



สมบัติทางเคมีและกายภาพของผลิตภัณฑ์แซนด์วิชสเปรดเพื่อสุขภาพจาก ข้าวไทยสีแดง

Chemical and physical properties of functional sandwich spread from Thai red rice

ทัฬหสาร์ ไจแก้ว และ ณัฐพร สุบรรณมณี*

สาขาวิชาอาหารและโภชนาการ คณะเทคโนโลยีคหกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลกรุงเทพ
กรุงเทพมหานคร 10120

Thappasarn Jaikaew and Natthaporn Subanmanee*

Division of Food and Nutrition, Faculty of Home Economics Technology,
Rajamangala University of Technology Krungthep, Bangkok 10120

Received: 2 April 2021/ Revised: 24 June 2021/ Accepted: 28 June 2021

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาสมบัติทางเคมีและกายภาพของข้าวไทยสีแดง 3 ชนิด ได้แก่ ข้าวจีบ ข้าวมะลิแดง และข้าวสังข์หยด โดยการผลิตเป็นผลิตภัณฑ์แซนด์วิชสเปรด จากการศึกษาพบว่าข้าวสังข์หยดมีคุณค่าทางโภชนาการสูง โดยมีปริมาณโปรตีน คาร์โบไฮเดรต และปริมาณเถ้า เท่ากับ 9.77, 81.66 และ 2.15 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ และมีค่าสีแดง อยู่ที่ 7.89 ซึ่งจะแสดงว่าในข้าวสังข์หยดมีปริมาณแอนโทไซยานินที่สูง คือ 18.06 (มิลลิกรัมต่อน้ำหนักแห้ง 100 กรัม) และสารดังกล่าวมีคุณสมบัติในการต้านอนุมูลอิสระ เมื่อนำข้าวไทยสีแดงทั้ง 3 ชนิด มาผลิตเป็นแซนด์วิชสเปรด พบว่าแซนด์วิชสเปรดจากข้าวสังข์หยดมีความหนืดน้อยที่สุด คือ 9516.33 cP ด้วยความเร็วรอบหัววัด 40 รอบต่อนาที (rpm) จึงทำให้มีค่าความสามารถในการแผ่กระจาย (spreadability) มาก ซึ่งส่งผลต่อความง่ายในการปาดเกลี่ยบนแผ่นขนมปัง เมื่อเปรียบเทียบกับข้าวชนิดอื่น จากการทดแทนน้ำมันพืช 3 ชนิด คือ น้ำมันเมล็ดทานตะวัน น้ำมันรำข้าว และน้ำมันมะพร้าว ที่ระดับ 6 และ 8 เปอร์เซ็นต์ ในผลิตภัณฑ์แซนด์วิชสเปรดจากข้าวสังข์หยด พบว่าแซนด์วิชสเปรดที่ทดแทนด้วยน้ำมันรำข้าวระดับ 8 เปอร์เซ็นต์ มีค่าความสามารถในการแผ่กระจายมากที่สุด คือ 961.79 g.sec และยังพบว่าค่าเพอร์ออกไซด์น้อยที่สุด คือ 34.96 mEqv.O₂/kg ดังนั้นผลิตภัณฑ์แซนด์วิชสเปรดจากข้าวสังข์หยดที่ทดแทนด้วยน้ำมันรำข้าวในระดับ 8 เปอร์เซ็นต์ มีโอกาสที่จะเกิดกลิ่นเหม็นหืนน้อยที่สุด และสามารถพัฒนาเป็นผลิตภัณฑ์อาหารเพื่อสุขภาพได้

คำสำคัญ: แซนด์วิชสเปรด ข้าวจีบ ข้าวมะลิแดง ข้าวสังข์หยด อาหารฟังก์ชัน

Abstract

This research aimed to investigate the chemical and physical properties of 3 varieties of Thai red rice such as Jib Rice (JR), Mali Daeng Rice (MDR) and Sungyod Rice (SR) on the production of sandwich spread products. According to the results, SR had the highest nutritional value with protein, carbohydrate, and ash content at 9.77, 81.66 and 2.15%, respectively. Moreover, they contained high anthocyanin content of 18.06 mg/100 g and red value as 7.89 which has antioxidant activity. In addition, SR sandwich spread had the physical properties in terms of viscosity was 9516.33 cP with speed of spindle 40 rpm and had high spreadability which is a cause of simple spread over bread slices. Then SR sandwich spread was applied to substitute with 3 types of vegetable oil, namely sunflower oil, rice bran oil and coconut oil at content 6 and 8%. The result showed that SR sandwich spread was substituted by 8% rice bran oil, had the highest spreadability as 961.79 g.sec and had the lowest peroxide value = 34.96 mEqv.O2/kg. Consequently, sandwich spread product from SR that was substituted with 8% rice bran oil has a low prospect of rancidity and can also be developed into functional food.

Keywords: Sandwich spread, Jib rice, Mali Daeng rice, Sungyod rice, Functional food

บทนำ

ข้าว (*Oryza sativa* L.) เป็นพืชเศรษฐกิจที่สำคัญ ทั้งการบริโภคภายในประเทศและส่งออกในตลาดโลก โดยเฉพาะในเอเชียมีประชากรกว่า 95 เปอร์เซ็นต์ บริโภคข้าวเป็นหลัก การส่งออกข้าวในช่วงเดือนมกราคม-ธันวาคม 2563 มีปริมาณรวม 5,724,679 ตัน คิดเป็นมูลค่า 115,914.8 ล้านบาท (3,727.2 ล้านเหรียญสหรัฐฯ) [1] ข้าวจัดเป็นอาหารหลักของคนไทย ซึ่งคุณค่าทางโภชนาการของข้าว นอกจากจะให้แบ่งในปริมาณ 70 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งถือว่าเป็นแหล่งพลังงานที่สำคัญ เมล็ดข้าวยังประกอบด้วยสารอาหารอื่น ๆ ได้แก่ โปรตีน ไขมัน แร่ธาตุ วิตามิน และเส้นใย [2] สายพันธุ์ข้าวไทยมีความหลากหลายทางพันธุกรรม เยื่อหุ้มเมล็ด (ผิวข้าวกล้อง) ของข้าวก็มีหลากหลายสี เช่น สีเหลือง นวล สีแดงถึงแดงเข้ม และสีม่วงถึงม่วงเข้มจนเกือบดำ ซึ่งมีคุณค่าทางโภชนาการสูงกว่าข้าวขัดขาว [3] ซึ่งจะช่วยป้องกันโรคเมร่งต่าง ๆ โรคหัวใจ ช่วยชะลอความแก่ ป้องกันความจำเสื่อม บำรุงโลหิต นอกจากนี้ยังมีกากใยในปริมาณที่สูงจึงดีต่อระบบขับถ่ายและลำไส้

ข้าวแดง คือ ข้าวกล้องที่มีเยื่อหุ้มเมล็ดมีสีแดง ประกอบด้วยหลากหลายสายพันธุ์ เช่น ข้าวมะลิแดง ข้าวสังข์หยด และข้าวจีบ เป็นต้น ข้าวมะลิแดงมีสารแคโรทีน ซึ่งมีคุณสมบัติเป็นโปรวิตามินเอสูงกว่าข้าวสายพันธุ์อื่น ๆ ช่วยบำรุงสายตา ผิวพรรณ และช่วยชะลอความแก่ ข้าวสังข์หยดเป็นข้าวที่ได้รับการปรับปรุงพันธุ์ให้มีลักษณะเนื้ออ่อนนุ่มมากขึ้น เป็นข้าวพื้นเมืองทางภาคใต้ ของประเทศไทย ปลูกมากในแถบรอบ ๆ กลุ่มทะเลสาบสงขลา ซึ่งอุดมไปด้วยธาตุเหล็ก และฟอสฟอรัส ช่วยบำรุงโลหิต ข้าวจีบเป็นข้าวพันธุ์พื้นเมืองของจังหวัดบุรีรัมย์ มีคาร์โบไฮเดรต โพแทสเซียม และแมกนีเซียมสูง ความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระ (antioxidant) ได้ดี [4] นอกจากนี้ข้าวแดงยังมีในอาซินหรือวิตามินบี 3 ซึ่งช่วยในระบบการไหลเวียนโลหิต ลดระดับของคอเลสเตอรอล มีความจำเป็นต่อระบบประสาท และการทำงานของสมอง สารสีที่พบในข้าวสีแดงถึงแดงเข้ม คือ เบต้าแคโรทีน (β -carotene) ลูทีน (lutein) ซีแซนทีน (zeaxanthin) ไลโคปีน (lycopene) และแอนโทไซยานิน (anthocyanin) ซึ่งเป็นสารที่มีคุณสมบัติในการต้านอนุมูลอิสระ ลดอัตรา



เสี่ยงการเกิดโรคมะเร็งต่าง ๆ และบำรุงหลอดเลือด [3] ส่วนใหญ่คนไทยนิยมนำข้าวมาใช้บริโภคเป็นข้าวสาร ในขณะที่การนำมาแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์อื่น ๆ อีกมากมาย แต่ยังไม่มีการนำข้าวมาแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์แซนด์วิชสเปรด

แซนด์วิชสเปรดเป็นอาหารเข้าที่รู้จักกันดีของชาวตะวันตกประกอบด้วย 2 ส่วนคือ ส่วนครีมสเปรดและส่วนเนื้อ (ผักดองหรือเนื้อสัตว์) ในส่วนของครีมสเปรดเป็นผลิตภัณฑ์อิมัลชัน (emulsion) ที่มีส่วนผสมของน้ำกับน้ำมัน มีลักษณะเป็นแขวนลอย โดยมีน้ำมันพืชและไข่แดงเป็นส่วนผสมหลัก ซึ่งจะมีไขมันทั้งหมดไม่น้อยกว่าร้อยละ 30 โดยน้ำหนัก [5] ซึ่งส่วนใหญ่นิยมใช้น้ำมันปาล์มเป็นส่วนประกอบ จึงทำให้แซนด์วิชสเปรดมีปริมาณไขมันที่สูงมากส่งผลให้เกิดผลเสียต่อสุขภาพได้ ถ้ารับประทานเป็นประจำและ/หรือในปริมาณที่สูงมาก จะทำให้เกิดโรคต่าง ๆ ได้แก่ โรคหลอดเลือดหัวใจ อุดตัน โรคอ้วน โรคภาวะคอเลสเตอรอลสูง และโรคเบาหวาน เป็นต้น

ในปัจจุบันผู้คนเริ่มให้ความสนใจในเรื่องการใส่ใจสุขภาพมากขึ้น ดังนั้นผู้วิจัยได้เล็งเห็นว่าข้าวไทยสีแดงก็เป็นอีกหนึ่งทางเลือกที่มีทั้งคุณประโยชน์ โดยมีคุณค่าทางโภชนาการมากมาย และเพื่อส่งเสริมเกษตรกรผู้ปลูกข้าวในประเทศให้มีความหลากหลายมากขึ้น และการใช้น้ำมันที่มีประโยชน์ต่อสุขภาพ เช่น น้ำมันเมล็ดดอกทานตะวัน น้ำมันรำข้าว และน้ำมันมะพร้าว ซึ่งน้ำมันทั้ง 3 ชนิดนี้เป็นน้ำมันที่สามารถผลิตได้ในประเทศไทย และมีความโดดเด่นที่น่าสนใจ ในแง่ของคุณค่าทางโภชนาการและให้คุณประโยชน์ที่แตกต่างกัน เช่น น้ำมันเมล็ดทานตะวัน อุดมไปด้วยวิตามินอีและมีโอเลโอซิน (Oleolin) ช่วยให้ผิวมีสุขภาพดี น้ำมันรำข้าวมีกรดไขมันโอเลอิกที่ช่วยบำรุงผิว และมีสารโอโรซานอลช่วยชะลอการเกิดริ้วรอยและจุดด่างดำ น้ำมันมะพร้าวประกอบด้วยกรดไขมันสายสั้นและปานกลาง มีคุณสมบัติในการต้านเชื้อแบคทีเรีย ช่วยเพิ่มความชุ่มชื้นและป้องกันแสงยูวีแก่ผิว [6] โดยนำมาใช้เป็นส่วนประกอบในผลิตภัณฑ์แซนด์วิชสเปรด เพื่อส่งเสริมผู้ประกอบการที่ผลิตน้ำมันในประเทศไทยให้มีรายได้เพิ่มมากขึ้น โดยในงานวิจัยนี้จะศึกษาสมบัติทางเคมีและกายภาพของผลิตภัณฑ์แซนด์วิชสเปรด

จากข้าวไทยสีแดง โดยจะทำการศึกษาค่าประกอบทางเคมี ค่าสี ความหนืด ความสามารถในการแผ่กระจาย ปริมาณแอนโทไซยานิน และค่าเพอร์ออกไซด์ เพื่อเป็นข้อมูลพื้นฐานในการพัฒนาและควบคุมคุณภาพผลิตภัณฑ์แซนด์วิชสเปรดต่อไป

วิธีดำเนินการวิจัย

1. การวิเคราะห์คุณสมบัติทางเคมีและกายภาพของข้าวไทยสีแดง

นำข้าวที่ใช้ในการทดลอง ได้แก่ ข้าวจีบจากจังหวัดบุรีรัมย์ ข้าวมะลิแดงจากจังหวัดสระบุรี และข้าวสังข์หยดจากจังหวัดพัทลุง นำมาบดให้ละเอียดเป็นผงและร่อนผ่านเครื่อง sieve tester ที่ผ่านชั้นตะแกรง 40 mesh และนำข้าวที่ได้เก็บในถุง PE (polyethylene) บรรจุแบบสุญญากาศเก็บที่อุณหภูมิห้อง จากนั้นนำมาวิเคราะห์คุณภาพด้านต่าง ๆ ดังนี้

- 1.1 วัดค่าสีระบบ L^* a^* และ b^* โดยใช้เครื่องวัดสี ยี่ห้อ Hunter Lab รุ่น Color Quest XE โดยค่า L^* = ค่าความสว่าง (0 = สีดำ, 100 = สีขาว) a^* = ค่าสีแดง (+ = สีแดง, - = สีเขียว) b^* = ค่าสีเหลือง (+ = สีเหลือง, - = สีน้ำเงิน)

- 1.2 วัดการเปลี่ยนแปลงความหนืดของแป้งในระหว่างการทำให้ร้อน จนถึงขั้นตอนการทำให้เย็นลงด้วยเครื่อง Rapid Visco Analyzer (RVA) ยี่ห้อ New Port Scientific รุ่น RVA Super

- 1.3 วิเคราะห์หาปริมาณ เถ้า โปรตีน ไขมัน และเส้นใยโดยวิธีของ AOAC (2006) และคาร์โบไฮเดรต (ได้จากวิธีคำนวณ คือ 100 - โปรตีน - ไขมัน - เถ้า - เส้นใย) [7]

- 1.4 วิเคราะห์ปริมาณแอนโทไซยานินทั้งหมด (Total anthocyanin content; TAC) [8]

2. การศึกษาชนิดของข้าวไทยที่เหมาะสมในการผลิตแซนด์วิชสเปรด

นำข้าวไทยสีแดง 3 ชนิด ได้แก่ ข้าวจีบ ข้าวมะลิแดง และข้าวสังข์หยด มาผลิตเป็นแซนด์วิชสเปรดโดยใช้สูตรตั้งต้นดังนี้ นำข้าวบดมาเตรียมทำสเปรดโดยใช้ข้าวบด

60 กรัม น้ำเปล่า 500 กรัม แล้วนำไปต้มให้สุกโดยใช้อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส นาน 5 นาที แล้วพักไว้ให้เย็น 30 นาที จากนั้นนำข้าวที่ต้มสุก 80 เปอร์เซ็นต์ น้ำตาลทราย 8 เปอร์เซ็นต์ น้ำมันถั่วเหลือง 11 เปอร์เซ็นต์ และเกลือ 1 เปอร์เซ็นต์ ของส่วนผสมทั้งหมด โดยนำส่วนผสมทั้งหมดเทใส่ในโถปั่น แล้วปั่นให้เข้ากันโดยใช้เวลา 1 นาที และใช้ speed 1 แล้วนำไปตุนในหม้อตุ๋นที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส และใช้เวลาในการตุ๋นนาน 30 นาที จากนั้นบรรจุใส่ขวดแก้วที่มีฝาปิดสนิท เพื่อนำมาวิเคราะห์คุณภาพทางกายภาพ ดังต่อไปนี้

2.1 วัดค่าสีระบบ $L^* a^*$ และ b^* โดยใช้เครื่องวัดสียี่ห้อ Hunter Lab รุ่น Color Quest XE เช่นเดียวกับข้อ 1.1

2.2 วัดความหนืด (viscosity) ด้วยเครื่องบรูคฟิลด์ วิสโคมิเตอร์ (Brookfield viscometer DV – II + Pro (ประเทศสหรัฐอเมริกา) โดยหัววัดที่ใช้คือเบอร์ 64 และใช้ตัวอย่างปริมาณ 250 มิลลิลิตรต่อการวัดแต่ละครั้ง นำตัวอย่างใส่ลงในบีกเกอร์ขนาด 250 มิลลิลิตร ตัวอย่างจะถูกวัดที่อุณหภูมิ 25 ± 1 องศาเซลเซียส ใช้ความเร็วรอบหัววัด 40 rpm

2.3 ความสามารถในการแผ่กระจาย (spreadability) ด้วยเครื่อง Texture Analyzer รุ่น TA.XT Plus ประเทศอังกฤษ หัวรูปกรวย (conical probe) มุม 60 องศา โดยเตรียมตัวอย่างให้เนื้อสม่ำเสมอ และปาดตัวอย่างให้ผิวหน้าเรียบ วัดระยะทางการสูญเสียรูปร่างโดยใช้หัววัดกดไปในตัวอย่างด้วยแรงเริ่มต้น 5 g force และตั้งค่าการทดสอบตัวอย่างดังนี้ pre-test speed 2 mm/sec, test speed 1 mm/sec, posttest speed 10 mm/sec และ distance 30 mm [9] จากนั้นทำการคัดเลือกข้าวไทยสีแดงที่เหมาะสม

สำหรับการผลิตแซนด์วิชสเปรดมาทำการศึกษาในขั้นตอนต่อไป

3. การศึกษาชนิดและปริมาณของน้ำมันพืชที่เหมาะสมต่อการผลิตแซนด์วิชสเปรด

ทำการทดแทนน้ำมันถั่วเหลืองด้วยน้ำมันเมล็ดทานตะวัน น้ำมันรำข้าว และน้ำมันมะพร้าว ในสูตรแซนด์วิชสเปรดจากข้าวไทยสีแดงในข้อ 2 โดยสูตรพื้นฐานใช้น้ำมันถั่วเหลืองที่ปริมาณ 11 เปอร์เซ็นต์ ปรับลดปริมาณของน้ำมันลงเป็น 2 ระดับ ได้แก่ 6 เปอร์เซ็นต์ และ 8 เปอร์เซ็นต์ ของน้ำหนักส่วนผสมทั้งหมด นำแซนด์วิชสเปรดจากข้าวไทยสีแดงที่ได้ มาวิเคราะห์คุณภาพทางกายภาพและเคมี ดังต่อไปนี้

3.1 ความสามารถในการแผ่กระจายด้วยเครื่อง Texture Analyzer รุ่น TA.XT Plus ประเทศอังกฤษ เช่นเดียวกับข้อ 2.3

3.2 ค่าเปอร์ออกไซด์ (peroxide value) [10] โดยการชั่งตัวอย่าง 5 กรัม ใส่ในพลาสติก 250 มิลลิลิตร เติมน้ำกลั่น 30 มิลลิลิตร และสารละลายกรดแอสซิติค 30 มิลลิลิตร และสารละลายไอโซออกเทน 20 มิลลิลิตร เติมน้ำกลั่น 30 มิลลิลิตร และไอโอดีนที่อิ่มตัว 0.5 มิลลิลิตร เติมน้ำกลั่น 30 มิลลิลิตร และสารละลายน้ำแข็ง 2-3 หยด ทำการไตเตรทกับสารละลายโซเดียมไทโอซัลเฟต 0.01 นอร์มัล จนสีน้ำเงินอ่อนหายไป สำหรับตัวอย่างที่มีค่าเปอร์ออกไซด์ที่สูงให้ไตเตรทกับ 0.01 นอร์มัล จนสีเหลืองของไอโอดีนหายไปเกือบหมด แล้วจึงเติมน้ำกลั่น 0.5 มิลลิลิตร และไตเตรทต่อจนสีน้ำเงินอ่อนหายไป ในขณะเดียวกันไตเตรทน้ำกลั่นเพื่อเป็นแบลนด์ (blank) แล้วคำนวณค่าเปอร์ออกไซด์จากสูตร

$$\text{Peroxide value (mEq. O}_2\text{/kg)} = \frac{(S - B) \times N \times 1000}{\text{น้ำหนักตัวอย่าง (กรัม)}}$$



4. การวิเคราะห์ผลทางสถิติ

การทดสอบค่าวิเคราะห์ทางเคมี และทางกายภาพ วางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (Completely Randomized Design, CRD) ทุกการทดลอง สิ่งทดลองละ 3 ซ้ำ ข้อมูลที่ได้นำมาวิเคราะห์ค่าเฉลี่ยและความแปรปรวน (Analysis of Variance ; ANOVA) และวิเคราะห์ความแตกต่างระหว่างสิ่งทดลองด้วย DNMR (Duncan's New Multiple Range Test) ที่ระดับความเชื่อมั่นทางสถิติร้อยละ 95 [11] โดยใช้โปรแกรมสถิติสำเร็จรูป

ผลการวิจัย

1. การวิเคราะห์คุณสมบัติทางเคมีและกายภาพของข้าวไทยสีแดง

ค่าสี L^* , a^* , b^* ของข้าวทั้ง 3 ชนิด แสดงใน Table 1 ค่าสี L^* แสดงถึงค่าความสว่าง โดยค่าระหว่าง 0 (สีดำ) - 100 (สว่างมากหรือสีขาว) ขณะที่ค่าสี a^* คือค่าสีแดง เมื่อมี

ค่าเป็นบวกและค่าสีเขียวเมื่อมีค่าเป็นลบ และค่า b^* ที่เป็นบวกแสดงว่าตัวอย่างเป็นสีเหลืองแต่ถ้าค่า b^* เป็นลบแสดงว่าตัวอย่างเป็นสีน้ำเงิน ผลการศึกษาพบว่าข้าวทั้ง 3 ชนิดมีความสว่างอยู่ที่ 60.49 - 62.40 โดยข้าวจีบมีค่าความสว่างมากที่สุด ค่าสีแดงของข้าวทั้ง 3 ชนิด โดยมีค่า a^* อยู่ในช่วง 7.85 - 7.89 ซึ่งมีค่าไม่ต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p>0.05$) ซึ่งข้าวทั้ง 3 ชนิดเป็นข้าวที่จัดอยู่ในกลุ่มสีแดงเช่นเดียวกัน จึงทำให้ค่า a^* ไม่แตกต่างกัน สำหรับค่า b^* อยู่ในโทนสีเหลือง มีค่าระหว่าง 11.63 - 12.00 โดยข้าวจีบมีค่าสีเหลืองมากที่สุด ข้าวทั้ง 3 ชนิดมีสีที่แตกต่างกันนั้นเกิดจากเยื่อหุ้มผลเมล็ดข้าวที่อยู่ภายในที่มีสารสีเป็นรงควัตถุอยู่โดยทำให้ข้าวมีสีต่าง ๆ กัน เช่น น้ำตาลอ่อน น้ำตาลแก่ น้ำตาลแดง น้ำตาลม่วง และน้ำตาลเกือบดำ เป็นต้น [12] ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับสายพันธุ์ของข้าวชนิดนั้น ๆ ด้วย

ตารางที่ 1 ผลการวิเคราะห์ค่าสีของข้าวไทยสีแดง

ชนิดของข้าวไทยสีแดง	ค่าสี		
	L^*	a^{*ns}	b^*
ข้าวจีบ	62.40±0.21 ^a	7.85±0.08	12.00±0.03 ^a
ข้าวมะลิแดง	60.49±0.61 ^b	7.88±0.19	11.63±0.11 ^b
ข้าวสังข์หยด	60.62±0.37 ^b	7.89±0.16	11.67±0.17 ^b

หมายเหตุ a-b อักษรที่กำกับที่แตกต่างกันในแนวตั้ง แสดงถึงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$).

จากการศึกษาการเปลี่ยนแปลงความหนืดของแป้ง จากข้าวไทยสีแดงทั้ง 3 ชนิดในระหว่างการหุงต้ม แสดงในตารางที่ 2 ซึ่งวิเคราะห์ด้วยเครื่อง Rapid visco amylograph (RVA) พบว่าอุณหภูมิเริ่มต้นของการเกิดเจลลิตไนซ์ (pasting temperature หรือ gelatinization temperature) ไม่มีความแตกต่างกัน อยู่ในช่วง 92 องศาเซลเซียส ความหนืดต่ำสุดระหว่างการทำให้เย็น (Though) และค่าความเหนียว (Break down) ค่าความหนืดสูงสุด (peak viscosity) ค่าความหนืดสุดท้าย (final viscosity) ของข้าวทั้ง 3 ชนิดมี

ความแตกต่างกัน ซึ่งแสดงให้เห็นว่าข้าวไทยสีแดงทั้ง 3 ชนิดมีการเปลี่ยนแปลงความหนืดที่แตกต่างกัน โดยข้าวสังข์หยดมีความหนืดและความเหนียวน้อยที่สุด โดยความเหนียวและความหนืดของข้าวนั้น จะขึ้นอยู่กับปริมาณของอะไมโลสในข้าว โดยทั่วไปข้าวที่มีปริมาณอะไมโลส (amylose) สูงในระหว่างการหุงต้มจะดูดน้ำได้มากกว่า และแข็งกว่าข้าวที่มีอะไมโลสต่ำ [13] ปริมาณอะไมโลสเป็นสาเหตุทำให้ข้าวสุกมีความเหนียวลดลงหรือร่วนมากขึ้น และทำให้ข้าวนุ่มน้อยลงด้วย ทั้งนี้เนื่องจากคุณสมบัติจากการคืนตัวของ



อะไมโลสที่สูงแล้ว ข้าวที่มีอะไมโลสต่ำจะมีลักษณะเหนียว [14] เมื่อพิจารณาค่า setback จะเห็นได้ว่าข้าวจีบมีสมบัติการคืนตัวมากที่สุดแสดงให้เห็นว่าข้าวจีบมีสมบัติการคืนตัว

หรือการเกิดรีโทรเกรเดชัน (retrogradation) มากขึ้นด้วย ข้าวที่ได้จะมีลักษณะแข็งกระด้าง

ตารางที่ 2 ผลการวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงสมบัติทางกายภาพ (ความหนืด) ของแป้งจากข้าวไทยสีแดงในระหว่างการทำให้ร้อน

สมบัติทางกายภาพ (ความหนืด)	ชนิดของข้าวไทยสีแดง		
	ข้าวจีบ	ข้าวมะลิแดง	ข้าวสังข์หยด
Pasting temperature ($^{\circ}\text{C}$) ^{ns}	92.08 $\pm$ 0.50	92.81 $\pm$ 0.46	92.58 $\pm$ 0.85
Peak time (min)	6.93 $\pm$ 0.01 ^a	6.26 $\pm$ 0.04 ^b	6.97 $\pm$ 0.46 ^a
Peak viscosity (RVU)	1123.66 $\pm$ 35.47 ^b	1242.00 $\pm$ 24.06 ^a	666.00 $\pm$ 26.21 ^c
Though (RVU)	1121.33 $\pm$ 33.32 ^b	1222.33 $\pm$ 25.65 ^a	668.33 $\pm$ 24.02 ^c
Final viscosity (RVU)	3480.00 $\pm$ 38.97 ^a	3007.33 $\pm$ 25.65 ^b	2286.66 $\pm$ 58.50 ^c
Breakdown (RVU)	2.33 $\pm$ 2.30 ^b	19.66 $\pm$ 7.57 ^a	-2.33 $\pm$ 5.13 ^b
Setback (RVU)	2356.33 $\pm$ 3.51 ^a	1765.33 $\pm$ 28.14 ^b	1620.66 $\pm$ 33.60 ^c

หมายเหตุ a-b อักษรที่กำกับที่แตกต่างกันในแนวนอน แสดงถึงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

การวิเคราะห์องค์ประกอบของข้าวทั้ง 3 ชนิด แสดงใน Table 3 พบว่าข้าวทั้ง 3 ชนิดให้คุณค่าทางโภชนาการสูง โดยข้าวสังข์หยดมีปริมาณโปรตีนมากที่สุดคือ ร้อยละ 9.77 ซึ่งโปรตีนในข้าวส่วนใหญ่มีกรดอะมิโนไลซีน ซึ่งเป็นกรดอะมิโนจำเป็นในการสร้างโปรตีนที่สำคัญต่อร่างกาย ช่วยในการเจริญเติบโต การซ่อมแซมเนื้อเยื่อ และสร้างสารภูมิต้านทาน ฮอร์โมน รวมถึงเอนไซม์ต่าง ๆ [15] ปริมาณคาร์โบไฮเดรตสูงสุดพบในข้าวสังข์หยดและข้าวจีบ โดยข้าวสังข์หยดมีปริมาณคาร์โบไฮเดรตร้อยละ 81.66 ซึ่งสอดคล้องกับรายงานของ สายใจ และ ชีระ [16] ได้รายงานว่าคาร์โบไฮเดรตของข้าวมีปริมาณมากกว่าร้อยละ 70 และปริมาณเถ้าของข้าวจีบและข้าวสังข์หยดมีปริมาณมากที่สุด โดยข้าวสังข์หยดมีปริมาณเถ้า 2.15 มากกว่าข้าวชนิดอื่นโดยปริมาณเถ้าสามารถบ่งบอกปริมาณแร่ธาตุในอาหาร [17] เมื่อมีปริมาณเถ้าสูงแสดงว่ามีแร่ธาตุสูงด้วย ปริมาณไขมันในข้าวทั้ง 3 ชนิดไม่มีความแตกต่างกันคืออยู่ในช่วง 3.52-4.55 โดย

Verma และ Srivastav [18] ได้รายงานว่าข้าวเป็นแหล่งที่ดีของกรดไขมันโอเลอิก กรดลิโนเลอิก และกรดไขมันที่สำคัญอื่น ๆ ซึ่งมีประโยชน์ต่อร่างกาย ปริมาณเส้นใยทั้งหมดของข้าวจีบและข้าวมันปทุมมีมากกว่าข้าวสังข์หยดซึ่งสอดคล้องกับผานิต และคณะ [19] ได้รายงานว่าปริมาณเส้นใยของข้าวสังข์หยดมีปริมาณน้อยที่สุด

การทดสอบหาปริมาณแอนโทไซยานินในข้าวทั้ง 3 ชนิด พบว่าปริมาณแอนโทไซยานินมีค่าอยู่ระหว่าง 15.16-18.06 มิลลิกรัมต่อกรัมน้ำหนักแห้ง โดยข้าวสังข์หยดมีปริมาณแอนโทไซยานินมากที่สุด รองลงมาคือข้าวมะลิแดง และข้าวจีบ สาเหตุที่ข้าวสังข์หยดมีปริมาณแอนโทไซยานินมากที่สุด เพราะข้าวสังข์หยดมีสีที่เข้มกว่าข้าวทั้ง 2 ชนิด ซึ่งแสดงให้เห็นว่าสีของข้าวมีผลต่อปริมาณแอนโทไซยานิน [20] ข้าวที่มีปริมาณสารแอนโทไซยานินจะมีคุณสมบัติในการต้านอนุมูลอิสระได้ดี [21]



ตารางที่ 3 ผลการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีและปริมาณแอนโทไซยานินของข้าวไทยสีแดง

ชนิดของข้าวไทย สีแดง	องค์ประกอบทางเคมี (% ความชื้นฐานแห้ง)					แอนโทไซยานิน (มล./100 ก.)
	โปรตีน	ไขมัน ^{ns}	ใยอาหาร	เถ้า	คาร์โบไฮเดรต	
ข้าวจีบ	7.91±0.20 ^c	3.88±0.48	5.25±0.66 ^a	2.12±0.09 ^a	80.76±0.42 ^{ab}	15.16±0.11 ^c
ข้าวมะลิแดง	8.76±0.15 ^b	4.55±0.46	4.77±0.74 ^a	1.61±0.06 ^b	79.76±0.63 ^b	17.53±0.15 ^b
ข้าวสังข์หยด	9.77±0.18 ^a	3.52±0.61	3.43±0.36 ^b	2.15±0.04 ^a	81.66±0.85 ^a	18.06±0.23 ^a

หมายเหตุ a-b อักษรที่กำกับที่แตกต่างกันในแนวตั้ง แสดงถึงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

2. การศึกษาชนิดของข้าวไทยที่เหมาะสมในการผลิต แซนดวิชสเปรด

เมื่อนำข้าวทั้ง 3 ชนิดมาทำผลิตแซนดวิชสเปรดพบว่า ค่าสีของสเปรดข้าวทั้ง 3 ชนิดมีค่าความสว่างอยู่ที่ 44.95-54.18 โดยข้าวจีบมีค่าความสว่างมากที่สุด ค่าสีแดงของข้าวทั้ง 3 ชนิด โดยมีค่า a^* อยู่ในช่วง 9.03-9.47 โดยข้าวสังข์หยดและข้าวมะลิแดงให้ค่าสีแดงมากที่สุด สำหรับค่า

b^* อยู่ในโทนสีเหลือง มีค่าระหว่าง 10.03-15.51 โดยข้าวจีบมีค่าสีเหลืองมากที่สุด ดังแสดงใน Table 4 ซึ่งสีของข้าวจีบจะมีความสว่างมากที่สุดและออกโทนสีเหลือง และค่าสีของแซนดวิชสเปรดจากข้าวไทยสีแดงทั้ง 3 ชนิดสอดคล้องกับค่าสีของข้าว (ตารางที่ 1) ซึ่งเกิดจากสีของเปลือกหุ้มเมล็ดของข้าว [22]

ตารางที่ 4 ผลการวิเคราะห์ค่าสี ความหนืด และความสามารถในการแผ่กระจายของแซนดวิชสเปรดจากข้าวไทยสีแดง

ชนิดข้าวไทยสีแดง	ค่าสี			ความหนืด (cP)	ความสามารถในการ แผ่กระจาย (g.sec)
	L*	a*	b*		
ข้าวจีบ	54.18±0.15 ^a	9.03±0.21 ^b	15.51±0.13 ^a	12437.00±96.43 ^b	591.43±27.91 ^a
ข้าวมะลิแดง	51.84±1.08 ^b	9.47±0.01 ^a	10.63±0.60 ^b	14089.33±22.50 ^a	330.05±16.91 ^b
ข้าวสังข์หยด	44.95±0.70 ^c	9.42±0.20 ^a	10.03±0.40 ^b	9516.33±57.73 ^c	639.51±28.34 ^a

หมายเหตุ a-b อักษรที่กำกับที่แตกต่างกันในแนวตั้ง แสดงถึงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

ค่าความข้นหนืดของแซนดวิชสเปรดจากข้าวไทยสีแดงทั้ง 3 ชนิดอยู่ที่ 9516.33-14089.33 cP โดยที่ข้าวสังข์หยดมีค่าความหนืดน้อยที่สุด คือ 9516.33 cP ในขณะที่ข้าวมันปุมมีค่าความหนืดมากที่สุด สำหรับความสามารถในการแผ่กระจายของแซนดวิชสเปรดอยู่ที่ระหว่าง 330.05-639.51 g.sec โดยข้าวสังข์หยดมีค่าการแผ่กระจายมากที่สุด คือ 639.51 g.sec และข้าวมันปุมมีการแผ่กระจายได้น้อยที่สุด มีค่า 330.05 g.sec อาจเป็นเพราะข้าวมันปุมมีความหนืดมาก

จึงทำให้มีค่าการแผ่กระจายได้น้อย ลักษณะของแซนดวิชสเปรดจึงมีความเหนียวข้น ซึ่งสอดคล้องกับ (ตารางที่ 2) ข้าวสังข์หยดมีความหนืดน้อยที่สุด จึงทำให้สามารถแผ่กระจายได้มากที่สุด จากผลการทดลองข้างต้นนั้น จะเห็นได้ว่า ข้าวสังข์หยดมีโปรตีน เถ้า และคาร์โบไฮเดรตสูงที่สุด และยังมีแอนโทไซยานินในปริมาณที่มากที่สุด เมื่อนำมาผลิตเป็นผลิตภัณฑ์แซนดวิชสเปรดจากข้าวสังข์หยด จะมีความหนืดที่น้อยและทำให้มีความสามารถในการแผ่กระจายได้มากที่สุด



3. การศึกษาชนิดและปริมาณของน้ำมันพืชที่เหมาะสมต่อการผลิตแซนดิวิซเปรต

จากตารางที่ 5 เมื่อทำการทดแทนน้ำมันพืชทั้ง 3 ชนิด ในแซนดิวิซเปรตจากข้าวไทยสีแดง พบว่าน้ำมันทั้ง 3 ชนิดมีค่าการแผ่กระจายที่แตกต่างกัน ($p \leq 0.05$) ในน้ำมันแต่ละชนิดนั้นมีความหนาแน่นของของเหลวที่แตกต่างกัน ความหนาแน่นมีความสัมพันธ์กับความหนืด จากรายงานการวิจัยของธนินและคณะ [6] ที่รายงานว่า ค่าความหนืดเป็นค่าที่แสดงการไหลของน้ำมันที่สภาวะแรงโน้มถ่วง น้ำมันมะพร้าวและน้ำมันรำข้าวมีเสถียรภาพมากกว่าน้ำมันเมล็ดทานตะวัน และองค์ประกอบของน้ำมันมีผลกับคุณสมบัติของน้ำมัน ถ้ามีองค์ประกอบของน้ำมันสายสั้นทำให้น้ำมันมีความหนืดต่ำ โดยน้ำมันมะพร้าวมี C12 และ C14 เป็นองค์ประกอบ จึงมี

ความหนืดต่ำสุด ส่วนน้ำมันรำข้าวมี C18:1 และ C18:2 เป็นองค์ประกอบหลัก จึงทำให้ความหนืดสูง เมื่อพิจารณาค่าความสามารถในการแผ่กระจายตามตารางที่ 5 จะเห็นได้ว่า แซนดิวิซเปรตจากข้าวสังข์หยดที่ทดแทนด้วยน้ำมันรำข้าวมีค่าดังกล่าวสูงที่สุด ซึ่งไม่สอดคล้องกับการศึกษาของธนินและคณะ อาจจะเนื่องมาจากกระบวนการผลิตน้ำมันที่แตกต่างกัน ทำให้น้ำมันแต่ละชนิดมีความหนาแน่นและความหนืดที่แตกต่างกัน เมื่อพิจารณาปริมาณของน้ำมันรำข้าวที่ใช้ในการทำผลิตภัณฑ์แซนดิวิซเปรตจะเห็นว่าน้ำมันที่ระดับ 8 เปอร์เซ็นต์ มีความสามารถในการแผ่กระจายที่ดีกว่าน้ำมันที่ระดับ 6 เปอร์เซ็นต์ อาจจะเนื่องมาจากปริมาณของของเหลวในส่วนผสมเยอะขึ้น จึงทำให้มีค่าความสามารถในการแผ่กระจายตัวของผลิตภัณฑ์มากขึ้น

ตารางที่ 5 ผลการวิเคราะห์ความสามารถในการแผ่กระจายและค่าเพอร์ออกไซด์ของแซนดิวิซเปรตจากข้าวสังข์หยดที่ทดแทนด้วยน้ำมันแต่ละชนิดในระดับต่าง ๆ

ชนิดและปริมาณของน้ำมันพืช	ความสามารถในการแผ่กระจาย (g.sec)	ค่าเพอร์ออกไซด์ (mEqv.O ₂ /kg)
Sunflower oil (6 เปอร์เซ็นต์)	752.96±30.04 ^c	41.18±1.96 ^c
Sunflower oil (8 เปอร์เซ็นต์)	752.18±29.88 ^c	46.99±1.09 ^b
Rice bran oil (6 เปอร์เซ็นต์)	841.25±18.67 ^b	45.03±1.93 ^b
Rice bran oil (8 เปอร์เซ็นต์)	961.79±29.98 ^a	34.96±2.21 ^d
Coconut oil (6 เปอร์เซ็นต์)	762.49±16.38 ^c	45.75±1.99 ^b
Coconut oil (8 เปอร์เซ็นต์)	730.40±25.04 ^c	53.53±2.67 ^a

หมายเหตุ a-b อักษรที่กำกับที่แตกต่างกันในแนวนอน แสดงถึงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

ค่าเพอร์ออกไซด์เป็นค่าที่ใช้ในการวัดอัตราการเกิดปฏิกิริยาการออกซิเดชันของกรดไขมันไม่อิ่มตัว ซึ่งได้ผลิตภัณฑ์เป็นสารประกอบเพอร์ออกไซด์ ซึ่งสารประกอบดังกล่าวเป็นสาเหตุของการเกิดกลิ่นหืน (rancidity) ในอาหาร ซึ่งในน้ำมันแต่ละชนิดที่ใช้ในการวิจัยประกอบด้วยกรดไขมันอิ่มตัวและไม่อิ่มตัว ดังนี้ น้ำมันเมล็ดทานตะวัน 9 และ 91 น้ำมันรำข้าว 22 และ 78 น้ำมันมะพร้าว 92 และ 8 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ [23] โดยค่าเพอร์ออกไซด์ของแซนดิวิซเปรตที่ทดแทนด้วยน้ำมันพืชทั้ง 3 ชนิด แสดงในตารางที่ 5 เมื่อเปรียบเทียบแซนดิวิซเปรตที่ทดแทนด้วยน้ำมันรำข้าว

ในปริมาณ 8 เปอร์เซ็นต์ กับแซนดิวิซเปรตที่ทดแทนด้วยน้ำมันมะพร้าวในปริมาณ 8 เปอร์เซ็นต์ มีค่าเพอร์ออกไซด์ที่สูงกว่า แม้ว่าน้ำมันมะพร้าวจะมีกรดไขมันไม่อิ่มตัวที่น้อยกว่าก็ตาม ทั้งนี้อาจเป็นเพราะว่าในน้ำมันรำข้าวมีสารที่มีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ คือ แกมมา-โอริซานอล (γ -oryzanol) อยู่ในปริมาณที่สูง ดังนั้นแล้วน้ำมันมะพร้าวจึงไม่เหมาะในการทดแทนน้ำมันถั่วเหลืองในแซนดิวิซเปรต และอาจสรุปได้ว่าการทดแทนน้ำมันรำข้าวในแซนดิวิซเปรต จะช่วยป้องกันการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันได้ อีกทั้งยังเป็นการยืดอายุการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์แซนดิวิซเปรตได้ [6]



อภิปรายและสรุปผลการวิจัย

การศึกษาสมบัติทางเคมีและกายภาพของผลิตภัณฑ์แซนดิวสเปรตจากข้าวไทยสีแดง ได้แก่ ข้าวจีบ ข้าวมะลิแดง และข้าวสังข์หยด พบว่า ข้าวสังข์หยดเป็นข้าวมีคุณค่าทางโภชนาการมากที่สุด โดยพิจารณาจากองค์ประกอบทางเคมี เช่น โปรตีน ไขมัน โยอาหาร ใย และคาร์โบไฮเดรต ที่มีค่าเท่ากับร้อยละ 9.77, 3.52, 3.43, 2.15 และ 81.66 ตามลำดับ นอกจากนี้ยังมีค่าสีแดง ที่แสดงถึงว่าข้าวดังกล่าวมีปริมาณแอนโทไซยานินที่สูงกว่าข้าวชนิดอื่น โดยมีค่าที่วิเคราะห์ได้เท่ากับ 18.06 (มิลลิกรัมต่อน้ำหนักแห้ง 100 กรัม) และจากการศึกษาการเปลี่ยนแปลงความหนืดของแป้งจากข้าวไทยสีแดงระหว่างการหุงต้ม พบว่า ข้าวไทยสีแดงทั้ง 3 ชนิด มีการเปลี่ยนแปลงความหนืดที่แตกต่างกัน เนื่องจากข้าวแต่ละชนิดมีปริมาณอะไมโลสที่แตกต่างกัน ซึ่งจะส่งผลทำให้ข้าวสุกมีความเหนียวลดลง และทำให้ข้าวสุกมีความนุ่มน้อยลงด้วย และทั้งนี้เกิดจากคุณสมบัติการคืนตัวของอะไมโลสที่สูงแล้ว ดังนั้นข้าวที่มีอะไมโลสต่ำจะมีลักษณะที่เหนียว

เมื่อนำข้าวไทยสีแดงทั้ง 3 ชนิดมาผลิตเป็นแซนดิวสเปรต พบว่า แซนดิวสเปรตจากข้าวสังข์หยดมีความหนืดน้อยที่สุด จึงทำให้มีความสามารถในการแผ่กระจายได้ดี ซึ่งจะทำให้มีความง่ายต่อการปาดเกลี่ยแซนดิวสเปรตลงบนแผ่นขนมปัง และค่าสีของแซนดิวสเปรตจากข้าวไทยสีแดงทั้ง 3 ชนิด ที่วิเคราะห์ได้มีความสอดคล้องกับค่าสีของข้าวไทยสีแดงอีกด้วย ซึ่งเกิดจากสีของเปลือกหุ้มเมล็ดของข้าว หลังจากนั้นมีการทดแทนน้ำมันพืช ได้แก่ น้ำมันเมล็ดทานตะวัน น้ำมันรำข้าว และน้ำมันมะพร้าว พบว่า การทดแทนน้ำมันรำข้าวในระดับ 8 เปอร์เซ็นต์มีความสามารถในการแผ่กระจายได้มากที่สุด และมีค่าเพอร์ออกไซด์น้อยที่สุด ซึ่งแสดงว่าน้ำมันรำข้าวจะมีโอกาสที่จะกลืนกินได้น้อยกว่าน้ำมันชนิดอื่น ๆ

ดังนั้นอาจสรุปได้ว่าการผลิตแซนดิวสเปรตด้วยข้าวสังข์หยด และมีการใช้น้ำมันรำข้าวทดแทนน้ำมันถั่วเหลืองในระดับ 8 เปอร์เซ็นต์ มีสมบัติทางเคมีและกายภาพ

ในด้านต่าง ๆ เช่น ค่าสี ความหนืด ความสามารถในการแผ่กระจาย ค่าเพอร์ออกไซด์ ตลอดจนคุณค่าทางโภชนาการ และคุณสมบัติในการต้านอนุมูลอิสระ ซึ่งจะเหมาะสมสำหรับการพัฒนาผลิตภัณฑ์แซนดิวสเปรตให้เป็นอาหารเพื่อสุขภาพต่อไป

กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยขอขอบพระคุณ คณะเทคโนโลยีคหกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลกรุงเทพ ที่ให้ความอนุเคราะห์เครื่องมือในการวิจัย และขอขอบพระคุณทุนสนับสนุนการวิจัยจากมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลกรุงเทพ ประจำปี พ.ศ. 2562

เอกสารอ้างอิง

1. Thai Rice Exporters Association. สถิติส่งออกข้าว (export statistics). [อินเทอร์เน็ต]. 2021 [เข้าถึงเมื่อ 16 กุมภาพันธ์ 2564]. เข้าถึงได้จาก: <http://www.thairiceexporters.or.th>
2. Bhattacharjee P, Singhal RS, Kulkarni PR. Basmati rice. Int J Food Sci Technol 2002;37(1):1-12.
3. Jansom V, Jansom C, Lerdvuthisopon N. Study on total phenolics compound, total flavonoids, total monomeric anthocyanins, vitamin E and gamma-oryzanol in pigmented Thai rice. Thammasat Med J 2017;17(2):182-93.
4. สมหมาย ปติสังข์, กิ่งแก้ว ปะติตั้งโช, ครุปรกรณ์ ละเอียดอ่อน. การเพิ่มมูลค่าข้าวพันธุ์พื้นเมืองโดยการประยุกต์เป็นอาหารเสริมสุขภาพสำหรับผู้สูงอายุ. บุริรัมย์: มหาวิทยาลัยราชภัฏบุรีรัมย์; 2561.
5. วราภรณ์ ประเสริฐ, งามจิตร โลวิทุ, อุไร เผ่าสังข์ทอง. การพัฒนาแซนดิวสเปรตลดไขมันจากน้ำมันถั่วเหลือง. วารสารวิชาการเกษตร 2555;30(2):166-76.



6. ธนิน ภูวดลไพศาล, นฤมล จิยโชค, ณัฏฐา เลหากุลจิตต์. การศึกษาอัตราส่วนที่เหมาะสมในการผสมน้ำมันพืช 3 ชนิด เพื่อเลียนแบบน้ำมันสวิตอัลมอนต์. วารสารวิทยาศาสตร์เกษตร 2552;40(1) พิเศษ:381-4.
7. AOAC association. Official method of analysis of AOAC international. 18th ed. Gaithersburg: Association of Official Analytical Chemists, Inc.; 2006.
8. Lee J, Durst RW, Worlsted RE. Determination of Total Monomeric Anthocyanin Pigment Content of Fruit Juices, Beverages, Natural Colorants, and Wines by the pH Differential Method. J AOAC Int 2005;88(5):1269-78.
9. ไสริยา เกิดพิบูลย์, จักรพงษ์ ไสวะพันธ์, ประกาย ผิวทอง, อรอนงค์ ฐานันท์นันทกุล. ผลของอิมัลซิไฟเออร์และเวลาที่ใช้ในการผสมต่อสมบัติเชิงกายภาพของฟักทองสเปรด. วารสารวิจัย มข. 2554;16(1):32-40.
10. Pegg RB. Handbook of food analytical chemistry. New Jersey: John Wiley and Sons; 2005.
11. Dancan DB. Multiple range and multiple F tests. Biometrics 1995;11:1-42.
12. Pramai P, Jiamyangyuen S. Chemometric classification of pigmented rice varieties based on antioxidative properties in relation to color. Songklanakarin J Sci Technol 2016;38(5):463-72.
13. Julino BO. Physicochemical properties of starch and protein in relation to grain quality and nutritional value of rice: rice breeding. Philippines: Los Baños; 1972.
14. เขาวนิพร ชีพประสพ, ฤทัยทิพย์ อโนมณี, หาสนัด สาเหล็กม. องค์ประกอบทางเคมีและปริมาณอะไมโลสในข้าวพันธุ์พื้นเมือง จังหวัดพัทลุง: รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์ ประจำปีงบประมาณ 2558. สงขลา: มหาวิทยาลัยราชภัฏสงขลา; 2558.
15. กล้านรงค์ ศรียอด, เกื้อกุล ปิยะจอมขวัญ. เทคโนโลยีของแป้ง. พิมพ์ครั้งที่ 4. กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์; 2550.
16. สายใจ ปอสูงเนิน, ชีระ ธรรมวงศา. องค์ประกอบทางเคมีบางประการและคุณสมบัติต้านอนุมูลอิสระของข้าวพื้นเมืองในจังหวัดนครราชสีมา. วารสารวิทยาศาสตร์บูรพา 2018;23(2):971-84.
17. Bhat R, Sridhar KR. Nutritional quality evaluation of electron beam-irradiated lotus (Nelumbo Nuifera) seeds. Food Chem 2008;107(1):174-84.
18. Verma DK, Srivastav PP. Proximate composition, mineral content and fatty acids analyses of aromatic and non-aromatic Indian rice. Rice Sci 2017;24(1):21-31.
19. ผาณิต รุจิรพิสิฐ, วิชชุดา สังข์แก้ว, และ เสาวนีย์ เอี้ยวสกุลรัตน์. คุณค่าทางโภชนาการของข้าว 9 สายพันธุ์. วารสารวิทยาศาสตร์เกษตร 2555;43(2): 173-6.
20. นพวรรณ ชีราวัณ, วิภาพร เกิดช่าง, สิบสองเมฆา สามงามเขียว, และธิดารัตน์ พรหมมา. การศึกษาปริมาณแอนโทไซยานินในข้าวกล้องหอมด่ำสุโขทัย 2 ข้าวกล้องหอมแดงสุโขทัย 1 และข้าวดอกข่า. ใน: รายงานสืบเนื่องจากการประชุมวิชาการระดับชาติ ครั้งที่ 4 วันที่ 22 ธันวาคม 2560. สถาบันวิจัยและพัฒนา มหาวิทยาลัยราชภัฏกำแพงเพชร. กำแพงเพชร; 2560. หน้า 1031-34.
21. ครุปรณ์ ละเอียดอ่อน, อรุณรัตน์ แสงศิลา. คุณสมบัติทางกายภาพของเมล็ดข้าวพันธุ์พื้นเมืองในจังหวัดบุรีรัมย์. วารสารวิจัย มทร.ศรีวิชัย 2562;11(3):556-67.



22. Saikia S, Dutta H, Saikia D, Mahanta CL. Quality Characterisation and estimation of phytochemicals content and antioxidant capacity of aromatic pigmented and non-pigmented rice varieties. Food Res Int 2012;46(1):334-40.
23. Orsavova J, Misurcova L, Ambrozova JV, Vicha R, Mlcek J. Fatty acids composition of vegetable oils and its contribution to dietary energy intake and dependence of cardiovascular mortality on dietary intake of fatty acids. Int J Mol Sci 2015;16(6):12871-90.