

บทความวิจัย

การพัฒนาผลิตภัณฑ์เยลลี่ธัญพืชเพื่อสุขภาพ The Product Development of Healthy Cereal Jelly

กุสุมา ทินกร ณ อุตทยา* และ นัทมน พุดดวง
Kusuma Tinakorn Na Ayutthaya* and Nattamon Putduang

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้เป็นการพัฒนาผลิตภัณฑ์เยลลี่ธัญพืช ซึ่งผลิตจากน้ำนมจากจมูกข้าวเจ้า ลูกเดือย ข้าวโพด และงาขาว โดยแปรปริมาณการใช้สารที่ทำให้เกิดเจลที่เหมาะสมในการผลิตเยลลี่ธัญพืช ได้แก่ คาราจีแนน และกลูโคแมนแนน ในอัตราส่วน 9:1 ออกเป็น 3 ระดับ คือ ร้อยละ 0.8 1.0 และ 1.2 แล้วนำผลิตภัณฑ์ไปทำการทดสอบคุณภาพทางด้านเคมี และกายภาพเพื่อหาปริมาณการใช้ที่เหมาะสมพบว่าปริมาณสารที่ทำให้เกิดเจลในระดับ ร้อยละ 1.0 เป็นปริมาณที่ทำให้ผลิตภัณฑ์มีค่าความแข็งของเจล ค่าความเหนียว และค่าความยืดหยุ่นของอาหารใกล้เคียงกับตัวอย่างผลิตภัณฑ์ต้นแบบ คือเยลลี่คาราจีแนนยี่ห้อริชเชส จากนั้นได้ทำการศึกษาผลของอัตราส่วนของสารผสมระหว่างคาราจีแนนผสมกับกลูโคแมนแนนในการผลิตเยลลี่ธัญพืช โดยกำหนดอัตราส่วนที่ระดับ 70:30 60:40 50:50 40:60 และ 30:70 แล้วนำผลิตภัณฑ์ไปทำการทดสอบคุณภาพทางด้านเคมี กายภาพ และทางประสาทสัมผัสพบว่า อัตราส่วนที่ระดับ 70:30 ผู้บริโภคให้คะแนนความชอบโดยรวมสูงที่สุดและสอดคล้องกับการทดสอบคุณภาพทางกายภาพและเคมีที่ใกล้เคียงกับผลิตภัณฑ์ต้นแบบมากที่สุด จากนั้นนำผลิตภัณฑ์ที่ถูกพัฒนาขึ้นไปศึกษาคุณค่าทางโภชนาการพบว่าผลิตภัณฑ์ประกอบไปด้วยโปรตีน ร้อยละ 3.67 คาร์โบไฮเดรต ร้อยละ 7.56 ไขมัน ร้อยละ 5.75 ปริมาณเถ้าทั้งหมด ร้อยละ 1.80 ปริมาณเส้นใย ร้อยละ 0.62 และค่าพลังงานความร้อน 96.70 กิโลแคลอรีต่อตัวอย่าง 100 กรัม และเมื่อนำไปศึกษาอายุการเก็บรักษาในภาชนะพลาสติกโพลีเอทิลีน ชนิดมีฝาปิดสนิทพบว่าผลิตภัณฑ์มีอายุการเก็บรักษาได้นาน 12 วัน ที่อุณหภูมิ 8 ± 2 องศาเซลเซียส

คำสำคัญ : เยลลี่, ธัญพืช, สารที่ทำให้เกิดเจล, คาราจีแนน, กลูโคแมนแนน

ABSTRACT

The objective of this research was to develop healthy cereal jelly product. First, ratio of carrageenan and glucomannan of 9:1 at 0.8, 1.0 and 1.2% were investigated. The experimental results showed that hardness, gumminess, and springiness of the product with 1.0% gelling agent was similar to the reference product that is Richness carrageenan jelly. Then, the ratio of carrageenan and glucomannan at 70:30, 60:40, 50:50, 40:60 and 30:70 were investigated. From sensory evaluation, the sample containing carrageenan: glucomannan of 70:30 gave the highest liking score. The nutrition analysis showed that the developed product consisted of 3.67% protein, 7.56% carbohydrate, 5.75% fat, 1.80% total ash, 0.62% fiber, and 96.70 kcal/100 grams product. Shelf life of product packed in polyethylene plastic container at $8 \pm 2^\circ\text{C}$ was 12 days.

Keywords: Jelly, Cereal, Gelling agent, Carrageenan, Glucomannan

*Khing_kha@hotmail.com

อาจารย์ประจำ สาขาวิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร คณะเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยราชภัฏลำปาง, ลำปาง

Lecturer, Food Science and Technology Section, Faculty of Agricultural Technology, Lampang Rajabhat University, Lampang

บทนำ

ปัจจุบันธัญพืชมีบทบาทในตลาดอุตสาหกรรมอาหาร และได้รับความนิยมจากผู้บริโภคมากขึ้นตามกระแสการตื่นตัวของการรักษาสุขภาพ จากการศึกษาพบว่า ธัญพืชบางชนิดเป็นแหล่งโปรตีนที่มีราคาไม่สูงและมีราคาถูกกว่าเนื้อสัตว์และน้ำมัน เช่น ถั่วเหลือง เป็นต้น และมีคุณค่าทางโภชนาการที่จำเป็น คือ โปรตีน วิตามินต่างๆ โดยเฉพาะวิตามิน บี อีกทั้งพบว่ามีปริมาณมากในประเทศไทย ส่วนผลิตภัณฑ์เยลลี่เป็นผลิตภัณฑ์ที่ผู้บริโภคนิยมตั้งแต่ผู้บริโภควัยเด็กไปจนถึงผู้ใหญ่ อย่างไรก็ตามเยลลี่ในท้องตลาดส่วนใหญ่จะประกอบไปด้วยน้ำตาล สารปรุงแต่งกลิ่นรสต่างๆ ถ้าหากมีการเพิ่มธัญพืชเข้าไปแทนสารปรุงแต่งกลิ่นรสต่าง ๆ จะทำให้ผลิตภัณฑ์ที่ได้มีคุณค่าทางโภชนาการ และมีประโยชน์ต่อร่างกายมากขึ้น จากงานวิจัยของสุทธิวัฒน์ (2554) เรื่องการพัฒนาผลิตภัณฑ์เยลลี่คาราจีแนนสูตรน้ำผัก ได้แปรผันปริมาณคาราจีแนนที่ร้อยละ 0.8 และ 1.0 และปริมาณน้ำผักที่ใช้ พบว่าเยลลี่คาราจีแนนสูตรน้ำผักที่ผลิตจากคาราจีแนนร้อยละ 1.0 ได้รับการยอมรับมากที่สุด แต่จะมีค่าความแข็งของเจล น้อยกว่าผลิตภัณฑ์ในท้องตลาด [1] และจากงานวิจัยของสายสมร (2547) มีการใช้สารที่ทำให้เกิดเจล คือ เอการ์ คาราจีแนน และคาราจีแนนผสมกับกลูโคแมนแนนมาใช้ในการผลิตเยลลี่รสสมผสมน้ำสตรอเบอร์รี่ พบว่าคาราจีแนน ผสมกับกลูโคแมนแนนเป็นสูตรที่ผู้บริโภคให้การยอมรับมากที่สุด เพราะเจลที่เกิดขึ้นมีความแน่นเนื้อ และความยืดหยุ่น ดีกว่าเจลที่เกิดจากคาราจีแนนเพียงอย่างเดียว [2] ดังนั้นการศึกษาจึงมีวัตถุประสงค์ เพื่อศึกษาปริมาณการใช้และอัตราส่วนของคาราจีแนนผสมกับกลูโคแมนแนนในการพัฒนาผลิตภัณฑ์เยลลี่ธัญพืชและศึกษาคุณค่าทางโภชนาการและอายุการเก็บรักษาของผลิตภัณฑ์ที่พัฒนาขึ้น

วัสดุ อุปกรณ์และวิธีการทดลอง

1. ศึกษาปริมาณของสารที่ทำให้เกิดเจลที่เหมาะสมในการผลิตเยลลี่ธัญพืช

ธัญพืช 4 ชนิด ได้แก่ จมูกข้าวเจ้า ลูกเดือย ข้าวโพด งาขาวและน้ำ ถูกลำบากบดรวมกันด้วยเครื่อง

ปั่นผสมในอัตราส่วน 10 : 5 : 1 : 1 : 75 ตามลำดับ แล้วกรองเอาแต่น้ำออกมา จากนั้นผสมนมธัญพืชที่ผลิตขึ้นกับน้ำตาล ครีมเทียม สารที่ทำให้เกิดเจล และน้ำตาล นำไปให้ความร้อนจนละลายเป็นเนื้อเดียวกัน แล้วทำการพาสเจอร์ไรส์ที่อุณหภูมิ 85 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 16 วินาที ลดอุณหภูมิลงเหลือประมาณ 60 องศาเซลเซียส บรรจุในถ้วยพลาสติกโพลีเอทิลีน (PE) ปิดฝาแล้วปล่อยให้ตัวอย่างเกิดเจลที่อุณหภูมิห้อง นานประมาณ 30 นาที แล้วนำไปเก็บในตู้เย็น โดยมีส่วนผสมต่าง ๆ ดังแสดงไว้ใน Table 1

Table 1 Formulas for the cereal jelly product.

Ingredients	Content (%)		
Cereal milk	18.0		
Sugar	6.0		
Non-dairy creamer	1.0		
Gelling agent	0.8	1.0	1.2
Water	74.2	74.0	73.8

สารที่ทำให้เกิดเจล ได้แก่ คาราจีแนน และกลูโคแมนแนน ในอัตราส่วน 9:1 (สายสมร, 2547) [2] จะถูกแปรผันเป็น 3 ระดับ คือ ที่ความเข้มข้นร้อยละ 0.8 1.0 และ 1.2 โดยแต่ละสูตรจะทำการทดลองผลิต 3 ซ้ำ แล้วนำไปศึกษาคุณภาพด้านเคมีและกายภาพ ได้แก่ ค่าความแข็งของเจล (hardness) ความเหนียว (gumminess) และ ความยืดหยุ่น (springiness) ด้วยเครื่อง texture analyzer รุ่น TA.XT plus หัววัด P100 S ศึกษาปริมาณของแข็งทั้งหมด ค่าความเป็นกรด-ด่าง [3] การแยกตัวของน้ำโดยชั่งตัวอย่างเยลลี่ 50 กรัม แล้วกรองตัวอย่างด้วยกระดาษกรอง Whatman เบอร์ 1 ที่วางบนตะแกรงที่อุณหภูมิ 8 ± 2 องศาเซลเซียส ตามอุณหภูมิที่เก็บรักษาเป็นเวลา 2 ชั่วโมง จากนั้นทำการคำนวณตามสมการที่ 1 [4]

ค่าการแยกตัวของน้ำ (%)

$$= \frac{\text{น้ำหนักเริ่มต้น} - \text{น้ำหนักหลังอบ}}{\text{น้ำหนักเริ่มต้น}} \times 100$$

(1)

จากนั้นนำผลการวิเคราะห์มาเทียบกับผลิตภัณฑ์ต้นแบบ (*benchmark*) ที่กำหนดในงานวิจัยนี้ คือ เยลลี่คาราจีแนนตราวิสเชส (*Richeese*) เพื่อหาอัตราส่วนของสารที่ทำให้เกิดเจลที่ทำให้ผลิตภัณฑ์มีลักษณะใกล้เคียงกับผลิตภัณฑ์ต้นแบบ

2. ศึกษาอัตราส่วนของคาราจีแนนผสมกับกุกูโคแมนเนนในการผลิตเยลลี่ธัญพืช

เมื่อได้ปริมาณสารที่ทำให้เกิดเจลที่เหมาะสมในการผลิตเยลลี่ธัญพืชแล้ว อัตราส่วนคาราจีแนนต่อกุกูโคแมนเนนที่ใช้จะถูกนำมาแปรผันเป็น 5 ระดับ ได้แก่ 70:30 60:40 50:50 40:60 และ 30:70 เพื่อนำมาศึกษาค่าความแข็งของเจล ความเหนียว และความยืดหยุ่น ด้วยเครื่อง texture analyzer รุ่น TAXT plus โดยใช้หัววัด P100 S การแยกตัวของน้ำ ปริมาณของแข็งทั้งหมด ค่าความเป็นกรด-ด่าง และทดสอบทางประสาทสัมผัส โดยใช้ผู้ทดสอบชิมที่ไม่ผ่านการฝึกฝนจำนวน 30 คน เปรียบเทียบคะแนนความชอบเฉลี่ย ด้วยวิธี Duncan's Multiple - Range Test ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 เลือกสูตรที่ดีที่สุดจากผลิตภัณฑ์ที่มีผลการวิเคราะห์คุณภาพทางเคมีและกายภาพใกล้เคียงกับผลิตภัณฑ์ต้นแบบมากที่สุด และมีคะแนนประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสสูงที่สุด เพื่อนำไปศึกษาคุณค่าทางโภชนาการและอายุการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ต่อไป

3. ศึกษาคุณค่าทางโภชนาการและอายุการเก็บรักษาของผลิตภัณฑ์เยลลี่ธัญพืชที่พัฒนาขึ้น

ผลิตภัณฑ์เยลลี่ธัญพืชที่พัฒนาขึ้นจะถูกนำมาวิเคราะห์ปริมาณสารอาหารที่พบในผลิตภัณฑ์ ได้แก่ โปรตีน คาร์โบไฮเดรต ไขมัน ปริมาณเถ้าทั้งหมด

ปริมาณเส้นใย และค่าพลังงานความร้อน และนำไปวิเคราะห์อายุการเก็บรักษา โดยทำการเก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิช่วง 8 ± 2 องศาเซลเซียส เพื่อทำการสุ่มตัวอย่างมาทดสอบคุณภาพทางกายภาพ เคมี และจุลินทรีย์ ทุกๆ 2 วัน โดยผลการตรวจสอบเชื้อจุลินทรีย์ทั้งหมด และปริมาณยีสต์-รา จะถูกนำไปเปรียบเทียบกับข้อกำหนดตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน เลขที่ 419/2547 เรื่องเยลลี่อ่อน [5] เพื่อหาอายุการเก็บรักษาที่เหมาะสมของผลิตภัณฑ์เยลลี่ธัญพืชที่พัฒนาขึ้น

ผลการทดลองและวิจารณ์

1. ผลของการศึกษาปริมาณของสารที่ทำให้เกิดเจลที่เหมาะสมในการผลิตเยลลี่ธัญพืช

จากผลการทดสอบเนื้อสัมผัสของผลิตภัณฑ์ต้นแบบ พบว่ามีค่าความแข็งของเจล ความเหนียว และความยืดหยุ่นของอาหาร เท่ากับ 5.11 นิวตัน 4.19 นิวตันวินาที และ 0.48 นิวตันวินาที ตามลำดับ และจากการวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติของผลิตภัณฑ์ทางกายภาพด้านเนื้อสัมผัสพบว่าผลิตภัณฑ์ที่เติมสารที่ทำให้เกิดเจลที่ระดับ ร้อยละ 1.0 มีค่าความแข็งของเจล ความเหนียว และความยืดหยุ่นของอาหารไม่ต่างจากผลิตภัณฑ์ต้นแบบอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) โดยพบว่าเมื่อเพิ่มปริมาณของสารที่ทำให้เกิดเจล จะส่งผลให้ค่าความแข็งของเจล ความเหนียว และความยืดหยุ่นของอาหารเพิ่มขึ้น ในขณะที่ค่าการแยกตัวของน้ำลดลง แต่ปริมาณการใช้สารที่ทำให้เกิดเจลไม่มีผลต่อปริมาณของแข็งทั้งหมดอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) ดังแสดงใน Table 2

Table 2 Physical and chemical properties^a of cereal jelly at different three levels of gelling agent.

Gelling Agent	Physical and chemical properties					
	hardness (N)	gumminess (N.sec)	springiness (N.sec)	Total solid (%) ^{ns}	pH	Syneresis (%)
0.8%	2.82 $\pm$ 1.20 ^c	1.89 $\pm$ 0.79 ^c	0.46 $\pm$ 0.12 ^b	17.26 $\pm$ 1.79	5.97 $\pm$ 0.02 ^b	2.20 $\pm$ 0.04 ^a
1.0%	5.33 $\pm$ 0.59 ^b	4.28 $\pm$ 0.42 ^b	0.48 $\pm$ 0.03 ^b	16.53 $\pm$ 1.07	6.07 $\pm$ 0.04 ^a	1.71 $\pm$ 0.03 ^b
1.2%	9.35 $\pm$ 2.28 ^a	5.26 $\pm$ 1.03 ^a	0.54 $\pm$ 0.06 ^a	16.74 $\pm$ 1.52	6.02 $\pm$ 0.04 ^{ab}	1.06 $\pm$ 0.08 ^d
Reference	5.11 $\pm$ 0.61 ^b	4.19 $\pm$ 0.42 ^b	0.48 $\pm$ 0.06 ^b	16.22 $\pm$ 0.58	5.23 $\pm$ 0.03 ^c	1.49 $\pm$ 0.03 ^c

Remark: ^a Each value is expressed as mean $\pm$ SD (n = 3) and means having different superscript letters within a same column are significantly different ($p \leq 0.05$).

*Khing_kha@hotmail.com

อาจารย์ประจำ สาขาวิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร คณะเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยราชภัฏลำปาง, ลำปาง

Lecturer, Food Science and Technology Section, Faculty of Agricultural Technology, Lampang Rajabhat University, Lampang

เนื่องจากเจลที่เกิดขึ้นในระบบเกิดจากการรวมตัวกันระหว่างพันธะคู่ (double helices) ของคาราจีแนนที่ดูดซับสายกลูโคแมนแนนไว้ที่บริเวณผิวหน้า ส่งผลให้พันธะคู่ที่ได้มีความแข็งแรงมากขึ้น [2] ดังนั้น เมื่อเพิ่มปริมาณสารที่ทำให้เกิดเจลในการเตรียมผลิตภัณฑ์ จึงทำให้พันธะคู่ที่เกิดขึ้นในระบบมีปริมาณมากขึ้นตามไปด้วย ส่งผลให้โครงร่างตาข่ายของเจลมีความแข็งแรง และมีความคงตัวมากขึ้น [6] เจลที่มีความแข็งแรงสูงจะสามารถกักเก็บน้ำไว้ในเจลได้ดี จึงทำให้เกิดการแยกตัวของน้ำน้อยลง ส่วนคุณภาพด้านเคมีพบว่า ปริมาณสารที่ทำให้เกิดเจลมีผลต่อค่าความเป็นกรด-ด่าง และค่าการแยกตัวของน้ำอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) โดยมีผลทำให้ค่าความเป็นกรด-ด่างมากขึ้น เนื่องจากคาราจีแนนส่วนใหญ่จะคงตัวที่ความเป็นกรด-ด่างเป็นกลางถึงเป็นด่าง ในขณะที่ค่าความเป็นกรด-ด่างต่ำจะเกิดการสลายพันธะ (hydrolysis) ของพันธะไกลโคไซด์ (glycosidic linkage) มีผลทำให้สูญเสียความหนืด และการเกิดเจล [7] นอกจากนี้ความร้อนยังเป็นตัวเร่งการเกิดไฮโดรไลซ์มากขึ้นที่ค่าความเป็นกรด-ด่างต่ำ ดังนั้นจึงเลือกใช้สารที่ทำให้เกิดเจลที่ระดับร้อยละ 1.0 เพื่อนำไปทดลองในขั้นตอนต่อไป

2. ผลของอัตราส่วนของคาราจีแนนผสมกับกลูโคแมนแนนในการผลิตเยลลี่ชัญพืช

จากงานวิจัยของสายสมร (2547) ในการผลิตเยลลี่รสนมผสมน้ำสตอเบอร์รี่ พบว่าคาราจีแนนผสมกับกลูโคแมนแนนเป็นสูตรที่ผู้บริโภคให้การยอมรับมากที่สุด เพราะเจลที่เกิดขึ้นมีความแน่นเนื้อ และความยืดหยุ่น ดีกว่าเจลที่เกิดจากคาราจีแนนเพียงอย่างเดียว [2] ดังนั้นผู้วิจัยจึงลดอัตราส่วนของคาราจีแนนและเพิ่มอัตราส่วนของกลูโคแมนแนนในการพัฒนาผลิตภัณฑ์เยลลี่ชัญพืช จากการวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติของผลิตภัณฑ์ทางกายภาพด้านเนื้อสัมผัสของผลิตภัณฑ์ พบว่ามี 2 อัตราส่วนที่ไม่แตกต่างกับผลิตภัณฑ์ต้นแบบคือ ที่ระดับ 70:30 และ 50:50 ($p > 0.05$) โดยมีความแข็งของเจลอยู่ในช่วง 3.13-3.90 นิวตัน การลดอัตราส่วนของคาราจีแนน และเพิ่มอัตราส่วนของ

กลูโคแมนแนนมีผลทำให้ค่าความแข็งของเจลและความเหนียวลดลง เนื่องจากเมื่อคาราจีแนนที่เติมลงไปมีระดับต่ำลง โมเลกุลของกลูโคแมนแนนจะไม่สามารถอุ้มของเหลวไว้ได้หมด ลักษณะเจลที่ได้จะอ่อนลง เพราะความเข้มข้นของคาราจีแนนที่เพิ่มขึ้น ทำให้จำนวนโครงร่างสามมิติ (junction zones) เพิ่มขึ้น เจลจึงมีโครงสร้างที่แข็งแรงขึ้น เมื่ออัตราส่วนของคาราจีแนนลดลงจึงทำให้เจลที่ได้มีลักษณะค่าความแข็งของเจล ค่าพลังงานยึดเกาะในอาหารลดลง เจลที่มีความแข็งจะสามารถกักเก็บน้ำไว้ในเจลได้ดี จึงทำให้เกิดการแยกตัวของน้ำน้อยลง คุณภาพด้านเคมี ผลการศึกษาพบว่าอัตราส่วนของคาราจีแนนและกลูโคแมนแนนไม่มีผลต่อปริมาณของแข็งทั้งหมด และค่าการแยกตัวของน้ำอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) ในขณะเดียวกันมีผลทำให้ค่าการความเป็นกรด-ด่างเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ เนื่องจากกลูโคแมนแนนมีความเป็นด่างสูง เมื่อเติมลงในปริมาณที่เพิ่มขึ้น จึงทำให้ค่าความเป็นกรด-ด่างมีค่าเพิ่มขึ้น ($p > 0.05$) [8] โดยค่าความเป็นกรด-ด่าง อยู่ในช่วง 5.96-6.08 และค่าการแยกตัวของน้ำอยู่ในช่วง 1.69-2.08 ดังแสดงใน Table 3 พบว่า คาราจีแนนผสมกับกลูโคแมนแนนเป็นสูตรที่ผู้บริโภคให้การยอมรับมากที่สุด เพราะเจลที่เกิดขึ้นมีความแน่นเนื้อ และความยืดหยุ่น ดีกว่าเจลที่เกิดจากคาราจีแนนเพียงอย่างเดียว

ผลการประเมินคุณลักษณะทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์แสดงใน Table 4 พบว่า อัตราส่วนระหว่างคาราจีแนนและกลูโคแมนแนน มีผลต่อคะแนนความชอบด้านลักษณะปรากฏและความชอบโดยรวมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) แต่ไม่มีผลต่อค่าสีและรสชาติอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) โดยผลิตภัณฑ์ที่เตรียมจากสารผสมที่อัตราส่วน 70:30 ได้รับคะแนนความชอบด้านลักษณะปรากฏ สี รสชาติ และความชอบโดยรวมสูงกว่าอัตราส่วนอื่นๆ อย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) เมื่อสัดส่วนของกลูโคแมนแนนในสารผสมสูงจะทำให้ผลิตภัณฑ์มีความแข็งแรง ช่วยให้ผลเป็นแนวทางเดียวกันกับผลการทดสอบทางกายภาพด้านเนื้อสัมผัส เมื่อพิจารณาคะแนนความชอบด้านเนื้อ

สัมผัส ความชอบโดยรวม ค่าความแข็งของเจล ของผลิตภัณฑ์มาตรฐานมากที่สุด สามารถใช้เป็นเกณฑ์ในการตัดสินใจเลือกผลิตภัณฑ์เยลลี่ธัญพืชที่เตรียมจากสารผสมระหว่างคาราจีแนนและกลูโคแมนแนน ใน

อัตราส่วน 70:30 ที่ระดับร้อยละ 1.0 ไปวิเคราะห์คุณค่าทางโภชนาการ และทดสอบการเปลี่ยนแปลงคุณลักษณะในระหว่างการเก็บรักษาต่อไป

Table 3 Physical and chemical properties^a of cereal jelly at different ratio of carrageenan and glucomannan

Ratio of Carrageenan and Glucomannan	Physical and chemical properties					
	hardness (N)	gumminess (N.sec)	springiness (N.sec)	Total solid (%) ^{ns}	pH	Syneresis (%)
70:30	3.90 ± 0.47 ^b	1.82 ± 0.27 ^b	1.21 ± 0.05 ^{cd}	15.21 ± 0.98	5.96 ± 0.03 ^b	1.69 ± 0.03
60:40	2.49 ± 0.56 ^d	1.32 ± 0.26 ^c	1.44 ± 0.34 ^c	15.70 ± 0.62	5.97 ± 0.06 ^b	1.74 ± 0.03
50:50	3.13 ± 0.41 ^c	1.82 ± 0.27 ^b	1.25 ± 0.12 ^{cd}	16.50 ± 1.93	6.08 ± 0.03 ^a	1.79 ± 0.21
40:60	2.14 ± 0.35 ^e	1.20 ± 0.18 ^c	1.73 ± 0.51 ^b	18.47 ± 3.14	6.01 ± 0.06 ^{ab}	1.87 ± 0.22
30:70	1.26 ± 0.28 ^f	0.70 ± 0.12 ^d	2.52 ± 0.66 ^a	17.17 ± 2.50	6.01 ± 0.06 ^{ab}	2.08 ± 0.14
Reference	5.11 ± 0.61 ^a	4.19 ± 0.61 ^a	0.48 ± 0.21 ^d	16.22 ± 0.58	5.23 ± 0.03 ^c	1.48 ± 0.25

Remark: ^aEach value is expressed as mean±SD (n = 3) and means having different superscript letters within a same column are significantly different (p< 0.05).

Table 4 Consumer acceptance score^a of cereal jelly at different ratio of carrageenan and glucomannan

Ratio of Carrageenan and Glucomannan	Appearance	Color ^{ns}	Taste ^{ns}	Texture	Overall liking score
70:30	7.53 ± 1.07 ^a	7.06 ± 0.94	6.63 ± 1.18	7.03 ± 0.89 ^a	7.27 ± 1.17 ^a
60:40	6.20 ± 1.24 ^b	7.36 ± 0.96	6.97 ± 1.32	5.93 ± 1.36 ^b	6.27 ± 1.14 ^b
50:50	5.33 ± 0.96 ^c	6.93 ± 0.52	6.27 ± 1.01	5.40 ± 1.22 ^c	5.97 ± 0.99 ^c
40:60	5.07 ± 1.14 ^d	6.90 ± 0.71	6.37 ± 0.85	5.13 ± 1.36 ^{cd}	5.97 ± 1.25 ^{cd}
30:70	4.73 ± 1.08 ^d	7.03 ± 0.80	6.23 ± 1.04	4.80 ± 1.42 ^d	5.10 ± 1.37 ^d

Remark: ^aEach value is expressed as mean±SD (n = 3) and means having different superscript letters within a same column are significantly different (p< 0.05).

3. ผลการศึกษาคุณค่าทางโภชนาการและอายุการเก็บรักษาของผลิตภัณฑ์เยลลี่ธัญพืชที่พัฒนาขึ้น

จากผลการวิเคราะห์พบว่าผลิตภัณฑ์ที่พัฒนาขึ้นมีคุณค่าทางโภชนาการดังแสดงใน Table 5 ซึ่งเมื่อนำมาเปรียบเทียบกับผลิตภัณฑ์เยลลี่ทั่วไป โดยอ้างอิงจากเยลลี่รสผลไม้พบว่าในปริมาณที่เท่ากันเยลลี่รสผลไม้จะประกอบไปด้วยโปรตีนเพียงร้อยละ 0.08 และมีค่าพลังงานความร้อนถึง 146.17 กิโลแคลอรีต่อตัวอย่าง 100 กรัม [9] และตามกฎหมายให้ระบุข้อความว่า “เด็กควรบริโภคแต่น้อย” ไว้บนกล่อง

เนื่องจากผลิตภัณฑ์นี้ไม่มีสารอาหารอื่นที่มีประโยชน์ นอกจากน้ำตาลและน้ำตาล ซึ่งถ้าเด็กบริโภคในปริมาณมากเกินไปจะทำให้ไม่สามารถกินอาหารชนิดอื่นที่มีประโยชน์ได้อีก [10] จะเห็นได้ว่าเยลลี่ธัญพืชที่พัฒนาขึ้นให้พลังงานน้อยกว่า แต่ให้โปรตีนในปริมาณที่มากกว่าผลิตภัณฑ์เยลลี่ทั่วไปตามท้องตลาด

*Khing_kha@hotmail.com

อาจารย์ประจำ สาขาวิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร คณะเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยราชภัฏลำปาง, ลำปาง
Lecturer, Food Science and Technology Section, Faculty of Agricultural Technology, Lampang Rajabhat University, Lampang

Table 5 Proximate compositions of developed cereal jelly

Components	Values ^a
Moisture (%db ^b)	80.60±0.03
Crude protein (%db ^b)	3.67±0.09
Crude lipid (%db ^b)	5.75±0.03
Crude fiber (%db ^b)	0.62±0.07
Ash (%db ^b)	1.80±0.01
Carbohydrate (%db ^b)	7.56
Total Carbohydrate (%db ^b)	8.18±0.08
Total Energy (Kcal/100g)	96.70±0.41

Remark: ^aEach value is expressed as mean±SD (n = 3).^bDry weight basis of the original sample.

ในส่วนของการเก็บรักษา ผู้วิจัยได้ทำการทดสอบจำนวนเชื้อจุลินทรีย์ทั้งหมด ปริมาณยีสต์-รา การ

วัดเนื้อสัมผัส และค่าการแยกตัวของน้ำ ต่อการเปลี่ยนแปลงคุณลักษณะของผลิตภัณฑ์เยลลี่น้ำนมธัญพืชระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 8±2 องศาเซลเซียส โดยจำนวนเชื้อจุลินทรีย์ทั้งหมด และปริมาณยีสต์-ราเป็นตัวกำหนดการสิ้นสุดอายุการเก็บรักษา โดยทำการสุ่มตัวอย่างมาทำการทดสอบทุกๆ 2 วัน พบว่าเมื่อเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ที่อุณหภูมิ 8±2 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 14 วัน มีจำนวนเชื้อจุลินทรีย์ทั้งหมดเท่ากับ 1.42×10^4 CFU/g (Table 6) ซึ่งเกินเกณฑ์ที่กำหนดโดยเชื้อจุลินทรีย์ทั้งหมด มีจำนวนเพิ่มขึ้นตามระยะเวลาในการเก็บรักษา จึงทำให้ผลิตภัณฑ์เกิดการเสื่อมเสีย ซึ่งอาจเกิดจากเชื้อจุลินทรีย์ที่เหลือรอดจากการพาสเจอร์ไรส์เจริญเติบโตในสภาวะที่เหมาะสม โดยเชื้อจุลินทรีย์ที่พบในผลิตภัณฑ์อาจเป็นกลุ่ม psychrophiles ที่สามารถเจริญเติบโตได้ดีที่อุณหภูมิต่ำเย็น

Table 6 Total microbial^a (CFU/g) and total yeast and mold^a (CFU/g) of developed cereal jelly at 8±2°C during 14 days.

Microbial (CFU/g)	Day of storage							
	0	2	4	6	8	10	12	14
Total Microbial	<10	<10	2.33×10^1	2.94×10^2	5.10×10^2	2.66×10^3	6.98×10^3	1.42×10^4
Yeast and Mold	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	1.13×10^2

Remark: ^aEach value is expressed as mean ± SD (n = 3) and means having different superscript letters within a same column are significantly different ($p \leq 0.05$).

นอกจากนี้ยังพบว่า ระยะเวลาการเก็บรักษามีผลต่อค่าความแข็งของเจล ความเหนียว และความยืดหยุ่นของอาหารอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) (Table 7) โดยมีค่าลดลงตามระยะเวลาการเก็บรักษานานขึ้น สำหรับค่าการแยกตัวของน้ำพบว่ามีค่าการแยกตัวของน้ำที่เพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

($p \leq 0.05$) เมื่อการเก็บรักษานานขึ้นมีผลทำให้เจลมีความอ่อนตัวลง และเกิดการแยกตัวของน้ำเพิ่มขึ้นเนื่องจากร่างแหโพลีเมอร์ในโครงสร้าง 3 มิติของเจลหดตัวเข้าใกล้กันมากขึ้น ทำให้น้ำที่กักเก็บอยู่ภายในถูกบีบออกมาด้านนอกของเจล โดยการแยกตัวของน้ำจะมีปริมาณเพิ่มตามระยะเวลาการเก็บรักษา [11]

Table 7 Physical and chemical properties^a of developed cereal jelly at 8±2°C during 14 days.

Storage day	Physical and chemical properties			
	Hardness (N)	Gumminess (N.sec)	Springiness (N.sec)	Syneresis (%)
0	3.66 ± 0.30 ^a	1.98 ± 0.20 ^a	1.41 ± 0.12 ^a	1.51 ± 0.38 ^d
2	3.89 ± 0.42 ^a	1.81 ± 0.34 ^a	1.24 ± 0.13 ^b	1.55 ± 0.12 ^{cd}
4	3.56 ± 0.22 ^b	1.80 ± 0.21 ^a	1.22 ± 0.15 ^b	1.49 ± 0.29 ^d
6	3.32 ± 0.12 ^c	1.54 ± 0.14 ^b	1.21 ± 0.07 ^b	1.92 ± 0.22 ^{bc}
8	2.49 ± 0.56 ^{ab}	1.54 ± 0.05 ^b	1.12 ± 0.11 ^{bc}	2.01 ± 0.19 ^{ab}
10	2.76 ± 0.19 ^c	1.34 ± 0.20 ^{bc}	1.05 ± 0.11 ^{cd}	2.06 ± 0.19 ^{ab}
12	2.22 ± 0.19 ^d	1.12 ± 0.06 ^c	0.94 ± 0.10 ^{de}	2.39 ± 0.18 ^a
14	2.09 ± 0.22 ^{cd}	1.13 ± 0.16 ^c	0.90 ± 0.07 ^e	2.21 ± 0.03 ^{ab}

Remark: ^aEach value is expressed as mean±SD (n = 3) and means having different superscript letters within a same column are significantly different (p< 0.05).

ดังนั้นเมื่อพิจารณาจากจำนวนเชื้อจุลินทรีย์ทั้งหมด ปริมาณยีสต์-รา การทดสอบคุณภาพทางกายภาพและเคมี ผลิตภัณฑ์เยลลี่ธัญพืชสามารถเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 8±2 องศาเซลเซียส ได้เป็นระยะเวลา 12 วัน

สรุป

จากการศึกษาผลของปริมาณสารที่ทำให้เกิดเจลที่เหมาะสมในการผลิตเยลลี่ธัญพืชพบว่า ปริมาณคาราจีแนน และกลูโคแมนแนน ในอัตราส่วน 9:1 ในระดับร้อยละ 1.0 เป็นปริมาณที่เหมาะสมในการผลิตส่วนอัตราส่วนของสารผสมระหว่างคาราจีแนนและกลูโคแมนแนน ที่อัตราส่วน 70 : 30 ผู้บริโภคให้คะแนนความชอบโดยรวมสูงที่สุดและสอดคล้องกับการทดสอบคุณภาพทางกายภาพและเคมีใกล้เคียงกับผลิตภัณฑ์ต้นแบบมากที่สุด ดังนั้นจึงนำผลิตภัณฑ์ที่พัฒนาขึ้นตามสูตรดังกล่าวไปศึกษาคุณค่าทางโภชนาการและการเปลี่ยนแปลงคุณภาพระหว่างการเก็บรักษา ที่อุณหภูมิ 8±2 องศาเซลเซียส จากผลการวิเคราะห์พบว่าผลิตภัณฑ์ที่พัฒนาขึ้นประกอบไปด้วยโปรตีน ร้อยละ 3.67 คาร์โบไฮเดรต ร้อยละ 7.56 ไขมัน ร้อยละ 5.75 ปริมาณเถ้าทั้งหมด ร้อยละ 1.80 ปริมาณเส้นใยร้อยละ 0.62 และค่าพลังงานความร้อน 96.70

กิโลแคลอรีต่อตัวอย่าง 100 กรัม ในส่วนของอายุการเก็บรักษาพบว่าผลิตภัณฑ์เยลลี่ธัญพืชในภาชนะพลาสติกโพลีเอทิลีน ชนิดมีฝาปิดสนิท สามารถเก็บรักษาได้ 12 วัน ที่อุณหภูมิ 8±2 องศาเซลเซียส

เอกสารอ้างอิง

- [1] สุทธิวัฒน์ แซ่ฮ้อ, ญัฐพัฒน์ วัฒนกฤษฎา, ผาณิต ไทยยันโต และ เบญจวรรณ ธรรมณารักษ์. (2554). การพัฒนาผลิตภัณฑ์เยลลี่คาราจีแนนสูตรน้ำผัก. วารสารวิทยาศาสตร์เกษตร. 42:2 (พิเศษ) พฤษภาคม - สิงหาคม 2554.
- [2] สายสมร พลุพันธ์. (2547). ผลของสารที่ทำให้เกิดเจลต่อคุณลักษณะผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มเยลลี่รสนมผสมน้ำสตอเบอร์รี่. ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาเทคโนโลยีการอาหาร. มหาวิทยาลัยศิลปากร. กรุงเทพฯ
- [3] AOAC. (2000). Official methods of analysis of AOAC International. 17th ed. Arlington, VA. USA.
- [4] Puvanenthiran, A., Williams, R.P.W., and Augustin, M.A. (2002). Structure and Visco-elastic properties of set yoghurt with altered casein to whey protein

*Khing_kha@hotmail.com

- ratios. International Diary Journal. 12: 389-391.
- [5] สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน. (2547). มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนเยลลี่เหลว เยลลี่อ่อน และเยลลี่แข็ง (มผช519/2547). [ระบบออนไลน์]. แหล่งที่มา http://app.tisi.go.th/otop/pdf_file/tcps518_47.pdf. (10 มกราคม 2557).
- [6] Langendorff, V., Cuvelier, G., Launay, B., Michon, C., Parker, A., and Kruif, C.G.D. (1999). Casein micelle/iota carrageenan in interactions in milk: influence of temperature. Food Hydrocolloids. 13(3): 211-218.
- [7] วราภรณ์ วิทยาภรณ์. (2543). การศึกษาสมบัติของ เจลผสมระหว่างแคปปา-คาร์ราจีแนนกับกลูโคแมนแนนและการประยุกต์ใช้ในผลิตภัณฑ์เยลลี่. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. กรุงเทพฯ.
- [8] Tye, R.J. (1991). Konjac flour: Properties and application. Food Technology. 45(3):86 – 92.
- [9] สำนักงานพัฒนาการวิจัยการเกษตร. เยลลี่ผลไม้. [ระบบออนไลน์]. แหล่งที่มา http://www.arda.or.th/kasetinfo/silk/index.php?option=com_content&view=article&id=95&Itemid=8 (4 พฤศจิกายน 2558).
- [10] วิสิฐ จະวะสิต และสิตติมา จิตตินันท์. (2537). รู้จักอาหารจากฉลาก: วัสดุสำเร็จ และขนม เยลลี่. นิตยสารหมอชาวบ้าน เล่มที่: 178. กุมภาพันธ์ 2537.
- [11] Piculell, L. (1995). Gelling carageenans. In: Stephen, A.M., ed. Food polysaccharides and their applications. Marcel Dekker, Inc. New York. pp. 205-244.