

<http://journal.rmutp.ac.th/>

การพัฒนาผลิตภัณฑ์อัดเม็ดจากข้าวหักไรซ์เบอร์รี่

น้ำฝน สามสาลี* และ เสกสรร มังคลานันท์

คณะวิทยาศาสตร์และศิลปศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี

744 ถนนสุรนารายณ์ อำเภอเมือง จังหวัดนครราชสีมา 30000

รับบทความ 5 มิถุนายน 2563 แก้ไขบทความ 13 พฤศจิกายน 2563 ตอรับบทความ 25 ธันวาคม 2563

บทคัดย่อ

ข้าวไรซ์เบอร์รี่เป็นข้าวเมล็ดสีม่วงเข้ม เป็นหนึ่งในข้าวที่ผู้บริโภคนิยมรับประทาน ซึ่งมีคุณค่าทางโภชนาการและมีสารต้านอนุมูลอิสระสูง ข้าวหักไรซ์เบอร์รี่เป็นผลพลอยได้จากการสีข้าวและเป็นส่วนที่มีมูลค่าต่ำ สามารถนำมาแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์ได้มากมาย งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาส่วนผสมและอัตราส่วนสำหรับการพัฒนาสูตรผลิตภัณฑ์อัดเม็ดจากข้าวหักไรซ์เบอร์รี่ ได้แก่ ผงข้าวหักไรซ์เบอร์รี่ นมผง เวย์โปรตีน น้ำตาลไอซิ่ง ผงสตอเบอร์รี่ สารเพิ่มปริมาณ สารป้องกันการจับตัวเป็นก้อน และสารหล่อลื่น การอัดเม็ดขึ้นรูปโดยใช้เครื่องอัดเม็ดชนิดโรตารี ผลการศึกษาพบว่าส่วนผสมของผลิตภัณฑ์มีสมบัติการไหลอยู่ในระดับที่ไหลได้ โดยมีค่า Carr Index เท่ากับร้อยละ 24.57-32.10 และ Hausner Ratio มีค่าเท่ากับ 1.33-1.47 ปริมาณน้ำอิสระของผลิตภัณฑ์อัดเม็ดมีค่าอยู่ในช่วง 0.36-0.45 ผลิตภัณฑ์อัดเม็ดที่ได้มีความหนา 3.86-4.38 มิลลิเมตร ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 13.07-13.35 มิลลิเมตร และมีน้ำหนัก 0.62-0.71 กรัมต่อเม็ด เมื่อปริมาณของผงข้าวหักไรซ์เบอร์รี่เพิ่มขึ้น (ร้อยละ 10 ถึง ร้อยละ 40) ส่งผลให้ค่าความแข็ง (hardness) ของผลิตภัณฑ์ลดลงประมาณ 5 เท่า (จาก 64 นิวตัน เป็น 12 นิวตัน) การทดสอบทางประสาทสัมผัสด้านลักษณะปรากฏ สี เนื้อสัมผัส กลิ่น รสชาติ ความแข็ง การละลายในปาก และความชอบโดยรวม ใช้วิธีการให้คะแนนความชอบ 9 ระดับ โดยผู้ทดสอบชิมที่ไม่ผ่านการฝึกฝนจำนวน 30 คน ผลการศึกษาแสดงให้เห็นว่าสูตรของผลิตภัณฑ์อัดเม็ดที่เหมาะสมประกอบด้วย ผงข้าวหักไรซ์เบอร์รี่ร้อยละ 30 น้ำตาลไอซิ่งร้อยละ 30 นมผงร้อยละ 18 สารป้องกันการจับตัวเป็นก้อนร้อยละ 1 สารหล่อลื่นร้อยละ 1 และสารเพิ่มปริมาณหรือผงสตอเบอร์รี่ร้อยละ 20 โดยผลิตภัณฑ์มีคะแนนความชอบโดยรวมสูงที่สุด อยู่ในระดับชอบเล็กน้อยถึงชอบปานกลาง

คำสำคัญ : ผลิตภัณฑ์อัดเม็ด; ข้าวหัก; นมผง; ข้าวไรซ์เบอร์รี่

* ผู้นิพนธ์ประสานงาน โทร: +669 3416 3541, ไปรษณีย์อิเล็กทรอนิกส์: namfon.sm@rmuti.ac.th

<http://journal.rmutp.ac.th/>

Development of Tablet Product from Riceberry Broken Rice

Namfon Samsalee* and Seksan Mangklanan

Faculty of Sciences and Liberal Arts, Rajamangala University of Technology Isan
744 Sura Narai Road, Muang District, Nakhon Ratchasima 30000

Received 5 June 2020; Revised 13 November 2020; Accepted 25 December 2020

Abstract

Riceberry rice is dark purple coloured grains. It is one of the most famous rice for consumers. There are nutrients and high antioxidant properties. Riceberry broken rice (RBR) is a by-product from the rice milling process and has a low value. It can be processed into various products. The purpose of this research was to study the ingredients and the ratios for tablet formulations, including RBR powder, milk powder, whey protein, icing sugar, strawberry powder, bulking agent, anticaking agent and lubricant agent. Tableting of powders was performed using a rotary tablet press machine. It was found that the powder products exhibited passable flow with the Carr Index of 24.57-32.10% and the Hausner Ratio value of 1.33-1.47. The water activity value of product was in the range 0.36-0.45. The tablets had thickness 3.86-4.38 mm, diameter 13.07-13.35 mm and weight 0.62-0.71 g/tablet. The increase of RBR powder content (10% - 40%) decreased hardness value of tablet products about 5 times (from 64 N to 12 N). Sensory evaluation of products in appearance, color, texture, odor, flavor, hardness, dissolution in the mouth and overall liking were conducted using 9-point hedonic scale with 30 untrained panelists. The results showed that the optimal tablet formulation consisted of 30% RBR powder, 30% icing sugar, 18% milk powder, 1% anticaking agent, 1% lubricant agent and 20% bulking agent or strawberry powder. They showed the highest overall liking scores in ranges of “like slightly” to “like moderately”

Keywords : Tablet product; Broken rice; Milk powder; Riceberry rice

* Corresponding Author. Tel.: +669 3416 3541, E-mail Address: namfon.sm@rmuti.ac.th

1. บทนำ

ข้าว เป็นอาหารหลักสำคัญของประชากรในภูมิภาคเอเชีย โดยเฉพาะประเทศไทยนิยมรับประทานข้าวเป็นอาหารหลัก จนเป็นอาหารประจำชาติที่คู่กับประวัติศาสตร์ไทยมายาวนาน [1] อีกทั้งข้าวยังเป็นพืชเศรษฐกิจที่สำคัญของไทย โดยไทยเป็นผู้ส่งออกข้าวอันดับ 1 ของโลก โดยมีส่วนแบ่งทางการตลาดถึงร้อยละ 30 ซึ่งนารายได้เข้าประเทศหลายแสนล้านบาท ตั้งแต่อดีตจนถึงปัจจุบันมีการวิจัยสายพันธุ์ข้าวหลากหลายสายพันธุ์ ที่มีคุณลักษณะและคุณค่าทางอาหารแตกต่างกัน ในปี พ.ศ. 2548 ศูนย์วิทยาศาสตร์ข้าวและหน่วยปฏิบัติการค้นหาและใช้ประโยชน์ยีนข้าว มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน จ. นครปฐม ได้รายงานข้าวเจ้าสายพันธุ์ใหม่ พันธุ์ไรซ์เบอร์รี่ (Riceberry) เป็นสายพันธุ์ผสมระหว่าง ข้าวเจ้าหอมนิล มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ (พันธุ์ฟอ) กับ ข้าวขาวดอกมะลิ 105 (ข้าวหอมมะลิ) จากสถาบันวิจัยข้าว (พันธุ์แม่) ข้าวไรซ์เบอร์รี่มีลักษณะสีม่วงเข้ม เมล็ดเรียวยาว มีสารต้านอนุมูลอิสระและคุณค่าทางโภชนาการสูง มีการสนับสนุนให้ประชาชนบริโภคโดยทั่วไป ทำให้เป็นสายพันธุ์ข้าวที่นิยมอีกสายพันธุ์หนึ่ง [2]

การขัดสีข้าวถือเป็นกระบวนการสำคัญในการผลิตข้าว โดยมีขั้นตอนตั้งแต่การกะเทาะเปลือกได้ข้าวกล้องเป็นผลิตภัณฑ์ การแยกแกลบได้แกลบหรือเปลือกข้าวเป็นผลิตภัณฑ์ การขัดขาวจะได้ข้าวสาร ปลายข้าวหรือข้าวหัก และรำข้าวเป็นผลิตภัณฑ์ และทำการคัดขนาดแยกข้าวสารออกจากข้าวหัก ซึ่งข้าวหักที่เป็นผลพลอยได้จากขั้นตอนการผลิตข้าวที่มีมูลค่าน้อยไม่นิยมบริโภค นอกจากนั้นแล้วพบว่าข้าวไรซ์เบอร์รี่เต็มเมล็ดมีราคาค่อนข้างสูง ข้าวไรซ์เบอร์รี่เป็นข้าวที่มีคุณค่าทางโภชนาการอย่างครบถ้วนและมีคุณสมบัติเด่นในด้านของสารต้านอนุมูลอิสระสูง ได้แก่ แอนโทไซยานิน แกมมาโอไรซานอล วิตามินอี แทนนิน สังกะสี และโฟเลตสูง ที่สำคัญมีดัชนีน้ำตาลในข้าวอยู่ในระดับที่ต่ำและระดับ

ปานกลาง [3], [4] ในระหว่างกระบวนการผลิตข้าวไรซ์เบอร์รี่พบว่าจะมีข้าวหักเกิดขึ้นอย่างหลีกเลี่ยงไม่ได้ถึงร้อยละ 20-30 ของผลผลิตข้าวไรซ์เบอร์รี่ทั้งหมด (ประมาณ 1,200-1,800 ตันต่อฤดูกาลเก็บเกี่ยว) ข้าวหักจากข้าวไรซ์เบอร์รี่และน้ำมันข้าวไรซ์เบอร์รี่จำนวนมากจะถูกขาย เพื่อเป็นวัตถุดิบสำหรับอาหารสัตว์ ขนมอบเคี้ยว เส้นก๋วยเตี๋ยว และเป็นส่วนประกอบในการทำเซิร์มบำรุงผม เป็นต้น ซึ่งข้าวหักดังกล่าวมีมูลค่าทางการตลาดที่ต่ำ [3]

งานวิจัยนี้มีแนวคิดในการพัฒนาผลิตภัณฑ์จากข้าวหักไรซ์เบอร์รี่ เพื่อเพิ่มมูลค่าและสร้างความแตกต่างให้กับผลิตภัณฑ์ โดยใช้เป็นส่วนผสมของผลิตภัณฑ์นมอัดเม็ด เนื่องจากนมอัดเม็ดเป็นผลิตภัณฑ์อาหารที่สามารถรับประทานได้ง่ายเป็นที่นิยมของผู้บริโภค โดยทั่วไปโดยเฉพาะกลุ่มเยาวชน เพื่อให้เป็นผลิตภัณฑ์ทางเลือกของผู้ที่นิยมบริโภคนมอัดเม็ดให้มีคุณค่าทางอาหารมากขึ้น ดังนั้นการเพิ่มข้าวหักไรซ์เบอร์รี่เป็นส่วนผสมในผลิตภัณฑ์อัดเม็ดจึงเป็นการเพิ่มคุณค่าทางอาหารให้กับผลิตภัณฑ์และทำให้ผลิตภัณฑ์มีเนื้อสัมผัสที่แตกต่างออกไปจากเดิม

ในกระบวนการตอกเม็ดผลิตภัณฑ์นอกจากวัตถุดิบหลักที่ใช้ในการตอกเม็ด พบว่ายังมีการเติมสารช่วยในการตอกเม็ด ได้แก่ สารช่วยลื่น (Lubricant) เช่น แมกนีเซียม สเตียเรท (Magnesium Stearate) สารในกลุ่มนี้จะช่วยลดแรงเสียดทานที่เกิดขึ้นในการตอกและช่วยลดการเกิดการกะเทาะหรือการแยกตัวบางส่วน (Capping) ของผลิตภัณฑ์หลังการตอกเม็ด และสารช่วยให้อุณหภูมิของวัตถุดิบหลักแยกกันเป็นอิสระทำให้การไหลเกิดขึ้นได้ดีเมื่อผ่านกระบวนการผสม เช่น แคปโอสิล (Cab-o-sil) [5] อัตราส่วนของแต่ละองค์ประกอบของผลิตภัณฑ์นมอัดเม็ดจะส่งผลต่อคุณภาพของผลิตภัณฑ์ การออกแบบส่วนผสมและการวิเคราะห์คุณสมบัติจึงมีความสำคัญในการพัฒนาและปรับปรุงผลิตภัณฑ์อาหารในการพัฒนาผลิตภัณฑ์การปรับสูตรที่เหมาะสมส่งผล

ต่อคุณลักษณะและความชอบโดยรวมของผู้บริโภค โดยจุดมุ่งหมายของการปรับปรุงสูตรอาหารคือการศึกษาสูตรที่ได้รับการยอมรับทางประสาทสัมผัสมากที่สุด โดยประเมินจากความชอบในคุณลักษณะด้านต่าง ๆ ของผลิตภัณฑ์ [6] ดังนั้นการพัฒนาอัตราส่วนขององค์ประกอบที่เหมาะสมของผลิตภัณฑ์อัดเม็ดจากข้าวหักไรซ์เบอร์รี่ มีความสำคัญต่อสมบัติทางกายภาพ ปริมาณน้ำอิสระ และลักษณะทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์ งานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาศึกษาอัตราส่วนขององค์ประกอบที่เหมาะสมในการผลิตผลิตภัณฑ์อัดเม็ดจากข้าวหักไรซ์เบอร์รี่ที่เป็นที่ยอมรับของผู้บริโภค

2. ระเบียบวิธีวิจัย

2.1 การเตรียมผงข้าวหักไรซ์เบอร์รี่

วัตถุดิบที่ใช้ในการวิจัย คือ ผงข้าวหักไรซ์เบอร์รี่ จากกลุ่มวิสาหกิจชุมชนข้าวหอมมะลินครคง อำเภอกงจังหวัดนครราชสีมา ผงข้าวหักไรซ์เบอร์รี่เป็นส่วนปลายข้าวที่มีส่วนของจมูกข้าวปน ผ่านการคั่วในกระโถไฟฟ้าด้วยความร้อน 240 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 20 นาที จากนั้นปล่อยให้เย็นลงและนำไปบดละเอียด ด้วยเครื่องบดแห้งแบบ Pin Mill (บริษัทซัพพอร์ต แพค จำกัด) ให้มีผงละเอียดขนาด 50-100 ไมโครเมตร โดยผงข้าวหักไรซ์เบอร์รี่มีปริมาณความชื้นร้อยละ 6

2.2 วัสดุและอุปกรณ์ที่ใช้

น้ำตาลไอซิ่ง (ตราลิน) มอลโตเด็คทรีน (Maltodextrin) เกรตอาหาร ใช้เป็นสารเพิ่มปริมาณของแข็ง และ แมกนีเซียมสเตียเรท (Magnesium Stearate) เกรตอาหาร ใช้เป็นสารหล่อลื่น ช่วยในการตอกเม็ด (บริษัทเคมีภัณฑ์คอร์ปอเรชั่น จำกัด) แคบโอซิล (Cab-o-sil) เกรตอาหาร ใช้เพื่อเป็นสารป้องกันการจับตัวเป็นก้อน (บริษัท กรุงเทพเคมี จำกัด) นมผง (ตราสเปเชียล เบเกอร์) เวย์โปรตีน (ตราคาเธ่ย์ แดรี่) และผงสโตรเบอร์รี่ (ตราควีนเบเกอร์) เครื่องตอกเม็ด (Tableting Machine) ชนิดโรตารี 16 สาก (บริษัท ซัพพอร์ต แพค จำกัด) และเครื่องผสม (Dry Blender; บริษัท ซัพพอร์ต แพค จำกัด)

2.3 กระบวนการผลิตผลิตภัณฑ์อัดเม็ด

ศึกษาอัตราส่วนขององค์ประกอบที่เหมาะสมในการอัดเม็ดผลิตภัณฑ์จากข้าวหักไรซ์เบอร์รี่ โดยการพัฒนารูปแบบในการผลิตแสดงดังตารางที่ 1 โดยในการผลิตแต่ละรอบ (Batch) จะเตรียมส่วนผสมสูตรละ 5 กิโลกรัม ผสมให้เข้ากันด้วยเครื่องผสม (Dry Blender) ที่ความเร็ว 50 รอบต่อนาที เป็นเวลา 25 นาที สุ่มส่วนผสมผสมเพื่อนำไปวิเคราะห์สมบัติการไหลต่อไป จากนั้นนำส่วนผสมแต่ละสูตรไปเข้าเครื่องตอกเม็ดอัตโนมัติเพื่อผลิตเป็นผลิตภัณฑ์อัดเม็ด บรรจุผลิตภัณฑ์อัดเม็ดที่ได้ลงของอลูมิเนียมฟอยล์เพื่อนำไปทดสอบคุณสมบัติผลิตภัณฑ์อัดเม็ดจากข้าวหักไรซ์เบอร์รี่ต่อไป

ตารางที่ 1 สูตรในการพัฒนาผลิตภัณฑ์อัดเม็ดจากข้าวหักไรซ์เบอร์รี่

สูตรที่	ผงข้าวหักไรซ์เบอร์รี่ (ร้อยละ)	น้ำตาลไอซิ่ง (ร้อยละ)	นมผง (ร้อยละ)	เวย์โปรตีน (ร้อยละ)	MD (ร้อยละ)	ผงสโตรเบอร์รี่ (ร้อยละ)
1	78	20	-	-	-	-
2	10	50	-	38	-	-
3	20	50	-	28	-	-
4	30	50	-	18	-	-
5	40	50	-	8	-	-

ตารางที่ 1 สูตรในการพัฒนาผลิตภัณฑ์อัดเม็ดจากข้าวหักไรซ์เบอร์รี่ (ต่อ)

สูตรที่	ผงข้าวหักไรซ์เบอร์รี่ (ร้อยละ)	น้ำตาลไอซิ่ง (ร้อยละ)	นมผง (ร้อยละ)	เวย์โปรตีน (ร้อยละ)	MD (ร้อยละ)	ผงสตรอเบอร์รี่ (ร้อยละ)
6	30	30	-	18	20	-
7	30	30	-	18	-	20
8	10	30	38	-	20	-
9	10	30	38	-	-	20
10	30	30	18	-	20	-
11	30	30	18	-	-	20

หมายเหตุ MD คือ มอลโตเด็คทรีน (Maltodextrin); ทุกสูตรเติมสารป้องกันการจับตัวเป็นก้อน (Cab-o-sil) ที่ปริมาณร้อยละ 1 และสารหล่อลื่น (Magnesium Stearate) ที่ปริมาณร้อยละ 1

ผงส่วนผสมแต่ละสูตรที่พัฒนาได้จะถูกนำมาวิเคราะห์ความหนาแน่นรวม (Bulk Density) และความหนาแน่นของผงที่มีการเคาะ (Tapped Density) เพื่อใช้ในการคำนวณหาสมบัติการไหลของผง (Flow Property) โดยใช้ Carr Index และ Hausner Ratio โดยลักษณะสมบัติการไหลแสดงดังตารางที่ 2 การคำนวณค่า Carr Index และ Hausner Ratio แสดงดังสมการที่ (1) และ (2) ตามลำดับ [7]

Carr Index(%)

$$= \frac{\text{Tapped Density} - \text{Bulk Density}}{\text{Tapped Density}} \times 100 \% \quad (1)$$

$$\text{Hausner Ratio} = \frac{\text{Tapped Density}}{\text{Bulk Density}} \quad (2)$$

โดยการวิเคราะห์ความหนาแน่นรวม (Bulk Density) และความหนาแน่นของผงที่มีการเคาะ (Tapped Density) วิเคราะห์โดยซึ่งส่วนผสมผลิตภัณฑ์อัดเม็ดจากข้าวหักไรซ์เบอร์รี่แต่ละสูตรปริมาณ 2 กรัม (m) เทใส่ในกระบอกตวงขนาด 25 มิลลิเมตร เคาะ 5 ครั้ง บันทึกค่าปริมาตรที่อ่านได้ (V_1) โดยพิจารณาจากพื้นผิวบนสุดของผงในกระบอกตวง จากนั้นคำนวณ Bulk Density (m/V_1) โดยการเคาะกระบอกตวงที่มีตัวอย่างต่ออีก 100 ครั้ง โดยการเคาะจะยกสูงจากพื้น 15 เซนติเมตร บันทึกค่าปริมาตร (V_2) และคำนวณค่า Tapped Density (m/V_2)

ตารางที่ 2 สมบัติการไหลกับค่า Carr Index และ Hausner Ratio [7]

สมบัติการไหล	Carr Index (%)	Hausner Ratio
Excellent	0-10	1.00-1.11
Good	11-15	1.12-1.18
Fair	16-20	1.19-1.25
Passable	21-25	1.26-1.34
Poor	26-31	1.35-1.45
Very poor	32-37	1.46-1.59
Very, very poor	>38	>1.60

2.4 การศึกษาคุณภาพของผลิตภัณฑ์อัดเม็ดจากข้าวหักไรซ์เบอร์รี่

ศึกษาคุณภาพของผลิตภัณฑ์อัดเม็ดจากข้าวหักไรซ์เบอร์รี่ ได้แก่ ค่าสีในระบบ CIE (L^* , a^* , b^*) ด้วยเครื่องวัดสี Chroma Meter (ยี่ห้อ Minolta, รุ่น CR400, ประเทศญี่ปุ่น) ความหนาและเส้นผ่านศูนย์กลางของเม็ดด้วยเครื่องเวอร์เนียร์ดิจิตอล (ยี่ห้อ Starnic, รุ่น 0-150 mm, ประเทศจีน) น้ำหนักต่อเม็ดด้วยเครื่องชั่งน้ำหนักทศนิยม 4 ตำแหน่ง (ยี่ห้อ Sartorius, รุ่น BP210S, ประเทศเยอรมัน) วัดค่าความแข็งของผลิตภัณฑ์อัดเม็ด (Hardness) โดยการสุมผลิตภัณฑ์สูตรละ 15 เม็ด วัดด้วยเครื่อง Texture Analyzer (ยี่ห้อ Lloyd, รุ่น LR5K, ประเทศอังกฤษ) ใช้หัววัดชนิดทรงกลมสแตนเลส (Stainless steel ball) ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 3

มิลลิเมตร ความเร็วในการทดสอบที่ 10 มิลลิเมตรต่อ นาที รายงานผลเป็นค่าแรงสูงสุดที่ทำให้ตัวอย่างแตก วัดค่าปริมาณน้ำอิสระด้วยเครื่องวัดปริมาณน้ำอิสระ (ยี่ห้อ AQUA LAB, รุ่น 4TE, ประเทศสหรัฐอเมริกา) และคุณภาพทางประสาทสัมผัสโดยวิธีให้คะแนน ความชอบ 1 ถึง 9 คะแนน (9-point Hedonic Scale) โดยคะแนน 1 หมายถึง ไม่ชอบมากที่สุด 2 หมายถึง ไม่ชอบมาก 3 หมายถึง ไม่ชอบปานกลาง 4 หมายถึง ไม่ชอบ เล็ก น้อย 5 หมายถึง เฉย ๆ 6 หมายถึง ชอบเล็กน้อย 7 หมายถึง ชอบปานกลาง 8 หมายถึง ชอบมาก และ 9 หมายถึง ชอบมากที่สุด โดยกลุ่มผู้ทดสอบเป็นนักศึกษาปริญญาตรีที่ไม่ได้ผ่านการฝึกฝนจำนวน 30 คน [8], [9] งานวิจัยนี้วางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (Completely Randomized Design, CRD) ยกเว้นการประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสที่วางแผนการทดลองแบบสุ่มบล็อกสมบูรณ์ (Randomized Completely Block Design: RCBD) ทำการทดลอง 3 ซ้ำ ข้อมูลการศึกษาทั้งหมดจะถูกนำมาวิเคราะห์ทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 และทดสอบความแตกต่างค่าเฉลี่ยด้วยวิธี Duncan's New Multiple Range Test โดยใช้โปรแกรม SPSS version 17.0

3. ผลการศึกษาและอภิปรายผล

สมบัติการไหล (Flow Property) ของผง ส่วนผสมสำหรับผลิตภัณฑ์อัดเม็ดจากข้าวหักไรซ์เบอร์รี่ (ตารางที่ 3) ซึ่งแสดงในรูปของค่า Carr Index (%) หรือเรียกว่า Compressibility Index (%) ที่จะบ่งบอกถึง ร้อยละที่กดอัดได้ของผง และค่า Hausner Ratio ซึ่งได้มาจากข้อมูลจากการทดสอบความหนาแน่นรวม (Bulk Density) และความหนาแน่นของผงที่มีการเคาะ (Tapped Density) โดยสมบัติการไหลจะมีความสำคัญต่อกระบวนการตอกเม็ด เนื่องจากวัตถุดิบที่จะตอกอัดเม็ดจะไหลลงสู่เบ้าตอก หากมีสมบัติการไหลที่ดีจะ

ทำให้ผลิตภัณฑ์อัดเม็ดที่ได้มีความสมบูรณ์และน้ำหนักที่สม่ำเสมอ อย่างไรก็ตามในทุกสูตรที่พัฒนาจะมีการเติมแมกนีเซียมสเตียเรตที่เป็นสารหล่อลื่นช่วยในการตอกเม็ด และแคปซิล (Cab-o-sil) หรือแอโรซิล (Aerosil) ที่เป็นสารป้องกันการจับตัวเป็นก้อนรวมถึงช่วยในการไหลของผง ที่ปริมาณอย่างละร้อยละ 1 จากการศึกษาพบว่าค่า Carr Index และ Hausner Ratio ของสูตรที่ศึกษาทั้งหมดมีค่าอยู่ในช่วงร้อยละ 24.57 ถึง 32.10 และ 1.33 ถึง 1.47 ตามลำดับ (ตารางที่ 3) โดยพบว่า ส่วนผสมของสูตรสำหรับผลิตภัณฑ์อัดเม็ดจากข้าวหักไรซ์เบอร์รี่ โดยส่วนใหญ่ในรูปแบบผงมีลักษณะสมบัติการไหลแบบไหลน้อย (Poor) ทำให้ต้องมีการสั่นหรือเขย่าช่วยเพื่อให้ผงมีการไหลได้ในระหว่างการตอก แม้ว่าทุกสูตรที่พัฒนาจะมีการเติมแมกนีเซียมสเตียเรตที่เป็นสารหล่อลื่นช่วยในการไหลได้ของผงก็ตาม ในการพัฒนาผลิตภัณฑ์อัดเม็ดจากข้าวหักไรซ์เบอร์รี่พบว่า ส่วนผสมในรูปแบบผงสูตรที่ 5 มีสมบัติการไหลที่ไหลได้น้อยมาก (Very Poor) ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากในสูตรมีปริมาณของผงข้าวหักไรซ์เบอร์รี่เป็นส่วนผสมในปริมาณจำนวนมาก (ร้อยละ 40) เมื่อเทียบกับสูตรอื่นๆ รวมถึงมีปริมาณของผงเวย์โปรตีนในปริมาณที่น้อยเพียงร้อยละ 8 อย่างไรก็ตามเมื่อพิจารณาค่า Carr Index และ Hausner Ratio ของผลิตภัณฑ์สูตรที่ 5 พบว่ามีค่าไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) กับสูตรที่ 4, สูตรที่ 10 และสูตรที่ 11 ผงสำหรับผลิตภัณฑ์อัดเม็ดจากข้าวหักไรซ์เบอร์รี่สูตรที่ 9 ที่มีส่วนผสมของผงข้าวหักไรซ์เบอร์รี่ร้อยละ 10 นมผงร้อยละ 38 น้ำตาลไอซิ่งร้อยละ 30 ผงสตอเบอร์รี่ร้อยละ 20 สารป้องกันการจับตัวเป็นก้อนร้อยละ 1 และสารหล่อลื่นร้อยละ 1 พบว่ามีสมบัติการไหลที่ดีที่สุด โดยมีลักษณะที่ไหลได้ (Passable) แต่อาจมีผงตกค้างบ้างเล็กน้อยที่บริเวณเบ้าตอก T. Intarasuk et al. [10] พบว่าผงเห็ดที่ไม่ได้เติมสารช่วยในการอัดเม็ดมีสมบัติการไหลไม่ดี โดยมีค่า Carr Index เท่ากับร้อยละ 21.69-34.29 สามารถตอกอัดเม็ดได้ด้วย

วิธีการตอกตรง แต่พบว่าเห็ดมีความสามารถในการดูดความชื้นที่สูง จึงเติมแอสโรซิลซึ่งเป็นสารช่วยในการดูดซับความชื้นและยังสามารถเพิ่มสมบัติการไหลได้ของผงเห็ดด้วย [10] L. P. Zea et al. [11] ได้ทำการศึกษาผลิตภัณฑ์ผลไม้ผงอัดเม็ดจากฝรั่งและแก้วมังกร พบว่าค่า Hausner Ratio ของผงฝรั่งและแก้วมังกร มีค่า 1.37 และ 1.53 ตามลำดับ ซึ่งจากค่าดังกล่าวชี้ให้เห็นว่ามี

ลักษณะการไหลที่ไหลได้ยาก ซึ่งอนุภาคของผงที่เล็กมากๆ อาจเป็นเหตุผลหลักที่ทำให้เกิดการไหลยากในกระบวนการอัดเม็ด โดยทั่วไปอนุภาคของผงผลิตภัณฑ์จะส่งผลต่อการอัดตัว (Compaction) การไหล (Flowability) และการแยกตัว (Segregation) รวมถึงปัจจัยอื่นๆ ด้วย [11]

ตารางที่ 3 สมบัติการไหล (Flow Property) และปริมาณน้ำอิสระ (Water Activity) ของผงผลิตภัณฑ์อัดเม็ดจากข้าวหักไรซ์เบอร์รี่

สูตรที่	Carr Index (%)	Hausner Ratio	สมบัติการไหล	ปริมาณน้ำอิสระ
1	28.46±1.72 ^{bc}	1.40±0.03 ^{bc}	Poor	0.36±0.01 ^a
2	27.45±1.57 ^b	1.38±0.03 ^b	Poor	0.37±0.01 ^{ab}
3	26.88±4.16 ^{ab}	1.37±0.08 ^{ab}	Poor	0.36±0.01 ^a
4	30.85±2.42 ^{cd}	1.45±0.05 ^{cd}	Poor	0.38±0.01 ^{bc}
5	32.10±1.91 ^d	1.47±0.04 ^d	Very poor	0.38±0.01 ^{bc}
6	28.83±2.54 ^{bc}	1.41±0.05 ^{bc}	Poor	0.36±0.03 ^a
7	27.90±1.21 ^{bc}	1.39±0.02 ^b	Poor	0.41±0.01 ^d
8	29.02±1.59 ^{bc}	1.41±0.03 ^{bc}	Poor	0.41±0.01 ^d
9	24.57±0.60 ^a	1.33±0.01 ^a	Passable	0.44±0.01 ^e
10	29.38±0.99 ^{bcd}	1.42±0.02 ^{bcd}	Poor	0.40±0.02 ^c
11	30.65±1.21 ^{cd}	1.44±0.03 ^{cd}	Poor	0.45±0.02 ^e

หมายเหตุ ค่าเฉลี่ยของข้อมูลที่อยู่ในคอลัมน์เดียวกันที่มีตัวอักษรต่างกัน (a-e) หมายถึงมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

จากการศึกษาปริมาณน้ำอิสระของผงผลิตภัณฑ์อัดเม็ดจากข้าวหักไรซ์เบอร์รี่ พบว่า อยู่ในช่วง 0.36-0.45 (ตารางที่ 3) ซึ่งมีค่าปริมาณน้ำอิสระน้อยกว่า 0.60 ทำให้ป้องกันการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ในระหว่างการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ได้ [12] ส่งผลให้ผลิตภัณฑ์สามารถเก็บไว้ได้นาน นอกจากนั้นแล้วปริมาณน้ำอิสระในผลิตภัณฑ์เป็นตัวแปรที่สำคัญในการควบคุมและป้องกันการเสื่อมเสียของผลิตภัณฑ์อาหาร อย่างไรก็ตาม ผลิตภัณฑ์อัดเม็ดเป็นการนำวัตถุดิบผงแห้ง เช่น นมผง เวียโปรตีน ผงข้าวหักไรซ์เบอร์รี่ น้ำตาลไอซิ่ง เป็นต้น มาทำการตอกเม็ด ซึ่งผลิตภัณฑ์ผงแห้งมีความไวต่อ

ความชื้นและการดูดความชื้นกลับ (Hygroscopicity) สู่ผลิตภัณฑ์ได้สูง ดังนั้นในการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์อัดเม็ดจึงควรใส่ในภาชนะบรรจุที่แห้งและปิดสนิท เช่น ในถุงอลูมิเนียมพอยล์ลามิเนต เป็นต้น เพื่อคงคุณภาพของผลิตภัณฑ์ในระหว่างการเก็บ

จากการศึกษาพัฒนาสูตรผลิตภัณฑ์อัดเม็ดจากข้าวหักไรซ์เบอร์รี่แสดงดังตารางที่ 1 พบว่าองค์ประกอบในการผลิตผลิตภัณฑ์อัดเม็ดที่ใช้ปริมาณน้ำตาลไอซิ่งในปริมาณที่มากถึงร้อยละ 50 ทำให้ลักษณะปรากฏของผลิตภัณฑ์อัดเม็ดที่ได้มีลักษณะเม็ดกลม สมบูรณ์ แข็งและไม่แตก รวมถึงขอบของเม็ดมีความคมและเงา ทั้งนี้

การใช้น้ำตาลไอซิ่งในปริมาณมากทำให้ส่วนผสมต่างๆ สามารถยึดเกาะกันได้ดีขึ้นส่งผลให้ผลิตภัณฑ์อัดเม็ดที่ได้มีลักษณะเม็ดที่สมบูรณ์ดี [8] แต่การใช้น้ำตาลไอซิ่งที่ระดับร้อยละ 50 เป็นปริมาณที่มากและทำให้ผลิตภัณฑ์ที่ได้มีรสชาติที่หวาน ซึ่งผู้บริโภคอาจไม่ยอมรับ สูตรในการพัฒนาผลิตภัณฑ์อัดเม็ดสูตรที่ 1 ซึ่งมีองค์ประกอบของผงข้าวหักไรซ์เบอร์รี่ปริมาณร้อยละ 78 และน้ำตาลไอซิ่งปริมาณร้อยละ 20 พบว่าไม่สามารถขึ้นรูปอัดเป็นเม็ดได้ โดยผลิตภัณฑ์มีลักษณะร่วนและแตกง่าย จึงไม่สามารถนำไปวิเคราะห์สมบัติของผลิตภัณฑ์อัดเม็ดได้ ซึ่งผลดังกล่าวเนื่องมาจากในสูตรมีปริมาณแป้งจากผงข้าวหักไรซ์เบอร์รี่ในปริมาณที่มาก โดยทั่วไปแป้งส่วนใหญ่จะไม่สามารถนำมาตอกเม็ดได้เนื่องจากปราศจากแรงยึดเกาะกันระหว่างอนุภาค [13] อย่างไรก็ตามเมื่อสูตรในการพัฒนามีปริมาณผงข้าวหักไรซ์เบอร์รี่มากกว่า

ร้อยละ 50 จะไม่สามารถขึ้นรูปอัดเม็ดได้ ดังนั้นสูตรที่สามารถอัดเม็ดได้ คือ สูตรที่ 2-11 จะถูกนำมาวัดความหนา เส้นผ่านศูนย์กลาง และน้ำหนักต่อเม็ดของผลิตภัณฑ์ (ตารางที่ 4) โดยผลิตภัณฑ์อัดเม็ดที่พัฒนาขึ้นมีค่าความหนาอยู่ในช่วง 3.86-4.38 มิลลิเมตร เส้นผ่านศูนย์กลางมีค่าอยู่ในช่วง 13.07-13.35 มิลลิเมตร และน้ำหนักต่อเม็ดมีค่าอยู่ในช่วง 0.62-0.71 กรัมต่อเม็ด อย่างไรก็ตามในกระบวนการตอกเม็ดจะใช้เบ้าตอกที่มีขนาดเท่ากันทุกสูตร แต่พบว่าค่าความหนา เส้นผ่านศูนย์กลาง และน้ำหนักต่อเม็ดของผลิตภัณฑ์มีค่าแตกต่างกันทางสถิติ ($p \leq 0.05$) ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากสมบัติการไหลของผงผลิตภัณฑ์เริ่มต้นในการตอกเม็ดที่มีการไหลได้น้อย ส่งผลต่อปริมาณผงที่ไหลลงสู่เบ้าตอก รวมถึงมีผงบางส่วนที่ต้องตอกเม็ดมีการค้างในเบ้าตอก

ตารางที่ 4 ความหนา เส้นผ่านศูนย์กลาง และน้ำหนักต่อเม็ดของผลิตภัณฑ์อัดเม็ดจากข้าวหักไรซ์เบอร์รี่

สูตรที่	ความหนา (มิลลิเมตร)	เส้นผ่านศูนย์กลาง (มิลลิเมตร)	น้ำหนักต่อเม็ด (กรัม)
1	ND	ND	ND
2	4.29 ± 0.05 ^{cd}	13.19 ± 0.01 ^c	0.70 ± 0.04 ^{bc}
3	4.22 ± 0.13 ^c	13.22 ± 0.02 ^d	0.67 ± 0.07 ^b
4	4.25 ± 0.17 ^c	13.07 ± 0.03 ^a	0.71 ± 0.07 ^c
5	4.38 ± 0.07 ^{cd}	13.35 ± 0.05 ^f	0.69 ± 0.03 ^{bc}
6	4.29 ± 0.13 ^{cd}	13.31 ± 0.04 ^e	0.67 ± 0.05 ^b
7	4.05 ± 0.08 ^b	13.30 ± 0.02 ^e	0.66 ± 0.02 ^b
8	3.86 ± 0.17 ^a	13.31 ± 0.03 ^e	0.62 ± 0.03 ^a
9	4.32 ± 0.05 ^{cd}	13.33 ± 0.03 ^{ef}	0.69 ± 0.01 ^{bc}
10	4.31 ± 0.12 ^{cd}	13.34 ± 0.03 ^f	0.66 ± 0.01 ^b
11	3.99 ± 0.04 ^b	13.15 ± 0.04 ^b	0.67 ± 0.01 ^{bc}

หมายเหตุ ND คือผลิตภัณฑ์ไม่สมบูรณ์ไม่สามารถตรวจวัดได้; ค่าเฉลี่ยของข้อมูลที่อยู่ในคอลัมน์เดียวกันที่มีตัวอักษรต่างกัน (a-f) หมายถึงมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

จากตารางที่ 5 แสดงค่าสี L* a* และ b* ของผลิตภัณฑ์อัดเม็ดจากข้าวหักไรซ์เบอร์รี่ โดยค่า L* หมายถึง ค่าความสว่าง (0 สีดำ, 100 สีขาว) a* หมายถึง + ค่าสีแดง, - ค่าสีเขียว และ b* หมายถึง + ค่าสีเหลือง

, - สีน้ำเงิน โดยพบว่าค่าสีของผลิตภัณฑ์อัดเม็ดทั้ง 10 สูตร มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) ผลิตภัณฑ์สูตรที่ 2, 3, 4 และ 5 พบว่าเมื่อปริมาณผงข้าวหักไรซ์เบอร์รี่มีค่าเพิ่มขึ้น (ร้อยละ 10 ถึง

ร้อยละ 40) ปริมาณของผงเวียโปรตีนลดลง (จากร้อยละ 38 เป็นร้อยละ 8) และปริมาณน้ำตาลไอซิ่งที่ร้อยละ 50 เท่ากันทั้ง 4 สูตร พบว่าผลิตภัณฑ์จะมีค่าสี L^* และ b^* ลดลง ส่วนค่าสี a^* มีค่าเพิ่มขึ้น เช่นเดียวกับค่าสีของผลิตภัณฑ์สูตร 8 และ 10 เมื่อปริมาณผงข้าวหักโรชเบอร์รี่เพิ่มขึ้น (เปลี่ยนจากเติมผงเวียโปรตีนเป็นนมผง) เมื่อพิจารณาผลิตภัณฑ์สูตรที่ 4 และ 6 ซึ่งมีปริมาณผงข้าวหักโรชเบอร์รี่และปริมาณเวียโปรตีนเท่ากัน (ร้อยละ 30 และ ร้อยละ 18 ตามลำดับ) แต่ปริมาณน้ำตาลไอซิ่งในสูตรที่ 4 มีปริมาณร้อยละ 50 ส่วนผลิตภัณฑ์สูตรที่ 6 มีปริมาณน้ำตาลไอซิ่งร้อยละ 30 และมอลโตเด็กตรินซึ่งเป็นสารเพิ่มปริมาณอีกร้อยละ 20 พบว่าค่าสี L^* a^* และ b^* ของผลิตภัณฑ์มีค่าแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) นอกจากนั้น การเติมผงสตรอเบอร์รี่แทนสารเพิ่มปริมาณมีผลทำให้ค่าสี L^* และ b^* ของผลิตภัณฑ์มีค่าเพิ่มขึ้น ในขณะที่ค่าสี a^* ของผลิตภัณฑ์มีค่าลดลง (ผลิตภัณฑ์สูตรที่ 8-11) ดังนั้นจะเห็นได้ว่าค่าสีของผลิตภัณฑ์อัดเม็ดขึ้นอยู่กับองค์ประกอบที่เป็นส่วนผสมของผลิตภัณฑ์และปริมาณที่เติมในกระบวนการผลิต

จากการทดสอบค่าความแข็งของผลิตภัณฑ์อัดเม็ดจากข้าวหักโรชเบอร์รี่ พบว่าสูตรที่ 2- 5 ปริมาณของผงข้าวหักโรชเบอร์รี่เพิ่มขึ้น (ร้อยละ 10 ถึง ร้อยละ 40) ส่งผลให้ความแข็งของผลิตภัณฑ์ลดลง (ตารางที่ 5) โดยเมื่อใช้ปริมาณผงข้าวหักโรชเบอร์รี่ในสูตรมากถึงร้อยละ 40 ลักษณะของผลิตภัณฑ์จะไม่ค่อยแข็ง ซึ่งจากการทดสอบค่าความแข็งก็บ่งบอกได้ว่ามีค่าน้อย มีค่าความแข็งเพียง 12.49 นิวตัน เท่านั้น เมื่อเทียบกับสูตรอื่นที่ศึกษา เนื่องจากปริมาณแป้งจากผงข้าวหักโรชเบอร์รี่มีปริมาณที่มากทำให้อนุภาคของส่วนผสมยึดเกาะกันไม่ได้ โดยองค์ประกอบหลักของสูตรดังกล่าวคือ ผงข้าวหักโรชเบอร์รี่ปริมาณร้อยละ 40 เวียโปรตีนปริมาณร้อยละ 8 และน้ำตาลไอซิ่งปริมาณร้อยละ 50 ผลิตภัณฑ์สูตรที่ 4 และ 6 มีองค์ประกอบที่มีปริมาณเท่ากันคือผงข้าวหักโรชเบอร์รี่ที่ปริมาณร้อยละ 30 แต่ปริมาณน้ำตาลไอซิ่งและมอลโตเด็กตรินแตกต่างกัน โดยพบว่าผลิตภัณฑ์

อัดเม็ดสูตรที่ 6 ที่มีปริมาณน้ำตาลไอซิ่งลดลงเมื่อเทียบกับสูตรที่ 4 และมีการเติมมอลโตเด็กตรินเพิ่มเข้ามา ทำให้ผลิตภัณฑ์มีค่าความแข็งเพิ่มขึ้น

ตารางที่ 5 ค่าสี (L^* , a^* , b^*) และค่าความแข็ง(Hardness) ของผลิตภัณฑ์อัดเม็ดจากข้าวหักโรชเบอร์รี่

สูตร ที่	สี			ความแข็ง (นิวตัน)
	L^*	a^*	b^*	
1	ND	ND	ND	ND
2	82.31 ± 0.13 ^h	4.92 ± 0.01 ^a	1.29 ± 0.01 ^h	64.68 ± 7.24 ^e
3	80.14 ± 0.04 ^f	5.22 ± 0.01 ^b	0.12 ± 0.01 ^f	39.61 ± 2.94 ^d
4	77.27 ± 0.05 ^d	5.79 ± 0.01 ^e	-1.18 ± 0.01 ^b	24.77 ± 2.41 ^b
5	73.28 ± 0.10 ^a	6.81 ± 0.04 ^g	-1.44 ± 0.02 ^a	12.49 ± 2.29 ^a
6	74.76 ± 0.01 ^c	6.60 ± 0.01 ^f	-0.87 ± 0.01 ^d	29.18 ± 1.29 ^c
7	73.88 ± 0.21 ^b	8.03 ± 0.05 ^h	-0.95 ± 0.07 ^c	24.76 ± 2.49 ^b
8	74.85 ± 0.04 ^c	6.84 ± 0.01 ^g	-1.24 ± 0.01 ^b	101.31 ± 13.03 ^f
9	82.07 ± 0.23 ^g	5.39 ± 0.01 ^d	0.61 ±0.05 ^g	69.12 ± 6.95 ^e
10	73.78 ± 0.07 ^b	8.61 ± 0.04 ⁱ	-0.66 ± 0.03 ^e	16.36 ± 1.70 ^a
11	78.52 ± 0.12 ^e	5.33 ± 0.01 ^c	4.15 ± 0.08 ⁱ	26.04 ± 1.80 ^{bc}

หมายเหตุ ND คือผลิตภัณฑ์ไม่สมบูรณ์ไม่สามารถตรวจวัดได้; ค่าเฉลี่ยของข้อมูลที่อยู่ในคอลัมน์เดียวกันที่มีตัวอักษรต่างกัน (a-i) หมายถึงมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

ผลิตภัณฑ์สูตรที่ 8-11 ซึ่งมีองค์ประกอบหลักคือ ผงข้าวหักโรชเบอร์รี่ นมผง และน้ำตาลไอซิ่ง โดยพบว่าเมื่อปริมาณผงข้าวหักโรชเบอร์รี่เพิ่มขึ้น ผลิตภัณฑ์อัดเม็ดที่ได้มีค่าความแข็งลดลง จากการศึกษาพบว่าผลิตภัณฑ์สูตรที่ 8 มีค่าความแข็งสูงสุด คือเท่ากับ

101.31 นิวตัน เมื่อเปรียบเทียบกับสูตรอื่น ๆ ซึ่งค่าความแข็งบ่งบอกถึงการอัดเม็ดที่ได้เม็ดที่แข็ง สมบูรณ์สามารถจะคงรูปร่างไม่แตกหักง่ายในระหว่างการขนส่งหรือเคลื่อนย้ายเมื่อบรรจุในซองบรรจุภัณฑ์ แต่เมื่อมีการพัฒนาสูตรโดยการเติมผงผลไม้สตรอเบอร์รี่แทนการเติมมอลโตเด็กตริน พบว่าค่าความแข็งลดลง (สูตรที่ 9 และสูตรที่ 11) สูตรผลิตภัณฑ์อัดเม็ดที่มีปริมาณผงข้าวหักโรสเบอร์รี่ร้อยละ 30 สูตรที่ 10 และ 11 พบว่าสูตรที่ 10 มีค่าความแข็งน้อยที่สุดเมื่อเปรียบเทียบกับสูตรที่ 8-11 ที่มีการเติมผงสตรอเบอร์รี่ (แทนการเติมมอลโตเด็ก

ตริน) ดังนั้นจะเห็นได้ว่าค่าความแข็งของผลิตภัณฑ์อัดเม็ดขึ้นอยู่กับปริมาณผงข้าวหักโรสเบอร์รี่ รวมทั้งองค์ประกอบอื่นๆ ด้วย จากงานวิจัยของ A. Azfar และ M. A. Azhar [14] รายงานว่าความแข็งของผลิตภัณฑ์นมอัดเม็ดที่เด็กประถมศึกษาชั้นปีที่ 1 ถึง 6 ชอบคือมีค่าอยู่ในช่วง 29-69 นิวตัน อย่างไรก็ตามค่าความแข็งของผลิตภัณฑ์ขึ้นอยู่กับความเหมาะสมของการนำไปใช้ เช่น ผลิตภัณฑ์เม็ดกลืน ผลิตภัณฑ์เม็ดอม หรือผลิตภัณฑ์เม็ดเคี้ยว รวมถึงเพื่อให้ผลิตภัณฑ์อัดเม็ดไม่หักบิ่นในระหว่างกระบวนการผลิตและการขนส่ง



สูตร 8

สูตร 9

สูตร 10

สูตร 11

รูปที่ 1 ลักษณะของผลิตภัณฑ์อัดเม็ดจากข้าวหักโรสเบอร์รี่ (สูตร 8-11)

ตารางที่ 6 คะแนนความชอบของผู้บริโภคต่อผลิตภัณฑ์อัดเม็ดจากข้าวหักโรสเบอร์รี่

คุณลักษณะ	คะแนนความชอบของแต่ละสูตร			
	สูตร 8	สูตร 9	สูตร 10	สูตร 11
ลักษณะปรากฏ ^{ns}	5.52 ± 1.30	5.79 ± 1.35	5.93 ± 1.49	6.00 ± 1.39
สี ^{ns}	5.52 ± 1.30	5.79 ± 1.35	5.93 ± 1.49	6.00 ± 1.39
เนื้อสัมผัส	3.83 ± 1.67 ^a	4.97 ± 1.70 ^b	5.83 ± 1.39 ^c	5.97 ± 1.43 ^c
กลิ่น	3.90 ± 1.93 ^a	4.59 ± 1.84 ^{ab}	5.15 ± 1.57 ^b	5.50 ± 1.26 ^b
รสชาติ	3.86 ± 1.75 ^a	4.49 ± .55 ^a	5.52 ± 1.22 ^b	5.89 ± 1.45 ^b
ความแข็ง	4.00 ± 1.56 ^a	4.38 ± 1.40 ^a	5.76 ± 1.57 ^b	5.79 ± 1.54 ^b
การละลายในปาก ^{ns}	5.21 ± 1.52	5.18 ± 1.83	5.78 ± 1.66	5.93 ± 1.59
ความชอบโดยรวม	4.19 ± 1.73 ^a	5.56 ± 1.55 ^b	6.24 ± 0.97 ^{bc}	6.63 ± 0.82 ^c

หมายเหตุ ค่าเฉลี่ยของข้อมูลที่อยู่ในแถวเดียวกันที่มีตัวอักษรต่างกัน (a-c) หมายถึงมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95; ^{ns} หมายถึง ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

จากการพัฒนาผลิตภัณฑ์อัดเม็ดจากข้าวหักโรสเบอร์รี่ทั้ง 11 สูตร ซึ่งได้ทำการประเมินความชอบโดยรวมเบื้องต้นจากผู้บริโภค พบว่า ผลิตภัณฑ์สูตรที่ 2-

5 มีรสชาติที่หวานมาก (มีปริมาณน้ำตาลไอซิ่งที่ระดับร้อยละ 50) และผลิตภัณฑ์อัดเม็ดที่ได้มีกลิ่นเฉพาะตัวของเวย์โปรตีน ทำให้ไม่เป็นที่นิยมของผู้บริโภค อย่างไรก็ตาม

ก็ตาม ผลผลิตพันธุ์อัดเม็ดจากข้าวหักไรซ์เบอร์รี่สูตรที่ 8-11 พบว่า จากการประเมินเบื้องต้นมีความชอบโดยรวมจากผู้บริโภคสูงกว่าผลผลิตพันธุ์สูตรที่ 2-7 ดังนั้นผลผลิตพันธุ์สูตรที่ 8-11 (รูปที่ 1) จึงถูกเลือกนำมาทำการทดสอบทางด้านการประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัส ทั้ง 8 คุณลักษณะ แสดงดังตารางที่ 6 โดยจากการศึกษาพบว่า คุณลักษณะด้านลักษณะปรากฏ สี และการละลายในปากของผลผลิตพันธุ์มีระดับคะแนนความชอบที่ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) อย่างไรก็ตาม จากการศึกษาพบว่าผลผลิตพันธุ์สูตรที่ 10 และ 11 มีระดับคะแนนความชอบด้านเนื้อสัมผัส กลิ่น รส ความแข็ง และความชอบโดยรวมของผลผลิตพันธุ์สูงที่สุดอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p\leq 0.05$) เมื่อเทียบกับผลผลิตพันธุ์สูตรที่ 8 และ 9 โดยผลผลิตพันธุ์สูตรที่ 10 มีส่วนผสมของผงข้าวหักไรซ์เบอร์รี่ที่ปริมาณร้อยละ 30 น้ำตาลไอซิ่งที่ปริมาณร้อยละ 30 นมผงที่ปริมาณร้อยละ 18 และมอลโตเด็กตรินที่ปริมาณร้อยละ 20 ส่วนผลผลิตพันธุ์สูตรที่ 11 มีส่วนผสมของผงข้าวหักไรซ์เบอร์รี่ที่ปริมาณร้อยละ 30 น้ำตาลไอซิ่งที่ปริมาณร้อยละ 30 นมผงที่ปริมาณร้อยละ 18 และผงสตรอเบอร์รี่ที่ปริมาณร้อยละ 20 จากการศึกษาพบว่าองค์ประกอบของผลผลิตพันธุ์สูตรที่ 10 และ 11 มีปริมาณผงข้าวหักไรซ์เบอร์รี่ที่ปริมาณร้อยละ 30 ส่งผลทำให้ผลผลิตพันธุ์ที่ได้มีกลิ่นเฉพาะตัวที่เด่นชัดและมีรสชาติเข้มข้นของผงข้าวหักไรซ์เบอร์รี่ เนื่องจากผงข้าวหักไรซ์เบอร์รี่มีส่วนของจมูกข้าวปน ซึ่งจมูกข้าวมีส่วนของไขมันเป็นองค์ประกอบอยู่ด้วย ดังนั้นนอกจากผลผลิตพันธุ์ที่ได้จะสามารถช่วยเพิ่มคุณค่าทางโภชนาการได้แล้ว ผลผลิตพันธุ์ดังกล่าวอาจจะเกิดกลิ่นหืนได้ง่ายกว่าการใช้ปริมาณผงข้าวหักไรซ์เบอร์รี่ร้อยละ 10 อย่างไรก็ตาม การเติมผงสตรอเบอร์รี่ทำให้ผลผลิตพันธุ์ที่ได้มีรสชาติของผลไม้ที่น่าทานขึ้น นอกจากนี้แล้วพบว่าผลผลิตพันธุ์สูตรที่ 10 และ 11 มีระดับคะแนนความชอบโดยรวมที่ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$)

4. สรุป

การพัฒนาผลผลิตพันธุ์อัดเม็ดที่ผลิตจากข้าวหักไรซ์เบอร์รี่ พบว่า สูตรที่เหมาะสมคือผลผลิตพันธุ์สูตรที่ 10 และ 11 โดยมีค่าคะแนนความชอบโดยรวมจากการประเมินทางประสาทสัมผัสสูงสุดระดับชอบเล็กน้อยถึงชอบปานกลาง ด้วยคะแนน 6.24 และ 6.63 ตามลำดับ ซึ่งผลผลิตพันธุ์ทั้งสองสูตรมีองค์ประกอบของข้าวหักไรซ์เบอร์รี่ร้อยละ 30 นมผงร้อยละ 18 แมกนีเซียมสเตียเรทที่ร้อยละ 1 และแคปโอสิลร้อยละ 1 ที่เหมือนกัน แตกต่างกันที่ผลผลิตพันธุ์สูตรที่ 10 มีมอลโตเด็กตรินเป็นสารเพิ่มปริมาณอีกร้อยละ 20 ส่วนผลผลิตพันธุ์สูตรที่ 11 มีการเติมผงสตรอเบอร์รี่ที่ร้อยละ 20 จากการศึกษาพบว่าองค์ประกอบและปริมาณของวัตถุดิบในการตอกเม็ดผลผลิตพันธุ์ส่งผลต่อสมบัติการไหล ความแข็ง ความหนา เส้นผ่านศูนย์กลาง น้ำหนัก สี และลักษณะทางประสาทสัมผัสของผลผลิตพันธุ์อัดเม็ด การเพิ่มปริมาณผงข้าวหักไรซ์เบอร์รี่ทำให้ผลผลิตพันธุ์มีสมบัติการไหลที่ไหลได้ยาก การปิดอัดและการยึดเกาะของอนุภาคของส่วนผสมภายในเม็ดเกิดขึ้นได้น้อยในระหว่างการตอกเม็ด และการเติมผงสตรอเบอร์รี่ส่งผลต่อสีของผลผลิตพันธุ์ โดยทำให้ค่า L^* และ b^* เพิ่มขึ้น ส่วนค่า a^* ลดลง งานวิจัยนี้มีประโยชน์ต่อเกษตรกรผู้ปลูกข้าวไรซ์เบอร์รี่ และยังสามารถเป็นแนวทางในการพัฒนาผลผลิตจากข้าวหักได้อีกต่อไป นอกจากนี้ยังเป็น การเพิ่มมูลค่าให้กับข้าวหักและสร้างผลผลิตที่มีคุณค่าทางโภชนาการ ที่ส่งผลดีต่อสุขภาพผู้บริโภค

5. กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี และสำนักงานคณะกรรมการส่งเสริมวิทยาศาสตร์ วิจัยและนวัตกรรม (สกสว.) ที่ให้การสนับสนุนทุนวิจัยในครั้งนี้ ขอขอบคุณศูนย์ส่งเสริมอุตสาหกรรมภาคที่ 6 กรมส่งเสริมอุตสาหกรรม อำเภอสูงเนิน จังหวัดนครราชสีมา ที่ให้ความอนุเคราะห์เครื่องมือในการตอกเม็ดและเครื่องผสมในการทำวิจัย

6. เอกสารอ้างอิง

- [1] Thai Rice Exporters Association. (2020, May 26). *History of rice in the world*. [Online]. Available: http://www.thairiceexporters.or.th/rice_profile.htm
- [2] Rice Science Center and Rice Gene Discovery. (2020, May 26). *Riceberry*. [Online]. Available: <http://dna.kps.ku.ac.th/index.php/news-articles-rice-rsc-rgdu-knowledge/rice-breeding-lab/riceberry-variety>
- [3] V. Luang-In, M. Yotchaisarn, I. Somboonwatthanakul and S. Deeseenthum, "Bioactivities of organic riceberry broken rice and crude riceberry rice oil," *Thai Journal of Pharmaceutical Sciences*, vol. 42, no. 3, pp. 161-168, 2018.
- [4] A. Halee, N. Navech and S. Voraaroon, "Development of broken rice berry jelly fortified with *Stevia rebaudiana* Bertoni," *The Science Journal of Phetchaburi Rajabhat University*, vol. 14, no. 2, pp. 29-37, 2018.
- [5] M. Natvaratat, "Development of supplementary protein milk tablet for rural school children," Ph.D. dissertation, Dept. Product Development, Kasetsart Univ., Bangkok, Thailand, 2007.
- [6] C. Yackinous, C. Wee and J. X. Guinard, "Internal preference mapping of hedonic ratings for ranch salad dressings varying in fat and garlic flavor," *Food quality and preference*, vol. 10, no. 4-5, pp. 401-409, 1999.
- [7] M. Saifullah, Y. A. Yusof, N. L. Chin, M. G. Aziz, M. A. P. Mohammed and N. A. Aziz, "Tableting and dissolution characteristics of mixed fruit powder," *Agriculture and Agricultural Science Procedia*, vol. 2, pp. 18-25, 2014.
- [8] W. Yuenyongputtakal and K. Limroongreungrat, "Formulation development of longan tablet product," *Agricultural Science Journal*, vol. 43, no. 2 (Suppl.), pp. 353-356, 2012.
- [9] C. Somalee and A. Thummasri, "Formula and consumer acceptance of fish cracker product from low-value fish," *Journal of Fisheries Technology Research*, vol. 9, no. 1, pp. 96-104, 2015.
- [10] T. Intarasuk, S. Sathapongsakul, W. Sila-on, P. Sritananuwat, T. Kumlung and U. Puapermpoonsiri, "Development of mushroom tablets from *Lentinus edodes*, *Pleurotus ostreatus* and *Pleurotus pulmonarius*," *Isan Journal of Pharmaceutical Sciences*, vol. 11 (Suppl.), pp. 14-24, 2016.
- [11] L. P. Zea, Y. A. Yusof, M. G. Aziz, C. N. Ling and N. A. M. Amin, "Compressibility and dissolution characteristics of mixed fruit tablets made from guava and pitaya fruit powders," *Powder technology*, vol. 247, pp. 112-119, 2013.
- [12] N. Samsalee and R. Sothornvit, "Native and modified porcine plasma protein as wall materials for microencapsulation of natural essential oils," *International Journal of*

- Food Science & Technology*, vol. 54, no. 9, pp. 2745-2753, 2019.
- [13] N. Bunnag, K. Jangchud and A. Jangchud, "Development of red kidney bean tablet for children and adolescents," in *Proceedings of 41th Kasetsart University Annual Conference: Agro-Industry*, Kasetsart University, Thailand, 2003, pp. 1-10.
- [14] A. Azfar and M. A. Azhar, "Development and evaluation of goat milk tablet using dry granulation techniques for nutraceutical purposes," *International Journal of Engineering Technology and Sciences*, vol. 7, no. 1, pp. 1-7, 2017.