



บทความวิจัย

## ผลของการจี้แน่นต่อคุณภาพของเยลลี่ถั่วเหลืองพะงอก

พรทิพย์ ธนตฤกุล\*

สาขาวิชาอุตสาหกรรมอาหาร คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏธนบุรี กรุงเทพฯ

\*Email: pomtip.t@dru.ac.th

รับบทความ: 8 มีนาคม 2565 แก้ไขบทความ: 28 เมษายน 2565 ยอมรับตีพิมพ์: 29 พฤษภาคม 2565

### บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของการจี้แน่น 5 ระดับ (0.4, 0.5, 0.6, 0.7 และ 0.8%) ต่อคุณภาพของผลิตภัณฑ์เยลลี่ถั่วเหลืองพะงอก ผลการวิจัยพบว่าปริมาณการจี้แน่น มีผลต่อลักษณะเยลลี่ถั่วเหลืองพะงอกอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยผลิตภัณฑ์เยลลี่ถั่วเหลืองพะงอกสูตรที่ 3 (การจี้แน่น 0.6%) มีคะแนนการยอมรับด้านความนุ่ม (คะแนน 7.13) และความชอบโดยรวม (คะแนน 6.90) สูงที่สุด มีค่าการแยกตัวของน้ำร้อยละ 6.00 ค่าความแข็ง 709.00 g force ค่าการยืดติด 71.32 g force-sec และค่าความเหนียว 589.50 g force ค่า  $L^*$  73.03 ค่า  $a^*$  -1.05 ค่า  $b^*$  6.28 องค์ประกอบทางเคมีของเยลลี่ถั่วเหลืองพะงอก มีปริมาณความชื้น 90.97% ไขมัน 0.41% โปรตีน 2.23% โปรรตีน 4.06% ไขมัน 1.28% และคาร์โบไฮเดรต 2.33% มีค่าพลังงาน 45.68 kcal มีสารประกอบฟีนอลิก 1.84 mg GAE/g และมีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ 9.14  $\mu\text{mol trolox equivalents/g}$

**คำสำคัญ:** การจี้แน่น คุณภาพทางเคมี คุณภาพทางประสาทสัมผัส เยลลี่ถั่วเหลืองพะงอก ลักษณะเนื้อสัมผัส

### อ้างอิงบทความนี้

พรทิพย์ ธนตฤกุล. (2565). ผลของการจี้แน่นต่อคุณภาพของเยลลี่ถั่วเหลืองพะงอก. วารสารวิทยาศาสตร์และวิทยาศาสตร์ศึกษา, 5(2), 215-224. <http://doi.org/10.14456/jsse.2022.24>

Research Article

## Effect of Carrageenan on Quality of Germinated Soybean Jelly

Porntip Thanaratikul\*

*Food Industry Program, Faculty of Science and Technology, Dhonburi Rajabhat University, Bangkok.*

*\*Email: porntip.t@dru.ac.th*

Received <8 March 2022>; Revised <28 April 2022>; Accepted <29 May 2022>

---

### Abstract

The purpose of this research was to investigate the effect of carrageenan 5 scale (0.4, 0.5, 0.6, 0.7 and 0.8%) on quality of germinated soybean jelly. Results showed that level of carrageenan had a significant effect on the qualities of germinated soybean jelly. Jelly formulas 3 (carrageenan 0.6%) had the highest score of softness (score 7.13) and overall acceptance (score 6.90). The physical qualities including syneresis, hardness, adhesiveness, gumminess, L\*, a\* and b\* were 6.00, 709.00 g force, 71.32 g force-sec, 589.50 g force, 73.03, -1.05 and 6.28, respectively. The chemical composition of germinated soybean jelly contained moisture 90.97%, ash 0.41%, crude fat 2.23%, crude protein 4.06%, crude fiber 1.28% and carbohydrate 2.33% energy 45.68 kcal, total phenolic content 1.84 mg GAE/g and antioxidant activity 9.14  $\mu\text{mol}$  trolox equivalents/g.

**Keywords:** Carrageenan, chemical quality, sensory quality, germinated soybean jelly, texture

---

**Cite this article:**

Thanaratikul, P. (2022 ). Effect of Carrageenan on Quality of Germinated Soybean Jelly (in Thai). *Journal of Science and Science Education*, 5(2), 215-224. <http://doi.org/10.14456/jsse.2022.24>

## บทนำ

ถั่วเหลืองมีสารอาหารประเภทโปรตีนเป็นองค์ประกอบสูงถึงร้อยละ 35-40 ซึ่งเป็นโปรตีนจากพืชที่มีกรดอะมิโนจำเป็นครบถ้วน จึงนิยมนำมาใช้เป็นวัตถุดิบสำคัญในการประกอบอาหารที่ทดแทนเนื้อสัตว์ได้ โดยเฉพาะอาหารสำหรับกลุ่มผู้สูงอายุและผู้รักสุขภาพ (Tanjor, Chitisankuland and Watanasuchat, 2016) โดยกระบวนการเพาะงอก (Germination) จะทำให้ได้ปริมาณสารอาหารที่มีคุณค่าทางโภชนาการและสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพเพิ่มสูงขึ้น (Sangronis *et al.*, 2006; Chumsri *et al.*, 2019) เยลลี่เป็นผลิตภัณฑ์ที่มีลักษณะกึ่งแข็ง เนื้อสัมผัสนุ่ม (Thai Industrial Standards Institute, 2004) เยลลี่ที่มีคุณภาพดีควรมีลักษณะเนื้อสัมผัสเนียน อ่อนนุ่มและลื่น มีความคงตัวดี เมื่อแกะออกจากภาชนะ สามารถตัดด้วยช้อนหรือมีดได้ง่าย โดยไม่เหนียวติดช้อนหรือมีด (Kaewrukka and Lungmann, 2018) เยลลี่เป็นอาหารเจลที่มีโครงสร้างระบบไฮโดรคอลลอยด์ ประกอบด้วยของเหลวและของแข็ง โดยของเหลวจะเป็นตัวกลางและของแข็งอยู่ในโครงสร้างทำหน้าที่ประสานกันเป็นร่างแห การเกิดโครงสร้างเจลจะขึ้นอยู่กับปริมาณส่วนผสมที่ใช้ ทำให้เกิดสมดุลของแรงดึงดูดกับแรงผลักระหว่างอนุภาคคอลลอยด์และสารที่เป็นของเหลวซึ่งมีผลโดยตรงต่อลักษณะเนื้อสัมผัสของเยลลี่ (Hongsprabhas, 2002) ปัจจุบันมีการพัฒนาเยลลี่เพื่อสุขภาพ รวมถึงเป็นอาหารเพื่อช่วยผู้ที่มีปัญหาในการเคี้ยวและการกลืน (Halee, Navech and Voraaroon 2018; Ruangvicha and Panomai, 2020) เช่น เยลลี่ธัญพืช เยลลี่ข้าวไรซ์เบอร์รี่ เยลลี่คาราจีแนนสูตรน้ำผัก เป็นต้น (Saehor *et al.*, 2011; Tasiri *et al.*, 2015; Tinakorn Na Ayutthaya and Putduang, 2016; Yuenyongputtakal *et al.*, 2017) โดยมีการศึกษาการใช้สารทำให้เกิดเจลในการผลิตเยลลี่หลายชนิด เช่น คาราจีแนน วุ้น เพกติน กัม กลูโคแมนแนน โลคัสปินกัม เจลาติน และบุก เป็นต้น แม้ว่าจะงานวิจัยก่อนหน้านี้จะพบว่า การใช้คาราจีแนนเป็นสารทำให้เกิดเจลที่มีลักษณะไม่คงตัวและเปรี้ยว แต่จากงานวิจัยของ Yuenyongputtakal, Wichienchot and Sukatta (2017) พบว่าการใช้คาราจีแนนในเยลลี่ข้าวไรซ์เบอร์รี่ที่เติมพิวเร่เนื้อมะพร้าวอ่อนและน้ำสับปะรดให้ลักษณะเนื้อสัมผัสที่ดี มีความแข็งไม่น้อยหรือมากเกินไป และได้รับคะแนนความชอบโดยรวมและคะแนนความชอบด้านการเคี้ยวและการกลืนมากที่สุด แสดงให้เห็นว่าคาราจีแนนเป็นสารทำให้เกิดเจลที่ให้ลักษณะเนื้อสัมผัสที่เหมาะสมสำหรับการเคี้ยวและกลืน งานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาผลิตภัณฑ์เยลลี่ถั่วเหลืองเพาะงอก โดยศึกษาผลของคาราจีแนนต่อคุณภาพเยลลี่ถั่วเหลืองเพาะงอกให้มีเนื้อสัมผัสอ่อนนุ่มและรสชาติที่เป็นที่ยอมรับ เพื่อเป็นทางเลือกการพัฒนาเยลลี่ที่สามารถเคี้ยวและกลืนได้ง่ายต่อไป

## วิธีดำเนินการวิจัย

การเตรียมตัวอย่างเมล็ดถั่วเหลืองเพาะงอก โดยใช้เมล็ดถั่วเหลืองสายพันธุ์เชียงใหม่ 60 (ศูนย์วิจัยและพัฒนาเมล็ดพันธุ์พืช จังหวัดพิษณุโลก) นำมาคัดแยกสิ่งปนเปื้อนและล้างทำความสะอาด จากนั้นนำเมล็ดถั่วเหลืองแช่น้ำเป็นเวลา 4 ชั่วโมง แล้วทำการเพาะงอกเป็นเวลา 12 ชั่วโมง เมื่อครบกำหนดเวลานำตัวอย่างเมล็ดถั่วเหลืองที่ผ่านการเพาะงอกมาล้างทำความสะอาด และสะเด็ดน้ำให้แห้ง ก่อนนำไปศึกษาในขั้นตอนต่อไป

การศึกษามลของการใช้สารคาราจีแนนต่อคุณภาพของเยลลี่ถั่วเหลืองเพาะงอก โดยดัดแปลงสูตรเยลลี่ของ Tinakorn Na Ayutthaya and Putduan (2016) ทำการแปรปริมาณสารคาราจีแนน 5 ระดับ คือ ร้อยละ 0.4, 0.5, 0.6, 0.7 และ 0.8 (ตารางที่ 1)

ตารางที่ 1 สูตรเยลลี่ถั่วเหลืองเพาะงอก

ส่วนผสม	ปริมาณ (ร้อยละ)				
	สูตรที่ 1	สูตรที่ 2	สูตรที่ 3	สูตรที่ 4	สูตรที่ 5
ถั่วเหลืองเพาะงอก	22	22	22	22	22
น้ำตาล	2	2	2	2	2
น้ำมันรำข้าว	1	1	1	1	1
คาราจีแนน	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8
น้ำ	74.6	74.5	74.4	74.3	74.2

การผลิตเยลลี่ นำเมล็ดถั่วเหลืองเพาะงอกและน้ำ ปั่นผสมให้ละเอียด กรองด้วยผ้าขาวบาง ผสมน้ำมันรำข้าว (ยี่ห้อหยก) นำไปให้ความร้อนที่อุณหภูมิ 70±5 องศาเซลเซียส เติมน้ำตาลทราย (ยี่ห้อลิน) และคาราจีแนน (บริษัท ทีซี

เอส แปซิฟิก จำกัด) คนผสมให้ละลายเข้ากัน ให้ความร้อนนาน 15 นาที บรรจุในถ้วยพลาสติกโพลีโพรพิลีนขนาด 2 ออนซ์ ตั้งทิ้งไว้ให้ตัวอย่างเกิดเจลที่อุณหภูมิห้อง นานประมาณ 30 นาที ปิดฝาถ้วย แล้วนำไปเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส ก่อนนำมาทำการวิเคราะห์คุณภาพดังต่อไปนี้

คุณภาพด้านกายภาพ ได้แก่ ลักษณะปรากฏ ด้วยการประเมินลักษณะทั่วไป สี และลักษณะเนื้อสัมผัสด้วยสายตา ตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนเยลลี่อ่อน (Thai Industrial Standards Institute, 2004) การแยกตัวของน้ำ คัดแปลงจากวิธีของ Khouryieh *et al.* (2005) โดยชั่งน้ำหนักเยลลี่ถ้วยเหลืองแพะงอกจำนวน 20 กรัม วางบนกระดาษกรองเบอร์ 1 ที่วางบนตะแกรง ที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 2 ชั่วโมง คำนวณหาค่าการแยกตัวของน้ำจากน้ำหนักตัวอย่างที่แยกออกมาจากการทดสอบ รายงานค่าในหน่วยร้อยละ ลักษณะเนื้อสัมผัส ทดสอบด้วยวิธี texture profile analysis (TPA) ด้วยเครื่อง Texture analyzer (Stable Micro System Ltd., U.K.) หัววัดชนิด P/100 ค่า pre-test speed 1 mm/s ค่า Test speed 1 mm/s ค่า Post-test speed 1 mm/s ค่า strain 25% ทดสอบตัวอย่างที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส รายงานผลเป็นค่า hardness adhesiveness และ gumminess การยอมรับต่อลักษณะทางประสาทสัมผัส ด้านสี กลิ่น รส ความนุ่ม ความชอบโดยรวม ด้วยวิธี 9-points hedonic scale โดยผู้ทดสอบชิมจำนวน 40 คน ทำการคัดเลือกสูตรต้นแบบ จากสูตรที่มีคะแนนการยอมรับต่อลักษณะทางประสาทสัมผัสมากที่สุด จากนั้นนำวิเคราะห์โดยวัดค่าความสว่าง (L\*) ค่าสีเขียว (a\*) และค่าสีเหลือง (b\*) ใน ระบบ CIELAB ด้วยเครื่อง UV-Vis spectrophotometer (ยี่ห้อ Shimadzu) วัดค่าความเป็นกรดต่าง ด้วยเครื่องวัดค่าความเป็นกรด-ต่าง (ยี่ห้อ OHAUS) และองค์ประกอบทางเคมี ได้แก่ ปริมาณความชื้น ไขมัน โปรตีน กากใย เถ้า ตามวิธีของ AOAC (2005) และคาร์โบไฮเดรต คำนวณโดยวิธีอาศัยผลต่าง ค่าพลังงานโดยวิธีการคำนวณ รายงานค่าในหน่วยกิโลแคลอรี (Kcal) ค่าปริมาณสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพโดยวิธีการสกัดสารสำคัญคัดแปลงจากวิธีของ Kim and Lee (2002) และ Rodriguez-Saona and Wrolstad (2001) ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด (total phenolic contents) ใช้วิธี Folin Ciocalteu reagent method โดยคัดแปลงจากวิธีของ Maizura *et al.* (2011) การวิเคราะห์คุณสมบัติต้านออกซิเดชัน ด้วยวิธี DPPH ใช้วิธีของ Du *et al.* (2009) การวิเคราะห์คุณภาพทางจุลินทรีย์ หาปริมาณจำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมด ยีสต์ และรา ปริมาณสแตปทีโลค็อกคัส (*Staphylococcus aureus*) ตามวิธีของ BAM (2001) ปริมาณเอสเชอริเชีย อีโคไล (*E.coli*) ตามวิธีของ BAM (2002)

การวิเคราะห์ทางสถิติ วิเคราะห์ความแปรปรวนของข้อมูล คุณภาพทางกายภาพ องค์ประกอบทางเคมี และจุลินทรีย์ โดยการวางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (complete randomized design) ทำการทดลอง 3 ซ้ำ การยอมรับต่อลักษณะทางประสาทสัมผัส ใช้การวางแผนการทดลองแบบบล็อกสุ่มสมบูรณ์ (randomized complete block design) และเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยด้วยวิธี Duncan's new multiple range test ที่ระดับความเชื่อมั่น 95% โดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป SPSS

## ผลการวิจัยและอภิปรายผล

### 1. ผลของการใช้สารคาราจีแนนต่อคุณภาพของเยลลี่ถ้วยเหลืองแพะงอก

#### 1.1 ลักษณะปรากฏของเยลลี่ถ้วยเหลืองแพะงอก

การประเมินลักษณะปรากฏของเยลลี่ถ้วยเหลืองแพะงอกด้วยสายตา ตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนเยลลี่อ่อน (Thai Industrial Standards Institute, 2004) พบว่าผลิตภัณฑ์เยลลี่ถ้วยเหลืองแพะงอกแต่ละสูตรมีลักษณะปรากฏแตกต่างกัน แสดงดังภาพที่ 1 เยลลี่ถ้วยเหลืองแพะงอกสูตรที่ 1 มีลักษณะเยลลี่ เป็นวุ้น แต่ไม่คงรูปเมื่อเทออกจากภาชนะ ขณะที่สูตรที่ 2 3 และ 4 เยลลี่มีลักษณะเป็นวุ้นอ่อน คงรูปเมื่อเทออกจากภาชนะ เช่นเดียวกับสูตรที่ 5 ที่มีลักษณะเยลลี่คงรูปเมื่อเทออกจากภาชนะ แต่มีลักษณะของวุ้นที่แข็ง ลักษณะปรากฏด้านสีของเยลลี่ถ้วยเหลืองแพะงอกมีสีครีมในทุกสูตร ลักษณะปรากฏด้านลักษณะเนื้อสัมผัสของเยลลี่ถ้วยเหลืองแพะงอกสูตรที่ 1 2 3 และ 4 มีลักษณะนุ่มหยุ่นตัว ขณะที่เยลลี่ถ้วยเหลืองแพะงอกสูตรที่ 5 มีลักษณะแข็ง ไม่หยุ่นตัว ซึ่งตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนเยลลี่อ่อน กำหนดไว้ว่าเยลลี่อ่อนต้องมีลักษณะเป็นก้อนวุ้น คงรูปเมื่อเทออกจากภาชนะ มีสีดีตามธรรมชาติของส่วนประกอบที่ใช้ และสม่ำเสมอ มีกลิ่นรสที่ดีตามธรรมชาติของส่วนประกอบที่ใช้ ไม่มีกลิ่นแอลกอฮอล์ ปราศจากกลิ่นรสอื่นที่ไม่พึงประสงค์ โดยมีลักษณะเนื้อสัมผัสที่ต่อนุ่ม หยุ่นตัว ไม่แข็งกระด้าง ซึ่งจะพบว่าเยลลี่สูตรที่ 1 และ 5 ไม่เป็นไปตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน ดังกล่าว



ภาพที่ 1 ลักษณะปรากฏของเยลลี่ถั่วเหลืองเพาะงอกสูตรต่าง ๆ

### 1.2 การแยกตัวของน้ำของเยลลี่ถั่วเหลืองเพาะงอก

การศึกษาการแยกตัวของน้ำของเยลลี่ถั่วเหลืองเพาะงอก พบว่า เยลลี่ถั่วเหลืองเพาะงอกสูตรต่าง ๆ มีค่าการแยกตัวของน้ำแตกต่างกัน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $P < 0.05$ ) (ตารางที่ 2) โดยเยลลี่ถั่วเหลืองเพาะงอกสูตรที่ 1 2 3 4 และ 5 มีค่าการแยกตัวของน้ำ อยู่ในช่วงร้อยละ 4.48-7.06 ผลการศึกษาการแยกตัวของน้ำของเยลลี่ถั่วเหลืองเพาะงอก พบว่า ค่าการแยกตัวของน้ำของเยลลี่ถั่วเหลืองเพาะงอกแปรผกผันกับปริมาณการใช้คาราจีแนน โดยเมื่อปริมาณของคาราจีแนนเพิ่มขึ้น ค่าการแยกตัวของน้ำจะน้อยลง ซึ่งเป็นผลมาจากสารคาราจีแนนจะเพิ่มความยืดหยุ่นให้กับเยลลี่ ทำให้การหดตัวของเยลลี่ลดลง การไหลซึมแยกตัวออกของน้ำจากเยลลี่จึงลดลง (Ako, 2015) ทั้งนี้สูตรที่ 4 และ 5 มีค่าการแยกตัวของน้ำน้อย เนื่องจากปริมาณคาราจีแนนที่มากขึ้นทำให้เจลมีความแข็งแรงสูง โดยเจลที่เกิดขึ้นในระบบจากการรวมตัวกันระหว่างพันธะคู่ (double helices) ของคาราจีแนน ส่งผลให้โครงสร้างตาข่ายของเจลมีความคงตัวมากขึ้น จึงทำให้สามารถกักเก็บน้ำไว้ในเจลได้ดี ค่าการแยกตัวของน้ำลดลง (Rattanapanone, 2002; Tinakorn Na Ayutthaya and Putduang, 2016) ส่งผลทำให้ลักษณะปรากฏของเยลลี่ที่ได้มีลักษณะการคงรูปที่ดีกว่า

### 1.3 ลักษณะเนื้อสัมผัสของเยลลี่ถั่วเหลืองเพาะงอก

ลักษณะเนื้อสัมผัสของเยลลี่ถั่วเหลืองเพาะงอก แต่ละสูตรมีค่าแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $P < 0.05$ ) (ตารางที่ 2) ค่า hardness ของเยลลี่ถั่วเหลืองเพาะงอก มีค่าอยู่ในช่วง 523-1,603 g force แสดงให้เห็นว่าค่า hardness ของเยลลี่แปรผันตามกับปริมาณการใช้คาราจีแนน (Dominguez-Courtney *et al.*, 2015; Kaya *et al.*, 2015) โดยเมื่อปริมาณคาราจีแนนน้อย ทำให้เนื้อสัมผัสไม่แข็งตัว (Esuwan *et al.*, 2012) hardness จะมีค่าน้อย เยลลี่จึงมีลักษณะนุ่มมากกว่าเยลลี่ที่มีปริมาณคาราจีแนนสูง เนื่องจากเมื่อปริมาณของคาราจีแนนสูงขึ้น ทำให้จำนวน junction zone เพิ่มขึ้น ทำให้เกิดการแข็งตัวเป็นเจลที่มีโครงสร้างแข็งแรงขึ้น (Esuwan *et al.*, 2012; Rattanapanone, 2002) จึงต้องใช้แรงกดในการทำให้เยลลี่เสียรูปมากขึ้น (Thanomwong, 2009) ดังนั้นเมื่อเพิ่มปริมาณคาราจีแนน จะทำให้ค่า hardness มีแนวโน้มเพิ่มมากขึ้น ยกเว้นสูตรที่ 3 ซึ่งมีค่า hardness ต่ำกว่าสูตรที่ 2 ซึ่งอาจเกิดเนื่องจากสูตรที่ 3 อาจมีความเป็นของไหลมากกว่า ทำให้เจลมีความหนาแน่นของโครงสร้างกึ่งก้านในระดับปานกลาง (Pereira *et al.*, 2013; Kreungngern and Chaikham, 2016) หรือคาราจีแนนอาจมีความเจือจางทำให้เกิดเจลได้ไม่ดี (วิษณีย์ สันทนต์ และอุดมลักษณ์, 2560) เจลจึงมีค่าความแข็งแรงน้อยกว่า นอกจากนี้ยังพบว่าค่า hardness สูตรที่ 5 มีค่าลดลง อาจเกิดเนื่องจากโครงสร้างของคาราจีแนนที่เป็นพอลิแซ็กคาไรด์ที่มีประจุลบ (anionic polysaccharide) และมีหมู่ซัลเฟตอยู่ภายในโมเลกุล (Apirattananusorn, Rueangwatcharin and Maicaurkaew, 2020) เมื่อปริมาณคาราจีแนนเพิ่มขึ้น ปริมาณซัลเฟตที่มีมากขึ้นทำให้เกิดส่วนหักงอในสายพอลิแซ็กคาไรด์ส่งผลให้ไปขัดขวางการสร้าง double helices ของเจลคาราจีแนน ทำให้เจลที่ได้มีความแข็งแรงลดลง (Stanley, 1990) หรืออาจเกิดการผลึกกันของประจุลบของคาราจีแนนในระบบทำให้การเจลมีลักษณะนิ่มและเปราะมากขึ้น (Treeinthong Raksakulthai and Runglerdkria, 2016) ค่า gumminess ของเยลลี่ถั่วเหลืองเพาะงอก มีค่าอยู่ในช่วง 407.50-1,200.50 g force ซึ่งมีแนวโน้มเช่นเดียวกับค่า hardness โดยค่า gumminess ยิ่งมาก แสดงถึงเจลมีความเหนียวมาก จึงต้องใช้พลังงานในการเคี้ยวมากเพื่อในการเคี้ยวเพื่อให้เนื้อเยลลี่แตกตัวออก และสามารถกลืนได้ (Kreungngern and Chaikham, 2016) ค่า adhesiveness ของเยลลี่ถั่วเหลืองเพาะงอก มีค่าอยู่ในช่วง 49.01-171.54 g force-sec จะพบว่าค่า adhesiveness มีแนวโน้มเพิ่มมากขึ้น เมื่อปริมาณของคาราจีแนนเพิ่มขึ้น เนื่องจากคาราจีแนนทำให้การยึดติดกันของโครงสร้างเจลมากขึ้น เยลลี่มีการยึดเกาะติดกันมากขึ้น ดังนั้นงานที่ต้องใช้การดึงหัววัดออกจากตัวอย่าง จึงมีแนวโน้มเพิ่มมากขึ้น (Kreungngern and Chaikham, 2016) ยกเว้นสูตรที่ 3 ซึ่งอาจเกิดจากเจลมีการสร้างร่างแหไม่สมบูรณ์ (Navasearttavisootr, Suwonsichon and Ritthiruangdej, 2002) เมื่อดึงหัววัดออกจากตัวอย่างจึงมีค่างานที่ต้องใช้น้อย ค่า adhesiveness จึงน้อยกว่า

ตารางที่ 2 ค่าการแยกตัวของน้ำและลักษณะเนื้อสัมผัสของเยลลี่ถั่วเหลืองเพาะงอก

สูตร	ค่าการแยกตัวของน้ำ (ร้อยละ)	ลักษณะเนื้อสัมผัส		
		Hardness (g force)	Gumminess (g force)	Adhesiveness (g force·sec)
1	7.06±0.66 <sup>a</sup>	523.50±3.54 <sup>e</sup>	407.50±3.54 <sup>e</sup>	49.01±0.37 <sup>e</sup>
2	6.62±0.88 <sup>a</sup>	1,000.00±4.24 <sup>c</sup>	747.50±3.54 <sup>c</sup>	79.86±0.02 <sup>c</sup>
3	6.00±0.99 <sup>ab</sup>	709.00±5.66 <sup>d</sup>	589.50±4.95 <sup>d</sup>	71.32±3.75 <sup>d</sup>
4	5.23±0.41 <sup>bc</sup>	1,603.00±16.97 <sup>a</sup>	1,200.50±10.61 <sup>a</sup>	137.47±1.88 <sup>b</sup>
5	4.48±0.24 <sup>c</sup>	1,383.50±13.44 <sup>b</sup>	1,060.50±0.71 <sup>b</sup>	171.54±3.44 <sup>a</sup>

หมายเหตุ : ตัวอักษร <sup>(a-e)</sup> ในแนวตั้ง หมายถึง ค่าเฉลี่ยมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $P \leq 0.05$ )

จากการวิเคราะห์คุณภาพของเยลลี่ถั่วเหลืองเพาะงอก พบว่า สูตรที่ 1 เป็นวันอ่อนมีค่าความนุ่มมาก แต่มีลักษณะปรากฏของเยลลี่ที่เ็นน้ำเนื่องจากมีค่าการแยกตัวของน้ำจากเยลลี่มาก วันจึงไม่คงรูป ขณะที่เยลลี่ถั่วเหลืองเพาะงอกสูตรที่ 5 วันมีลักษณะค่อนข้างแข็งไม่ยุ่ยตัว ดังนั้น เยลลี่ถั่วเหลืองเพาะงอกสูตรที่ 1 และ 5 จึงไม่เป็นไปตามเกณฑ์มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนเยลลี่อ่อน จึงไม่เหมาะที่จะใช้เป็นสูตรต้นแบบ ดังนั้นผู้วิจัยจึงทำการคัดเลือกสูตรที่ 2, 3 และ 4 นำไปประเมินความชอบต่อลักษณะทางประสาทสัมผัสต่อไป

#### 1.4 คุณภาพทางประสาทสัมผัสของเยลลี่ถั่วเหลืองเพาะงอก

คะแนนประเมินความชอบต่อลักษณะทางประสาทสัมผัสเฉลี่ยแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $P \leq 0.05$ ) (ตารางที่ 3) โดยทุกสูตรจะมีคะแนนการยอมรับด้านสีมาก เนื่องจากผลิตภัณฑ์มีสีขาวครีม ดูน่ารับประทาน โดยสูตรที่ 3 ได้รับคะแนนการยอมรับด้านสีมากกว่าสูตรที่ 2 และ 4 แต่ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับสูตรที่ 4 ขณะที่คะแนนการยอมรับด้านกลิ่นรสของเยลลี่ถั่วเหลืองเพาะงอกไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $P > 0.05$ ) เมื่อพิจารณาที่ความนุ่มสูตรที่ 3 ได้รับคะแนนการยอมรับด้านความนุ่มสูงสุด ขณะที่คะแนนความชอบโดยรวม พบว่าสูตรที่ 4 มีความชอบโดยรวมสูงสุดแต่ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับสูตรที่ 3 เมื่อพิจารณาร่วมกับคุณภาพอื่นที่ทำการวิเคราะห์ ได้แก่ ลักษณะปรากฏ การแยกตัวของน้ำ ลักษณะเนื้อสัมผัส พบว่าสูตรที่ 3 มีลักษณะเจลที่ดี คงรูป มีความยุ่ยตัว ไม่นิ่มและ และมีความนุ่มอยู่ในระดับที่ได้รับการยอมรับสูงสุด งานวิจัยนี้จึงคัดเลือกสูตรที่ 3 เป็นต้นแบบของผลิตภัณฑ์เยลลี่ถั่วเหลืองเพาะงอก และนำไปวิเคราะห์คุณภาพของสูตรต้นแบบต่อไป

ตารางที่ 3 คะแนนการยอมรับทางประสาทสัมผัสเฉลี่ยของเยลลี่ถั่วเหลืองเพาะงอกสูตรต่าง ๆ

สูตร	ปริมาณการจืด (ร้อยละ)	คะแนนการยอมรับทางประสาทสัมผัสเฉลี่ย			
		สี	กลิ่นรส <sup>ns</sup>	ความนุ่ม	ความชอบ โดยรวม
2	0.5	7.43±0.93 <sup>b</sup>	6.60±0.90	5.90±1.03 <sup>c</sup>	6.38±0.90 <sup>b</sup>
3	0.6	7.90±0.81 <sup>a</sup>	6.68±0.92	7.13±0.82 <sup>a</sup>	6.90±0.84 <sup>a</sup>
4	0.7	7.80±1.04 <sup>ab</sup>	6.78±0.77	6.55±0.96 <sup>b</sup>	6.95±0.71 <sup>a</sup>

หมายเหตุ : ตัวอักษร <sup>(a-c)</sup> ในแนวตั้ง หมายถึง ค่าเฉลี่ยมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $P \leq 0.05$ )

<sup>ns</sup> ในแนวตั้ง หมายถึง ค่าเฉลี่ยไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $P > 0.05$ )

## 2. คุณภาพของผลิตภัณฑ์เยลลี่ถั่วเหลืองแพะงอกต้นแบบ

นำผลิตภัณฑ์เยลลี่ถั่วเหลืองแพะงอกสูตรต้นแบบ มาวิเคราะห์คุณภาพของผลิตภัณฑ์ทางกายภาพ องค์ประกอบทางเคมี ปริมาณสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพและจุลินทรีย์ (ตารางที่ 4) พบว่า ค่าสีของเยลลี่ถั่วเหลืองแพะงอก มีค่า  $L^*$ ,  $a^*$  และ  $b^*$  เท่ากับ 73.03, -1.05 และ 6.28 ตามลำดับ ค่าความเป็นกรดต่าง 8.76 ม้องค์ประกอบทางเคมี ดังนี้ ปริมาณความชื้นร้อยละ 90.97 เถ้าร้อยละ 0.41 ไขมันร้อยละ 2.23 โปรตีนร้อยละ 4.06 กากใยร้อยละ 1.28 คาร์โบไฮเดรตร้อยละ 2.33 มีค่าพลังงาน 45.68 กิโลแคลอรี เยลลี่ถั่วเหลืองแพะงอกสูตรต้นแบบมีปริมาณ สารประกอบฟีนอลิก 1.84 มิลลิกรัมสมมูลของกรดแกลลิกต่อกรัม และมีฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระ 9.14 ไมโครโมลสมมูล ของโทรลอกซ์ต่อกรัม มีคุณภาพจุลินทรีย์ ได้แก่ จำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมด  $1.0 \times 10^2$  CFU/g ปริมาณยีสต์ รา น้อยกว่า 10 CFU/g ปริมาณเอสเชอริเชีย โคไล (*Escherichia coli*) น้อยกว่า 3 MPN/g และตรวจไม่พบปริมาณสแตปฟีโลคอคคัส ออเรียส (*Staphylococcus aureus*) เยลลี่ถั่วเหลืองแพะงอกต้นแบบมีความปลอดภัยต่อผู้บริโภค เนื่องจากเป็นไปตาม เกณฑ์มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนเยลลี่อ่อน (Thai Industrial Standards Institute, 2004)

ตารางที่ 4 คุณภาพของผลิตภัณฑ์เยลลี่ถั่วเหลืองแพะงอกสูตรต้นแบบ

คุณภาพของผลิตภัณฑ์เยลลี่ถั่วเหลืองแพะงอก	ผลการทดลอง
คุณภาพทางกายภาพ	
ค่าสี	
$L^*$	73.03±0.20
$a^*$	-1.05±0.02
$b^*$	6.28±0.06
ความเป็นกรดต่าง	8.76±0.04
องค์ประกอบทางเคมี	
ปริมาณความชื้น (ร้อยละ)	90.97±0.13
เถ้า (ร้อยละ)	0.41±0.05
ไขมัน (ร้อยละ)	2.23±0.26
โปรตีน (ร้อยละ)	4.06±0.21
กากใย (ร้อยละ)	1.28±0.29
คาร์โบไฮเดรต (ร้อยละ)	2.33±0.04
พลังงาน (กิโลแคลอรี)	45.68±1.78
สารประกอบฟีนอลิก (มิลลิกรัมสมมูลของกรดแกลลิกต่อกรัม)	1.84
ฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระ (ไมโครโมลสมมูลของโทรลอกซ์ต่อกรัม)	9.14
คุณภาพทางจุลินทรีย์	
จำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมด (CFU/g)	$1.0 \times 10^2$
ยีสต์และรา (CFU/g)	น้อยกว่า 10
เอสเชอริเชีย โคไล (MPN/g)	น้อยกว่า 3
สแตปฟีโลคอคคัส ออเรียส	ตรวจไม่พบ

### สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

ปริมาณคาร์โบไฮเดรตร้อยละ 0.6 เป็นระดับที่เหมาะสมสำหรับการผลิตเยลลี่ถั่วเหลืองแพะงอก เนื่องจากให้ ลักษณะเนื้อเยลลี่ที่อ่อนนุ่มและรสชาติที่ได้รับความนิยมสูงสุด ซึ่งสอดคล้องกับลักษณะเนื้อสัมผัสที่ได้จากการ วิเคราะห์ด้วยวิธี TPA เยลลี่ถั่วเหลืองแพะงอกต้นแบบดังกล่าวมีคุณภาพเป็นไปตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนของเยลลี่ อ่อน

## กิตติกรรมประกาศ

ผู้เขียนขอขอบคุณ ทู่นสนับสนุนการวิจัยจากงบประมาณแผ่นดิน มหาวิทยาลัยราชภัฏธนบุรี

## จริยธรรมการวิจัยในมนุษย์หรือสัตว์

งานวิจัยนี้ได้ดำเนินการวิจัยระหว่างปี 2560-2561 ซึ่งขณะนั้นไม่ได้มีการดำเนินการยื่นขอจริยธรรมการวิจัยในมนุษย์

## เอกสารอ้างอิง

- Ako, K. (2015). Influence of elasticity on the syneresis properties of k-carrageenan gels. **Carbohydrate Polymers**, 115, 408-414.
- AOAC. (2005). **Official methods of analysis of AOAC international**. Maryland: AOAC international.
- Apirattanusorn, S., Rueangwatcharin, U. and Maicaurkaew, S. (2020). Effects of carrageenan on properties of egg white powder from by-product salted egg. **Journal of Agriculture**, 36(2), 269-278.
- Bacteriological Analytical Manual (BAM). (2001a). Chapter 3: Aerobic plate count. Retrieved 20 Nov 2017, from FDA: <https://www.fda.gov/food/laboratory-methods-food/bam-aerobic-plate-count>
- Bacteriological Analytical Manual (BAM). (2001b). Chapter 12: *Staphylococcus aureus*. Retrieved 20 Nov 2017, from FDA: <https://www.fda.gov/food/laboratory-methods-food/bam-staphylococcus-aureus>
- Bacteriological Analytical Manual (BAM). (2001c). Chapter 18: Yeast, molds and mycotoxins. Retrieved 20 Nov 2017, from FDA: <https://www.fda.gov/food/laboratory-methods-food/bam-yeasts-molds-and-mycotoxins>
- Bacteriological Analytical Manual (BAM). (2002). Chapter 4A: Diarrheagenic *Escherichia coli*. Retrieved 20 Nov 2017, from FDA: <https://www.fda.gov/food/laboratory-methods-food/bam-diarrheagenic-escherichia-coli>
- Chumsri, N., Aroonrungsawasdi, S., Sareebot, T. and Karnchaisri, K. (2019). The development of mix-germinated legumes drink. **Christian University Journal**, 25(3), 89-98.
- Domínguez-Courtney M.F., López-Malo, A., Palou, E. and Jiménez-Munguía, M.T. (2015). Optimization of mechanical properties of carboxymethyl cellulose, carrageenan and/or xanthan gum gels as alternatives of gelatin softgels capsules. **Journal of Multidisciplinary Engineering Science and Technology**, 2(11), 3132-3140.
- Du, G., Li, M., Ma, F. and Liang, D. (2009). Antioxidant capacity and the relationship with polyphenol and vitamin C in *Actinidia* fruits. **Food Chemistry**, 113(2), 557-562.
- Esuwan, Y., Lambangchan, P., Suthiruk, J. and Lichanporn, I. (2012). Effect of carrageenan on quality of longkong jelly (in Thai). **Agricultural Science Journal**, 43(2)(Suppl.), 485-488.
- Halee, A., Navech, N. and Voraaroon, S. (2018). Development of broken rice berry jelly fortified with *Stevia rebaudiana* Bertoni. **The Science Journal of Phetchaburi Rajabhat University**, 15(2), 26-33.
- Hongsprabhas, P. (2002). **Physicochemistry of foods: colloids, emulsions and gels**. Bangkok: Chulalongkorn University Press
- Kaewrukxa, C.K. and Lungmann, P. (2018). Product development of jelly from longkong falling grade. (*Lansium domesticum*, Corr.). **Burapha Science Journal**, 23(2), 767-778.
- Kaya, A.O.W., Suryani, A., Santoso, J. and Rusli, M.S. (2015). The effect of gelling agent concentration on the characteristic of gel produced from the mixture of semi-refined carrageenan and glukomannan. **International Journal of Sciences: Basic and Applied Research**, 20(1), 313-324.



- Khouryieh, H.A., Aramouuni, F.M. and Herald, T.J. (2005). Physical, chemical and sensory properties of sugar-free jelly. **Journal of Food Quality**, 28(2), 179-190.
- Kim, D-O. and Lee, C.Y. (2002). Extraction and isolation of polyphenolics. **Current Protocols in Food Analytical Chemistry**, 6(1), I1.2.1-I1.2.12.
- Kreungngern, D. and Chaikham, P. (2016). Rheological physical and sensory attributes of *Chao Kuay* jelly added with gelling agents. **International Food Research Journal**, 23(4), 1474-1478.
- Maizura, M., Aminah, A. and Wan Aida, W.M. (2011). Total phenolic content and antioxidant activity of kesum (*Polygonum minus*), ginger (*Zingiber officinale*) and turmeric (*Curcuma longa*) extract. **International Food Research Journal**, 18, 529-534.
- Navasearttavisootr, N., Suwonsichon, T. and Ritthiruangdej, P. (2002). Effect of cassava flour on cassava dessert gel. **Proceedings of the 40<sup>th</sup> Kasetsart University Annual Conference** (pp. 479-486). Bangkok: Kasetsart University.
- Pereira, P.A.P., Souza, V.R., Teixeira, T.R., Queiroz, F., Borges, S.V. and Carneiro, J.D.S. (2013). Rheological behavior of functional sugar free guava preserves: Effect of the addition of salts. **Food Hydrocolloids**, 31, 404-412.
- Rattanapanone, N. (2002). **Food Chemistry** (in Thai). Bangkok: Odeon Store Publisher.
- Rodriguez-Saona L.E. and Wrolstad R.E. (2001). Extraction, isolation, and purification of anthocyanins. **Current Protocols in Food Analytical Chemistry** (pp. 1-11). New York: John Wiley and sons.
- Ruangvicha, T. and Panomai, N. (2020). Development of jelly appetizer recipe for the head and neck cancer patients with dysphagia. **Royal Thai Navy Medical Journal**, 47(2), 340-358.
- Sangronis, E., Rodríguez, M., Cava, R. and Torres, A. (2006). Protein quality of germinated *Phaseolus vulgaris*. **European Food Research and Technology**, 222, 144-148.
- Saehor, S., Vattanakrisda, N., Taiyanto, P. and Thumthanaruk, B. (2011). Development of vegetable carrageenan jellies. **Agricultural Science Journal**, 49(2)(Suppl.), 509-512.
- Stanley, N.F. (1990). Carrageenans. **Food gels** (pp. 79-119). New York: Elsevier Applied Science
- Tanjor,S., Chitisankuland, W.T. Watanasuchat, N. (2016). Effect of germination on in vitro iron bioaccessibility and protein digestibility of soybean. **Thai Science and Technology Journal**, 24(4), 573-586.
- Tasiri, P., Suttisansanee, U., Hudthagosol, C. and Somboonpanyakul, P. (2015). Development of riceberry rice vegan jelly contains high protein and high energy for the elderly with dysphagia. **Agricultural Science Journal**, 46(3)(Suppl.), 369-372.
- Thai Industrial Standards Institute. (2004). Thai community product standard of soft jelly (in Thai). Retrieved 23 June 2017, from **Thai Industrial Standards Institute**: [http://tcps.tisi.go.th/pub/tcps519\\_47.pdf](http://tcps.tisi.go.th/pub/tcps519_47.pdf).
- Thanomwong, C. (2009). Effect of gelatin and citric acid on sensory quality of lemongrass flavored gummy jelly (in Thai). **KKU Science Journal**, 37(3), 325-332.
- Tinakorn Na Ayutthaya, K. and Putduang, N. (2016). The product development of healthy cereal jelly (in Thai). **Journal of Food Technology Siam University**, 11(1), 13-20.
- Treeinthong, J., Raksakulthai, N. and Runglerdkria, J. (2016). Influence of carrageenan extracted from *Solieria robusta* on gel properties of freshwater fish gel. **Rajamangala University of Technology Tawan-ok Research Journal**, 9(2), 1-12.
- Yuenyongputtakal, W., Wichienchot, S., Sukatta, U. (2017). **Development of healthy gel food product for elderly from prebiotic Thai fruit using riceberry rice jelly as prototype product** (Research report). Chonburi: Burapha University.