



การพัฒนาผลิตภัณฑ์เจลลี่ข้าวหักไรซ์เบอร์รี่เสริมสารสกัดจากหญ้าหวาน

Development of Broken Riceberry Jelly Fortified with *Stevia rebaudiana* Bertoni

เอนก हालี^{1*} นิสาชล นาเวช¹ และสุรีวัลย์ วรอรุณ²

Anek Halee^{1*}, Nisachon Navech and Sureewan Voraaroon²

¹โปรแกรมวิทยาศาสตรและเทคโนโลยีการอาหาร คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏกำแพงเพชร 62000

² คณะพยาบาลศาสตร์ มหาวิทยาลัยเวสเทิร์น กาญจนบุรี 71170

¹ Division of Food Science and Technology, Faculty of Science and Technology, Kamphaeng Phet Rajabhat University, Kamphaeng Phet 62000, Thailand

² Faculty of Nursing, Western University, Kanchanaburi, 71170, Thailand

*Corresponding author; E-mail: nekatives@gmail.com

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อหาสภาวะที่เหมาะสมในการผลิตเจลลี่ข้าวหักไรซ์เบอร์รี่เสริมสารสกัดจากหญ้าหวาน โดยมีปัจจัยที่ศึกษา 3 ปัจจัย คือ น้ำข้าวหักไรซ์เบอร์รี่ สารสกัดหญ้าหวานและน้ำตาลทราย โดยใช้แผนการทดลองแบบ Mixture design ได้ผลิตภัณฑ์เจลลี่ทั้งหมด 5 สูตร จากนั้นทำการศึกษาประสิทธิภาพในการต้านอนุมูลอิสระ 2 วิธีคือ DPPH และ FRAP รวมถึงหาปริมาณสารประกอบฟีนอลิกฟลาโวนอยด์และแอนโทไซยานิน จากผลการทดลองพบว่าเจลลี่ข้าวหักไรซ์เบอร์รี่สูตรที่ 1 มีแนวโน้มของประสิทธิภาพในการต้านอนุมูลอิสระ สูงกว่าสูตรอื่น นอกจากนี้ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกฟลาโวนอยด์และแอนโทไซยานินสูงที่สุดเช่นกัน ส่วนการทดสอบเนื้อสัมผัสพบว่าเจลลี่ทั้ง 5 สูตร มีค่า Hardness และ Springiness แตกต่างกันเพียงเล็กน้อย

คำสำคัญ: ข้าวหักไรซ์เบอร์รี่ เจลลี่ หญ้าหวาน

Abstract

The present study aimed to investigate the optimum conditions for the production of broken riceberry jelly fortified with *Stevia rebaudiana* Bertoni extract. The effects of three factors, including broken riceberry juice, *Stevia rebaudiana* Bertoni extract and sugar on the phytochemical and antioxidant activity were determined. The antioxidant efficacies of each sample were assessed via the DPPH and FRAP assays. Phenolic flavonoids and anthocyanin content were also assessed. The result was found that formula 1 showed higher antioxidant activity than the other samples. In addition, higher phenolic flavonoid and anthocyanin were also found in this formula. The hardness and springiness of all of samples were slightly different.

Keywords: Broken riceberry, Jelly, *Stevia rebaudiana* Bertoni



บทนำ

สังคมไทยในปัจจุบันเป็นสังคมของการแข่งขัน มีการใช้ชีวิตแบบเร่งรีบทำให้ความสนใจในการดูแลสุขภาพพลดลงโดยเฉพาะการรับประทานอาหารที่มีคุณภาพ ส่งผลให้เกิดปัญหาสุขภาพจากพฤติกรรม การรับประทานอาหารที่ไม่เหมาะสม ซึ่งพบว่า 5 โรคสำคัญที่ส่งผลกระทบอย่างมากต่อระบบสาธารณสุขของประเทศไทย คือ โรคความดันโลหิตสูง โรคหัวใจ โรคหลอดเลือดสมอง และโรคมะเร็ง จากข้อมูลสถาบันมะเร็งแห่งชาติและหน่วยงานที่เกี่ยวข้องได้มีการคำนวณสถิติโรคมะเร็งของประเทศไทยพบว่าในปี พ.ศ. 2550-2559 มีจำนวนผู้ป่วยใหม่สูงถึง 264,777 คน และรายงานปี 2555 พบว่ามีผู้เสียชีวิตด้วยโรคมะเร็งประมาณ 43,829 คน ปี 2556 ประมาณ 45,892 คน และปี 2557 ประมาณ 47,086 คน ซึ่งมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเรื่อยๆ และเป็นสาเหตุการตายอันดับหนึ่ง [1] อีกหนึ่งโรคที่มีความสำคัญคือโรคเบาหวาน [2] เนื่องจากพบอัตราการเสียชีวิตและทุพพลภาพของประชากรโรคนี้นี้เพิ่มขึ้น อันเนื่องมาจากภาวะแทรกซ้อนของโรค เช่น โรคหัวใจ ภาวะแทรกซ้อนทางไต ตา ปาลายประสาทและเท้า เป็นต้น สถิติการเสียชีวิตจากโรคเบาหวานต่อประชากรแสนคน ก็มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นทุกปี โดยระหว่างปี พ.ศ. 2555-2558 พบอัตราการเสียชีวิตด้วยโรคเบาหวานเพิ่มขึ้นจาก 12.1 ต่อ 100,000 เป็น 19.4 ต่อ 100,000 [3] จะเห็นได้ว่าโรคมะเร็ง และโรคเบาหวานเป็นปัญหาสุขภาพที่ส่งผลกระทบต่อชีวิตทั้งต่อตัวบุคคล ครอบครัว และระบบสาธารณสุขของประเทศ การป้องกันและควบคุมโรคที่สำคัญคือ การควบคุมและจำกัดการบริโภคอาหารหวานและเครื่องดื่มผสมน้ำตาล โดยเฉพาะการรับประทานอาหารที่มีสารต้านอนุมูลอิสระสูง จากการทบทวนวรรณกรรมพบว่าข้าวไรซ์เบอร์รี่ (Riceberry) เป็นข้าวที่มีคุณค่าทางโภชนาการอย่างครบถ้วนและมีคุณสมบัติเด่นใน

ด้านของสารต้านอนุมูลอิสระสูง ได้แก่ แอนโทไซยานิน แกมมาโอไรซานอล วิตามินอี แทนนิน สังกะสี และ โฟเลตสูง ที่สำคัญมีดัชนีน้ำตาลในข้าวอยู่ในระดับต่ำ และระดับปานกลาง [4]

ผลิตภัณฑ์เยลลี่กำลังได้รับความนิยมจากผู้บริโภคมากขึ้นเนื่องจากรับประทานได้ง่าย มีความยืดหยุ่นในการเคี้ยว และสามารถรับประทานได้ทุกเพศทุกวัย อนึ่งสถาบันโภชนาการ มหาวิทยาลัยมหิดลได้มีการผลิตเยลลี่เป็นเมนูอาหารพระราชทานของรัชกาลที่ 9 เพื่อผู้ป่วยที่มีปัญหาในเรื่องการเคี้ยว การกลืนแต่เยลลี่ที่ขายตามท้องตลาดนั้นมีส่วนประกอบหลักเป็นน้ำตาลสูงและ สีสันแฉะที่ใช้อย่างอาจเป็นอันตรายต่อผู้บริโภคได้ ดังนั้นผู้วิจัยจึงมีความสนใจที่จะนำข้าวไรซ์เบอร์รี่และสารสกัดจากหญ้าหวานมาเป็นวัตถุดิบในการผลิตเยลลี่ และนำหญ้าหวานซึ่งมีสารที่ให้ความหวานจากธรรมชาติ มีสีที่ สวยงาม ปราศจากพลังงานและไม่มีการสะสมในร่างกาย [5] มาใช้ในการผลิตเยลลี่แทนการใช้น้ำตาลเพื่อให้ได้ ทั้งคุณประโยชน์และเป็นทางเลือกแก่ผู้บริโภคโดยเฉพาะผู้ป่วยเบาหวาน ทั้งนี้ผู้วิจัยได้นำข้าวไรซ์เบอร์รี่หักซึ่งเป็นข้าวส่วนเสี้ยวจากกระบวนการสีข้าวมาใช้ในการผลิตเยลลี่ เพราะข้าวหักจำหน่ายได้ราคาต่ำ การนำข้าวหักมาใช้ ในการผลิตจึงถือเป็นการเพิ่มมูลค่าให้กับสินค้าเกษตร อีกด้วย

วิธีการวิจัย

1. ศึกษาองค์ประกอบทางเคมีของน้ำข้าวหักไรซ์เบอร์รี่ นำข้าวหักไรซ์เบอร์รี่มา 1 กิโลกรัมต่อน้ำ 10 ลิตร จากนั้นทำความสะอาดและนำไปต้มให้เดือดเป็นเวลา 5 นาที นำไปกรองเพื่อแยกเมล็ดข้าวออกนำส่วนของ น้ำข้าวมาศึกษาสมบัติทางเคมีโดยวิเคราะห์คุณภาพ ดังต่อไปนี้



1.1 ปริมาณสารประกอบฟีนอลิก

วิเคราะห์ปริมาณสารประกอบฟีนอลิก [6] ด้วยเทคนิค Folin-Ciocalteu method โดยใช้ gallic acid เป็นสารมาตรฐานเริ่มจากปิเปตสารสกัดตัวอย่างปริมาตร 200 μ l ลงในหลอดทดลอง จากนั้นเติมสารละลาย Folin-Ciocalteu ปริมาตร 800 μ l เติมน้ำกลั่นปริมาตร 4 ml เขย่าให้เข้ากันเติมสารละลาย Na_2CO_3 ความเข้มข้นร้อยละ 7.5 โดยมวลต่อปริมาตร 2 ml เติมน้ำกลั่น 3 ml เขย่าให้เข้ากันเก็บไว้ในที่มืดที่อุณหภูมิห้อง 2 ชั่วโมง วัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 750 nm การทำ blank ใช้ น้ำกลั่นแทนสารสกัดตัวอย่างและใช้ gallic acid ที่ความเข้มข้น 5, 10, 20, 50, และ 100 ppm เป็นสารมาตรฐาน รายงานผลในหน่วยของ mg of gallic acid ต่อตัวอย่าง 100 g

1.2 ปริมาณฟลาโวนอยด์

ปิเปตสารตัวอย่างปริมาตร 100 μ l ใส่ในหลอดทดลอง เติมน้ำกลั่นปริมาตร 1.25 ml เติมสารละลายโซเดียมไนไตรต์ เข้มข้นร้อยละ 5 โดยมวลต่อปริมาตร 75 μ l บ่ม 6 นาที เติมสารละลายอลูมิเนียมคลอไรด์ เข้มข้นร้อยละ 10 โดยมวลต่อปริมาตร 150 μ l บ่มเวลา 5 นาที เติมสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์เข้มข้น 1 mol/dm³ ปริมาตร 500 μ l สำหรับ blank ใช้ น้ำกลั่นแทนสารสกัดตัวอย่างและใช้ catechin ที่ความเข้มข้น 5, 10, 20, 50, และ 100 ppm เป็นสารมาตรฐาน วัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 510 nm นำค่าที่ได้ไปสร้างกราฟมาตรฐาน นำผลที่ได้จากการทดสอบสารตัวอย่างไปเปรียบเทียบกับกราฟมาตรฐานเพื่อคำนวณหาปริมาณฟลาโวนอยด์ โดยรายงานผลในหน่วย mg ของ catechin ต่อน้ำหนักตัวอย่าง 100 g [7]

1.3 ปริมาณแอนโทไซยานิน

ปริมาณแอนโทไซยานิน [8] โดยใช้เทคนิค

pH differential method บัฟเฟอร์ที่ใช้คือ KCl pH 1 และ CH_3COONa pH 4.5 ค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 520 และ 700 nm ตามลำดับ คำนวณในรูปแบบ cyanidin-3-glucoside โดยมีวิธีการคำนวณดังนี้

$$\text{Anthocyanins} = (A \times \text{Mw} \times 1000) / (\epsilon \times l)$$

$$\text{เมื่อ } A = (A_{520} - A_{700}) \text{ pH } 1.0 - (A_{520} - A_{700}) \text{ pH } 4.5$$

$$\text{Mw} = 449.2 \text{ g/mol for cyanidin-3-glucoside}$$

$$\epsilon = 26900 \text{ molar extinction coefficient in L/mol/cm for cyanidin-3-glucoside}$$

$$l = \text{pathlength in cm}$$

$$1000 = \text{conversion from g to mg}$$

1.4 Antioxidant Activity

DPPH radical scavenging ability [9] โดยใช้ 2,2-diphenyl-1-picryl-hydrazyl radical เป็นอนุมูลอิสระ คำนวณในรูปของ $\mu\text{M T.E./100 g}$ (Trolox equivalent antioxidant capacity) ปิเปตสารสกัดตัวอย่างปริมาตร 150 μ l ลงในหลอดทดลองเติมสารละลาย DPPH เข้มข้น 0.6 mM ปริมาตร 3 ml เขย่าให้เข้ากันเก็บในที่มืดอุณหภูมิห้อง 30 นาที วัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 517 nm ใช้ น้ำกลั่นเป็น blank และใช้ Trolox ความเข้มข้น 25, 50, 100, 300 และ 600 μmol เป็นสารมาตรฐาน รายงานผลในหน่วยของ $\mu\text{mol Trolox}$ ต่อตัวอย่าง 100 g

Ferric Reducing Antioxidant Power (FRAP)

[10] ปิเปตสารสกัดตัวอย่างปริมาตร 150 μ l ลงในหลอดทดลองเติมสารละลาย FRAP ปริมาตร 2850 μ l ผสมให้เข้ากันเก็บไว้ที่อุณหภูมิห้องในที่มืดเวลา 30 นาที วัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 593 nm คำนวณในรูปแบบของ $\mu\text{M T.E./100 g}$ ใช้ น้ำกลั่นเป็น blank และใช้ Trolox ความเข้มข้น 25, 50, 100, 300 และ 600 μmol เป็นสารมาตรฐาน รายงานผลในหน่วยของ $\mu\text{mol Trolox}$ ต่อตัวอย่าง 100 g

2. ศึกษาการผลิตเยลลี่ข้าวหักไรซ์เบอร์รี่ ของวัตถุดิบที่ใช้ในการศึกษามี 3 ปัจจัย คือ น้ำข้าวหัก ศึกษการผลิตเยลลี่ข้าวหักไรซ์เบอร์รี่ โดยใช้ ไรซ์เบอร์รี่ น้ำหญ้าหวานและน้ำตาลทราย แผนการทดลองแบบ Mixture design อัตราส่วน

Table 1. Variables and their levels employed in a mixture design

Factor	Low level (%)	High level (%)
Riceberry extract	70	80
<i>Stevia rebaudiana</i> Bertoni extract (3%)	10	15
Sugar	10	15

จากแผนการทดลอง mixture design สามารถ มีฝาปิด นำไปรักษาอุณหภูมิที่ความเย็นในตู้เย็นเพื่อให้ สรุปลสูตรตามปริมาณที่กำหนดตามปริมาณระดับสูงและ ระดับต่ำของแต่ละปัจจัยได้ดัง Table 2

แบ่งส่วนผสมออกเป็น 2 ส่วนคือ ส่วนผสม ที่เป็นของเหลวคือ น้ำข้าวหักไรซ์เบอร์รี่ น้ำหญ้าหวาน ร้อยละ 3 และน้ำมะนาวมาผสมให้เข้ากันและส่วนผสมที่เป็นของแข็งคือน้ำตาลทรายคาราจีแนน น้ำส่วนผสมที่เป็นของเหลวไปเคี่ยวไฟจนส่วนผสมของเหลวเริ่มเดือด เล็กน้อย เติมน้ำส่วนผสมของแข็งคนให้เข้ากันจนส่วนผสมละลายจนหมดเทใส่ภาชนะบรรจุหรือถ้วยพลาสติกแบบ มีฝาปิด นำไปรักษาอุณหภูมิที่ความเย็นในตู้เย็นเพื่อให้ เจลเซตตัว นำมาวิเคราะห์คุณภาพทางเคมีและกายภาพ ได้แก่ ปริมาณสารประกอบฟีนอลิก ปริมาณฟลาโวนอยด์ แอนโทไซยานิน Antioxidant activity วัดเนื้อสัมผัส และค่าความเป็นกรด-ด่าง นำข้อมูลที่ได้มาวิเคราะห์ ข้อมูลทางสถิติโดยใช้แผนการทดลองแบบ Completely Randomized Design (CRD) ทำการทดลอง 3 ซ้ำ และ เปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยโดยใช้วิธี Duncan new multiple range test (DMRT) ที่ระดับความเชื่อมั่น ร้อยละ 95

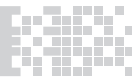
Table 2. Formula of broken riceberry jelly from mixture design

Ingredients	Formula of broken riceberry jelly (%)				
	1	2	3	4	5
Broken riceberry extract	80	75	75	70	75
<i>Stevia rebaudiana</i> Bertoni extract (3%)	10	15	10	15	13
Sugar	10	10	15	15	13
Carrageenan	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5
Lime juice	4	4	4	4	4

ผลการวิจัยและการอภิปรายผล

นำน้ำข้าวหักไรซ์เบอร์รี่มาวิเคราะห์คุณสมบัติ ทางเคมี โดยวิเคราะห์หาประสิทธิภาพในการต้านอนุมูลอิสระ สารประกอบฟีนอลิกฟลาโวนอยด์และแอนโทไซยานิน ได้ผลดังแสดงใน Table 3

จากการวิเคราะห์สมบัติทางเคมีของน้ำข้าวหัก ไรซ์เบอร์รี่ พบว่าประสิทธิภาพในการต้านอนุมูลอิสระด้วย วิธี DPPH ของน้ำข้าวหักไรซ์เบอร์รี่มีค่า 155.71 ± 11.23 $\mu\text{M T.E./100g}$ ส่วนวิธี FRAP มีค่า 528.81 ± 7.64 $\mu\text{M T.E./100g}$ สารประกอบฟีนอลิก มีค่า 94.58 ± 2.60 mg gallic acid/100g ฟลาโวนอยด์ มีค่า 89.25 ± 5.08 mg



catechin/100g และแอนโทไซยานิน เท่ากับ 23.16 ± 0.12 mg/100g of cyaniding-3-glucoside ซึ่งมีค่าใกล้เคียงกับการศึกษาของ Jiamyangyuen et al. [11] ที่พบว่าสารสกัดจากข้าวไรซ์เบอร์รี่มีสารประกอบฟีนอลิกมีค่า 116 mg gallic acid/100g ฟลาโวนอยด์ มีค่า 96 mg/100 g และแอนโทไซยานิน เท่ากับ 37mg of cyaniding-3-glucoside/100g ซึ่งแตกต่างจากงานของเอนก หาลี และบุญยกฤต รัตนพันธุ์ [12] ที่ได้ศึกษาประสิทธิภาพในการ

Table 3. Antioxidant capacity, total phenolic content, flavonoids and anthocyanin in broken rice berry extract

Antioxidant capacity		Total phenolic content	Flavonoids	Anthocyanin
DPPH ($\mu\text{M T.E./100g}$)	FRAP ($\mu\text{M T.E./100g}$)	(mg gallic acid/100 g)	(mg catechin/100 g)	(mg of cyaniding-3-glucoside /100g)
155.71 \pm 11.23	528.81 \pm 7.64	94.58 \pm 2.60	89.25 \pm 5.08	23.16 \pm 0.12

ต้านอนุมูลอิสระของข้าวหอมนิลซึ่งเป็นข้าวที่มีสีดำ เช่นเดียวกับข้าวไรซ์เบอร์รี่ด้วยวิธี DPPH มีค่า 657.33 $\mu\text{M T.E./100g}$ ส่วนวิธี FRAP มีค่า 864.44 $\mu\text{M T.E./100g}$ สารประกอบฟีนอลิก มีค่า 214.62 mg of gallic acid/100g และแอนโทไซยานิน เท่ากับ 7.37 mg of cyaniding-3-glucosid/100g ตามลำดับ โดยสมบัติทางเคมีของน้ำข้าวหักไรซ์เบอร์รี่และข้าวหอมนิลจะเห็นว่ามีความสมบัติทางเคมีแตกต่างกับข้าวหักไรซ์เบอร์รี่ อาจเนื่องจากข้าวทั้งสองเป็นข้าวคนละสายพันธุ์มีผลทำให้สมบัติทางเคมีแตกต่างกัน

เมื่อนำเยลลี่ข้าวหักไรซ์เบอร์รี่มาวิเคราะห์สมบัติทางเคมีได้ผลดังแสดงใน Table 4 จากการตรวจสอบประสิทธิภาพในการต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธี DPPH พบว่ามีประสิทธิภาพในการต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธี DPPH แตกต่างกัน โดยสูตรที่ 1 มีค่าสูงที่สุด คือ 170.47 ± 12.98 $\mu\text{M T.E./100g}$ น้ำหนักตัวอย่างสด รองลงมาคือสูตรที่ 5, 2, 4 และ 3 ตามลำดับ ซึ่งมีค่าประสิทธิภาพในการต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธี DPPH อยู่ในช่วง $78.09 \pm 7.86 - 170.47 \pm 12.98$ $\mu\text{M T.E./100g}$ น้ำหนักตัวอย่างสด

จากการตรวจสอบประสิทธิภาพในการต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธี FRAP พบว่าผลิตภัณฑ์เยลลี่ข้าวหักไรซ์เบอร์รี่มีประสิทธิภาพในการต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธี

FRAP แตกต่างกัน โดยสูตรที่ 1 มีค่าสูงที่สุดคือ 466.19 ± 7.22 $\mu\text{M T.E./100g}$ น้ำหนักตัวอย่างสด รองลงมาคือ สูตรที่ 2, 3, 5 และ 4 ตามลำดับ ซึ่งประสิทธิภาพในการต้านอนุมูลอิสระ ด้วยวิธี FRAP ของผลิตภัณฑ์เยลลี่ข้าวหักไรซ์เบอร์รี่มีค่าอยู่ในช่วง $406.19 \pm 9.43 - 466.19 \pm 7.22$ $\mu\text{M T.E./100g}$ น้ำหนักตัวอย่างสด จะเห็นว่าเมื่อปริมาณน้ำข้าวหักไรซ์เบอร์รี่เพิ่มมากขึ้น ประสิทธิภาพในการต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธี DPPH และ FRAP จะมีประสิทธิภาพในการต้านอนุมูลอิสระมากขึ้นเพราะปริมาณน้ำข้าวหักไรซ์เบอร์รี่มีผลต่อประสิทธิภาพในการต้านอนุมูลอิสระของเยลลี่ข้าวหักไรซ์เบอร์รี่ นอกจากนี้ผลการวิเคราะห์ประสิทธิภาพในการต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธี DPPH และ FRAP ให้ผลที่ไม่สอดคล้องกัน ทั้งนี้เพราะวิธีการวิเคราะห์ DPPH เป็นการทดสอบความสามารถในการให้ไฮโดรเจนอะตอมของสารต้านอนุมูลอิสระแก่อนุมูลอิสระของ DPPH ส่วนหลักของการวิเคราะห์ประสิทธิภาพในการต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธี FRAP เป็นการทดสอบความสามารถของสารต้านอนุมูลอิสระในการรีดิวซ์อนุมูลอิสระสังเคราะห์ [13]

จากการวิเคราะห์ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกของผลิตภัณฑ์เยลลี่ข้าวหักไรซ์เบอร์รี่ พบว่ามีปริมาณ

Table 4. Antioxidant capacity, total phenolic content, flavonoids and anthocyanin in broken riceberry jelly

Formula	Antioxidant capacity		Total phenolic content (mg gallic acid/ 100 g)	Flavonoids (mg catechin/ 100 g)	Anthocyanin (mg of cyaniding-3- glucoside /100g)
	DPPH ($\mu\text{M T.E}/100\text{g}$)	FRAP ($\mu\text{M T.E}/100\text{g}$)			
1	170.47 \pm 12.98 ^a	466.19 \pm 7.22 ^a	44.79 \pm 3.72 ^a	19.31 \pm 1.86 ^a	1.32 \pm 0.53 ^a
2	148.33 \pm 12.00 ^b	456.19 \pm 6.59 ^{ab}	39.79 \pm 4.50 ^{ab}	17.03 \pm 2.69 ^{ab}	1.08 \pm 0.28 ^a
3	78.09 \pm 7.86 ^c	442.14 \pm 8.23 ^{bc}	33.33 \pm 0.35 ^c	11.72 \pm 2.06 ^c	0.87 \pm 0.08 ^a
4	144.28 \pm 9.32 ^b	406.19 \pm 9.43 ^d	39.58 \pm 3.81 ^{ab}	15.11 \pm 1.57 ^{ab}	0.91 \pm 0.16 ^a
5	169.52 \pm 9.25 ^a	433.57 \pm 7.24 ^c	39.38 \pm 3.05 ^{ab}	17.15 \pm 2.39 ^a	1.06 \pm 0.46 ^a

Different letters within a column represent significant difference ($p < 0.05$).

สารประกอบฟีนอลิกที่ความแตกต่างกันทางสถิติ ($p < 0.05$) โดยสูตรที่ 1 มีสารประกอบฟีนอลิกมากที่สุด คือ 44.79 \pm 3.72 mg gallic acid/100g น้ำหนักตัวอย่างสดซึ่งสารประกอบฟีนอลิกของผลิตภัณฑ์เยลลี่ข้าวหักไรซ์เบอร์รี่มีค่าอยู่ในช่วง 33.33-44.79 mg gallic acid/100g น้ำหนักตัวอย่างสด ซึ่งให้ผลการทดลองที่สอดคล้องกับประสิทธิภาพในการต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธี DPPH เช่นเดียวกับปริมาณฟลาโวนอยด์ โดยสูตรที่ 1 มีปริมาณฟลาโวนอยด์มากที่สุดคือ 19.31 \pm 1.86 mg catechin/100g น้ำหนักตัวอย่างสด รองลงมาคือสูตรที่ 5, 2, 4 และ 3 ตามลำดับ ซึ่งมีปริมาณสารฟลาโวนอยด์อยู่ในช่วง 11.72 \pm 2.06-19.31 \pm 1.86 mg catechin/100g น้ำหนักตัวอย่างสด ส่วนปริมาณแอนโทไซยานินของผลิตภัณฑ์เยลลี่ข้าวหักไรซ์เบอร์รี่พบว่าไม่มีมีความแตกต่างกันทางสถิติ ($p \geq 0.05$) โดยสูตรที่ 1 มีสารแอนโทไซยานินมากที่สุดเท่ากับ 1.32 \pm 0.53 mg of cyaniding-3-glucoside/100g น้ำหนักตัวอย่างสด ซึ่งปริมาณแอนโทไซยานินของผลิตภัณฑ์เยลลี่ข้าวหักไรซ์เบอร์รี่มีค่าอยู่ในช่วง 0.87 \pm 0.08-1.32 \pm 0.53 mg of cyaniding-3-glucoside/100g น้ำหนักตัวอย่างสด ทั้งนี้เนื่องจากเยลลี่ทั้ง 5 สูตรมีการใช้น้ำข้าวหักไรซ์เบอร์รี่

ที่อัตราส่วนร้อยละ 70-80 ซึ่งเป็นปริมาณที่ใกล้เคียงกัน จึงทำให้ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกฟลาโวนอยด์ และแอนโทไซยานินที่ไม่แตกต่างกันมากนัก

จากการตรวจสอบทางกายภาพด้านเนื้อสัมผัส ด้าน Hardness ของผลิตภัณฑ์เยลลี่ข้าวหักไรซ์เบอร์รี่พบว่าผลิตภัณฑ์ดังกล่าวทั้ง 5 สูตร มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($p < 0.05$) ซึ่งมีค่าต่างกันอยู่ในช่วง 23.33 \pm 2.50-30.66 \pm 1.05 g ส่วนด้าน Springiness พบว่าผลิตภัณฑ์เยลลี่ทั้ง 5 สูตรไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($p \geq 0.05$) โดยมีค่าอยู่ในช่วง 4.06 \pm 0.02-4.81 \pm 0.50 g ด้านความเป็นกรด-เบส พบว่าผลิตภัณฑ์เยลลี่ข้าวหักไรซ์เบอร์รี่ในสูตรที่ 4 มีค่าความเป็นกรด-เบสสูงที่สุด คือ 3.42 ซึ่งมีค่าความแตกต่างกันทางสถิติ ($p < 0.05$) กับผลิตภัณฑ์เยลลี่ข้าวหักไรซ์เบอร์รี่ในสูตรที่ 2, 3 และ 4 ค่าความเป็นกรด-เบส ของผลิตภัณฑ์เยลลี่ข้าวหักไรซ์เบอร์รี่มีค่าอยู่ในช่วง 3.13 \pm 0.06-3.42 \pm 0.03 การวัดปริมาณของแข็งที่ละลายได้โดยใช้ Hand refractometer พบว่าผลิตภัณฑ์เยลลี่ข้าวหักไรซ์เบอร์รี่ ในสูตรที่ 3 มีค่าปริมาณของแข็งที่ละลายได้มากที่สุดคือ 18.66 \pm 0.57 °Brix ซึ่งค่าปริมาณของแข็งที่ละลายได้ของผลิตภัณฑ์เยลลี่ข้าวหักไรซ์เบอร์รี่มีค่าอยู่ในช่วง 14.00 \pm 1.73-18.66 \pm 0.57 °Brix



จากการวางแผนการทดลอง Mixture design ปริมาณน้ำข้าวหักไรซ์เบอร์รี่มากที่สุดในสูตรที่ 1 ทำให้ทำให้ได้ผลิตภัณฑ์เยลลี่ข้าวหักไรซ์เบอร์รี่ 5 สูตร มีปริมาณ สารประกอบฟีนอลิกสารฟลาโวนอยด์ สารเมื่อวิเคราะห์คุณภาพด้านกายภาพและเคมี พบว่าเมื่อ แอนโทไซยานินสูง ส่วนความเป็นกรดที่สูงขึ้นจะส่งผล

Table 5. Hardness, Springiness, total soluble solid and pH of broken rice berry jelly

sample	Hardness (g)	Springiness (g) (ns)	Total soluble solid (°brix)	pH
1	24.00±2.19 ^c	4.81±0.50 ^a	14.33±0.57 ^b	3.22±0.16 ^{ab}
2	23.33c±2.50 ^c	4.06±0.02 ^a	14.00±1.73 ^b	3.15±0.03 ^b
3	26.33±2.08 ^{ab}	4.62±0.20 ^a	18.66±0.57 ^a	3.13±0.06 ^b
4	30.66±1.05 ^a	4.79±0.38 ^a	17.66±1.14 ^a	3.42±0.03 ^a
5	27.33±2.75 ^{ab}	4.72±0.38 ^a	15.33±0.57 ^b	3.13±0.07 ^b

Different letters within a column represent significant difference ($p \leq 0.05$).

ต่อเนื้อสัมผัสของผลิตภัณฑ์เยลลี่ให้มีค่า Hardness มาตรฐานความปลอดภัยทางอาหาร คณะวิทยาศาสตร์ ลดลงเล็กน้อย ดังนั้นสูตรที่ 1 คือการใช้ข้าวหัก และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏกำแพงเพชร ไรซ์เบอร์รี่ร้อยละ 80 สารสกัดจากหญ้าหวานร้อยละ 10 ที่ช่วยอำนวยความสะดวกในเรื่องวัสดุอุปกรณ์สำหรับ น้ำตาลทรายร้อยละ 10 คาราจีแนนร้อยละ 0.5 และ การทดลอง รวมไปถึงเครื่องมือที่ใช้ในงานวิจัยทั้งหมด น้ำมะนาวร้อยละ 4 จึงเป็นสภาวะที่ดีที่สุดในการผลิต ผู้วิจัยจึงขอขอบคุณมา ณ ที่นี้ เยลลี่ข้าวหักไรซ์เบอร์รี่

สรุปผลการวิจัย

จากผลการวิจัยพบว่า ผลิตภัณฑ์เยลลี่ข้าวหัก ไรซ์เบอร์รี่สูตรที่ 1 มีค่ามีประสิทธิภาพในการต้านอนุมูลอิสระ ทั้งวิธี DPPH และ FRAP เช่นเดียวกับสารประกอบฟีนอลิก ฟลาโวนอยด์และแอนโทไซยานิน ส่วนค่า Hardness Springiness ของแข็งที่ละลายได้และความเป็นกรด-เบส ของผลิตภัณฑ์เยลลี่ข้าวหักไรซ์เบอร์รี่มีค่าที่แตกต่างกัน เล็กน้อย

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยครั้งนี้สำเร็จลุล่วงได้ด้วยดี โดยการ สนับสนุนจากศูนย์ส่งเสริมและตรวจสอบการผลิตตาม

เอกสารอ้างอิง

1. กลุ่มงานเทคโนโลยีสารสนเทศ สถาบันมะเร็งแห่งชาติ. 2561. ทะเบียนมะเร็งระดับโรงพยาบาล พ.ศ. 2559 [ออนไลน์]. สืบค้นจาก http://www.nci.go.th/th/File_downloadBased%20NCI2%202016%20Web.pdf
2. สมาคมโรคเบาหวานแห่งประเทศไทย. 2557. รายงานการสำรวจสุขภาพประชาชนไทยโดยการตรวจร่างกายครั้งที่ 5. [ออนไลน์]. สืบค้น จาก http://www.thaincd.com/document/file/info/non-communicable-5_NHES_5.pdf
3. กมลทิพย์ วิจิตรสุนทรกุล และสัญญาชัย ชาสมบัติ. 2558. รายงานการศึกษาศาถนानการณการเสียชีวิต



- ก่อนวัยอันควรของประเทศไทย. สำนักโรคไม่ติดต่อ, [ออนไลน์]. สืบค้นจาก <http://www.thaincd.com/2016/mission/020>
4. สำนักงานกองทุนสนับสนุนการสร้างเสริมสุขภาพ. 2556. ประโยชน์ของ “ข้าวไรซ์เบอร์รี่” [ออนไลน์]. สืบค้นจาก <http://www2.thaihealth.or.th/Content/6908-ประโยชน์ของ%20ข้าวไรซ์เบอร์รี่.html>
 5. พิสมัย กุลกาญจนาร. 2557. หมัญ้าหวานทางเลือกเพื่อสุขภาพ, [ออนไลน์]. สืบค้นจาก : [http://www.pharmacy.mahidol.ac.th/th/knowledge/article/221\(8 มิถุนายน 2559\)](http://www.pharmacy.mahidol.ac.th/th/knowledge/article/221(8 มิถุนายน 2559)).
 6. Singleton V.L, Orthofer R. and Lamuela-Raventos, R.M. 1999. Analysis of total phenols and other oxidation substrates and antioxidants by means of folin-ciocalteu reagent. *Method in Enzymotogy*. 299: 152-178.
 7. Jia, Z., Tang, M. and Wu, J. 1999. The determination of flavonoid contents in mulberry and their scavenging effects on superoxide radicals. *Journal of Food Chemistry*. 64 (4): 555-559.
 8. Finocchiaro, F., Ferrari, B. and Gianinetti, A. 2010. A study of biodiversity of Flavonoid content in the ricecaryopsisevidencing simultaneous accumulation of anthocyanins and proanthocyanidins in a black-grained genotype. *Journal of Cereal Science*. 51: 28-34.
 9. Dasgupta, N. and De, B. (2004). Antioxidant activity of Piperbetle L. leaf extract in vitro. *Journal of Analytical Biochemistry*. 88: 219-224.
 10. Benzie, F.F. and Strain, J.J. 1996. The Ferric Reducing Ability of Plasma (FRAP) as a Measure of Antioxidant Power: The FRAP Assay. *Journal of Analytical Biochemistry*. 239: 70-76.
 11. Jiamyangyuen, S., Nuengchamng, N. and Ngamdee, P. 2017. Bioactivity and chemical components of Thai rice in five stages of grain development. *Journal of Cereal Science*. 74: 136-144.
 12. เอนก หาลี และบุญยกฤต รัตน์พันธุ์. 2559. ผลของชนิดตัวทำลายและความเข้มข้นของกรดซิตริกที่มีต่อการสกัดสารต้านอนุมูลอิสระจากข้าวหอมนิล. *วิจัยและพัฒนาพระจอมเกล้าธนบุรี*, 39(3) :353-364.
 13. เอนก หาลี และบุญยกฤต รัตน์พันธุ์. 2560. การศึกษาประสิทธิภาพในการต้านอนุมูลอิสระจากพืชผักสมุนไพรพื้นบ้าน 15 ชนิด. *วิจัย และพัฒนาพระจอมเกล้าธนบุรี*. 40(2): 283-293.