การพัฒนาผลิตภัณฑ์กัมมี่เยลลี่ใบรางจืด

Development of Babbler's Bill Leaf Gummy Jelly

ธีรวรรณ สุวรรณ์[1*] วัชระ ประดุจพรม[1] วิไรพร งามรูป[1]

ณัฐธยาน์ ชูสุข[1] และ จันทิมา ภูงามเงิน[2]

Teerawan Suwan[1], Watchara Pradutprom[1], Wiraiporn Ngamroop[1],

Natthaya Choosuk[1] and Chanthima Phungamngoen[2]

[1]ภาควิชานวัตกรรมและเทคโนโลยีการพัฒนาผลิตภัณฑ์ คณะอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ

[2]ภาควิชาเทคโนโลยีอุตสาหกรรมเกษตรและการจัดการ คณะอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ

[1]Department of Innovation and Technology of Product Development

[2]Department of Agro-industry Technology and Management of Product Development

Faculty of Agro-industry, King Mongkut'sUniversity of Technology North Bangkok

Received : 18 October 2016

Accepted : 24 January 2017

Published online : 9 February 2017

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาผลิตภัณฑ์กัมมี่เยลลี่รางจืด โดยศึกษาปริมาณเจลาติน กลูโคสไซรัป น้ำตาลทราย และศึกษาอัตราส่วนของน้ำต่อใบรางจืดเพื่อให้ได้สูตรที่เหมาะสม ซึ่งปริมาณที่เหมาะสมของส่วนผสมในการผลิตกัมมี่เยลลี่รางจืดคือ กลูโคสไซรัปร้อยละ 32.63 น้ำตาลทรายร้อยละ 32.63 ปริมาณน้ำรางจืด (อัตราส่วนน้ำ 90 : ใบรางจืด 10) ร้อยละ 25.75 เจลาตินร้อยละ 7.25 และปริมาณกรดซิตริกร้อยละ 1.75 โดยผลิตภัณฑ์มีค่า hardness 2,962.57 กรัม cohesiveness มีค่า 0.93 springiness มีค่า 0.87 chewiness มีค่า 2,923.17 กรัม และgumminess มีค่า 2,821.51 กรัม ด้านสีมีค่า L^* 38.94 ค่า a^*-0.86 และค่า b^* 9.01 ผลิตภัณฑ์มีค่าวอเตอร์แอคติวิตี้ (a_w) 0.70 ปริมาณกรดทั้งหมดร้อยละ 1.74 และไม่ตรวจพบการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์

คำสำคัญ : ใบรางจืด เยลลี่ กัมมี่เยลลี่ สมุนไพร

Abstract

This research aims at developing a herbal-jelly from Babbler's Bill leaf in order to a new choice for consumer. Several conditions affecting gummy jelly's qualities were studied including the amounts of gelatins, glucose syrup, sugar and the ratio of water to Babbler's Bill leaf. From this research the suitable formula was composed of glucose syrup 32.63%, sugar 32.63%, Babbler's Bill leaf extract (the ratio of water to Babbler's Bill leafis 90 : 10) 25.75%, gelatin 7.25% and citric acid 1.75%. Textural properties of the developed product were hardness 2,962.57 g., cohesiveness 0.93 , springiness 0.87, chewiness 2,923.17 g and gumminess 2,821.51 g. Moreover, and color properties were L^* 38.94 a^* -0.86 and b^* 9.01. Water activity (a_w) of the final product was 0.70 and total acidity was 1.74%. There was no microbial growth detected.

Keywords :Babbler's Bill leaf, jelly, gummy jelly, herb

***Corresponding author. E-mail** : teerawan.s@agro.kmutnb.ac.th

บทนำ

รางจืด (*Thumbergialaurifolia* Linn.) ชื่อวงศ์ THUNBERGIACEAE มีชื่อเรียกหลายชื่อ เช่นกำลังช้างเผือก ขอบชะนาง เครือเขาเขียว ยาเขียว (ภาคกลาง) คาย รางเย็น (ยะลา)จอล อดิเออ ซั้งกะ ปั้งกะล่ะ พอหน่อเตอ (กะเหรี่ยง-แม่ฮ่องสอน) ดุเหว่า (ปัตตานี) ทิดพุด(นครศรีธรรมราช) น้ำนอง (สระบุรี) ย่ำแย้ และแอดแอ (เพชรบูรณ์)รางจืดเป็นไม้เลื้อย จัดเป็นไม้ประดับ ใบมีลักษณะคล้ายรูปหัวใจ ใบอ่อนมีสีเขียวอ่อน ส่วน ใบแก่สีเขียวเข้ม มีขนาดใหญ่ อาจยาวถึง 20 เซนติเมตร และกว้าง 16 เซนติเมตร (Chan *et al*., 2011) พฤกษเคมีของรางจืดประกอบไปด้วย อิริดอยไกลโคไซด์หลายชนิด (Kanchanapoom *et al*., 2002) แอลคาลอยด์ ฟลาโวนอยด์ (Rojsanga *et al*., 2012) กรดฟีนอลิก เช่น กรดคาเฟอิก กรดแกลลิก กรดโปรโตคาเทคชูอิก กรดคลอโรจินิก (Thongsaard *et al*.,2005; Oonsivilai *et al*., 2007) อาพิจินิน และอาพิจินินกลูโคไซด์(Chan *et al*., 2012) รางจืดมีคุณสมบัติในการต้านการอักเสบ (Boonyarikpunchai *et al*., 2014) ต้านจุลชีพ (Wonkchalee *et al*.,2012; Khobjai *et al*., 2014) ต้านเบาหวาน (Aritajat *et al*. 2004) ต้านการเกิดออกซิเดชั่น (Suwanchaikasem *et al*., 2013 and 2014) ต้านกิจกรรมของมะเร็ง (Jetawattana*et al*., 2015) การกำจัดสารพิษตกค้าง (Chattaviriya *et al.,* 2010; Palipoch *et al.,* 2011a and2011b;Rocejanasaroj *et al.,*2014) ช่วยป้องกัน โรคเกี่ยวกับตับ (Wonkchalee *et al*., 2012)และโรคเกี่ยวกับระบบประสาท (Thongsaard &Marsden, 2013) นอกจากนี้ได้มีการทดสอบความเป็นพิษของรางจืด โดยใช้สารสกัดทดสอบกับหนูทดลองในปริมาณ 20 200 1,000 และ 2,000 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมต่อวัน เป็นเวลา 6 เดือน ซึ่งไม่พบความผิดปกติในอวัยวะต่างภายในร่างกาย น้ำหนักตัว พฤติกรรม รวมทั้งสุขภาพทั่วไปของหนู ที่ได้รับสารสกัดรางจืด เมื่อเปรียบเทียบกับหนูชุดควบคุมที่ไม่ได้รับสารสกัดรางจืด (Chivapat *et al.,* 2009). ปัจจุบันมีผลิตภัณฑ์จากใบรางจืดออกวางจำหน่ายในรูปของชาชงพร้อมดื่ม และใบชารางจืดอบแห้ง และจากการศึกษาปริมาณกรดโรสแมรินิกและกิจกรรมในการต้านอนุมูลอิสระ ของรางจืดในจังหวัดนครปฐม นนทบุรี นครสวรรค์ ปราจีนบุรี เพชรบุรี และสมุทรปราการ พบว่ารางจืดในที่ปลูกในจังหวัดปราจีนบุรีมีปริมาณกรดโรสแมรินิกสูงกว่าจังหวัดอื่น และมีค่าความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระสูง โดยมีค่า EC_{50} DPPH น้อยที่สุด (Suwanchaikasem *et al*., 2014) ดังนั้นผู้วิจัยจึงเลือกใช้รางจืดในจังหวัดปราจีนบุรีมาทำการพัฒนาผลิตภัณฑ์กัมมี่เยลลี่เพื่อความสะดวกในการบริโภคและเพิ่มทางเลือกให้กับผู้บริโภค

สำหรับการพัฒนาผลิตภัณฑ์กลุ่มลูกกวาดมีการผสมวิตามิน และสารอาหารต่างๆลงในผลิตภัณฑ์ รวมถึงการลดการใช้วัตถุกันเสีย ซึ่งเยลลี่จัดเป็นผลิตภัณฑ์ส่วนใหญ่ในกลุ่มลูกกวาดซึ่งได้รับความสนใจในการพัฒนาอย่างหลากหลาย กัมมี่เยลลี่ประกอบด้วยสารละลายน้ำตาลเข้มข้น สารก่อให้เกิดเจล และส่วนผสมอื่น โดยมีกระบวนการผลิตคือนำส่วนผสมมาทำให้เกิดเจลเบื้องต้นด้วยการให้ความร้อน จากนั้นผสมกรด ปรุงแต่งด้วย สี สารแต่งกลิ่นรส และเทลงในพิมพ์ที่มีขนาดและรูปร่างตามที่เตรียมไว้(Delgado & Banon, 2014) การเติมสารที่ทำให้เกิดเจล เช่น เจลาติน เพคติน แป้ง ฯลฯ ลงในไซรัปที่มีความชื้นสูง ซึ่งไซรัปจะถูกกักอยู่ในโครงสร้างเจล น้ำตาลและกลูโคสไซรัปจะช่วยให้เกิดรสหวานและช่วยยืดอายุการเก็บรักษาของผลิตภัณฑ์ กรดที่นิยมเติมในผลิตภัณฑ์คือกรดซิตริกเนื่องจากมีอัตราการสลายตัวค่อนข้างต่ำเมื่อเทียบกับกรดตัวอื่นที่ใช้ใน

อาหารเช่น มาลิค หรือ ทาทาริค ซึ่งในการเติมกรดนั้นนอกจากจะช่วยด้านกลิ่นรสแล้วยังมีผลต่อความแข็งแรงของเจลอีกด้วย (Tamer *et al*., 2013) ความเป็นกรด-ด่างอาจส่งผลต่อการเกิดเจลทั้งนี้ขึ้นอยู่กับจุดไอโซอิเล็กตริกของเจลาตินที่ใช้ (Delgado & Banon, 2014) งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาสูตรที่เหมาะสมสำหรับผลิตภัณฑ์กัมมี่เยลลี่รางจืด โดยศึกษาปริมาณเจลาติน กลูโคสไซรัป น้ำตาลทราย และศึกษาอัตราส่วนของน้ำต่อใบรางจืดที่เหมาะสมต่อผลิตภัณฑ์กัมมี่เยลลี่รางจืด เพื่อเพิ่มความหลากหลายของผลิตภัณฑ์จากรางจืด เพิ่มมูลค่าให้กับสมุนไพร รวมทั้งช่วยเผยแพร่สมุนไพรให้เป็นที่รู้จักยิ่งขึ้น

วิธีดำเนินการวิจัย

วิธีเตรียมน้ำรางจืด

ใช้ใบรางจืดจากกลุ่มเกษตรกรผู้ปลูกสมุนไพรบ้านดงบัง จังหวัดปราจีนบุรี ที่มีมีลักษณะสมบูรณ์ ไม่เกิดรอยตำหนิ ขนาดความกว้าง 3 เซนติเมตรและมีความยาวมากกว่า 5 เซนติเมตรขึ้นไป มาล้างทำความสะอาด นำไปต้มทั้งใบในน้ำเดือดนาน 5 นาที กรองด้วยผ้าขาวบางเพื่อแยกกาก

วิธีทำกัมมี่เยลลี่รางจืด

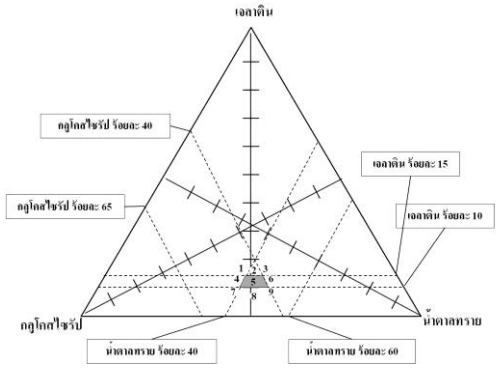
ผสมกลูโคสไซรัปและน้ำรางจืด ¼ ของปริมาณน้ำในสูตร ในกระทะทองเหลือง ใช้ไฟปานกลาง กวนให้เข้ากัน แล้วเติมน้ำตาลทราย กวนต่อไปจนกระทั่งน้ำตาลทรายละลายหมด จากนั้นเติมเจลาติน (เจลาตินต้องละลายด้วยน้ำรางจืดอุณหภูมิประมาณ 70 องศาเซลเซียส)กวนส่วนผสมให้เข้ากัน เมื่ออุณหภูมิถึง 110 องศาเซลเซียส เติมกรดซิตริก กวนต่ออีก 3 นาที ไล่ฟองอากาศ หยอดลงแม่พิมพ์

การศึกษาปริมาณเจลาติน กลูโคสไซรัปและน้ำตาลทรายที่เหมาะสมของผลิตภัณฑ์กัมมี่เยลลี่รางจืด

ศึกษาปริมาณที่เหมาะสมของเจลาติน กลูโคสไซรัปและน้ำตาลทราย ซึ่งมีผลต่อคุณภาพด้านเนื้อสัมผัสและรสชาติของผลิตภัณฑ์เยลลี่รางจืด โดยวางแผนการทดลองแบบ constrained mixture design มีปัจจัยที่ใช้ในการศึกษา 3 ปัจจัยดังนี้ ปริมาณเจลาตินร้อยละ10–15 ปริมาณกลูโคสไซรัปร้อยละ 40–65 และปริมาณน้ำตาลทรายร้อยละ 40–60 โดยส่วนผสมทั้ง 3 ชนิดจะรวมกันได้ 100 ดังภาพที่ 1 ซึ่งคิดเป็นร้อยละของส่วนผสมจริงดังตารางที่ 1 โดยกำหนดให้ปริมาณกรดซิตริกและปริมาณน้ำรางจืดคงที่ คือปริมาณกรดซิตริกร้อยละ 1.75 และปริมาณน้ำรางจืด (อัตราส่วนน้ำ 90 : ใบรางจืด 10) ร้อยละ 25.75 ได้สิ่งทดลองทั้งหมด 9 สิ่งทดลอง แสดงในตารางที่ 1 วิเคราะห์ผลคุณภาพต่างๆ ดังนี้ ค่าเนื้อสัมผัส ค่าสี ค่าวอเตอร์แอคติวิตี้ (a_w) ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด ทดสอบความชอบและความพอดีด้วย 9 point hedonic scale และ just about right ตามลำดับ

การศึกษาอัตราส่วนของน้ำต่อใบรางจืดที่เหมาะสมของผลิตภัณฑ์กัมมี่เยลลี่รางจืด

ศึกษาอัตราส่วนของน้ำต่อใบรางจืดที่เหมาะสม โดยวางแผนการทดลองแบบ completely randomized design (CRD)ปัจจัยที่ใช้ในการศึกษา คือ อัตราส่วนของน้ำต่อใบรางจืดที่แตกต่างกัน 4 ระดับ คือ อัตราส่วน 95:5 90:10 85:15 และ 80:20 โดยใช้ใบที่มีมีลักษณะสมบูรณ์ ไม่เกิดรอยตำหนิ ขนาดความกว้าง 3 เซนติเมตรและมีความยาวมากกว่า 5 เซนติเมตรขึ้นไป มาล้างทำความสะอาด นำไปต้มทั้งใบในน้ำเดือดนาน 5 นาที กรองด้วยผ้าขาวบางเพื่อแยกกาก นำมาทำเป็นผลิตภัณฑ์วิเคราะห์คุณภาพด้านต่างๆ ของกัมมี่เยลลี่รางจืด ดังนี้ค่าเนื้อสัมผัส ค่าสี ค่าวอเตอร์แอคติวิตี้ (a_w) ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด และ ทดสอบความชอบ ความพอดีด้วย 9 point hedonic scale และ just about right ตามลำดับ



ภาพที่ 1 แผนภาพแสดงการวางแผนการทดสอบแบบ mixture design

ตารางที่ 1 อัตราส่วนของปริมาณเจลาติน น้ำตาลทรายและกลูโคสไซรัป ตามแผนการทดลองแบบ mixture design

สิ่งทดลอง	ส่วนผสมใน Mixture design (100)			ส่วนผสม (ร้อยละ 72.5)		
	A	B	C	เจลาติน	น้ำตาลทราย	กลูโคสไซรัป
1	10.0	50.0	40.0	7.25	36.25	29.00
2	10.0	45.0	45.0	7.25	32.63	32.63
3	10.0	40.0	50.0	7.25	29.00	36.25
4	12.5	47.5	40.0	9.06	34.43	29.00
5	12.5	42.5	45.0	9.06	30.80	32.63
6	12.5	40.0	47.5	9.06	29.00	34.44
7	15.0	45.0	40.0	10.90	32.60	29.00
8	15.0	42.5	42.5	10.90	30.80	30.80
9	15.0	40.0	45.0	10.90	29.00	32.60

การวิเคราะห์คุณภาพกัมมี่เยลลี่รางจืด

การวิเคราะห์คุณภาพเนื้อสัมผัส

วัดค่าเนื้อสัมผัสโดยวิธี Texture Profile Analysis (TPA) ซึ่งเป็นการวัดเนื้อสัมผัสในลักษณะเลียนแบบการเคี้ยวของมนุษย์ ทำการวัดตัวอย่างกัมมี่เยลลี่รางจืดทั้งชิ้นโดยการวางตัวอย่างตรงกลางฐาน ซึ่งในการวัดจะทำการกดตัวอย่าง 2 ครั้ง รายงานผลเป็นค่า hardness, cohesiveness, springiness, chewiness และ gumminess ด้วยเครื่องวัดเนื้อสัมผัส (TA.TX Plus :UK) ด้วยหัววัด P/36 สอบเทียบมาตรฐานน้ำหนักด้วยลูกตุ้ม 1 กิโลกรัม และสอบเทียบความสูงจากฐานเครื่องที่ใช้วางกัมมี่เยลลี่รางจืด

การวิเคราะห์คุณภาพสี

วัดค่าสี ในระบบ CIE *L*a*b** โดยนำตัวอย่างกัมมี่เยลลี่รางจืดมาบดและบรรจุลงกล่องตัวอย่าง ที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส ทำการทดสอบด้วยเครื่องวัดสี (Hunter Lab, Color flex 4510 : USA) ซึ่งประมวนผลโดยใช้โปรแกรม Universal ใช้ Port size 1.25 นิ้ว และต้นกำเนิดแสง D_{65} วัดตัวอย่าง

การวิเคราะห์ค่าวอเตอร์แอคติวิตี้

วัดค่าวอเตอร์แอคติวิตี้ (a_w)โดยนำตัวอย่างกัมมี่เยลลี่รางจืดมาบดและบรรจุลงกล่องตัวอย่าง ทำการทดสอบด้วยเครื่องวัดค่าวอเตอร์แอคติวิตี้ (AQUA LAB, CX3TE : USA) ซึ่งผ่านการสอบเทียบมาตรฐานด้วยน้ำกลั่น วัดตัวอย่างที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส

การวิเคราะห์ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด

วัดค่าปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมดด้วย hand refractometer (Atago,N-2E : Japan)

การวิเคราะห์ปริมาณกรดทั้งหมด

ปริมาณกรดทั้งหมดด้วยวิธีการไทเทรตรายงานผลเป็นร้อยละของกรดซิตริก ชั่งน้ำหนักตัวอย่างผลิตภัณฑ์เยลลี่ 10 กรัม ตัดให้มีขนาดเล็ก ใส่ลงในขวดรูปชมพู่ขนาด 125 มิลลิลิตร เติมน้ำกลั่น 25 มิลลิลิตร นำไปให้ความร้อนจนกระทั่งกัมมี่เยลลี่รางจืดละลาย ทิ้งไว้ให้เย็นที่อุณหภูมิห้อง ไทเทรตด้วยสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ 0.1 N โดยใช้สารละลายฟีนอล์ฟทาลีนเป็นอินดิเคเตอร์ คำนวณปริมาณกรดทั้งหมดดังสมการที่ 1

$$\%\ \text{Total acidity (as citric acid)} = (a.b.c \times 1000)/(e.f) \quad (1)$$

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

f คือ ปริมาตรของสารละลายตัวอย่างที่ใช้ในการไตเตรต (ml)

การวิเคราะห์ปริมาณจุลินทรีย์

วิเคราะห์ปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด (Total Plate Count) ชั่งตัวอย่าง 11 กรัม ผสมลงในสารละลายเปปโตน (peptone solution) ความเข้มข้นร้อยละ 0.1 ปริมาตร 99 มิลลิลิตร เพื่อให้ได้สารละลายตัวอย่างที่มีความเข้มข้น 1:10 นำไปตีป่นด้วยเครื่องตีผสมอาหาร (stomacher) ตีป่นนาน 2 นาที เจือจางด้วยสารละลายเปปโตนจนได้ ความเข้มข้นที่เหมาะสม ปิเปตสารละลายตัวอย่าง 1 มิลลิลิตร ใส่ในจานเลี้ยงเชื้อที่อบฆ่าเชื้อแล้ว เทอาหารเลี้ยงเชื้อ plate count agar ที่หลอมเหลวและยังอุ่นอยู่ ประมาณ 15 มิลลิลิตร ลงในจานเลี้ยงเชื้อ วนจานซ้ายขวาให้สารละลายกระจายตัวไปทั่ว ๆ ทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้องจน

อาหารเลี้ยงเชื้อแข็งตัว แล้วนำไปบ่มที่ตู้เพาะเชื้อที่มีอุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 48 ชั่วโมง นับจำนวนเชื้อจุลินทรีย์ทั้งหมด หาผลเฉลี่ยคิดเป็นจำนวนโคโลนีต่อกรัมอาหาร

วิเคราะห์ปริมาณยีสต์และรา (Yeast and Mold Count) เทอาหารเลี้ยงเชื้อ (PDA) ลงในจานทิ้งให้อาหารแข็งตัวดูดตัวอย่างเจือจางแต่ละระดับความเจือจางลงในจานเพาะเชื้อจานละ 0.1 มิลลิลิตร spread ตัวอย่างบนอาหารเลี้ยงเชื้อแต่ละจานด้วยแท่งแก้วงอที่ฆ่าเชื้อแล้ว ทิ้งไว้ 10 นาทีเพื่อให้แห้ง บ่มเชื้อที่อุณหภูมิประมาณ 30 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 48 ชั่วโมง ตรวจนับจำนวนโคโลนี

ผลการวิจัยและวิจารณ์ผล

ผลการศึกษาปริมาณเจลาติน กลูโคสไซรัปและน้ำตาลทรายที่เหมาะสมของผลิตภัณฑ์เยลลี่รางจืด

จากการศึกษาปริมาณเจลาติน กลูโคสไซรัปและน้ำตาลทรายที่เหมาะสมของกัมมี่เยลลี่รางจืด โดยมีปัจจัยที่ใช้ในการศึกษา 3 ปัจจัยดังนี้ ปริมาณเจลาตินร้อยละ 10 – 15 ปริมาณกลูโคสไซรัปร้อยละ 40 – 65 และปริมาณน้ำตาลทรายร้อยละ 40 – 60 โดยวัดคุณภาพด้านต่างๆ แสดงผลการทดลองดังนี้

ตารางที่ 2 ผลของปริมาณเจลาติน กลูโคสไซรัป และน้ำตาลทรายต่อคุณภาพด้านเนื้อสัมผัสของกัมมี่เยลลี่รางจืด

สิ่งทดลอง	อัตราส่วนของส่วนผสม (ร้อยละ)			ผลการวัดเนื้อสัมผัส				
	เจลาติน	น้ำตาลทราย	กลูโคสไซรัป	hardness (g)	cohesiveness	springiness	chewiness (g)	gumminess (g)
1	7.25	36.25	29.00	3,177.48±259.53^{c}	0.99±0.01^{ab}	0.91±0.00^{ab}	2,866.12±231.77^{c}	3,146.10±246.50^{c}
2	7.25	32.63	32.63	2,733.04±115.31^{c}	0.97±0.00^{bc}	0.88±0.04^{ab}	2,352.76±175.58^{c}	2,660.73±113.88^{c}
3	7.25	29.00	36.25	2,837.59±283.70^{c}	0.97±0.01^{bc}	0.94±0.05^{a}	2,593.50±391.84^{c}	2,761.03±272.89^{c}
4	9.06	34.43	29.00	4,436.70±147.50^{b}	0.95±0.01^{cd}	0.91±0.01^{ab}	3,816.15±93.57^{b}	4,192.97±78.89^{b}
5	9.06	30.80	32.63	4,041.48±442.66^{b}	1.01±0.02^{a}	0.91±0.03^{ab}	3,684.45±358.20^{b}	4,078.20±527.03^{b}
6	9.06	29.00	34.44	3,134.92±162.78^{c}	0.97±0.00^{bc}	0.86±0.10^{ab}	2,609.12±338.02^{c}	3,034.94±153.73^{c}
7	10.90	32.60	29.00	5,471.38±178.59^{a}	0.95±0.00^{cd}	0.84±0.01^{b}	4,409.71±197.82^{a}	5,222.88±155.23^{a}
8	10.90	30.80	30.80	4,291.09±220.64^{b}	0.95±0.02^{cd}	0.92±0.02^{ab}	3,751.39±329.88^{b}	4,096.33±282.30^{b}
9	10.90	29.00	32.60	4,498.78±253.76^{b}	0.93±0.02^{d}	0.88±0.02^{ab}	3,307.79±724.52^{b}	4,204.49±246.44^{b}

หมายเหตุ อักษร a - d ที่แตกต่างกันในแนวตั้ง หมายถึง ค่าเฉลี่ยของข้อมูลที่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

ตารางที่ 2 แสดงค่าคุณภาพเนื้อสัมผัสของกัมมี่เยลลี่รางจืดที่ได้จากการวัด Texture Profile Analysis (TPA) ซึ่งจะทำการกดตัวอย่าง 2 ครั้ง แทนการเคี้ยวของผู้บริโภค ค่า hardness คือแรงที่ใช้ในการทำให้ตัวอย่างเสียรูปแสดงถึงความแข็งของผลิตภัณฑ์ ค่า cohesiveness คือขอบเขตของวัสดุที่สามารถเสียรูปก่อนที่จะเกิดการแตกหัก แสดงถึงความสามารถเกาะรวมตัวกันของผลิตภัณฑ์ ค่า springiness คืออัตราของการคืนรูปของวัสดุหลังการถูกกด แสดงถึงความยืดหยุ่นของผลิตภัณฑ์ ค่า gumminess คือแรงที่ต้องใช้ในการแยกตัวอย่างที่เป็นกึ่งของแข็งจนกระทั่งเสียรูป แสดงถึงความเหนียวของผลิตภัณฑ์ ซึ่งค่าดังกล่าวได้จาก hardness× cohesiveness และค่า chewiness คือแรงที่ใช้ในการเคี้ยวหรือบดตัวอย่างจนกระทั่งเสียรูป

แสดงถึงความยากในการเคี้ยว ซึ่งค่าดังกล่าวได้จาก hardness × cohesiveness × springiness ดังนั้นค่า hardness gumminess และ chewiness จึงถูกนำไปใช้ในการอธิบายลักษณะของผลิตภัณฑ์ลูกกวาดที่มีลักษณะเจล ซึ่งบทบาทของสารที่ทำให้เกิดเจลในระบบคอลลอยด์คือกักน้ำตาลและน้ำรวมถึงส่วนผสมอื่นๆ ไว้ ซึ่งจะส่งผลต่อโครงสร้างของเจลที่ทำให้เกิดความแน่นเนื้อ และความยากในการเคี้ยว(Delgado & Banon, 2014)

เมื่อพิจารณาจากสิ่งทดลองที่ 1-3 สิ่งทดลองที่ 4-6 และสิ่งที่ลองที่ 7-9 ซึ่งมีปริมาณเจลาตินร้อยละ 7.25 9.06 และ 10.90 ตามลำดับ พบว่าปริมาณเจลาตินที่เพิ่มขึ้น จะส่งผลให้กัมมี่เยลลี่รางจืดมีค่า hardness, gumminess และ chewiness เพิ่มขึ้น เนื่องจากปริมาณเจลาตินที่เพิ่มขึ้นจะทำให้เจลมีโครงสร้างที่แข็งแรงมากขึ้น ทำให้ผลิตภัณฑ์มีความแข็ง มีความเหนียว จึงต้องใช้แรงในการเคี้ยวสูง และเมื่อพิจารณาผลของปริมาณน้ำตาลทรายในสิ่งทดลองที่มีปริมาณเจลาตินเท่ากัน จะพบว่าปริมาณน้ำตาลทรายที่เพิ่มขึ้นจะส่งผลให้กัมมี่เยลลี่รางจืดมีค่า hardness, gumminess และ chewiness สูงขึ้นด้วย เนื่องจากน้ำตาลจะจับพันธะกับน้ำส่งผลให้ความหนืดเพิ่มขึ้น ของเหลวมีการเคลื่อนตัวได้ยาก เมื่อถูกกักอยู่ในโครงสร้างของเจลจึงทำให้กัมมี่เยลลี่รางจืดมีเนื้อสัมผัสที่แน่น ทำให้แข็ง เหนียว และเคี้ยวยาก โดยสูตรที่ 7 ซึ่งมีปริมาณเจลาตินร้อยละ 10.90 ปริมาณน้ำตาลทรายร้อยละ 32.6 มีค่า hardness, gumminess และ chewiness สูงที่สุด

ส่วนค่า springiness จะแปรผันตามปริมาณของกลูโคสไซรัป กลูโคสไซรัปประกอบด้วย Oligosaccharide ซึ่งมีคุณสมบัติในการเพิ่มความหนืด และความคงตัวต่อกัมมี่เยลลี่รางจืด มีหน้าที่เป็นตัวทำละลายน้ำตาลทำให้อยู่ในสภาวะเป็นสารละลายอิ่มตัวยิ่งยวดไม่ตกผลึกออกมาหรือเกิดผลึกช้าลง ซึ่งมีผลต่อค่า springiness ของกัมมี่เยลลี่รางจืด เมื่อมีการเพิ่มปริมาณกลูโคสไซรัปมากขึ้น กัมมี่เยลลี่รางจืดจะมีความหนืดเพิ่มขึ้น ส่งผลให้มีค่า springiness สูงขึ้นด้วย พบว่าสูตรที่ 3 ซึ่งมีปริมาณกลูโคสไซรัปสูงสุดเป็นสูตรที่ให้คุณลักษณะของกัมมี่เยลลี่ที่ดีคือมีความแข็งต่ำ ไม่เหนียว เคี้ยวง่าย และมีความยืดหยุ่นสูง ดังจะเห็นได้จากค่า hardness, gumminess และ chewiness ที่ต่ำกว่าสูตรอื่น และ ค่า springiness สูงที่สุด

ตารางที่ 3 ผลของปริมาณเจลาติน กลูโคสไซรัป และน้ำตาลทรายต่อคุณภาพด้านสีของกัมมี่เยลลี่รางจืด

สิ่งทดลอง	อัตราส่วนของส่วนผสม (ร้อยละ)			*L**	*a**	*b**
	เจลาติน	น้ำตาลทราย	กลูโคสไซรัป			
1	7.25	36.25	29.00	36.63 ± 0.52^{b}	-0.18 ± 0.11^{ef}	7.57 ± 0.09^{cd}
2	7.25	32.63	32.63	40.09 ± 1.54^{a}	-0.02 ± 0.08^{de}	7.08 ± 1.01^{bcd}
3	7.25	29.00	36.25	35.92 ± 2.83^{b}	-0.36 ± 0.09^{f}	8.46 ± 1.86^{bcd}
4	9.06	34.43	29.00	33.54 ± 0.85^{c}	-0.64 ± 0.25^{g}	8.58 ± 0.50^{d}
5	9.06	30.80	32.63	32.39 ± 0.29^{c}	-0.33 ± 0.02^{f}	8.38 ± 0.42^{bcd}
6	9.06	29.00	34.44	32.39 ± 0.76^{c}	0.12 ± 0.26^{d}	8.45 ± 0.53^{bcd}
7	10.90	32.60	29.00	32.32 ± 0.70^{c}	1.79 ± 0.14^{a}	9.84 ± 0.91^{ab}
8	10.90	30.80	30.80	33.09 ± 0.86^{c}	1.17 ± 0.11^{b}	10.66 ± 0.22^{a}
9	10.90	29.00	32.60	31.34 ± 1.53^{c}	0.72 ± 0.12^{c}	9.11 ± 0.73^{bc}

หมายเหตุ อักษร a-c ที่แตกต่างกันในแนวตั้ง หมายถึง ค่าเฉลี่ยของข้อมูลที่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

ผลการวัดค่าสีของผลิตภัณฑ์ในระบบ CIE *L*a*b** แสดงดังตารางที่ 3 พบว่าปริมาณเจลาตินที่เพิ่มขึ้นจะส่งผลให้ค่า *L** มีแนวโน้มลดลง โดยสิ่งทดลองที่ 1-3 มีปริมาณเจลาตินร้อยละ 7.25 จะมีค่า *L** สูงกว่าสิ่งทดลองอื่น แต่ค่า *a** และ ค่า *b** มีแนวโน้มเพิ่มขึ้น โดยสิ่งทดลองที่ 4-6 มีปริมาณเจลาตินร้อยละ 10.09 จะมีค่า *a** และ ค่า *b** สูงกว่าสิ่งทดลองอื่น เนื่องจากสีของเจลาติน เมื่อมีการเพิ่มปริมาณเจลาตินขึ้นจะทำให้กัมมี่เยลลี่รางจืดมีสีเหลืองเข้มขึ้น แต่ความสว่างจะมีค่าลดลง

ผลการวัดค่าวอเตอร์แอคติวิตี้และปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมดดังตารางที่ 4 พบว่าค่าวอเตอร์แอคติวิตี้ของสูตรที่ 3 มีค่าสูงสุดซึ่งมีค่าเท่ากับ 0.73 แต่ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมดไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญจากสูตรที่ 2 เนื่องจากสูตรดังกล่าวมีปริมาณเจลาติน และน้ำตาลทรายน้อยที่สุด แต่มีปริมาณกลูโคสไซรัปสูงที่สุด ส่วนสูตรที่ 7 มีค่าวอเตอร์แอคติวิตี้ทรายมากที่สุด แต่มีปริมาณกลูโคสไซรัปน้อยที่สุดจากผลการทดลองดังกล่าวจะเห็นว่าปริมาณของเจลาตินและน้ำตาลทรายมีอิทธิพลต่อค่าวอเตอร์แอคติวิตี้และค่าปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด หากมีปริมาณเจลาตินหรือน้ำตาลทรายสูงจะส่งผลให้มีปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมดสูงขึ้น และทำให้มีค่าวอเตอร์แอคติวิตี้ลดลง ในการเกิดเจลของเจลาตินน้ำจะถูกยึดไว้ภายในโครงสร้างร่างแหของโปรตีนและมีการเชื่อมกันระหว่างโพลีเปปไทด์โมเลกุลด้วยพันธะที่แตกต่างกัน 2 ชนิด การเชื่อมระหว่างหมู่เปปไทด์ด้วยพันธะไฮโดรเจน และการเชื่อมระหว่างหมู่อะมิโนและหมู่คาร์บอกซิลด้วยพันธะซัลไฟด์ (Glicksman, 1969) ดังนั้นกัมมี่เยลลี่รางจืดที่มีปริมาณของเจลาตินซึ่งเป็นสารที่ทำให้เกิดเจลและปริมาณน้ำตาลที่สูง จะมีการกักเก็บและตรึงน้ำไว้ในโครงสร้างของกัมมี่เยลลี่รางจืดมิให้เคลื่อนที่ได้มาก จึงทำให้ผลิตภัณฑ์มีค่าวอเตอร์แอคติวิตี้ต่ำลง

ตารางที่ 4 ผลของปริมาณเจลาติน กลูโคสไซรัป และน้ำตาลทรายต่อค่าวอเตอร์แอคติวิตี้และ ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมดของกัมมี่เยลลี่รางจืด

สิ่งทดลอง	อัตราส่วนของส่วนผสม (ร้อยละ)			ค่าวอเตอร์แอคติวิตี้	ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด (องศาบริกซ์)
	เจลาติน	น้ำตาลทราย	กลูโคสไซรัป		
1	7.25	36.25	29.00	0.69±0.03^{b}	77.67±1.15^{b}
2	7.25	32.63	32.63	0.64±0.02^{cd}	73.33±0.58^{d}
3	7.25	29.00	36.25	0.73±0.02^{a}	74.33±0.58^{d}
4	9.06	34.43	29.00	0.66±0.02^{c}	79.00±0.00^{a}
5	9.06	30.80	32.63	0.65±0.01^{c}	75.67±0.58^{c}
6	9.06	29.00	34.44	0.61±0.00^{de}	76.67±0.58b^{c}
7	10.90	32.60	29.00	0.60±0.01^{e}	80.00±1.00^{a}
8	10.90	30.80	30.80	0.62±0.01^{de}	77.33±0.58^{b}
9	10.90	29.00	32.60	0.61±0.02^{de}	77.67±0.58^{b}

หมายเหตุ อักษร a- e ที่แตกต่างกันในแนวตั้ง หมายถึง ค่าเฉลี่ยของข้อมูลที่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

ตารางที่ 5 ผลของปริมาณเจลาติน กลูโคสไซรัป และน้ำตาลทรายต่อคะแนนความชอบและร้อยละความพอดีของกัมมี่เยลลี่รางจืด

สิ่งทดลอง	สี	รสหวาน	รสเปรี้ยว	ความยืดหยุ่น	ความแข็ง	ความหนึบ	ความชอบรวม
1	5.94±1.68^{bc} พอดี(53.10%)	5.38±1.70^{c} พอดี(37.50%)	5.84±1.67^{ab} พอดี(56.25%)	5.47±2.05^{bc} พอดี(50.00%)	5.72±1.84^{abc} พอดี(50.00%)	5.75±2.03^{bcd} พอดี(37.50%)	5.94±1.81^{bc}
2	6.72±1.14^{ab} พอดี(59.38%)	6.38±1.43^{ab} พอดี(46.88%)	6.16±1.82^{ab} พอดี(50.00%)	6.81±1.60^{a} พอดี(68.75%)	6.59±1.41^{a} พอดี(59.38%)	6.56±1.44^{ab} พอดี(59.38%)	6.72±1.42^{ab}
3	6.97±1.23^{a} พอดี(65.63%)	6.91±1.12^{a} พอดี(68.75%)	6.66±1.64^{a} พอดี(62.50%)	6.78±1.58^{a} พอดี(75.00%)	6.56±1.66^{a} พอดี(78.13%)	6.97±1.38^{a} พอดี(75.00%)	7.16±1.25^{a}
4	5.78±1.45^{c} พอดี(53.13%)	5.75±1.37^{bc} พอดี(65.63%)	5.41±1.68^{b} พอดี(50.00%)	5.41±1.78^{bc} พอดี(50.00%)	5.19±1.55^{bc} พอดี(53.13%)	5.38±1.50^{cd} พอดี(46.88%)	6.06±1.27^{bc}
5	5.97±1.62^{bc} พอดี(50.00%)	6.25±1.39^{ab} พอดี(62.50%)	6.59±1.24^{a} พอดี(62.50%)	6.38±1.31^{ab} พอดี(62.50%)	6.03±1.43^{ab} พอดี(53.13%)	6.16±1.35^{abc} พอดี(62.50%)	6.31±1.31^{bc}
6	6.50±1.19^{abc} พอดี(59.40%)	5.84±1.74^{bc} พอดี(46.88%)	6.00±1.81^{ab} พอดี(65.63%)	5.50±1.98^{bc} พอดี(46.88%)	5.66±1.98^{bc} พอดี(43.75%)	5.72±1.84^{bcd} พอดี(50.00%)	5.88±1.70^{c}
7	5.91±2.02^{bc} พอดี(43.75%)	5.69±1.77^{bc} พอดี(40.63%)	5.97±1.79^{ab} พอดี(46.88%)	5.22±2.00^{c} พอดี(34.38%)	4.91±1.69^{c} มากเกินไป (50.00%)	5.25±1.67^{cd} มากเกินไป (40.63%)	5.56±1.74^{c}
8	6.19±1.64^{abc} พอดี(71.88%)	5.31±1.94^{c} พอดี(31.25%)	5.72±1.69^{ab} พอดี(53.13%)	5.34±1.84^{c} พอดี(34.38%)	5.00±1.81^{c} มากเกินไป (43.75%)	5.16±1.63^{d} พอดี(46.88%)	5.53±1.59^{c}
9	6.56±1.13^{abc} พอดี(53.13%)	5.75±1.32^{bc} น้อยเกินไป (46.88%)	5.75±1.76^{ab} พอดี(46.88%)	5.41±2.05^{bc} พอดี(40.63%)	5.16±1.72^{bc} มากเกินไป (37.50%)	5.63±1.70^{cd} พอดี(43.75%)	5.81±1.53^{c}

หมายเหตุ อักษร a- d ที่แตกต่างกันในแนวตั้ง หมายถึง ค่าเฉลี่ยของข้อมูลที่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

ผลการวิเคราะห์คุณภาพทางประสาทสัมผัส โดยการทดสอบความชอบและร้อยละความพอดีของกัมมี่เยลลี่รางจืดในคุณลักษณะด้านต่างๆ แสดงดังตารางที่ 5 พบว่าสูตรที่ 2 และ 3 มีคะแนนความชอบสูงที่สุดในทุกคุณลักษณะ ซึ่งเมื่อพิจารณาคุณภาพทางลักษณะเนื้อสัมผัสของทั้งสองสูตรนี้จากตารางที่ 2 พบว่าเป็นสูตรที่มีค่าhardness chewiness และ gumminess ต่ำสุดแสดงให้เห็นว่าผู้บริโภคต้องการกัมมี่เยลลี่รางจืดที่มีลักษณะไม่แข็งจนเกินไป และเคี้ยวง่าย อย่างไรก็ตามสูตรที่ 3 มีปริมาณ เจลาตินร้อยละ 7.25 น้ำตาลทรายร้อยละ 29 และกลูโคสไซรัปร้อยละ 36.25 ซึ่งสูตรดังกล่าวมีปริมาณของกลูโคสไซรัปสูง ทำให้กัมมี่เยลลี่รางจืดดูดความชื้นได้ง่าย และเป็นสูตรที่มีค่าวอเตอร์แอคติวิตี้สูงดังตารางที่ 4 ทำให้กัมมี่เยลลี่

รางจืดมีลักษณะเหนียวและติดกันที่อุณหภูมิห้อง ดังนั้นสูตรที่ 2 ซึ่งได้รับคะแนนความชอบไม่แตกต่างจากสูตรที่ 3 และยังได้รับความพอดีสูงที่สุดในทุกคุณลักษณะ ดังตารางที่ 4.7 แต่มีส่วนผสมของกลูโคสไซรัปในปริมาณที่ต่ำกว่าจึงเป็นสูตรที่เหมาะสมในการผลิตโดยสูตรดังกล่าวมีปริมาณเจลาตินร้อยละ 7.25 น้ำตาลทรายร้อยละ 32.63 และกลูโคสไซรัปร้อยละ 32.63

ผลการศึกษาอัตราส่วนของน้ำต่อใบรางจืดที่เหมาะสมของกัมมี่เยลลี่รางจืด

จากตารางที่ 6 พบว่าผลการวัดค่าสีของกัมมี่เยลลี่รางจืด พบว่าอัตราส่วนของใบรางจืดที่เพิ่มขึ้นจะส่งผลทำให้ค่า *L** มีค่าลดลง โดยอัตราส่วนของน้ำต่อใบรางจืด 95:5 จะมีค่า *L** สูงที่สุด และอัตราส่วนของน้ำต่อใบรางจืด 80:20 จะมีค่า *L** ต่ำที่สุดผลการวัดค่าวอเตอร์แอคติวิตี้และวัดค่าปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมดพบว่าอัตราส่วนของน้ำต่อใบรางจืดที่ต่างกันไม่มีผลต่อค่าวอเตอร์แอคติวิตี้และค่าปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด

ตารางที่ 6 ผลของอัตราส่วนของน้ำต่อใบรางจืดต่อสีของกัมมี่เยลลี่รางจืด

อัตราส่วนของน้ำต่อใบรางจืด	*L**	*a**	*b**^{ns}	ค่าวอเตอร์แอคติวิตี้^{ns}	ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด^{ns} (องศาบริกซ์)
95:5	42.61±1.18^{a}	-0.83±0.19^{b}	10.03±1.78	0.67±0.02	73.67±0.58
90:10	39.96±1.84^{b}	-0.35±0.03^{a}	8.65±0.76	0.67±0.01	74.00±1.00
85:15	37.49±0.70^{c}	-0.37±0.16^{a}	9.37±1.88	0.69±0.01	74.33±0.58
80:20	34.89±0.45^{d}	-0.58±0.09^{a}	10.03±0.43	0.69±0.01	73.67±0.58

หมายเหตุ อักษร a- d ที่แตกต่างกันในแนวตั้ง หมายถึง ค่าเฉลี่ยของข้อมูลที่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

ns หมายถึงค่าเฉลี่ยในแนวตั้งไม่มีความแตกต่างทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

ตารางที่ 7 ผลของอัตราส่วนของน้ำต่อใบรางจืดต่อคะแนนความชอบและร้อยละความพอดีของกัมมี่เยลลี่รางจืด

อัตราส่วนของน้ำต่อใบรางจืด	สี^{ns}	กลิ่นรส^{ns}	เนื้อสัมผัส^{ns}	ความชอบรวม^{ns}
95:5	6.50±1.72	6.40±1.54	6.67±1.37	6.93±1.17
	พอดี(66.67%)	พอดี(63.33%)	พอดี(73.33%)	
90:10	7.07±1.34	6.33±1.63	6.70±1.64	6.93±1.34
	พอดี(70.00%)	พอดี(80.00%)	พอดี(76.67%)	
85:15	6.63±1.67	6.20±1.69	6.27±1.26	6.67±1.15
	พอดี(53.33%)	พอดี(56.67%)	พอดี(40.00%)	
80:20	6.37±1.22	6.37±1.61	6.27±1.96	6.20±1.69
	พอดี(50.00%)	พอดี(36.67%)	พอดี(36.67%)	

หมายเหตุ ns หมายถึงค่าเฉลี่ยในแนวตั้งไม่มีความแตกต่างทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

ผลการทดสอบความชอบและร้อยละความพอดีของกัมมี่เยลลี่รางจืดในคุณลักษณะด้านต่างๆ แสดงผลดังตารางที่ 7 พบว่าอัตราส่วนของน้ำต่อใบรางจืดที่แตกต่างกันไม่มีผลต่อคะแนนความชอบของผู้ทดสอบที่มีต่อกัมมี่เยลลี่รางจืด เนื่องจากน้ำรางจืดมีกลิ่นของสมุนไพรที่อ่อนมาก และส่วนผสมของเจลาติน น้ำตาลทราย กลูโคสไซรัป และกรดซิตริก ในทุกสิ่งทดลองมีปริมาณเท่ากัน จึงทำให้กลิ่นรสของกัมมี่เยลลี่รางจืด และลักษณะเนื้อสัมผัส ไม่แตกต่างกัน ซึ่งสอดคล้องกับตารางที่ 6 ที่ค่าวอเตอร์แอคติวิตี้ และปริมาณของแข็งที่ละลายได้ของทุกสิ่งทดลองไม่แตกต่างกัน ในส่วนของสีพบว่ากัมมี่เยลลี่รางจืดที่ได้มีสีใกล้เคียงกันคือเหลืองอมน้ำตาลอ่อนซึ่งอาจจะมีความเข้มสีที่แตกต่างกันเล็กน้อย แต่เป็นสีที่ผู้บริโภคยอมรับ เมื่อพิจารณาจากความพอดีพบว่าอัตราส่วนของน้ำต่อใบรางจืด 95:5 และ 90: 10 จะมีร้อยละความพอดีมากกว่า เนื่องจากมีสีที่อ่อนกว่า

นอกจากนี้พบว่าทุกอัตราส่วนมีความพอดีในทุกคุณลักษณะ โดยอัตราส่วนของน้ำต่อใบรางจืด 90: 10 มีร้อยละของความพอดีสูงที่สุดจึงเป็นอัตราส่วนที่เหมาะสมในการเตรียมน้ำรางจืด เพื่อเป็นวัตถุดิบในการผลิตกัมมี่เยลลี่รางจืด

ผลการวิเคราะห์คุณภาพกัมมี่เยลลี่รางจืดสุดท้าย

จากการวิเคราะห์คุณภาพทางกายภาพ การวัดเนื้อสัมผัสของกัมมี่เยลลี่รางจืดพบว่า ค่า hardness มีค่าเท่ากับ 2,962.57 กรัม ค่า cohesiveness มีค่าเท่ากับ0.93 ค่า springiness มีค่าเท่ากับ 0.87chewinessมีค่าเท่ากับ 2,923.17 และค่า gumminess มีค่าเท่ากับ 2,821.51 กรัมผลิตภัณฑ์มีค่าความสว่าง *L** เท่ากับ 38.94 ค่า *a**เท่ากับ -0.86 และค่า*b** เท่ากับ 9.01 แสดงให้เห็นว่า กัมมี่เยลลี่รางจืดมีสีเหลืองอมเขียว มีค่าวอเตอร์แอคติวิตี้ 0.70 ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด 74.67 องศาบริกซ์ ปริมาณกรดทั้งหมดร้อยละ 1.74 และไม่พบจุลินทรีย์ในกัมมี่เยลลี่รางจืด

สรุปผลการวิจัย

สูตรที่เหมาะสมในการผลิตกัมมี่เยลลี่รางจืดคือ กลูโคสไซรัปร้อยละ 32.63 น้ำตาลทรายร้อยละ 32.63 น้ำรางจืด (อัตราส่วนของน้ำต่อใบรางจืด 90:10)ร้อยละ 25.75 เจลาตินร้อยละ 7.25 และกรดซิตริกร้อยละ 1.75 เนื่องจากเป็นสูตรที่ผู้บริโภคชอบมากที่สุดและมีคุณลักษณะตรงตามความต้องการของผู้บริโภค

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือที่สนับสนุนทุนในการวิจัยและพัฒนาผลิตภัณฑ์กัมมี่เยลลี่รางจืด และขอขอบคุณคณะอุตสาหกรรมเกษตร ที่ให้ความอนุเคราะห์อุปกรณ์และเครื่องมือในการวิจัย

เอกสารอ้างอิง

Aritajat, S., Wutteerapol, S., &Saenphet, K. (2004).Anti-diabetic effect of *Thunbergia laurifolia* Linn. Aqueous extract. *The Southeast Asian Journal of Tropical Medicine and Public Health*, *35*, 53-58.

Boonyarikpunchai, W., Sukrong, S., &Towiwat, P. (2014). Antinociceptive and anti-inflammatory effects of rosmarinis acid isolated from *Thunbergia laurifolia* Lindl. *Pharmacology Biochemistry and Behavior*, *124*, 67-73.

Chan,EWC.,Eng, SY., Tan, YP.,&Wong, ZC. (2011). Phytochemistry and pharmacological properties of *Thunbergia laurifolia*: A review. *Pharmacognocy Journal*, *3,* 1-6.

Chan,EWC.,Eng, SY., Tan, YP., Wong, ZC., Lye, PY., &Tan, LN.(2012). Antioxidant and sensory properties of Thai herbal teas with emphasis on *Thunbergia laurifolia* Lindl. *Chiang Mai Journal of Science*, *39*, 599-609.

Chattaviriya, P., Morkmek, N., Lertprasertsuke, N.,&Ruangyuttikarn, W. (2010). Drinking *Thunberfia laurifolia* Lindl. leaf extracthelps prevent renal toxicity induced by cadmium in rats. *Thai Journal of Toxicology*, *25*, 124-132.

Chivapat, S., Chavalittumrong, P.,Attawish, A., Bansiddhi, J.,&Padungpat, S. (2009).Chronic toxicity of *Thunbergia laurifolia* Lindl. Extract. *Journal of Thai Traditional & Alternative Medicine*, *7*, 17-25.

Delgado, P. and Banon, S. (2015). Determining the minimum drying time of gummy confections based on their mechanical properties. *Journal of Food*, *13*(3), 329-335.

Glicksman, M. (1969).*Gum Technology in Food Industry*. New York: Academic Press.

Jetawattana, S., Boonsirichai, K., Charoen, S. and Martin, SM. (2015). Radical intermediate generation and cell cycle arrest by an aqueous extract of *Thunbergia Laurifolia Linn*. In human breast cancer cells. *Asian Pacific Journal of Cancer Prevention, 16*(10), 4357-61.

Kanchanapoom, T., Kasai, R., &Yamasaki, K. (2002).Iridoidglucosides from *Thunbergia laurifolia*. *Phytochemistry*, *60*, 769-771.

Khobjai, W., Jaihan, U., Watcharasamphankul, W., & Somsak, V. (2014).Protective effect of *Thunbergia laurifolia* extract on hemolysis during *Plasmodium berghei* infection. *Parasitology Research*, *113,* 1843-1846.

Oonsivilai, R., Cheng, C., Bomser, J., Ferruzzi,MG.,&Ningsanond,S. (2007). Phytochemical profiling and phase II enxyme-inducing properties of *Thunbergia laurifolia* Lindl.(RC) extracts.*Journal of Ethnopharmacology*, *114*, 300-306.

Palipoch, S.,Jiraungkoorskul, W., Tansatit, T.,Preyavichyapugdee, N., Jaikua, W., &Kosai, P. (2011a). Effect of *Thunbergialaurifolia*(Linn) leaf extract dietary supplement against lead toxicity in Nile tilapia (*Oreochromisniloticus*). *World Journal of Fish and Marine Sciences*, *3,* 1-9.

Palipoch, S., Jiraungkoorskul, W., Tansatit, T., Preyavichyapugdee, N., Jaikua, W., &Kosai, P. (2011b).Protective efficiency of *Thunbergia laurifolia*leaf extract against lead (II) nitrate-induced toxicity in *Oreochromisniloticus*. *Journal of Medicinal Plants Research*, *5*, 719-728.

Rocejanasaroj, A., Tencomnao, T., &Sangkitikomol, W. (2014). *Thunbergia laurifolia* extract minimizes the adverse effects oftoxicants by regulating P-glycoprotein activity, CYP450, and lipid metabolism gene expression in HepG2 cells. *Genetics and Molecular Research*, *13*, 205-219.

Rojsanga, P., Saguansataya, T., Sithisarn, P., &Suntornsuk, L. (2012). The determination of phenolic and flavonoid contents in *Thunbergia laurifolia*extracts and their DPPH radical scavenging activities. *Planta Medica*, *78*, PF47.

Suwanchaikasem, P., Phadungcharoen, T., &Sukrong, S. (2013).Authentication of the Thai medicinal plants sharing the same common name 'Rang Chuet': *Thunbergia laurifolia, Crotalaria spectabilis,* and *Curcuma* aff. *Amada* by combined techniques of TLC, PCR-RFLP fingerprints, and antioxidant activities. *Science Asia*, *39*, 124-133.

Suwanchaikasem, P., Chaichantipyuth, C., &Sukrong, S. (2014). Antioxidant-guided isolation of rosmarinic acid, a major constituent, from *Thunbergia laurifolia* and its use as a bioactive principle for standardization. *Chiang Mai Journal of Science*, *41*, 117-127.

Tamer, C.E., Incedayi, B., Copur, O.U. and Karinca, M. (2013). A research on the fortification applications for jelly confectionery. *Journal of Food, Agricultural and Environment*. *11*(2), 152-157.

Thongsaard, W., Marsden,CA., Morris, P., Prior, M., &Shah, YB. (2005). Effect of *Thunbergia laurifolia*, a Thai natural product used to treatdrug addiction on cerebral activity detected by functional magneticresonance imaging in the rat. *Psychopharmacology*, *180*, 752-760.

Thongsaard, W., &Marsden, C. (2013). Effect of *Thunbergia laurifolia* extract on extracellular dopamine level in rat nucleus accumbens. *Journal of the Medical Association of Thailand*, *96*, S85-9.

Wonkchalee, O., Boonmars, T., Aromdee, C., Laummaunwai, P.,Khunkitti, W., Vaeteewoottacharn, K., Sriraj, P., Aukkanimart, R., Loilome,W., Chamgramol, Y., Pairojkul, C., Wu, Z., Juasook, A., &Sudsarn, P. (2012). Antiinflammatory,antioxidant and hepatoprotective effects of *Thunbergia laurifolia* Linn. on experimental opisthorchiasis. *Parasitology Research*, *111*, 353-359.