

ผลของชนิดข้าวที่มีต่อการเปลี่ยนแปลงปริมาณสารแอนโทไซยานินและสมบัติทางกายภาพในผลิตภัณฑ์บ๊ะจ่าง

สุนัน ปานสาคร^{1*} และจตุรงค์ ลังกาพินธุ์¹
sunan.p@en.mutt.ac.th¹, jaturong.l@en.mutt.ac.th¹

Received	: 18-Feb-2022
Revised	: 29-Oct-2022
Accepted	: 1-Nov-2022

¹ภาควิชาวิศวกรรมเกษตร คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี

บทคัดย่อ

งานวิจัยศึกษาผลของชนิดข้าวที่มีต่อการเปลี่ยนแปลงปริมาณสารแอนโทไซยานินและสมบัติทางกายภาพในผลิตภัณฑ์บ๊ะจ่าง ข้าวที่ใช้คือ ข้าวเหนียวขาว ข้าวเหนียวดำ และข้าวไรซ์เบอร์รี่ แบ่งเป็นตัวอย่างที่ 1 ข้าวเหนียวขาว 100 เปอร์เซ็นต์ ตัวอย่างที่ 2 ข้าวเหนียวขาวผสมข้าวเหนียวดำอย่างละ 50 เปอร์เซ็นต์ ตัวอย่างที่ 3 ข้าวเหนียวขาวผสมข้าวไรซ์เบอร์รี่อย่างละ 50 เปอร์เซ็นต์ และตัวอย่างที่ 4 ข้าวเหนียวดำผสมข้าวไรซ์เบอร์รี่อย่างละ 50 เปอร์เซ็นต์ พบว่าการใช้ข้าวเหนียวขาว 100 เปอร์เซ็นต์ ให้วอเตอร์แอกติวิตีต่ำสุด 0.854 ในขณะที่ใช้ข้าวเหนียวสูตรผสมวอเตอร์แอกติวิตี มีค่าระหว่าง 0.888-0.929 สอดคล้องกับความชื้นที่มีค่าใกล้เคียงกันทั้ง 4 ตัวอย่าง (51.30- 57.25 เปอร์เซ็นต์มาตรฐานเปียก) ค่าความแข็งของการใช้ข้าวเหนียวขาว 100 เปอร์เซ็นต์ ให้ค่าความแข็งสูงสุด 32.14 นิวตัน ในขณะที่ตัวอย่างข้าวเหนียวดำผสมข้าวไรซ์เบอร์รี่ ให้ค่าต่ำสุด 8.97 นิวตัน เมื่อนำไปทดสอบความพึงพอใจของผู้บริโภคทั้ง 4 ตัวอย่าง พบว่าข้าวเหนียวดำผสมข้าวไรซ์เบอร์รี่ มีคะแนนความชอบที่ระดับชอบปานกลางถึงชอบมาก (6.60-7.57) ซึ่งสูงสุดในด้านลักษณะปรากฏ กลิ่น สี รสชาติ และความชอบโดยรวม การทดสอบค่าสีพบว่าการใช้ข้าวเหนียวขาว 100 เปอร์เซ็นต์ ให้ค่า L* สูงสุดและมีแนวโน้มลดลงเมื่อผสมกับข้าวชนิดอื่นและให้ผลเช่นเดียวกับค่าความเป็นสีเหลือง (b*) ในขณะที่ค่าความเป็นสีแดง (a*) เพิ่มขึ้นเมื่อนำข้าวเหนียวดำผสมข้าวไรซ์เบอร์รี่ และการทดสอบสารแอนโทไซยานินในข้าวเหนียวขาว 100 เปอร์เซ็นต์ ให้ค่าปริมาณสารแอนโทไซยานินต่ำสุดเท่ากับ 0.063 กรัมต่อกรัมน้ำหนักแห้ง เมื่อนำข้าวไรซ์เบอร์รี่ และข้าวเหนียวดำ มาผสมพบว่าปริมาณสารแอนโทไซยานินเพิ่มขึ้นและให้ค่าระหว่าง 0.193-0.220 กรัมต่อกรัมน้ำหนักแห้ง

คำสำคัญ: ข้าวเหนียวขาว ข้าวเหนียวดำ ข้าวไรซ์เบอร์รี่ บ๊ะจ่าง

Effect of Different Rice Varieties on Changes in Anthocyanin Content and Physical Properties of Zongzi Products

Sunan Pamsakhom^{1*} and Jaturong Langkapin¹
sunan.p@en.mutt.ac.th^{1*}, jaturong.l@en.mutt.ac.th¹

Received	: 18-Feb-2022
Revised	: 29-Oct-2022
Accepted	: 1-Nov-2022

¹Department of Agricultural Engineering, Faculty of Engineering, Rajamangala University of Technology Thanyaburi

Abstract

This research was to study the effect of different rice varieties on changes in anthocyanin content and physical properties of Zongzi products. White glutinous rice, black sticky rice and riceberry rice were used in this study, divided into the first sample 100% white glutinous rice, the second sample: white glutinous rice mixed with black sticky rice 50% each, the third sample white glutinous rice mixed with riceberry rice 50% each and the fourth example black glutinous rice mixed with riceberry rice 50% each. It was found that the use of 100% white glutinous rice had the lowest water activity content of 0.854, while the water activity content of glutinous rice mixed with the formula showed water activity content between 0.888-0.929. Also, related to the moisture content with similar values in all 4 samples (51.30-57.25%wb). The condition of 100% white glutinous rice showed, the highest hardness of 32.14 N, while the black sticky rice mixed with riceberry rice gave the lowest value at 8.97 N. For sensory test in all 4 samples, it was found that black glutinous rice mixed with riceberry rice presented score at the level of like moderately to like very much (6.60-7.57), in terms of appearance, odor, color, taste and overall preference. The color test showed that 100% white glutinous rice gave the highest L* value and tended to decrease when mixed with other types of rice and the same results were presented as the yellowness value (b*), while the redness value (a*) increased when mixed with black sticky rice and riceberry rice. For anthocyanin determination, 100% white glutinous rice contained the lowest anthocyanin content of 0.063 g/g dry weight. While riceberry rice and black sticky rice were found that their anthocyanin contents increased and the value was between 0.193-0.220 g/g dry weights.

Keywords: White glutinous rice, Black sticky rice, Rice berry, Zongzi

1. บทนำ

บ๊ะจ่าง (Chinese Zongzi หรือ Chinese oily sticky rice) เป็นอาหารคาวชนิดหนึ่งที่มาจากประเทศจีน บ้างเรียก ขนมจ่าง มีทั้งแบบใส่ไส้และไม่ใส่ไส้ แบบไม่ใส่ไส้เรียกว่า กี่จ่าง หรือขนมจ่างจืด ใช้จิ้มกินกับน้ำตาล แบบใส่ไส้ ทำด้วยข้าวเหนียวนำมาผัดกับน้ำมัน ภายในบรรจุมีหลากหลายแบบ เช่น ไส้พะไล ไส้หมูเค็ม มีการใส่กุนเชียง ไข่เค็ม เห็ดหอม กุ้งแห้ง เป็นต้น [1] ผู้บริโภคส่วนใหญ่คือกลุ่มคนไทยเชื้อสายจีน กลุ่มผู้ใหญ่วัยทำงาน การบริโภคบ๊ะจ่างนิยมบริโภคในเทศกาลไหว้บ๊ะจ่าง ซึ่งเป็นประเพณีสืบทอดกันมาอย่างยาวนานของชาวจีน ตรงกับวันที่ 5 เดือน 5 หรือเรียกว่าเทศกาลเดือนห้า [2] หรือเทศกาลเจ และนิยมสำหรับงานพิธีหรืองานเลี้ยงต่างๆ อย่างไรก็ตามในช่วงนอกเทศกาล บ๊ะจ่างก็มีวางจำหน่ายสำหรับผู้บริโภคที่สนใจหารับประทาน ทั้งนี้ส่วนใหญ่บ๊ะจ่างที่วางจำหน่ายโดยทั่วไปเป็นการสืบทอดสูตรมาจากบรรพบุรุษแบบรุ่นสู่รุ่นอย่างยาวนาน ดังนั้นสูตรของบ๊ะจ่างแต่ละร้านจึงเป็นสูตรต้นตำรับที่ไม่เหมือนใคร แต่ยังคงไว้ซึ่งรสชาติอร่อย ความสดใหม่ คุณภาพที่ดีใช้วัตถุดิบที่ดี และความสะอาด ปัจจุบันคนไทยหันมาใส่ใจเรื่องการบริโภคมากขึ้น โดยพบว่าผู้บริโภคกว่าร้อยละ 55 เห็นว่าการบริโภคโปรตีนจากเนื้อสัตว์ให้คุณค่าน้อยกว่าการบริโภคโปรตีนจากพืช และการบริโภคเนื้อสัตว์ รวมถึงพบว่าร้อยละ 76 เลือกรับประทานโปรตีนจากพืช เช่น ผักใบเขียวและถั่ว [3] ดังนั้นปัจจุบันจึงมีการคิดค้นสูตรผลิตภัณฑ์บ๊ะจ่างให้หลากหลายขึ้น เพื่อเข้าถึงผู้บริโภคในยุคนี้ มีทั้งบ๊ะจ่างสูตรเพื่อคนรักสุขภาพ เช่น บ๊ะจ่างมังสวิรัติรวมถึงการพัฒนาผลิตภัณฑ์บ๊ะจ่างกึ่งสำเร็จรูปเพื่อตอบสนองการใช้ชีวิตของคนเมือง [4]

บ๊ะจ่างเป็นอาหารที่เข้าถึงผู้บริโภคได้ง่าย เนื่องจากรับประทานง่าย สะดวกในการรับประทาน มีรสชาติหลากหลาย ทำให้ถูกปากทั้งคนไทย และของชาวต่างชาติที่สนใจ ประกอบกับในผลิตภัณฑ์บ๊ะจ่างมีส่วนประกอบที่หลากหลายดังที่กล่าวมาข้างต้น จึงเป็นอาหารเพื่อสุขภาพ ทั้งนี้เพื่อตอบโจทย์สำหรับคนรักสุขภาพมากขึ้นจะพบว่าวัตถุดิบหลักชนิดหนึ่งในผลิตภัณฑ์บ๊ะจ่างคือข้าว ปรกติจะใช้เป็นข้าวเหนียวขาว สายพันธุ์ที่นิยมนำมาใช้ ได้แก่ ข้าวเหนียวเขี้ยวงู ซึ่งเป็นข้าวที่ผ่านการขัดสีจนเมล็ดมีสีขาวเรียวยาว ดังนั้นคุณค่าทางโภชนาการจึง

ลดลงแต่ในแง่ดีคือ เมื่อนึ่งสุกแล้วมีสีขาว นุ่มเหนียวติดกัน แต่ไม่เลอะมีความเลื่อมมันค่อนข้างมากและมีกลิ่นหอม [5] ด้วยความที่ประเทศไทยเป็นประเทศเกษตรกรรมมีการเพาะปลูกและพัฒนาสายพันธุ์ข้าวชนิดต่างๆ ที่มีคุณค่าทางโภชนาการสูง ได้แก่ ข้าวเหนียวดำ และข้าวไรซ์เบอร์รี่ ดังนั้นผู้วิจัยจึงมีแนวคิดในการใช้ข้าวทั้งสองชนิดมาผลิตผลิตภัณฑ์บ๊ะจ่างสำหรับเป็นทางเลือกของกลุ่มผู้บริโภคที่รักสุขภาพหรือผู้บริโภคทั่วไป

ข้าวเหนียวดำ (Black sticky rice) เป็นข้าวพันธุ์พื้นบ้านของทางภาคเหนือ และภาคอีสานของไทย ที่มีลักษณะโดดเด่นของสีม่วงทั้งลำต้นและเมล็ด นิยมนำมารับประทานในรูปแบบขนมหวาน ในข้าวเหนียวดำมีสาร "แกมมาโอไรซานอล" (gamma oryzanol) ซึ่งสามารถลดความเสี่ยงของการเป็นโรคหัวใจได้ ลดไขมันอุดตันในหลอดเลือด ที่สำคัญข้าวเหนียวดำยังอุดมไปด้วย วิตามิน บี1 บี2 และบี6 วิตามิน เอ อี ช่วยบำรุงสมองและสายตา ช่วยลดระดับโคเลสเตอรอล ลดไขมันอุดตันในเลือด ปรับความดันเลือดให้เป็นปรกติ ต้านอนุมูลอิสระ เป็นต้น [6,7,8,9] ข้าวไรซ์เบอร์รี่ (Riceberry) เป็นการผสมข้ามสายพันธุ์ ระหว่างสายพันธุ์พ่อคือข้าวเจ้าหอมนิลร่วมกับสายพันธุ์แม่คือข้าวขาวดอกมะลิ 105 ทำให้ได้ลักษณะที่ดีและคุณประโยชน์เด่นๆ ออกมามากมาย เช่น ข้าวไรซ์เบอร์รี่อุดมไปด้วยคุณค่าทางอาหารสูง ได้แก่ โอเมก้า 3 ธาตุเหล็ก เบต้าแคโรทีน แกมมาโอไรซานอล วิตามินบี 1 วิตามินอี ลูทีน แทนนิน สังกะสี โพลีฟีนอล และเส้นใย ช่วยลดความเสี่ยงต่อการเกิดโรคเบาหวาน โรคความดันโลหิตสูง โรคหัวใจ โรคหลอดเลือด อุดมไปด้วยไฟเบอร์ในปริมาณสูง และช่วยบำรุงร่างกาย โดยมีคุณสมบัติต่อต้านอนุมูลอิสระได้ดี นอกจากนี้ยังมีสารอาหารอื่นๆ ที่มีประโยชน์ต่อร่างกายมากมายหลายชนิด [10,11,12] ที่สำคัญทั้งข้าวขาวเหนียวดำและข้าวไรซ์เบอร์รี่ มีสารแอนโทไซยานิน ซึ่งเป็นรงควัตถุหรือสารให้สีตามธรรมชาติ พบใน pericarp ของรำข้าว ซึ่งสารแอนโทไซยานินจัดอยู่ในกลุ่มของฟลาโวนอยด์ (Flavonoid) มีคุณสมบัติในการละลายในน้ำได้ และมีคุณสมบัติเป็นสารต้านอนุมูลอิสระที่ให้สีม่วง แดงเข้ม ทั้งนี้ค่าความเป็นกรดต่างสามารถเปลี่ยนแปลงสีของแอนโทไซยานินกล่าวคือ เมื่ออยู่ในสภาวะความเป็นด่างก็จะเปลี่ยนน้ำเงินถึงน้ำเงินเข้ม เมื่ออยู่ในสภาวะความเป็นกรดจะมีสีแดงเข้ม และหากอยู่ในสภาวะ

ความเป็นกลางจะมีสีม่วง เป็นต้น [13] มีคุณสมบัติเป็นสารต้านอนุมูลอิสระที่สูงมากกว่าวิตามินซี และวิตามินอี ถึง 2 เท่า มีประโยชน์มากมายต่อสุขภาพร่างกาย โดยเฉพาะช่วยป้องกันหลอดเลือดหัวใจอุดตันและโรคที่เกี่ยวข้องกับหัวใจ ช่วยลดคอเลสเตอรอลในหลอดเลือด [14,15,16] จากคุณประโยชน์ของข้าวไรซ์เบอร์รี่และข้าวเหนียวดำที่ได้กล่าวมานั้นจึงนิยมนำไปใช้ทำเป็นผลิตภัณฑ์อาหารโภชนบำบัดในทางการแพทย์ รวมถึงนำไปแปรรูปเพื่อใช้ในอุตสาหกรรมอาหารมากมาย เช่น ขนมปัง ซาลาเปา ข้าวเหนียวดำสุก เป็นต้น [8,13,17] ดังนั้นผู้วิจัยจึงเล็งเห็นคุณค่าของข้าวทั้ง 2 ชนิดในการพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหารเพื่อการบริโภคต่อสุขภาพมากขึ้น เป็นการเพิ่มมูลค่าวัตถุดิบทางการเกษตรในชุมชนและเสริมสร้างรายได้ให้แก่เกษตรกร คณะผู้วิจัยจึงได้ศึกษานิตของพันธุ์ข้าวที่มีต่อการเปลี่ยนแปลงปริมาณสารแอนโทไซยานินและสมบัติทางกายภาพในผลิตภัณฑ์บะจ่างเพื่อเป็นประโยชน์ในการนำไปผลิตเพื่อจำหน่ายสำหรับกลุ่มผู้บริโภคที่สนใจต่อไป

2. อุปกรณ์และวิธีการ

ขั้นตอนการเตรียมผลิตภัณฑ์บะจ่าง

การเตรียมตัวอย่างข้าว: จัดซื้อข้าวเหนียวขาว ข้าวเหนียวดำ และข้าวไรซ์เบอร์รี่คุณภาพดี เมล็ดสมบูรณ์สะอาด จากร้านค้าที่ได้มาตรฐาน ควบคุมความชื้นเริ่มต้นของข้าวที่ประมาณ 12-14 เปอร์เซ็นต์มาตรฐานเปียก นำมาบรรจุในถุงพลาสติกสุญญากาศสูงละ 1,000 กรัม เก็บไว้ในอุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส จนกว่าจะนำไปใช้ในการทดสอบ โดยที่ข้าวเหนียวขาวและข้าวเหนียวดำเตรียมโดย ล้างให้สะอาดแช่น้ำอัตราส่วนข้าว 1 ส่วนต่อน้ำ 2 ส่วนที่อุณหภูมิห้อง (25 ± 2 องศาเซลเซียส) 12 ชั่วโมง แล้วนำไปนึ่งที่อุณหภูมิประมาณ 95-98 องศาเซลเซียส เวลา 30 นาที ในขณะที่ข้าวไรซ์เบอร์รี่เตรียมโดย ชั่งตัวอย่างข้าวและน้ำสะอาดในอัตราส่วน 1:2 ใส่ลงในหม้อหุงข้าวไฟฟ้ายี่ห้อ SHARP รุ่น KSH-D22 และทำการเปิดสวิตช์เพื่อหุงสุกจนได้ตัวอย่างข้าวหุงสุก จากนั้นทำการทดสอบชนิดของพันธุ์ข้าวที่มีต่อการเปลี่ยนแปลงสมบัติทางกายภาพและเคมีในการผลิตบะจ่าง โดยตัวอย่างที่ 1 ตัวควบคุมใช้ข้าวเหนียวขาว 100 เปอร์เซ็นต์ (WS (100%)) หรือ 100 กรัม ตัวอย่างที่ 2 ข้าวเหนียวขาวผสมข้าวเหนียวดำอย่างละ 50 กรัม

(WS(50%) : BS(50%)) ตัวอย่างที่ 3 ข้าวเหนียวขาวผสมข้าวไรซ์เบอร์รี่อย่างละ 50 กรัม (WS(50%) : RB(50%)) และตัวอย่างที่ 4 ข้าวเหนียวดำผสมข้าวไรซ์เบอร์รี่อย่างละ 50 กรัม (BS(50%) : RB(50%)) โดยส่วนผสมของข้าวทั้ง 4 ตัวอย่างมีน้ำหนักรวม 100 กรัม

การเตรียมผสม : ส่วนผสมในการทำบะจ่างประกอบด้วย หมูสันนอกหั่นชิ้นนำไปหมักซอสพริกไทยกระเทียม หมักไว้ค้างคืนให้หมูนุ่มและเครื่องปรุงเข้าเนื้อแปะก๊วยต้มสุก เห็ดหอมหั่นตามขวาง น้ำมันพืช กุนเชียงทอดให้สุก ไข่แดงเค็ม กุ้งแห้ง พริกไทย น้ำมันหอย ซีอิ๊วขาว ซีอิ๊วดำ และน้ำตาลทรายรวมน้ำหนักทั้งสิ้นประมาณ 50 กรัม

การเตรียมบะจ่าง : นำตัวอย่างข้าวที่เตรียมไว้ข้างต้นในแต่ละตัวอย่างน้ำหนัก 100 กรัม ผัดกับส่วนผสมต่างๆ น้ำหนัก 50 กรัม จากนั้นทำการห่อส่วนผสมต่างๆ ด้วยใบไม้ที่ผ่านการแช่น้ำจนนิ่มเพื่อให้สะดวกในการห่อและมัดด้วยเชือกให้แน่นป้องกันการหลุด นำไปนึ่งในลังถึงด้วยไอน้ำอุณหภูมิ 95-98 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 30 นาที จากนั้นทดสอบสมบัติทางกายภาพและเคมีพร้อมทั้งทำการทดสอบซ้ำจำนวน 3 ซ้ำ

ขั้นตอนการวิเคราะห์สมบัติทางกายภาพและเคมี

ปริมาณความชื้นและค่าแอดอร์แอกติวิตี (a_w)

: ทดสอบปริมาณความชื้นโดยชั่งน้ำหนักตัวอย่างจำนวน 10 กรัม อบแห้งด้วยตู้อบลมร้อน (Binder FD115, Germany) อุณหภูมิ 105 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 16 ชั่วโมง อ้างอิงวิธีการทดสอบจากมาตรฐาน AOAC [18] และหาค่าแอดอร์แอกติวิตี (a_w) ด้วยเครื่องวัดค่าแอดอร์แอกติวิตี (Aqualab 3TE, USA) นำตัวอย่างข้าวประมาณ 5 กรัม ใส่ลงในถังพลาสติก นำใส่เครื่อง เมื่อค่าคงที่ทำการบันทึกค่าที่อ่านได้วิเคราะห์ตัวอย่าง 3 ซ้ำ

ค่าสี (Color value) : วัดค่าสีด้วยเครื่องวัดสี (JC801, Japan) รายงานผลในรูปของ L^* , a^* และ b^* ซึ่งค่าทั้ง 3 ค่า เป็นการแสดงการวัดค่าสีโดยที่ค่า L^* คือ ค่าความสว่าง (lightness) หมายความว่ามีความมืดเมื่อเข้าใกล้ 0 และมีค่าความสว่างมากเมื่อเข้าใกล้ 100 ในส่วนค่า a^* คือ ค่าความเป็นสีแดง (Redness) เมื่อมีค่าเป็นบวกและมีค่าความเป็นสีเขียว (Greenness) เมื่อมีค่าเป็นลบ และค่า b^* คือ ค่าความเป็นสีเหลือง (Yellowness) เมื่อมีค่าเป็นบวก

และค่าความเป็นสีน้ำเงิน (Blueness) เมื่อมีค่าเป็นลบ ซึ่งก่อนทำการทดสอบวัดค่าสี เครื่องมือวัดค่าสีจะถูกปรับเทียบความเที่ยงตรงของค่าสีด้วย Standard Calibration Plate ค่า L^* , a^* และ b^* เท่ากับ 98.11, -0.11 และ -0.08 ตามลำดับ

ค่าความแข็ง : นำตัวอย่างข้าวไปทดสอบค่าความแข็งด้วยเครื่องวัดเนื้อสัมผัส (LLOYD, LRX plus, USA) ตามวิธีการกดแบบ Back extrusion ค่าที่อ่านได้เป็นค่าที่แสดงค่าความแข็งของตัวอย่างข้าวแต่ละตัวอย่างในหน่วยของนิวตัน [19]

การทดสอบความพึงพอใจของผู้บริโภค : ทำการทดสอบความพึงพอใจของผู้บริโภคจำนวน 30 คน โดยวิธี Hedonic Scaling 9 point ซึ่งมี 9 คะแนน ได้แก่ 1 หมายถึง ไม่ชอบมากอย่างยิ่ง 2 หมายถึง ไม่ชอบมาก 3 หมายถึง ไม่ชอบปานกลาง 4 หมายถึง ไม่ชอบเล็กน้อย 5 หมายถึง เฉยๆ 6 หมายถึง ชอบเล็กน้อย 7 หมายถึง ชอบปานกลาง 8 หมายถึง ชอบมาก 9 หมายถึง ชอบมากอย่างยิ่ง ในด้านลักษณะปรากฏ กลิ่น สี เนื้อสัมผัส รสชาติ และความชอบโดยรวม

การทดสอบปริมาณสารแอนโทไซยานินทั้งหมด : วิเคราะห์ปริมาณสารแอนโทไซยานินทั้งหมด (Total Anthocyanin Content) [20,21] โดยเตรียมตัวอย่างจำนวน 1 กรัม ใส่ลงในสารละลายเอทานอลิกไฮโดรคลอริก (เอทานอล 95 เปอร์เซ็นต์ 85 มิลลิลิตร ต่อกกรดไฮโดรคลอริก 1.5 นอร์มัล 15 มิลลิลิตร) ปริมาตร 25 มิลลิลิตร เขย่าให้เข้ากัน ปิดฝาด้วยแผ่นอลูมิเนียมฟอยล์แล้วนำไปเก็บที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส นาน 24 ชั่วโมง จากนั้นนำออกมากรองผ่านกระดาษกรองเบอร์ 4 ยี่ห้อ whatman ปรับปริมาตรด้วยสารละลายเอทานอลิกไฮโดรคลอริกให้มีปริมาตร 25 มิลลิลิตร แล้วนำไปวัดค่าการดูดกลืนแสงด้วยเครื่องวัดการดูดกลืน(AquaMate 8000, USA) ที่ความยาวคลื่น 535 นาโนเมตร โดยใช้สารละลายเอทานอลิกไฮโดรคลอริกเป็นตัวปรับศูนย์ (blank) คำนวณหาปริมาณแอนโทไซยานินทั้งหมดจากสมการที่ (1) และ (2) ดังนี้

$$\begin{aligned} \text{Total absorbance} &= (\text{OD}_{535} \times V \times 100) / W \end{aligned} \quad (1)$$

$$\begin{aligned} \text{Total anthocyanin content (mg/g)} &= \text{Total absorbance} / 98.2 \end{aligned} \quad (2)$$

โดยที่ V คือ ปริมาตรสารละลายที่นำมาหาปริมาณสารแอนโทไซยานิน (ml), W คือ น้ำหนักตัวอย่างที่นำมาหาปริมาณสารแอนโทไซยานิน (g), OD_{535} คือ ค่าการดูดกลืนแสงที่อ่านได้จากเครื่องวัดการดูดกลืนแสงที่มีความยาวคลื่น 535 nm, 98.2 คือ ค่าคงที่การดูดกลืนแสงของอนุพันธ์แอนโทไซยานินที่มีความยาวคลื่น 535 นาโนเมตร

การวิเคราะห์ทางสถิติ : ใช้โปรแกรม SPSS version 23 ที่ระดับความแตกต่างทางสถิติ 95% (One-way analysis of variance (ANOVA)) และทำการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยตามวิธีของ Duncan New's Multiple Range Test (DMRT)

3. ผลการศึกษาและวิจารณ์

จากการศึกษาชนิดของพันธุ์ข้าว ได้แก่ ข้าวเหนียวขาว ข้าวเหนียวดำ และข้าวไรซ์เบอร์รี่ ที่มีต่อการเปลี่ยนแปลงสมบัติทางกายภาพและเคมีด้านปริมาณสารแอนโทไซยานิน ค่าสี วอเตอร์แอกติวิตี ความชื้น ความแข็งและความพึงพอใจของผู้บริโภคในผลิตภัณฑ์บะจ่างแสดงผลการทดสอบดังตารางที่ 1 ตารางที่ 2 รูปที่ 1 รูปที่ 2 และ รูปที่ 3

3.1 การเปลี่ยนแปลงสมบัติทางกายภาพด้านวอเตอร์แอกติวิตี ความชื้น และความแข็งของผลิตภัณฑ์บะจ่างสูตรใช้ชนิดของข้าวที่แตกต่างกัน

จากการใช้ข้าวต่างชนิดมาผลิตผลิตภัณฑ์บะจ่างพบว่าส่งผลต่อความแตกต่างทางสมบัติทางกายภาพและเคมีแสดงดังตารางที่ 1 โดยการใช้ข้าวเหนียวขาว (WS (100%)) ให้ค่าวอเตอร์แอกติวิตี 0.854 ในขณะที่ใช้ข้าวเหนียวสูตรผสมค่าวอเตอร์แอกติวิตี มีค่าระหว่าง 0.888-0.929 ทั้งนี้ค่าวอเตอร์แอกติวิตี เป็นปัจจัยที่ชี้ระดับปริมาณน้ำต่ำสุดในอาหารที่เชื้อจุลินทรีย์สามารถนำไปใช้ในการเจริญเติบโตและใช้ในการเกิดปฏิกิริยาเคมีต่าง ๆ ค่าที่ได้จากการทดสอบพบว่า ในทุกตัวอย่างมีค่าสูงกว่า 0.6 ซึ่งอยู่ในกลุ่มชนิดของอาหารสดดังนั้นจึงเป็นผลิตภัณฑ์ที่เสื่อมเสียง่าย [22] ซึ่งสอดคล้องกับค่าความชื้นโดยผลิตภัณฑ์บะจ่างสูตรข้าวเหนียวขาว 100% ให้ค่าความชื้น 51.30 เปอร์เซ็นต์มาตรฐานเปียก ซึ่งแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) กับค่าความชื้นสูตรผสมที่ให้ค่า 53.42, 54.47 และ 57.25 เปอร์เซ็นต์มาตรฐานเปียก สำหรับผลิตภัณฑ์

บะจ่างสูตรข้าวเหนียวขาวผสมข้าวเหนียวดำ (WS(50%) : BS(50%)) ข้าวเหนียวขาวผสมข้าวไรซ์เบอร์รี่ (WS(50%) : RB(50%)) และข้าวเหนียวดำผสมข้าวไรซ์เบอร์รี่ (BS(50%) : RB(50%)) ตามลำดับ

การวัดค่าเนื้อสัมผัสหรือค่าความแข็งของบะจ่างตามวิธีการกดแบบ Back extrusion แสดงค่าดังตารางที่ 1 พบว่าการใช้ข้าวเหนียวขาว 100 เปอร์เซ็นต์ (WS (100%)) ในการทำบะจ่างให้ค่าความแข็งสูงสุดเท่ากับ 32.14 นิวตัน และแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) กับอีก 3 ตัวอย่าง ในขณะที่ตัวอย่างที่ 2 ข้าวเหนียวขาวผสมข้าวเหนียวดำ (WS(50%) : BS(50%)) และตัวอย่างที่ 3 ข้าวเหนียวขาวผสมข้าวไรซ์เบอร์รี่ (WS(50%) : RB(50%)) ให้ค่าความแข็งเท่ากับ 20.67 นิวตัน และ 19.52 นิวตัน ตามลำดับ ซึ่งพบว่าไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P > 0.05$) แต่เมื่อนำตัวอย่างที่ 4 คือ ข้าวเหนียวดำผสมข้าวไรซ์เบอร์รี่ (BS(50%) : RB(50%)) มาทดสอบค่าความแข็งให้ค่าต่ำสุด 8.97 นิวตัน แสดงถึงความนุ่มของข้าวและสอดคล้องกับค่าวอเตอร์แอกติวิตี้ และค่าความชื้นที่ให้

ค่าสูงสุดในตัวอย่างดังกล่าวนี้ ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากคุณสมบัติของพันธุ์ข้าวโดยเฉพาะค่าอะไมโลส เป็นดัชนีที่บ่งชี้คุณภาพข้าว และสามารถนำมาจำแนกข้าวตามปริมาณอะไมโลส ได้แก่ ข้าวที่มีปริมาณอะไมโลสสูง (ร้อยละ 25 - 33) เมื่อหุงสุกเนื้อจะค่อนข้างแข็งตามปริมาณอะไมโลสที่มากขึ้น ข้าวที่มีปริมาณอะไมโลสปานกลาง (ร้อยละ 20 - 25) และข้าวที่มีปริมาณอะไมโลสต่ำ (ร้อยละ 9 - 20) เช่น ข้าวไรซ์เบอร์รี่ เมื่อหุงสุกเนื้อจะนุ่มและเหนียว และข้าวที่ไม่มีอะไมโลส (ร้อยละ 0 - 9) เช่น ข้าวเหนียว เมื่อหุงสุกจะมีค่าความเหนียวมาก และค่าความแข็งน้อย [23,24] และสอดคล้องกับขนิษฐา และ สุพัตรา [25] รายงานว่าข้าวเหนียวขาวและข้าวเหนียวดำเมื่อหุงสุกจะได้เนื้อสัมผัสที่นุ่มและเหนียว รวมถึงยังพบว่าข้าวเหนียวขาวมีปริมาณโปรตีนสูงทั้งนี้เมื่อปริมาณโปรตีนเพิ่มมากขึ้นจะมีค่าความแข็งและความเหนียวเพิ่มตามไปด้วย [26] ดังนั้นการใช้ข้าวเหนียวขาวมาผลิตบะจ่างเพียงชนิดเดียวจึงส่งผลให้มีแนวโน้มของค่าความแข็งที่สูงกว่าการใช้ข้าวไรซ์เบอร์รี่ และข้าวเหนียวดำมาผสมรวมกัน

ตารางที่ 1 ผลการเปลี่ยนแปลงสมบัติด้านวอเตอร์แอกติวิตี้ ความชื้น และความแข็งของผลิตภัณฑ์บะจ่างสูตรใช้ชนิดของข้าวที่แตกต่างกัน

ตัวอย่าง	วอเตอร์แอกติวิตี้	ความชื้น	ความแข็ง
	(a_w)	(เปอร์เซ็นต์มาตรฐานเปียก)	(นิวตัน)
WS (100%)	0.854±0.046 ^b	51.30±2.45 ^c	32.14±1.08 ^a
WS(50%) : BS(50%)	0.888±0.008 ^{ab}	53.42±1.87 ^b	20.67±1.58 ^b
WS(50%) : RB(50%)	0.906±0.002 ^{ab}	54.47±2.05 ^b	19.52±1.08 ^b
BS(50%) : RB(50%)	0.929±0.035 ^a	57.25±2.11 ^a	8.97±1.07 ^c

* ค่าเฉลี่ยจากการทดลอง 3 ซ้ำ (ค่าเฉลี่ย±SD.)

^{ab} อักษรที่แตกต่างกันในคอลัมน์เดียวกันแสดงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$)

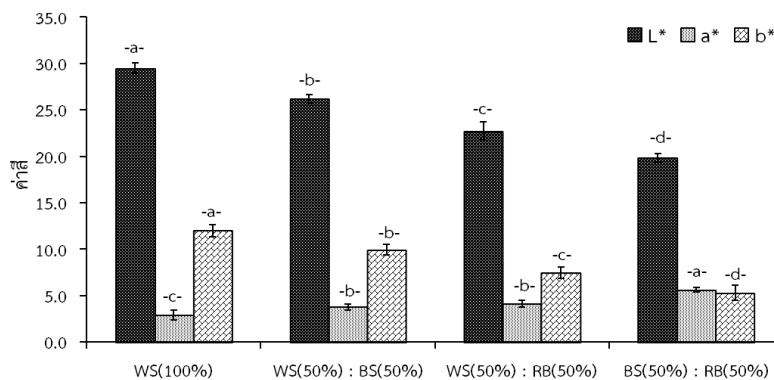
3.2 การเปลี่ยนแปลงสมบัติด้านสีของผลิตภัณฑ์บะจ่างสูตรใช้ชนิดของข้าวที่แตกต่างกัน

สีเป็นปัจจัยหนึ่งที่ใช้บ่งบอกคุณภาพของผลิตภัณฑ์ในการยอมรับหรือไม่ยอมรับของผู้บริโภค จากการทดลองวัดค่าสีของผลิตภัณฑ์บะจ่างสูตรใช้ชนิดของข้าวที่แตกต่างกันจำนวน 4 ตัวอย่างแสดงดังรูปที่ 1 พบว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($P \leq 0.05$) ของค่าความ

สว่าง (L^*) และค่าความเป็นสีเหลือง (b^*) โดยค่าความสว่างของตัวอย่างที่ 1 ใช้ข้าวเหนียวขาว (WS (100%)) ตัวอย่างที่ 2 ข้าวเหนียวขาวผสมข้าวเหนียวดำ (WS(50%) : BS(50%)) ตัวอย่างที่ 3 ข้าวเหนียวขาวผสมข้าวไรซ์เบอร์รี่ (WS(50%) : RB(50%)) และตัวอย่างที่ 4 ข้าวเหนียวดำผสมข้าวไรซ์เบอร์รี่ (BS(50%) : RB(50%)) ให้ค่า L^* เท่ากับ 29.50, 26.17, 22.73 และ 19.83 ตามลำดับ และให้ค่า b^* เท่ากับ 12.00,

9.93, 7.43 และ 5.30 ตามลำดับเช่นกัน ซึ่งจะเห็นว่าการใช้ข้าวเหนียวขาว 100% จะให้ค่า L^* และ b^* สูงที่สุด ทั้งนี้ด้วยลักษณะทางกายภาพของข้าวเหนียวขาวที่มีสีขาวยิ่งก่อนหนึ่งและหลังหนึ่ง และเมื่อนำข้าวเหนียวดำและข้าวไรซ์เบอร์รี่มาผสมจึงส่งผลทำให้ค่า L^* และ b^* ลดลงหรือสีของผลิตภัณฑ์มีลักษณะเข้มขึ้นตามชนิดของพันธุ์ข้าว คือ สีแดงเข้ม หรือม่วง [13,17,27] ในส่วนค่าความเป็นสีแดง (a^*) พบว่า ตัวอย่างที่ 1 ใช้ข้าวเหนียวขาว (WS (100%)) ให้ค่า a^* ต่ำสุดเท่ากับ 2.90 และแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($P \leq 0.05$) กับตัวอย่างอื่นในขณะที่ตัวอย่างที่ 2 ข้าวเหนียวขาวผสมข้าวเหนียวดำ (WS(50%) : BS(50%)) และตัวอย่างที่ 3 ข้าวเหนียวขาวผสมข้าวไรซ์เบอร์รี่ (WS(50%) : RB(50%)) ให้ค่า a^* ใกล้เคียงกันเท่ากับ 3.77 และ 4.10 ตามลำดับ เมื่อนำข้าวเหนียวดำผสมข้าวไรซ์เบอร์รี่

(BS(50%) : RB(50%)) ให้ค่า a^* สูงสุดเท่ากับ 5.63 ซึ่งค่าสีของตัวอย่างที่แสดงนี้สอดคล้องกับลักษณะทางกายภาพของข้าวแต่ละพันธุ์ โดยเฉพาะข้าวเหนียวดำและข้าวไรซ์เบอร์รี่พบว่าปริมาณแอนโทไซยานิน (รูปที่ 2) ที่มีลักษณะเม็ดข้าวสีม่วงเข้ม ดังนั้นจึงทำให้ค่าความสว่าง (L^*) และค่าความเป็นสีเหลือง (b^*) ลดลง ค่าความเป็นสีแดง (a^*) เพิ่มขึ้น และเมื่อมีการให้ความร้อนด้วยการนึ่งเกิดปฏิกิริยาการเกิดสีน้ำตาลชนิดที่ไม่เกี่ยวข้องกับเอนไซม์ซึ่งเกิดขึ้นระหว่างน้ำตาลรีดิวซ์กับกรดอะมิโนหรือสารประกอบไนโตรเจนโดยมีความร้อนจากการนึ่งเป็นตัวเร่งปฏิกิริยาผลที่ได้คือสารประกอบที่ให้สีน้ำตาล [28] ส่งผลให้ปะจางที่ผลิตจากข้าวเหนียวดำและข้าวไรซ์เบอร์รี่จากเดิมที่มีสีม่วงเข้มอยู่แล้วมีลักษณะค่อนข้างไปน้ำเงินเข้มจนมีสีคล้ำเพิ่มขึ้น



รูปที่ 1 ผลการเปลี่ยนแปลงสมบัติทางกายภาพด้านสีของผลิตภัณฑ์ปะจางสุตรใช้ชนิดของข้าวที่แตกต่างกัน

^{ab} อักษรที่แตกต่างกันในแต่ละสภาวะการทดสอบแสดงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$)

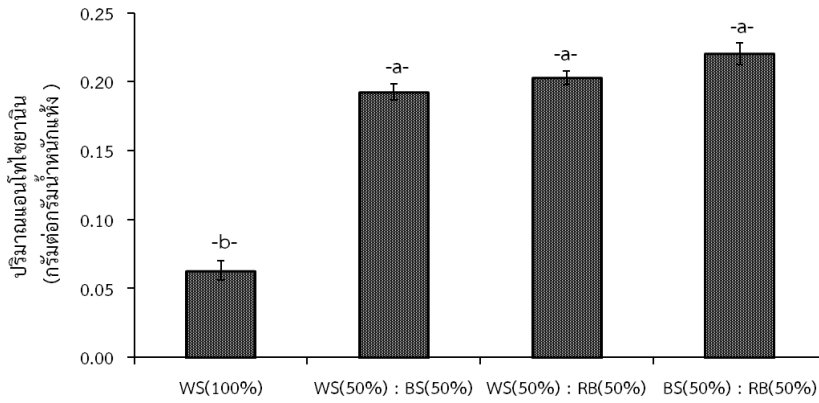
3.3 การเปลี่ยนแปลงปริมาณสารแอนโทไซยานินของผลิตภัณฑ์ปะจางสุตรใช้ชนิดของข้าวที่แตกต่างกัน

ผลการวิเคราะห์ปริมาณสารแอนโทไซยานินในผลิตภัณฑ์ปะจางโดยใช้ข้าวที่ต่างชนิดกันแสดงดังรูปที่ 2 พบว่าตัวอย่างที่ 1 ใช้ข้าวเหนียวขาว 100% (WS (100%)) ให้ค่าปริมาณสารแอนโทไซยานินต่ำสุดเท่ากับ 0.063 กรัมต่อกรัมน้ำหนักแห้ง และแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) กับตัวอย่างอื่นๆ ในขณะที่เมื่อนำข้าวไรซ์เบอร์รี่ข้าวเหนียวดำ มาผสมเพื่อผลิตผลิตภัณฑ์ปะจางพบว่าปริมาณสารแอนโทไซยานินเพิ่มขึ้นสำหรับตัวอย่างที่ 2 ข้าวเหนียวขาวผสมข้าวเหนียวดำ (WS(50%) : BS(50%))

ตัวอย่างที่ 3 ข้าวเหนียวขาวผสมข้าวไรซ์เบอร์รี่ (WS(50%) : RB(50%)) และตัวอย่างที่ 4 ข้าวเหนียวดำผสมข้าวไรซ์เบอร์รี่ (BS(50%) : RB(50%)) ให้ค่าปริมาณสารแอนโทไซยานินเท่ากับ 0.193, 0.203 และ 0.220 กรัมต่อกรัมน้ำหนักแห้งตามลำดับ และทั้ง 3 ตัวอย่างไม่พบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P > 0.05$) ทั้งนี้เนื่องด้วยปริมาณอัตราส่วนของข้าวที่ใช้ในปริมาณที่เท่ากันซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยที่มีการตรวจพบปริมาณสารแอนโทไซยานินในข้าวเหนียวดำและข้าวไรซ์เบอร์รี่ [6,8,9,11,12] ทั้งนี้พบว่า สารแอนโทไซยานินเป็นสารประกอบไกลโคไซด์หรือเอซิลไกลโคไซด์ที่จัดอยู่ในกลุ่มของสารประกอบฟีนอลิก ทั้งนี้มีงานวิจัย

ที่แสดงว่าสารแอนโทไซยานินเป็นสารที่มีประโยชน์ต่อร่างกายมีสมบัติต้านอนุมูลอิสระ มีสรรพคุณทางยา ช่วยกระตุ้นการไหลเวียนของเลือด ป้องกันการเกิดโรคต่างๆ เช่น โรคหลอดเลือด โรคเบาหวาน โรคมะเร็ง ลดความเสี่ยงในการ

เป็นโรคหัวใจและหลอดเลือดหัวใจแข็งตัวได้ [13,27,29,30] ดังนั้นการบริโภคบ๊ะจ่างที่ผลิตจากข้าวชนิดที่กล่าวมานี้ย่อมเป็นประโยชน์กับผู้บริโภค



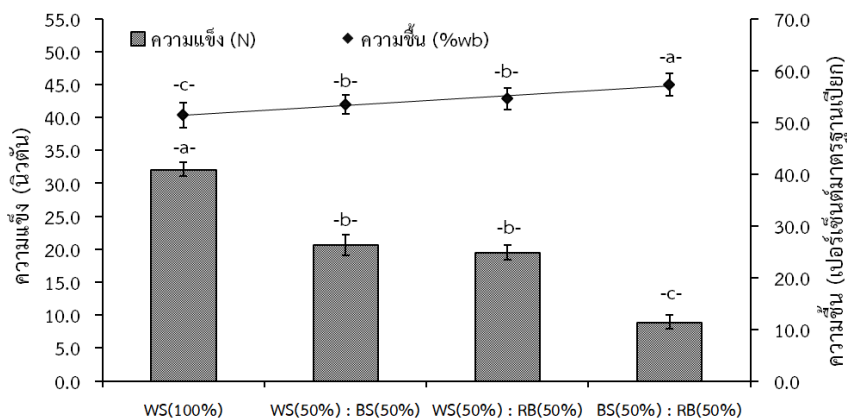
รูปที่ 2 ผลการเปลี่ยนแปลงปริมาณสารแอนโทไซยานินของผลิตภัณฑ์บ๊ะจ่างสูตรใช้ชนิดของข้าวที่ต่างกัน

^{ab} อักษรที่แตกต่างกันในแต่ละสภาวะการทดสอบแสดงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$)

3.4 เปรียบเทียบสมบัติด้านความแข็งและความชื้นของผลิตภัณฑ์บ๊ะจ่างสูตรใช้ชนิดของข้าวที่ต่างกัน

การเปรียบเทียบสมบัติด้านความแข็งและความชื้นของผลิตภัณฑ์บ๊ะจ่างสูตรใช้ชนิดของข้าวที่ต่างกันแสดงดังรูปที่ 3 ซึ่งพบว่าค่าความแข็งที่ลดลงในแต่ละตัวอย่างจะสอดคล้องกับค่าความชื้นที่เพิ่มขึ้น ทั้งนี้

เนื่องด้วยความชื้นหรือปริมาณน้ำในผลิตภัณฑ์ถ้ามีในปริมาณที่สูงขึ้นจะทำให้โครงสร้างของผลิตภัณฑ์มีความอ่อนนุ่ม และจะส่งผลไปยังความพึงพอใจของผู้บริโภคด้วยเช่นกัน รวมถึงผลิตภัณฑ์บ๊ะจ่างมีการใช้ชนิดของข้าวที่แตกต่างดังนั้นความแข็งจึงมีผลมาจากปัจจัยหนึ่งที่สำคัญคือ ปริมาณอะไมโลสที่ต่างกันไปตามชนิดของพันธุ์ข้าว ดังที่ได้กล่าวรายละเอียดไปแล้วในเบื้องต้น



รูปที่ 3 เปรียบเทียบสมบัติด้านความแข็งและความชื้นของผลิตภัณฑ์บ๊ะจ่างสูตรใช้ชนิดของข้าวที่ต่างกัน

^{ab} อักษรที่แตกต่างกันในแต่ละสภาวะการทดสอบแสดงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$)

3.5 ผลการประเมินความพึงพอใจของผู้บริโภคที่มีต่อผลิตภัณฑ์บะจ่างสูตรใช้ชนิดของข้าวที่แตกต่างกัน

จากผลการประเมินความพึงพอใจของผู้บริโภคที่มีต่อผลิตภัณฑ์บะจ่างสูตรใช้ชนิดของข้าวที่แตกต่างกันทั้ง 4 ตัวอย่าง ในตารางที่ 2 พบว่าค่าคะแนนความพึงพอใจในทุกตัวอย่างและทุกปัจจัยในการทดสอบอยู่ที่คะแนนเฉลี่ย 6-8 โดยที่ตัวอย่างที่ใช้ข้าวเหนียวดำผสมข้าวไรซ์เบอร์รี่ (BS(50%) : RB(50%)) มีคะแนนความชอบที่ระดับชอบปานกลางถึงชอบมาก ซึ่งสูงสุดเมื่อเทียบกับอีก 3 ตัวอย่าง ในด้านลักษณะปรากฏ กลิ่น สี รสชาติ และ ความชอบโดยรวม มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 7.57 ± 1.07 , 7.26 ± 1.64 , 7.07 ± 1.31 , 7.40 ± 1.35 และ 7.43 ± 1.04 ตามลำดับ ในขณะที่คะแนนความพึงพอใจด้านเนื้อสัมผัสสูงสุด ได้แก่ บะจ่างใช้ข้าวเหนียวขาวผสมข้าวเหนียวดำ (WS(50%) : BS(50%)) ทั้งนี้การใช้ข้าวเหนียวดำผสมข้าวไรซ์เบอร์รี่ในการผลิตบะจ่าง

พบว่าผู้บริโภคให้คะแนนความพึงพอใจในทุกคุณลักษณะไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P > 0.05$) กับตัวอย่างการใช้ข้าวเหนียวขาว 100% (WS (100%)) ซึ่งเป็นสูตรดั้งเดิมสำหรับตัวอย่างบะจ่างผลิตจากข้าวเหนียวขาวผสมข้าวไรซ์เบอร์รี่ (WS(50%) : RB(50%)) ผู้บริโภคให้คะแนนความชอบที่ระดับชอบเล็กน้อยในเกือบทุกด้าน ส่วนในด้าน สี และเนื้อสัมผัส พบว่าในทุกตัวอย่างไม่พบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P > 0.05$) ซึ่งจากการสังเกตความพึงพอใจด้านความชอบโดยรวมพบว่าระดับคะแนนสูงสุดคือการใช้ข้าวเหนียวดำผสมข้าวไรซ์เบอร์รี่ในการผลิตบะจ่าง ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากด้วยเนื้อสัมผัสที่นุ่ม พิจารณาได้จากค่าความแข็งที่มีค่าต่ำสุดสอดคล้องกับค่าความชื้นที่สูงสุดเมื่อเทียบกับตัวอย่างอื่น และมีสีที่ค่อนข้างเข้มซึ่งแตกต่างจากผลิตภัณฑ์ในรูปแบบปกติ

ตารางที่ 2 ผลการประเมินความพึงพอใจของผู้บริโภคที่มีต่อผลิตภัณฑ์บะจ่างสูตรใช้ชนิดของข้าวที่แตกต่างกัน

ปัจจัยการทดสอบ	ตัวอย่าง			
	WS (100%)	WS (50%) : BS (50%)	WS (50%) : RB (50%)	BS (50%) : RB (50%)
ลักษณะปรากฏ	6.90 ± 1.03^b	6.76 ± 0.86^{bc}	6.33 ± 1.21^c	7.57 ± 1.07^a
กลิ่น	6.80 ± 1.63^{ab}	6.40 ± 1.56^b	6.07 ± 1.31^b	7.26 ± 1.64^a
สี	6.93 ± 1.28^a	6.97 ± 1.07^a	6.56 ± 0.97^a	7.07 ± 1.31^a
เนื้อสัมผัส	6.86 ± 1.25^a	6.93 ± 1.17^a	6.73 ± 1.66^a	6.60 ± 1.81^a
รสชาติ	6.80 ± 1.35^{ab}	6.93 ± 1.41^{ab}	6.60 ± 1.45^c	7.40 ± 1.35^a
ความชอบโดยรวม	7.27 ± 1.14^{ab}	6.63 ± 1.25^{ab}	6.43 ± 1.50^c	7.43 ± 1.04^a

* ค่าเฉลี่ยจากการทดลอง 3 ซ้ำ (ค่าเฉลี่ย \pm SD.)

^{ab} อักษรที่แตกต่างกันในคอลัมน์เดียวกันแสดงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$)

4. สรุปผลการวิจัย

ผลของชนิดข้าวที่มีต่อการเปลี่ยนแปลงปริมาณสารแอนโทไซยานินและสมบัติทางกายภาพในผลิตภัณฑ์บะจ่าง พบว่าสามารถนำข้าวเหนียวดำและข้าวไรซ์เบอร์รี่มาผลิตเป็นผลิตภัณฑ์บะจ่างที่ส่งผลต่อคุณสมบัติที่ดีทั้งทางกายภาพและคุณสมบัติด้านปริมาณสารแอนโทไซยานิน โดยที่การใช้ข้าวเหนียวดำผสมข้าวไรซ์เบอร์รี่ (BS(50%) : RB(50%)) ให้ค่าของเตอร์แอดคิวิตี ความชื้น และความแข็งเท่ากับ 0.929, 57.25 เปอร์เซ็นต์มาตรฐานเปียก และ 8.97

นิวตัน ซึ่งพบว่าเนื้อสัมผัสนุ่มดังนั้นจึงส่งผลต่อความพึงพอใจของผู้บริโภคสูงสุดในด้าน ลักษณะปรากฏ กลิ่น สี รสชาติ และความชอบโดยรวม ทั้งนี้ยังให้ค่าปริมาณสารแอนโทไซยานินสูงสุดเท่ากับ 0.220 กรัมต่อกรัมน้ำหนักแห้ง ในขณะที่การใช้ข้าวเหนียวขาว 100 เปอร์เซ็นต์ ให้ค่าปริมาณสารแอนโทไซยานินต่ำสุดเท่ากับ 0.063 กรัมต่อกรัมน้ำหนักแห้ง นอกจากนี้ยังพบว่าปริมาณสารแอนโทไซยานินยังสอดคล้องกับการทดสอบค่าสีของตัวอย่างทั้ง 4 โดยการใช้ข้าวเหนียวขาว 100 เปอร์เซ็นต์ ให้ค่า L^* สูงสุดและมี

แนวโน้มลดลงเมื่อผสมกับข้าวชนิดอื่นและให้ผลเช่นเดียวกับค่าความเป็นสีเหลือง (b*) ในขณะที่ค่าความเป็นสีแดง (a*) เพิ่มขึ้นเมื่อนำข้าวเหนียวดำผสมข้าวไรซ์เบอร์รี่ (BS(50%) : RB(50%))

5. กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณสาขาวิชาวิศวกรรมอาหาร ภาควิชาวิศวกรรมเกษตร คณะวิศวกรรมศาสตร์ ที่สนับสนุนสถานที่ในการทำวิจัย และขอขอบคุณมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี ที่อุดหนุนทุนวิจัย

6. เอกสารอ้างอิง

- [1] Panarangsarn T. Project to set up the Ba-Jang (Traditional Chinese Steam Rice) wholesale business of Thailand. (GrandMa Ba-Jang 4.0). M. Com. Arts (Entertainment Management and Production), Graduate School, Bangkok University. 2017. (in Thai)
- [2] Bangkok Business. Wai Bac Chang' Festival 2021 opens the legend of worshipping the dragon god. 2021 [cited 2021 December 22]. Available from: <https://www.bangkokbiznews.com/lifestyle/886794>
- [3] BLT Bangkok. Health trends are strong. Modern urban people set goals for a good and happy life. 2021 [cited 2021 December 22] Available from: <https://www.bltbangkok.com/bangkok-update/4405/>.
- [4] Sirisoontaralak P, Paisarnchareon K. Jacutprakart B. Development of quick prepared chinese zongzi (Chinese Oily Sticky Rice). Agricultural Science Journal. 2012;43(2) (Suppl.):309-12. (in Thai)
- [5] Markkool P. Kiaw-ngu glutinous rice: From a genebank to farmers' fields. Ministry of Agriculture and Cooperatives, Rice Department. 2021. [cited 2021 December 22]. Available from: <https://tarr.arda.or.th/preview/item/pvm05Ux-0BScN-GZWpZVq>.
- [6] Rojanasaroj A, Saengkitikomol W, Tankhamnao T. Antioxidants in black rice, black sticky rice and red rice : protective effect on cytotoxicity and genotoxicity by free radicals and gene expression on lipid accumulation in culture cells. Master of Science in Clinical Biochemistry and Molecular Medicine. Chulalongkorn University. 2008. (in Thai)
- [7] Sirithanyalak B. Assessment of anti-inflammatory activity of gamma-oryzanol extract from kam thai rice bran. Research report. Faculty of Pharmacy Chiang Mai University. 2010. (in Thai)
- [8] Sukkasem K, Siriwong N.N. Effects of soaking black glutinous rice on nutritional value and texture properties of cooked black glutinous rice. Kasetsart University. Bangkok. 2013. (in Thai)
- [9] Kaweewong K, Tansawai A. Production of healthy beverage from black glutinous rice. Research report, Rajamangala University of Technology Lanna. 2013. (in Thai)
- [10] Leardkamolkarn V, Thongthep W, Suttiarporn P, Kongkachuichai R, Wongpomchai S, Wanavijitr A. Chemopreventive properties of the bran extracted from a newly-developed Thai rice: The Riceberry. Food Chemistry. 2011;125(3),978–85.
- [11] Settapramote N, Laokuldilok T, Boonyawan D, Utama-ang N. Physicochemical, antioxidant activities and anthocyanin of riceberry rice from different locations in Thailand. Food and Applied Bioscience Journal. 2018; 6(Suppl.): 84–94.
- [12] Poosri S, Thilavech T, Pasukamonset P, Suparpprom C, Adisakwattana S. Studies on riceberry rice (*Oryza sativa* L.) extract on the key steps related to carbohydrate and lipid digestion and absorption: A new source of natural bioactive substances. NFS Journal. 2019;17:17-23.

- [13] Sapantupong S. Development of bread with riceberry rice bran. *RMUTP Research Journal*, Vol. 13, No. 2, July-December 2019. (in Thai)
- [14] Lee J, Durst R, Wrolstad R. Determination of total monomeric anthocyanin pigment content of fruit juices, beverages, natural colorants, and wines by the pH differential method: collaborative study. *J AOAC Int.* 2005; 88(50):1269-78.
- [15] Diaconeasa Z, Leopold L, Rugin D, Ayvaz H, Socaciu C. Antiproliferative and antioxidant properties of anthocyanin rich extracts from blueberry and blackcurrant juice. *International Journal of Molecular Sciences*, 2015. 16, 2352–2365.
- [16] Yixiao S, Ning Z, Jinlong T, Guang X, Ling L, Xiyun S, Bin L. Advanced approaches for improving bioavailability and controlled release of anthocyanins. *Journal of Controlled Release.* 2022; 341:285-99.
- [17] Khumkhom S. Effect of riceberry flour on physicochemical properties and antioxidant activities of steamed bun. *Thai Science and Technology Journal (TSTJ).* 2020;28(11):2026-38.
- [18] AOAC. Official Method of Analysis. Association of Official Analytical Chemists. 15th ed. Arlington, Virginia, USA; 1990.
- [19] Reyes V.G, Jindal V.K. A small sample back extrusion test for measuring texture of cooked rice. *Journal of Food Quality.* 1989;13(2):109-18.
- [20] Suwan N. Effect of coating materials on controlling of browning and weight loss in lychee fruit. Thesis (Master of Science (Biology Department)) Chiang Mai University. 2005. (in Thai)
- [21] Ranganna S. Plant pigment. p. 72-93. In S. Ragana (ed.). *Manual of analysis of fruit and vegetable produce.* Tata McGraw-Hill Publishing Co., Ltd, New Delhi. 1977.
- [22] Langsatthong W. Food processing technology. Department of Agro-Industry Technology Faculty of Applied Sciences King Mongkut's Institute of Technology North Bangkok. 6th ed. Tex and Journal Publication Company Limited, Bangkok. 2014. (in Thai)
- [23] Suwannapom P, Pitiphunpong S, Champangem S. Classification of rice amylose content by discriminant analysis of physicochemical properties. *Starch Stärke.* 2007;59:171-7.
- [24] Cheprasop C, Salem H, Anomunee R. Chemical composition and amylose content in local rice variety from Phatthalung rice research center. *Sci. Tech. RMUTT J.* 2017;7(2):84-97.
- [25] Butsita K, Charoenphakdi S. Characteristics of texture and protein content of paddy rice in Phitsanulok Province. The 12th Naresuan Agricultural Fair Conference. Research and Innovation and the Development of the Country Between 21-22 July 2016. 230-6. (in Thai)
- [26] Kuanpanya J, Petchawong W, Damrongwattanakul N. Utilization of soy protein and modified starch in fat-reducing Sai Oua products. 46th Academic Conference of Kasetsart University : Agro-Industry Field Between 29 January – 1 February 2008 Kasetsart University. Bangkok. 2012. (in Thai)
- [27] Hiemori M, Koh E, Mitchell A. Influence of cooking on anthocyanins in black rice (*Oryzasativa* L. japonica var. SBR). *Journal of Agricultural and Food Chemistry.* 2009;57(5):1908-14.
- [28] Pichaiyongwongdee S, Rutkajorn N, Pandolsuk S. Teaching documentation culinary science. Printer, M&M Laser Print Limited Partnership, Bangkok. 2011. (in Thai)

[29] Bellido G, Beta T. Anthocyanin Composition and Oxygen Radical Scavenging Capacity (ORAC) of Milled and Pearled Purple, Black, and Common Barley. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 2009;57(3):1022-8.

[30] Sompong R, Siebenhandl-Ehn S, Linsberger-Martin G, Berghofer E. Physicochemical and antioxidative properties of red and black rice varieties from Thailand, China and Sri Lanka. *Food Chemistry*. 2011;124(1):132-40.