

ผลของปริมาณสารสกัดจากโหระพาและเจลาตินต่อคุณภาพของ ผลิตภัณฑ์เยลลี่โหระพา

Effect of sweet basil extract and gelatin contents on quality of
sweet basil jelly product

สุภาพร พาเจริญ^{1*} วิจิตรา เหลียวตระกูล¹ และ วรวัณ ธาราวุฒิ²

Supaporn Pajareon^{1*}, Wijitra Liaotrakoon¹ and Vorawood Tarawood²

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของปริมาณสารสกัดโหระพาและเจลาตินต่อคุณภาพของผลิตภัณฑ์เยลลี่โหระพา พบว่า สารสกัดจากโหระพา มีค่าทางกายภาพเคมี ดังนี้ มีค่าสี มีค่าความสว่าง (L^*) ค่าสีแดง (a^*) ค่าสีเหลือง (b^*) เท่ากับ 53.17, -4.56 และ 41.55 ตามลำดับ สารออกฤทธิ์ทางชีวภาพ ได้แก่ สารประกอบฟีนอลิก ความสามารถในการต้านออกซิเดชัน และคลอโรฟิลล์ เท่ากับ 204.96 มิลลิกรัม GAE/100 กรัม 80.34 เปอร์เซ็นต์ และ 195.42 มิลลิกรัม/100 กรัม ตามลำดับ ผลการศึกษาอิทธิพลของปริมาณสารสกัดจากโหระพาและเจลาติน พบว่า เมื่อเพิ่มปริมาณสารสกัดจากโหระพา ผลิตภัณฑ์มีความสว่าง (L^*) และค่าสีแดง (a^*) ลดลง ในขณะที่มีค่าสีเหลือง (b^*) เพิ่มขึ้น ทางด้านเนื้อสัมผัส พบว่า ปริมาณเจลาตินที่เพิ่มขึ้นส่งผลต่อค่าความแข็ง ค่าความสามารถในการเคี้ยว และค่าความยืดหยุ่น คุณภาพด้านสี และคุณภาพด้านเนื้อสัมผัสซึ่งส่งผลต่อค่าคุณภาพทางประสาทสัมผัส เมื่อประเมินโดยผู้บริโภครวม 30 คน โดยพบว่า ผู้บริโภคมีความชอบในผลิตภัณฑ์ที่มีปริมาณสารสกัดจากโหระพาร้อยละ 15 และปริมาณเจลาตินร้อยละ 7.5 โดยมีค่าคะแนนทางสี กลิ่นรส เนื้อสัมผัส และความชอบโดยรวม มีค่าเท่ากับ 8.00, 8.20, 8.50 และ 8.50 ตามลำดับ ดังนั้นในการพัฒนาผลิตภัณฑ์เพื่อให้มีคุณภาพเป็นที่ยอมรับของผู้บริโภค ควรมีปริมาณสารสกัดจากโหระพาและเจลาติน ร้อยละ 15 และ ร้อยละ 7.5 ตามลำดับ

คำสำคัญ: เยลลี่ สารสกัดจากโหระพา เจลาติน

Abstract

The research aimed to study effect of sweet basil extract (SBE) and gelatin contents on quality of sweet basil jelly product. The result was showed that the color of SBE lightness (L^*), redness (a^*) and yellowness (b^*) values was 53.17, -4.56 and 41.55, respectively. The bioactive compounds such as phenolic compounds, antioxidant activities, and chlorophyll contents of SBE were 204.96 mg GAE/100g, 80.34% and 195.42 mg/100 g, respectively. The study on the effect of SBE and gelatin content on quality of jelly product were found that increasing of SEB content affected in decreased

¹ คณะเทคโนโลยีการเกษตรและอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลสุวรรณภูมิ

¹ Faculty of Agricultural Technology and Agro-Industry, Rajamangala University of Technology Suvannabhum

² คณะครุศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏพระนครศรีอยุธยา

² Faculty of Education, Phranakhon Si Ayutthaya Rajabhat University

* Corresponding author. E-mail: Supapornpa24@gmail.com

Received: April 19, 2021; Revised: August 6, 2021; Accepted: October 5, 2021

lightness (L^*) and redness (a^*), while increased yellowness (b^*). An increasing of gelatin content resulted on hardness, chewiness and springiness. The color and texture affected sensory evaluation of the panelists accepted the jelly with SBE 15% and gelatin 7.5% which provided the sensory score of color, flavor, texture and overall liking as 8.00, 8.20, 8.50 and 8.50, respectively. Therefore, the optimal formulation of sweet basil jelly product should consist of SBE 15% and gelatin 7.5%, respectively for consumer acceptance.

Keywords: jelly, sweet basil extract, gelatin

บทนำ

การก้าวสู่สังคมสูงวัยเป็นปรากฏการณ์ที่ชัดเจนของสังคมโลกในศตวรรษที่ 21 ทั้งขนาด หรือจำนวนของประชากรรวม และประชากรสูงอายุเพิ่มขึ้น ปัจจุบันประเทศไทยจัดอยู่ในภาวะสูงวัยของประชากรเป็นอันดับสองของกลุ่มประเทศอาเซียนรองจากประเทศสิงคโปร์ สะท้อนให้เห็นว่าการเปลี่ยนแปลงโครงสร้างทางประชากร (demographic change) ของประเทศไทย กำลังก้าวสู่สังคมผู้สูงอายุอย่างรวดเร็ว มีการคาดการณ์ว่าประเทศไทยจะกลายเป็น "สังคมสูงวัยโดยสมบูรณ์" (complete aged society) ในปี พ.ศ. 2564 The Secretariat of the House of Representative Aging society and a driving force to the Thai economy (2018) มีการรายงานว่ ในปี 2558 ผู้สูงอายุอายุ 65 ปีขึ้นไป มีจำนวนกว่าร้อยละ 10 หรือมากกว่า 7 ล้านคน และมีการคาดการณ์ว่าจำนวนจะเพิ่มขึ้นถึง 17 ล้านคน ภายในปี 2583 ซึ่งมากกว่า 1 ใน 4 ของประชากรไทยทั้งหมด ประเทศไทยจึงจำเป็นต้องเตรียมรับมือกับสถานการณ์ประชากรสูงวัยนี้ นอกจากการเปลี่ยนแปลงทางโครงสร้างประชากรแล้วพฤติกรรมกรรมการบริโภคอาหารก็เปลี่ยนไปด้วย อาหารดัดแปรเนื้อสัมผัสประเภทเจล เยลลี่ กำลังได้รับความนิยม จึงทำให้นักวิจัยนำเทรนด์อาหารที่กำลังนิยมมาผสมกับหนึ่งในพืชผักอาหารปลอดภัย ได้แก่ โหระพา เพื่อเป็นการเพิ่มมูลค่าให้กับโหระพา

เพิ่มตัวเลือกการบริโภคอาหารปลอดภัยอีกทางหนึ่งในรูปแบบที่ต่างไปจากเดิม

เยลลี่ จัดเป็นอาหารว่าง (dessert jelly) ที่มีลักษณะเนื้อสัมผัสนุ่ม สามารถผลิตจากผลไม้ ผัก ธัญชาติ หรือสมุนไพร ผสมกับสารที่ทำให้เกิดเจล เช่น เจลาติน คาราจีแนน ผงบุก มีการเติมน้ำตาล กรดซิตริก สีสผสมอาหาร และสารปรุงแต่งกลิ่นรส (Thai Industrial Standards Institute, 2004) แต่ทั้งนี้พบว่าผลิตภัณฑ์เยลลี่ที่จำหน่ายในท้องตลาดส่วนใหญ่จะผลิตจากน้ำผลไม้สังเคราะห์ และมีการเติมแต่งรสชาติ อีกทั้งยังขาดในเรื่องของคุณประโยชน์ที่มีในตัวผลิตภัณฑ์ (Kamal, Song, Zhang, Zhu, & Tan, 2018) ดังนั้นในงานวิจัยครั้งนี้ จึงมีการเพิ่มคุณประโยชน์ให้กับผลิตภัณฑ์ โดยการเติมโหระพาที่มีประโยชน์มาใช้เป็นวัตถุดิบในการผลิตเยลลี่

โหระพา เป็นสมุนไพรไทยสามารถพบได้ทุกฤดูกาล รสชาติอมเฝื่อน นิยมนำมาใช้ในการประกอบอาหารคาวของอาหารไทย เพื่อใช้ในการแต่งกลิ่นอาหาร เพราะน้ำมันหอมระเหยในใบโหระพามีสรรพคุณมากมาย อีกทั้งยังมีสารต้านอนุมูลอิสระ (Kongpim, 2009) นอกจากจะอร่อยแล้ว ยังมีคุณประโยชน์ต่อร่างกายสูงมาก ซึ่งสามารถเพาะโหระพาเองและไม่ต้องพึ่งสารเคมีหรือยาฆ่าแมลงใด ๆ Ahmed et al. (2019) ได้กล่าวถึงสารอาหารในโหระพาไว้ว่า โหระพาเป็นแหล่งไขมันชนิดที่ดีแก่ร่างกาย โยอาหารที่มีประโยชน์ต่อ

ระบบขับถ่าย เป็นแหล่งโปรตีน ธาตุเหล็ก แคลเซียม และจากข้อมูลการวิจัยของ Lin, Huang, & Hsu (2021) ระบุว่า โหระพามีกรด Linoleic ในปริมาณมาก ช่วยในการบำรุงสมองและกระดูกให้แข็งแรง ทั้งยังอุดมไปด้วยวิตามินบี วิตามินอี และโฟเลต ช่วยเพิ่มภูมิคุ้มกันต้านทานให้แก่ร่างกาย ป้องกันโรคหัวใจและมะเร็ง และช่วยให้ระบบขับถ่ายดีด้วย นอกจากนี้โหระพามีวิตามิน บี 1, บี 6, โอมิگا 3, 6, 9 วิตามิน อี ดี และเค และยังมีวิตามิน A สูงกว่าน้ำมันเมล็ดข้าวโพดและเมล็ดถั่วเหลืองกว่า 3 เท่า บำรุงสายตา ช่วยบำรุงผิวพรรณ บำรุงสมอง ป้องกันโรคอัลไซเมอร์ ช่วยลดระดับคอเลสเตอรอล และชะลอความแก่ อีกทั้งมีโปรตีนมากกว่าผักกาดเขียวถึง 2 เท่าและสูงกว่าถั่วเหลือง

แต่ในปัจจุบันยังไม่มีงานวิจัยการใช้โหระพาที่ให้กลิ่นรส และเพิ่มคุณค่าทางโภชนาการในงานวิจัยผลิตภัณฑ์อาหารต่าง ๆ โดยเฉพาะผลิตภัณฑ์เยลลี่ทั้งในประเทศและต่างประเทศ นอกจากให้ประกอบในอาหารไทยทั่วไป หรือถ้ามีการนำมาใช้ในงานวิจัยผลิตภัณฑ์อาหาร ก็คงมีน้อยมาก อย่างไรก็ตามมีงานวิจัยของต่างประเทศที่ใช้โหระพาที่ปลูกแบบเกษตรอินทรีย์ ในสาธารณรัฐนอร์มาซีโดเนียกับผลิตภัณฑ์ขนมปัง ซึ่งเป็นขนมปังที่ไม่มีไขมันและน้ำตาลในส่วนประกอบ และใช้ sourdough ในการผลิตขนมปัง พบว่า ขนมปังที่มีการเติมของโหระพาร้อยละ 3 กับขนมปังสูตรควบคุม ค่าประเมินทางประสาทสัมผัสทางด้านการเคี้ยว มีค่าที่สูงขึ้นมากกว่าขนมปังที่ไม่มีการเติมโหระพา และยิ่งมีการเพิ่มขึ้นของโหระพา ปริมาตรของขนมปังจะลดลง และสีจะเพิ่มขึ้นตามลำดับ (Pavlova, & Nakov, 2019) อีกทั้งในประเทศไทยยังมีงานวิจัยของ Punfujinda, Chumkaew, Gaveevangso, Atthatham, & Suttapong (2019) ที่ได้

ศึกษาผลของโหระพาผงต่อคุณภาพทางเคมี กายภาพ และประสาทสัมผัสของขนมปัง ซึ่งเป็นการศึกษาการใช้ส่วนของโหระพาเสริมลงไปบนขนมปังประเภทซอฟต์โรล (soft roll) เพื่อเป็นผลิตภัณฑ์เบเกอรี่ทางเลือกแก่กลุ่มคนที่รักสุขภาพ ส่งเสริมการใช้สมุนไพรไทย นอกจากนี้มีการนำสมุนไพรไทยที่มีความใกล้เคียงกันมาใช้ในการผลิตภัณฑ์อาหารอีกด้วย เช่น ผลิตภัณฑ์กัมมีเยลลี่ซึ่งเป็นการพัฒนาผลิตภัณฑ์ของหวานประเภทกัมมีเยลลี่เนื่องจากในกลุ่มเด็กเล็กจนถึงวันรุ่นไม่ชอบรับประทานจึงสดเพราะมีกลิ่นฉุน เผ็ด ร้อน ขม จึงคิดพัฒนาผลิตภัณฑ์กัมมีเยลลี่จากน้ำขิงสดแทนการทานสดหรือการทำในรูปแบบอื่น ๆ (Ratmanee et al., 2017) และมีพืชอีกหนึ่งชนิดที่นำมาใช้ในงานวิจัยผลิตภัณฑ์กัมมีเยลลี่นั่นก็คือ สาหร่ายไค โดยงานวิจัยของ Utmaung (2009) ได้ทำการพัฒนาผลิตภัณฑ์เยลลี่จากสาหร่ายไค เนื่องจากสาหร่ายไคมีโปรตีนถึง 19.44 เปอร์เซ็นต์ โปรตีนสูงพอ ๆ กับปลาน้ำจืด มีกากหรือเส้นใยพอ ๆ กับผักสีเขียวทั่วไป อีกทั้งยังมีวิตามินและแร่ธาตุต่าง ๆ โดยเฉพาะอย่างยิ่งแคลเซียมค่อนข้างสูงและที่เด่นที่สุดคือ มีซิลิเนียมสูงมาก ซึ่งสูงกว่าในผักสีเขียว จึงมีการนำสาหร่ายไคมาแปรรูปให้เป็นเยลลี่ได้เช่นเดียวกับเยลลี่ที่ผลิตจากน้ำผลไม้อื่น ๆ ทำให้เสริมมูลค่าให้แก่สาหร่ายไคอีกทางหนึ่งเป็นผลิตภัณฑ์ใหม่ของชุมชนอีกประเภทหนึ่งด้วย

จากการศึกษางานวิจัยพบว่าผลิตภัณฑ์เยลลี่โหระพายังไม่มีในท้องตลาด ดังนั้นในงานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของปริมาณสารสกัดโหระพาและเจลาตินต่อคุณภาพของผลิตภัณฑ์เยลลี่โหระพา เพื่อให้ผู้บริโภคพึงพอใจมากที่สุดและเป็นอีกช่องทางในการบริโภคอาหารเพื่อสุขภาพ

วิธีการศึกษา

1. การศึกษาคุณภาพทางเคมีของสารสกัดโหระพา

เตรียมสารสกัดโหระพา โดยนำใบโหระพา ซึ่ง 100 กรัม ผสมน้ำ 100 มิลลิลิตร บดในเครื่องปั่นความเร็วสูง หลังจากนั้นกรองแยกน้ำ เพื่อเตรียมนำไปวิเคราะห์คุณภาพ ได้แก่ ทางด้านกายภาพ เคมี ได้แก่ ค่าสี องค์ประกอบสารเคมี หรือสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพ ทางด้านสารประกอบฟีนอลิก ความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระ และปริมาณคลอโรฟิลล์ (Saehor, Vattanakrisda, Taiyanto, & Thumthanaruk, 2011)

2. การศึกษาผลปริมาณสารสกัดและเจลาตินต่อคุณภาพของผลิตภัณฑ์เยลลี่โหระพา

จากการศึกษาปริมาณสารสกัดจากโหระพาและปริมาณเจลาตินต่อคุณภาพของผลิตภัณฑ์เยลลี่โหระพา โดยจัดสิ่งทดลองแบบ 3×3 แฟกทอเรียลในแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ ศึกษาปริมาณสารสกัดจากโหระพา 3 ระดับ คือ 10, 15 และ 20 เปอร์เซ็นต์ และปริมาณเจลาติน 3 ระดับ คือ 5, 7.5 และ 10 เปอร์เซ็นต์ โดยร้อยละของน้ำหนักตัวอย่าง โดยมีปริมาณน้ำคงที่ (Poomiwanitcha, Jangchud, & Jangchud, 2010) ทำการผลิตเยลลี่โหระพา โดยนำสารสกัดจากโหระพาที่ระดับต่าง ๆ น้ำตาล กลิ่นเปเปอร์มิน ตามสูตรดัง (Table 1) มาผสมกับน้ำร้อน ในขณะเดียวกันเตรียมเจลาตินโดยการบวมกับน้ำเย็น หลังจากนั้นนำมาผสม พักทิ้งไว้ให้อุ่นหากลดลง ตักใส่ภาชนะบรรจุ เก็บที่อุณหภูมิตู้เย็น (4°C) ต่อไปเพื่อให้เยลลี่เซตตัว (Rittilert, & Warin, 2019) หลังจากนั้นจึงนำไปวิเคราะห์คุณภาพทางกายภาพ ทางประสาทสัมผัสและเคมี ดังนี้

Table 1 Sweet basil extract and gelatin contents added to sweet basil jelly product.

treatments	sweet basil extract (%)	gelatin (%)
1	10	5
2	10	7.5
3	10	10
4	15	5
5	15	7.5
6	15	10
7	20	5
8	20	7.5
9	20	10

2.1 การวัดค่าสี

หาค่าสี ระบบ L^* , a^* และ b^* วัดด้วยเครื่องมือ color-meter (Hunter Lab รุ่น Color Quest XE) โดยใช้โปรแกรม Universal ปรับมาตรฐานสีสำหรับการวัดแบบ reflectance (Saehor, Vattanakrisda, Taiyanto & Thumthanaruk, 2011) จากนั้นวัดค่าสีของตัวอย่างโดยค่า L^* หมายถึง ค่าความสว่างของสีจากสีดำไปจนถึงสีขาว (0-100) ค่า a^* หมายถึง ค่าสีเขียวไปจนถึงสีแดง (ค่า a^* เป็นบวก หมายถึง สีแดง และค่า a^* เป็นลบ หมายถึง สีเขียว) ค่า b^* หมายถึง ค่าสีน้ำเงินไปจนถึงสีเหลือง (ค่า b^* เป็นลบ หมายถึง สีน้ำเงิน และค่า b^* เป็นบวก หมายถึง สีเหลือง)

2.2 การทดสอบทางประสาทสัมผัส

ทดสอบความชอบของผู้บริโภคที่มีต่อผลิตภัณฑ์เยลลี่โหระพาทั้ง 9 สิ่งทดลอง โดยใช้ผู้ทดสอบที่ไม่ผ่านการฝึกฝนวางแผนการทดลองแบบสุ่มไม่สมบูรณ์ (balanced incompletely block design; BIB) ค่า $t=9$, $K=4$, $r=8$, $b=18$ และ $\lambda=3$ (Oupadissakoon, 1994)

เป็นการประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสด้วยวิธีการให้คะแนนความชอบ (9-point hedonic scale) โดยใช้ผู้ทดสอบที่ไม่ผ่านการฝึกฝนจำนวน 60 คน ในคุณลักษณะด้านสี กลิ่นรสโหระพา เนื้อสัมผัส และความชอบโดยรวม

2.3 การวิเคราะห์ค่าเนื้อสัมผัส

วัดค่าแรงกดด้วยเครื่องวัดค่าคุณภาพทางกายภาพ ยี่ห้อ Lloyd รุ่น TA 500 ใช้หัวกดแบบ cylinder probe ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 2.50 เซนติเมตร ดัดแปลงวิธีการวัดค่าจากวิธีการของ Barrett et al. (2000) ใช้อัตราเร็วในการเคลื่อนที่ลงและขึ้นของหัวกดเท่ากับ 20 มิลลิเมตรต่อวินาที ด้วยระยะทางการกดบนตัวอย่าง 60 เปอร์เซ็นต์ ของความสูงตัวอย่าง ตัดตัวอย่างให้มีขนาด 15×15×15 มิลลิเมตร โดยวัดค่าตัวอย่างละ 10 ซ้ำ ทำการบันทึกค่าความแข็ง (hardness, N) ค่าความยืดหยุ่น (springiness, N.sec) และความยากง่ายในการเคี้ยวตัวอย่าง (chewiness, Nm) นำข้อมูลที่ได้จากการทดลองไปวิเคราะห์ผลทางสถิติ

3. การศึกษาองค์ประกอบทางเคมีของผลิตภัณฑ์โหระพาที่พัฒนาได้

3.1 การวิเคราะห์ปริมาณฟีนอลิกทั้งหมด

(total phenolic content) ตามวิธีที่ดัดแปลงจาก Kim, & Lee (2002) ปริมาณฟีนอลิกทั้งหมดตรวจสอบโดยใช้กรดแกลลิกเป็นสารมาตรฐาน และรายงานผลเป็นมิลลิกรัมสมมูลของกรดแกลลิกในตัวอย่าง 1,000 มิลลิกรัม (mg GAE/L) วิเคราะห์โดยใช้ Folin-Ciocalteu method สร้างกราฟมาตรฐานของสารละลาย gallic acid โดยปิเปตสารละลาย gallic acid ที่มีความเข้มข้นต่าง ๆ ปริมาตร 0.40 มิลลิกรัม เติมน้ำกลั่นจนครบ 10 เปอร์เซ็นต์ Folin-Ciocalteu reagent ปริมาตร 2 มิลลิกรัม

เพื่อให้เข้ากัน ตั้งพักไว้ 5 นาที จากนั้นเติม 7.5 เปอร์เซ็นต์ โซเดียมคาร์บอเนต ปริมาตร 1.60 มิลลิกรัม พักไว้ที่อุณหภูมิห้อง เป็นเวลา 30 นาที นำสารที่ได้มาวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 765 นาโนเมตร โดยใช้เครื่อง UV-Vis spectrophotometer (Shimadzu UV-2401PC) สร้างกราฟมาตรฐานการดูดกลืนแสงของสารละลาย gallic acid ที่รู้ความเข้มข้นแล้ว วิเคราะห์ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดในตัวอย่าง สารสกัดโดยนำตัวอย่างสารสกัดปริมาตร 0.40 มิลลิกรัม ทำการทดลองเช่นเดียวกับการสารละลาย gallic acid มาตรฐานทำการทดสอบตัวอย่างละ 3 ซ้ำ คำนวณปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดเฉลี่ยในรูปมิลลิกรัมของ gallic acid equivalents (GAE) ต่อสารสกัด 1,000 มิลลิกรัม

3.2 ความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระ

(free radical scavenging assay) ตามวิธีที่ดัดแปลงจาก Jung, Jong, Kang, Gabriele, & Anthony (2006) ศึกษาค่าการดูดกลืนแสงที่ลดลงของสารละลาย DPPH ซึ่งเป็นสารอนุมูลอิสระที่เสถียร มีสีม่วงเข้ม ดูดกลืนแสงได้ที่ความยาวคลื่น 515 นาโนเมตร เมื่อทำปฏิกิริยากับสารที่สามารถให้อิเล็กตรอนแก่ DPPH แล้วจะเกิดเป็นสารประกอบที่เสถียร ทำให้สีม่วงจางลง ซึ่งตรวจสอบได้โดยการวัดค่าการดูดกลืนแสง นำสารละลายตัวอย่าง 100 ไมโครลิตร ผสมกับสารละลาย DPPH ความเข้มข้น 0.50 มิลลิกรัมต่อมิลลิกรัม จำนวน 50 ไมโครลิตรใน 96-well microplates ตั้งทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้องในที่มืดนาน 30 นาที วัดค่าการดูดกลืนแสงที่ 515 นาโนเมตร คำนวณหาความสามารถในการเป็นสารต้านอนุมูลอิสระเทียบกับความสามารถในการเป็นสารต้านอนุมูลอิสระของกรดวิตามินซี คำนวณดังสมการ (1)

$$\% \text{ Inhibition} = A_0 - A_c / A_0 \times 100 \quad (1)$$

โดย A_0 คือ ค่าการดูดกลืนแสงเริ่มต้นของ DPPH

A_c คือ ค่าการดูดกลืนแสงของสารตัวอย่าง
ที่ทำปฏิกิริยากับ DPPH

3.3 การวิเคราะห์หาปริมาณคลอโรฟิลล์

ชั่งน้ำหนักโหระพาตัวอย่างละ 1 กรัม ใส่ในหลอดทดลองที่มีสารละลาย acetone ความเข้มข้น 80 เปอร์เซ็นต์ ปริมาตร 20 มิลลิลิตร นำไปปั่นด้วยเครื่อง homogenizer จนกระทั่งตัวอย่างและสารละลายผสมเป็นเนื้อเดียวกัน จากนั้นนำสารสกัดตัวอย่างเก็บในที่มืด เป็นเวลา 2 ชั่วโมง จึงนำมาวัดค่าดูดกลืนแสงด้วยเครื่อง spectrophotometer ที่ความยาวคลื่น 645 และ 663 นาโนเมตร แล้ววิเคราะห์หาปริมาณคลอโรฟิลล์ ตามวิธีของ Mackinney (1941) ดังสมการ (2)

$$\text{Chlorophyll content} = (0.99 \times \text{Abs}_{645}) - (0.09 \times \text{Abs}_{663})$$

$$(\text{มิลลิกรัม}/100 \text{ กรัม}) \quad (2)$$

3.4 การศึกษาพลังงานที่ได้รับใน 1 หน่วยบริโภค

โดยทำการศึกษาจากสูตรแคลอรีโหระพาที่ดีที่สุดที่ผู้บริโภคให้ค่าคะแนนความชอบมากที่สุด มาทำการศึกษาค่าพลังงาน โดยจะนำตัวอย่างแคลอรีโหระพา ปริมาณ 20 กรัม หรือ 1 หน่วยบริโภค (Thai Industrial Standards Institute, 2004) โดยใช้เครื่อง bomb calorimeter ในการวิเคราะห์ค่าพลังงานใน 1 หน่วยบริโภค ตามวิธีของ Tinakorn Na Ayutthaya, & Putduang (2016)

4. การวิเคราะห์ทางสถิติ

นำข้อมูลที่ได้จากการวิเคราะห์คุณภาพทางกายภาพ และทางด้านประสาทสัมผัสมาวิเคราะห์ความแปรปรวน (analysis of variance: ANOVA) และเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยโดยวิธี Duncan's new multiple range test (DMRT) ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ด้วยโปรแกรมสำเร็จรูป SPSS statistics (USA) (Srisamattakarn, Na-Nan, & Thongphu, 2016)

ผลการศึกษาและอภิปรายผล

1. การศึกษาคุณภาพของสารสกัดจากโหระพา

ผลการศึกษาคุณสมบัติของสารสกัดโหระพาเริ่มต้นโดยศึกษาค่าทางด้านกายภาพ ได้แก่ ค่าสีพบว่า สารสกัดที่ได้มีค่าความสว่าง (L^*) ค่าสีแดง (a^*) ค่าสีเหลือง (b^*) เท่ากับ 53.17, -4.56 และ 41.55 ตามลำดับ นอกจากนี้ในการวิเคราะห์ค่าองค์ประกอบทางเคมี หรือสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพ ได้แก่ สารประกอบฟีนอลิก ความสามารถในการต้านออกซิเดชัน และคลอโรฟิลล์ พบว่า สารสกัดมีค่าเท่ากับ 204.96 มิลลิกรัม GAE/100กรัม, 80.34 เปอร์เซ็นต์ และ 195.42 มิลลิกรัม/100 กรัม ตามลำดับ ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Jumnaksan (2018) ได้ศึกษาค่าองค์ประกอบทางเคมีของสารสกัดใบฝรั่งและการยับยั้งออกซิเดชันของลิพิดในกุ้งแช่แข็งในระหว่างการเก็บรักษา พบว่า สารสกัดใบฝรั่งมีค่าความสว่าง (L^*) 46.64 ค่าสีแดง (a^*) 2.10 และค่าสีเหลือง (b^*) 17.24 ที่ให้เจดสีเขียวเข้มอมเหลือง อาจเนื่องมาจากสารในกลุ่มฟลาโวนอยด์ และคลอโรฟิลล์ นอกจากนี้ยังมีสารประกอบฟีนอลิก

รวม 273.98 มิลลิกรัมสมมูลของกรดแกลลิกต่อกรัม และความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระ DPPH โดยรายงานผลเป็นค่า EC_{50} ของสารสกัดใบฝรั่ง พบว่าสารสกัดจากใบฝรั่ง 1 มิลลิกรัม สามารถทำลาย อนุมูลอิสระได้ 0.08 กรัม และสอดคล้องกับงานวิจัยของ Pajareon (2019) งานวิจัยนี้ได้ศึกษาเสถียรภาพของสารสกัดแอนโทไซยานินจากรำข้าวไรซ์เบอร์รี่ ที่ผ่านการห่อหุ้มด้วยโปรตีนรำข้าวเข้มข้นภายใต้สภาวะค่าความเป็นกรด-ด่าง และความร้อนที่แตกต่างกัน โดยใช้กรดซิตริก 2 เปอร์เซ็นต์ ในการสกัดพบว่า สารสกัดแอนโทไซยานินจากรำข้าวไรซ์เบอร์รี่ มีค่าสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดเท่ากับ 230 มิลลิกรัม GAE/100 กรัม อีกทั้งผลการวิเคราะห์ปริมาณคลอโรฟิลล์ มีความใกล้เคียงกับงานวิจัยของ Srisamatthakarn, Na-Nan, & Thongphu (2016) ซึ่งงานวิจัยนี้ได้ศึกษาการพัฒนาดัชนีดัชนีที่มีเยลลี่ที่มีคุณภาพดีและมีสารต้านอนุมูลอิสระจากผักเชียงดา โดยศึกษาการเตรียมน้ำผักเชียงดาต่างกัน (ยอดอ่อน ใบอ่อนปานกลาง และน้ำหมักผักเชียงดาใบแก่) พบว่า น้ำผักเชียงดา สกัดยอดอ่อน 30 เปอร์เซ็นต์ ทำให้ได้เยลลี่ที่มีคุณภาพทางกายภาพ เคมี และสารต้านอนุมูลอิสระสูง และมีปริมาณคลอโรฟิลล์เอ คลอโรฟิลล์บี และคลอโรฟิลล์ทั้งหมด 2.04 ± 1.01 , 4.87 ± 0.54 และ 6.92 ± 1.22 มิลลิกรัม/100 กรัม น้ำหนักสด ตามลำดับ ซึ่งมีค่าปริมาณคลอโรฟิลล์ทุกชนิดมากกว่าน้ำสกัดจากใบอ่อนปานกลางและน้ำหมักผักเชียงดา จะเห็นว่าการที่ใช้ใบโหระพาที่มีความอ่อนและสดเช่นเดียว กับผักเชียงดาสดจะให้ปริมาณคลอโรฟิลล์ที่สูงดัง (Table 2)

Table 2 Color value and chemical composition of sweet basil extract.

color value/chemical composition	quantity
color value	
L*	53.17±0.28
a*	-4.56±0.43
b*	41.55±0.19
chemical composition	
phenolic compounds	204.96±0.75
(mg GAE/100g)	
antioxidant capacity (%DPPH)	80.34±0.31
chlorophyll content (µg/100g)	195.42±0.43

2. การศึกษาผลปริมาณสารสกัดและเจลาตินต่อคุณภาพของผลิตภัณฑ์เยลลี่โหระพา

2.1 ประเมินด้านเนื้อสัมผัสของผลิตภัณฑ์เยลลี่โหระพา

ผลการศึกษาปริมาณสารสกัดจากโหระพา และปริมาณเจลาตินต่อคุณภาพของผลิตภัณฑ์เยลลี่โหระพาโดยจัดสิ่งทดลองแบบ 3×3 แฟกทอเรียลในแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ ศึกษาปริมาณสารสกัดจากโหระพา 3 ระดับ คือ 10, 15 และ 20 เปอร์เซ็นต์ และปริมาณเจลาติน 3 ระดับ คือ 5, 7.5 และ 10 เปอร์เซ็นต์ โดยร้อยละของน้ำหนักตัวอย่างส่งผลต่อคุณภาพทางด้านเนื้อสัมผัส ประกอบด้วยความแข็ง (hardness) ความสามารถในการเคี้ยว (chewiness) และความยืดหยุ่น (springiness) โดยพบว่า เมื่อปริมาณเจลาตินเพิ่มขึ้น จะส่งผลทำให้ค่าทางด้านเนื้อสัมผัสแข็งเพิ่มขึ้นตามลำดับ โดยปริมาณเจลาตินในสูตรของเยลลี่โหระพาเป็นปัจจัยสำคัญ เนื่องจากคุณสมบัติของเจลาตินหลังการละลายและลดอุณหภูมิจะเกิดการสร้างโครงข่ายส่งผลให้เจลมีความแข็งแรงมากขึ้น

(Guo, Colby, Lusignan, & Whitesides, 2003) ดังนั้นเมื่อสูตรอาหารที่มีการใช้เจลาตินปริมาณมากจึงส่งผลให้ลักษณะเนื้อสัมผัสแข็งมากขึ้นด้วย (Papageorgiou, Kasapis, & Richardson, 1994) ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Suwan, Pradutprom, Ngamroop, Choosuk, & Phungamngoen (2016) ซึ่งรายงานว่าการใช้ปริมาณเจลาตินเพิ่มขึ้น ทำให้กัมมีเยลลีร่างจืดมีค่า hardness, gumminess และ chewiness

เพิ่มขึ้น และการศึกษาผลของเจลาติน อัตราส่วนของซูโครส/กลูโคส/ไซรัป และปริมาณกรดซิตริก ต่อสมบัติทางกายภาพและคุณภาพ ทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์กัมมีเยลลีของ Meesang, Wuttijumnong, Pongsawatmanit, & Chenputhi (2003) ซึ่งรายงานว่าการเพิ่มปริมาณเจลาตินเพิ่มมากขึ้น ค่า hardness, cohesiveness, chewiness และ gumminess เพิ่มขึ้น ดัง (Table 3)

Table 3 The texture properties of the sweet basil jelly product.

treatments	sweet basil extract (%)	gelatin (%)	hardness (N)	chewiness (N.m)	springiness (N.sec)
1	10	5	170.40±5.23 ^e	180.44±0.92 ^f	0.29±0.84 ^e
2	10	7.5	290.12±6.25 ^c	201.78±2.45 ^e	0.50±0.91 ^c
3	10	10	382.45±10.68 ^b	250.97±7.74 ^b	0.53±0.12 ^c
4	15	5	250.67±6.42 ^d	210.82±1.55 ^d	0.36±0.41 ^d
5	15	7.5	293.77±7.82 ^c	236.42±1.12 ^c	0.55±0.71 ^c
6	15	10	391.27±10.11 ^b	263.74±9.51 ^b	0.62±0.45 ^b
7	20	5	290.46±4.59 ^c	242.59±3.24 ^c	0.40±0.55 ^d
8	20	7.5	300.54±5.28 ^c	251.84±0.48 ^b	0.61±0.79 ^b
9	20	10	401.49±12.02 ^a	270.55±8.42 ^a	0.78±0.39 ^a

2.2 การประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัส

ผลการศึกษาปริมาณสารสกัดจากโหระพา และปริมาณเจลาตินต่อคุณภาพของผลิตภัณฑ์เยลลีโหระพาโดยจัดสิ่งทดลองแบบ 3×3 แฟกทอเรียลในแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ ศึกษาปริมาณสารสกัดจากโหระพา 3 ระดับ คือ 10, 15 และ 20 เปอร์เซ็นต์ และปริมาณเจลาติน 3 ระดับ คือ 5, 7.5 และ 10 เปอร์เซ็นต์ โดยร้อยละของน้ำหนักตัวอย่างส่งผลต่อคุณภาพทางด้านประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์เยลลี ในด้านสี กลิ่นรสโหระพา เนื้อสัมผัส และความชอบโดยรวม ซึ่งมีการประเมินความชอบทางด้านสีของผลิตภัณฑ์

เยลลีโหระพาอยู่ในระดับชอบเล็กน้อยจนถึงชอบมาก โดยมีค่าคะแนนอยู่ระหว่าง 5.40-8.00 โดยปริมาณสารสกัดโหระพาจะส่งผลความชอบทางด้านสี โดยเมื่อปริมาณสารสกัดโหระพาเพิ่มขึ้นเป็น 20 เปอร์เซ็นต์ จะส่งผลทำให้ค่าคะแนนทางด้านสีลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ เนื่องจากมีความเหม็นเขียวและรู้สึกถึงความแรงของกลิ่นโหระพามากเกินไป โดยที่ความสัมพัทธ์เช่นเดียวกับความชอบทางด้านกลิ่นรสโหระพา จะมีค่าคะแนนอยู่ในช่วง 7.00-8.20 ตามลำดับ ส่วนความชอบทางด้านเนื้อสัมผัสนั้นจะสัมพันธ์กับปริมาณเจลาติน โดยที่เมื่อปริมาณเจลาตินสูงขึ้น

ในระดับ 10 เปอร์เซนต์ จะมีค่าคะแนนความชอบลดลงตามลำดับ ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Dholvitayakhun, Chompoo, & Pivleuang (2017) ได้ศึกษาการพัฒนาเยลลี่เสาวรสผสมผักข้าว พบว่าเมื่ออัตราส่วนของผักข้าวเพิ่มมากขึ้นจะส่งผลให้คะแนนความชอบด้านกลิ่นของผลิตภัณฑ์เจลลี่ลดลง ในขณะที่อัตราส่วนของผักข้าวที่เสริมถึงร้อยละ 100 มีผลทำให้คะแนนการยอมรับรวมลดลงด้วย โดยค่าคะแนนความชอบผลิตภัณฑ์ทางด้านเนื้อสัมผัสอยู่ในช่วง 5.80-8.50 ตามลำดับ ทางด้านความชอบโดยรวมพบว่าสูตรที่ดีที่สุดที่ผู้บริโภคให้คะแนนมากที่สุดคือ สูตรที่ 2, 4 และ 5 โดยทั้ง 3 สูตรที่

ค่าคะแนนไม่มีความแตกต่างกัน แต่เนื่องจากในสูตรที่ 5 มีค่าคะแนนความชอบโดยรวมสูงถึง 8.50 และมีความสัมพันธ์กับปริมาณสารสกัดโหระพาที่ใส่ได้ในปริมาณมากเมื่อเทียบกับสูตรที่ 2 และค่าความชอบโดยรวมที่มากกว่าสูตรที่ 4 โดยสูตรที่ 5 ประกอบไปด้วยปริมาณสารสกัดโหระพา 15 เปอร์เซนต์ และมีปริมาณเจลาติน 7.5 เปอร์เซนต์ ตามลำดับ เนื่องจากมีสี กลิ่นรสของโหระพาไม่มากจนเกินไป และมีเนื้อสัมผัสที่ไม่แข็งเกินไป จึงส่งผลทำให้ค่าคะแนนความชอบโดยรวมในสูตรนี้มากที่สุด ดัง (Table 4)

Table 4 Sensory evaluation score of sweet basil jelly product.

treatments	color	sweet basil flavor	texture	overall liking
1	7.24±0.32 ^b	8.00±0.51 ^{ab}	7.05±0.62 ^b	7.00±0.32 ^b
2	7.80±0.10 ^a	8.15±0.74 ^a	7.20±0.55 ^b	7.80±0.66 ^a
3	7.80±0.75 ^a	8.00±0.62 ^{ab}	6.20±0.42 ^c	6.50±0.52 ^c
4	8.00±0.66 ^a	8.20±0.14 ^a	8.00±1.10 ^a	8.00±0.71 ^a
5	8.00±0.42 ^a	8.20±1.20 ^a	8.50±0.95 ^a	8.50±0.84 ^a
6	7.50±0.84 ^b	8.00±0.74 ^{ab}	7.20±0.42 ^b	6.70±0.92 ^b
7	7.20±0.61 ^b	7.50±0.62 ^b	7.00±0.55 ^b	7.00±0.45 ^b
8	6.00±0.84 ^c	7.00±0.33 ^b	8.20±0.84 ^c	6.80±0.42 ^b
9	5.40±0.12 ^c	7.00±0.12 ^b	5.80±0.81 ^c	5.50±0.79 ^d

3. การศึกษาองค์ประกอบทางเคมีของผลิตภัณฑ์เยลลี่โหระพาที่พัฒนาได้

จาก (Table 5) นำสูตรที่ดีที่สุดจากข้างต้นมาศึกษาองค์ประกอบทางเคมี โดยศึกษาปริมาณสารประกอบฟีนอลิก ความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระ ปริมาณคลอโรฟิลล์ และค่าพลังงานต่อหนึ่งหน่วยบริโภค พบว่า ผลิตภัณฑ์เยลลี่โหระพา มีปริมาณสารประกอบฟีนอลิก ความสามารถในการ

ต้านอนุมูลอิสระ ปริมาณคลอโรฟิลล์ และค่าพลังงานต่อหนึ่งหน่วยบริโภค เท่ากับ 99.71 มิลลิกรัม GAE/100กรัม, 62.78 เปอร์เซนต์, 92.42 มิลลิกรัม/100กรัม และ 45 cal/100g ตามลำดับ ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Keawsa-ard, Chuanphongpanich, & Daducale (2020) ได้ศึกษาการพัฒนาผลิตภัณฑ์กัมมีเยลลี่จากสารสกัดดอกบุนนาค ซึ่งพบว่ากัมมีเยลลี่จากสารสกัดดอกบุนนาคมีปริมาณสารประกอบฟีนอลิก

เท่ากับ 87.04 มิลลิกรัม GAE/100g มีความสามารถในการต้านอนุมูล DPPH เท่ากับ 75.64 มิลลิกรัม สมมูลสาร trolox ต่อกรัมมีเยลลี่ 100 กรัม ซึ่งความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระของผลิตภัณฑ์ก็มีเยลลี่น่าจะมาจากดอกบุนนาค โดยในดอกบุนนาคมีสารต้านอนุมูลอิสระที่สำคัญ ได้แก่ สารประกอบฟลาโวนอยด์ แอลคาลอยด์ และฟีนอลิก ซึ่งสารเหล่านี้ส่วนใหญ่มีสมบัติในการต้านอนุมูลอิสระ และมีค่าพลังงาน เท่ากับ 305.85 กิโลแคลอรี ซึ่งสูงกว่าเยลลี่โหระพา เนื่องจากในกัมมีเยลลี่จากสารสกัดดอกบุนนาคนั้นมีโปรตีน คาร์โบไฮเดรต และไขมันเป็นสารอาหารที่ให้พลังงานในปริมาณสูง ต่างกับเยลลี่โหระพาที่ได้พลังงานมาจากปริมาณน้ำตาลที่เป็นสารอาหารให้พลังงานเท่านั้น

Table 5 Chemical composition of sweet basil jelly product.

chemical composition	quantity
total phenolic content (mg GAE/100g)	99.71±0.64
antioxidant capacity (%DPPH)	62.78±0.45
chlorophyll content (µg/100g)	92.42±0.81
energy per serving (cal/100g)	45.00±0.21

สรุป

การศึกษาผลของปริมาณสารสกัดโหระพาและเจลาตินต่อคุณภาพของผลิตภัณฑ์เยลลี่โหระพาพบว่า สารสกัดจากโหระพา มีค่าทางกายภาพเคมี ดังนี้ มีค่าสี มีค่าความสว่าง (L^*) ค่าสีแดง (a^*) และค่าสีเหลือง (b^*) เท่ากับ 53.17, -4.56 และ 41.55 ตามลำดับ สารออกฤทธิ์ทางชีวภาพ ได้แก่ สารประกอบฟีนอลิก ความสามารถในการต้านออกซิเดชัน และคลอโรฟิลล์

เท่ากับ 204.96 มิลลิกรัม GAE/100กรัม, 80.34 เปอร์เซนต์ และ 195.42 มิลลิกรัม/100กรัม ตามลำดับ การศึกษาผลของปริมาณสารสกัดจากโหระพาและเจลาตินพบว่า เมื่อเพิ่มปริมาณสารสกัดจากโหระพา ผลิตภัณฑ์มีความสว่าง (L^*) และค่าสีแดง (a^*) ลดลงในขณะที่มีค่าสีเหลือง (b^*) เพิ่มขึ้น ทางด้านเนื้อสัมผัสพบว่าปริมาณเจลาตินที่เพิ่มขึ้นส่งผลต่อค่าความแข็ง ค่าความสามารถในการเคี้ยว และค่าความยืดหยุ่น ส่วนคุณภาพด้านสีและคุณภาพด้านเนื้อสัมผัสซึ่งส่งผลต่อค่าคุณภาพทางประสาทสัมผัส เมื่อประเมินโดยผู้บริโภคพบว่า ผู้บริโภคมีความชอบในผลิตภัณฑ์ที่มีปริมาณสารสกัดจากโหระพาร้อยละ 15 และปริมาณเจลาตินร้อยละ 7.5 โดยมีค่าคะแนนทางสี กลิ่นรส เนื้อสัมผัสและความชอบโดยรวม มีค่าเท่ากับ 8.00, 8.20, 8.50 และ 8.50 ตามลำดับ

คำขอบคุณ

ขอบคุณทุนวิจัย แผนบูรณาการพัฒนาศักยภาพวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิจัยและนวัตกรรม ปี 2563

เอกสารอ้างอิง

- Ahmed, F. A., Attia, F. A. K., Liu, Z., Li, C., Wei, J., & Kang, W. (2019). Antioxidant activity and total phenolic content of essential oils and extracts of sweet basil (*Ocimum basilicum* L.) plants. *Food Science and Human Wellness Journal*, 8, 299-305.
- Barrett, A. H., Cardello, A. V., Mair, L., Maguire, P., Leshner, L. L., Richardson, M., & Taub, I. A. (2000). Textural optimization of shelf- stable bread: Effects of glycerol content and dough-forming technique. *Cereal Chemistry Journal*, 77(2), 169-176.

- Dholvitayakhun, S., Chompoo, S., & Piwleuang, J. (2017). Development of passion fruit jelly mixed with Gac fruit. *Rajabhat Agriculture Journal*, 16(1), 41-47. (in Thai)
- Guo, L., Colby, R. H., Lusignan, C. P., & Whitesides, T. H. (2003). Kinetics of triple helix formation in semidilute gelatin solutions. *Macromolecules*, 36(26), 9999-10008.
- Jumnaksan, S. (2018). Chemical composition of guava leaf extract and lipid oxidation inhibition in Chinese sausage during storage. *Food Technology Siam University Journal*, 14(1), 12-25. (in Thai)
- Jung, B. K., Jong, B. K., Kang, J. C., Gabriele, M. K., & Anthony, D. W. (2006). Antioxidant activity of 3, 4, 5-Trihydroxy benzaldehyde isolated from *Geum japonicum*. *Journal of Food & Drug Analysis*, 14(2), 190-193.
- Kamal, T., Song, Y., Zhang, T., Zhu, B. W., & Tan, M. (2018). Effect of hydrocolloid and processing potentiality on water migration in apple jellies of Yinduqing cultivar. *LWT- Food Science and Technology Journal*, 98, 381-389.
- Keawsa-ard, S., Chuanphongpanich, S., & Daducale, A. (2020). Development of gummy jelly from *Mesua ferrea* Linn. flower extract. *Science and Technology Journal*, 28(12), 2185-2200. (in Thai)
- Kim, D. O., & Lee, C. Y. (2002). *Current protocols in food analytical chemistry*. New York: John Wiley & Sons.
- Kongpim, P. (2009). *Desorption isotherms and drying model of sweet basil leaves by hot air and heat pump dehumidified drying* (Master's thesis). Khon Kaen University, Khon Kaen.
- Lin, K. H., Huang, M. Y., & Hsu, M. H. (2021). Morphological and physiological response in green and purple basil plants (*Ocimum basilicum*) under different proportions of red, green, and blue LED lightings. *Scientia Horticulturae*, 275, 1-9.
- Mackinney, G. (1941). *Absorption of light by chlorophyll solutions* (research report). New York: University of California, Berkeley.
- Meesang, S., Wuttijumnong, P., Pongsawatmanit, R., & Chenputhi, S. (2003). Effect of gelatin sucrose/ glucose syrup ratio and citric acid on physical properties and sensory quality of gummy jelly product. *Proceedings of 41th Kasetsart University Annual Conference: Agro-Industry* (pp. 20-27). Bangkok: The Thailand Research Fund.
- Oupadissakoon, S. (1994). *Statistic and experimental design volume 2*. New York: John Wiley & Sons.
- Pajareon, S. (2019). Stability of anthocyanin extract from riceberry rice bran encapsulated with rice bran protein concentrate under different pH and heating conditions. *RMUTSB Academic Journal*, 7(2), 205-215.
- Papageorgiou, M., Kasapis, S., & Richardson, R. K. (1994). Steric exclusion phenomena in gellan/gelatin systems I. Physical properties of single and binary gels. *Food Hydrocolloids*, 8(2), 97-112.
- Pavlova, T., & Nakov, G. (2019). The effect of adding basil whole plant powder (*Ocimum basilicum* L.) some properties of bread. *Proceedings of University of Ruse-2019 volume 58, book 10.3* (pp. 41-47). Ruse: University of Ruse.
- Poomiwanitcha, C., Jangchud, A., & Jangchud, K. (2010). Product development of Indian gooseberry leather. *Proceedings of 48th Kasetsart University Annual Conference: Agro-Industry* (pp. 443-451). Bangkok: The Thailand Research Fund. (in Thai)

- Punfujinda, C., Chumkaew, K., Gaveevangso, A., Atthatham, A., & Suttapong, S. (2019). Effects of ground dried basil leaves on chemical composition and sensory acceptance of bread. *RMUTSB Academic Journal*, 7(2), 192-204.
- Ratmanee, P., Sihabundis, U., Homelakhon, S., Lelaikhram, B., Pichai, S., & Phoratso, W. (2017). Development of ginger gummy jelly product. *The 2th National Graduate Research Conference: Graduate Research towards Globalization Rajabhat Maha Sarakham University* (pp. 629-633). Maha Sarakham: Faculty of Graduate Studies, Rajabhat Maha Sarakham University.
- Rittilert, P., & Warin, K. (2019). Development of Karanda (*Carissa carandas* L.) gummy jelly product. *Thai Journal of Science and Technology*, 9(2), 342-354. (in Thai)
- Saehor, S., Vattanakrisda, N., Taiyanto, P., & Thumthanaruk, B. (2011). Development of vegetable carrageenan jellies. *Agricultural Science Journal*, 42(2)(Suppl.), 509-512. (in Thai)
- Srisamatthakarn, P., Na-Nan, P., & Thongphu, S. (2016). Development of gummy jelly product with high quality and antioxidant properties from Phak Chiangda [*Gymnema inodorum* (Lour.) Decne.]. *Songklanakarin Journal of Plant Science*, 3(3)(Suppl.), M11/39-47.
- Suwan, T., Pradutprom, W., Ngamroop, W., Choosuk, N., & Phungamngoen, C. (2016). Development of babbler' s bill leaf gummy jelly. *Burapha Science Journal*, 22(1), 189- 201.
- Thai Industrial Standards Institute. (2004). *Soft jelly*, (TCPS Number 519/2004). Retrieved 1 May 2021, from <http://www.tisi.go.th> (in Thai)
- The Secretariat of the House of Representative Aging society and a driving force to the Thai economy. (2018). *Academic focus*. Retrieved 10 December 2020, from http://library2.parliament.go.th/ejournal/content_af/2561/jul2561-1.pdf
- Tinakorn Na Ayutthaya, K., & Putduang, N. (2016). The product development of healthy cereal jelly. *Journal of Food Technology, Siam University*, 11, 13-20.
- Utmaung, C. (2009). *Development of Kai algae jelly product* (Master's thesis). Srinakharinwirot University, Bangkok.