

การพัฒนาผลิตภัณฑ์กัมมีเยลลี่ใบเครือหมาน้อยอบแห้งพลังงานต่ำ

Development of a low-calories dried gummy jelly product from Krueo Ma Noy leaves (*Cissampelos pareira* L.)

ปัทมา หิรัญโยภาส^{1*} นิสาชล สินธุปัน¹ กุลสตริ คำภูษา¹ นันทยง เฟื่องขจรฟุ้ง¹
 จิราพร วีณุตตรานนท์¹ ทิดารัตน์ แสนพรม¹ กฤษณธร สาเอี่ยม¹ และ นฤมล เปียเชื้อ¹
 Patthama Hirunyophat^{1*}, Nisachon Sinthupan¹, Kunlasatri Kumphoosa¹,
 Nunyoung Fuengkajhornfung¹, Jiraporn Weenuttranon¹, Tidarat Sanphom¹,
 Kitsanatorn Saeiam¹ and Narumon Piasue¹

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาการลดปริมาณน้ำตาลทรายลงร้อยละ 25, 50 และ 75 ของน้ำหนักร้ำน้ำตาลทรายในกัมมีเยลลี่จากใบเครือหมาน้อย เปรียบเทียบกับตัวอย่างควบคุม (น้ำตาลทราย ร้อยละ 100) พบว่าปริมาณการลดน้ำตาลทรายทำให้ความชื้นเพิ่มขึ้น ค่า L^* และ b^* มีแนวโน้มเพิ่มขึ้น ส่วน a^* มีแนวโน้มลดลงจนติดลบ ผลิตภัณฑ์มีสีเขียวเข้มโปร่งใส คุณภาพทางเนื้อสัมผัสพบว่ากัมมีเยลลี่ที่มีการลดปริมาณน้ำตาลมีการเปลี่ยนแปลงเนื้อสัมผัสไม่แตกต่างจากตัวอย่างควบคุม เมื่อวิเคราะห์คุณภาพทางประสาทสัมผัส ด้วยวิธี 9-point hedonic scale พบว่าปริมาณลดน้ำตาลทราย ร้อยละ 50 มีคะแนนความชอบไม่แตกต่างกับตัวอย่างควบคุม อยู่ในช่วง 6.46-6.93 คะแนน จึงเป็นปริมาณน้ำตาลทรายที่เหมาะสม ผลการศึกษาอุณหภูมิในการอบแห้ง พบว่า อุณหภูมิที่สูงขึ้น ทำให้ปริมาณความชื้น และวอเตอร์แอกทีวิตีลดลง เป็นไปตามเกณฑ์ผลิตภัณฑ์กัมมีเยลลี่ทั่วไป เมื่ออุณหภูมิในการอบแห้งสูงขึ้นส่งผลให้ค่า L^* มีแนวโน้มลดลง ในขณะที่ค่า hardness, springiness, cohesiveness, gumminess และ chewiness เพิ่มขึ้น คุณภาพทางประสาทสัมผัส พบว่าอุณหภูมิอบแห้ง 70 องศาเซลเซียส คะแนนความชอบด้านลักษณะปรากฏเนื้อสัมผัส และความชอบโดยรวม มากกว่าอุณหภูมิ 60 และ 50 องศาเซลเซียส มีคะแนนอยู่ในช่วง 7.26-7.48 แสดงถึงการยอมรับของผลิตภัณฑ์ เมื่อวิเคราะห์คุณค่าทางโภชนาการของผลิตภัณฑ์ ประกอบด้วยโปรตีน ไขมัน คาร์โบไฮเดรต และเถ้า เท่ากับ 0.72, 0.02, 95.30 และ 2.98 กรัมต่อ 100 กรัม ตามลำดับ โดยผลิตภัณฑ์มีปริมาณไขมัน และคาร์โบไฮเดรตลดลง ส่งผลให้พลังงานทั้งหมดลดลง เท่ากับ 384.26 กิโลแคลอรี นอกจากนี้ผลิตภัณฑ์ยังมีปริมาณของเส้นใยหยาบ และเบต้าแคโรทีนสูงกว่าตัวอย่างควบคุม ดังนั้นผลิตภัณฑ์นี้จึงตอบโจทย์ต่อผู้บริโภคที่ต้องการจำกัดพลังงานได้เป็นอย่างดี

คำสำคัญ: กัมมีเยลลี่ ใบเครือหมาน้อย น้ำตาลทราย พลังงานต่ำ

Abstract

The objective of this research was to study the effects of reducing sucrose content 25, 50 and 75% by weight in low energy gummy jelly from Krueo Ma Noy Leaves (*Cissampelos pareira* L.) compared to the control sample (100% sucrose).

¹ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏสวนสุนันทา

¹ Faculty of Science and Technology, Suan Sunandha Rajabhat University

* Corresponding author. E-mail: patthama.hi@ssru.ac.th

Received: March 21, 2024; Revised: May 13, 2024; Accepted: June 21, 2024

It was found that the reduction in sucrose content led to increase moisture content and an upward trend in lightness (L^*) and yellow color (b^*) values. The red color value decreased to negative ($-a^*$), resulting in a deep green product with translucency. The texture quality showed that gummy jelly with reduced sucrose content exhibited no significant difference in texture properties compared to the control. Sensory evaluation using a 9-point hedonic scale showed that gummy jelly with 50% sucrose had similar liking scores to the control, ranging from 6.46 to 6.93, making it a suitable formulation. The study of drying temperatures revealed that higher drying temperatures resulted in reduced moisture content and water activity, meeting the criteria for general consumption of gummy jelly products. Higher drying temperatures led to a decrease in L^* , while hardness, springiness, cohesiveness, gumminess, and chewiness increased. Regarding sensory evaluation, gummy jelly dried at 70°C received higher liking scores for appearance, texture, and overall preference compared to 60°C and 50°C, with scores ranging from 7.26 to 7.48, indicating moderate to high acceptance of the product. Nutritional values of the product revealed protein, fat, carbohydrate, and crude fiber contents of 0.72, 0.02, 95.30 and 2.98 g/100 g, respectively. The product had reduced fat and carbohydrates, resulting in a decrease in total energy to 384.26 kcal. Furthermore, the product contained higher levels of crude fiber and β -carotene than the control. Therefore, this product meets consumers' energy restriction needs well.

Keywords: gummy jelly, Krueo Ma Noy leaves, sucrose, low energy

บทนำ

กัมมี่เยลลี่ เป็นกลุ่มผลิตภัณฑ์ลูกกวาด (confectionery products) ที่เกิดจากการแปรรูปอาหาร โดยใช้ผลไม้หรือผักหรือธัญพืช น้ำตาล เจลาติน แป้ง และอาจมีการเติมสารแต่งกลิ่นสีสังเคราะห์ จากนั้นนำมาขึ้นรูปเป็นรูปทรงต่าง ๆ ได้แก่ ตัวการ์ตูน ทรงกลม และสี่เหลี่ยม เป็นต้น โดยกัมมี่เยลลี่จะเกิดเป็นโครงสร้างแข็งแรงที่มีความเป็นกรด-ด่างไม่เกิน 3.50 อุณหภูมิประมาณ 15 องศาเซลเซียส หรือต่ำกว่า ขึ้นอยู่กับระยะเวลา (Wiriacharee, 2008) โดยมีลักษณะเฉพาะตัวคือเป็นผลิตภัณฑ์ที่เป็นเจล มีความใส เนื้อสัมผัสเหนียว เหนียวนุ่ม และมีความยืดหยุ่น ซึ่งจากการที่กัมมี่เยลลี่เป็นผลิตภัณฑ์ที่มีความหลากหลายทางด้านรูปทรง สี และรสชาติ ทำให้ได้รับความนิยมในการบริโภค โดยเฉพาะกลุ่มเด็กและวัยรุ่น (Palachum, Klangbud, & Chisti, 2023) โดยมีการคาดการณ์แนวโน้มอัตรา

การเติบโตของกลุ่มผลิตภัณฑ์กัมมี่เยลลี่ในช่วงปี ค.ศ. 2021-2028 คิดเป็นร้อยละ 2.90 มูลค่า 2,588 ล้านดอลลาร์สหรัฐ (Absolute report, 2022) นอกจากนั้น กัมมี่เยลลี่ยังมีข้อดีทางการผลิตคือสามารถนำผลผลิตทางการเกษตรนอกฤดูกาลมาใช้ในการผลิตได้ จึงสามารถนำมาใช้เพิ่มมูลค่าให้กับผลผลิตได้ (Keawsa-ard, Chuanphongpanich, & Daducale, 2020) แต่อย่างไรก็ตามผลิตภัณฑ์กัมมี่เยลลี่ที่จำหน่ายทั่วไปตามท้องตลาด เป็นผลิตภัณฑ์ที่มีส่วนผสมของสารแต่งกลิ่นสีสังเคราะห์ น้ำตาล และสารก่อเจลาต่าง ๆ จึงมีสารอาหารในกลุ่มของคาร์โบไฮเดรต น้ำตาล และโซเดียม ซึ่งเป็นสารอาหารในกลุ่มที่ให้พลังงานเพียงอย่างเดียว ทำให้ผู้ที่รับประทานเข้าไปมีความเสี่ยงต่อการเกิดภาวะน้ำหนักตัวเกิน โรคอ้วน และโรคเบาหวาน เป็นต้น (Suwan, Narathapanon, Iamsuwan, Pongpattanapanich, & Kullamethee,

2018) ทำให้แนวโน้มผลิตภัณฑ์กัมมีเยลลีในปัจจุบันมีการนำวัตถุดิบที่มีประโยชน์มาประยุกต์ใช้ในการทำเยลลีเพื่อสุขภาพ ได้แก่ กัมมีเยลลีจากสารสกัดดอกบุญผะฝาด (Keawsa-ard, Chuanphongpanich, & Daducale, 2020) และกัมมีเยลลีหนามแดง (Puttame, Sawasdikarn, & Chitphutthanakul, 2014) เป็นต้น อีกทั้งยังมีการนำมาแปรรูปเป็นกัมมีเยลลี่อบแห้ง เพื่อยืดอายุการเก็บรักษาและสะดวกต่อการบริโภค (Sangkam, 2010) โดยการนำมาอบแห้งที่ช่วงอุณหภูมิ 50-70 องศาเซลเซียสเพื่อให้มีลักษณะแห้งไม่ติดมือ และเนื้อสัมผัสเหนียวหนึบ สามารถรับประทานเป็นอาหารว่างได้ และก่อให้เกิดประโยชน์ต่อร่างกาย (Delgado, & Bañón, 2015; Kanpairo, & Srisuk, 2016)

เครือหมาน้อย หรือหมาน้อย มีชื่อเรียกที่แตกต่างกันในแต่ละท้องถิ่น เช่น กรุงเขมา และ หมอน้อย เป็นต้น มีชื่อวิทยาศาสตร์ว่า *Cissampelos pareira* L. เป็นพืชชนิดหนึ่งที่จัดอยู่ในวงศ์ Menispermaceae พบได้ทั่วไปทุกภูมิภาคของประเทศไทย โดยเฉพาะภาคตะวันออกเฉียงเหนือ มีลักษณะเป็นไม้เลื้อยพันใบเดี่ยว และรูปร่างใบเป็นรูปหัวใจ (Singthong, Ningsanond, Cui, & Goff, 2005) การใช้ประโยชน์ของใบของเครือหมาน้อย นิยมนำมาคั้นเอาน้ำใช้ทดแทนใบย่านางในแกงหน่อไม้ หรือนำน้ำใบเครือหมาน้อยตั้งทิ้งไว้ให้แข็งตัวเหมือนวุ้นจากนั้นนำมาปรุงอาหารได้แก่ ลาบหมาน้อย และวุ้นหมาน้อยในน้ำกะทิ เป็นต้น นอกจากนั้นสามารถรับประทานเป็นยาเนื่องจากมีสรรพคุณเป็นสมุนไพรที่ใช้ในการรักษาโรค (Promsakha Na Sakon Nakhon, Jangchud, & Jangchud, 2011) ได้แก่ ช่วยลดน้ำตาลในเลือดและความดันโลหิต มีฤทธิ์ในการต้านเชื้อรา และแบคทีเรีย

ต่าง ๆ เป็นต้น โดยส่วนใบของเครือหมาน้อยประกอบด้วยสารอาหารสำคัญ ได้แก่ พลังงาน โปรตีน ไขมัน คาร์โบไฮเดรต เบต้าแคโรทีน และวิตามินเอ นอกจากนี้ยังมีสารพวกเพคตินเป็นส่วนประกอบทำให้เกิดลักษณะแข็งตัวเหมือนวุ้น รายงานว่าคุณสมบัติของวุ้นที่เกิดจากใบเครือหมาน้อย มีลักษณะโครงสร้างและคุณสมบัติของสารประกอบพอลิแซ็กคาไรด์ที่มีกรดดี-กาแลกทูโรนิก (D-galacturonic acid) เป็นโมโนเมอร์ต่อกันเป็นโซ่ยาว ซึ่งเป็นสารจำพวกเพคตินชนิดเมทอกซิลต่ำ (low methoxyl pectin, LM) จึงสามารถนำมาใช้เป็นสารทำให้เกิดเจล (gelling agent) ในผลิตภัณฑ์ไอศกรีม วุ้น และเยลลี เป็นต้น โดยเมื่อเกิดเจลจะไม่ต้องใช้น้ำตาลช่วยในการเกิดเจล จึงสามารถนำไปใช้ในการผลิตอาหารเพื่อสุขภาพที่ให้พลังงานต่ำได้ดี นอกจากนั้นการลดการบริโภคน้ำตาล สามารถช่วยลดความเสี่ยงการเกิดโรคต่าง ๆ ได้แก่ การเกิดฟันผุ ภาวะน้ำหนักตัวเกิน โรคอ้วน และโรคเบาหวาน เป็นต้น (Singthong, Cui, & Goff, 2004; Promsakha Na Sakon Nakhon, Jangchud, & Jangchud, 2011)

ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาปริมาณการลดน้ำตาลทรายในกัมมีเยลลีจากใบเครือหมาน้อย ซึ่งมีคุณสมบัติเชิงหน้าที่ทำให้เกิดเป็นเจลสามารถลดการใช้น้ำตาลในผลิตภัณฑ์ จึงนำไปใช้ในการผลิตกัมมีเยลลีเพื่อสุขภาพได้ จากนั้นนำกัมมีเยลลีจากใบเครือหมาน้อยมาลดความชื้นโดยใช้เครื่องการทำแห้งแบบถาด (tray dryer) เพื่อยืดอายุการเก็บรักษาและเพิ่มทางเลือกให้ผู้บริโภค อีกทั้งผลิตภัณฑ์ดังกล่าวจะเป็นประโยชน์ต่อผู้ที่รักสุขภาพ และเป็นการต่อยอดทางภูมิปัญญาในการพืชท้องถิ่นมาพัฒนาเป็นผลิตภัณฑ์อาหารอีกด้วย

วิธีการศึกษา

1. การศึกษาปริมาณการลดน้ำตาลทรายในกัมมี่เยลลี่จากใบเครือหมาน้อย

1.1 การเตรียมน้ำใบเครือหมาน้อย โดยการคัดเลือกส่วนใบของเครือหมาน้อยที่แก่จัด ลักษณะเป็นใบสีเขียวเข้ม และใบค่อนข้างใหญ่ ล้างน้ำให้สะอาด ชั่งน้ำหนัก 100 กรัม ผสมกับน้ำบริสุทธิ์ 320 กรัม นำมาปั่นโดยใช้เครื่องปั่น จากนั้นนำมากรองด้วยตะแกรงเมชขนาด 80 เมช จะได้น้ำใบเครือหมาน้อยสำหรับการผลิตกัมมี่เยลลี่ (Sangkam, 2010)

1.2 การศึกษาการลดน้ำตาลจากใบเครือหมาน้อย ดัดแปลงสูตรมาตรฐานจาก Sangkam (2010) ซึ่งเป็นการแปรูปเยลลี่แห้งจากน้ำใบบัวบก การทดลองนี้จะใช้น้ำใบเครือหมาน้อยทดแทนน้ำใบบัวบกทั้งหมด ส่วนผสมการผลิตกัมมี่เยลลี่ ประกอบด้วยใบเครือหมาน้อย 100 กรัม น้ำบริสุทธิ์ 320 กรัม กลูโคสไซรัป 33.30 กรัม คาราจีแนน 10 กรัม กรดซิตริก 0.60 กรัม และน้ำตาลทราย 150 กรัม การผลิตเริ่มจากนำน้ำตาลทรายมาทำการละลาย ที่อุณหภูมิ 118 องศาเซลเซียส จากนั้นปิดไฟ เติมคาราจีแนน และกรดซิตริก คนให้ทุกอย่างละลายเข้ากัน นำส่วนผสมทั้งหมดผสมรวมกันในน้ำใบเครือหมาน้อยที่คั้นไว้ และใส่กลูโคสไซรัป คนให้ส่วนผสมทุกอย่างให้เข้ากัน จากนั้นนำมาขึ้นรูปโดยเทใส่พิมพ์สี่เหลี่ยมจัตุรัส ขนาดกว้าง×ยาว×สูง เท่ากับ 2×2×2 เซนติเมตร น้ำหนัก 5 กรัมต่อชิ้น นำไปแช่เย็นที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส เพื่อให้กัมมี่เยลลี่เซตตัว ส่วนผสมและการผลิตนี้จะถูกจัดเป็นตัวอย่างควบคุม (control) สำหรับการศึกษาปริมาณการลดน้ำตาลทรายในกัมมี่เยลลี่จากใบเครือหมาน้อย ทดลองทั้งหมด 4 สิ่งทดลอง คือ ปริมาณการลด

น้ำตาลทรายร้อยละ 25, 50 และ 75 ของน้ำหนักน้ำตาลทราย ทำการผลิตกัมมี่เยลลี่เช่นเดียวกับตัวอย่างควบคุม นำตัวอย่างทั้งหมดมาวิเคราะห์คุณภาพ ดังนี้

1) ปริมาณความชื้น (moisture) ด้วยเครื่อง HC103 ยี่ห้อ Mettler-Toledo ตามวิธีของ AOAC (2019)

2) วัดค่าวอเตอร์แอกทิวิตี (a_w) ด้วยเครื่อง Aqualab จำนวน 3 ซ้ำ

3) วัดค่าสี ด้วยเครื่อง Hunter Lab บดตัวอย่างให้ละเอียด นำไปวัดค่า L (ค่าความสว่างมีค่า 0-100 โดย 0 คือ วัตถุที่มีความสว่างสีดำ 100 คือ วัตถุที่มีความสว่างสีขาว) a (+ คือ วัตถุที่มีสีแดง, - คือ วัตถุที่มีสีเขียว) และ b (+ คือ วัตถุที่มีสีเหลือง, - คือ วัตถุที่มีสีน้ำเงิน) จำนวน 5 ซ้ำ

4) วัดปริมาณของแข็งที่ละลายได้ (total soluble solid) ด้วยเครื่องวัดปริมาณของแข็งที่ละลายได้ (brix refractometer) ที่ระดับร้อยละ 0-32 วัดตัวอย่างละ 3 ซ้ำ

5) วัดคุณภาพทางเนื้อสัมผัส (texture analyzer) ด้วยเครื่อง TA.XT plus texture analyzer นำตัวอย่างกัมมี่เยลลี่ขนาดตัวอย่าง 2×2×2 เซนติเมตร (กว้าง×ยาว×สูง) วัดลักษณะเนื้อสัมผัสโดยการกด (compression) ด้วยเครื่องวัดลักษณะเนื้อสัมผัส โดยกดลงบนตัวอย่างโดยใช้หัวกด P/50 (50 mm diameter cylinder probe) ด้วยความเร็วของหัวกดเคลื่อนที่ลงมาก่อนสัมผัสตัวอย่าง (pre-test speed) 1 มิลลิเมตรต่อวินาที ความเร็วของหัวกดขณะเคลื่อนที่ลงในตัวอย่าง (test speed) 1 มิลลิเมตรต่อวินาที และความเร็วของหัวกดขณะเคลื่อนที่ขึ้นจากตัวอย่าง (post-test speed) 1 มิลลิเมตรต่อวินาที (Hiran-akkharawong, & Panyathitipong, 2015) จำนวน 10 ซ้ำ

6) วิเคราะห์คุณภาพทางประสาทสัมผัส ด้วยวิธีการให้คะแนนความชอบ (9-point hedonic scale) โดยการให้คะแนนความชอบจาก 1 (ไม่ชอบมากที่สุด) ถึง 9 (ชอบมากที่สุด) กับผู้ทดสอบกลุ่มเป้าหมายที่ไม่ผ่านการฝึกฝน จำนวน 50 คน เกณฑ์การคัดเลือกคือ มีอายุระหว่าง 18-60 ปี เคยรับประทานผลิตภัณฑ์กัมมีเยลลี่ และเป็นผู้ที่ไม่มีประวัติในการแพ้อาหารจากส่วนผสมทั้งหมด ประเมินคุณลักษณะด้านลักษณะปรากฏ สี กลิ่น รสชาติ เนื้อสัมผัส (ความยืดหยุ่น) และความชอบโดยรวม (Meilgaard, Civille, & Carr, 1999)

2. การศึกษาอุณหภูมิในการอบแห้งกัมมีเยลลี่จากไบโอเครือหมาน้อยอบแห้งพลังงานต่ำ

นำกัมมีเยลลี่จากไบโอเครือหมาน้อยที่มีการลดน้ำตาลทรายในปริมาณที่เหมาะสมจากข้อ 1 มาศึกษาอุณหภูมิในอบแห้งกัมมีเยลลี่ทั้งหมด 3 ระดับ คือ 50, 60 และ 70 องศาเซลเซียส ระยะเวลาในการทำแห้ง 12 ชั่วโมง (Delgado, & Bañón, 2015; Hiran-akkharawong, & Panyathitipong, 2015) โดยส่วนผสมและวิธีการผลิตกัมมีเยลลี่จากไบโอเครือหมาน้อยมีรายละเอียดเช่นเดียวกับการทดลองที่ 1 นำตัวอย่างเข้าเครื่องทำแห้งแบบถาด จนผลิตภัณฑ์ที่ได้จะมีลักษณะผิวด้านนอกแห้งกรอบ และเนื้อสัมผัสภายในมีความนุ่ม นำตัวอย่างทั้งหมดมาวิเคราะห์ความชื้น วอเตอร์แอคทีวิตี สี เนื้อสัมผัส และคุณภาพทางประสาทสัมผัสรายละเอียดการทดลองเช่นเดียวกับข้อ 1

3. การศึกษาคุณค่าทางโภชนาการของผลิตภัณฑ์กัมมีเยลลี่จากไบโอเครือหมาน้อยอบแห้งพลังงานต่ำ

นำผลิตภัณฑ์ผลิตภัณฑ์กัมมีเยลลี่จากไบโอเครือหมาน้อยอบแห้งพลังงานต่ำที่พัฒนาได้มาวิเคราะห์คุณค่าทางโภชนาการเปรียบเทียบกับตัวอย่าง

ควบคุม (กัมมีเยลลี่จากไบโอเครือหมาน้อยอบแห้งที่มีการใช้น้ำตาลทราย ร้อยละ 100 โดยน้ำหนัก) ประกอบด้วยพลังงานทั้งหมด (total energy) ความชื้น (moisture) โปรตีน (protein) ไขมัน (fat) คาร์โบไฮเดรต (carbohydrate) เส้นใยหยาบ (crude fiber) เถ้า (ash) และเบต้าแคโรทีน (β -carotene) ตามวิธีของ AOAC (2019)

การพิจารณารับรองจริยธรรมการวิจัยในมนุษย์

โครงการวิจัยผ่านการรับรองจริยธรรมการวิจัยจากคณะกรรมการจริยธรรมการวิจัยในมนุษย์ มหาวิทยาลัยราชภัฏสวนสุนันทา ตาม COE.1-045/2023

การวิเคราะห์ผลทางสถิติ

ความชื้น วอเตอร์แอคทีวิตี (a_w) สี ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ และคุณภาพทางเนื้อสัมผัส วางแผนการทดลองแบบสุ่มอย่างสมบูรณ์ (completely randomized design, CRD) และคุณภาพทางประสาทสัมผัส วางแผนการทดลองแบบสุ่มบล็อกสมบูรณ์ (randomized completely block design, RCBD) สำหรับการวิเคราะห์คุณค่าทางโภชนาการวิเคราะห์ผลการทดลองแบบ independent-sample T-test นำข้อมูลที่ได้มาวิเคราะห์ความแปรปรวน (analysis of variance, ANOVA) เปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ย ด้วยวิธี Duncan's new multiple range test (DMRT) ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 โดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป

ผลการศึกษาและอภิปรายผล

1. ผลการศึกษาปริมาณการลดน้ำตาลทรายในกัมมีเยลลี่จากไบโอเครือหมาน้อย

ผลการวิเคราะห์ปริมาณความชื้น (moisture content) ของกัมมีเยลลี่จากไบโอเครือหมาน้อยที่มีการลดปริมาณน้ำตาลทราย 4 ระดับ คือ ร้อยละ 25, 50 และ

75 ของน้ำหนักน้ำตาลทราย เปรียบเทียบกับตัวอย่างควบคุม (น้ำตาลทราย ร้อยละ 100) (Table 1) พบว่าปริมาณการลดน้ำตาลทราย ส่งผลต่อปริมาณความชื้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) โดยการลดปริมาณน้ำตาลทรายในส่วนผสมก็มีผลทำให้ความชื้นมีแนวโน้มเพิ่มขึ้น อยู่ในช่วงร้อยละ 85.82 ± 1.06 - 92.96 ± 0.78 โดยน้ำหนักเปียก (wet basis, wb) ในขณะที่ตัวอย่างควบคุม เท่ากับ ร้อยละ 52.35 ± 1.70 โดยน้ำหนักเปียก เนื่องจากน้ำตาลมีคุณสมบัติในการดูดความชื้น โดยน้ำตาลจะเข้าไปแทนที่น้ำในอาหาร ทำให้ปริมาณความชื้นลดลง เมื่อวิเคราะห์ค่าวอเตอร์แอกทิวิตี (water activity, a_w) แสดงถึงปริมาณของน้ำอิสระในอาหารที่มีความสำคัญต่ออายุการเก็บรักษา (Ergun, Lietha, & Hartel, 2010) พบว่าปริมาณการลดน้ำตาลทราย ร้อยละ 75 ของน้ำหนักน้ำตาลทราย มีค่าวอเตอร์แอกทิวิตีสูงกว่าร้อยละ 25, 50 และตัวอย่างควบคุมตามลำดับ โดยมีค่าเท่ากับ 0.98 ผลการทดลองที่ได้สอดคล้องกับงานวิจัยของ Rittilert, & Warin (2020) ศึกษาการใช้มอลทิทอลทดแทนซูโครสต่อคุณภาพของกัมมีเยลลี่มะม่วงหาวมะนาวโห่พบว่า ผลิตภัณฑ์มีค่าวอเตอร์แอกทิวิตี อยู่ในช่วง 0.87-0.90 อย่างไรก็ตามจากการทดลองจะเห็นได้ว่าปริมาณความชื้น และวอเตอร์แอกทิวิตีของกัมมีเยลลี่จากไบโอรีโหมนอยที่มีการลดปริมาณน้ำตาล ยังคงมีปริมาณค่อนข้างสูง จึงมีความจำเป็นที่ต้องลดปริมาณน้ำในอาหารเพื่อให้ผลิตภัณฑ์มีอายุการเก็บรักษาเพิ่มขึ้นที่อุณหภูมิห้อง Lindley (2002); Periche, Heredia, Escriche, Andrés, & Castelló (2014) รายงานว่าผลิตภัณฑ์กัมมีเยลลี่โดยทั่วไป ควรมีความชื้นต่ำกว่าร้อยละ 20 และมีค่าวอเตอร์แอกทิวิตี อยู่ในช่วง 0.70-0.80

ผลการวิเคราะห์ค่าสี (L^* , a^* และ b^*) (Table 1) และ (Figure 1) พบว่าปริมาณการลดน้ำตาลทราย ร้อยละ 45 และ 75 ของน้ำหนักน้ำตาลทราย ทำให้ค่าความสว่าง (L^*) มีแนวโน้มเพิ่มขึ้น โดยเมื่อปริมาณการลดน้ำตาลทรายเพิ่มขึ้น ค่าสีแดง (a^*) จะมีแนวโน้มลดลงจนติดลบ ($-a^*$) ในขณะที่ค่าสีเหลือง (b^*) มีแนวโน้มเพิ่มขึ้น ($p \leq 0.05$) ผลิตภัณฑ์กัมมีเยลลี่จากไบโอรีโหมนอยมีลักษณะความเป็นสีเขียวเข้มที่มีความโปร่งใสเพิ่มขึ้น การลดปริมาณน้ำตาลทรายในผลิตภัณฑ์กัมมีเยลลี่ อาจส่งผลต่อสีของผลิตภัณฑ์ โดยเฉพาะค่าความสว่างที่ลดลง อย่างไรก็ตามกัมมีเยลลี่จากไบโอรีโหมนอยที่มีการลดปริมาณน้ำตาลมีการเปลี่ยนแปลงของสีไม่แตกต่างจากตัวอย่างควบคุมมาก เนื่องจากสีของกัมมีเยลลี่ในผลิตภัณฑ์นี้ เกิดจากอิทธิพลของคลอโรฟิลล์ (chlorophyll) รังควัตถุหลักที่ให้สีเขียวไบโอรีโหมนอย ซึ่งเมื่อสารสีคลอโรฟิลล์ได้รับความร้อนเป็นระยะเวลานาน จะทำให้คลอโรฟิลล์เปลี่ยนเป็นสารฟิโอฟิติน (pheophytin) ทำให้ผลิตภัณฑ์มีลักษณะเขียวออกเหลือง (Pakkaew, 2016) ซึ่งสอดคล้องกับค่า b^* ในการทดลองนี้

ผลการวิเคราะห์ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ (total soluble solid) (Table 1) พบว่าปริมาณการลดน้ำตาลทรายเพิ่มขึ้น ทำให้ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ในผลิตภัณฑ์กัมมีเยลลี่จากไบโอรีโหมนอยลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) เมื่อเปรียบเทียบกับตัวอย่างควบคุม โดยมีค่าอยู่ในช่วง 55.00 ± 0.00 - 66.66 ± 0.05 องศาบริกซ์ ($^{\circ}\text{Brix}$) ในขณะที่ตัวอย่างควบคุมมีค่าเท่ากับ 68.66 ± 0.05 องศาบริกซ์ เนื่องจากการลดปริมาณน้ำตาลทรายทำให้ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ลดลง (Rittilert, & Warin, 2020) ซึ่งอาจส่งผลต่อโครงสร้างและเนื้อสัมผัสของกัมมีเยลลี่ โดยซูโครสช่วยสร้างพันธะ

ไฮโดรเจนภายในเจลทำให้เกิดโครงสร้างสามมิติ มีผลทำให้โครงสร้างของเจลแข็งแรง (Evageliou, Mazioti, Mandala, & Komaitis, 2010; Tau, & Gunasekaran, 2016) จากผลการทดลองปริมาณการลดน้ำตาลทราย ร้อยละ 25-50 ของน้ำหนักน้ำตาลทราย มีปริมาณของแข็งที่ละลายได้ มีค่าอยู่ในเกณฑ์ตามประกาศกระทรวงสาธารณสุข (ฉบับที่ 213) พ.ศ. 2543 เรื่องแยม เยลลี่ และมาร์มาเลดในภาชนะบรรจุที่ปิดสนิท กำหนดให้ผลิตภัณฑ์ควรมีปริมาณของแข็งที่ละลายได้ ไม่ต่ำกว่าร้อยละ 65 เพื่อป้องกันการเสื่อมเสียจากจุลินทรีย์ (The public health ministry, 2000)

ผลวิเคราะห์คุณภาพทางเนื้อสัมผัส คือ ความแข็ง (hardness) การยึดติด (adhesiveness) ความยืดหยุ่น (springiness) การเกาะติด (cohesiveness) ความเหนียวหนึบ (gumminess) และพลังงานในการเคี้ยว (chewiness) โดยใช้เครื่องวิเคราะห์เนื้อสัมผัส (texture analyzer) (Table 1) พบว่าปริมาณการลดน้ำตาลทราย ไม่ส่งผลต่อค่าความแข็ง ความยืดหยุ่น และการเกาะติด ($p>0.05$) แต่ส่งผลต่อค่าการยึดติด ความเหนียวหนึบ และพลังงานในการเคี้ยว อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p\leq 0.05$) อย่างไรก็ตามเมื่อพิจารณาคุณภาพทางเนื้อสัมผัสของกัมมีเยลลี่จากใบเครือหมาน้อยที่มีการลดปริมาณน้ำตาลมีการเปลี่ยนแปลงของเนื้อสัมผัสไม่แตกต่างจากตัวอย่างควบคุม เนื่องจากการทำงานของคาร์ราจีแนน

ในส่วนผสมร่วมกับเพคตินในใบเครือหมาน้อย ซึ่งมีโครงสร้างและคุณสมบัติของสารประกอบพอลิแซ็กคาไรด์ที่มีกรดกาแลกทูโรนิก เป็นโมโนเมอร์ต่อกันเป็นโซ่ยาว ซึ่งเป็นสารจำพวกเพคตินชนิดเมทอกซิลต่ำ สามารถนำมาใช้เป็นสารทำให้เกิดเจลในผลิตภัณฑ์ไอศกรีม วุ้น และเยลลี่ เป็นต้น โดยเมื่อเกิดเจลจะไม่ต้องการน้ำตาลช่วยในการเกิดเจลจึงสามารถนำไปใช้ในการผลิตอาหารเพื่อสุขภาพที่ให้พลังงานต่ำได้ดี (Singthong, Cui, & Goff, 2004)

ผลการวิเคราะห์คุณภาพทางประสาทสัมผัส ด้วยวิธีการให้คะแนนความชอบ (Table 1) พบว่าปริมาณการลดน้ำตาลทราย ร้อยละ 25, 50 และ 75 ของน้ำหนักน้ำตาลทราย เปรียบเทียบกับตัวอย่างควบคุม ส่งผลต่อคุณลักษณะทางประสาทสัมผัสด้านลักษณะปรากฏ สี รสชาติ เนื้อสัมผัส และความชอบโดยรวมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p\leq 0.05$) โดยปริมาณลดน้ำตาลทราย ร้อยละ 50 และ 75 มีคะแนนความชอบในทุกๆ คุณลักษณะทางประสาทสัมผัสมากกว่าปริมาณลดน้ำตาลทราย ร้อยละ 25 และมีค่าไม่แตกต่างกับตัวอย่างควบคุม มีคะแนนอยู่ในช่วง 6.46-6.93 ความชอบเล็กน้อยถึงชอบปานกลาง โดยมีคะแนนความชอบมากกว่า 6 คะแนน ซึ่งแสดงถึงการยอมรับของผู้บริโภคที่มีต่อผลิตภัณฑ์ ในขณะที่ตัวอย่างควบคุม มีคะแนนอยู่ในช่วง 6.73-7.60 ความชอบเล็กน้อยถึงชอบมาก

Table 1 The quality of gummy jelly from Krueo Ma Noy leaves with reduced quantities of sucrose (45, 50 and 75% by weight).

qualities	control	percentage reduction of sucrose		
		25%	50%	75%
moisture (%wb)	52.35±1.70 ^d	85.82±1.06 ^c	90.32±8.42 ^b	92.96±0.78 ^a
water activity	0.96±0.03 ^b	0.97±0.00 ^b	0.96±0.08 ^b	0.98±0.04 ^a

Table 1 The quality of gummy jelly from Krueo Ma Noy leaves with reduced quantities of sucrose (45, 50 and 75% by weight) (continue).

qualities	control	percentage reduction of sucrose		
		25%	50%	75%
L [*]	17.18±0.08 ^c	19.38±0.76 ^a	15.91±0.55 ^d	17.40±1.33 ^b
a [*]	1.29±0.15 ^a	-0.11±0.03 ^c	1.04±0.03 ^b	-0.71±0.17 ^d
b [*]	9.91±1.36 ^a	7.04±0.99 ^b	10.47±1.26 ^a	10.20±0.57 ^a
total soluble solid (°Brix)	68.66±0.05 ^a	66.66±0.05 ^b	65.06±0.05 ^c	55.00±0.00 ^d
hardness (N) ^{ns}	761.86±60.31	823.04±57.95	869.01±19.09	814.53±76.93
adhesiveness (N.sec)	-67.87±5.90 ^a	-90.71±21.83 ^b	-146.40±18.75 ^c	107.27±11.64 ^c
springiness ^{ns}	0.59±0.07	0.52±0.07	0.61±0.08	0.50±0.07
cohesiveness ^{ns}	0.12±0.00	0.12±0.00	0.12±0.08	0.13±0.10
gumminess	129.83±14.26 ^a	102.40±6.23 ^c	118.69±9.56 ^b	110.15±9.45 ^b
chewiness	51.52±11.62 ^c	58.40±5.14 ^c	75.50±2.71 ^a	66.30±2.11 ^b
appearance	7.06±1.55 ^a	5.43±2.17 ^b	6.73±1.25 ^a	6.66±1.24 ^a
color	6.73±1.59 ^a	5.36±2.15 ^b	6.60±1.52 ^a	6.63±1.21 ^a
smell	7.33±1.49 ^a	6.06±2.11 ^b	6.80±1.32 ^a	6.76±1.07 ^a
taste	7.36±1.21 ^a	5.06±2.04 ^c	6.46±1.10 ^b	6.46±1.33 ^b
texture	7.23±1.22 ^a	5.40±2.22 ^b	6.80±0.96 ^a	6.69±1.21 ^a
overall liking	7.60±1.10 ^a	5.56±2.09 ^b	6.93±1.01 ^a	6.86±1.36 ^a

note: control = gummy jelly from Krueo Ma Noy leaves with the use of 100% sucrose, wb = wet basis,

L^{*} = lightness, a^{*} = red to green, b^{*} = yellow to blue.

mean±S.D. with different lowercase superscripts in each column are significantly ($p \leq 0.05$).

different; ns = not significantly ($p > 0.05$) different.

**Figure 1** Images of gummy jelly from Krueo Ma Noy leaves with reduced quantities of sucrose (25, 50 and 75% by weight).

2. ผลการศึกษาอุณหภูมิในการอบแห้งกัมมีเยลลี่จากใบเครือหมาน้อยอบแห้งพลังงานต่ำ

ผลการวิเคราะห์ปริมาณความชื้นของการศึกษาอุณหภูมิในการอบแห้งกัมมีเยลลี่จากใบเครือหมาน้อยอบแห้งพลังงานต่ำ โดยใช้เครื่องทำแห้งแบบถาด (Table 2) พบว่าเมื่อใช้อุณหภูมิในการอบแห้งที่สูงขึ้น ทำให้ปริมาณความชื้นลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) เมื่อเปรียบเทียบกับตัวอย่างควบคุม (กัมมีเยลลี่จากใบเครือหมาน้อยที่ไม่ผ่านการอบแห้ง และใช้น้ำตาลทรายร้อยละ 100 โดยน้ำหนัก) เนื่องจากการทำแห้งอาหารโดยใช้ลมร้อน เป็นการระเหยนํ้าออกจากอาหารส่งผลให้ความชื้นในอาหารนั้นลดลง (Delgado, & Bañón, 2015) สอดคล้องกับ Hiran-akkharawong, & Panyathitipong (2015) ศึกษาการพัฒนาผลิตภัณฑ์วุ้นกรอบจากน้ำตาลสดพบว่าอุณหภูมิในการอบแห้งที่เหมาะสมต่อการทำวุ้นกรอบคือ 60 องศาเซลเซียส โดยการอบแห้งที่อุณหภูมิสูงทำให้มีอัตราการระเหยนํ้าสูง จากการทดลองนี้อุณหภูมิในการอบแห้ง 70 องศาเซลเซียส มีปริมาณความชื้นต่ำสุด (ร้อยละ 7.08 ± 0.14 โดยน้ำหนักเปียก) รองลงมาคือ 60 และ 50 องศาเซลเซียส ตามลำดับ ซึ่งมีปริมาณความชื้นเป็นไปตามเกณฑ์ผลิตภัณฑ์กัมมีเยลลี่พร้อมบริโภคทั่วไป ควรมีความชื้นต่ำกว่าร้อยละ 20 ผลิตภัณฑ์จะมีลักษณะแห้ง เหนียว และมีอายุการเก็บรักษาเพิ่มขึ้น (Lindley, 2002; Periche, Heredia, Escriche, Andrés, & Castell, 2014) นอกจากนั้นผลของปริมาณความชื้นที่ได้ยังมีความสัมพันธ์กับค่าวอเตอร์แอกทีวิตี พบว่าเมื่อใช้อุณหภูมิในการอบแห้งที่สูงขึ้น ทำให้ค่าวอเตอร์แอกทีวิตีลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) โดยอุณหภูมิในการอบแห้ง 70 องศาเซลเซียส มีวอเตอร์แอกทีวิตีต่ำสุด

เท่ากับ 0.62 ± 0.02 โดยมีค่าต่ำกว่า 0.69-0.75 ซึ่งเป็นช่วงที่แบคทีเรียไม่สามารถเจริญเติบโตได้ และเป็นช่วงที่ราและยีสต์เจริญเติบโตได้ต่ำ (Rungsardthong, 2009) สำหรับอุณหภูมิในการอบแห้ง 60 และ 50 องศาเซลเซียส มีค่าเท่ากับ 0.72 ± 0.02 และ 0.79 ± 0.01 ตามลำดับ ผลการทดลองสอดคล้องกับ Suankramdee, Jirakachaporn, & Harnsilawat (2022) ศึกษาผลของคาร์ราจีแนนและระยะเวลาในการอบแห้งต่อคุณภาพของกัมมีเยลลี่ พบว่าการเพิ่มระยะเวลาการอบแห้งส่งผลให้ค่าวอเตอร์แอกทีวิตีลดลง Hiran-akkharawong, & Panyathitipong (2015) ศึกษาการพัฒนาผลิตภัณฑ์วุ้นกรอบจากน้ำตาลสด พบว่าการอบแห้งอุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส ทำให้ผลิตภัณฑ์วุ้นกรอบจากน้ำตาลสดมีค่าเท่ากับ 0.69 Rittilert, & Warin (2020) พัฒนาผลิตภัณฑ์กัมมีเยลลี่มะม่วงหาวมะนาวโห่ พบว่าผลิตภัณฑ์ที่มีค่าวอเตอร์แอกทีวิตีอยู่ในช่วง 0.87-0.90

ผลการวิเคราะห์ค่าสี (Table 2) และ (Figure 2) พบว่าอุณหภูมิในการอบแห้งที่สูงขึ้น ส่งผลให้ค่า L^* มีแนวโน้มลดลงขึ้น ในขณะที่ค่า a^* จะมีแนวโน้มเพิ่มขึ้น สำหรับค่า b^* ของผลิตภัณฑ์ พบว่าอุณหภูมิในการอบแห้ง 60 และ 70 องศาเซลเซียส มีค่าความเป็นสีเหลืองต่ำกว่า 50 องศาเซลเซียส ซึ่งแสดงถึงผลิตภัณฑ์มีแนวโน้มสีเข้ม เมื่ออุณหภูมิในการอบแห้งสูงขึ้น เนื่องจากผลของการเกิดปฏิกิริยาการเมลลาร์ด (caramelization) จากการใช้ความร้อนสูงสลายโมเลกุลของน้ำตาลให้แยกออก และเกิดพอลิเมอร์สีน้ำตาลของสารประกอบคาร์บอนได้เป็นสารสีน้ำตาลร่วมกับการปฏิกิริยาเมลลาร์ด (maillard reaction) ระหว่างน้ำตาลรีดิวซ์ (reducing sugar) และโปรตีนซึ่งมีอยู่ในส่วนผสมที่ใช้ในการผลิตกัมมีเยลลี่

โดยมีความร้อนเป็นตัวเร่งปฏิกิริยา ซึ่งผลที่ได้จากปฏิกิริยานั้นจะเป็นสารประกอบที่ให้สีน้ำตาล (Nadian, Rafiee, Aghbashlo, Hosseinpour, & Mohtasebi, 2015)

ผลวิเคราะห์คุณภาพทางเนื้อสัมผัส (Table 2) พบว่าอุณหภูมิในการอบแห้งที่สูงขึ้น ส่งผลให้ค่าความแข็ง ความยืดหยุ่น การเกาะติด ความเหนียวหนึบ และพลังงานในการเคี้ยวมีค่าเพิ่มขึ้น ส่วนการยัดติด มีค่าลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) เนื่องจากการทำแห้งอาหารโดยใช้ลมร้อน เป็นการระเหยนํ้าออกจากอาหาร ส่งผลให้ปริมาณนํ้าในอาหารนั้นลดลง ผลิตภัณฑ์จะมีลักษณะแห้ง เหนียว และมีอายุการเก็บรักษาเพิ่มขึ้น (Lindley, 2002; Periche, Heredia, Escriche, Andrés, & Castell, 2014) เป็นไปในทิศทางเดียวกับงานวิจัยของ Suankramdee, Jirakachaporn, & Harnsilawat (2022) ศึกษาผลของคาร์ราจีแนนและระยะเวลาในการทำแห้งต่อคุณภาพของกัมมีเยลลี่ โดยศึกษาปริมาณคาร์ราจีแนนที่ร้อยละ 1, 1.20, 1.50 และ 2 และระยะเวลาการทำแห้งที่ 0, 12, 24, 36 และ 48 ชั่วโมง พบว่าการเพิ่มระยะเวลา

การทำแห้งส่งผลให้ค่าความแข็ง และพลังงานที่ใช้ในการเคี้ยวของกัมมีเยลลี่เพิ่มขึ้น

ผลการวิเคราะห์คุณภาพทางประสาทสัมผัส (Table 2) พบว่าอุณหภูมิในการอบแห้งกัมมีเยลลี่จากใบเครือหมาน้อยพลังงานต่ำ (50, 60 และ 70 องศาเซลเซียส) เปรียบเทียบกับตัวอย่างควบคุม ส่งผลต่อคุณลักษณะทางประสาทสัมผัสด้านลักษณะปรากฏ สี รสชาติ เนื้อสัมผัส และความชอบโดยรวม อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) โดยอุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส มีคะแนนความชอบด้านลักษณะปรากฏ เนื้อสัมผัส และความชอบโดยรวม มากกว่าอุณหภูมิ 60 และ 50 องศาเซลเซียส มีคะแนนอยู่ในช่วง 7.26-7.48 ความชอบปานกลางถึงชอบมาก โดยการอบแห้งที่อุณหภูมิต่ำเกินไป (อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส) จะมีคะแนนความชอบต่ำในทุกคุณลักษณะทางประสาทสัมผัส อยู่ในช่วงคะแนน 5.36-5.62 โดยผู้ทดสอบให้ความเห็นว่าผลิตภัณฑ์ที่ผ่านการอบแห้งที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส มีลักษณะแห้ง เหนียว และมีความยืดหยุ่นใกล้เคียงกับผลิตภัณฑ์กัมมีเยลลี่ที่จำหน่ายอยู่ทั่วไป

Table 2 The quality of gummy jelly from Krueo Ma Noy leaves with drying temperatures (50, 60 and 70°C).

qualities	control	drying temperatures (°C)		
		50%	60%	70%
moisture (% wb)	90.32±1.42 ^a	7.38±0.31 ^b	7.26±0.69 ^b	7.08±0.14 ^c
water activity	0.96±0.08 ^a	0.79±0.01 ^b	0.72±0.02 ^b	0.62±0.02 ^c
L*	26.83±0.30 ^a	25.88±0.61 ^b	25.88±0.61 ^b	23.64±0.59 ^c
a*	1.33±0.05 ^c	1.30±0.01 ^c	1.68±0.07 ^b	1.91±0.16 ^a
b*	6.65±0.01 ^b	8.61±0.25 ^a	5.38±0.31 ^c	6.52±5.22 ^b
hardness (N)	4646.89±919.38 ^c	5730.26±978.50 ^b	6519.29±1619.90 ^b	7891.20±978.50 ^a

Table 2 The quality of gummy jelly from Krueo Ma Noy leaves with drying temperatures (50, 60 and 70°C) (continue).

qualities	control	drying temperatures (°C)		
		50%	60%	70%
adhesiveness (N.sec)	369.18±102.77 ^b	-160.51±28.54 ^a	-155.02±60.94 ^a	-171.62±61.25 ^a
springiness	0.56±0.09 ^b	0.63±0.08 ^{ab}	0.73±0.12 ^a	0.71±0.18 ^a
cohesiveness	0.19±0.01 ^b	0.23±0.01 ^{ab}	0.26±0.01 ^{ab}	0.30±0.17 ^a
gumminess	931.77±246.10 ^d	1346.51±229.79 ^c	1773.65±299.69 ^b	2071.43±341.12 ^a
chewiness	543.45±242.20 ^c	862.60±214.27 ^b	1538.89±443.11 ^a	1243.04±351.43 ^a
appearance	6.80±1.03 ^b	5.58±1.10 ^d	6.34±1.22 ^c	7.26±0.89 ^a
color	7.02±1.02 ^a	5.62±1.14 ^b	6.62±1.42 ^a	7.02±1.09 ^a
smell	6.09±1.01 ^b	5.48±0.93 ^c	6.60±1.49 ^b	7.76±1.20 ^a
taste	7.00±1.01 ^a	5.36±0.98 ^b	6.82±1.42 ^a	7.26±1.15 ^a
texture	7.20±1.06 ^a	5.38±1.10 ^c	6.58±1.48 ^b	7.48±1.11 ^a
overall liking	7.40±1.02 ^a	5.58±0.99 ^c	6.56±1.45 ^b	7.28±0.85 ^a

note: control=gummy jelly from Krueo Ma Noy leaves with the use of 100% sucrose, wb=wet basis.

L*: lightness. a*: red to green. b*: yellow to blue.

mean±S.D. with different lowercase superscripts in each column are significantly ($p \leq 0.05$) different.



Figure 2 Images of gummy jelly from Krueo Ma Noy leaves with drying temperatures (50, 60 and 70°C).

3. ผลการศึกษาคุณค่าทางโภชนาการของผลิตภัณฑ์กัมมีเยลลี่จากใบเครือหมาน้อยอบแห้งพลังงานต่ำ

ผลการศึกษาคุณค่าทางโภชนาการของผลิตภัณฑ์

กัมมีเยลลี่จากใบเครือหมาน้อยอบแห้งพลังงานต่ำเปรียบเทียบกับตัวอย่างควบคุม (กัมมีเยลลี่จากใบเครือหมาน้อยอบแห้งที่มีการใช้น้ำตาลทรายร้อยละ 100 โดยน้ำหนัก) (Table 3)

Table 3 Nutritional values of developed low energy gummy jelly from Krueo Ma Noy leaves based on 100 g.

nutritional values	control	developed product
total energy (kcal)	392.51±1.66 ^a	384.26±0.49 ^b
moisture (% wb) ^{ns}	7.05±0.08	7.08±0.06
protein (g)	0.87±0.27 ^a	0.72±0.22 ^b
fat (g)	0.35±0.01 ^a	0.02±0.00 ^b
carbohydrate (g)	96.47±0.38 ^a	95.30±0.36 ^b
crude fiber (g)	0.49±0.16 ^b	0.98±0.16 ^a
ash (g)	1.82±0.02 ^b	2.98±0.88 ^a
β-carotene (μg)	88.55±0.55 ^b	125.55±1.28 ^a

note: control = dried gummy jelly from Krueo Ma Noy leaves with the use of 100% sucrose by weight, wb = wet basis

mean±S.D. with different lowercase superscripts in each column are significantly ($p \leq 0.05$) different; ns = not significantly ($p > 0.05$) different.

จาก (Table 3) พบว่าผลิตภัณฑ์ที่พัฒนาได้มีปริมาณความชื้นต่ำกว่าร้อยละ 20 เป็นไปตามคุณภาพของผลิตภัณฑ์ก็มีเยลลี่โดยทั่วไป (Lindley, 2002; Periche, Heredia, Escriche, Andrés, & Castelló, 2014) สามารถเก็บรักษาได้นานขึ้น เมื่อวิเคราะห์คุณค่าทางโภชนาการ ประกอบด้วยโปรตีน ไขมัน คาร์โบไฮเดรต และเถ้า เท่ากับ 0.72 ± 0.22 , 0.02 ± 0.00 , 95.30 ± 0.36 และ 2.98 ± 0.88 กรัมต่อ 100 กรัม โดยผลิตภัณฑ์ก็มีเยลลี่จากใบเครือหมาน้อยที่พัฒนาได้มีปริมาณไขมันและคาร์โบไฮเดรตลดลงเมื่อเปรียบเทียบกับตัวอย่างควบคุม ส่งผลให้พลังงานทั้งหมด มีค่าลดลง เท่ากับ 384.26 ± 0.49 กิโลแคลอรี ในขณะที่ตัวอย่างควบคุมมี

ค่าพลังงานทั้งหมด เท่ากับ 392.51 ± 1.66 กิโลแคลอรี เนื่องจากผลของการลดปริมาณน้ำตาลในผลิตภัณฑ์ทำให้ผลิตภัณฑ์มีคุณลักษณะที่มีประโยชน์ต่อสุขภาพในด้านไขมันและพลังงานต่ำ เหมาะสมกับผู้ที่ต้องการควบคุมน้ำหนัก และผู้ป่วยที่ต้องการจำกัดพลังงาน อาทิเช่น ผู้ป่วยโรคเบาหวาน โรคอ้วน โรคหลอดเลือดสมองและหัวใจ เป็นต้น (Teixeira-Lemos et al., 2021) นอกจากนี้ผลิตภัณฑ์ยังมีปริมาณของเส้นใยหยาบและเบต้าแคโรทีน สูงกว่าตัวอย่างควบคุม ซึ่งอาจเป็นผลมาจากการลดปริมาณความชื้นในอาหารทำให้ปริมาณของสารอาหารสำคัญมีแนวโน้มเพิ่มขึ้น โดยใบเครือหมาน้อยยังเป็นแหล่งของเบต้าแคโรทีน (6,577 ไมโครกรัม) และวิตามินเอ (1,096 ไมโครกรัมอาร์อี) ที่สำคัญในอาหารอีกด้วย (Pakkaew, 2016) โดยเบต้าแคโรทีนคือสารพฤษเคมี หรือไฟโตนิวเทรียนท์ (phytonutrients) ซึ่งทำหน้าที่เป็นสารต้านอนุมูลอิสระในกลุ่มแคโรทีนอยด์ มีบทบาทสำคัญในการรักษาสุขภาพและเพิ่มระบบภูมิคุ้มกันให้แข็งแรง ทั้งนี้โดยปกติร่างกายของมนุษย์เราสามารถเปลี่ยนเบต้าแคโรทีนไปเป็นวิตามินเอได้ตามปริมาณที่ร่างกายต้องการ (Zong et al., 2023) จากผลการทดลองอาจกล่าวได้ว่าผลิตภัณฑ์ก็มีเยลลี่จากใบเครือหมาน้อยอบแห้งพลังงานต่ำ เป็นผลิตภัณฑ์อาหารว่างที่ตอบโจทย์ต่อผู้บริโภคที่ต้องการควบคุมน้ำหนัก และผู้ป่วยที่ต้องการจำกัดพลังงานที่ร่างกายควรจะได้รับในแต่ละวันได้เป็นอย่างดี

สรุป

โครงสร้างและคุณสมบัติของใบเครือหมาน้อยที่เป็นสารจำพวกเพคตินทำให้สามารถนำมาประยุกต์ใช้เป็นสารทำให้เกิดเจลในการผลิตกัมมีเยลลี่

เพื่อสุขภาพ โดยลดการใช้น้ำตาลได้เป็นอย่างดี จากการศึกษาปริมาณการลดน้ำตาลทราย (ร้อยละ 25, 50 และ 75 ของน้ำหนักน้ำตาลทราย) ในกัมมี่เยลลี่ จากใบเครือหมาน้อย พบว่าปริมาณการลดน้ำตาล ทราย ร้อยละ 50 อยู่ในเกณฑ์ที่ยอมรับได้ของผู้บริโภค ที่มีต่อผลิตภัณฑ์ทางคุณลักษณะทางกายภาพ และ คุณภาพทางประสาทสัมผัส เมื่อนำผลิตภัณฑ์ที่ได้ มาอบแห้งอุณหภูมิ 50, 60 และ 70 องศาเซลเซียส พบว่าอุณหภูมิในการอบแห้งที่สูงขึ้น ทำให้ปริมาณ ความชื้น และวอเตอร์แอคทีวิตีลดลง เป็นไปตามเกณฑ์ ผลิตภัณฑ์กัมมี่เยลลี่พร้อมบริโภคทั่วไป ผลิตภัณฑ์ มีอายุการเก็บรักษานานขึ้น โดยอุณหภูมิอบแห้ง 70 องศาเซลเซียส มีคะแนนความชอบด้านลักษณะปรากฏ เนื้อสัมผัส และความชอบโดยรวม มากกว่าอุณหภูมิ 50 และ 60 องศาเซลเซียส ระดับความชอบปานกลาง ถึงชอบมาก แสดงถึงการยอมรับของผลิตภัณฑ์ เมื่อวิเคราะห์คุณค่าทางโภชนาการของผลิตภัณฑ์ ที่พัฒนาได้ พบว่าพลังงานทั้งหมด มีค่าลดลง นอกจากนั้นผลิตภัณฑ์ยังมีปริมาณของเส้นใยหยาบ และเบต้าแคโรทีน สูงกว่าตัวอย่างควบคุม ดังนั้น ผลิตภัณฑ์กัมมี่เยลลี่จากใบเครือหมาน้อยอบแห้ง พลังงานต่ำ จึงจัดเป็นผลิตภัณฑ์อาหารว่างที่ตอบโจทย์ ต่อผู้บริโภคที่ต้องการควบคุมน้ำหนัก และผู้ป่วยที่ ต้องการจำกัดพลังงานที่ร่างกายควรจะได้รับในแต่ละวันได้เป็นอย่างดี

คำขอบคุณ

ผู้วิจัยขอขอบคุณสาขาวิชาคหกรรมศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏ

สวนสุนันทา ที่ให้ความอนุเคราะห์ในการใช้อุปกรณ์ และเครื่องมือต่าง ๆ เป็นอย่างดี

เอกสารอ้างอิง

- Absolute report. (2022). *Jellies and gummies market worth USD 2588 million by 2022-2028*. Retrieved 11 July 2022, from <https://www.globenewswire.com/en/news-release/2022/07/11/2477192/0/en/Jellies-and-Gummies-Market-Worth-USD-2588-million-by-2022-2028-Opportunities-Challenges-Drivers-Trends-Key-Players-Regional-Analysis.html>
- AOAC. (2019). *Official method of analysis of AOAC* (International 17th Ed.). Gaithersburg, MD, USA: Association of Analytical Communicaties.
- Delgado, P., & Bañón, S. (2015). Determining the minimum drying time of gummy confections based on their mechanical properties. *Journal of Food*, 13(3), 329-335.
- Evageliou, V., Mazioti, M., Mandala, I., & Komaitis, M. (2010). Compression of gellan gels. Part II: effect of sugars. *Food Hydrocolloids*, 24(4), 392-397.
- Ergun, R., Lietha, R., & Hartel, R. W. (2010). Moisture and shelf life in sugar confections. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 50(2), 162-192.
- Hiran-akkharawong, I., & Panyathitipong, W. (2015). Utilization of fresh coconut syrup in crispy jelly product. *RMUTSB Academic Journal*, 3(2), 109-119. (in Thai)
- Kanpairo, K., & Srisuk, S. (2016). *Production and Utilization of Etlingera elatior (Jack) R.M. Smith for nutraceutical food product* (research report). Yala: Yala Rajabhat University. (in Thai)
- Keawsa-ard, S., Chuanphongpanich, S., & Daducale, A. (2020). Development of gummy jelly from *Mesua*

- ferrea* Linn. flower extract. *Thai science and technology journal*, 28(12), 2185-2200. (in Thai)
- Lindley. (2002). Influence of gelatin and isomaltose on gummy jelly. *International Food Research Journal*, 25(2), 776-783.
- Meilgaard, M., Civille, G. V., & Carr, B. T. (1999). *Sensory evaluation techniques* (3rd Ed.). Boca Raton, FL, USA: CRC Press.
- Nadian, M. H., Rafiee, S., Aghbashlo, M., Hosseinpour, S., & Mohtasebi, S. S. (2015). Continuous real-time monitoring and neural network modeling of apple slices color changes during hot air drying. *Food and Bioprocesses Processing*, 94, 263-274.
- Pakkaew, Y. (2016). Ma-noi natural pectin-benefit from local herb. *Food Journal*, 46(1), 15-20. (in Thai)
- Palachum, W., Klangbud, W. K., & Chisti, Y. (2023). Novel nutritionally-enriched gummy jelly infused with nipa palm vinegar powder and nipa palm syrup as functional food ingredients. *Heliyon*, 9(11), e21873.
- Periche, A., Heredia, A., Escriche, I., Andrés, A., & Castelló, M. L. (2014). Optical, mechanical and sensory properties of based-isomaltulose gummy confections. *Food Bioscience*, 7, 37-44.
- Promsakha Na Sakon Nakhon, P., Jangchud, A., & Jangchud, K. (2011). Process development for pectin production from Krueo Ma Noy leaves (*Cissampelos pareira* L.). In Proceedings of 49th Kasetsart University Annual Conference: Agro-Industry (Ed.), *Proceedings of 49th Kasetsart University Annual Conference* (pp. 499- 507). Bangkok (Thailand): The Thailand Research Fund. (in Thai)
- Puttame, K., Sawasdikarn, J., & Chitphutthanakul, S. (2014). *Development of gummy jelly of Nham Dang fruit product* (research report). Chanthaburi: Rambhai Barni Rajabhat University. (in Thai)
- Rittilert, P., & Warin, K. (2020). Karanda (*Carissa carandas* L.) gummy jelly product. *Journal of Science and Technology*, 9(2), 342-354. (in Thai)
- Rungsardthong, V. (2009). *Food processing technology*. Bangkok: King Mongkut's University of Technology North Bangkok. (in Thai)
- Sangkam, J. (2010). *Processing of dried jelly from pennywort juice by heat pump under ultra-violet compared with infrared vacuum drying*. (master's thesis). Chiang Mai University. Chiangmai. (in Thai)
- Singthong, J., Cui, S. W., & Goff, H. D. (2004). Stuctural characterization, degree of estertification and some gelling properties of Krueo Ma Noy pectin (*Cissampelos pareira*) pectin. *Cabohydrate Polymers*, 58(4), 391-400.
- Singthong, J., Ningsanond, S., Cui, S. W., & Goff, H. D. (2005). Extraction and physicochemical characterization of Krueo Ma Noy pectin. *Journal of Food Hydrocolloids*, 19(1), 793-801.
- Suwan, T., Narathapanon, P., Iamsuwan, A., Pongpattanapanich, W., & Kullamethee, P. (2018). Development of Babblers' Bill leaf carragenan jellies. *The Journal of King Mongkut's University of Technology North Bangkok*, 28(2), 403-411. (in Thai)
- Suankramdee, W., Jirakachaporn, B., & Harnsilawat, T. (2022). Effect of carrageenan and drying time on selected qualities of gummy jelly. In *Proceedings of 60th Kasetsart University Annual Conference: Science, Engineering and Architecture, Agro-Industry, Natural Resources and Environment*. *Proceedings of 60th Kasetsart University Annual*

- Conference* (pp. 455-460). Pathum Thani: Prachacheun Research Network. (in Thai)
- Teixeira-Lemos, E., Almeida, A. R., Vouga, B., Morais, C., Correia, I., Pereira, P., & Guiné, R. P. F. (2021). Development and characterization of healthy gummy jellies containing natural fruits. *Open Agriculture*, 6(1), 466-478.
- Tau, T., & Gunasekaran, S. (2016). Thermorheological evaluation of gelation of gelatin with sugar substitutes. *LWT - Food Science and Technology*, 69, 570-578.
- The public health ministry. (2000). *Notification of the Ministry of Public Health (No. 213) B.E. 2543 (2000). Re: Jam, jelly, and marmalade in sealed containers*. Nonthaburi: Ministry of Public Health. (in Thai)
- Wiriyaacharee, P. (2008). *Utilization of cereals and fruits from Royal Project Foundation for improvement of Thai Muesli Bar* (research report). Chiangmai: Royal Project Foundation. (in Thai)
- Zong, C., Xiao, Y., Shao, T., Chiou, J. A., Wu, A., Huang, Z., Chen, C., Jiang, W., Zhu, J., Dong, Z., Liu, Q., & Li, M. (2023). Alfalfa as a vegetable source of β -carotene: the change mechanism of β -carotene during fermentation. *Food Research International*, 172, 113104.