การศึกษาอิทธิพลของส่วนผสมต่อคุณภาพของผลิตภัณฑ์เยลลี่จากผงน้ำนมข้าวกล้องงอกด้วยวิธีพื้นผิวตอบสนอง

The Study on the Effect of Ingredients on Quality of Jelly Product from Germinated Brown Rice Powder by Using Respond Surface Method

ศุรัฐนันท์ คงวรรณ* ศรีเวียง ทิพกานนนท์ จิรัชฌา ศุภชูชัย และ ภาณุสรณ์ ชูสุข

Surathanan Kongwan,* Sriwiang Tipkanon, Jiratcha Supachuchai and Panusorn Chusuk

ภาควิชานวัตกรรมและเทคโนโลยีการพัฒนาผลิตภัณฑ์ คณะอุตสาหกรรมเกษตร

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ วิทยาเขตปราจีนบุรี

Department of Innovation and Product Development Technology, Faculty of Agro-industry,

King Mongkut's University of Technology North Bangkok Prachinburi Campus

Received : 4 October 2016

Accepted : 27 February 2017

Published online : 3 March 2017

บทคัดย่อ

จากการศึกษาอิทธิพลของส่วนผสมในการพัฒนาผลิตภัณฑ์เยลลี่จากผงน้ำนมข้าวกล้องงอกด้วยวิธีพื้นผิวตอบสนอง พบว่า ผงน้ำนมข้าวกล้องงอกมีปริมาณผลผลิต ร้อยละ 69.07 มีค่าความสว่าง (*L**) ค่าสีแดง (*a**) และ ค่าสีเหลือง (*b**) เท่ากับ 94.80, -0.14 และ 1.57 ตามลำดับ ความชื้น ร้อยละ 5.70 และปริมาณน้ำอิสระ เท่ากับ 0.25 ค่าการดูดซับน้ำ เท่ากับ 0.80 ค่าการละลายน้ำ เท่ากับ ร้อยละ 57.02 และจากการศึกษาอิทธิพลของส่วนผสมระหว่างผงน้ำนมข้าวกล้องงอก ผงเจลาติน และปริมาณน้ำ พบว่าผลิตภัณฑ์มีค่าความสว่างเพิ่มขึ้นเมื่อมีส่วนผสมของผงน้ำนมข้าวกล้องงอกและปริมาณน้ำเพิ่มมากขึ้นคุณภาพด้านเนื้อสัมผัสพบว่าเจลาตินเป็นปัจจัยสำคัญที่ส่งผลต่อค่าความแข็ง ค่าความสามารถในการเคี้ยว และค่าความยืดหยุ่น จากคุณภาพด้านสีและคุณภาพด้านเนื้อสัมผัสซึ่งส่งผลต่อคุณภาพทางประสาทสัมผัสเมื่อประเมินโดยผู้บริโภค โดยพบว่าผู้บริโภคมีความชอบในผลิตภัณฑ์ที่มีความสว่าง และคะแนนความชอบทางด้านกลิ่นรส ด้านเนื้อสัมผัส และด้านความชอบโดยรวม โดยพบว่าระดับคะแนนจะเพิ่มสูงขึ้นเมื่อเพิ่มปริมาณน้ำในสูตร ดังนั้นในการพัฒนาผลิตภัณฑ์เพื่อให้มีคุณภาพเป็นที่ยอมรับของผู้บริโภคควรมีปริมาณส่วนผสมของผงน้ำนมข้าวกล้องงอก อยู่ระหว่าง ร้อยละ 10-12.5 ผงเจลาติน อยู่ระหว่าง ร้อยละ 5-5.83 และปริมาณน้ำ อยู่ระหว่าง ร้อยละ 82.5 - 85.0

คำสำคัญ: ข้าวกล้องงอก ผงน้ำนมข้าวกล้องงอก ผลิตภัณฑ์เยลลี่ พื้นที่ผิวตอบสนอง

***Corresponding author. E-mail address**: Surathanan.K@agro.kmutnb.ac.th

Abstract

The study on the effect of ingredients for developing jelly product from germinated brown rice powder (GBRP) by using respond surface method. The result showed that the GBRP was 69.07 % of yield, bright-lightness color contained *L*, a** and *b** value were 94.80, -0.14 and 1.57. It was 5.70 % of moisture content and 0.25 of water activity. Water absorption index and water solubility index of the GBRP were 0.80 and 57.02%. Influence of ingredients between the GBRP, gelatin and water content were found that increasing of GBRP and water contents were affected on color brightness of product. The gelatin was important factor on hardness, chewiness and springiness. The color and texture were affected on sensory evaluation. Consumers seemed to increase their liking score of product brightness and sensory attributes (flavor, texture and overall liking) when increasing water content. The optimal formulation of jelly product from GBRP to consumer acceptance should consisted of 10-12.5% of GBRP, 5-5.83% of and 82.5-85.0% of water.

Keyword: germinated brown rice, germinated brown rice powder, jelly product, response surface method

บทนำ

ข้าวเป็นสินค้าทางการเกษตรที่สำคัญและเป็นอาหารหลักของประชากรทั้งในและต่างประเทศซึ่งคุณค่าทางโภชนาการหลักที่ได้รับจากข้าว คือ คาร์โบไฮเดรต และในปัจจุบันผู้บริโภคส่วนใหญ่ให้ความสนใจในเรื่องอาหารบำรุงสุขภาพที่มาจากธรรมชาติมากขึ้น ผู้บริโภคจึงนิยมหันมาบริโภคข้าวกล้องแทนข้าวขาวขัดสี และนอกจากข้าวกล้องแล้วนั้น ข้าวกล้องงอกซึ่งได้จากการนำเมล็ดข้าวกล้องมางอกจนมีความยาวประมาณ 1 มิลลิเมตร หรือมากกว่า (Chug *et al.,* 2009) จะสามารถเพิ่มคุณประโยชน์ให้กับข้าวได้เป็นอย่างมาก เนื่องจากข้าวกล้องงอกจะมีปริมาณสารอาหารที่เพิ่มขึ้นจากข้าวกล้องปกติโดยเฉพาะสาร GABA ซึ่งเป็นสารสื่อประสาทและช่วยควบคุมความดันโลหิต (Komatsuzaki *et al.,* 2007) นอกจากนี้ยังมีสารอาหารอื่น เช่น สารออริซานอล โพแทสเซียมและสังกะสี ดังนั้นการเพิ่มคุณประโยชน์ให้กับผลิตภัณฑ์โดยการนำข้าวกล้องงอกมาประยุกต์เป็นวัตถุดิบจะทำให้ได้ผลิตภัณฑ์ที่มีคุณค่าทางอาหารเพิ่มขึ้น ซึ่งสอดคล้องกับแนวทางการบริโภคของผู้บริโภคในปัจจุบันที่ใส่ใจสุขภาพ

เยลลี่ จัดเป็นอาหารว่าง (Dessert Jelly) ที่มีลักษณะเนื้อสัมผัสนุ่ม สามารถผลิตจากผลไม้ ผัก ธัญชาติ หรือสมุนไพร ผสมกับสารที่ทำให้เกิดเจล เช่น เจลาติน คาราจีแนน ผงบุก มีการเติมน้ำตาล กรดซิตริก สีผสมอาหาร และสารปรุงแต่งกลิ่นรส (TCPS Number 519/2004) แต่ทั้งนี้พบว่าผลิตภัณฑ์เยลลี่ที่จำหน่ายในท้องตลาดส่วนใหญ่จะผลิตจากน้ำผลไม้สังเคราะห์ และมีการเติมแต่งรสชาติ อีกทั้งยังขาดในเรื่องของคุณประโยชน์ที่มีในตัวผลิตภัณฑ์ ดังนั้นจึงมีการเพิ่มคุณประโยชน์ให้กับผลิตภัณฑ์ อาทิเช่น การนำผัก หรือผลไม้ที่มีประโยชน์มาใช้เป็นวัตถุดิบ และหนึ่งในนั้นคือ การนำข้าวกล้องงอกมาใช้เป็นวัตถุดิบในการผลิตเยลลี่ แต่จะเป็นการนำน้ำนมข้าวกล้องงอกมาใช้ร่วมกับสารที่ทำให้เกิดเจลเพื่อเกิดเป็นผลิตภัณฑ์ แต่ทั้งนี้พบว่าการผลิตในรูปแบบเดิมมีข้อจำกัดในเรื่องของอายุการเก็บ ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงทำการพัฒนาสูตรเยลลี่โดยการนำน้ำนมข้าวกล้องงอกมาผลิตให้อยู่ในรูปแบบผงน้ำนมข้าวกล้องงอก และนำผงน้ำนมข้าวกล้องงอกที่ได้ไปใช้เป็นวัตถุดิบเพื่อเป็นแนวทางในการผลิตเป็นผลิตภัณฑ์เยลลี่กึ่งสำเร็จรูป และเพื่อให้การพัฒนาผลิตภัณฑ์เยลลี่จากผงน้ำนมข้าวกล้องงอกที่มีคุณภาพและเป็นที่ยอมรับของผู้บริโภคจึงสนใจศึกษาอิทธิพลของส่วนผสมระหว่างผงน้ำนมข้าวกล้องงอก เจลาติน และน้ำ ด้วยวิธีพื้นผิวตอบสนอง (Respond Surface Method) เพื่ออธิบายอิทธิพลของปัจจัยส่วนผสมที่มีผลต่อคุณภาพของผลิตภัณฑ์

วิธีดำเนินการวิจัย

อุปกรณ์และวิธีทดลอง

1. การเตรียมวัตถุดิบผงน้ำนมข้าวกล้องงอก

นำเมล็ดข้าวกล้องพันธุ์ขาวบ้านนา 432 มาเพิ่มปริมาณสารอาหารโดยการแช่ในสารละลายแคลเซียมคลอไรด์ ความเข้มข้น 1.0 มิลลิโมลาร์ ร่วมกับสารละลายบัฟเฟอร์ซิเตรทพีเอช 5 ในอัตราส่วนข้าวกล้องต่อสารละลาย เท่ากับ 1: 3 โดยน้ำหนัก เป็นเวลา 48 ชั่วโมง และนำมาผลิตเป็นน้ำนมข้าวกล้องงอก วิธีการโดยนำข้าวกล้องงอกผสมกับน้ำเปล่าในอัตราส่วน 1: 12 โดยน้ำหนัก ปั่นด้วยเครื่องปั่น ยี่ห้อ Philips รุ่น EM-44A เป็นเวลา 3 นาที และกรองด้วยผ้าขาวบาง (ดัดแปลงวิธีการจาก BRRD, 2009) จากนั้นนำมาผลิตเป็นผงด้วยกระบวนการทำแห้งแบบพ่นฝอย ด้วยเครื่อง Spray dry ยี่ห้อ Labplant รุ่น SD-06 มีปริมาณมอลโตเดกซ์ตริน ร้อยละ 15 กำหนดอุณหภูมิลมขาเข้า 130 องศาเซลเซียส และนำผงน้ำนมข้าวกล้องงอกบรรจุในถุงพลาสติกชนิดโพลิโพรพิลิน เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4$\pm$2 องศาเซลเซียส เตรียมสำหรับการตรวจสอบคุณภาพเพื่อนำไปใช้เป็นวัตถุดิบต่อไป

2. การวิเคราะห์คุณภาพของผงน้ำนมข้าวกล้องงอก

2.1 คุณภาพทางกายภาพ ได้แก่

1) ค่าสีระบบ CIE L^* a^* b^* โดยเครื่องวัดสี Hunter Lab รุ่น Color Flex EZ โดยรายงานค่าความสว่าง (L^*) ค่าสีเหลือง (b^*) และค่าสีแดง (a^*) วัดตัวอย่างละ 3 ซ้ำ

2) ปริมาณผลผลิตสุทธิ (% Yield) จากกระบวนการผลิต โดยวิธีการคำนวณ ดังนี้

$$\% \text{ Yield} = (\text{น้ำหนักที่ได้} / \text{น้ำหนักเริ่มต้น}) \times 100 \qquad \text{สูตรที่ (1)}$$

3) ปริมาณน้ำอิสระ (Water Activities, aw) ด้วยเครื่อง Aqua Lab รุ่น Series 3TE

4) ค่าการดูดซับน้ำและค่าการละลายน้ำ ดัดแปลงวิธีการจาก Anderson (1969) โดยชั่งตัวอย่าง 2.5 กรัม เติมน้ำปริมาณ 50 มิลลิลิตร ที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส ลงในหลอดหมุนเหวี่ยงที่มีฝาและทราบน้ำหนักแน่นอน เติมน้ำกลั่น 30 มิลลิลิตร ผสมให้เข้ากัน เป็นเวลา 30 นาที จากนั้นนำไปเข้าเครื่องหมุนเหวี่ยง ยี่ห้อ Boeco ที่ 2,200 รอบต่อนาที เป็นเวลา 15 นาที แยกส่วนใสและส่วนเจลออกจากกัน โดยนำเจลที่ได้ไปชั่งน้ำหนักเพื่อคำนวณค่าการดูดซับน้ำ ดังสูตรที่ (2) และนำส่วนใสไประเหยน้ำออกและอบแห้งที่อุณหภูมิ 105$\pm$2 องศาเซลเซียส จนได้น้ำหนักคงที่ แล้วชั่งน้ำหนักเพื่อคำนวณค่าการละลาย ดังสูตรที่ (3)

$$\text{ค่าการดูดซับน้ำ} = (\text{น้ำหนักเจล} / \text{น้ำหนักตัวอย่างแห้งเริ่มต้น}) \qquad \text{สูตรที่ (2)}$$

$$\text{ค่าการละลายน้ำ} = (\text{น้ำหนักตัวอย่างส่วนใส} / \text{น้ำหนักตัวอย่างแห้งเริ่มต้น}) \times 100 \qquad \text{สูตรที่ (3)}$$

2.2 คุณภาพทางเคมี คือ วัดปริมาณความชื้น โดยนำตัวอย่างที่ผ่านการบดละเอียด จำนวน 3 กรัม มาอบที่อุณหภูมิ 105$\pm$2 องศาเซลเซียส จนกว่าจะได้น้ำหนักที่คงที่และคำนวณความชื้นจากปริมาณน้ำที่หายไป รายงานในหน่วยร้อยละ ตามวิธีการของ AOAC (2000)

3. ศึกษาอิทธิพลของส่วนผสมต่อคุณภาพของผลิตภัณฑ์

ออกแบบการทดลองแบบ simplex axial design ในแผนการทดลองแบบผสม (Mixture Design) ระหว่างผงน้ำนมข้าวกล้องงอก (X_1) ผงเจลาติน (X_2) และปริมาณน้ำ (X_3) ต่อการขึ้นรูปเป็นผลิตภัณฑ์เยลลี่ โดยมีปริมาณผงน้ำนมข้าวกล้องงอก ร้อยละ 10-15 เจลาติน ร้อยละ 5-10 และน้ำเปล่า ร้อยละ 80-85 ทั้งหมด 10 สิ่งทดลอง ดังแสดงในตารางที่ 1 กำหนดให้แต่ละสูตรมีส่วนผสมของนมผงขาดมันเนย ร้อยละ 10 และน้ำตาลทราย ร้อยละ 5 ของปริมาณส่วนผสมทั้งหมด กรรมวิธีการผลิตเยลลี่ทำได้โดยผสมส่วนผสมในน้ำอุณหภูมิ 80 $\pm$ 2 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 1 นาที และเทใส่พิมพ์รูปถ้วยขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 1 นิ้ว และให้เยลลี่คงตัวในที่อุณหภูมิ 4$\pm$ 2 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 30 นาที

ตารางที่ 1 ตัวแปรและระดับของตัวแปรที่ศึกษาในผลิตภัณฑ์เยลลี่จากผงน้ำนมข้าวกล้องงอก

สิ่งทดลอง	รหัส			ปริมาณส่วนผสม (ร้อยละโดยน้ำหนัก)		
	X_1	X_2	X_3	ผงน้ำนมข้าวกล้องงอก	ผงเจลาติน	น้ำ
1	1	0	0	15	5	80
2	0	1	0	10	10	80
3	0	0	1	10	5	85
4	0.5	0.5	0	12.5	7.5	80
5	0.5	0	0.5	12.5	5	82.5
6	0	0.5	0.5	10	7.5	82.5
7	0.33	0.33	0.33	11.67	6.67	81.67
8	0.66	0.16	0.16	13.33	5.83	80.83
9	0.16	0.66	0.16	10.83	8.33	80.83
10	0.16	0.16	0.66	10.83	5.83	83.33

4. ตรวจสอบคุณภาพของผลิตภัณฑ์เยลลี่จากผงน้ำนมข้าวกล้องงอก

4.1 คุณภาพทางกายภาพ

วัดค่าสีระบบ CIE *L* a* b** โดยเครื่องวัดสี Hunter Lab โดยรายงานค่าความสว่าง (*L**) ค่าสีเหลือง (*b**) และค่าสีแดง (*a**) วัดตัวอย่างละ 3 ซ้ำ และวิเคราะห์คุณภาพด้านเนื้อสัมผัส ด้วยเครื่อง Texture Analyzer ยี่ห้อ TA-XT plus รุ่น TA-XT2 โดยใช้หัวกดแบบ Cylinder Probe P/0.5 R ใช้อัตราเร็วในการเคลื่อนที่ เท่ากับ 20 มิลลิเมตรต่อนาที ร้อยละที่ทำให้ตัวอย่างสูญเสีย เท่ากับ ร้อยละ 70 วัดตัวอย่างละ 10 ซ้ำ บันทึกค่าความแข็ง (Hardness, g) ความสามารถในการเกาะตัว (Cohesiveness) ค่าความยืดหยุ่น (Springiness) และค่าการเคี้ยว (Chewiness, gm) ดัดแปลงวิธีการวัดค่าจากวิธีการของ Lee *et al*.,(2010)

4.2 คุณภาพทางเคมี

วิเคราะห์ปริมาณความชื้น วัดตัวอย่างละ 3 ซ้ำ โดยนำตัวอย่างที่ผ่านการบดละเอียด จำนวน 3 กรัม มาอบที่อุณหภูมิ 105$\pm$2 องศาเซลเซียส จนกว่าจะได้น้ำหนักที่คงที่และคำนวณความชื้นจากปริมาณน้ำที่หายไป รายงานในหน่วยร้อยละ ตามวิธีการของ AOAC (2000)

4.3 คุณภาพทางประสาทสัมผัส

ประเมินด้วยวิธีการให้คะแนนความชอบ (9–Point Hedonic Scale) ในลักษณะทางประสาทสัมผัส ด้านสี กลิ่นรส เนื้อสัมผัส และความชอบโดยรวม โดยจัดสิ่งทดลองตามผังมาตรฐานแผนการทดลองแบบบล็อกไม่สมบูรณ์แบบสมดุล (Balance Incomplete Block Design: BIB, t=13, k=4, r=4, b=13, λ=1) (Oupadissakoon, 1994) ใช้ผู้ทดสอบที่ไม่ผ่านการฝึกฝนจำนวน 104 คน เพศหญิง จำนวน 52 คน และเพศชาย จำนวน 52 คน อายุระหว่าง 15-59 ปี จัดลำดับการเสิร์ฟตัวอย่างเพื่อให้มีความสมดุลผู้ทดสอบแต่ละคนจะทดสอบตัวอย่าง 4 สิ่งทดลอง แต่ละสิ่งทดลองจะถูกทดสอบ 32 ครั้ง

5. การวิเคราะห์ผลทางสถิติ

นำข้อมูลมาวิเคราะห์ความแปรปรวนด้วยโปรแกรมสำเร็จรูป SPSS for Windows Version 12.0 ทดสอบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) ด้วย Duncan's new multiple range test (DMRT) และวิเคราะห์ความสัมพันธ์ของปัจจัยด้วยวิธีพื้นผิวตอบสนอง (Respond Surface Methodology; RSM) ด้วยโปรแกรม Statistica Version 10.0

ผลและวิจารณ์ผลการวิจัย

1. คุณภาพของผงน้ำนมข้าวกล้องงอก

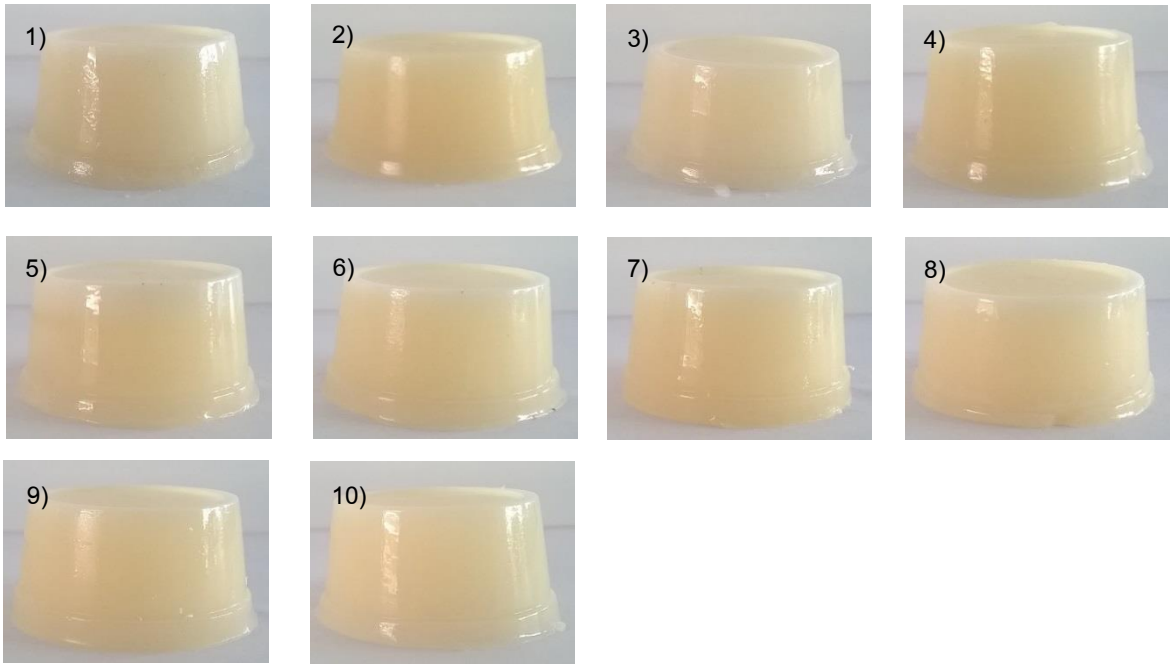
คุณภาพของผงน้ำนมข้าวกล้องงอกที่ผ่านกระบวนการทำแห้งแบบพ่นฝอย มีปริมาณผลผลิต เท่ากับ ร้อยละ 69.07 ปริมาณความชื้น ร้อยละ 5.70 และปริมาณน้ำอิสระ เท่ากับ 0.25 ค่าการดูดซับน้ำ เท่ากับ 0.80 และค่าการละลายน้ำ ร้อยละ 57.02 ตามลำดับ โดย Lopes *et al*., (2012) กล่าวว่า ทั้งค่าการดูดซับน้ำและค่าการละลายน้ำเป็นตัวแปรสำคัญในการทำนายพฤติกรรมของวัตถุดิบในกระบวนการผลิต โดยค่าการดูดซับน้ำสามารถใช้เป็นดัชนีชี้วัดระดับการเกิดเจลลาติไนเซชันที่ดีของผลิตภัณฑ์ได้ (Zhuang *et al.,* 2010) ส่วนค่าการละลายน้ำมีความสัมพันธ์กับระดับการแตกตัวของโมเลกุล (Degree of molecular damage) (Bryant *et al.,* 2001) คุณภาพด้านสีของผงน้ำนมข้าวกล้องงอก พบว่ามีค่าความสว่าง (L^*) เท่ากับ 94.80 ในขณะที่ค่าความเป็นสีแดง (a^*) เท่ากับ -0.14 และค่าความเป็นสีเหลือง (b^*) เท่ากับ 1.57 ทั้งนี้แสดงให้เห็นถึงสีของผงน้ำนมข้าวกล้องงอกมีสีขาว และมีลักษณะผงละเอียด แสดงดังภาพที่ 1

ภาพที่ 1 ผงน้ำนมข้าวกล้องกล้องที่ผ่านกระบวนการทำแห้งแบบพ่นฝอย

2. อิทธิพลของส่วนผสมต่อคุณภาพของผลิตภัณฑ์

เมื่อนำส่วนผสมระหว่างผงน้ำนมข้าวกล้อง ผงเจลาติน และน้ำ มาขึ้นรูปให้เป็นผลิตภัณฑ์เยลลี่ส่งผลให้ผลิตภัณฑ์มีลักษณะปรากฏ แสดงดังภาพที่ 2 โดยค่าความสว่าง (L^*) ของผลิตภัณฑ์ทั้ง 10 สิ่งทดลอง มีค่าอยู่ระหว่าง

68.97-76.08 ค่าความเป็นสีเหลือง (*b**) อยู่ระหว่าง 10.90 – 13.66 สำหรับค่าความเป็นสีแดง (*a**) อยู่ระหว่าง (-2.19)-(-2.77) ดังแสดงในตารางที่ 2 จากสมการทางคณิตศาสตร์ในตารางที่ 3 และแผนภาพพื้นผิวตอบสนองในภาพที่ 3 สามารถอธิบายความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยที่ศึกษากับค่าสีได้ โดยพบว่า ค่าความสว่าง (*L**) ของผลิตภัณฑ์จะมีความสัมพันธ์กับปริมาณของผงน้ำนมข้าวกล้องงอกและปริมาณน้ำที่เพิ่มมากขึ้น เนื่องจากผงน้ำนมข้าวกล้องงอกมีลักษณะเป็นผงสีขาว (ภาพที่ 1) และเมื่อละลายน้ำจะให้ลักษณะเป็นสารละลายใส ดังนั้นเมื่อเพิ่มปริมาณปริมาณผงน้ำนมข้าวกล้องงอกจึงส่งผลให้ค่าความสว่างมีค่าที่เพิ่มขึ้น โดยสูตรที่มีค่าความสว่าง (*L**) สูงที่สุด เท่ากับ 76.08 คือ สูตร 3 สำหรับค่าสีเหลือง (*b**) พบว่าจะมีความสัมพันธ์กับปริมาณเจลาตินที่เพิ่มสูงขึ้น ทั้งนี้เนื่องจากผงเจลาตินมีสีเหลือง ดังนั้นเมื่อเพิ่มปริมาณผงเจลาตินในขณะที่ปริมาณน้ำในสูตรลดลงจึงส่งผลให้ผลิตภัณฑ์มีสีเหลืองที่เพิ่มมากขึ้น ซึ่งสูตรที่มีความเป็นสีเหลือง (*b**) สูงที่สุด คือ สูตร 2 จากข้อมูลค่าสีข้างต้นจึงส่งผลให้ผลิตภัณฑ์ที่ได้มีลักษณะสีขาวเหลือง สำหรับค่าสีแดง พบว่าไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P>0.05)



ภาพที่ 2 ลักษณะปรากฏของผลิตภัณฑ์เยลลี่จากผงน้ำนมข้าวกล้องงอกที่แปรปริมาณผงน้ำนมข้าวกล้องงอก ผงเจลาติน และน้ำ (หมายเหตุ: หมายเลข 1)-10) หมายถึง สิ่งทดลองที่วางแผนการทดลองแบบผสม ตามรายละเอียดในตารางที่ 1)

ตารางที่ 2 คุณภาพด้านสีของผลิตภัณฑ์เยลลี่จากผงจากน้ำนมข้าวกล้องงอก

สิ่งทดลอง	ค่าสีเฉลี่ย± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน		
	*L**	*a ** ^{ns}	*b**
1	74.16±0.51^{b}	-2.65±0.04	11.56±0.39^{c}
2	68.97±0.39^{d}	-2.19±0.06	13.66±0.22^{a}
3	76.08±0.49^{a}	-2.88±0.07	10.90±0.27^{cd}
4	71.40±0.51^{b}	-2.24±0.05	12.54±0.22^{ab}
5	73.54±0.40^{b}	-2.60±0.01	12.06±0.07^{b}
6	70.53±0.31^{bc}	-2.49±0.07	12.78±0.09^{ab}
7	72.48±0.62^{b}	-2.57±0.05	12.48±0.19^{ab}
8	73.64±0.30^{b}	-2.49±0.03	12.55±0.15^{ab}
9	71.75±0.60^{b}	-2.46±0.08	12.72±0.22^{ab}
10	73.53±0.62^{b}	-2.77±0.02	11.89±0.15^{c}

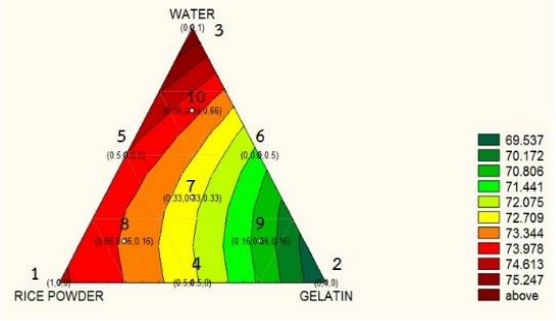
หมายเหตุ: ตัวอักษร a-c แสดงค่าเฉลี่ยของข้อมูลทั้งหมดที่มีตัวอักษรที่ต่างกันในแนวตั้ง หมายถึง มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) และ ns หมายถึง ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P > 0.05$)

ตารางที่ 3 สมการถดถอยและสหสัมพันธ์ในคุณลักษณะด้านสีของผลิตภัณฑ์

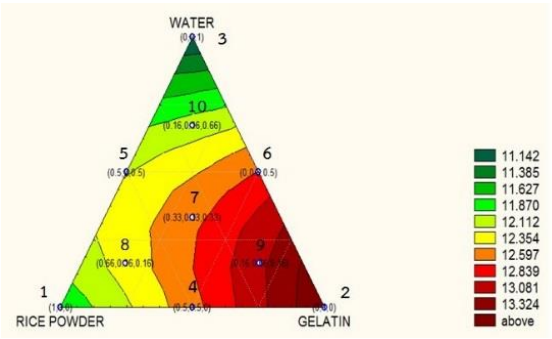
คุณลักษณะ	สมการถดถอย[a]	R^2
ค่าความสว่าง	$Y_1 = 74.102X_1+69.162X_2+75.888X_3 + 2.224X_1X_2 -4.159X_1X_3 - 5.349X_2X_3$	0.856
ค่าสีเหลือง	$Y_2 = 11.685X_1+13.567X_2 + 10.884X_3 – 0.424X_1X_2 +3.322X_1X_3 + 1.472X_2X_3$	0.817
ค่าสีแดง	$Y_3 = -2.617X_1-2.203X_2-2.580X_3+0.393X_1X_2 + 0.358X_1X_3 - 0.208X_2X_3$	0.857

[a] สมการถดถอย: $Y_i = \beta X_1+\beta X_2+\beta X_3+\beta X_1X_2+\beta X_1X_3+\beta X_2X_3$, $Y_{1\text{-}3}$ = คุณลักษณะด้านสี

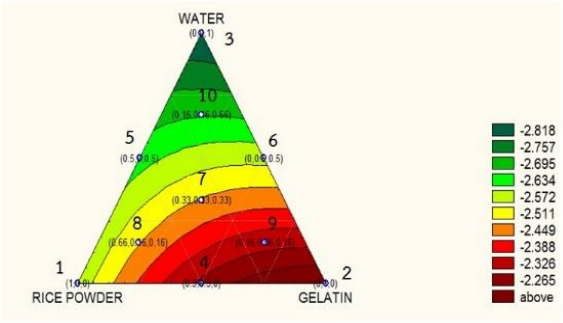
β = ค่าสัมประสิทธิ์ของตัวแปรในสมการถดถอย โดย X_1 = ปริมาณผงน้ำนมข้าวกล้องงอก, X_2= ปริมาณเจลาติน, X_3= ปริมาณน้ำ และ R^2 = สัมประสิทธิ์การตัดสินใจ



(a) ค่าความสว่าง (*L**)



(b) ค่าสีเหลือง (*b**)



(c) ค่าสีแดง (*a**)

ภาพที่ 3 แผนภาพพื้นผิวตอบสนองแสดงความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยที่ศึกษาต่อค่าสีของผลิตภัณฑ์

เมื่อพิจารณาสมการทางคณิตศาสตร์เพื่ออธิบายความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยที่ศึกษากับคุณภาพด้านเนื้อสัมผัส (ตารางที่ 5 และภาพที่ 4) ประกอบด้วยด้านความแข็ง (Hardness) ความสามารถในการเคี้ยว (Chewiness) ความยืดหยุ่น (Springiness) และการเกาะรวมตัวกัน (Cohesiveness) โดยพบว่า เมื่อปริมาณผงเจลาตินและผงน้ำนมข้าวกล้องงอกเพิ่มขึ้นในขณะที่ปริมาณน้ำลดลง ส่งผลให้ผลิตภัณฑ์มีค่าความแข็งที่เพิ่มขึ้นตามลำดับ โดยปริมาณเจลาตินเป็นปัจจัยสำคัญทั้งนี้เนื่องจากคุณสมบัติของเจลาตินหลังจากการละลายและลดอุณหภูมิจะเกิดการสร้างโครงข่ายส่งผลให้เจลมีความแข็งแรงมากขึ้น (Guo *et al.*, 2003) ดังนั้นเมื่อสูตรอาหารที่มีการใช้เจลาตินปริมาณมากจึงส่งผลให้ลักษณะเนื้อสัมผัสแข็งมากขึ้นด้วย (Papageorgiou *et al.*, 1994) โดยสูตรที่มีค่าความแข็งของผลิตภัณฑ์มากที่สุด คือ สูตร 2 มีค่าความแข็ง เท่ากับ 721.17 กรัม ในขณะที่สูตรที่ 10 มีค่าความแข็งต่ำที่สุด เท่ากับ 43.77 กรัม และเมื่อผลิตภัณฑ์มีเนื้อสัมผัสที่แข็งเพิ่มมากขึ้นจึงส่งผลต่อค่าความสามารถในการเคี้ยว (Chewiness) มีค่าที่สูงตามไปด้วย และปริมาณเจลาตินที่เพิ่มขึ้นยังส่งผลให้ผลิตภัณฑ์มีค่าความยืดหยุ่น (Springiness) ที่เพิ่มขึ้น โดยสูตรที่มีค่าความยืดหยุ่นมากที่สุด คือ สูตร 9 มีค่าเท่ากับ 0.82 สำหรับสูตรที่มีค่าความยืดหยุ่นของผลิตภัณฑ์ต่ำที่สุด คือมีปริมาณผงเจลาติน อยู่ในช่วง 5.00-5.83 กรัม มีจำนวน 4 สูตร ได้แก่ สูตร 3, 5, 8 และ 10 โดยมีค่าอยู่ระหว่าง 0.21-0.25 ซึ่งไม่แตกต่างกันทางสถิติ (P>0.05) สำหรับค่าความสามารถเกาะรวมตัวกัน (Cohesiveness) พบว่า มีค่า R^2 ต่ำกว่า 0.5 จึงไม่สามารถอธิบายความสัมพันธ์ของตัวแปรด้วยสมการทางคณิตศาสตร์ได้

ตารางที่ 4 คุณภาพด้านเนื้อสัมผัสของผลิตภัณฑ์เยลลี่จากผงน้ำนมข้าวกล้องงอก

สิ่งทดลอง	คุณลักษณะเนื้อสัมผัส			
	ความแข็ง	ความสามารถในการเคี้ยว	ความยืดหยุ่น	การเกาะรวมตัว
1	441.61±60.13 ^{c}	205.04±36.74 ^{cd}	0.79±0.08 ^{ab}	0.60±0.10 ^{c}
2	721.17 ±185.36^{a}	439.38±39.20 ^{a}	0.78±0.08 ^{ab}	0.78±0.02 ^{b}
3	69.12±8.66 ^{e}	14.89±3.12 ^{e}	0.25±0.03 ^{d}	0.80±0.24 ^{ab}
4	428.16±76.52 ^{c}	413.22±45.17 ^{b}	0.78±0.09 ^{ab}	0.72±0.08 ^{b}
5	62.56±11.57 ^{e}	16.31±3.10 ^{e}	0.23±0.03 ^{c}	0.89±0.02 ^{ab}
6	501.71±93.06 ^{b}	256.35±84.73 ^{c}	0.65±0.25^{c}	0.69±0.03 ^{c}
7	385.22±39.44 ^{d}	191.51±46.19 ^{c}	0.74±0.12 ^{ab}	0.67±0.04 ^{c}
8	68.10±12.76 ^{e}	19.40±3.35 ^{e}	0.25±0.03 ^{d}	0.95±0.01 ^{a}
9	465.16±45.69 ^{c}	274.30±42.76 ^{c}	0.82±0.06 ^{a}	0.73±0.03 ^{b}
10	43.77±17.52 ^{f}	6.44±1.10 ^{f}	0.21±0.06 ^{d}	0.94±0.01 ^{a}

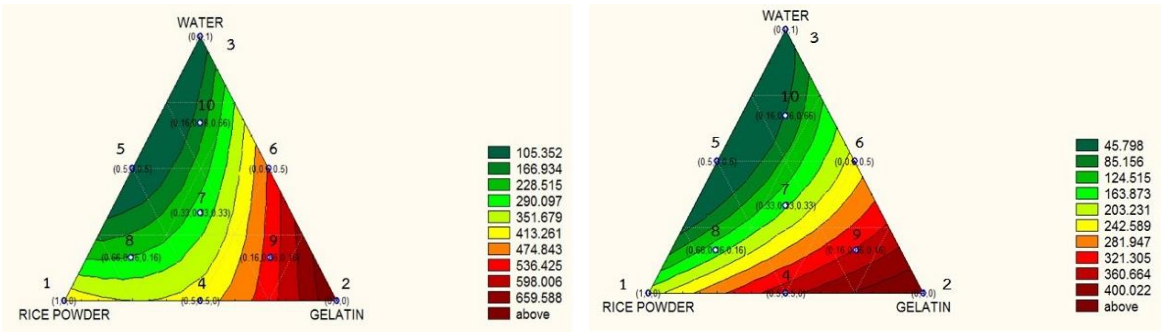
หมายเหตุ: ตัวอักษร a-f แสดงค่าเฉลี่ยของข้อมูลทั้งหมดที่มีตัวอักษรที่ต่างกันในแนวตั้ง หมายถึง มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) และเครื่องหมาย ± คือ ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของข้อมูล

ตารางที่ 5 สมการถดถอยและสหสัมพันธ์ในคุณลักษณะทางเนื้อสัมผัส

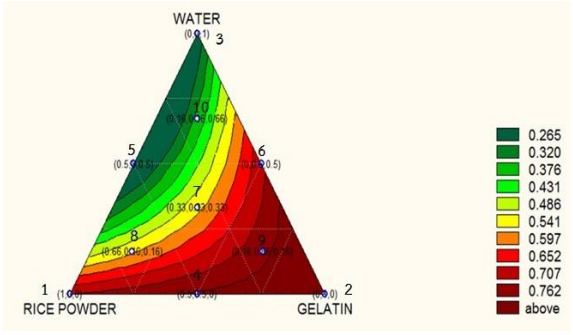
คุณลักษณะ	สมการถดถอย[a]	R^2
ความแข็ง	$Y_1 = 404.043X_1+726.845X_2+53.681X_3 - 712.24X_1X_2 -910.209X_1X_3 + 368.515X_2X_3$	0.733
ความสามารถในการเคี้ยว	$Y_2 = 181.740X_1+442.47X_2 + 20.845X_3 + 136.617X_1X_2 -596.66X_1X_3 - 55.599X_2X_3$	0.791
ความยืดหยุ่น	$Y_3 = 0.706X_1+0.818X_2+0.219X_3+0.032X_1X_2 – 01.236X_1X_3 + 0.691X_2X_3$	0.702

[a] สมการถดถอย: $Y_i = \beta X_1+\beta X_2+\beta X_3+\beta X_1X_2+\beta X_1X_3+\beta X_2X_3$, $Y_{1\text{-}3}$ = คุณลักษณะด้านเนื้อสัมผัส

β = ค่าสัมประสิทธิ์ของตัวแปรในสมการถดถอย โดย X_1 = ปริมาณผงน้ำนมข้าวกล้องงอก, X_2= ปริมาณเจลาติน, X_3= ปริมาณน้ำ และ R^2 = สัมประสิทธิ์การตัดสินใจ



(a) ความแข็ง (b) ความสามารถในการเคี้ยว



(c) ความยืดหยุ่น

ภาพที่ 4 แผนภาพพื้นผิวตอบสนองแสดงความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยที่ศึกษาต่อคุณลักษณะเนื้อสัมผัสของผลิตภัณฑ์

คุณภาพทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์ ดังแสดงในตารางที่ 6 ซึ่งความชอบในคุณลักษณะด้านสีของผลิตภัณฑ์อยู่ในระดับชอบเล็กน้อยถึงปานกลาง โดยมีค่าคะแนนอยู่ระหว่าง 6.0-6.7 เมื่อพิจารณาสมการทางคณิตศาสตร์ดังแสดงข้อมูลในตารางที่ 7 และแผนภาพพื้นผิวตอบสนองภาพที่ 5 พบว่า ปริมาณผงน้ำนมข้าวกล้องเป็นปัจจัยสำคัญที่ส่งผลต่อความชอบในด้านสีของผลิตภัณฑ์ ในขณะที่ปริมาณน้ำเป็นปัจจัยสำคัญที่ส่งผลต่อคะแนนความชอบทางด้านกลิ่นรส เนื้อสัมผัสด้านความยืดหยุ่น และความชอบโดยรวม ทั้งนี้ความชอบในคุณลักษณะด้านสีของผลิตภัณฑ์จะเพิ่มขึ้นเมื่อทำการเพิ่มปริมาณผงน้ำนมข้าวกล้องงอกในสูตร อาจเนื่องจากผงน้ำนมข้าวกล้องงอกมีลักษณะที่เป็นสีขาวจึงส่งผลให้ผลิตภัณฑ์มีความสว่างที่สูงขึ้นซึ่งสอดคล้องกับคุณภาพด้านสีที่ได้จากการวัดด้วยเครื่องมือ

สำหรับความชอบด้านเนื้อสัมผัสพบว่า คะแนนความชอบมีแนวโน้มเพิ่มสูงขึ้นเมื่อเพิ่มปริมาณน้ำในสูตร สาเหตุเนื่องจากน้ำนมข้าวกล้องงอก และผงเจลาติน ต้องอาศัยน้ำหรือของเหลวเพื่อทำให้ส่วนผสมนั้นละลาย ดังนั้นเมื่อนำมาใช้เป็นส่วนผสมในผลิตภัณฑ์จึงจำเป็นอย่างยิ่งที่น้ำหรือของเหลวในสูตรจะต้องมีในปริมาณมากพอที่จะสามารถทำให้อนุภาคของผงน้ำนมข้าวกล้องงอกเกิดละลายและกระจายตัวในส่วนผสม แต่หากมีปริมาณน้ำหรือของเหลวในปริมาณน้อยอาจจะส่งผลให้ผลิตภัณฑ์มีเนื้อสัมผัสที่แน่น และแข็ง ซึ่งส่งผลต่อความชอบของผู้บริโภค นอกจากนี้ปริมาณน้ำที่เพิ่มขึ้นในสูตรยังเป็นตัวทำละลายสารให้กลิ่นรสแตกตัวให้กลิ่นที่เพิ่มขึ้น (Wulff *et al.*, 2005) ส่งผลให้ความชอบในด้านกลิ่นรสเพิ่มขึ้นตามไปด้วย สำหรับความชอบโดยรวมของผลิตภัณฑ์ พบว่าเป็นไปในทิศทางเดียวกันกับคุณลักษณะด้านเนื้อสัมผัส และกลิ่นรส ซึ่งมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเมื่อเพิ่มปริมาณน้ำ

ตารางที่ 6 คุณภาพทางประสาทสัมผัสของผู้บริโภคต่อผลิตภัณฑ์เยลลี่จากผงน้ำนมข้าวกล้องงอก

สิ่งทดลอง	คุณลักษณะทางประสาทสัมผัส			
	สี	กลิ่นรสข้าว	เนื้อสัมผัส	ความชอบรวม
1	6.7±1.3[a]	6.0±1.5[c]	4.4±1.9[f]	6.2±1.5[c]
2	6.4±1.6[b]	4.5±1.6[d]	4.5±1.8[f]	4.5±1.4[g]
3	6.0±1.5[c]	6.6±1.7[a]	6.8±1.9[a]	7.2±1.6[a]
4	6.5±1.1[a]	4.7±1.6[d]	5.1±1.7[e]	5.2±1.4[e]
5	6.2±1.5[b]	6.2±1.7[b]	6.3±1.4[c]	6.3±1.4[c]
6	6.2±1.2[b]	4.7±1.6[d]	6.6±1.9[b]	6.0±1.4[d]
7	6.4±1.3[b]	4.6±1.8[d]	6.2±1.6[d]	6.0±1.4[d]
8	6.6±1.4[a]	6.0±1.7[c]	6.2±1.6[d]	4.8±1.7[f]
9	6.4±1.5[b]	4.9±1.8[d]	6.4±1.6[c]	4.7±1.5[f]
10	6.3±1.2[b]	6.2±1.7[b]	6.6±1.9[b]	6.7±1.5[b]

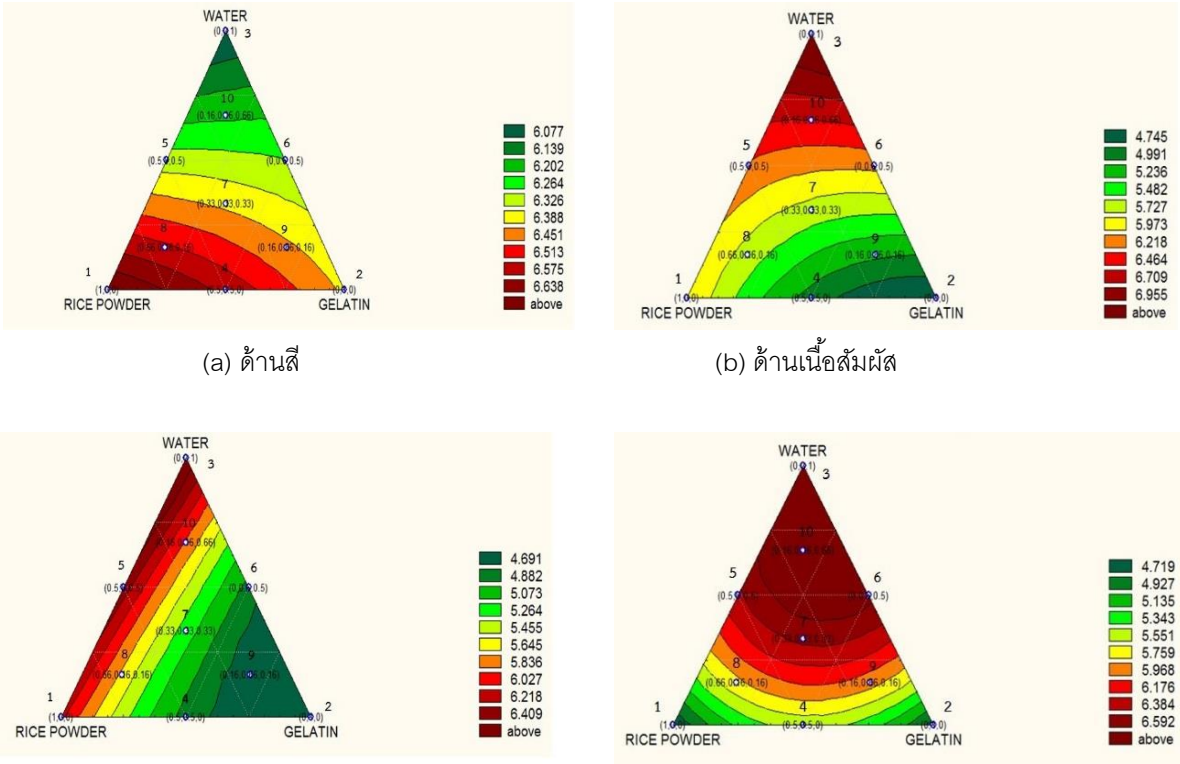
หมายเหตุ : ตัวอักษร a-f แสดงค่าเฉลี่ยของข้อมูลทั้งหมดที่มีตัวอักษรที่ต่างกันในแนวตั้ง หมายถึง มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) และเครื่องหมาย ± คือ ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของข้อมูล

ตารางที่ 7 สมการถดถอยและสหสัมพันธ์ในคุณลักษณะทางประสาทสัมผัส

คุณลักษณะ	สมการถดถอย[a]	R^2
ด้านสี	$Y_1 = 6.703X_1 + 6.376X_2 + 6.015X_3 + 0.065X_1X_2 - 0.263X_1X_3 + 0.286X_2X_3$	0.748
ด้านเนื้อสัมผัส	$Y_2 = 5.980X_1 + 4.443X_2 + 7.340X_3 - 1.229X_1X_2 - 1.929X_1X_3 + 0.578X_2X_3$	0.814
ด้านกลิ่นรส	$Y_3 = 6.077X_1 + 4.553X_2 + 6.675X_3 - 2.013X_1X_2 - 0.712X_1X_3 - 3.217X_2X_3$	0.730
ด้านความชอบโดยรวม	$Y_4 = 4.511X_1 + 4.629X_2 + 6.652X_3 + 3.411X_1X_2 + 3.091X_1X_3 + 4.126X_2X_3$	0.743

[a] สมการถดถอย: $Y_i = \beta X_1 + \beta X_2 + \beta X_3 + \beta X_1X_2 + \beta X_1X_3 + \beta X_2X_3$, $Y_{1\text{-}3}$ = คุณลักษณะทางประสาทสัมผัส

β = ค่าสัมประสิทธิ์ของตัวแปรในสมการถดถอย โดย X_1 = ปริมาณผงน้ำนมข้าวกล้องงอก, X_2= ปริมาณเจลาติน, X_3= ปริมาณน้ำ และ R^2 = สัมประสิทธิ์การตัดสินใจ

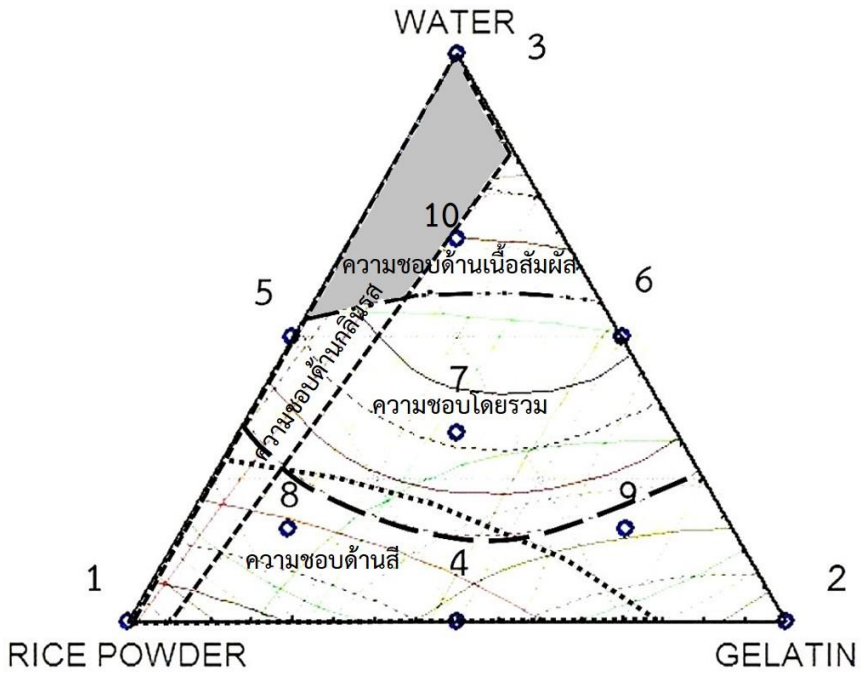


(a) ด้านสี (b) ด้านเนื้อสัมผัส

(c) ด้านกลิ่นรส (d) ด้านความชอบโดยรวม

ภาพที่ 5 แผนภาพพื้นผิวตอบสนองแสดงความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยที่ศึกษาต่อคุณภาพทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์

ดังนั้นเพื่อเป็นการพัฒนาให้ผลิตภัณฑ์เยลลี่จากผงน้ำนมข้าวกล้องงอกมีคุณลักษณะทางประสาทสัมผัสในแต่ละด้านเป็นที่ยอมรับของผู้บริโภค จึงนำแผนภาพพื้นผิวตอบสนองในคุณภาพทางประสาทสัมผัส ประกอบด้วย ด้านสี ด้านกลิ่นรส ด้านเนื้อสัมผัส และความชอบโดยรวม โดยในการคัดเลือกปริมาณส่วนผสมที่เหมาะสมใช้เกณฑ์พิจารณา คือ ต้องได้รับคะแนนความชอบทางประสาทสัมผัสในแต่ละคุณลักษณะอยู่ในช่วงชอบเล็กน้อยขึ้นไป (ค่าคะแนน 6.0) จากการใช้เทคนิคการซ้อนทับพื้นที่ของคุณภาพทางประสาทสัมผัส ได้พื้นที่ซึ่งแสดงถึงขอบเขตของช่วงปริมาณส่วนผสมที่เหมาะสม ดังภาพที่ 6 โดยพบว่าครอบคลุมสูตรที่ 3 สูตรที่ 5 และสูตรที่ 10 ซึ่งมีปริมาณส่วนผสมโดยน้ำหนักของผงน้ำนมข้าวกล้องงอก อยู่ระหว่าง ร้อยละ 10-12.5 ผงเจลาติน อยู่ระหว่าง ร้อยละ 5-5.83 และปริมาณน้ำ อยู่ระหว่าง ร้อยละ 82.5-85.0 ตามลำดับ และจากการทวนสอบสมการ โดยการคัดเลือกสูตรบริเวณจุดกึ่งกลางในพื้นที่แรเงาซึ่งแสดงขอบเขตที่เหมาะสม จำนวน 1 สูตร ประกอบด้วย ผงน้ำนมข้าวกล้องงอก ร้อยละ 11.25 ผงเจลาติน ร้อยละ 5.41 และปริมาณน้ำ ร้อยละ 83.75 มาทำการทดสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัสด้านความชอบกับผู้บริโภคทั่วไปจำนวน 50 คน พบว่าผู้บริโภคให้คะแนนความชอบโดยรวมอยู่ในช่วงชอบปานกลาง (ค่าคะแนน 6.6)



ภาพที่ 6 แผนภาพพื้นผิวตอบสนองที่ได้จากการซ้อนทับพื้นที่ของคุณภาพทางด้านประสาทสัมผัสด้านความชอบของสี (·····) ความชอบด้านกลิ่นรส (----) ความชอบด้านเนื้อสัมผัส (— · ·) และความชอบโดยรวม (— —) โดยพื้นที่แรเงา คือ ขอบเขตของช่วงที่เหมาะสม

สรุปผลการวิจัย

จากการพัฒนาสูตรเยลลี่จากผงน้ำนมข้าวกล้องงอกโดยการศึกษาอิทธิพลของส่วนผสมระหว่างผงน้ำนมข้าวกล้องที่ผ่านกระบวนการทำแห้งแบบพ่นฝอย ผงเจลาติน และน้ำ โดยการสร้างสมการทางคณิตศาสตร์เพื่ออธิบายความสัมพันธ์ของปัจจัย พบว่าผลิตภัณฑ์จะมีค่าความสว่างเพิ่มขึ้นเมื่อมีส่วนผสมของผงน้ำนมข้าวกล้องงอกและปริมาณน้ำที่เพิ่มมากขึ้น คุณภาพด้านเนื้อสัมผัส พบว่าเจลาตินเป็นปัจจัยสำคัญที่ส่งผลต่อค่าความแข็ง ค่าความสามารถในการเคี้ยว และค่าความยืดหยุ่น จากคุณภาพด้านสีและคุณภาพด้านเนื้อสัมผัสส่งผลต่อคุณภาพทางประสาทสัมผัสของผู้บริโภค โดยพบว่าผู้บริโภคมีความชอบในผลิตภัณฑ์ที่มีความสว่าง และคะแนนความชอบทางด้านกลิ่นรส ด้านเนื้อสัมผัส และความชอบโดยรวมจะเพิ่มสูงขึ้นเมื่อเพิ่มปริมาณน้ำในสูตร ดังนั้นในการพัฒนาผลิตภัณฑ์เพื่อให้มีคุณภาพเป็นที่ยอมรับของผู้บริโภคควรมีปริมาณส่วนผสมของผงน้ำนมข้าวกล้องงอก อยู่ระหว่าง ร้อยละ 10-12.5 ผงเจลาติน อยู่ระหว่าง ร้อยละ 5-5.83 และปริมาณน้ำ อยู่ระหว่าง ร้อยละ 82.5-85.0

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ได้รับทุนอุดหนุนการวิจัยจากมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ ตามสัญญาเลขที่ KMUTNB-GOV- 58-33.2

เอกสารอ้างอิง

Anderson, R. A., Conway, H. F., Pfeifer, V. F. & Griffin J. E. L. (1969). Gelatinization of corn grits by roll- and extrusion-cooking. *Cereal Science*, *14*, 4-7.

AOAC (2000). Official Method of Analysis of AOAC International. 18th ed., The Association of official Analytical Chemists, Arlington, Virginia.

Bryant, R. J., Kadan, R. S., Chamapagne, E. T., Vinyard, B. T. & Boykin, D. (2001). Functional and digestive characteristics of extruded rice flour. *Cereal Chemistry, 78*(2), 131–137.

Bureau of Rice Research and Development (BRRD). (2009). *Germinated brown rice milk*. Retrieved February, 10, 2015, from http://www.oknation.net/blog/print.php?id=381281.

Chug, H. J, Jang, S. H, Cho, H. Y & Lim, S. T. (2009) Effect of steeping and anaerobic treatment on GABA content in germinated waxy hull less barley. *Journal of Food Science and Technology*, *49*, 1712-1716.

Guo, L., Colby, R. H., Lusignan , C. P. & Whitesides T. H. (2003). Kinetics of Triple Helix Formation in Semidilute Gelatin Solutions. *Macromolecules*, *36* (26), 9999–10008.

Komatsuzaki, N., Tsukahara, K., Toyoshima, H., Suzuki, T., Shimizu, N. & Kimura, T. (2007). Effect of soaking and gaseous treatment on GABA content in geminated brown rice. *Journal of Food Engineering*,*78*, 556-560.

Lee.E. H, Yeom, H. J, Ha, M. S & Bae, D. H. (2010). Development of banana peel jelly and its antioxidant and textural properties. *Food Science and Biotechnology*, *19* (2), 449–455.

Lopes, L. C. M., Batista, K. A., Fernandes, K. F., & Santiago, R. A. C. (2012). Functional, biochemical and pasting properties of extruded bean (*Phaseolus vulgaris*) cotyledons. *International Journal of Food Science & Technology, 47(*9), 1859-1865.

Oupadissakoon, S. (1994). *Statistic and Experimental Design* volume 2. Bangkok Thailand.

Papageorgiou, M., Kasapis, S & Richardson R. K. (1994). Steric exclusion phenomena in gellan/gelatin systems I. Physical properties of single and binary gels**.** *Food Hydrocolloids, 8*(2), 97-112.

Thai Industrial Standards Institute. (2004). Soft Jelly (TCPS Number 519/2004).

Wulff, G., Avenaki, G & Guzmann, M. S. P. (2005). Molecular encapsulation of flavors as helical inclusion complexes of amylose. *Journal of Cereal Science, 41*, 239-249.

Zhuang, H., An, H., Chen, H., Xie, Z., Zhao, J., Xu, X. & Jin, Z., (2010). Effect of extrusion parameters on physicochemicalproperties of hybrid Indica rice (type 9718) extrudates. *Journal of Food Process and Preservation*, *34,* 1080-1102.