

องค์ประกอบทางเคมีของข้าวหมากจากข้าวมีสีพันธุ์พื้นเมืองโดยใช้ลูกแป้ง จากแป้งข้าวเจ้าสำเร็จรูป

ดวงเดือน วัฏฏานุรักษ์^{1*}

Received : December 13, 2020

Revised : June 11, 2021

Accepted : June 17, 2021

บทคัดย่อ

ข้าวหมากเป็นอาหารหมักจากข้าวที่อุดมไปด้วยสารอาหาร ในกระบวนการหมักต้องอาศัยลูกแป้งที่ประกอบไปด้วยยีสต์ รา และสมุนไพร งานวิจัยนี้ได้ทำการศึกษากำหนดองค์ประกอบทางเคมีของข้าวหมาก ผลการทดลอง พบว่า เมื่อใช้น้ำต่อแป้งอัตราส่วน 85 ต่อ 100 จะได้ลูกแป้งที่มีลักษณะทางกายภาพที่ดี จากการศึกษาตัวอย่างสูตรลูกแป้งจำนวน 5 สูตรที่มีส่วนผสมของสมุนไพรที่แตกต่างกันพบว่า ข้าวหมากในแต่ละสูตรมีค่าความเป็นกรด-ด่าง ปริมาณกรดทั้งหมดในรูปกรดแล็กติก ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ทั้งหมด และปริมาณแอลกอฮอล์อยู่ในช่วง 3.62-3.70, ร้อยละ 0.49-0.54, 34.02-37.71 องศาบริกซ์ และร้อยละ 0.55-0.85 ตามลำดับ เมื่อนำมาทดสอบทางประสาทสัมผัสโดยวิธี 9 – Point hedonic scale พบว่า ข้าวหมากที่หมักจากลูกแป้งสูตร 1 ที่ประกอบด้วยสมุนไพรต่อแป้ง 100 กรัม ได้แก่ ขิง ข่า ตะไคร้ และกระเทียม ชนิดละ 2.5 กรัม พริกไทย ดิบสด ชนิดละ 0.8 กรัม มีคะแนนความชอบโดยรวมสูงที่สุด โดยข้าวหมากจากข้าวเหนียวดำที่หมักจากลูกแป้งที่ใช้เชื้อบริสุทธิ์ มีปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ทั้งหมด 36.6 องศาบริกซ์ ปริมาณแอลกอฮอล์ร้อยละ 0.4 ซึ่งไม่เกินมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน และมีคะแนนความชอบโดยรวมสูงที่สุด นอกจากนั้นพบว่า ข้าวหมากจากข้าวเหนียวดำมีองค์ประกอบทางเคมีมากกว่าข้าวหมากจากข้าวเหนียวข้าวขาว โดยองค์ประกอบทางเคมีของข้าวจะเพิ่มขึ้นภายหลังการหมัก ส่วนการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของข้าวหมากที่หมักจากข้าวมีสีพันธุ์ต่าง ๆ ที่ปลูกในท้องถิ่น 10 ตัวอย่าง พบว่า มีองค์ประกอบทางเคมีใกล้เคียงกัน ซึ่งมีค่าของคาร์โบไฮเดรต โปรตีน ไขมัน เถ้า ความชื้น และใยอาหารอยู่ในช่วงร้อยละ 31.18-38.33, 3.50-4.87, 0.07-0.89, 0.22-0.89, 53.94-59.10 และ 2.02-3.97 โดยน้ำหนักตามลำดับ

คำสำคัญ: ข้าวมีสีพันธุ์พื้นเมือง ข้าวหมาก ลูกแป้ง

¹ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ หลักสูตรนวัตกรรมชีวผลิตภัณฑ์ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏวไลยอลงกรณ์ ในพระบรมราชูปถัมภ์ จังหวัดปทุมธานี อีเมล: duangduan@vru.ac.th

* ผู้นิพนธ์หลัก อีเมล: duangduan@vru.ac.th

THE PROXIMATE COMPOSITION OF FERMENTED INDIGENOUS COLORED RICE (*KHAO-MAK*) USING *LOOK-PANG* FROM INSTANT RICE FLOUR

Duangduan Wattanuruk^{1*}

Abstract

Sweet fermented rice (*Khao-Mak*) contains a lot of food nutrients. The traditional starter culture (*Look-Pang*) is composed of yeast, mold and herbs, which are used for fermentation. This research studied the production of *Look-Pang* by instant rice flour and the proximate composition of *Khao-Mak* was analyzed. The results showed that the water/flour ratios of 85:100 had a good physical quality. From the analysis of five formulas of *Look-Pang* mixed with different Thai herbs, it was found that their pH levels, percentages of the total lactic acid, degrees Brix, and percentages of the alcohol content were in the ranges of 3.62-3.70, 0.49-0.54, 34.02-37.71 and 0.55-0.85 respectively. The sensory evaluation was determined by means of 9-point hedonic scales. It was found that the first formula comprising 2.5 g of ginger, galangal, liquorices, garlic each and 0.8 g of black pepper, long pepper each per 100 g of flour had the highest sensory score. Moreover, the black glutinous rice *Khao-Mak* fermented with pure culture had 36.6 °Brix and the alcohol content of 0.4%, the level of which was within the community standard; it also had the highest sensory score. In addition, the proximate composition of black glutinous rice *Khao-Mak* was higher than Kiaw-ngu glutinous rice *Khao-Mak*. The results showed that the proximate composition of rice increased after fermentation. In addition, ten colored rice varieties (*Oryza sativa* L.) were used in this research. The results indicated that the proximate composition was found in all rice varieties. The proximate compositions including carbohydrate, protein, fat, ash, moisture and dietary fiber were around 31.18-38.33%, 3.50-4.87%, 0.07-0.89%, 0.22-0.89%, 53.94-59.10% and 2.02-3.97% (w/w) respectively.

Keywords: Indigenous colored rice, *Khao-Mak*, *Look-Pang*

¹ Assistant Professor, Department of Bioproducts Innovation, Faculty of Science and Technology, Valaya Alongkorn Rajabhat University Under the Royal Patronage, e-mail: duangduan@vru.ac.th

* Corresponding author, e-mail: duangduan@vru.ac.th

บทนำ

ข้าวหมากเป็นอาหารหมักพื้นบ้านของไทยส่วนใหญ่ทำมาจากข้าวเหนียว โดยการนำข้าวมาึ่งแล้วหมักกับลูกแป้งข้าวหมากหรือแป้งเชื้อ (Mold bran) เป็นเวลา 2-3 วัน เพื่อเปลี่ยนแป้งให้เป็นน้ำตาล เช่น กลูโคส กาแลคโตส และฟรุคโตส ข้าวหมากถือว่าเป็นอาหารหมักพื้นบ้านที่มีประโยชน์ต่อการส่งเสริมสุขภาพโดยเฉพาะการเป็นอาหารโพรไบโอติก (Probiotics foods) ซึ่งจะช่วยป้องกันจุลินทรีย์ที่ก่อโรคในทางเดินอาหารไม่ให้เจริญได้ง่าย ช่วยให้ระบบทางเดินอาหารทำงานปกติส่งผลทำให้การดูดซึมวิตามิน และสารอาหารต่าง ๆ มีประสิทธิภาพ (อรุณ ขาญชัยเชาววิวัฒน์ และสุชาร์ตน์ เกาะแก้ง, 2556) ข้าวหมากส่วนใหญ่ทำมาจากข้าวเหนียว อย่างไรก็ตามพบว่าข้าวเจ้าสามารถนำมาหมักเพื่อเป็นข้าวหมากได้ โดยเฉพาะในกลุ่มของข้าวพันธุ์พื้นเมืองที่เป็นข้าวมีสีที่มีสารสีแอนโทไซยานินที่พบมากบริเวณเยื่อหุ้มเมล็ด (Yawadio et al., 2007) ที่มีฤทธิ์ในการต้านอนุมูลอิสระ ช่วยในการส่งเสริมสุขภาพ และการป้องกันโรค (Sutharut & Sudarat, 2012)

ข้าวพันธุ์พื้นเมืองเป็นพืชที่มีสมบัติทางพันธุกรรมเด่นในด้านของการต้านทานต่อแมลงศัตรูพืช โรคพืช และสภาพแวดล้อมที่ไม่เหมาะสมเป็นทางเลือกให้กับเกษตรกรในพื้นที่ที่ไม่สามารถปลูกข้าวพันธุ์ปรับปรุงหรือพันธุ์สมัยใหม่ได้ และเป็นฐานพันธุกรรมที่เป็นประโยชน์ต่อการปรับปรุงพันธุ์ข้าวในอนาคต นอกจากนั้นหลายพันธุ์ยังมีคุณค่าทางโภชนาการสูงอีกด้วย (นันทิยา พนมจันทร์ และวิจิตรา อมรวิริยะชัย, 2554) โดยเป็นแหล่งของสารที่มีประโยชน์ต่อสุขภาพชนิดต่าง ๆ ได้แก่ กรดฟีนอลิก ฟลาโวนอยด์ และ แอนโทไซยานิน (Tian et al., 2004; Zhou et al., 2004) ดังนั้น ในปัจจุบันจึงมีการนำข้าวพันธุ์พื้นเมืองของไทยมาพัฒนาเป็นผลิตภัณฑ์ที่ช่วยส่งเสริมสุขภาพ โดยคุณภาพด้านประสาทสัมผัสของข้าวหมากนอกจากจะขึ้นกับพันธุ์ข้าวแล้วยังขึ้นอยู่กับแหล่งของลูกแป้งที่ใช้เป็นหัวเชื้อในการหมัก ซึ่งลูกแป้งของแต่ละท้องถิ่นจะแตกต่างกันตามชนิด และปริมาณของสมุนไพร เครื่องเทศ ตลอดจนสายพันธุ์ของจุลินทรีย์ในลูกแป้งที่เป็นเชื้อผสม (Mixed culture) ทั้งเชื้อรา ยีสต์ และแบคทีเรีย การใช้ลูกแป้งที่ดีเป็นส่วนสำคัญที่ทำให้ข้าวหมากมีคุณภาพดี รสชาติอร่อย มีกลิ่นรสที่ดี และเมื่อเชื้อจุลินทรีย์ในลูกแป้งเจริญบนข้าวจะผลิตสารที่ก่อให้เกิดประโยชน์ต่อร่างกาย ในกระบวนการผลิตลูกแป้งแบบดั้งเดิมทำได้โดยการนำข้าวสารมาบด และนํามานวด จากนั้นจะนำไปหมักเป็นเวลา 2-3 วันก่อนนำมาผสมกับสมุนไพร ซึ่งกระบวนการดังกล่าวอาจทำให้เกิดลูกแป้งที่มีคุณภาพไม่ดีจากการปนเปื้อนจากจุลินทรีย์ที่ไม่ต้องการ (อรอง จันทรประสาทสุข, 2559)

งานวิจัยนี้จึงได้ทำการศึกษาการผลิตลูกแป้งจากแป้งข้าวเจ้าสำเร็จรูปเพื่อใช้ในการผลิตหัวเชื้อในการทำข้าวหมากจากข้าวพันธุ์พื้นเมือง และองค์ประกอบทางเคมีของข้าวแต่ละพันธุ์ นอกจากนั้นยังเป็นการใช้ประโยชน์จากข้าวพันธุ์พื้นเมืองของไทย ตลอดจนเป็นการสืบทอดภูมิปัญญาการทำข้าวหมากที่มีมาแต่โบราณให้ผลิตภัณฑ์มีมูลค่าเพิ่มมากขึ้น

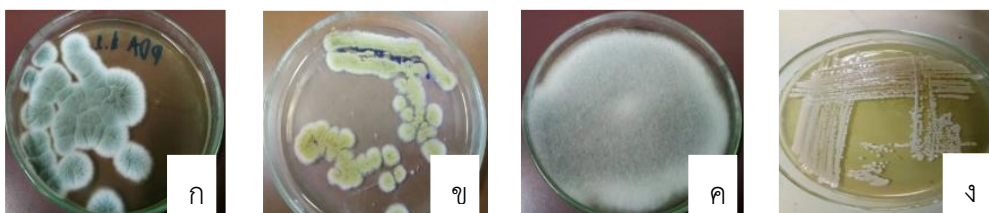
วัตถุประสงค์ของการวิจัย

งานวิจัยนี้มีจุดประสงค์เพื่อศึกษาวิธีการทำลูกแป้งจากแป้งข้าวเจ้าสำเร็จรูป ตลอดจนคัดเลือกสูตรลูกแป้งที่มีความเหมาะสมในการหมักข้าวหมาก นอกจากนั้นได้ทำการศึกษาองค์ประกอบทางเคมีของข้าวหมากที่ใช้ข้าวมีสีพันธุ์พื้นเมืองที่แตกต่างกัน ตลอดจนนำไปเผยแพร่ความรู้สู่ชุมชนในรูปแบบการบริการวิชาการด้วยการอบรมเชิงปฏิบัติการ

วิธีดำเนินการวิจัย

1. การคัดแยกรา และยีสต์เพื่อใช้เป็นหัวเชื้อในการหมักข้าวหมาก

นำลูกแป้งจากจาก 2 แหล่ง ได้แก่ จากตลาดไท จังหวัดปทุมธานี และจากตลาดประตูน้ำพระอินทร์ จังหวัดพระนครศรีอยุธยา มาคัดแยกราตามวิธีของ สมลลิกา โมรากุล (2545) โดยนำตัวอย่างที่เจอจากมาเพาะเลี้ยงบนอาหารเลี้ยงเชื้อ Dichloran Rose-Bengal Chloramphenicol Agar ด้วยวิธีสเปรดเพลตและแยกเป็นเชื้อบริสุทธิ์ในอาหารเลี้ยงเชื้อ Potato Dextrose Agar คัดแยกยีสต์ตามวิธีของ Dung et al., (2005); สมลลิกา โมรากุล (2545) โดยนำตัวอย่างที่เจอจากมาเพาะเลี้ยงบนอาหารเลี้ยงเชื้อ Malt Extract Agar ซึ่งทำการคัดเลือกกรามีลักษณะโคโลนีที่แตกต่างกัน 3 สายพันธุ์ และยีสต์ 1 สายพันธุ์ ดังภาพที่ 1



ภาพที่ 1 เชื้อรา (ก-ค) และยีสต์ (ง) ที่ใช้เป็นหัวเชื้อที่แยกจากลูกแป้งเก่า

2. การศึกษาปริมาณน้ำที่เหมาะสมในการทำลูกแป้ง

นำแป้งข้าวเจ้าสำเร็จรูป ปริมาณ 100 กรัม ผสมกับสมุนไพร ได้แก่ ขิง ข่า ตะไคร้ และกระเทียม บดละเอียดชนิดละ 2.5 กรัม พริกไทย และดีปรี บดละเอียดชนิดละ 0.8 กรัม (ดัดแปลงจาก สิรินทรเทพ ภัคตศิษฐผล, 2523) เติมหักเชื้อผสมราในรูปโคจิและเซลล์แขวนลอยยีสต์ที่คัดแยกได้ ในอัตราส่วน 1 ต่อ 1 ปริมาณ 15 มิลลิลิตร (อรุณ ชาญชัยขาววิวัฒน์ และคณะ, 2560) โดยศึกษาปริมาณน้ำต่อแป้ง (ร้อยละ) ดังนี้ 50 ต่อ 100, 65 ต่อ 100, 75 ต่อ 100, 85 ต่อ 100 และ 95 ต่อ 100 ตามลำดับ ทำการนวดส่วนผสมและปั้นเป็นก้อนครึ่งวงกลมขนาดประมาณ 3-4 เซนติเมตร นำไปใส่ถาด คลุมด้วยผ้าขาวบาง และนำไปผึ่งในที่อากาศถ่ายเท ประมาณ 5-7 วัน สังเกต สี กลิ่น ความแห้ง และความเรียบของผิวลูกแป้ง

3. การศึกษาสูตรของลูกแป้งที่เหมาะสมในการทำข้าวหมาก

นำแป้งข้าวเจ้าสำเร็จรูป 100 กรัม ผสมสมุนไพร (ดัดแปลงจาก สิรินทรเทพ ภัคตศิษฐผล, 2523) และหัวเชื้อลูกแป้งจากลูกแป้งที่มีคุณภาพที่ดีจากการศึกษาในข้อ 2 (ตารางที่ 1) เติมน้ำในปริมาณที่ได้จากการศึกษาในข้อ 2 จากนั้นทำการนวดส่วนผสม และปั้นเป็นก้อนครึ่งวงกลมขนาดประมาณ 3-4 เซนติเมตร นำไปใส่ถาด คลุมด้วยผ้าขาวบาง และนำไปผึ่งในที่อากาศถ่ายเท ประมาณ 5-7 วัน เพื่อใช้เป็นหัวเชื้อในการทำข้าวหมาก โดยนำข้าวเหนียวดำมาล้าง และแช่น้ำประมาณ 3-4 ชั่วโมง ทำการนึ่งให้สุกด้วยไอน้ำเดือดนาน

30-40 นาที รอข้าวให้เย็น ล้างยางข้าวเหนียวออกให้หมดด้วยน้ำสะอาด เดิมหัวเชื้อลูกแป้งในแต่ละสูตรร้อยละ 0.4 ต่อน้ำหนักข้าว (จิราภรณ์ ยอดเดือน, 2554) คลุกเคล้าส่วนผสมแล้วบรรจุใส่ขวดโหลที่สะอาด บ่มที่อุณหภูมิห้องเป็นระยะเวลา 3 วัน วิเคราะห์ค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) ด้วยเครื่อง pH meter รุ่น pH 700 ยี่ห้อ Eutech ประเทศ Singapore ตามวิธีการของ Benjakul et al. (1997) วิเคราะห์ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ทั้งหมด (องศาบริกซ์, °Brix) ด้วย Hand refractometer (ปริมาณน้ำตาลคิดเป็นกรัมของน้ำตาลซูโครส ต่อ 100 มิลลิลิตร) วิเคราะห์หาปริมาณกรดแล็กติกทั้งหมดในรูปของกรดแล็กติกด้วยวิธีการไตเตรทตามวิธีการของ Zoecklein et al. (1995) วิเคราะห์ปริมาณร้อยละแอลกอฮอล์ โดยวิธี Ebulliometric analysis ด้วยเครื่อง Ebulliometer ตามวิธีของ คณิต วิจิตพันธุ์ (2548) และทดสอบคุณภาพด้านประสาทสัมผัส

ตารางที่ 1 ส่วนผสมของลูกแป้งแต่ละสูตร

ส่วนประกอบ (กรัม)	สูตร 1	สูตร 2	สูตร 3	สูตร 4	สูตร 5
อะมอส	2.5	2.4	1.5	1.6	-
พริกไทย	0.8	0.6	1.5	0.24	0.5
ดีปซี	0.8	0.6	0.5	0.24	1
กระเทียม	2.5	2.4	1.5	1.6	3.5
ข้าว	2.5	-	1.5	0.8	0.5
ขิง	2.5	0.6	1.5	1.6	1
ลูกแป้ง	1	1	1	1	1

4. การศึกษาชนิดของลูกแป้งที่เหมาะสมในการทำข้าวหมาก

ทำการศึกษาลูกแป้งจาก 3 แหล่ง ได้แก่ ลูกแป้ง 1 จากตลาดไท จังหวัดปทุมธานี ลูกแป้ง 2 จากตลาดประตูน้ำพระอินทร์ จังหวัดพระนครศรีอยุธยา และลูกแป้งจากเชื้อบริสุทธิ์ที่ได้จากการศึกษาในข้อ 2 และข้อ 3 เพื่อนำมาเป็นหัวเชื้อในการทำข้าวหมากจากข้าวเหนียวดำ วิเคราะห์ค่าความเป็นกรด-ด่าง วิเคราะห์ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ทั้งหมด วิเคราะห์หาปริมาณกรดทั้งหมดที่ไตเตรทได้ในรูปกรดแล็กติก วิเคราะห์หาปริมาณแอลกอฮอล์ และทดสอบด้านประสาทสัมผัส

5. การศึกษาองค์ประกอบทางเคมีของข้าวหมากก่อน และหลังหมัก

นำข้าวเหนียวเขี้ยวงู และข้าวเหนียวดำมาทำข้าวหมากโดยใช้หัวเชื้อลูกแป้งที่เหมาะสมที่ได้จากการศึกษาในข้อ 3 เก็บตัวอย่างก่อนการหมัก และหลังการหมัก เพื่อนำมาวิเคราะห์ปริมาณองค์ประกอบทางเคมีพื้นฐาน (Proximate analysis) ได้แก่ การวิเคราะห์หาปริมาณความชื้น โปรตีน ไขมัน เส้นใย เถ้า และคาร์โบไฮเดรต (AOAC, 1990)

6. การศึกษาองค์ประกอบทางเคมีของข้าวหมากจากข้าวพื้นเมืองพันธุ์ต่างๆ

ทำข้าวหมากโดยใช้หัวเชื้อลูกแป้งที่เหมาะสมจากข้าวพื้นเมืองที่เป็นข้าวเจ้า ได้แก่ ข้าวมะลิสี (จังหวัดสุรินทร์) ข้าวสุตบุตร (จังหวัดเชียงราย) ข้าวหอมนิลจักรพรรดิ (จังหวัดอุบลราชธานี) ข้าวไรซ์เบอร์รี่ (จังหวัดปทุมธานี) ข้าวสังข์หยด (จังหวัดพัทลุง) ข้าวทับทิมชุมแพ (จังหวัดขอนแก่น) และข้าวเหนียว ได้แก่ ข้าวก่ำดอย (จังหวัดพะเยา) ข้าวเหนียวแดง (จังหวัดเลย) ข้าวเหนียวดำหมอ (จังหวัดพัทลุง) และข้าวเหนียวลิ้มผัว (จังหวัดตาก) เก็บตัวอย่างหลังการหมัก เพื่อนำมาวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมี (AOAC, 1990)

7. การทดสอบทางประสาทสัมผัส

ทดสอบการยอมรับของผู้บริโภคที่มีต่อผลิตภัณฑ์ข้าวหมาก โดยการประเมินความชอบต่อคุณลักษณะทางประสาทสัมผัสด้านสี กลิ่น รสชาติ เนื้อสัมผัส และความชอบโดยรวม โดยใช้ผู้ทดสอบทั่วไปจำนวน 30 คน ซึ่งไม่ได้ผ่านการฝึกฝนในการทดสอบด้านประสาทสัมผัส ทดสอบด้วยวิธี 9 – Point hedonic scale (1 = ไม่ชอบมากที่สุด และ 9 = ชอบมากที่สุด) (Watts et al., 1989)

8. การวิเคราะห์ทางสถิติ

วางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (Completely Randomized Design, CRD) ผลการวิเคราะห์แสดงในรูปของค่าเฉลี่ย±ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (mean±SD) ทำ 3 ซ้ำ นำข้อมูลที่ได้มาวิเคราะห์ความแปรปรวน (Analysis of Variance ; ANOVA) เปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยโดยวิธี Duncan's New Multiple Range Test (DMRT) ที่ค่าความเชื่อมั่นร้อยละ 95

9. การเผยแพร่ความรู้สู่ชุมชน

เผยแพร่ความรู้สู่ชุมชนในรูปแบบการบริการวิชาการด้วยการอบรมเชิงปฏิบัติการ เรื่องการทำลูกแป้งจากแป้งข้าวเจ้าสำเร็จรูปแก่ผู้สนใจ 20 คน ในโครงการพัฒนาผลิตภัณฑ์จากผลผลิตทางการเกษตรในท้องถิ่น ณ หมู่ 8 ตำบลคลองห้า อำเภอลองหลวง จังหวัดปทุมธานี

ผลการวิจัยและอภิปรายผล

ผลการศึกษาลักษณะทางกายภาพของลูกแป้งที่มีอัตราส่วนของน้ำต่อแป้งข้าวเจ้าที่แตกต่างกันในระยะเวลา 7 วัน จากผลการทดลองพบว่า อัตราส่วนที่มีความเหมาะสมมากที่สุด คือ 85 ต่อ 100 โดยมีลักษณะก้อนแป้งสีขาว เบา ไม่มีรอยแตก ไม่มีกลิ่นอับ และไม่มีกลิ่นขึ้น โดยอัตราส่วนที่ 50 ต่อ 100 และ 65 ต่อ 100 พบว่า เกิดรอยแตกของแป้งตั้งแต่วันที่ 1-2 ส่วนอัตราส่วนที่ 75 ต่อ 100 เริ่มเกิดรอยแตกในวันที่ 3 ขณะที่อัตราส่วนที่ 95 ต่อ 100 พบการเจริญของราในวันที่ 6 และมีกลิ่นอับขึ้น (ภาพที่ 2) จากรายงานของ ปราโมทย์ธรรมรัตน์ (2533) พบว่า ปริมาณน้ำมีความสำคัญมากในการควบคุมความชื้นของลูกแป้ง ถ้ามีความชื้นสูงไปจะทำให้ลูกแป้งเปรี้ยว และเสียได้ หรือถ้าแห้งจนเกินไปจะทำให้ลูกแป้งแตกหรือราเจริญในลูกแป้งได้ไม่ดี ถ้าความชื้นในลูกแป้งเหมาะสมจะทำให้เก็บรักษาจุลินทรีย์ในลูกแป้งให้เก็บได้นานยิ่งขึ้น และแป้งที่นำมาใช้ผลิตลูกแป้งควรใช้แป้งข้าวเจ้า จะมีคุณภาพดีกว่าลูกแป้งที่ผลิตจากแป้งข้าวเหนียว ซึ่งลูกแป้งที่ดีควรมีลักษณะโปร่ง เบา สีขาวนวล ไม่มีรอยแตกร้าว ก้อนแป้งเป็นรูปพูนซึ่งเกิดจากการฟูของแป้งขณะบ่ม เมื่อบ่มจะยุ่ยเป็นผงละเอียด ไม่มีกลิ่นเหม็นเปรี้ยว (นภา โล่ห์ทอง, 2535)



ภาพที่ 2 ลักษณะทางกายภาพของลูกแป้งที่มีอัตราส่วนของน้ำต่อแป้งข้าวเจ้าที่แตกต่างกัน ได้แก่ ก หมายถึง 50 ต่อ 100 ข หมายถึง 65 ต่อ 100 ค หมายถึง 75 ต่อ 100 ง หมายถึง 85 ต่อ 100 และ จ หมายถึง 95 ต่อ 100

จากการศึกษาตัวอย่างสูตรลูกแป้งจำนวน 5 สูตร ซึ่งแต่ละสูตรมีชนิด และปริมาณสมุนไพรที่แตกต่างกันโดยสมุนไพรเหล่านี้จะทำหน้าที่คัดเลือกจุลินทรีย์บางชนิดให้สามารถเจริญได้ และสามารถยับยั้งแบคทีเรียปนเปื้อนในระหว่างการหมัก จากผลการทดลองพบว่า ข้าวหมากจากข้าวเหนียวดำที่หมักโดยลูกแป้งในทุกสูตรภายหลังการหมักมีค่าความเป็นกรด-ด่างลดลง เนื่องจากการสร้างกรดของจุลินทรีย์ โดยปริมาณกรดทั้งหมดในรูปกรดแล็กติกมีปริมาณเพิ่มมากขึ้น แต่มีค่าไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P > 0.05$) โดยมีปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ทั้งหมดจากการเปลี่ยนแปลงให้เป็นน้ำตาลจากเชื้อราในลูกแป้งที่พบว่าทุกสูตรมีค่าอยู่ในช่วง 34.0-37.7 องศาบริกซ์ ซึ่งยีสต์ในลูกแป้งจะใช้น้ำตาลเป็นแหล่งคาร์บอนเพื่อเปลี่ยนเป็นแอลกอฮอล์ในช่วงร้อยละ 0.55-0.85 โดยน้ำหนัก (ตารางที่ 2) แบคทีเรียที่ผลิตกรดแล็กติก ได้แก่ สกุล *Pediococcus* และ *Lactobacillus* (พิมพ์เพ็ญ พรเฉลิมพงศ์ และนิธิยา รัตนพานนท์, 2553) ส่วนรา และยีสต์ที่พบในลูกแป้ง ได้แก่ สกุล *Rhizopus*, *Mucor*, *Aspergillus*, *Saccharomyces* และ *Hansenula* (Blandino et al., 2003) จากผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสพบว่าข้าวหมากแต่ละสูตรมีคะแนนการยอมรับโดยรวมใกล้เคียงกัน เนื่องจากกลิ่น และรสชาติของข้าวหมากขึ้นอยู่กับจุลินทรีย์ที่อยู่ในลูกแป้ง ได้แก่ รา ยีสต์ และแบคทีเรียสร้างกรดแล็กติก โดยสูตรที่ 1 มีคะแนนความชอบโดยรวมมากที่สุด คือ 6.90

ตารางที่ 2 คุณภาพทางด้านเคมีของข้าวหมากที่ทำจากลูกแป้งสูตรที่แตกต่างกัน

สูตรที่	ค่า pH	ปริมาณกรดทั้งหมด (ร้อยละ)	ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ทั้งหมด (องศาบริกซ์)	ปริมาณแอลกอฮอล์ (ร้อยละ)
1	3.68±0.04 ^a	0.54±0.07 ^a	37.71±0.25 ^b	0.55±0.35 ^a
2	3.62±0.01 ^a	0.49±0.04 ^a	34.02±0.40 ^a	0.85±0.01 ^c
3	3.70±0.04 ^a	0.49±0.04 ^a	34.34±2.30 ^a	0.80±0.23 ^c
4	3.68±0.01 ^a	0.54±0.00 ^a	35.63±1.30 ^a	0.65±0.07 ^b
5	3.70±0.01 ^a	0.51±0.02 ^a	34.91±0.79 ^a	0.80±0.40 ^c

หมายเหตุ ตัวอักษรภาษาอังกฤษที่ต่างกันในกลุ่มเดียวกันแสดงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$)

ตารางที่ 3 คะแนนความชอบจากการทดสอบด้านประสาทสัมผัสของข้าวหมากจากลูกแป้งสูตรที่แตกต่างกัน

ปัจจัยคุณภาพ	สูตรข้าวหมาก				
	สูตรที่ 1	สูตรที่ 2	สูตรที่ 3	สูตรที่ 4	สูตรที่ 5
สี	7.00±1.36 ^a	7.10±1.47 ^a	6.86±1.22 ^a	6.30±1.51 ^{ab}	5.93±1.69 ^b
กลิ่นรส	5.93±1.70 ^a	6.06±1.61 ^a	5.76±2.12 ^a	5.70±1.96 ^a	5.36±1.79 ^a
รสชาติ	6.56±1.45 ^a	5.63±1.90 ^a	6.00±1.83 ^a	6.16±1.78 ^a	6.36±1.86 ^a
เนื้อสัมผัส	5.06±1.94 ^a	5.00±2.25 ^a	5.23±2.17 ^a	4.80±2.10 ^a	5.10±1.97 ^a
ความชอบโดยรวม	6.90±1.24 ^a	6.40±1.52 ^a	6.46±1.47 ^a	6.63±1.51 ^a	6.40±1.69 ^a

หมายเหตุ ตัวอักษรภาษาอังกฤษที่ต่างกันในแนวนอนเดียวกันแสดงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$)

ผลการศึกษาชนิดหัวเชื้อของลูกแป้งในการทำข้าวหมาก พบว่า ข้าวหมากที่ใช้หัวเชื้อลูกแป้งในแต่ละแหล่งมีค่าความเป็นกรด-ด่าง และปริมาณกรดทั้งหมดไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) แต่ข้าวหมากที่ใช้หัวเชื้อลูกแป้งจากเชื้อบริสุทธิ์ที่ได้จากการศึกษาพบว่า มีปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ทั้งหมดเท่ากับ 36.6 องศาบริกซ์ และมีปริมาณแอลกอฮอล์ร้อยละ 0.4 (ตารางที่ 4) ซึ่งมีค่าไม่เกินมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน คือร้อยละ 0.5 (มผช. 162/2546; สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม, 2546) เนื่องจากความแตกต่างของลูกแป้งจากแหล่งต่าง ๆ ขึ้นอยู่กับสมุนไพร ชนิด และปริมาณของจุลินทรีย์โดยเฉพาะรา และยีสต์ในลูกแป้งที่มีส่วนสำคัญของกิจกรรมทางเมแทบอลิซึมของเอนไซม์ที่จุลินทรีย์สร้างขึ้น (จุฬพัฒน์ สมบัติโต และคณะ, 2562) จากการทดสอบด้านประสาทสัมผัส พบว่า ข้าวหมากที่ใช้ลูกแป้งสูตรที่ต่างกันมีผลความชอบโดยรวมใกล้เคียงกัน แต่ข้าวหมากที่ใช้ลูกแป้งจากเชื้อบริสุทธิ์จากการศึกษา มีคะแนนความชอบโดยรวมมากที่สุดคือ 6.66 (ตารางที่ 5) เนื่องจากมีลักษณะของข้าวหมากที่ดีคือ มีปริมาณแอลกอฮอล์น้อย แต่มีความหวานมากกว่า และมีความเปรี้ยวเล็กน้อย

ตารางที่ 4 คุณภาพทางเคมีของข้าวหมากที่ทำจากหัวเชื้อลูกแป้งที่แตกต่างกัน

หัวเชื้อ	ค่า pH	ปริมาณกรดทั้งหมด (ร้อยละ)	ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ (องศาบริกซ์)	แอลกอฮอล์ (ร้อยละ)
ลูกแป้งจากเชื้อบริสุทธิ์	3.82±0.03 ^a	0.46±0.05 ^a	36.6±5.77 ^a	0.40 ^a
ลูกแป้ง 1	3.59±0.02 ^a	0.63±0.07 ^a	32.9±0.15 ^b	0.75 ^b
ลูกแป้ง 2	3.64±0.01 ^a	0.51±0.02 ^a	31.5±0.05 ^b	0.75 ^b

หมายเหตุ ตัวอักษรภาษาอังกฤษที่ต่างกันในคอลัมน์เดียวกันแสดงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$)

ตารางที่ 5 คะแนนความชอบจากการทดสอบด้านประสาทสัมผัสของข้าวหมากจากหัวเชื้อในลูกแป้งที่แตกต่างกัน

ปัจจัยคุณภาพ	หัวเชื้อ		
	ลูกแป้งจากการวิจัย	ลูกแป้ง 1	ลูกแป้ง 2
สี	5.90±1.98 ^a	6.26±1.68 ^a	6.03±2.28 ^a
กลิ่นรส	5.76±2.12 ^a	6.10±2.15 ^a	5.70±2.13 ^a
รสชาติ	6.46±2.27 ^a	6.26±1.85 ^a	4.50±2.34 ^b
เนื้อสัมผัส	6.06±2.21 ^a	6.40±1.63 ^a	4.86±2.31 ^b
ความชอบโดยรวม	6.66±1.70 ^a	6.33±1.80 ^a	5.50±2.25 ^b

หมายเหตุ ตัวอักษรภาษาอังกฤษที่ที่แตกต่างกันในแนวนอนเดียวกันแสดงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$)

จากการเปรียบเทียบองค์ประกอบทางเคมีของข้าวหมากที่หมักจากข้าวเหนียวเขียว และข้าวเหนียวดำ ก่อน และหลังหมัก พบว่าข้าวหมากที่ผ่านการหมักทั้งสองพันธุ์มีองค์ประกอบทางเคมีเพิ่มมากขึ้น ส่วนคาร์โบไฮเดรตมีปริมาณลดลง โดยข้าวหมากที่หมักโดยใช้ข้าวเหนียวดำมีองค์ประกอบทางเคมีมากกว่าข้าวหมากที่หมักจากข้าวเหนียวเขียว โดยเฉพาะปริมาณของเส้นใยอาหารในข้าวเหนียวดำหลังการหมักเท่ากับร้อยละ 2.95 เมื่อเปรียบเทียบกับก่อนหมักที่มีปริมาณร้อยละ 1.84 (ตารางที่ 6) เนื่องจากการสร้างโพลีเมอร์โดยจุลินทรีย์ในลูกแป้งซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ อนุสรณ์ ทองใหญ่ และคณะ (2555) นอกจากนั้นจุลินทรีย์ในลูกแป้งจะสร้างเอนไซม์ในการสลายองค์ประกอบทางเคมีของข้าวทำให้สารพฤกษเคมี (Phytochemicals) รวมทั้งสารอาหารที่มีประโยชน์ที่พบในส่วนต่าง ๆ ของเมล็ดข้าวเพิ่มมากขึ้นทำให้ข้าวที่ผ่านการหมักมีคุณค่าทางโภชนาการสูงขึ้น (Zhai et al., 2015; Plaitho et al., 2013; Michela et al., 2019) นอกจากนั้นปริมาณสารอาหารเหล่านี้ยังขึ้นอยู่กับพันธุ์ และการขัดสีข้าว โดยพันธุ์ข้าวกล้องมีสีเข้มจะมีองค์ประกอบทางเคมีสูงกว่าข้าวที่มีการขัดสี (ปิ่นธิดา ณ ไธสง และคณะ, 2560)

ตารางที่ 6 องค์ประกอบทางเคมีของข้าวหมากก่อนและหลังการหมัก

ตัวอย่างข้าวหมาก	องค์ประกอบทางเคมีในข้าวหมาก (ร้อยละ)					
	โปรตีน	ไขมัน	คาร์โบไฮเดรต	เถ้า	ความชื้น	เส้นใย
ข้าวเหนียวเขียวก่อนหมัก	2.37±0.24 ^a	0.11±0.15 ^a	38.71±0.24 ^a	0.48±0.03 ^a	57.18±0.01 ^b	1.15±0.02 ^a
ข้าวเหนียวเขียวหลังหมัก	3.16±0.02 ^b	0.15±0.10 ^a	35.83±0.02 ^b	0.58±0.03 ^a	58.84±0.21 ^b	1.35±0.01 ^a
ข้าวเหนียวดำก่อนหมัก	3.01±0.01 ^b	0.98±0.01 ^b	39.41±0.01 ^b	0.55±0.04 ^a	54.21±0.11 ^a	1.84±0.21 ^b
ข้าวเหนียวดำหลังหมัก	3.68±0.04 ^c	1.21±0.01 ^c	35.97±0.01 ^a	0.73±0.12 ^b	55.10±0.21 ^a	2.95±0.32 ^c

หมายเหตุ ตัวอักษรภาษาอังกฤษที่แตกต่างกันในคอลัมน์เดียวกันแสดงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$)

จากการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของข้าวหมากจากข้าวมีสีพันธุ์ต่าง ๆ ของไทย พบว่ามีองค์ประกอบทางเคมีใกล้เคียงกัน (ตารางที่ 7) โดยพบว่า โปรตีนในข้าวจะมีปริมาณน้อยกว่าในธัญพืชชนิดอื่น และมีปริมาณแตกต่างกันขึ้นอยู่กับพันธุ์ข้าว ซึ่งพบในชั้นเปลือกหุ้มเมล็ด และเนื้อเมล็ดด้านนอกแทรกอยู่ระหว่างเมล็ดแบ่งโดยอาจทำให้เมล็ดแบ่งทำให้ไม่เสียรูปขณะพองตัวเมื่อได้รับความร้อนและ โมเลกุลของอะไมโลสซึมผ่านยากส่งผลต่อเนื้อสัมผัสของข้าวหุงสุก ซึ่งพบว่าในข้าวเหนียวจะมีปริมาณโปรตีนมากกว่าข้าวเจ้าซึ่งอาจเป็นไปได้ว่าเมื่อนำข้าวไปหุงสุกจะได้ข้าวที่มีความเหนียว และนุ่มมากกว่า (วาสิณี พงษ์ประยูร และอดิกร ปัญญา, 2559) นอกจากนี้ข้าวเหนียวจะมีปริมาณอะไมโลสต่ำกว่าข้าวเจ้า (Widiastuti et al., 2015) ดังนั้นข้าวหมากส่วนใหญ่จึงนิยมใช้ข้าวเหนียวมากกว่าข้าวเจ้าเนื่องจากข้าวหมากที่ได้จะมีความนิ่ม เนื้อสัมผัสไม่แข็งกระด้างเท่ากับข้าวเจ้า ส่วนไขมันพบมากบริเวณเยื่อหุ้มเมล็ด โดยกรดไขมันที่มีประโยชน์ที่พบในข้าวหมาก เช่น กรดแกมมาไลโนเลอิก (Gamma linolenic acid) และกรดไลโนเลอิก (Linoleic acid) เป็นต้น (Manosroi et al., 2011)

ตารางที่ 7 องค์ประกอบทางเคมีของข้าวหมากจากข้าวมีสีพันธุ์ต่าง ๆ

ตัวอย่างข้าวหมาก	องค์ประกอบทางเคมี (ร้อยละ)					
	โปรตีน	ไขมัน	คาร์โบไฮเดรต	เถ้า	ความชื้น	เส้นใย
ข้าวมะลิสี	3.58±0.21 ^a	0.18±0.31 ^a	36.40±0.54 ^a	0.85±0.02 ^b	56.21±0.05 ^b	2.78±0.04 ^a
ข้าวสุตบุตร	3.64±0.32 ^a	0.27±0.25 ^a	38.33±0.23 ^a	0.85±0.02 ^b	54.02±0.32 ^a	2.89±0.34 ^a
ข้าวหอมมะลิจักรพรรดิ	3.68±0.01 ^a	0.58±0.01 ^a	37.98±0.07 ^a	0.63±0.18 ^b	53.94±0.41 ^a	3.19±0.31 ^b
ข้าวไรซ์เบอร์รี่	3.50±0.07 ^a	0.89±0.01 ^a	37.96±0.02 ^a	0.41±0.02 ^b	55.03±0.21 ^a	2.21±0.14 ^a
ข้าวสังข์หยด	3.51±0.25 ^a	0.15±0.02 ^a	38.51±0.14 ^a	0.22±0.14 ^a	54.77±0.01 ^a	2.84±0.02 ^a
ข้าวทิพย์ชุมแพ	3.37±0.04 ^a	0.11±0.02 ^a	37.44±0.51 ^a	0.52±0.32 ^b	56.35±0.31 ^b	2.21±0.52 ^a
ข้าวก่ำดอย	3.74±0.25 ^a	0.07±1.05 ^a	37.76±0.02 ^a	0.35±0.24 ^a	55.54±0.02 ^a	2.54±0.21 ^a
ข้าวเหนียวแดง	3.59±0.02 ^a	0.12±1.01 ^a	37.10±0.05 ^a	0.89±0.02 ^a	56.28±0.04 ^b	2.02±0.32 ^a
ข้าวเหนียวดำหมอ	4.07±0.01 ^b	0.08±0.04 ^a	34.41±0.02 ^b	0.82±0.01 ^b	57.75±0.24 ^b	3.14±0.24 ^b
ข้าวเหนียวลิ้มผิว	4.87±0.02 ^b	0.56±0.02 ^a	31.18±0.31 ^b	0.32±0.01 ^a	59.10±0.21 ^b	3.97±0.01 ^b

หมายเหตุ ตัวอักษรภาษาอังกฤษที่แตกต่างกันในคอลัมน์เดียวกันแสดงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

$$(P \leq 0.05)$$

โดยทั่วไปข้าวมีสีอุดมด้วยสารต้านอนุมูลอิสระ (พรพาชื่น ชูเชิด และคณะ, 2560) เนื่องจากประกอบด้วยสารสีแอนโทไซยานินซึ่งเป็นสารประกอบฟีนอลชนิดหนึ่งในปริมาณสูงเช่น Cyaniding-3-glycoside และ Peonidin-3- glucoside (Chen et al., 2005) เป็นรงควัตถุที่ให้สีแดง ดำ หรือม่วง ซึ่งสะสมอยู่ในส่วนของเยื่อหุ้มเมล็ดของเมล็ดข้าวบริเวณเยื่อหุ้มเมล็ดชั้นนอกจนถึงเยื่อหุ้มเมล็ดชั้นใน (สัญชัย ยอดมณี, 2552)

องค์ความรู้ที่ได้จากงานวิจัยในการลูกแป้งจากแป้งข้าวเจ้าสำเร็จรูปได้ทำการเผยแพร่สู่ชุมชนซึ่งชุมชนได้นำไปต่อยอดในเชิงพาณิชย์ โดยการพัฒนาผลิตภัณฑ์ข้าวหมากสมุนไพรเพื่อสร้างรายได้ เช่น ข้าวหมากอัญชัน ข้าวหมากขมิ้น และข้าวหมากกระเจียว เป็นต้น (ภาพที่ 3)



ภาพที่ 3 การอบรมเชิงปฏิบัติการทำลูกแป้งจากแป้งข้าวเจ้าสำเร็จรูป ณ หมู่ 8 ตำบลคลองห้า อำเภอลองหลวง จังหวัดปทุมธานี

สรุป

จากผลการทดลอง พบว่า อัตราส่วนของน้ำต่อแป้งข้าวเจ้าที่มีความเหมาะสมมากที่สุดคือ 85 ต่อ 100 ซึ่งจะได้ลูกแป้งที่มีลักษณะทางกายภาพที่ดีที่สุด จากการศึกษาตัวอย่างสูตรลูกแป้งจำนวน 5 สูตร ที่มีชนิดและ ปริมาณสมุนไพรที่แตกต่างกันในการทำข้าวหมากข้าวเหนียวดำ พบว่า ข้าวหมากจากลูกแป้งทุกสูตรมีค่าความเป็นกรด-ด่าง และปริมาณกรดทั้งหมดในรูปกรดแล็กติกมีค่าไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยมีปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ทั้งหมดอยู่ในช่วง 34.91-37.71 องศาบริกซ์ และมีแอลกอฮอล์อยู่ในช่วงร้อยละ 0.55-0.85 โดยสูตร 1 มีคะแนนความชอบโดยรวมมากที่สุดคือ 6.90 ผลการศึกษาชนิดหัวเชื้อของลูกแป้งในการทำข้าวหมาก พบว่า ข้าวหมากที่ใช้หัวเชื้อลูกแป้งในแต่ละแหล่งมีค่าความเป็นกรด-ด่างและปริมาณทั้งหมดไม่แตกต่างกันทางสถิติ แต่ข้าวหมากที่ใช้หัวเชื้อลูกแป้งจากเชื้อบริสุทธิ์ที่ได้จากการศึกษามีปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ 36.6 องศาบริกซ์ และมีปริมาณแอลกอฮอล์ร้อยละ 0.4 ซึ่งมีค่าไม่เกินมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน และมีความชอบโดยรวมมากที่สุดคือ 6.66 จากการเปรียบเทียบองค์ประกอบทางเคมีของข้าวหมากที่หมักจากข้าวเหนียวเขี้ยวงู และข้าวเหนียวดำก่อน และหลังหมัก พบว่า ข้าวที่ผ่านการหมักทั้งสองพันธุ์มีองค์ประกอบทางเคมีเพิ่มมากขึ้น โดยข้าวหมากที่หมักโดยใช้ข้าวเหนียวดำมีองค์ประกอบทางเคมีมากกว่าข้าวหมากที่หมักจากข้าวเหนียวเขี้ยวงู ส่วนการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของข้าวหมากที่หมักจากข้าวมีสีพันธุ์ต่าง ๆ พบว่ามีค่าใกล้เคียงกัน

เอกสารอ้างอิง

- คณิต วิชิตพันธุ์. (2548). **การวิเคราะห์ปริมาณแอลกอฮอล์**. เอกสารประกอบการสัมมนาเรื่องหลัก และเทคนิค
เหมาะสมในกระบวนการผลิตสุรากลั่นจากข้าว. ขอนแก่น.
- จิตพัฒน์ สมบัติโต, จิตตะวัน กุโบลา, เพียรพรรณ สุทะโคตร, กลมพร สิทธิไตรย์, อมรัตน์ นะรานรัมย์, และ
สุนันท์ ช่อมแก้ว. (2562). การศึกษาการผลิตข้าวหมากจากข้าวเหนียวดำโดยใช้ลูกแป้งข้าว
หมากจากแหล่งต่าง ๆ ในจังหวัดบุรีรัมย์. **การเกษตรราชภัฏ**, 18(1), 47-55.
- จิราภรณ์ ยอดเลื่อน. (2554). **การพัฒนาเครื่องดื่มน้ำข้าวหมาก**. (วิทยานิพนธ์ปริญญาโทบริหารธุรกิจ).
กรุงเทพฯ: มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- นันทิยา พนมจันทร์, และวิจิตรา อมรรวิริยะชัย. (2554). ความหลากหลายทางพันธุกรรมของข้าวพันธุ์พื้นเมือง
บริเวณลุ่มน้ำ ทะเลน้อย จังหวัดพัทลุง โดยใช้ลักษณะทางสัณฐานวิทยาของเมล็ด. **วารสารหาดใหญ่
วิชาการ**, 9(1), 25-31.
- นภา โล่ห์ทอง. (2535). **กล้าเชื้ออาหารหมักและเทคโนโลยีการผลิต**. กรุงเทพฯ: พันธุ์ พับลิชชิ่ง.
- ปราโมทย์ ธรรมรัตน์. (2533). **การควบคุมขบวนการหมักสาขารวมและสาแดง**. ใน การสัมมนา และควบคุมการ
หมักและการวิเคราะห์เครื่องดื่มที่มีแอลกอฮอล์กรรมสรรมิต. กรุงเทพฯ: กระทรวงการคลัง.
- ปิ่นธิดา ณ ไธสง, สุวิมล กะตาคูล, จิตรัตน์ โตกมลธรรม, และณัฐธิดา ทวีสง. (2560). การวิเคราะห์หา
องค์ประกอบทางเคมีและสารต้านอนุมูลอิสระของข้าวพันธุ์พื้นเมืองใน หมู่บ้านทิพเย อำเภอนาทอง
จังหวัด กาญจนบุรี. **วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี**, 25(5), 805-812.
- พรพาสัน ชูเชิด, ศิริพร เรียบร้อย คิม, และอัญชนีย์ อุทัย พัฒนาชีพ. (2560). การเปรียบเทียบปริมาณ
สารสำคัญในข้าวเหนียวดำ 6 สายพันธุ์. **วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มทร. รัตนบุรี**, 7(2),
271-279.
- พิมพ์เพ็ญ พรเฉลิมพงศ์, และนิธิตา รัตนปนนท์. (2563). **ลูกแป้ง**. สืบค้นจาก
<http://www.foodnetworksolution.com>.
- วาสนี พงษ์ประยูร, และอดิกร ปัญญา. (2559). **ลักษณะทางสัณฐานวิทยา กายวิภาคศาสตร์และคุณค่าทาง
โภชนาการของเมล็ด ข้าวขึ้นน้ำและข้าวน้ำลึกในภาคตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศไทย**. (รายงานการวิจัย).
ชลบุรี: มหาวิทยาลัยบูรพา.
- สิรินทรเทพ ภักดีศุภผล. (2523). **การหมักข้าวหมากด้วยเชื้อบริสุทธิ์**. กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์
มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
- สุมลลิกา โมรากุล. (2545). **การพัฒนากรรมวิธีการผลิตไวน์ข้าว**. (วิทยานิพนธ์ปริญญาโทบริหารธุรกิจ).
กรุงเทพฯมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

- สัญญาชัย ยอดมณี. (2552). **คุณภาพของข้าวพื้นเมืองมีสีภาคใต้ของประเทศไทย**. (วิทยานิพนธ์ปริญญา
มหาบัณฑิต). สงขลา: มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์.
- สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม. (2546). **มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนข้าวหอม**. สืบค้นจาก
http://158.108.94.117/koha_ku/opac-detail.php?bib=4154&ans=%E0%B8%A1%E0%B8%9C%E0%B8%8A.162%2F2546&img=
- อรอน จันทรประสาทสุข. (2559). **การคัดแยกและจำแนกจุลินทรีย์จากลูกแบ่งเป็นกล้าเชื้อ สำหรับการผลิต
ผลิตภัณฑ์ข้าวหมัก**. (รายงานการวิจัย). ชลบุรี: มหาวิทยาลัยบูรพา.
- อนุสรณ์ ทองใหญ่, ศิริพร เรียบร้อย, ศุภศิลา มณีรัตน์, นื่องนuch ศิริวงศ์, และสิริพันธุ์ จุลรังคะ. (2555).
**การเปลี่ยนแปลงคุณลักษณะทางเคมีฟิสิกส์และประสาทสัมผัสระหว่างการหมักข้าวหอมจากข้าว
เหนียวดำ**. การประชุมทางวิชาการของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 50 (หน้า 82-89). กรุงเทพฯ:
มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- อรุณ ชาญชัยเขารวิวัฒน์, ณัฐดนัย สิงห์คสิวรรณ, และสุวินัย เกิดทับทิม. (2560). **การสร้างตูบมลูกแบ่งและ
การแปรรูปกัมมีเยลลี่จากข้าวหอมผสมสมุนไพร เพื่อเป็นขนมเพิ่มคุณค่าทางโภชนาการและใช้เป็น
ผลิตภัณฑ์ชุมชน**. (รายงานการวิจัย). กรุงเทพฯ: มหาวิทยาลัยราชภัฏบ้านสมเด็จเจ้าพระยา.
- อรุณ ชาญชัยเขารวิวัฒน์, และสุชารัตน์ เกาะแก้ง. (2556). การยับยั้งแบคทีเรียก่อโรคทางเดินอาหารด้วยสาร
สกัดสมุนไพรที่ใช้ในการทำลูกแบ่งข้าวหอม. **วารสารวิจัย มสส (วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี)**, 6(2),
11-25.
- AOAC (Association of official Analytical Chemists). (1990). **Official Methods of Analysis**.
Association of Official Analytical Chemists, Arlington. VA.
- Benjakil, S., Seymour T.A., Morrissey M.T. & An H. (1997). Physicochemical changes in Pacific
whiting muscle proteins during iced storage. **Journal of Food Science**, 62, 729-733.
- Blandino, A., Al-Aseeri M.E., Pandiella S.S., Cantero D. & Webb C. (2003). Cereal-based
fermented foods and beverages. **Food Research International**, 36, 527-543.
- Chen, N., Chu, S.C., Chiou, H.L., Chiang, C.L., Yang, S.F., & Hsieh, Y.S. (2005). Cyanidin 3-glucoside
and peonidin 3-glucoside inhibit tumor cell growth and induce apoptosis in vitro and
suppress tumor growth in vivo. **Nutrition and Cancer**, 53, 232-243.
- Dung, N.T.P., Rombouts, F.M., & Nout, M.J.R. (2005). Functionality of selected strains of moulds
and yeasts from Vietnamese rice wine starters. **Food Microbiology**, 23, 331-340.
- Plaitho, Y., Kangsadalampai, K., & Sukprasansap, M. (2013). The protective effect of Thai
fermented pigmented rice on urethane induced somatic mutation and recombination
in *Drosophila melanogaster*. **Journal of Medicinal Plant Research**, 7, 98-91

- Manosroi, A., Ruksiriwanich W., Kietthankorn B., Manosroi W., & Manosroi J. (2011). Relationship between biological activities and bioactive compounds in the fermented rice sap. **Food Research International**, 44, 2757-2765.
- Michela, V., Carlo, G.R., & Rossana, C. (2019). Fermentation Biotechnology Applied to Cereal Industry By-Products: Nutritional and Functional Insights. **Frontiers in Nutrition**, 6(42), 1-13.
- Sutharut, J., & Sudarat, J. (2012). Total anthocyanin content and antioxidant activity of germinated colored rice. **International Food Research Journal**, 19(1), 215-221.
- Tian, S., Nakamura, K., & Kayahara, H. (2004). Analysis of phenolic compounds in white rice, brown rice, and germinated brown rice. **Journal Agricultural and Food Chemistry**, 52, 4808-4813.
- Watts, B. M., Yumaki, C. L., Jeffery, L. E., & Elais, L. G. (1989). **Basic sensory methods for food evalution**. The International Development Research Centre. Ottawa: Canada.
- Widiastuti, S., Nikmatul, H., Irfan, E.S., & Miguel, P.L. (2015). **Study of Glutinous and Non-Glutinous Rice (Oryza Sativa) Varieties on Their Antioxidant Compounds**. In International Conference on Plant, Marine and Environmental Sciences (PMES-2015) (page 27-31), Kuala Lumpur: Malaysia.
- Yawadio, R., Tanimori, S., & Morita, N. (2007). Identification of phenolic compounds isolated from pigmented rices and their aldose reductase inhibitory activities. **Food Chemistry**, 101(4), 1616-1625.
- Zhou, Z., Robards, K., Helliwelland, S., & Blanchard, C. (2004). The distribution of phenolic acids in rice. **Food Chemistry**, 87, 401-406.
- Zhai, F.H., Wang, Q., & Han, J.R. (2015). Nutritional components and antioxidant properties of seven kinds of cereals fermented by the basidiomycete *Agaricus blazei*. **Journal of Cereal Science**, 65, 202-208.
- Zoecklein, B.W., Fugelsang, K.C., Gump, B. H., & Nury, F.S. (1995). **Wine Analysis and Production**. New York: Chapman & Hall.