมะลิ 105. หน้า 97-103 ใน: รายงานสัมมนาวิชาการ บัณฑิตศึกษาเกษตรศาสตร์ คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ ครั้งที่ 6 12-13 มีนาคม 2552. คณะเกษตรศาสตร์, มหาวิทยาลัยเชียงใหม่, เชียงใหม่
- ชัชพงษ์ ศรีคำ ยาวลักษณ์ จันทร์บาง และ ญัฐศักดิ์ กฤตกาเมษ. 2557. การใช้คลื่นความถี่วิทยุเพื่อควบคุมมอดพื้นเลี้ยงในข้าวสารพันธุ์ข้าวดอกมะลิ 105. วารสารเกษตร. 30(3): 253-262.
- ณคนิณ ลือชัย, วิชา สะอาดสุด, ยาวลักษณ์ จันทร์บาง และ ญัฐศักดิ์ กฤตกาเมษ. 2551. การใช้คลื่นความถี่วิทยุในการควบคุมผีเสื้อข้าวสาร *Corcyra cephalonica* (Stainton) และผลต่อคุณภาพของข้าวสารดอกมะลิ 105. วารสารวิทยาศาสตร์เกษตร 39 (3 พิเศษ): 347-350.
- Abdel-Aal, E-SM. and P. A. Hucl. 1999. A rapid method for quantifying total anthocyanins in blue aleurone and purple pericarp wheats. Cereal Chemistry 76: 350-354.
- Bhawamai, S., S.H. Lin, Y.Y. Hou and Y.H. Chen. 2016. Thermal cooking changes the profile of phenolic compounds, but does not attenuate the anti-inflammatory activities of black rice. Food and Nutrition Research, 60(1): 32941.
- Das, A.B., V.V. Goud and C. Das. 2017. Extraction of phenolic compounds and anthocyanin from black and purple rice bran (*Oryza sativa* L.) using ultrasound: A comparative analysis and phytochemical profiling. Industrial Crops and Products 95: 332-341.
- Ducamp-Collin M.N., H. Ramarson, M. Lebrun, G. Self, M. Reynes. 2008. Effect of citric acid and chitosan on maintaining red colouration of litchi fruit pericarp. Postharvest Biology and Technology 49 (2) : 241-246.
- Oki, T., M. Masuda, M. Kobayash, Y. Nishiba, S. Furuta, I Suda and T Sato. 2002. Polymeric procyanidins as radical-scavenging components in red-hulled rice. Journal of Agricultural and Food Chemistry 50(26): 7524-7529.
- Pusadee, T., A. Wongtamee, B. Rerkasem, K. M. Olsen and S. Jamjod. 2019. Farmers drive genetic diversity of Thai purple rice (*Oryza sativa* L.) landraces. Economic Botany 73: 76-85.
- Srivastava C. and S. Subramanian. 2016. Storage insect pests and their damage symptoms: an overview. Journal of Grain Storage Research. 78: 53-58.
- Tiwari, B.K., A. Patras, N. Brunton, P.J. Cullen and C.P O'Donnell. 2010. Effect of ultrasound processing on anthocyanins and color of red grape juice. Ultrasonics Sonochemistry 17 (3): 598-604.
- Togola, A., P.A. Seck, I.A. Gliho, A. Diagne, C. Adda, A. Toure and F.E. Nwile. 2013. Economic losses from insect pest infestation on rice stored on-farm in Benin. Journal of Applied Sciences, 13(2): 278-285.
- Wang, Q., P. Han, M. Zhang, M. Xia, H. Zhu, J. Ma, M. Hou, Z. Tang and W. Ling. 2007. Supplementation of black rice pigment fraction improves antioxidant and anti-inflammatory status in patients with coronary heart disease. Asia Pacific Journal of Clinical Nutrition 16: 295-301.
- Wangspa, W., Y. Chanbang and S. Vearasilp. 2015. Radio frequency heat treatment for controlling rice weevil in rough rice cv. Khao Dawk Mali 105. CMU Journal of Natural Science 14(2): 189-197.
- Yamuangmorn, S., B. Dell and C. Prom-u-thai. 2018a. Effects of cooking on anthocyanin concentration and bioactive antioxidant capacity in glutinous and non-glutinous purple rice. Rice Science 25: 270-278.
- Yamuangmorn, S., B. Dell, B. Rerkasem and C. Prom-U-thai. 2018b. stability of anthocyanin content and antioxidant capacity among local Thai purple rice genotypes in different storage conditions. Chiang Mai Journal of Science 45: 927-936.
- Zhang, Z. Q., X.Q. Pang., X. Xuewu., Z. Ji and Y. Jiang. 2005. Role of peroxidase in anthocyanin degradation in litchi fruit pericarp. Food Chemistry 90: 47-52.