

เอกสารอ้างอิง



- กรมอนามัย กระทรวงสาธารณสุข. 2521. ตารางแสดงคุณค่าทางโภชนาการของอาหารไทย. โรงพิมพ์องค์การ
ทหารผ่านศึก. กรุงเทพฯ.
- กล้าณรงค์ ศรีรอด, เกื้อกูล ปิยะจอมขวัญ. 2546. เทคโนโลยีของแป้ง. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. กรุงเทพฯ. 303 น.
- กัญญา เชื้อพันธุ์. 2545. คุณภาพข้าวทางกายภาพ. กรมวิชาการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. 1-10 น.
- เครือวัลย์ อัดตะวิริยะสุข. 2531. คุณภาพเมล็ดข้าวทางกายภาพและมาตรฐานข้าว. ในการปรับปรุงคุณภาพข้าว
สำหรับผู้ดำเนินธุรกิจโรงสี. สถาบันวิจัยข้าว. กรมวิชาการเกษตร. กระทรวงเกษตรและสหกรณ์.
กรุงเทพฯ. 60-76 น.
- งามชื่น คงเสรี. 2547. คุณภาพและการตรวจสอบข้าวหอมมะลิไทย. กรมวิชาการเกษตร. กระทรวงเกษตรและ
สหกรณ์. กรุงเทพฯ. 134 น.
- จริงแท้ สิริพานิช. 2550. ชีววิทยาหลังการเก็บเกี่ยวและการวางของพืช ภาควิชาพืชสวน คณะเกษตรกำแพงแสน
มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. 453 น.
- จุฬาลักษณ์ ทวีบุตร. 2551. การเพิ่มการสะสมแอนโทไซยานินในรากสะสมอาหารของกวางเครือแดง (*Butea
superba* Roxb.) ด้วยเอทิลฟอนและฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระของสารสกัดกวางเครือแดง. วิทยานิพนธ์
ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีการผลิตพืช มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี. 91น.
- ชาญ มงคล. 2536. ข้าว. ตำราเอกสารวิชาการฉบับที่ 63 ภาคพัฒนาตำราและเอกสารวิชาการหน่วยศึกษานิเทศก์
กรมการฝึกหัดครู. กรุงเทพฯ. 149 น.
- ดวงกมล ถิ่นจันทร์. 2550. การพัฒนาสีธรรมชาติจากข้าวเหนียวดำ. วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต
ภาควิชาพัฒนาผลิตภัณฑ์ คณะอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. 117 น.
- ดำเนิน กาสะดี, พันทิพา พงษ์เพียจันทร์, ศันสนีย์ จำจด. 2543. รายงานการวิจัยเรื่องพันธุศาสตร์การปรับปรุงพันธุ์
และโภชนศาสตร์เกษตรของข้าวเหนียวดำ. สถาบันวิจัยและพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี
มหาวิทยาลัยเชียงใหม่. 77 น.
- ทรงศรี แก้วสุวรรณ. 2544. ไลโคปีน. ภาควิชาเภสัชเวชและเภสัชพฤกษศาสตร์ คณะเภสัชศาสตร์ มหาวิทยาลัย
สงขลานครินทร์. ค้นจาก <http://pcog.pharmacy.psu.ac.th/thi/article8-51.asp> ค้นเมื่อ มิ.ย. 11, 2553.
- ทิพวดี จิตพิศุทธิ์. 2550. การสกัดแอนโทไซยานินจากเมล็ดถั่วและประยุกต์ใช้ในอุตสาหกรรมอาหาร. ปริญญา
วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาพัฒนาผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมเกษตร ภาควิชาพัฒนาผลิตภัณฑ์. มหา
วิทยาลัยเกษตรศาสตร์. 181.
- ทิพวรรณ ยืนยงค์. 2551. ความคงตัวของแกมมา-โอริซานอลในน้ำมันรำข้าวที่อุณหภูมิสูง. วิทยานิพนธ์ปริญญา
วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต คณะวิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยศิลปากร. 58น.
- นพมาศ มนัสวรากุล. 2545. การสำรวจปริมาณแกมมาโอไรซานอลและวิตามินอีในข้าวไทยสายพันธุ์ต่างๆ.
วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี.
- นิธิยา รัตนปณนธ์. 2545. เคมีอาหาร. กรุงเทพฯ. โอเคเนสต์. 504 น.

- นิพัทธาชาติสุวรรณ, วริพัชย์ อารีกุล. 2553. พารามิเตอร์สี ปริมาณฟีนอลิกทั้งหมดและปริมาณแอนโทไซยานินในข้าวสายพันธุ์ต่างๆ. การประชุมทางวิชาการของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 48: สาขาอุตสาหกรรมเกษตร. กรุงเทพฯ. หน้า 252-260. 646 น.
- บุญหงส์ จงคิด. 2547. ข้าวและเทคโนโลยีการผลิต. ภาควิชาเทคโนโลยีการเกษตร คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์. 184 น.
- ปณิตา บุญสิทธิ, ดำเนิน กาละดี, พันทิพา พงษ์เพียจันทร์. 2549. ปริมาณแกมมาโอไรซานอลในข้าวเหนียวก่ำพื้นเมืองของไทย. ว.วทย. กษ. 37:5 (พิเศษ):191-194น.
- ประกาศกระทรวงพาณิชย์. 2540. มาตรฐานข้าวไทย. 142 หน้า
- ปาริชาติ หิรัญพงษ์, วรรณฯ ตั้งเจริญชัย. 2551. ผลของการงอกต่อปริมาณสารชีว กิจกรรม ในข้าวกล้องงอกสามสายพันธุ์. การประชุมวิชาการ วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทยครั้งที่ 34 (วทท. 34). 31 ตุลาคม – 2 พฤศจิกายน 2551. กรุงเทพฯ.
- พันทิพา พงษ์เพียจันทร์, ธวัชชัย แถวถาทำ, ดำเนิน กาละดี. 2547. ปริมาณแกมมา-โอไรซานอลในผลิตภัณฑ์จากพืชชนิดต่างๆ. วารสารเกษตร 20 (2) : 111-119 น.
- เพ็ญพรรณ จันทร์พรหม. 2550. สารต้านอนุมูลอิสระและประสิทธิภาพในการต้านอนุมูลอิสระของข้าวมีสีสายพันธุ์ต่างๆ และรำข้าว. วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต มหาวิทยาลัยมหิดล. 123หน้า.
- มลศิริ วิโรทัย. 2545. เทคโนโลยีของผลิตภัณฑ์อาหารเพื่อสุขภาพ. บริษัทพัฒนาคุณภาพวิชาการจำกัด. กรุงเทพฯ. 260 น.
- มูลนิธิข้าวไทย ในพระบรมราชูปถัมภ์. 2552. การบริโภคข้าว. ค้นจาก http://www.thairice.org/html/aboutrice/about_rice7.htm. ค้นเมื่อ ธ.ค. 24, 2552.
- ผลิตภัณฑ์ข้าวกล้องเพื่อสุขภาพโมจาโดย. 2553. ข้าวหอมนิล. ค้นจาก <http://mojadoi.com/> ค้นเมื่อ ม.ค. 21, 2554.
- ผลิตภัณฑ์ข้าวกล้องเพื่อสุขภาพโมจาโดย. 2553. ข้าวหอมมะลิแดง. ค้นจาก <http://mojadoi.com/> ค้นเมื่อ ม.ค. 21, 2554.
- ยุทธนา จันทรชารา. 2549. ผลของแสง เอทีฟอน และกรดแอบไซซิกต่อปริมาณแอนโทไซยานินและแอกทิวิตีของฟีนอลอะลานีน แอมโมเนีย-ไลเอส ในเปลือกผลมะม่วงพันธุ์มหานกระหว่างการเจริญของผล. วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตร มหาบัณฑิต สาขาวิชาชีววิทยา ภาควิชาเทคโนโลยีอาหาร มหาวิทยาลัยเชียงใหม่. 173 น.
- ยุพาพร ผลาจรศักดิ์. 2547. การสกัดและความคงตัวของแอนโทไซยานินสีที่สกัดได้จากเปลือกมังคุด. วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีอาหาร มหาวิทยาลัยศิลปากร. 103 หน้า.
- ละม้ายมาศ ยิ่งสุข. 2552. แกมมาโอไรซานอลและโทโคเฟอรอลในรำข้าวพันธุ์และพันธุ์พื้นเมืองบางพันธุ์. เอกสารประกอบการประชุมแถลงผลงานกลุ่มศูนย์วิจัยข้าวภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ประจำปี 2551. อุบลราชธานี. หน้า 138-148. 368 น.
- วราพร พงษ์ธรรวากุลพานิช. 2543. การวิเคราะห์เอกลักษณ์และปริมาณโทโคฟีรอลและโอไรซานอลในกระบวนการผลิตน้ำมันรำข้าว. วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต.

- วราภรณ์ สกลไชย. 2551. การเกิด Resistant Starch โดยการใช้กระบวนการความร้อนและการใช้ทดแทนในผลิตภัณฑ์คุกกี้. วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีการอาหาร คณะเทคโนโลยีมหาวิทยาลัยขอนแก่น. 160 น.
- วาริช ศรีละออง. 2549. รงควัตถุในข้าวมีความสำคัญอย่างไร. ค้นจาก http://www.charpa.co.th/articles/rice_pigments.asp. ค้นเมื่อ มี.ค. 4, 2554.
- วาริน แสงกิติโกมล, เทวิน เทนคำเนา, อติทยา โรจนสโรช. 2551. วารสารโภชนาการ ปีที่ 43 ฉบับที่ 2 เม.ย.- มิ.ย. 2551.
- วาสนา พลารักษ์. 2523. ข้าว. ภาควิชาพืชศาสตร์ คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น. 78น.
- วิไลลักษณ์ พละกลาง. 2541. ลักษณะประจำพันธุ์ข้าวพื้นเมืองของไทย. ศูนย์วิจัยข้าวปราจีนบุรี สถาบันวิจัยข้าว กรมวิชาการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. 473 หน้า.
- วิไลลักษณ์ สมสุติ. 2544. การปรับปรุงพันธุ์ข้าวขึ้นน้ำ. ศูนย์วิจัยข้าวปราจีนบุรี สถาบันวิจัยข้าว กรมวิชาการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. 147 น.
- สถาบันวิจัยข้าว. 2531. เอกสารแนะนำข้าวและธัญพืชเมืองหนาวพันธุ์ใหม่ เฉลิมพระเกียรติ 60 พรรษา ปี 2530 กรมวิชาการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. กรุงเทพฯ.
- สุนันทา สุขสมิตร. 2552. สข.เร่งปลูกกระแสดกไทย ไร่ใจ 3 อ. บอกลา 2 ส. ด้านโรคไม่ติดต่อเรื้อรัง. สำนักข่าว กรมประชาสัมพันธ์. ค้น จาก http://thainews.prd.go.th/view.php?m_news= 255205280139&tb =N255205 ค้นเมื่อ มี.ค. 15, 2554.
- สุพิศา สมโด. 2547. คุณลักษณะทางกายภาพและเคมีและความคงตัวของข้าวไทยที่มีสี. วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีอาหาร มหาวิทยาลัยศิลปากร. 132 น.
- สุภาณี จงดี, กฤษณา สุดทะสาร, รานี เคนเหลื่อม. 2551. โจ๊กกึ่งสำเร็จรูปจากข้าวกล้องงอก. เอกสารประกอบการประชุมวิชาการข้าวและธัญพืชเมืองหนาว ประจำปี 2551 เล่มที่ 2/2. กรุงเทพฯ. หน้า 385-397 .
- สุรัตน์ นักร้อง, พูนพิสมัย มีลาภ. 2550. คุณสมบัติทางเคมีของข้าวกล้องคอกยที่ปลูกในพื้นที่สูงภาคเหนือของประเทศไทย. เอกสารประกอบการประชุมวิชาการผลงานวิจัยของมูลนิธิโครงการหลวงฯ วันที่ 14 – 15 พฤศจิกายน 2550. หน้า 72 – 76.
- สุวลี โลวีวรรณ. 2549. อาหารด้านอนุมูลอิสระกับสุขภาพ. วารสารศูนย์บริการวิชาการ. ปีที่ 14 ฉบับที่ 3 ประจำเดือน กรกฎาคม-กันยายน 2549. 6 น.
- สุวิตร บุญปะเวช. 2531. คู่มือการเก็บข้อมูลพันธุ์ข้าว. สถาบันวิจัยข้าว กรมวิชาการเกษตร. 35 หน้า.
- แสงทิวา สุริยงค์, กนกวรรณ ศรีงาม, คำเนิน กาละดี. 2553. การเปลี่ยนแปลงปริมาณแอนโทไซยานินและคุณสมบัติการต้านอนุมูลอิสระในข้าวกำลังพันธุ์พื้นเมืองภายหลังกระบวนการแช่และการงอก. วันวิชาการ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ ครั้งที่ 6 วิถีวิจัย : นวัตกรรมเพื่อเศรษฐกิจสร้างสรรค์และความยั่งยืน 25-26 พฤศจิกายน 2553 หน้า130:172หน้า.
- สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร. 2554. สถิติการส่งออกข้าวรวม. ค้นจาก http://www.oae.go.th/oae_report/export_import/export_result.php. ค้นเมื่อ ก.พ. 7, 2554.

- อนุพงศ์ ศิริเมืองมูล, ฤดีวรรณ สุขใจ, นภาพร ศิริวัฒนาวงศ์, วชิระ จิระรัตนรังสี. 2549. ผลของการแปรรูปโดยใช้ความร้อนต่อคุณสมบัติของสารต้านอนุมูลอิสระในน้ำมันมะก้าง. เอกสารประกอบรวบรวมผลงานโครงการที่ได้รับทุน IRPUS ประจำปี 2548. กรุงเทพฯ, 2549, หน้า 352-353. 430 หน้า
- อรอนงค์ นัยวิกุล. 2547. ข้าว วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. ภาควิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร คณะอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. กรุงเทพฯ. 366 น.
- อรุณี เชื้อแก้ว. 2551. ผลของคุณสมบัติทางเคมี และเคมีกายภาพของข้าวผสมที่มีต่อคุณภาพการหุงสุกและข้าวผัดแช่เยือกแข็ง. วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีการอาหาร คณะเทคโนโลยี. มหาวิทยาลัยขอนแก่น. 160 น.
- อาทิตย์ กุคำอู, อภิชาติ เนินพลับ, สมเดช อิ่มมาก, เล็ก จันทร์เกษม. 2551. การประเมินคุณค่าทางโภชนาการในข้าวต่างสี. เอกสารประกอบการประชุมวิชาการข้าวและชัยภูมิเมืองหนาว ประจำปี 2551. ชลบุรี. 8-10 เม.ย. 2551. หน้า 336-351. 228 น.
- อาถิษฐ์ ทิพย์รัตน์, พงษ์ธร ลีละยุทธสุนทร. 2548. อิทธิพลของอุณหภูมิและความดันในการหุงข้าวหอมมะลิต่อการเปลี่ยนแปลงทางเคมีกายภาพและโครงสร้างของข้าวในระหว่างการหุง. การประชุมทางวิชาการของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 43 : สาขาสัตว สาขาอุตสาหกรรมเกษตร. กรุงเทพฯ. หน้า 379-386. 684 น.
- AACC. 1995. American Association of Cereal Chemists. Approved Methods of the AACC, 9th ed. St. Paul, Minnesota.
- Abdel-Aal ESM, Young JC, Rablski I. 2006. Anthocyanin Composition in Black, Blue, Pink, Purple, and Red Cereal Grains. J Agric Food Chem 54: 4696-4704.
- Ahromrit A. 2005. High Pressure Induced Water Absorption Characteristics of Thai Glutinous Rice. Ph.D. Thesis. The University of Reading, UK
- Ahromrit A, Ledward DA, Niranjana K. 2007. Kinetics of high pressure facilitated starch gelatinization in Thai glutinous rice. J Food Eng 79: 834-841.
- Anwar F, Anwer T, Mahmood Z. 2005. Methodical characterization of rice (*Oryza sativa*) bran oil from Pakistan. Grasas Aceites 56: 125-134.
- AOAC. 2000. Official Methods of Analysis of Chemical AOAC INTERNATIONAL. Volume 2, 17th ed. AOAC international.
- Brouillard R and Delaporte B. 1977. Chemistry of anthocyanin Pigments. 2.1 Kinetic and Thermodynamic Study of Proton transfer, Hydration, and Tautomeric reactions of Malvidin 3-glucoside. J. Am. Chem. Soc. 99: 8461-8468.
- Bucci R, Magri AD, Magri AL, Marini F. 2003. Comparison of three spectrophotometric methods for the determination of γ -oryzanol in rice bran oil. Anal Bioanal Chem .375 : 1254-1259.
- Cabrita L, Fossen T, Andersen EM. 2000. Colour and stability of the six common anthocyanidin 3-glucosides in aqueous solutions. J Food Chem. 68 : 101-107.

- Elbe JH, Schwartz SJ. 1996. Colorants. In Food Chemistry. 3rd ed. (Fennema, O.R. ed) Maecel Dekker.Inc. New York: 651-722.
- Galvano F. 2005. The chemistry of anthocyanins. Available from: <http://newhope360.com/chemistry-anthocyanins>. Accessed Jan 27, 2011.
- Gaulejac NC, Glories Y, Vivas N. 1999. Free radical scavenging effect of anthocyanins in red wines. Food Research International. 32: 327-333.
- Giusti MM and Wrolstad RE. 2001. Unit F1.2. Anthocyanins. Characterization and Measurement with UV-Visible Spectroscopy. In: Wrolstad R. E. and Schwartz S. J., Editors. Current Protocols in Food Analytical Chemistry. New York. John Wiley & Sons.1-13.
- Ha TY, Ko SN, Lee SM, Kim HR, Chung SH, Kim SR. 2006. Changes in nutraceutical lipid components of rice at different degrees of milling. European Journal of Lipid Science and Technology 108: 175–181.
- Hosseinian FS, Li W, Beta T. 2008. Measurement of anthocyanins and other phytochemicals in purple wheat. Food Chemistry 109: 916–924
- Hu C, Zawistowski J, Ling W, Kitts DD. 2003. Black rice (*Oryza sativa* L. *indica*) pigmented fraction suppresses both reactive oxygen species and nitric oxide in chemical and biological model systems. J. Agric Food Chem. 51(18):5271-5277.
- Jang S, Xu Z. 2009. Lipophilic and Hydrophilic Antioxidants and Their Antioxidant Activities in Purple Rice Bran. J. Agric. Food Chem, 57, 858–862.
- Juliano BO. 1971. A simplified assay for milled-rice amylose. Cereal Science Today.16: 334-338, 340, 360.
- Kiing SC, Yiu PH, Rajan A, Wong SC. 2009. Effect of Germination on γ -Oryzanol Content of Selected Sarawak Rice Cultivars. Am. J. Applied Sci., 6 (9): 1658-1661.
- Kong S, Lee L. 2010. Antioxidants in milling fractions of black rice cultivars. Food Chemistry 120: 278–281.
- Krishna AGG, Khatoon S, Shiela PM, Sarmandal CV, Indira TN, Mishra A. 2001. Effect of refining of crude rice bran oil on the retention of oryzanol in refined oil. Journal of the American Oil Chemists' Society 78: 127-131.
- Laleh GH, Frydoonfar H, Heidary R, Jameei R, Zare S. 2006. The Effect of light, temperature,pH and species on stability of anthocyanin pigments in four berberis species. Pakistan Journal of Nutrition. 5(1): 90-92.
- Larry MS. 1989. Stanols and Stanols and Sterol Ester of Ferrulic and p-coumaric Acids in Wheat, Corn, Rye and Triticale. J Agric Food Chem 37:662-667.
- Lilitchan S, Tangprawat C, Aryusuk K, Krisnangkura S, Chokmoh S, Krisnangkura K. 2008. Partial extraction method for the rapid analysis of total lipids and γ -oryzanol contents in rice bran. Food Chemistry 106:752–759.
- Markakis P. 1982. Stability of anthocyanins in Foods. Chap. 6 In “Anthocyanins as food colours.” Markakis P (Ed.). Academic Press. New York :163.
- Mazza G. 2007. Anthocyanins and heart health. Ann Ist Super Sanità. 43(4): 369-374.

- Molyneux P. 2004. The use of the stable free radicle diphenylpicryl hydrazyl (DPPH) for estimating antioxidant activity. *Songklanakarin. J. Sci. Technol.* 26(2): 211-219.
- Morais H, Ramos C, Forga E, Cserhati T, Oliveira J. 2002. Influence of storage conditions on the stability of monomeric anthocyanins studied by reversed-phase high-performance liquid chromatography. *Journal of Chromatography B*, 770(1-2), 297-301.
- Newport Scientific Pty, Ltd. 1995. Operation Manual for the series 4 Rapid Visco Analyzer. Australia. 93p.
- Qureshi A, Samai S, Khan F. 2002. Effects of stabilized rice bran, its soluble and fiber fractions on blood glucose levels and serum lipid parameters in humans with diabetes mellitus Types I and II. *J. Nutr. Biochem.* 13: 175-187.
- Sadabpodi K, Kangsadalampai K, Tongyong L. 2010. Antioxidant activity and antimutagenicity of hominin rice and black glutinous rice. *J Health Res.* 24(2): 49-54
- Sompong R, Siebenhandl-Ehn S, Linsberger-Martin G, Berghofer E. 2011. Physicochemical and antioxidative properties of red and black rice varieties from Thailand, China and Sri Lanka. *Food Chemistry* 124: 132-140
- Tananuwong K, Tewaruth W. 2009. Extraction and application of antioxidants from black glutinous rice. *J Food Sci Technol*: 1-6.
- USDA. 1982. Rice Inspection Handbook. FGIS. U.S. Department of Agriculture, Washington, DC.
- Xu Z, Godber JS. 1999. Purification and Identification of components of γ -oryzanol in rice bran oil. *J Agric Food Chem* 47: 2724-2728.
- Xu Z, Godber JS. 2000. Comparison of supercritical fluid and solvent extraction methods in extracting γ -oryzanol from rice bran. *Journal of the American Oil Chemists' Society.* 77: 547-551.

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก

วิธีการวิเคราะห์คุณสมบัติทางกายภาพและเคมีของข้าวไม่ขัดสี

การวิเคราะห์คุณลักษณะทางกายภาพของเมล็ดข้าว (เครื่องมือวัด อะตตะวิริยะสุข 2531)

1. ขนาดความยาว ความกว้าง และความหนาของเมล็ดข้าว ใช้ข้าวตัวอย่างละ 100 เมล็ด ทำ 3 ซ้ำ ทำการสุ่มวัดด้วยไมโครมิเตอร์ หน่วยเป็นมิลลิเมตร คัดค่าเฉลี่ย และประเมินหาขนาดรูปร่างเมล็ดโดยในกรณีข้าวกล้องจะเทียบจาก USDA Standard (1982) ดังนี้

ขนาดเมล็ด	ความยาว (มิลลิเมตร)
ยาวมาก (Very Long – VL)	มากกว่า 7.50
ยาว (Long – L)	7.06 – 7.50
ค่อนข้างยาว (Medium Long – ML)	6.61 – 7.059
ปานกลาง (Medium – M)	6.101 – 6.609
ค่อนข้างสั้น (Medium short – MS)	5.51 – 6.10
สั้น (Short – S)	น้อยกว่า 5.50

2. รูปร่างเมล็ดจำแนกตามอัตราส่วนระหว่างความยาวกับความกว้างเป็น 3 พวก

รูปร่างเมล็ด (grain shape)	ความยาว/ความกว้าง
เรียว (Slender – SL)	มากกว่า 3.0 ขึ้นไป
ปานกลาง (Intermediate – I)	2.1 – 3.0
ป้อม (Bold – B)	น้อยกว่า 2.0

3. น้ำหนักเมล็ด (test weight) นับเมล็ดสมบูรณ์ ตัวอย่างละ 100 เมล็ด ชั่งน้ำหนักเป็น กรัม แล้วหาค่าเฉลี่ย ทำการทดลอง 3 ซ้ำ

การวิเคราะห์ค่าสี (สุพิสา สมโต 2547)

นำตัวอย่างไปวัดค่าสีด้วยเครื่องวัดสี รุ่น Utrascan XE บริษัท Hunter LAB โดยใช้ D65 10° เป็นแหล่งกำเนิดแสง (illuminant) เพื่อหาค่าความสว่าง (L*) ค่าสีแดง (a*) และค่าสีเหลือง (b*) โดยใช้อุปกรณ์เทียบมาตรฐาน (black and white reference) เป็นตัวเทียบมาตรฐานค่าสี ทำการทดลอง 3 ซ้ำ

การวิเคราะห์พฤติกรรมการเปลี่ยนแปลงความหนืดโดยใช้เครื่องวัดความหนืดอย่างรวดเร็ว

(AACC 61-02 1995)

เครื่องมือและอุปกรณ์

- 1. เครื่องวัดความหนืดแบบรวดเร็ว (Rapid Visco amylograph; RVA)
- 2. กระบอกตัวอย่างและแกน
- 3. เครื่องชั่ง 4 ตำแหน่ง

วิธีการทดลอง

นำตัวอย่างแป้งที่ผ่านการร่อนตะแกรงขนาด 100 เมช มาหาปริมาณความชื้น จากนั้นชั่งน้ำหนักตัวอย่างแป้ง 3 กรัม (น้ำหนักแห้ง) ใส่ลงในกระบอกตัวอย่าง เติมน้ำกลั่นปริมาตร 25 มิลลิลิตร ใส่แกนกวน ทำการกวนแป้งให้กระจายเป็นสารละลาย ปรับสภาวะการทำงานของเครื่อง RVA ดังต่อไปนี้

อุณหภูมิเริ่มต้น 50 องศาเซลเซียส			
อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส	ระยะเวลา	1	นาที
อุณหภูมิ 50-95 องศาเซลเซียส	ระยะเวลา	3.8	นาที
อุณหภูมิ 95 องศาเซลเซียส	ระยะเวลา	2.4	นาที
อุณหภูมิ 95-50 องศาเซลเซียส	ระยะเวลา	3.8	นาที
อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส	ระยะเวลา	2	นาที
รวมระยะเวลาที่ใช้ทั้งหมด		13	นาที

จำเป็นต้องทำการวัดค่าความชื้นเริ่มต้นก่อน ต่อจากนั้นนำไปคำนวณกับสูตรดังนี้

จากสูตร $S = \frac{86 \times A}{100 - M}$ เมื่อ A คือ น้ำหนักมาตรฐานของเมล็ดข้าว (มีในตาราง)

M คือ ค่าความชื้น

สมมุติตัวอย่างมีความชื้น 12%

$$S = \frac{86 \times 3}{100 - 12} = 2.9318 \text{ g}$$

สูตรในการเติมน้ำ

$$W = 25 + (A - S)$$
$$= 25 + (3 - 2.9318)$$
$$= 25.0682 \text{ ml}$$

คำนวณย้อนกลับ

ถ้าเติมน้ำ 25.0682 ml ค่า S มีค่าเท่ากับ 2.9318 g

ถ้าใช้ 25 ml ค่า S (S') จะมีค่าเท่ากับ 2.9238 g

S' คือ ตัวอย่างที่ต้องชั่งในกระบอกของ RVA

- เครื่อง RVA จะแสดงผลการวัดค่าความหนืดเป็นหน่วยของเครื่องมือ (RVU) มีดังนี้
- Pasting Temperature คือ อุณหภูมิที่เริ่มมีการเปลี่ยนแปลงค่าความหนืดหรืออุณหภูมิที่มีค่าความหนืดเพิ่มขึ้น 2 RVU ในเวลา 20 วินาที มีหน่วยเป็นองศาเซลเซียส
 - Peak Viscosity คือ อุณหภูมิที่ความหนืดสูงสุด มีหน่วยเป็น RVU
 - Holding Strength คือ ความหนืดที่ต่ำที่สุดระหว่างการทำให้เย็น มีหน่วยเป็น RVU
 - Breakdown คือ ความแตกต่างของความหนืดสูงสุด และความหนืดต่ำสุด มีหน่วยเป็น RVU
 - Final Viscosity คือ ความหนืดสุดท้ายของการทดลอง มีหน่วยเป็น RVU

- Setback From Peak คือ ผลต่างของความหนืดสุดท้าย กับความหนืดที่จุด Peak มีหน่วยเป็น RVU
- Setback From Trough คือ ผลต่างของความหนืดสุดท้ายกับความหนืดต่ำสุด มีหน่วยเป็น RVU

การวิเคราะห์ร้อยละของระดับการสุกโดยใช้เครื่อง Differential Scanning Calorimetry (DSC)
(ดัดแปลงวิธีจาก Ahromrit and others 2007)

ทำการหาค่าเอนทัลปีของข้าวทั้ง 4 สายพันธุ์ โดยใช้เครื่อง Differential Scanning Calorimeter (DSC) รายงานผลเป็นค่า อุณหภูมิเริ่มเปลี่ยนแปลง (T_o) อุณหภูมิของการเปลี่ยนแปลงสูงสุด (T_p) และอุณหภูมิสุดท้าย (T_c) ค่าพลังงานที่ดูดเข้าไปเพื่อทำลายพันธะหรือค่าเอนทัลปี (ΔH , J/g) นำค่าเอนทัลปี (ΔH) ของข้าวที่ผ่านการแช่ที่สภาวะต่าง ๆ มาคำนวณหาร้อยละระดับการสุกของเมล็ดข้าว (degree of gelatinization; %) จากสูตร

$$\%un-gelatinization = (\Delta H_{treated} / \Delta H_{raw}) \times 100$$
$$\%gelatinization = 100 - \%un-gelatinization$$

กำหนดให้

- $\Delta H_{treated}$ คือ ค่าเอนทัลปีของข้าวที่ผ่านการแช่ที่สภาวะต่างๆ
- ΔH_{raw} คือ ค่าเอนทัลปีของข้าวดิบ

อุปกรณ์

1. เครื่อง Differential Scanning Calorimetry
2. Aluminium pan พร้อมฝา ขนาด 10 ไมโครลิตร
3. วัสดุ Calibrate คือ Indium

วิธีการทดลอง

1. ชั่งตัวอย่างแป้งค่อน้ำ 1:3 (โดยน้ำหนักแห้ง) ลงใน Aluminium pan จากนั้นปิดผนึก และตั้งทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้อง นาน 1 ชั่วโมง
2. ตัวอย่างถูกวิเคราะห์ที่อุณหภูมิ 30-90 °ซ ที่อัตราการให้ความร้อน 10 °ซ ต่อนาที
3. บันทึกอุณหภูมิและพลังงานในการเกิดเจลาคติในเซชันของตัวอย่างด้วยเครื่อง Differential Scanning Calorimetry รายงานค่าอุณหภูมิเริ่ม (T_o) อุณหภูมิสูงสุด (T_p) อุณหภูมิสิ้นสุด (T_c) และค่าเอนทัลปี (ΔH)

การวิเคราะห์ปริมาณความชื้น (AOAC 2000)

อุปกรณ์

1. ภาชนะอะลูมิเนียมมีฝาปิด
2. โถดูดความชื้น

วิธีการทดลอง

1. ชั่งตัวอย่างประมาณ 2 กรัม ให้น้ำหนักแน่นนอนในภาชนะอะลูมิเนียมมีฝาปิดที่ผ่านการอบจนน้ำหนักคงที่
2. นำไปอบในตู้อบลมร้อนที่อุณหภูมิ 130 ± 3 °ซ ประมาณ 8-10 ชั่วโมง

3. ทิ้งให้เย็นในโถดูดความชื้น แล้วชั่งน้ำหนัก ทำการอบซ้ำอีก 1 ชั่วโมง หรือจนได้น้ำหนักคงที่
4. คำนวณปริมาณความชื้นโดยน้ำหนักเปียก (wet basis) จาก

$$\text{ร้อยละความชื้น} = \frac{(\text{น้ำหนักตัวอย่างก่อนอบ} - \text{น้ำหนักตัวอย่างหลังอบ})}{\text{น้ำหนักตัวอย่างก่อนอบ}} \times 100$$

คำนวณน้ำหนักแห้งจาก

$$\text{ร้อยละความชื้น (โดยน้ำหนักแห้ง)} = \frac{\text{ร้อยละความชื้นโดยน้ำหนักเปียก} \times 100}{(100 - \text{ร้อยละความชื้นโดยน้ำหนักเปียก})}$$

ปริมาณของแข็งทั้งหมด โดยวิธี Direct method (AOAC 2000)

อุปกรณ์

1. ตู้อบลมร้อน (Hot air oven)
2. เครื่องชั่งน้ำหนักทศนิยม 4 ตำแหน่ง (Analytical balance)
3. ปีเปต
4. ถ้วยหาความชื้น (Moisture can)
5. โถดูดความชื้น (Desicator)

วิธีการทดลอง

1. อบถ้วยหาความชื้นในตู้อบลมร้อน (103 ± 2 °ซ) ทำให้เย็นในโถดูดความชื้น ชั่งน้ำหนัก
2. เกลี่ยตัวอย่างน้ำที่ได้จากการแช่ข้าว (A) ในอบถ้วยหาความชื้นที่ทราบน้ำหนักประมาณ 1-2 กรัมและชั่งในเครื่องชั่งน้ำหนักทศนิยม 4 ตำแหน่งจนทราบน้ำหนักแน่นอน นำไปประเหยในตู้อบลมร้อน 103 ± 2 °ซ ประมาณ 2-3 ชั่วโมง
3. นำถ้วยออกมาจากตู้อบ ทำให้เย็นในโถดูดความชื้น นำถ้วยที่มีตัวอย่างหลังจากผ่านการอบแล้ว (B) ไปชั่งหาน้ำหนักที่เหลืออยู่

การคำนวณ

$$\% \text{ TS} = \frac{B}{A} \times 100$$

การวิเคราะห์โปรตีน (AOAC 2000)

อุปกรณ์

1. ชุดเครื่องย่อยตัวอย่าง (Digester)
2. หลอดย่อย (Digester tube)
3. ชุดดักไอนกรด (Exhaust manifold and aspirator)
4. ชุดกลั่น (Kjeltec 1002 distilling unit)
5. ขวดรูปชมพู่ (Erlenmeyer flask) 250 มิลลิลิตร
6. ชุดไตเตรท (Digital buret)



สารเคมี

1. กรดซัลฟูริกเข้มข้น (H_2SO_4)
2. ตัวละลายไทท์ (Kjeltabs)
3. สารละลายด่างโซเดียมไฮดรอกไซด์ (NaOH) 40% (w/v)
4. สารละลายกรดบอริก (Boric acid) 4% ผสมอินดิเคเตอร์ (Indicator): ละลายกรดบอริก 400 กรัมในน้ำกลั่นปริมาณ 6 ลิตร นำไปตั้งบนเครื่องให้ความร้อน (Hot plate) ต้มจนสารละลายหมด จากนั้นปรับปริมาณด้วยน้ำกลั่นที่ร้อนจนปริมาตรประมาณ 9 ลิตร ทิ้งให้เย็นเมื่อสารละลายเย็นจนถึงอุณหภูมิห้อง ให้เติมสารละลายโบรโมครีซอลกรีน (Bromocresol green) 100 มิลลิลิตร (ละลายโบรโมครีซอลกรีน 100 มิลลิกรัมในเอทานอล 100 มิลลิลิตร) และเติมสารละลายเมทิลเรด (Methyl red) 70 มิลลิลิตร (ละลายเมทิลเรด 100 มิลลิกรัมในเอทานอล 100 มิลลิลิตร) เจือจางจนถึง 10 ลิตร ด้วยน้ำกลั่น เขย่าสารละลายให้เข้ากันดี

ดูดสารละลาย Boric acid มา 25 มิลลิลิตร ใส่ในฟลาสก์ ขนาด 250 มิลลิลิตร และเติมน้ำกลั่น 100 มิลลิลิตร ถ้าสารละลายในฟลาสก์ ยังคงเป็นสีแดง ให้ไทเทรตด้วยสารละลาย NaOH 0.1 M. จนกระทั่งเป็นกลาง (สีเทา) คำนวณจำนวนของสารละลาย NaOH ที่จำเป็นต้องเติมลงใน Boric acid 10 ลิตร

$$\text{ml. 10. M. Alkali} = \text{ml. titre} \times 40$$

เติมปริมาณที่คำนวณได้ของ 1 M. สารละลาย NaOH ลงในสารละลาย Boric acid ผสม

5. สารละลายกรดไฮโดรคลอริก (HCl) เข้มข้น 0.1 M. : เตรียมได้โดยการเจือจาง HCl 12 M. ด้วยน้ำกลั่นความเข้มข้นของกรดมาตรฐานจะต้องตรวจสอบโดยการเทียบมาตรฐาน (Standardises) กับ สารโซเดียมคาร์บอเนต (Sodium carbonate)

5.1 Standard substance

ชั่ง Anhydrous sodium carbonate (Na_2CO_3) มาประกอบ 10 กรัม ใส่โถงบดยา บดให้เป็นผงละเอียด อบไว้ที่อุณหภูมิ 265 °C เป็นเวลา 1 ชั่วโมง หรือที่ อุณหภูมิ 200 °C เป็นเวลา 2 ชั่วโมง หลังจากทิ้งให้เย็นในโถดูดความชื้น (Desiccator) แล้วย้าย Na_2CO_3 มาใส่ในภาชนะที่มีฝาปิดสนิท เก็บไว้ในโถดูดความชื้น

5.2 สารละลายอินดิเคเตอร์ : ละลายเมทิลเรด 0.1 กรัม ในเอทานอล 100 มิลลิลิตร

5.3 วิธีเตรียม ชั่ง Na_2CO_3 ประมาณ 0.4 กรัม (W_1) ใส่ใน flask และเติมน้ำกลั่น 40 มิลลิลิตร เติมสารละลายอินดิเคเตอร์ 10 หยด ไทเทรตจนเป็นสีชมพู จดปริมาณของ Titrant (HCl) ที่ใช้ (A_1) ต้มสารละลายนี้ให้เดือดเป็นเวลา 2-3 นาที ทิ้งให้เย็นจนถึงอุณหภูมิห้องอย่างรวดเร็ว จากนั้นไทเทรตต่อจนกระทั่งสีเปลี่ยนเป็นสีชมพูอีกครั้ง บันทึกปริมาณ (A_2)

5.4 การคำนวณ

$$\text{Molarity (M)} = \frac{18.868 \times W_1}{(A_1 + A_2)}$$

หมายเหตุ : สีที่เปลี่ยนแปลงของวิธีวิเคราะห์นี้สังเกตได้ยาก ดังนั้นอาจใช้อินดิเคเตอร์แบบผสม (ละลายเมทิลเรด 0.1 กรัม และโบรโมครีซอลกรีน 0.1 กรัม ในเอทานอล 100 มิลลิลิตร) ทำให้สังเกตได้ง่ายขึ้น

วิธีการทดลอง

- 1. ชั่งตัวอย่างให้ได้น้ำหนักแน่นอนประมาณ 0.5 กรัม (W) ใส่ลงในหลอดย่อย แล้วใส่ตัวเคตาไลต์ (Kjeltab) 2 เม็ด เติมกรดซัลฟูริกเข้มข้น ประมาณ 10–12 มิลลิลิตร เขย่าเบาๆ (blank ใส่กระดาศซึ่งสารแทนตัวอย่าง)
- 2. ทำการย่อยตัวอย่างและ blank บนชุดย่อยตัวอย่างเป็นเวลา 30 – 45 นาที จนได้สารละลายที่ใสทั้งหลอดย่อยให้เย็น
- 3. ต่อหลอดย่อยตัวอย่างเข้ากับชุดเครื่องกลั่น เติมน้ำกลั่น 30 มิลลิลิตรและสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ 40% ลงมาประมาณ 30 มิลลิลิตร
- 4. ทำการกลั่นตัวอย่างในหลอดย่อย เป็นเวลาประมาณ 5 นาที โดยมีฟลาสก์ซึ่งบรรจุสารละลายกรดบอริก 4% ปริมาณ 25 มิลลิลิตร ไปตั้งไว้ที่ตำแหน่งรองรับไอน้ำที่กลั่นออกมาจากหลอดย่อยตัวอย่างของเครื่องกลั่น กลั่นจนได้ปริมาตรประมาณ 150 มิลลิลิตร
- 5. เมื่อกลั่นเสร็จแล้วนำมาไทเทรตกับสารละลายมาตรฐานกรดไฮโดรคลอริก 0.1 M จนได้สารละลายสีเทา (ถึงจุดยุติ)

คำนวณปริมาณโปรตีนโดย

ร้อยละโปรตีน = $\frac{1.401 \times C \times (A - B) \times F}{W}$

กำหนดให้

- A = ปริมาณกรดที่ใช้ไทเทรตกับตัวอย่าง (มิลลิลิตร)
- B = ปริมาณกรดที่ใช้ไทเทรตกับ blank (มิลลิลิตร)
- C = ความเข้มข้นของสารละลายกรดไฮโดรคลอริกมาตรฐาน (M)
- W = น้ำหนักตัวอย่าง
- F = ค่าคงที่ (ค่าคงที่ของข้าวเท่ากับ 5.95)

การวิเคราะห์ไขมัน (AOAC 2000)

อุปกรณ์

- 1. เครื่องบดตัวอย่าง (Cyclotec Mill 1093-001)
- 2. เครื่องชั่งละเอียดทศนิยม 4 ตำแหน่ง (Analytic Balance 6002-001)
- 3. โถดูดความชื้น (Desecrator)
- 4. ตู้อบลมร้อน (Hot air oven)
- 5. เครื่องวิเคราะห์ไขมัน (Soxtec system HT 1045-001)
- 6. Thimbles cellulose 26×60 nm. (Whatman)
- 7. ถ้วยสกัด (Extraction cup)

สารเคมี

- 1. ตัวทำละลายไขมัน (Petroleum ether)
- 2. กระดาษกรองเบอร์ 1 (Whatman)

วิธีการทดลอง

1. เปิดสวิทช์เครื่องวิเคราะห์ไขมัน
2. บดตัวอย่างที่ต้องการจะวิเคราะห์ให้ละเอียด ชั่งน้ำหนักตัวอย่างละเอียดประมาณ 3 กรัม (W_1) บนกระดาษกรอง และห่อให้มิดชิด จากนั้นนำมาใส่ลงใน thimbles
3. นำ thimbles ใส่ในเครื่องวิเคราะห์ไขมัน (Soxtec system HT) โดยใช้ adapter สวม
4. นำถ้วยสกัด (Extraction cup) ที่ผ่านการอบและชั่งน้ำหนัก (W_2) แล้วมาเติมตัวทำละลายไขมันลงในถ้วยสกัด ประมาณ 50 – 75 มิลลิลิตร จากนั้นนำถ้วยสกัดใส่เข้าไปในเครื่องวิเคราะห์ไขมัน
5. ทำการต้มสกัดไขมัน (Boiling) เป็นเวลา 15–20 นาที จากนั้นทำการสกัดชะไขมัน (Rinsing) เป็นเวลา 30–45 นาที
6. จากนั้นทำการระเหยตัวทำละลายออกจากถ้วยสกัด
7. นำถ้วยสกัดไปอบที่อุณหภูมิ 100 °ซ เป็นเวลา 30 นาที ทิ้งถ้วยสกัดให้เย็นใน โถดูดความชื้น (Desecrator) ชั่งน้ำหนัก (W_3)
8. คำนวณปริมาณไขมัน ตามสูตร

$$\% \text{Crude fat} = \frac{W_3 - W_2}{W_1} \times 100$$

กำหนดให้

W_1 = น้ำหนักตัวอย่างก่อนอบ

W_2 = น้ำหนักถ้วยสกัด

W_3 = น้ำหนักถ้วยสกัด + ไขมันจากตัวอย่าง

การวิเคราะห์ Crude Fiber (AOAC 2000)

อุปกรณ์

1. เครื่องสกัดเส้นใย (Fiber Tech)
2. Crucible

สารเคมี

1. สารละลายซัลฟูริกเข้มข้น 1.25% v/v

ปิเปตกรดซัลฟูริก H_2SO_4 เข้มข้น 98% มา 25.5 ml (ถ้า 96% คือ 26.0417 ml) จากนั้นปรับปริมาตรให้ครบ 2 ลิตร

2. สารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์เข้มข้น 1.25% (w/v)

ชั่งโซเดียมไฮดรอกไซด์ NaOH 25 กรัมละลายในน้ำกลั่นแล้วปรับปริมาตรให้ครบ 2 ลิตร

การเตรียมตัวอย่าง

ตัวอย่างจะต้องผ่านการอบไถ่น้ำก่อนที่จะนำมาวิเคราะห์ และถ้าตัวอย่างนั้นมีไขมันสูง จะต้องผ่านการสกัดไขมันออกก่อนด้วย Petroleum ether หรืออาจใช้ตัวอย่างที่ผ่านการสกัดไขมันออกแล้วด้วยเครื่อง Sox Tec และต้องลดขนาดตัวอย่างละเอียดมากพอ

วิธีการทดลอง

1. Crucible ที่ใช้สำหรับวิเคราะห์ Fiber ต้องผ่านการอบแห้งที่ 105°C เป็นเวลา 6-12 ชม. ชั่งน้ำหนักละเอียด (W_1)
2. ชั่งตัวอย่าง น้ำหนัก 1-2 กรัม น้ำหนักละเอียด (W_2)
3. นำ Crucible ใส่เข้าไปในบริเวณที่จะถูกให้ความร้อนโดยขดลวดในการทดลองสามารถวิเคราะห์ได้ครั้งละ 6 ตัวอย่าง ถ้ามีจำนวนตัวอย่างน้อยกว่านั้นให้ใส่ Crucible เปล่าให้ครบทุกตำแหน่ง
4. เลื่อนคันโยกที่อยู่ด้านซ้ายมือ ลงมาให้ล็อก Crucible ให้แน่น
5. ที่บริเวณด้านหน้าตัวเครื่อง เลื่อนคันโยก มาที่ตำแหน่ง Closed ทุกตัวและรวมถึงอุปกรณ์ที่ต่อพ่วง อยู่ก็จะต้องเลื่อนมาอยู่ที่ตำแหน่ง Closed เช่นเดียวกัน
6. เติมกรดที่ร้อน (ผ่านการให้ความร้อนก่อนที่จะเติม) ลงไปถึงจีก่อนประมาณ 150-200 ml ของแต่ละหลอด ส่วนหลอดที่เหลือ ไม่มีตัวอย่างให้เติมน้ำกลั่นลงไปประมาณ 100 ml
7. หยด Antifoaming Agent 3-5 หยด
8. เปิด Power ที่สวิตช์ไฟสี่เขียว หมุนปุ่มปรับระดับความร้อนให้สูงสุดสังเกตขดลวดจะแดง และเปิดวาล์วน้ำให้ความเย็น สังเกตความแรงปานกลาง
9. ปิดด้วย Reflectant
10. จับเวลา 30 นาที เมื่อสารละลายเริ่มเดือด
11. เมื่อครบกำหนดเวลา ให้เลื่อนคันโยกบริเวณด้านหน้า ของเครื่องซึ่งมีประจำแต่ละหลอดที่ใช้สำหรับย่อยเลื่อนมาที่ตำแหน่ง Vacuum สารละลายจะถูกดูดผ่านออกไป แต่ถ้ามีการอุดตันของ Crucible ให้เลื่อนคันโยกไปที่ตำแหน่ง Pressure พร้อมกับเปิดสวิตช์พัดลม (ไฟสีเหลือง) เป่าลมจากด้านล่างของ Crucible ปิดสวิตช์พัดลมเลื่อนคันโยกไปที่ตำแหน่ง Vacuum เพื่อดูดสารละลายต่อทำสลับกันไปมา จนกระทั่งสารละลายกรดที่อยู่ในหลอดหมด
12. ล้างกรดด้วยน้ำกลั่นที่ร้อน ประมาณ 25-50 ml 3 ครั้ง ทำที่หลอด ทุกหลอด ในขณะที่ Vacuum ควรเปิดระบบน้ำให้แรงสุด
13. ทุกนั้นเติมสารละลายค้างที่ร้อน (ผ่านการให้ความร้อนก่อนเติม) ปริมาตรเท่ากับที่เติมกรด (จีกกลาง) ประมาณ 150-200 ml
14. จับเวลา เมื่อสารละลายในหลอดเริ่มเดือด 30 นาที
15. เมื่อครบเวลา ให้ทำเช่นเดียวกับ ขั้นตอนที่ 11 และ 12
16. ทิ้งให้เย็นสักครู่ นำ Crucible เข้าไปอบใน Hot Air Oven ที่อุณหภูมิ 105°C เป็นเวลา 6-12 ชม. เพื่อไล่น้ำจากนั้นนำไปใส่ใน Desiccator ทิ้งให้เย็นแล้วชั่งน้ำหนัก (W_3)
17. นำ Crucible ที่ชั่งน้ำหนักเรียบร้อยแล้วเผาใน Muffle Furnace อุณหภูมิ 550°C จนกระทั่งได้เถ้าสีขาว ปิดเครื่อง อย่างน้อย 40 นาที จึงจะสามารถนำ Crucible ออกมาใส่ Desiccator ได้ (ถ้าปิดเครื่องแล้วนำ Crucible ออกมาทันที Crucible จะแตก เนื่องจากการลดอุณหภูมิอย่างรวดเร็ว) ทิ้งให้เย็นแล้วชั่งน้ำหนัก (W_4)

$$\% \text{ Total crude fiber} = \frac{(W_3 - W_4)}{W_2} \times 100$$

การวิเคราะห์เถ้า (AOAC 2000)

อุปกรณ์

1. ถ้วยเผา (Crucibles) พร้อมฝา
2. เตาเผา
3. โถดูดความชื้น
4. เครื่องชั่ง

วิธีการทดลอง

1. ถ้วยเผา (Crucibles) พร้อมฝา อบที่ 550 °ซ นาน 3-4 ชั่วโมง และนำมาอบในโถดูดความชื้น ชั่งน้ำหนักถ้วยและฝา
2. ชั่งตัวอย่างประมาณ 3-5 กรัมลงในถ้วยเผา
3. นำตัวอย่างเข้าตู้เผาที่ 550 °ซ นานประมาณ 6-8 ชั่วโมง หรือจนกว่าตัวอย่างจะถูกเผาเป็นเถ้าสีขาวทั้งหมด
4. นำตัวอย่างที่เผาเสร็จแล้วใส่ในโถดูดความชื้นเพื่อให้เย็น
5. ชั่งน้ำหนักของตัวอย่างที่เผาเสร็จพร้อมถ้วยเผา
6. คำนวณหาเปอร์เซ็นต์ของเถ้า โดย

$$\text{เปอร์เซ็นต์เถ้า} = \frac{\text{น้ำหนักเถ้าของตัวอย่างที่เผา} \times 100}{\text{น้ำหนักตัวอย่างเริ่มต้น}}$$

การวิเคราะห์ปริมาณคาร์โบไฮเดรต

หาปริมาณคาร์โบไฮเดรตโดยใช้ผลต่าง คำนวณโดย

$$\text{ร้อยละคาร์โบไฮเดรต} = 100 - \text{ร้อยละโปรตีน} - \text{ร้อยละไขมัน} - \text{ร้อยละเถ้า} - \text{ความชื้น}$$

การวิเคราะห์ปริมาณแอมิโลส (Amylose content) (AACC 61-03 1995)

อุปกรณ์

1. ขวดกำหนดปริมาตร (Volumetric flask) ขนาด 100 มิลลิลิตร
2. เครื่องวัดค่าการดูดกลืนแสง (Spectrophotometer)
3. อ่างน้ำควบคุมอุณหภูมิ (Water bath)
4. เครื่องวิเคราะห์ปริมาณไขมัน

สารเคมี

1. เมทานอลเข้มข้นร้อยละ 85
2. เอทานอลเข้มข้นร้อยละ 95
3. สารละลายไอโอดีน (0.2% of – sublimed iodine in 2% potassium iodine)

การเตรียมตัวอย่าง

- 1. สกัดไขมันออกจากตัวอย่างแป้งข้าวด้วยเมทานอล (เข้มข้นร้อยละ85) หรือของเอทานอล (เข้มข้นร้อยละ95) โดยเครื่องวิเคราะห์ปริมาณไขมันนาน 16 ชั่วโมง นำตัวอย่างแผ่นในกระดาษกรอง Whatmann เบอร์ 1 นาน 2 วัน เพื่อระเหยแอลกอฮอล์ออกให้หมด
- 2. วัดความชื้นของตัวอย่าง
- 3. ชั่งตัวอย่างจำนวน 0.100 กรัม (จากน้ำหนักแห้ง) เติมเอทานอล (เข้มข้นร้อยละ 95) จำนวน 1 มิลลิลิตรและ NaOH (1N) จำนวน 9 มิลลิลิตร วางไว้ที่อุณหภูมิห้อง 10 นาทีนำไปต้มนาน 10 นาที ในอ่างน้ำที่น้ำเดือด
- 4. ทำให้เย็นโดยวางไว้ที่อุณหภูมิห้อง 2 ชั่วโมง (สามารถเก็บไว้ข้ามคืนได้)
- 5. ปรับปริมาตรด้วยน้ำกลั่นให้เป็น 100 มิลลิลิตร
- 6. นำตัวอย่างจากข้อ 5 จำนวน 5 มิลลิลิตร (สำหรับ Blank ให้เติม NaOH; 0.09 N แทน) ใส่ขวดปรับปริมาตร 100 มิลลิลิตร
- 7. เติมน้ำกลั่น 50 มิลลิลิตร และกรดแอซิดิก (1N) จำนวน 1 มิลลิลิตร
- 8. เติมสารละลายไอโอดีนจำนวน 2 มิลลิลิตร แล้วปรับปริมาตรด้วยน้ำกลั่นเป็น 100 มิลลิลิตร
- 9. วัดค่าการดูดกลืนแสงของตัวอย่างด้วยเครื่องวัด Spectrophotometer ที่ความยาวคลื่น 620 นาโนเมตร (ห้ามเกิน 20 นาที)
- 10. คำนวณหาค่าความเข้มข้นของไอโอดีน จากกราฟมาตรฐานของเอมิโลส (มันฝรั่ง)

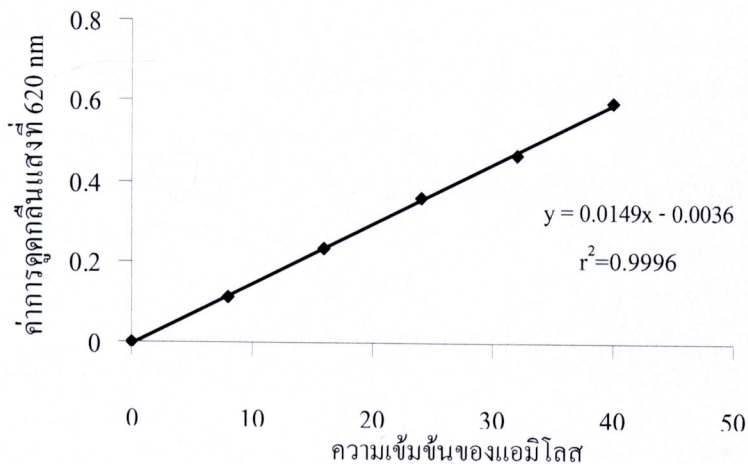
กราฟมาตรฐานของเอมิโลส (มันฝรั่ง)

- 1. อะมิโลสมาตรฐานจำนวน 0.100 กรัม และอะมิโลเพคตินจำนวน 0.100 กรัม
- 2. เติมเอทานอล (เข้มข้นร้อยละ 95) จำนวน 1 มิลลิลิตร และ NaOH (1N) จำนวน 9 มิลลิลิตร วางไว้ที่อุณหภูมิห้อง 10 นาที
- 3. นำไปต้มนาน 10 นาทีใน water bath (อุณหภูมิ น้ำเดือด)
- 4. ทำให้เย็นโดยวางไว้ที่อุณหภูมิห้อง 2 ชั่วโมง
- 5. ปรับปริมาตรด้วยน้ำกลั่นให้เป็น 100 มิลลิลิตร (ความเข้มข้นเริ่มต้นเท่ากับ 1000 ppm.)
- 6. เตรียมสารละลายที่ระดับความเข้มข้นต่างกันดังตารางที่ 26

ตารางที่ 26 แสดงระดับความเข้มข้นของเอมิโลสและเอมิโลเพคตินสำหรับกราฟมาตรฐาน

ระดับความเข้มข้น	ปริมาณเอมิโลส (มิลลิลิตร)	ปริมาณเอมิโลเพคติน (มิลลิลิตร)	NaOH ; 0.09 N (มิลลิลิตร)
0	0	7	3
10	1	6	3
20	2	5	3
25	2.5	4.5	3
30	3	4	3

7. นำตัวอย่างจากข้อ 6 จำนวน 5 มิลลิลิตร ใส่ขวดปรับปริมาตร 100 มิลลิลิตร
8. เติมน้ำกลั่น 50 มิลลิลิตร และกรดอะซิติก (1N) จำนวน 1 มิลลิลิตร
9. เติมสารละลายไอโอดีนจำนวน 2 มิลลิลิตร แล้วปรับปริมาตรด้วยน้ำกลั่นเป็น 100 มิลลิลิตร
10. วัดค่าการดูดกลืนแสงของตัวอย่างด้วยเครื่อง spectrophotometer ที่ความยาวคลื่น 620 นาโนเมตร (ห้ามเกิน 20 นาที)



ภาพที่ 30 กราฟมาตรฐานเอมิโลส

ปริมาณฟีนอลทั้งหมดและกิจกรรมการต้านออกซิเดชัน (ดัดแปลงวิธีจาก Sompong and others 2011)

เครื่องมือและอุปกรณ์

1. เครื่องวัดการดูดกลืนแสง (spectrophotometer)
2. เครื่องปั่นเหวี่ยงแยกสาร (centrifuge)

สารเคมี

1. เมทานอล
2. ฟอลิน ชิโอแคลตูรีเอเจนต (Folin-Ciocalteu's reagent)
3. sodium carbonate
4. กรดแกลลิก (Gallic acid monohydrate)
5. สารมาตรฐานโทรลอกซ์ ((±)-6-Hydroxy-2,5,7,8-tetra-methyl-chroman-2-carbonsäure)
6. 2,2-Diphenyl-1-picryl hydrazyl (DPPH)

วิธีการสกัด

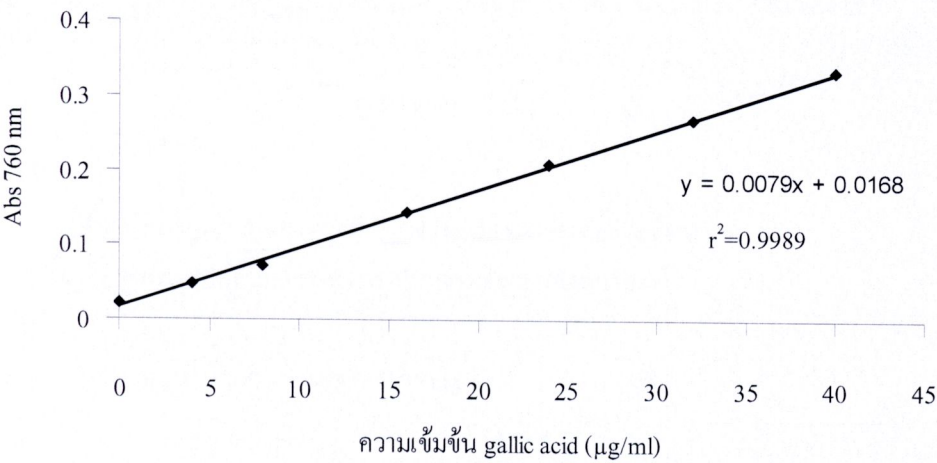
1. แบ่งข้าว 1.5 กรัม และ เมทานอล 85% ปริมาตร 25 ml นำไปแช่ที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 30 นาที
2. ปั่นเหวี่ยงที่ 2500 g เป็นเวลา 10 นาที เก็บสารละลายส่วนที่ใสไว้
3. ส่วนที่เหลือทำการสกัดซ้ำ
4. สารละลายที่ได้นำไปวิเคราะห์ TPC และ antioxidant capacity

ปริมาณฟีนอลิกทั้งหมด

วิธีการทดลอง

ทำตามวิธี Folin–Ciocalteu reagent (Singleton, Orthofer, & Lamuela-Raventos, 1999)

1. สารสกัด 240 µl ผสมกับ Folin–Ciocalteu Reagent เจือจาง 10 เท่า ปริมาตร 1200 µl ทิ้งไว้ 2 นาที
2. เติม sodium carbonate solution (75 g/l) ปริมาตร 1920 µl
3. บ่มที่อุณหภูมิ 50 °ซ เป็นเวลา 5 นาที
4. วัดค่าการดูดกลืนแสงที่ 760 nm นำค่าการดูดกลืนแสงของแต่ละตัวอย่างมาเปรียบเทียบกับกราฟมาตรฐานของ gallic acid รายงานเป็น mg gallic acid equivalent per 100 g_{db}
5. เตรียมกราฟมาตรฐาน โดยชั่งสาร gallic acid 0.04 g ปรับปริมาตรเป็น 100 ml ด้วย เมทานอล จะได้สารมาตรฐาน gallic acid ที่ความเข้มข้น 400 µg/ml

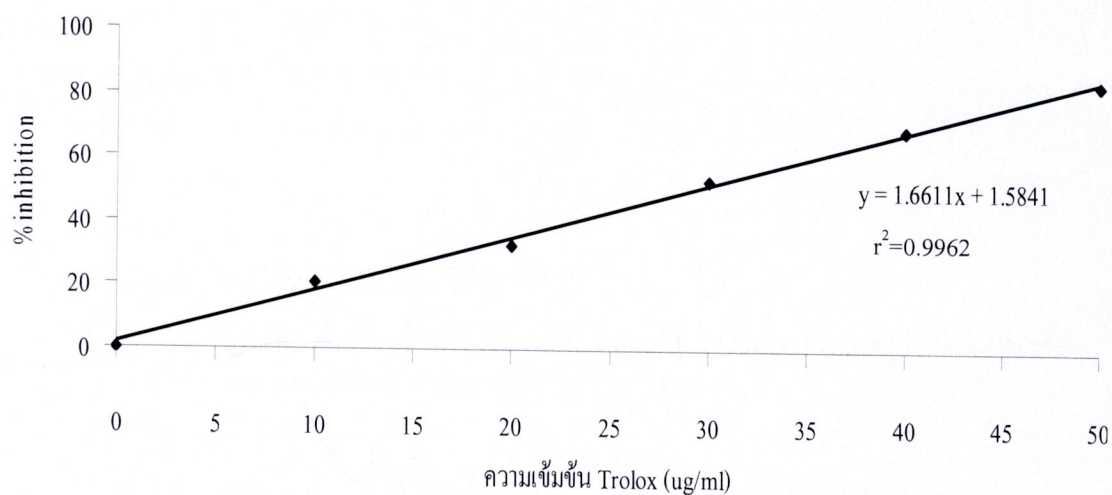


ภาพที่ 31 กราฟมาตรฐาน gallic acid

กิจกรรมการต้านออกซิเดชัน antioxidant activity

วิธีการทดลอง

1. สารสกัดปริมาตร 600 µl ผสมกับสารละลาย DPPH (4.73 mg of DPPH in 100 ml ethanol) ปริมาตร 3 ml
2. ผสมให้เข้ากัน บ่มทิ้งไว้ในที่มืด อุณหภูมิห้อง เป็นเวลา 40 นาที
3. นำไปวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ 515 nm นำค่าการดูดกลืนแสงของแต่ละตัวอย่างมาเปรียบเทียบกับกราฟมาตรฐาน Trolox รายงานเป็น mg Trolox equivalent per 100 g_{db}
4. เตรียมกราฟมาตรฐาน โดยชั่งสาร trolox 50 mg ปรับปริมาตรด้วยเมทานอลเป็น 100 ml จะได้ความเข้มข้น 0.5 mg/ml



ภาพที่ 32 กราฟมาตรฐาน Trolox

การหาความสามารถในการยับยั้งอนุมูลอิสระ (DPPH) ของสารมาตรฐาน (Trolox) คำนวณจาก

$$\% \text{ Inhibition} = \frac{A_0 - A_c}{A_0} \times 100$$

กำหนดให้

- A_0 คือ ค่าการดูดกลืนแสงของตัวอย่างว่างเปล่า (DPPH อย่างเดียว)
- A_c คือ ค่าการดูดกลืนแสงของสารละลายของสารสกัดตัวอย่าง

ตัวอย่างการคำนวณ ณ ปริมาณสารมาตรฐาน 0.05 mg/ml

$$\% \text{ Inhibition} = \frac{(0.9307 - 0.3841)}{0.9307} \times 100 = 58.73$$

ซึ่งหมายความว่า สารมาตรฐาน 0.0 5 mg/ml สามารถยับยั้งอนุมูลอิสระ (DPPH) ได้ 58.73%
จากสารสกัดข้าวพันธุ์หอมมะลิแดง ปริมาตร 600 μ l มีฤทธิ์ต้านออกซิเดชันเทียบเท่ากับ trolox 392.75 μ g/ml
ซึ่งหมายความว่า สารสกัดข้าวพันธุ์หอมมะลิแดง 1 ml มีฤทธิ์ต้านออกซิเดชันเทียบเท่ากับ trolox 0.393 mg

ปริมาณแอนโทไซยานิน โดยวิธี pH differential method (ดัดแปลงจาก Giusti and Wrolstad 2001)

อุปกรณ์

1. เครื่องวัดการดูดกลืนแสง (spectrophotometer)
2. เครื่องปั่นเหวี่ยงแยกสาร (centrifuge)
3. เครื่องระเหยสุญญากาศ (vacuum evaporation)
4. เครื่องผสม (vortex mixer)

สารเคมี

1. ไฮโดรคลอริกเข้มข้น
2. เมทานอล
3. โปตัสเซียมคลอไรด์
4. โซเดียมอะซิเตต

วิธีการสกัด(ดัดแปลงวิธีจาก Hosseinian et al 2008)

1. เตรียมสารละลายเมทานอลที่เป็นกรดด้วยกรด HCl (1N) (อัตราส่วนของเมทานอลต่อ HCl เป็น 85:15, v/v)
2. ชั่งตัวอย่างแล้วเติมสารละลายเมทานอลที่เป็นกรดจากข้อที่ 1 ในอัตราส่วน1:8
3. นำไปแช่เป็นเวลา 45 นาที
4. นำไปปั่นเหวี่ยงที่ความเร็ว 5,000 g เป็นเวลา 5 นาที เพื่อเป็นการตกตะกอนสารแขวนลอยต่างๆ
5. แยกสารละลายใสออกมาเพื่อนำไประเหยที่ 40 °ซ
6. เติมเมทานอล 5 ml นำไปวิเคราะห์หาปริมาณแอนโธไซยานิน

วิธีการทดลอง

1. นำสารสกัดมา 100 ไมโครลิตร ละลายในสารละลายโปตัสเซียมคลอไรด์ 5 มิลลิลิตร ที่ pH 1.0 ตั้งทิ้งไว้ 15 นาที
2. นำสารสกัดมา 100 ไมโครลิตร ละลายในสารละลายโซเดียมอะซิเตต 5 มิลลิลิตร ที่ pH 4.5 ตั้งทิ้งไว้ 15 นาที
3. นำไปวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ช่วงคลื่น 510 nm (ที่แอนโธไซยานินสามารถดูดกลืนแสงได้มากที่สุด) และ 700 nm (ที่แอนโธไซยานินสามารถดูดกลืนแสงได้น้อยที่สุด) เปรียบเทียบกับ blank ซึ่งใช้น้ำกลั่น แล้วคำนวณหาปริมาณแอนโธไซยานิน (Wrolstad and others 2005) จากสมการนี้

$$A = (A_{510} - A_{700})_{pH\ 1.0} - (A_{510} - A_{700})_{pH\ 4.5}$$

$$\text{ปริมาณแอนโธไซยานิน (mg/L)} = \frac{(A \times MW \times DF \times 1,000)}{\epsilon \times l}$$

กำหนดให้

- A₅₁₀ = ค่าการดูดกลืนแสงที่ 510 nm
- A₇₀₀ = ค่าการดูดกลืนแสงที่ 700 nm
- MW = มวลโมเลกุลของแอนโธไซยานิน (ใช้ค่ามวลโมเลกุลของ Cyanidin-3-glucoside = 449.2 g/mol)
- DF = dilution factor
- ε = molar absorptivity (26,900) L/mol/cm
- l = pathlength (cm)

ปริมาณแกมมาไอโรซานอล (ดัดแปลงวิธีจาก Lilitchan and others 2008)

อุปกรณ์

1. เครื่องวัดการดูดกลืนแสง (spectrophotometer)
2. เครื่องปั่นเหวี่ยงแยกสาร (centrifuge)
4. เครื่องผสม (vortex mixer)

สารเคมี

1. เอทานอล
2. สารมาตรฐานแกมมาไอโรซานอล

วิธีการทดลอง

1. ชั่งตัวอย่าง 0.5 กรัม ใส่ในหลอดทดลองฝาเกลียว 2 หลอด
2. โดยในหลอดที่ 1 เติมเอทานอลลงไป 5 ml. ส่วนหลอดที่ 2 เติมเอทานอลลงไป 10 ml. ปิดฝาเขย่าอย่างแรงโดยใช้เครื่อง vortex เป็นเวลา 1 นาที
3. นำไปปั่นเหวี่ยงที่ความเร็ว 4,000 รอบต่อนาที เป็นเวลา 5 นาที เพื่อเป็นการตกตะกอนสารแขวนลอยต่างๆ
4. นำสารละลายใสไปวิเคราะห์หาปริมาณแกมมาไอโรซานอล โดยนำไปวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ 326 nm ใช้เอทานอลเป็น blank วิเคราะห์หาปริมาณแกมมาไอโรซานอลโดยใช้การเปรียบเทียบกับกราฟมาตรฐานของสารมาตรฐานแกมมาไอโรซานอลที่ละลายในเอทานอล

การทราบค่าสัมประสิทธิ์การดูดซับ (K) จะนำมาใช้ทำนายปริมาณสารที่สกัดได้ในแต่ละครั้ง ส่วนการศึกษาหาค่าสัมประสิทธิ์การดูดซับทำได้โดยการศึกษาหาความเข้มข้นของตัวถูกละลายในชั้นของสารละลายอินทรีย์และในชั้นของของแข็ง แต่ในกรณีที่ไม้อาจหาปริมาณสารในชั้นของของแข็งได้อาจนำวิธีแก้สมการทางคณิตศาสตร์มาประยุกต์ใช้ในแบบต่างๆ

ในกรณีที่สกัดตัวอย่าง 2 ชุดด้วยปริมาณเท่ากัน โดยให้ปริมาตรของตัวทำละลายในชุดที่ 2 เป็น 2 เท่าของชุดที่ 1 และทำการสกัดอย่างละ 1 ครั้ง

กำหนดให้

K = ค่าสัมประสิทธิ์ในการดูดซับ

V = ปริมาณของตัวทำละลายอินทรีย์ (ml)

W = น้ำหนักของตัวอย่างที่ใช้ในการสกัด (g)

Y = ปริมาณแกมมาไอโรซานอลทั้งหมดในตัวอย่าง (mg)

X_1 = ปริมาณแกมมาไอโรซานอลในการสกัดชุดที่ 1 (mg/ml)

X_2 = ปริมาณแกมมาไอโรซานอลในการสกัดชุดที่ 2 (mg/ml)

จากสมการ

$$K = \left(\frac{X}{V} \right) \left(\frac{W}{Y - X} \right) \quad (6)$$



การสกัดในชุดที่ 1

$$K_1 = \left(\frac{X_1}{V_1} \right) \left(\frac{W_1}{Y - X_1} \right) \tag{7}$$

การสกัดในชุดที่ 2

$$K_2 = \left(\frac{X_2}{V_2} \right) \left(\frac{W_2}{Y - X_2} \right) \tag{8}$$

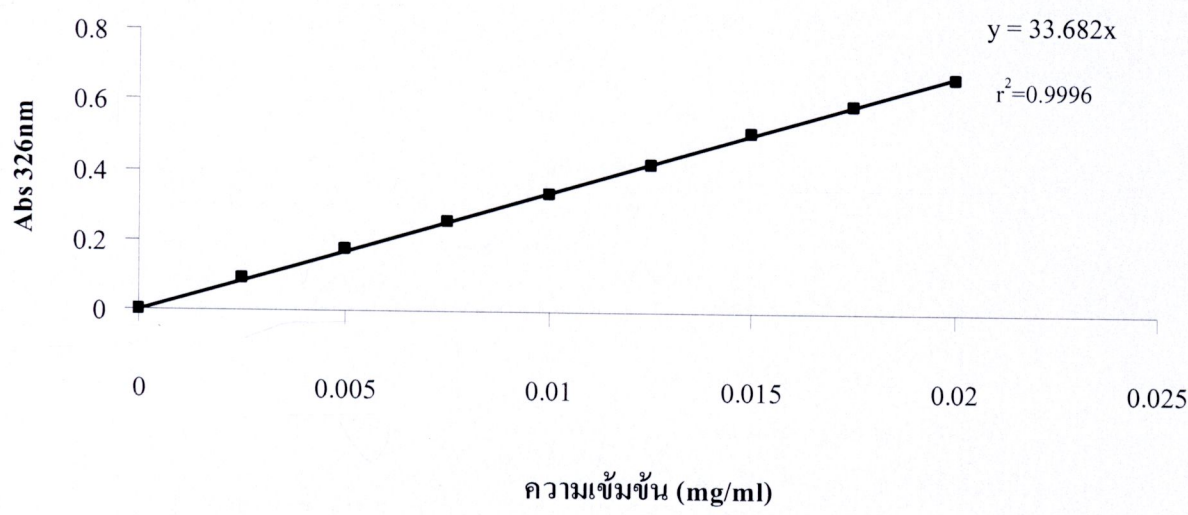
แต่ $K_1 = K_2$ และ $2V_1 = V_2$
จะได้

$$Y = \frac{X_1 X_2}{2X_1 - X_2} \tag{9}$$

ดังนั้นปริมาณแกมมาโอโรซานอลทั้งหมดในตัวอย่าง (Y) สามารถหาได้จากสมการ (9) และเมื่อแทนค่า Y ลงในสมการ (6) หรือ (7) จะได้ค่า K

ตารางที่ 27 ความเข้มข้นของสารมาตรฐานแกมมาโอโรซานอลในสารละลายเอทานอล

ความเข้มข้น (mg/ml)	ค่าการดูดกลืนแสงที่ 326nm
0.0000	0
0.0025	0.0891
0.0050	0.1763
0.0075	0.2525
0.0100	0.3372
0.0125	0.4194
0.0150	0.5106
0.0175	0.5891
0.0200	0.6682



ภาพที่ 33 กราฟมาตรฐานของสารมาตรฐานแกมมาโอโรซานอลที่ละลายในเอทานอล

ตัวอย่างการคำนวณหาปริมาณแกมมาโอโรซานอลของข้าวหอมมะลิแดงที่ยังไม่ผ่านการให้ความร้อน

ตารางที่ 28 ปริมาณแกมมาโอโรซานอลในเอทานอลเมื่อใช้ตัวอย่างข้าว 0.5 กรัมต่อเอทานอล 5 ml (V₁) และ 10 ml (V₂)

sample	เอทานอล 5 ml		เอทานอล 10 ml	
	ค่าการดูดกลืนแสงที่ 326 nm	ปริมาณแกมมาโอโรซานอล (X ₁) mg/ml	ค่าการดูดกลืนแสงที่ 326 nm	ปริมาณแกมมาโอโรซานอล (X ₂) mg/ml
1	0.7934	0.024	0.4844	0.029
2	0.8712	0.026	0.5096	0.030
3	0.8323	0.025	0.5018	0.030
4	0.8518	0.025	0.5057	0.030
เฉลี่ย	0.8372	0.025	0.5004	0.030

$Y = 0.037 \text{ mg}$

$K = 0.179$

ดังนั้น

ข้าว 0.5 กรัม มีน้ำหนักแห้ง 0.43 กรัม จะมีปริมาณแกมมาโอโรซานอลทั้งหมดในตัวอย่างเท่ากับ 0.0037 mg

ในข้าวน้ำหนักแห้ง 1 กรัม จะมีแกมมาโอโรซานอลทั้งหมด 0.0856 mg

ในข้าวน้ำหนักแห้ง 100 กรัม จะมีแกมมาโอโรซานอลทั้งหมด 8.56 mg

ภาคผนวก ข
ผลการวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

ตารางที่ 29 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของความกว้างของข้าวไม่ขัดสี 4 สายพันธุ์

Source	Type III Sum of Squares	Df	Mean Square	F	Sig.
treat	.660	3	.220	800.566	.000*
Error	.002	8	.000		
Total	64.511	12			

หมายเหตุ * แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

ตารางที่ 30 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของความยาวของข้าวไม่ขัดสี 4 สายพันธุ์

Source	Type III Sum of Squares	Df	Mean Square	F	Sig.
treat	4.130	3	1.377	371.238	.000*
Error	.030	8	.004		
Total	593.981	12			

หมายเหตุ * แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

ตารางที่ 31 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของความหนาของข้าวไม่ขัดสี 4 สายพันธุ์

Source	Type III Sum of Squares	Df	Mean Square	F	Sig.
treat	.075	3	.025	20.124	.000*
Error	.010	8	.001		
Total	39.980	12			

หมายเหตุ * แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

ตารางที่ 32 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของน้ำหนัก 100 เมล็ด ของข้าวไม่ขัดสี 4 สายพันธุ์

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
treat	.240	3	.080	25.859	.000*
Error	.025	8	.003		
Total	58.654	12			

หมายเหตุ * แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p≤0.05)

ตารางที่ 33 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่าสี L* ของข้าวไม่ขัดสี 4 สายพันธุ์

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
treat	123.311	3	41.104	335.244	.000*
Error	1.471	12	.123		
Total	29157.535	16			

หมายเหตุ * แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p≤0.05)

ตารางที่ 34 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่าสี a* ของข้าวไม่ขัดสี 4 สายพันธุ์

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
treat	101.089	3	33.696	2.299E3	.000*
Error	.176	12	.015		
Total	456.398	16			

หมายเหตุ * แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p≤0.05)

ตารางที่ 35 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่าสี b* ของข้าวไม่ขัดสี 4 สายพันธุ์

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
treat	223.569	3	74.523	747.301	.000*
Error	1.197	12	.100		
Total	779.722	16			

หมายเหตุ * แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p≤0.05)

ตารางที่ 36 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่าความหนืดสูงสุด (peak viscosity) ของข้าวไม่ขัดสี 4 สายพันธุ์

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
treat	19393.724	3	6464.575	1.829E3	.000*
Error	28.268	8	3.534		
Total	325873.648	12			

หมายเหตุ * แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p≤0.05)

ตารางที่ 37 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่าเบรกดาวน์ (breakdown)ของข้าวไม่ขัดสี 4 สายพันธุ์

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
treat	1878.958	3	626.319	67.086	.000*
Error	74.688	8	9.336		
Total	100537.336	12			

หมายเหตุ * แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p≤0.05)

ตารางที่ 38 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่าความหนืดสุดท้าย (final viscosity) ของข้าวไม่ขัดสี 4 สายพันธุ์

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
treat	41098.301	3	13699.434	3.496E3	.000*
Error	31.352	8	3.919		
Total	196742.118	12			

หมายเหตุ * แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

ตารางที่ 39 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่าความแตกต่างระหว่างความหนืดสุดท้ายกับค่าความหนืดที่ต่ำสุดหรือค่าการคืนตัว (Setback) ของข้าวไม่ขัดสี 4 สายพันธุ์

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
treat	4306.749	3	1435.583	156.471	.000
Error	73.398	8	9.175		
Total	29703.194	12			

หมายเหตุ * แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

ตารางที่ 40 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของอุณหภูมิเริ่มเกิดความหนืด (pasting temperature) ของข้าวไม่ขัดสี 4 สายพันธุ์

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
treat	143.662	3	47.887	45.689	.000*
Error	8.385	8	1.048		
Total	65023.155	12			

หมายเหตุ * แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

ตารางที่ 41 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของความชื้น (โดยน้ำหนักแห้ง) ของข้าวไม่ขัดสี 4 สายพันธุ์

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
treat	11.971	3	3.990	23.452	.005*
Error	.681	4	.170		
Total	1243.228	8			

หมายเหตุ * แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

ตารางที่ 42 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของร้อยละปริมาณโปรตีนของข้าวไม่ขัดสี 4 สายพันธุ์

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
treat	7.912	3	2.637	126.497	.000*
Error	.083	4	.021		
Total	481.700	8			

หมายเหตุ * แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

ตารางที่ 43 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของร้อยละปริมาณเส้นใย ของข้าวไม่ขัดสี 4 สายพันธุ์

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Treat	8.483	3	2.828	11.544	.019*
Error	.980	4	.245		
Total	211.568	8			

หมายเหตุ * แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

ตารางที่ 44 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของร้อยละปริมาณไขมันของข้าวไม่ขัดสี 4 สายพันธุ์

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
treat	.702	3	.234	20.119	.007*
Error	.047	4	.012		
Total	50.848	8			

หมายเหตุ * แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

ตารางที่ 45 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของร้อยละปริมาณเถ้าของข้าวไม่ขัดสี 4 สายพันธุ์

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
treat	.339	3	.113	20.613	.007*
Error	.022	4	.005		
Total	20.112	8			

หมายเหตุ * แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

ตารางที่ 46 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของร้อยละปริมาณแอมิโดสของข้าวไม่ขัดสี 4 สายพันธุ์

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
treat	372.275	3	124.092	363.826	.000*
Error	2.729	8	.341		
Total	1589.045	12			

หมายเหตุ * แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

ตารางที่ 47 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของปริมาณฟีนอลิกทั้งหมดของข้าวไม่ขัดสี 4 สายพันธุ์

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
treat	3011.427	3	1003.809	1.317E3	.000
Error	9.145	12	.762		
Total	7505.285	16			



หมายเหตุ * แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

ตารางที่ 48 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของปริมาณแกมมาโอไรซานอลในข้าวไม่ขัดสี 4 สายพันธุ์

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
treat	31.951	3	10.650	90.406	.000*
Error	1.414	12	.118		
Total	1865.204	16			

หมายเหตุ * แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

ตารางที่ 49 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของปริมาณแอนโทไซยานินในข้าวไม่ขัดสี 4 สายพันธุ์

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
treat	181188.064	3	60396.021	2.210E4	.000*
Error	32.801	12	2.733		
Total	494848.866	16			

หมายเหตุ * แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

ตารางที่ 50 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของกิจกรรมการด้านออกซิเดชันในข้าวไม่ขัดสี 4 สายพันธุ์

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
treat	2991.955	3	997.318	1.320E3	.000*
Error	9.070	12	.756		
Total	7498.069	16			

หมายเหตุ * แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p≤0.05)

ตารางที่ 51 ร้อยละของแข็งทั้งหมดในน้ำแช่ของข้าวไม่ขัดสี 4 สายพันธุ์หลังผ่านการแช่ที่อุณหภูมิและเวลาต่างๆ

อุณหภูมิ (°ซ)	เวลา (นาที)	พันธุ์ข้าว			
		มะลิแดง	หอมนิล	KKU GL BL 06-043	KKU GL BL 05-003
28	30	0.07	0.20	0.07	0.06
	45	0.08	0.20	0.07	0.06
	60	0.08	0.20	0.07	0.06
	75	0.08	0.21	0.07	0.06
	90	0.08	0.21	0.08	0.07
	105	0.09	0.21	0.09	0.07
	120	0.09	0.22	0.09	0.09
65	30	0.21	0.29	0.16	0.12
	45	0.21	0.33	0.21	0.15
	60	0.22	0.42	0.22	0.18
	75	0.24	0.49	0.27	0.19
	90	0.32	0.52	0.26	0.23
	105	0.34	0.54	0.30	0.25
	120	0.38	0.56	0.30	0.39

ตารางที่ 51 ร้อยละของแข็งทั้งหมดในน้ำแช่ของข้าวไม่ขัดสี 4 สายพันธุ์หลังผ่านการแช่ที่อุณหภูมิและเวลาต่างๆ (ต่อ)

อุณหภูมิ (°ซ)	เวลา (นาที)	พันธุ์ข้าว			
		มะลิแดง	หอมนิล	KKU GL BL 06-043	KKU GL BL 05-003
75	30	0.41	0.56	0.21	0.22
	45	0.41	0.66	0.36	0.26
	60	0.54	0.74	0.40	0.43
	75	0.60	0.80	0.52	0.68
	90	0.92	1.33	0.57	1.23
	105	1.35	1.44	0.60	1.45
	120	1.62	1.48	1.01	1.34
85	30	0.78	1.49	0.43	0.61
	45	0.91	2.49	0.72	1.40
	60	1.46	2.53	1.54	1.86
	75	2.23	4.32	1.62	2.61
	90	2.33	5.88	2.02	2.66
	105	2.42	7.16	2.74	4.44
	120	3.11	7.42	3.72	4.67
95	30	0.71	1.70	0.83	1.39
	45	1.48	2.79	1.80	2.04
	60	2.45	2.87	2.23	2.80
	75	2.51	4.13	3.86	3.44
	90	3.63	5.35	4.26	4.06
	105	3.86	6.84	4.51	4.85
	120	4.29	7.92	4.93	5.27

การแช่ข้าวที่สภาวะต่างๆ ปริมาณแกมมาโอไรซานอลที่คงอยู่ในเมล็ดข้าวไม่ขัดสี 4 สายพันธุ์ เมื่อทำการเลือกพิจารณาที่ละอุณหภูมิและที่ละระยะเวลาในการแช่พบว่า เมื่ออุณหภูมิในการแช่เพิ่มขึ้นมีผลทำให้ตรวจพบปริมาณแกมมาโอไรซานอลที่คงอยู่ในเมล็ดได้เพิ่มขึ้น และระยะเวลาในการแช่ที่เพิ่มขึ้นมีผลทำให้ตรวจพบปริมาณแกมมาโอไรซานอลที่คงอยู่ในเมล็ดได้เพิ่มขึ้นเช่นกัน ซึ่งได้ข้อมูลดังตารางที่ 52, 53, 54 และ 55 ตามลำดับ

ตารางที่ 52 ปริมาณแกมมาโอไรซานอลเฉลี่ย (mg/100 g_{db}) ที่คงอยู่ในเมล็ดข้าวพันธุ์หอมมะลิแดงหลังจากผ่าน
การแช่ที่อุณหภูมิและเวลาต่างๆ

เวลา (นาที)	อุณหภูมิ(°ซ)			
	65	75	85	95
30	8.42±0.20 ^{dB}	8.68±0.15 ^{EB}	9.15±0.33 ^{CA}	9.59±0.35 ^{FA}
45	8.72±0.18 ^{DD}	9.24±0.11 ^{DC}	9.74±0.16 ^{DB}	10.41±0.19 ^{EA}
60	9.17±0.30 ^{CC}	9.43±0.23 ^{DC}	10.08±0.23 ^{DB}	11.18±0.23 ^{DA}
75	9.33±0.08 ^{CD}	9.83±0.14 ^{CC}	10.49±0.22 ^{CB}	11.71±0.21 ^{CA}
90	9.8±0.03 ^{BD}	10.39±0.38 ^{BC}	10.80±0.09 ^{CB}	12.15±0.22 ^{BA}
105	9.88±0.23 ^{BD}	10.46±0.04 ^{abC}	11.17±0.02 ^{BB}	12.54±0.20 ^{AA}
120	10.54±0.29 ^{AC}	10.76±0.28 ^{abC}	11.55±0.42 ^{AB}	12.88±0.24 ^{AA}

a, b.. ตัวอักษรในแนวดิ่งที่ต่างกันแสดงว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95
A, B.. ตัวอักษรในแนวนอนที่ต่างกันแสดงว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

ตารางที่ 53 ปริมาณแกมมาโอไรซานอลเฉลี่ย (mg/100 g_{db}) ที่คงอยู่ในข้าวพันธุ์หอมนิลหลังจากผ่านการแช่ที่
อุณหภูมิและเวลาต่างๆ

เวลา (นาที)	อุณหภูมิ (°ซ)			
	65	75	85	95
30	10.87±0.23 ^{EB}	11.84±0.13 ^{EB}	13.14±0.11 ^{EA}	13.38±0.96 ^{CA}
45	12.58±1.11 ^{DC}	13.69±0.18 ^{IC}	14.17±0.40 ^{IB}	14.73±0.10 ^{DA}
60	13.62±0.40 ^{CD}	14.22±0.04 ^{EC}	15.20±0.27 ^{EB}	15.67±0.08 ^{CA}
75	14.34±0.15 ^{BB}	14.53±0.15 ^{DB}	16.03±0.11 ^{DA}	16.22±0.23 ^{CA}
90	14.52±0.10 ^{BD}	15.65±0.21 ^{CC}	16.67±0.58 ^{CB}	17.15±0.51 ^{BA}
105	14.83±0.12 ^{BD}	16.69±0.19 ^{BC}	17.67±0.65 ^{BB}	18.72±0.54 ^{AA}
120	16.38±0.23 ^{AD}	17.18±0.13 ^{AC}	18.74±0.11 ^{AB}	19.40±0.93 ^{AA}

a, b.. ตัวอักษรในแนวดิ่งที่ต่างกันแสดงว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95
A, B.. ตัวอักษรในแนวนอนที่ต่างกันแสดงว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

ตารางที่ 54 ปริมาณแกมมาโอโรซานอลเฉลี่ย (mg/100 g_{db}) ที่คงอยู่ในเมล็ดข้าวพันธุ์ KCU-GL-BL 06-043 หลังจากผ่านการแช่ที่อุณหภูมิและเวลาต่างๆ

เวลา (นาทึ)	อุณหภูมิ (°ซ)			
	65	75	85	95
30	11.83±0.14 ^{fC}	12.22±0.23 ^{eB}	12.47±0.17 ^{fAB}	12.57±0.12 ^{fA}
45	12.39±0.21 ^{eNS}	12.74±0.23 ^{dNS}	12.95±0.09 ^{eNS}	13.16±0.31 ^{eNS}
60	12.92±0.16 ^{dC}	13.31±0.25 ^{eBC}	13.39±0.19 ^{dB}	14.13±0.18 ^{dA}
75	13.32±0.06 ^{cC}	13.70±0.22 ^{bB}	14.14±0.16 ^{cA}	14.61±0.39 ^{cA}
90	13.53±0.06 ^{bcC}	13.95±0.22 ^{bB}	14.52±0.30 ^{bA}	14.94±0.21 ^{cA}
105	13.68±0.29 ^{bc}	14.55±0.18 ^{aB}	15.09±0.16 ^{aA}	15.75±0.32 ^{bA}
120	14.24±0.22 ^{aD}	14.82±0.19 ^{aC}	15.39±0.30 ^{aB}	16.16±0.22 ^{aA}

a, b.. ตัวอักษรในแนวดั้งที่ต่างกันแสดงว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95
A, B.. ตัวอักษรในแนวนอนที่ต่างกันแสดงว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95
NS ตัวอักษรในแนวนอนไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

ตารางที่ 55 ปริมาณแกมมาโอโรซานอลเฉลี่ย (mg/100 g_{db}) ที่คงอยู่ในเมล็ดข้าวพันธุ์ KCU-GL-BL 05-003 หลังจากผ่านการแช่ที่อุณหภูมิและเวลาต่างๆ

เวลา (นาทึ)	อุณหภูมิ (°ซ)			
	65	75	85	95
30	11.60±0.23 ^{fB}	12.46±0.07 ^{dA}	12.68±0.46 ^{cA}	12.81±0.20 ^{cA}
45	12.01±0.16 ^{cD}	12.75±0.47 ^{dC}	13.39±0.25 ^{dB}	14.75±0.37 ^{dA}
60	12.30±0.11 ^{dC}	13.16±0.08 ^{eB}	13.65±0.37 ^{cdB}	14.84±0.86 ^{cdA}
75	12.95±0.17 ^{cC}	13.42±0.05 ^{cC}	14.04±0.17 ^{eB}	15.47±0.59 ^{cA}
90	13.13±0.09 ^{cC}	14.27±0.33 ^{bB}	14.50±0.15 ^{bB}	16.71±0.22 ^{bA}
105	13.51±0.04 ^{bD}	14.54±0.14 ^{bC}	15.57±0.21 ^{aB}	17.19±0.37 ^{abA}
120	14.58±0.20 ^{aD}	15.19±0.30 ^{aC}	15.90±0.33 ^{aB}	17.81±0.23 ^{aA}

a, b.. ตัวอักษรในแนวดั้งที่ต่างกันแสดงว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95
A, B.. ตัวอักษรในแนวนอนที่ต่างกันแสดงว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

ตารางที่ 56 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของปริมาณแกมมาโอไรซานอลในข้าวพันธุ์หอมมะลิแดงหลังจากผ่านการแช่ที่อุณหภูมิ 65, 75, 85 และ 95 °ซ เป็นระยะเวลานาน 30, 45, 60, 75, 90, 105 และ120 นาที

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
temp	68.844	3	22.948	440.442	.000*
time	72.481	6	12.080	231.857	.000*
temp * time	4.064	18	.226	4.334	.000*
Error	4.377	84	.052		
Total	12004.257	112			

หมายเหตุ * แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p≤0.05)

ตารางที่ 57 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของปริมาณแกมมาโอไรซานอลในข้าวพันธุ์หอมนิลหลังจากผ่านการแช่ที่อุณหภูมิ 65, 75, 85 และ 95 °ซ เป็นระยะเวลานาน 30, 45, 60, 75, 90, 105 และ120 นาที

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
temp	112.606	3	37.535	203.227	.000*
time	348.527	6	58.088	314.505	.000*
temp * time	8.024	18	.446	2.414	.004*
Error	15.515	84	.185		
Total	26629.363	112			

หมายเหตุ * แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p≤0.05)

ตารางที่ 58 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของปริมาณแกมมาโอโรซานอลในข้าวพันธุ์ KKU-GL-BL 06-043
หลังจากผ่านการแช่ที่อุณหภูมิ 65, 75, 85 และ 95 °ซ เป็นระยะเวลานาน 30, 45, 60, 75, 90, 105 และ 120 นาที

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
temp	28.638	3	9.546	193.242	.000*
time	105.480	6	17.580	355.875	.000*
temp * time	3.712	18	.206	4.174	.000*
Error	4.150	84	.049		
Total	21452.219	112			

หมายเหตุ * แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p≤0.05)

ตารางที่ 59 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของปริมาณแกมมาโอโรซานอลในข้าวพันธุ์ KKU-GL-BL 05-003
หลังจากผ่านการแช่ที่อุณหภูมิ 65, 75, 85 และ 95 °ซ เป็นระยะเวลานาน 30, 45, 60, 75, 90, 105 และ 120 นาที

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
temp	115.230	3	38.410	393.060	.000*
time	140.040	6	23.340	238.844	.000*
temp * time	12.135	18	.674	6.899	.000*
Error	8.209	84	.098		
Total	22585.219	112			

หมายเหตุ * แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p≤0.05)

การแช่ข้าวที่สภาวะต่างๆ ปริมาณแอนโทไซยานินที่คงอยู่ในเมล็ดข้าวไม่ขัดสี 4 สายพันธุ์ เมื่อทำการเลือกพิจารณาที่ละอุณหภูมิและที่ระยะเวลาในการแช่พบว่าเมื่ออุณหภูมิในการแช่เพิ่มขึ้นมีผลทำให้ตรวจพบปริมาณแอนโทไซยานินที่คงอยู่ในเมล็ดได้น้อยลง และระยะเวลาในการแช่ที่เพิ่มขึ้นมีผลทำให้ตรวจพบปริมาณแอนโทไซยานินที่คงอยู่ในเมล็ดได้น้อยลงเช่นกัน ซึ่งได้ข้อมูลดังตารางที่ 60, 61, 62 และ 63 ตามลำดับ

ตารางที่ 60 ปริมาณแอนโทไซยานิน (mg/100 g_{db}) ในข้าวหอมมะลิแดง หลังจากผ่านการแช่ที่อุณหภูมิ (28±1), 65, 75, 85 และ 95 °ซ และนาน 30-120 นาที

เวลา (นาที)	อุณหภูมิ (°ซ)				
	28	65	75	85	95
30	2.41±0.03 ^{aA}	2.20±0.17 ^{aB}	2.00±0.14 ^{aC}	0.61±0.04 ^{aD}	0.49±0.06 ^{aD}
45	2.17±0.03 ^{bA}	1.91±0.19 ^{bB}	1.45±0.04 ^{bC}	0.53±0.05 ^{abD}	0.40±0.03 ^{bD}
60	2.15±0.03 ^{bA}	1.72±0.06 ^{cB}	1.36±0.08 ^{bC}	0.45±0.06 ^{bcD}	0.28±0.03 ^{cE}
75	2.05±0.03 ^{cA}	1.46±0.08 ^{dB}	1.29±0.11 ^{bcC}	0.38±0.07 ^{cdD}	0.23±0.01 ^{dE}
90	1.85±0.08 ^{dA}	1.12±0.06 ^{eB}	1.11±0.08 ^{cdB}	0.35±0.08 ^{cdeC}	0.18±0.02 ^{eD}
105	1.77±0.09 ^{eA}	0.89±0.11 ^{fB}	0.98±0.11 ^{dB}	0.26±0.09 ^{deC}	0.13±0.02 ^{fD}
120	1.74±0.07 ^{eA}	0.51±0.08 ^{gB}	0.36±0.21 ^{eB}	0.19±0.10 ^{eC}	0.03±0.01 ^{gD}

a, b.. ตัวอักษรในแนวดิ่งที่ต่างกันแสดงว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95
A, B.. ตัวอักษรในแนวนอนที่ต่างกันแสดงว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

ตารางที่ 61 ปริมาณแอนโทไซยานิน (mg/100 g_{db}) ในข้าวหอมนิลหลังจากผ่านการแช่ที่อุณหภูมิ (28±1), 65, 75, 85 และ 95 °ซ และนาน 30-120 นาที

เวลา (นาที)	อุณหภูมิ (°ซ)				
	28	65	75	85	95
30	4.89±0.03 ^{aA}	3.16±0.30 ^{aB}	2.10±0.06 ^{aC}	0.96±0.18 ^{aD}	0.79±0.06 ^{aD}
45	4.59±0.05 ^{bA}	2.98±0.12 ^{aB}	1.94±0.09 ^{bC}	0.65±0.06 ^{bD}	0.67±0.07 ^{bD}
60	4.06±0.06 ^{cA}	2.22±0.21 ^{bB}	1.33±0.04 ^{cC}	0.59±0.03 ^{bcD}	0.62±0.05 ^{bcD}
75	3.67±0.06 ^{dA}	2.13±0.08 ^{bB}	1.17±0.14 ^{dC}	0.51±0.04 ^{cD}	0.56±0.05 ^{cD}
90	3.23±0.04 ^{eA}	1.83±0.04 ^{cB}	0.65±0.07 ^{eC}	0.47±0.03 ^{cdD}	0.44±0.02 ^{dD}
105	3.08±0.02 ^{fA}	1.43±0.21 ^{dB}	0.62±0.05 ^{eC}	0.36±0.04 ^{dD}	0.39±0.02 ^{dD}
120	2.68±0.04 ^{gA}	0.78±0.25 ^{eB}	0.48±0.07 ^{fC}	0.22±0.04 ^{eCD}	0.31±0.05 ^{eD}

a, b.. ตัวอักษรในแนวดิ่งที่ต่างกันแสดงว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95
A, B.. ตัวอักษรในแนวนอนที่ต่างกันแสดงว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

ตารางที่ 62 ปริมาณแอนโทไซยานิน (mg/100 g_{db}) ในข้าว KGU-GL-BL 06-043 หลังจากผ่านการแช่ที่อุณหภูมิ (28±1), 65, 75, 85 และ 95 °ซ และนาน 30-120 นาที

เวลา (นาที)	อุณหภูมิ (°ซ)				
	28	65	75	85	95
30	81.66±1.30 ^{aA}	63.92±1.19 ^{aB}	20.72±0.38 ^{aC}	20.45±0.10 ^{aC}	18.75±0.20 ^{aD}
45	78.16±0.84 ^{bA}	56.23±0.37 ^{bB}	19.75±0.29 ^{bC}	20.09±0.10 ^{bC}	18.12±0.47 ^{aD}
60	77.29±1.20 ^{bcA}	53.85±0.26 ^{cB}	19.48±0.18 ^{bC}	19.65±0.11 ^{cC}	16.05±0.04 ^{bD}
75	76.18±0.86 ^{cA}	43.22±0.36 ^{dB}	17.26±0.33 ^{cC}	16.44±0.06 ^{dD}	14.94±0.11 ^{cE}
90	68.25±0.93 ^{dA}	42.05±0.41 ^{eB}	16.83±0.34 ^{dC}	14.96±0.46 ^{eD}	14.26±0.03 ^{cD}
105	64.78±0.71 ^{eA}	41.41±0.03 ^{eB}	15.75±0.17 ^{eC}	13.67±0.09 ^{fD}	12.54±1.10 ^{dE}
120	61.34±1.42 ^{fA}	40.77±0.20 ^{fB}	14.83±0.11 ^{fC}	12.62±0.38 ^{gD}	12.14±1.22 ^{dD}

a, b.. ตัวอักษรในแนวดิ่งที่ต่างกันแสดงว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95
A, B.. ตัวอักษรในแนวนอนที่ต่างกันแสดงว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

ตารางที่ 63 ปริมาณแอนโทไซยานิน (mg/100 g_{db}) ในข้าว KGU-GL-BL 05-003 หลังจากผ่านการแช่ที่อุณหภูมิ (28±1), 65, 75, 85 และ 95 °ซ และนาน 30-120 นาที

เวลา (นาที)	อุณหภูมิ (°ซ)				
	28	65	75	85	95
30	24.15±0.21 ^{aA}	9.95±0.25 ^{aB}	9.75±0.04 ^{aB}	8.37±0.59 ^{aC}	7.73±0.09 ^{aD}
45	23.32±0.13 ^{bA}	9.04±0.42 ^{bB}	8.26±0.20 ^{bC}	7.18±0.56 ^{bD}	7.56±0.10 ^{aD}
60	21.66±0.12 ^{cA}	8.04±0.32 ^{cB}	7.23±0.54 ^{cC}	6.48±0.03 ^{cC}	7.26±0.10 ^{bD}
75	21.25±0.08 ^{dA}	7.19±0.13 ^{dB}	6.49±0.32 ^{dB}	6.04±0.18 ^{cC}	6.97±0.11 ^{cD}
90	20.35±0.10 ^{eA}	7.00±0.20 ^{deB}	6.06±0.25 ^{eC}	5.45±0.14 ^{dD}	5.48±0.28 ^{dD}
105	19.58±0.14 ^{fA}	6.61±0.41 ^{eB}	5.59±0.22 ^{fC}	4.76±0.04 ^{eD}	5.17±0.15 ^{eE}
120	19.34±0.08 ^{gA}	5.75±0.20 ^{fB}	4.89±0.09 ^{gC}	4.57±0.11 ^{eCD}	4.70±0.16 ^{fD}

a, b.. ตัวอักษรในแนวดิ่งที่ต่างกันแสดงว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95
A, B.. ตัวอักษรในแนวนอนที่ต่างกันแสดงว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

ตารางที่ 64 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของปริมาณแอนโธไซยานิน (mg/100 g_{db}) ในข้าวหอมมะลิแดง หลังจากผ่านการแช่ที่อุณหภูมิ (28±1), 65, 75, 85 และ 95 °ซ และนาน 30-120 นาที

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
temp	60.055	4	15.014	2.051E3	.000*
time	12.631	6	2.105	287.556	.000*
temp * time	4.479	24	.187	25.494	.000*
Error	.769	105	.007		
Total	234.835	140			

หมายเหตุ * แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p≤0.05)

ตารางที่ 65 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของปริมาณแอนโธไซยานิน (mg/100 g_{db}) ในข้าวหอมนิลหลังจาก ผ่านการแช่ที่อุณหภูมิอุณหภูมิ (28±1), 65, 75, 85 และ 95 °ซ และนาน 30-120 นาที

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
temp	202.836	4	50.709	4.782E3	.000*
time	34.279	6	5.713	538.707	.000*
temp * time	10.468	24	.436	41.129	.000*
Error	1.114	105	.011		
Total	614.365	140			

หมายเหตุ * แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p≤0.05)

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

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
temp	73088.702	4	18272.176	4.631E4	.000*
time	2787.403	6	464.567	1.178E3	.000*
temp * time	1177.958	24	49.082	124.403	.000*
Error	41.426	105	.395		
Total	241216.027	140			

หมายเหตุ * แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p≤0.05)

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

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
temp	4817.581	4	1204.395	1.940E4	.000*
time	265.432	6	44.239	712.715	.000*
temp * time	13.703	24	.571	9.199	.000*
Error	6.517	105	.062		
Total	18251.207	140			

หมายเหตุ * แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p≤0.05)

ตารางที่ 68 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของร้อยละการสูญเสียของปริมาณแอนโทไซยานิน (เทียบกับปริมาณเริ่มต้น) ในข้าวหอมมะลิแดง หลังจากผ่านการแช่ที่อุณหภูมิ (28±1), 65, 75, 85 และ 95 °ซ และนาน 30-120 นาที

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
temp	3020.498	4	755.124	2.036E3	.000*
time	635.742	6	105.957	285.680	.000*
temp * time	225.394	24	9.391	25.321	.000*
Error	38.944	105	.371		
Total	1201488.497	140			

หมายเหตุ * แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p≤0.05)

ตารางที่ 69 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของร้อยละการสูญเสียของปริมาณแอนโทไซยานิน (เทียบกับปริมาณเริ่มต้น) ในข้าวหอมนิลหลังจากผ่านการแช่ที่อุณหภูมิอุณหภูมิ (28±1), 65, 75, 85 และ 95 °ซ และนาน 30-120 นาที

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
temp	560.074	4	140.018	4.807E3	.000*
time	94.582	6	15.764	541.150	.000*
temp * time	28.927	24	1.205	41.376	.000*
Error	3.059	105	.029		
Total	1326512.040	140			

หมายเหตุ * แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p≤0.05)

ตารางที่ 70 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของร้อยละการสูญเสียของปริมาณแอนโทไซยานิน (เทียบกับปริมาณเริ่มต้น) ในข้าว KGU-GL-BL 06-043 หลังจากผ่านการแช่ที่อุณหภูมิ (28±1), 65, 75, 85 และ 95 °ซ และนาน 30-120 นาที

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
temp	9754.839	4	2438.710	4.635E4	.000*
time	371.943	6	61.991	1.178E3	.000*
temp * time	157.202	24	6.550	124.484	.000*
Error	5.525	105	.053		
Total	1081961.518	140			

หมายเหตุ * แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p≤0.05)

ตารางที่ 71 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของร้อยละการสูญเสียของปริมาณแอนโทไซยานิน (เทียบกับปริมาณเริ่มต้น) ในข้าว KGU-GL-BL 05-003 หลังจากผ่านการแช่ที่อุณหภูมิ (28±1), 65, 75, 85 และ 95 °ซ และนาน 30-120 นาที

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
temp	1071.363	4	267.841	1.946E4	.000*
time	59.090	6	9.848	715.657	.000*
temp * time	3.032	24	.126	9.179	.000*
Error	1.445	105	.014		
Total	1276085.455	140			

หมายเหตุ * แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p≤0.05)



ตารางที่ 72 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่าเอนทาลปี (ΔH , J/g) ของข้าวไม่ขัดสี 4 สาย พันธุ์ ที่อุณหภูมิ 95 °ซ นาน 30 นาทีของข้าวไม่ขัดสี 4 สาย พันธุ์ ที่อุณหภูมิ 95 °ซ นาน 30 นาที

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
treat	.304	3	.101	46.222	.000*
Error	.026	12	.002		
Total	1.503	16			

หมายเหตุ * แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

ตารางที่ 73 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของอุณหภูมิเริ่มเปลี่ยนแปลง (onset, T_o) ของข้าวไม่ขัดสี 4 สาย พันธุ์ ที่อุณหภูมิ 95 °ซ นาน 30 นาที

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
treat	41.379	3	13.793	23.829	.000*
Error	6.946	12	.579		
Total	80975.204	16			

หมายเหตุ * แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

ตารางที่ 74 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของอุณหภูมิของการเปลี่ยนแปลงสูงสุด (peak, T_p) ของข้าวไม่ขัดสี 4 สาย พันธุ์ ที่อุณหภูมิ 95 °ซ นาน 30 นาที

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
treat	58.656	3	19.552	81.300	.000*
Error	2.886	12	.240		
Total	93991.686	16			

หมายเหตุ * แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

ตารางที่ 75 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของอุณหภูมิสุดท้าย (end, T_c) ของข้าวไม่ขัดสี 4 สาย พันธุ์ ที่อุณหภูมิ 95 °ซ นาน 30 นาที

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
treat	51.540	3	17.180	2.852	.082
Error	72.287	12	6.024		
Total	110237.797	16			

หมายเหตุ * แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p≤0.05)

ตารางที่ 76 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของกิจกรรมการต้านออกซิเดชัน (mg trolox/100 g_{db}) ของข้าวพันธุ์หอมมะลิแดง ก่อนแช่และหลังแช่ที่อุณหภูมิ 95 °ซ เวลา 30-120 นาที

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
time	5073.307	7	724.758	3.920E3	.000*
Error	4.437	24	.185		
Total	6217.417	32			

หมายเหตุ * แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p≤0.05)

ตารางที่ 77 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของกิจกรรมการต้านออกซิเดชัน (mg trolox/100 g_{db}) ของข้าวพันธุ์หอมนิล ก่อนแช่และหลังแช่ ที่อุณหภูมิ 95 °ซ เวลา 30-120 นาที

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
time	34.719	7	4.960	26.338	.000*
Error	4.520	24	.188		
Total	76.535	32			

หมายเหตุ * แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p≤0.05)

ตารางที่ 78 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของกิจกรรมการต้านออกซิเดชัน (mg trolox/100 g_{db}) ของข้าวพันธุ์ KGU-GL-BL 06-034 ก่อนแช่และหลังจากผ่านการแช่ที่อุณหภูมิ 95 °ซ เวลา 30-120 นาที

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
time	694.956	7	99.279	1.438E4	.000*
Error	.166	24	.007		
Total	1112.820	32			

หมายเหตุ * แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p≤0.05)

ตารางที่ 79 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของกิจกรรมการต้านออกซิเดชัน (mg trolox/100 g_{db}) ของข้าวพันธุ์ KGU-GL-BL 05-003 ก่อนแช่และหลังจากผ่านการแช่ที่อุณหภูมิ 95 °ซ เวลา 30-120 นาที

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
time	159.151	7	22.736	1.862E3	.000*
Error	.293	24	.012		
Total	296.702	32			

หมายเหตุ * แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p≤0.05)

ประวัติผู้เขียน



นางสาวพนิตตรา ชำนาญศิลป์ เกิดเมื่อวันที่ 11 มิถุนายน พ.ศ. 2528 สำเร็จการศึกษาระดับปริญญาตรี วิทยาศาสตร์บัณฑิต สาขาเทคโนโลยีการอาหาร คณะเทคโนโลยี จากมหาวิทยาลัยขอนแก่น เมื่อปีการศึกษา 2550 และเข้าศึกษาในระดับบัณฑิตศึกษา สาขาเทคโนโลยีการอาหาร คณะเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยขอนแก่น เมื่อปี การศึกษา 2551

