การพัฒนาสูตรโจ๊กข้าวไรซ์เบอร์รี่กึ่งสำเร็จรูป

Product Development of Instant Riceberry Porridge

พรพิไล นิยมเวช, ปฐมพร สรรพสิทธิ์, อติกานต์ วารี และ เพ็ญศิริ คงสิทธิ์*

Pornphilai Niyomwet, Patomporn Sappasit, Atikan Waree and Phensiri Khongsit*

สาขาวิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร

คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏเทพสตรี

Department of Food Science and Technology, Faculty of Science and Technology, Thepsatri Rajabhat University

Received : 25 July 2018

Accepted : 5 November 2018

Published online : 19 November 2018

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษากระบวนการผลิตโจ๊กข้าวไรซ์เบอร์รี่กึ่งสำเร็จรูป โดยเครื่องทำแห้งแบบลูกกลิ้งคู่ แบ่งการดำเนินงานเป็น 4 ขั้นตอน คือ 1) ศึกษาอัตราส่วนที่เหมาะสมของข้าวไรซ์เบอร์รี่ต่อน้ำ 2) ศึกษาสภาวะที่เหมาะสมในการทำแห้งแบบลูกกลิ้งของผลิตภัณฑ์ 3) การพัฒนาสูตรผลิตภัณฑ์โจ๊กข้าวไรซ์เบอร์รี่กึ่งสำเร็จรูป และ 4) ศึกษาคุณภาพผลิตภัณฑ์สุดท้ายของผลิตภัณฑ์โจ๊กข้าวไรซ์เบอร์รี่กึ่งสำเร็จรูป จากการศึกษาพบว่าอัตราส่วนข้าวไรซ์เบอร์รี่ต่อน้ำที่เหมาะสม คือ 1:11 และสภาวะการทำแห้งที่อุณหภูมิผิวลูกกลิ้ง 129 องศาเซลเซียส ความเร็วรอบการหมุนของลูกกลิ้งที่ 1 รอบต่อนาที และระยะห่างลูกกลิ้ง 0.01 นิ้ว โดยสิ่งทดลองที่ได้รับการยอมรับทางประสาทสัมผัสมากที่สุด มีส่วนผสม ดังนี้ ข้าวไรซ์เบอร์รี่ เนื้ออกไก่ แครอท ข้าวโพดหวาน ต้นหอม ขิง ผงปรุงรสไก่ เกลือ น้ำตาลทราย และพริกไทย ร้อยละ 70, 15, 5, 5, 0.5, 0.5, 4, 2.5, 2 และ 0.5 ตามลำดับ โดยผู้บริโภคให้คะแนนความชอบระดับปานกลาง เท่ากับ 7.70 คะแนน โดยคุณภาพผลิตภัณฑ์สุดท้ายมีปริมาณความชื้น ไขมัน โปรตีน เถ้า เส้นใย คาร์โบไฮเดรต และพลังงานเท่ากับ ร้อยละ 4.61, 2.17, 13.53, 2.83, 7.54, 69.32 และ 394 กิโลแคลอรี ตามลำดับ

คำสำคัญ : ข้าวไรซ์เบอร์รี่, โจ๊กกึ่งสำเร็จรูป, เครื่องทำแห้งแบบลูกกลิ้ง

***Corresponding author. E-mail** : pk_noon@hotmail.com

Abstract

The objective of this research was to study the production of instant riceberry porridge product using double drum dryer. The studies were divided into 4 steps 1) to study the suitable ratio of riceberry to water 2) to study the optimal conditions of double drum dryer for instant riceberry porridge product. 3) to develop formula of instant riceberry porridge product 4) to study the quality of final product. According to studies, it was found that the optimum ratio of riceberry to water was 1:11. The optimum drying condition was surface temperature at 129 ºC drum speed at 1 rpm and film thickness 0.01 inches. The optimum formula included riceberry, chicken, carrot, sweet corn, onion, ginger, chicken seasoning powder, salt, sugar and pepper at 70, 15, 5, 5, 0.5, 0.5, 4, 2.5, 2 and 0.5% respectively. The overall liking score was like moderately to like very much (7.70). The final product quality was 4.61% moisture, 2.17% fat, 13.53% protein, 2.83% ash, 7.54% fiber, 69.32% carbohydrate and 394 kcal energy, respectively.

Keywords : riceberry, instant porridge, drum dryer

บทนำ

ในปัจจุบันอาหารกึ่งสำเร็จรูปได้รับความนิยมมากขึ้น เนื่องจากปัจจัยด้านเศรษฐกิจและสังคมที่เร่งรีบต้องแข่งขันกับเวลา มนุษย์จึงเลือกที่จะบริโภคอาหารกึ่งสำเร็จรูป ซึ่งสะดวก ง่าย และใช้เวลารวดเร็วในการปรุงอาหาร โดยอาหารกึ่งสำเร็จรูปในปัจจุบันมีให้เลือกมากมาย เช่น บะหมี่กึ่งสำเร็จรูป โจ๊กกึ่งสำเร็จรูป อาหารกึ่งสำเร็จรูปแช่แข็ง เป็นต้น ดังนั้นโจ๊กกึ่งสำเร็จรูปจึงเข้ามามีบทบาทมากขึ้น ซึ่งวัตถุดิบที่ใช้ในการผลิตคือ ข้าว เป็นวัตถุดิบภายในประเทศ และโจ๊กกึ่งสำเร็จรูปยังเหมาะกับทุกเพศทุกวัย เหมาะสำหรับผู้ป่วย สามารถรับประทานได้ทุกเวลา ทำให้โจ๊กกึ่งสำเร็จรูปขยายตัวในการตลาดได้อย่างรวดเร็ว

ข้าวไรซ์เบอรี่เป็นข้าวที่ได้รับการคัดเลือก และพัฒนาจากข้าวเจ้าหอมนิล มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ (พันธุ์พ่อ) กับข้าวขาวดอกมะลิ 105 จากสถาบันวิจัยข้าว (พันธุ์แม่) โดยข้าวไรซ์เบอรี่มีจุดเด่นอยู่ที่สารอาหาร คือ มีธาตุเหล็กและแอนโทไซยานิน เรียกได้ว่า เป็นธัญโอสถ (Tanatip & Kunasakdakul, 2018) โดยแอนโทไซยานินนั้นเป็นรงควัตถุหรือสารสีม่วงแดง ละลายน้ำได้ดี มีฤทธิ์เป็นสารต้านอนุมูลอิสระ ยับยั้งการเกิดออกซิเดชั่นของลิโปโปรตีน และการตกตะกอนของเกล็ดเลือด นอกจากนี้ข้าวไรซ์เบอรี่ยังมีสารเบต้าแคโรทีน วิตามินเอ ดี อี เค แกมมาโอไรซานอล แทนนิน สังกะสี และโฟเลต โดยสารอาหารเหล่านี้ ยังสามารถพบได้ในส่วนของปลายข้าวอีกด้วย ปลายข้าวเป็นผลพลอยได้จากการสีข้าว ประกอบด้วยเศษข้าวที่หักและส่วนของจมูกข้าว มีราคาจำหน่ายที่ต่ำกว่าข้าวเต็มเมล็ด ดังนั้นปลายข้าวจึงเหมาะสมในการนำมาผลิตเป็นโจ๊กกึ่งสำเร็จรูปเพื่อเป็นการเพิ่มมูลค่าให้กับปลายข้าว และเป็นอีกทางเลือกหนึ่งสำหรับผู้บริโภคที่ห่วงใยสุขภาพ โดยกระบวนการผลิตโจ๊กกึ่งสำเร็จรูป ต้องผ่านกระบวนการทำแห้ง โดยการทำแห้งในอาหารนั้นมีหลักการในการเคลื่อนที่ของน้ำอยู่ 2 ลักษณะ คือ เมื่อตอนเริ่มการทำแห้ง การเคลื่อนที่ของน้ำในอาหารเป็นแบบ Capillarity mechanism ทั้งนี้เนื่องจากในตอนเริ่มให้ความร้อนน้ำในสารยังมีปริมาณมาก นับว่าเป็นสารที่มีรูพรุนมาก ดังนั้นเมื่อได้รับความร้อนสารจะเกิดการขยายตัวของอากาศคล้ายกับว่ามีท่อขนาดเล็กๆ บริเวณรูพรุนนั้น พบว่า ยิ่งอากาศขยายตัวมากเท่าใด แรงดึงดูดในท่อเล็กจะมากขึ้นไปด้วย หลังจากน้ำในรูพรุนหมดไปแล้ว การเคลื่อนที่ของน้ำจะเป็นแบบ Diffusion mechaniem เกิดเนื่องจากมีความ

แตกต่างของความดันไอ โดยเริ่มจากเซลล์ที่ติดกับรูพรุนหรือท่อเล็กๆ เมื่อได้รับความร้อนทำให้อากาศขยายตัว ทำให้น้ำซึมออกจากเซลล์ไปตามรูพรุนเล็กๆ ทำให้ภายในเซลล์มีความเข้มข้นมากขึ้น จึงเกิดแรงดึงดูด ทำให้เกิดการซึมผ่านของน้ำ จากเซลล์ที่อยู่ติดกันซึมเข้าไปในเซลล์ที่ติดกับรูพรุน แล้วระเหยออกไปทางรูพรุน ซึ่งจะเกิดแรงดึงดูดอย่างต่อเนื่อง จนทำให้อาหารแห้ง (Fellow,1990; Potter, 1968; Wiriyacharee *et al*.,1996) โดยการทำแห้งแบบลูกกลิ้ง เป็นการทำให้ความร้อนผ่านไปที่ผิวของอาหารทำให้น้ำที่อยู่ในรูพรุน ทำแห้งแบบลูกกลิ้ง เป็นการทำแห้งอย่างหนึ่งที่ใช้ในการผลิตอาหารกึ่งสำเร็จรูป โดยจะเปลี่ยนผลิตภัณฑ์จากอาหารเหลวข้นหนืดไปเป็นผง เช่น น้ำแป้งสุก โจ๊ก ผลไม้บด เป็นต้น ระบบของการทำแห้งจะอาศัยหลักการพาความร้อนของลูกกลิ้งถ่ายเทความร้อนไปยังอาหาร ทำให้อาหารแห้ง น้ำสามารถระเหยออกได้อย่างรวดเร็วในระยะเวลาสั้น จึงทำให้คุณค่าทางสารอาหารคงอยู่ แม้จะผ่านความร้อน เนื่องจากอาหารสัมผัสกับผิวลูกกลิ้งโดยตรง ทำให้ผลิตภัณฑ์มีลักษณะเป็นผงแห้ง เป็นการลดน้ำหนัก ทำให้ง่ายต่อการบริโภคและเก็บรักษาได้นานขึ้น

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์ เพื่อพัฒนาผลิตภัณฑ์โจ๊กข้าวไรซ์เบอร์รี่กึ่งสำเร็จรูปให้เป็นที่ยอมรับของผู้บริโภค โดยมีขั้นตอนการศึกษา คือ ศึกษาอัตราส่วนที่เหมาะสมของข้าวไรซ์เบอร์รี่ต่อน้ำ ศึกษาสภาวะที่เหมาะสมในการทำแห้งแบบลูกกลิ้งของผลิตภัณฑ์ พัฒนาสูตรโจ๊กข้าวไรซ์เบอร์รี่กึ่งสำเร็จรูป และศึกษาคุณภาพผลิตภัณฑ์สุดท้ายของโจ๊กข้าวไรซ์เบอร์รี่กึ่งสำเร็จรูป

วิธีการดำเนินการวิจัย

1. ศึกษาอัตราส่วนที่เหมาะสมของข้าวไรซ์เบอร์รีต่อน้ำ

เตรียมตัวอย่างโดยใช้ส่วนปลายข้าวไรซ์เบอร์รี่ในการทดลอง ซื้อจากตำบลจักรสีห์ อำเภอเมือง จังหวัดสิงห์บุรี ประเทศไทย โดยนำตัวอย่างที่เตรียมไว้มาคัดแยกสิ่งเจือปน จากนั้นนำปลายข้าวไรซ์เบอร์รี่มาต้มกับน้ำ ในสัดส่วนของข้าวไรซ์เบอร์รี่ต่อน้ำคือ 1:11, 1:12 และ 1:13 โดยน้ำหนัก ให้ความร้อนด้วยเตาไฟฟ้า อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 45 นาที และทำแห้งโดยใช้เครื่องทำแห้งแบบลูกกลิ้ง (drum dryer) ที่อุณหภูมิผิวลูกกลิ้ง 130 องศาเซลเซียส ความเร็วรอบการหมุนลูกกลิ้ง 1.0 รอบต่อนาที วางแผนการทดลองแบบ CRD (completely randomized design) จากนั้นนำข้าวไรซ์เบอร์รี่ที่ผ่านการทำแห้งมาวิเคราะห์คุณภาพ ได้แก่ ความชื้น (ตามวิธี AOAC, 2000) ค่าวอเตอร์แอคทีวิตี้ (Aqua Lab, model: Series 4TE,U.S.A) ค่าสี (Hunter Lab, Color Flex EZ,UK) ความหนืด (brookfield viscometer, LV DV- II + Pro Extra,U.S.A)

2. ศึกษาสภาวะที่เหมาะสมในการทำแห้งแบบลูกกลิ้งของผลิตภัณฑ์

ทำการศึกษาอุณหภูมิผิวลูกกลิ้ง 3 ระดับ คือ 125, 130 และ 135 องศาเซลเซียส และความเร็วรอบการหมุนของลูกกลิ้ง 3 ระดับ คือ 0.8, 1.0 และ 1.2 รอบต่อนาที ด้วยเครื่องทำแห้งแบบลูกกลิ้ง วางแผนการทดลองแบบ CCD (central composite design)

ตารางที่ 1 วางแผนการทดลองแบบ CCD (central composite design)

ตัวแปรอิสระ	สัญลักษณ์	Code level		
		-1	0	+1
อุณหภูมิผิวลูกกลิ้ง (องศาเซลเซียส)	X_1	125	130	135
ความเร็วรอบการหมุนของลูกกลิ้ง (รอบต่อนาที)	X_2	0.8	1.0	1.2

การวิเคราะห์พื้นผิวตอบสนอง (response surface methodology, RSM) ใช้เพื่อศึกษาผลของอุณหภูมิผิวลูกกลิ้ง และความเร็วรอบการหมุนของลูกกลิ้งต่อคุณสมบัติของข้าวไรซ์เบอร์รี่ผง (ความชื้น ปริมาณน้ำอิสระ ค่าความแตกต่างสีโดยรวม การต้านอนุมูลอิสระ ค่าความหนืด ดัชนีการละลายน้ำ และดัชนีการดูดซับน้ำ) และอาศัยสมการโพลีโนเมียลอันดับสอง (second-order polynomial) เพื่ออธิบายความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรที่ศึกษา ได้แก่ อุณหภูมิผิวลูกกลิ้ง (X_1) และความเร็วรอบการหมุนของลูกกลิ้ง (X_2) และคุณสมบัติของผลิตภัณฑ์ผง(Y) ดังสมการ (1)

$$Y = \beta_0 + \beta_i X_1 + \beta_j X_2 + \beta_{ii} X_1^2 + \beta_{jj} X_2^2 + \beta_{ij} X_1 X_2 \quad (1)$$

โดย Y คือ ค่าของสมบัติผลิตภัณฑ์ข้าวไรซ์เบอร์รี่ผง

Xi คือ ตัวแปรอิสระ ได้แก่ อุณหภูมิผิวลูกกลิ้ง (องศาเซลเซียส), ความเร็วรอบการหมุนของลูกกลิ้ง (รอบต่อน่าที)

β_0 คือ สัมประสิทธิ์การถดถอยที่จุดตัดแกน Y

β_i , β_{ii} , β_{ij} คือ สัมประสิทธิ์การถดถอยในเทอมของ linear, quadratic และ interaction ตามลำดับ

2.1 วิเคราะห์สมบัติลักษณะทางเคมีกายภาพของข้าวไรซ์เบอร์รี่ผง

2.1.1 การวิเคราะห์ปริมาณความชื้น

การวิเคราะห์ความชื้นใช้วิธีการของ AOAC (2000) ชั่งตัวอย่าง 3 g ลงในถ้วยอะลูมิเนียม นำไปอบด้วยตู้อบลมร้อนที่อุณหภูมิ 105 ºC จนกระทั่งน้ำหนักคงที่ ทำซ้ำ 3 ซ้ำ คำนวณหาค่าปริมาณความชื้น จากสมการ (2)

$$\text{ความชื้น (\%)} = \frac{w_1 - w_2}{w_1} x100 \quad (2)$$

โดย W_1 คือ น้ำหนักของตัวอย่างก่อนอบ (g)

W_2 คือ น้ำหนักของตัวอย่างหลังอบ (g)

2.1.2 การวิเคราะห์ค่าวอเตอร์แอคทีวิตี้

ชั่งตัวอย่าง 2 กรัม แล้วนำไปใส่ในภาชนะสำหรับบรรจุตัวอย่างจากนั้นนำไปวัดค่า a_w โดยใช้เครื่องวัดวอเตอร์แอคทีวิตี้ (Aqua Lab, model: Series 4TE,U.S.A)

2.1.3 การวิเคราะห์ค่าสี

ค่าสี โดยนำข้าวไรซ์เบอร์รี่ผงที่ผลิตได้มาวัดค่าสีระบบ L* a* และ b* โดยใช้เครื่องวัดสี (Hunter Lab, Color Flex EZ,UK) จากนั้นคำนวณค่าความแตกต่างสีโดยรวม(ΔE)โดยการคำนวณค่าความสัมพันธ์ระหว่างก่อนและหลังการทำแห้งผลิตภัณฑ์ คำนวณ จากสมการที่ 3

$$\Delta E = \sqrt{\left(L^*_0 - L^*\right)^2 + \left(a^*_0 - a^*\right)^2 + \left(b^*_0 - b^*\right)^2} \quad (3)$$

L*, a* และ b* คือ ค่าความสว่าง ค่าสีแดงและสีเขียว และ ค่าสีเหลืองและสีน้ำเงิน หลังการทำแห้ง

L_0*, a_0* และ b_0* คือ ค่าความสว่าง ค่าสีแดงและสีเขียว และ ค่าสีเหลืองและสีน้ำเงิน ก่อนการทำแห้ง

2.1.4 การวิเคราะห์การต้านอนุมูลอิสระ (DPPH)

การต้านอนุมูลอิสระของข้าวไรซ์เบอร์รี่ผง ตามวิธีของ Wang et al (2013) สกัดตัวอย่างโดยชั่งตัวอย่าง 5 กรัม สกัดด้วยเอทานอล 50 มิลลิลิตร (ความเข้มข้น 85%, v/v) ที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 2 ชั่วโมง กรองด้วยกระดาษกรองเบอร์ 1 และเตรียมสารละลาย DPPH (2, 2-Diphenyl-1-picrylhydrazyl) ระดับความเข้มข้น 0.2 mM ปิเปตตัวอย่างสารที่สกัด ได้ 300 μL ผสมกับสารละลาย DPPH 1.5 mL ในหลอดทดลอง ตั้งทิ้งไว้ในที่มืด 40 นาที และเตรียม Blank โดยผสมเมทานอล 50 % ปริมาตร 300 μL กับสารละลาย DPPH 1.5 mL ในหลอดทดลอง ตั้งทิ้งไว้ในที่มืด 40 นาที วัดค่าการดูดกลืนแสงของตัวอย่างและ Blank ที่ความยาวคลื่น 515 nm ด้วยเครื่อง Spectrophotometer ทำการทดลอง 3 ซ้ำ คำนวณค่า % DPPH radical scavenging activity จากสมการที่ 4

$$\% \text{ DPPH radical scavenging} = (1 - A_{sample} / A_{Blank}) \times 100 \quad (4)$$

โดย A_{sample} คือ ค่าการดูดกลืนแสงของตัวอย่าง

A_{Blank} คือ ค่าการดูดกลืนแสงของ Blank

2.1.5 การวิเคราะห์ค่าความหนืด

ทำการวัดความหนืดภายหลังการคืนตัว โดยใช้น้ำร้อนที่อุณหภูมิ 98 องศาเซลเซียส เติมลงในข้าวไรซ์เบอร์รี่ผง อัตราส่วนน้ำ 300 กรัม ต่อตัวอย่าง 35 กรัม โดยใช้เครื่องวัดความหนืด (brookfield viscometer, LV DV- II + Pro Extra,U.S.A)

2.1.6 ดัชนีการละลายน้ำ (WSI)

ดัชนีการละลายน้ำของข้าวไรซ์เบอร์รี่ผง ตามวิธีของ Anderson et al (1969) ชั่งตัวอย่างผง 2.5 กรัม เติมน้ำกลั่น 30 มิลลิลิตร นำเข้าเครื่องหมุนเหวี่ยง 2,200 รอบต่อนาที เป็นเวลา 15 นาที เทส่วนใสลงในถ้วยอะลูมิเนียม นำไปอบที่อุณหภูมิ 105 องศาเซลเซียส จนน้ำหนักคงที่ ชั่งน้ำหนักเพื่อคำนวณ จากสมการที่ 5

$$WSI = \frac{\text{น้ำหนักส่วนที่ละลายน้ำได้}}{\text{น้ำหนักตัวอย่างเริ่มต้น}} \times 100 \quad (5)$$

2.1.7 ดัชนีการดูดซับน้ำ (WAI)

ดัชนีการดูดซับน้ำ ของข้าวไรซ์เบอร์รี่ผง ตามวิธีของ Anderson *et al* (1969) นำโจ๊กข้าวไรซ์เบอร์รี่กึ่งสำเร็จรูปที่ผ่านการทำแห้งชั่งน้ำหนัก 2.5 กรัม เติมน้ำกลั่น 30 มิลลิลิตร ทำการคนทุกๆ 5 นาที เป็นเวลา 30 นาที นำส่วนที่ติดกับแท่งแก้วมาล้างด้วยน้ำกลั่น 5 มิลลิลิตร นำไปเข้าเครื่องหมุนเหวี่ยง 2,200 รอบต่อนาที เป็นเวลา 15 นาที นำหลอดหมุนเหวี่ยงพร้อมส่วนที่เหลือไปชั่งน้ำหนัก คำนวณจากสมการที่ 6

$$WAI = \frac{\text{น้ำหนักหลอดหมุนเหวี่ยงพร้อมตะกอน} - \text{น้ำหนักของหลอดหมุนเหวี่ยง}}{\text{น้ำหนักตัวอย่างเริ่มต้น}} \times 100 \quad (6)$$

3. การพัฒนาสูตรผลิตภัณฑ์โจ๊กข้าวไรซ์เบอร์รี่กึ่งสำเร็จรูป

การเตรียมส่วนผสมต่างๆ โดยนำเนื้อออกไก่ใส่ลงหม้อต้ม เติมน้ำลงไป 1.5 เท่าของน้ำหนักเนื้อออกไก่ (บริษัท บี อาร์ เอฟ, จังหวัดปทุมธานี) เติมเกลือและน้ำตาลร้อยละ 1 ของน้ำหนักเนื้อออกไก่ เคี่ยวด้วยอุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 15 นาที ใส่ซีอิ๊วขาวสูตร 1 ร้อยละ 5 ของน้ำหนักเนื้อออกไก่ จากนั้นเคี่ยวต่อ 15 นาที จนเนื้อออกไก่สุกนำไปฉีกเป็นเส้นยาว 2.50 เซนติเมตร หนา 0.2 เซนติเมตร

แครอท ข้าวโพดหวาน ต้นหอม และขิง จัดซื้อมาจากตลาดบนเมือง ตำบลท่าหิน อำเภอเมือง จังหวัดลพบุรี โดยนำแครอท หั่นเป็นชิ้นลูกเต๋า ขนาดกว้าง x ยาว x สูง คือ 0.5 x 0.5 x 0.5 เซนติเมตร นำไปนึ่งผ่านไอน้ำ 10 นาที จนสุก ข้าวโพดหวาน หั่นให้มีขนาดกว้าง x ยาว x สูง คือ 0.5 x 0.5 x 0.8 เซนติเมตร นำไปนึ่งผ่านไอน้ำ 10 นาที ต้นหอม หั่นให้มีขนาดกว้าง x ยาว x สูง คือ 0.3 x 0.3 x 0.5 เซนติเมตร และขิง หั่นเป็นเส้นขนาดกว้าง x ยาว x สูง คือ 0.2 x 1 x 0.2 เซนติเมตร ทำแห้งส่วนผสมทั้งหมดด้วยตู้อบลมร้อนที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส ให้มีความชื้นไม่เกินร้อยละ 7

การพัฒนาสูตรโจ๊กข้าวไรซ์เบอร์รี่กึ่งสำเร็จรูปปรุงรสให้ได้สูตรที่เหมาะสมในการผลิตผลิตภัณฑ์ โดยนำข้าวไรซ์เบอร์รี่ผงจากตอนที่ 2 มาผสมกับวัตถุดิบที่ผ่านการทำแห้ง เติมเกลือ พริกไทย น้ำตาล และวัตถุปรุงแต่งรสอาหาร (รสไก่) ลงไปตามสูตร ดังตารางที่ 2

ตารางที่ 2 สูตรโจ๊กข้าวไรซ์เบอร์รี่กึ่งสำเร็จรูป

วัตถุดิบ	**ร้อยละ**		
	สูตรที่ 1	**สูตรที่ 2**	**สูตรที่ 3**
ข้าวไรซ์เบอร์รี่ผ่านการทำแห้ง	70.00	70.00	70.00
เนื้อออกไก่	10.00	10.00	10.00
แครอท	5.00	5.00	5.00
ข้าวโพด	5.00	5.00	5.00
ต้นหอม	0.50	0.50	0.50
ขิง	0.50	0.50	0.50
วัตถุปรุงแต่งรสอาหาร (รสไก่)	4.00	2.50	1.00
เกลือ	2.50	2.00	3.00
น้ำตาล	2.00	2.50	3.50
พริกไทย	0.50	2.00	1.50

ที่มา: ดัดแปลงจากโจ๊กกึ่งสำเร็จรูปตราคนอร์ (สูตรที่ 1), ตราเกษตร (สูตรที่ 2), ตรามาม่า (สูตรที่ 3)

นำผลิตภัณฑ์โจ๊กข้าวไรซ์เบอร์รี่กึ่งสำเร็จรูปมาวิเคราะห์คุณภาพทางด้านประสาทสัมผัส โดยศึกษารสชาติที่ผู้บริโภคยอมรับมากที่สุด โดยใช้สูตรโจ๊กข้าวไรซ์เบอร์รี่กึ่งสำเร็จรูปสูตรที่ 1, 2 และ 3 ด้วยวิธีการทดสอบแบบ 9-point hedonic scale ผู้ทดสอบจำนวน 30 คน ที่ชื่นชอบการรับประทานโจ๊ก ทำการทดสอบคุณลักษณะ ได้แก่ ลักษณะปรากฏ สี กลิ่นข้าวไรซ์เบอร์รี่ รสชาติ ลักษณะเนื้อสัมผัส และความชอบโดยรวม (Anprung, 2008)

4. ศึกษาคุณภาพผลิตภัณฑ์สุดท้ายของผลิตภัณฑ์โจ๊กข้าวไรซ์เบอร์รี่กึ่งสำเร็จรูป

นำผลิตภัณฑ์โจ๊กข้าวไรซ์เบอร์รี่กึ่งสำเร็จรูปที่ผู้บริโภคยอมรับมาทำการศึกษาคุณภาพผลิตภัณฑ์สุดท้าย โดยวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมี ตามวิธี AOAC (2000) ได้แก่ ความชื้น ไขมัน โปรตีน เส้นใย เถ้า คาร์โบไฮเดรต และพลังงาน

ผลการวิจัยและวิจารณ์ผล

1. ผลการศึกษาอัตราส่วนที่เหมาะสมของข้าวไรซ์เบอร์รี่ต่อน้ำ

จากการเตรียมตัวอย่างโดยอัตราส่วนข้าวไรซ์เบอร์รี่ต่อน้ำคือ 1:11, 1:12 และ 1:13 โดยน้ำหนัก นำไปให้ความร้อนด้วยเตาไฟฟ้า ที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 45 นาที และนำเข้าเครื่องทำแห้งแบบลูกกลิ้งคู่ ที่อุณหภูมิผิวลูกกลิ้ง 130 องศาเซลเซียส ความเร็วรอบการหมุนของลูกกลิ้ง 1.0 รอบต่อนาที และทำการศึกษาคุณภาพทางด้านเคมีและกายภาพ แสดงดังตารางที่ 3

ตารางที่ 3 ผลการวิเคราะห์คุณภาพทางด้านเคมีและกายภาพของการศึกษาอัตราส่วนที่เหมาะสมของข้าวไรซ์เบอร์รี่ต่อน้ำ

ข้าวไรซ์เบอร์รี่: น้ำ	ความชื้น (%)	ค่าสี				a_w	ความหนืด (cP)	การคืนตัว (วินาที)
		L*	a*	b*	ΔE			
1:11	5.68^{a}±0.41	44.46^{b}±0.61	8.81^{b}±0.12	6.49^{b}±0.13	22.67^{a}±0.85	0.28^{a}±0.01	$5,269.00^{a}$±95.39	19.41^{c}±0.17
1:12	6.08^{b}±0.20	45.78^{c}±0.82	8.28^{a}±0.17	6.30^{a}±0.17	25.67^{b}±1.28	0.31^{b}±0.01	$5,829.00^{b}$±113.58	17.70^{b}±0.54
1:13	9.0^{c}±0.13	43.93^{a}±1.16	8.87^{c}±0.38	7.11^{c}±0.40	24.59^{b}±1.13	0.53^{c}±0.01	$6,439.00^{c}$±127.67	16.37^{a}±0.21

หมายเหตุ : ข้อมูลในตารางแสดงเป็นค่าเฉลี่ย ± ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

a-c หมายถึง ในแนวตั้งเดียวกันกำกับต่างกันแสดงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

จากตารางที่ 3 ผลการวิเคราะห์คุณภาพทางด้านเคมีและกายภาพของการศึกษาอัตราส่วนที่เหมาะสมของข้าวไรซ์เบอร์รี่ต่อน้ำ พบว่า ร้อยละปริมาณความชื้นของอัตราส่วนข้าวไรซ์เบอร์รี่ต่อน้ำที่ 1:11 , 1:12 และ 1:13 มีค่าเท่ากับ 5.68 ± 0.41, 6.08 ± 0.20 และ 9.0 ± 0.13 ตามลำดับ ซึ่งมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) ซึ่งพบว่าอัตราส่วนข้าวไรซ์เบอร์รี่ต่อน้ำที่ 1:11 และ 1:12 มีค่าร้อยละปริมาณความชื้นอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมโจ๊กกึ่งสำเร็จรูป ได้กำหนดไว้ว่าความชื้นต้องไม่เกินร้อยละ 7 (TIS 315/2005F) ค่าความสว่าง (L*) พบว่า ทุกสิ่งทดลองมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) ค่าสีแดงและสีเขียว (a*) ของอัตราส่วนข้าวไรซ์เบอร์รี่ต่อน้ำ พบว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) โดยพบว่าทุกการทดลองค่า a* จะมีทิศทางไปในทางสีแดง เนื่องจากข้าวไรซ์เบอร์รี่มีสารแอนโทไซยานินเป็นองค์ประกอบซึ่งเป็นรงควัตถุหรือสารสีแดงถึงม่วง จึงทำให้มีค่า a* ไปในทิศทางสีแดง ค่าสีเหลืองและสีน้ำเงิน (b*) ของอัตราส่วนข้าวไรซ์เบอร์รี่ต่อน้ำพบว่า มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทาง

สถิติ ($p \leq 0.05$) ค่าความแตกต่างสีโดยรวม (ΔE) ก่อนและหลังการทำแห้งของอัตราส่วนข้าวไรซ์เบอร์รี่ต่อพบว่าอัตราส่วนข้าวไรซ์เบอร์รี่ต่อน้ำที่ 1:12 และ 1: 13 มีค่าความแตกต่างสีโดยรวมมากที่สุด และอัตราส่วนข้าวไรซ์เบอร์รี่ต่อน้ำที่ 1:11 มีค่าความความแตกต่างสีโดยรวมน้อยที่สุด ค่าปริมาณน้ำอิสระของอัตราส่วนข้าวไรซ์เบอร์รี่ต่อน้ำ พบว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) ค่าความหนืด มีค่าความหนืดเท่ากับ 5,269.00 ± 95.39, 5,829.00 ± 113.58 และ 6,439.00 ± 127.67 เซนติพอยส์ ตามลำดับ มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)โดยพบว่าอัตราส่วนข้าวไรซ์เบอร์รี่ต่อน้ำที่ ที่ 1:13 มีค่าความหนืดมากที่สุด และอัตราส่วนข้าวไรซ์เบอร์รี่ต่อน้ำที่ 1:11 มีค่าความหนืดน้อยที่สุด ซึ่งพบว่าเมื่อปริมาณน้ำเพิ่มมากขึ้นมีผลทำให้ค่าความหนืดของโจ๊กข้าวไรซ์เบอร์รี่มีค่าสูงขึ้น การคืนตัวของอัตราส่วนข้าวไรซ์เบอร์รี่ต่อน้ำพบว่า มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) โดยอัตราส่วนข้าวไรซ์เบอร์รี่ต่อน้ำที่ 1:11 ใช้ระยะเวลาการคืนตัวมากที่สุด และอัตราส่วนข้าวไรซ์เบอร์รี่ต่อน้ำที่ 1:13 ใช้ระยะเวลาการคืนตัวน้อยที่สุด จากการทดลองพบว่า เมื่ออัตราส่วนข้าวไรซ์เบอร์รี่ต่อน้ำสูง มีผลทำให้โจ๊กข้าวไรซ์เบอร์รี่มีปริมาณน้ำความชื้นสูง จึงส่งผลให้ความสามารถในการดูดคืนน้ำได้เร็วขึ้น ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Benchawan *et al* (2013) ได้ทำการศึกษาโจ๊กข้าวกล้องงอกกึ่งสำเร็จรูปด้วยเครื่องอบแห้งแบบลูกกลิ้ง โดยพบว่าเมื่ออัตราส่วนข้าวต่อน้ำสูงทำให้สามารถคืนตัวได้เร็วขึ้น

2. ผลการศึกษาสภาวะที่เหมาะสมในการทำแห้งแบบลูกกลิ้งของผลิตภัณฑ์และการวิเคราะห์คุณสมบัติทางเคมีและกายภาพของผลิตภัณฑ์

จากการศึกษาอุณหภูมิผิวลูกกลิ้ง 3 ระดับ คือ 125,130 และ 135 องศาเซลเซียส และศึกษาความเร็วรอบการหมุนของลูกกลิ้ง 3 ระดับ คือ 0.8, 1 และ 1.2 รอบต่อนาที ด้วยเครื่องทำแห้งแบบลูกกลิ้ง นำผลิตภัณฑ์ข้าวไรซ์เบอร์รี่ผงที่ได้มาทำการวิเคราะห์คุณสมบัติทางเคมีกายภาพของผลิตภัณฑ์ ผลการทดลองถูกนำไปสร้างสมการความสัมพันธ์ทางคณิตศาสตร์ได้ค่าสัมประสิทธิ์การถดถอย ค่าสัมประสิทธิ์การตัดสินใจ และค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐาน แสดงดังตารางที่ 4

ตารางที่ 4 ค่าสัมประสิทธิ์การถดถอย ค่าสัมประสิทธิ์การตัดสินใจ และค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐานของตัวแปรที่ศึกษาสำหรับข้าวไรซ์เบอร์รี่ผง

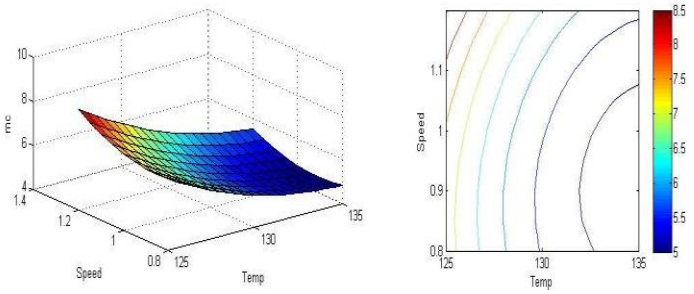
variables	Regression coefficient	ความชื้น	a_w	ΔE	DPPH	ความหนืด	ดัชนีการดูดซับน้ำ	ดัชนีการละลายน้ำ
intercept	β_0	404.4620***	433.4276***	331.5981**	-17.2102	-11.8481***	-1496.1500**	-77.2369**
X_1	β_1	-6.1236***	-0.0567***	-4.1020**	2.3643	19153.7600***	26.5073***	0.9211*
X_2	β_2	32.7972**	-0.4018***	-143.4290***	-21.3083	-97504.4000***	-474.4750***	14.0916**
$X_1 \cdot X_1$	β_{11}	0.0237***	0.0001***	0.0136	-0.0168	-76.8533***	-0.1080***	-0.0020
$X_2 \cdot X_2$	β_{22}	6.1944*	0.0144***	7.0154*	-36.8889	6066.6670***	125.9306***	1.5277
$X_1 \cdot X_2$	β_{12}	-0.3258***	0.0031***	0.9551*	0.9675	715.0000***	2.0333***	-0.1125
	R^2	0.9702	0.9762	0.9788	0.9160	0.9444	0.9683	0.9956
	SE	0.2589	0.0024	0.3258	2.2802	460.7206	1.5737	0.0872

หมายเหตุ : X_1 คือ อุณหภูมิผิวลูกกลิ้ง (องศาเซลเซียส), X_2 คือ ความเร็วรอบการหมุนของลูกกลิ้ง (รอบต่อนาที)

* $p \leq 0.05$, ** $p \leq 0.01$, *** $p \leq 0.001$

2.1 ผลการวิเคราะห์ปริมาณความชื้น

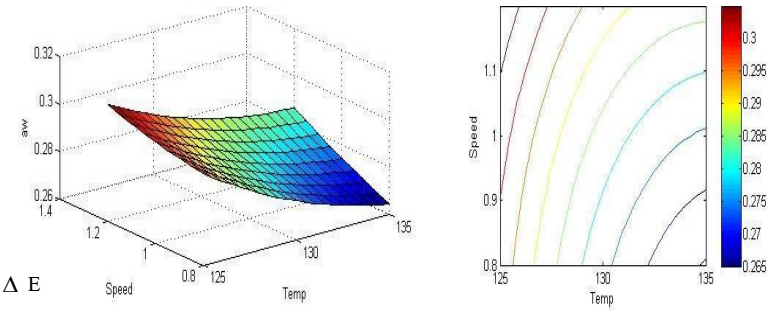
ปริมาณความชื้นของข้าวไรซ์เบอร์รี่ผงที่ผ่านการทำแห้งด้วยเครื่องทำแห้งแบบลูกกลิ้ง จากสภาวะการผลิตต่างๆ เมื่อนำมาสร้างความสัมพันธ์ทางคณิตศาสตร์ ซึ่งได้แก่ อุณหภูมิผิวลูกกลิ้ง (X_1) และความเร็วรอบการหมุนของลูกกลิ้ง (X_2) ความสัมพันธ์ที่ได้ แสดงดังตารางที่ 4 ค่าปริมาณความชื้นของข้าวไรซ์เบอร์รี่ผงที่ได้อยู่ในช่วง ร้อยละ 4.81-8.49 โดยผลของอุณหภูมิผิวลูกกลิ้ง ผลของความเร็วรอบการหมุนของลูกกลิ้ง และผลของปัจจัยร่วมระหว่างอุณหภูมิผิวลูกกลิ้งและความเร็วรอบการหมุนของลูกกลิ้งเป็นปัจจัยที่มีผลต่อปริมาณความชื้นมากที่สุด จากการศึกษาพบว่าปริมาณความชื้นมีแนวโน้มลดลง เมื่ออุณหภูมิผิวลูกกลิ้งมีค่าเพิ่มสูงขึ้น และความเร็วรอบการหมุนของลูกกลิ้งมีค่าลดลง ผลการทดลองมีความสอดคล้องไปในทิศทางเดียวกับการทำการศึกษาโจ๊กข้าวกล้องงอกกึ่งสำเร็จรูปด้วยเครื่องอบแห้งแบบลูกกลิ้ง (Wanmontre *et al*, 2013) การใช้อุณหภูมิผิวลูกกลิ้งสูงขึ้น และความเร็วรอบการหมุนของลูกกลิ้งที่ช้าลง จะทำให้ผลิตภัณฑ์สัมผัสกับผิวลูกกลิ้งได้นานมาขึ้นทำให้เกิดการแลกเปลี่ยนมวลและความร้อนได้ดีขึ้น



ภาพที่ 1 ความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิผิวลูกกลิ้งและความเร็วรอบการหมุนของลูกกลิ้งที่มีผลต่อความชื้นข้าวไรซ์เบอร์รี่ผง

2.2 ผลการวิเคราะห์ค่าวอเตอร์แอคทีวิตี้

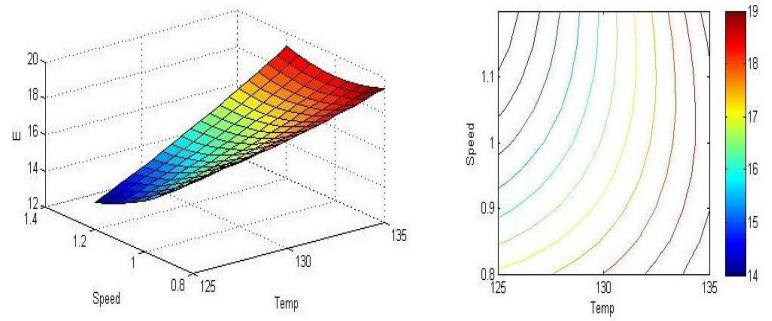
ค่าวอเตอร์แอคทีวิตี้ ของข้าวไรซ์เบอร์รี่ผงที่ผ่านการทำแห้งด้วยเครื่องทำแห้งแบบลูกกลิ้ง จากสภาวะการผลิตต่างๆ เมื่อนำมาสร้างความสัมพันธ์ทางคณิตศาสตร์ ซึ่งได้แก่ อุณหภูมิผิวลูกกลิ้ง (X_1) และความเร็วรอบการหมุนของลูกกลิ้ง (X_2) ความสัมพันธ์ที่ได้ แสดงดังตารางที่ 4 เมื่อนำผลความสัมพันธ์จากข้อมูลมาสร้างกราฟ แสดงดังภาพที่ 2 มีค่าวอเตอร์แอคทีวิตี้ของข้าวไรซ์เบอร์รี่ผงที่ได้ อยู่ในช่วง 0.27 - 0.31 ผลของอุณหภูมิผิวลูกกลิ้ง ผลของความเร็วรอบการหมุนของลูกกลิ้ง และผลของปัจจัยร่วมระหว่างอุณหภูมิผิวลูกกลิ้งและความเร็วรอบการหมุนของลูกกลิ้งเป็นปัจจัยที่มีผลต่อปริมาณน้ำอิสระ จากการศึกษาพบว่าค่าวอเตอร์แอคทีวิตี้ มีค่าลดลง เมื่ออุณหภูมิผิวลูกกลิ้งมีค่าเพิ่มสูงขึ้น และความเร็วรอบการหมุนของลูกกลิ้งมีค่าลดลง ผลการทดลองมีความสอดคล้องไปในทิศทางเดียวกับการทำการศึกษาการหาสภาวะที่เหมาะสมในการผลิตขนุนผงโดยวิธีการทำแห้งแบบลูกกลิ้ง (Chun *et al* , 2010)



ภาพที่ 2 ความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิผิวลูกกลิ้งและความเร็วรอบการหมุนของลูกกลิ้งที่มีผลต่อปริมาณน้ำอิสระข้าวของไรซ์เบอร์รี่ผง

2.3 ผลการวิเคราะห์ค่าความแตกต่างสีโดยรวม (ΔE)

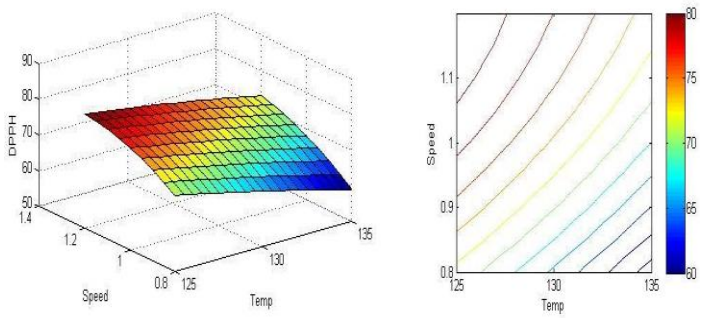
ค่าความแตกต่างสีโดย (ΔE) รวมของโจ๊กข้าวไรซ์เบอร์รี่ผงที่ผ่านการทำแห้งด้วยเครื่องทำแห้งแบบลูกกลิ้งจากสภาวะการผลิตต่างๆ เมื่อนำมาสร้างความสัมพันธ์ทางคณิตศาสตร์ ซึ่งได้แก่ อุณหภูมิลูกกลิ้ง (X_1) และความเร็วรอบการหมุนของลูกกลิ้ง (X_2) ความสัมพันธ์ที่ได้ แสดงดังตารางที่ 4 เมื่อนำผลความสัมพันธ์จากข้อมูลมาสร้างกราฟแสดงดังภาพที่ 3 มีค่าความแตกต่างสีโดยรวมของโจ๊กข้าวไรซ์เบอร์รี่ที่ได้ อยู่ในช่วง 13.45 – 19.51 ผลของอุณหภูมิผิวลูกกลิ้ง ผลของความเร็วรอบการหมุนของลูกกลิ้ง และผลของปัจจัยร่วมระหว่างอุณหภูมิผิวลูกกลิ้งและความเร็วรอบการหมุนของลูกกลิ้งเป็นปัจจัยที่มีผลต่อค่าความแตกต่างสีโดยรวม จากการศึกษาพบว่าโจ๊กข้าวไรซ์เบอร์รี่ผงมีค่าความแตกต่างสีโดยรวมสูงขึ้น เมื่อความเร็วรอบการหมุนของลูกกลิ้งลดลง และอุณหภูมิผิวลูกกลิ้งสูงขึ้น ทั้งนี้เนื่องจากความเร็วรอบการหมุนของลูกกลิ้งมีค่าน้อยและอุณหภูมิผิวลูกกลิ้งสูงมากขึ้น ทำให้ระยะเวลาที่ฟิล์มของโจ๊กข้าวไรซ์เบอร์รี่ผงสัมผัสอยู่กับลูกกลิ้งเป็นเวลานาน อาหารจึงถูกทำลายจากความร้อน ทำให้เกิดสีที่เปลี่ยนแปลงไปจากเดิม ซึ่งเป็นผลทำให้ข้าวไรซ์เบอร์รี่ผงมีค่าความแตกต่างสีโดยรวมสูงขึ้นตามไปด้วย



ภาพที่ 3 ความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิผิวลูกกลิ้งและความเร็วรอบการหมุนของลูกกลิ้งที่มีผลต่อความแตกต่างสีโดยรวมของข้าวไรซ์เบอร์รี่ผง

2.4 ผลการวิเคราะห์การต้านอนุมูลอิสระ DPPH

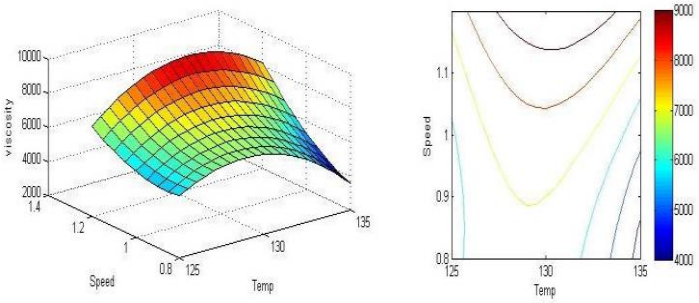
การต้านอนุมูลอิสระ DPPH ของโจ๊กข้าวไรซ์เบอร์รี่ผงที่ผ่านการทำแห้งด้วยเครื่องทำแห้งแบบลูกกลิ้ง จากสภาวะการผลิตต่างๆ เมื่อนำมาสร้างความสัมพันธ์ทางคณิตศาสตร์ ซึ่งได้แก่ อุณหภูมิลูกกลิ้ง (X_1) และความเร็วรอบการหมุนของลูกกลิ้ง (X_2) ความสัมพันธ์ที่ได้แสดงดังตารางที่ 4 เมื่อนำผลความสัมพันธ์จากข้อมูลมาสร้างกราฟ แสดงดังภาพที่ 4 มีฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระของโจ๊กข้าวไรซ์เบอร์รี่ที่ได้ อยู่ในช่วงร้อยละ 56.73 - 84.61 จากการทดลองพบว่า ค่าการต้านอนุมูลอิสระมีค่าลดลง เมื่อความเร็วรอบการหมุนของลูกกลิ้งมีค่าลดลงและอุณหภูมิผิวลูกกลิ้งเพิ่มขึ้น จากการศึกษานี้แสดง ให้เห็นว่าการให้อุณหภูมิและระยะเวลาในการให้ความร้อน ล้วนมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงปริมาณสารต้านอนุมูลอิสระ



ภาพที่ 4 ความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิผิวลูกกลิ้งและความเร็วรอบการหมุนของลูกกลิ้งที่มีผลต่อการต้านอนุมูลอิสระของข้าวไรซ์เบอร์รี่ผง

2.5 ผลการวิเคราะห์ความหนืด

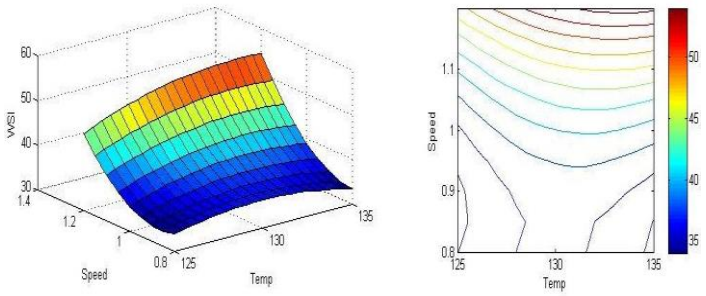
ความหนืดของโจ๊กข้าวไรซ์เบอร์รี่ผงที่ผ่านการทำแห้งด้วยเครื่องทำแห้งแบบลูกกลิ้ง จากสภาวะการผลิตต่างๆ เมื่อนำมาสร้างความสัมพันธ์ทางคณิตศาสตร์ ซึ่งได้แก่ อุณหภูมิผิวลูกกลิ้ง (X_1) และความเร็วรอบการหมุนของลูกกลิ้ง (X_2) ความสัมพันธ์ที่ได้ แสดงดัง ตารางที่ 4 เมื่อนำผลความสัมพันธ์จากข้อมูลมาสร้างกราฟ แสดงดังภาพที่ 5 มีค่าความหนืดของโจ๊กข้าวไรซ์เบอร์รี่ที่ได้ อยู่ในช่วง 3,119 – 8,398 เซนติพอยส์ ผลของอุณหภูมิผิวลูกกลิ้ง ผลของความเร็วรอบการหมุนของลูกกลิ้ง และผลของปัจจัยร่วมระหว่างอุณหภูมิผิวลูกกลิ้งและความเร็วรอบการหมุนของลูกกลิ้งเป็นปัจจัยที่มีผลต่อค่าความหนืด จากการศึกษาพบว่าข้าวไรซ์เบอร์รี่ผงมีความหนืดสูงขึ้น เมื่อความเร็วรอบการหมุนของลูกกลิ้งเพิ่มสูงขึ้น และอุณหภูมิผิวลูกกลิ้งลดลง ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยที่ศึกษาผลของอุณหภูมิอบแห้งที่มีต่อสมบัติเชิงกายภาพและลักษณะการไหลของโจ๊กผสมฟักทองกึ่งสำเร็จรูป (Soraya *et al*, 2011) พบว่า เมื่ออุณหภูมิผิวลูกกลิ้งสูงขึ้น ทำให้ค่าความหนืดของผลิตภัณฑ์มีค่าลดลง เนื่องจากเม็ดแป้งเมื่อได้รับความร้อนที่สูง จะส่งผลให้มีการเปลี่ยนแปลงสมบัติเชิงกายภาพและโครงสร้าง เมื่อนำผลิตภัณฑ์มาผ่านกระบวนการดูดกลืนน้ำกลับ เม็ดแป้งจึงมีความสามารถในการดูดกลืนน้ำได้น้อยลง



ภาพที่ 5 ความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิผิวลูกกลิ้งและความเร็วรอบการหมุนของลูกกลิ้งที่มีผลต่อความหนืดของข้าวไรซ์เบอร์รี่ผง

2.6 ผลการวิเคราะห์ดัชนีการละลายน้ำ (WSI)

ดัชนีการละลายน้ำของโจ๊กข้าวไรซ์เบอร์รี่ผง ที่ผ่านการทำแห้งด้วยเครื่องทำแห้งแบบลูกกลิ้ง จากสภาวะการผลิตต่างๆ เมื่อนำมาสร้างความสัมพันธ์ทางคณิตศาสตร์ ซึ่งได้แก่ อุณหภูมิลูกกลิ้ง (X_1) และความเร็วรอบการหมุนของลูกกลิ้ง (X_2) ความสัมพันธ์ที่ได้ แสดงดัง ตารางที่ 4 เมื่อนำผลความสัมพันธ์จากข้อมูลมาสร้างกราฟ แสดงดังภาพที่ 6 มีค่าดัชนีการละลายน้ำ ของข้าวไรซ์เบอร์รี่ผงที่ได้อยู่ในช่วง 33.2 -53.78 ผลของอุณหภูมิผิวลูกกลิ้ง ผลของความเร็วรอบการหมุนของลูกกลิ้ง และผลของปัจจัยร่วมระหว่างอุณหภูมิผิวลูกกลิ้งและความเร็วรอบการหมุนของลูกกลิ้งเป็นปัจจัยที่มีผลต่อค่าดัชนีการละลายน้ำ จากการศึกษาพบว่าดัชนีการละลายน้ำมีค่าสูง เมื่อความเร็วรอบการหมุนของลูกกลิ้งและอุณหภูมิมีค่าสูงขึ้น ซึ่งการใช้อุณหภูมิการทำแห้งที่สูง ทำให้ผลิภัณฑ์ผงมีลักษณะรูพรุนมากขึ้น ช่วยเพิ่มพื้นที่สัมผัสน้ำมากขึ้น การละลายจึงดีขึ้น (Vidovic *et al*, 2014 ; Fazaeli *et al*, 2012)

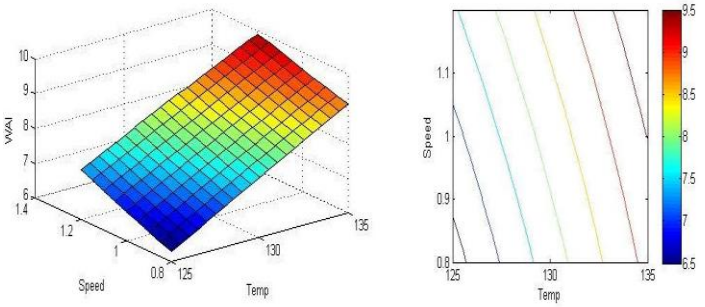


ภาพที่ 6 ความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิผิวลูกกลิ้งและความเร็วรอบการหมุนของลูกกลิ้งที่มีผลต่อดัชนีการละลายน้ำของข้าวไรซ์เบอร์รี่ผง

2.7 ผลการวิเคราะห์ดัชนีการดูดซับน้ำ (WAI)

ดัชนีการดูดซับน้ำของข้าวไรซ์เบอร์รี่ผงที่ผ่านการทำแห้งด้วยเครื่องทำแห้งแบบลูกกลิ้ง จากสภาวะการผลิตต่างๆ เมื่อนำมาสร้างความสัมพันธ์ทางคณิตศาสตร์ ซึ่งได้แก่ อุณหภูมิลูกกลิ้ง (X_1) และความเร็วรอบการหมุนของลูกกลิ้ง (X_2) ความสัมพันธ์ที่ได้ แสดงดัง ตารางที่ 4 เมื่อนำผลความสัมพันธ์จากข้อมูลมาสร้างกราฟ แสดงดังภาพที่ 7 มีค่าดัชนีการดูด

ซับน้ำ ของข้าวไรซ์เบอร์รี่ผงที่ได้อยู่ในช่วง 6.29-9.90 ผลของอุณหภูมิผิวลูกกลิ้ง ผลของความเร็วรอบการหมุนของลูกกลิ้ง และผลของปัจจัยร่วมระหว่างอุณหภูมิผิวลูกกลิ้ง และความเร็วรอบการหมุนของลูกกลิ้งเป็นปัจจัยที่มีผลต่อค่าดัชนีการดูดซับน้ำจากการศึกษาพบว่าค่าดัชนีการดูดซับน้ำของข้าวไรซ์เบอร์รี่ผงมีค่าเพิ่มขึ้น เมื่อความเร็วรอบการหมุนของลูกกลิ้งและอุณหภูมิผิวลูกกลิ้งสูงขึ้น ทั้งนี้อาจเกิดเนื่องจากข้าวไรซ์เบอร์รี่มีคาร์โบไฮเดรตเป็นองค์ประกอบ เมื่อโดนความร้อนที่อุณหภูมิสูงจึงทำให้พันธะไฮโดรเจนระหว่างโมเลกุลของแป้งถูกทำลายสามารถดักจับน้ำได้มากขึ้นส่งผลให้แป้งโจ๊กข้าวไรซ์เบอร์รี่ดูดซับน้ำได้ดี ซึ่งสอดคลองกับงานวิจัยของ Dararat (2011) ได้ทำการศึกษาการปรับปรุงคุณภาพของแป้งเมล็ดขนุนโดยวิธีการพรีเจลาทิไนซ์ โดยพบว่าเมื่อทำการเพิ่มอุณหภูมิผิวลูกกลิ้งและความเร็วรอบการหมุนของลูกกลิ้งมีผลทำให้ดัชนีการซับน้ำเพิ่มขึ้น



ภาพที่ 7 ความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิผิวลูกกลิ้งและความเร็วรอบการหมุนของลูกกลิ้งที่มีผลต่อดัชนีการดูดซับน้ำของข้าวไรซ์เบอร์รี่ผง

2.8 ผลการวิเคราะห์สภาวะที่เหมาะสม (optimum condition)

ผลการทดลองที่นำมาวิเคราะห์พื้นผิวตอบสนอง (response surface analysis, RSM) และอาศัยสมการโพลิโนเมียลอันดับสอง (second-order polynomial) สามารถนำมาใช้ในการอธิบายความสัมพันธ์ของค่าตัวแปรที่ศึกษา เพื่อพิจารณาคุณสมบัติของผลิตภัณฑ์โจ๊กข้าวไรซ์เบอร์รี่กึ่งสำเร็จรูป ให้ได้ตามต้องการ โดยเลือกใช้เกณฑ์ในการพิจารณา ดังนี้ปริมาณความชื้นไม่เกินร้อยละ 7 (TIS 315/2005) ปริมาณน้ำอิสระ ไม่เกินร้อยละ 0.6 (Pornchaloempong & Rattanapanone, 2010) การต้านอนุมูลอิสระ DPPH มีค่าสูง ดัชนีการละลายน้ำ (WSI) และดัชนีการดูดซับน้ำ (WAI) มีค่าสูง และค่าความแตกต่างสีโดยรวมมีค่าต่ำ พบว่าสภาวะที่เหมาะสมในการผลิตโจ๊กข้าวไรซ์เบอร์รี่ด้วยเครื่องทำแห้งแบบลูกกลิ้ง คือ อุณหภูมิผิวลูกกลิ้ง ที่ 129 องศาเซลเซียส ความเร็วรอบการหมุนของลูกกลิ้ง ที่ 1 รอบต่อนาที

3. การพัฒนาสูตรผลิตภัณฑ์โจ๊กข้าวไรซ์เบอร์รี่กึ่งสำเร็จรูป

ทำการผลิตโจ๊กข้าวไรซ์เบอร์รี่โดยผสมข้าวไรซ์เบอร์รี่ผงกับวัตถุดิบที่ผ่านการทำแห้ง ทั้ง 3 สิ่งทดลอง นำไปทดสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัสโดยทำการทดสอบกับกลุ่มผู้บริโภคจำนวน 30 คน โดยวิธี 9 - point hedonic scale ในด้านคุณลักษณะปรากฏ สี กลิ่นข้าวไรซ์เบอร์รี่ รสชาติ ลักษณะเนื้อสัมผัส และความชอบโดยรวม แสดงดังตารางที่ 5

ตารางที่ 5 **ผลการวิเคราะห์คุณภาพลักษณะทางประสาทสัมผัสที่ได้จากผู้บริโภคของโจ๊กข้าวไรซ์เบอร์รี่ทั้ง 3 สิ่งทดลอง**

สิ่งทดลอง	คุณลักษณะด้านประสาทสัมผัส (คะแนน)					
	ลักษณะปรากฏ^{ns}	สี ^{ns}	กลิ่นข้าวไรซ์เบอร์รี่	รสชาติ	ลักษณะเนื้อสัมผัส	ความชอบโดยรวม
1	7.27 ± 1.41	7.40 ± 1.25	7.57^{b} ± 1.17	7.40^{b} ± 1.59	7.30^{b} ± 1.64	7.70^{b} ± 1.06
2	6.80 ± 1.52	7.13 ± 1.31	6.63^{a} ± 1.16	5.30^{a} ± 1.44	5.90^{a} ± 1.29	6.07^{a} ± 1.48
3	6.93 ± 1.48	7.07 ± 1.28	6.33^{a} ± 1.49	5.50^{a} ± 1.61	6.00^{a} ± 1.70	6.23^{a} ± 1.45

หมายเหตุ: a-c หมายถึง ในแนวตั้งเดียวกันกำกับต่างกันแสดงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

ns หมายถึง ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$)

ข้อมูลในตารางแสดงเป็นค่าเฉลี่ย ± ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

จากตารางที่ 5 ผลการวิเคราะห์คุณภาพลักษณะทางประสาทสัมผัสที่ได้จากผู้บริโภค โจ๊กข้าวไรซ์เบอร์รี่ที่นำมาคัดเลือกเป็นสูตรที่ได้รับคะแนนชอบจากผู้บริโภค พบว่าคุณลักษณะด้านลักษณะปรากฏ และสีของโจ๊กข้าวไรซ์เบอร์รี่ทั้ง 3 สิ่งการทดลอง โดยสิ่งทดลองที่ 1, 2 และ 3 ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) คุณลักษณะด้านกลิ่นข้าวไรซ์เบอร์รี่ของโจ๊กข้าวไรซ์เบอร์รี่ทั้ง 3 สิ่งการทดลอง โดยสิ่งทดลองที่ 2 และ 3 ไม่มีค่าแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) แต่แตกต่างจากสิ่งทดลองที่ 1 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) ซึ่งทุกสิ่งการทดลองมีคะแนนความชอบอยู่ในช่วง 6.33- 7.57 คะแนน โดยสิ่งการทดลองที่ 1 ผู้บริโภคให้คะแนนความชอบมากที่สุด มีค่าเท่ากับ 7.57 ± 1.17 คะแนน หมายถึง ชอบปานกลาง คุณลักษณะรสชาติของโจ๊กข้าวไรซ์เบอร์รี่ทั้ง 3 สิ่งการทดลอง โดยสิ่งทดลองที่ 2 และและ 3 ไม่มีค่าแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) แต่แตกต่างจากสิ่งทดลองที่ 1 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) ซึ่งทุกสิ่งการทดลองมีคะแนนความชอบอยู่ในช่วง 5.30 -7.40 คะแนน โดยสิ่งทดลองที่ 1 ผู้บริโภคให้คะแนนความชอบมากที่สุด มีค่าเท่ากับ 7.40 ± 1.59 คะแนน คุณลักษณะเนื้อสัมผัสของโจ๊กข้าวไรซ์เบอร์รี่ ทั้ง 3 สิ่งการทดลอง โดยสิ่งทดลองที่ 2 และ 3 ไม่มีค่าแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) แต่แตกต่างจากสิ่งทดลองที่ 1 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) ซึ่งสิ่งทดลองมีคะแนนความชอบอยู่ในช่วง 5.90 -7.30 คะแนน สิ่งทดลองที่ 1 ผู้บริโภคให้คะแนนความชอบมากที่สุด มีค่าเท่ากับ 7.30 ± 1.64 คะแนน คุณลักษณะความชอบโดยรวมของโจ๊กข้าวไรซ์เบอร์รี่ ทั้ง 3 สิ่งการทดลอง โดยสิ่งทดลองที่ 2 และ 3 ไม่มีค่าแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) แต่แตกต่างจากสิ่งทดลองที่ 1 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) ซึ่งสิ่งทดลองมีคะแนนความชอบอยู่ในช่วง 6.07 - 7.70 คะแนน สิ่งทดลองที่ 1 ผู้บริโภคให้คะแนนความชอบมากที่สุดมีค่าเท่ากับ 7.70 ± 1.06 คะแนน

การคัดเลือกสูตรของโจ๊กข้าวไรซ์เบอร์รี่ทั้ง 3 สิ่งทดลอง โดยสิ่งทดลองที่ 1ได้รับการยอมรับจากผู้บริโภคมากที่สุด จากการวิเคราะห์คุณภาพทางประสาทสัมผัส คือ ข้าวไรซ์เบอร์รี่ร้อยละ 70 เนื้อออกไก่ร้อยละ 10 แครอทร้อยละ 5 ข้าวโพดหวานร้อยละ 5 ต้นหอมร้อยละ 0.5 ขิงร้อยละ 0.5 ผงปรุงรสไก่ร้อยละ 4 เกลือร้อยละ 2.5 น้ำตาลร้อยละ 2 และพริกไทย 0.5 ตามลำดับ ซึ่งเป็นสิ่งทดลองที่ผู้บริโภคยอมรับมากที่สุดเพื่อนำมาศึกษาผลิตภัณฑ์สุดท้ายของผลิตภัณฑ์โจ๊กข้าวไรซ์เบอร์รี่กึ่งสำเร็จรูป

4. ผลการศึกษาคุณภาพผลิตภัณฑ์สุดท้ายของผลิตภัณฑ์โจ๊กข้าวไรซ์เบอร์รี่กึ่งสำเร็จรูป

หาค่าความชื้น ไขมัน โปรตีน เถ้า เส้นใย คาร์โบไฮเดรต และพลังงาน ตามวิธี AOAC (2000) โดยนำผลิตภัณฑ์โจ๊กข้าวไรซ์เบอร์รี่กึ่งสำเร็จรูป ที่ผู้บริโภคยอมรับมาทำการศึกษาคุณภาพด้านเคมี แสดงดังตารางที่ 6

ตารางที่ 6 **ผลการศึกษาคุณภาพทางเคมี ของผลิตภัณฑ์โจ๊กข้าวไรซ์เบอร์รี่กึ่งสำเร็จรูป**

คุณภาพทางเคมี	**ปริมาณ (ร้อยละ)**
ความชื้น	4.61 ± 0.01
ไขมัน	2.17 ± 0.01
โปรตีน	13.53 ± 0.30
เถ้า	2.83 ± 0.02
เส้นใย	7.54 ± 0.11
คาร์โบไฮเดรต	69.32 ± 0.04
พลังงาน (กิโลแคลอรี่ต่อ 100 กรัม)	394 ± 0.41

จากตารางที่ 6 ผลการศึกษาคุณภาพทางเคมีของผลิตภัณฑ์โจ๊กข้าวไรซ์เบอร์รี่กึ่งสำเร็จรูป เมื่อนำผลิตภัณฑ์โจ๊กข้าวไรซ์เบอร์รี่กึ่งสำเร็จรูปมาวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมี พบว่า ความชื้น ไขมัน โปรตีน เถ้า เส้นใย คาร์โบไฮเดรต และพลังงาน เท่ากับ ร้อยละ 4.61, 2.17, 13.53, 7.54, 69.32 และ 394 กิโลแคลอรี่ ตามลำดับ ซึ่งจากการทดลองพบว่าความชื้น และปริมาณโปรตีน อยู่ในเกณฑ์มาตรฐานอุตสาหกรรมผลิตภัณฑ์โจ๊กกึ่งสำเร็จรูป กำหนดไว้ว่าความชื้น ต้องไม่เกินร้อยละ 7 และโปรตีนต้องไม่น้อยกว่าร้อยละ 8 โดยน้ำหนัก

สรุปผลการวิจัย

จากการศึกษาพัฒนาโจ๊กข้าวไรซ์เบอร์รี่กึ่งสำเร็จรูป พบว่าอัตราส่วนที่เหมาะสมของข้าวไรซ์เบอร์รี่ต่อน้ำในการผลิตโจ๊กข้าวไรซ์เบอร์รี่ คือ 1:11 จากนั้นศึกษาสภาวะที่เหมาะสมในการทำแห้งแบบลูกกลิ้งของผลิตภัณฑ์ พบว่าสภาวะที่เหมาะสมที่สุด คือ อุณหภูมิผิวลูกกลิ้ง 129 องศาเซลเซียส ความเร็วรอบรอบการหมุนของลูกกลิ้งที่ 1 รอบต่อนาที โดยการเพิ่มอุณหภูมิผิวลูกกลิ้งมีผลทำให้ปริมาณความชื้น ค่าวอเตอร์แอคทีวิตี้ การต้านอนุมูลอิสระ ความหนืด และดัชนีการละลายน้ำ มีค่าลดลง และค่าความแตกต่างสีโดยรวม และดัชนีการดูดซับน้ำมีค่าเพิ่มขึ้น และการเพิ่มความเร็วรอบรอบการหมุนของลูกกลิ้ง ทำให้ปริมาณความชื้น ค่าวอเตอร์แอคทีวิตี้ การต้านอนุมูลอิสระ ความหนืด ดัชนีการละลายน้ำ และดัชนีการดูดซับน้ำมีค่าเพิ่มขึ้น และการพัฒนาสูตรโจ๊กข้าวไรซ์เบอร์รี่กึ่งสำเร็จรูป โดยสูตรที่ได้รับการยอมรับจากผู้บริโภคมากที่สุด คือ ข้าวไรซ์เบอร์รี่ เนื้อออกไก่ แครอท ข้าวโพดหวาน ต้นหอม ขิง ผงปรุงรสไก่ เกลือ น้ำตาลทราย และพริกไทย ร้อยละ 70, 15, 5, 5, 0.5, 0.5, 4, 2.5, 2 และ 0.5 ตามลำดับ และคุณภาพผลิตภัณฑ์สุดท้ายและการยอมรับของโจ๊กข้าวไรซ์เบอร์รี่กึ่งสำเร็จรูป โดยผลการศึกษาคุณภาพทางเคมี ปริมาณความชื้น ไขมัน โปรตีน เถ้า เส้นใย คาร์โบไฮเดรต และพลังงานเท่ากับร้อยละ 4.61, 2.17, 13.53, 2.83, 7.54, 69.32 และ 394 กิโลแคลอรี่

เอกสารอ้างอิง

Anderson, R. A., Conway, H. F., Pfeifer, V. F., & Griffin, E. L. (1969). Gelatinization of corn grits by roll and extrusion cooking. *Cereal Science Today*, *14*(1), 4-11.

Anprung, P.(2008). The principles of sensory simulation for food, Bangkok: Chulalongkorn university printing house. (in Thai)

Association of Official Analytical Chemists (AOAC). (2000). Official Method of Analysis, Association of Official Analytical Chemists, Arlington.

Chun, K.P., Nazimied, S.A., Hamid, Chin, P.T., Hamed, M.R., Rahman, & Russky R. (2010). Optimization of drum drying processing parameters for producting of jackfruit (Artocarpusheterophyiius) powder using response surface methodology.*Journal of Food science and technology*, *43*(2), 343- 349.

Fazaeli, M., Emam-Djomeh, Z. Ashtari, A.K. and Omid, M. 2012. Effect of spray drying conditions and feed composition on the physical properties of black mulberry juice powder. *Food and Bioproducts Processing*, *90*(4), 667-675.

Fellow, P.J. (1990). Food Processing Technology: Principal and Practice. 2nd edition, Washington DC: Woodhead publishing limited

Kerdpiboon, S., Puttongsiri, T. & Devahastin, S. (2011). Effect of drying temperature on physical property and flow characteristics of instant porridge. *Agricultural Science Journal*, *42*(2), 445-448. (in Thai)

Ministry of industry. (2005). Thai Industrials Standards Institute. Instant rice porridge. TISs 315/2005. Bangkok. 7p. (in Thai).

Narklaor,D., Sangnark, A. & Limroongreungrat, K.(2011).Improvement in quality of jackfruit seed flour by pregelatinization. *Burapha Science Journal*,*16*(1), 12-21

Pornchaloempong, P. & Rattanapanone, N. (2010). Water activity.Retrieved September 20,2017, from http://www.foodnetworksolution.com/wiki/word/0551/water-activity. (in Thai)

Potter, N.N. & Hotchkiss, J.H. (1968). Food Dehydrate and Concentration. Boston: Springer.

Kerdpiboon, S., Puttongsiri, T. & Devahastin, S. (2011). Effect of drying temperature on physical property and flow characteristic of instant porridge. *Agricultural Science Journal, 42*(2), 445-448.

Tanatip, C. & Kunasakdakul, K. (2018). Paper type bioproduct of endophytic actinomycetes for controlling bakanae disease of riceberry rice in seeding stage. *Journal of Agriculture, 34*(1), 67-75. (in Thai)

Teangpook, C. Sutjaritvongsanond, K., Yaieiam, S. &Peerapornpisal, Y. (2005). Development of instant Cladophora algae porridge rice. Proceedings of 43rd Kasetsart university annual conference: Animals, Agro-Industry. (pp. 551-556). Bangkok:The Thai research fund. (in Thai)

Vidovic, S.S., Vladic, J.Z., Vastag,Z.G., Zekovic, Z.P. and Popovic, L.M. 2014. Maltodextrin as a carrier of health benefit compounds in Satureja montana dry powder extract obtained by spray drying technique. *Powder Technology, 258*, 209-215.

Wang, Q., Han, P., Zhang, M., Xia, M., Zhu, H., Hou, M., Tang, Z. &. Ling, W. (2013). Supplementation of black rice pigment fraction improves antioxidant and antiinflammatory status in patients with coronary heart disease. *Asia Pacific Journal of Clinical Nutrition, 16*(1), 295-301.

Wanmontre, B., Treamnak, T. & Chitkuson, P. (2013). Effect of drying method on instant brown rice porridge by drum dryer. The 14th TSAE National Conference and the 6th TSAE international conference: TSAE 2013: (pp. 520-523). (in Thai)

Wiriyacharee, P.,Srisakul, T. & Sriwattana, S. (1996). Optimal drying time for intermediate moisture persimmon production. *Journal of Agriculture, 12*(2),175-186. (in Thai)