http://journal.rmutp.ac.th/

ผลของสารทำให้เกิดเจลต่อลักษณะเนื้อสัมผัส การเกิดซินเนอริซิส และคุณลักษณะทางประสาทสัมผัสต่อผลิตภัณฑ์แยมมะม่วงมหาชนก

หนูเดือน สาระบุตร* กรรณิการ์ ห้วยแสน และ พนอจิต นิติสุข

คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยกาฬสินธุ์
62/1 ถนนเกษตรสมบูรณ์ ตำบลกาฬสินธุ์ อำเภอเมือง จังหวัดกาฬสินธุ์ 46000

รับบทความ 21 พฤศจิกายน 2560; ตอบรับบทความ 17 พฤษภาคม 2561

บทคัดย่อ

ปัจจุบันงานวิจัยที่ศึกษาเกี่ยวกับผลของสารทำให้เกิดเจลต่อคุณภาพของผลิตภัณฑ์แยมมะม่วงมหาชนกมีน้อยมาก ดังนั้นการศึกษาครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาลักษณะเนื้อสัมผัส การเกิดซินเนอริซิส และคุณลักษณะทางประสาทสัมผัสต่อผลิตภัณฑ์แยมมะม่วงมหาชนกจากสารทำให้เกิดเจล 3 ชนิด (เพคติน คาราจีแนน และกลูโคแมนแนน) และใช้วิธีการเก็บรักษาที่แตกต่างกัน 2 สภาวะ (อุณหภูมิห้อง และอุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส) ระยะเวลา 1 เดือน พบว่าสารคาราจีแนนและกลูโคแมนแนนมีความแข็งของเจล ความเปราะของเจล และการแตกของเจลมากกว่าสารเพคติน ($p \leq 0.05$) เมื่อมีการเก็บแยมที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส เพคตินมีการแตกของเจลสูงสุด และสารกลูโคแมนแนนมีการเกิดซินเนอริซิสมากกว่าสารคาราจีแนน และสารเพคติน ($p \leq 0.05$) ตามลำดับ แยมที่เก็บอุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส พบว่ามีการเกิดซินเนอริซิสต่ำกว่าการเก็บที่อุณหภูมิห้อง สำหรับการทดสอบทางประสาทสัมผัสพบว่าแยมที่เติมสารเพคติน และคาราจีแนน มีคะแนนความชอบสูงกว่า โดยคะแนนเฉลี่ยการยอมรับรวม อยู่ในเกณฑ์ชอบเล็กน้อยถึงชอบปานกลาง

คำสำคัญ : สารทำให้เกิดเจล; การเกิดซินเนอริซิส; แยมมะม่วงมหาชนก

** ผู้นิพนธ์ประสานงาน โทร: +669 4830 2712, ไปรษณีย์อิเล็กทรอนิกส์: nuduans@hotmail.com*

http://journal.rmutp.ac.th/

Effects of Gellings Agents on Texture, Syneresis and Sensory Characteristics of Mahachanok jam

Nuduan Saraboot* Kannika Huaisan and Panorjit Nitisuk

Faculty of Agro-Industrial Technology, Kalasin University
62/1 Keset Somboon Road, Kalasin, Mueang, Kalasin 46000

Received 21 November 2017; Accepted 17 May 2018

Abstract

At the present, the studies on the Mahachanok jam product is limited. The objective of this research was to study in the textural, syneresis and sensory characteristics of Mahachanok jam from three types of gellings agents (pectin, glucomannan and carrageenan) and different storage conditions (room temperature, 4 °C) for 1 month. It was found that the gel strength, rupture strength and brittleness of the Mahachanok jam from carrageenan and glucomannan were higher than pectin ($p \leq 0.05$). When the jam was stored at 4 °C, jam from pectin had highest brittleness and jam from glucomannan had syneresis more than carrageenan and pectin ($p \leq 0.05$) respectively. The jam was stored at 4 °C found that the syneresis was lower than stored at room temperature. For sensory evaluation, the overall acceptance of Mahachanok jam from pectin and carrageenan were higher than glucomannan with the mean of like score between slight to moderate.

Keywords : Gelling Agents; Syneresis; Mahachanok Jam

*** Corresponding Author. Tel.: +669 4830 2712, E-mail Address: nuduans@hotmail.com***

1. บทนำ

มะม่วงพันธุ์มหาชนก *(Mangifera indica L. cv. Mahachanok)* เป็นในกลุ่มของมะม่วงสีแดง มีรสชาติหวานอมเปรี้ยว มีกลิ่นหอมเฉพาะตัว ผลมีขนาดใหญ่ ผิวค่อนข้างหนา คงทน สามารถวางจำหน่ายได้นาน และเปลือกผลสีสันสวยงามสามารถนำมาแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์แยมที่สามารถเพิ่มมูลค่าและสามารถยืดอายุการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ได้นาน สามารถนำมาพัฒนาสู่การผลิตในเชิงพาณิชย์สร้างรายได้ต่อไป [1] แยมเป็นผลิตภัณฑ์กลุ่ม Semi-soft Spread มีลักษณะเป็นวุ้นหรือเป็นเจล (Gel) มีของแข็งที่ละลายน้ำในผลิตภัณฑ์สูงกว่าร้อยละ 65 มีค่าความเป็นกรด-ด่าง ระหว่าง 2.8-3.5 มีรสเปรี้ยวแกมหวาน มีเนื้อผลไม้เป็นส่วนผสมไม่ต่ำกว่า 45 ส่วน โดยเปรียบเทียบกับน้ำตาล 55 ส่วน [2] สารทำให้เกิดเจลเป็นสารไฮโดรคอลลอยด์ ที่โมเลกุลสามารถจับกับน้ำ และละลายน้ำได้ รวมถึงกลายเป็นเจลเมื่อมีการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิ ได้แก่ คาราจีแนน เพคติน และกลูโคแมนแนน ซึ่งเพคตินที่ใช้ใน การทดลองเป็นชนิด Degree of Methyl Esterification มากกว่าร้อยละ 50 เกิดเจลได้เมื่อมีของแข็งที่ละลายได้ในน้ำมากกว่าร้อยละ 55 ใช้กับอาหารที่มี pH ต่ำกว่า 3.5 (ประมาณ 2-3) [3] สารกลูโคแมนแนน พบมากในหัวบุก สามารถละลายได้ทั้งน้ำร้อน และน้ำเย็น ช่วยในการเกิดเจลที่สามารถทนความร้อนได้และยังสามารถรวมตัวกับสารชนิดอื่นเกิดเป็นเจลที่มีคุณลักษณะที่ดีขึ้นจึงได้มีการนำกลูโคแมนแนนมาใช้ในผลิตภัณฑ์ที่ไม่ต้องการให้เกิดการสูญเสียรูปร่างในกระบวนผลิต เช่น แยม เป็นต้น [5] และสารคาราจีแนนมีคุณสมบัติในการเกิดเจล เมื่ออยู่ในรูปของสารละลายในน้ำจะมีโครงสร้างเป็น Random Coil ขณะเย็นตัวลงจะเกิดโครงสร้างพันธะคู่ ซึ่งเมื่อเกาะรวมกันมากขึ้นจะทำให้เกิดการแข็งตัวเป็นเจล ซึ่งเจลที่เตรียมจากสารคาราจีแนนมีคุณสมบัติเปลี่ยนกลับไปมาได้ด้วยความร้อน จะให้เจลที่มีลักษณะเปราะ แตกง่าย และเกิดการซินเนอริซิส (Syneresis) ได้ ซึ่งการเกิดซินเนอริซิส เป็นการหดตัวของอาหารประเภทเจลเมื่อตั้งทิ้งไว้ เนื่องจากมีของเหลวบางส่วนไหลออกมาจากเจลซึ่งจะเพิ่มขึ้นตามระยะเวลาการเก็บรักษา เป็นผลมาจากร่างแหโพลิเมอร์ในโครงสร้าง 3 มิติ ของเจลหดตัวเข้าใกล้กันมากขึ้นทำให้น้ำที่อยู่ในร่างแหถูกบีบออกมาด้านนอกของเจล [4] อย่างไรก็ตาม งานวิจัยแยมมะม่วงส่วนใหญ่นิยมใช้สารเพคตินทำให้เกิดเจลและมีการศึกษาความเข้มข้นในปริมาณที่แตกต่างกัน เช่น จากการศึกษาแยมมะม่วงที่ได้รับการยอมรับสูงสุดจะมีส่วนผสมของน้ำตาลและ เพคตินร้อยละ 65 และ 1 และค่าพีเอชเท่ากับ 3.4 มีลักษณะเนื้อสัมผัสแข็งมากขึ้นเมื่อใช้ปริมาณเพคตินมากขึ้น และค่าพีเอชเพิ่มมากขึ้นความแข็งจะลดลง [9] และพบว่ามีการใช้น้ำตาลซอบิทอลและน้ำตาลซูคาโรสแทนน้ำตาลทราย ในช่วงร้อยละ 60, 65 และ 70 ในการทำแยมมะม่วง มีคะแนนการยอมรับอยู่ในช่วง 6.24-7.29 [10] มีลักษณะเจลแข็งเพิ่มขึ้นเมื่อปริมาณน้ำตาลสูงขึ้น แต่ความเหนียวจะลดลงตามลำดับ [11] ซึ่งส่วนใหญ่สารที่ทำให้เกิดเจล ทั้งสารคาราจีแนน และกลูโคแมนแนน มีการนำมาใช้ในผลิตภัณฑ์แยมมะม่วงน้อยมาก ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของสารที่ทำให้เกิดเจลต่อลักษณะเนื้อสัมผัส การเกิดซินเนอริซิส และคุณลักษณะทางประสาทสัมผัสต่อผลิตภัณฑ์แยมมะม่วงมหาชนก และศึกษาการเปลี่ยนแปลงคุณลักษณะเนื้อสัมผัส การเกิดซินเนอริซิสของผลิตภัณฑ์ ระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่างกันนาน เพื่อเป็นข้อมูลพื้นฐานในการศึกษาและวิจัยต่อไป

2. ระเบียบวิธีวิจัย

2.1 อุปกรณ์

2.1.1 วัตถุดิบ ได้แก่ มะม่วงมหาชนก

2.1.2 อุปกรณ์และสารเคมีที่ใช้ในการทำแยม ได้แก่ ชามสแตนเลส กระทะทองเหลือง ไม้พาย มีดและเขียง เทอร์โมคัปเปิล รุ่น TP101 เครื่องชั่ง ยี่ห้อ TANITA รุ่น KD-192, Japan และเครื่องวัดเนื้อสัมผัส (Texture Analyzer รุ่น TA. XT. Plus Texture Analyzer, England) สารเพคติน (Food grade, Lot. UCS-026) °Gel strength 150, Germany สารคารา-

จีแนน (Food Grade, Lot. UCS-055) สารกลูโค-แมนแนน (Food Grade, Lot. UCS-056) และกรดซิตริก Food Grade, Lot. UCS-057)

2.2 ขั้นตอนการวิจัย

2.2.1 การทดลองที่ 1

ศึกษาผลของสารทำให้เกิดเจลต่อลักษณะเนื้อสัมผัส การเกิดซินเนอริซิส และคุณลักษณะทางประสาทสัมผัสต่อแยมมะม่วงมหาชนก โดยใช้มะม่วงมหาชนก ในจังหวัดกาฬสินธุ์ และสารทำให้เกิดเจล 3 ชนิด ซึ่งเป็นตัวแปรอิสระ ได้แก่ เพคติน คาราจีแนน และกลูโคแมนแนน ซื้อจากบริษัทที่มีการจำหน่ายเกรดที่ใช้กับอาหาร ซึ่งวิธีการผลิตแยมทำได้โดยการเตรียมวัตถุดิบมะม่วงมหาชนกโดยการนำมาล้างทำความสะอาด ปอกเปลือก แยกส่วนที่เป็นตำหนิทิ้ง หั่นเป็นชิ้นเล็กๆ และชั่งส่วนผสมตามสูตร (ดัดแปลงจาก [2]) เนื้อมะม่วงมหาชนก ร้อยละ 44.60 น้ำตาลทราย ร้อยละ 54.70 กรดซิตริก ร้อยละ 0.30 และสารทำให้เกิดเจล ร้อยละ 0.40 นำส่วนผสมทั้งหมดไปทำแยมมะม่วง (รูปที่ 1) โดยใช้สารก่อเจลชนิดต่าง ๆ และนำผลิตภัณฑ์มาวิเคราะห์คุณภาพ ได้แก่ การวิเคราะห์เนื้อสัมผัสด้วยเครื่อง Texture Analyzer รุ่น TA. XT. Plus Texture Analyzer ด้วยหัววัด (probe) P2R สภาวะที่ใช้ในการวัดเนื้อสัมผัส Test mode แบบ compression Pre-Test Speed = 3 mm /sec, Test Speed = 2 mm/sec, Post-Test Speed = 10 mm/sec, Distance = 4.00 mm, Trigger force = 5.0 g และค่าที่ได้จากการวัดเนื้อสัมผัส ได้แก่ ความแข็งของเจล (Gel Strength, g force) การแตกของเจล (Rupture Strength, g force) ความเปราะของเจล (Brittleness, mm) การเกาะกันของเจล (Adhesiveness, g sec), การหาร้อยละการเกิดซินเนอริซิส (การแยกของน้ำ) [8] โดยการชั่งตัวอย่างแยม 25 กรัม กรองผ่านกระดาษกรองเบอร์ 4 ใช้เวลา 6 ชั่วโมง แล้วนำน้ำที่แยกออกมาจากเจลไปชั่งน้ำหนักเพื่อคำนวณหาร้อยละการเกิดซินเนอริซิส (Syneresis Ratio, Rs) จาก

$$\% Rs = (We/Wg)x100$$

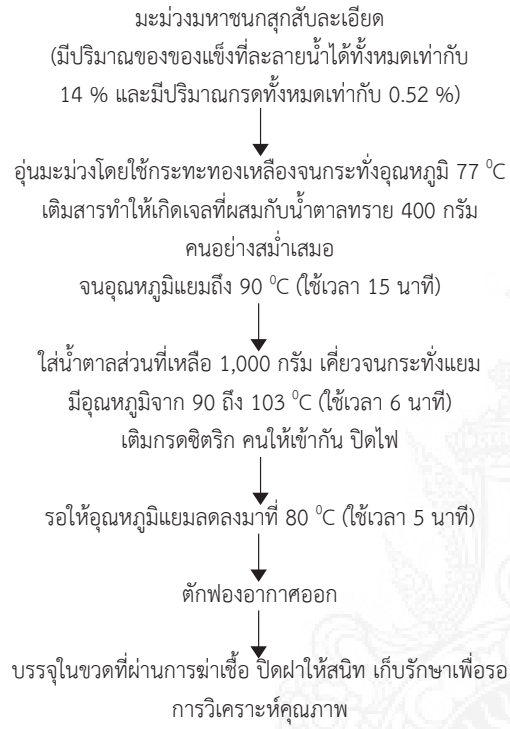
เมื่อ We = น้ำหนักของน้ำที่แยกได้

Wg = น้ำหนักตัวอย่างเริ่มต้นหลังจากเก็บไว้ 1 วัน ที่ 32 องศาเซลเซียส ทำการทดลองละ 3 ซ้ำ วางแผนการทดสอบแบบ Completely Randomized Design (CRD) และเปรียบเทียบค่าเฉลี่ย โดย Least Significant Difference (LSD) และการทดสอบทางประสาทสัมผัส โดยเตรียมตัวอย่างทดสอบ 3 ตัวอย่าง แต่ละตัวอย่างดังกล่าวจะถูกนำมาใส่รหัสสุ่มซึ่งเป็นจำนวนเลข 3 หลักก่อน และให้ผู้ทดสอบ ทดสอบชิมตัวอย่างแยมจำนวน 50 กรัม กับขนมปังแผ่นที่เตรียมไว้ และบันทึกระดับคะแนนของความชอบหรือไม่ชอบตัวอย่างนั้น ๆ จากซ้ายไปขวา ซึ่งผู้ทดสอบจะต้องอธิบายค่าของคะแนนที่กำหนด โดยใช้ผู้ทดสอบชิมที่ไม่ผ่านการฝึกฝนจำนวน 30 คน ประเมินความชอบลักษณะสี กลิ่น รสชาติ เนื้อสัมผัส และความชอบโดยรวม จากระดับคะแนน 9 (9-points Hedonic Scale) วางแผนการทดลองแบบ Randomized Complete Block Design (RCBD) และเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดย Least Significant difference (LSD) โดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป

2.2.2 การทดลองที่ 2

ศึกษาการเปลี่ยนแปลงคุณลักษณะเนื้อสัมผัส การเกิดซินเนอริซิส ระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่างกัน โดยการนำผลิตภัณฑ์แยมมะม่วงมหาชนกที่เตรียมได้จากการทดลองที่ 1 มาเก็บรักษาที่อุณหภูมิแตกต่างกัน 2 ระดับ คือ 1) เก็บที่อุณหภูมิห้อง (32 องศาเซลเซียส) 2) เก็บที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส นาน 1 เดือน จากนั้นนำผลิตภัณฑ์แต่ละการทดลองมาวิเคราะห์คุณลักษณะเนื้อสัมผัส, การหาร้อยละการเกิดซินเนอริซิส (Syneresis) ดัดแปลงจากวิธีการของ [5] ทำการทดลองละ 3 ซ้ำวางแผนการทดสอบ

แบบ 3x2 Factorial in Completely Randomized Design(CRD) เปรียบเทียบค่าเฉลี่ย โดย Least significant difference (LSD) โดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป



รูปที่ 1 ขั้นตอนการผลิตแยมมะม่วงมหาชนก

3. ผลการศึกษาและอภิปรายผล

ผลิตภัณฑ์แยมมะม่วงมหาชนกที่ใช้สารทำให้เจลต่างชนิดกัน และใช้ในปริมาณที่เท่ากัน คือ ร้อยละ 0.40 ที่ได้จากการทดลองมีค่าพีเอช อยู่ในช่วง 3.15-3.25 และปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ทั้งหมด อยู่ในช่วง 67.33-67.51 และพบว่าเมื่อปล่อยผลิตภัณฑ์ให้เย็นลงก็จะเกิดสภาพเป็นเจลที่ดี ไม่เหนียวแข็ง ไม่อ่อนเละ สามารถปาดกระจายบนแผ่นขนมปังได้ดี และคุณภาพของผลิตภัณฑ์ที่ได้เป็นไปตามความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของเพคติน น้ำตาล และค่าพีเอช ในการจับรวมตัวเป็นเจลและการคงตัวของเจล [2]

ผลของสารทำให้เกิดเจลต่อลักษณะเนื้อสัมผัส การเกิดซินเนอริซิส และความชอบของผู้บริโภคต่อผลิตภัณฑ์แยมมะม่วงมหาชนกหลังจากทิ้งไว้ให้เซตเจล 1 วัน และเมื่อทำการเก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิห้อง (32 องศาเซลเซียส) และอุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส นาน 1 เดือน พบว่าสารที่ทำให้เกิดเจลทั้ง 3 ชนิด ได้แก่ เพคติน กลูโคแมนแนน และคาราจีแนนมีผลต่อลักษณะเนื้อสัมผัส การเกิดซินเนอริซิส และการทดสอบทางประสาทสัมผัสต่อผลิตภัณฑ์แยมมะม่วงมหาชนก ดังนี้

จากตารางที่ 1 ผลของสารทำให้เกิดเจลต่อลักษณะเนื้อสัมผัสของแยมมะม่วงมหาชนก ด้านความแข็งเจล การแตกเจล การเปราะของเจล และการเกาะกันของเจล แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) โดยสารคาราจีแนน และกลูโคแมนแนนมีความแข็งของเจลมากกว่าเพคติน มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 3.03, 3.00 และ 2.73 g force การแตกของเจลพบว่ากลูโคแมนมีการแตกมากกว่าสารคาราจีแนน และเพคตินตามลำดับ มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 3.22, 2.66 และ 1.96 g force การเปราะของเจล คาราจีแนนมีความเปราะสูงสุดเท่ากับ 56.67 มิลลิเมตร ทั้งนี้เนื่องจากเจลที่เตรียมจากคาราจีแนนมีคุณสมบัติเปลี่ยนกลับไปมาได้ด้วยความร้อน ให้เจลที่มีลักษณะเปราะ แตกง่าย [1] สำหรับเพคตินและกลูโคแมนมีผลต่อการเปราะของเจลไม่แตกต่างกัน มีค่าเท่ากับ 53.46 และ 53.58 มิลลิเมตร ตามลำดับ และความเหนียวหรือการจับตัวกันของ เจลพบว่า สารที่ทำให้เกิดเจลทั้ง 3 ชนิด มีผลต่อการเปราะของเจลแตกต่างกันอย่างมีนัยนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) โดยคาราจีแนนมีการจับตัวกันของเจลสูงสุดเท่ากับ -0.41 g sec รองลงมา คือ กลูโคแมนแนน และเพคตินมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ -0.85 และ -1.89 g sec ตามลำดับ ทั้งนี้การผลิตแยมทั่วไปมีส่วนประกอบที่สำคัญที่มีผลต่อคุณลักษณะของแยม ได้แก่ ชนิดผลไม้ เนื้อผลไม้ น้ำตาล กรด และคุณสมบัติของสารก่อให้เกิดเจล ที่สามารถเกิดระบบเจลได้แตกต่างกัน และให้คุณลักษณะเนื้อสัมผัสที่แตกต่างกัน [6] ซึ่งเมื่อพิจารณาจากคุณภาพของแยมมะม่วงพบว่าสารทำให้เกิดเจล ทั้ง 3 ชนิด มีผลต่อ

คุณลักษณะเนื้อสัมผัสของผลิตภัณฑ์ เป็นไปตามความสัมพันธ์ระหว่าง ความเข้มข้นของ สารเพคติน น้ำตาล และค่าพีเอชในการจับรวมตัวเป็นเจล และการคงตัวของเจล [2] ผลของสารทำให้เกิดเจลต่อการเกิดซินเนอริซิสของแยมมะม่วงมหาชนก แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) โดยสารกลูโคแมนแนนมีการเกิดซินเนอริซิสสูงสุดเท่ากับร้อยละ 12.11 รองลงมา คือ สารคาราจีแนน และเพคตินมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 9.39 และ 0.13 ตามลำดับ พบว่าการเกิดการแยกตัวของน้ำจะเพิ่มขึ้นตามระยะเวลาการเก็บรักษา เป็นผลมาจากร่างแหโพลิเมอร์ในโครงสร้าง 3 มิติ ของเจลมีการหดตัวเข้าใกล้กันมากขึ้นทำให้น้ำที่อยู่ในร่างแหถูกบีบออกมาด้านนอกของเจล และถ้าต้องการลดการเกิดการแยกน้ำออกจากเจลควรมีการใช้สารก่อให้เกิดเจลร่วมกันระหว่างคาราจีแนนกับกลูโคแมนแนน จะช่วยให้เจลที่เกิดขึ้นมีความแข็งแรงและมีความยืดหยุ่นมากกว่าการใช้คาราจีแนนเพียงอย่างเดียว ทำให้มีสมบัติในการเกิดเจลได้ดีขึ้น มีความยืดหยุ่นมากขึ้น และเกิดการแยกตัวของน้ำน้อยลง ทำให้สมบัติในการทำหน้าที่เป็นสารที่ทำให้เกิดเจลดีขึ้น [7]

ตารางที่ 1 ผลของสารทำให้เกิดเจลต่อคุณลักษณะเนื้อสัมผัสและการเกิดซินเนอเรซิส (การแยกน้ำ)

สารทำให้เกิดเจล	คุณลักษณะเนื้อสัมผัส				การเกิดซินเนอริซิส (%)
	ความแข็งของเจล (g force)	การแตกของเจล (g force)	การเปราะของเจล (mm)	การเกาะกันของเจล (g sec)	
เพคติน	2.37±0.06^{b}	1.96±1.11^{c}	53.46±3.73^{b}	-1.89±1.44^{c}	0.13±0.22^{c}
กลูโคแมนแนน	3.00±0.11^{a}	3.22±0.58^{a}	53.58±3.37^{b}	-0.85±0.54^{b}	12.11±1.25^{a}
คาราจีแนน	3.03±0.06^{a}	2.66±0.61^{b}	56.67±2.87^{a}	-0.41±0.43^{a}	9.39±1.38^{b}

หมายเหตุ : ค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานและ:ตัวอักษรที่ต่างกันในแนวตั้งแสดงว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

จากตารางที่ 2 ผลของสารทำให้เกิดเจล ทั้งสารคาราจีแนน กลูโคแมนแนน และเพคตินมีผลต่อคุณลักษณะทางประสาทสัมผัส ด้านสี กลิ่น และลักษณะเนื้อสัมผัสของแยมมะม่วงมหาชนกโดยผู้ทดสอบชิมให้คะแนนความชอบแตกต่างกัน ($p \leq 0.05$) ให้คะแนนการยอมรับอยู่ในช่วงชอบเล็กน้อยถึงชอบปานกลาง [6]

จากตารางที่ 3 ผลของสารทำให้เกิดเจล และอุณหภูมิในการเก็บมีผลต่อลักษณะเนื้อสัมผัสของแยมมะม่วงมหาชนกหลังจากเก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิห้อง (32 องศาเซลเซียส) และอุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส นาน 1 เดือน แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) การแข็งของเจล พบว่าแยมที่มีการใช้คาราจีแนนที่อุณหภูมิการเก็บแตกต่างกันมีผลต่อค่าการแข็งของเจลแตกต่างกัน ($p \leq 0.05$)

ตารางที่ 2 คุณลักษณะทางประสาทสัมผัสแยมมะม่วงมหาชนก

สารทำให้เกิดเจล	คุณลักษณะทางประสาทสัมผัส				
	สี	กลิ่น	รสชาติ^{ns}	เนื้อสัมผัส	การยอมรับรวม^{ns}
เพคติน	6.40±1.67^{a}	6.03±2.23^{b}	6.76±2.01	7.20±1.73^{a}	6.93±1.83
กลูโคแมนแนน	6.66±1.74^{b}	6.16±1.94^{b}	6.93±1.55	6.33±1.86^{b}	6.93±1.59
คาราจีแนน	6.70±1.62^{b}	6.83±1.74^{a}	6.66±2.03	6.76±1.87^{a}	7.20±1.62

หมายเหตุ : ค่าเฉลี่ย±ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานและ:ตัวอักษรที่ต่างกันในแนวตั้งแสดงว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p\leq0.05$)

ns= ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ ($p>0.05$).

แยมมะม่วงมีแนวโน้มของลักษณะเจลที่แข็งขึ้นเมื่อ เปรียบเทียบกับแยมที่เก็บ 1 วัน โดยการเก็บที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส มีค่าสูงกว่าการเก็บแยมไว้ที่อุณหภูมิห้องเท่ากับ 3.51 และ 2.85 g force ตามลำดับ ส่วนแยมที่มีการใช้เพคตินและกลูโคแมนแนน พบว่าการเก็บไว้ที่อุณหภูมิต่างกันไม่มีผลต่อค่าการแข็งของเจล ทั้งนี้ปัจจัยที่มีผลต่อความแข็งแรงของเจลได้แก่ ชนิด และความเข้มข้นของน้ำตาล ชนิดและความเข้มข้นของเพคติน และความเข้มข้นของไฮโดรเจนไอออน การแตกของเจล พบว่าแยมที่มีการใช้เพคติน กลูโคแมนแนน และคาราจีแนน โดยอุณหภูมิการเก็บแตกต่างกันมีผลต่อค่าการแตกของเจลแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p\leq0.05$) โดยการเก็บแยมที่ใช้เพคตินที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียสจะมีค่าการแตกของ เจลสูงกว่าการเก็บที่อุณหภูมิห้องเท่ากับ 9.20 และ 2.99 g force ตามลำดับ แต่การเก็บที่อุณหภูมิห้องไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับแยมที่มีการใช้สารคาราจีแนนและกลูโคแมน-แนนที่เก็บที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส ส่วนแยมที่ใช้กลูโคแมนแนนเก็บอุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส จะมีค่าการแตกของเจลสูงกว่าการเก็บที่อุณหภูมิห้องเท่ากับ 3.99 และ 1.37 g force ตามลำดับ และแยมที่ใช้คาราจีแนนเก็บอุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียสจะมีค่าการแตกของเจลน้อยกว่าการเก็บที่อุณหภูมิห้องเท่ากับ 2.29 และ 2.85 g force ตามลำดับ

จากการทดลองพบว่าคาราจีแนนจะมีการแตกของเจลน้อยที่สุด และถ้ามีการใช้กลูโคแมนแนน ร่วมกับคาราจีแนนจะให้ช่วยให้เจลที่เกิดขึ้นมีความแข็งแรงและความยืดหยุ่นมากกว่าการใช้คาราจีแนนเพียงอย่างเดียว [1] การเปราะของเจล พบว่าแยมที่มีการใช้สารทำให้เกิดเจล และอุณหภูมิการเก็บแตกต่างกันมีผลต่อค่าการเปราะของเจลแตกต่างกัน ($p\leq0.05$) โดยการเก็บแยมที่ใช้เพคติน และคาราจีแนน ที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส และอุณหภูมิห้อง จะมีค่าการเปราะของเจลไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($p>0.05$) ส่วนแยมที่ใช้สารกลูโคแมนแนน พบว่าการเก็บรักษาแยมมะม่วงที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส และอุณหภูมิห้องมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ มีค่าเท่ากับ 56.03 และ 47.96 มิลลิเมตร ตามลำดับ แต่ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ กับแยมที่มีการใช้สารเพคติน และคาราจีแนน ที่เก็บอุณหภูมิห้อง อย่างไรก็ตามจากการทดลองพบว่าแนวโน้มของแยมที่ใช้ เพคติน และคาราจีแนนมีความเปราะสูง ทั้งนี้เนื่องจากเจลที่เตรียมจากคาราจีแนนจะมีลักษณะเจลที่มีลักษณะเปราะแตกง่าย เมื่อระยะเวลาการเก็บนานขึ้น [1] การจับตัวกันของเจลพบว่าแยมที่มีสารทำให้เกิดเจลและอุณหภูมิการเก็บแตกต่างกัน มีผลต่อค่าการจับตัวและความเปราะของเจลแตกต่างกัน ($p\leq0.05$)

ตารางที่ 3 ผลของสารทำให้เกิดเจลต่อคุณลักษณะเนื้อสัมผัสและการเกิดซินเนอเรซิส (การแยกน้ำ) หลังเก็บ 1 เดือน

สารทำให้เกิดเจล	อุณหภูมิ (°C)	คุณลักษณะเนื้อสัมผัส				การเกิดซินเนอริซิส (%)
		ความแข็งของเจล (g force)	การแตกของเจล (g force)	ความเปราะของเจล (mm)	การเกาะกันของเจล (g sec)	
เพคติน	32	3.33±0.19^{ab}	2.99±0.69^{bc}	53.17±4.42^{ab}	-1.54±1.47^{ab}	1.16±0.22^{c}
	4	3.14±0.57^{ab}	9.20±0.96^{a}	57.25±3.08^{a}	-0.58±0.15^{a}	0.35±0.61^{d}
กลูโคแมนแนน	32	3.29±0.23^{ab}	1.37±0.44^{d}	47.96±6.40^{b}	-2.30±1.43^{b}	12.32±1.25^{a}
	4	3.11±0.00^{ab}	3.99±1.05^{b}	56.03±4.79^{a}	-0.25±0.24^{a}	12.23±3.90^{a}
คาราจีแนน	32	2.85±0.23^{b}	2.85±0.81^{bc}	55.12±4.04^{ab}	-1.34±0.71^{ab}	10.57±1.38^{b}
	4	3.51±0.23^{a}	2.29±0.23^{cd}	57.24±2.00^{a}	-0.47±0.13^{a}	10.05±1.98^{b}

หมายเหตุ : ค่าเฉลี่ย±ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานและ:ตัวอักษรที่ต่างกันในแนวตั้งแสดงว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

(ก) (ข) (ค)

รูปที่ 2 ผลิตภัณฑ์แยม (ก) เพคติน (ข) กลูโคแมนแนน (ค) คาราจีแนน

โดยการเก็บแยมที่ใช้เพคติน และคาราจีแนน ที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส และอุณหภูมิห้อง จะมีค่าการเปราะของเจลไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($p>0.05$) ส่วนแยมที่ใช้สารกลูโคแมนแนน พบว่ามีการจับตัวกันของเจลต่ำสุด การเก็บที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส กับอุณหภูมิห้องมีผลต่อค่าการจับตัวกันของเจลแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติมีค่าเท่ากับ -0.25 และ -2.30 g sec ตามลำดับ แต่ไม่มีนัยสำคัญกับแยมที่มีการใช้สารเพคตินและคาราจีแนน ที่เก็บ 4 องศาเซลเซียส และอุณหภูมิห้อง อย่างไรก็ตามการผลิตแยมทั่วไปมีส่วนประกอบที่สำคัญที่มีผลต่อคุณลักษณะของแยม ได้แก่ ชนิดผลไม้ เนื้อผลไม้ น้ำตาล กรด และคุณสมบัติของสารก่อให้เกิดเจล ที่สามารถเกิดระบบเจลได้แตกต่างกัน และให้คุณลักษณะเนื้อสัมผัสที่แตกต่างกัน [3] การเกิดซินเนอริซิสของแยมที่มีการใช้กลูโคแมนแนน และคาราจีแนน ทั้งที่เก็บอุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส และอุณหภูมิห้องไม่มีผลต่อการเกิดซินเนอริซิสเนอริซิสของแยมมะม่วงมหาชนก ($p>0.05$) แต่แยมที่ใช้เพคติน ที่เก็บอุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส และอุณหภูมิห้อง จะมีค่าการเกิดซินเนอริซิสแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) มีค่าเท่ากับร้อยละ 0.35 และ 1.16 ตามลำดับ แยมที่มีการใช้กลูโคแมนแนนมีการเกิดซินเนอริซิสสูงสุด รองลงมา คือ คาราจีแนน และเพคตินมีการเกิดการแยกน้ำต่ำสุด และพบว่าการเก็บแยมไว้นาน 1 เดือน พบว่าการเกิดซินเนอริซิสมีแนวโน้มมากขึ้นเมื่อเปรียบเทียบการเก็บไว้ 1 วัน ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากระยะเวลาการเก็บที่นานขึ้นมีผลทำให้

โครงสร้างของผลิตภัณฑ์ เกิดการรวมตัวกันของเกลียวคู่ ของสายโมโลกุลมากขึ้น ส่งผลให้เกิดการหดตัวของร่างแหพอลิเมอร์ ซึ่งมีผลในการลดช่องว่างที่ใช้ในการเก็บกักน้ำทำให้มีการแยกน้ำมีปริมาณเพิ่มมากขึ้นตามระยะเวลาการเก็บรักษา [7] จากการทดลองพบว่าการเก็บที่อุณหภูมิห้องมีการแยกน้ำออกจากเจลมากกว่าเก็บอุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส

4. สรุป

ผลของสารทำให้เกิดเจลต่อลักษณะเนื้อสัมผัส สารคาราจีแนน และกลูโคแมนแนน มีความแข็งของเจลมากกว่าเพคติน การแตกของเจลพบว่ากลูโคแมนมีการแตกมากกว่าสารคาราจีแนน และเพคติน คาราจีแนนมีความเปราะของเจลสูงสุด และให้เจลที่มีลักษณะเปราะ แตกง่าย สำหรับเพคตินและกลูโคแมนมีผลต่อการเปราะของเจลไม่แตกต่างกัน การเกาะกันของเจลคาราจีแนนมีความเหนียวหรือการเกาะกันของเจลสูงสุด รองลงมา คือ กลูโคแมนแนน และเพคติน ตามลำดับ การเกิดซินเนอริซิสของแยม สารกลูโคแมนแนนมีการเกิดซินเนอริซิสสูงสุด รองลงมาคือคาราจีแนน ดังนั้นเพคตินเป็นสารที่มีคุณสมบัติการอุ้มน้ำไว้ภายในเจลดีที่สุด จากการทดลองพบว่าการเก็บที่อุณหภูมิห้องมีการแยกน้ำออกจากเจลมากกว่าเก็บอุณหภูมิ 4องศาเซลเซียส และคุณลักษณะทางประสาทสัมผัสแยมมะม่วงมหาชนก โดยผู้ทดสอบชิมให้คะแนนเฉลี่ยทางด้านสี กลิ่น รสชาติ เนื้อสัมผัส และการยอมรับรวมอยู่ในเกณฑ์ชอบเล็กน้อยถึงชอบปานกลาง ซึ่งกลิ่นที่ได้คะแนนความชอบสูงสุด คือ แยมมะม่วงที่เติมสารคาราจีแนน และลักษณะเนื้อสัมผัส สารเพคติน และคาราจีแนน มีคะแนนความชอบสูงสุด และถ้าพิจารณาจากการใช้สารทำให้เกิดเจลทั้ง 3 ชนิด พบว่าคุณลักษณะโดยรวมสารเพคตินและคาราจีแนนดีที่สุด อย่างไรก็ตามเพคติน มีราคาสูงมาก เมื่อเปรียบเทียบกับราคาของคาราจีแนน และกลูโคแมนแนนซึ่งมีราคาต่ำกว่าเพคติน 1.6 เท่า และ 1.9 เท่า ตามลำดับ และสูตรที่มีลักษณะแยมดีที่สุด คือ แยมที่มีการใช้เพคติน เนื่องจากผลิตภัณฑ์เกิดการซินเนอริซิสน้อยมีผลทำให้โครงสร้างของแยมไม่เกิดการเปลี่ยนแปลงมากนัก รองลงมาคือสารคาราจีแนน และกลูโคแมนแนน ตามลำดับ และถ้ามีการใช้สารคาราจีแนน และกลูโคแมนแนนร่วมกัน จะช่วยลดต้นทุนการผลิต และสามารถลดการเกิดซินเนอริซิสในผลิตภัณฑ์แยมมะม่วงได้ [3] ทั้งนี้ต้องวิเคราะห์หาสัดส่วนที่เหมาะสมในการใช้ร่วมกันเพื่อให้ได้ลักษณะเจลที่ดี ไม่แตกและเปราะง่าย ซึ่งสามารถนำไปต่อยอดงานวิจัยต่อไป

5. กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยฉบับนี้ได้รับการสนับสนุนทุนจากมหาวิทยาลัยกาฬสินธุ์ ให้ดำเนินโครงการวิจัย งบประมาณรายจ่าย ประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2560 ผู้ทำวิจัยขอกราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูงไว้ ณ โอกาส นี้

6. เอกสารอ้างอิง

[1] M. Jarisurat, “Mangifera indica L. cv. Mahachanok,” *Kasikol paper Journal,* vol. 72, no. 5, pp. 425–430, 2003.

[2] S. Lenanurak, *Fruit and vegetables Processing,* 1st ed. Chiang mai: Chiang mai University press, 1992.

[3] N. Rattanapanon, *Food chemistry,* 2nd ed. Bangkok: O.S. Printing House, 2008.

[4] N. Rattanapanon, *Food chemistry,* 1st ed. Bangkok: O.S. Printing House, 2002.

[5] K. Chowna, “Carrot Jam from Glucomannan,” M.S. thesis, Dept. Faculty of Agro-industy.Bangkok, Kasetsart Univ., Bangkok,Thailand. 2006.

[6] S. Apiratananusorn, “Development of low calorie mangosteen jam supplemented

with rind of mangosteen," *Asia-Pacific of Science and Technology Journal,* vol. 16, no. 7, pp. 825-834, 2011.

[7] K. H. Lahrech, A. Safouane and J. Peyrellasse, "Sol state formation and melting of agar gels rheological study," *Physica A: Statistical Mechanics and its Applications Journal,* vol. 358, no. 1, pp. 205–211, 2005.

[8] A. Komla, "Influence of elasticity on the syneresis properties of carrageenan gels," *Carbohydrate Polymers Journal,* vol.115, no. 1, pp. 408-414, 2015.

[9] B. Santana, "Rheological, textural, micro-structural and sensory properties of mango jam," *Food Engineering Journal,* vol.100, no. 1, pp. 357-365, 2010.

[10] B. Santana,"Rheological, textural and spectral characteristics of sorbitol substituted mango jam," *Food Engineering Journal,* vol. 105, no. 1, pp. 503-512, 2011.

[11] B. Santana,"Effect of substitution of stevioside and sucralose on rheological, spectral, color and microstructural characteristics of mango jam, " *Food Engineering Journal*, vol. 114, no. 1, pp. 465-476, 2013.