Agricultural Sci. J. 47 : 3 (Suppl.) : 253-256 (2016) ว. วิทย. กษ. 47 : 3 (พิเศษ) : 253-256 (2559)

ผลของกรรมวิธีหยุดการงอกต่อคุณภาพการสีและสารสกัดแอนโทไซยานินในข้าวเหนียวดำ

Effects of Germination Stopping Treatments on Milling Quality and Anthocyanin Extraction in Purple Rice

สะแกวัลย์ คันธะเรศย์[1] แสงทิวา สุริยงค์[1] และปาริชาติ เทียนจุมพล[2]

Sakaewan Khantarate[1], Sangtiwa Suriyong[1] and Parichat Theanjumpon[2]

Abstract

The objective of this study was to determine the effect of germination stopping using heat treatments on milling quality and anthocyanin extraction in purple rice cv. Khum Doi Saket. The experiment was conducted in Factorial in CRD (3x2) +1. The first factors were heating methods of drying (80, 100ºC) and steaming (100ºC). The second factors were heating periods (15, 30 min). None germination stopping sample was used as a control. The purple rice was soaked in water for 8 hour and incubated for 24 hour at 30ºC then the germinating rice samples were stopped from their germination according to the treatments. The treated rice was tested for milling quality and anthocyanin extraction was analyzed. Results showed that heating methods, heating periods and the interaction between them were significantly affected the milling quality and anthocyanin extraction ($P<0.05$). The average percentage of whole kernels and head rice of the parboiled rice heated at 100ºC for 30 min was 73.40% which was significantly higher than rice in other treatments. The dried rice had the maximum of average percentage of broken rice (42.29%). Anthocyanin of dried rice heated at 80ºC for 15 and 30 min were 58.52-60.87 mg/100 g-dw which were not different from the dried rice heated at 100ºC for 15 min (57.80 mg/100 g-dw) but significantly different from the control (52.05 mg/100 g-dw) and the parboiled rice heated (27.05 mg/100 g-dw).

Keywords: germination stopping treatments, milling quality, anthocyanins

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อ ศึกษาผลของกรรมวิธีหยุดกระบวนการงอกด้วยการใช้ความร้อนต่อคุณภาพการสีและปริมาณสารสกัดแอนโทไซยานินในข้าวเหนียวดำงอก พันธุ์ก่ำดอยสะเก็ด วางแผนการทดลองแบบ Factorial in CRD (3x2) +1 โดยปัจจัยแรก คือ การให้ความร้อนด้วยการอบ (80, 100ºC) และการนึ่ง (100ºC) ปัจจัยที่สอง คือ ช่วงเวลาให้ความร้อน (15, 30 นาที) มีข้าวที่ไม่ผ่านกรรมวิธีเป็นชุดควบคุม ทำโดยนำข้าวเหนียวดำมาแช่น้ำนาน 8 ชั่วโมงและบ่มเพาะให้งอกนาน 24 ชั่วโมง ที่อุณหภูมิ 30ºC แล้วหยุดกระบวนการงอกตามกรรมวิธีดังกล่าว จากนั้นนำตัวอย่างข้าวมาทดสอบคุณภาพการสีและวิเคราะห์ปริมาณสารสกัดแอนโทไซยานินในข้าวกล้อง ผลการทดลองพบว่า กรรมวิธีและช่วงเวลาและปฏิสัมพันธ์ระหว่างสองปัจจัยมีผลต่อคุณภาพการสีและปริมาณแอนโทไซยานินอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) ข้าวที่ผ่านการนึ่งที่ 100ºC นาน 30 นาที มีเปอร์เซ็นต์ข้าวเต็มเมล็ดและต้นข้าวเฉลี่ย 73.39% สูงกว่าข้าวเหนียวดำที่ไม่ผ่านกรรมวิธีหยุดกระบวนการงอกและที่ผ่านการอบอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ และในข้าวเหนียวดำที่ผ่านการอบอุณหภูมิ 100ºC นาน 30 นาที มีเปอร์เซ็นต์ข้าวหักเฉลี่ยสูงสุด คือ 42.29% ส่วนปริมาณแอนโทไซยานินในข้าวที่ผ่านการอบที่ 80ºC นาน 15 และ 30 นาที มีค่า 58.52- 60.87 mg/100 g-dw ไม่แตกต่างจากข้าวที่ผ่านการอบ 100ºC นาน 15 นาที (57.80 mg/100 g-dw) แต่แตกต่างจากข้าวในชุดควบคุม (52.05 mg/100 g-dw) และข้าวที่ผ่านการนึ่ง (27.05 -32.82 mg/100 g-dw) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

คำสำคัญ: กรรมวิธีหยุดกระบวนการงอก คุณภาพการสี แอนโทไซยานิน

คำนำ

ในข้าวเหนียวดำมีรงควัตถุสีดำ สีม่วงดำและม่วงแดง อยู่ตรงเปลือกหุ้มเมล็ด ซึ่งมีสารสะสมที่เรียกว่า แอนโทไซยานิน (anthocyanin) สารสะสมดังกล่าวมีคุณสมบัติทางยาที่มีประสิทธิภาพ ช่วยในการต้านอนุมูลอิสระ (antioxidant) ช่วยลดความเสี่ยงการเกิดโรคมะเร็ง โดยเฉพาะมะเร็งชนิดเนื้องอกและช่วยเสริมภูมิคุ้มกันในร่างกาย (Sikorski, 2007) ผู้บริโภคสามารถรับ

[1] ภาควิชาพืชศาสตร์และปฐพีศาสตร์ คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ 50200

[1] Department of Plant Science and Soil Science, Faculty of Agriculture, Chiang Mai University, Chiang Mai 50200

[2] สถาบันวิจัยเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยว / ศูนย์นวัตกรรมเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยว มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ เชียงใหม่ 50200

[2] Postharvest Technology Research Institute / Postharvest Technology Innovation Center, Chiang Mai University, Chiang Mai 50200

สารอาหารดังกล่าวได้จากการรับประทานข้าวที่มีรงควัตถุ นอกจากนี้ข้าวดังกล่าวยังสามารถเพิ่มมูลค่าและสารอาหารที่เป็นประโยชน์ในข้าวได้จากการทำข้าวงอก โดยกระบวนการทางชีวเคมี คือ กระบวนการงอก เกิดการกระตุ้นทำงานของเอนไซม์ ทำให้สารอาหารโดยเฉพาะโปรตีนที่เก็บสะสมภายในเมล็ดถูกย่อยสลายเป็นกรดอะมิโน เช่น กรดกลูตามิค (glutamic acid) ซึ่งเป็นสารตั้งต้นของกระบวนการ decarboxylation เกิดสารสังเคราะห์ pseudo protein คือ กรดแกมมาอะมิโนบิวทิริก (gamma amino butyric acid) หรือกาบา (GABA) ซึ่งสารดังกล่าวพบในข้าวที่ผ่านกระบวนการงอกมากกว่าข้าวที่ไม่ผ่านกระบวนการงอก (Komatsuzaki *et al*., 2007) ในทางเภสัชวิทยาสารกาบาเป็นสารสื่อประสาท (neurotransmitter) ประเภทยับยั้งในระบบประสาทส่วนกลาง ช่วยทำให้สมองผ่อนคลายนอนหลับสบายและช่วยป้องกันการสะสมไขมันในร่างกายอีกด้วย (Akama *et al*., 2009) ซึ่งการบริโภคข้าวเหนียวดำงอกเป็นแนวทางหนึ่งที่สามารถรับสารอาหารทั้งสองดังกล่าวได้พร้อมกัน อย่างไรก็ตามในกระบวนการผลิตข้าวงอก เป็นสภาพที่เอื้อต่อการปนเปื้อนของจุลินทรีย์ ดังนั้นการหยุดกระบวนการงอกจึงมีความสำคัญอย่างยิ่ง เพื่อหยุดปฏิกิริยาของเอนไซม์ ลดปริมาณจุลินทรีย์ปนเปื้อน รักษาคุณค่าสารอาหารที่เป็นประโยชน์และเป็นการคงสภาพ (stabilization) ของเมล็ดข้าวด้วย วิธีหยุดกระบวนการงอกทำได้หลายวิธี เช่น การใช้ความร้อนด้วยการอบและนึ่ง ดังนั้นงานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของกรรมวิธีหยุดกระบวนการงอกต่อคุณภาพการสีและปริมาณสารสกัดแอนโทไซยานินในข้าวเหนียวดำงอก ซึ่งข้อมูลที่ได้สามารถนำไปใช้เป็นข้อมูลพื้นฐานในงานศึกษาวิจัยอื่นๆ และเป็นประโยชน์ต่อกระบวนการผลิตข้าวแปรรูปเพื่อจำหน่ายให้แก่ผู้บริโภคที่รักสุขภาพต่อไป

อุปกรณ์และวิธีการ

วางแผนการทดลองแบบ Factorial in CRD (3x2) +1 จำนวน 4 ซ้ำ โดยปัจจัยแรก คือ กรรมวิธีหยุดกระบวนการงอกโดยการให้ความร้อนด้วยการอบ (80 และ 100ºC) และนึ่งที่ 100 ºC ปัจจัยที่สอง คือ ช่วงเวลาให้ความร้อน (15 และ 30 นาที) เตรียมตัวอย่างข้าวเหนียวดำพันธุ์ก่ำดอยสะเก็ด จำนวน 600 g แช่ในน้ำปริมาตร 1000 ml เป็นเวลา 8 ชั่วโมง นำข้าวขึ้นจากน้ำมาบ่มเพาะให้งอกในตู้ควบคุมอุณหภูมิ 30ºC นาน 24 ชั่วโมง แล้วนำเข้าสู่กรรมวิธีหยุดกระบวนการงอก 7 กรรมวิธี ดังนี้

กรรมวิธีที่ 1 อบลดความชื้นข้าวที่อุณหภูมิ 35ºC นาน 6 ชั่วโมง (control)
กรรมวิธีที่ 2 อบที่อุณหภูมิ 80ºC เวลา 15 นาที
กรรมวิธีที่ 3 อบอุณหภูมิที่ 80ºC เวลา 30 นาที
กรรมวิธีที่ 4 อบที่อุณหภูมิ 100ºC เวลา 15 นาที
กรรมวิธีที่ 5 อบที่อุณหภูมิ 100ºC เวลา 30 นาที
กรรมวิธีที่ 6 นึ่งที่อุณหภูมิ 100ºC เวลา 15 นาที
กรรมวิธีที่ 7 นึ่งที่อุณหภูมิ 100ºC เวลา 30 นาที

เมื่อครบกำหนดกรรมวิธีนำตัวอย่างไปอบลดความชื้นด้วยตู้อบลมร้อนที่อุณหภูมิ 35ºC จนกระทั่งข้าวมีความชื้นต่ำกว่า 14% และจึงแบ่งตัวอย่างไปทดสอบคุณภาพการสี แล้วคิดเป็นเปอร์เซ็นต์ต้นข้าวจากน้ำหนักข้าวที่มีสัดส่วนข้าวเต็มเมล็ด 8 ใน 10 ส่วนขึ้นไป นำตัวอย่างที่เหลือไปวิเคราะห์ปริมาณสารสกัดแอนโทไซยานินโดยวิธี pH differential (Giusti and Wrolstad, 2001) นำผลการทดลองที่ได้มาทำการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติโดยใช้โปรแกรม Statistix 9.0

ผล

1. คุณภาพการสี

จากผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติพบว่า กรรมวิธีหยุดการงอก ช่วงเวลาหยุดการงอกและปฏิสัมพันธ์ของปัจจัยทั้งสอง ส่งผลต่อคุณภาพการสีของข้าวเหนียวดำงอกอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) (Table 1) เริ่มต้นข้าวที่ไม่ผ่านกรรมวิธีหยุดการงอกมีเปอร์เซ็นต์ต้นข้าวเฉลี่ย 44.7% และข้าวหักเฉลี่ย 31.5% แต่เมื่อนำข้าวไปผ่านการอบและนึ่ง พบว่าเปอร์เซ็นต์ต้นข้าวและข้าวหักเฉลี่ยแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยข้าวที่ผ่านการอบ 100°C มีเปอร์เซ็นต์ต้นข้าวเฉลี่ย 37.1% และข้าวหักเฉลี่ย 37.8% ส่วนข้าวที่ผ่านการนึ่ง 100°C มีเปอร์เซ็นต์ต้นข้าวเฉลี่ย 70.6% และข้าวหักเฉลี่ย 6.3% (Table 2) เมื่อพิจารณาปฏิสัมพันธ์ของปัจจัยทั้งสองพบว่าข้าวที่ผ่านการอบที่อุณหภูมิ 80°C นาน 15 และ 30 นาที มีเปอร์เซ็นต์ต้นข้าว 44.9 และ 46.4% ตามลำดับ ไม่แตกต่างกับข้าวที่ไม่หยุดการงอก แต่เมื่อเพิ่มอุณหภูมิและช่วงเวลาการอบจาก 80 เป็น 100°C นาน 15 และ 30 นาที ส่งผลทำให้เปอร์เซ็นต์ต้นข้าวเฉลี่ยต่ำลงและมีข้าวหักเฉลี่ยเพิ่มขึ้น ซึ่งข้าวที่ผ่านการอบที่อุณหภูมิ 100°C นาน 30 นาที มีเปอร์เซ็นต์ต้นข้าวเฉลี่ยต่ำสุด 32.7% และข้าวหักเฉลี่ยสูงสุด 42.2% นอกจากนี้ข้าวที่ผ่านการนึ่ง 100°C นาน 30 นาที พบเปอร์เซ็นต์ต้นข้าวเฉลี่ยสูงสุด 73.4% และข้าวหักเฉลี่ยต่ำสุด 3.5% (Table 1)

Table 1 Effect of Germination Stopping Treatments, Temperatures and Heating Periods on Milling Quality of Germinated Purple Rice

Germination Stopping Treatments	Temperatures (°C)	Heating Periods (min)	Moisture Contents (%)	Head Rice * (%)	Broken Rice (%)
Control	-	-	14.3	44.7 c	31.5 bc
Drying	80	15	14.1	46.4 c	29.3 d
	80	30	14	44.9 c	31.1 cd
Drying	100	15	13.9	41.6 d	33.3 b
	100	30	13.7	32.7 e	42.2 a
Steaming	100	15	14.5	67.7 b	9.1 e
	100	30	14.4	73.4 a	3.5 f
$LSD_{0.05}$ Germination Stopping Treatments (A)				1.32*	1.39*
$LSD_{0.05}$ Heat Period (B)				0.93*	0.98*
$LSD_{0.05}$ (A x B)				1.87*	1.98*

* Means in the same row followed by different letters are significantly different at $P < 0.05$.

Table 2 Effect of Germination Stopping Treatments on Moisture Contents, Milling Quality and Anthocyanin of Germinated Purple Rice

Treatments	Moisture Content (%)	Head Rice (%)	Broken Rice (%)	Anthocyanin(mg/100 g-dw)
Control	14.1 b	44.7 b	31.5 b	52.11 c
Drying 80°C	14.0 c	45.7 b	30.2 b	59.7 a
Drying 100°C	13.8 d	37.1 c	37.8 a	55.67 b
Steaming 100°C	14.4 a	70.6 a	6.3 c	29.93 d
$LSD_{0.05}$ treatments	0.15*	1.32*	1.39*	2.4*

* Means in the same row followed by different letters are significantly different at $P < 0.05$.

2. ปริมาณสารสกัดแอนโทไซยานิน

จากการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติพบว่า กรรมวิธีหยุดกระบวนการงอก ช่วงเวลาหยุดการงอกและปฏิสัมพันธ์ของปัจจัยทั้งสอง ส่งผลต่อปริมาณสารสกัดแอนโทไซยานินในข้าวเหนียวดำอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) (Table 3) พบว่าก่อนการทดลองข้าวที่ไม่ผ่านการหยุดงอกมีปริมาณสารสกัดแอนโทไซยานิน 52.11 mg/100 g-dw เมื่อนำไปอบที่อุณหภูมิ 80°C นาน 15 และ 30 นาที พบว่าปริมาณสารสกัดแอนโทไซยานินเพิ่มสูงขึ้นอยู่ในช่วง 58.52- 60.87 mg/100 g-dw ไม่แตกต่างกับข้าวที่ผ่านการอบที่อุณหภูมิ 100°C นาน 15 นาที (57.81 mg/100 g-dw) และเมื่ออบเป็นเวลานานขึ้นพบว่าข้าวมีปริมาณแอนโทไซยานิน (53.5 mg/100 g-dw) ไม่แตกต่างกับข้าวที่ไม่หยุดการงอก แต่เมื่อนำข้าวไปนึ่งที่อุณหภูมิ 100°C นาน 15 และ 30 นาที พบว่าปริมาณสารสกัดแอนโทไซยานินลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยพบปริมาณสารสกัดแอนโทไซยานินอยู่ในช่วง 27.05-32.83 mg/100 g-dw

Table 3 Effect of Germination Stopping Treatments on Anthocyanin Extraction of Germinated Purple Rice

Germination Stopping Treatments	Heating Periods (min)	
	15	30
	Anthocyanin Extraction (mg/100 g-dw)	
Control	52.11 b	52.11 b
Drying at 80°C	60.87 a	58.52 a
Drying at 100°C	57.81 a	53.50 b
Steaming at 100°C	32.83 c	27.05 c
$LSD_{0.05}$ Germination Stopping Treatments (A)	2.3*	
$LSD_{0.05}$ Heat Period (B)	1.63*	
$LSD_{0.05}$ (A x B)	3.26*	

* Means in the same row followed by different letters are significantly different at $P < 0.05$

วิจารณ์ผล

กรรมวิธีหยุดกระบวนการงอกที่อุณหภูมิต่างกัน ช่วงเวลาที่ให้ความร้อนและปฏิสัมพันธ์ของปัจจัยทั้งสอง มีผลต่อคุณภาพการสีและปริมาณแอนโทไซยานินอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) ข้าวเหนียวดำงอกที่อบด้วยความร้อนอุณหภูมิ 80 และ 100°C นาน 15 นาที มีเปอร์เซ็นต์ต้นข้าวเฉลี่ย 46.4% และ 44.9% ตามลำดับ ข้าวหักเฉลี่ย 29.3% และ 31.1% ตามลำดับ ทั้งนี้การเพิ่มอุณหภูมิการอบเป็น 100°C และช่วงเวลาการอบเป็น 30 นาที ยังส่งผลต่อเปอร์เซ็นต์ต้นข้าว ทำให้เปอร์เซ็นต์ต้นข้าวเฉลี่ยลดลง แต่เมื่อพิจารณาปริมาณสารสกัดแอนโทไซยานิน พบว่าปริมาณสารสกัดแอนโทไซยานินเพิ่มขึ้นจาก 52.11 เป็น 53.50 และ 60.87 mg/100 g-dw ตามลำดับ เนื่องจากในกระบวนการผลิตข้าวเหนียวดำงอกเป็นการนำข้าวไปแช่น้ำและบ่มเพาะให้งอก เมื่อเมล็ดข้าวดูดซึมน้ำเข้าไปทำให้เม็ดแป้งของข้าวกระจายตัวและเมล็ดข้าวอ่อนตัวลง เมื่อทำให้แห้งด้วยการอบที่อุณหภูมิสูง (80-100°C) นาน (15-30 นาที) ส่งผลให้เม็ดแป้งของข้าวเกิดการลดความชื้นรวดเร็วและทำให้ข้าวเกิดรอยร้าว เมื่อนำข้าวไปสีหรือกะเทาะเปลือกจึงทำให้ข้าวแตกหักได้ง่าย อย่างไรก็ตามการให้ความร้อนด้วยการอบสามารถช่วยเพิ่มปริมาณสารสกัดแอนโทไซยานินได้ สอดคล้องกับงานวิจัยของ Soria and Villamiel (2010) โดยการใช้ความร้อนจากคลื่นความถี่สูงที่ 20-100 kHz เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการสกัดรสกัดพฤกษเคมี โดยความร้อนทำให้ผนังเซลล์ของเมล็ดข้าวขยายตัวมีการปลดปล่อยของสารสกัดเพิ่มขึ้น เมื่อนำเมล็ดข้าวไปสกัดสารแอนโทไซยานินทำให้ตัวทำละลายแทรกซึมเข้าไปในเมล็ดได้ดี สามารถสกัดสารแอนโทไซยานินออกมาจากเยื่อหุ้มเมล็ดได้มากขึ้น ในทางตรงกันข้ามพบว่าข้าวเหนียวดำงอกที่ผ่านการนึ่งด้วยอุณหภูมิ 100°C นาน 15 และ 30 นาที มีเปอร์เซ็นต์ต้นข้าวเฉลี่ย 67.7% และ 73.4% ตามลำดับ สูงกว่าข้าวที่ผ่านการอบ แต่พบว่าปริมาณสารสกัดแอนโทไซยานินลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) จาก 52.11 เหลือเพียง 27.05 และ 32.83 mg/100 g-dw เนื่องจากการนึ่งมีผลต่อเม็ดแป้งของข้าว โดยการเกิดเจลาติไนซ์ (gelatinization) เมื่อเม็ดแป้งของเมล็ดข้าวงอกที่มีการบวมพอง เมื่อให้ความร้อน เม็ดแป้งจะคลายตัวรวมกับน้ำที่อยู่ล้อมรอบและเกิดการพองตัวเป็นเจล ซึ่งการเกิดเจลช่วยเป็นตัวประสานเชื่อมรอยแตกร้าวของเมล็ดข้าว เมื่อเมล็ดข้าวเย็นลงเม็ดแป้งรวมตัวเป็นผลึกใหม่ทำให้เมล็ดข้าวมีความแกร่งขึ้น ดังนั้นเมื่อนำข้าวไปสี ทำให้ได้ปริมาณต้นข้าวสูงและข้าวหักน้อย (พิมพ์เพ็ญและนิธิยา, 2557) แต่ทั้งนี้แรงดันจากการนึ่งส่งผลให้เปลือกหุ้มเมล็ดปริแตก สารแอนโทไซยานิน ซึ่งมีคุณสมบัติในการละลายน้ำละลายออกจากเยื่อหุ้มเมล็ด สังเกตได้จากสีของข้าวที่ละลายออกมาจากข้าวเปลือกงอก เมื่อนำไปข้าวไปสกัดสารแอนโทไซยานินทำให้สารสกัดมีปริมาณลดลง

สรุป

ข้าวเหนียวดำงอกที่ผ่านการอบด้วยอุณหภูมิ 80 และ 100°C นาน 15 และ 30 นาที มีเปอร์เซ็นต์ต้นข้าวเฉลี่ยต่ำและข้าวหักเฉลี่ยสูง แต่พบปริมาณสารสกัดแอนโทไซยานินสูงกว่าข้าวที่ผ่านการนึ่ง ส่วนข้าวที่ผ่านการนึ่งที่อุณหภูมิ 100°C นาน 15 และ 30 นาที มีเปอร์เซ็นต์ต้นข้าวเฉลี่ยสูงและข้าวหักต่ำ แต่พบปริมาณสารสกัดแอนโทไซยานินต่ำกว่ากว่าข้าวที่ผ่านการอบ

คำขอบคุณ

ขอขอบคุณห้องปฏิบัติการเมล็ดพันธุ์ สาขาพืชไร่ คณะเกษตรศาสตร์และสถาบันวิจัยเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยว/ศูนย์นวัตกรรมเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยว มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

เอกสารอ้างอิง

พิมพ์เพ็ญ พรเฉลิมพงศ์ และ นิธิยา รัตนาปนนท์. 2557. การเจลาติไนซ์ (Gelatinization). [ระบบออนไลน์]. แหล่งที่มา: http://www.foodnetworksolution.com/wiki/word/0350/gelatinization. (29 มกราคม 2559).

Akama, K., K. Junko. S. Shunsuke. K. Kouhei. T. Satoru and T. Fumio. 2009. Seed specific expression of truncated OsGAD2 produces GABA-enriched rice grains that influence a decrease in blood pressure in spontaneously hypertensive rats. Transgenic Research 8: 865-876.

Giusti, M.M. and R.E. Wrolstad. 2001. Characterization and measurement of anthocyanin by UV-visible spectroscopy. R.E. Wrolstad (ed.). Current Protocols in Food Analytical Chemistry, Wiley, New York. Unit. F1.2.1-1.2.13.

Komatsuzaki, N., K. Tsukahara, H. Toyoshima, T. Suzuki, N. Shimizu and T. Kimura. 2007. Effect of soaking and gaseous treatment on GABA content in germinated brown rice. Journal of Food Engineering 78: 556-560.

Sikorski, Z.E. 2007. Chemical and functional properties of food components. 2nd ed. Boca Raton, FL, CRC Press 260-265.

Soria, A.C. and M. Villamiel. 2010. Effect of ultrasound on the technological properties, bioactivity of food: a review. Trends Food Science Technology 21:323-331.