# เอกสารอ้างอิง


งามชื่น คงเสรี. 2542. เทคนิคการทดสอบคุณภาพข้าว. กสิกร ; 72(5): 467-473.

จารุรัตน์ สันเต. 2550. ผลของกระบวนการแช่และกระบวนการงอกของข้าวกล้อง (ขาวดอกมะลิ 105) ต่อปริมาณสารแกมมาอะมิโนบิวเทอริกเอซิดในข้าวกล้องงอก. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต. ภาควิชาเทคโนโลยีการอาหาร. บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยขอนแก่น.

ชาญ มงคล. 2536. ข้าว : ตำราเอกสารวิชาการ หน่วยศึกษานิเทศก์กรรมการฝึกหัดครู ฉบับที่ 63 ตอนที่ 31 ง วันที่ 17 เมษายน 2540.

นฤบดี ศรีสังข์. 2550. การอบแห้งข้าวกล้องงอกด้วยวิธีฟลูอิไดซ์เบด แบบอากาศร้อน. วิทยานิพนธ์มหาบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีการจัดการพลังงาน คณะพลังงานสิ่งแวดล้อมและวัสดุ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี.

ประกาศกระทรวงพาณิชย์ เรื่อง มาตรฐานสินค้าข้าว พ.ศ. 2540 ประกาศในราชกิจจานุเบกษา เล่ม 114.

พัชรี ตั้งตระกูล. 2550 . GABA ในคัพภะข้าวและข้าวกล้องงอกอาหาร ปีที่37 ฉบับที่ 4 (2550) ; 291-296.

วรนุช ศรีเจษฎารักษ์. 2551. รายงานฉบับสมบูรณ์เรื่องการผลิตสารประกอบทางชีวภาพจากข้าวกล้องงอก. ภาควิชาเทคโนโลยีอาหาร คณะเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยขอนแก่น.

วรนุช ศรีเจษฎารักษ์และเทพฤทธิ์ ปิติฤทธิ์. 2551. การศึกษากระบวนการผลิตข้าวกาบา การประเมินทางประสาทสัมผัสข้าวหุงสุก และการเปลี่ยนแปลงปริมาณกาบาระหว่างการเก็บ สกว. กรุงเทพมหานคร.

วรนุช ศรีเจษฎารักษ์. 2552. สารโภชนาการบำบัดของข้าวฮางและข้าวกล้องงอก เสนอต่อ สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ (ทุนอุดหนุนมหาวิทยาลัยขอนแก่น ปี2552).

สถาบันอาหาร องค์กรเครือข่ายกระทรวงอุตสาหกรรม. 2549. ตลาดข้าวกล้องงอก (Germination brown rice: GBR) ในญี่ปุ่น. กรุงเทพ Biz week. 25 กันยายน - 1 ตุลาคม 2549: C7.

สมชาติ โสภณรณฤทธิ์. 2540. การอบแห้งเมล็ดพืชและอาหารบางประเภท. พิมพ์ครั้งที่ 7. กรุงเทพฯ : มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี.

อนุชา ใจกล้า. 2549. เงื่อนไขที่เหมาะสมสำหรับการรักษาคุณภาพข้าวเปลือกที่อบแห้งโดยเทคนิคฟลูอิไดเซชัน. วิทยานิพนธ์มหาบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีการจัดการพลังงาน คณะพลังงานสิ่งแวดล้อมและวัสดุ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี.

อรอนงค์ นัยวิกุล. 2538. เคมีทางธัญหาร. กรุงเทพฯ : มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

อุสาห์ เจริญวัฒนา. 2526. ผลิตภัณฑ์ธัญพืช. ภาควิชาผลิตภัณฑ์เกษตร คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น

เอกสงวน ชูวิสัฐกุล. 2544. เทคโนโลยีการผลิตข้าวพันธุ์ดี. สถาบันวิจัยข้าว กรมวิชาการเกษตร.

AOAC. 1995. Approved Methods of the American Association of Cereal Chemists. 9th ed. St. Paul, Minnesota.

Aquerreta J, Iguaz A, Arroqui C, Vírseda P. 2007. Effect of high temperature intermittent drying and tempering on rough rice quality. J Food Eng. 80:611-618.

Azrina A, Maznah I, Azizah AH. 2008. Extraction and Determination of Oryzanol in Rice Bran of Mixed Herbarium UKMB ; AZ 6807 : MR 185, AZ 6808:MR 211, AZ6809:MR 29. ASEAN Food Journal 15(1):89-96.

Beal AD, Mottram DS. 1993. An evaluation of the aroma characteristics of malted barley by free-choice profiling. J Sci Food Agric. 61:17–22.

Brand-Williams W, Cuvelier ME, Berset C. 1995. Use of a free radical method to evaluate antioxidant activity. Lebensmittel-Wissenschaft and Technologie. 26: 25-30.

Brown AW, Shelp BJ. 1989. The metabolism and physiological roles of γ-aminobutyric acid. Biochem Life SCi Adv. 8:21-25.

Brown AW, Shelp BJ. 1997. The metabolism and function of γ-aminobutyric acid. Plant Physiol. 115:1-5.

Chen MH, Bergman CJ. 2005. A rapid procedure for analyzing rice bran tocopherol, tocotrienol and γ–oryzanol contents. J Food Compos Anal. 18 : 139-151.

Chung H-J, Jang S-H, Cho HY, Lim S-T. 2009. Effect of steeping and anaerobic treatment on GABA (γ-aminobutyric acid) content in germinated waxy hull-less barley. J Food Sci Technol. 42:1712-1716.

Cnossen AG, Jimenez MJ, Siebenmorgen TJ. 2003. Rice fissuring response to high drying and tempering temperature. J Food Eng. 59:61-69.

Dong R, Lu Z, Liu Z, Koide S, Cao W. 2010. Effect of drying and tempering on rice fissuring analysed by integrating intra-kernel moisture distribution. J Food Eng. 97:161-167.

Elbert G, Tolaba MP, Suarez C. 2001. Effect of drying condition on head rice yield and browning index of parboiled rice. J Food Eng. 47:37-41.

Heinio RL, Oksman-Caldentey KM, Latva-Kala K, Lehtinen P, Poutanen K. 2001. Effects of drying treatment conditions on sensory profile of germinated oat. Cereal Chem. 78 : 707–14.

Hwang S-S, Cheng Y-C, Chang C, Lur H-S, Lin T-T. 2009. Magnetic resonance imaging and analyses of tempering process in rice kernels. J Cereal Sci. 50:36-42.

Inprasit C, Noomhorm A. 2001. Effect of drying air temperature and grain temperature of different types of dryer and operation on rice quality. Drying technology. 19(2):389-404.

Jaiboon P, Prachayawarakorn S, Devahastin S, Soponronnarit S. 2009. Effects of fluidized bed drying temperature and tempering time on quality of waxy rice. J Food Eng. 95:517-524.

Jeon TI, Hwang S-G, Lim BO. Park DK. 2003. Extracts of Phellinus Linteus Grown on Germinated Brown Rice Suppress Liver Damage Induced by Carbon Tetrachloride in Rat. Biotechnol Letters. 25(24): 2093-2096.

Juliano BO. 1993 . Rice in Human Nutrition. The Food and Agricultural Organization of the United Nations Rome. 162 pp

Karppinen S, Liukkonen K, Aura, AM, Forssell P, Poutanen K. 2000. In vitro fermentation of polysaccharides of rye, wheat and oat brans and inulin by human faecal bacteria. J. Sci Food Agric. 80 : 1469–76.

Kayahara H. 2001. Functional components of pre-germinated brown rice and their health promotion and disease prevention and improvement. Weekly Agric Forest. 1791:4-6.

Kayahara H, Tsukahara K. 2000. Flavor Health and Nutritional Quality of Pre-germinated Brown Rice International Chemical Congress of Pacific Basin Societies in Hawaii.

Komatsuzaki N, Tsukahara K, Toyoshima H, Suzuki T, Shimizu N, Kimura T. 2005. Effect of soaking and gaseous treatment on GABA content in germinated brown rice. J Food Eng. 78:556-560.

Manna KM, Naing KM, Pe H. 1995. Amylase activity of some roots and sprouted cereals and beans. Food Nutr. 16 : 1–4.

Moongngarm A, Saetung N. 2010. Comparison of chemical compositions and bioactive compounds of germinated rough rice and brown rice. J Food Chem. 122: 782-788.

Ohtsubo K, Suzuki K, Yasui Y, Kasumi T. 2005. Bio-functional components in the processed pre-germinated brown rice by a twin-screw extruder. J Food Compos Anal. 18 : 303-316.

Okada T, Sugishita T, Murakami T, Murai H, Saikusa T, Horino T. 2000. Effect of the Defatted Rice Germ Enriched with GABA for Sleeplessness, Depression, Autonomic Disorder by Oral Administration. Nippon Shokuhin Kagaku Kaishi. 47(8): 596-603.

Patita R, Supalax S, Voranuch S. 2007. Extraction and analysis of free amino acid in germinated brown rice by reversed phase high performance liquid chromatography. International chemistry conference (SICC 5) and Asia- Pacific International Symposium on Microscale and Analysis (APCE) December 16$^{th}$ -19$^{th}$,Suntec Singapore Convention&Exhibition Centre,Singapore.

Re R, Pellegrini N, Proteggente A, Pannala A, Yang M, Evans CR. 1999. Antioxidant activity applying an improved ABTS radical cation decolorization assay. Free Radical Biology & Medicine. 9(10): 1231-1237.

Reggiani R, Nebuloni M, Brambilla I. 1988. Accumulation and inter conversion of amino acids in rice roots under anoxia. Plant Cell Physiol. 29:981-987.

Shelp BJ, Brown AW, Malean MD. 1999. Metabolism and function of γ-aminobutyric acid. Trends Plant Sci. 4:446-452.

Singh N, Kaur L, Sodhi NS, Sekhon KS. 2005. Physicochemical, cooking and textural properties of milled rice from different Indian rice cultivars. Food Chem. 89(2): 253-259.

Singh RK, Singh US, Khush GS. 2000. Aromatic Rices. India: Science Publishers Inc.

Subba RMVSST, Muralikrishna G. 2002. Evaluation of the antioxidant properties of free and bound phenolic acids from native and malted finger millet. J Agric Food Chem. 50:889–92.

Taweerattanapanich A, Soponronnarit S, Wetchacama S, Kongseri N, Wongpiyachon S. 1999. Effect of Drying on Head Rice Yield Using Fluidization Technique. Drying technology. 17:345-353.

Wongpornchai S, Dumri K, Jongkaewwattana S, Siri B. 2004. Effect of drying methods and storage time on the aroma and milling quality of rice (Oryza sativa L.) cv. Khao Dawk Mali 105. J Food Chem. 87:407-14.

Zhang L, Hu P, Tang S, Zhao H, Wu D. 2005. Comparative studies on major nutritional components of rice with a giant embryo and a normal embryo. J Food Biochem. 29:653-661.

# ภาคผนวก

# ภาคผนวก ก
# วิธีวิเคราะห์คุณสมบัติทางกายภาพและทางเคมี

# ภาคผนวก ก 1

# การวิเคราะห์ความชื้น AOAC 1995 a-d

โดยใช้วิธี Hot Air Oven Method

**เครื่องมือและอุปกรณ์**

1) เครื่องชั่งน้ำหนักอย่างละเอียด
2) ตู้อบลมร้อน (Hot air oven)
3) ถ้วยหาความชื้น (Moisture Can)
4) โถอบแห้ง (Dessicator)

**วิธีทดลอง**

1) ปรับอุณหภูมิของตู้อบลมร้อนให้ได้ที่อุณหภูมิเท่ากับ 100°ซ
2) อบชุดถ้วยหาความชื้น (moisture can) ที่ล้างสะอาด ในตู้อบอุณหภูมิ 100°ซ นานประมาณ 15 ชั่วโมง จากนั้นนำชุดถ้วยหาความชื้นออกจากตู้อบแล้วทิ้งให้เย็นในโถดูดความชื้น
3) ชั่งน้ำหนักของชุดถ้วยหาความชื้น บันทึกน้ำหนัก (A)
4) ชั่งตัวอย่างข้าว 3 กรัม ลงในชุดถ้วยหาความชื้น (B) เกลี่ยตัวอย่างให้สม่ำเสมอในถ้วยหาความชื้น
5) นำชุดหาความชื้นที่ทราบน้ำหนักถ้วยและตัวอย่างใส่ในตู้อบที่อุณหภูมิ 100°ซ ทำการอบตัวอย่างจนน้ำหนักของตัวอย่างคงที่
6) นำตัวอย่างออกจากตู้อบ ทิ้งให้เย็นในโถดูดความชื้นประมาณ 30 นาที
7) ชั่งน้ำหนักของตัวอย่างแห้ง บันทึกน้ำหนักที่ชั่งได้ (C)
8) นำตัวอย่างเข้าอบอีกครั้ง (นานประมาณ 30 นาที) นำออกมาทิ้งให้เย็นในโถดูดความชื้นและชั่งน้ำหนักตัวอย่าง ทำซ้ำจนตัวอย่างแห้งมีน้ำหนักคงที่ (± 0.002 กรัม)

$$\text{ความชื้นเป็นร้อยละ} = \frac{(\text{น้ำหนัก(C)} - \text{น้ำหนัก(A)})}{\text{น้ำหนักตัวอย่าง(B)}} \times 100$$

# ภาคผนวก ก 2

# วิธีวิเคราะห์ GABA

ดัดแปลงวิธีการสกัดของ Ohtsubo and others (2005)

และดัดแปลงวิธีวัดของ Patita and others (2007)

**เครื่องมือและอุปกรณ์**

1) Centrifuge tube ขนาด 50 มิลลิลิตร
2) เครื่อง Centrifuge
3) เครื่องเขย่าหลอด Vortex mixer
4) เครื่องอบแห้งสุญญากาศ (Vacuum oven)
5) volume pipette ขนาด 10 และ 20 มิลลิลิตร
6) micropipette ขนาด 10, 50, 100, 200, 1000
7) ขวดปรับปริมาตร (Volumetric flask) ขนาด 5 และ 50 มิลลิลิตร
8) Nylon membrane syringe filter ขนาด 0.2 ไมครอน
9) กระบอกฉีดยา ขนาด 5 มิลลิลิตร
10) Column HPLC : waters Symmetry C18 5 um ยาว 3.9 x 150 mm
11) Fluorescence Detector Jasco FP-920
12) Waters 485 Tunable Absorbance Detector
13) Waters 600 controller pump
14) Waters 717 plus Autosampler
15) Waters SAT/IN Module

**สารเคมี**

1) Methanol HPLC grade
2) Ethanol AR grade
3) Acetonitrile HPLC grade
4) Chloroform AR grade
5) สารละลาย Trifluoroacetic acid (TFA) ความเข้มข้น 0.05%
6) สารละลาย 0.1 M Di-sodium tetraborate buffer ปรับ pH 10 ด้วยสารละลาย 8 M Sodium hydroxide
7) สารละลาย 9-Fluorenylmethyl chloroformate (FOMC) ความเข้มข้น 1000 มิลลิกรัมต่อลิตร ใน สารละลาย Acetonitril HPLC grade

8) กรดอะมิโนมาตรฐาน เช่น Histidine Arginine Glutamine Serine Glutamic acid Gaba Alanine Proline Valine และ Leucine

**วิธีทดลอง**

1) ชั่งตัวอย่างผงข้าวประมาณ 2.50 กรัม ลงในหลอดเซนติฟิวจ์

2) เติม 70% ethanol 25 มิลลิลิตร

3) เขย่าด้วยเครื่อง vortex mixer นาน 30 นาที แล้วทำการปั่นเหวี่ยงที่ความเร็วรอบ 12,000g เป็นเวลา 15 นาที ที่อุณหภูมิ 4 °ซ

4) ถ่ายสารละลายส่วนใสลงในฟลาสก์ระเหย ส่วนกากตะกอนในหลอดเซนติฟิวจ์สกัดซ้ำด้วย 70% ethanol 25 มิลลิลิตร อีก 2 ครั้ง แล้วให้ถ่ายสารละลายส่วนใสลงในฟลาสก์ระเหยรวมกันกับครั้งแรกจะได้ปริมาณรวม 75 มิลลิลิตร

5) นำฟลาสก์ระเหยที่เก็บสารละลายส่วนใสมาทำการระเหยด้วยเครื่องอบแห้งสุญญากาศ (Vacuum oven)ที่อุณหภูมิ 70°ซ จนแห้ง

6) ชะสารที่ต้องการออกจากฟลาสก์ระเหยด้วยน้ำกลั่นขจัดไอออนปริมาณ 10 มิลลิลิตร

7) นำไป degas เป็นเวลา 1ชั่วโมง

8) ดูดสารละลายปริมาตร 1 มิลลิลิตร ลงในขวดปรับปริมาตรขนาด 5 มิลลิลิตรเติมสารละลาย FOMC 1 มิลลิลิตร แล้วปรับปริมาตรให้ครบ 5 มิลลิลิตรด้วยสารละลาย sodium borate buffer เขย่าขวด ตั้งทิ้งไว้เป็นเวลา 15 นาที จากนั้นทำการกรองผ่าน syringe nylon membrane filter ขนาดรูผ่าน 0.2 ไมโครเมตร ลงในหลอดตัวอย่าง (vial) ของเครื่อง HPLC แล้วทำการฉีดเข้าเครื่อง HPLC เพื่อทำการวิเคราะห์หาชนิดและปริมาณกรดอะมิโนโดยเปรียบเทียบกับกราฟสารละลายมาตรฐานของกรดอะมิโนแต่ละชนิด

**<u>การเตรียมสารละลายผสมกรดอะมิโนและสร้างกราฟมาตรฐาน</u>**

1) เตรียมสารละลายมาตรฐานกรดอะมิโนผสม 9 ชนิด คือ Histidine Arginine Glutamine Glutamic acid GABA Alanine Proline Valine และ Leucine ความเข้มข้น 2, 5, 10, 15, 20, 25 และ 30 มิลลิกรัมต่อลิตร

2) ดูดสารละลายจากข้อ 1. ปริมาตร 1 มิลลิลิตร ลงในขวดปรับปริมาตรขนาด 5 มิลลิลิตรเติมสารละลาย FOMC 1 มิลลิลิตร แล้วปรับปริมาตรให้ครบ 5 มิลลิลิตรด้วยสารละลาย sodium borate buffer เขย่าขวด ตั้งทิ้งไว้เป็นเวลา 15 นาที จากนั้นทำการกรองผ่าน syringe nylon membrane filter ขนาดรูผ่าน 0.2 ไมโครเมตร ลงในหลอดตัวอย่าง (vial) ของเครื่อง HPLC แล้วทำการฉีดเข้าเครื่อง HPLC เพื่อทำการสร้างกราฟสารละลายมาตรฐานกรดอะมิโนแต่ละชนิด ระหว่างความเข้มข้นของกรดอะมิโนแต่ละชนิดกับพื้นที่พีคของกรดอะมิโนนั้น

**<u>สภาวะในการวิเคราะห์ GABA</u>**

1) คอลัมม์ symmetry Reverse-phase C18 (5 µm ;3.9x 150 mm)

2) ควบคุมอุณหภูมิของคอลัมม์ 40°ซ

3) ใช้ฟลูออเรเซนต์ดีเทคเตอร์ ความยาวคลื่นกระตุ้น ($\lambda$excited) 270 นาโนเมตรและความยาวคลื่นกระจาย ($\lambda$emission) 315 นาโนเมตร

4) ฉีดสารละลายในการวิเคราะห์ (inject sample) ปริมาณ 10 ไมโครลิตร

5) สภาวะในการวิเคราะห์มีการปรับเปลี่ยนปริมาณของสารตัวพาตลอดเวลา (Gradient elution) โดยใช้สารตัวพา 3 ชนิด อัตราการไหลของสารตัวพา 1 มิลลิลิตรต่อนาที ดังตารางที่ ก1

6) การวิเคราะห์มีการเปลี่ยนแปลงสารตัวพาเป็น 1 หมายถึง สัดส่วนการผสมกันของสารตัวพาทั้ง 3 ชนิดจะเปลี่ยนแปลงทันทีเพื่อให้ได้สัดส่วนของร้อยละของสารตัวพาตามระยะเวลาที่กำหนด

**ตารางที่ ก1** สภาวะการตั้งเครื่อง HPLC สำหรับวิเคราะห์ GABA

| ระยะเวลา(นาที) | อัตราการไหล (มิลลิลิตร) | TFA 0.05% (%A) | ACN 100% (%B) | MEOH 100% (%C) | การเปลี่ยนแปลงสารตัวพา |
|---|---|---|---|---|---|
| 0 | 1.0 | 65 | 35 | 0 | |
| 1.5 | 1.0 | 65 | 35 | 0 | 1 |
| 3 | 1.0 | 80 | 15 | 5 | 1 |
| 10 | 1.0 | 55 | 20 | 25 | 1 |
| 15 | 1.0 | 55 | 20 | 25 | 1 |
| 21 | 1.0 | 35 | 30 | 35 | 1 |
| 23 | 1.0 | 40 | 30 | 30 | 1 |
| 27 | 1.0 | 0 | 75 | 25 | 1 |
| 33 | 1.0 | 65 | 35 | 0 | 1 |

# ภาคผนวก ก 3

## วิธีวิเคราะห์อนุพันธ์ tocopherol และ γ-oryzanol

ดัดแปลงจาก Chen and Bergman (2005) และ Azrina and others (2008)

### เครื่องมือและอุปกรณ์

1) Centrifuge tube ขนาด 50 มิลลิลิตร
2) เครื่อง Centrifuge
3) เครื่องเขย่าหลอด Vortex mixer
4) เครื่องระเหยสาร Rotary evaporator
5) volume pipette ขนาด 10 และ 20 มิลลิลิตร
6) micropipette ขนาด 10, 50, 100, 200, 1000
7) ขวดปรับปริมาตร (Volumetric flask) 50 มิลลิลิตร
8) Nylon membrane syringe filter ขนาด 0.2 ไมครอน
9) กระบอกฉีดยา ขนาด 5 มิลลิลิตร
10) Column HPLC : waters Symmetry C18 5 um ยาว 3.9 x 150 mm
11) Fluorescence Detector Jasco FP-920
12) Waters 485 Tunable Absorbance Detector
13) Waters 600 controller pump
14) Waters 717 plus Autosampler
15) Waters SAT/IN Module
16) เครื่องบดตัวอย่างละเอียดขนาด 80-100 mesh

### สารเคมี

1) Methanol AR และ HPLC grade
2) Isopropanol HPLC grade
3) Acetonitrile HPLC grade
4) Acetic acid AR grade
5) สารมาตรฐาน tocopherol
6) สารมาตรฐาน δ-oryzanol

### วิธีทดลอง

1) ชั่งตัวอย่างผงข้าวประมาณ 3.00 กรัม ลงในหลอดเซนติฟิวจ์

2) เติมเมทานอลลงไป 30 มิลลิลิตร

3) เขย่าด้วยเครื่อง vortex mixer นาน 3 นาที แล้วปั่นเหวี่ยงที่ความเร็วรอบ 12,000g เป็นเวลา 15 นาที ที่อุณหภูมิ 4°ซ

4) ถ่ายสารละลายส่วนใสลงในฟลาสก์ระเหยส่วนกากตะกอนในหลอดเซนติฟิวจ์ให้เติมเมทานอลใหม่เข้าอีก1 ครั้ง 30 มิลลิลิตร ทำการปั่นเหวี่ยงที่ความเร็วรอบ 12,000g เป็นเวลา 15 นาที ที่อุณหภูมิ 4°ซ แล้วถ่ายสารละลายส่วนใสลงในฟลาสก์ระเหยรวมกันกับครั้งแรก

5) นำฟลาสก์ระเหยที่เก็บสารละลายส่วนใสมาทำการระเหยด้วยเครื่อง Rotary evaporator ที่อุณหภูมิ 40°ซ จนแห้ง

6) ชะสารที่ต้องการออกจากฟลาสก์ระเหยด้วยเมทานอล HPLC grade ปริมาณ 3 มิลลิลิตร

7) ทำการกรองสารละลายที่ชะได้ด้วย nylon membrane syringe filter ขนาด 0.2 ไมครอนลงในหลอด vial ของเครื่อง HPLC

8) ทำการวิเคราะห์หาปริมาณอนุพันธ์ tocopherol and γ-oryzanol ที่สกัดได้ด้วย HPLC

**การเตรียมสารละลายมาตรฐานผสมและกราฟสารมาตรฐาน**

1) เตรียมสารละลายมาตรฐานผสมของ α-tocopherol, γ-tocopherol, δ-tocopherol และ γ-oryzanol ด้วย เมทานอล HPLC grade โดยให้ α-tocopherol มีความเข้มข้นในช่วง 0.5–6.0 ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตร γ-tocopherol และ δ-tocopherol มีความเข้มข้นในช่วง 0.2–1.6 ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตรและ γ-oryzanol มีความเข้มข้นในช่วง 0.02–0.5 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร

2) ทำการกรองสารละลายมาตรฐานผสมด้วย Nylon membrane syringe filter ขนาด 0.2 ไมครอนลงในหลอด vial ของเครื่อง HPLC

**สภาวะการวิเคราะห์ด้วย เครื่อง HPLC**

**Stationary phase :** waters Symmetry C18 5 um ยาว 3.9 x 150 mm

**Fluorescence Detector for Tocopherol** : excitation wavelength 298 nm.
emission wavelength 328 nm.

**UV Detector for γ-oryzanol** : UV wavelength 325 nm.

**Mobile phase** : gradient Condition

**Frow rate** : 0.8 ml/min

| Time(min) | %Acetonitrile | %Methanol | %Isopropanol | %Acetic acid (1%) |
|---|---|---|---|---|
| 6 | 45 | 45 | 5 | 5 |
| 16 | 25 | 70 | 5 | 0 |
| 28 | 25 | 70 | 5 | 0 |
| 29 | 45 | 45 | 5 | 5 |
| 40 | 45 | 45 | 5 | 5 |

# ภาคผนวก ก 4
# วิธีวิเคราะห์กิจกรรมสารต้านออกซิเดชั่น

**1. การวิเคราะห์กิจกรรมสารต้านออกซิเดชั่นด้วยวิธี DPPH (2,2-Diphenyl-1-picrylhydrazyl radical scavenging capacity assay)** ตามวิธีการของ Brand-Williams and others (1995)

**เครื่องมือและอุปกรณ์**

1) เครื่องชั่ง 4 ตำแหน่ง
2) เครื่องปั่นเหวี่ยงชนิดควบคุมอุณหภูมิ (refrigerate centrifuge)
3) เครื่อง UV/Visible-Spectrophotometer
4) หลอดทดลอง
5) ปิเปตขนาด 2, 5 และ 20 มิลลิลิตร

**สารเคมี**

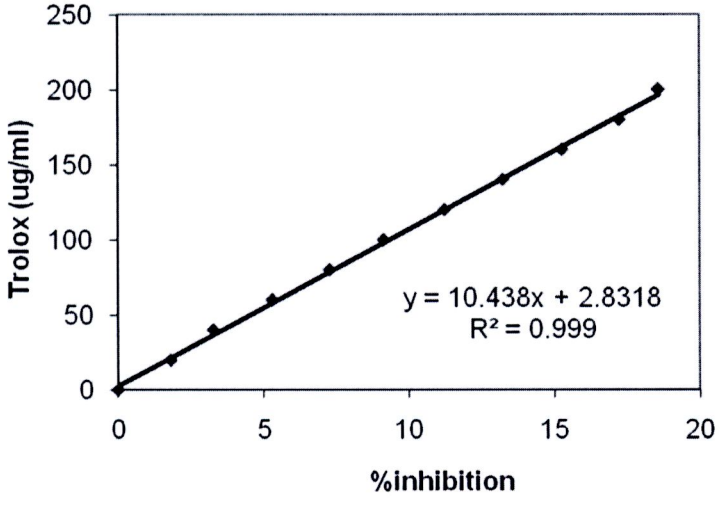
1) สารละลาย DPPH เข้มข้น 100 ไมโครโมลาร์
2) สารละลาย Trolox เข้มข้นตั้งแต่ 0 ถึง 1000 ไมโครโมลาร์
3) Methanol AR grade

**วิธีทดลอง**

1) ชั่งตัวอย่างผงข้าวประมาณ 3.00 กรัม ลงในหลอดเซนติฟิวจ์
2) เติมเมทานอล 20 มิลลิลิตร
3) เขย่าด้วยเครื่อง shaker นาน 4 ชั่วโมง ที่อุณหภูมิห้อง(ประมาณ 30 องศาเซลเซียส)
4) ปั่นเหวี่ยงสารละลายข้อ 3 ด้วยความเร็วรอบ12,000g เป็นเวลา 15 นาที ที่อุณหภูมิ 4°ซ
5) ปิเปตสารละลายส่วนใส 100 ไมโครลิตรใส่ในหลอดทดลอง เติมสารละลาย DPPH 3 มิลลิลิตร ผสมให้เข้ากัน ทิ้งในที่มืด 30 นาที
6) วัดค่าดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 515 นาโนเมตร
7) วัดค่าการดูดกลืนแสงควบคุม (blank) โดยทำตามข้อ 5 แต่ใช้เมทานอลแทนสารละลายตัวอย่าง
8) คำนวณค่าที่ได้เป็นเปอร์เซ็นต์ของการยับยั้งอนุมูลอิสระ(%inhibition)

$$\%\text{Inhibition} = \frac{100 \times (OD_{blank} - OD_{sample})}{OD_{blank}}$$

เปรียบเทียบประสิทธิภาพการต้านอนุมูล DPPH$^{\bullet}$ กับ Trolox โดยการสร้างกราฟมาตรฐานระหว่างความเข้มข้นของ Trolox กับเปอร์เซ็นต์การยับยั้งอนุมูลอิสระ (%inhibition) ใช้ความเข้มข้นของสารละลายมาตรฐาน Trolox ตั้งแต่ 0-200 ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตร (ภาพที่ ก1)




**ภาพที่ ก1** กราฟมาตรฐานระหว่างปริมาณความเข้มข้นของTrolox และเปอร์เซ็นต์การยับยั้งอนุมูลอิสระ (%inhibition) เทียบกับตัวอย่างควบคุมที่ความยาวคลื่น 515 นาโนเมตร

## 2. การวิเคราะห์กิจกรรมสารต้านออกซิเดชั่นด้วยวิธี ABTS ตามวิธีของ Re and others (1999)

### เครื่องมือและอุปกรณ์

1) เครื่องชั่ง 4 ตำแหน่ง
2) เครื่องปั่นเหวี่ยงชนิดควบคุมอุณหภูมิ (refrigerate centrifuge)
3) เครื่อง UV/Visible-Spectrophotometer
4) หลอดทดลอง
5) ปิเปตขนาด 2 และ 5 มิลลิลิตร
6) ขวดปรับปริมาตรขนาด 25 มิลลิลิตร

### สารเคมี

1) สาร ABTS
2) Potassium persulfate($K_2S_2O_8$)
3) สารละลาย Trolox เข้มข้นตั้งแต่ 0 ถึง 1000 ไมโครโมลาร์
4) Methanol AR grade

**เตรียมสารละลาย 7 mM ABTS**

ชั่ง ABTS 0.096 g ละลายด้วยน้ำกลั่น ถ่ายใส่ขวดปรับปริมาตร 25 มิลลิลิตร ปรับปริมาตรด้วยน้ำกลั่น

**เตรียมสารละลาย 2.45 mM $K_2S_2O_8$**

ชั่ง $K_2S_2O_8$ 0.0166 g ละลายด้วยน้ำกลั่น ถ่ายใส่ขวดปรับปริมาตร 25 มิลลิลิตร ปรับปริมาตรด้วยน้ำกลั่น

**การเตรียมสารละลาย $ABTS^{\bullet}$ reagent**

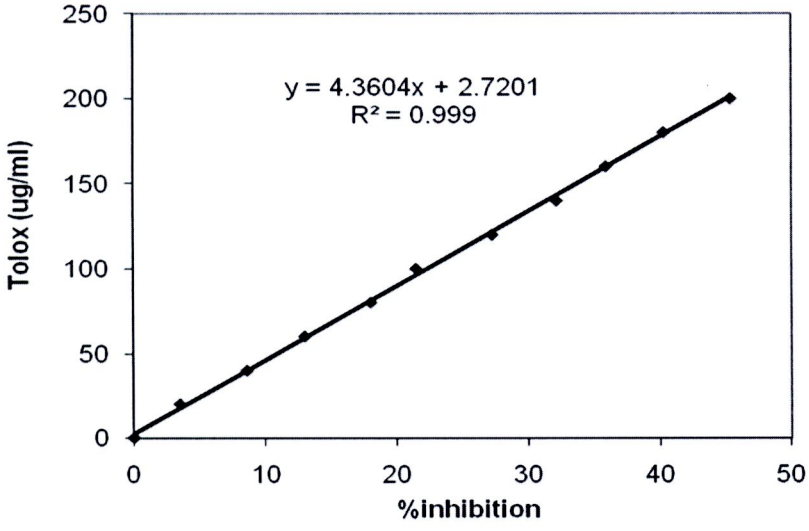
ผสมสารละลาย 7 mM ABTS 20 มิลลิลิตร กับสารละลาย 2.45 mM $K_2S_2O_8$ 10 มิลลิลิตร ในขวดสีชา ผสมให้เข้ากัน ตั้งทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 12-16 ชั่วโมง เมื่อครบเวลานำสารละลาย $ABTS^{\bullet}$ reagent มาเจือจาง แล้วนำมาวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 734 นาโนเมตร ให้ได้ค่าเท่ากับ $0.70 \pm 0.05$

**วิธีทดลอง**

1) ชั่งตัวอย่างผงข้าวประมาณ 3.00 กรัม ลงในหลอดเซนติฟิวจ์
2) เติมเมทานอล 20 มิลลิลิตร
3) เขย่าด้วยเครื่อง shaker นาน 4 ชั่วโมง ที่อุณหภูมิห้อง(ประมาณ 30 องศาเซลเซียส)
4) ปั่นเหวี่ยงสารละลายข้อ 3 ด้วยความเร็วรอบ12,000g เป็นเวลา 15 นาที ที่อุณหภูมิ 4°ซ
5) ปิเปตสารละลายส่วนใส 50 ไมโครลิตรใส่ในหลอดทดลอง เติมสารละลาย $ABTS^{\bullet}$ reagent 3 มิลลิลิตร ผสมให้เข้ากัน ทิ้งในที่มืด 30 นาที
6) วัดค่าดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 734 นาโนเมตร
7) วัดค่าการดูดกลืนแสงควบคุม(blank)โดยทำตามข้อ 5 แต่ใช้เมทานอลแทนสารละลายตัวอย่าง
8) คำนวณค่าที่ได้เป็นเปอร์เซ็นต์ของการยับยั้งอนุมูลอิสระ (%inhibition)

$$\%\text{Inhibition} = \frac{100 \times (OD_{blank} - OD_{sample})}{OD_{blank}}$$

เปรียบเทียบประสิทธิภาพการต้านอนุมูล $ABTS^{\bullet}$ กับ Trolox โดยการสร้างกราฟมาตรฐานระหว่างความเข้มข้นของ Trolox กับเปอร์เซ็นต์การยับยั้งอนุมูลอิสระ(%inhibition) ใช้ความเข้มข้นของสารละลายมาตรฐาน Trolox ตั้งแต่ 0-200 ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตร (ภาพที่ ก2)




**ภาพที่ ก2** กราฟมาตรฐานระหว่างปริมาณความเข้มข้นของ Trolox และเปอร์เซ็นต์การยับยั้งอนุมูลอิสระ (%inhibition) เทียบกับตัวอย่างควบคุมที่ความยาวคลื่น 734 นาโนเมตร

# ภาคผนวก ก 5

## วิธีวิเคราะห์ร้อยละต้นข้าว

ตามวิธีการที่ดัดแปลงจาก Aquerreta and others (2007)

**เครื่องมือและอุปกรณ์**

1) เครื่องชั่ง 4 ตำแหน่ง
2) บีกเกอร์ขนาด 50 มิลลิลิตร
3) ถาดอลูมิเนียม

**วิธีทดลอง**

1) ชั่งตัวอย่างข้าว 20 g (A)
2) คัดข้าวที่มีคงความยาวของเมล็ด ¾ ส่วน ด้วยสายตา
3) ชั่งน้ำหนักข้าวที่คัดได้ (B) คิดเป็นร้อยละต้นข้าว

$$\text{ร้อยละต้นข้าว} = \frac{\text{น้ำหนักข้าว (B)} \times 100}{\text{น้ำหนักข้าว (A)}}$$

# ภาคผนวก ก 6

# วิธีวิเคราะห์ค่าความขาว

ตามวิธีการที่ดัดแปลงจาก Jaiboon and others (2009)

**เครื่องมือและอุปกรณ์**

1) เครื่องวัดสี UltraScan

**วิธีทดลอง**

1) วัดโดยใช้ตัวอย่างข้าวใส่ลงใน cuvette ขนาดใหญ่ โดยมีสภาวะการวัดดังต่อไปนี้

| | | |
|---|---|---|
| แหล่งกำเนิดแสง | : | D65 |
| มุมมอง | : | $10^{\circ}$ |
| ชนิดการวัด | : | แสงสะท้อนกลับ(reflectance) |
| ระบบค่าสี | : | Hunter L a b |
| โดยกำหนดให้ | | L เป็นค่าความสว่าง(lightness) มีค่าอยู่ระหว่าง 0-100 |
| | | a แสดงค่าความเป็นสีแดง/สีเขียว |
| | | b แสดงค่าความเป็นสีเหลือง/สีน้ำเงิน |

คำนวณค่าความขาว (whiteness, WI) จากสมการ

$$WI = 100-[(100-L^2)+a^2+b^2]^{0.5}$$

# ภาคผนวก ก 7

# การวัดระยะเวลาในการหุงสุก (Cooking time)

ตามวิธีของ Singh and others (2005)

**เครื่องมือและอุปกรณ์**

1) อ่างน้ำควบคุมอุณหภูมิ
2) หลอดทดลองขนาด 16x150 มิลลิลิตร
3) กระจกนาฬิกา
4) นาฬิกาจับเวลา
5) ปิเปตขนาด 20 มิลลิลิตร

**วิธีทดลอง**

1) ชั่งตัวอย่างข้าว (เต็มเมล็ด) จำนวน 2 กรัมลงในหลอดทดลอง
2) เติมน้ำกลั่นปริมาตร 20 มิลลิลิตร
3) นำหลอดทดลองต้มในอ่างน้ำเดือด
4) ใช้ตะแกรงตักข้าวขึ้นจากน้ำเดือดครั้งละ 2-3 เมล็ดวางบนกระจกนาฬิกา แล้วใช้กระจกนาฬิกาอีกแผ่นกดเมล็ดข้าวให้แบน ทำทุกๆ 1 นาที (หรือช่วง 30 วินาที) จนกว่าข้าวประมาณร้อยละ80 สุกใสไม่มีไตขุ่นขาวเหลืออยู่เลย ระยะเวลาในการทำให้ข้าวสุก คือระยะเวลาที่หุงข้าวให้สุก

# ภาคผนวก ก 8

## อัตราส่วนการอุ้มน้ำของข้าวสุก (Water uptake ratio)

ตามวิธีของ Singh and others (2005)

เครื่องมือและอุปกรณ์

1) อ่างน้ำควบคุมอุณหภูมิ
2) บีกเกอร์ขนาด 100 มิลลิลิตร
3) ปิเปตขนาด 20 มิลลิลิตร
4) กระดาษกรอง
5) นาฬิกาจับเวลา

**วิธีทดลอง**

1) ชั่งตัวอย่างข้าว(เต็มเมล็ด) จำนวน 2 กรัมลงในบีกเกอร์
2) เติมน้ำกลั่นปริมาตร 20 มิลลิลิตร
3) ต้มข้าวในอ่างน้ำเดือดตามระยะเวลาในการหุงสุก (ผลที่ได้จากภาคผนวก ก 7)
4) เอาน้ำที่เหลือจากการต้มสุกของข้าวโดยกรองผ่านกระดาษกรองและชั่งน้ำหนักของน้ำที่เหลือ
5) คำนวณอัตราการอุ้มน้ำของข้าวสุก ดังนี้

$$\text{อัตราส่วนการอุ้มน้ำของข้าวสุก} = \frac{\text{น้ำหนักข้าวหลังต้มสุก} - \text{น้ำหนักข้าวก่อนต้มสุก}}{\text{น้ำหนักข้าวก่อนต้มสุก}}$$

# ภาคผนวก ก 9

## อัตราการขยายปริมาตรของเมล็ดข้าว (Volume expansion)

ตามวิธีของ งามชื่น คงเสรี (2542)

**เครื่องมือและอุปกรณ์**

1) อ่างน้ำควบคุมอุณหภูมิ
2) หลอดทดลองขนาด 16x150 มิลลิลิตร
3) นาฬิกาจับเวลา
4) ปิเปตขนาด 20 มิลลิลิตร

**วิธีทดลอง**

1) ใส่ตัวอย่างข้าว (เมล็ดเต็ม) ลงในหลอดทดลองโดยวัดความสูง 5 เซนติเมตร
2) เติมน้ำกลั่นปริมาตร 25 มิลลิลิตร นำลงต้มในอ่างน้ำเดือดที่ระยะเวลาของข้าวที่หุงสุก
3) วัดส่วนสูงของข้าวที่ขยายตัวขึ้น เปรียบเทียบอัตราการขยายปริมาตร

$$\text{อัตราการขยายปริมาตร} = \frac{\text{ความสูงเฉลี่ย(ปริมาตรเฉลี่ย)ข้าวหุงสุก}}{\text{ความสูงเฉลี่ย(ปริมาตรเฉลี่ย)ข้าวก่อนหุง}}$$

# ภาคผนวก ก 10

## ปริมาณร้อยละของแข็งที่สูญเสียระหว่างการหุงสุก (Gruel solid loss)

ตามวิธีของ Singh and others (2005)

**เครื่องมือและอุปกรณ์**

1) อ่างน้ำควบคุมอุณหภูมิ
2) หลอดทดลองขนาด 16x150 มิลลิลิตร
3) บีกเกอร์ขนาด 50 และ 100 มิลลิลิตร
4) นาฬิกาจับเวลา
5) ปิเปตขนาด 20 มิลลิลิตร

**วิธีทดลอง**

1) ชั่งตัวอย่างข้าว (เต็มเมล็ด) จำนวน 2 กรัมลงในหลอดทดลอง
2) เติมน้ำกลั่นปริมาตร 20 มิลลิลิตร ต้มในอ่างน้ำเดือดนานตามระยะเวลาหุงสุก
3) เทข้าวต้มสุกแล้วใส่ในบีกเกอร์ปริมาตร 50 มิลลิลิตร ล้างด้วยน้ำกลั่นพร้อมปรับปริมาตรให้ได้ 50 มิลลิลิตร
4) ระเหยน้ำออกจากข้าวโดยไปอบแห้งด้วยตู้อบลมร้อน อุณหภูมิ 110°ซ จนแห้ง
5) คำนวณร้อยละของแข็งที่สูญเสียระหว่างการหุงสุก

$$\text{ร้อยละของแข็งที่สูญเสียระหว่างการหุงสุก} = \frac{\text{น้ำหนักของแข็งที่ได้หลังการอบ} \times 100}{\text{น้ำหนักข้าวก่อนหุง}}$$

# ภาคผนวก ก 11

## อัตรายืดตัวของเมล็ดข้าว(elongation ratio)

ตามวิธีของ งามชื่น คงเสรี (2542)

**เครื่องมือและอุปกรณ์**

1) เครื่องให้ความร้อน (Hot plate)
2) บีกเกอร์ขนาด 250 มิลลิลิตร
3) จานพลาสติก
4) ไม้บรรทัดวัดละเอียด (Vernier caliper)

**วิธีทดลอง**

1) สุ่มข้าวเต็มเมล็ด วัดความยาวจำนวน 10 เมล็ด คำนวณเป็นค่าเฉลี่ยต่อเมล็ด
2) นำข้าว 10 เมล็ดใส่ตะแกรงแช่ในน้ำเย็น 30 นาที
3) ต้มในน้ำเดือด 10 นาที แล้วยกตะแกรงออกจากน้ำเดือด จุ่มในน้ำเย็น เทข้าวลงในจานพลาสติกที่มีฝาปิด
4) เลือกเมล็ดที่มีลักษณะตรง 10 เมล็ดวัดความยาว แล้วคำนวณอัตราการยืดตัวของเมล็ดข้าวสุกจากสมการ

$$\text{อัตราการยืดตัวของเมล็ดข้าวสุก} = \frac{\text{ความยาวเฉลี่ยของข้าวสุก}}{\text{ความยาวเฉลี่ยของข้าวก่อนหุง}}$$

# ภาคผนวก ก 12
# การวัดเนื้อสัมผัสของข้าวสุก

ตามวิธีที่ดัดแปลงจาก Perdon and others (1999)

**เครื่องมือและอุปกรณ์**

1) เครื่องวัดลักษณะเนื้อสัมผัส (Texture Analyzer) TA-XT2

**วิธีทดลอง**

1) การวัดเนื้อสัมผัสของข้าวสุกด้วยเครื่อง texture analyzer ด้วยวิธี back extrusion โดยบรรจุข้าวสุกจำนวน 15 กรัม (อุณหภูมิเท่ากับอุณหภูมิห้อง) ลงใน test cell รูปทรงกระบอกขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 6 เซนติเมตร

2) อัดข้าวสุกด้วยท่อพลาสติกขนาดน้ำหนัก 150 กรัม นาน 30 วินาที

3) ใช้หัววัดรูปทรงกลมเส้นผ่านศูนย์กลาง 35 มิลลิเมตร

4) กำหนดสภาวะของเครื่องในการวัด ดังนี้

| | | | |
|---|---|---|---|
| Pre-test speed | เท่ากับ | 1.0 | มิลลิเมตรต่อวินาที |
| Test speed | เท่ากับ | 10.0 | มิลลิเมตรต่อวินาที |
| Post-test speed | เท่ากับ | 10.0 | มิลลิเมตรต่อวินาที |

ระยะทางที่หัวเคลื่อนที่ลงในเนื้อข้าวสุกร้อยละ 75 จากผิวหน้าของตัวอย่าง

5) บันทึกค่าแรงสูงสุดที่กดลงบนข้าวสุกอ่านได้เป็นนิวตันหาค่าเฉลี่ย

# ภาคผนวก ข
# การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

**ตารางที่ ข1** ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนความชื้น สารออกฤทธิ์ทางชีวภาพและคุณภาพข้าวของข้าวกล้องและข้าวกล้องงอกควบคุม

| Source | Dependent Variable | Type III Sum of Squares | df | Mean Square | F | Sig. |
|---|---|---|---|---|---|---|
| treatment | ความชื้น | 5.230 | 1 | 5.230 | 101.469 | .010* |
| | gaba | 41.339 | 1 | 41.339 | 5.209E3 | .000* |
| | deltatocopherol | 8.744 | 1 | 8.744 | 21.103 | .044* |
| | gammatocopherol | 6130.725 | 1 | 6130.725 | 152.110 | .007* |
| | alphatocopherol | 5577.833 | 1 | 5577.833 | .385 | .598 |
| | gammaoryzonol | 5571632.145 | 1 | 5571632.145 | 1.612 | .332 |
| | DDPH (TEAC) | 92.922 | 1 | 92.922 | 8.549 | .100 |
| | ABTS (TEAC) | 1480.403 | 1 | 1480.403 | 20.373 | .046* |
| | ร้อยละต้นข้าว | 898.492 | 1 | 898.492 | 3.209E3 | .000* |
| | ค่าความขาว | 4.660 | 1 | 4.660 | 8.466 | .101 |

* แสดงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

**ตารางที่ ข2** ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนความชื้นของข้าวกล้องงอก ที่ผ่านการอบแห้งแบบถาดอุณหภูมิ 40, 50 และ 60°ซ เป็นเวลา 10, 12 และ 14 ชั่วโมง

| Source | Type III Sum of Squares | df | Mean Square | F | Sig. |
|---|---|---|---|---|---|
| temp | 44.835 | 2 | 22.418 | 909.398 | .000* |
| time | 1.284 | 2 | .642 | 26.038 | .000* |
| temp * time | .259 | 4 | .065 | 2.627 | .105 |
| Error | .222 | 9 | .025 | | |
| Total | 821.769 | 18 | | | |

* แสดงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

**ตารางที่ ข3** ผลการวิเคราะห์ความแตกต่างของความชื้นของข้าวกล้องงอก ที่อุณหภูมิอบแห้ง 40, 50 และ 60°ซ

| temp. | N | Subset | | |
|---|---|---|---|---|
| | | 1 | 2 | 3 |
| 60 | 6 | 4.65133 | | |
| 50 | 6 | | 6.51933 | |
| 40 | 6 | | | 8.51650 |
| Sig. | | 1.000 | 1.000 | 1.000 |

**ตารางที่ ข4** ผลการวิเคราะห์ความแตกต่างของความชื้นของข้าวกล้องงอก ที่เวลาอบแห้ง 10, 12 และ 14 ชั่วโมง

| time | N | Subset | |
|---|---|---|---|
| | | 1 | 2 |
| 14 | 6 | 6.32433 | |
| 12 | 6 | 6.42750 | |
| 10 | 6 | | 6.93533 |
| Sig. | | .284 | 1.000 |

**ตารางที่ ข5** ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพของข้าวกล้องงอกที่ผ่านการอบแห้งแบบถาดอุณหภูมิ 40, 50 และ 60°ซ เป็นเวลา 10, 12 และ 14 ชั่วโมง

| Source | Dependent Variable | Type III Sum of Squares | df | Mean Square | F | Sig. |
|---|---|---|---|---|---|---|
| temp | gaba | 111.786 | 2 | 55.893 | 23.212 | .000* |
| | deltatocopherol | 1.035 | 2 | .517 | .633 | .549 |
| | gammatocopherol | 998.950 | 2 | 499.475 | 10.461 | .003* |
| | alphatocopherol | 3187.932 | 2 | 1593.966 | .136 | .874 |
| | gammaoryzonol | 1030698.218 | 2 | 515349.109 | .105 | .901 |
| | DPPH | 1635.237 | 2 | 817.618 | 2.415 | .135 |
| | ABTS | 1792.030 | 2 | 896.015 | .275 | .765 |
| time | gaba | 3.058 | 3 | 1.019 | .423 | .740 |
| | deltatocopherol | 3.036 | 3 | 1.012 | 1.239 | .342 |
| | gammatocopherol | 428.361 | 3 | 142.787 | 2.990 | .077 |
| | alphatocopherol | 620.774 | 3 | 206.925 | .018 | .997 |

**ตารางที่ ข5** ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพของข้าวกล้องงอกที่ผ่านการอบแห้งแบบถาดอุณหภูมิ 40, 50 และ 60°ซ เป็นเวลา 10, 12 และ 14 ชั่วโมง (ต่อ)

| Source | Dependent Variable | Type III Sum of Squares | df | Mean Square | F | Sig. |
|---|---|---|---|---|---|---|
| time | gammaoryzonol | 5153698.909 | 3 | 1717899.636 | .351 | .789 |
| | DPPH | 687.439 | 3 | 229.146 | .677 | .584 |
| | ABTS | 3957.881 | 3 | 1319.294 | .404 | .753 |
| temp * time | gaba | 23.996 | 4 | 5.999 | 2.491 | .104 |
| | deltatocopherol | 3.251 | 4 | .813 | .995 | .450 |
| | gammatocopherol | 486.398 | 4 | 121.599 | 2.547 | .099 |
| | alphatocopherol | 10066.757 | 4 | 2516.689 | .214 | .925 |
| | gammaoryzonol | 2.044E7 | 4 | 5110289.579 | 1.044 | .428 |
| | DPPH | 3802.551 | 4 | 950.638 | 2.808 | .079 |
| | ABTS | 8822.155 | 4 | 2205.539 | .676 | .623 |

* แสดงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

**ตารางที่ ข6** ผลการวิเคราะห์ความแตกต่างของปริมาณ GABA ของข้าวกล้องงอก ที่อุณหภูมิอบแห้ง 40, 50 และ 60°ซ

| temp. | N | Subset | | |
|---|---|---|---|---|
| | | 1 | 2 | 3 |
| 60 | 6 | 8.3965 | | |
| 50 | 6 | | 11.4212 | |
| 40 | 6 | | | 14.5007 |
| Sig. | | 1.000 | 1.000 | 1.000 |

**ตารางที่ ข7** ผลการวิเคราะห์ความแตกต่างของปริมาณ γ-tocopherol ของข้าวกล้องงอก ที่อุณหภูมิอบแห้ง 40, 50 และ 60°ซ

| temp. | N | Subset | |
|---|---|---|---|
| | | 1 | 2 |
| 50 | 6 | 9.88916E1 | |
| 60 | 6 | 1.04201E2 | |
| 40 | 6 | | 1.16666E2 |
| Sig. | | .218 | 1.000 |

**ตารางที่ ข8** ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของร้อยละต้นข้าวและค่าความขาวของข้าวกล้องงอกที่ผ่านการอบแห้งแบบถาดอุณหภูมิ 40, 50 และ 60°ซ เป็นเวลา 10, 12 และ 14 ชั่วโมง

| Source | Dependent Variable | Type III Sum of Squares | df | Mean Square | F | Sig. |
|---|---|---|---|---|---|---|
| temp | ร้อยละต้นข้าว | 1045.429 | 2 | 522.714 | 102.924 | .000* |
| | ค่าความขาว | 2.767 | 2 | 1.383 | 9.033 | .007* |
| time | ร้อยละต้นข้าว | 8.328 | 2 | 4.164 | .820 | .471 |
| | ค่าความขาว | 1.774 | 2 | .887 | 5.790 | .024* |
| temp * time | ร้อยละต้นข้าว | 10.060 | 4 | 2.515 | .495 | .740 |
| | ค่าความขาว | 1.585 | 4 | .396 | 2.587 | .109 |

* แสดงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

**ตารางที่ ข9** ผลการวิเคราะห์ความแตกต่างของร้อยละต้นข้าวของข้าวกล้องงอก ที่อุณหภูมิอบแห้ง 40, 50 และ 60°ซ

| temp. | N | Subset | | |
|---|---|---|---|---|
| | | 1 | 2 | 3 |
| 50 | 6 | 5.3711580E1 | | |
| 60 | 6 | | 6.7503130E1 | |
| 40 | 6 | | | 7.1502402E1 |
| Sig. | | 1.000 | 1.000 | 1.000 |

**ตารางที่ ข10** ผลการวิเคราะห์ความแตกต่างของค่าความขาวของข้าวกล้องงอก ที่อุณหภูมิอบแห้ง 40, 50 และ 60°ซ

| temp. | N | Subset | |
|---|---|---|---|
| | | 1 | 2 |
| 40 | 6 | 5.8904939E1 | |
| 50 | 6 | | 5.9699172E1 |
| 60 | 6 | | 5.9769634E1 |
| Sig. | | 1.000 | .762 |

**ตารางที่ ข11** ผลการวิเคราะห์ความแตกต่างของค่าความขาวของข้าวกล้องงอก ที่เวลาอบแห้ง 10, 12 และ 14 ชั่วโมง

| time | N | Subset | |
|---|---|---|---|
| | | 1 | 2 |
| 10 | 6 | 5.9107397E1 | |
| 14 | 6 | 5.9397283E1 | 5.9397283E1 |
| 12 | 6 | | 5.9869065E1 |
| Sig. | | .232 | .066 |

**ตารางที่ ข12** ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของกิจกรรมสารต้านออกซิเดชั่นวัดด้วยวิธี ABTS ร้อยละต้นข้าว และ ความชื้นสุดท้ายของข้าวกล้องงอก ที่ผ่านการอบแห้งแบบถาดร่วมกับการเก็บในที่อับอากาศที่สภาวะต่างๆ

| Source | Dependent Variable | Type III Sum of Squares | df | Mean Square | F | Sig. |
|---|---|---|---|---|---|---|
| temp | gaba | 111.786 | 2 | 55.893 | 23.212 | .000* |
| | deltatocopherol | 1.035 | 2 | .517 | .633 | .549 |
| | gammatocopherol | 998.950 | 2 | 499.475 | 10.461 | .003* |
| | alphatocopherol | 3187.932 | 2 | 1593.966 | .136 | .874 |
| | gammaoryzonol | 1030698.218 | 2 | 515349.109 | .105 | .901 |
| | DPPH | 1635.237 | 2 | 817.618 | 2.415 | .135 |
| | ABTS | 1792.030 | 2 | 896.015 | .275 | .765 |
| time | gaba | 3.058 | 3 | 1.019 | .423 | .740 |

**ตารางที่ ข12** ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของกิจกรรมสารต้านออกซิเดชั่นวัดด้วยวิธี ABTS ร้อยละต้นข้าวและ ความชื้นสุดท้ายของข้าวกล้องงอก ที่ผ่านการอบแห้งแบบถาดร่วมกับการเก็บในที่อับอากาศที่สภาวะต่างๆ (ต่อ)

| Source | Dependent Variable | Type III Sum of Squares | df | Mean Square | F | Sig. |
|---|---|---|---|---|---|---|
| time | deltatocopherol | 3.036 | 3 | 1.012 | 1.239 | .342 |
| | gammatocopherol | 428.361 | 3 | 142.787 | 2.990 | .077 |
| | alphatocopherol | 620.774 | 3 | 206.925 | .018 | .997 |
| | gammaoryzonol | 5153698.909 | 3 | 1717899.636 | .351 | .789 |
| | DPPH | 687.439 | 3 | 229.146 | .677 | .584 |
| | ABTS | 3957.881 | 3 | 1319.294 | .404 | .753 |
| temp * time | gaba | 23.996 | 4 | 5.999 | 2.491 | .104 |
| | deltatocopherol | 3.251 | 4 | .813 | .995 | .450 |
| | gammatocopherol | 486.398 | 4 | 121.599 | 2.547 | .099 |
| | alphatocopherol | 10066.757 | 4 | 2516.689 | .214 | .925 |
| | gammaoryzonol | 2.044E7 | 4 | 5110289.579 | 1.044 | .428 |
| | DPPH | 3802.551 | 4 | 950.638 | 2.808 | .079 |
| | ABTS | 8822.155 | 4 | 2205.539 | .676 | .623 |

* แสดงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

**ตารางที่ ข13** ผลการวิเคราะห์ความแตกต่างของกิจกรรมสารต้านออกซิเดชั่นที่วัดด้วยวิธี ABTS ของข้าวกล้องงอก ที่อบแห้งแบบถาดร่วมกับการเก็บในที่อับอากาศ

| treatment | N | Subset | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 |
| mc=14 T=40 t=0 | 2 | 3.2506E2 | | | | | | |
| mc=14 T=40 t=90 | 2 | | 3.6393E2 | | | | | |
| mc=14 T=40 t=120 | 2 | | 3.6499E2 | | | | | |
| mc=16 T=40 t=30 | 2 | | 3.6622E2 | | | | | |
| mc=16 T=40 t=0 | 2 | | 3.6682E2 | 3.6682E2 | | | | |
| mc=14 T=40 t=60 | 2 | | 3.6710E2 | 3.6710E2 | | | | |
| mc=16 T=40 t=90 | 2 | | 3.6784E2 | 3.6784E2 | | | | |
| mc=16 T=40 t=60 | 2 | | 3.6887E2 | 3.6887E2 | | | | |
| mc=16 T=50 t=90 | 2 | | 3.7381E2 | 3.7381E2 | 3.7381E2 | | | |
| mc=16 T=40 t=120 | 2 | | 3.7494E2 | 3.7494E2 | 3.7494E2 | | | |
| mc=14 T=50 t=30 | 2 | | 3.7512E2 | 3.7512E2 | 3.7512E2 | | | |
| mc=16 T=50 t=30 | 2 | | 3.8030E2 | 3.8030E2 | 3.8030E2 | 3.8030E2 | | |
| mc=18 T=50 t=120 | 2 | | 3.8052E2 | 3.8052E2 | 3.8052E2 | 3.8052E2 | | |
| mc=16 T=50 t=0 | 2 | | 3.8151E2 | 3.8151E2 | 3.8151E2 | 3.8151E2 | 3.8151E2 | |
| mc=14 T=50 t=0 | 2 | | 3.8199E2 | 3.8199E2 | 3.8199E2 | 3.8199E2 | 3.8199E2 | |
| mc=16 T=50 t=60 | 2 | | 3.8202E2 | 3.8202E2 | 3.8202E2 | 3.8202E2 | 3.8202E2 | |
| mc=18 T=40 t=0 | 2 | | 3.8310E2 | 3.8310E2 | 3.8310E2 | 3.8310E2 | 3.8310E2 | |
| mc=18 T=40 t=120 | 2 | | 3.8314E2 | 3.8314E2 | 3.8314E2 | 3.8314E2 | 3.8314E2 | |
| mc=14 T=50 t=120 | 2 | | 3.8712E2 | 3.8712E2 | 3.8712E2 | 3.8712E2 | 3.8712E2 | 3.8712E2 |
| mc=14 T=40 t=30 | 2 | | 3.8740E2 | 3.8740E2 | 3.8740E2 | 3.8740E2 | 3.8740E2 | 3.8740E2 |
| mc=18 T=40 t=30 | 2 | | 3.8769E2 | 3.8769E2 | 3.8769E2 | 3.8769E2 | 3.8769E2 | 3.8769E2 |
| mc=18 T=50 t=90 | 2 | | 3.9099E2 | 3.9099E2 | 3.9099E2 | 3.9099E2 | 3.9099E2 | 3.9099E2 |
| mc=18 T=40 t=90 | 2 | | | 3.9393E2 | 3.9393E2 | 3.9393E2 | 3.9393E2 | 3.9393E2 |
| mc=14 T=50 t=90 | 2 | | | | 3.9687E2 | 3.9687E2 | 3.9687E2 | 3.9687E2 |
| mc=18 T=50 t=0 | 2 | | | | | 4.0561E2 | 4.0561E2 | 4.0561E2 |

**ตารางที่ ข13** ผลการวิเคราะห์ความแตกต่างของกิจกรรมสารต้านออกซิเดชั่นที่วัดด้วยวิธี ABTS ของข้าวกล้องงอก ที่อบแห้งแบบถาดร่วมกับการเก็บในที่อับอากาศ (ต่อ)

| | N | Subset | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| treatment | | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 |
| mc=18 T=40 t=60 | 2 | | | | | | 4.0802E2 | 4.0802E2 |
| mc=18 T=50 t=30 | 2 | | | | | | 4.0807E2 | 4.0807E2 |
| mc=14 T=50 t=60 | 2 | | | | | | | 4.1173E2 |
| mc=18 T=50 t=60 | 2 | | | | | | | 4.1250E2 |
| Sig. | | 1.000 | .055 | .054 | .097 | .069 | .057 | .065 |

**ตารางที่ ข14** ผลการวิเคราะห์ความแตกต่างของร้อยละต้นข้าวของข้าวกล้องงอก ที่อบแห้งแบบถาดร่วมกับการเก็บในที่อับอากาศ

| | | Subset | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| treatment | N | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 |
| mc=16 T=50 t=0 | 2 | 66.4880 | | | | | | | | | | | |
| mc=16 T=40 t=0 | 2 | 67.0394 | 67.0394 | | | | | | | | | | |
| mc=16 T=40 t=120 | 2 | 68.4387 | 68.4387 | 68.4387 | | | | | | | | | |
| mc=14 T=40 t=0 | 2 | 69.0189 | 69.0189 | 69.0189 | | | | | | | | | |
| mc=16 T=40 t=90 | 2 | 69.9538 | 69.9538 | 69.9538 | 69.9538 | | | | | | | | |
| mc=16 T=40 t=30 | 2 | 72.0742 | 72.0742 | 72.0742 | 72.0742 | 72.0742 | | | | | | | |
| mc=16 T=50 t=30 | 2 | | 72.8876 | 72.8876 | 72.8876 | 72.8876 | 72.8876 | | | | | | |
| mc=16 T=40 t=60 | 2 | | | 74.5062 | 74.5062 | 74.5062 | 74.5062 | 74.5062 | | | | | |
| mc=16 T=50 t=60 | 2 | | | | 75.4090 | 75.4090 | 75.4090 | 75.4090 | 75.4090 | | | | |
| mc=14 T=40 t=30 | 2 | | | | 75.5897 | 75.5897 | 75.5897 | 75.5897 | 75.5897 | | | | |
| mc=14 T=50 t=0 | 2 | | | | | 76.3250 | 76.3250 | 76.3250 | 76.3250 | | | | |
| mc=14 T=40 t=60 | 2 | | | | | 77.0605 | 77.0605 | 77.0605 | 77.0605 | 77.0605 | | | |
| mc=18 T=50 t=30 | 2 | | | | | 77.1180 | 77.1180 | 77.1180 | 77.1180 | 77.1180 | | | |
| mc=14 T=40 t=120 | 2 | | | | | 77.2047 | 77.2047 | 77.2047 | 77.2047 | 77.2047 | | | |
| mc=16 T=50 t=90 | 2 | | | | | 77.7364 | 77.7364 | 77.7364 | 77.7364 | 77.7364 | 77.7364 | | |

**ตารางที่ ข14** ผลการวิเคราะห์ความแตกต่างของร้อยละต้นข้าวของข้าวกล้องงอก ที่อบแห้งแบบถาดร่วมกับการเก็บในที่อับอากาศ (ต่อ)

| | N | Subset | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| treatment | | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 |
| mc=18 T=50 t=60 | 2 | | | | | | | 79.5696 | 79.5696 | 79.5696 | 79.5696 | 79.5696 | |
| mc=14 T=40 t=90 | 2 | | | | | | | | 81.4888 | 81.4888 | 81.4888 | 81.4888 | 81.4888 |
| mc=14 T=50 t=60 | 2 | | | | | | | | 81.5866 | 81.5866 | 81.5866 | 81.5866 | 81.5866 |
| mc=18 T=40 t=120 | 2 | | | | | | | | | 82.7837 | 82.7837 | 82.7837 | 82.7837 |
| mc=14 T=50 t=30 | 2 | | | | | | | | | 82.9048 | 82.9048 | 82.9048 | 82.9048 |
| mc=14 T=50 t=120 | 2 | | | | | | | | | 83.0632 | 83.0632 | 83.0632 | 83.0632 |
| mc=14 T=50 t=90 | 2 | | | | | | | | | | 83.6413 | 83.6413 | 83.6413 |
| mc=18 T=40 t=60 | 2 | | | | | | | | | | | 84.2552 | 84.2552 |
| mc=18 T=40 t=90 | 2 | | | | | | | | | | | 84.3921 | 84.3921 |
| mc=18 T=50 t=120 | 2 | | | | | | | | | | | 84.6120 | 84.6120 |
| mc=16 T=50 t=120 | 2 | | | | | | | | | | | 85.0780 | 85.0780 |
| mc=18 T=40 t=0 | 2 | | | | | | | | | | | 85.1174 | 85.1174 |
| mc=18 T=50 t=90 | 2 | | | | | | | | | | | | 86.1467 |
| mc=18 T=40 t=30 | 2 | | | | | | | | | | | | 86.5251 |
| Sig. | | .071 | .059 | .050 | .069 | .077 | .067 | .113 | .056 | .063 | .064 | .051 | .119 |

**ตารางที่ ข15** ผลการวิเคราะห์ความแตกต่างของความชื้นสุดท้ายของข้าวกล้องงอก ที่อบแห้งแบบถาดร่วมกับการเก็บในที่อับอากาศ

| | | Subset | | | | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| treatment | N | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 |
| mc=14 T=40 t=120 | 2 | 5.0348 | | | | | | | | | | | | | | |
| mc=14 T=40 t=0 | 2 | 5.1384 | | | | | | | | | | | | | | |
| mc=16 T=50 t=120 | 2 | 5.6648 | 5.6648 | | | | | | | | | | | | | |
| mc=14 T=40 t=60 | 2 | 5.6901 | 5.6901 | | | | | | | | | | | | | |
| mc=14 T=40 t=90 | 2 | | 5.8541 | 5.8541 | | | | | | | | | | | | |
| mc=16 T=50 t=30 | 2 | | 5.9410 | 5.9410 | | | | | | | | | | | | |
| mc=14 T=40 t=30 | 2 | | 6.1484 | 6.1484 | 6.1484 | | | | | | | | | | | |
| mc=16 T=40 t=0 | 2 | | | 6.3769 | 6.3769 | 6.3769 | | | | | | | | | | |
| mc=18 T=50 t=120 | 2 | | | 6.5120 | 6.5120 | 6.5120 | 6.5120 | | | | | | | | | |
| mc=16 T=40 t=120 | 2 | | | | 6.6588 | 6.6588 | 6.6588 | 6.6588 | | | | | | | | |
| mc=16 T=50 t=60 | 2 | | | | 6.8231 | 6.8231 | 6.8231 | 6.8231 | 6.8231 | | | | | | | |
| mc=16 T=40 t=30 | 2 | | | | | 6.8754 | 6.8754 | 6.8754 | 6.8754 | 6.8754 | | | | | | |
| mc=16 T=40 t=90 | 2 | | | | | 6.9218 | 6.9218 | 6.9218 | 6.9218 | 6.9218 | | | | | | |
| mc=16 T=50 t=90 | 2 | | | | | 7.0622 | 7.0622 | 7.0622 | 7.0622 | 7.0622 | 7.0622 | | | | | |
| mc=16 T=40 t=60 | 2 | | | | | | 7.1573 | 7.1573 | 7.1573 | 7.1573 | 7.1573 | | | | | |

**ตารางที่ ข15** ผลการวิเคราะห์ความแตกต่างของความชื้นสุดท้ายของข้าวกล้องงอก ที่อบแห้งแบบถาดร่วมกับการเก็บในที่อับอากาศ (ต่อ)

| | N | Subset | | | | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| treatment | | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 |
| mc=14 T=50 t=120 | 2 | | | | | | | 7.2992 | 7.2992 | 7.2992 | 7.2992 | | | | | |
| mc=18 T=50 t=60 | 2 | | | | | | | | 7.4048 | 7.4048 | 7.4048 | 7.4048 | | | | |
| mc=16 T=50 t=0 | 2 | | | | | | | | 7.4090 | 7.4090 | 7.4090 | 7.4090 | | | | |
| mc=18 T=50 t=90 | 2 | | | | | | | | 7.4179 | 7.4179 | 7.4179 | 7.4179 | | | | |
| mc=14 T=50 t=30 | 2 | | | | | | | | | 7.5545 | 7.5545 | 7.5545 | 7.5545 | | | |
| mc=18 T=40 t=0 | 2 | | | | | | | | | 7.5578 | 7.5578 | 7.5578 | 7.5578 | | | |
| mc=18 T=40 t=60 | 2 | | | | | | | | | | 7.7102 | 7.7102 | 7.7102 | | | |
| mc=18 T=40 t=30 | 2 | | | | | | | | | | | 8.0087 | 8.0087 | 8.0087 | | |
| mc=18 T=50 t=30 | 2 | | | | | | | | | | | | 8.2270 | 8.2270 | 8.2270 | |
| mc=18 T=40 t=90 | 2 | | | | | | | | | | | | | 8.3902 | 8.3902 | |
| mc=14 T=50 t=90 | 2 | | | | | | | | | | | | | 8.4076 | 8.4076 | |
| mc=18 T=50 t=0 | 2 | | | | | | | | | | | | | 8.5542 | 8.5542 | |
| mc=14 T=50 t=60 | 2 | | | | | | | | | | | | | | 8.7023 | |
| mc=18 T=40 t=120 | 2 | | | | | | | | | | | | | | | 9.4208 |
| Sig. | | .053 | .160 | .058 | .052 | .055 | .058 | .075 | .102 | .063 | .075 | .089 | .052 | .114 | .168 | 1.000 |

**ตารางที่ ข16** ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของปริมาณ GABA ของข้าวกล้องงอกที่อบแห้งแบบถาดร่วมกับการเก็บในที่อับอากาศ

| Source | Type III Sum of Squares | df | Mean Square | F | Sig. |
|---|---|---|---|---|---|
| MC | 142.684 | 2 | 71.342 | 75.379 | .000* |
| tempertemp | 1.176 | 1 | 1.176 | 1.242 | .274 |
| tempettime | 4.345 | 4 | 1.086 | 1.148 | .353 |
| MC * tempertemp | 19.945 | 2 | 9.972 | 10.537 | .000* |
| MC * tempettime | 5.430 | 8 | .679 | .717 | .675 |
| tempertemp * tempettime | 12.527 | 4 | 3.132 | 3.309 | .023* |
| MC * tempertemp * tempettime | 8.350 | 8 | 1.044 | 1.103 | .389 |

* แสดงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

**ตารางที่ ข17** ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของปริมาณ GABA ของข้าวกล้องงอกที่อบแห้งแบบถาดร่วมกับการเก็บในที่อับอากาศ ที่ความชื้นเริ่มต้นและอุณหภูมิเก็บในที่อับอากาศต่างๆ

| Source | Type III Sum of Squares | df | Mean Square | F | Sig. |
|---|---|---|---|---|---|
| tempertemp | 1.176 | 1 | 1.176 | 1.075 | .304 |
| MC | 142.684 | 2 | 71.342 | 65.245 | .000* |
| tempertemp * MC | 19.945 | 2 | 9.972 | 9.120 | .000* |
| Error | 59.046 | 54 | 1.093 | | |
| Total | 4716.810 | 60 | | | |

* แสดงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

**ตารางที่ ข18** ผลการวิเคราะห์ความแตกต่างของปริมาณ GABA ของข้าวกล้องงอกที่อบแห้งแบบถาดร่วมกับการเก็บในที่อับอากาศ โดยมีความชื้นเริ่มต้นร้อยละ 14, 16 และ 18 เก็บในที่อับอากาศอุณหภูมิ 40 และ 50°ซ

| treatment | N | Subset | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| 14% 50C | 10 | 5.8839443E0 | | | | |
| 14% 40C | 10 | | 7.3477258E0 | | | |
| 18% 40C | 10 | | | 8.3611623E0 | | |
| 18% 50C | 10 | | | | 9.6444119E0 | |
| 16% 50C | 10 | | | | 1.0015039E1 | 1.0015039E1 |
| 16% 40C | 10 | | | | | 1.0674353E1 |
| Sig. | | 1.000 | 1.000 | 1.000 | .432 | .164 |

**ตารางที่ ข19** ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของปริมาณ GABA ของข้าวกล้องงอกที่อบแห้งแบบถาดร่วมกับการเก็บในที่อับอากาศ ที่อุณหภูมิและระยะเวลาเก็บในที่อับอากาศต่างๆ

| Source | Type III Sum of Squares | df | Mean Square | F | Sig. |
|---|---|---|---|---|---|
| tempertemp | 1.176 | 1 | 1.176 | .287 | .595 |
| tempettime | 4.345 | 4 | 1.086 | .265 | .899 |
| tempertemp * tempettime | 12.527 | 4 | 3.132 | .765 | .553 |
| Error | 204.803 | 50 | 4.096 | | |
| Total | 4716.810 | 60 | | | |

**ตารางที่ ข20** ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของปริมาณ δ-tocopherol ของข้าวกล้องงอกที่อบแห้งแบบถาดร่วมกับการเก็บในที่อับอากาศ

| Source | Type III Sum of Squares | df | Mean Square | F | Sig. |
|---|---|---|---|---|---|
| MC | 3.863 | 2 | 1.932 | 17.824 | .000* |
| tempertemp | .878 | 1 | .878 | 8.103 | .008* |
| tempettime | .564 | 4 | .141 | 1.301 | .292 |
| MC * tempertemp | 1.265 | 2 | .632 | 5.836 | .007* |
| MC * tempettime | 1.935 | 8 | .242 | 2.231 | .053 |
| tempertemp * tempettime | 1.110 | 4 | .277 | 2.560 | .059 |
| MC * tempertemp * tempettime | 1.700 | 8 | .212 | 1.961 | .087 |

* แสดงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

**ตารางที่ ข21** ผลการวิเคราะห์ความแตกต่างของปริมาณ δ-tocopherol ของข้าวกล้องงอกที่อบแห้งแบบถาดร่วมกับการเก็บในที่อับอากาศ โดยมีความชื้นเริ่มต้นร้อยละ 14, 16 และ 18 เก็บในที่อับอากาศอุณหภูมิ 40 และ 50°ซ

| treatment | N | Subset | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | | 1 | 2 | 3 | 4 |
| 18% 40C | 10 | 3.0079788 | | | |
| 14% 40C | 10 | 3.2398525 | 3.2398525 | | |
| 14% 50C | 10 | | 3.5341701 | 3.5341701 | |
| 18% 50C | 10 | | 3.5765097 | 3.5765097 | 3.5765097 |
| 16% 50C | 10 | | | 3.8031371 | 3.8031371 |
| 16% 40C | 10 | | | | 3.9401212 |
| Sig. | | .198 | .079 | .160 | .058 |

**ตารางที่ ข22** ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของปริมาณ γ-tocopherol ของข้าวกล้องงอกที่อบแห้งแบบถาดร่วมกับการเก็บในที่อับอากาศ

| Source | Type III Sum of Squares | df | Mean Square | F | Sig. |
|---|---|---|---|---|---|
| MC | 748.838 | 2 | 374.419 | 7.153 | .003* |
| tempertemp | 1475.087 | 1 | 1475.087 | 28.181 | .000* |
| tempettime | 489.646 | 4 | 122.411 | 2.339 | .078 |
| MC * tempertemp | 1611.851 | 2 | 805.926 | 15.397 | .000* |
| MC * tempettime | 280.746 | 8 | 35.093 | .670 | .713 |
| tempertemp * tempettime | 288.114 | 4 | 72.029 | 1.376 | .266 |
| MC * tempertemp * tempettime | 471.294 | 8 | 58.912 | 1.125 | .375 |

* แสดงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

**ตารางที่ ข23** ผลการวิเคราะห์ความแตกต่างของปริมาณ γ-tocopherol ของข้าวกล้องงอกที่อบแห้งแบบถาดร่วมกับการเก็บในที่อับอากาศ โดยมีความชื้นเริ่มต้นร้อยละ 14, 16 และ 18 เก็บในที่อับอากาศอุณหภูมิ 40 และ 50°ซ

| treatment | N | Subset | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | | 1 | 2 | 3 | 4 |
| 18% 40C | 10 | 8.0529574E1 | | | |
| 16% 40C | 10 | | 8.9024871E1 | | |
| 14% 50C | 10 | | 9.3394874E1 | 9.3394874E1 | |
| 18% 50C | 10 | | | 9.8058307E1 | |
| 14% 40C | 10 | | | 9.8134523E1 | |
| 16% 50C | 10 | | | | 1.0598562E2 |
| Sig. | | 1.000 | .203 | .193 | 1.000 |

**ตารางที่ ข24** ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของปริมาณ α-tocopherol ของข้าวกล้องงอกที่อบแห้งแบบถาดร่วมกับการเก็บในที่อับอากาศ

| Source | Type III Sum of Squares | df | Mean Square | F | Sig. |
|---|---|---|---|---|---|
| MC | 124442.506 | 2 | 62221.253 | 38.898 | .000* |
| tempertemp | 64534.715 | 1 | 64534.715 | 40.344 | .000* |
| tempettime | 18510.078 | 4 | 4627.520 | 2.893 | .039* |
| MC * tempertemp | 26188.517 | 2 | 13094.258 | 8.186 | .001* |
| MC * tempettime | 19676.243 | 8 | 2459.530 | 1.538 | .186 |
| tempertemp * tempettime | 9314.645 | 4 | 2328.661 | 1.456 | .240 |
| MC * tempertemp * tempettime | 16777.476 | 8 | 2097.185 | 1.311 | .276 |

* แสดงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

**ตารางที่ ข25** ผลการวิเคราะห์ความแตกต่างของปริมาณ α-tocopherol ของข้าวกล้องงอกที่อบแห้งแบบถาดร่วมกับการเก็บในที่อับอากาศ โดยมีความชื้นเริ่มต้นร้อยละ 14, 16 และ 18 เก็บในที่อับอากาศอุณหภูมิ 40 และ 50°ซ

| treatment | N | Subset | | |
|---|---|---|---|---|
| | | 1 | 2 | 3 |
| 16% 40C | 10 | 2.8642269E2 | | |
| 18% 40C | 10 | | 3.8563353E2 | |
| 16% 50C | 10 | | 3.9838692E2 | |
| 14% 40C | 10 | | | 4.4427529E2 |
| 14% 50C | 10 | | | 4.5496267E2 |
| 18% 50C | 10 | | | 4.5975800E2 |
| Sig. | | 1.000 | .534 | .480 |

**ตารางที่ ข26** ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของปริมาณ γ-oryzanol ของข้าวกล้องงอกที่อบแห้งแบบถาดร่วมกับการเก็บในที่อับอากาศ

| Source | Type III Sum of Squares | df | Mean Square | F | Sig. |
|---|---|---|---|---|---|
| MC | 2303222.617 | 2 | 1151611.309 | .418 | .662 |
| tempertemp | 1.207E7 | 1 | 1.207E7 | 4.385 | .045* |
| tempettime | 5586959.483 | 4 | 1396739.871 | .507 | .731 |
| MC * tempertemp | 7116602.735 | 2 | 3558301.368 | 1.293 | .289 |
| MC * tempettime | 2.735E7 | 8 | 3418547.856 | 1.242 | .310 |
| tempertemp * tempettime | 2.347E7 | 4 | 5868378.733 | 2.132 | .101 |
| MC * tempertemp * tempettime | 2.477E7 | 8 | 3096148.249 | 1.125 | .375 |

* แสดงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

**ตารางที่ ข27** ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของปริมาณกิจกรรมสารต้านออกซิเดชั่นวิเคราะห์ด้วยวิธี DPPH ของข้าวกล้องงอกที่อบแห้งแบบถาดร่วมกับการเก็บในที่อับอากาศ

| Source | Type III Sum of Squares | df | Mean Square | F | Sig. |
|---|---|---|---|---|---|
| MC | 3120.459 | 2 | 1560.229 | 11.317 | .000* |
| tempertemp | 1559.232 | 1 | 1559.232 | 11.309 | .002* |
| tempettime | 44.837 | 4 | 11.209 | .081 | .988 |
| MC * tempertemp | 4183.675 | 2 | 2091.837 | 15.173 | .000* |
| MC * tempettime | 1581.324 | 8 | 197.665 | 1.434 | .223 |
| tempertemp * tempettime | 498.090 | 4 | 124.522 | .903 | .475 |
| MC * tempertemp * tempettime | 2151.700 | 8 | 268.962 | 1.951 | .089 |

* แสดงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

**ตารางที่ ข28** ผลการวิเคราะห์ความแตกต่างของปริมาณกิจกรรมสารต้านออกซิเดชั่นวิเคราะห์ด้วยวิธี DPPH ของข้าวกล้องงอกที่อบแห้งแบบถาดร่วมกับการเก็บในที่อับอากาศ โดยมีความชื้นเริ่มต้นร้อยละ 14, 16 และ 18 เก็บในที่อับอากาศอุณหภูมิ 40 และ 50°ซ

| treatment | N | Subset | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | | 1 | 2 | 3 | 4 |
| 16% 50C | 10 | 3.3658702E2 | | | |
| 14% 40C | 10 | 3.3953673E2 | | | |
| 16% 40C | 10 | 3.4619189E2 | 3.4619189E2 | | |
| 18% 40C | 10 | | 3.5338406E2 | 3.5338406E2 | |
| 18% 50C | 10 | | | 3.6232964E2 | 3.6232964E2 |
| 14% 50C | 10 | | | | 3.7078260E2 |
| Sig. | | .109 | .203 | .115 | .136 |

**ตารางที่ ข29** ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่าความขาวของข้าวกล้องงอกที่อบแห้งแบบถาดร่วมกับการเก็บในที่อับอากาศ

| Source | Type III Sum of Squares | df | Mean Square | F | Sig. |
|---|---|---|---|---|---|
| MC | 26.503 | 2 | 13.251 | 51.356 | .000* |
| tempertemp | 6.155 | 1 | 6.155 | 23.853 | .000* |
| tempettime | 2.115 | 4 | .529 | 2.050 | .113 |
| MC * tempertemp | 20.378 | 2 | 10.189 | 39.488 | .000* |
| MC * tempettime | 6.551 | 8 | .819 | 3.174 | .010* |
| tempertemp * tempettime | 2.811 | 4 | .703 | 2.723 | .048* |
| MC * tempertemp * tempettime | 3.323 | 8 | .415 | 1.610 | .164 |

* แสดงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

**ตารางที่ ข30** ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่าความขาวของข้าวกล้องงอกที่อบแห้งแบบถาดร่วมกับการเก็บในที่อับอากาศ โดยมีความชื้นเริ่มต้นร้อยละ 14, 16 และ 18 เก็บในที่อับอากาศอุณหภูมิ 40 และ 50°ซ

| Source | Type III Sum of Squares | df | Mean Square | F | Sig. |
|---|---|---|---|---|---|
| MC | 26.503 | 2 | 13.251 | 31.745 | .000* |
| tempertemp | 6.155 | 1 | 6.155 | 14.745 | .000* |
| MC * tempertemp | 20.378 | 2 | 10.189 | 24.409 | .000* |

* แสดงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

**ตารางที่ ข31** ผลการวิเคราะห์ความแตกต่างของค่าความขาวของข้าวกล้องงอกที่อบแห้งแบบถาดร่วมกับการเก็บในที่อับอากาศ โดยมีความชื้นเริ่มต้นร้อยละ 14, 16 และ 18 เก็บในที่อับอากาศอุณหภูมิ 40 และ 50°ซ

| treatment | N | Subset | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | | 1 | 2 | 3 | 4 |
| 18% 40C | 10 | 5.5590422E1 | | | |
| 16% 50C | 10 | | 5.7518278E1 | | |
| 16% 40C | 10 | | 5.7745905E1 | 5.7745905E1 | |
| 18% 50C | 10 | | 5.7878534E1 | 5.7878534E1 | 5.7878534E1 |
| 14% 50C | 10 | | | 5.8290078E1 | 5.8290078E1 |
| 14% 40C | 10 | | | | 5.8428877E1 |
| Sig. | | 1.000 | .246 | .080 | .076 |

**ตารางที่ ข32** ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่าความขาวของข้าวกล้องงอกที่อบแห้งแบบถาดร่วมกับการเก็บในที่อับอากาศ โดยมีความชื้นเริ่มต้นร้อยละ 14, 16 และ 18 เก็บในที่อับอากาศนาน 0, 30, 60, 90 และ 120 นาที

| Source | Type III Sum of Squares | df | Mean Square | F | Sig. |
|---|---|---|---|---|---|
| MC | 26.503 | 2 | 13.251 | 14.758 | .000* |
| tempettime | 2.115 | 4 | .529 | .589 | .672 |
| MC * tempettime | 6.551 | 8 | .819 | .912 | .515 |

* แสดงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

**ตารางที่ ข33** ผลการวิเคราะห์ความแตกต่างของค่าความขาวของข้าวกล้องงอกที่อบแห้งแบบถาดร่วมกับการเก็บในที่อับอากาศ โดยมีความชื้นเริ่มต้นร้อยละ 14, 16 และ 18

| %MC | N | Subset | | |
|---|---|---|---|---|
| | | 1 | 2 | 3 |
| 18 | 20 | 5.673448E1 | | |
| 16 | 20 | | 5.763209E1 | |
| 14 | 20 | | | 5.835948E1 |
| Sig. | | 1.000 | 1.000 | 1.000 |

**ตารางที่ ข34** ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่าความขาวของข้าวกล้องงอกที่อบแห้งแบบถาดร่วมกับการเก็บในที่อับอากาศ โดยเก็บในที่อับอากาศอุณหภูมิ 40 และ 50°ซ นาน 0, 30, 60, 90 และ 120 นาที

| Source | Type III Sum of Squares | df | Mean Square | F | Sig. |
|---|---|---|---|---|---|
| tempettime | 2.115 | 4 | .529 | .410 | .801 |
| tempertemp | 6.155 | 1 | 6.155 | 4.771 | .034* |
| tempettime * tempertemp | 2.811 | 4 | .703 | .545 | .704 |

* แสดงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

**ตารางที่ ข35** ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของสภาวะข้าวกล้องงอกที่อบแห้งแบบถาดร่วมกับการเก็บในที่อับอากาศที่คัดเลือกทั้ง 5 สภาวะ

| Source | Dependent Variable | Type III Sum of Squares | df | Mean Square | F | Sig. |
|---|---|---|---|---|---|---|
| treatment | gaba | 2.308 | 4 | .577 | .738 | .604 |
| | deltatoco | 1.605 | 4 | .401 | 2.533 | .168 |
| | gammatoco | 919.240 | 4 | 229.810 | 2.369 | .185 |
| | alphatoco | 75076.176 | 4 | 18769.044 | 7.871 | .022* |
| | gammaory | 2.000E7 | 4 | 4999694.043 | 1.053 | .465 |
| | DDPH | 1475.160 | 4 | 368.790 | 3.110 | .122 |
| | ABTS | 879.847 | 4 | 219.962 | 2.870 | .139 |
| | ร้อยละต้นข้าว | 540.079 | 4 | 135.020 | 19.059 | .003* |
| | ค่าความขาว | 1.546 | 4 | .387 | .689 | .630 |

* แสดงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

**ตารางที่ ข36** ผลการวิเคราะห์ความแตกต่างของ α-tocopherol ของข้าวกล้องงอกที่อบแห้งแบบถาดร่วมกับการเก็บในที่อับอากาศที่คัดเลือกทั้ง 5 สภาวะ

| treatment | N | Subset | |
|---|---|---|---|
| | | 1 | 2 |
| mc=16 T=40 t=30 | 2 | 2.3237E2 | |
| mc=16 T=40 t=0 | 2 | 2.6796E2 | |
| mc=16 T=50 t=0 | 2 | | 4.0716E2 |
| mc=16 T=50 t=90 | 2 | | 4.1564E2 |
| mc=18 T=50 t=90 | 2 | | 4.4736E2 |
| Sig. | | .499 | .458 |

**ตารางที่ ข37** ผลการวิเคราะห์ความแตกต่างของร้อยละต้นข้าวของข้าวกล้องงอกที่อบแห้งแบบถาดร่วมกับการเก็บในที่อับอากาศที่คัดเลือกทั้ง 5 สภาวะ

| treatment | N | Subset | | |
|---|---|---|---|---|
| | | 1 | 2 | 3 |
| mc=16 T=50 t=0 | 2 | 66.4880 | | |
| mc=16 T=40 t=0 | 2 | 67.0394 | | |
| mc=16 T=40 t=30 | 2 | 72.0742 | 72.0742 | |
| mc=16 T=50 t=90 | 2 | | 77.7364 | |
| mc=18 T=50 t=90 | 2 | | | 86.1467 |
| Sig. | | .097 | .087 | 1.000 |

**ตารางที่ ข38** ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของข้าวกล้องงอกอบแห้งแบบถาด แบบถาดร่วมกับการเก็บในที่อับอากาศ ข้าวกล้องและตัวอย่างควบคุม

| Source | Dependent Variable | Type III Sum of Squares | df | Mean Square | F | Sig. |
|---|---|---|---|---|---|---|
| treatment | ร้อยละต้นข้าว | 1237.407 | 3 | 412.469 | 336.972 | .000* |
| | GABA | 183.157 | 3 | 61.052 | 38.716 | .002* |
| | deltatoco | 3.621 | 3 | 1.207 | 3.277 | .141 |
| | gammatoco | 243.908 | 3 | 81.303 | .878 | .523 |
| | alphatoco | 4692.041 | 3 | 1564.014 | 1.114 | .442 |
| | oryzanol | 2.733E7 | 3 | 9109497.004 | .809 | .551 |
| | DPPH | 3018.697 | 3 | 1006.232 | 6.191 | .055 |
| | ABTS | 7914.544 | 3 | 2638.181 | 4.192 | .100 |

* แสดงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

**ตารางที่ ข39** ผลการวิเคราะห์ความแตกต่างของร้อยละต้นข้าวของข้าวกล้องงอกอบแห้งแบบถาด แบบถาดร่วมกับการเก็บในที่อับอากาศ ข้าวกล้องและตัวอย่างควบคุม

| treatment | N | Subset | | |
|---|---|---|---|---|
| | | 1 | 2 | 3 |
| ควบคุม | 2 | 5.55584E1 | | |
| กล้องงอกอบแห้งแบบถาด | 2 | | 7.26482E1 | |
| ข้าวกล้อง | 2 | | | 8.55332E1 |
| อับอากาศ | 2 | | | 8.61467E1 |
| Sig. | | 1.000 | 1.000 | .609 |

**ตารางที่ ข40** ผลการวิเคราะห์ความแตกต่างของ GABA ข้าวของข้าวกล้องงอกอบแห้งแบบถาด แบบถาดร่วมกับการเก็บในที่อับอากาศ ข้าวกล้องและตัวอย่างควบคุม

| treatment | N | Subset | |
|---|---|---|---|
| | | 1 | 2 |
| ข้าวกล้อง | 2 | .52586 | |
| อับอากาศ | 2 | | 1.10642E1 |
| ควบคุม | 2 | | 1.13954E1 |
| กล้องงอกอบแห้งแบบถาด | 2 | | 1.21548E1 |
| Sig. | | 1.000 | .439 |

**ตารางที่ ข41** ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนค่าคุณสมบัติทางด้านการหุงสุกของข้าวกล้องงอกอบแห้งแบบถาด แบบถาดร่วมกับการเก็บในที่อับอากาศ ข้าวกล้อง และข้าวกล้องงอกควบคุม

| Source | Dependent Variable | Type III Sum of Squares | df | Mean Square | F | Sig. |
|---|---|---|---|---|---|---|
| ตัวอย่างข้าว | เวลาหุงสุก | 40.344 | 3 | 13.448 | 10.496 | .023* |
| | อัตราส่วนการอุ้มน้ำ | .079 | 3 | .026 | 26.513 | .004* |
| | อัตราการขยายปริมาตร | .101 | 3 | .034 | 286.798 | .000* |
| | ปริมาณของแข็งที่สูญเสีย | .005 | 3 | .002 | 58.031 | .001* |
| | การยืดตัวของเมล็ด | .000 | 3 | .000 | 655.664 | .000* |

* แสดงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

**ตารางที่ ข42** ผลการวิเคราะห์ความแตกต่างของระยะเวลาหุงสุกของข้าวกล้องงอกอบแห้งแบบถาด แบบถาดร่วมกับการเก็บในที่อับอากาศ ข้าวกล้อง และข้าวกล้องงอกควบคุม

| ตัวอย่างข้าว | N | Subset | | |
|---|---|---|---|---|
| | | 1 | 2 | 3 |
| กล้องงอกอบแห้งแบบถาดร่วมกับอับอากาศ | 2 | 39.75 | | |
| ควบคุม | 2 | 42.00 | 42.00 | |
| กล้องงอกอบแห้งแบบถาด | 2 | | 43.00 | 43.00 |
| กล้อง | 2 | | | 46.00 |
| Sig. | | .118 | .427 | .057 |

**ตารางที่ ข43** ผลการวิเคราะห์ความแตกต่างของอัตราส่วนการอุ้มน้ำของข้าวกล้องงอกอบแห้งแบบถาด แบบถาดร่วมกับการเก็บในที่อับอากาศ ข้าวกล้อง และข้าวกล้องงอกควบคุม

| ตัวอย่างข้าว | N | Subset | | |
|---|---|---|---|---|
| | | 1 | 2 | 3 |
| กล้อง | 2 | 1.40838 | | |
| ควบคุม | 2 | | 1.52193 | |
| กล้องงอกอบแห้งแบบถาด | 2 | | 1.59014 | |
| กล้องงอกอบแห้งแบบถาดร่วมกับอับอากาศ | 2 | | | 1.68049 |
| Sig. | | 1.000 | .096 | 1.000 |

**ตารางที่ ข44** ผลการวิเคราะห์ความแตกต่างของอัตราการขยายปริมาตรของข้าวกล้องงอกอบแห้งแบบถาด แบบถาดร่วมกับการเก็บในที่อับอากาศ ข้าวกล้อง และข้าวกล้องงอกควบคุม

| ตัวอย่างข้าว | N | Subset | | |
|---|---|---|---|---|
| | | 1 | 2 | 3 |
| กล้อง | 2 | 1.72400 | | |
| ควบคุม | 2 | | 1.87800 | |
| กล้องงอกอบแห้งแบบถาด | 2 | | 1.89100 | |
| กล้องงอกอบแห้งแบบถาดร่วมกับอับอากาศ | 2 | | | 2.04100 |
| Sig. | | 1.000 | .296 | 1.000 |

**ตารางที่ ข45** ผลการวิเคราะห์ความแตกต่างของปริมาณของแข็งที่สูญเสียระหว่างการหุงต้มของข้าวกล้องงอกอบแห้งแบบถาด แบบถาดร่วมกับการเก็บในที่อับอากาศ ข้าวกล้อง และข้าวกล้องงอกควบคุม

| ตัวอย่างข้าว | N | Subset | | |
|---|---|---|---|---|
| | | 1 | 2 | 3 |
| กล้องงอกอบแห้งแบบถาดร่วมกับอับอากาศ | 2 | .5810 | | |
| กล้องงอกอบแห้งแบบถาด | 2 | | .5960 | |
| ควบคุม | 2 | | .5995 | |
| กล้อง | 2 | | | .6470 |
| Sig. | | 1.000 | .545 | 1.000 |

**ตารางที่ ข46** ผลการวิเคราะห์ความแตกต่างของการยืดตัวของเมล็ดของข้าวกล้องงอกอบแห้งแบบถาด แบบถาดร่วมกับการเก็บในที่อับอากาศ ข้าวกล้อง และข้าวกล้องงอกควบคุม

| ตัวอย่างข้าว | N | Subset | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | | 1 | 2 | 3 | 4 |
| กล้องงอกอบแห้งแบบถาดร่วมกับอับอากาศ | 2 | 1.091254 | | | |
| กล้องงอกอบแห้งแบบถาด | 2 | | 1.095355 | | |
| ควบคุม | 2 | | | 1.097754 | |
| กล้อง | 2 | | | | 1.108305 |
| Sig. | | 1.000 | 1.000 | 1.000 | 1.000 |

**ตารางที่ ข47** ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนค่าความแข็งและความเหนียวของข้าวกล้องงอกอบแห้งแบบถาด แบบถาดร่วมกับการเก็บในที่อับอากาศ ข้าวกล้อง และข้าวกล้องงอกควบคุม

| Source | Dependent Variable | Type III Sum of Squares | df | Mean Square | F | Sig. |
|---|---|---|---|---|---|---|
| ตัวอย่างข้าว | ความแข็ง | 3874916.373 | 3 | 1291638.791 | 2.951 | .046* |
| | ความเหนียว | 18336.202 | 3 | 6112.067 | 1.702 | .184 |

* แสดงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

**ตารางที่ ข48** ผลการวิเคราะห์ความแตกต่างค่าความแข็งของข้าวกล้องงอกอบแห้งแบบถาด แบบถาดร่วมกับการเก็บในที่อับอากาศ ข้าวกล้อง และข้าวกล้องงอกควบคุม

| ตัวอย่างข้าว | N | Subset | |
|---|---|---|---|
| | | 1 | 2 |
| กล้องงอกอบแห้งแบบถาดร่วมกับอับอากาศ | 10 | 5.77603E3 | |
| ควบคุม | 10 | 6.09894E3 | 6.09894E3 |
| กล้องงอกอบแห้งแบบถาด | 10 | 6.35353E3 | 6.35353E3 |
| กล้อง | 10 | | 6.61772E3 |
| Sig. | | .072 | .105 |

**ตารางที่ ข49** ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนค่าความชื้น สารออกฤทธิ์ทางชีวภาพของข้าวกล้องงอกอบแห้งแบบถาด แบบถาดร่วมกับการเก็บในที่อับอากาศ ข้าวกล้อง และข้าวกล้องงอกควบคุมภายหลังการหุงสุก

| Source | Dependent Variable | Type III Sum of Squares | df | Mean Square | F | Sig. |
|---|---|---|---|---|---|---|
| ตัวอย่างข้าว | %MC | 1.825 | 3 | .608 | 45.572 | .002* |
| | gaba | 43.317 | 3 | 14.439 | 13.581 | .015* |
| | deltatocopherol | 8.087 | 3 | 2.696 | 982.523 | .000* |
| | gammatocopherol | 802.230 | 3 | 267.410 | 237.081 | .000* |
| | alphatocopherol | 2343.052 | 3 | 781.017 | 76.617 | .001* |
| | gammaoryzonol | 5.473 | 3 | 1.824 | 80.517 | .000* |
| | DPPH | 790.972 | 3 | 263.657 | 14.622 | .013* |
| | ABTS | 2659.142 | 3 | 886.381 | 8.542 | .033* |

* แสดงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

**ตารางที่ ข50** ผลการวิเคราะห์ความแตกต่างค่าความชื้นของข้าวกล้องงอกอบแห้งแบบถาด แบบถาดร่วมกับการเก็บในที่อับอากาศ ข้าวกล้อง และข้าวกล้องงอกควบคุมภายหลังการหุงสุก

| ตัวอย่างข้าว | N | Subset | | |
|---|---|---|---|---|
| | | 1 | 2 | 3 |
| ควบคุม | 2 | 2.513776E0 | | |
| กล้องงอกอบแห้งแบบถาด | 2 | | 3.382206E0 | |
| กล้องงอกอบแห้งแบบถาดร่วมกับอับอากาศ | 2 | | 3.463272E0 | |
| กล้อง | 2 | | | 3.810910E0 |
| Sig. | | 1.000 | .522 | 1.000 |

**ตารางที่ ข51** ผลการวิเคราะห์ความแตกต่างค่า GABA ของข้าวกล้องงอกอบแห้งแบบถาด แบบถาดร่วมกับการเก็บในที่อับอากาศ ข้าวกล้อง และข้าวกล้องงอกควบคุมภายหลังการหุงสุก

| ตัวอย่างข้าว | N | Subset | | |
|---|---|---|---|---|
| | | 1 | 2 | 3 |
| กล้อง | 2 | 2.86305492E0 | | |
| แบบถาด | 2 | 5.67732409E0 | 5.67732409E0 | |
| กล้องงอกอบแห้งแบบถาดร่วมกับอับอากาศ | 2 | | 6.59088054E0 | 6.59088054E0 |
| ควบคุม | 2 | | | 9.38091951E0 |
| Sig. | | .052 | .426 | .054 |

**ตารางที่ ข52** ผลการวิเคราะห์ความแตกต่างค่า δ-tocopherol ของข้าวกล้องงอกอบแห้งแบบถาด แบบถาดร่วมกับการเก็บในที่อับอากาศ ข้าวกล้อง และข้าวกล้องงอกควบคุมภายหลังการหุงสุก

| ตัวอย่างข้าว | N | Subset | | |
|---|---|---|---|---|
| | | 1 | 2 | 3 |
| กล้องงอกอบแห้งแบบถาด | 2 | 4.117678E0 | | |
| กล้อง | 2 | | 4.956462E0 | |
| กล้องงอกอบแห้งแบบถาดร่วมกับอับอากาศ | 2 | | 5.096548E0 | |
| ควบคุม | 2 | | | 6.878528E0 |
| Sig. | | 1.000 | .056 | 1.000 |

**ตารางที่ ข53** ผลการวิเคราะห์ความแตกต่างค่า γ-tocopherol ของข้าวกล้องงอกอบแห้งแบบถาด แบบถาดร่วมกับการเก็บในที่อับอากาศ ข้าวกล้อง และข้าวกล้องงอกควบคุมภายหลังการหุงสุก

| ตัวอย่างข้าว | N | Subset | | |
|---|---|---|---|---|
| | | 1 | 2 | 3 |
| กล้องงอกอบแห้งแบบถาด | 2 | 1.113162E2 | | |
| กล้องงอกอบแห้งแบบถาดร่วมกับอับอากาศ | 2 | 1.123516E2 | | |
| ควบคุม | 2 | | 1.158224E2 | |
| กล้อง | 2 | | | 1.359661E2 |
| Sig. | | .385 | 1.000 | 1.000 |

**ตารางที่ ข54** ผลการวิเคราะห์ความแตกต่างค่า α-tocopherol ของข้าวกล้องงอกอบแห้งแบบถาด แบบถาดร่วมกับการเก็บในที่อับอากาศ ข้าวกล้อง และข้าวกล้องงอกควบคุมภายหลังการหุงสุก

| ตัวอย่างข้าว | N | Subset | |
|---|---|---|---|
| | | 1 | 2 |
| ควบคุม | 2 | 3.734318E2 | |
| กล้อง | 2 | 3.768850E2 | |
| กล้องงอกอบแห้งแบบถาดร่วมกับอับอากาศ | 2 | | 4.064997E2 |
| กล้องงอกอบแห้งแบบถาด | 2 | | 4.117005E2 |
| Sig. | | .340 | .179 |

**ตารางที่ ข55** ผลการวิเคราะห์ความแตกต่างค่า γ-oryzanol ของข้าวกล้องงอกอบแห้งแบบถาด แบบถาดร่วมกับการเก็บในที่อับอากาศ ข้าวกล้อง และข้าวกล้องงอกควบคุมภายหลังการหุงสุก

| ตัวอย่างข้าว | N | Subset | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | | 1 | 2 | 3 | 4 |
| ควบคุม | 2 | 1.823605E1 | | | |
| กล้อง | 2 | | 1.916470E1 | | |
| กล้องงอกอบแห้งแบบถาดร่วมกับอับอากาศ | 2 | | | 1.994677E1 | |
| กล้องงอกอบแห้งแบบถาด | 2 | | | | 2.041703E1 |
| Sig. | | 1.000 | 1.000 | 1.000 | 1.000 |

**ตารางที่ ข56** ผลการวิเคราะห์ความแตกต่างค่ากิจกรรมสารต้านออกซิเดชั่นวัดด้วยวิธี DPPH ของข้าวกล้องงอกอบแห้งแบบถาด แบบถาดร่วมกับการเก็บในที่อับอากาศ ข้าวกล้อง และข้าวกล้องงอกควบคุมภายหลังการหุงสุก

| ตัวอย่างข้าว | N | Subset | |
|---|---|---|---|
| | | 1 | 2 |
| กล้อง | 2 | 2.200179E2 | |
| กล้องงอกอบแห้งแบบถาดร่วมกับอับอากาศ | 2 | | 2.358891E2 |
| ควบคุม | 2 | | 2.410327E2 |
| กล้องงอกอบแห้งแบบถาด | 2 | | 2.467121E2 |
| Sig. | | 1.000 | .067 |

**ตารางที่ ข57** ผลการวิเคราะห์ความแตกต่างค่ากิจกรรมสารต้านออกซิเดชั่นวัดด้วยวิธี ABTS ของข้าวกล้องงอกอบแห้งแบบถาด แบบถาดร่วมกับการเก็บในที่อับอากาศ ข้าวกล้อง และข้าวกล้องงอกควบคุมภายหลังการหุงสุก

| ตัวอย่างข้าว | N | Subset | | |
|---|---|---|---|---|
| | | 1 | 2 | 3 |
| กล้อง | 2 | 2.804194E2 | | |
| กล้องงอกอบแห้งแบบถาดร่วมกับอับอากาศ | 2 | 2.902128E2 | 2.902128E2 | |
| กล้องงอกอบแห้งแบบถาด | 2 | | 3.124480E2 | 3.124480E2 |
| ควบคุม | 2 | | | 3.268327E2 |
| Sig. | | .391 | .094 | .231 |

# ประวัติผู้เขียน

นางสาวเทวิกา กีรติบูรณะ เกิดเมื่อวันที่ 12 ตุลาคม พ.ศ.2529 สำเร็จการศึกษาระดับปริญญาตรี วิทยาศาสตรบัณฑิต สาขาเทคโนโลยีการอาหาร จากคณะเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยขอนแก่น เมื่อปีการศึกษา 2552 และเข้าศึกษาในระดับบัณฑิตศึกษา สาขาเทคโนโลยีการอาหาร คณะเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยขอนแก่น เมื่อปีการศึกษา 2552