

การพัฒนาผลิตภัณฑ์กัมมี่เยลลี่สำหรับผักกาดทะเลสูตรลดน้ำตาล
DEVELOPMENT OF REDUCED SUGAR SEA LETTUCE (*ULVA RIGIDA*)
GUMMY JELLY

กุลพร พุทธิมี* และ วริศชนม์ นิลนนท์

Kunlaporn Puttame* and Waritchon Ninlanon

สาขาวิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร คณะเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี

Food Science and Technology Program, Faculty of Agricultural Technology,

Rambhai Barni Rajabhat University

Received: 20 June 2025

Revised: 27 August 2025

Accepted: 27 August 2025

บทคัดย่อ

งานวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์ เพื่อศึกษาระดับความเข้มข้นของน้ำสำหรับผักกาดทะเลที่เหมาะสมในการผลิตกัมมี่เยลลี่ และปริมาณไอโซมอลทูลอสที่เหมาะสมในการผลิตกัมมี่เยลลี่สำหรับผักกาดทะเลสูตรลดน้ำตาล โดยใช้ระดับความเข้มข้นของน้ำสำหรับแตกต่างกัน 3 ระดับ ได้แก่ ร้อยละ 5 15 และ 25 พบว่า ผลิตภัณฑ์กัมมี่เยลลี่สำหรับผักกาดทะเลที่มีระดับความเข้มข้นของน้ำสำหรับร้อยละ 5 เป็นระดับที่เหมาะสมที่สุด ได้รับการยอมรับทางประสาทสัมผัสจากผู้ทดสอบมากที่สุด โดยได้คะแนนความชอบด้านสี กลิ่นรส รสชาติ และความชอบโดยรวมในระดับชอบปานกลาง มีค่าสี L^* , a^* และ b^* เท่ากับ 32.00 0.43 และ 5.33 ตามลำดับ มีปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ทั้งหมด 66.0° Brix และค่า a_w เท่ากับ 0.86 เมื่อนำกัมมี่เยลลี่ที่มีความเข้มข้นของน้ำสำหรับร้อยละ 5 มาศึกษาการทดแทนน้ำตาลทรายด้วยสารให้ความหวานไอโซมอลทูลอส ที่แตกต่างกัน 3 ระดับ คือ ร้อยละ 0 15 และ 25 พบว่า สามารถทดแทนน้ำตาลทรายด้วยไอโซมอลทูลอสในผลิตภัณฑ์กัมมี่เยลลี่ได้ในระดับร้อยละ 15 โดยผู้ทดสอบชิมให้คะแนนการยอมรับทางประสาทสัมผัสในทุกด้าน ได้แก่ สี กลิ่นรส รสชาติ ความยืดหยุ่น ความง่ายในการเคี้ยว และความชอบโดยรวม ไม่แตกต่างจากสูตรควบคุม (น้ำตาลทรายร้อยละ 100) ผลิตภัณฑ์กัมมี่เยลลี่สำหรับผักกาดทะเลที่ทดแทนน้ำตาล

* Corresponding author: กุลพร พุทธิมี

E-mail: kunlaporn.p@rbru.ac.th

ทรายด้วยไอโซมอลทูลอสร้อยละ 15 มีค่าสี L^* , a^* และ b^* เท่ากับ 26.97, 1.17 และ 10.60 ตามลำดับ มีปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ทั้งหมด 67.0 ° Brix ค่าปริมาณความชื้นเท่ากับร้อยละ 10.14 และค่า a_w เท่ากับ 0.85 ปริมาณพลังงานทั้งหมด เท่ากับ 2.81 kCal/g ค่าเนื้อสัมผัส พบว่า เมื่อใช้ไอโซมอลทูลอสในปริมาณที่สูงขึ้น มีผลทำให้ ค่า Hardness, Chewiness และ Gumminess ลดลง ทำให้กัมมีเยลลีมีความนุ่มและเคี้ยวง่ายขึ้น

คำสำคัญ: กัมมีเยลลี, สาหร่ายผักกาดทะเล, ไอโซมอลทูลอส

Abstract

This research aimed to determine the optimal concentration of sea lettuce (*Ulva rigida*) extract for gummy jelly production and the appropriate amount of isomaltulose for producing reduced-sugar sea lettuce gummy jelly. Three different sea lettuce extract concentrations (5%, 15%, and 25%) were investigated. The findings revealed that the gummy jelly product with a 5% sea lettuce extract concentration was the most suitable. It received the highest sensory acceptance scores from panelists. This formulation achieved a moderate liking score for color, odor, flavor, and overall acceptance. The color values were $L^* = 32.00$, $a^* = 0.43$, and $b^* = 5.33$, with a total soluble solids content was 66.0 °Brix and the water activity (a_w) was 0.86. When the gummy jelly with 5% sea lettuce extract concentration was studied for the replacement of sucrose with isomaltulose at three different levels (0%, 15%, and 25%), it was found that sucrose could be replaced with isomaltulose in gummy jelly products at 15%. Sensory evaluation by panelists indicated no significant differences in all attributes, including color, odor, flavor, elasticity, chewiness, and overall acceptance, compared to the control formulation (100% sucrose). The gummy jelly product with 15% isomaltulose substitution had color values of $L^* = 26.97$, $a^* = 1.17$, and $b^* = 10.60$. The total soluble solids content was 67.0 °Brix, the moisture content was 10.14%, and the water activity (a_w) was 0.85. The total

energy content was 2.81 kCal/g. Texture values showed that when using a higher amount of isomaltulose, the hardness, chewiness and gumminess values decreased, making the gummy jelly softer and easier to chew.

Keywords: Gummy Jelly, Sea Lettuce, Isomaltulose

บทนำ

สาหร่ายผักกาดทะเล (Sea Lettuce) เป็นสาหร่ายทะเลที่มีสีเขียวชนิดหนึ่ง ซึ่งมีการรายงานถึงองค์ประกอบทางเคมีว่ามีโปรตีนและใยอาหารสูง แต่มีไขมันและพลังงานต่ำ โดยสาหร่ายผักกาดทะเลมีปริมาณโปรตีนร้อยละ 23 ไขมันร้อยละ 2.76 คาร์โบไฮเดรต ร้อยละ 25.35 ใยอาหารร้อยละ 9.79 (น้ำหนักแห้ง) และพลังงาน 218.2 กิโลแคลอรี/100 กรัม โดยเป็นแหล่งที่ดีของแร่ธาตุหลายชนิดโดยเฉพาะแร่ธาตุดังนี้ แคลเซียม 388.88 มิลลิกรัม/100 กรัม และไอโอดีน 22.7 มิลลิกรัม/100 กรัม และยังมีวิตามินชนิดต่าง ๆ เช่น วิตามินบี และวิตามินซี เป็นต้น (สุวรรณ วรสิงห์ และคณะ, 2552) จุดเด่นที่สำคัญอีกประการหนึ่งของสาหร่ายผักกาดทะเลคือเป็นสาหร่ายทะเลที่ไม่มีกลิ่นคาว จึงมีความเหมาะสมที่จะนำมาใช้เป็นส่วนประกอบของอาหารได้หลายหลายรูปแบบทั้งของคาวและของหวาน (วิชฌน์ ยืนยง พุทธกาล และคณะ, 2558) ปัจจุบันศูนย์ศึกษาการพัฒนาอ่าวคุ้งกระเบนอันเนื่องมาจากพระราชดำริ อำเภอกำแพงแสน จังหวัดจันทบุรี ได้ส่งเสริมให้มีการเพาะเลี้ยงสาหร่ายผักกาดทะเลเพื่อจำหน่ายในทั้งในรูปของสาหร่ายสด และส่งเสริมให้กลุ่มหอยนางรมครบวงจรคุ้งกระเบนทำการแปรรูปสาหร่ายผักกาดทะเลเป็นผลิตภัณฑ์อาหารต่าง ๆ เช่น ข้าวเกรียบ บะหมี่ไข อบแห้ง น้ำพริกเผา หมี่กรอบทรงเครื่อง เป็นต้น

จากการที่ผู้วิจัยได้ร่วมปรึกษาถึงปัญหาของกลุ่มหอยนางรมครบวงจรคุ้งกระเบน อำเภอกำแพงแสน จังหวัดจันทบุรี พบว่า ทางกลุ่มฯ มีความต้องการที่จะพัฒนาผลิตภัณฑ์กัมมี่เยลลี่สาหร่ายผักกาดทะเล เพื่อเป็นการสร้างผลิตภัณฑ์ใหม่ๆ ที่ตอบสนองความต้องการของผู้บริโภคที่ให้ความสนใจด้านสุขภาพ ซึ่งสอดคล้องกับข้อมูลของสยามรัฐออนไลน์ (2566) ที่เสนอผลสำรวจจากบริษัท Intage inc. ซึ่งเป็นบริษัทสำรวจตลาด ได้ทำการติดตามกลุ่มผู้บริโภคหญิงและชายจำนวน 50,000 คน พบว่า มีความต้องการบริโภคขนมเยลลี่เจลาตินเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง นับตั้งแต่ปี 2563 ที่เกิดสถานการณ์โควิด-19 ที่คนอยู่บ้านทำให้มีความ

ต้องการขนมเหล่านี้เพิ่มขึ้น โดยสถิติปี 2565 ยอดซื้อขนมเยลลี่เจลาตินเพิ่มขึ้นร้อยละ 91 เมื่อเทียบกับปี 2556 ขนมบิสกิต ช็อกโกแลต และขนมขบเคี้ยวเพิ่มขึ้นร้อยละ 20-30 ขนมลูกอมอัดเม็ดเพิ่มขึ้นร้อยละ 11 แต่อย่างไรก็ตามเนื่องจากผลิตภัณฑ์กัมมีเยลลี่ทั่วไปมีการใช้ปริมาณน้ำตาลค่อนข้างสูง ผู้วิจัยจึงมีแนวคิดในการพัฒนาผลิตภัณฑ์กัมมีเยลลี่สำหรับผู้ป่วยโรคเบาหวาน โดยศึกษาในระดับความเข้มข้นของน้ำตาลสำหรับผู้ป่วยโรคเบาหวาน และศึกษาการใช้ไอโซมอลทูลอสซึ่งเป็นสารให้ความหวานที่ผลิตจากน้ำตาลอ้อย ที่ผ่านกระบวนการแปรรูปทางชีวภาพ (Bio-process) มีค่าดัชนีไกลซีมิกต่ำ (GI=38) ช่วยควบคุมระดับน้ำตาลในเลือด ดูดซึมช้าทำให้อิ่มนาน และไม่ทำให้ฟันผุ (สถาบันอาหาร, 2561) ในผลิตภัณฑ์ เพื่อเป็นการเพิ่มมูลค่าให้กับสายรุ้งที่ตกเกรดไม่สามารถจำหน่ายในรูปแบบสายรุ้งสดได้ และยังเป็นการเพิ่มความหลากหลายของผลิตภัณฑ์ของทางกลุ่มอีกด้วย

วิธีดำเนินการวิจัย

ส่วนที่ 1 ศึกษาปริมาณสายรุ้งผักกาดทะเลที่เหมาะสมในการผลิตกัมมีเยลลี่

1. การเตรียมสายรุ้งผักกาดทะเล

นำสายรุ้งผักกาดทะเลอบแห้งมาแช่น้ำสะอาด เป็นเวลา 5-10 นาที เพื่อให้สายรุ้งคืนตัว พักให้สะเด็ดน้ำบนกระชอนเป็นเวลา 5 นาที เตรียมน้ำสายรุ้งผักกาดทะเลที่ความเข้มข้น 3 ระดับ คือ ร้อยละ 5 15 และ 25 โดยชั่งน้ำหนักสายรุ้งและน้ำ แล้วทำการปั่นผสมโดยใช้เครื่องปั่นอาหารให้ละเอียด นำไปต้มจนเดือด จับเวลาหลังเดือดแล้ว 3 นาที ยกออกจากเตา บรรจุใส่ขวด ทำให้เย็น และเก็บไว้ในตู้เย็นสำหรับนำไปผลิตกัมมีเยลลี่ต่อไป ทำการสุ่มตัวอย่างน้ำสายรุ้งมาวิเคราะห์ ค่าความเป็นกรดต่าง (pH) ด้วย pH Meter รุ่น F20+LE427 (ยี่ห้อ Mettler, ประเทศจีน) และวัดค่าปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด โดยเครื่องวัดปริมาณของแข็งที่ละลายได้ (Hand Refractometer) 0-32 ° Brix (ยี่ห้อ Atago, ประเทศญี่ปุ่น)

2. ส่วนผสม วิธีการผลิต และการวิเคราะห์คุณภาพกัมมีเยลลี่สายรุ้งผักกาดทะเล

ส่วนผสมและวิธีการผลิต ดัดแปลงจากงานวิจัยของกุลพร พุทธิมี และ วริศชนม์ นิลนนท์ (2566) ส่วนผสมประกอบด้วย เจลาติน ร้อยละ 10.35 น้ำสายรุ้งผักกาดทะเล ร้อยละ 36.85 น้ำตาลทราย ร้อยละ 41.41 กลูโคสไซรัป ร้อยละ 10.35 กรดซิตริก ร้อยละ

1.04 วิธีการผลิตโดยนำเจลาตินใสในน้ำสาหร่าย คนผสมและแช่ไว้เป็นเวลา 15 นาที เพื่อให้เจลาตินดูดน้ำสาหร่ายจนอิ่มตัว นำน้ำตาลทรายเทลงกระทะเติมน้ำเปล่าเล็กน้อยยกขึ้นตั้งไฟ คนจนน้ำตาลละลายทั้งหมด แล้วเติมเจลาตินที่แช่น้ำสาหร่ายไว้คนให้เข้ากันแล้วเติมกลูโคสไซรัป และกรดซิตริก คนให้ส่วนผสมทั้งหมดเข้ากันให้ได้อุณหภูมิ 105°C แล้วยกลง จากนั้นเทกัมมีเยลลี่ลงพิมพ์ซิลิโคน นำใส่ถาดที่เตรียมไว้นำไปแช่เย็นในตู้เย็นเป็นเวลา 18 ชั่วโมง เมื่อครบเวลาแล้วแกะกัมมีเยลลี่ออกจากพิมพ์ซิลิโคน โดยใช้แบ่งข้าวโพดโรยบนกัมมีเยลลี่เล็กน้อยเพื่อไม่ให้กัมมีเยลลี่ติดกัน นำกัมมีเยลลี่ที่ได้มาร่อนแบ่งส่วนเกินออกโดยใช้ตะแกรงร่อน เก็บใส่ภาชนะที่มีฝาปิดสนิท นำผลิตภัณฑ์กัมมีเยลลี่สาหร่ายผักกาดทะเลมาวิเคราะห์คุณภาพ ได้แก่ วัตค่าสี (L^* , a^* , b^*) โดยเครื่องวัดสี (Chroma Meter) รุ่น CR-400/410 (ยี่ห้อ Konica Minolta, ประเทศญี่ปุ่น) วัดค่าปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด โดยใช้เครื่องวัดปริมาณของแข็งที่ละลายได้ (Hand Refractometer) $58-90^{\circ}$ Brix (ยี่ห้อ Atago, ประเทศญี่ปุ่น) วัดค่าปริมาณน้ำอิสระ (a_w) ด้วยเครื่องวัดปริมาณน้ำอิสระ (Water Activity) รุ่น PRE (ยี่ห้อ AQUALAB, ประเทศสหรัฐอเมริกา) ทดสอบทางประสาทสัมผัส โดยวิธีการให้คะแนนความชอบ Hedonic Scaling (1-9 คะแนน) ในคุณลักษณะด้านสี กลิ่น รสชาติ ความยืดหยุ่น ความยากง่ายในการเคี้ยว และความชอบโดยรวม โดยใช้ ผู้ทดสอบที่ไม่ได้ผ่านการฝึกฝนจำนวน 30 คน

ส่วนที่ 2 ศึกษาการทดแทนน้ำตาลทรายด้วยไอโซมอลทูโลสที่เหมาะสม ในการผลิตกัมมีเยลลี่สาหร่ายผักกาดทะเล

นำสูตรที่ดีที่สุดจากการทดลองในส่วนที่ 1 มาศึกษาปริมาณการทดแทนน้ำตาลทรายด้วยไอโซมอลทูโลส ที่แตกต่างกัน 3 ระดับ คือ ร้อยละ 0 15 และ 25 ตามลำดับ และวิเคราะห์ผลคุณภาพต่าง ๆ ได้แก่ วัตค่าสี (L^* , a^* , b^*) โดยเครื่องวัดสี (Chroma Meter) รุ่น CR-400/410 (ยี่ห้อ Konica Minolta, ประเทศญี่ปุ่น) วัดค่าเนื้อสัมผัสด้วยเครื่องวัดเนื้อสัมผัส Texture Analyzer รุ่น TA Prime (ยี่ห้อ Bravo, ประเทศไทย) โดยวิธี Texture Profile Analysis (TPA) ใช้หัววัด P/0.5HS ตัวอย่างกัมมีเยลลี่ ขนาดกว้าง 1.5 cm ยาว 1.5 cm หนา 0.7 cm วัดที่อุณหภูมิ 25°C โดยรายงานผลเป็นค่าต่าง ๆ ได้แก่ Hardness, Cohesiveness, Springiness, Chewiness และ Gumminess วัดค่าปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด โดยใช้เครื่องวัดปริมาณของแข็งที่ละลายได้ (Hand Refractometer) $58-90^{\circ}$ Brix (ยี่ห้อ Atago, ประเทศญี่ปุ่น) วิเคราะห์ปริมาณความชื้น ตามวิธีการของ AOAC (2000) วัดค่าปริมาณน้ำอิสระ (a_w) ด้วยเครื่องวัดปริมาณน้ำอิสระ (Water Activity) รุ่น PRE (ยี่ห้อ AQUALAB, ประเทศสหรัฐอเมริกา)

อเมริกา) วิเคราะห์ปริมาณพลังงานทั้งหมด ด้วยเครื่องวัดค่าพลังงาน Bomb Calorimeter รุ่น C5003 (ยี่ห้อ IKA, ประเทศเยอรมัน) ปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด (AOAC, 2000), ปริมาณยีสต์และรา (AOAC, 2000) และทดสอบทางประสาทสัมผัสโดยวิธีการให้คะแนนความชอบ 9-point hedonic scale ในคุณลักษณะ ด้านสี กลิ่น รสชาติ ความยืดหยุ่น ความง่ายในการเคี้ยว และความชอบโดยรวม โดยใช้ผู้ทดสอบซึ่งเป็นบุคลากรของมหาวิทยาลัย และบุคคลทั่วไปที่ไม่ได้ผ่านการฝึกฝน จำนวน 30 คน

จริยธรรมการวิจัยในมนุษย์ คณะผู้วิจัยดำเนินการขอรับรองจริยธรรมการวิจัยในมนุษย์ ในการศึกษาการยอมรับทางประสาทสัมผัสของผู้ทดสอบที่มีต่อผลิตภัณฑ์กัมมี่เยลลี่สำหรับผักกาดทะเล จากคณะกรรมการพิจารณาจริยธรรมการวิจัยในมนุษย์ มหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี เลขที่ IRB-44/2567 ก่อนการทดสอบผู้วิจัยทำการชี้แจงวัตถุประสงค์ของการวิจัย ขั้นตอนการทดสอบ รายละเอียดในการตอบแบบทดสอบ และข้อปฏิบัติต่าง ๆ ของผู้ทดสอบ ให้กับผู้เข้าร่วมโครงการวิจัยจนเข้าใจ การทดสอบเป็นไปด้วยความสมัครใจ โดยทดสอบกับบุคลากรที่ยินยอมและเต็มใจทดสอบเท่านั้น

การวิเคราะห์ทางกายภาพและเคมี โดยวางแผนการทดลองแบบ Completely Randomized Design (CRD) ทำการทดลอง 3 ซ้ำ การทดสอบการยอมรับทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์ วางแผนการทดลองแบบ Randomized Complete Block Design (RCBD) วิเคราะห์ความแปรปรวนใน Analysis of Variance (ANOVA) เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยด้วยวิธี Duncan's new Multiple Range Test (DMRT) ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ด้วยโปรแกรมวิเคราะห์ทางสถิติ

ผลการวิจัยและอภิปรายผล

1. ผลการศึกษาคุณภาพของน้ำสำหรับ และกัมมี่เยลลี่สำหรับผักกาดทะเล

ผลการศึกษาคุณภาพของน้ำสำหรับ พบว่า น้ำสำหรับผักกาดทะเลมีค่า pH อยู่ในช่วง 6.79 – 6.81 และมีปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ทั้งหมด เท่ากับ 0 ° Brix จากการทดลองผลิตกัมมี่เยลลี่สำหรับผักกาดทะเล ที่มีระดับความเข้มข้นแตกต่างกัน 3 ระดับ ได้แก่ ร้อยละ 5 15 และ 25 ตามลำดับ ได้เป็นกัมมี่เยลลี่ที่มีสีเขียว มีความนุ่ม ยืดหยุ่น มีลักษณะดังรูปที่ 1



รูปที่ 1 ผลผลิตกัมมีเยลลี่สำหรับผักกาดทะเลที่มีระดับความเข้มข้นของน้ำสำหรับแตกต่างกัน

เมื่อนำกัมมีเยลลี่มาศึกษาคุณภาพทางกายภาพ และเคมี ได้แก่ ค่าสี ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด และค่า a_w ได้ผลดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ผลการศึกษาคุณภาพทางกายภาพ และเคมีของผลิตภัณฑ์กัมมีเยลลี่สำหรับผักกาดทะเลที่มีระดับความเข้มข้นของน้ำสำหรับระดับต่าง ๆ

ปัจจัยคุณภาพ	ความเข้มข้นของน้ำสำหรับ (%w/w)		
	5	15	25
1. ค่าสี			
ค่า L^*	32.00 ± 3.03^a	26.60 ± 0.44^b	22.80 ± 1.82^b
ค่า a^*	0.43 ± 0.21^a	0.20 ± 0.20^a	-0.83 ± 0.06^b
ค่า b^*	5.33 ± 1.01^c	8.97 ± 0.45^b	11.57 ± 1.94^a
2. ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ทั้งหมด ($^{\circ}$ Brix) ^{ns}	66.00 ± 0.00	65.67 ± 0.58	66.00 ± 0.00
3. ค่า a_w ^{ns}	0.86 ± 0.01	0.86 ± 0.00	0.85 ± 0.01

หมายเหตุ : ns=non-significant ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P > 0.05$)

ตัวอักษรที่แตกต่างกันในแนวนอน แสดงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$)

ผลการศึกษา พบว่า ระดับความเข้มข้นของน้ำสำหรับที่แตกต่างกันมีผลต่อค่าสีของกัมมีเยลลี่ โดยเฉพาะการลดลงของค่าความสว่าง (L^*) และค่าความเป็นสีแดง (a^*) ที่สัมพันธ์กับการเพิ่มขึ้นของความเข้มข้นของสาหร่าย ในขณะที่ค่าความเป็นสีเหลือง (b^*) มีแนวโน้ม

เพิ่มขึ้น การที่ค่าความสว่าง (L^*) ลดลงเมื่อความเข้มข้นของน้ำสาหร่ายเพิ่มขึ้น เป็นผลมาจากคลอโรฟิลล์ซึ่งเป็นรงควัตถุสีเขียวที่มีอยู่ในสาหร่าย การเพิ่มปริมาณสาหร่ายจึงทำให้ความเข้มข้นของคลอโรฟิลล์ในผลิตภัณฑ์สูงขึ้น ส่งผลให้ผลิตภัณฑ์มีสีโดยรวมที่สว่างน้อยลง สอดคล้องกับงานวิจัยของ ศิริพร สุคนธมาน และคณะ (2552) ที่ศึกษาผลของผงสาหร่ายสไปรูไลนาต่อลักษณะทางกายภาพของผลิตภัณฑ์ขนม ซึ่งพบว่าการเพิ่มปริมาณสาหร่ายทำให้ผลิตภัณฑ์มีสีเข้มขึ้น การลดลงของค่าความเป็นสีแดง (a^*) บ่งชี้ว่าก็มีเยลลีมีความเป็นสีแดงน้อยลง หรือมีความเป็นสีเขียวมากขึ้น เนื่องจากค่า a^* ที่เป็นลบแสดงถึงความเป็นสีเขียว การเพิ่มสาหร่ายซึ่งมีสีเขียวเป็นหลักจึงทำให้ค่า a^* ลดลงและเข้าใกล้ค่าลบมากขึ้น สะท้อนถึงสีของผลิตภัณฑ์ที่เบี่ยงเบนไปทางสีเขียวมากขึ้นอย่างชัดเจน สอดคล้องกับผลงานวิจัยของ ปรียานุช แสงศรีจันทร์ และคณะ (2556) ที่ศึกษาการใช้สาหร่ายคลอเรลลาในผลิตภัณฑ์อาหาร และรายงานว่าการเติมสาหร่ายส่งผลให้ผลิตภัณฑ์มีโทนสีเขียวที่เด่นชัดขึ้น ส่วนของค่าความเป็นสีเหลือง (b^*) ที่เพิ่มขึ้นเมื่อความเข้มข้นของสาหร่ายสูงขึ้น อาจเนื่องมาจากรงควัตถุอื่น ๆ ที่มีอยู่ในสาหร่าย เช่น แคโรทีนอยด์ แม้ว่าคลอโรฟิลล์จะเป็นรงควัตถุหลัก แต่รงควัตถุสีเหลืองหรือส้มในปริมาณน้อยก็อาจส่งผลให้ค่า b^* เพิ่มขึ้นได้ ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ทั้งหมดของกัมมีเยลลีที่มีระดับความเข้มข้นของน้ำสาหร่ายแตกต่างกัน ไม่มีผลทำให้ค่าปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ทั้งหมดของผลิตภัณฑ์มีความแตกต่างกัน โดยมีค่าอยู่ในช่วง $65.67 - 66.0^\circ$ Brix ค่า a_w ของกัมมีเยลลีที่มีระดับความเข้มข้นของน้ำสาหร่ายแตกต่างกัน ไม่มีผลทำให้ค่า a_w ของผลิตภัณฑ์มีความแตกต่างกัน โดยมีค่า a_w อยู่ในช่วง 0.85-0.86

ผลการทดสอบทางประสาทสัมผัส ดังแสดงในตารางที่ 2 พบว่า ความเข้มข้นของน้ำสาหร่ายแตกต่างกัน 3 ระดับ ได้แก่ ร้อยละ 5 15 และ 25 มีผลทำให้คะแนนการยอมรับทางประสาทสัมผัสของกัมมีเยลลี่ด้านสี กลิ่นรส รสชาติ ความยืดหยุ่น และความชอบโดยรวม มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) ส่วนความชอบด้านความยากง่ายในการเคี้ยวไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P > 0.05$) โดยผู้ทดสอบชิมให้คะแนนการยอมรับกัมมีเยลลีที่มีความเข้มข้นของน้ำสาหร่ายร้อยละ 5 มากที่สุด ได้คะแนนความชอบด้านสี กลิ่นรส รสชาติ ความยากง่ายในการเคี้ยว และความชอบโดยรวมในระดับชอบปานกลาง และความชอบด้านความยืดหยุ่นในระดับชอบเล็กน้อย ดังนั้นจึงเลือกระดับความเข้มข้นของน้ำสาหร่ายที่ระดับร้อยละ 5 มาทำการศึกษาปริมาณสารให้ความหวานทดแทนน้ำตาลในขั้นต่อไป

ตารางที่ 2 ผลการยอมรับทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์กัมมี่เยลลี่สำหรับรายผักกาดทะเล

ปัจจัยที่ศึกษา	ความเข้มข้นของน้ำสำหรับ (%w/w)		
	5	15	25
สี	7.40±1.35 ^a	6.27±1.39 ^b	5.90±1.60 ^b
กลิ่นรส	7.50±1.38 ^a	6.60±1.19 ^b	5.83±1.90 ^c
รสชาติ	7.50±1.33 ^a	6.60±1.50 ^b	5.87±1.48 ^c
ความยืดหยุ่น	6.73±1.74 ^a	6.13±1.57 ^b	5.80±1.45 ^b
ความยากง่ายในการเคี้ยว ^{ns}	6.57±1.81	6.33±1.67	6.37±1.85
ความชอบโดยรวม	7.57±1.14 ^a	6.77±1.36 ^b	6.10±1.42 ^c

หมายเหตุ : ns=non-significant ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$)

ตัวอักษรที่แตกต่างกันในแนวนอน แสดงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P\leq 0.05$)

2. ผลการศึกษาการทดแทนน้ำตาลทรายด้วยไอโซมอลทูลอสที่เหมาะสมในการผลิตกัมมี่เยลลี่สำหรับรายผักกาดทะเล

ผลศึกษาปริมาณการทดแทนน้ำตาลทรายด้วยไอโซมอลทูลอส ที่แตกต่างกัน 3 ระดับ คือ ร้อยละ 0 15 และ 25 ตามลำดับ ได้กัมมี่เยลลี่ที่มีสีเขียวอ่อน มีความนุ่ม ยืดหยุ่น มีลักษณะ ดังรูปที่ 2



รูปที่ 2 ผลิตภัณฑ์กัมมี่เยลลี่สำหรับรายผักกาดทะเลสูตรลดน้ำตาล โดยการทดแทนน้ำตาลทรายด้วยไอโซมอลทูลอสที่ระดับแตกต่างกัน

ผลการวิเคราะห์คุณภาพกัมมี่เยลลี่สำหรับยักกัดทะเลสูตรลดน้ำตาล แสดงดังตารางที่ 3 พบว่า การใช้ไอโซมอลทูลอสทดแทนน้ำตาลทรายที่ระดับ ร้อยละ 0 15 และ 25 ไม่มีผลต่อค่าความสว่าง (L^*) และค่าความเป็นสีเหลือง (b^*) โดยมีค่าความสว่าง (L^*) อยู่ในช่วง 26.43-28.10 และค่าความเป็นสีเหลือง (b^*) อยู่ในช่วง 9.87-10.90 แต่มีผลทำให้ค่าความเป็นสีแดง (a^*) มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) โดยพบว่าค่าความเป็นสีแดง (a^*) เพิ่มขึ้นเมื่อใช้ไอโซมอลทูลอสทดแทนน้ำตาลทรายในระดับที่เพิ่มขึ้น ค่าเนื้อสัมผัสพบว่า ค่า Hardness, Chewiness และ Gumminess ของกัมมี่เยลลี่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) โดยพบว่าเมื่อใช้ไอโซมอลทูลอสทดแทนน้ำตาลทรายในระดับที่เพิ่มขึ้นมีผลทำให้ค่า Hardness, Chewiness และ Gumminess ของกัมมี่เยลลี่ลดลง ซึ่งว่ากัมมี่เยลลี่มีความนุ่มและเคี้ยวง่ายขึ้น ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ทั้งหมดของกัมมี่เยลลี่ที่ใช้ไอโซมอลทูลอส ทดแทนน้ำตาลทรายในระดับที่แตกต่างกัน ไม่มีผลทำให้ค่าปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ทั้งหมดของผลิตภัณฑ์มีความแตกต่างกัน โดยมีค่าอยู่ในช่วง 66.33 – 67.33 ° Brix ค่า a_w ของกัมมี่เยลลี่ที่ใช้ไอโซมอลทูลอสทดแทน น้ำตาลทรายในระดับที่แตกต่างกันไม่มีผลทำให้ค่า a_w ของผลิตภัณฑ์มีความแตกต่างกัน โดยมีค่า a_w อยู่ในช่วง 0.84-0.87 ปริมาณพลังงานทั้งหมดของกัมมี่เยลลี่ทุกสูตรไม่แตกต่างกัน โดยมีค่าอยู่ในช่วง 2.80-2.81 kCal/g เมื่อเปรียบเทียบปริมาณพลังงานทั้งหมดกับกัมมี่เยลลี่ในท้องตลาดโดยการคำนวณปริมาณพลังงานจากฉลากโภชนาการ พบว่า กัมมี่เยลลี่ในท้องตลาดให้ปริมาณพลังงาน 3.33 kCal/g จึงอาจกล่าวได้ว่ากัมมี่เยลลี่ที่พัฒนาขึ้นมีแนวโน้มที่จะให้พลังงานต่ำกว่า อย่างไรก็ตามจากคุณสมบัติทางโภชนาการของไอโซมอลทูลอส ซึ่งเป็นคาร์โบไฮเดรตที่มีดัชนีน้ำตาลต่ำเนื่องจากถูกย่อยและดูดซึมอย่างช้า ๆ ทำให้ระดับน้ำตาลในเลือดค่อยๆ สูงขึ้น ไม่เกิดภาวะน้ำตาลในเลือดสูงขึ้นอย่างรวดเร็วเหมือนการบริโภคน้ำตาลทราย (สถาบันอาหาร, 2561) จึงเป็นทางเลือกสำหรับผู้ที่ต้องการควบคุมระดับน้ำตาลในเลือดหรือผู้ป่วยเบาหวาน เพราะช่วยลดความเสี่ยงในการเกิดภาวะน้ำตาลในเลือดสูงอย่างรวดเร็วและช่วยให้ระดับน้ำตาลในเลือดคงที่มากกว่าการบริโภคน้ำตาลทราย

ตารางที่ 3 ผลการศึกษาคุณภาพทางกายภาพ และเคมี ของผลิตภัณฑ์กัมมีเยลลี่สำหรับ
ฝึกกาดทะเลที่มีการทดแทนน้ำตาลทรายด้วยไอโซมอลทูลอส์ที่ระดับแตกต่างกัน

ปัจจัยคุณภาพ	ปริมาณไอโซมอลทูลอส์ที่ใช้ทดแทนน้ำตาลทราย (%)		
	0	15	25
1. ค่าสี			
ค่า L ^{ns}	28.10±1.57	26.97±0.49	26.43±1.59
ค่า a [*]	0.13±0.25 ^b	1.17±0.21 ^a	1.20±0.10 ^a
ค่า b ^{ns}	10.90±1.28	10.60±1.71	9.87±0.81
2. ค่าเนื้อสัมผัส			
Hardness (gf)	1,923.90±291.99 ^a	1,531.97 ±209.79 ^b	1,324.91±118.77 ^{bc}
Cohesiveness ^{ns}	2.95±0.06	2.94 ± 0.07	3.00±0.04
Springiness (s) ^{ns}	0.51 ±0.01	0.52±0.00	0.51±0.00
Chewiness (gf)	2,881.70 ± 461.26 ^a	2,114.21±422.33 ^b	2,033.15±179.71 ^b
Chumminess (gf)	5,677.46 ± 908.72 ^a	4,099.85±816.53 ^b	3,970.91±359.30 ^b
3. ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ทั้งหมด (° Brix) ^{ns}	66.33±0.58	67.00±1.00	67.33± 0.58
4. ปริมาณความชื้น (%) ^{ns}	11.86±0.62	10.14±2.35	8.48±2.37
5. ค่า a _w ^{ns}	0.84±0.01	0.87±0.01	0.85±0.01
6. ปริมาณพลังงานทั้งหมด(kCal/g) ^{ns}	2.80±46.69	2.81±48.85	2.81±65.90

หมายเหตุ : ns=non-significant ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P>0.05)

ตัวอักษรที่แตกต่างกันในแนวนอน แสดงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ(P≤0.05)

ผลการศึกษาปริมาณจุลินทรีย์ของผลิตภัณฑ์กัมมีเยลลี่ พบว่า ปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด ยีสต์และรา น้อยกว่า 10 โคโลนีต่อตัวอย่าง 1 กรัม เป็นไปตามเกณฑ์มาตรฐานของเยลลี่แข็ง (สำนักงานมาตรฐานอุตสาหกรรม, 2547) ที่กำหนดให้ผลิตภัณฑ์มีจำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมดไม่เกิน 1×10⁴ โคโลนีต่อตัวอย่าง 1 กรัม ยีสต์และราต้องไม่เกิน 100 โคโลนีต่อตัวอย่าง 1 กรัม

ตารางที่ 4 ผลการยอมรับทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์กัมมีเยลลี่สำหรับฝักกาดทะเลสูตรทดแทนน้ำตาลทรายด้วยไอโซมอลทูลอสที่ระดับต่าง ๆ

ปัจจัยที่ศึกษา	ปริมาณไอโซมอลทูลอสที่ใช้ทดแทนน้ำตาลทราย (%)		
	0 (สูตรควบคุม)	15	25
สี ^{ns}	6.87±1.14	6.63±1.13	6.63±1.13
กลิ่นรส	6.80±1.42 ^a	6.37±1.96 ^a	5.47±1.61 ^b
รสชาติ	7.40±1.25 ^a	6.87±1.33 ^{ab}	6.57±1.48 ^b
ความยืดหยุ่น ^{ns}	6.80±1.10	6.83±1.39	6.70±1.09
ความยากง่ายในการเคี้ยว ^{ns}	6.63±1.54	6.77±1.65	6.50±1.31
ความชอบโดยรวม	7.33±1.15 ^a	6.93±1.34 ^{ab}	6.60±1.28 ^b

หมายเหตุ : ns=non-significant ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$)

ตัวอักษรที่แตกต่างกันในแนวนอน แสดงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P\leq 0.05$)

ผลการทดสอบทางประสาทสัมผัส ดังแสดงในตารางที่ 4 พบว่า คะแนนการยอมรับทางประสาทสัมผัสด้านกลิ่นรส รสชาติ และความชอบโดยรวม มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P\leq 0.05$) โดยผู้ทดสอบชิมให้คะแนนความชอบกัมมีเยลลี่สูตรที่ทดแทนน้ำตาลทรายด้วยไอโซมอลทูลอสร้อยละ 15 ไม่แตกต่างจากสูตรควบคุม โดยมีคะแนนความชอบในระดับขอบเล็กน้อย ส่วนความชอบด้านสี ความยืดหยุ่น และความยากง่ายในการเคี้ยวไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$) โดยมีคะแนนความชอบในระดับขอบเล็กน้อย ดังนั้นจะเห็นได้ว่าสามารถทดแทนน้ำตาลทรายด้วยไอโซมอลทูลอสในกัมมีเยลลี่ในระดับร้อยละ 15 โดยยังได้รับการยอมรับทางประสาทสัมผัสจากผู้ทดสอบชิม

สรุปผลการวิจัย

1. ผลิตภัณฑ์กัมมีเยลลี่สำหรับฝักกาดทะเลที่มีระดับความเข้มข้นของน้ำสำหรับร้อยละ 5 เป็นระดับที่เหมาะสมที่สุด ได้รับการยอมรับทางประสาทสัมผัสจากผู้ทดสอบมากที่สุด โดยได้คะแนนความชอบด้านสี กลิ่นรส รสชาติ และความชอบโดยรวมในระดับขอบปานกลาง ส่วน ความชอบด้านความยืดหยุ่น และความยากง่ายในการเคี้ยวในระดับขอบเล็กน้อย โดยมีค่าสี L^* , a^* และ b^* เท่ากับ 32.00 0.43 และ 5.33 ตามลำดับ มีปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ทั้งหมด 66.0 °Brix และค่า a_w เท่ากับ 0.86

2. สามารถทดแทนน้ำตาลทรายด้วยไอโซมอลทูลอสในผลิตภัณฑ์กัมมี่เยลลี่ได้ในระดับร้อยละ 15 โดยผู้ทดสอบชิมให้คะแนนการยอมรับทางประสาทสัมผัสในทุกด้าน ได้แก่ สี กลิ่นรส รสชาติ ความยืดหยุ่น ความยากง่ายในการเคี้ยว และความชอบโดยรวม ไม่แตกต่างจากสูตรควบคุม (น้ำตาลทรายร้อยละ 100) มีค่า L^* , a^* และ b^* เท่ากับ 26.97, 1.17 และ 10.60 ตามลำดับ มีปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ทั้งหมด 67.0° Brix ค่าปริมาณความชื้นเท่ากับร้อยละ 10.14 และค่า a_w เท่ากับ 0.85 ปริมาณพลังงานทั้งหมด เท่ากับ 2.81 kCal/g ค่าเนื้อสัมผัส พบว่า เมื่อใช้ไอโซมอลทูลอสในปริมาณที่สูงขึ้น มีผลทำให้ ค่า Hardness, Chewiness และ Gumminess ลดลง ทำให้กัมมี่เยลลี่มีความนุ่มและเคี้ยวง่ายขึ้น

กิตติกรรมประกาศ

คณะผู้วิจัยขอขอบคุณสถาบันวิจัยและพัฒนามหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณีที่สนับสนุนทุนดำเนินการวิจัย และคณะเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี ที่อนุเคราะห์ห้องปฏิบัติการในการทำวิจัย

เอกสารอ้างอิง

- กุลพร พุทธิมี และ วริศชนม์ นิลนนท์. (2566). การพัฒนาผลิตภัณฑ์กัมมี่เยลลี่เร็วหอม. (รายงานการวิจัยฉบับสมบูรณ์). จันทบุรี: มหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี.
- ปรียานุช แสงศรีจันทร์, ยุวดี พิรพรพิศาล และ อรอนงค์ น้อยภักดี. (2556). การใช้สาหร่ายคลอเรลลาผงในผลิตภัณฑ์บิสกิต. วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเชียงใหม่, 17(3), 289-298.
- วิชมณี ยืนยงพุททกาล, สุวรรณ วรสิงห์ และ พรนภา น้อยพันธ์. (2558). การเพิ่มมูลค่าสาหร่ายผักกาดทะเลโดยการใช้เป็นส่วนประกอบในผลิตภัณฑ์อาหารเพื่อสุขภาพ. รายงานการวิจัยฉบับสมบูรณ์ มหาวิทยาลัยบูรพา.
- วิชมณี ยืนยงพุททกาล, สุวรรณ วรสิงห์ และ พรนภา น้อยพันธ์. (2558). การเพิ่มมูลค่าสาหร่ายผักกาดทะเลโดยการใช้เป็นส่วนประกอบในผลิตภัณฑ์อาหารเพื่อสุขภาพ. (รายงานการวิจัยฉบับสมบูรณ์). ชลบุรี: มหาวิทยาลัยบูรพา.

- ศิริพร สุคนธมาน, สุวิมล กิรติพิบูล และ อรอนงค์ นัยภักดี. (2552). ผลของปริมาณผงสาหร่ายสไปรูลินาต่อคุณภาพและลักษณะทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์เส้นก๋วยเตี๋ยว. *วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเชียงใหม่*, 10(1), 1-10.
- สถาบันอาหาร. (2561). *นวัตกรรมความหวานกับ Palatyne น้ำตาลเพื่อสุขภาพจากธรรมชาติ*. สืบค้นเมื่อวันที่ 3 กรกฎาคม 2567, จาก https://fic.nfi.or.th/technologyandinnovation_detail.php?smid=1737.
- สยามรัฐออนไลน์. (2566). *พาณิชย์-DITP เผยเทรนด์บริโภคขนมเยลลี่เจลาตินมาแรงในญี่ปุ่นแนะศึกษาวางแผนส่งออกได้*. สืบค้นเมื่อวันที่ 20 มกราคม 2567, จาก <https://siamrath.co.th/n/451348>.
- สุวรรณา วรสิงห์, ธวัช ศรีวิชัย, อรุณ ศรีอนันต์ และ ภาณุภูมิ วงศ์แข็ง. (2552). *สัณฐานวิทยาการเลี้ยงและการนำมาใช้ประโยชน์ของสาหร่ายฝักกาดทะเล *Ulva rigida* C. Agargh, 1823*. (รายงานการวิจัยฉบับสมบูรณ์). กรุงเทพฯ: สำนักวิจัยและพัฒนาประมงชายฝั่ง, กรมประมง.
- สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม. (2547). *มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน เยลลี่แข็ง*. กรุงเทพฯ: สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม.
- AOAC. (2000). *Official Method of the Association of Official Analytical Chemists*. 17th Edition, Washington DC.