

การพัฒนาเยลลี่ชนิดอ่อนรสสตรอว์เบอร์รี่เสริมคอลลาเจนไฮโดรไลเสต

Development of Strawberry Dessert Jelly Fortified with Collagen Hydrolysate

จิราวัฒน์ แก่นอินทร์¹, จักรสุมา พงศ์เศรษฐ์กุล², เพชรไพลิน ถาวะรังค์¹, ตรัส เคแสง¹ และ สิริมา เกกิงวงศ์ตระกูล^{1*}

Jirawat Kaenin¹, Jaksuma Pongsetkul², Petpailin Thavarang¹, Trus Kaesang¹ and Sirima Takeungwongtrakul^{1*}

¹ภาควิชาครุศาสตร์เกษตร คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรมและเทคโนโลยี สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

²สาขาวิชาเทคโนโลยีและนวัตกรรมทางสัตว์ สำนักวิชาเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

¹Department of Agricultural Education, Faculty of Industrial Education and Technology,

King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang

²School of Animal Technology and Innovation, Institute of Agricultural Technology, Suranaree University of Technology

Received : 23 May 2019

Revised : 16 August 2019

Accepted : 29 August 2019

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาเยลลี่สตรอว์เบอร์รี่ ชนิดอ่อนเสริมคอลลาเจนไฮโดรไลเสตรสสตรอว์เบอร์รี่ ซึ่งใช้น้ำเชื่อมสตรอว์เบอร์รี่เข้มข้นที่เป็นเศษเหลือจากโรงงานสตรอว์เบอร์รี่แช่เยือกแข็งเป็นวัตถุดิบหลักในการทดลองนี้ โดยทำการคัดเลือกสูตรพื้นฐานของเยลลี่ชนิดอ่อน และทำการศึกษาอัตราส่วนของน้ำเชื่อมสตรอว์เบอร์รี่ต่อน้ำเปล่า (100: 0 80: 20 60: 40 และ 40: 60 (น้ำหนักต่อน้ำหนัก)) ปริมาณคาราจีแนน (ร้อยละ 0.8 1.0 1.2 และ 1.4) และคอลลาเจนไฮโดรไลเสต (ร้อยละ 0 0.3 0.6 0.9 และ 1.2) ในเยลลี่ชนิดอ่อนเสริมคอลลาเจนไฮโดรไลเสตรสสตรอว์เบอร์รี่ พบว่า การใช้น้ำเชื่อมสตรอว์เบอร์รี่เข้มข้น (ไม่เจือจาง) คาราจีแนนร้อยละ 1.2 และคอลลาเจนไฮโดรไลเสตร้อยละ 0.9 ในการผลิตเยลลี่ชนิดอ่อนเสริมคอลลาเจนไฮโดรไลเสตรสสตรอว์เบอร์รี่ได้รับการยอมรับจากผู้บริโภคสูงสุด และมีคะแนนความชอบโดยรวมอยู่ในระดับชอบมาก

คำสำคัญ : น้ำเชื่อมสตรอว์เบอร์รี่, เยลลี่, คาราจีแนน, คอลลาเจนไฮโดรไลเสต

Abstract

The aim of this research was to develop strawberry dessert jelly fortified with collagen hydrolysate. The concentrated strawberry syrup used as main raw material in this experiment is the by-product from frozen strawberry industry. The selection of basic formula of dessert jelly and the study of strawberry syrup to water ratios (100: 0, 80: 20, 60: 40 and 40: 60 (w/w)), the contents of carrageenan (0.8%, 1.0%, 1.2% and 1.4%) and collagen hydrolysate (0%, 0.3%, 0.6%, 0.9% and 1.2%) in strawberry dessert jelly fortified with collagen hydrolysate were investigated. Results showed that the use of concentrated strawberry syrup (no dilute), 1.2% carrageenan and 0.9% collagen hydrolysate in strawberry dessert jelly fortified with collagen hydrolysate showed the highest consumer acceptance and liking score was like very much.

Keywords : concentrated strawberry syrup, jelly, carrageenan, collagen hydrolysate

*Corresponding author. E-mail : sirima.ta@kmitl.ac.th

บทนำ

สตอร์วเบอร์รี่เป็นผลไม้ที่มีสีส้มและรูปทรงสวยงาม มีรสชาติทั้งหวานและเปรี้ยว มีสีแดงสด กลิ่นหอมหวาน อุดมไปด้วยคุณค่าทางอาหาร เป็นแหล่งของโพลีฟีนอล แอนโทไซยานิน วิตามิน และกรดอะมิโน (Campaniello *et al.*, 2008). สตอร์วเบอร์รี่ยังเป็นผลไม้ที่ให้พลังงานต่ำ ไม่มีคอเลสเตอรอล และมีไฟเบอร์ จึงเหมาะสำหรับผู้ที่ต้องการลดน้ำหนัก สตอร์วเบอร์รี่สามารถนำมาใช้ปรุงและประกอบอาหารได้หลากหลาย สามารถบริโภคทั้งผลสดและนำมาแปรรูปได้ เช่น แยมสตอร์วเบอร์รี่ ไวน์สตอร์วเบอร์รี่ น้ำสตอร์วเบอร์รี่ หรือสตอร์วเบอร์รี่อบแห้ง เป็นต้น สตอร์วเบอร์รี่นิยมปลูกมากในจังหวัดเชียงใหม่และจังหวัดเชียงราย ผลผลิตสตอร์วเบอร์รี่จะออกในช่วงเดือนพฤศจิกายนถึงเดือนพฤษภาคมในพื้นที่ปลูกบนที่สูง และระหว่างเดือนธันวาคมถึงเมษายนในพื้นที่ปลูกบนพื้นราบ ซึ่งปัจจุบันมีความต้องการของตลาดทั้งภายในและต่างประเทศเพื่อใช้ในเชิงอุตสาหกรรมเป็นปริมาณมาก และกำลังมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเรื่อย ๆ สตอร์วเบอร์รี่สดมีอายุการเก็บรักษาสั้น เนื่องจากเกิดการเสื่อมเสียทางกายภาพ เชื้อรา การสูญเสีย น้ำ และสตอร์วเบอร์รี่ยังมีอัตราการหายใจที่สูง (Vargas *et al.*, 2006) ในโรงงานอุตสาหกรรมจึงนิยมนำมาทำสตอร์วเบอร์รี่แช่เยือกแข็งหรือนำมาแปรรูปด้วยวิธีต่าง ๆ เพื่อยืดอายุการเก็บรักษาให้นานขึ้น ซึ่งในโรงงานอุตสาหกรรมสตอร์วเบอร์รี่แช่เยือกแข็งบางแห่งได้นำผลสตอร์วเบอร์รี่คลุกกับน้ำตาลทรายก่อนนำไปแช่เยือกแข็ง ทำให้มีน้ำเชื่อมสตอร์วเบอร์รี่เข้มข้นเกิดเป็นเศษเหลือขึ้นในโรงงานจำนวนมาก นักวิจัยจึงมีแนวคิดนำน้ำเชื่อม สตอร์วเบอร์รี่เข้มข้นมาใช้ประโยชน์เพื่อเพิ่มมูลค่าให้แก่ น้ำเชื่อมสตอร์วเบอร์รี่เข้มข้นจากโรงงานสตอร์วเบอร์รี่แช่เยือกแข็งดังกล่าว

เยลลี่ชนิดอ่อน เป็นผลิตภัณฑ์ที่นิยมรับประทานเป็นอาหารว่าง เป็นของหวาน หรือรับประทานคู่กับไอศกรีมได้ มีเนื้อสัมผัสนุ่ม มีน้ำมากสามารถใช้ช้อนตักรับประทานหรือใช้หลอดดูดได้ ซึ่งนิยมรับประทานแบบแช่เย็นมีทั้งรสหวานและรสเปรี้ยว ทำให้ผู้บริโภคสดชื่นเมื่อรับประทาน ได้แก่ เยลลี่รสสตอร์วเบอร์รี่ เยลลี่รสองุ่น เยลลี่รสส้ม เยลลี่รสมะม่วง เป็นต้น ซึ่งเยลลี่ที่ดีต้องมีลักษณะใส กึ่งแข็ง มีเนื้อสัมผัสอ่อนนุ่ม มีความหยุ่นตัว ต้องแข็งพอที่จะคงรูปเดิมเมื่อตัด โดยเยลลี่ชนิดอ่อนผลิตได้จากการคั้นหรือสกัดน้ำผลไม้ ผัก ธัญพืช หรือสมุนไพร แล้วผสมกับสารให้ความหวานหรือสารทำให้เกิดเจล เช่น คาราจีแนน เจลาติน ฝุ่น เป็นต้น ซึ่งอาจเติมกรดผลไม้ เนื้อผลไม้ ผัก ธัญพืช หรือสมุนไพร รวมทั้งอาจจะแต่งสีและกลิ่นด้วย เพื่อให้เกิดลักษณะที่ดีของเยลลี่ชนิดอ่อน (Saehor *et al.*, 2011) โดยคาราจีแนนเป็นผลิตภัณฑ์ที่ได้จากสาหร่ายทะเลสีแดง แบ่งเป็น 3 ชนิด คือ แคปป์ป้า ไอโอด้า และแลมด้า-คาราจีแนน ซึ่งแคปป์ป้า และไอโอด้า-คาราจีแนน สามารถทำให้เกิดเจลได้แบบ Thermo reversible โดยมีกลไกการเกิดเจลแบบ Double-helix carrageenan polymer คาราจีแนนในรูปแบบแคปป์ป้าทำให้ได้เจลที่เปราะแตกง่าย และมี syneresis คาราจีแนนในรูปแบบไอโอด้าทำให้ได้เจลที่ยืดหยุ่น และไม่เกิด syneresis ส่วนแลมด้า-คาราจีแนนไม่สามารถทำให้เกิดเจลได้ โดยในทางการค้าจะผสมคาราจีแนนชนิดแคปป์ป้า และไอโอด้าเข้าด้วยกัน เพื่อให้ได้เจลที่มีความยืดหยุ่น และเกิด syneresis น้อย (Konsue & Cheumchaitrakul, 2004) ดังนั้น เยลลี่ชนิดอ่อนจึงเป็นผลิตภัณฑ์ที่น่าสนใจที่จะนำมาศึกษา นอกจากนี้ ผู้บริโภคส่วนใหญ่มีความต้องการผลิตภัณฑ์อาหารที่มีความหลากหลายและมีคุณค่าทางโภชนาการมากขึ้น การเสริมคอลลาเจนไฮโดรไลเสตลงในผลิตภัณฑ์เยลลี่ชนิดอ่อน จึงเป็นอีกทางเลือกหนึ่งที่จะเพิ่มทางเลือกให้แก่ผู้บริโภค ซึ่งคอลลาเจนไฮโดรไลเสตเป็นโปรตีนชนิดหนึ่งที่อยู่ในเนื้อเยื่อเกี่ยวพันของร่างกาย นิยมเสริมในผลิตภัณฑ์อาหารเพื่อเพิ่มปริมาณโปรตีน และช่วยเพิ่มมูลค่าให้แก่ผลิตภัณฑ์ได้

วิธีดำเนินการวิจัย

1. ศึกษาคุณสมบัติทางเคมีและกายภาพของน้ำเชื่อมสตอร์วเบอร์รี่จากโรงงานสตอร์วเบอร์รี่แช่เยือกแข็ง

- 1.1 ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ ($^{\circ}$ Brix) ด้วย Hand refractometer (Master-500, Atago, Tokyo, Japan)
- 1.2 ค่าความเป็นกรดและด่าง (pH) ด้วย pH meter (ATX224, Shimadzu, Tokyo, Japan)
- 1.3 ปริมาณกรดทั้งหมด (Total acidity) ด้วยการไตเตรทกับสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ โดยใช้ฟีนอล์ฟทาลีนเป็นอินดิเคเตอร์ (AOAC, 2000)
- 1.4 ปริมาณวิตามินซี (Total vitamin C) ด้วยวิธี 2,6-Dichlorophenolindophenol titrimetric (Babashahi-Kouhanestani *et al.*, 2014)
- 1.5 ปริมาณน้ำตาลทั้งหมด (Total sugar) ด้วยการผสมตัวอย่างกับสารละลายฟีนอลร้อยละ 5 และสารละลาย Sulfuric Acid เข้มข้น โดยวัดค่าการดูดกลืนคลื่นแสงที่ความยาวคลื่น 490 นาโนเมตร (7315 Spectrophotometer, Jenway, UK) เทียบกับสารละลายมาตรฐานกลูโคส (Dubois *et al.*, 1956)
- 1.6 ปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ (Reducing sugar) ด้วยการผสมตัวอย่างกับ DNS reagent และให้ความร้อนที่อุณหภูมิ 90 องศาเซลเซียส วัดค่าการดูดกลืนคลื่นแสงที่ความยาวคลื่น 540 นาโนเมตร เทียบกับสารละลายมาตรฐานกลูโคส (Miller, 1959)

2. คัดเลือกสูตรพื้นฐานเยลลี่ชนิดอ่อน

คัดเลือกสูตรพื้นฐานในการทำเยลลี่ชนิดอ่อนจากฐานข้อมูลวิจัยต่าง ๆ โดยคัดเลือกสูตรที่สามารถเกิดเจลได้ดีเป็นจำนวน 3 สูตร ดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 สูตรพื้นฐานเยลลี่ชนิดอ่อนจากฐานข้อมูลวิจัยต่าง ๆ

ส่วนประกอบ	สูตรพื้นฐานเยลลี่ชนิดอ่อน (ร้อยละ)		
	1	2	3
น้ำผลไม้	30	16	40
น้ำตาลทราย	20	7.5	19
คาราจีแนน	1	1	1
กรดซิตริก	0.02	0.02	0.02
น้ำเปล่า	48.98	75.48	39.98

หมายเหตุ : สูตร 1 ดัดแปลงสูตรจาก Boonkerd & Dithavibool (2001)

สูตร 2 ดัดแปลงสูตรจาก Peeraphatchara *et al.* (2012)

สูตร 3 ดัดแปลงสูตรจาก Esuwan *et al.* (2012)

โดยมีขั้นตอนการทำเยลลี่สูตรพื้นฐานแสดงดังนี้

ซึ่งส่วนผสมต่าง ๆ ตามสูตรในตารางที่ 1 นำส่วนผสมของแห้งทั้งน้ำตาลทราย (บริษัทน้ำตาลมิตรผล) และคาราจีแนน (บริษัทกรุงเทพเคมี) มาผสมให้เข้ากัน จากนั้นนำน้ำเปล่าตั้งไฟรอให้น้ำเดือด แล้วใส่ส่วนผสมแห้งลงไป คนให้ละลายที่อุณหภูมิ

70 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 5 นาที แล้วนำน้ำผลไม้ลงไปคนให้เข้ากันจนอุณหภูมิถึง 80 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 2 นาที จากนั้นใส่กรดซิตริก (บริษัทกรุงเทพเคมี) ลงไป คนให้ละลายเป็นเวลา 2 นาที นำส่วนผสมที่ได้ใส่แบบพิมพ์ ตั้งไว้ที่อุณหภูมิห้อง จนกระทั่งเยลลี่เซตตัว

จากนั้นนำเยลลี่ชนิดอ่อนสูตรพื้นฐานทั้ง 3 สูตร มาทดสอบคุณลักษณะทางประสาทสัมผัสด้านสี กลิ่น รสชาติ เนื้อสัมผัส ลักษณะปรากฏ และความชอบโดยรวม ด้วยวิธีแบบ 9-point hedonic scale โดยให้คะแนน เท่ากับ 1 หมายถึง ไม่ชอบมากที่สุด และ คะแนน เท่ากับ 9 หมายถึง ชอบมากที่สุด ซึ่งใช้ผู้ทดสอบที่ไม่ผ่านการฝึกฝน จำนวน 50 คน จากคณะครุศาสตร์ อุตสาหกรรมและเทคโนโลยี สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

3. ศึกษาผลของความเข้มข้นน้ำเชื่อมสตอร์วเบอร์รี่ที่เหมาะสมต่อการผลิตเยลลี่ชนิดเหลวรสสตอร์วเบอร์รี่

เลือกสูตรจากข้อที่ 2 ที่ให้คะแนนความชอบโดยรวมสูงสุดมาศึกษาความเข้มข้นของน้ำเชื่อม สตอร์วเบอร์รี่ที่เหมาะสม โดยทำการเจือจางน้ำเชื่อมสตอร์วเบอร์รี่ด้วยน้ำเปล่า ที่อัตราส่วนน้ำเชื่อม สตอร์วเบอร์รี่ต่อน้ำเปล่า ดังนี้ 100:0 80:20 60:40 และ 40:60 (น้ำหนักต่อน้ำหนัก) โดยให้ปริมาณองค์ประกอบอื่น ๆ ในสูตรเท่ากัน จากนั้นนำเยลลี่ชนิดเหลวที่ผลิตได้ มาทดสอบคุณลักษณะทางประสาทสัมผัสตามวิธีของข้อที่ 2

4. ศึกษาผลของปริมาณคาราจีแนนที่เหมาะสมต่อการผลิตเยลลี่ชนิดเหลวรสสตอร์วเบอร์รี่

เลือกความเข้มข้นของน้ำเชื่อม สตอร์วเบอร์รี่จากข้อที่ 3. ที่ให้คะแนนความชอบโดยรวมสูงสุดมาศึกษาปริมาณ คาราจีแนนที่เหมาะสมที่ระดับร้อยละ 0.8 1.0 1.2 และ 1.4 (น้ำหนักต่อน้ำหนัก) โดยให้ปริมาณองค์ประกอบอื่น ๆ ในสูตร เท่ากัน จากนั้นนำเยลลี่ชนิดเหลวที่ผลิตได้ มาทดสอบคุณลักษณะทางประสาทสัมผัสตามวิธีของข้อที่ 2

5. ศึกษาผลของปริมาณคอลลาเจนไฮโดรไลเสตที่เหมาะสมต่อการผลิตเยลลี่ชนิดเหลวเสริมคอลลาเจนไฮโดรไลเสตรส สตอร์วเบอร์รี่

เลือกปริมาณคาราจีแนนจากข้อที่ 4. ที่ให้คะแนนความชอบโดยรวมสูงสุดมาศึกษาปริมาณคอลลาเจนไฮโดรไลเสต (บริษัทกรุงเทพเคมี) ที่เหมาะสมที่ระดับร้อยละ 0 0.3 0.6 0.9 และ 1.2 (น้ำหนักต่อน้ำหนัก) โดยให้ปริมาณองค์ประกอบอื่น ๆ ในสูตรเท่ากัน จากนั้นนำเยลลี่ชนิดเหลวที่ผลิตได้ มาทดสอบคุณลักษณะดังต่อไปนี้

5.1 คุณลักษณะทางประสาทสัมผัสตามวิธีข้อที่ 2

5.2 คุณลักษณะทางกายภาพ

5.2.1 ค่าสี $L^* a^* b^*$ ด้วยเครื่อง HunterLab MiniScan[®]XE Plus (Hunter Associates Laboratory Inc., USA)

5.2.2 ค่าแรงตึง ด้วยเครื่อง TA.XT II texture analyzer (Stable Micro Systems, Surrey, England)

5.3 คุณลักษณะทางเคมี

5.3.1 ค่าความเป็นกรดและด่าง (pH) ด้วยเครื่อง pH meter

5.3.2 ปริมาณกรดทั้งหมด (Total acidity) ด้วยการไตเตรทกับสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ โดยใช้ฟีนอล์ฟทาลีนเป็นอินดิเคเตอร์ (AOAC, 2000)

5.3.3 ปริมาณวิตามินซี (Total vitamin C) ด้วยวิธี 2,6-Dichlorophenolindophenol titrimetric (Babashahi-Kouhanestani *et al.*, 2014)

5.3.4 ปริมาณน้ำตาลทั้งหมด (Total sugar) (Dubois *et al.*, 1956)

5.3.5 ปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ (Reducing sugar) (Miller, 1959)

5.3.6 ปริมาณความชื้น โปรตีน ไขมัน เถ้า และเยื่อใยด้วยวิธี AOAC (2000) รวมทั้งคาร์โบไฮเดรตโดยคำนวณจากสูตร
 ร้อยละคาร์โบไฮเดรต = 100 - ร้อยละของ (โปรตีน + ไขมัน + เถ้า + ความชื้น)

6. การวิเคราะห์ผลทางสถิติ

การทดสอบทางประสาธน์สัมพัทธ์ทำการวางแผนการทดสอบแบบ RCBD (Randomized Complete Block Design) วิเคราะห์ความแปรปรวนของข้อมูลด้วยวิธี Analysis of variance (ANOVA) และเปรียบเทียบข้อมูลความแตกต่างของค่าเฉลี่ยด้วยวิธี Duncan's New Multiple's Range Test ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

ผลการวิจัย

1. การศึกษาคุณลักษณะทางเคมีและทางกายภาพของน้ำเชื่อมสตอร์วเบอร์รี่เข้มข้น

ตารางที่ 2 คุณลักษณะทางเคมีและทางกายภาพของน้ำเชื่อมสตอร์วเบอร์รี่เข้มข้น

คุณลักษณะทางเคมี-กายภาพ	น้ำเชื่อมสตอร์วเบอร์รี่เข้มข้น
ปริมาณของแข็งที่ละลายในน้ำได้ (°Brix)	26.60±1.15 ^a
ค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH)	3.21±0.21
ปริมาณกรดทั้งหมด (ร้อยละ)	0.17±0.09
ปริมาณวิตามินซี (ร้อยละ)	1.10±0.27
ปริมาณน้ำตาลทั้งหมด(กรัม/100กรัม)	22.33±0.91
ปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ (กรัม/ 100 กรัม)	0.36 ±0.01
ค่าสี	
L*	15.00±0.42
a*	12.10±0.34
b*	4.57±0.13

หมายเหตุ : ค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน

จากการศึกษาคุณลักษณะทางเคมีและทางกายภาพของน้ำเชื่อมสตอร์วเบอร์รี่เข้มข้นที่ได้จากโรงงานสตอร์วเบอร์รี่แช่เยือกแข็งแสดงดังตารางที่ 2 พบว่า น้ำเชื่อมสตอร์วเบอร์รี่เข้มข้นมีปริมาณของแข็งที่ละลายในน้ำ 26.60±1.15°Brix มีค่าความเป็นกรด-ด่าง 3.21±0.21 มีปริมาณกรดทั้งหมดร้อยละ 0.17±0.09 ปริมาณวิตามินซีร้อยละ 1.10±0.27 ปริมาณน้ำตาลทั้งหมด 22.33±0.91 กรัม/100กรัม และปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ 0.36 ±0.01 กรัม/100 กรัม ส่วนค่าสี ทั้งค่า L* a* และ b* มีค่าเท่ากับ 15.00±0.42 12.10±0.34 และ 4.57±0.13 ตามลำดับ

2. การศึกษาสูตรพื้นฐานของเยลลี่สตอร์วเบอร์รี่ชนิดอ่อน

ตารางที่ 3 คะแนนคุณลักษณะทางประสาทสัมผัสของเยลลี่สตอร์วเบอร์รี่ชนิดอ่อนสูตรพื้นฐาน

สูตร	คะแนนคุณลักษณะทางประสาทสัมผัส				ความชอบโดยรวม
	สี	รสชาติ	เนื้อสัมผัส	ลักษณะปรากฏ	
1	7.02±1.12 ^{b+}	6.60±1.31 ^b	7.02±1.07 ^b	6.71±1.38 ^b	7.08±0.91 ^b
2	5.51±1.52 ^a	5.40±1.66 ^a	6.05±1.62 ^a	5.62±1.64 ^a	5.51±1.19 ^a
3	7.31±1.52 ^b	6.91±1.68 ^b	7.08±1.57 ^b	6.88±1.87 ^b	7.25±1.35 ^b

หมายเหตุ * ค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน

⁺ ตัวอักษรที่ต่างกันในแนวตั้งแสดงว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$)

จากการศึกษาคัดเลือกสูตรพื้นฐานเยลลี่สตอร์วเบอร์รี่ชนิดอ่อนจากฐานข้อมูลวิจัยที่คัดเลือกมาทั้ง 3 สูตร และได้ทำการทดสอบความชอบของผู้บริโภค ด้วยวิธีการให้คะแนนคุณลักษณะทางประสาทสัมผัสแบบ 9 points hedonic scale ในด้านสี รสชาติ เนื้อสัมผัส ลักษณะปรากฏ และความชอบโดยรวมโดยใช้ผู้ทดสอบชิมที่นิยมบริโภคเยลลี่เป็นประจำ ทั้งหมด 50 คน โดยมีผู้ทดสอบชิมเป็นผู้ชายจำนวน 12 คน และผู้หญิงจำนวน 38 คน ซึ่งมีอายุอยู่ในช่วง 17-25 ปี แสดงดังตารางที่ 3 พบว่า เยลลี่สตอร์วเบอร์รี่ชนิดอ่อนสูตรที่ 2 มีคะแนนคุณลักษณะทางประสาทสัมผัสในด้านสี ด้านรสชาติ ด้านเนื้อสัมผัส ด้านลักษณะปรากฏ และด้านความชอบโดยรวมต่ำกว่าสูตรที่ 1 และสูตรที่ 3 ซึ่งมีคะแนนเท่ากับ 5.51 5.40 6.05 5.62 และ 5.51 ตามลำดับ ($p < 0.05$) ส่วนเยลลี่สตอร์วเบอร์รี่ชนิดอ่อนสูตรที่ 1 และสูตรที่ 3 มีคะแนนคุณลักษณะทางประสาทสัมผัสทุกด้านสูงที่สุด ($p < 0.05$) โดยมีคะแนนแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญ ($p > 0.05$) แต่อย่างไรก็ตาม เยลลี่สตอร์วเบอร์รี่ชนิดอ่อนสูตรที่ 3 มีคะแนนความชอบที่สูงกว่าเยลลี่สตอร์วเบอร์รี่ชนิดอ่อนสูตรที่ 1 ดังนั้น จึงทำการเลือกเยลลี่สตอร์วเบอร์รี่ชนิดอ่อนสูตรที่ 3 มาใช้พัฒนาในขั้นตอนถัดไป

3. การศึกษาความเข้มข้นของน้ำเชื่อมสตอร์วเบอร์รี่ที่ใช้ในการผลิตเยลลี่สตอร์วเบอร์รี่ชนิดอ่อน

ตารางที่ 4 คะแนนคุณลักษณะทางประสาทสัมผัสของเยลลี่สตอร์วเบอร์รี่ชนิดอ่อนที่ผลิตจากน้ำเชื่อมสตอร์วเบอร์รี่ที่เจือจาง

อัตราส่วนน้ำเชื่อมสตอร์วเบอร์รี่ต่อ น้ำเปล่า (น้ำหนักต่อน้ำหนัก)	คะแนนคุณลักษณะทางประสาทสัมผัส					ความชอบโดยรวม
	สี	กลิ่น	รสชาติ	เนื้อสัมผัส	ลักษณะปรากฏ	
100:0	7.71±1.12 ^{*d+}	7.77±0.94 ^d	7.37±1.45 ^c	7.28±1.20 ^c	7.34±1.08 ^c	7.25±0.81 ^c
80:20	7.14±1.03 ^c	6.62±1.23 ^c	6.94±1.10 ^c	6.91±1.12 ^c	6.91±1.17 ^{bc}	7.08±1.01 ^c
60:40	6.20±1.05 ^b	5.97±1.09 ^b	6.14±1.11 ^b	6.11±1.31 ^b	6.45±1.06 ^{ab}	6.28±1.15 ^b
40:60	5.25±1.19 ^a	5.25±1.26 ^a	5.31±1.05 ^a	5.54±1.06 ^a	6.00±1.05 ^a	5.60±0.94 ^a

หมายเหตุ * ค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน

⁺ ตัวอักษรที่ต่างกันในแนวตั้งแสดงว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$)

จากการศึกษาความเข้มข้นของน้ำเชื่อมสตอร์วเบอร์รี่ที่เจือจางด้วยน้ำเปล่า (เจือจางที่อัตราส่วนน้ำเชื่อมสตอร์วเบอร์รี่ต่อน้ำเปล่า 100:0 80:20 60:40 และ 40:60 (น้ำหนักต่อน้ำหนัก) ที่นำมาใช้ในการผลิตเยลลี่สตอร์วเบอร์รี่ชนิดอ่อน แสดงดังตารางที่ 4 พบว่า คะแนนคุณลักษณะทางประสาทสัมผัสในด้านสี และกลิ่นของเยลลี่สตอร์วเบอร์รี่ชนิดอ่อนที่ใช้น้ำเชื่อมสตอร์วเบอร์รี่ต่อน้ำเปล่าที่อัตราส่วน 100:0 (น้ำหนักต่อน้ำหนัก) มีคะแนนสูงสุด รองลงมา คือ เยลลี่สตอร์วเบอร์รี่ชนิดอ่อนที่ใช้อัตราส่วนน้ำเชื่อมสตอร์วเบอร์รี่ต่อน้ำเปล่า 80:20 และ 40:60 (น้ำหนักต่อน้ำหนัก) ตามลำดับ ($p < 0.05$) สำหรับคะแนนคุณลักษณะทางประสาทสัมผัสในด้านรสชาติ เนื้อสัมผัส และความชอบโดยรวมของเยลลี่สตอร์วเบอร์รี่ชนิดอ่อนที่ใช้น้ำเชื่อมสตอร์วเบอร์รี่ต่อน้ำเปล่าอัตราส่วน 100:0 และ 80:20 (น้ำหนักต่อน้ำหนัก) มีคะแนนสูงสุด รองลงมา คือ เยลลี่สตอร์วเบอร์รี่ชนิดอ่อนที่ใช้น้ำเชื่อมสตอร์วเบอร์รี่ต่อน้ำเปล่าอัตราส่วน 60:40 และ 40:60 (น้ำหนักต่อน้ำหนัก) ตามลำดับ ($p < 0.05$) ส่วนคะแนนคุณลักษณะทางประสาทสัมผัสในด้านลักษณะปรากฏของเยลลี่สตอร์วเบอร์รี่ชนิดอ่อนที่ใช้น้ำเชื่อมสตอร์วเบอร์รี่ต่อน้ำเปล่าที่อัตราส่วน 80:20 และ 60:40 (น้ำหนักต่อน้ำหนัก) มีความแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญ ($p > 0.05$) โดยเยลลี่สตอร์วเบอร์รี่ชนิดอ่อนที่ใช้อัตราส่วนน้ำเชื่อมสตอร์วเบอร์รี่ต่อน้ำเปล่า 100:0 และ 80:20 (น้ำหนักต่อน้ำหนัก) มีคะแนนคุณลักษณะทางประสาทสัมผัสในด้านลักษณะปรากฏสูงสุด ($p < 0.05$) ดังนั้น จากคะแนนคุณลักษณะทางประสาทสัมผัสในทุกด้านจึงทำการเลือกใช้อัตราส่วนน้ำเชื่อมสตอร์วเบอร์รี่ต่อน้ำเปล่าที่ 80 : 20 (น้ำหนักต่อน้ำหนัก) มาใช้พัฒนาเยลลี่สตอร์วเบอร์รี่ชนิดอ่อนในขั้นตอนนี้ต่อไป

4. การศึกษาปริมาณของคาราจีแนนที่ใช้ในการผลิตเยลลี่สตอร์วเบอร์รี่ชนิดอ่อน

ตารางที่ 5 คะแนนคุณลักษณะทางประสาทสัมผัสของเยลลี่สตอร์วเบอร์รี่ชนิดอ่อนที่ใช้ปริมาณคาราจีแนนที่แตกต่างกัน

ปริมาณ คาราจีแนน (ร้อยละ)	คะแนนคุณลักษณะทางประสาทสัมผัส					
	สี	กลิ่น	รสชาติ	เนื้อสัมผัส	ลักษณะ ปรากฏ	ความชอบ โดยรวม
0.8	7.48±0.8 ^{a+}	7.17±0.89 ^a	7.34±0.72 ^a	6.25±1.35 ^a	6.31±1.07 ^a	6.65±1.13 ^a
1.0	7.42±0.77 ^a	7.15±0.89 ^a	7.34±0.83 ^a	7.11±1.27 ^b	7.08±1.35 ^b	7.34±1.05 ^b
1.2	7.31±0.86 ^a	7.11±0.83 ^a	7.31±0.75 ^a	7.85±0.60 ^c	7.57±0.69 ^b	7.68±0.99 ^b
1.4	7.28±0.78 ^a	7.26±0.93 ^a	7.22±0.73 ^a	7.14±1.16 ^b	7.20±1.07 ^b	7.34±1.16 ^b

หมายเหตุ * ค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน

+ ตัวอักษรที่ต่างกันในแนวตั้งแสดงว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$)

จากการศึกษาปริมาณของคาราจีแนนที่ใช้ในการผลิตเยลลี่ชนิดอ่อน แสดงดังตารางที่ 5 พบว่า การใช้คาราจีแนนในปริมาณร้อยละ 0.8-1.4 ในการทำเยลลี่สตอร์วเบอร์รี่ชนิดอ่อนได้คะแนนความชอบด้านสี กลิ่น และรสชาติ แตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญ ($p > 0.05$) ส่วนคุณลักษณะด้านลักษณะปรากฏและด้านความชอบโดยรวมของเยลลี่สตอร์วเบอร์รี่ชนิดอ่อนที่ใช้อัตราส่วนคาราจีแนนร้อยละ 0.8 มีคะแนนต่ำที่สุด ($p < 0.05$) ซึ่งการใช้คาราจีแนนในปริมาณร้อยละ 1.0-1.4 เพื่อใช้เป็นสารก่อเจลในเยลลี่สตอร์วเบอร์รี่ชนิดอ่อนมีคะแนนแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญ ($p > 0.05$) สำหรับคุณลักษณะด้านเนื้อสัมผัสของเยลลี่สตอร์วเบอร์รี่ชนิดอ่อนที่ใช้อัตราส่วนคาราจีแนนปริมาณร้อยละ 1.2 มีคะแนนสูงสุด ($p < 0.05$) ซึ่งการใช้คาราจีแนน

ในปริมาณร้อยละ 0.8 คุณลักษณะด้านเนื้อสัมผัสมีคะแนนต่ำที่สุด ดังนั้น จึงเลือกการวิจัยเพิ่มปริมาณร้อยละ 1.2 มาใช้ในการผลิตเยลลี่สตอร์วเบอร์รี่ชนิดอ่อนในขั้นตอนต่อไป

5. ศึกษาปริมาณของคอลลาเจนไฮโดรไลเสตที่เสริมในเยลลี่สตอร์วเบอร์รี่ชนิดอ่อน

ตารางที่ 6 คะแนนคุณลักษณะทางประสาทสัมผัสของเยลลี่สตอร์วเบอร์รี่ชนิดอ่อนที่เสริมคอลลาเจนไฮโดรไลเสตในปริมาณที่แตกต่างกัน

ปริมาณคอลลาเจนไฮโดรไลเสต (ร้อยละ)	คะแนนคุณลักษณะทางประสาทสัมผัส					
	สี	กลิ่น	รสชาติ	เนื้อสัมผัส	ลักษณะปรากฏ	ความชอบโดยรวม
0	7.05±1.05 ^{c+}	6.82±0.92 ^b	6.37±1.08 ^c	5.97±10.4 ^b	6.05±1.05 ^{ab}	7.11±0.52 ^a
0.3	6.91±1.22 ^{bc}	6.42±1.06 ^b	6.88±1.15 ^c	6.08±0.85 ^{bc}	6.31±0.86 ^{bc}	7.17±0.56 ^a
0.6	6.45±1.09 ^{ab}	6.40±0.91 ^b	6.62±1.30 ^{bc}	6.54±1.24 ^{cd}	6.65±0.96 ^{cd}	7.65±0.63 ^b
0.9	6.60±0.94 ^{abc}	6.68±0.79 ^b	6.11±1.20 ^b	6.74±0.65 ^d	6.82±0.92 ^d	7.88±0.67 ^b
1.2	6.11±1.05 ^a	5.80±0.99 ^a	5.38±1.05 ^a	5.14±1.45 ^a	5.68±0.93 ^a	7.05±0.48 ^a

หมายเหตุ * ค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน

+ ตัวอักษรที่ต่างกันในแนวตั้งแสดงว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$)

จากการศึกษาปริมาณของคอลลาเจนไฮโดรไลเสตที่ใช้เสริมในเยลลี่สตอร์วเบอร์รี่ชนิดอ่อน แสดงดังตารางที่ 6 พบว่าเยลลี่สตอร์วเบอร์รี่ชนิดอ่อนที่ไม่เติมคอลลาเจนไฮโดรไลเสต (ร้อยละ 0) และเติมคอลลาเจนไฮโดรไลเสตปริมาณร้อยละ 0.3 และ 1.2 มีคะแนนความชอบโดยรวมต่ำที่สุด ($p < 0.05$) ซึ่งการเติมคอลลาเจนไฮโดรไลเสตในเยลลี่สตอร์วเบอร์รี่ชนิดอ่อนปริมาณร้อยละ 0.6 และ 0.9 มีคะแนนความชอบโดยรวมแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญ ($p > 0.05$) สำหรับการเสริมคอลลาเจนไฮโดรไลเสตปริมาณร้อยละ 0.6 - 1.2 ในการทำเยลลี่สตอร์วเบอร์รี่ชนิดอ่อนมีคะแนนคุณลักษณะทางประสาทสัมผัสด้านสีต่ำที่สุด ($p < 0.05$) ซึ่งการเสริมคอลลาเจนไฮโดรไลเสตในการทำเยลลี่สตอร์วเบอร์รี่ชนิดอ่อนปริมาณร้อยละ 0.6 และ 0.9 มีคะแนนความชอบด้านสีแตกต่างกับการเสริมคอลลาเจนไฮโดรไลเสตปริมาณร้อยละ 0.3 อย่างไม่มีนัยสำคัญ ($p > 0.05$) ส่วนการเสริมคอลลาเจนไฮโดรไลเสตปริมาณร้อยละ 0 ในการทำเยลลี่สตอร์วเบอร์รี่ชนิดอ่อนมีคะแนนคุณลักษณะทางประสาทสัมผัสด้านสีที่สูง ซึ่งไม่แตกต่างกับการเสริมคอลลาเจนไฮโดรไลเสตปริมาณร้อยละ 0.3 และ 0.9 ($p > 0.05$) สำหรับด้านกลิ่น การไม่เสริมคอลลาเจนไฮโดรไลเสต และการเสริมคอลลาเจนไฮโดรไลเสตร้อยละ 0.3 0.6 และ 0.9 ในเยลลี่สตอร์วเบอร์รี่ชนิดอ่อนมีคะแนนแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญ ($p > 0.05$) แต่มีคะแนนความชอบด้านกลิ่นที่สูงกว่าการเสริมคอลลาเจนไฮโดรไลเสตร้อยละ 1.2 ในการทำเยลลี่สตอร์วเบอร์รี่ชนิดอ่อน สำหรับคะแนนความชอบด้านรสชาติ การใช้คอลลาเจนไฮโดรไลเสตปริมาณร้อยละ 1.2 ในการทำเยลลี่สตอร์วเบอร์รี่ชนิดอ่อนมีคะแนนคุณลักษณะทางประสาทสัมผัสด้านรสชาติต่ำที่สุด ($p < 0.05$) โดยการไม่เสริมคอลลาเจนไฮโดรไลเสต และการเสริมคอลลาเจนไฮโดรไลเสตร้อยละ 0.3 และ 0.6 มีคะแนนความชอบด้านรสชาติแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญ ($p > 0.05$) ซึ่งการเสริมคอลลาเจนไฮโดรไลเสตในการทำเยลลี่สตอร์วเบอร์รี่ชนิดอ่อนร้อยละ 0.6 มีคะแนนความชอบด้านรสชาติแตกต่างกับการเสริมคอลลาเจนไฮโดรไลเสตปริมาณร้อยละ

0.3 อย่างไม่มีนัยสำคัญ ($p > 0.05$) ส่วนด้านลักษณะปรากฏและด้านเนื้อสัมผัสของเยลลี่สตอร์วเบอร์รี่ชนิดอ่อนที่เสริมคอลลาเจนไฮโดรไลเสตร้อยละ 0.6 และ 0.9 มีคะแนนสูงที่สุด ($p < 0.05$) ซึ่งการเสริมคอลลาเจนไฮโดรไลเสตในการทำเยลลี่สตอร์วเบอร์รี่ชนิดอ่อนร้อยละ 0.6 มีคะแนนความชอบด้านลักษณะปรากฏและด้านเนื้อสัมผัสแตกต่างกับการเสริมคอลลาเจนไฮโดรไลเสต ปริมาณร้อยละ 0.3 อย่างไม่มีนัยสำคัญ ($p > 0.05$) ดังนั้น จึงเลือกเสริมคอลลาเจนไฮโดรไลเสตร้อยละ 0.9 มาใช้ในการผลิตเยลลี่สตอร์วเบอร์รี่ชนิดอ่อน

6. การศึกษาคุณลักษณะทางเคมีและทางกายภาพของเยลลี่สตอร์วเบอร์รี่ชนิดอ่อนเสริมคอลลาเจนไฮโดรไลเสต

ตารางที่ 7 คุณลักษณะทางเคมีและทางกายภาพของเยลลี่สตอร์วเบอร์รี่เสริมคอลลาเจนไฮโดรไลเสต

คุณลักษณะทางเคมีและทางกายภาพ	ผลการวิเคราะห์
ความชื้น (ร้อยละ)	64.80 ± 0.00
โปรตีน (ร้อยละ)	1.07 ± 0.11
ไขมัน (ร้อยละ)	0.52 ± 0.09
เถ้า (ร้อยละ)	0.64 ± 0.02
คาร์โบไฮเดรต (ร้อยละ)	32.97 ± 0.00
เยื่อใย (ร้อยละ)	0.48 ± 0.01
ค่าความกรด-ด่าง (pH)	3.37 ± 0.00
ปริมาณวิตามินซี (ร้อยละ)	16.20 ± 3.58
ปริมาณกรดทั้งหมด (กรัม/100 กรัม)	0.69 ± 0.04
ปริมาณน้ำตาลทั้งหมด (กรัม/100 กรัม)	0.17 ± 0.03
ปริมาณรีดิวซิงค์ (กรัม/100 กรัม)	0.28 ± 0.00
ค่าแรงตัด (แรงกิโลกรัม)	0.15 ± 0.09
ค่าสี	
	L^*
	27.60 ± 0.19
	a^*
	14.20 ± 0.17
	b^*
	3.13 ± 0.11

จากการศึกษาคุณลักษณะทางเคมีของเยลลี่สตอร์วเบอร์รี่ชนิดอ่อนเสริมคอลลาเจนไฮโดรไลเสต แสดงดังตารางที่ 7 พบว่า เยลลี่สตอร์วเบอร์รี่ชนิดอ่อนเสริมคอลลาเจนไฮโดรไลเสตมีปริมาณความชื้นร้อยละ 64.80 ปริมาณโปรตีนร้อยละ 1.07 ปริมาณไขมันร้อยละ 0.52 ปริมาณเถ้าร้อยละ 0.64 ปริมาณคาร์โบไฮเดรตร้อยละ 32.97 ปริมาณเยื่อใยร้อยละ 0.48 ปริมาณวิตามินซีร้อยละ 16.20 ปริมาณค่าความกรด-ด่าง (pH) 3.37 ปริมาณกรดทั้งหมดร้อยละ 0.69 กรัม/100 กรัม ปริมาณน้ำตาลทั้งหมด 0.17 กรัม/100 กรัม และปริมาณน้ำตาลรีดิวซิงค์ 0.28 กรัม/100 กรัม จากการศึกษาลักษณะทางกายภาพของเยลลี่สตอร์วเบอร์รี่ชนิดอ่อนเสริมคอลลาเจนไฮโดรไลเสต พบว่า มีค่าแรงตัด 0.15 แรงกิโลกรัม ส่วนค่าสี ทั้งค่า L^* a^* และ b^* มีค่าเท่ากับ 27.60 14.20 และ 3.13 ตามลำดับ

วิจารณ์ผลการวิจัย

จากการวิจัยได้นำน้ำเชื่อมสตอร์เบอร์รี่เข้มข้นจากโรงงานสตอร์เบอร์รี่แช่เยือกแข็งมาใช้ในการผลิตเยลลี่สตอร์เบอร์รี่ชนิดอ่อนเสริมคอลลาเจนไฮโดรไลเสต โดยทำการหาสูตรพื้นฐานที่เหมาะสมก่อนการผลิตเยลลี่สตอร์เบอร์รี่ชนิดอ่อนเสริมคอลลาเจนไฮโดรไลเสต พบว่า เยลลี่สตอร์เบอร์รี่ชนิดอ่อนสูตรที่ 2 ที่ดัดแปลงสูตรจาก Peeraphatchara *et al*, (2012) มีคะแนนคุณลักษณะทางประสาทสัมผัสในทุกด้านทั้งด้านสี ด้านรสชาติ ด้านเนื้อสัมผัส ด้านลักษณะปรากฏ และด้านความชอบโดยรวมต่ำที่สุด ($p < 0.05$) ส่วนเยลลี่สตอร์เบอร์รี่ชนิดอ่อนสูตรที่ 1 ที่ดัดแปลงสูตรจาก Esuwan *et al*, (2012) และสูตรที่ 3 ที่ดัดแปลงสูตรจาก Boonkerd & Dithavibool, (2001) มีคะแนนความชอบแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญ ($p > 0.05$) แต่อย่างไรก็ตาม เยลลี่สตอร์เบอร์รี่ชนิดอ่อนสูตรที่ 3 มีคะแนนในทุกคุณลักษณะที่สูงกว่าเยลลี่สตอร์เบอร์รี่ชนิดอ่อนสูตรที่ 1 จึงได้ทำการคัดเลือกเยลลี่สตอร์เบอร์รี่ชนิดอ่อนสูตรที่ 3 มาใช้ศึกษาความเข้มข้นน้ำเชื่อมสตอร์เบอร์รี่ที่เหมาะสมในการผลิตเยลลี่สตอร์เบอร์รี่ชนิดอ่อนเสริมคอลลาเจนไฮโดรไลเสต เพื่อลดต้นทุนการใช้น้ำเชื่อมสตอร์เบอร์รี่ แต่จากผลการวิจัย พบว่า การใช้น้ำเชื่อมสตอร์เบอร์รี่ที่ไม่ผ่านการเจือจางในการทำเยลลี่สตอร์เบอร์รี่ชนิดอ่อนมีคะแนนความชอบในทุกด้านที่สูงกว่าน้ำเชื่อมสตอร์เบอร์รี่ที่ผ่านการเจือจาง อาจเนื่องจากน้ำเชื่อมสตอร์เบอร์รี่ที่ไม่ผ่านการเจือจางมีสี กลิ่น และรสชาติของสตอร์เบอร์รี่ที่เข้มข้นและเป็นลักษณะที่ต้องการของผู้บริโภค จากนั้นนำมาศึกษาปริมาณคาราจีแนนในเยลลี่สตอร์เบอร์รี่ชนิดอ่อน พบว่า คะแนนคุณลักษณะทางประสาทสัมผัสในทุกด้านของเยลลี่สตอร์เบอร์รี่ชนิดอ่อนที่ใช้คาราจีแนนปริมาณร้อยละ 1.2 มีคะแนนที่สูง ซึ่งคาราจีแนนช่วยทำให้เกิดเจล และเพิ่มความหนืดได้ ซึ่งคาราจีแนนทุกชนิดละลายได้ในน้ำร้อน สำหรับแคปไซ- และ ไฮออลตา-คาราจีแนนเมื่ออยู่ในสภาวะละลายขณะร้อน สายโซ่จะอยู่ในรูปเกลียวม้วนอย่างไม่เจาะจง แต่เมื่อเย็นลง ความหนืดจะเพิ่มขึ้นและเกิดเป็นเจลได้ (ที่ 40-60 องศาเซลเซียส) เพราะบางช่วงของสายโซ่ของกาแลคแทน สามารถเข้าใกล้กันและสร้างเป็นเกลียวคู่ แต่บางช่วงในโครงสร้างสามารถขวางการเป็นเกลียวคู่ เพราะมีกาแลคโทส-6-ซัลเฟต แทนที่หน่วยน้ำตาล 3,6-แอนไฮโดร เกลียวคู่ที่เกิดขึ้นสามารถรวมกลุ่มสร้างเป็นขอบเขตรอบต่อ ช่วยยึดรวมโครงสร้างไว้ ทำให้เกิดเจลในที่สุด เจลของคาราจีแนนเป็นเจลชนิดผันกลับได้ด้วยความร้อน (Koedbuatong, 2012) จากงานวิจัยของ Kumpakdee *et al*, (2012) ที่ศึกษาวิธีการนำผลของต้นจาก (*Nypa fruticans Wrumb*) มาผลิตเป็นเยลลี่คาราจีแนนผสมเนื้อลูกจาก โดยได้ศึกษาปริมาณที่เหมาะสมของคาราจีแนน พบว่า การใช้คาราจีแนนร้อยละ 1.8 ในการผลิตเยลลี่คาราจีแนนผสมเนื้อลูกจากได้รับการยอมรับจากผู้บริโภคมากที่สุด สำหรับการศึกษากปริมาณคอลลาเจนไฮโดรไลเสตที่เสริมในเยลลี่สตอร์เบอร์รี่ชนิดอ่อน พบว่า การเสริมคอลลาเจนไฮโดรไลเสตในปริมาณร้อยละ 0.9 เหมาะสมที่สุด เนื่องจากการเติมคอลลาเจนไฮโดรไลเสตปริมาณร้อยละ 0.9 ในเยลลี่สตอร์เบอร์รี่ชนิดอ่อนเป็นปริมาณที่สูงที่สุดที่สามารถเติมลงในเยลลี่สตอร์เบอร์รี่ชนิดอ่อนได้ โดยยังคงมีคะแนนความชอบโดยรวมสูงสุด ซึ่งคอลลาเจนเป็นโปรตีนชนิดหนึ่งที่พบในเนื้อเยื่อเกี่ยวพัน ทำหน้าที่ยึดเหนี่ยวส่วนของโครงสร้างให้แข็งแรง ซึ่งคอลลาเจนไฮโดรไลเสตนั้นเป็นโพลีเปปไทด์ที่ได้จากการไฮโดรไลซ์คอลลาเจน (Zhang & Shi, 2006) ซึ่งนิยมนำมารับประทานเป็นอาหารเสริม โดยสามารถดูดซึมเข้าสู่เซลล์ผิวชั้นลึกของร่างกายได้ดี ช่วยให้เซลล์ผิวมีความยืดหยุ่นและชุ่มชื้นขึ้น (Panyakaew, 2015) จากการทดลองของ Saehor *et al*, (2011) รายงานว่า เยลลี่คาราจีแนนสูตรน้ำผักต่าง ๆ ทั้งเยลลี่คาราจีแนนสูตรน้ำมะเขือเทศ สูตรน้ำแครอท สูตรน้ำผักทอง และสูตรน้ำกะหล่ำปลีม่วง มีองค์ประกอบทางเคมีไม่แตกต่างกัน โดยมีปริมาณความชื้น โปรตีน ไขมัน และเถ้าประมาณร้อยละ 63.62-74.39 1.02-2.54 0.10-1.15 และ 0.40-0.63 ตามลำดับ ซึ่งมีค่าใกล้เคียงกับเยลลี่สตอร์เบอร์รี่ชนิดอ่อนเสริมคอลลาเจนไฮโดรไลเสตในการทดลองนี้

สรุปผลการวิจัย

เยลลี่สตอร์วเบอร์รี่ชนิดอ่อนเสริมคอลลาเจนไฮโดรไลสสามารถผลิตได้จากน้ำเชื่อมสตอร์วเบอร์รี่เข้มข้นที่เป็นเศษเหลือจากโรงงานสตอร์วเบอร์รี่แช่เยือกแข็ง โดยการใช้ น้ำเชื่อมสตอร์วเบอร์รี่เข้มข้นไม่ผ่านการเจือจาง การใช้คาราจีแนนเป็นสารที่ทำให้เกิดเจลที่ร้อยละ 1.2 และการเสริมคอลลาเจนไฮโดรไลสที่ร้อยละ 0.9 ในการผลิตเยลลี่ชนิดอ่อนเสริมคอลลาเจนไฮโดรไลสตรวเบอร์รี่ได้คะแนนความชอบจากผู้บริโภคสูงที่สุด

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณภาควิชาครุศาสตร์เกษตร คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรมและเทคโนโลยี สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ที่ได้สนับสนุนการทำวิจัยและการนำเสนอผลงานในครั้งนี้ และขอขอบคุณบริษัท ลานนาเกษตร อุตสาหกรรม จำกัด ที่อนุเคราะห์ตัวอย่างน้ำเชื่อมสตอร์วเบอร์รี่เข้มข้น

เอกสารอ้างอิง

- AOAC. (2000). Official methods of analysis, (17th ed.). Gaithersburg, MD: Association of Official Analytical Chemists.
- Babashahi-Kouhanestani, M., Salehi, M., Mazloomi, S., M., & Almasi-Hashyani, A. (2014). Quantitative evaluation of vitamin C in industrial lemon juice by titration method. *Journal of Biology and Today's World*, 3(6), 139-141.
- Boonkerd, N. & Dithavibool, L. (2001). Guide to processing grapes and other fruits as jam, jelly and ready to drink fruit juice. Bangkok: Only Best Design & Printing. (in Thai)
- Campaniello, D., Bevilacqua, A., Sinigaglia, M., & Corbo, M.R. (2008). Chitosan: antimicrobial activity and potential applications for preserving minimally processed strawberries. *Food Microbiology*, 25(8), 992-1000.
- Dubois, M., Gilles, K. A., Hamilton, J. K., Rebers, P. A., & Smith, F. (1956). Colorimetric method for determination of sugar and related substances. *Analytical Chemistry*, 28, 350-356.
- Esuwan, Y., Lambangchan, P., Suthiruk, J., & Lichanporn, I. (2012). Effect of caragenan on quality of longkong jelly. *Agricultural Science Journal*, 43(2), 485-488. (in Thai)
- Koedbuatong, T., (2012). Improving the Gelation Properties of Gelatin from Skipjack Tuna Skin for Pet Food Application. (Master's thesis) Prince of Songkla University. (in Thai)
- Konsue, N. & Cheumchaitrakul, P. (2004). Development of ginger drinking jelly. Division of Research Services, Mae Fah Luang University. (in Thai)
- Kunpakdee, Y., Kawee, W., Woothigoon, R., Podkumnerd, N. & Sunthornaphirak, N. (2012). Carageenan jelly with Nipa's fruits for Communities. *Thaksin University Journal*, 15(3), 227-235. (in Thai)

- Miller, G., L. (1956). Use of dinitrosalicylic acid reagent for determination of reducing sugar. *Analytical Chemistry*, 31, 420-428.
- Panyakaew., W. (2015). The effects of oral collagen supplement enhancing the elasticity and hydration of the skin. (Master's thesis) Department of Anti-aging and Regenerative Medicine, Faculty of Applied Science, Dhurakij Pundit University. (in Thai)
- Peeraphatchara, C., Hiranakharawong, I., & Prajugjit, C. (2012). *Fruit jelly*. Retrieved September 9, 2019, from <http://www.clinictech.most.go.th/online/techlist/attachFile/20122141354261.pdf>
- Saehor, S., Vattanakrisda, N., Taiyanto, P. & Thumthanaruk, B. (2011). Development of vegetable carrageenan jellies. *Agricultural Science Journal*, 42(2), 509-512. (in Thai)
- Vargas, M., Albors, A., Chiralt, A., & González-Martínez C. (2006). Quality of cold-stored strawberries as affected by Chitosan–oleic acid edible coatings. *Postharvest Biology and Technology*, 41(2), 164-171.
- Zhang, Z., Li. G. & Shi, B. I. (2006). Physicochemical properties of collagen, gelatin and collagen hydrolysate derived from bovine limed split wastes. *Journal-Society of Leather Technologists and Chemists*, 90(1), 23-28.