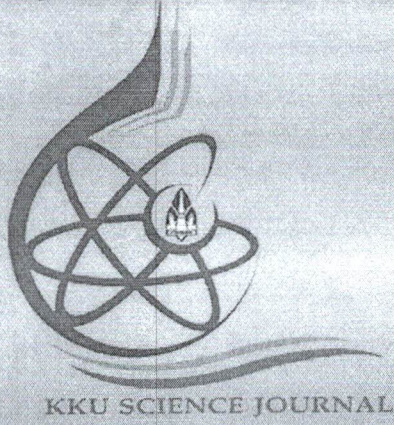




150 ปี
วิทยาศาสตร์ไทย

วารสาร
วิทยาศาสตร์ มข.
ปีที่ 46 ฉบับที่ 3 (กรกฎาคม - กันยายน 2561)

คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น
www.sc.kku.ac.th
ISSN : 2586-9531





วารสารวิทยาศาสตร์ มข. KKU SCIENCE JOURNAL

❖ **วัตถุประสงค์และขอบเขต** วารสารวิทยาศาสตร์ มข. เป็นวารสารของคณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น จัดทำขึ้นเพื่อตีพิมพ์และเผยแพร่ผลงานทางวิชาการ และผลงานวิจัยด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีทุกสาขา เพื่อนำเสนอองค์ความรู้ทางวิชาการในเชิงลึกที่ผ่านการประมวลและเรียบเรียงอย่างเป็นระบบ และเป็นสื่อในการ แลกเปลี่ยนเรียนรู้ระหว่างนักวิจัยหรือนักวิชาการ ผู้สนใจสามารถส่งผลงานวิจัยหรือผลงานวิชาการของท่านในรูปแบบของบทความต้นฉบับ หรือบทความปริทรรศน์ โดย บทความทุกเรื่องจะได้รับการพิจารณาจากผู้ทรงคุณวุฒิและกองบรรณาธิการ บทความที่ผ่านการประเมินจะต้องเป็นผลงานที่ใหม่และไม่มีการคัดลอกผลงานของผู้อื่น วารสารวิทยาศาสตร์ มข. มีกำหนดออกปีละ 4 ฉบับ ในรูปแบบของวารสารอิเล็กทรอนิกส์

❖ **กำหนดการออก ปีละ 4 ฉบับ:** ฉบับที่ 1 (ม.ค.-มี.ค.), ฉบับที่ 2 (เม.ย.-มิ.ย.), ฉบับที่ 3 (ก.ค.-ก.ย.) และ ฉบับที่ 4 (ต.ค.-ธ.ค.)

❖ **สถานที่ติดต่อ** วารสารวิทยาศาสตร์ มข. อาคาร SC.06 คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น อ.เมือง จ.ขอนแก่น 40002

โทรศัพท์: 09-6168-2684, 09-1421-0058 **อีเมล:** kku_scijournal@kku.ac.th **เว็บไซต์:** http://scijournal.kku.ac.th

082 323 5875 ร. งามพิศ

(งา. งามพิศ)

❖ **ที่ปรึกษา** ผศ.ดร.สมเกียรติ ศรีจารนัย (คณบดีคณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น)
ผศ.ดร.ธนสิทธิ์ บุรินทร์ประโคน (รองคณบดีฝ่ายวิจัยและวิเทศสัมพันธ์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น)

❖ **บรรณาธิการ** รศ.ดร.รณงา บุระคำ (คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น)

❖ **รองบรรณาธิการ** รศ.ดร.จักรชัย โสอินทร์ (คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น)

รศ.ดร.วิภู กุตะนันท์ (คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น)

ผศ.ดร.ประสิทธิ์ ทองใบ (คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น)

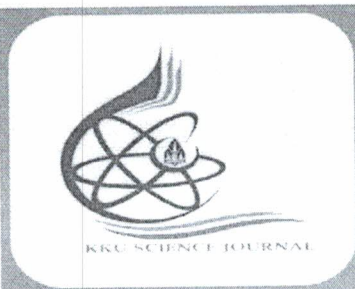
❖ กองบรรณาธิการวิชาการ

ศ.ดร.ม.ร.ว.ชิษณุสาร สวัสดิวัตน์	(มหาวิทยาลัยมหิดล)	ศ.ดร.ประมวล ตั้งบริบูรณ์รัตน์	(มหาวิทยาลัยมหิดล)
ศ.ดร.สาวิตรี ลิ้มทอง	(มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์)	ศ.ดร.เกตุ กรุดพันธ์	(มหาวิทยาลัยเชียงใหม่)
ศ.ดร.สุพจน์ ทารหนองบัว	(จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย)	ศ.ดร.ชิตชนก เหลือสินทรัพย์	(จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย)
ศ.ดร.สมบูรณ์ ธนาสุภาวัฒน์	(จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย)	ศ.ดร.ชูกิจ ลิมปิจำนงค์	(มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี)
ศ.ดร.สันติ แม้นศิริ	(มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี)	ศ.ดร.สารวม จงเจริญ	(สถาบันบัณฑิตพัฒนบริหารศาสตร์)
ศ.ดร.วินัย พรมอารักษ์	(สถาบันวิจัยสิริเมธี)	ศ.ดร.สุจิตรา ยังมี	(มหาวิทยาลัยขอนแก่น)
ศ.ดร.ศุภลักษณ์ ศรีจารนัย	(มหาวิทยาลัยขอนแก่น)	ศ.ดร.ประพนธ์ จันทร์โถทัย	(มหาวิทยาลัยขอนแก่น)
รศ.ดร.นิตยา วงศ์ภินันท์วัฒนา	(มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์)	รศ.ดร.วารี เนื่องจำนงค์	(มหาวิทยาลัยบูรพา)
รศ.ดร.ไชยวัฒน์ รักสกุลพัฒน์	(มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี)	รศ.ดร.ขวัญใจ กนกเมธากุล	(มหาวิทยาลัยขอนแก่น)
รศ.ดร.สุพรรณ อึ้งปัญญัตวาศ์	(มหาวิทยาลัยขอนแก่น)	รศ.ดร.สุปรีย์ พินิจสุนทร	(มหาวิทยาลัยขอนแก่น)
ผศ.ดร.กิติโรจน์ หวันดาหลา	(มหาวิทยาลัยขอนแก่น)	ผศ.ดร.อรุณี เหมือนวงศ์	(มหาวิทยาลัยขอนแก่น)
ผศ.ดร.ธีระพงษ์ พวงมะลิ	(มหาวิทยาลัยขอนแก่น)	ผศ.ดร.พิสิษฐ์ เจริญสุดใจ	(มหาวิทยาลัยขอนแก่น)
ผศ.ดร.พิมพ์วิดิ พรพงศ์รุ่งเรือง	(มหาวิทยาลัยขอนแก่น)	ผศ.ดร.ศุภิกรณ์ อธิบาย	(มหาวิทยาลัยขอนแก่น)
ผศ.ดร.พรพิมล เจียรนัยปริเปรม	(มหาวิทยาลัยขอนแก่น)	ผศ.ดร.สุพร นุชดำรง	(มหาวิทยาลัยขอนแก่น)
ผศ.ดร.คมศร สมไธสง	(มหาวิทยาลัยขอนแก่น)	ผศ.ดร.ปวีณา พงษ์ดนตรี	(มหาวิทยาลัยขอนแก่น)
ผศ.ดร.พิพัทธ์ เรืองแสง	(มหาวิทยาลัยขอนแก่น)	ผศ.ดร.สิริภัทร เขียวชาญวัฒนา	(มหาวิทยาลัยขอนแก่น)
ผศ.ดร.เกียรติสุดา นาคประสิทธิ์	(มหาวิทยาลัยขอนแก่น)	ผศ.ดร.เสวียน ใจดี	(มหาวิทยาลัยขอนแก่น)
ผศ.ดร.สุศักดิ์ ศิพรอดุลศิลป์	(มหาวิทยาลัยขอนแก่น)	ผศ.ดร.ธีรศักดิ์ สมดี	(มหาวิทยาลัยขอนแก่น)
ผศ.ดร.สุรางคนา มาตย์วิเศษ	(มหาวิทยาลัยขอนแก่น)	ผศ.ดร.สุวัตร นานันท์	(มหาวิทยาลัยขอนแก่น)
ผศ.ดร.วุฒิชัย ศรีโสตาพล	(มหาวิทยาลัยขอนแก่น)		

❖ คณะทำงานประจำกองบรรณาธิการ

นางกิตติยา ค้อชากุล	นางสาวสุภาพร พิมพ์วาทิ	นางสาวจิราภรณ์ พิมพ์ภูมิ	นายศักดิ์สิทธิ์ สุวรรณ
นางสาวกณชัชยาน์ ราชพลแสนวงศ์	นายวัฒนา สวดประโคน	นางสาวพิศมัย คชโคตร	นางสาววันชา สือเกียรติกิจ
นายสุชาติ เทพภูเขียว			

บทความหรือข้อคิดเห็นใด ๆ ในวารสารนี้เป็นของผู้เขียน ซึ่งไม่จำเป็นต้องสอดคล้องกับทัศนะของกองบรรณาธิการ
และมีได้อยู่ในความรับผิดชอบของคณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น



วารสารวิทยาศาสตร์ มข.

KKU SCIENCE JOURNAL

ISSN : 2586-9531

ปีที่ 46 เล่มที่ 3 (กรกฎาคม - กันยายน 2561)

Volume 46 Number 3 (JULY - SEPTEMBER 2018)

บทความพิเศษ

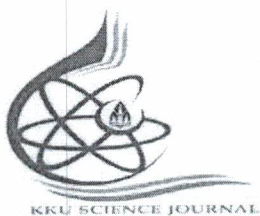
- รำลึก 150 ปีการเกิดสุริยุปราคาในพระองค์ พระบาทสมเด็จพระจอมเกล้าเจ้าอยู่หัว
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ขาว เหมือนวงศ์.....393

บทความ

- สารปรับปรุงภูมิคุ้มกันจากเห็ดที่มีฤทธิ์ทางยา
Immunomodulators from Medicinal Mushroom
ขวัญเรือน นาคสุวรรณกุล.....395
- ดัชนีชีวภาพเพื่อบ่งชี้คุณภาพของระบบนิเวศน้ำจืด
Bioindicators for indicating quality of freshwater ecosystem
ศรัณญา ยิ้มย่อง.....408
- การสร้างผลเฉลยโทลแมน 5 ($n = 2$) จากผลเฉลยมิงคอฟสกีสำหรับทรงกลม ของไหลสมมาตรในทฤษฎีสัมพัทธภาพ
ทั่วไป
Generating the Tolman V ($n = 2$) solution from the Minkowski one for static spherically symmetric
perfect fluid in general relativity
ไตรทศ งามปิธิพันธ์.....418

งานวิจัย

- การพัฒนาผลิตภัณฑ์ขนมขบเคี้ยวจากข้าวเหนียวดำ (*Oryza sativa* L.) สายพันธุ์ลิ้มผัว
Product Development of Snack from Black Glutinous Rice (*Oryza sativa* L.) cv. Leum Phua
ขวัญจิตต์ อนุกุลวัฒนา และ ธนาวรรณ สุขเกษม.....427
- การพัฒนาข้าวทนทานต่อการย่อย
Development of Resistant Milled Rice
พรทิพย์ ศิริสุนทรลักษณ์ ชนิตวันันท์ ภูมิพันธ์ ทศนีย์ วันดี และนันทรัตน์ ณ นครพนม.....434
- ผลของกลูตาเชื้อแบคทีเรียกรดแลคติกต่อคุณภาพทางกายภาพ เคมี จุลชีววิทยา และประสาทสัมผัสของแฮมซี่โครงหมู
อ่อน
Effect of Lactic Acid Bacteria as Starter Cultures on Physical, Chemical, Microbiological and Sensory
Qualities of Soft Pork Ribs Nham
ปาริชาติ สงสนันท์ และ ศิริลักษณ์ เจริญรัตน์.....445



- การประยุกต์ใช้พืชอาหารหลักที่เหมาะสมต่อการเพิ่มผลผลิตรังไหมอีรี่
The exploitation of the suitable major food plants for increasing eri cocoon yields
ศิริลย์ สิริมังครารัตน์* วีระศักดิ์ ศักดิ์ศิริรัตน์ และ ดวงรัตน์ ธงภักดิ์.....455
- มิถุนวิทยารังไข่ของปลาบู่เขือ *Trypauchen vagina* (Bloch & Schneider, 1801) ช่วงฤดูสืบพันธุ์ จากจังหวัดสมุทรสงคราม
Ovarian histology of *Trypauchen vagina* (Bloch & Schneider, 1801) during breeding season from Samut Songkhram Province
พนิดา พึ่งเลื่อน ศิลปชัย เสนารัตน์ พิสิษฐ์ พูลประเสริฐ ทศพร กาญจนเรखा
เจษฎ์ เกษตรระทัต* และพหล โกสียะจินดา.....462
- โครโมโซมและการแบ่งเซลล์แบบไมโอซิสของตั๊กแตนสีน้ำตาล (*Cyrtacanthacris tatarica* Linnaeus, 1758) ในประเทศไทย
Chromosome and Meiotic Division of Migratory Bird Locust (*Cyrtacanthacris tatarica* Linnaeus, 1758) in Thailand
สุมาลี พิมพ์พันธุ์ อลงกลด แทนอมทอง กฤติยา แสงภักดิ์ และวิวรรธน์ แสงภักดิ์*.....469
- พิษเฉียบพลันของสังกะสี ในแต่ละช่วงอายุของ *Daphnia magna*
Acute toxicity of zinc in different ages of *Daphnia magna*
ณัฐธิดา หนูนาถ และ ศรัณยา พิระเกียรติขจร*.....478
- ปัจจัยแวดล้อม ที่มีผลต่ออัตราการตายของกระโดนพระฤาษี (*Sapria himalayana* Griff.)
Environmental factors affecting mortality rate of *Sapria himalayana* Griff.
ณัฏฐา ไชยสูง บุญสม บุขบรรณ อัมพร ปานมงคล เมธี วงศ์หนัก ประทีป ปัญญาดี และอังคณา อินตา*.....485
- การเตรียมอนุภาคซิลิกาที่มีรูพรุนขนาดเมโซจากยางธรรมชาติอีพ็อกไซด์และซิลิโคนไตรเมทิล แอมโมเนียม โบรไมด์
Mesoporous silica particles (MSPs) prepared by diol-functionalized natural rubber (ENR50-diol) and cationic surfactant (CTAB) dual templates
Chonnipa Puratane and Sittipong Amnuaypanich*.....496
- การบำบัดสารหนูชนิดอาร์เซไนต์ As(III) และอาร์เซเนต As(V) ในดินน้ำขังโดยใช้ธูปฤาษี
Arsenic Remediation in Speciation of Arsenite As(III) and Arsenate As(V) in Submerged Soil by *Typha angustifolia* L.
จอมจันทร์ นทีวัฒนา* ศิริเพ็ญ ตรีไชยาพร จินตพัฒน์ นทีวัฒนา มะลิวัลย์ แซ่อู่
ประศักดิ์ ถาวรยุติการณ์ และ สมพร ชุนห์ลือชานนท์.....506



วารสารวิทยาศาสตร์ มข.

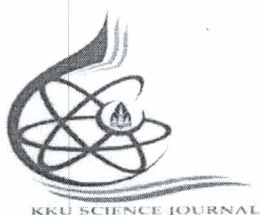
KKU SCIENCE JOURNAL

ISSN : 2586-9531

ปีที่ 46 เล่มที่ 3 (กรกฎาคม – กันยายน 2561)

Volume 46 Number 3 (JULY - SEPTEMBER 2018)

- บทบาทของปริมาณเหล็กที่ว่องไวที่มีต่อประสิทธิภาพการบำบัดสารอินทรีย์คาร์บอนจากน้ำชะขยะชุมชน
The Role of Active Fe(III) Contents on Treatment Efficiency of Organic Carbon from Landfill Leachate
อรทัย เชื้อวงษ์* ไพบุลย์ ประพุดดิธรรม และอรอนงค์ ผิวนิล.....517
- การศึกษาโฟโตเมตริกและสมบัติทางกายภาพของระบบดาวคู่อุปราคาแบบแตะกัน วี 1799 โอไรโอนิส
Photometric Study and Physical Parameters of a Contact Eclipsing Binary System V1799 Orionis
ปฐมพงศ์ พันธุ์พิบูลย์* รณชัย หล้าคอม และวิจิตร เชาว์วันกลาง.....526
- การพัฒนาเตาสุริยะอุณหภูมิสูง
Development of High Temperature Solar Collector
จันทรเพ็ญ โทมัส Ian Thomas และ เอกพรธรณ สวัสดิ์ชิตัง*.....535
- การเปรียบเทียบสมการความสัมพันธ์ระหว่างความสูงต้นไม้กับเส้นผ่าศูนย์กลางลำต้นและประมาณค่าปริมาณคาร์บอน
ในมวลชีวภาพของป่าเต็งรังสองพื้นที่ ในภาคเหนือของประเทศไทย
Comparison on Tree Height-Stem Diameter Allometric Equations and Biomass Carbon Estimation of Two Dry Dipterocarp Forests in Northern Thailand
Teuanchay Phongkhamphanh* Soontorn Khamyong and Kriangsak Sri-ngernnyuang.....546
- การติดตามตรวจสอบความเข้มข้นไนโตรเจนไดออกไซด์ในอากาศในจังหวัดลำปาง โดยการเก็บตัวอย่างแบบพาสซีฟ
Monitoring of Ambient Nitrogen Dioxide Concentrations in Lampang City by Passive Sampling
โสภณฐพร ศิลปภิมย์สุข* และรุ่งเรือง จันทา.....560
- ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและความพึงพอใจของการใช้เกมกระดาน “Sue-hirokari Sukoroko” ในการสอนการแจกแจง
แบบทวินาม
Learning Achievement and Satisfaction in Teaching Binomial Distribution using “Sue-hirokari Sukoroko” Board Game
นันท กุลวานิช* และ อัครินทร์ ไพบุลย์พานิช.....572
- ตัวประมาณแบบผลคูณคู่กันที่ปรับปรุงใหม่ของค่าเฉลี่ยประชากร ในการเลือกตัวอย่างสุ่มแบบง่าย
A Modified Dual to Product Estimator of Population Mean in Simple Random Sampling
พัชรวิ วังเกษม.....585



วารสารวิทยาศาสตร์ มข.

KKU SCIENCE JOURNAL

ISSN : 2586-9531

ปีที่ 46 เล่มที่ 3 (กรกฎาคม - กันยายน 2561)

Volume 46 Number 3 (JULY - SEPTEMBER 2018)

- การประมาณค่าความน่าจะเป็นของการแจกแจงทวินามด้วยการใช้การแจกแจงปัวซอง การแจกแจงปัวซองนัยทั่วไป และการแจกแจงปกติ
An Approximation of Probability of Binomial Distribution with Poisson Distribution, Generalized Poisson Distribution and Normal Distribution
ณัฐติยา โนนกอง และ บรรทม สุระพร596
- ไอเดียลใหญ่สุดเฉพาะกลุ่มพัซซองและมอดูลพัซซองเชิงเดียวที่มีมิติจำกัด ของพีชคณิตพัซซองบางรูป
Poisson Maximal Ideals and the Finite-dimensional Simple Poisson Modules of a Certain Poisson Algebra
Kanokporn Changtong* and Nongkhran Sasom606
- การจำแนกคุณภาพบทความวิกิพีเดียภาษาไทยโดยใช้ออนโทโลยีและลักษณะเด่นที่เกี่ยวกับการอ้างอิง
Quality Classification of Thai Wikipedia Articles using Ontology and Reference Feature Sets
กาญจนา แสงทองพัฒนา และ นवलวรรณ สุนทรภิชช์614



การพัฒนาผลิตภัณฑ์ขนมขี้เี่ยวจากข้าวเหนียวดำ (*Oryza sativa* L.) สายพันธุ์ลิ้มผัว

Product Development of Snack from Black Glutinous Rice

(*Oryza sativa* L.) cv. Leum Phua

ขวัญจิตต์ อนุกุลวัฒนา^{1*} และ ธนวรรณ สุขเกษม²

¹สาขาวิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์

²สาขาวิชาชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์

*Corresponding Author, E-mail: kwanjit.anu@pcru.ac.th

บทคัดย่อ

การวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาผลิตภัณฑ์ขนมขี้เี่ยวจากข้าวเหนียวดำสายพันธุ์ลิ้มผัว โดยพบว่าสัดส่วนที่เหมาะสมของข้าวเหนียวขาวต่อข้าวเหนียวดำสายพันธุ์ลิ้มผัวในการผลิตขนมขี้เี่ยวคือ 80:20 เนื่องจากผู้ทดสอบให้คะแนนความชอบด้านสี ความกรอบ ความแข็ง ความเหนียว และความชอบโดยรวมมากที่สุดอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) และจากการศึกษาชนิดและความเข้มข้นของผงปรุงแต่งกลิ่นรสในขนมขี้เี่ยว พบว่าผู้ทดสอบให้คะแนนความชอบโดยรวมของขนมขี้เี่ยวจากข้าวเหนียวดำสายพันธุ์ลิ้มผัวที่ปรุงแต่งกลิ่นรสชีส ร้อยละ 8 มากที่สุดอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) หลังจากนั้นจึงนำขนมขี้เี่ยวที่มีสัดส่วนของข้าวเหนียวขาวต่อข้าวเหนียวดำสายพันธุ์ลิ้มผัว 80:20 ปรุงแต่งกลิ่นรสชีสความเข้มข้นร้อยละ 8 มาทำการศึกษาค่าประกอบทางเคมีพบว่า มีปริมาณความชื้น ไขมัน โปรตีน เส้นใยหยาบ เถ้า และคาร์โบไฮเดรต เท่ากับ 3.22 2.02 6.56 0.21 2.85 และ 85.14 ตามลำดับ มีค่าการพองตัวเท่ากับ 1.77 มีค่า a_w เท่ากับ 0.35 ทำการเก็บรักษาสถิตภัณฑ์ในถุงอูมิเนียมฟอยด์ ที่อุณหภูมิห้อง แล้ววิเคราะห์คุณภาพทางด้านสีและเนื้อสัมผัสทุกๆ 2 สัปดาห์ เป็นเวลา 8 สัปดาห์ พบว่าอายุการเก็บรักษาที่เพิ่มขึ้นไม่มีอิทธิพลต่อค่าสี (L^* a^* และ b^*) และไม่มีอิทธิพลต่อค่าความแข็ง และความกรอบของผลิตภัณฑ์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$)

ABSTRACT

The objective of this research was to develop snack product from black glutinous rice strain of Leum Phua. The appropriate proportion of white glutinous and black glutinous strain of Leum Phua for produce snack was 80:20 because the panelists gave the significantly higher hedonic scores of color, crispness, hardness, adhesiveness and overall liking. The study on the types and amount of seasoning showed that snack seasoned with 8% cheese flavor had the significantly higher score of overall liking. The snack made from 80:20 white glutinous and black glutinous strain of Leum Phua seasoned with 8% cheese flavor contained moisture, fat, protein, crude fiber, ash and carbohydrate contents were 3.22, 2.02, 6.56, 0.21, 2.85 and 85.14% respectively, 1.77 expansion ratio and 0.35 a_w . Studies of the changes in the color and texture every two weeks for eight weeks were analyzed after storage in aluminium foil bag in room temperature. The results showed that storage time was

not significantly affected on color quality ($L^* a^* b^*$) and were not affected on hardness and fracturability of product ($p>0.05$).

คำสำคัญ: การพัฒนาผลิตภัณฑ์ ขนมขบเคี้ยว ข้าวเหนียวดำสายพันธุ์ลิ้มผั่ว

Keywords: Product Development, Snack, Black Glutinous Rice cv. Leum Phua

บทนำ

การเปลี่ยนแปลงโครงสร้างประชากรไปสู่สังคมผู้สูงอายุ สังคมเมืองที่ขยายตัว และพฤติกรรมของผู้บริโภคยุคใหม่ที่มีวิถีชีวิตอันเร่งรีบ มีเวลาการออกกำลังกายน้อยลง ทำให้ผู้คนเริ่มตระหนักในความสำคัญของการบริโภคอาหารที่มีคุณประโยชน์มากขึ้น กระแสอาหารเพื่อสุขภาพจึงได้รับความนิยมอย่างแพร่หลาย และมีได้จำกัดเฉพาะกลุ่มผู้สูงอายุเท่านั้น แต่ยังคงถึงกลุ่มคนทั่วไปที่มีรายได้ปานกลาง ซึ่งมีกำลังซื้อเพิ่มมากขึ้นไปจนถึงกลุ่มคนรุ่นใหม่ใส่ใจในสุขภาพด้วย จากการสำรวจของ Euromonitor พบว่ามูลค่าตลาดอาหารเพื่อสุขภาพทั่วโลกมีแนวโน้มเติบโตอย่างต่อเนื่อง และคาดการณ์ว่าภายในปี 2560 มูลค่าตลาดจะสูงถึง 1 ล้านล้านดอลลาร์สหรัฐ หรือประมาณร้อยละ 15 ของมูลค่าอาหารและเครื่องดื่มทั้งหมด สำหรับประเทศไทยนั้น ตลาดอาหารและเครื่องดื่มเพื่อสุขภาพปี 2558 มีมูลค่ากว่า 1.7 แสนล้านบาท มีอัตราการเติบโตเฉลี่ยปีละ 9.1% ซึ่งเป็นอัตราขยายตัวที่ค่อนข้างสูง เมื่อเทียบกับตลาดอาหารโดยรวมของประเทศซึ่งเติบโตเพียง 3-5% ต่อปีเท่านั้น (สุทธิรัตน์, 2559)

ข้าวสี เป็นข้าวที่กำลังได้รับความสนใจให้เป็นอาหารเพื่อสุขภาพชนิดหนึ่งที่มีศักยภาพ มีฤทธิ์ในการต้านอนุมูลอิสระเนื่องจากมีสารประกอบฟีนอลจำนวนมาก โดยเฉพาะแอนโทไซยานิน (Orranuch et al., 2017; Maria et al., 2016; Kanitha and Wanida, 2010; Finocchiaro et al., 2007) ข้าวเหนียวดำสายพันธุ์ลิ้มผั่ว เป็นหนึ่งในพันธุ์ข้าวพระราชทานในพระราชพิธีพืชมงคลจรดพระนังคัลแรกนาขวัญ ประจำปี 2560 ได้รับการประกาศรับรองพันธุ์เมื่อวันที่ 9 มีนาคม 2555 เป็นข้าวเหนียวที่มีเยื่อหุ้มเมล็ดข้าวกล้องสีดำที่อุดมไปด้วยสารที่มีคุณค่าทางโภชนาการที่จำเป็นต่อร่างกาย โดยเฉพาะสารต้านอนุมูลอิสระ เช่น แอนโทไซยานิน และแกมมาโอไรซานอล กรดไขมันไม่อิ่มตัว เช่น โอเมก้า3 โอเมก้า6 และโอเมก้า9 วิตามิน เช่น วิตามินอี ธาตุอาหาร เช่น ธาตุเหล็ก แคลเซียม และแมกนีเซียม มีสรรพคุณในการป้องกันการเกิดโรคหัวใจ โรคเบาหวาน ลดการแข็งตัวของเลือด ลดการขยายของเซลล์มะเร็ง ช่วยบำรุงตับ

ป้องกันโรคสมองเสื่อม ด้วยเหตุนี้จึงทำให้ข้าวเหนียวดำสายพันธุ์ลิ้มผั่วมีลักษณะที่ดีในการนำไปแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์ที่มีคุณค่าทางโภชนาการเหมาะสำหรับเป็นอาหารเพื่อสุขภาพ และยังเป็นข้าวเหนียวที่โดดเด่นด้านรสชาติ มีกลิ่นหอม หากสีเป็นข้าวกล้องเมื่อหุงสุกลักษณะสัมผัสเมื่อเคี้ยวภายนอกจะกรุบหนึบ ภายในนุ่มเหนียว (กรมการข้าว, 2556)

ด้วยเหตุนี้ผู้วิจัยจึงได้ทำการพัฒนาผลิตภัณฑ์ขนมขบเคี้ยวเพื่อสุขภาพจากข้าวเหนียวดำสายพันธุ์ลิ้มผั่วที่สามารถบริโภคได้ทั้งเด็กและผู้ใหญ่ เพื่อเป็นการส่งเสริมตลาดผลิตภัณฑ์ข้าวแปรรูป และเป็นการใช้ประโยชน์จากวัตถุดิบในท้องถิ่น

วิธีการดำเนินการวิจัย

1. ตัวอย่างข้าวลิ้มผั่วจากศูนย์วิจัยข้าวพิษณุโลก อ.วังทอง จ.พิษณุโลก ข้าวเหนียวขาว กข 6 จากข้าวเหนียวบัวแดง คัดพิเศษ เกรด A จังหวัดอุดรธานี
2. ศึกษาสัดส่วนข้าวเหนียวขาวต่อข้าวเหนียวดำสายพันธุ์ลิ้มผั่วที่เหมาะสมในการผลิตขนมขบเคี้ยว

นำข้าวเหนียวขาว และข้าวเหนียวดำสายพันธุ์ลิ้มผั่วมาแยกสิ่งสกปรกและเมล็ดเสียออก ผสมข้าวเหนียวทั้งสองชนิดในสัดส่วนของข้าวเหนียวขาวต่อข้าวเหนียวดำดังนี้คือ 90:10 85:15 และ 80:20 นำข้าวไปแช่น้ำ เป็นเวลา 16 ชั่วโมง นำข้าวที่แช่น้ำแล้วมาบดให้ละเอียด นึ่งด้วยไอน้ำเป็นเวลา 20 นาที หลังจากนั้นนำมารีดให้เป็นแผ่นหนา 1 มิลลิเมตร นำไปแช่เย็นที่อุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 72 ชั่วโมง ตัดเป็นชิ้นขนาด 2.5 x 3 เซนติเมตร แล้วนำไปอบด้วยตู้อบลมร้อนที่อุณหภูมิ 55 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 5 ชั่วโมง หลังจากนั้นนำไปอบให้สุกด้วยหม้ออบลมร้อน ที่อุณหภูมิ 150 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 8 นาที พักไว้ให้เย็น บรรจุใส่ถุงพอยด์

ประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสของขนมขบเคี้ยวจากข้าวเหนียวดำสายพันธุ์ลิ้มผั่ว โดยใช้วิธี 9-Points Hedonic Scale (1= ไม่ชอบมากที่สุด และ 9= ชอบมากที่สุด) ประเมิน

คุณภาพทางด้านสี ความกรอบ ความแข็ง ความเหนียว และ ความชอบรวม ใช้ผู้ทดสอบ 30 คน

3. ศึกษาชนิดและปริมาณของผงปรุงแต่งกลิ่นรสในขนมขบเคี้ยวจากข้าวเหนียวดำสายพันธุ์ลิ้มผั่ว

นำขนมขบเคี้ยวจากข้าวเหนียวดำสายพันธุ์ลิ้มผั่วที่ได้คะแนนความชอบรวมมากที่สุด มาปรุงแต่งกลิ่นรส ด้วยผงปรุงแต่งกลิ่นรส 3 กลิ่นรส คือ กลิ่นรสชีส กลิ่นรสตั๋มยำ และกลิ่นรสบาร์บีคิว ความเข้มข้นร้อยละ 5 และ 8 ของน้ำหนักข้าว แล้วนำมาประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสเพื่อหาชนิดและความเข้มข้นของผงปรุงแต่งกลิ่นรสที่ผู้บริโภคชอบมากที่สุด โดยใช้วิธี 9-Points Hedonic Scale (1= ไม่ชอบมากที่สุด และ 9= ชอบมากที่สุด) ประเมินคุณภาพทางด้านสี ความกรอบ กลิ่น รสชาติ และความชอบรวม ใช้ผู้ทดสอบ 30 คน

4. ศึกษาคุณภาพของผลิตภัณฑ์ขนมขบเคี้ยวปรุงแต่งกลิ่นรสจากข้าวเหนียวดำสายพันธุ์ลิ้มผั่ว

นำขนมขบเคี้ยวปรุงแต่งกลิ่นรสจากข้าวเหนียวดำสายพันธุ์ลิ้มผั่วที่ได้คะแนนความชอบรวมมากที่สุด มาวิเคราะห์คุณภาพทางด้านต่างๆ ดังนี้

4.1 วิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมี

วิเคราะห์ปริมาณความชื้น เถ้า โปรตีน ไขมัน เส้นใย และคาร์โบไฮเดรต (AOAC, 2000)

4.2 วิเคราะห์คุณภาพทางกายภาพ

4.2.1 ค่าการพองตัว (ดัดแปลงจาก Nurul et al., 2010) วัดค่าการพองตัวด้วยการใช้วิธีแทนที่เมล็ดงา โดยการนำเมล็ดงาเทลงในแก้วปากเรียบให้เต็ม และปาดให้เรียบ นำมาวัดปริมาตรโดยใช้กระบอกตวง จดปริมาตรที่ได้ (V_1) นำข้าวอบแห้งก่อนสุก จำนวน 10 กรัม ใส่แก้ว ใบเติมใส่เมล็ดงาลงไปจนเต็มปากแก้ว ปาดให้เรียบ แยกเอาข้าวอบแห้งก่อนสุกออก นำเมล็ดงาที่เหลือไปวัดปริมาตร (V_2) ความแตกต่างระหว่างปริมาตรของเมล็ดงา ($V_1 - V_2$) คือ ปริมาตรของข้าวอบแห้งก่อนอบสุก หลังจากนั้นนำข้าวอบแห้งชิ้นเดิมไปอบให้สุก ข้าวที่ได้จะนำมาหาปริมาตร (V_3) ด้วยวิธีเดียวกัน จะได้ปริมาตรของข้าวอบแห้งหลังอบสุก ($V_1 - V_3$) อัตราส่วนของการพองตัว คือ ปริมาตรของข้าวอบแห้งหลังอบสุกหารด้วยปริมาตรของข้าวอบแห้งก่อนอบสุก

ค่าการพองตัว = $\frac{\text{ปริมาตรของข้าวอบแห้งหลังอบสุก}}{\text{ปริมาตรของข้าวอบแห้งก่อนอบสุก}}$

4.2.2 ค่าปริมาณน้ำอิสระ (a_w) นำตัวอย่างขนมขบเคี้ยวมาบดให้ละเอียด บรรจุลงในช่องใส่ตัวอย่างของเครื่องวัดปริมาณน้ำอิสระ Aqua lab รุ่น Pawkit

4.2.3 ค่าสี วัดค่าสีในระบบ CIELAB ค่าที่วัด ได้แก่ ค่า L^* (ค่าความสว่างของสีซึ่งมีค่า 0 ถึง 100 โดย 0 หมายถึง สีดำ, 100 หมายถึง สีขาว) a^* (“+” หมายถึง วัดภูมิสีแดง, “-” หมายถึง วัดภูมิสีเขียว) และ b^* (“+” หมายถึง วัดภูมิสีเหลือง, “-” หมายถึง วัดภูมิสีน้ำเงิน) โดยใช้เครื่องวัดสี (colorimeter) รุ่น CR-10 จากบริษัท Minolta Co., Ltd.

4.2.4 ค่าเนื้อสัมผัส การทดสอบคุณภาพด้านเนื้อสัมผัส ทำการทดสอบในลักษณะของแรงกด โดยใช้วิธีกด 3 จุด (3-Point Bending test) ความเร็วในการกด 1 mm/s แรงสูงสุดที่เกิดขึ้นระหว่างการกดใช้อ้างอิงเป็นค่าความแข็งของตัวอย่าง ส่วนระยะทางที่ตัวอย่างต้านแรงกดก่อนที่จะแตกหักใช้อ้างอิงเป็นค่าความกรอบ โดยใช้เครื่องวัดเนื้อสัมผัส (texture analyzer) รุ่น TA.XT.plus: บริษัท Charpa Techcenter Co., Ltd.

4.3 การวิเคราะห์ข้อมูล

นำข้อมูลที่ได้จากการวิเคราะห์คุณภาพมาคำนวณค่าทางสถิติ ตามแผนการทดลองแบบสุ่มตลอด (Complete Randomized Design, CRD) วิเคราะห์ความแปรปรวน (Analysis of variance, ANOVA) และเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยโดยใช้วิธี DMRT (Duncan's New Multiple Range Test) ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 ส่วนข้อมูลคุณภาพทางประสาทสัมผัส วางแผนการทดลองแบบสุ่มในบล็อกสมบูรณ์ (Randomized Complete Block Design, RCBD) เพื่อคัดเลือกสูตรที่ได้ค่าเฉลี่ยความชอบมากที่สุด

ผลการวิจัยและอภิปรายผล

1. ผลการศึกษาสัดส่วนข้าวเหนียวขาวต่อข้าวเหนียวดำสายพันธุ์ลิ้มผั่วที่เหมาะสมในการผลิตขนมขบเคี้ยว

จากการผลิตขนมขบเคี้ยวจากข้าวเหนียวดำสายพันธุ์ลิ้มผั่ว ได้ทำการศึกษาสัดส่วนของข้าวเหนียวขาว ต่อข้าวเหนียวดำ โดยใช้สัดส่วนต่างๆ กันดังนี้คือ 90:10 85:15 และ 80:20 และนำขนมขบเคี้ยวที่ได้ในแต่ละสิ่งทดลองมาประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัส โดยการให้คะแนนความชอบในด้านสี ความกรอบ ความแข็ง ความเหนียว และความชอบโดยรวม ได้ผลการประเมินดังแสดงในตารางที่ 1

จากตารางที่ 1 พบว่าขนมขบเคี้ยวที่มีสัดส่วนข้าวเหนียวขาวต่อข้าวเหนียวดำ 80:20 ได้คะแนนความชอบ ด้านสี ความเหนียว และความชอบโดยรวมมากที่สุด สำหรับปริมาณข้าวเหนียวดำที่เพิ่มขึ้นในผลิตภัณฑ์ขนมขบเคี้ยว ไม่มีผลต่อคะแนนความชอบด้านความกรอบ และความแข็งอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) ซึ่งให้ผลสอดคล้องกับ นวรัตน์ และคณะ (2553) ที่ทำการประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสของแครกเกอร์ข้าวเหนียวที่มีการผสมข้าวเหนียวดำร้อยละ 5 10 และ 15 พบว่าผู้ทดสอบให้คะแนนความชอบด้านความกรอบไม่แตกต่างกัน จากการทดลองของนบรัตน์ (2554) ที่ทำการศึกษาความชอบด้านสี

ของผลิตภัณฑ์อาราเร่จากข้าวเหนียว กข6 ขัดขาว ข้าวเหนียวดำ และข้าวเหนียวดำกล้อง พบว่าผู้ทดสอบให้คะแนนความชอบด้านสีของอาราเร่จากข้าวเหนียวดำ และข้าวเหนียวดำกล้องไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) แต่คะแนนจะต่ำกว่าอาราเร่จากข้าวเหนียว กข6 ขัดขาว เนื่องจากผลิตภัณฑ์ที่ใช้ข้าวสีล้วนๆ ไม่มีการผสมข้าวขาวนั้น สีดำจะเข้มเกินไป ดูคล้ายถ่านไม่น่ารับประทาน จากตารางที่ 1 พบว่า ผู้ทดสอบให้คะแนนความชอบด้านสีของขนมขบเคี้ยวที่มีสัดส่วนข้าวเหนียวขาวต่อข้าวเหนียวดำ 80:20 มากที่สุด เนื่องจากการผสมกันของข้าวเหนียวขาว และข้าวเหนียวดำจึงทำให้สีไม่เข้มจนเกินไป

ตารางที่ 1 ผลการประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสของขนมขบเคี้ยวจากข้าวเหนียวขาวและข้าวเหนียวดำสายพันธุ์ลิ้มผิวสัดส่วนต่างๆ

สัดส่วน ข้าวขาว:ข้าวดำ	คะแนนความชอบ				
	สี	ความกรอบ ^{ns}	ความแข็ง ^{ns}	ความเหนียว	ความชอบโดยรวม
90:10	6.80 ^b ±0.55	7.43±0.81	6.36±0.71	6.50 ^b ±0.62	6.63 ^b ±0.57
85:15	6.96 ^b ±0.34	7.32±0.71	6.46±0.78	6.56 ^b ±0.56	6.93 ^b ±0.80
80:20	7.80 ^a ±0.30	7.45±0.48	6.33±0.60	7.33 ^a ±0.54	7.56 ^a ±0.18

หมายเหตุ ตัวอักษร a-b ในแต่ละคอลัมน์แสดงค่าความแตกต่างกันของข้อมูลอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p\leq 0.05$)

^{ns} หมายถึงค่าเฉลี่ยของข้อมูลไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$)

2. ผลการศึกษาชนิดและปริมาณของผงปรุงแต่งกลิ่นรสในขนมขบเคี้ยวจากข้าวเหนียวดำสายพันธุ์ลิ้มผิว

นำขนมขบเคี้ยวที่มีสัดส่วนของข้าวเหนียวขาวต่อข้าวเหนียวดำสายพันธุ์ลิ้มผิว 80:20 ซึ่งได้คะแนนความชอบโดยรวมมากที่สุดจากการทดลองที่ 1 มาทำการปรุงแต่งกลิ่นรส 3 กลิ่นรส

คือ กลิ่นรสชีส กลิ่นรสต้มยำ และกลิ่นรสบาร์บีคิว โดยใช้ความเข้มข้น 2 ระดับ คือ ร้อยละ 5 และร้อยละ 8 แล้วนำผลิตภัณฑ์ที่ได้มาทำการประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัส ได้ผลดังตารางที่ 2

ตารางที่ 2 ผลการประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสของขนมขบเคี้ยวปรุงแต่งกลิ่นรสจากข้าวเหนียวดำสายพันธุ์ลิ้มผิว

กลิ่นรส	ความเข้มข้น (ร้อยละ)	คะแนนความชอบ				
		สี ^{ns}	ความกรอบ ^{ns}	กลิ่น	รสชาติ	ความชอบโดยรวม
ชีส	5	7.70±0.95	7.40±0.96	6.73 ^b ±0.62	6.63 ^b ±0.75	6.46 ^b ±0.58
	8	7.83±0.31	6.90±0.70	7.83 ^a ±0.57	7.56 ^a ±0.62	7.46 ^a ±0.47
ต้มยำ	5	7.70±0.95	7.30±0.91	6.30 ^b ±0.96	6.43 ^{bc} ±0.89	6.33 ^{bc} ±0.57
	8	7.80±0.87	7.16±1.13	6.50 ^b ±0.88	6.03 ^c ±0.86	6.06 ^c ±0.73
บาร์บีคิว	5	7.60±0.84	6.93±1.15	5.90 ^c ±1.20	6.10 ^c ±1.09	6.36 ^{bc} ±0.69
	8	7.56±0.80	7.30±0.83	6.33 ^b ±1.14	6.30 ^{bc} ±0.83	6.40 ^{bc} ±0.50

หมายเหตุ ตัวอักษร a-c ในแต่ละคอลัมน์แสดงค่าความแตกต่างกันของข้อมูลอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p\leq 0.05$)

^{ns} หมายถึงค่าเฉลี่ยของข้อมูลไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$)

จากตารางที่ 2 พบว่า ผู้ทดสอบให้คะแนนความชอบด้านสี และความกรอบของผลิตภัณฑ์ที่ปรุงแต่งกลิ่นรสด้วยผงปรุงแต่งกลิ่นรสทั้ง 3 กลิ่นรสไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) โดยผู้ทดสอบให้คะแนนความชอบโดยรวมของขนมขบเคี้ยวที่ปรุงแต่งกลิ่นรสด้วยกลิ่นรสชีส ร้อยละ 8 มากที่สุดอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p\leq 0.05$) เนื่องจากกลิ่นรสของชีสเข้ากันกับกลิ่นหอมของข้าว แต่กลิ่นรสต้มยำ และกลิ่นรสบาร์บีคิว มีกลิ่นรสเฉพาะของเครื่องเทศ และมีความเผ็ด จึงไปกลบกลิ่นรสของข้าวเหนียวดำสายพันธุ์ลิ้มผั่ว ทำให้ผู้ทดสอบให้คะแนนความชอบน้อยลง เช่นเดียวกับงานวิจัยของ สุชาดา และขวัญชัย (2555) ที่ทำการพัฒนาผลิตภัณฑ์แครกเกอร์จากข้าวกล้องหอมมะลิผสมข้าวแดง (อังกัก) และพบว่าผู้ทดสอบให้คะแนนการยอมรับแครกเกอร์ที่ปรุงแต่งกลิ่นรสชีสมากกว่ากลิ่นรสคอร์นชีส ชาวคริม

บาร์บีคิว และสาหร่าย และงานวิจัยของเชิษฐพร และคณะ (2555) ที่ทำการพัฒนาผลิตภัณฑ์หัวทอดกรอบปรุงรส และพบว่าผู้ทดสอบให้การยอมรับผลิตภัณฑ์หัวทอดกรอบปรุงแต่งกลิ่นรสชีส มากกว่าต้มยำ และบาร์บีคิว

3. ผลการศึกษาคุณภาพของผลิตภัณฑ์ขนมขบเคี้ยวปรุงแต่งกลิ่นรสจากข้าวเหนียวดำสายพันธุ์ลิ้มผั่ว

นำขนมขบเคี้ยวจากข้าวเหนียวดำสายพันธุ์ลิ้มผั่วที่มีการปรุงแต่งกลิ่นรสด้วยผงปรุงแต่งกลิ่นรสชีสความเข้มข้นร้อยละ 8 ที่ได้จากการทดลองที่ 2 มาทำการวัดคุณภาพในด้านต่างๆ ดังนี้

3.1 ผลการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมี

องค์ประกอบทางเคมีของผลิตภัณฑ์ขนมขบเคี้ยวจากข้าวเหนียวดำสายพันธุ์ลิ้มผั่วที่มีการปรุงแต่งกลิ่นรสชีส ความเข้มข้นร้อยละ 8 แสดงดังตารางที่ 3

ตารางที่ 3 องค์ประกอบทางเคมีของผลิตภัณฑ์ขนมขบเคี้ยวปรุงแต่งกลิ่นรสชีสจากข้าวเหนียวดำสายพันธุ์ลิ้มผั่ว

องค์ประกอบทางเคมี	ร้อยละ
ความชื้น	3.22±0.12
ไขมัน	2.02±0.05
โปรตีน	6.56±0.25
เส้นใยหยาบ	0.21±0.00
เถ้า	2.85±0.03
คาร์โบไฮเดรต	85.14±0.32

จากตารางที่ 3 ขนมขบเคี้ยวปรุงแต่งกลิ่นรสชีสจากข้าวเหนียวดำสายพันธุ์ลิ้มผั่ว มีปริมาณไขมัน และโปรตีนเท่ากับ 2.02 และ 6.56 ตามลำดับ ซึ่งสอดคล้องกับ นบวรรัตน์ (2554) ที่ทำการวิเคราะห์ปริมาณไขมัน และโปรตีนของอาราเระจากข้าวเหนียว กข6 ชัดขาว มีค่าเท่ากับ 0.24 และ 1.06 ตามลำดับ และอาราเระจาก ข้าวเหนียวดำ มีค่าเท่ากับ 2.75 และ 8.36 ตามลำดับ โดยขนมขบเคี้ยวที่ทำการวิเคราะห์ในงานวิจัยนี้ (สัดส่วนของข้าวเหนียวขาวต่อข้าวเหนียวดำ 80:20) มีปริมาณไขมัน และโปรตีนอยู่ระหว่างข้าวเหนียวขาว และข้าวเหนียวดำ ข้าวเหนียวขาวมีปริมาณไขมัน และโปรตีนน้อยกว่าเมื่อเปรียบเทียบกับข้าวเหนียวดำ เนื่องจากข้าวเหนียวดำมีส่วนของเยื่อหุ้มเมล็ดที่มีสีเข้ม ซึ่งเป็นแหล่งไขมัน โปรตีน เหล็ก สังกะสี และวิตามิน แต่ข้าวเหนียวขาวผ่านกระบวนการขัดสีจนส่วนของเยื่อหุ้มผล เยื่อหุ้มเมล็ด เยื่อชั้นใน รวมทั้งคัพภะหลุดออกไป ทำให้เมล็ดข้าวสารมีสีขาวขึ้น และมีปริมาณสารเพิ่มขึ้น (สำนักพัฒนาผลิตภัณฑ์ข้าว, 2553)

3.2 ผลการวิเคราะห์คุณภาพทางกายภาพ

จากการวิเคราะห์ค่าการพองตัวของขนมขบเคี้ยวปรุงแต่งกลิ่นรสชีส พบว่ามีค่าการพองตัวเท่ากับ 1.77 แสดงว่ามีการขยายปริมาตร 1.77 เท่าหลังได้รับความร้อนเปรียบเทียบกับก่อนได้รับความร้อน โดยขนมขบเคี้ยวที่ทำจากข้าวเหนียวดำจะมีอัตราการพองตัวต่ำกว่าขนมขบเคี้ยวที่ทำจากข้าวเหนียวขาว เนื่องจากข้าวเหนียวดำมีปริมาณใยอาหาร โปรตีน และไขมันมากกว่าข้าวเหนียวขาว (สำนักพัฒนาผลิตภัณฑ์ข้าว, 2553) ซึ่งใยอาหารจะขัดขวางการพองตัวของเม็ดแป้ง ทำให้ผลิตภัณฑ์พองตัวได้น้อยและไม่สม่ำเสมอ สำหรับไขมันจะลดการพองตัวของเม็ดแป้งเนื่องจากจะมีผลต่อการดูดซึมน้ำของแป้ง (สิงหนาท และคณะ, 2550) และปริมาณโปรตีนในเม็ดแป้งจะยับยั้งความสามารถในการพองตัวของเม็ดแป้งเมื่อได้รับความร้อน (กล้าณรงค์ และเกื้อกุล, 2550) คำรบ (2546) รายงานว่า ปริมาณโปรตีนมีผลต่อการขยายตัวในเชิงปริมาตรของแครกเกอร์ข้าวเหนียว เมื่อปริมาณโปรตีนเพิ่มขึ้นทำให้ค่าการพองตัวใน

ผลิตภัณฑ์ลดลง เช่นเดียวกับงานวิจัยของ วรวิทย์ และคณะ (2550) ที่พบว่า การเพิ่มอัตราส่วนของแป้งข้าวกล้องมันปูทำให้ผลิตภัณฑ์มีสีคล้ำขึ้น ในขณะที่ความชื้น ค่า a_w และค่าการพองตัวลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

จากผลการวิเคราะห์ค่า a_w ของขนมขบเคี้ยวปรุงแต่งกลิ่นรสสีมีค่าเท่ากับ 0.35 ซึ่งถือเป็นผลิตภัณฑ์อาหารแห้งสามารถเก็บรักษาไว้ได้นานที่อุณหภูมิห้อง โดยไม่ต้องแช่เย็น แต่ทั้งนี้ควรเก็บในที่แห้ง เพื่อรักษาคุณภาพ และต้องเก็บรักษาในบรรจุภัณฑ์ที่เหมาะสม เพื่อควบคุมความชื้นสัมพัทธ์ให้ต่ำ ป้องกันการดูดน้ำกลับ (นิธิยา, 2545)

สำหรับการวิเคราะห์ค่าสี (L^* a^* b^*) และค่าเนื้อสัมผัส (ความแข็ง และความกรอบ) ทำการวัดค่าคุณภาพทุกๆ 2 สัปดาห์เป็นเวลา 8 สัปดาห์ แสดงผลดังตารางที่ 4

จากการศึกษาคุณภาพระหว่างการเก็บรักษาของผลิตภัณฑ์ขนมขบเคี้ยวปรุงแต่งกลิ่นรสสีจากข้าวเหนียวดำสายพันธุ์ลิ้มผัวพบว่า อายุการเก็บรักษาที่เพิ่มขึ้นในช่วง 8 สัปดาห์ ไม่มีอิทธิพลต่อค่าความสว่าง (L^*) ค่าสีแดง (a^*) และค่าสีเหลือง (b^*) และไม่มีอิทธิพลต่อค่าความแข็ง และความกรอบของผลิตภัณฑ์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) แสดงว่าผลิตภัณฑ์ยังคงคุณภาพทางด้านสี และด้านเนื้อสัมผัสได้ดีที่อายุการเก็บรักษา 8 สัปดาห์

สรุปผลการวิจัย

การพัฒนาผลิตภัณฑ์ขนมขบเคี้ยวจากข้าวเหนียวดำสายพันธุ์ลิ้มผัว เริ่มจากการศึกษาสัดส่วนของข้าวเหนียวขาวต่อข้าวเหนียวดำสายพันธุ์ลิ้มผัวที่เหมาะสมในการผลิตขนมขบเคี้ยวพบว่าผู้ทดสอบให้คะแนนความชอบด้านสี ความกรอบ ความแข็ง ความเหนียว และความชอบโดยรวมของขนมขบเคี้ยวที่มีสัดส่วนของข้าวเหนียวขาวต่อข้าวเหนียวดำ 80:20 มากที่สุด ($p \leq 0.05$) และจากการศึกษาชนิดและความเข้มข้นของผงปรุงแต่งกลิ่นรสในขนมขบเคี้ยวจากข้าวเหนียวดำสายพันธุ์ลิ้มผัว พบว่าผู้ทดสอบให้คะแนนความชอบโดยรวมของขนมขบเคี้ยวที่ปรุงแต่งกลิ่นรสสีความเข้มข้นร้อยละ 8 มากที่สุด ($p \leq 0.05$) จากการศึกษาองค์ประกอบทางเคมีของขนมขบเคี้ยวพบว่า มีปริมาณความชื้น ไขมัน โปรตีน เส้นใยหยาบ เถ้า และคาร์โบไฮเดรต เท่ากับ 3.22 2.02 6.56 0.21 2.85 และ 85.14 ตามลำดับ มีค่าการพองตัวเท่ากับ 1.77 มีค่า a_w เท่ากับ 0.35 ทำการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ในถุงออลูมิเนียมฟอยล์ ที่อุณหภูมิห้อง แล้ววิเคราะห์คุณภาพทางด้านสีและเนื้อสัมผัสทุกๆ 2 สัปดาห์เป็นเวลา 8 สัปดาห์ พบว่าอายุการเก็บรักษาที่เพิ่มขึ้นไม่มีอิทธิพลต่อค่าความสว่าง (L^*) ค่าสีแดง (a^*) และค่าสีเหลือง (b^*) และไม่มีอิทธิพลต่อค่าความแข็ง และความกรอบของผลิตภัณฑ์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) แสดงว่าผลิตภัณฑ์ยังคงคุณภาพทางด้านสี และด้านเนื้อสัมผัสได้ดีที่อายุการเก็บรักษา 8 สัปดาห์

ตารางที่ 4 ผลการวิเคราะห์ค่าสี และค่าเนื้อสัมผัสของผลิตภัณฑ์ขนมขบเคี้ยวปรุงแต่งกลิ่นรสสีจากข้าวเหนียวดำสายพันธุ์ลิ้มผัว

คุณภาพทางกายภาพ	อายุการเก็บรักษา (สัปดาห์)				
	0	2	4	6	8
ค่าสี					
- L^* ^{ns}	40.36±0.78	39.19±0.82	39.79±0.53	39.98±0.62	40.24±1.03
- a^* ^{ns}	9.38±0.87	8.81±0.57	9.07±0.41	9.34±0.82	9.25±0.69
- b^* ^{ns}	12.54±0.94	11.87±0.64	12.09±0.34	12.45±0.68	12.37±0.63
ค่าเนื้อสัมผัส					
- ความแข็ง ^{ns} (กรัม)	1639.30±280.60	1280.20±480.07	1326.04±350.67	1354.73±406.49	1475.61±442.64
- ความกรอบ ^{ns} (มม.)	3.42±0.45	3.44±0.67	3.43±0.85	3.57±0.52	2.97±0.61

หมายเหตุ ^{ns} หมายถึงค่าเฉลี่ยของข้อมูลไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$)

เอกสารอ้างอิง

- กล้าณรงค์ ศรีรอด และ เกื้อกุล ปิยะจอมขวัญ. (2550). เทคโนโลยีของแป้ง. กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์เกษตรศาสตร์. 303 หน้า.
- คำรบ สมะวรรณ. (2546). ผลของเจลาตินเซชันและรีโทรกราเดชันต่อคุณภาพของขนมขบเคี้ยวจากข้าว. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. กรุงเทพฯ.
- เชิญพร จันทรสนาม, สุพรรณิการ์ โกสม และอมรรัตน์ เจริญชัย. (2555). การพัฒนาผลิตภัณฑ์เห็ดทอดกรอบปรุงรส. วารสารวิชาการมหาวิทยาลัยราชภัฏกาฬสินธุ์ 2(1): 54-63.
- นบรัตน์ เอลยถิ่น. (2554). การผลิตอาร่าและแฮมเบ้จากข้าวไทยมีสี. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต, สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง. กรุงเทพฯ.
- นวรรตน์ เศรษฐสุวรรณ, น้ำตาล เนื่องจาง และอนิชา สุขสมบูรณ์. (2553). การพัฒนาผลิตภัณฑ์แครกเกอร์ข้าวเหนียว (อาร่า) จากข้าวเหนียวดำ". วารสารวิทยาศาสตร์เกษตร 41(3/1) (พิเศษ): 165-168.
- นิธยา รัตนพานนท์. (2545). เคมีอาหาร. กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์โอเดียนสโตร์. 487หน้า.
- วิพัทธ์ อารีกุล, สิริยาภรณ์ ไกรมาก, สาวิตรี เพ็ชรเกลี้ยง และรินดา รัชพรหม. (2550). การปรับปรุงกระบวนการผลิตที่เหมาะสมของขนมอบกรอบจากข้าวกล้องมันปู. การประชุมทางวิชาการของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 45, กรุงเทพฯ: มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- สิงหนาท พวงจันทน์แดง, ศุภชัย ภูลายดอก, เกษม นันทชัย, วิเชียร วรพุทธพร, สุนันทา ทองหา และ วีระ สุวรรณศรี. (2550). อิทธิพลของแป้ง ธัญชาติชนิดต่างๆ ต่อสมบัติทางฟิสิกส์ของผลิตภัณฑ์พองตัวที่ผ่านกระบวนการเอกซ์ทรูชัน. วารสารวิจัยมหาวิทยาลัยขอนแก่น 12(4): 431-441.
- สุชาดา ไม้สนธิ และขวัญชัย คูเจริญไพศาล. (2555). การพัฒนาผลิตภัณฑ์แครกเกอร์จากข้าวกล้องหอมมะลิ และข้าวแดง (อังกัก) วารสารวิจัยราชภัฏพระนคร 7(2): 26-40.
- สุทธิรัตน์ รักษิตร์. (2559). โอกาสของอาหารและเครื่องดื่มเพื่อสุขภาพ. ผู้จัดการออนไลน์, แหล่งข้อมูล: <http://www.manager.co.th/iBizChannel/ViewNews.aspx?NewsID=9590000039873>. ค้นเมื่อวันที่ 5 พฤษภาคม 2560.
- สำนักงานพัฒนาผลิตภัณฑ์ข้าว. (2553). ข้าวก่ำมหัศจรรย์พื้นบ้านแห่งล้านนา. แหล่งข้อมูล: [http:// www.riceproduct.org](http://www.riceproduct.org). ค้นเมื่อวันที่ 28 มกราคม 2560.
- A.O.A.C. (2000). Official Methods of Analysis of Association of Official Analytical Chemists (16th ed). Washinton DC: The Association of Official Analytical Chemists Inc.
- Finocchiaro, F., Ferrari, B. and Gianinetti, A., Dall'Asta, C., Galaverna, G., Scazzina, F. (2007). Characterization of antioxidant compounds of red and white rice and changes in total antioxidant capacity during processing. Molecular Nutrition and Food Research 51: 28-34.
- Kanitha Tananuwig and Wanida Tewaruth. (2010). Extraction and application of antioxidants from black glutinous rice. Food Science and Technology 43: 476-481.
- Nurul, H., Ang, L. L., Chung, X.Y. and Herpandi. (2010). Chemical composition, colour and linear expansion properties of malaysian commercial fish cracker (keropok). Asian Journal of Food and Agro-Industry 3(5): 473-482.
- Norkaew, O., Boontakham, P., Dumri, K., Noenplab, ANL., Sookwong, P., Mahatheeranont, S. (2017). Effect of post-harvest treatment on bioactive phytochemicals of Thai black rice. Food Chemistry 217: 98-105.
- Zuapa, M., Ganino, T., Dramis, L., Pellegrini, N. (2016). Anatomical study of the effect of cooking on differently pigmented rice varieties. Food Structure 7: 6-12.





วารสารวิทยาศาสตร์ มข.

คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น จังหวัดขอนแก่น ๔๐๐๐๒

KKU SCIENCE JOURNAL

FACULTY OF SCIENCE, KHON KAEN UNIVERSITY, KHON KAEN 40002, THAILAND

โทรศัพท์ ๐ ๔๓๒๐ ๒๓๗๒ โทรสาร ๐ ๔๓๒๐ ๒๓๗๑ E-mail : kku_scijournal@kku.ac.th

ที่ ศธ 0514.2.1/ว.2870

วันที่ 17 พฤษภาคม 2561

เรื่อง รับรองการตีพิมพ์ในวารสารวิทยาศาสตร์ มข.

เรียน คุณขวัญจิตต์ อนุกุลวัฒนา

กองบรรณาธิการวารสารวิทยาศาสตร์ มข. ขอรับรองว่า บทความวิจัยเรื่อง “การพัฒนาผลิตภัณฑ์ขนมขบเคี้ยวจากข้าวเหนียวดำ (*Oryza sativa* L.) สายพันธุ์ลี้มผัว (Product Development of Snack from Black Glutinous Rice (*Oryza sativa* L.) cv. Leum Phua)” โดย ขวัญจิตต์ อนุกุลวัฒนา และ ธนารรรถ สุขเกษม ได้ผ่านขั้นตอนการตรวจสอบจากผู้ทรงคุณวุฒิเป็นที่เรียบร้อยแล้ว และบทความดังกล่าวจะได้รับตีพิมพ์ในวารสารวิทยาศาสตร์ มข. ฉบับที่ 3 ปีที่ 46 ซึ่งมีกำหนดออกภายในเดือนกรกฎาคม – กันยายน ปี พ.ศ. 2561

จึงเรียนมาเพื่อโปรดทราบ

ขอแสดงความนับถือ

รองศาสตราจารย์รจนา บุระคำ

(บรรณาธิการวารสารวิทยาศาสตร์ มข.)

0125- 2586- วารสาร KKU คณะ
2364 9531 วิทยาศาสตร์ Science วิทยาศาสตร์
มข. Journal มหาวิทยาลัย
ขอนแก่น

ตั้งแต่ปี พ.ศ. 2561 วารสารได้ยกเลิกการ
จัดพิมพ์รูปเล่ม และเน้นการเผยแพร่
วารสารแบบออนไลน์

2586- วารสาร KKU คณะ
9531 วิทยาศาสตร์ Science วิทยาศาสตร์
มข. Journal มหาวิทยาลัย
ขอนแก่น

issn เดิม 0125-2364

โปรดระบุหมายเลข ISSN หรือชื่อของวารสารที่ต้องการทราบผลประเมิน :

ค้นหา

ลำดับ	ชื่อวารสาร	ISSN	เจ้าของ	จัดอยู่ในวารสาร กลุ่มที่	สาขา
1	Asia-Pacific Journal of Science and Technology (เดิมชื่อ วารสารวิจัย มข.)	2539-6293 (เดิม 0859-3957)	มหาวิทยาลัย ขอนแก่น	1	วิทยาศาสตร์และ เทคโนโลยี
2	Engineering and Applied Science Research (EASR) (เดิมชื่อ วิศวกรรมสาร มข.)	2539-6161 (เดิม 0125-8273)	คณะ วิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัย ขอนแก่น	1	วิทยาศาสตร์และ เทคโนโลยี
3	วารสารวิจัย มข. (ฉบับบัณฑิตศึกษา)	1906-201X	บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัย ขอนแก่น	1	วิทยาศาสตร์และ เทคโนโลยี
4	วารสารวิจัย มข. (ฉบับบัณฑิตศึกษา) สาขา มนุษยศาสตร์และสังคมศาสตร์	2286-7910	บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัย ขอนแก่น	1	มนุษยศาสตร์และ สังคมศาสตร์
5	วารสารวิจัย มข. ฉบับสาขามนุษยศาสตร์และ สังคมศาสตร์(ฉบับธุรกิจและเศรษฐกิจ)	1685-2532	ฝ่ายวิชาการ คณะ วิทยาการจัดการ มหาวิทยาลัย ขอนแก่น	3	มนุษยศาสตร์และ สังคมศาสตร์
6	วารสารวิทยาศาสตร์ มข.	๑๕๔๖-๑๕๖๑ 0125-2364 เปลี่ยน ISSN	คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัย ขอนแก่น	1	วิทยาศาสตร์และ เทคโนโลยี
7	วารสารสัตวแพทยศาสตร์ มข.	0858-2297	คณะสัตว แพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัย ขอนแก่น	2	วิทยาศาสตร์และ เทคโนโลยี