การศึกษาการผลิตข้าวหมากจากข้าวเหนียวดำโดยการใช้ลูกแป้งข้าวหมากจากแหล่งต่างๆในจังหวัดบุรีรัมย์

Study on Production of Sweet Fermented Rice (Khao-Mak) from Black Glutinous Rice using Look Pang Varieties in Buriram

จตุพัฒน์ สมัปปิโต[1*] จิตตะวัน กุโบลา[1] เพียรพรรณ สุภะโคตร[1] กลมพร สิทธิไตรย์[1] อมรรัตน์ นะรานรัมย์[1] และ สุวนันท์ ซ่อมแก้ว[1]

Jatupat Samappito[1*] Jittawan Kubola[1] Pianpan Supakot[1] Kamonporn Sitthitrai[1] Amonrat Naranram[1] and Suwanun Somgaw[1]

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาการผลิตข้าวหมากจากข้าวเหนียวดำ โดยใช้ลูกแป้งข้าวหมากพื้นเมือง 5 ตัวอย่างจากแหล่งผลิตในพื้นที่จังหวัดบุรีรัมย์ ได้แก่ อำเภอเมือง (M) อำเภอกระสัง (K) อำเภอลำปลายมาศ (L) อำเภอพุทไธสง (PS) และอำเภอประโคนชัย (P) ผลการวิจัยพบว่าข้าวหมากทุกสูตรมีค่า b* ไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) ในขณะที่ค่าเฉลี่ย L* มีค่าอยู่ระหว่าง 11.79-14.17 และค่าเฉลี่ย a* มีค่าระหว่าง 4.42-5.54 ค่าความแข็งของข้าวหมากแต่ละสูตร มีค่าอยู่ในช่วง 20.92-39.71 N แต่ข้าวหมากที่ผลิตจากลูกแป้งอำเภอลำปลายมาศมีค่าความแข็งน้อยที่สุด ($p\leq0.05$) ข้าวหมากทุกสูตรมีค่าความเป็นกรด-ด่างอยู่ในช่วง 4.53-4.85 และปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมดมีค่าอยู่ในช่วง 37.67-40.50°Brix ซึ่งไม่เกินเกณฑ์มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน (มผช.) ของข้าวหมากตามประกาศเลขที่ 162/2546 โดยปริมาณแอนโทไซยานินและกิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระของข้าวหมากที่ผลิตจากลูกแป้งอำเภอเมืองมีค่าสูงที่สุด ซึ่งมีค่าแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p\leq0.05$) เมื่อเทียบกับข้าวหมากสูตรอื่น ผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสของ ข้าวหมากด้วยวิธี 9-point hedonic scale พบว่าข้าวหมากทุกสูตรได้รับการยอมรับด้านสี กลิ่น รสชาติ เนื้อสัมผัส และความชอบโดยรวมสูงในระดับ 6-7 ($p>0.05$) ดังนั้นข้าวหมากข้าวเหนียวดำที่ผลิตจากลูกแป้ง ข้าวหมากจากแหล่งต่างๆ ในจังหวัดบุรีรัมย์สามารถเป็นผลิตภัณฑ์ใหม่ที่มีประโยชน์ต่อสุขภาพได้ในอนาคต

คำสำคัญ: ข้าวหมาก, ลูกแป้ง, ข้าวเหนียวดำ, สารต้านอนุมูลอิสระ

[1] สาขาวิชาวิทยาศาสตร์การอาหาร คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏบุรีรัมย์ 31000

[1] Department of Food Science, Faculty of Science, Buriram Rajabhat University 31000

*Corresponding author: jatupatmsu@hotmail.com

Abstract

This study was aimed to study the production of sweet fermented rice (Khao-Mak) from black glutinous rice. Five indigenous Look Pang samples were collected from various sources in Buriram provinces including: Muang District (M), Krasang District (K), Lam Plai Mat District (L), Phutthaisong District (PS) and Prakhon Chai District (P). The results showed that all treatments had no significant effect on the b* value, mean L* values ranging from 11.79 to 14.17 and mean a* values ranging from 4.42 to 5.54. The hardness of all sweet fermented rice were in the range of 20.92 to 39.71 N, while black glutinous rice inoculated with Look Pang L exhibited the lowest hardness ($p \leq 0.05$). All products had a pH of 4.53-4.85 and total soluble solids ranged from 37.67 to 40.50 °Brix under the community standard 162/2546. The anthocyanin content and antioxidant activity in sweet fermented rice produced with Look Pang M was the highest; also it was significantly different ($p \leq 0.05$) with the others. Sensory evaluation using 9-point hedonic scales showed that all sweet fermented rice revealed acceptable scores in color, aroma, taste, texture and overall liking ranged from 6 to 7 ($p > 0.05$). In conclusion, the Khao-Mak from black glutinous rice which produced with Look Pang varieties in Buriram from this research could be a new healthy product in the future.

Keywords: Khao-Mak, Look Pang, Black Glutinous Rice, Antioxidants

บทนำ

ข้าวเหนียวเป็นอาหารหลักของคนไทยที่บริโภครองจากข้าวเจ้า โดยเฉพาะคนไทยในภาคเหนือและภาคตะวันออกเฉียงเหนือ นอกจากนี้ข้าวเหนียวยังมีการนำมาทำขนมหวาน ส่วนมากนิยมใช้เป็นข้าวเหนียวขาว เพราะจะมีเนื้อสัมผัสที่อ่อนนุ่ม เหนียว แต่ในปัจจุบันผู้บริโภคให้ความใส่ใจในการดูแลสุขภาพเพิ่มมากขึ้น จึงหันมาสนใจผลิตภัณฑ์ที่มีประโยชน์ต่อสุขภาพ เช่น ข้าวเหนียวดำ (*Oryza sativa L.*) เป็นข้าวที่มีลักษณะเดน คือเปลือกหุ้มเมล็ดเปนสีแดงจนถึงมวงเข่ม ซึ่งเป็นแหล่งของสารในกลุ่มฟลาโวนอยด์ โดยเฉพาะอย่างยิ่งสารแอนโทไซยานิน (anthocyanin) สารดังกล่าวมีคุณสมบัติเป็นสารต้านอนุมูลอิสระ (พรพาชื่น และคณะ, 2560) มีคุณสมบัติในการต่านการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชัน (antioxidant) ชวยการหมุนเวียนของกระแสโลหิต และชะลอการเสื่อมของเซลลรางกาย ซึ่งมีประโยชน์ต่อสุขภาพ (ขนิษฐา และคณะ, 2557) และยังมีรายงานวาแอนโทไซยานินเปนสารที่มีคุณสมบัติตานมะเร็งทำใหเซลลในรางกายทำงานไดอยางมีประสิทธิภาพ ปองกันการเกิดโรคความดันโลหิตสูง โรคเบาหวาน และโรคหัวใจ ลดการอักเสบของผิวหนัง ลดริ้วรอยทำใหผิวพรรณสดใส และทำใหเซลลสมองทำงานได้ (ชอแกว และคณะ, 2554)

ข้าวหมากเป็นอาหารพื้นบ้านประเภทอาหารหวานของไทยที่มีมาแต่โบราณ มีลักษณะเป็นข้าวเหนียวหมักที่มีรสหวานให้กลิ่นและรสชาติที่พิเศษของแอลกอฮอล์และกรดแลคติก ข้าวหมากจะผลิตโดยการหมัก ข้าวเหนียวกับลูกแป้ง ซึ่งลูกแป้งจะเป็นแหล่งของ

ยีสต์ (*Saccharomyces cerevisiae* and *Candida* species) และรา (*Aspergillus* species, *Rhizopus* species and *Mucor* species) (Manosroi et al., 2011; Mongkontanawat and Lertnimitmongkol, 2015) โดยราจะทำหน้าที่ในการย่อยสลายแป้งให้เป็นน้ำตาล ยีสต์ เปลี่ยนน้ำตาลในบางส่วนให้กลายเป็นแอลกอฮอล์ ในระหว่างกระบวนการหมักข้าวหมากจะมีแบคทีเรียกรดแลคติคสร้างกรดที่ทำให้ข้าวหมากมีรสเปรี้ยวและมีค่าความเป็นกรดด่างที่ต่ำลง ในปัจจุบันได้มีการนำข้าวเหนียวดำมาผสมกับข้าวเหนียวขาวเพื่อผลิตเป็นข้าวหมาก เพราะในข้าวเหนียวดำมีสารพฤกษเคมี (phytochemicals) ที่มีประโยชน์

ลูกแป้ง ถือได้ว่าเป็นกล้าเชื้อจุลินทรีย์ (inoculum) ที่เก็บในรูปของเชื้อแห้ง เพื่อใช้ในการผลิตอาหารหมักของประเทศในแถบเอเชียหลายประเทศ การผลิตและใช้ลูกแป้งมีกำเนิดมาจากประเทศจีนและถ่ายทอดไปยังประเทศเพื่อนบ้านรวมทั้งไทยด้วย กล้าเชื้อของแต่ละที่ก็จะมีชื่อเรียกที่แตกต่างกันออกไป แต่มีการใช้ประโยชน์คล้ายกันคือการหมักที่มีกิจกรรมการเปลี่ยนแปลงในวัตถุดิบให้เป็นน้ำตาลเพื่อผลิตอาหารหมักประเภทข้าวหมาก กระแช่ สาโท หรืออุ ลูกแป้งมีหลายชนิด ได้แก่ ลูกแป้งข้าวหมาก ลูกแป้งเหล้า ลูกแป้งน้ำส้มสายชู และลูกแป้งเทมเป้ เป็นต้น สำรับลูกแป้งข้าวหมาก (Look Pang-Khaomak) ตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน (มผช.) หมายถึง ลูกแปงขาวหมาก หมายถึง ลูกแปงที่เปนแหลงของกลาเชื้อราและยีสตที่เหมาะสมโดยการเติมสมุนไพรบางชนิด เมื่อนำมาหมมักกับข้าวเหนียวนึ่งแลวสามารถทำใหเกิดน้ำตาลและ แอลกอฮอลหรือลูกแป้งข้าวหมากก็คือแป้งเชื้อที่เป็นแหล่งของจุลินทรีย์ ซึ่งมีเอนไซม์ในการหมักข้าวเหนียวนึ่งให้นุ่มและมีรสหวาน การทำลูกแป้งข้าวหมากจึงเป็นการเพาะเลี้ยงเชื้อ และขยายพันธุ์เชื้อจุลินทรีย์ที่มีอยู่ในลูกแป้งข้าวหมาก เช่น รา และยีสต์ ซึ่งอาจอยู่ในรูปสปอร์และเซลล์ (เปมิกา, 2547) คุณภาพของลูกแป้งข้าวหมากมีความหลากหลายขึ้นอยู่กับวัตถุดิบและกรรมวิธีการในการผลิต ซึ่งส่งผลให้ข้าวหมากที่ผลิตได้ในแต่พื้นที่มีลักษณะสี กลิ่น และรสชาติที่แตกต่างกัน ดังนั้น ลูกแป้งข้าวหมากจึงมีความสำคัญต่อคุณภาพของผลิตภัณฑ์ข้าวหมากเป็นอย่างมาก ในการศึกษาครั้งนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อตรวจสอบคุณสมบัติทางกายภาพ เคมี และประสาทสัมผัสของข้าวหมากที่ผลิตจากข้าวเหนียวดำโดยการใช้ลูกแป้งข้าวหมากจากแหล่งต่างๆ ในจังหวัดบุรีรัมย์

วิธีการวิจัย

วัตถุดิบและอุปกรณ์ที่ใช้ในการวิจัย

ข้าวเหนียวดำซื้อจากร้านจำหน่ายข้าวสารในตลาดสดอำเภอเมือง จังหวัดบุรีรัมย์ ส่วนลูกแป้งข้าวหมาก ทำการจัดซื้อมาจากตลาดสดในเขตอำเภอต่างๆ ในจังหวัดบุรีรัมย์ จำนวน 5 อำเภอ คือ อำเภอกระสัง อำเภอเมือง อำเภอลำปลายมาศ อำเภอพุทไธสง และอำเภอประโคนชัย เก็บลูกแป้งข้าวหมากในถุงซิปล็อคเพื่อป้องกันความชื้น และทำการเก็บรักษาลูกแป้งข้าวหมากไว้ที่อุณหภูมิห้องจนกระทั่งนำมาทำวิจัย

กระบวนการทำข้าวหมากจากข้าวเหนียวดำ

โดยทำการศึกษาแหล่งของลูกแป้งข้าวหมากจำนวน 5 แหล่ง คือ ลูกแป้งจากอำเภอเมือง อำเภอกระสัง อำเภอลำปลายมาศ อำเภอพุทไธสง และอำเภอประโคนชัย มาใช้ในการผลิตข้าวหมากจากข้าวเหนียวดำ ซึ่งมีกระบวนการทำดังนี้ นำข้าวเหนียวดำดิบ 1 กิโลกรัม มาล้างให้สะอาด 2-3 ครั้ง แช่น้ำร้อนทิ้งไว้ 15 ชั่วโมง นำข้าวเหนียวดำที่แช่ไว้ใส่หวด นำไปนึ่งให้สุก ใช้เวลาประมาณ 75 นาที ตรวจดูว่าข้าวเหนียวดำสุกทั่วกันและไม่เป็นไตแข็ง จากนั้นนำข้าวเหนียวดำที่สุกแล้วใส่ถาดเพื่อพักข้าวเหนียวดำให้เย็นลง จากนั้นเตรียมลูกแป้งข้าวหมากโดยนำลูกแป้งข้าวหมากของแต่ละอำเภอมาบดให้ละเอียด แล้วนำลูกแป้งข้าวหมาก (ร้อยละ 0.2) มาโรยบนข้าวเหนียวดำสุกพร้อมกับคลุกเคล้าให้เข้ากัน แบ่งบรรจุในกระปุกพลาสติกที่มีฝาปิดมิดชิดประมาณ 3/4 ส่วน นำไปหมักไว้ที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 4 วัน จะได้ข้าวหมากข้าวเหนียวดำ นำไปใช้ในการทดลองต่อไป

การทดสอบคุณภาพทางกายภาพและทางเคมีของข้าวหมากข้าวเหนียวดำ

การวิเคราะห์ค่าสี ด้วยเครื่อง Hunter Lab รุ่น ColorFlex Ez 45/0 L (Hunter Associates

Laboratory; USA) โดยค่า L^* คือค่า ความสว่าง a^* คือค่าเป็นสีแดง และ b^* คือ ค่าเป็นสีเหลือง

การวิเคราะห์ลักษณะด้านเนื้อสัมผัสเตรียมตัวอย่างข้าวหมากปริมาณ 30 กรัม มาวิเคราะห์ค่าความแข็ง (hardness) ดังแปลงมาจากวิธี Li และคณะ (2016) ด้วยเครื่อง Texture Analyzer รุ่น CT3 (Brookfield Ametek; UK) โดยใช้หัววัดชนิด cylinder probe ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 38 มิลลิเมตร

วิเคราะห์หาปริมาณของแข็งที่ละลายได้เปอร์เซ็นต์โดยใช้ pocket refractometer ยี่ห้อ ATAGO

การตรวจวัดค่าความเป็นกรด-ด่าง นำตัวอย่างข้าวหมากมาบดให้ละเอียดแล้วตั้งทิ้งไว้ให้ตัวข้าวตกตะกอน ทำการหาค่าความเป็นกรด-ด่างด้วยเครื่อง pH meter จุ่มลงในตัวอย่างข้าวหมาก และอ่านค่าที่ได้โดยปรับค่ามาตรฐานในการวัดแต่ละครั้งด้วยสารละลายมาตรฐานที่มีความเป็นกรด-ด่างเท่ากับ 4.00 และ 7.00 ตามลำดับ

วิเคราะห์ปริมาณสารแอนโทไซยานินทั้งหมด (Total Monomeric Anthocyanin) ด้วยวิธี pH-Differential (Lee et al., 2005) บัฟเฟอร์ที่ใช้คือ บัฟเฟอร์ pH 1.0 (potassium chloride buffer, 0.025 M) และ บัฟเฟอร์ pH 4.5 (sodium acetate, 0.4 M) ทำการวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 520 และ 700 nm ด้วยเครื่องสเปกโตรโฟโตมิเตอร์ จากนั้นคำนวณหาปริมาณแอนโทไซยานินของตัวอย่างในรูป cyanidin-3-glucoside

วัดปริมาณสารต้านอนุมูลอิสระ โดยวิธีการทดสอบความสามารถในการดักจับอนุมูลอิสระ DPPH (2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl (DPPH) radical scavenging capacity assay) โดยสกัดตัวอย่างในสารละลายเอทานอลร้อยละ 80 ทำปฏิกิริยากับสารละลาย 10 μM DPPH ตั้งทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้อง เป็นเวลา 30 นาที นำไปวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 515 nm ด้วยเครื่องสเปกโตรโฟโตมิเตอร์ และคำนวณหาค่า %inhibition = (A control-A sample / A control) ×100 (เฉลิม และคณะ, 2559)

การทดสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัส

นำผลิตภัณฑ์ข้าวหมากจากข้าวเหนียวดำทั้ง 5 สูตร มาวัดคุณภาพทางประสาทสัมผัสในด้านต่างๆ คือ สี กลิ่น รสชาติ ลักษณะเนื้อสัมผัส (มผช. 162/2546) (สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม, 2546) และความชอบโดยรวมของผลิตภัณฑ์ ใช้ผู้ทดสอบชิม ที่ไม่ผ่านการฝึกฝนจำนวน 30 คน โดยใช้วิธีการทดสอบแบบให้คะแนนความชอบ 9 point hedonic scale (1 = ไม่ชอบมากที่สุด 9 = ชอบมากที่สุด)

การวิเคราะห์ทางสถิติ

การวัดทดสอบคุณภาพทางกายภาพและทางเคมี วางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (Completely Randomized Design, CRD) ส่วนการทดสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัส วางแผนการทดสอบชิมแบบสุ่มบล็อกสมบูรณ์ (Randomized Complete Block Design, RCBD) ผลการวิเคราะห์แสดงในรูปของค่าเฉลี่ย$\pm$ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (mean±SD) ทดสอบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยที่ได้จากแต่ละการศึกษาด้วย one-way ANOVA และ Duncan Multiple Range Test ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 โดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป SPSS ข้อมูลที่ได้ทั้งหมดมาจากการทดลอง 3 ซ้ำ

ผลการวิจัยและวิจารณ์ผล

จากการผลิตข้าวหมากจากข้าวเหนียวดำ โดยใช้ลูกแป้งข้าวหมากจากแหล่งต่างๆ ในจังหวัดบุรีรัมย์ คือลูกแป้งจากอำเภอเมือง (M) อำเภอกระสัง (K) อำเภอลำปลายมาศ (L) อำเภอพุทไธสง (PS) และอำเภอประโคนชัย (P) จากนั้นนำมาตรวจสอบคุณภาพทางกายภาพทางเคมี และทางประสาทสัมผัส ได้ผลการวิจัยดังต่อไปนี้

คุณสมบัติด้านสีของข้าวหมากจากข้าวเหนียวดำตรวจสอบด้วยระบบค่าสีมาตรฐาน L*, a*, b* เมื่อ L* คือค่าความสว่าง (0 มืด และ 100 สว่าง) a* คือ แดง-เขียว (+สีแดง และ -สีเขียว) และ b* คือ เหลือง - น้ำเงิน (+สีเหลือง และ-สีน้ำเงิน) จากการศึกษาพบว่าข้าวหมากจากข้าวเหนียวดำมีค่า L* อยู่ในช่วง 11.79 ถึง 14.17 ซึ่งมีค่าเข้าใกล้ 0 แสดงว่าตัวอย่างมีความสว่างน้อย มีค่า a* อยู่ในช่วง 4.42 ถึง 5.54 ซึ่งมีค่าเป็นบวกแสดงว่าตัวอย่างมีความเป็นสีแดง และค่า b* อยู่ในช่วง 0.77 ถึง 1.11 ซึ่ง

มีค่าบวก แสดงว่าตัวอย่าง ข้าวหมากมีความเป็นสีเหลืองเล็กน้อย (ตารางที่ 1) โดยข้าวหมากจากข้าวเหนียวดำในแต่ละสูตรที่ผลิตโดยใช้ ลูกแป้งจากแหล่งต่างๆในจังหวัดบุรีรัมย์มีทิศทางที่ค่าความสว่างลดลง มีสีเหลืองเพียงเล็กน้อย และมีสีค่อนไปทางสีแดง เพราะว่าในเยื่อหุ้มเมล็ดข้าวเหนียวดำมีรงควัตถุจำพวกแอนโทไซยานินที่ให้สารสีแดงจนถึงม่วงเข้ม (พรพาชื่น และคณะ, 2560) ซึ่งเป็นรงควัตถุที่ละลายน้ำได้ ไม่เสถียร ปัจจัยที่มีผลต่อสีของแอนโทไซยานิน คือ ความเป็นกรด-ด่าง เมื่อความเป็นกรด-ด่างเป็นกรดมีสีแดง แอนโทไซยานินจึงเป็นองค์ประกอบที่มีอิทธิพลต่อ สีของข้าวหมากจากข้าวเหนียวดำ

สำหรับค่าความแข็ง (hardness) ของข้าวหมากจากข้าวเหนียวดำ พบว่าค่าความแข็งของข้าวหมากจากข้าวเหนียวดำมีค่าแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) โดยมีอยู่ระหว่าง 20.92-39.71 N โดยลักษณะเนื้อสัมผัสเป็นคุณสมบัติหนึ่งของข้าวหมากที่กำหนดในมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน (มผช.) ข้าวหมาก ซึ่งลักษณะเนื้อสัมผัสของข้าวหมากต่องนุมและไมเปนไตแข็ง โดยสามารถอธิบายถึงลักษณะเนื้อสัมผัสของข้าวหมากได้โดยการวัดค่าความแข็ง โดยผลการทดลองพบว่าข้าวหมากจากข้าวเหนียวดำที่ผลิตโดยใช้ลูกแป้งข้าวหมากจากอำเภอเมือง มีค่าความแข็งมากที่สุด เท่ากับ 39.71 N รองลงมาคือข้าวหมากจากข้าวเหนียวดำที่ผลิตโดยใช้ลูกแป้งข้าวหมากจากอำเภอกระสัง อำเภอพุทไธสง อำเภอประโคนชัย ซึ่งมีค่าเท่ากับ 36.71 N 34.87 N และ 33.52 N ตามลำดับ โดยข้าวหมากจากข้าวเหนียวดำที่ผลิตโดยใช้ลูกแป้งข้าวหมากจากอำเภอ ลำปลายมาศ มีค่าความแข็งน้อยที่สุด เท่ากับ 20.92 N แสดงว่าข้าวเหนียวดำที่ผลิตโดยใช้ลูกแป้งข้าวหมากจากอำเภอลำปลายมาศมีความนุ่มมากกว่าข้าวหมากสูตรอื่นๆ

ตารางที่ 1 ค่าสี และค่าความแข็งของข้าวหมากจากข้าวเหนียวดำที่ผลิตโดยใช้ลูกแป้งจากแหล่งต่างๆ ในจังหวัดบุรีรัมย์

สิ่งทดลอง	ค่าสี			ค่าความแข็ง (N)
	L*	a*	b* ^{ns}	
M	12.86^{ab} ± 1.74	4.97^{abc} ± 0.72	1.11 ± 0.70	39.71^{a} ± 0.33
K	13.26^{ab} ± 1.25	4.78^{bc} ± 0.17	0.99 ± 0.08	36.71^{b} ± 0.01
L	11.79^{b} ± 1.92	5.54^{a} ± 0.73	1.01 ± 0.62	20.92^{e} ± 0.06
PS	14.17^{a} ± 0.74	4.42^{c} ± 1.02	0.77 ± 0.80	34.87^{c} ± 0.02
P	12.68^{ab} ± 1.90	5.25^{ab} ± 0.74	0.93 ± 0.74	33.52^{d} ± 0.08

หมายเหตุ ตัวอักษร $^{a\ b\ c}$ หมายถึง ค่าเฉลี่ยที่มีตัวอักษรแตกต่างกันในแนวตั้ง มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$)
ตัวอักษร ^{ns} หมายถึง ค่าเฉลี่ยในแนวตั้ง มีค่าไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$)
ตัวอักษร M K L PS และ P แทน ข้าวหมากจากข้าวเหนียวดำที่ผลิตโดยใช้ลูกแป้งข้าวหมากจากอำเภอเมือง อำเภอกระสัง อำเภอลำปลายมาศ อำเภอพุทไธสง และอำเภอประโคนชัย ตามลำดับ

สำหรับค่าความเป็นกรด-ด่างของข้าวหมากจากข้าวเหนียวดำที่ผลิตโดยใช้ลูกแป้งข้าวหมากจากแหล่งต่างๆ มีค่าแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) โดยมีค่าระหว่าง 4.53-4.85 (ตารางที่ 2) ซึ่งเป็นไปตามมาตรฐานกำหนดโดยตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนของข้าวหมาก (มผช.162/2546) กำหนดค่าความเป็นกรด-ด่างของข้าวหมาก ต้องมีค่าเท่ากับ 4–5 โดยในระหว่างกระกวนการหมักข้าวหมาก เชื้อราที่อยู่ในลูกแป้งข้าวหมากสามารถที่จะเปลี่ยนสภาวะในการหมักให้เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของยีสต์ โดยการย่อยแป้งในเมล็ดข้าวให้เป็นน้ำตาลโมเลกุลเดี่ยว เช่น น้ำตาลกลูโคส น้ำตาลฟรุกโตส และน้ำตาลกาแลกโตส ซึ่งจะเป็นแหล่งคาร์บอนที่สนับสนุนการเจริญเติบโตและกระบวนการเมตาบอลิซึมของยีสต์ หลังจากนั้นยีสต์ที่อยู่ในระบบการหมักก็จะหมักน้ำตาลโมเลกุลเดี่ยวให้กลายเป็นแอลกอฮอล์และกรด (Manosroi et al., 2011; อนุสรณ และคณะ, 2555) จึง

เป็นเหตุผลที่ระดับความเป็นกรด-ด่างในข้าวหมากมีค่าลดลง

งานวิจัยนี้ต้องการผลิตข้าวหมากจากข้าวเหนียวดำที่มีรสหวาน จึงได้นำลูกแป้งข้าวหมากจากแหล่งต่างๆ ในจังหวัดบุรีรัมย์มาทดสอบผลิตข้าวหมาก โดยตรวจสอบลูกแป้งข้าวหมากที่มีคุณภาพดีจากค่าปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมดในข้าวหมาก ทั้งนี้เนื่องจากค่าปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมดเป็นค่าที่บ่งชี้ถึงปริมาณน้ำตาลชนิดต่างๆ เช่น น้ำตาลซูโครส กลูโคส ฟรุกโตส กรดอินทรีย์ และแร่ธาตุต่างๆ ที่ละลายในน้ำ จึงมีความเชื่อมโยงกับความหวานหรือความเข้มข้นของอาหารได้ ดังนั้นข้าวหมากที่มีค่าปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมดสูงจึงบ่งชี้ว่ามีความหวานหรือความเข้มข้นของสารที่ละลายได้สูง โดยผลการทดลองพบว่าข้าวหมากที่ผลิตได้มีค่าของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมดแตกต่างกัน ($p \leq 0.05$) โดยมีค่าอยู่ในช่วง 37-40 °Brix (ตารางที่ 2) โดยข้าวหมากจากข้าวเหนียวดำที่ผลิตโดยใช้ลูกแป้งข้าวหมากจากอำเภอลำปลายมาศ มีค่าปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมดมากที่สุด เท่ากับ 40.50 °Brix รองลงมาคือข้าวหมากจากข้าวเหนียวดำที่ผลิตโดยใช้ลูกแป้งข้าวหมากจากอำเภอเมืองอำเภอกระสัง และอำเภอประโคนชัย ขณะที่ข้าวหมากจากข้าวเหนียวดำที่ผลิตโดยใช้ลูกแป้งข้าวหมากจากอำเภอพุทไธสงมีค่าปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมดน้อยที่สุด เท่ากับ 37.67 °Brix โดยผลการวิจัยที่วิเคราะห์ได้มีค่าใกล้เคียงกับงานวิจัยของ อุไรวรรณ และคณะ (2555) ที่รายงานว่าข้าวหมากที่ผลิตจากข้าวเหนียวดำจะมีค่าปริมาณของแข็งที่ละลายได้ เท่ากับ 40.33 °Brix ซึ่งปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมดในข้าวหมากจากข้าวเหนียวดำที่มีค่าแตกต่างกันนั้น จะขึ้นอยู่กับกิจกรรมทางเมตาบอลิซึม (metabolite activity) ของราและยีสต์ในลูกแป้งข้าวหมากจากแหล่งต่างๆ

ตารางที่ 2 ค่าความเป็นกรด-ด่าง และปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมดของข้าวหมากจากข้าวเหนียวดำที่ผลิตโดยใช้ลูกแป้งจากแหล่งต่างๆ ในจังหวัดบุรีรัมย์

สิ่งทดลอง	ค่าความเป็นกรด-ด่าง	ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด (°Brix)
M	$4.53^{b} \pm 0.27$	$39.30^{b} \pm 0.62$
K	$4.54^{b} \pm 0.16$	$39.10^{b} \pm 0.10$
L	$4.85^{a} \pm 0.24$	$40.50^{a} \pm 0.36$
PS	$4.75^{ab} \pm 0.23$	$37.67^{c} \pm 0.15$
P	$4.54^{b} \pm 0.14$	$38.77^{b} \pm 0.45$

หมายเหตุ ตัวอักษร $^{a\,b\,c}$ หมายถึง ค่าเฉลี่ยที่มีตัวอักษรแตกต่างกันในแนวตั้ง มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$)
ตัวอักษร M K L PS และ P แทน ข้าวหมากจากข้าวเหนียวดำที่ผลิตโดยใช้ลูกแป้งข้าวหมากจากอำเภอเมืองอำเภอกระสัง อำเภอลำปลายมาศ อำเภอพุทไธสง และอำเภอประโคนชัย ตามลำดับ

จากการวิเคราะห์ปริมาณแอนโทไซยานินในข้าวหมากทั้ง 5 สูตร (ตารางที่ 3) พบว่าข้าวหมากจากข้าวเหนียวดำที่ผลิตโดยใช้ลูกแป้งข้าวหมากจากอำเภอเมือง มีปริมาณแอนโทไซยานินทั้งหมดมากที่สุด เท่ากับ 504.3 mg/100g ซึ่งแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) รองลงมาคือข้าวหมากจากข้าวเหนียวดำที่ผลิตโดยใช้ลูกแป้งข้าวหมากจากอำเภอกระสัง อำเภอลำปลายมาศ และอำเภอพุทไธสง ส่วนข้าวหมากจากข้าวเหนียวดำที่ผลิตโดยใช้ลูกแป้งข้าวหมากจากอำเภอประโคนชัย มีปริมาณแอนโทไซยานินทั้งหมดน้อยที่สุด เท่ากับ 200.9 mg/100g โดยปริมาณแอนโทไซยานินในข้าวที่ถูกหมักที่มากขึ้นอาจเป็นผลมาจากกิจกรรมทางเอนไซม์ เช่น beta-glucosidase ของกล้าเชื้อที่มีอยู่ในลูกแป้งข้าวหมาก เช่น *S. cerevisiae*, *Aspergillus* spp. และ *Rhizopus* spp. (Plaitho et al., 2013)

ผลการทดสอบกิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระของข้าวหมากจากข้าวเหนียวดำทั้ง 5 สูตร พบว่ามีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) โดยข้าวหมากจากข้าวเหนียวดำที่ผลิตโดยใช้ลูกแป้งข้าวหมากจากอำเภอเมือง

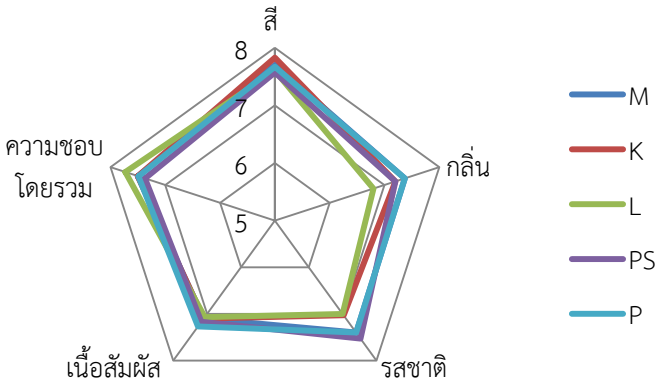
และอำเภอกระสัง มีกิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระมากที่สุด เท่ากับร้อยละ 32.32 และ 32.20 ตามลำดับ แต่ไม่แตกต่างจากข้าวหมากจากข้าวเหนียวดำที่ผลิตโดยใช้ลูกแป้งข้าวหมากจากอำเภอพุทไธสง ($p>0.05$) รองลงมาคือข้าวหมากจากข้าวเหนียวดำที่ผลิตโดยใช้ลูกแป้งข้าวหมากจากอำเภอประโคนชัย และอำเภอลำปลายมาศ ตามลำดับ ซึ่งในปัจจุบันข้าวเหนียวดำได้รับการจัดให้เป็นหนึ่งในอาหารเพื่อสุขภาพเนื่องจากมีสารประกอบฟินอลิคในปริมาณสูงโดยเฉพาะแอนโทไซยานิน (Tananuwong and Tewaruth, 2010) ซึ่งปริมาณแอนโทไซยานินที่สูงขึ้นจะมีผลต่อความสามารถในการยับยั้งการเกิดอนุมูลอิสระที่เพิ่มขึ้นด้วย (พรพาชื่น และคณะ, 2560)

ตารางที่ 3 ปริมาณสารแอนโทไซยานินทั้งหมด และกิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระของข้าวหมากจากข้าวเหนียวดำที่ผลิตโดยใช้ลูกแป้งจากแหล่งต่างๆ ในจังหวัดบุรีรัมย์

สิ่งทดลอง	ปริมาณแอนโทไซยานินทั้งหมด (mg/100g sample)	กิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระ (%inhibition)
M	$504.3^{a} \pm 23.61$	$32.32^{a} \pm 0.50$
K	$283.3^{bc} \pm 30.70$	$32.20^{a} \pm 0.19$
L	$341.8^{b} \pm 26.76$	$31.04^{c} \pm 0.03$
PS	$271.6^{bc} \pm 50.38$	$31.93^{ab} \pm 0.05$
P	$200.9^{c} \pm 13.38$	$31.73^{b} \pm 0.07$

หมายเหตุ ตัวอักษร $^{a\,b\,c}$ หมายถึง ค่าเฉลี่ยที่มีตัวอักษรแตกต่างกันในแนวตั้ง มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p\leq0.05$) ตัวอักษร M K L PS และ P แทน ข้าวหมากจากข้าวเหนียวดำที่ผลิตโดยใช้ลูกแป้งข้าวหมากจากอำเภอเมือง อำเภอกระสังอำเภอลำปลายมาศ อำเภอพุทไธสง และอำเภอประโคนชัย ตามลำดับ

ผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสของข้าวหมากจากข้าวเหนียวดำทั้ง 5 สูตร แสดงดังภาพที่ 1 พบว่าคุณสมบัติทางประสาทสัมผัสในด้านต่างๆ ของข้าวหมากแต่ละสูตรมีค่าไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) โดยข้าวหมากจากข้าวเหนียวดำที่ผลิตโดยใช้ลูกแป้งข้าวหมากจากอำเภอเมือง มีระดับความชอบด้านสี โดยเฉลี่ยมากที่สุด ส่วนข้าวหมากจากข้าวเหนียวดำที่ผลิตโดยใช้ลูกแป้งข้าวหมากจากอำเภอประโคนชัย มีระดับความชอบด้านกลิ่น และเนื้อสัมผัส โดยเฉลี่ยมากที่สุด และข้าวหมากจากข้าวเหนียวดำที่ผลิตโดยใช้ลูกแป้งข้าวหมากจากอำเภอพุทไธสง มีระดับความชอบด้านรสชาติ โดยเฉลี่ยมากที่สุด แต่สำหรับระดับความชอบโดยรวม ข้าวหมากจากข้าวเหนียวดำที่ผลิตโดยใช้ลูกแป้งข้าวหมากจากอำเภอลำปลายมาศ มีค่าคะแนนความชอบโดยรวมมากที่สุด อาจเป็นเพราะข้าวหมากที่ผลิตได้มีรสชาติที่หวาน และเนื้อสัมผัสไม่แข็งมาก สอดคล้องกับงานวิจัยของอนุสรณ และคณะ (2555) ที่ทำการศึกษาการเปลี่ยนแปลงคุณลักษณะทางเคมีฟสิกส และประสาทสัมผัสระหว่างการหมักข้าวหมากจากข้าวเหนียวดำ พบว่าผู้ทดสอบชิมให้การยอมรับข้าวหมากที่ผลิตจากข้าวเหนียวดำ โดยเฉพาะคุณสมบัติด้านลักษณะปรากฏและสี โดยค่าคะแนนความชอบด้านลักษณะปรากฏ สี กลิ่น เนื้อสัมผัส รสชาติ กลิ่นรส และความชอบโดยรวม อยู่ในช่วงคะแนน 6.63 ถึง 7.03 โดยข้าวเหนียวที่ถูกทำให้สุกแล้วจะถูกย่อยด้วยเอนไซม์ของราและยีสต์ ดังนั้นลักษณะเนื้อสัมผัสของข้าวหมากอาจได้รับผลมาจากกระบวนการหมักของราและยีสต์ ซึ่งในลูกแป้งข้าวหมากจากแหล่งต่างๆ จะมีปริมาณของราและยีสต์ที่แตกต่างกัน รวมไปถึงกิจกรรมการหมักของราและยีสต์ที่แตกต่างกันด้วย จึงทำให้ข้าวหมากที่ผลิตได้มีลักษณะที่แตกต่างกัน



ภาพที่ 1 การประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสของข้าวหมากจากข้าวเหนียวดำที่ผลิตโดยใช้ลูกแป้งจากแหล่งต่างๆ ในจังหวัดบุรีรัมย์ (ตัวอักษร M K L PS และ P แทนข้าวหมากจากข้าวเหนียวดำที่ผลิตโดยใช้ลูกแป้งข้าวหมากจากอำเภอเมือง อำเภอกระสัง อำเภอลำปลายมาศ อำเภอพุทไธสง และอำเภอประโคนชัย ตามลำดับ)

สรุปผลการวิจัย

ข้าวหมากที่ผลิตจากข้าวเหนียวดำโดยใช้ลูกแป้งข้าวหมากจากแหล่งต่างๆในจังหวัดบุรีรัมย์ คือ ลูกแป้งข้าวหมากอำเภอเมือง อำเภอกระสัง อำเภอลำปลายมาศ อำเภอพุทไธสง และอำเภอประโคนชัย เมื่อนำข้าวหมากแต่ละสูตรมาทดสอบคุณสมบัติทางด้านกายภาพ เคมี และประสาทสัมผัส ข้าวหมากที่ผลิตได้แต่ละสูตรอยู่ในเกณฑ์ที่มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน (มผช.) ข้าวหมากกำหนด แต่ข้าวหมากที่ผลิตจากข้าวเหนียวดำโดยใช้ลูกแป้งข้าวหมากจากอำเภอลำปลายมาศจะทำให้ได้ข้าวหมากที่รสชาติหวาน และมีเนื้อสัมผัสที่นุ่มมากกว่าข้าวหมากสูตรอื่น

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบพระคุณสาขาวิชาวิทยาศาสตร์การอาหาร คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏบุรีรัมย์ ที่อนุเคราะห์สถานที่และอุปกรณ์ในการวิจัยครั้งนี้

เอกสารอ้างอิง

ขนิษฐา อุ่มอารีย อัญชลี พร่อมสินทรัพย และขนิษฐา เพ็ชรศร. 2557. การเปลี่ยนแปลงปริมาณสารโภชน-เภสัชในการผลิตข้าวพองจากข่าวเหนียวดำนึ่ง. วารสารวิจัยราชภัฏพระนคร. 9 (1), 56-65.

เฉลิม จันทร์สม เอกสิทธิ์ สกุลคู วนิดา จันทร์สม นุชสิริ เลิศวุฒิโสภณ และกรณ์กาญจน์ ภมรประวัติ. 2559. การศึกษาวิธีที่เหมาะสมในการสกัดสารออกฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระจากข้าวเหนียวดำ. ธรรมศาสตร์- เวชสาร. 16 (4), 625-633.

ช่อแก้ว อนิลบล ปรเมศ บันเทิง, จิรวัฒน์ สนิทชน และพัชริน ส่งศรี. 2554. การศึกษาปริมาณแอนโทไซยานินในข่าวเหนียวดำ โดยใชวิธี HPLC และ spectrophotometric. แก่นเกษตร. 39(4), 353-357.

เปมิกา ขำวีระ. 2547. คุณสมบัติของผลิตภัณฑ์ข้าวหมาก. วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต (สาขาวิชาจุลชีววิทยาประยุกต์) คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี.

พรพาชื่น ชูเชิด, ศิริพร เรียบร้อย คิม และอัญชนีย์ อุทัยพัฒนาชีพ. 2560. การเปรียบเทียบปริมาณสารสำคัญในข้าวเหนียวดำ 6 สายพันธุ์. วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มทร. ธัญบุรี. 7 (2), 271-279.

สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม. 2546. มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนข้าวหมาก. ค้นเมื่อ 11 มิถุนายน 2561,

http://tcps.tisi.go.th/pub/tcps162_46.pdf .

อนุสรณ ทองใหญ ศิริพร เรียบร่อย ศุภศิลป มณีรัตน นองนุช ศิริวงศ และสิริพันธุ จุลกรังคะ. 2555. การเปลี่ยนแปลงคุณลักษณะทางเคมีฟสิกสและประสาทสัมผัสระหวางการหมักข่าวหมากจากขาวเหนียวดำ. ใน: การประชุมทางวิชาการของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 50. 31 มกราคม-2 กุมภาพันธ์ 2555. กรุงเทพฯ.

อุไรวรรณ วัฒนกุล ชุตินุช สุจริต และนพรัตน์ วงศ์หิรัญเดชา. 2555. คุณค่าทางโภชนาการบางประการในข้าวหมากที่ผลิตจากข้าวสังข์หยดพัทลุง.ใน: การประชุมวิชาการแห่งชาติ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน ครั้งที่ 9. 6-7 ธันวาคม 2555. กรุงเทพฯ.

Lee, J., R. Durst and R. Wrolstad. 2005. Determination of total monomeric anthocyanin pigment content of fruit juices, beverages, natural colorants, and wines by the pH differential method: collaborative study. Journal of AOAC International. 88(5), 1269-1278.

Li, H., S. Prakash, T.M. Nicholson, M.A. Fitzgerald, and R.G. Gilbert. 2016. The importance of amylose and amylopectin fine structure for textural properties of cooked rice grains. Food chemistry. 196, 702–711.

Manosroi, A., W. Ruksiriwanich, B. Kietthanakorn, W. Manosroi and J. Manosroi. 2011. Relationship between biological activities and bioactive compounds in the fermented rice sap. Food Research International. 44, 2757–2765.

Mongkontanawat, N. and W. Lertnimitmongkol. 2015. Product Development of Sweet Fermented Rice (Khao-Mak) from Germinated Native Black Glutinous Rice. Journal of Agricultural Technology. 11(2), 501-515.

Plaitho, Y., K. Kangsadalampai and M. Sukprasansap. 2013. The protective effect of Thai fermented pigmented rice on urethane induced somatic mutation and recombination in *Drosophila melanogaster*. Journal of Medicinal Plants Research. 7(2), 91-98.

Tananuwong, K. and W. Tewaruth. 2010. Extraction and application of antioxidants from black glutinous rice. LWT - Food Science and Technology. 43(3), 476–481.