

ห้องสมุดงานวิจัย สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ



208846



การเปลี่ยนแปลงปริมาณแกมมาโอไรซานอล แอนโทไซยานิน และกิจกรรม
การต้านออกซิเดชั่นของข้าวไม่ขัดสีระหว่างการแช่ที่อุณหภูมิสูง
QUANTITATIVE CHANGES OF γ -ORYZANOL, ANTHOCYANINS AND
ANTIOXIDANT ACTIVITY OF UNPOLISHED RICE DURING
HIGH TEMPERATURE SOAKING

นางสาวพนิตตรา ชำนาญศีลปี

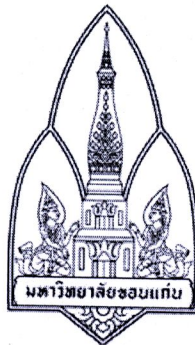
วิทยานิพนธ์ปริญญาดุษฎีศาสตรมหาบัณฑิต

มหาวิทยาลัยขอนแก่น

พ.ศ. 2554

600957200

ห้องสมุดงานวิจัย สำนักงานคณะกรรมการการวิจัยแห่งชาติ



การเปลี่ยนแปลงปริมาณแกมมาโอไรซานอล แอนโทไซยานิน และกิจกรรม
การต้านออกซิเดชันของข้าวไม่ขัดสีระหว่างการแช่ที่อุณหภูมิสูง
QUANTITATIVE CHANGES OF γ -ORYZANOL, ANTHOCYANINS AND
ANTIOXIDANT ACTIVITY OF UNPOLISHED RICE DURING
HIGH TEMPERATURE SOAKING



นางสาวพนิตตรา ชำนาญศิลป์

วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต

มหาวิทยาลัยขอนแก่น

พ.ศ. 2554

การเปลี่ยนแปลงปริมาณแกมมาไฮโรซานอล แอนโธไซยานิน และกิจกรรม
การต้านออกซิเดชันของข้าวไม่ขัดสีระหว่างการแช่ที่อุณหภูมิสูง

นางสาวพนิตตรา ชำนาญศิลป์

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชาเทคโนโลยีการอาหาร

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยขอนแก่น

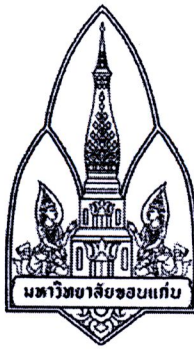
พ.ศ. 2554

**QUANTITATIVE CHANGES OF γ -ORYZANOL, ANTHOCYANINS AND
ANTIOXIDANT ACTIVITY OF UNPOLISHED RICE DURING
HIGH TEMPERATURE SOAKING**

MISS PANITTRA CHAMNARNSIN

**A THESIS SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT OF THE REQUIREMENTS
FOR THE DEGREE OF MASTER OF SCIENCE
IN FOOD TECHNOLOGY
GRADUATE SCHOOL KHON KAEN UNIVERSITY**

2011



ใบรับรองวิทยานิพนธ์
มหาวิทยาลัยขอนแก่น
หลักสูตร
วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาเทคโนโลยีการอาหาร

ชื่อวิทยานิพนธ์ : การเปลี่ยนแปลงปริมาณแกมมาโอไรซานอล แอนโทไซยานิน และ
กิจกรรมการต้านออกซิเดชันของข้าวไม่ขัดสีระหว่างการแช่ที่อุณหภูมิสูง

ชื่อผู้ทำวิทยานิพนธ์ : นางสาวพนิดตรา ชำนาญศิลป์

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ รองศาสตราจารย์ ดร.บวรศักดิ์ ถิ่นนนท์ ประธานกรรมการ
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.อารยา อารมณฺ์ฤทธิ์ กรรมการ
รองศาสตราจารย์ วรณัฐ ศรีเกษมราษฎร์ กรรมการ
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ชัยรัตน์ ตั้งดวงดี กรรมการ

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ :

..... อาจารย์ที่ปรึกษา
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.อารยา อารมณฺ์ฤทธิ์)

.....
(รองศาสตราจารย์ ดร. ลำปาง แม่นมาคย์)
คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

.....
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. เกษม นันทชัย)
คณบดีคณะเทคโนโลยี

ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยขอนแก่น

พนิตตรา ชำนาญศิลป์. 2554. การเปลี่ยนแปลงปริมาณแกมมาโอโรซานอล แอนโทไซยานิน และกิจกรรมการต้านออกซิเดชันของข้าวไม่ขัดสีระหว่างการแช่ที่อุณหภูมิสูง. วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีการอาหาร บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยขอนแก่น.
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ : ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.อารยา อารมณฤทธิ

บทคัดย่อ

208846

ข้าวไม่ขัดสี (ข้าวกล้อง) มีองค์ประกอบสำคัญที่มีคุณสมบัติเป็นสารอาหารเพื่อสุขภาพเช่น สารแกมมาโอโรซานอลและสารแอนโทไซยานิน คนไทยบริโภคข้าวในรูปข้าวหุงสุกทั้งเมล็ด ดังนั้นการให้ความร้อนเพื่อทำให้ข้าวสุกอาจส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงสารสำคัญในเมล็ดข้าวเป็นผลทำให้ประโยชน์ที่จะได้รับจากสารสำคัญที่มีอยู่ในเมล็ดข้าวลดลง ดังนั้นในงานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของอุณหภูมิและระยะเวลาต่อการเปลี่ยนแปลงปริมาณแกมมาโอโรซานอล แอนโทไซยานิน ระดับการสุกและกิจกรรมการต้านออกซิเดชันในข้าวที่ไม่ขัดสี 4 สายพันธุ์ ได้แก่ ข้าวเจ้า 2 สายพันธุ์ (หอมมะลิแดง หอมนิล) และข้าวเหนียว 2 สายพันธุ์ (KKU-GL-BL 06-043 และ KGU-GL-BL 05-003) ผลการตรวจวิเคราะห์คุณสมบัติเบื้องต้นของข้าวไม่ขัดสีที่ยังไม่ผ่านการแช่ พบว่า ข้าวเหนียวมีปริมาณแกมมาโอโรซานอลและปริมาณแอนโทไซยานินสูงกว่ากลุ่มของข้าวเจ้า โดยพบว่าในกลุ่มข้าวเหนียว คือ ข้าวเหนียวพันธุ์ KGU-GL-BL 05-003 มีปริมาณแกมมาโอโรซานอลสูงสุด (12.09 mg/100 g_{db}) และในกลุ่มข้าวเจ้าคือ ข้าวพันธุ์หอมนิล (10.03 mg/100 g_{db}) ปริมาณแอนโทไซยานินสูงสุดพบในข้าวเหนียวพันธุ์ KGU-GL-BL 06-043 (273.72 mg/100 g_{db}) และในกลุ่มข้าวเจ้าคือ ข้าวพันธุ์หอมนิล (60.19 mg/100 g_{db}) ปริมาณฟีนอลิกทั้งหมดสูงสุดพบใน ข้าวพันธุ์หอมมะลิแดง (21.10 mg gallic acid/100 g_{db}) รองลงมาคือ ข้าวพันธุ์ KGU-GL-BL 06-043 (11.41 mg gallic acid/100 g_{db}) ข้าวพันธุ์ KGU-GL-BL 05-003 (6.82 mg gallic acid/100 g_{db}) และข้าวหอมนิล (4.42 mg gallic acid/100 g_{db}) ตามลำดับ ค่ากิจกรรมการต้านออกซิเดชันสูงสุดพบในข้าวพันธุ์หอมมะลิแดง (39.23 mg trolox/100 g_{db}) รองลงมาคือ ข้าวพันธุ์ KGU-GL-BL 06-043 (15.94 mg trolox/100 g_{db}) ข้าวพันธุ์ KGU-GL-BL 05-003 (8.01 mg trolox/100 g_{db}) และข้าวหอมนิล (3.89 mg trolox/100 g_{db}) ตามลำดับ เมื่อนำข้าวทั้ง 4 สายพันธุ์ ไปแช่ที่อุณหภูมิและเวลาต่างๆ โดยใช้อัตราส่วนของข้าวต่อน้ำระหว่างการแช่เป็น 1:5 ผลการศึกษาพบว่า อุณหภูมิ (65, 75, 85 และ 95 °ซ) และเวลา (30, 45, 60, 75, 90, 105 และ 120 นาที) ในการแช่ข้าวมีผลต่อการเพิ่มขึ้นของปริมาณแกมมาโอโรซานอลในเมล็ดข้าวไม่ขัดสีทั้ง 4 สายพันธุ์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p<0.05) ค่าอัตราการเปลี่ยนแปลงของปริมาณแกมมาโอโรซานอล (k) ในระหว่างการแช่ข้าวที่อุณหภูมิ 95 °ซ นาน 30-120 นาที ของข้าวพันธุ์หอมนิล มีค่าสูงที่สุด (k=0.0071 mg ml⁻¹ min⁻¹) รองลงมาคือ หอมมะลิแดง (k=0.0044 mg ml⁻¹ min⁻¹) KGU-GL-BL 05-003 (k=0.0041 mg ml⁻¹ min⁻¹) และ KGU-GL-BL 06-043 (k=0.0032 mg ml⁻¹ min⁻¹) ตามลำดับ สำหรับค่าพลังงานก่อกัมมันต์ (E_a) ในช่วงอุณหภูมิการแช่ 65- 95 °ซ พบว่า ข้าวพันธุ์หอมนิลมีค่าต่ำที่สุด (E_a = 13.08 kJmol⁻¹) และที่สภาวะการแช่เมล็ดข้าวที่อุณหภูมิ 95 °ซ นาน 120 นาที ปริมาณแกมมาโอโรซานอลที่ตรวจพบในข้าวพันธุ์หอมมะลิแดง หอมนิล ข้าวพันธุ์ KGU-GL-BL 06-043 และ KGU-GL-BL 05-003 มีค่าเท่ากับ 17.81, 6.16, 19.40 และ 12.88 mg/100 g_{db} ตามลำดับ การแช่ข้าวที่ อุณหภูมิ (28-95°ซ) และเวลา (30-120 นาที) ต่างๆมีผลต่อการลดลงของปริมาณแอนโทไซยานินในเมล็ดข้าวไม่ขัดสีทั้ง 4

208846

สายพันธุ์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) ปริมาณแอนโทไซยานินคงอยู่ในเมล็ดข้าวพันธุ์หอมมะลิแดง หอมนิล KKU-GL-BL 06-043 และ KKU-GL-BL 05-003 หลังผ่านการแช่ข้าวที่อุณหภูมิ 28 °ซ (อุณหภูมิห้อง) นาน 120 นาที มีค่า 1.74, 3.67, 61.34 และ 19.34 mg/100 g_{db} ตามลำดับ และที่สภาวะการแช่ข้าวที่อุณหภูมิสูงสุด (95 °ซ) นาน 120 นาที เมล็ดข้าวมีปริมาณแอนโทไซยานินเท่ากับ 0.03, 0.31, 12.14 และ 4.70 mg/100 g_{db} ตามลำดับ และพบว่าข้าวพันธุ์ KKU-GL-BL 06-043 มีปริมาณแอนโทไซยานินที่คงเหลือในเมล็ดมากที่สุด คือ 61.34 mg/100 g_{db} และ 12.14 mg/100 g_{db} ที่สภาวะการแช่ที่อุณหภูมิ 28 °ซ และ 95 °ซ (นาน 120 นาที) สภาวะการแช่ข้าวที่อุณหภูมิ 95 °ซ นาน 45 นาที สามารถทำให้ข้าวพันธุ์หอมมะลิแดง หอมนิล และ KKU-GL-BL 05-003 มีระดับการสุก 100% และพบว่าข้าวพันธุ์หอมมะลิแดงสุกมีปริมาณสารแกมมาโอไรซานอลคงอยู่ในเมล็ดเท่ากับ 10.41 mg/100 g_{db} ปริมาณแอนโทไซยานินเท่ากับ 0.40 mg/100 g_{db} และค่ากิจกรรมการต้านออกซิเดชันเท่ากับ 1.10 mg trolox/100 g_{db} ในข้าวพันธุ์หอมนิลสุกมีปริมาณสารแกมมาโอไรซานอลคงอยู่ในเมล็ดเท่ากับ 14.73 mg/100 g_{db} ปริมาณแอนโทไซยานินเท่ากับ 0.67 mg/100 g_{db} และค่ากิจกรรมการต้านออกซิเดชันเท่ากับ 0.55 mg trolox/100 g_{db} และในข้าวพันธุ์ KKU-GL-BL 05-003 มีปริมาณสารแกมมาโอไรซานอลคงอยู่ในเมล็ดเท่ากับ 14.75 mg/100 g_{db} ปริมาณแอนโทไซยานินที่คงอยู่ในเมล็ดเท่ากับ 7.56 mg/100 g_{db} และกิจกรรมการต้านออกซิเดชันที่คงอยู่ในเมล็ดเท่ากับ 1.08 mg trolox/100 g_{db} สำหรับข้าวพันธุ์ KKU-GL-BL06-043 สามารถทำให้สุกทั้งเมล็ด ต้องผ่านการแช่ที่ 95 °ซ นาน 60 นาที พบว่า มีปริมาณสารแกมมาโอไรซานอลคงอยู่ในเมล็ดเท่ากับ 14.13 mg/100 g_{db} ปริมาณแอนโทไซยานินเท่ากับ 16.05 mg/100 g_{db} และค่ากิจกรรมการต้านออกซิเดชันเท่ากับ 1.67 mg trolox/100 g_{db}

Panittra Chamnarnsin. 2011. **Quantitative Changes of γ -Oryzanol, Anthocyanins and Antioxidant Activity of Unpolished Rice during High Temperature Soaking.** Master of Science Thesis in Food Technology, Graduate School, Khon Kaen University.

Thesis Advisor : Assistant Professor Dr. Araya Ahromrit

ABSTRACT

208846

Unpolished rice (brown rice) is a major source of bioactive compounds such as gamma-oryzanol and anthocyanins. Thai people consume cooked rice in form of whole grains. To cook the whole grains by heating process may influence changes of the bioactive compounds in the rice, and thus the benefit obtaining from consumption of the cooked rice may decrease. Therefore, in this work, the aim is to study changes of gamma-oryzanol content, anthocyanins content, degree of gelatinization and antioxidant activity of unpolished rice during high temperature soaking. 4 varieties of rice studied were 2 non-glutinous rice varieties (Hom Mali Dang and Hom Nin) and 2 glutinous rice varieties (KKU-GL-BL 06-043 and KKU-GL-BL 05-003). Qualities of unpolished rice before high temperature soaking showed that glutinous rice varieties had higher gamma-oryzanol and anthocyanins contents than non-glutinous rice varieties. The highest gamma-oryzanol contents of KKU-GL-BL 05-003 and Hom Nin were 12.09 mg/100 g_{db} and 10.03 mg/100 g_{db}, respectively. In addition, the highest anthocyanins contents were found about 273.72 mg/100 g_{db} in KKU-GL-BL 06-043 as well as 60.19 mg/100 g_{db} in Hom Nin. Total phenolic contents of Hom Mali Dang, KKU-GL-BL 06-043, KKU-GL-BL 05-003 and Hom Nin were 21.10, 11.41, 6.82 and 4.42 mg gallic acid/100 g_{db}, respectively. Antioxidant activities of Hom Mali Dang, KKU-GL-BL 06-043, KKU-GL-BL 05-003 and Hom Nin were 39.23, 15.94, 8.01 and 3.89 mg trolox/100 g_{db}, respectively. 4 rice varieties were heated at 65 75 85 and 95 °C for 30-120 minutes. Ratio of rice and water used were 1:5 during high soaking temperature. The results showed that soaking temperatures and times influenced on increase of gamma-oryzanol contents in all rice varieties ($p \leq 0.05$). At 95°C for 30-120 minutes, the highest rate constant (k) of gamma-oryzanol increasing ratios was observed to be 0.0071 mg ml⁻¹min⁻¹ in Hom Nin. Moreover, the rate constant values dropped progressively in Hom Mali Dang ($k = 0.0044$ mg ml⁻¹min⁻¹), KKU-GL-BL 05-003 ($k = 0.0041$ mg ml⁻¹min⁻¹) and KKU-GL-BL 06-043 ($k = 0.0032$ mg ml⁻¹min⁻¹), respectively. The activation energy (E_a) of Hom Nin was found to take the lowest value: 13.08 kJmol⁻¹. Gamma-oryzanol contents of Hom Mali Dang, Hom Nin, KKU-GL-BL 06-043 and KKU-GL-BL 05-003 were 17.81, 6.16, 19.40 and 12.88 mg/100 g_{db}, respectively after soaking at 95°C for 120 minutes. The results showed that decreasing anthocyanin contents of soaked grains at any time depended on the temperature ($p \leq 0.05$). Anthocyanins contents of Hom Mali Dang, Hom Nin, KKU-GL-BL 06-043 and KKU-GL-BL 05-003 were 1.74, 3.67, 61.34 and 19.34 mg/100 g_{db}, respectively after soaking at 28°C for 120 minutes, and there were 0.03, 0.31, 12.14 and 4.70 mg/100 g_{db}, respectively after soaking at 95°C for 120 minutes. It was clear that the

208846

highest retention of anthocyanins content of KKU-GL-BL 06-043 soaked for 120 minutes at 28°C and 95°C was revealed 61.34 and 12.14 mg/100 g_{db}, respectively. When gelatinization was observed to occur, its degree was to increase with soaking time. The gelatinizations of Hom Mali Dang, Hom Nin and KKU-GL-BL 05-003 were completed at 95°C for 45 minutes while KKU-GL-BL 06-043 variety was needed for 60 minutes. The retentions of gamma-oryzanol, anthocyanins and antioxidant activity of cooked Hom Mali Dang were revealed 10.41 mg/100 g_{db}, 0.40 mg/100 g_{db} and 1.10 mg trolox/100 g_{db}, respectively. For cooked Hom Nin, the retentions of gamma-oryzanol, anthocyanins and antioxidant activity were revealed 14.73 mg/100 g_{db}, 0.67 mg/100 g_{db} and 0.55 mg trolox/100 g_{db}, respectively. For cooked KKU-GL-BL 05-003, the retentions of gamma-oryzanol, anthocyanins and antioxidant activity were revealed 14.75 mg/100 g_{db}, 7.56 mg/100 g_{db} and 1.08 mg trolox/100 g_{db}, respectively. For cooked KKU-GL-BL 06-043, the retentions of gamma-oryzanol, anthocyanins and antioxidant activity were revealed 14.13 mg/100 g_{db}, 16.05 mg/100 g_{db} and 1.67 mg trolox/100 g_{db}, respectively.

งานวิทยานิพนธ์นี้มอบส่วนดีแด่บุพการีและคณาจารย์

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี ผู้จัดทำต้องขอกราบขอบพระคุณ ผศ.ดร.อารยา อารมณฤทธิ์ อาจารย์ที่ปรึกษางานวิจัยที่กรุณาสละเวลาให้คำปรึกษาและให้คำแนะนำทางวิชาการ ตลอดจนตรวจทานแก้ไข วิทยานิพนธ์ฉบับนี้ กระทั่งรวบรวมมาเป็นวิทยานิพนธ์ฉบับที่สมบูรณ์ และขอกราบขอบพระคุณคณาจารย์ ภาควิชาเทคโนโลยีอาหารทุกท่าน ที่ประสิทธิ์ประสาทวิชาและอบรมสั่งสอนระหว่างการศึกษา

ขอกราบขอบพระคุณ รศ.ดร.บวรศักดิ์ ลีนานนท์ รศ. วรณัฐ ศรีเกษฎาภิรักษ์ ผศ.ดร.ชัยรัตน์ ตั้งดวงดี ที่กรุณาให้ข้อชี้แนะในการแก้ไขวิทยานิพนธ์ รวมทั้งเป็นกรรมการในการสอบวิทยานิพนธ์

ขอขอบคุณภาควิชาเทคโนโลยีอาหาร ที่ช่วยสนับสนุนอุปกรณ์ เครื่องมือ และสถานที่ในการวิจัย ขอขอบคุณนักวิทยาศาสตร์และเจ้าหน้าที่ทุกท่านที่ให้ความช่วยเหลือในงานวิจัยเป็นอย่างดี

ขอขอบคุณมหาวิทยาลัยขอนแก่นที่สนับสนุนทุนอุดหนุนการวิจัย หมวดเงินอุดหนุนทั่วไป ประจำปีงบประมาณ 2553 และศูนย์นวัตกรรมเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยว : หน่วยงานร่วมมหาวิทยาลัยขอนแก่น ที่ให้การสนับสนุนการวิจัยครั้งนี้

สุดท้ายขอขอบพระคุณ บิดา มารดา และพี่สาว สำหรับความรัก ความเอาใจใส่ กำลังใจ ขอบขอบคุณเพื่อนๆ พี่ๆ น้องๆ ทุกคน ที่ให้การสนับสนุน ให้กำลังใจและความช่วยเหลือผู้วิจัยเป็นอย่างดีตลอดมา

พนิตตรา ชำนาญศิลป์

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย	ก
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	ค
คำอุทิศ	จ
กิตติกรรมประกาศ	ฉ
สารบัญตาราง	ณ
สารบัญภาพ	ด
บทที่ 1 บทนำ	
1. ที่มาและความสำคัญ	1
2. วัตถุประสงค์การวิจัย	2
3. ขอบเขตของการวิจัย	2
4. ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	3
บทที่ 2 วรรณกรรมและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	
1. ความรู้เรื่องข้าว	4
2. ความรู้ทั่วไปเกี่ยวกับเกมมาโอไรซานอล	21
3. ความรู้ทั่วไปเกี่ยวกับแอนโทไซยานิน	24
4. อนุมูลอิสระและสารต้านออกซิเดชั่น	30
บทที่ 3 วิธีดำเนินการวิจัย	
1. วัสดุ อุปกรณ์และสารเคมี	32
2. การเตรียมตัวอย่างข้าวไม่ขัดสี	35
3. วิธีการดำเนินการวิจัย	36
4. การวิเคราะห์ข้อมูล	39
5. สถานที่ทำการวิจัย	39
บทที่ 4 ผลการวิจัยและอภิปรายผล	
1. ผลการศึกษาคุณภาพเบื้องต้นของเมล็ดข้าวไม่ขัดสี	40
2. ผลการศึกษาผลของอุณหภูมิและระยะเวลาต่อการเปลี่ยนแปลงปริมาณ เกมมาโอไรซานอลในข้าวไม่ขัดสี	50
3. ผลการศึกษาผลของอุณหภูมิและระยะเวลาต่อการเปลี่ยนแปลงปริมาณ แอนโทไซยานินในเมล็ดข้าวไม่ขัดสี	59

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
4. ผลการศึกษาผลของระยะเวลาในการให้ความร้อนที่อุณหภูมิ 95 °ซ	63
ต่อระดับการสุกและกิจกรรมการต้านออกซิเดชันของเมล็ดข้าวไม่ขัดสี	
บทที่ 5 สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ	
1. การศึกษาคุณภาพเบื้องต้นของเมล็ดข้าวไม่ขัดสี	69
2. การศึกษาผลของอุณหภูมิและระยะเวลาต่อการเปลี่ยนแปลงปริมาณ	70
แกมมาโอไรซานอลในข้าว ไม่ขัดสี	
3. การศึกษาผลของอุณหภูมิและระยะเวลาต่อการเปลี่ยนแปลงปริมาณ	70
แอนโทไซยานินในเมล็ดข้าวไม่ขัดสี	
4. การศึกษาผลของระยะเวลาในการให้ความร้อนข้าวที่อุณหภูมิ 95 °ซ	71
ต่อระดับการสุกและกิจกรรมการต้านออกซิเดชันของเมล็ดข้าวไม่ขัดสี	
5. ข้อเสนอแนะ	72
เอกสารอ้างอิง	73
ภาคผนวก	
ภาคผนวก ก วิธีการวิเคราะห์คุณสมบัติทางกายภาพและเคมีของข้าวไม่ขัดสี	80
ภาคผนวก ข ผลการวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ	98
ประวัติผู้เขียน	121

สารบัญตาราง

	หน้า
ตารางที่ 1	ลักษณะความแตกต่างระหว่าง <i>indica</i> , <i>japonica</i> และ <i>javanica</i> subspecies
ตารางที่ 2	องค์ประกอบต่างๆ ด้านคุณค่าทางอาหารภายในข้าวกล้อง ข้าวสาร ไร่ข้าว ไร่ละเย็ด และคัพพะ ในส่วนที่รับประทานได้ 100 กรัม
ตารางที่ 3	องค์ประกอบทางเคมีต่อน้ำหนักข้าวดิบ 100 กรัม ของข้าวมันปู ข้าวหอมมะลิ ข้าวเหนียวขาวและข้าว เหนียวดำ
ตารางที่ 4	รูปร่างเมล็ดข้าวจำแนกโดยใช้อัตราส่วนความยาว/ความกว้าง
ตารางที่ 5	ขนาดของเมล็ดข้าวจำแนกตามความยาว
ตารางที่ 6	การเปรียบเทียบขนาดและรูปร่างของข้าวสาร 3 จากประเทศไทย อิตาลี และญี่ปุ่น
ตารางที่ 7	การแบ่งประเภทข้าวตามปริมาณแอมิโลสและคุณลักษณะเนื้อสัมผัสของข้าวสุก
ตารางที่ 8	คุณค่าทางโภชนาการของข้าวหอมมะลิแดง
ตารางที่ 9	ส่วนประกอบคุณค่าทางอาหารของข้าวเหนียวดำ
ตารางที่ 10	ปริมาณไขมัน แกมมาโอไรซานอลและวิตามินอีในข้าวไทยพันธุ์ต่างๆ
ตารางที่ 11	ปริมาณแกมมาโอไรซานอลจากวัตถุดิบต่างๆ
ตารางที่ 12	ปริมาณแอนโทไซยานินจากวัตถุดิบต่างๆ
ตารางที่ 13	รูปร่างของเมล็ดข้าวซึ่งคำนวณจากอัตราส่วนระหว่างความยาวต่อความกว้าง
ตารางที่ 14	ขนาด รูปร่างเมล็ดและน้ำหนัก 100 เมล็ด ของเมล็ดข้าวไม่ขัดสี 4 สายพันธุ์
ตารางที่ 15	ค่า L^* , a^* , b^* และ h° ของข้าวไม่ขัดสี 4 สายพันธุ์ และข้าวพันธุ์ กข 6 แพร่ และต้นป่าตอง 1
ตารางที่ 16	การเปลี่ยนแปลงความหนืดของน้ำแป้งจากข้าวทั้ง 4 สายพันธุ์
ตารางที่ 17	คุณสมบัติทางเคมีของข้าวไม่ขัดสี 4 สายพันธุ์
ตารางที่ 18	ปริมาณแกมมาโอไรซานอลเฉลี่ย (mg/100 g _{db}) ที่คงอยู่ในเมล็ดข้าวไม่ขัดสี 4 สายพันธุ์ หลังจากผ่านการแช่ที่อุณหภูมิและเวลาต่างๆ
ตารางที่ 19	อัตราการเปลี่ยนแปลงปริมาณแกมมาโอไรซานอล (mg ml ⁻¹ min ⁻¹) ของข้าวไม่ขัด สี 4 สายพันธุ์ ซึ่งผ่านการแช่ที่อุณหภูมิ 65, 75, 85 และ 95 °ซ นาน 30-120 นาที
ตารางที่ 20	ค่าพลังงานก่อกัมมันต์ หรือ E_a (kJ mol ⁻¹) ของข้าวไม่ขัดสี 4 สายพันธุ์ ที่ผ่านการแช่ในช่วงอุณหภูมิ 65-95 °ซ นาน 30-120 นาที
ตารางที่ 21	ปริมาณแอนโทไซยานิน (mg/100 g _{db}) ที่คงอยู่ในเมล็ดข้าวไม่ขัดสี 4 สายพันธุ์ หลังจากผ่านการแช่ที่อุณหภูมิและเวลาต่างๆ

สารบัญตาราง (ต่อ)

	หน้า
ตารางที่ 22 ร้อยละการสูญเสียของแอนโทไซยานินในข้าวไม่ขัดสี 4 สายพันธุ์ หลังจากผ่าน การแช่ที่อุณหภูมิและเวลาต่างๆ	61
ตารางที่ 23 ค่าเอนทัลปี (ΔH , J/g) อุณหภูมิเริ่มเปลี่ยนแปลง (onset, T_o) อุณหภูมิของการ เปลี่ยนแปลงสูงสุด (peak, T_p) และอุณหภูมิสุดท้าย (end, T_e) ของข้าวไม่ขัดสี 4 สายพันธุ์ ที่ไม่ผ่านการให้ความร้อน	64
ตารางที่ 24 ร้อยละระดับการสุก (% gelatinization) ค่าเอนทัลปี (ΔH , J/g) อุณหภูมิเริ่ม เปลี่ยนแปลง (onset, T_o) อุณหภูมิของการเปลี่ยนแปลงสูงสุด (peak, T_p) และ อุณหภูมิสุดท้าย (end, T_e) ของข้าวไม่ขัดสี 4 สายพันธุ์ ที่อุณหภูมิ 95 °ซ นาน 30 นาที	64
ตารางที่ 25 กิจกรรมการต้านออกซิเดชัน (mg trolox/100 g _{db}) ของข้าวไม่ขัดสี 4 สายพันธุ์ ที่ไม่ผ่านการให้ความร้อนและผ่านการให้ความร้อนที่อุณหภูมิ 95 °ซ เวลา 30-120 นาที	67
ตารางที่ 26 แสดงระดับความเข้มข้นของแอมิโลสและแอมิโลเพคตินสำหรับกราฟมาตรฐาน	90
ตารางที่ 27 ความเข้มข้นของสารมาตรฐานแกมมาโอไรซานอลในสารละลายเอทานอล	96
ตารางที่ 28 ปริมาณแกมมาโอไรซานอลในเอทานอลเมื่อใช้ตัวอย่างข้าว 0.5 กรัมต่อเอทานอล 5 ml (V_1) และ 10 ml (V_2)	97
ตารางที่ 29 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของความกว้างของข้าวไม่ขัดสี 4 สายพันธุ์	99
ตารางที่ 30 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของความยาวของข้าวไม่ขัดสี 4 สายพันธุ์	99
ตารางที่ 31 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของความหนาของข้าวไม่ขัดสี 4 สายพันธุ์	99
ตารางที่ 32 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของน้ำหนัก 100 เมล็ด ของข้าวไม่ขัดสี 4 สายพันธุ์	100
ตารางที่ 33 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่าสี L* ของข้าวไม่ขัดสี 4 สายพันธุ์	100
ตารางที่ 34 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่าสี a* ของข้าวไม่ขัดสี 4 สายพันธุ์	100
ตารางที่ 35 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่าสี b* ของข้าวไม่ขัดสี 4 สายพันธุ์	101
ตารางที่ 36 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่าความหนืดสูงสุด (peak viscosity) ของข้าวไม่ขัดสี 4 สายพันธุ์	101
ตารางที่ 37 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่าเบรกดาวน์ (breakdown) ของข้าวไม่ขัดสี 4 สายพันธุ์	101

สารบัญตาราง (ต่อ)

	หน้า
ตารางที่ 38 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่าความหนืดสุดท้าย (final viscosity) ของข้าวไม่ขัดสี 4 สายพันธุ์	102
ตารางที่ 39 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่าความแตกต่างระหว่างความหนืดสุดท้าย กับค่าความหนืดที่ต่ำสุดหรือค่าการคืนตัว (Setback) ของข้าวไม่ขัดสี 4 สายพันธุ์	102
ตารางที่ 40 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของอุณหภูมิเริ่มเกิดความหนืด (pasting temperature) ของข้าวไม่ขัดสี 4 สายพันธุ์	102
ตารางที่ 41 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของความชื้น (โดยน้ำหนักแห้ง) ของข้าว ไม่ขัดสี 4 สายพันธุ์	103
ตารางที่ 42 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของร้อยละปริมาณโปรตีนของข้าวไม่ขัดสี 4 สายพันธุ์	103
ตารางที่ 43 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของร้อยละปริมาณเส้นใย ของข้าวไม่ขัดสี 4 สายพันธุ์	103
ตารางที่ 44 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของร้อยละปริมาณไขมันของข้าวไม่ขัดสี 4 สายพันธุ์	104
ตารางที่ 45 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของร้อยละปริมาณเถ้าของข้าวไม่ขัดสี 4 สายพันธุ์	104
ตารางที่ 46 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของร้อยละปริมาณแอมิโลสของข้าวไม่ขัดสี 4 สายพันธุ์	104
ตารางที่ 47 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของปริมาณฟีนอลิกทั้งหมดของข้าวไม่ขัดสี 4 สายพันธุ์	105
ตารางที่ 48 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของปริมาณแกมมาโอไรซานอลในข้าว ไม่ขัดสีที่ยังไม่ผ่านการแช่ 4 สายพันธุ์	105
ตารางที่ 49 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของปริมาณแอนโทไซยานินในข้าวไม่ขัดสี ที่ยังไม่ผ่านการแช่ 4 สายพันธุ์	105
ตารางที่ 50 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของกิจกรรมการต้านออกซิเดชันในข้าว ไม่ขัดสีที่ยังไม่ผ่านการแช่ 4 สายพันธุ์	106
ตารางที่ 51 ปริมาณของแข็งทั้งหมดในน้ำแช่ของข้าวไม่ขัดสี 4 สายพันธุ์หลังผ่านการแช่ที่ อุณหภูมิและเวลาต่างๆ	106

สารบัญตาราง (ต่อ)

	หน้า
ตารางที่ 52 ปริมาณแกมมาไอโซซานอลเจลิย (mg/100 g _{db}) ที่คงอยู่ในเมล็ดข้าวพันธุ์หอมมะลิแดงหลังจากผ่านการแช่ที่อุณหภูมิและเวลาต่างๆ	108
ตารางที่ 53 ปริมาณแกมมาไอโซซานอลเจลิย (mg/100 g _{db}) ที่คงอยู่ในข้าวพันธุ์หอมนิลหลังจากผ่านการแช่ที่อุณหภูมิและเวลาต่างๆ	108
ตารางที่ 54 ปริมาณแกมมาไอโซซานอลเจลิย (mg/100 g _{db}) ที่คงอยู่ในเมล็ดข้าวพันธุ์ KKU-GL-BL 06-043 หลังจากผ่านการแช่ที่อุณหภูมิและเวลาต่างๆ	109
ตารางที่ 55 ปริมาณแกมมาไอโซซานอลเจลิย (mg/100 g _{db}) ที่คงอยู่ในเมล็ดข้าวพันธุ์ KKU-GL-BL 05-003 หลังจากผ่านการแช่ที่อุณหภูมิและเวลาต่างๆ	109
ตารางที่ 56 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของปริมาณแกมมาไอโซซานอลในข้าวพันธุ์หอมมะลิแดงหลังจากผ่านการแช่ที่อุณหภูมิ 65, 75, 85 และ 95 °ซ เป็นระยะเวลานาน 30, 45, 60, 75, 90, 105 และ 120 นาที	110
ตารางที่ 57 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของปริมาณแกมมาไอโซซานอลในข้าวพันธุ์หอมนิลหลังจากผ่านการแช่ที่อุณหภูมิ 65, 75, 85 และ 95 °ซ เป็นระยะเวลานาน 30, 45, 60, 75, 90, 105 และ 120 นาที	110
ตารางที่ 58 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของปริมาณแกมมาไอโซซานอลในข้าวพันธุ์ KKU-GL-BL 06-043 หลังจากผ่านการแช่ที่อุณหภูมิ 65, 75, 85 และ 95 °ซ เป็นระยะเวลานาน 30, 45, 60, 75, 90, 105 และ 120 นาที	111
ตารางที่ 59 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของปริมาณแกมมาไอโซซานอลในข้าวพันธุ์ KKU-GL-BL 05-003 หลังจากผ่านการแช่ที่อุณหภูมิ 65, 75, 85 และ 95 °ซ เป็นระยะเวลานาน 30, 45, 60, 75, 90, 105 และ 120 นาที	111
ตารางที่ 60 ปริมาณแอนโรไซยานิน (mg/100 g _{db}) ในข้าวหอมมะลิแดง หลังจากผ่านการแช่ที่อุณหภูมิ (28±1), 65, 75, 85 และ 95 °ซ และนาน 30-120 นาที	112
ตารางที่ 61 ปริมาณแอนโรไซยานิน (mg/100 g _{db}) ในข้าวหอมนิลหลังจากผ่านการแช่ที่อุณหภูมิ (28±1), 65, 75, 85 และ 95 °ซ และนาน 30-120 นาที	112
ตารางที่ 62 ปริมาณแอนโรไซยานิน (mg/100 g _{db}) ในข้าว KKU-GL-BL 06-043 หลังจากผ่านการแช่ที่อุณหภูมิ (28±1), 65, 75, 85 และ 95 °ซ และนาน 30-120 นาที	113
ตารางที่ 63 ปริมาณแอนโรไซยานิน (mg/100 g _{db}) ในข้าว KKU-GL-BL 05-003 หลังจากผ่านการแช่ที่อุณหภูมิ (28±1), 65, 75, 85 และ 95 °ซ และนาน 30-120 นาที	113

สารบัญตาราง (ต่อ)

	หน้า
ตารางที่ 64 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของปริมาณแอนโธไซยานิน (mg/100 g _{db}) ในข้าวหอมมะลิแดงหลังจากผ่านการแช่ที่อุณหภูมิ (28±1), 65, 75, 85 และ 95 °ซ และนาน 30-120 นาที	114
ตารางที่ 65 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของปริมาณแอนโธไซยานิน (mg/100 g _{db}) ในข้าวหอมนิลหลังจากผ่านการแช่ที่อุณหภูมิอุณหภูมิ (28±1), 65, 75, 85 และ 95 °ซ และนาน 30-120 นาที	114
ตารางที่ 66 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของปริมาณแอนโธไซยานิน (mg/100 g _{db}) ในข้าว KKU-GL-BL 06-043 หลังจากผ่านการแช่ที่อุณหภูมิ (28±1), 65, 75, 85 และ 95 °ซ และนาน 30-120 นาที	115
ตารางที่ 67 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของปริมาณแอนโธไซยานิน (mg/100 g _{db}) ในข้าว KKU-GL-BL 05-003 หลังจากผ่านการแช่ที่อุณหภูมิ (28±1), 65, 75, 85 และ 95 °ซ และนาน 30-120 นาที	115
ตารางที่ 68 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของร้อยละการสูญเสียของปริมาณแอนโธไซยานิน (เทียบกับปริมาณเริ่มต้น) ในข้าวหอมมะลิแดง หลังจากผ่านการแช่ที่อุณหภูมิ (28±1), 65, 75, 85 และ 95 °ซ และนาน 30-120 นาที	116
ตารางที่ 69 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของร้อยละการสูญเสียของปริมาณแอนโธไซยานิน (เทียบกับปริมาณเริ่มต้น) ในข้าวหอมนิลหลังจากผ่านการแช่ที่อุณหภูมิอุณหภูมิ (28±1), 65, 75, 85 และ 95 °ซ และ นาน 30-120 นาที	116
ตารางที่ 70 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของร้อยละการสูญเสียของปริมาณแอนโธไซยานิน (เทียบกับปริมาณเริ่มต้น) ในข้าว KKU-GL-BL 06-043 หลังจากผ่านการแช่ที่อุณหภูมิ (28±1), 65, 75, 85 และ 95 °ซ และนาน 30-120 นาที	117
ตารางที่ 71 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของร้อยละการสูญเสียของปริมาณแอนโธไซยานิน (เทียบกับปริมาณเริ่มต้น) ในข้าว KKU-GL-BL 05-003 หลังจากผ่านการแช่ที่อุณหภูมิ (28±1), 65, 75, 85 และ 95 °ซ และ นาน 30-120 นาที	117

สารบัญตาราง (ต่อ)

	หน้า
ตารางที่ 72 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่าเอนทัลปี (ΔH , J/g) ของข้าวไม่ขัดสี 4 สาย พันธุ์ ที่อุณหภูมิ 95 °ซ นาน 30 นาทีของข้าวไม่ขัดสี 4 สาย พันธุ์ ที่อุณหภูมิ 95 °ซ นาน 30 นาที	118
ตารางที่ 73 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของอุณหภูมิเริ่มเปลี่ยนแปลง (onset, T_o) ของข้าวไม่ขัดสี 4 สาย พันธุ์ ที่อุณหภูมิ 95 °ซ นาน 30 นาที	118
ตารางที่ 74 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของอุณหภูมิของการเปลี่ยนแปลงสูงสุด (peak, T_p) ของข้าวไม่ขัดสี 4 สาย พันธุ์ ที่อุณหภูมิ 95 °ซ นาน 30 นาที	118
ตารางที่ 75 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของอุณหภูมิสุดท้าย (end, T_e) ของข้าวไม่ขัดสี 4 สาย พันธุ์ ที่อุณหภูมิ 95 °ซ นาน 30 นาที	119
ตารางที่ 76 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของกิจกรรมการต้านออกซิเดชัน (mg trolox/100 g _{db}) ของข้าวพันธุ์หอมมะลิแดง ก่อนแช่และหลังแช่ ที่อุณหภูมิ 95 °ซ เวลา 30-120 นาที	119
ตารางที่ 77 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของกิจกรรมการต้านออกซิเดชัน (mg trolox/100 g _{db}) ของข้าวพันธุ์หอมนิล ก่อนแช่และหลังแช่ ที่อุณหภูมิ 95 °ซ เวลา 30-120 นาที	119
ตารางที่ 78 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของกิจกรรมการต้านออกซิเดชัน (mg trolox/100 g _{db}) ของข้าวพันธุ์ KKU-GL-BL 06-034 ก่อนแช่และหลังจากผ่านการแช่ที่อุณหภูมิ 95 °ซ เวลา 30-120 นาที	120
ตารางที่ 79 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของกิจกรรมการต้านออกซิเดชัน (mg trolox/100 g _{db}) ของข้าวพันธุ์ KKU-GL-BL 05-003 ก่อนแช่และหลังจากผ่านการแช่ที่อุณหภูมิ 95 °ซ เวลา 30-120 นาที	120

สารบัญภาพ

	หน้า
ภาพที่ 1 ลักษณะเปรียบเทียบรูปร่างของข้าวพันธุ์จาวานิกา อินดิกา จาปอนิกา	5
ภาพที่ 2 โครงสร้างของเมล็ดข้าว	6
ภาพที่ 3 การวัดขนาดของเมล็ดข้าวเปลือก เมื่อ W คือ ความกว้าง L คือ ความยาว T คือ ความหนา	11
ภาพที่ 4 โครงสร้างทางเคมีของแอมิโลส	16
ภาพที่ 5 โครงสร้างทางเคมีของแอมิโลเพคติน	17
ภาพที่ 6 ตัวอย่างกราฟที่ได้จากการวิเคราะห์ด้วยเครื่อง DSC	19
ภาพที่ 7 ตัวอย่างกราฟที่ได้จากการวิเคราะห์ความหนืดของแป้งด้วยเครื่อง RVA	20
ภาพที่ 8 โครงสร้างทางเคมีของแกมมาโอไรซานอล	21
ภาพที่ 9 โครงสร้างหลักของแอนโธไซยานิน	24
ภาพที่ 10 โครงสร้างแอนโธไซยานินที่พบในธรรมชาติทั้ง 6 ชนิด	25
ภาพที่ 11 โครงสร้าง 4 แบบของแอนโธไซยานินเมื่ออยู่ในสารละลายกรด	26
ภาพที่ 12 ผลของโครงสร้างของแอนโธไซยานินที่มีต่อสีแอนโธไซยานิน	28
ภาพที่ 13 การเปลี่ยนแปลงโครงสร้างของแอนโธไซยานินเมื่อ pH เปลี่ยน	29
ภาพที่ 14 ผลของออกซิเจนต่อความคงตัวของแอนโธไซยานิน	29
ภาพที่ 15 สูตร โครงสร้างของ DPPH ที่เป็นอนุมูลอิสระ (A.) และไม่เป็นอนุมูลอิสระ (B.)	31
ภาพที่ 16 กรอบแนวคิดในการดำเนินการวิจัย	35
ภาพที่ 17 ภาพถ่ายของเมล็ดข้าวไม่ขัดสี 4 สายพันธุ์	43
ภาพที่ 18 ปริมาณฟีนอลิกทั้งหมด กิจกรรมการต้านออกซิเดชัน และปริมาณแกมมาโอไรซานอลในข้าวไม่ขัดสี 4 สายพันธุ์	49
ภาพที่ 19 ปริมาณแอนโธไซยานินในข้าวไม่ขัดสี 4 สายพันธุ์	49
ภาพที่ 20 อัตราส่วนปริมาณแกมมาโอไรซานอล c/c ₁ ของข้าวพันธุ์หอมมะลิแดง หลังจากผ่านการแช่ที่อุณหภูมิและเวลาต่างๆ	53
ภาพที่ 21 อัตราส่วนปริมาณแกมมาโอไรซานอล c/c ₁ ของข้าวพันธุ์หอมนิลหลังจากผ่านการแช่ที่อุณหภูมิและเวลาต่างๆ	53
ภาพที่ 22 อัตราส่วนปริมาณแกมมาโอไรซานอล c/c ₁ ของข้าวพันธุ์ KGU-GL-BL 06-043 หลังจากผ่านการแช่ที่อุณหภูมิและเวลาต่างๆ	54
ภาพที่ 23 อัตราส่วนปริมาณแกมมาโอไรซานอล c/c ₁ ของข้าวพันธุ์ KGU-GL-BL 05-003 หลังจากผ่านการแช่ที่อุณหภูมิและเวลาต่างๆ	54

สารบัญภาพ (ต่อ)

	หน้า
ภาพที่ 24 กราฟความสัมพันธ์ระหว่าง $-\ln k$ และ $(1/T) \times 10^3 K^{-1}$ ของอัตราส่วนปริมาณ แกมมาโอไรซานอล ของข้าวพันธุ์หอมมะลิแดงในช่วงอุณหภูมิ 65-95 °ซ	56
ภาพที่ 25 กราฟความสัมพันธ์ระหว่าง $-\ln k$ และ $(1/T) \times 10^3 K^{-1}$ ของอัตราส่วนปริมาณ แกมมาโอไรซานอลของข้าวพันธุ์หอมนิลในช่วงอุณหภูมิ 65-95 °ซ	56
ภาพที่ 26 กราฟความสัมพันธ์ระหว่าง $-\ln k$ และ $(1/T) \times 10^3 K^{-1}$ ของอัตราส่วนปริมาณ แกมมาโอไรซานอลของข้าวพันธุ์ KKU GL BL 06-043 ในช่วงอุณหภูมิ 65-95 °ซ	57
ภาพที่ 27 กราฟความสัมพันธ์ระหว่าง $-\ln k$ และ $1/T \times 10^3 K^{-1}$ ของอัตราส่วนปริมาณ แกมมาโอไรซานอลของข้าวพันธุ์ KKU GL BL 05-003 ในช่วงอุณหภูมิ 65-95 °ซ	57
ภาพที่ 28 ร้อยละของระดับการสุกของข้าวมีสี 4 สายพันธุ์ ที่ 95 °ซ นาน 120 นาที	65
ภาพที่ 29 กิจกรรมการต้านออกซิเดชัน (mg trolox/100 g _{db}) ของข้าวไม่ขัดสี 4 สายพันธุ์ ที่ไม่ผ่านการให้ความร้อนและผ่านการให้ความร้อนที่อุณหภูมิ 95 °ซ เวลา 30-120 นาที	66
ภาพที่ 30 กราฟมาตรฐานแอมิโลส	91
ภาพที่ 31 กราฟมาตรฐาน gallic acid	92
ภาพที่ 32 กราฟมาตรฐาน Trolox	93
ภาพที่ 33 กราฟมาตรฐานของสารมาตรฐานแกมมาโอไรซานอลที่ละลายในเอทานอล	97