บทความวิจัย

การพัฒนาผลิตภัณฑ์คาราจีแนนเยลลี่รางจืด

ธีรวรรณ สุวรรณ์* ปรัชสิญา นราฐปนนท์ อภิญญา เอี่ยมสุวรรณ วรเมษฐ พงศ์พัฒนพาณิชย์ และ ปิยะรัชช์ กุลเมธี
ภาควิชานวัตกรรมและเทคโนโลยีการพัฒนาผลิตภัณฑ์ คณะอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ

* ผู้นิพนธ์ประสานงาน โทรศัพท์ 0–3721–7311 ต่อ 7912 อีเมล: teerawan.s@agro.kmutnb.ac.th DOI: 10.14416/j.kmutnb.2018.01.002
รับเมื่อ 1 กุมภาพันธ์ 2560 ตอบรับเมื่อ 4 สิงหาคม 2560 เผยแพร่ออนไลน์ 25 มกราคม 2561
© 2018 King Mongkut's University of Technology North Bangkok. All Rights Reserved.

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาผลิตภัณฑ์คาราจีแนนเยลลี่รางจืด โดยศึกษาผลของปริมาณคาราจีแนนและปริมาณน้ำตาลต่อคุณภาพเยลลี่รางจืดที่คาราจีแนนร้อยละ 1, 2 และ 3 และน้ำตาลร้อยละ 9, 12 และ 15 ตามลำดับและได้ทำการศึกษาผลของประเภทใบรางจืดแบบสดและแบบแห้ง และศึกษาอัตราส่วนของน้ำใบรางจืด โดยศึกษาอัตราส่วนน้ำต่อไปรางจืด คือ 95 : 5, 90 : 10 และ 85 : 15 พบว่าสูตรที่เหมาะสมในการผลิตคาราจีแนนเยลลี่รางจืดคือ น้ำรางจืดร้อยละ 82.97 (เตรียมด้วยอัตราส่วนน้ำ 95 : ใบรางจืด 5 โดยใช้ใบรางจืดสด) น้ำตาลทรายร้อยละ 14.85 กรดซิตริกร้อยละ 0.025 และคาราจีแนนร้อยละ 1.98 ผลิตภัณฑ์มีคุณภาพดังนี้ ความชื้นร้อยละ 85.19 ค่าปริมาณน้ำอิสระ 0.989 คุณภาพทางกายภาพด้านเนื้อสัมผัสพบว่าค่าความแข็ง 70.06 กรัม ค่าการเกาะรวมตัว 0.51 ค่าความเหนียว 20.04 กรัม และค่าความยืดหยุ่น 0.30 ค่าสีมีค่า L^* 26.49 ค่า a^* –2.57 และค่า b^* 8.12 และไม่ตรวจพบการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์

คำสำคัญ: เยลลี่, รางจืด, คาราจีแนน, สมุนไพร

การอ้างอิงบทความ: ธีรวรรณ สุวรรณ์ ปรัชสิญา นราฐปนนท์ อภิญญา เอี่ยมสุวรรณ วรเมษฐ พงศ์พัฒนพาณิชย์ และ ปิยะรัชช์ กุลเมธี, "การพัฒนาผลิตภัณฑ์คาราจีแนนเยลลี่รางจืด," *วารสารวิชาการพระจอมเกล้าพระนครเหนือ*, ปีที่ 28, ฉบับที่ 2, หน้า 403–411, เม.ย.–มิ.ย. 2561.

Research Article

Development of Babbler's Bill Leaf Carragenan Jellies

Teerawan Suwan*, Pratsiya Narathapanon, Apinya Iamsuwan, Woramet Pongpattanapanich and Piyarach Kullamethee

Department of Innovation and Technology of Product Development, Faculty of Agro-industry, King Mongkut's University of Technology North Bangkok, Prachin Buri Campus, Prachin Buri, Thailand

* Corresponding Author, Tel. 0–3721–7311 Ext. 7912, E–mail: teerawan.s@agro.kmutnb.ac.th DOI: 10.14416/j.kmutnb.2018.01.002
Received 1 February 2017; Accepted 4 August 2017; Published online: 25 January 2018
© 2018 King Mongkut's University of Technology North Bangkok. All Rights Reserved.

Abstract

The aim of this research was to develop herbal jelly from Babbler's Bill leaf. Several conditions affecting the jelly's qualities were studied, such as the amount of carrageenan and sugar, and the ratio of water to Babbler's Bill leaf. From this research a suitable formula was composed of Babbler's Bill leaf extract (ratio of water to fresh Babbler's Bill leaf was 95 : 5) at 82.97%, sugar at 14.85%, carrageenan at 1.98%, and citric acid at 0.025%. The moisture content of the final product was 85.19 and the water activity (a_w) was 0.989. The texture properties of the developed product were hardness at 70.06 g, cohesiveness at 0.51, Gumminess at 20.04 g, springiness at 0.30, and color properties were L^* 26.49, a^* –2.57, and b^* 8.12. Finally, there was no microbial growth detected.

Keywords: Jelly, Babbler's Bill leaf, Carrageenan, Herb

Please cite this article as: T. Suwan, P. Narathapanon, A. Iamsuwan, W. Pongpattanapanich, and P. Kullamethee, "Development of Babbler's Bill Leaf carragenan jellies," *The Journal of KMUTNB*, vol. 28, no. 2, pp. 403–411, Apr.–Jun. 2018 (in Thai).

1. บทนำ

รางจืด (Thunbergia Laurifolia Lindl.) คือไม้เถาในวงศ์ Thunbergiacecae เป็นสมุนไพรชนิดหนึ่งที่มีสรรพคุณทางยาหลากหลาย รางจืดเป็นไม้เลื้อย จัดเป็นไม้ประดับ ใบมีลักษณะคล้ายรูปหัวใจ ใบอ่อนมีสีเขียวอ่อน ส่วนใบแก่สีเขียวเข้ม มีขนาดใหญ่ [1] โดยสารสำคัญที่พบคือ สารในกลุ่มอิริดอยด์กลูโคซายด์ (Iridoid Glucosides) และแอลกอฮอล์กลูโคซายด์ (Alcohol Glucosides) [2] และพบสารกลุ่มพวกฟลาโวนอยด์ [3] กลุ่มกรดฟีนอลิก เช่น กรดคาเฟอิก กรดแกลลิก กรดโปรโตคาเทคชูอิก กรดคลอโรจินิก [4], [5] อาพิจินิน และอาพิจินินกลูโคไซด์ [6] สรรพคุณทางยาของรางจืดคือ ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ (Antioxidant Activity) [7]–[9] โดยจากการศึกษาปริมาณกรดโรสแมรินิก และกิจกรรมในการต้านอนุมูลอิสระของรางจืดในจังหวัดนครปฐม นนทบุรี นครสวรรค์ ปราจีนบุรี เพชรบุรี และสมุทรปราการ พบว่ารางจืดในที่ปลูกในจังหวัดปราจีนบุรีมีปริมาณกรดโรสแมรินิกสูงกว่าจังหวัดอื่น และมีค่าความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระมากที่สุด [10] ฤทธิ์ต้านการอักเสบ [11] ฤทธิ์ต้านเบาหวาน (Anti-diabetic Effects) [12] ฤทธิ์ช่วยปกป้องตับจากสารพิษ (Hepatoprotective Activity) เช่น แอลกอฮอล์ [13] นอกจากนี้ยังช่วยบรรเทาการถูกทำลายของเซลล์ตับและไตเนื่องจากพิษของแคดเมียม [14] นอกจากนั้นทดสอบความเป็นพิษของรางจืด ในสัตว์ทดลองแสดงให้เห็นว่าการบริโภคสารสกัดจากรางจืดในปริมาณ 20–2000 มิลลิกรัม/กิโลกรัม น้ำหนักตัว/วัน เป็นเวลา 1 เดือน มีความปลอดภัยและไม่ส่งผลต่อสุขภาพและพฤติกรรมของสัตว์ทดลอง [15] ดังนั้นรางจืดจึงมีความปลอดภัยในการบริโภค [16]

การนำรางจืดมาแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์ในรูปแบบอื่นๆ ที่เก็บรักษาได้นานมีรสชาติดีพกพาสะดวกจึงเป็นอีกทางเลือกหนึ่งเพื่อสร้างมูลค่าและทำให้เกิดความแตกต่างของผลิตภัณฑ์ในท้องตลาดผลิตภัณฑ์เยลลี่เป็นผลิตภัณฑ์รูปแบบหนึ่งที่น่าสนใจในการแปรรูปรางจืดเพราะปัจจุบันผลิตภัณฑ์กลุ่มเยลลี่ได้รับความนิยมเพิ่มขึ้นโดยเฉพาะในกลุ่มของเด็กจนถึงวัยรุ่นเนื่องจากเยลลี่มีรูปร่างและสีสันที่สวยงามมีรสชาติหวานแต่เยลลี่ในท้องตลาดส่วนใหญ่จะมีคุณค่าด้านพลังงานเท่านั้น เนื่องจากเป็นผลิตภัณฑ์ที่ทำมาจากสารแต่งกลิ่นรสสังเคราะห์ผลไม้ต่างๆ ผสมกับสารให้ความหวานและสารทำให้เกิดเจล เช่น เจลาติน (Gelatin) คาราจีแนน (Carrageenan) โดยเจลาติน และคาราจีแนน จะมีหน้าที่ในการขึ้นรูปและปรับปรุงโครงสร้างและเนื้อสัมผัสของผลิตภัณฑ์ [17] ถ้าหากมีการเพิ่มสมุนไพรเข้าไปแทนสารปรุงแต่งกลิ่นรสต่างๆ จะทำให้ผลิตภัณฑ์ที่ได้มีคุณค่าทางโภชนาการและมีประโยชน์ต่อร่างกายมากขึ้น

ผลิตภัณฑ์เยลลี่ที่ได้จะมีคุณลักษณะตามที่ต้องการหรือไม่ขึ้นอยู่กับสัดส่วนของส่วนผสมที่ใช้และการควบคุมปัจจัยต่างๆ ให้เหมาะสมขณะทำการผลิต เช่น อุณหภูมิเวลาที่ใช้ในแต่ละขั้นตอนค่า pH ของสารละลายเป็นต้น [18] มีการศึกษาพบว่าเมื่อใช้เจลาตินปริมาณร้อยละ 10.05 สารละลายกรดซิตริก (เข้มข้นร้อยละ 50) ร้อยละ 2.74 ในการพัฒนาผลิตภัณฑ์เยลลี่มะขามมีคะแนนความชอบโดยรวมจากการทดสอบด้านประสาทสัมผัสสูงที่สุด [19] ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงมีความสนใจที่จะพัฒนาผลิตภัณฑ์คาราจีแนนเยลลี่จากรางจืดโดยศึกษาผลของปริมาณคาราจีแนนและปริมาณน้ำตาลต่อคุณภาพคาราจีแนนเยลลี่รางจืดให้มีรสชาติและเนื้อสัมผัสที่ดี เพื่อนำไปสู่การผลิตคาราจีแนนเยลลี่เพื่อสุขภาพที่เหมาะสมกับคนทุกเพศและทุกวัยและทำให้ช่วยเสริมมูลค่าให้แก่รางจืดได้อีกทางหนึ่ง

2. วัสดุ อุปกรณ์ และวิธีการวิจัย

2.1 กรรมวิธีการผลิตคาราจีแนนเยลลี่รางจืด

ใช้ใบรางจืดจากกลุ่มเกษตรกรผู้ปลูกสมุนไพรบ้านดงบัง จังหวัดปราจีนบุรี โดยนำใบรางจืดมาล้างทำความสะอาดนำไปต้มที่อุณหภูมิ 100°C เป็นเวลา 5 นาที จากนั้นนำมากรองด้วยผ้าขาวบาง นำน้ำใบรางจืดที่ผ่านการกรองแล้วไปต้มที่อุณหภูมิ 80°C เป็นเวลา 3 นาที เติมน้ำตาลครึ่งส่วนแรกและคนจนน้ำตาลละลาย จากนั้นใส่คาราจีแนน กรดซิตริก และน้ำตาลที่เหลือค่อยๆ คน จนส่วนผสมเข้ากันเทใส่ภาชนะบรรจุวางทิ้งไว้ให้คงตัวที่อุณหภูมิห้อง และนำไปเก็บที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส

2.2 การศึกษาผลปริมาณของคาราจีแนนและน้ำตาลต่อคุณภาพคาราจีแนนเยลลี่รางจืด

วางแผนการทดลองแบบ 3 x 3 Factorial Designs in Complete Randomized Design โดยปัจจัยที่ศึกษา ได้แก่ ปริมาณคาราจีแนนร้อยละ 1, 2 และ 3 และปริมาณน้ำตาลร้อยละ 9, 12 และ 15 ได้สิ่งทดลองทั้งหมด 9 สิ่งทดลอง จากนั้นทำการวัดคุณภาพดังนี้

- วัดค่าความแข็ง (Hardness) ค่าความยืดหยุ่น (Springiness) ค่าความเหนียว (Gumminess) และค่าการเกาะรวมตัว (Cohesiveness) โดยเครื่องวัดเนื้อสัมผัสอาหาร รุ่น TA.XT plus

- วัดคุณภาพทางประสาทสัมผัสด้วยวิธี Hedonic 9 Point Scale (ช่วงคะแนน 1 – ไม่ชอบมากที่สุด 9 – ชอบมากที่สุด) ทำการทดสอบคุณลักษณะทางประสาทสัมผัสด้านรสชาติ ความยืดหยุ่น ความเหลวและความชอบโดยรวม โดยจัดสิ่งทดลองตามมาตรฐานแผนการทดลองแบบบล็อกไม่สมบูรณ์สมดุล (Balance Incomplete Block Design; BIB) แต่ละสิ่งทดลองถูกทดสอบ 30 ครั้ง ใช้ผู้ทดสอบจำนวน 72 คน

2.3 ศึกษาประเภทของใบรางจืดและอัตราส่วนของน้ำต่อใบรางจืดที่เหมาะสม

วางแผนการทดลองแบบ 2 x 3 Factorial Designs in Complete Randomized Design โดยปัจจัยที่ศึกษา คือ ประเภทของใบรางจืด ได้แก่ ใบรางจืดแบบสด และใบรางจืดแบบแห้ง) และศึกษาอัตราส่วนของน้ำต่อใบรางจืด 95 : 5, 90 : 10 และ 85 : 15 ได้สิ่งทดลองทั้งหมด 6 สิ่งทดลอง นำมาวิเคราะห์คุณภาพดังนี้

- วัดค่าสีในระบบ CIE L*a*b* โดยเครื่องวัดสี ยี่ห้อ Hunter L a b รุ่น Color flex 4510

- วัดคุณภาพทางประสาทสัมผัสด้วยวิธี Hedonic 9 Point Scale (ช่วงคะแนน 1 – ไม่ชอบมากที่สุด 9 – ชอบมากที่สุด) ทำการทดสอบคุณลักษณะทางประสาทสัมผัสด้านสี กลิ่นรส รสชาติ และความชอบโดยรวม ใช้ผู้ทดสอบจำนวน 30 คน

2.4 ศึกษาคุณภาพผลิตภัณฑ์สุดท้าย

2.4.1 วิเคราะห์คุณภาพสี ในระบบ CIE L*a*b* โดยนำตัวอย่างคาราจีแนนเยลลี่รางจืดมาบดและบรรจุลงกล่องตัวอย่าง ที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส ทำการทดสอบด้วยเครื่องวัดสี (Hunter Lab, Color flex 4510: USA) ซึ่งประมวนผลโดยใช้โปรแกรม Universal ใช้ Port Size 1.25 นิ้ว และต้นกำเนิดแสง D65 วัดตัวอย่าง

2.4.2 วิเคราะห์คุณภาพเนื้อสัมผัสโดยใช้การวิเคราะห์หาโพรไฟล์เนื้อสัมผัส (Texture Profile Analysis; TPA) ซึ่งเป็นการวัดเนื้อสัมผัสในลักษณะเลียนแบบการเคี้ยวของมนุษย์ ทำการวัดตัวอย่างคาราจีแนน เยลลี่รางจืดทั้งชิ้นโดยการวางตัวอย่างตรงกลางฐาน ซึ่งในการวัดจะทำการกดตัวอย่าง 2 ครั้ง รายงานผลเป็นค่าความแข็ง ค่าความยืดหยุ่น ค่าความเหนียว และค่าการเกาะรวมตัว ด้วยเครื่องวัดเนื้อสัมผัส (TA.TX Plus: UK) ด้วยหัววัด P/36 สอบเทียบมาตรฐานน้ำหนักด้วยลูกตุ้ม 1 กิโลกรัม และสอบเทียบความสูงจากฐานเครื่องที่ใช้วางคาราจีแนนเยลลี่รางจืด

2.4.3 วิเคราะห์ปริมาณน้ำอิสระ (a_w) โดย นำตัวอย่างคาราจีแนนเยลลี่รางจืดมาบดและบรรจุลงกล่องตัวอย่าง ทำการทดสอบด้วยเครื่องวัดปริมาณน้ำอิสระ (AQUA LAB, CX3TE: USA) ซึ่งผ่านการสอบเทียบมาตรฐานด้วยน้ำกลั่น วัดตัวอย่างที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส

2.4.4 วิเคราะห์ปริมาณความชื้น ตามวิธีมาตรฐาน AOAC

2.4.5 วิเคราะห์ปริมาณกรดด้วยวิธีการไทเทรท รายงานค่าเป็นร้อยละของกรดซิตริก ชั่งน้ำหนักตัวอย่างผลิตภัณฑ์คาราจีแนนเยลลี่ 10 กรัม บดให้มีขนาดเล็ก ใส่ลงในขวดรูปชมพู่ขนาด 125 มิลลิลิตร เติมน้ำกลั่น 25 มิลลิลิตร นำไปให้ความร้อนจนกระทั่งผลิตภัณฑ์เยลลี่ละลาย ทิ้งไว้ให้เย็นที่อุณหภูมิห้อง ไทเทรตด้วยสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ 0.1 N โดยใช้สารละลายฟีนอล์ฟทาลีนเป็นอินดิเคเตอร์ คำนวณปริมาณกรดทั้งหมดดังสมการ

$$\% \text{ Total acidity} = (a.b.c \times 1000)/(e.f)$$

a คือ ปริมาตรของสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ 0.1 N ที่ใช้ในการไตเตรต (mL), b คือ Volume Made Up (mL), c คือ Equivalent wt. of Acid (สารละลาย 0.1 N, NaOH จำนวน 1 mL ทำปฏิกิริยาสมมูลพอดีกับ Citric Acid ($C_6H_8O_7.H_2O$) 0.007005 g), d คือ ความเข้มข้นของสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ (N), e คือน้ำหนัก (g) ของตัวอย่างอาหารที่ใช้ และ f คือ ปริมาตรของสารละลายตัวอย่างที่ใช้ในการไตเตรต (mL)

2.4.6 การวิเคราะห์คุณภาพทางจุลินทรีย์ การหาปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด โดยวิธี Total Plate Count การหาปริมาณแบคทีเรียชนิดโคลิฟอร์ม โดยใช้วิธี MPN (Most Probable Number)

3. ผลการทดลองและอภิปรายผล

3.1 ผลของปริมาณคาราจีแนนและน้ำตาลต่อคุณภาพคาราจีแนนเยลลี่รางจืด

การวิจัยพบว่าน้ำตาลมีอิทธิพลต่อคุณภาพด้านความแข็ง การเกาะรวมตัว ความเหนียว และความหยุ่น ส่วนคาราจีแนนมีอิทธิพลต่อคุณภาพด้านความแข็ง ความเหนียวและความหยุ่น แต่ไม่มีอิทธิพลต่อค่าการเกาะรวมตัว ส่วนทางด้านปฏิกิริยาสัมพันธ์ระหว่างน้ำตาลและคาราจีแนนมีอิทธิพลต่อคุณภาพทางด้านความแข็ง ความเหนียวและความยืดหยุ่น แต่ไม่มีอิทธิพลต่อค่าการเกาะรวมตัวดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ผลการทดสอบค่าความแปรปรวนของปัจจัยต่อค่าคุณภาพทางกายภาพ

ปัจจัยศึกษา	F-test			
	ค่าความแข็ง (g)	ค่าการเกาะรวมตัว	ค่าความเหนียว (g)	ค่าความยืดหยุ่น
น้ำตาล	1593.85*	88.37*	105.58*	310.1*
คาราจีแนน	1082.49*	0.28^{ns}	115.07*	9.95*
น้ำตาล* คาราจีแนน	388.36*	1.48^{ns}	36.97*	7.59*

หมายเหตุ * หมายถึงปัจจัยมีอิทธิพลต่อคุณภาพทางกายภาพ

ตารางที่ 2 ผลของปริมาณน้ำตาลที่มีต่อคุณภาพเนื้อสัมผัสของคาราจีแนนเยลลี่รางจืด

น้ำตาล (ร้อยละ)	คุณภาพเนื้อสัมผัส			
	ค่าความแข็ง (g)	ค่าการเกาะรวมตัว	ค่าความเหนียว(g)	ค่าความยืดหยุ่น
9	99.68±66.79^a	0.24±0.30^b	24.19±15.65^a	0.48±0.41^b
12	36.02±22.51^b	0.28±0.59^b	9.99±6.36^b	0.49±0.35^b
15	19.96±8.48^c	0.57±0.74^a	8.89±4.67^b	0.20±0.62^a

หมายเหตุ a b c หมายถึง ค่าเฉลี่ยมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

จากตารางที่ 2 พบว่าเมื่อปริมาณน้ำตาลเพิ่มขึ้น แนวโน้มของค่าความแข็ง ค่าความเหนียวและค่าความยืดหยุ่นลดลง เนื่องจากน้ำตาลมีส่วนช่วยในการเกิดเจล โดยน้ำตาลเป็นตัวกำหนดความแข็งแรงของพันธะไฮโดรเจนและแรงดึงดูดไฮโดรโฟบิค นอกจากนี้ยังเป็นตัวกำหนดความเร็วในการเกิดเจล ดังนั้นการใช้ปริมาณที่แตกต่างกันจะมีผลต่อไอออนพันธะต่างๆ ทำให้คุณลักษณะเนื้อสัมผัสแตกต่างกัน

ตารางที่ 3 ผลของปริมาณคาราจีแนนที่มีต่อคุณภาพเนื้อสัมผัสของคาราจีแนนเยลลี่รางจืด

คาราจีแนน (ร้อยละ)	คุณภาพเนื้อสัมผัส			
	ค่าความแข็ง (g)	ค่าการเกาะรวมตัว^{ns}	ค่าความเหนียว (g)	ค่าความยืดหยุ่น
1	88.39±71.83^a	0.37±0.16	23.60±14.46^a	0.37±0.13^b
2	46.59±34.14^b	0.37±0.14	13.66±8.82^b	0.43±0.12^a
3	16.67±9.66^c	0.35±0.18	5.82±2.35^c	0.37±0.19^a

หมายเหตุ a b c หมายถึง ค่าเฉลี่ยมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ (P>0.05)
ns หมายถึง ค่าเฉลี่ยไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P≤0.05)

จากตารางที่ 3 พบว่าเมื่อปริมาณคาราจีแนนเพิ่มขึ้น มีแนวโน้มต่อเนื้อสัมผัสทั้งค่าความแข็งค่าความเหนียวและค่าความหยุ่น ลดลงที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

เนื่องจากคาราจีแนนมีคุณสมบัติทำให้เกิดเจลในผลิตภัณฑ์เยลลี่ โดยการเกิดเจลมีของเหลวเป็นตัวกลางและของแข็งที่มีอยู่ในโครงสร้างทำหน้าที่ประสานกันเป็นร่างแห จะมีพันธะไฮโดรเจน พันธะโควาเลนท์ พันธะอิออนิค และแรงดึงดูดไฮโดรโฟบิค ช่วยรักษาโครงสร้างเจลไว้ ซึ่งแสดงให้เห็นว่าเมื่อปริมาณคาราจีแนนเพิ่มขึ้น จะทำให้มีแรงดึงดูดไฮโดรโฟบิคกับพันธะต่างๆ ที่สามารถยึดกันให้เกิดเจลได้ทำให้ลักษณะเนื้อสัมผัสมีความยืดหยุ่นมากขึ้น

ตารางที่ 4 ผลการทดสอบความแปรปรวนของปัจจัยต่อค่าคุณภาพทางประสาทสัมผัส

ปัจจัยศึกษา	F-test			
	รสชาติ	ความยืดหยุ่น	ความเหลว	ความชอบรวม
น้ำตาล	65.07*	180.85*	191.55*	185.63*
คาราจีแนน	56.01*	12.19*	10.62*	38.47*
น้ำตาล*คาราจีแนน	11.02*	8.79*	8.56*	8.83*

หมายเหตุ * หมายถึง ปัจจัยมีอิทธิพลต่อคุณภาพทางประสาทสัมผัส

จากตารางที่ 4 พบว่าน้ำตาลมีอิทธิพลต่อค่าทางประสาทสัมผัสด้านรสชาติ ความยืดหยุ่น ความเหลว และความชอบรวม ส่วนคาราจีแนนมีอิทธิพลต่อค่าทางประสาทสัมผัสด้านรสชาติ ความยืดหยุ่น ความเหลว และความชอบรวม ส่วนทางปฏิกิริยาสัมพันธ์ระหว่างน้ำตาลและคาราจีแนนมีอิทธิพลต่อค่าทางประสาทสัมผัสด้านรสชาติ ความยืดหยุ่น ความเหลว และความชอบรวม

ตารางที่ 5 ผลของปริมาณน้ำตาลที่มีต่อคุณภาพทางประสาทสัมผัสของคาราจีแนนเยลลี่รางจืด

น้ำตาล (ร้อยละ)	คะแนนความชอบ			
	รสชาติ	ความยืดหยุ่น	ความเหลว	ความชอบรวม
9	3.73±2.09^{c}	4.46±1.97^{c}	4.46±2.04^{c}	4.24±1.90^{c}
12	5.32±1.70^{b}	5.03±2.32^{b}	4.91±2.23^{b}	5.11±2.13^{b}
15	6.07±1.95^{a}	5.47±2.24^{a}	5.40±2.22^{a}	5.95±2.15^{a}

หมายเหตุ a b c หมายถึง ค่าเฉลี่ยมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

ตารางที่ 6 ผลของปริมาณคาราจีแนนที่มีต่อคุณภาพทางประสาทสัมผัสของคาราจีแนนเยลลี่รางจืด

คาราจีแนน (ร้อยละ)	คะแนนความชอบ			
	รสชาติ	ความยืดหยุ่น	ความเหลว	ความชอบรวม
1	6.02±1.69^{a}	5.71±1.91^{b}	5.73±1.72^{b}	6.54±1.46^{a}
2	5.50±2.55^{b}	6.50±1.71^{a}	6.37±1.78^{a}	5.78±2.13^{b}
3	3.60±1.15^{c}	2.75±0.64^{c}	2.67±0.61c	2.97±0.70^{c}

หมายเหตุ a b c หมายถึง ค่าเฉลี่ยมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

จากตารางที่ 5 และ 6 อิทธิพลของคาราจีแนนที่มีผลต่อค่าทางประสาทสัมผัส พบว่าปริมาณ คาราจีแนนร้อยละ 1 ได้คะแนนความชอบมากที่สุดทางด้านรสชาติและความชอบรวม ทางด้านความยืดหยุ่นและความเหลว พบว่าการเติมคาราจีแนนร้อยละ 2 ได้คะแนนความชอบมากที่สุด ส่วนอิทธิพลของน้ำตาลที่มีผลต่อค่าทางประสาทสัมผัส พบว่าการเติมน้ำตาลร้อยละ 15 ได้คะแนนความชอบมากที่สุดทางด้านรสชาติ ความยืดหยุ่น ความเหลว และความชอบรวม

ตารางที่ 7 ผลของปริมาณคาราจีแนนและน้ำตาลต่อคะแนนความชอบของคาราจีแนนเยลลี่รางจืด

น้ำตาล (ร้อยละ)	คะแนนความชอบ			
	รสชาติ	ความยืดหยุ่น	ความเหลว	ความชอบรวม
1	6.47±1.41^{b}	5.87±1.74^{b}	5.83±1.34^{bc}	6.93±1.29^{a}
2	6.33±1.49^{b}	6.63±1.59^{b}	6.50±1.31^{b}	6.97±1.22^{a}
3	5.27±1.93^{c}	4.63±1.88^{c}	4.87±2.06^{d}	5.73±1.55^{b}
4	7.7±1.34^{a}	7.57±1.006^{a}	7.53±1.01^{a}	7.53±1.31^{a}
5	5.43±1.72^{c}	5.90±1.99^{b}	5.70±2.05^{c}	5.43±1.91^{b}
6	3.37±2.33^{e}	6.03±1.49^{b}	5.90±1.58^{bc}	4.40±1.83^{c}
7	4.03±0.89^{de}	3.00±0.64^{d}	2.83±0.79^{e}	3.40±0.77^{d}
8	4.2±1.16^{d}	2.57±0.63^{d}	2.53±0.51^{e}	2.93±0.58^{de}
9	2.57±0.57^{f}	2.70±0.59^{d}	2.63±0.49^{e}	2.60±0.49^{e}

จากตารางที่ 7 พบว่าปริมาณคาราจีแนนและน้ำตาลมีผลต่อคุณภาพทางประสาทสัมผัสทางด้านรสชาติ ความยืดหยุ่น

ความเหลว และความชอบรวม ซึ่ง โดยพบว่าสิ่งทดลองที่ 4 คือ ผลิตภัณฑ์ที่มีคาราจีแนนร้อยละ 2 และน้ำตาลร้อยละ 15 จะได้รับคะแนนความชอบสูงสุดในทุกคุณลักษณะ

3.2 ผลของประเภทใบรางจืดและปริมาณที่เหมาะสม

พบว่าประเภทและปริมาณใบรางจืดมีผลต่อค่าสีของคาราจีแนนเยลลี่รางจืดที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 โดยพบว่าใบแห้งจะให้สีน้ำตาลคล้ำที่เข้มกว่าใบสดซึ่งมีสีเขียวอ่อนใส ส่งผลให้ค่าความสว่าง *L** ในใบแห้งน้อยกว่าใบสด เนื่องจากใบแห้งเกิดปฏิกิริยาการเกิดสีน้ำตาล เมื่อมีการผ่านกระบวนการต่างๆ ทั้งการเก็บ การทำให้แห้ง ลักษณะของใบจึงมีสีน้ำตาล เมื่อนำมาผ่านกระบวนการให้ความร้อนจะทำให้น้ำที่ได้เป็นสีน้ำตาลคล้ำ ส่วนใบสดไม่ได้นำมาผ่านกระบวนการต่างๆ ก่อนทำการแปรรูป และเมื่อความเข้มข้นของใบรางจืดเพิ่มขึ้นพบว่าส่งผลให้ค่าความสว่าง *L** ลดลง ดังตารางที่ 8 ทางด้านประสาทสัมผัสพบว่าประเภทและปริมาณใบรางจืดไม่มีผลต่อ กลิ่นรส รสชาติ และความชอบรวมที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 แต่พบว่ามีผลต่อความชอบทางด้านสี ดังตารางที่ 9 ซึ่งผู้บริโภคให้การยอมรับใบสดมากกว่าใบแห้ง โดยน้ำรางจืดที่ใช้ใบสดจะมีสีเขียวอ่อนโปร่งใส ส่วนใบรางจืดแบบใบแห้งจะมีสีน้ำตาลคล้ำไม่น่ารับประทานจึงไม่เหมาะกับการทำเป็นเยลลี่ เนื่องจากลักษณะที่ดีของ ผลิตภัณฑ์เยลลี่มีลักษณะที่ใส มีความยืดหยุ่นทรงตัว ไม่มีฟองอากาศ และมีสีเป็นไปตามชนิดของผักและผลไม้ ดังนั้นจึงเลือกน้ำรางจืดที่ใช้อัตราส่วนของน้ำ 95 ต่อใบรางจืด 5 ซึ่งผู้บริโภคให้การยอมรับมากที่สุด

ตารางที่ 8 ผลของประเภทและอัตราส่วนของน้ำต่อใบรางจืดต่อค่าสีของคาราจีแนนเยลลี่รางจืด

สิ่งทดลอง	ประเภทของใบ	อัตราส่วนน้ำ : ใบรางจืด	*L**	*a**	*b**
1	ใบสด	95:5	25.42 ± 0.14^{a}	-2.95 ± 0.00^{f}	8.15 ± 0.06^{d}
2		90:10	21.81 ± 0.21^{c}	-0.67 ± 0.14^{e}	13.39 ± 0.28^{c}
3		85:15	22.82 ± 0.007^{b}	0.725 ± 0.15^{d}	20.09 ± 0.19^{a}
4	ใบแห้ง	95:5	14.02 ± 0.35^{d}	7.48 ± 0.26^{c}	20.37 ± 0.03^{a}
5		90:10	0.95 ± 0.08^{e}	10.33 ± 0.23^{a}	14.86 ± 0.40^{b}
6		85:15	0.53 ± 0.02^{f}	9.8 ± 0.17^{b}	8.71 ± 0.27^{d}

หมายเหตุ ตัวอักษร a–f ที่ต่างกันในแนวตั้ง หมายถึง ค่าเฉลี่ยของข้อมูลมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ

ตารางที่ 9 ผลของประเภทและอัตราส่วนของน้ำต่อใบรางจืดต่อคุณภาพทางประสาทสัมผัสของคาราจีแนนเยลลี่รางจืด

สิ่งทดลอง	ประเภทของใบ	อัตราส่วนของน้ำ : ใบรางจืด	สี	กลิ่นรส^{ns}	รสชาติ^{ns}	ความชอบรวม^{ns}
1	ใบสด	95:5	6.00 ± 1.31^{a}	5.16±1.37	5.30±1.62	5.33±1.19
2		90:10	$5.43\pm1.57a^{bc}$	4.93±1.41	5.23±1.55	5.40±1.35
3		85:15	5.60 ± 1.22^{bc}	5.37±1.25	5.43±1.25	5.50±1.17
4	ใบแห้ง	95:5	4.93 ± 1.57^{bc}d	4.73±1.66	4.93±1.62	5.13±1.57
5		90:10	4.57 ± 1.83^{cd}	4.87±1.89	5.17±1.86	5.30±1.66
6		85:15	4.23 ± 2.06^{d}	4.93±1.76	5.10±1.65	5.03±1.83

หมายเหตุ a –d หมายถึง ค่าเฉลี่ยมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ (P>0.05)

ns หมายถึง ค่าเฉลี่ยไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P≤0.05)

3.3 คุณภาพผลิตภัณฑ์สุดท้าย

คาราจีแนนเยลลี่รางจืดมีปริมาณความชื้นร้อยละ 85.187 และ มีปริมาณน้ำอิสระเท่ากับ 0.989 ซึ่งเป็นค่าที่สูง เนื่องจากเยลลี่เป็นอาหารที่มีสัดส่วนของน้ำมาก จึงทำให้ผลิตภัณฑ์มีความอ่อนนุ่มมาก ซึ่งน้ำจะยึดกับสารประกอบในอาหารด้วยพันธะไฮโดรเจน และแรงระหว่างขั้วซึ่งเกิดจากแรงดึงดูดระหว่างขั้วของโมเลกุลน้ำกับโมเลกุลอาหาร ค่าเนื้อสัมผัสพบว่ามีค่าความแข็ง 70.060 กรัม ค่าการเกาะรวมตัว 0.514 ค่าความเหนียว 20.035 กรัม และค่าความยืดหยุ่น 0.302 ค่าสีพบว่ามีค่าความสว่าง (L^*) 26.49 ค่าความเป็นสีเขียว (a^*) –2.566 และค่าความเป็นสีเหลือง (b^*) 8.124 และไม่พบจุลินทรีย์ในผลิตภัณฑ์

4. สรุป

สูตรที่เหมาะสมในการผลิตคาราจีแนนเยลลี่รางจืด โดยมีสัดส่วนของน้ำรางจืดร้อยละ 82.97 (อัตราส่วนน้ำ : ใบรางจืดสด 95 : 5) โดยน้ำรางจืดที่ได้มาจากใบสดที่ความเข้มข้นร้อยละ 5 น้ำตาลร้อยละ 14.85 คาราจีแนนร้อยละ 1.98 และกรดซิตริกร้อยละ 0.2

5. กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยขอขอบคุณคณะอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ ในการสนับสนุนเครื่องมือและสถานที่ทำงานวิจัย

เอกสารอ้างอิง

[1] E. W. C. Chan, S. Y. Eng, Y. P. Tan, and Z. C. Wong, "Phytochemistry, and pharmacological properties of *Thunbergialaurifolia*: A review," *Pharmacognocy Journal*, vol. 3, pp. 1–6, 2014.

[2] T. Kanchanapoom, R. Kasai, and K. Yamasaki, "Iridoidglucosides from Thunbergia laurifolia," *Phytochemistry*, vol. 60, pp. 769–771, 2002.

[3] P. Rojsanga, T. Saguansataya, P. Sithisarn, and L. Suntornsuk, "The determination of phenolic and flavonoid contents in Thunbergialaurifoliaextracts and their DPPH radical scavenging activities," *Planta Medica*, vol. 78, PF47, 2012.

[4] W. Thongsaard, C.A. Marsden, P. Morris, M. Prior, and Y.B. Shah, "Effect of *Thunbergialaurifolia*, a Thai natural product used to treatdrug addiction on cerebral activity detected by functional magneticresonance imaging in the rat," *Psychopharmacology*, vol. 180, pp. 752–760, 2005.

[5] R. Oonsivilai, C. Cheng, J. Bomser, M. G. Ferruzzi, and S.Ningsanond "Phytochemical profiling and phase II enxyme-inducing properties of *Thunbergialaurifolia* Lindl. (RC) extracts," *Journal of Ethnopharmacology*, vol. 114, pp. 300–306, 2012.

[6] E. W. C. Chan, S. Y. Eng, Y.P. Tan, Z. C. Wong, P. Y. Lye, and L. N. Tan, "Antioxidant and sensory properties of Thai herbal teas with emphasis on *Thunbergialaurifolia*Lindl,"*Chiang Mai Journal of Science*, vol. 39, pp. 599–609, 2012.

[7] R. Oonsivilai, M. G. Ferruzzi, and S. Ningsanond, "Antioxidant activity and cytotoxicity of Rang Chuet (Thunbergia laurifolia Lindl.) extracts," *Asian Journal Food Agro-Industry*, vol. 1, pp. 116–128, 2008.

[8] S. Jiwajinda, V. Santisopasri, A. Murakami, O. K. Kim, H. W. Kim, and H. Ohigashi, H,"Suppressive effects of edible Thai plants on superoxide and nitric oxid generation," *Asian Pacific Journal of Cancer Prevention*, vol. 3, pp. 215–223, 2012.

[9] E. W. C. Chan, Y. Y. Lim, K. L. Chong, J. B. L. Tan, and S. K. Wong, "Antioxidant properties of tropical and temperate herbal teas," *Journal of Food Composition and Analysis*, vol. 23,

pp. 185–189, 2010.

[10] P. Suwanchaikasem, C. Chaichantipyuth, and S. Sukrong, "Antioxidant-guided isolation of rosmarinic acid, a major constituent, from *Thunbergialaurifolia* and its use as a bioactive principle for standardization," *Chiang Mai Journal of Science*, vol. 41, pp. 117–127, 2014 (in Thai).

[11] W. Boonyarikpunchai, S. Sukrong, and P. Towiwat, "Antinociceptive and anti-inflammatory effects of rosmarinis acid isolated from *Thunbergialaurifolia*Lindl," *Pharmacology Biochemistry and Behavior*, vol. 124, pp. 67–73, 2014.

[12] S. Aritajat, S. Wutteerapol, and K. Saenphet, "Anti-diabetic effect of *Thunbergialaurifolia* Linn. Aqueous extract," *The Southeast Asian Journal of Tropical Medicine and Public Health*, vol. 35, pp. 53–58, 2004.

[13] P. Pramyothin, H. Chirdchupunsare, A. Rungsipipat, and C. Chaichantipyuth, "Hepatoprotective activity of Thunbergia laurifolia Linn. extract in rats treated with ethanol: In vitro and in vivo studies," *Journal of Ethnopharmacology*, vol. 102, pp. 408–411, 2005.

[14] W. Ruangyuttikarn, P. Chattaviriya, N. Morkmek, S. Chuncharunee, and N. Lertprasertsake, " Thunbergia laurifolia leaf extract mitigates cadmiu toxicity in rats," *ScienceAsia*., vol. 39, pp. 19–25, 2013.

[15] S. Chivapat, P. Chavalittumrong, A. Attawish, J. Bansiddhi, and S. Padungpat, "Chronic toxicity of Thunbergia laurifolia Lindl. extract," *Journal of Thai Traditional and Alternative Medicine*, vol. 7, pp. 17–24, 2009.

[16] N. Pongphasuk, W. Khunkitti, and M. Chitcharoenthum, "Anti-inflammatory and analgesic activities of the extract from *Garciniamangostana* Linn," *Acta Horticulturae*, vol. 680, pp. 125–130, 2005.

[17] T. Garcia, "Analysis and gelatin-based confections," *The manufactoring confectioner*, vol. 80, no. 6, pp. 93–101, 2000.

[18] R. Schrieber and H. Gareis, *Gelatine Handbook: Theory and Industrial Practice*. Weinheim: Wiley-VCH, pp. 45–117, 2007.

[19] W. Deepanya, "Development of gummy jelly Tamarind Product," Project report of Phetchabun Rajabhat University, 2008.