สถาบันวิจัยและพัฒนา

ที่ ศธ ๐๕๘๖.๑๒๐๐/๐๕๐๓

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน
อ.เมือง จ.นครราชสีมา ๓๐๐๐๐

๑๓ ธันวาคม ๒๕๖๑

เรื่อง ขอส่งหนังสือรับรองการตีพิมพ์บทความ วารสาร มทร.อีสาน

เรียน นายรอมลี เจะดอเลาะ

สิ่งที่ส่งมาด้วย หนังสือรับรองการตีพิมพ์บทความ วารสาร มทร.อีสาน ปีที่ ๑๒ ฉบับที่ ๒
(พฤษภาคม – สิงหาคม พ.ศ. ๒๕๖๒)

ตามที่ท่านได้ส่งบทความวิจัยเรื่อง **ผลของไฮโดรคอลลอยด์ต่อคุณภาพและความคงตัวของเยลลี่ลูกหยีฮาลาลระหว่างการเก็บรักษา** เพื่อพิจารณาตีพิมพ์ลงวารสาร มทร.อีสาน และบทความของท่านได้ผ่านการประเมินจากกรรมการผู้ทรงคุณวุฒิเรียบร้อยแล้ว

ในการนี้กองบรรณาธิการ วารสาร มทร.อีสาน ขอส่งหนังสือรับรองการตีพิมพ์บทความ วารสาร มทร.อีสาน ฉบับวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีให้กับท่าน รายละเอียดตามสิ่งที่ส่งมาด้วย

จึงเรียนมาเพื่อโปรดพิจารณา

ขอแสดงความนับถือ

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์วรรณรีย์ วงศ์ไตรรัตน์)
บรรณาธิการ วารสาร มทร.อีสาน ฉบับวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน

สถาบันวิจัยและพัฒนา
โทร. ๐ ๔๔๒๓ ๓๐๖๓
โทรสาร ๐ ๔๔๒๓ ๓๐๖๔

หนังสือรับรองการตีพิมพ์บทความ
วารสาร มทร.อีสาน ฉบับวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

ขอรับรองว่าบทความวิจัย

เรื่อง ผลของไฮโดรคอลลอยด์ต่อคุณภาพและความคงตัวของเยลลี่ลูกหยีฮาลาลระหว่างการเก็บรักษา

โดย นายรอมลี เจะดอเลาะ และนายซูไฮมิน เจ๊ะมะลี

ได้ผ่านการประเมินจากคณะกรรมการผู้ทรงคุณวุฒิ
และตีพิมพ์ใน วารสาร มทร.อีสาน
ปีที่ ๑๒ ฉบับที่ ๒ (พฤษภาคม – สิงหาคม พ.ศ. ๒๕๖๒)

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.วรรณรีย์ วงศ์ไตรรัตน์)
บรรณาธิการ วารสาร มทร.อีสาน ฉบับวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน

ผลของไฮโดรคอลลอยด์ต่อคุณภาพและความคงตัวของเยลลี่ลูกหยีฮาลาลระหว่างการเก็บรักษา

Effect of Hydrocolloids on Quality and Stability of Halal Velvet Tamarind Jelly during Storage

บทคัดย่อ

การพัฒนาผลิตภัณฑ์เยลลี่ลูกหยีฮาลาลในพื้นที่ 3 จังหวัดชายแดนภาคใต้มีความสำคัญต่อความมั่นใจของผู้บริโภคมุสลิม การศึกษานี้มีวัตถุประสงค์ศึกษาผลของไฮโดรคอลลอยด์ต่อสมบัติทางกายภาพและเคมี และความคงตัวของเยลลี่ลูกหยีระหว่างการเก็บรักษา ทำการเติมคาราจีแนนและเพกทินทดแทนเจลาตินร้อยละ 0, 50 และ 100 พบว่า การทดแทนเจลาตินด้วยคาราจีแนนที่ระดับ ร้อยละ 50 ตัวอย่างได้รับคะแนนความชอบโดยรวมมากที่สุด คือ 7.70 (ความชอบระดับปานกลาง) ผลิตภัณฑ์ที่ได้มีค่าวอเตอร์แอคทีวิตี้ (water activity: a_w) และค่าพีเอช เท่ากับ 0.84 และ 4.05 ตามลำดับ การประเมินอายุการเก็บรักษาสามารถบรรจุในถุงอลูมิเนียมฟอยล์ลามิเนตที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส นาน 8 สัปดาห์ โดยมีปริมาณเชื้อจุลินทรีย์ทั้งหมดไม่เกินตามที่มาตรฐานกำหนด $1x10^4$ โคโลนีต่อกรัม ซึ่งให้ผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสด้านความชอบโดยรวมที่ระดับคะแนน 6.81 (ความชอบระดับเล็กน้อย) จากผลการทดลอง คาราจีแนนร้อยละ 50 และ เจลาติน ร้อยละ 50 สามารถใช้เป็นส่วนประกอบสำหรับการผลิตเยลลี่ลูกหยีฮาลาล

คำสำคัญ: เยลลี่; ลูกหยี; คาราจีแนน; เพกทิน; อายุการเก็บรักษา

Abstract

The development of halal velvet tamarind jelly products was important for Muslim consumer confidence. The objectives of this study were to determine the effects of hydrocolloid on physical and chemical properties and to monitor stability of velvet tamarind jelly. The substitution of gelatin by carrageenan and pectin at 0, 50 and 100 % showed that gelatin substituted with 50 % carrageenan g exhibited the highest overall likeness score which was 7.70 (like moderately). The water activity (a_w) and pH of jelly were products were 0.84 and 4.05, respectively. The stability of jelly samples packed inaluminium foil bag during 8 weeks at 4 °C was investigated. The total bacterial count was detected but it did not exceed the limitation of standards at $1x10^4$ cfu/g. The overall likeness score was 6.81 (like slightly). From the results, 50% carrageenan and 50% gelatin could be used _as ingredients for halal velvet tamarind jelly production

Keywords: Jelly;Velvet Tamarind; Carrageenan; Pectin; Shelf-Life

บทนำ

ผลิตภัณฑ์อาหารฮาลาลมีความสำคัญต่อความมั่นใจและการยอมรับของผู้บริโภคมุสลิม การพัฒนาผลิตภัณฑ์ด้วยส่วนผสมจากวัตถุดิบฮาลาลที่ได้ผ่านการรับรองจากองค์กรที่มีความเชื่อถือทั้งในและต่างประเทศ จะช่วยลดระยะเวลาในการตรวจสอบและวิเคราะห์อาหารฮาลาล โดยเฉพาะสารต้องสงสัยในอาหารฮาลาลมีการใช้สารให้ความคงตัวที่หะรอมประเภทเจลาตินที่ผลิตจากหนังหรือกระดูกหมู [1] ในผลิตภัณฑ์ประเภทเยลลี่ผลไม้ การใช้สารทดแทนหรือการใช้เจลาตินที่ฮาลาลช่วยในการประกันคุณภาพของผลิตภัณฑ์นั้นฮาลาล [2] แต่เจลาตินที่ฮาลาลจากหนังปลายังมีคุณสมบัติบางประการที่ด้อยกว่าเจลาตินหมู ต้องมีการใช้ไฮโดรคอลลอยด์ ได้แก่ คาราจีแนน และเพกทิน ในการปรับคุณสมบัติการยืดหยุ่น และความคงตัวของเจล วิเคราะห์อาหารฮาลาลต้องใช้เทคนิคการวิเคราะห์ระดับสูง ทรัพยากรบุคคลและค่าใช้จ่ายสูง จึงจำเป็นต้องผลิตอาหารฮาลาลตั้งแต่การใช้ส่วนผสมที่ฮาลาล ซึ่งจะง่ายต่อการตรวจสอบอาหารฮาลาล หากมีการใช้เจลาตินที่ไม่ฮาลาลแล้วนั้นมีความยากในการตรวจวิเคราะห์และระบุสารต้องสงสัยในอาหารฮาลาล เสียงบประมาณ เวลาในการตรวจสอบ รวมทั้งการพัฒนาผลิตภัณฑ์ใช้ผลไม้ที่อยู่ในพื้นที่ 3 จังหวัดชายแดนภาคใต้ และเป็นอัตลักษณ์ คือลูกหยี ซึ่งมีรสชาติเปรี้ยวหวาน สามารถผลิตเป็นผลิตภัณฑ์ประเภทเยลลี่ได้ ลูกหยีมีคุณค่าทางโภชนาการประกอบด้วยสารแอนติออกซิแดนท์ กรดอินทรีย์ วิตามินซี เยื่อใยอาหาร [3], [4] และ แร่ธาตุอาหาร ได้แก่ แคลเซียม โพแทสเซียม เหล็ก และ แมกนีเซียม [5] โดยทั่วไปแล้วผู้ประกอบการในพื้นที่ผลิตเป็นผลิตภัณฑ์ลูกหยีกวน ลูกหยี 3 รส และลูกหยีเคลือบน้ำตาล ซึ่งจัดเป็นผลิตภัณฑ์แบบเดิม ไม่มีความหลากหลาย [6] หากมีการพัฒนาผลิตภัณฑ์เยลลี่ที่ฮาลาลช่วยในการเพิ่มรูปแบบผลิตภัณฑ์ในท้องตลาด สร้างมูลค่าเพิ่มให้กับผู้ประกอบการได้ ดังนั้นศึกษาการทดแทนเจลาตินด้วยคาราจีแนนและเพกทินต่อสมบัติทางกายภาพและเคมี และการยอมรับทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์เยลลี่ลูกหยี และศึกษาอายุการเก็บรักษาของเยลลี่ลูกหยีต่อสมบัติทางกายภาพและเคมี และการยอมรับของผู้ทดสอบทางประสาทสัมผัส เพื่อยกระดับผลิตภัณฑ์อาหารในพื้นที่ 3 จังหวัดชายแดนใต้เป็นที่รู้จักและมีมาตรฐานอาหารที่ดีในประเทศไทยต่อไป

วิธีดำเนินการวิจัย

1. วัตถุดิบและการเตรียมวัตถุดิบ

ลูกหยีแห้งนำมาจากสถานประกอบการอามานีลูกหยี อำเภอเมือง จังหวัดยะลา ช่วงเดือน พฤษภาคม 2559 ทำการคัดเลือกลูกหยีที่มีคุณภาพ ทำการกะเทาะเปลือกให้แตก แล้วคัดแยกเปลือกออกจากเนื้อลูกหยี นำเนื้อลูกหยีแกะเมล็ดออกด้วยมีด และบรรจุเนื้อลูกหยีในถุงพลาสติกชนิด PP และ เจลาตินปลาฮาลาล จากบริษัทฮาลามิกส์ อินเตอร์เนชั่นแนล จำกัด ประเทศไทย ซึ่งมีสมบัติดังนี้ ความแข็งแรงของเจล 247 บลูม กรัม ค่าพีเอช 5.6 ความชื้นและโปรตีน ร้อยละ 11.1 และ 86.5 ตามลำดับ น้ำตาลทรายยี่ห้อมิตรผล ประเทศไทย เกลือยี่ห้อปรุงทิพย์ ประเทศไทย กลูโคสไซรัป ยี่ห้อปลาแฟนซีคาร์ฟ ประเทศไทย ใช้คาราจีแนนและเพกทิน (เพกทินที่มีค่า DM ประมาณ ร้อยละ 62-68) เกรดอาหารจากบริษัทเคมีภัณฑ์ คอร์ปอเรชั่น จำกัด ประเทศไทย ถุงอลูมิเนียมฟอยล์ลามิเนต (AL; BOPP+Aluminum+LLDPE) ขนาด 7 x 8 นิ้ว^2 หนา 100 ไมครอน

2. การศึกษาการทดแทนเจลาตินด้วยคาราจีแนนและเพกทินต่อสมบัติทางกายภาพและเคมี และการยอมรับทางประสาทสัมผัสของเยลลี่ลูกหยีฮาลาล

2.1 การผลิตเยลลี่ลูกหยีฮาลาล

ทำการทดแทนเจลาตินด้วยคาราจีแนนและเพกทิน ที่ระดับ ร้อยละ 0, 50 และ 100 5 ชุดการทดลอง ดังนี้ 1) ชุดควบคุม 2) การทดแทนเจลาตินด้วยคาราจีแนน ร้อยละ 50 3) การทดแทนเจลาตินด้วยคาราจีแนน ร้อยละ 100, 4) การทดแทนเจลาตินด้วยเพกทิน ร้อยละ 50 และ 5) การทดแทนเจลาตินด้วย เพกทิน ร้อยละ 100 ทำการผลิตเยลลี่ลูกหยี โดยนำเนื้อลูกหยีผสมกับน้ำสะอาดในอัตราส่วน 1:3 ปั่นด้วยเครื่องปั่นผสม 3 นาที ทำการกรองน้ำลูกหยีด้วยผ้าขาวบาง 2 ชั้น นำน้ำลูกหยี 300 กรัม (ร้อยละ 44.78) และน้ำตาล 300 กรัม (ร้อยละ 44.78) ผสมเจลาตินจากปลา 20 กรัม (ร้อยละ 2.99) น้ำอุ่น 18 กรัม (ร้อยละ 2.69) กลูโคสไซรับ 31.5 กรัม (ร้อยละ 4.70) และเกลือ 0.5 กรัม (ร้อยละ 0.07) นำส่วนผสมทั้งหมดใส่ลงในกระทะและให้ความร้อนที่ไฟระดับอ่อน กวนผสมให้เข้ากัน โดยควบคุมอุณหภูมิไม่เกิน 100 องศาเซลเซียส ด้วยเครื่องวัดอุณหภูมิอาหาร รุ่น TMO-10 ประเทศจีน นานประมาณ 5 นาที นำส่วนผสมเทลงในแม่พิมพ์ซิลิโคนรูปดอกไม้ ซึ่งขนาดของหลุม ความลึก 1 เซนติเมตร เส้นผ่าศูนย์กลาง 1.5 เซนติเมตร ตั้งให้เย็น แล้วนำไปแช่ในตู้เย็นที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส เวลา 3 ชั่วโมง

2.2 การวิเคราะห์

นำตัวอย่างเยลลี่ลูกหยีมาทำการวิเคราะห์สมบัติทางกายภาพและเคมี ได้แก่ ค่าสีด้วยเครื่องวัดค่าสี (color flex) รุ่น Hunter lab CX 1471 ประเทศญี่ปุ่น, วิเคราะห์ความชื้นด้วยเครื่องอบตู้อบลมร้อน (Hot air oven) รุ่น UF260 ยี่ห้อ Memmert ประเทศเยอรมันนี, วัดค่า a_w ด้วยเครื่องวัดค่า a_w ตรา Aqualab รุ่น S36090 ประเทศสหรัฐอเมริกา, วิเคราะห์เยื่อใยด้วยเครื่องวิเคราะห์เยื่อใยอาหาร ตรา VELP SCIEHTFICA รุ่น FIWE สหรัฐอเมริกา, วิเคราะห์เถ้าด้วยเตาเผาไฟฟ้า ตรา Carbolite รุ่น S302RR, ประเทศสหรัฐอเมริกา, คาร์โบไฮเดรต (จากการคำนวณ) และวัดค่าพีเอช ด้วยเครื่องวัดพีเอช ตรา Schott รุ่น G 0840 ประเทศสวิตเซอร์แลนด์ [7] และนำผลิตภัณฑ์เยลลี่วิเคราะห์เนื้อสัมผัส ได้แก่ ความแข็ง (hardness) แรงยึดเหนี่ยว (cohesiveness) ความเหนียว (gumminess) ความยืดหยุ่น (springiness) และความทนต่อการเคี้ยว (chewiness) ด้วยเครื่องวิเคราะห์เนื้อสัมผัส (texture analyzer) รุ่น (TA-XT2i) ประเทศอังกฤษ ตั้งเครื่องโดยมีค่า pre-test speed 1 มิลลิเมตรต่อวินาที, test speed 5 มิลลิเมตรต่อวินาที และหัวกด probe P/50 ทำการทดสอบ 5 ซ้ำ และทดสอบทางประสาทสัมผัสต่อการยอมรับทางประสาทสัมผัส จากนักศึกษาที่ไม่ได้ผ่านการฝึกฝน (untrained panel) มหาวิทยาลัยราชภัฏยะลา จำนวน 50 คน โดยวิธี 9-point hedonic scale [8] โดยทดสอบทางประสาทสัมผัส ได้แก่ สี กลิ่น รสชาติ ความยืดหยุ่น ความยากง่ายในการเคี้ยว เนื้อสัมผัส ความหวาน ความเค็ม ความเปรี้ยว และความชอบโดยรวม

2.3 การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

นำข้อมูลวิเคราะห์ทางสถิติสำหรับการวิเคราะห์คุณภาพทางกายภาพและเคมี โดยวางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (completely randomized design: CRD) และการวางแผนการการทดลองแบบสุ่มในบล็อกสมบูรณ์ (randomized complete block design: RCBD) ในการทดสอบทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์ วิเคราะห์ความแปรปรวน (analysis of variance: ANOVA) และทดสอบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยโดยใช้ Duncan’s new multiple range test (DMRT) ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

3. การศึกษาความคงตัวของเยลลี่ลูกหยีฮาลาลต่อสมบัติทางกายภาพและเคมี และการยอมรับทางประสาทสัมผัสระหว่างการเก็บรักษาแบบแช่เย็น

3.1 การเก็บรักษาและการวิเคราะห์

ทำการผลิตเยลลี่ลูกหยีฮาลาลตามชุดการทดลองที่ได้รับคัดเลือกจากข้อ 2 และทำการบรรจุในถุงอลูมิเนียมฟอยล์ (AL; BOPP+Aluminum+LLDPE) ขนาด 7x8 นิ้ว^2 เยลลี่ลูกหยี 15 ชิ้น (ขนาด 1.5x1.0 เซนติเมตร น้ำหนักชิ้นละ 4.53 กรัม) และนำไปเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส ทำการเก็บตัวอย่าง 0, 2, 4, 6 และ 8 สัปดาห์ เพื่อนำมาวิเคราะห์ปริมาณความชื้น วัดค่าพีเอช วิเคราะห์ปริมาณของเชื้อจุลินทรีย์ทั้งหมด และวิเคราะห์เชื้อยีสต์และรา [9] จากนั้นนำมาทดสอบทางประสาทสัมผัส จากนักศึกษาที่ไม่ผ่านการฝึกฝน (untrained panel) มหาวิทยาลัย ราชภัฏยะลา จำนวน 50 คน โดยใช้วิธี 9 - point hedonic scale [10] ได้แก่ สี กลิ่น รสชาติ ความยืดหยุ่น ความยากง่ายในการเคี้ยว เนื้อสัมผัส ความหวาน ความเค็ม ความเปรี้ยว และความชอบโดยรวม

3.2 การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

นำข้อมูลจากการวิเคราะห์ทางสถิติสำหรับการวิเคราะห์คุณภาพทางเคมี โดยวางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์และวางแผนการทดลองแบบสุ่มในบล็อกสมบูรณ์ ในการทดสอบทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์เยลลี่ลูกหยี วิเคราะห์ความแปรปรวน และทดสอบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยโดยใช้ Duncan's new multiple range test ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

ผลการวิจัยและอภิปรายผล

1. ผลของการทดแทนเจลาตินด้วยคาราจีแนนและเพกทินต่อสมบัติทางกายภาพและเคมี และการยอมรับทางประสาทสัมผัสของเยลลี่ลูกหยี

1.1 ค่าสี

ค่าสีของเยลลี่ลูกหยีฮาลาลที่มีการทดแทนด้วยคาราจีแนนและเพกทินมีความแตกต่างกัน ($p \leq 0.05$) (ตารางที่ 1) เมื่อทำการทดแทนด้วยคาราจีแนนทั้ง 2 ระดับ และเพกทินที่ระดับร้อยละ 50 มีผลทำให้เยลลี่มีค่า L* สูงกว่าชุดควบคุม ($p \leq 0.05$) ส่วนการทดแทนด้วยเพกทินร้อยละ 100 มีผลทำให้ค่า L* ลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) โดยทั่วไปค่า L* บ่งบอกถึงความสว่างของสีผลิตภัณฑ์ เมื่อพิจารณาค่า a* และ b* พบว่า เยลลี่ลูกหยีฮาลาลที่มีการทดแทนเจลาตินด้วยคาราจีแนนร้อยละ 100 และเพกทินร้อยละ 50 และร้อยละ 100 มีค่า a* และ b* สูงกว่าชุดควบคุม ($p \leq 0.05$) ส่วนตัวอย่างเยลลี่ที่มีการทดแทนเจลาตินด้วยคาราจีแนนร้อยละ 50 มีค่า a* และ b* ต่ำสุด เมื่อเปรียบเทียบกับทุกชุดการทดลอง ($p \leq 0.05$) ค่า a* และค่า b* บ่งบอกถึง ความเป็นสีแดง/สีเขียว และความเป็นสีเหลือง/สีน้ำเงินตามลำดับ จากผลการทดลอง เมื่อทำการทดแทนเจลาตินด้วยคาราจีแนนเพียงร้อยละ 50 มีผลทำให้เยลลี่มีความสว่างเพิ่มขึ้น และมีความเป็นสีแดงและความเป็นสีเหลืองลดลง ทำให้เยลลี่มีลักษณะสีอ่อนกว่าทุกชุดการทดลอง ทั้งนี้อาจเป็นผลมาจากการเติมคาราจีแนนร้อยละ 50 มีผลทำให้ลดปริมาณเจลาตินซึ่งเป็นโปรตีน มีผลทำให้โอกาสในการเกิดลดปฏิกิริยาเมลลาร์ดระหว่างกรดอะมิโนและน้ำตาลรีดิวซ์ระหว่างการให้ความร้อน [11,12] อย่างไรก็ตามเยลลี่ที่ได้จากชุดการทดลองอื่นนั้นมีสีเข้มกว่าชุดควบคุม อาจเป็นผลมาจากองค์ประกอบทางเคมีของคาราจีแนนและเพกทิน ซึ่งเป็นกลุ่มพอลิแซคคาไรด์เชิงซ้อน ที่มีคุณสมบัติในการดูดซับน้ำ การอุ้มน้ำ และการจัดเรียงตัวระหว่างการเกิดเจลแตกต่างกัน คาราจีแนนจัดเป็นพอลิแซคคาไรด์ที่มีสมบัติในการทำให้เกิดสีเข้มขึ้น รวมทั้งการผลิตผลิตภัณฑ์เยลลี่ลูกหยีมีองค์ประกอบด้วยน้ำตาลเมื่อได้รับความร้อนทำให้ปฏิกิริยาคาราเมไลเซชั่น โดยสารสีในอาหารมีการเปลี่ยนเป็นสารสีเหลืองจนถึงน้ำตาลและน้ำตาลแดง [13, 14, 15]

ตารางที่ 1 ค่าสีของเยลลี่ลูกหยีฮาลาลที่ทดแทนเจลาตินด้วยคาราจีแนนและเพกทินที่ระดับแตกต่างกัน

ค่าสี	ชุดควบคุม	คาราจีแนน (ร้อยละ)		เพกทิน (ร้อยละ)	
		50	100	50	100
L^*	26.06±0.01^{d}	29.62±0.02^{b}	28.80±0.01^{c}	29.93±0.01^{a}	23.18±0.01^{e}
a^*	3.94±0.01^{d}	2.90±0.01^{e}	5.62±0.01^{c}	5.65±0.01^{b}	7.53±0.01^{a}
b^*	8.01±0.01^{d}	7.86±0.01^{e}	9.93±0.01^{a}	9.19±0.01^{b}	9.03±0.01^{c}

หมายเหตุ : ตัวอักษรที่แตกต่างกันในแนวนอนมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$)

50 และ 100 คือ ร้อยละการทดแทนเจลาตินด้วยคาราจีแนนและเพกทิน

1.2 เนื้อสัมผัสของเยลลี่

การวิเคราะห์เนื้อสัมผัสในผลิตภัณฑ์เยลลี่ที่ใช้คาราจีแนนและเพกทินทดแทนเจลาติน ร้อยละ 0, 50 และ 100 พบว่า ชนิดและปริมาณของการทดแทนเจลาตินมีผลต่อเนื้อสัมผัส ด้านความแข็ง (hardness), แรงยึดเหนียว (cohesiveness), ความเหนียว (gumminess), ความยืดหยุ่น (springiness) และ การทนต่อการเคี้ยว (chewiness) แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) โดยที่ปริมาณคาราจีแนนทดแทนเจลาตินเพิ่มขึ้น ส่งผลต่อค่าความแข็ง, แรงยึดเหนี่ยว, ความเหนียว และการทนต่อการเคี้ยวลดลง เนื่องจากคาราจีแจน มีความคงตัวที่ความกรด-ด่างเป็นกลาง เมื่อเยลลี่เป็นกรดพีเอชช่วง 3.0-3.8 จะเกิดการไฮโดรไลซีส (hydrolysis) และ พันธะไกลโคไซด์ (glycosidic linkage) มีผลทำให้สูญเสียความหนืดและการเกิดเจลของผลิตภัณฑ์ ส่งผลต่อค่าความแข็ง, แรงยึดเหนียว, ความเหนียว, การทนต่อการเคี้ยวลดลง [16] การใช้เพกทินที่ร้อยละ 50 ทำให้มีค่า TPA ถึงสูงที่สุด เนื่องจากมีการจับเครือข่ายกับเจลาตินและเพกทินอย่างเหมาะสม ส่งผลต่อโครงสร้างร่างแห ไฮโดรคอลลอยด์จากโปรตีนและคาร์โบไฮเดรต มีความยืดหยุ่นและแข็งแรง ส่งผลต่อค่าความแข็ง ความเหนียว และความทนต่อการเคี้ยวสูงที่สุดในการศึกษานี้ ขณะที่การทดแทนด้วยเพกทินร้อยละ 100 ส่งผลต่อการยึดเกาะของเจลลดลง และเนื้อสัมผัสนิ่มไม่ ซึ่งเนื้อสัมผัสของเยลลี่จากการก่อตัวเกิดเจลของโปรตีนจากเจลาตินทำให้เนื้อสัมผัสคล้ายกับแยม สามารถวิเคราะห์ผลิตภัณฑ์ได้ ส่วนค่าแรงยึดเหนียวลดลงตามปริมาณของคาราจีเนนเพิ่มขึ้น (ตารางที่ 3) เนื้อสัมผัสของผลิตภัณฑ์เยลลี่มีความสัมพันธ์กับค่าพีเอชมีผลเนื่องจากความแข็งแรงของเจลลดลงตามความเป็นกรดของอาหารที่เพิ่มขึ้น [17]

ตารางที่ 3 การวิเคราะห์เนื้อสัมผัสของผลิตภัณฑ์เยลลี่ลูกหยีที่ทดแทนเจลาตินด้วยคาราจีแนนและเพกทิน

วิเคราะห์	ชุดควบคุม	คาราจีแนน (ร้อยละ)		เพกทิน (ร้อยละ)	
		50	100	50	100
ความแข็ง (N)	40.14±2.44^{b}	18.62±0.67^{c}	11.33±0.43^{d}	157.80±2.74^{a}	เนื้อนิ่มเละ
แรงยึดเหนี่ยว *	0.90±0.01^{a}	0.62±0.01^{c}	0.51±0.01^{d}	0.68±0.01^{b}	และเจลไม่
ความเหนียว (N)	36.13±1.16^{b}	11.65±0.28^{d}	5.82±0.21^{e}	107.17±2.54^{a}	ยึดเกาะ**
ความยืดหยุ่น *	0.96±0.01^{ab}	0.91±0.02^{c}	0.94±0.01^{b}	0.95±0.01^{a}	
ความทนต่อการเคี้ยว (N)	34.81±1.25^{b}	10.68±0.13^{d}	5.50±0.15^{e}	101.96±1.80^{a}	

หมายเหตุ : *ไม่มีหน่วย

**ไม่สามารถวิเคราะห์เนื้อสัมผัสด้วย TPA เนื่องจากตัวอย่างผลิตภัณฑ์นิ่มและไม่เกาะตัว

1.3 ความชื้น และค่า a_w

การวิเคราะห์ปริมาณความชื้นและ ค่า a_w ในผลิตภัณฑ์เยลลี่ที่ใช้คาราจีแนน และเพกทิน พบว่า ชนิดและปริมาณการทดแทนเจลาตินจากคาราจีแนนและเพกทินมีผลต่อความชื้น และค่า a_w แตกต่างกัน ($p \leq 0.05$) การทดแทนเจลาตินร้อยละ 0, 50 และ 100 พบว่าผลิตภัณฑ์เยลลี่มีปริมาณความชื้นร้อยละ 34.71±0.48, 29.53±0.59 และ 30.37±1.25 ตามลำดับ การทดแทนในสัดส่วนร้อยละ 50 มีส่วนช่วยในการลดปริมาณความชื้น แต่การทดแทนด้วยคาราจีแนน ร้อยละ 100 ลดปริมาณความชื้นได้น้อยกว่าชุดการทดลองที่ไม่ได้ทดแทนเจลาติน เช่นเดียวกันกับการทดแทนเจลาตินด้วยเพกทินมี เท่ากับ 34.71±0.48, 28.99±0.10 และ 30.10±2.03 ตามลำดับ ส่วนค่า a_w ในตัวอย่างเยลลี่ลูกหยี มีค่า a_w อยู่ในช่วง 0.84-0.89 (ตารางที่ 2) ซึ่งโดยทั่วไปแล้วผลิตภัณฑ์กัมมี่เยลลี่จัดเป็นอาหารกึ่งแห้ง ซึ่งมี a_w ระหว่าง 0.60-0.85 ซึ่งถ้าค่า a_w ที่มีค่าต่ำกว่า 0.85 สามารถป้องกันการเสื่อมเสียและการเจริญจากเชื้อจุลินทรีย์ได้ แต่เนื่องจากผลิตภัณฑ์เยลลี่ลูกหยีมีค่าพีเอชเท่ากับ 2.81-4.37 จัดอยู่ในอาหารประเภทกรดสูง [18] การที่ปริมาณความชื้นแตกต่างกันเกิดจากผลของความสามารถในการอุ้มน้ำและความสามารถในการจับกับน้ำแตกต่างกันของสารที่ทดแทนเจลาตินด้วยคาราจีแนนและเพกทินในขั้นตอนการละลายส่วนผสมก่อให้เกิดการระเหยน้ำออกในการผลิตเยลลี่ ขณะที่ค่า a_w การทดแทนเจลาตินด้วยคาราจีแนนซึ่งจัดเป็นคาร์โบไฮเดรตมีสมบัติเป็นไฮโดรคอลลอยด์คือดูดน้ำจากการที่คาราจีแนน มีโมเลกุลของน้ำตาลกาแล็กโทส (galactose) เชื่อมต่อกันด้วยพันธะไกลโคไซด์ ให้มีคุณสมบัติของละลายได้ดีในน้ำร้อน เมื่อเย็นตัวลงจะเกิดเจล (gel) ประเภท thermoreversible gel มีลักษณะใส เนื้อสัมผัส แข็ง แน่น แต่เปราะ ซึ่งเกิดเจลได้ทั้งกับน้ำ น้ำผลไม้และน้ำนม เมื่อเย็นตัวลงจะเกิดการสร้าง polymer net work 3 มิติ แต่ละสายของโพลิเมอร์จะรวมตัวกันเข้าเกิด junction point (gel I) และเมื่อปล่อยให้เย็นลงอีกจะเกิดการเกาะกันของ junction point มากขึ้น [19,20] เช่นเดียวกันกับเพกทินจัดเป็นสารพอลิแซกคาไรด์ประเภท heteropolysaccharide [21] ทำให้มีค่า a_w เพิ่มตามปริมาณการทดแทนคาราจีแนนและเพกทิน ดังนั้นปริมาณน้ำอิสระลดลง โดยเฉพาะร้อยละ 50 ของการทดแทน เกิดจากน้ำยึดเหนี่ยวเพิ่มขึ้น แต่ที่ปริมาณการทดแทนด้วยคาราจีแนนร้อยละ 100 มีค่า a_w ไม่แตกต่างจากการเติมเจลาติน ซึ่งการเชื่อมประสานของโครงสร้างเป็นร่างแหของเยลลี่ ซึ่งเจลาตินแตกต่างกับคาร์โบไฮเดรตเชิงซ้อน และโครงสร้างของคาร์โบไฮเดรตเชิงซ้อนยังมีความแตกต่างกันอีกด้วย [22]

1.4 องค์ประกอบทางเคมี

การศึกษาการทดแทนเจลาตินด้วยคาราจีแนนและเพกทินต่อปริมาณเยื่อใย พบว่า การเพิ่มปริมาณของคาราจีแนนและเพกทินส่งผลต่อปริมาณเยื่อใยแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) การเพิ่มเพกทินส่งผลต่อปริมาณเยื่อใยเพิ่มขึ้นการเพิ่มปริมาณคาราจีแนน โดยการทดแทนเจลาตินที่ร้อยละ 0, 50 และ 100 พบว่า มีปริมาณเยื่อใยร้อยละ 1.81±0.05, 2.59±0.04 และ 3.55±0.11 ตามลำดับ ส่วนการเพิ่มเพกทินที่ระดับการทดแทนเดียวกันมีปริมาณเยื่อใยร้อยละ 1.81±0.05, 2.72±0.05 และ 3.87±0.01 ตามลำดับ ซึ่งการทดแทนเจลาตินด้วยคาราจีแนนและเพกทินมีส่วนช่วยในการเพิ่มปริมาณของเยื่อใยเพิ่มขึ้น ง่ายต่อการขับถ่ายและมีการเพิ่มการเจริญเติบโตของโปรไบโอติก (probiotic) ในการหมักในลำไส้ใหญ่ของมนุษย์ สร้างภูมิคุ้มกันของร่างกายและความผิดปกติของระบบทางเดินอาหาร [14] ส่วนปริมาณเถ้าในผลิตภัณฑ์เยลลี่ลูกหยี พบว่า การทดแทนคาราจีแนนและเพกทินมีผลต่อปริมาณเถ้าเพิ่มขึ้น ($p \leq 0.05$) โดยการทดแทนเจลาตินด้วยคาราจีแนน ที่ร้อยละ 0, 50 และ 100 พบว่า มีปริมาณเถ้า ร้อยละ 0.32±0.04, 2.77±0.34 และ 3.31±0.92 ตามลำดับ ขณะที่การทดแทนเจลาตินด้วยเพกทินที่ระดับร้อยละเดียวกันมีผลต่อปริมาณเถ้า ร้อยละ 0.32±0.04, 1.80±0.03 และ 2.72±0.76 ตามลำดับ ส่วนการวิเคราะห์ปริมาณคาร์โบไฮเดรตด้วยการคำนวณในผลิตภัณฑ์เยลลี่ลูกหยีที่ใช้ คาราจีแนนและเพกทินทดแทนเจลาตินร้อยละ 0, 50 และ 100 พบว่า การเพิ่มปริมาณของคาราจีแนนและเพกทินส่งผลต่อปริมาณของคาร์โบไฮเดรตแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) การทดแทนเจลาติน

ด้วยคาราจีแนนและเพกทิน โดยมีปริมาณของคาร์โบไฮเดรตร้อยละ 61.18-63.31 และ 61.18-64.64 ตามลำดับ ซึ่งจะมีค่าที่เพิ่มตามปริมาณของการเพิ่มคาราจีแนนและเพกทิน ที่ระดับการทดแทนเจลาตินร้อยละ 50 แต่จะลดลงเมื่อใช้คาราจีแนนและเพกทินร้อยละ 100 เนื่องจากมีการอุ้มน้ำทำให้ปริมาณความชื้นเพิ่ม แล้วทำให้ปริมาณของคาร์โบไฮเดรตลดลงขณะที่ปริมาณโปรตีนและไขมัน พบว่าปริมาณของโปรตีนและไขมันมีปริมาณน้อย คือ ร้อยละ 0.81-1.25 และ 0.65-0.67 ตามลำดับ (ตารางที่ 2) โดยทั่วไปโปรตีนและไขมันในตัวอย่างผักและผลไม้มีปริมาณน้อยในช่วงร้อยละ 0.10-1.5 [23] ปกติเจลาตินจากปลามีโปรตีน ร้อยละ 88 ไขมัน ร้อยละ 0.6-1.6 เถ้า ร้อยละ 0.9 และความชื้นร้อยละ 9.4-10.2 [24] ส่วนคาราจีแนนประกอบด้วยใยอาหารชนิดหนึ่ง ซึ่งประกอบด้วย Total carbohydrates ร้อยละ 56.44-64.82 โปรตีนร้อยละ 1.35-6.12 [25] ขณะที่เพกทินมีปริมาณโปรตีน ร้อยละ 3.08 เถ้า ร้อยละ2.03 Total dietary fibers ร้อยละ 30.34 Soluble fibers ร้อยละ 15.04 และ Insoluble fibers ร้อยละ 28.67 [26]) ซึ่งการเติมสารที่ทดแทนเจลาตินด้วยคาราจีแนนเสริมคุณค่าทางโภชนาการด้านของใยอาหาร ขณะที่ลดปริมาณโปรตีน

1.5 ค่าพีเอช

การวัดค่าพีเอชในผลิตภัณฑ์เยลลี่ลูกหยีที่ใช้คาราจีแนนและเพกทินทดแทนเจลาตินร้อยละ 0, 50 และ 100 พบว่าการเพิ่มปริมาณของคาราจีแนนและเพกทิน ส่งผลต่อค่าพีเอชแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) โดยการเพิ่มคาราจีแนนที่ระดับ ร้อยละ 0, 50 และ 100 ทำให้ค่าพีเอชมีความเป็นกรดน้อยลง ซึ่งมีค่าพีเอชเท่ากับ 3.28±0.01, 4.05±0.01 และ 4.37±0.01 ตามลำดับ ซึ่งใกล้เคียงกับการศึกษาของ Sirisee U. [27] การศึกษาการใช้คาราจีแนนทดแทนเจลาตินในการทำเยลลี่ผลหม่อนมีค่าพีเอชเท่ากับ 2.72-2.74 ซึ่งความแตกต่างของค่าพีเอชขึ้นอยู่กับการเติมปริมาณกรดในผลิตภัณฑ์ เช่น กรดซิตริก กรดมาร์ลิก และกรดทาร์ทาริก เป็นต้น (ในการทดลองนี้ ไม่มีการเติมกรด) การเติมกรดควรคำนึงถึงคุณลักษณะของการเกิดเจลภายในผลิตภัณฑ์ เนื่องจากกรดมีผลต่อเนื้อสัมผัส การเกิดตาข่ายระหว่าง สารก่อเจลและความแข็งแรงของเจล ขณะที่การเพิ่มปริมาณเพกทินในผลิตภัณฑ์ส่งผลให้ค่าพีเอชลดลง ซึ่งมีค่าเท่ากับ 3.28±0.01, 2.91±0.01 และ 2.81±0.01 ตามลำดับ (ตารางที่ 2) ค่าที่วัดได้อยู่ในสภาวะเป็นกรด ส่งผลต่อความคงตัวของเจลาติน คาราจีแนน และเพกทินที่เติมเป็นส่วนผสมมีการจัดเรียงตัวเป็นตาข่ายที่แตกต่างกัน ซึ่งใกล้เคียงกับการศึกษาของ Sirisee U. [28] ศึกษาการใช้กัมประเภทเพกทินใน เยลลี่ผลหม่อน ซึ่งมีค่าพีเอช 3.07-3.17 โดยปกติค่าพีเอชมาตรฐานของผลิตภัณฑ์เยลลี่อยู่ระหว่าง 2.8-3.5 ส่วนค่าพีเอชที่เหมาะสมอยู่ที่ 3.2 ตามมอก. 263-2521 [18] โดยปกติเนื้อลูกหยีมีค่าพีเอช อยู่ในช่วง 2.83-2.98 [29] เมื่อมีการเติมสารคาราจีแนน และเพกทิน ส่งผลต่อค่าพีเอชของผลิตภัณฑ์ลดลงจากการเจือจางด้วยส่วนผสมอื่น ๆ เมื่อมีการค่า pH ที่เกินกว่ามาตรฐานกำหนดให้ผลิตภัณฑ์มีอายุการเก็บรักษาที่สั้น หากเก็บรักษาทำให้เชื้อเจริญเติบโตโดยเฉพาะเชื้อรา อาจจะไม่มีความปลอดภัยต่อผู้บริโภค [30, 31]

ตารางที่ 2 การวิเคราะห์สมบัติทางเคมีของผลิตภัณฑ์เยลลี่ที่ทดแทนด้วยคาราจีแนนและเพกทิน

การวิเคราะห์	ชุดควบคุม	คาราจีแนน (ร้อยละ)		เพกทิน (ร้อยละ)	
		50	100	50	100
ความชื้น (g/100g)*	34.71±0.48^{a}	29.53±0.59^{b}	30.37±1.25^{b}	28.99±0.10^{b}	29.250±0.56^{b}
เยื่อใย (g/100g)*	1.81±0.05^{e}	2.59±0.04^{d}	3.55±0.11^{b}	2.72±0.05^{c}	3.87±0.01^{a}
เถ้า (g/100g)*	0.32±0.04^{c}	2.77±0.34^{ab}	3.31±0.92^{a}	1.80±1.31^{b}	2.72±0.76^{ab}
โปรตีน (g/100g)*	1.25±0.05^{a}	1.13±0.03^{c}	0.90±0.02^{c}	1.17±0.04^{bc}	0.81±0.03^{e}
ไขมัน (g/100g)*	0.67±0.01^{a}	0.66±0.02^{a}	0.67±0.01^{a}	0.66±0.02^{a}	0.65±0.02^{a}
คาร์โบไฮเดรต(g/100g)*	61.20±0.38^{c}	63.31±0.24^{ab}	61.18±1.42^{c}	64.64±1.34^{a}	61.83±1.31^{bc}
a_w	0.89±0.01^{a}	0.84±0.02^{b}	0.88±0.01^{a}	0.85±0.01^{b}	0.86±0.01^{b}
ค่าพีเอช	3.28±0.01^{c}	4.05±0.01^{b}	4.37±0.01^{a}	2.91±0.01^{d}	2.81±0.01^{e}

หมายเหตุ : ตัวอักษรที่แตกต่างกันในแนวนอนมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$)

* ร้อยละ โดยน้ำหนักเปียก (wet basis)

1.6 การทดสอบทางประสาทสัมผัส

การทดสอบทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์เยลลี่ลูกหยีที่ทดแทนเจลาตินด้วยคาราจีแนนและเพกทิน พบว่า คะแนนการทดสอบทางประสาทสัมผัส ด้าน สี กลิ่น รสชาติ ความยืดหยุ่น ความยากง่ายในการเคี้ยว เนื้อสัมผัส รสหวาน รสเค็ม รสเปรี้ยว และความชอบโดยรวม แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) ซึ่งมีความสัมพันธ์กับการวิเคราะห์เนื้อสัมผัส และสมบัติทางเคมี โดยเฉพาะความเป็นกรดของเยลลี่ลูกหยี โดยปริมาณของคาราจีแนนเพิ่มขึ้นที่ระดับร้อยละ 50 ส่งผลต่อการให้ผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสดีกว่าการใช้เพกทินที่ระดับเดียวกัน โดยที่เลือกการทดแทนเจลาตินด้วยคาราจีแนนที่ร้อยละ 50 ซึ่งให้ผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสด้านความชอบโดยรวมที่ระดับคะแนน 7.70±0.65 (ความชอบระดับปานกลาง) (ตารางที่ 4) การเติมเพกทิน ร้อยละ 100 การทดสอบทางประสาทสัมผัสมีคะแนนความชอบ สี กลิ่น รสชาติ แต่เนื้อโครงสร้างของเยลลี่ใช้เพกทินไม่ก่อให้เกิดเจลไม่สามารถสร้างเครือข่าย ซึ่งสามารถวัดจากความยากง่ายในการเคี้ยว โดยมีลักษณะลักษณะเหนียวปานกลาง ไม่เละเกินไปหรือเหนียวเกินไป เมื่อมีการกัดผลิตภัณฑ์เยลลี่ลูกหยี ซึ่งมีคะแนน 7.20±0.55 (ความชอบระดับปานกลาง) แต่ผู้ทดสอบพิจารณาของลักษณะปรากกฏมากกว่าเนื้อสัมผัสของเยลลี่ จึงทำให้คะแนนการทดสอบอยู่ในระดับดี ส่วนรสชาติมีการทดสอบภาพรวมของผลิตภัณฑ์ของความเปรี้ยวของลูกหยีและคุณสมบัติเฉพาะของไฮโดรคอลลอยด์

ตารางที่ 4 คะแนนการทดสอบทางประสาทสัมผัสของเยลลี่ลูกหยีที่ฮาลาลทดแทนเจลาตินด้วยคาราจีแนนและเพกทิน

คุณลักษณะ	ชุดควบคุม	คาราจีแนน (ร้อยละ)		เพกทิน (ร้อยละ)	
		50	100	50	100
สี	7.72±0.61^{a}	7.43±0.89^{ab}	7.10±0.71^{b}	7.10±0.88^{b}	7.16±1.17^{b}
กลิ่น	7.56±0.85^{a}	7.10±0.99^{ab}	7.00±0.78^{abc}	6.43±1.65^{c}	6.80±1.39^{bc}
รสชาติ	7.62±0.69^{a}	7.23±1.33^{ab}	6.66±0.95^{bc}	6.16±2.06^{c}	6.66±1.64^{bc}
ความยืดหยุ่น	7.27±1.41^{a}	6.86±0.97^{a}	5.86±1.22^{b}	5.60±2.15^{bc}	4.86±2.20^{c}
ความยากง่ายในการเคี้ยว	7.26±1.36^{a}	7.20±0.55^{a}	5.83±1.74^{c}	5.83±1.31^{c}	5.43±1.86^{c}
เนื้อสัมผัส	7.20±0.96^{a}	7.33±0.71^{a}	6.13±1.59^{b}	6.46±0.86^{b}	5.16±1.87^{c}
รสหวาน	7.67±0.97^{a}	7.56±0.81^{a}	7.00±0.98^{c}	6.26±1.31^{c}	6.46±1.38^{bc}
รสเค็ม	7.43±1.35^{a}	7.23±1.22^{ab}	6.76±1.19^{abc}	6.53±1.56^{bc}	6.13±1.67^{c}
รสเปรี้ยว	7.50±1.10^{a}	7.20±1.37^{ab}	6.56±1.07^{bc}	6.13±1.85^{c}	6.73±1.70^{abc}
ความชอบโดยรวม	7.60±0.74^{a}	7.70±0.65^{a}	6.76±1.43^{b}	6.86±0.77^{b}	6.36±1.16^{b}

หมายเหตุ : ตัวอักษรที่แตกต่างกันในแนวนอนมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$)

2. ความคงตัวสมบัติทางกายภาพและเคมี และการยอมรับทางประสาทสัมผัสของเยลลี่ลูกหยีฮาลาลระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิแช่เย็น

การศึกษาความคงตัวของเยลลี่ลูกหยีที่มีการเติมเจลาติน (ร้อยละ 50) และคาราจีแนน (ร้อยละ 50) ในถุงอลูมิเนียมฟอยล์ลามิเนตเก็บรักษาที่ระยะเวลา 0, 2, 4, 6 และ 8 สัปดาห์ ที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส พบว่า ระยะเวลาการเก็บรักษามีผลต่อการเพิ่มขึ้นของค่าความชื้น ค่า a_w และค่าพีเอช แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) โดยค่าความชื้นและค่า a_w มีความสำคัญต่อการเจริญเติบโตของเชื้อจุลินทรีย์ ค่า a_w ตลอดระยะเวลาการเก็บรักษาเพิ่มขึ้นเล็กน้อย จากระยะเวลา 0 สัปดาห์ มีค่า 0.85±0.01 เพิ่มขึ้น 0.87±0.01 ที่ระยะเวลา 8 สัปดาห์ (ตารางที่ 5) เนื่องจากไอน้ำและความชื้นภายในบรรจุภัณฑ์แทรกเข้าสู่เนื้อเยลลี่ ส่วนปริมาณความชื้นมีปริมาณที่เพิ่มตามระยะเวลาที่เก็บรักษา จากปริมาณความชื้น ร้อยละ 26.12±1.76 (0 สัปดาห์) และ 31.07±0.53 (8 สัปดาห์) ซึ่งค่า a_wสอดคล้องกับปริมาณคุณภาพของเชื้อจุลินทรีย์ทั้งหมดและเชื้อยีสต์และรา จากการศึกษา พบว่า ระยะเวลาการเก็บรักษา 0-8 สัปดาห์ มีปริมาณเชื้อจุลินทรีย์ทั้งหมดน้อยกว่า 25 โคโลนีต่อกรัม ขณะที่ปริมาณเชื้อยีสต์และรา ไม่พบเชื้อจุลินทรีย์ (ตารางที่ 6) ซึ่งไม่เกินกว่าที่มาตรฐานกำหนด $1x10^4$ โคลโลนีต่อกรัม และ 100 โคโลนีต่อกรัม [32, 33]

ตารางที่ 5 ผลการวิเคราะห์ปริมาณความชื้น ค่าพีเอช และ ค่า a_wของผลิตภัณฑ์เยลลี่ลูกหยีที่เก็บรักษา 0-8 สัปดาห์

การวิเคราะห์	0 สัปดาห์	2 สัปดาห์	4 สัปดาห์	6 สัปดาห์	8 สัปดาห์
ความชื้น (g/100g)	26.12±1.76^{c}	27.12±2.08^{bc}	29.21±0.34^{ab}	29.53±0.59^{ab}	31.07±0.53^{a}
a_w	0.85±0.01^{b}	0.85±0.01^{b}	0.87±0.01^{a}	0.87±0.01^{a}	0.87±0.01^{a}
ค่าพีเอช	4.05±0.01^{d}	4.11±0.02^{c}	4.18±0.03^{b}	4.34±0.01^{a}	4.33±0.01^{a}

หมายเหตุ : ตัวอักษรที่แตกต่างกันในแนวนอนมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$)

ตารางที่ 6 ผลของระยะเวลาการเก็บรักษาต่อปริมาณเชื้อจุลินทรีย์ของผลิตภัณฑ์เยลลี่ลูกหยี

การวิเคราะห์	0 สัปดาห์	2 สัปดาห์	4 สัปดาห์	6 สัปดาห์	8 สัปดาห์
เชื้อจุลินทรีย์ทั้งหมด	<25	<25	<25	<25	<25
เชื้อยีสต์และรา	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ

การทดสอบทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์เยลลี่ลูกหยี ที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส ระยะเวลา 0-8 สัปดาห์ พบว่า ระดับคะแนนความชอบเฉลี่ยของผู้ทดสอบด้าน สี กลิ่น รสชาติ ความยืดหยุ่น ความยากง่ายในการเคี้ยว เนื้อสัมผัส รสหวาน รสเค็ม รสเปรี้ยว และความชอบโดยรวมลดลง แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) เนื่องจากระหว่างการเก็บรักษามีการเปลี่ยนแปลงของสมบัติทางกายภาพและเคมี ส่งผลต่อคะแนนการทดสอบทางประสาทสัมผัสลดลงตามระยะเวลาโดยที่ระยะเวลาเก็บรักษาที่ 0 สัปดาห์ มีคะแนนการทดสอบด้าน ความชอบโดยรวม เท่ากับ 7.40±0.50 (ความชอบค่อนข้างดี) เมื่อระยะเวลาการเก็บที่ 8 สัปดาห์ คะแนนการทดสอบลดลง เท่ากับ 6.81±0.56 (ความชอบปานกลาง) (ตารางที่ 7)

ตารางที่ 7 ผลของระยะเวลาการเก็บรักษาของเยลลี่ลูกหยีฮาลาลต่อการยอมรับทางประสาทสัมผัส

คุณลักษณะ	0 สัปดาห์	2 สัปดาห์	4 สัปดาห์	6 สัปดาห์	8 สัปดาห์
สี	7.46 ± 0.51^{ns}	7.26 ± 0.59^{ns}	7.13 ± 0.51^{ns}	7.12 ± 0.63^{ns}	6.93 ± 0.58^{ns}
กลิ่น	7.40 ± 0.63^{ns}	7.06 ± 0.79^{ns}	6.93 ± 0.59^{ns}	6.91 ± 0.70^{ns}	6.80 ± 0.77^{ns}
รสชาติ	7.93 ± 0.96^{a}	7.41 ± 0.82^{ab}	7.33 ± 0.71^{ab}	7.20 ± 0.67^{b}	6.93 ± 1.03^{b}
ความยืดหยุ่น	7.40 ± 0.50^{a}	7.06 ± 0.96^{ab}	6.93 ± 0.79^{ab}	6.66 ± 0.81^{b}	6.50 ± 0.63^{b}
ความง่ายในการเคี้ยว	7.06 ± 0.88^{ns}	7.01 ± 0.84^{ns}	7.00 ± 0.75^{ns}	6.80 ± 0.77^{ns}	6.93 ± 0.96^{ns}
เนื้อสัมผัส	7.60 ± 0.87^{ns}	7.40 ± 1.05^{ns}	7.33 ± 0.72^{ns}	7.20 ± 0.86^{ns}	7.06 ± 0.70^{ns}
รสหวาน	7.66 ± 0.81^{a}	7.46 ± 0.63^{ab}	7.13 ± 0.51^{bc}	7.07 ± 0.59^{bc}	6.93 ± 0.70^{c}
รสเค็ม	7.33 ± 0.89^{ns}	7.28 ± 1.06^{ns}	7.26 ± 0.70^{ns}	7.06 ± 1.03^{ns}	7.06 ± 1.62^{ns}
รสเปรี้ยว	7.40 ± 0.63^{a}	7.26 ± 0.70^{ab}	7.13 ± 0.74^{ab}	6.80 ± 0.69^{bc}	6.53 ± 0.63^{c}
ความชอบโดยรวม	7.40 ± 0.50^{a}	7.26 ± 0.59^{a}	7.13 ± 0.51^{ab}	6.80 ± 0.56^{b}	6.81 ± 0.56^{b}

หมายเหตุ : ตัวอักษรที่แตกต่างกันในแนวนอนมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$)

การประเมินทางประสาทสัมผัส 9-point hedonic scale

สรุปผลการวิจัย

การพัฒนาผลิตภัณฑ์เยลลี่ลูกหยีฮาลาล สามารถเติมคาราจีแนนทดแทนเจลาติน ร้อยละ 50 ซึ่งได้รับคะแนนความชอบจากผู้ทดสอบทางประสาทสัมผัสสูงสุด และมีคุณสมบัติของเยลลี่ตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน (519/2547) แต่มีข้อควรปรับปรุงในส่วนของค่าพีเอช ซึ่งสูงกว่าค่าที่มาตรฐานกำหนดเล็กน้อย อาจทำให้อายุการเก็บรักษาสั้นลง อย่างไรก็ตาม การเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำสามารถช่วยยืดอายุการเก็บรักษา เมื่อนำผลิตภัณฑ์เยลลี่เก็บรักษาในถุงอลูมิเนียมฟอยล์ลามิเนต ทำให้มีความคงตัวของคุณภาพทั้งสมบัติทางกายภาพ ทางเคมี ทางประสาทสัมผัส และเชื้อจุลินทรีย์ตลอดระยะเวลาการเก็บ 8 สัปดาห์ มีปริมาณเชื้อจุลินทรีย์ทั้งหมด น้อยกว่า 25 โคโลนีต่อกรัม และไม่พบเชื้อยีสต์และรา ส่วนระดับคะแนนการทดสอบทางประสาทสัมผัสลดลง โดยเฉพาะอย่างยิ่งความชอบความยืดหยุ่น รสเปรี้ยว และ รสหวาน ดังนั้น

การผลิตเยลลี่ลูกหยีควรพัฒนาการเติมสารปรับความเป็นกรดเพื่อให้ผลิตภัณฑ์ได้มาตรฐานร่วมกับการเติมไฮโดรคอลอยด์ผสมเพื่อให้มีความคงตัวระหว่างการเก็บรักษานานขึ้น

References

[1] Hashim, E.F., Yan, H.J., and Abd Ghani, I.F. (2017). Preliminary Characterization on Physical Properties of Selected Marine Fish Skins as Alternative Sources of Halal Gelatin. **Food Science and Nutrition Technology.** Vol. 2. Issue 2. pp. 1-5

[2] Batu, A., Regenstein, J.M., and Dogan, I.S. (2015). Gelatin Issues in Halal Food Processing for Muslim Societies. **Electronic Turkish Studies.** Vol. 10. Issue 14. pp. 37-51

[3] Adepoju, O. T. (2009). Proximate Composition and Micronutrient Potentials of Three Locally Available Wild Fruits in Nigeria. **African Journal of Agricultural Research**. Vol. 4. Issue 9. pp. 887-892

[4] Chedoloh, R. (2018). Study on Post-harvest Management of Fresh Black Velvet Tamarind and Dehydrating Methods on the Properties and Sensory Evaluation of Pre-processed Product. **RMUTSV Research Journal**. Vol. 10. Issue 1. pp. 52-64. (in Thai)

[5] Ofosu, D.O., Opata, N.S., Gyampo, O., and Odamtten, G.T. (2013). Determination of the Elemental Composition of the Pulp, Seed and Fruit Coat of Black Velvet Tamarind (*Dialium guineense*) Using Instrumental Neutron Activation Analysis. **Research Journal of Applied Sciences Engineering and Technology**. Vol. 6. Issue 19. pp. 3536-3539

[6] Chedoloh, R., Niseng, Z., and Youssh, H. (2018). **Development of Production Processes and Products to Increase Value Velvet Tamarind in Three Southern Border Provinces.** Bangkok, Thailand : The Thailand Research Fund. (in Thai)

[7] AOAC. (2000). **Official Methods of Analysis of the Association of Official Analytical Chemists**. 15th edition. Virginia : Association of Official Analytical Chemists

[8] Meilgaard, M., Civille, G.V., and Carr, B.T. (1999). **Sensory Evaluation Techniques.** 3rd edition. New York : CRC.

[9] AOAC. (2000). **Official Methods of Analysis of the Association of Official Analytical Chemists**. 15th edition. Virginia : Association of Official Analytical Chemists

[10] Meilgaard, M., Civille, G.V., and Carr, B.T. (1999). **Sensory Evaluation Techniques.** 3rd edition. New York : CRC.

[11] Teodorowicz, M., Neerven, J.V., and Savelkoul, H. (2017). Food Processing: The Influence of the Maillard Reaction on Immunogenicity and Allergenicity of Food Proteins. **Nutrients**. Vol. 9. pp. 835-853

[12] Rattanapanone, N. (2002). **Food Chemistry**. 1st edition. Bangkok, Thailand : Odean Store. (in Thai)

[13] Sunta, R. (2008). **Development of Longon Chewy Candy Formulation**. Ms. Food Science and Technology Department of Food Engineering, Graduate school Chiang Mai University. (in Thai)

[14] Rattanapanone, N. (2002). **Food Chemistry**. 1st edition. Bangkok, Thailand : Odean Store. (in Thai)

[15] Lasztity, R. (2009). Food quality and standard, Oxford, United Kingdon.

[16] Nopchinda, S. (2015). Probiotics for Health Promotion. **Journal of The Royal Thai Army Nurses**. Vol. 15. Issue 3. pp. 430-435

[17] Supamiyotin, P. (2013). **Fruit and Vegetable Technology**. Bangkok, Thailand : Odean Store. (in Thai)

[18] Sirisee, U. (2009). **Substitution of Gums in Mulberry Jelly Part I: Application of Carrageenan to Replace Gelatin in Mulberry Jelly.** Department of Food Science and Technology, Faculty of Science and Technology, Rajamangala University of Technology Tawan-ok.

[19] Sato, M.F., Rigoni, D.C., Canteri, M.H.G., Petkowicz, C.L.O., Nogueira., A., and Wosiacki., G. (2011). Chemical and instrumental characterization of pectin from dried pomace of eleven apple cultivars. **Maringá**. Vol. 33. Issue 3. pp. 383-389

[20] Sirisee, U. (2009). **Substitution of Gums in Mulberry Jelly Part I: Application of Carrageenan to Replace Gelatin in Mulberry Jelly.** Department of Food Science and Technology, Faculty of Science and Technology, Rajamangala University of Technology Tawan-ok.

[21] Sundarraj, A.A. and Ranganathan, T.V. (2017). A Review - Pectin from Agro and Industrial Waste. **International Journal of Applied Environmental Sciences**. Volume 10, pp. 1777-1801.

[22] Rattanapanone, N. (2002). **Food Chemistry**. 1st edition. Bangkok, Thailand : Odean Store. (in Thai)

[23] Supamiyotin, P. (2013). **Fruit and Vegetable Technology**. Bangkok, Thailand : Odean Store. (in Thai)

[24] Silva, R.S.G., Bandeira, S.F., and Pinto, L.A.A. (2017). Characteristics and chemical composition of skins gelatin from cobia (*Rachycentron canadum*). **LWT - Food Science and Technology**. Vol. 57. pp. 580-585.

[25] Webber, V., Carvalho, S.M.D., Ogliari, P.J., Hayashi, L., and Barreto, P.L.M. (2012). Optimization of the extraction of carrageenan from Kappaphycus alvarezii using response surface methodology. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**. Vol. 32. Issue 4. pp. 812-818.

[26] Sato, M.F., Rigoni, D.C., Canteri, M.H.G., Petkowicz, C.L.O., Nogueira, A., and Wosiacki, G. (2011). Chemical and instrumental characterization of pectin from dried pomace of eleven apple cultivars. Maringá, Vol. 33. Issue 3. pp. 383-389.

[27] Sirisee, U. (2009). **Substitution of Gums in Mulberry Jelly Part I: Application of Carrageenan to Replace Gelatin in Mulberry Jelly.** Department of Food Science and Technology, Faculty of Science and Technology, Rajamangala University of Technology Tawan-ok.

[28] Sirisee, U. (2009). **Substitution of Gums in Mulberry Jelly Part I: Application of Carrageenan to Replace Gelatin in Mulberry Jelly.** Department of Food Science and Technology, Faculty of Science and Technology, Rajamangala University of Technology Tawan-ok.

[29] Chedoloh, R. (2017). Study on Post-harvest Management of Fresh Black Velvet Tamarind and Dehydrating Methods on the Properties and Sensory Evaluation of Pre-processed Product. **RMUTSV Research Journal (SJOS)**. Vol. 10. Issue1. pp. 52-64.

[30] Thai Industrial Standards Institute. (2004). **Thai Community Products Standards 519/2547: Soft Jelly.** Bangkok, Thailand : TISI, Ministry of Industry. (in Thai)

[31] Dipiyoti, S., and Suvendu, B. (2010). Hydrocolloid as Thickening and Gelling Agent in Food: a Critical Review. **Journal of Food Science and Technology**. Vol. 47. Issue 6. pp. 587-597

[32] Thai Industrial Standards Institute. (2004). **Thai Community Products Standards 519/2547: Soft Jelly.** Bangkok, Thailand : TISI, Ministry of Industry. (in Thai)

[33] Pye, J. 1997. Gelatin and Applications, pp 28-40. **In S. Maneepan, ed. Symposium on Confectionery Technology**. Food Science and Technology Association of Thailand. Bangkok, Thailand.