

การเตรียมน้ำแช่ข้าวไรซ์เบอร์รี่และการประยุกต์ใช้ในผลิตภัณฑ์วุ้นกะทิ

THE PREPARATION OF WATER SOAKING WITH RICEBERRY RICE AND APPLICATION FOR COCONUT MILK JELLY

นรินทรภพ ช่วยการ*

สาขาอาหารและโภชนาการ คณะศิลปศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย

สงขลา 90000

Narinphop Chuaykarn*

Program of Food and Nutrition, Faculty of Liberal Arts, Rajamangala University of Technology Srivijaya,

Songkhla 90000

*E-mail: narinphop_hok@hotmail.com

Received: 2018-05-31

Revised: 2018-09-13

Accepted: 2018-10-16

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาระยะเวลาการแช่น้ำข้าวไรซ์เบอร์รี่ที่เหมาะสมในการผลิตวุ้นกะทิ โดยคัดเลือกวุ้นกะทิสูตรพื้นฐานจำนวน 3 สูตร ที่ใช้กะทิต่างชนิดกัน จากการประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัส พบว่า วุ้นกะทิสูตรที่ 1 (ยี่ห้อ A) มีคะแนนเฉลี่ยความชอบรวมสูงสุด ($p \leq 0.05$) จึงเลือกวุ้นกะทิสูตรที่ 1 (ยี่ห้อ A) ไปศึกษาต่อในขั้นต่อไป โดยศึกษาระยะเวลาในการแช่ข้าวไรซ์เบอร์รี่ โดยใช้อัตราส่วนน้ำ (100°C) ต่อข้าวไรซ์เบอร์รี่เท่ากับ 2:1 (w/w) และศึกษาระยะเวลาในการแช่เป็น 3 ระยะ คือ 30 45 และ 60 นาที ตามลำดับ นำน้ำแช่ข้าวไปทดสอบส่วนน้ำในส่วนตัววุ้น พบว่า เมื่อนำน้ำแช่ข้าวไรซ์เบอร์รี่ระยะเวลาที่นานขึ้น (30 45 และ 60 นาที) ค่าความสว่าง (L^*) ของวุ้นกะทิจึงมีค่าลดลง ($p \leq 0.05$) ส่วนค่าสีแดง (a^*) ค่าสีเหลือง (b^*) และ ความแข็งของเจล (Gel strength) ของวุ้นกะทิจึงมีแนวโน้มเพิ่มขึ้น ($p \leq 0.05$) นอกจากนี้ยังพบว่า ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด ปริมาณสารแอนโทไซยานินทั้งหมด และประสิทธิภาพการต้านอนุมูลอิสระมีแนวโน้มเพิ่มขึ้น ($p \leq 0.05$) เมื่อนำน้ำแช่ข้าวไรซ์เบอร์รี่ในระยะเวลาที่นานขึ้น เมื่อนำไปทดสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัส พบว่า วุ้นกะทิที่ใช้แช่ข้าวไรซ์เบอร์รี่ระยะเวลา 45 และ 60 นาที มีคะแนนเฉลี่ยการยอมรับในทุกด้าน

ไม่แตกต่างกัน ($p > 0.05$) จากผลการทดลองการใช้น้ำแช่ข้าวไรซ์เบอร์รี่ที่ระยะเวลา 60 นาที มีความเหมาะสมในการทำผลิตภัณฑ์วุ้นกะทิมากที่สุด

คำสำคัญ: ข้าวไรซ์เบอร์รี่ วุ้นกะทิ สารต้านอนุมูลอิสระ

ABSTRACT

The objective of this research was studied the optimum time of water soaking for riceberry rice to produced coconut milk jelly. The coconut milk jellies (3 formulas) were selected by different types of coconut milk. The formula 1 (Brand A) of the coconut milk jelly had the highest score of overall liking ($p \leq 0.05$) which was selected in the next step. Studying the optimum time for soaking with the ratio of water (100°C) and riceberry rice were 2:1 by varying the soaking time (30 45 and 60 min) respectively, which the soaking water with riceberry rice was replaced with the water portion for the body of coconut milk jelly. The amount of soaking time for riceberry rice in water was varied by 30, 45 and 60 min respectively. The lightness (L^*) was decreased ($p \leq 0.05$) while the redness (a^*), yellowness (b^*) and gel strength trend increased ($p \leq 0.05$). Moreover, the total phenolic content, total anthocyanin content and antioxidant activity (DPPH and ABTS) trend increased when the amount of soaking time was also increased ($p \leq 0.05$). The sensory score of coconut milk jelly (45 and 60 min) for all attributes was not significantly different ($p > 0.05$). Base on the research findings, the optimum soaking time for riceberry rice with coconut milk jelly was 60 min.

Keywords: Riceberry rice, coconut milk jelly, antioxidant

บทนำ

ข้าวไรซ์เบอร์รี่ (*Oryza sativa* L.) เป็นข้าวสายพันธุ์ผสมระหว่างข้าวหอมนิลและข้าวขาวดอกมะลิ 105 โดยมีลักษณะเด่นเป็นเมล็ดข้าวสีม่วงเข้ม ข้าวไรซ์เบอร์รี่ได้รับความนิยมเป็นอย่างมากในอุตสาหกรรมอาหารเนื่องจากเป็นแหล่งที่อุดมไปด้วยสารพฤกษเคมี (Phytochemical) และคุณค่าทางโภชนาการ (Pattaneeya et al., 2013) จากรายงานการวิจัยที่ผ่านมา มีการนำข้าวไรซ์เบอร์รี่มาประยุกต์ใช้ในผลิตภัณฑ์อาหารหลากหลายชนิด ได้แก่ ชาลาเปา ลูกก๊ี้ น้ำสลัด เยลลี่ เป็นต้น จากการศึกษาของ Tasiri et al., (2015) ได้พัฒนาเยลลี่ข้าวไรซ์เบอร์รี่มังสวิรัต พบว่า ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด และประสิทธิภาพการ

ต้านอนุมูลอิสระของเยลลี่มีค่าสูงขึ้น ($p \leq 0.05$) เห็นได้ว่าถึงแม้มีการนำข้าวไรซ์เบอร์รี่มาผ่านกระบวนการแปรรูป แต่สารสำคัญหรือสารพฤกษเคมียังคงอยู่ในผลิตภัณฑ์อาหาร โดยสารพฤกษเคมีหรือสารสีที่พบในส่วนรำของเมล็ดข้าวกล้อง (Pericarp) มีคุณสมบัติพิเศษนอกเหนือจากคุณค่าทางโภชนาการคือ เป็นสารต้านอนุมูลอิสระซึ่งมีประโยชน์กับสุขภาพหลายประการ อาทิ ช่วยลดระดับโคเลสเตอรอลในเลือด ด้านการอักเสบ ลดความเสี่ยงในการเกิดโรคมะเร็ง และโรคเรื้อรังชนิดต่าง ๆ (Leardkamolkarnet et al., 2011 & Pattaneeya et al., 2013) โดยปกติการเตรียมข้าวไรซ์เบอร์รี่ในการหุงต้มก่อนรับประทานนั้น ต้องนำไปผ่านกระบวนการแช่หรือชาน้ำทิ้ง ก่อนนำไปหุงรับประทาน อาจเป็นผลให้คุณสมบัติบางประการของน้ำเหลือทิ้งจากการแช่ข้าวไรซ์เบอร์รี่นั้นได้สูญเสียไปกับกระบวนการดังกล่าว โดยเฉพาะอย่างยิ่งสารพฤกษเคมีที่ชื่อว่า แอนโทไซยานิน (Anthocyanin) โดยโครงสร้างเป็นสารประกอบโธไซยานิดิน 3 กลูโคไซด์ (Cyanidin 3-glucoside; C3G) และ พีโอนิดิน 3 กลูโคไซด์ (Peonidin 3-glucoside; P3G) ซึ่งจัดเป็นสารสีม่วงเข้มที่พบในข้าวไรซ์เบอร์รี่ มีคุณสมบัติละลายน้ำได้ดี (Oki et al., 2002 & Finocchiaro et al., 2010) ทำให้สารพฤกษเคมีที่พบในน้ำแช่ข้าวหรือน้ำชาข้าวนั้นถูกทิ้งไปกับกระบวนการดังกล่าวได้จึงมีความเป็นไปได้ว่าการนำน้ำแช่ข้าวจากกระบวนการดังกล่าวมาประยุกต์ใช้ในขนมไทยน่าจะเป็นอีกทางเลือกหนึ่ง อีกทั้งข้าวไรซ์เบอร์รี่ที่เหลือจากการแช่ก็สามารถนำไปหุงรับประทานหรือประกอบอาหารประเภทอื่นได้ ทั้งนี้ยังเป็นแนวทางช่วยลดการใช้สีสังเคราะห์ในการผลิตขนมไทยอีกทางหนึ่ง วุ้นกะทิชาว์ังจัดเป็นอาหารว่างที่ค่อนข้างได้รับความนิยมกันมากที่สุดชนิดหนึ่งมีจำหน่ายทั่วไปทั้งในตลาดและห้างสรรพสินค้า เนื่องจากคนไทยนิยมใช้กะทิมาเป็นส่วนประกอบในการทำขนมหลากหลายชนิด อีกทั้งมะพร้าวมีมากในประเทศจึงนิยมนำมาทำขนมไทย วุ้นกะทิจัดเป็นอาหารว่างจานหวาน รับประทานได้ทุกเพศทุกวัย กะทิกับข้าวกล้องในขนมไทยนั้นมีความลงตัวกันในเรื่องกลิ่นรสและรสชาติ ด้วยความเป็นเอกลักษณ์เฉพาะและเสน่ห์ของขนมชนิดนี้ ดังนั้น ในงานวิจัยนี้จึงสนใจศึกษาถึงการประยุกต์ใช้น้ำแช่ข้าวไรซ์เบอร์รี่ในการทำวุ้นกะทิ โดยอาจเป็นผลิตภัณฑ์ขนมชาว์ังเพื่อสุขภาพหรือเป็นอาหารทางเลือกเพื่อสุขภาพอีกประเภทหนึ่ง อีกทั้งเป็นที่ต้องการจากผู้บริโภคทั่วไปทุกเพศทุกวัยหรือผู้บริโภคที่ใส่ใจในสุขภาพ ตลอดจนนำไปผลิตในเชิงพาณิชย์ได้

วิธีการทดลอง

1. การคัดเลือกวุ้นกะทิสูตรพื้นฐาน

1.1 การคัดเลือกวุ้นกะทิสูตรพื้นฐานดัดแปลงจาก (Chaisuwan, 2012) จำนวน 3 สูตร สำหรับการผลิตหน้าวุ้นกะทิ ได้ใช้กะทิต่างชนิดกันในปริมาณร้อยละ 24.78 คือสูตรที่ 1 ใช้กะทียี่ห้อ A สูตรที่ 2 ใช้กะทียี่ห้อ B และสูตรที่ 3 ใช้กะทียี่ห้อ C โดยส่วนผสมอื่นมีปริมาณคงที่คือ น้ำร้อยละ 61.96 ผงวุ้นตรานางเงือกร้อยละ 0.62 น้ำตาลทรายร้อยละ 12.39 และเกลือ

ร้อยละ 0.25 สำหรับส่วนผสมในการผลิตตัววุ้น ประกอบด้วย น้ำร้อยละ 83.62 ผงวุ้นตรา นางเงือกร้อยละ 0.70 และน้ำตาลทรายร้อยละ 15.68

1.2 การผลิตวุ้นกะทิสูตรพื้นฐานทั้ง 3 สูตร ทำโดยนำผงวุ้นและน้ำเปล่าผสมเข้าด้วยกันทิ้งไว้ 10 นาที นำไปเคี่ยวที่อุณหภูมิ 80°C เป็นเวลา 5 นาที เติมน้ำตาลทรายเคี่ยวต่ออีก 5 นาที จนน้ำตาลทรายละลายจนหมด ตักส่วนผสมตัววุ้น (15 กรัม) ใส่พิมพ์พลาสติก (ชนิดพอลิโพรพิลีน) นำหัวกะทิและผงวุ้นผสมเข้าด้วยกันทิ้งไว้ 10 นาที นำไปเคี่ยวที่อุณหภูมิ 80°C เป็นเวลา 5 นาที เติมน้ำตาลทรายเคี่ยวต่ออีก 5 นาที จนน้ำตาลทรายละลายจนหมด ตักส่วนผสมหน้าวุ้นกะทิ (5 กรัม) ตักใส่พิมพ์หน้าส่วนผสมตัววุ้น (15 กรัม) เก็บไว้ที่อุณหภูมิ 4°C

1.3 การประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัส นำวุ้นกะทิสูตรพื้นฐานทั้ง 3 สูตร ที่ผ่านกระบวนการผลิตดังข้อ 1.2 มาประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสด้วยวิธีการ 9 Point Hedonic Scale โดยประเมินคุณลักษณะด้าน สี กลิ่นรส รสชาติ เนื้อสัมผัส และความชอบ โดยรวม ให้ผู้ทดสอบชิมถึงฝึกฝนจำนวน 30 คน วางแผนการทดลองแบบสุ่มในบล็อกสมบูรณ์ (Randomized Complete Block Design, RCBD) เพื่อคัดเลือกสูตรที่ได้รับการยอมรับมากที่สุด 1 สูตร ไปศึกษาต่อในการทดลองขั้นต่อไป

2. การเตรียมน้ำแช่ข้าวไรซ์เบอร์รี่

นำข้าวไรซ์เบอร์รี่ห่อธรรมชาติเกรดพรีเมียม บริษัทนิแกรนด์ มาร์เก็ตติ้ง กรุงเทพฯ มาชั่งน้ำหนัก 960 กรัม และแช่ข้าวไรซ์เบอร์รี่ที่อุณหภูมิห้อง $25 \pm 1^{\circ}\text{C}$ ทำโดยเติมน้ำร้อนที่อุณหภูมิ 100°C ต่อข้าวไรซ์เบอร์รี่ในอัตราส่วน 2:1 (w/w) และผ่นแปรรยะเวลาในการแช่เป็น 3 ระยะ คือ 30 45 และ 60 นาที นำข้าวไรซ์เบอร์รี่ที่ผ่านการแช่ทั้ง 3 ระยะเวลาไปกรองด้วยผ้าขาวบาง เก็บส่วนน้ำที่แช่ได้ไว้ เพื่อนำไปผลิตวุ้นกะทิในการทดลองขั้นตอนต่อไป

3. การผลิตวุ้นกะทิจากน้ำแช่ข้าวไรซ์เบอร์รี่

นำตัวอย่างน้ำแช่ข้าวไรซ์เบอร์รี่ทั้ง 3 ระยะเวลา (30 45 และ 60 นาที) จากการทดลองในข้อ 2 มาผ่านกระบวนการผลิตเช่นเดียวกันดังข้อ 1.2 โดยเปลี่ยนส่วนผสมเฉพาะตัววุ้นจากน้ำเป็นน้ำแช่ข้าวไรซ์เบอร์รี่ ทั้งนี้กำหนดให้ส่วนผสมอื่น ๆ และส่วนผสมหน้าวุ้น มีปริมาณคงที่ จากนั้นนำไปวิเคราะห์คุณสมบัติทางเคมี-กายภาพ และคุณภาพทางประสาทสัมผัส ในการทดลองขั้นต่อไป

4. การวิเคราะห์คุณสมบัติทางกายภาพ

4.1 การวิเคราะห์ค่าสี ด้วยเครื่องวัดสียี่ห้อ Hunter Lab รุ่น Color Flex ประเทศ USA รายงานค่าสีตามระบบ Hunter (L^* , a^* , b^*)

4.2 การวิเคราะห์เนื้อสัมผัสด้วยเครื่องวัดเนื้อสัมผัส (Texture Analyzer) Stable Micro Systems รุ่น TA XT Plus ประเทศอังกฤษ เตรียมตัวอย่างปริมาณ 15 กรัม บรรจุลงในถ้วยพลาสติกชนิดพอลิโพรพิลีน ทดสอบตัวอย่างโดยใช้หัววัดทรงกระบอกขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง

0.5 นิ้ว กำหนดความเร็วของหัววัดขณะทดสอบ (test speed) 1.0 mm/s ระยะทางกด 4 mm ขนาด Lode cell 5 กิโลกรัม รายงานเป็นค่าความแข็ง (Gel strength) ซึ่งอ่านค่าจากแรงต้านสูงสุด (g) ที่ได้จากการกดตัวอย่าง

5. การวิเคราะห์คุณสมบัติทางเคมี

5.1 การวิเคราะห์ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดโดยวิธี Folin-Ciocalteu colorimetric โดยดัดแปลงตามวิธีการของ (Hossain et al., 2008) คำนวณปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด จากกราฟมาตรฐานของกรดแกลลิก (gallic acid equivalent: GAE) รายงานผลในรูปมิลลิกรัมสมมูลของกรดแกลลิก/กรัมส่วนสกัด

5.2 การวิเคราะห์ปริมาณสารแอนโทไซยานินทั้งหมด ด้วยวิธี pH differential ดัดแปลงตามวิธีการของ (Arnao et al., 2001) คำนวณปริมาณสารแอนโทไซยานินทั้งหมด รายงานผลในรูปมิลลิกรัมไซยานิดิน 3 กลูโคไซด์ (milligramcyanidin-3-glucoside)

5.3 การวิเคราะห์ประสิทธิภาพในการต้านอนุมูลอิสระ DPPH (2,2 diphenyl-1-picrylhydrazyl scavenging) ดัดแปลงตามวิธีการของ (Ramadhan & Phuwapraisirisan, 2015) รายงานผลเป็นค่า IC_{50} ของการกำจัดอนุมูลอิสระ DPPH โดยใช้โปรแกรม Graph Pad Prism 6.05

5.4 การวิเคราะห์ประสิทธิภาพในการต้านอนุมูลอิสระโดยวิธี ABTS radical cation decolorization assay ดัดแปลงตามวิธีการของ (Arnao et al., 2001) รายงานผลเช่นเดียวกันกับข้อ 5.3

6. การประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัส

นำวุ้นกะทิสูตรที่ใช้น้ำแช่ข้าวไรซ์เบอร์รี่ทั้ง 3 ระยะเวลามาประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสเช่นเดียวกันกับข้อ 1.3

7. การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

วางแผนการทดลองแบบ Completely Randomized Design (CRD) และแผนการทดลองแบบ Randomized Completely Block Design (RCBD) วิเคราะห์ความแปรปรวนแบบ ANOVA (Analysis of Variance) และเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยวิธี DMRT (Duncan's New Multiple Range Test) ที่ระดับความเชื่อมั่น 95% โดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป SPSS version 24

ผลการทดลองและวิจารณ์

1. ผลการคัดเลือกวุ้นกะทิสูตรพื้นฐาน

จากตารางที่ 1 แสดงคะแนนการยอมรับทางประสาทสัมผัสของวุ้นกะทิสูตรพื้นฐานทั้ง 3 สูตร พบว่า คะแนนเฉลี่ยด้านสีของวุ้นกะทิสูตรพื้นฐานทั้ง 3 สูตร ไม่แตกต่างกัน ($p > 0.05$)

เนื่องจากไม่มีการใช้สีสังเคราะห์เติมแต่งในวุ้นกะทิทั้ง 3 สูตร เป็นผลให้คะแนนเฉลี่ยการยอมรับด้านสีไม่ต่างกัน ในขณะที่คะแนนเฉลี่ยด้านกลิ่นรส เนื้อสัมผัส และความชอบรวมของ สูตรที่ 1 (ยี่ห้อ A) แตกต่างจาก สูตรที่ 2 (ยี่ห้อ B) และ สูตรที่ 3 (ยี่ห้อ C) อย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) เนื่องจากการใช้ชนิดกะทิที่ต่างชนิดกันเป็นผลให้ผู้บริโภคมีความชอบต่างกัน อาจเนื่องมาจากกลิ่นรสเฉพาะตัวของกะทิในแต่ละสูตรมีความเข้มข้น และลักษณะเฉพาะที่แตกต่างกัน จึงเป็นผลให้วุ้นกะทิแต่ละสูตรมีคะแนนด้านกลิ่นรสแตกต่างกันไป คะแนนเฉลี่ยด้านรสชาติ เนื้อสัมผัส และความชอบรวมของวุ้นกะทิทั้ง 3 สูตร จึงแตกต่างกัน ($p \leq 0.05$) ทั้งนี้คะแนนเฉลี่ยการยอมรับทางประสาทสัมผัสในด้าน กลิ่นรส รสชาติ เนื้อสัมผัส และความชอบรวม ของสูตรที่ 1 (ยี่ห้อ A) มีคะแนนเฉลี่ยสูงสุด แตกต่างจาก สูตรที่ 2 (ยี่ห้อ B) และ สูตรที่ 3 (ยี่ห้อ C) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) ดังนั้นจึงคัดเลือกวุ้นกะทิสูตรที่ 1 (ยี่ห้อ A) ไปศึกษาต่อในขั้นตอนต่อไป

ตารางที่ 1 คะแนนการยอมรับทางประสาทสัมผัสของวุ้นกะทิสสูตรพื้นฐาน

คุณลักษณะ	คะแนนการยอมรับทางประสาทสัมผัส		
	สูตรที่ 1 (ยี่ห้อ A)	สูตรที่ 2 (ยี่ห้อ B)	สูตรที่ 3 (ยี่ห้อ C)
สี ^{ns}	6.57 ± 1.31	6.40 ± 1.07	6.43 ± 1.22
กลิ่นรส	7.07 ± 1.08 ^a	6.30 ± 1.12 ^b	6.57 ± 1.46 ^b
รสชาติ	7.10 ± 1.16 ^a	5.47 ± 1.80 ^b	6.70 ± 1.06 ^a
เนื้อสัมผัส	7.63 ± 1.19 ^a	4.63 ± 1.99 ^c	6.77 ± 1.36 ^b
ความชอบโดยรวม	7.80 ± 0.76 ^a	5.57 ± 1.68 ^c	6.73 ± 1.05 ^b

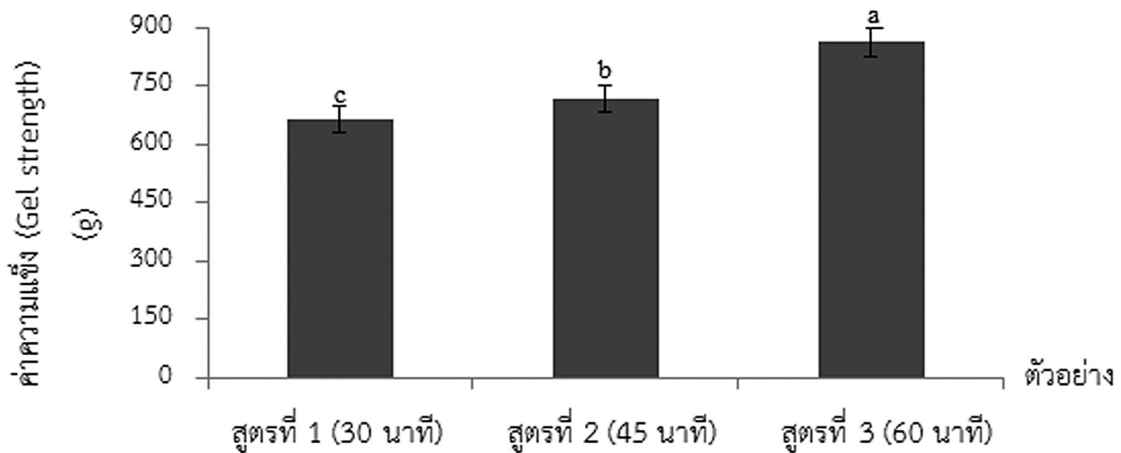
หมายเหตุ : เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยตามแนวนอนอักษรภาษาอังกฤษกำกับต่างกัน หมายถึงมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

: ns – non significant หมายถึงไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$)

2. คุณสมบัติทางกายภาพด้านเนื้อสัมผัส (Gel Strength)

ผลของการใช้น้ำแช่ข้าวไรซ์เบอร์รี่ในระยะเวลาที่แตกต่างกันในการผลิตวุ้นกะทิ ต่อคุณลักษณะทางกายภาพด้านเนื้อสัมผัสของวุ้นกะทิ แสดงดังรูปที่ 1 พบว่า ความแข็งของเจล (Gel Strength) ตัววุ้นกะทิทั้ง 3 ระยะเวลาของน้ำแช่ข้าว (ระยะเวลา 30 45 และ 60 นาที) มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) เมื่อใช้น้ำแช่ข้าวไรซ์เบอร์รี่ในระยะเวลาที่นานขึ้น อาจเกิดจากโครงสร้างของตัววุ้นกะทิมีความแข็งของเจลเพิ่มขึ้นเมื่ออุณหภูมิของน้ำแช่ข้าว

ไรซ์เบอร์รี่ลดลง สายพอลิเมอร์แต่ละสายเกิดการพันกันเป็นเกลียวในลักษณะเกลียวคู่ (double helice) เมื่ออุณหภูมิต่ำลงปลายสายของ double helice แต่ละคู่จะรวมตัวเข้ามาใกล้กันและเกิดการเชื่อมต่อกันด้วยพันธะไฮโดรเจน เกิดการเกาะรวมกันมากจนทำให้เกิดการแข็งตัวเป็นเจลมากขึ้นตาม เป็นโครงสร้างร่างแห 3 มิติที่แข็งแรง อีกทั้งการแช่น้ำข้าวไรซ์เบอร์รี่ที่อุณหภูมิสูงในระยะเวลาที่นานขึ้นทำให้ความร้อนทำลายพันธะไฮโดรเจนภายในโมเลกุลของสตาร์ชในเม็ดแป้ง อิทธิพลของสตาร์ชในข้าวไรซ์เบอร์รี่ ซึ่งมีปริมาณแอมิโลสอยู่จัดเป็นสารไฮโดรคอลลอยด์ (Hydrocolloid) ประเภทคาร์โบไฮเดรตที่ทำให้เกิดเจล (Gel) สายพอลิเมอร์ของอะไมโลส และอะไมโลเพกทินที่อัดแน่นอยู่ในเม็ดแป้งจะคลายตัวและหลุดออกรวมกับน้ำ ลักษณะสำคัญนี้หากมีความเข้มข้นเพียงพออาจเกิดเป็นของกึ่งแข็ง ยืดหยุ่น หรือการเกิดเจล (Gelation) (Dai & Matsukawa, 2012) สอดคล้องกับรายงานการศึกษาของ Norziah et al., 2006 ได้กล่าวว่า การผสมสารไฮโดรคอลลอยด์ชนิดอื่นกับวุ้นช่วยในการปรับปรุงให้วุ้นมีสมบัติด้านเนื้อสัมผัสที่ดีขึ้น โดยวุ้นที่ใช้แช่ข้าวไรซ์เบอร์รี่มีค่าความแข็งของเจลเฉลี่ยอยู่ในช่วง 663.37 ถึง 865.84 กรัม ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของ Somboon N, (2013) พบว่า เจลวุ้นที่ใช้สารก่อเจล (Agar) ที่ระดับความเข้มข้นร้อยละ 0.5 - 2.5 มีค่าความแข็งของเจลเฉลี่ยอยู่ในช่วง 412.69 ถึง 3472.95 กรัม

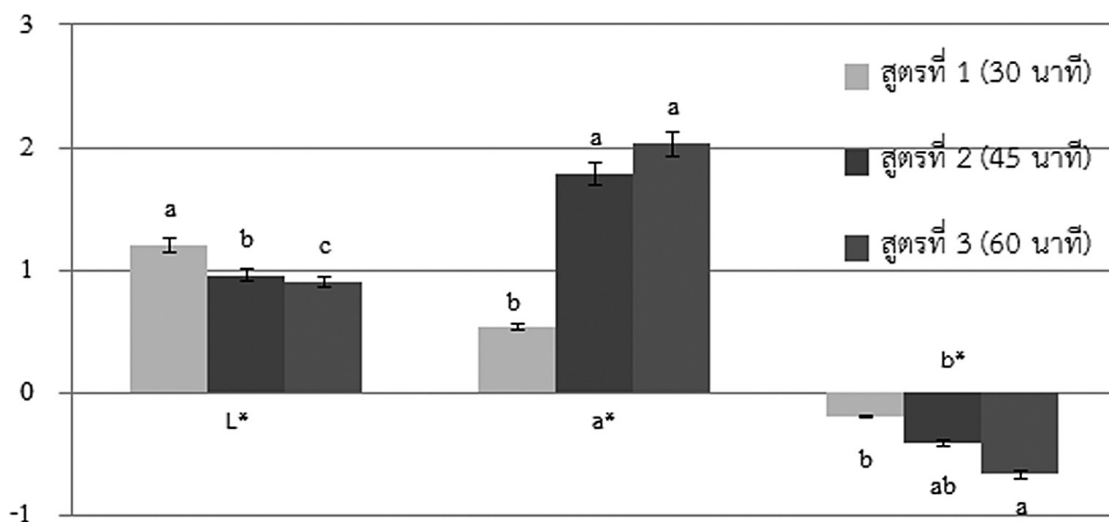


รูปที่ 1 ค่าความแข็ง (Gel Strength) ของวุ้นกะทิที่ใช้น้ำแช่ข้าวไรซ์เบอร์รี่
ในระยะเวลาที่แตกต่างกัน (30 45 และ 60 นาที)

หมายเหตุ : กราฟแท่งแสดงค่าความแข็ง อักษรภาษาอังกฤษกำกับต่างกัน หมายถึงมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

3. คุณสมบัติทางกายภาพด้านสี (L^* a^* และ b^*)

ผลของการใช้น้ำแช่ข้าวไรซ์เบอร์รี่ในระยะเวลาที่แตกต่างกันในการผลิตวุ้นกะทิ ต่อคุณสมบัติทางกายภาพด้านสี แสดงดังรูปที่ 2 พบว่า ตัววุ้นกะทิทั้ง 3 สูตร (ระยะเวลา 30 45 และ 60 นาที) มีเฉดสีเป็นสีม่วงเข้มเพิ่มขึ้น ทั้งนี้เมื่อใช้น้ำแช่ข้าวไรซ์เบอร์รี่ในระยะเวลาที่นานขึ้น ส่งผลให้ค่าความสว่าง (L^*) ของตัววุ้นกะทิมีแนวโน้มลดลงอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) ส่วนค่าสีแดง (a^*) และค่าสีเหลือง (b^*) ของ สูตรที่ 2 (45 นาที) และ สูตรที่ 3 (60 นาที) มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นแต่มีค่าไม่แตกต่างกัน ($p > 0.05$) แต่แตกต่างจากสูตรที่ 1 (30 นาที) ($p \leq 0.05$) เนื่องจากค่าสีแดง (a^*) ของวุ้นกะทิที่ใช้น้ำแช่ข้าวไรซ์เบอร์รี่มีค่าเป็นบวก คือ ค่าสีแดง ซึ่งสัมพันธ์กับสีในตัววุ้นกะทิดังกล่าว โดยสารรงควัตถุที่พบได้ในส่วน pericarp คือราของข้าวไรซ์เบอร์รี่มีโครงสร้างเป็นสารประกอบไฮยานินดิน 3 กลูโคไซด์ (C3G) และ ฟิโอรินดิน 3 กลูโคไซด์ (P3G) มีความสามารถในการละลายในน้ำได้ดี โดยจัดอยู่กลุ่มของฟลาโวนอยด์ (Leardkamolkarnet et al., 2011 & Pattaneeya et al., 2013) มีลักษณะเป็นสีม่วงเข้ม เมื่อนำไปแช่ในน้ำแล้วนำไปผลิตวุ้นกะทิจึงเป็นผลให้ตัววุ้นกะทิมีสีม่วงแดงที่เข้ม



รูปที่ 2 ค่าสี (L^* a^* b^*) วุ้นกะทิที่ใช้น้ำแช่ข้าวไรซ์เบอร์รี่
ในระยะเวลาที่แตกต่างกัน (30 45 และ 60 นาที)

หมายเหตุ : กราฟแท่งแสดงค่าสี อักษรภาษาอังกฤษกำกับต่างกัน หมายถึงมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

4. ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด ปริมาณสารแอนโทไซยานินทั้งหมด และ ประสิทธิภาพการต้านอนุมูลอิสระ

4.1 ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดและสารแอนโทไซยานินทั้งหมดของ วุ้นกะทิที่ใช้น้ำแช่ข้าวไรซ์เบอร์รี่ในระยะเวลาที่แตกต่างกันจาก ตารางที่ 2 พบว่า ปริมาณ สารประกอบฟีนอลิกมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) แต่ในขณะเดียวกัน สูตรที่ 2 (45 นาที) และ สูตรที่ 3 (60 นาที) มีปริมาณสารแอนโทไซยานินไม่แตกต่างกัน ($p > 0.05$) โดยมีปริมาณสารแอนโทไซยานินเท่ากับ 5.87 และ 6.44 mg/100g ตามลำดับ แต่แตกต่างจาก สูตรที่ 1 (30 นาที) (5.10 mg/100g) เนื่องจากโครงสร้างของสารแอนโทไซยานินที่สามารถละลาย ได้ดีในตัวทำละลายที่มีขั้วคือ น้ำ อีกทั้งความร้อนในกระบวนการแช่ข้าวไรซ์เบอร์รี่มีอิทธิพล ต่อการเพิ่มระหว่างกระบวนการผลิตโดยทำลายพันธะเอสเตอระระหว่างกรดฟีนอลิกและ องค์ประกอบของผนังเซลล์ (Cell wall) เป็นผลให้เพิ่มการปลดปล่อยสารประกอบฟีนอลิก (Phenolic compound) (Choi, 2016) โดยสารแอนโทไซยานินจัดอยู่ในกลุ่มฟลาโวนอยด์และ เป็นกลุ่มย่อยของฟีนอลิก เมื่อนำมาผลิตวุ้นกะทิจึงทำให้มีปริมาณสารประกอบฟีนอลิกและ สารแอนโทไซยานินในปริมาณที่เพิ่มขึ้น ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Tasiri et al., (2015) ได้พัฒนาเยลลี่ข้าวไรซ์เบอร์รี่มังสวิรัต พบว่า ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด และ ประสิทธิภาพการต้านอนุมูลอิสระ มีค่าเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) เนื่องจากการ ใช้อุณหภูมิสูงในกระบวนการผลิตมีผลให้เยื่อหุ้มเซลล์และผนังเซลล์แตกเกิดการปลดปล่อย สารประกอบฟีนอลิกที่ละลายน้ำได้จากพันธะเอสเตอระ ตลอดจนระยะเวลาในการแช่ข้าว ไรซ์เบอร์รี่ในระยะเวลาที่นานขึ้นเป็นผลให้สารประกอบฟีนอลิกและสารแอนโทไซยานินเพิ่ม เมื่อนำไปผลิตวุ้นกะทิจึงมีปริมาณที่สูงขึ้นตามไปด้วย

4.2 ประสิทธิภาพการต้านอนุมูลอิสระของวุ้นกะทิที่ใช้น้ำแช่ข้าวไรซ์เบอร์รี่ใน ระยะเวลาที่แตกต่างกัน จากตารางที่ 2 พบว่า มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) โดยค่าความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระ IC_{50} คือความเข้มข้นของสารต้านอนุมูลอิสระ ที่สามารถลดปริมาณอนุมูลอิสระ (DPPH) เริ่มต้นลงได้ 50% ของตัวอย่างดั่งนั้น ถ้าค่า IC_{50} ของตัวอย่างต่ำ แสดงว่าตัวอย่างมีความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระสูง เนื่องจากในวุ้นกะทิ ที่ใช้น้ำแช่ข้าวไรซ์เบอร์รี่มีปริมาณสารประกอบฟีนอลิก และสารแอนโทไซยานิน โดยความ สัมพันธ์ระหว่างสารประกอบฟีนอลิก และสารแอนโทไซยานินที่สูง ส่งผลให้ประสิทธิภาพ การต้านอนุมูลอิสระสูงขึ้นตามไปด้วย สารประกอบฟีนอลิกและสารแอนโทไซยานินดังกล่าว จึงมีคุณสมบัติเป็นสารต้านอนุมูลอิสระ โดยเมื่อเปรียบเทียบ สูตรที่ 1 (30 นาที) สูตรที่ 2 (45 นาที) และ สูตรที่ 3 (60 นาที) มีประสิทธิภาพในการต้านอนุมูลอิสระสูงขึ้นตามไปด้วย เมื่อวัดด้วย วิธี DPPH ซึ่งการยับยั้งนั้นจะแปรผันตามความเข้มข้นของส่วนสกัดที่เพิ่มขึ้น โดยมีค่า IC_{50} เท่ากับ 51.27 47.39 และ 45.89 mg/mL ตามลำดับ ส่วนประสิทธิภาพการต้านอนุมูลอิสระ

ด้วยวิธี ABTS ของตัววุ้นกะทิที่ใช้น้ำแช่ข้าวไรซ์เบอร์รี่ พบว่ามีประสิทธิภาพในการต้านอนุมูลอิสระคล้ายคลึงกันกับ วิธี DPPH ซึ่งการที่ค่า IC_{50} มีแนวโน้มลดลง แสดงถึงประสิทธิภาพการต้านอนุมูลอิสระ ABTS ในปริมาณที่สูงขึ้นโดยมีค่า IC_{50} เท่ากับ 51.34 47.39 และ 44.84 mg/mL สารประกอบฟีนอลิกที่มักพบในกลุ่มพืช แสดงถึงประสิทธิภาพในการเป็นสารต้านอนุมูลอิสระตามความเข้มข้นของส่วนสกัดที่เพิ่มสูงขึ้น สอดคล้องกับการศึกษาก่อนหน้านี้ของ Tasiri et al., (2015) พบว่า ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกและประสิทธิภาพการต้านอนุมูลอิสระของเยลลี่ข้าวไรซ์เบอร์รี่มังสวิรัต มีแนวโน้มเพิ่มสูงขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) และการศึกษาของ Bainak et al., (2015) พบว่า ผลิตภัณฑ์ขนมจีนอบแห้งที่มีการผสมข้าวไรซ์เบอร์รี่ มีปริมาณแอนโทไซยานินและความสามารถในการกำจัดอนุมูลอิสระสูงกว่าขนมจีนอบแห้งทางการค้า ($p \leq 0.05$) โดยการที่ผลิตภัณฑ์อาหารมีประสิทธิภาพการต้านอนุมูลอิสระนั้นเป็นผลมาจากสารประกอบฟีนอลิกและสารแอนโทไซยานินมีความสัมพันธ์กัน สารกลุ่มนี้มีส่วนช่วยในการหยุดการเกิดปฏิกิริยาถูกใช้การเกิดลิพิดออกซิเดชัน (Lipid oxidation) (Ko et al., 1998) และ มีประโยชน์ในเชิงสุขภาพ จากผลการทดลองจึงเห็นได้ว่า แม้มีการนำข้าวไรซ์เบอร์รี่มาผ่านกระบวนการแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์อาหารไม่ได้ทำให้สารต้านอนุมูลอิสระสูญเสียไปในระหว่างกระบวนการผลิตทั้งหมด

ตารางที่ 2 ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด ปริมาณแอนโทไซยานินทั้งหมด และประสิทธิภาพการต้านอนุมูลอิสระของวุ้นกะทิที่ใช้น้ำแช่ข้าวไรซ์เบอร์รี่ในระยะเวลาที่แตกต่างกัน (30 45 และ 60 นาที)

ระยะเวลาในการแช่ข้าว	ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด (mgGAE ¹ /g)	ประสิทธิภาพการต้านอนุมูลอิสระ		ปริมาณสารแอนโทไซยานินทั้งหมด (mg ² /100g)
		DPPH IC_{50} (mg/mL)	ABTS IC_{50} (mg/mL)	
สูตรที่ 1 (30 นาที)	53.21 ^c ± 0.88	51.27 ^a ± 0.94	51.34 ^a ± 0.65	5.10 ^b ± 0.13
สูตรที่ 2 (45 นาที)	58.76 ^b ± 0.57	46.82 ^b ± 0.80	47.39 ^b ± 0.89	5.87 ^a ± 0.32
สูตรที่ 3 (60 นาที)	60.21 ^a ± 0.50	45.89 ^b ± 0.75	44.84 ^c ± 0.63	6.44 ^a ± 0.50

หมายเหตุ : เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยตามแผนอนอักษณภาษาอังกฤษกำกับต่างกันหมายถึงมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

: ¹มิลลิกรัมสมมูลย์ของกรดแกลลิก/กรัม, ²ไซยานิดิน 3 กลูโคไซด์

5. คุณภาพทางประสาทสัมผัส

ผลของการใช้น้ำแช่ข้าวไรซ์เบอร์รี่ในระยะเวลาที่แตกต่างกันในการผลิตวุ้นกะทิ ต่อคุณภาพทางประสาทสัมผัส ดังตารางที่ 3 พบว่า คะแนนเฉลี่ยด้านรสชาติ เนื้อสัมผัส และความชอบโดยรวม ของตัววุ้นกะทิสูตที่ 1 (30 นาที) สูตที่ 2 (45 นาที) และ สูตที่ 3 (60 นาที) มีค่าไม่แตกต่างกัน ($p > 0.05$) ส่วนคุณลักษณะด้านสีของสุตที่ 2 (45 นาที) และ สูตที่ 3 (60 นาที) มีคะแนนเฉลี่ยแตกต่างจากสุตที่ 1 (30 นาที) อย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) เนื่องจากระยะเวลามีผลต่อการเปลี่ยนแปลงจากปริมาณสารแอนโทไซยานินที่พบในรำข้าวไรซ์เบอร์รี่ซึ่งมีคุณสมบัติในการละลายน้ำทำให้ตัววุ้นกะทิสูตที่ 3 (60 นาที) มีลักษณะสีม่วงที่เข้มขึ้น จึงได้รับคะแนนเฉลี่ยการยอมรับทางด้านสีสูงสุดแต่ไม่แตกต่างจากสุตที่ 2 (45 นาที) ($p > 0.05$) ทั้งนี้คุณลักษณะด้านกลิ่นรสของสุตที่ 2 (45 นาที) และ สูตที่ 3 (60 นาที) มีค่าไม่แตกต่างกัน ($p > 0.05$) แต่ในขณะเดียวกันแตกต่างจากสุตที่ 1 (30 นาที) ($p \leq 0.05$) เนื่องจากการใช้น้ำข้าวไรซ์เบอร์รี่แช่ในระยะเวลาที่นานขึ้น เป็นผลให้มีกลิ่นรสของข้าวไรซ์เบอร์รี่ในปริมาณที่เข้มข้นซึ่งมีกลิ่นหอมของข้าว ทำให้วุ้นกะทิสูตที่ 2 (45 นาที) และ สูตที่ 3 (60 นาที) ได้รับคะแนนเฉลี่ยการยอมรับมากที่สุด ($p \leq 0.05$) ดังนั้น ในงานวิจัยนี้จึงคัดเลือกวุ้นกะทิที่ใช้น้ำแช่ข้าวไรซ์เบอร์รี่สุตที่ 3 (60 นาที) แม้ว่ามีคุณลักษณะทางประสาทสัมผัสไม่แตกต่างจากสุตที่ 2 (45 นาที) ในทุกด้านก็ตามแต่หากพิจารณาถึงคุณสมบัติอื่น ๆ คือ คุณสมบัติทางด้านการเคมีและประสิทธิภาพการต้านอนุมูลอิสระร่วมด้วย พบว่า สูตที่ 3 (60 นาที) มีปริมาณสารแอนโทไซยานินและปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดในปริมาณที่สูงกว่า

ตารางที่ 3 คะแนนการยอมรับทางประสาทสัมผัสของตัววุ้นกะทิที่ใช้น้ำแช่ข้าวไรซ์เบอร์รี่ในระยะเวลาที่แตกต่างกัน (30 45 และ 60 นาที)

คุณลักษณะ	คะแนนการยอมรับทางประสาทสัมผัส		
	สุตที่ 1 (30 นาที)	สุตที่ 2 (45 นาที)	สุตที่ 3 (60 นาที)
สี	7.10 ± 0.88^b	7.57 ± 0.98^a	7.67 ± 0.89^a
กลิ่นรส	6.90 ± 0.99^b	7.13 ± 0.77^{ab}	7.53 ± 0.75^a
รสชาติ ^{ns}	7.10 ± 0.75	7.20 ± 0.96	7.57 ± 0.93
เนื้อสัมผัส ^{ns}	7.40 ± 0.67	7.43 ± 0.97	7.30 ± 0.26
ความชอบโดยรวม ^{ns}	7.27 ± 0.64	7.33 ± 0.84	7.45 ± 0.95

หมายเหตุ : เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยตามแนวนอนอักษรภาษาอังกฤษกำกับต่างกันหมายถึงมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

: ns – non significant หมายถึงไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$)

สรุป

การเตรียมน้ำแช่ข้าวไรซ์เบอร์รี่ด้วยระยะเวลาที่แตกต่างกัน และการประยุกต์ใช้ในผลิตภัณฑ์วุ้นกะทิ พบว่า วุ้นกะทิสูตรพื้นฐานสูตรที่ 1 ใช้กะทิยี่ห้อ A ได้รับคะแนนเฉลี่ยสูงสุด ระยะเวลาแช่ข้าวไรซ์เบอร์รี่ที่เหมาะสมในการผลิตวุ้นกะทิ คือ 60 นาที ทั้งนี้การแช่ข้าวไรซ์เบอร์รี่ในระยะเวลาที่นานขึ้นส่งผลให้ค่าความสว่าง (L^*) ลดลง ค่าสีแดง (a^*) ค่าสีเหลือง (b^*) และความแข็งของเจลเพิ่มขึ้น นอกจากนี้ผลิตภัณฑ์วุ้นกะทิที่ใช้น้ำแช่ข้าวไรซ์เบอร์รี่ที่ระยะเวลา 60 นาที มีปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดเท่ากับ 60.21 ± 0.50 ปริมาณสารแอนโทไซยานินทั้งหมดเท่ากับ 6.44 ± 0.50 และประสิทธิภาพการต้านอนุมูลอิสระเมื่อวัดโดยวิธี DPPH และ ABTS โดยมีค่า IC_{50} เท่ากับ 45.89 ± 0.75 และ 44.84 ± 0.63 ตามลำดับ โดยสารต้านอนุมูลอิสระและสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพ (bioactive compounds) ดังกล่าว มีประโยชน์ในเชิงสุขภาพ โดยเฉพาะการลดความเสี่ยงในการเกิดโรคเรื้อรังชนิดต่าง ๆ ด้านการอักเสบ และช่วยชะลอวัย วุ้นกะทิที่ใช้น้ำแช่ข้าวไรซ์เบอร์รี่ที่ระยะเวลา 60 นาที มีคะแนนเฉลี่ยการยอมรับทุกด้านอยู่ในเกณฑ์ชอบปานกลาง

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณคณะศิลปศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย ที่ให้การสนับสนุนงบประมาณในการทำวิจัย (งบประมาณเงินรายได้)

เอกสารอ้างอิง

- Arnao, M.B., Cano, A. & Acosta, M. (2001). The hydrophilic and lipophilic contribution to total antioxidant activity. **Food Chemistry**. 73, 239-244.
- Bainak, J., Wongpakdee, R. & Suksomboon, A. (2015) Development of Dried Rice Noodle (Kanom-geen) from Riceberry. **Agricultural Science Journal**. 46(3), 361-364. (in Thai)
- Chaisuwan, S. (2012). **Coconut milk jelly formula**. Retrieved November 8, 2012, from <http://www.baanpimwun.com>. (in Thai)
- Choi, Y., Lee, S.M., Chun, J., Lee H.B. & Lee, J. (2006). Influence of heat treatment on the antioxidant activities and polyphenolic compounds of shiitake (*Lentinus edodes*) mushroom. **Food Chemistry**. 99, 381-387.
- Dai, B. & Matsukawa, S. (2012). NMR studies of the gelation mechanism and molecular dynamics in agar solutions. **Food Hydrocolloids**. 26, 181-186.
- Finocchiaro, F., Ferrari, B. & Gianinetti, A. (2010). A study of biodiversity of flavonoid

content in the rice caryopsis evidencing simultaneous accumulation of anthocyanins and proanthocyanidins in a blackgrained genotype. **Cereal Science**. 5, 28-34.

Hossain, S.J., Tsujiyama, I., Takasugi, M., Islam, M.A., Biswas, R.S. & Aoshima, H. (2008). Total phenolic content, antioxidative, anti-amylase, anti-glucosidase, and antihistamine release activities of Bangladeshi fruits. **Food Science and Technology Research**, 14(3), 261-268.

Ko, F.N., Cheng, Z.J., Lin, C.N. & Teng, C.M. (1998). Scavenger and antioxidant properties of prenylflavones isolated from *Artocarpus heterophyllus*. **Free Radical Biology and Medicine**. 25(2), 160-168

Leardkamolkarn, V., Thongthep, P., Suttiarporn, R., Kongkachuichai, S., Wongpornchai, S. & Wanavijitr, A. (2011). Chemopreventive properties of the bran extracted from a newly-developed Thai rice The Riceberry. **Food Chemistry**, 125, 978-85.

Oki, T., Masuda, V., Kobayash, V., Nishiba, V., Furuta, V., Suda, I. & Sato, T. (2002). Polymeric procyanidins as radical-scavenging components in red-hulled rice. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, 50, 7524-7529.

Pattaneeya, P., Reuthaithip, S., Rin, C., Vijitra, L., Surat, K., Uruwan, Y., Apichart, V. & Ratchanee, K. (2013). Amelioration of hyperglycemia, hyperlipidemia, oxidative stress and inflammation in streptozotocin-induced diabetic rats fed a high fat diet by riceberry supplement. **Journal of Functional Foods**. 5, 195-203.

Podjanalekha, P., Saenmuan, S., & Phothiset, S. (2018). Effect of temperatures on physicochemical properties of Riceberry flour. **Khon Kaen Agriculture Journal**, 46, 212-217. (in Thai)

Ramadhan, R. & Phuwapraisirisan, P. (2015). Arylalkanonones from *Horsfieldia macrobotrys* are effective antidiabetic agents achieved by alpha-glucosidase inhibition and radical scavenging. **Natural product communications**. 10(2), 325-328.

Somboon, N. (2013). **Properties of Agar and Fish Gelatin Mixed Gels**. M.Sc. Program in Food Science and Nutrition. Faculty of Science and Technology, Prince of Songkhla University. (in Thai)

Tasiri, P., Suttisansanee, U., Hudthagosol, C. & Somboonpanyakul, P. (2015).
Development of Riceberry Rice Vegan Jelly Contains High Protein and High
Energy for the Elderly with Dysphagia. **Agricultural Science Journal**. 46(3),
369-372. (in Thai)

.....