KKU Res J. 2011; 16(7): 825-834
http://resjournal.kku.ac.th

การพัฒนาแยมมังคุดแคลอรี่ต่ำผสมเปลือกมังคุด

Development of Low Calorie Mangosteen Jam Supplemented with Rind of Mangosteen

*สุภาพร อภิรัตนานุสรณ์**

*Supaporn Apirattananusorn**

สาขาวิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏสุราษฎร์ธานี
**Correspondent author: supapornapi@yahoo.com*

Received June 20, 2011
Accepted July 22, 2011

บทคัดย่อ

การพัฒนาแยมมังคุดแคลอรี่ต่ำสูตรใช้มอลติทอลทดแทนน้ำตาลทั้งหมดและเติมเปลือกมังคุดปริมาณร้อยละ 12 (น้ำหนักเปียก) ของเนื้อมังคุด พบว่าผู้ทดสอบชิมยอมรับในด้านการประเมินทางประสาทสัมผัส ผลิตภัณฑ์มีปริมาณใยอาหารทั้งหมดร้อยละ 2.00 น้ำตาลทั้งหมดร้อยละ 27.12 น้ำตาลรีดิวซ์ร้อยละ 4.59 มีความชื้นร้อยละ 40.70 ค่าพลังงานของแยมสูตรมอลติทอลมีค่า 2.09 กิโลแคลอรี่ต่อกรัม มีค่าลดลงต่ำกว่าแยมมังคุดสูตรน้ำตาล (2.63 กิโลแคลอรี่/กรัม) การเติมเปลือกและใช้มอลติทอลทดแทนน้ำตาลพบว่าแยมมีสารประกอบฟีนอลิกและความสามารถในการยับยั้งอนุมูลอิสระ DPPH เพิ่มขึ้น แต่ความแข็งแรงของเจลมีค่าลดลง ตรวจพบจุลินทรีย์ทั้งหมดไม่เกิน 1×10^4 CFU/กรัม ยีสต์ไม่เกิน 100 CFU/กรัม และราไม่เกิน 100 CFU/กรัม และไม่พบการเจริญของ *E. coli* ตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา โดยแยมมีอายุการเก็บรักษาได้อย่างน้อย 12 สัปดาห์

Abstract

The development of low calorie mangosteen jam by replacing total sugar with maltitol syrup and supplementing with rind of mangosteen 12% (wet basis) of mangosteen pulp revealed that the sensory evaluation was accepted by panelists. The product contained total dietary fiber 2.00%, total sugar 27.12%, reducing sugar 4.59% and moisture 40.70%. The calorie was 2.09 kcal/g, less than the original sugar mangosteen jam (2.63 kcal/g). The addition of rind of mangosteen and maltitol increased total phenolic compound and antioxidant capacity but decreased the gel strength of the jam. Through storage of 12 weeks, total microorganisms were found < 1×10^4 CFU/g, yeasts < 100 CFU/g and moulds < 100 CFU/g, while *E. coli* was not found. The low calorie jam could be kept at least 12 weeks.

คำสำคัญ: แยมมังคุด มอลติทอล สารประกอบฟีนอลิก ความสามารถในการยับยั้งอนุมูลอิสระ
Keywords: mangosteen jam, maltitol, phenolic compound, antioxidant capacity

1. บทนำ

มังคุด (*Garcinia mangostana*) เป็นผลไม้ที่ออกตามฤดูกาล ภาคตะวันออกจะออกผลผลิตในช่วงเดือนพฤษภาคมถึงมิถุนายน ส่วนภาคใต้ออกในช่วงเดือนกรกฎาคมถึงกันยายน การบริโภคมังคุดนิยมนำมาบริโภคสด แต่เนื่องจากบางครั้งมีปัญหามังคุดไม่ได้ขนาด มียางไหลเยิ้มบริเวณเปลือกทั้งด้านในและนอกเปลือก หรือเนื้อผลบางส่วนมีลักษณะเป็นแก้ว และบางปีผลผลิตออกสู่ตลาดมากเกินไปจึงทำให้ขายไม่ได้ราคา ดังนั้นจึงมีการนำมังคุดมาแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์ต่าง ๆ เช่น มังคุดกวน น้ำมังคุด และแยมมังคุด นอกจากนี้เปลือกมังคุดยังเป็นวัสดุที่มีประโยชน์ เพราะมีสารแทนนิน (tannin) ที่มีฤทธิ์ในการแก้อาการท้องเดิน สารแซนโทน (xanthones) ซึ่งมีอยู่ด้วยกันหลายชนิดมีคุณสมบัติในการเป็นสารต้านอนุมูลอิสระ และต้านการติดเชื้อ (1) โดยเฉพาะแอลฟาแมงโกสติน (α-mangostin) มีคุณสมบัติในการต่อต้านการเกิดความผิดปกติของเซลล์ในลำไส้ใหญ่ (2) เปลือกมังคุดมีสารประกอบฟีนอลิกอยู่สูงประมาณ 5,027 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม (น้ำหนักแห้ง) และมีคุณสมบัติในการเป็นสารต้านอนุมูลอิสระ (3)

ปัจจุบันผู้บริโภคมีความต้องการอาหารที่มีผลดีต่อสุขภาพมากขึ้น เช่น ไม่ต้องการอาหารที่ใช้สารปรุงแต่งหรือสารกันเสีย ต้องการอาหารที่มีไขมันและคอเลสเตอรอลต่ำ และต้องการอาหารที่มีน้ำตาลและแคลอรี่ต่ำ แต่มีใยอาหารและแคลเซียมมากขึ้น การผลิตผลิตภัณฑ์อาหารเพื่อสุขภาพ (functional foods) โดยนำวัสดุธรรมชาติที่มีองค์ประกอบของสารที่มีประโยชน์ต่อร่างกายเป็นส่วนประกอบจึงเป็นที่นิยม เพราะเป็นอาหารที่ช่วยส่งเสริมให้มีสุขภาพดี ลดความเสี่ยงต่อการเกิดโรค และช่วยป้องกันโรค ผู้วิจัยจึงมีแนวคิดที่จะเพิ่มมูลค่าให้กับมังคุดโดยนำมาผลิตเป็นแยมมังคุด แต่เนื่องจากแยมเป็นอาหารที่มีน้ำตาลเป็นองค์ประกอบสูงถึงร้อยละ 45-60 จึงมีแนวคิดที่จะพัฒนาเป็นแยมมังคุดแคลอรี่ต่ำผสมเปลือกมังคุดโดยใช้สารให้ความหวานที่ให้แคลอรี่ต่ำทดแทนน้ำตาล

การผลิตแยมทั่วไปมีส่วนประกอบที่สำคัญได้แก่ เนื้อผลไม้ น้ำตาล เพกทิน และกรด เพกทินที่ใช้เป็นชนิด high methoxyl pectin ที่สามารถเกิดระบบเจลได้เมื่อรวมตัวกับกรดและน้ำตาลที่ความเข้มข้นสูง แต่การผลิตแยมแคลอรี่ต่ำจำเป็นต้องใช้เพกทินชนิด low methoxyl pectin เพราะเพกทินชนิดนี้สามารถเกิดเจลเมื่อรวมตัวกับกรดและน้ำตาลในปริมาณน้อยหรือไม่มีน้ำตาลก็ได้ แต่ในระบบการเกิดเจลจำเป็นต้องมีไดวาเลนซ์ของแคทไอออนที่เหมาะสม เช่น แคลเซียมไอออนรวมอยู่ด้วยจึงจะเกิดเป็นเจลได้ โดยที่ไดวาเลนซ์ทำหน้าที่ยึดระหว่างหมู่คาร์บอกซิลของเพกทินสองโมเลกุล เกิดเป็นพันธะข้ามที่มีลักษณะเป็นแบบจำลองกล่องไข่ (egg box) (4-5)

2. วิธีการวิจัย

2.1 การเตรียมเปลือกมังคุดและเนื้อมังคุด

มังคุดรับซื้อจากแหล่งขายในจังหวัดสุราษฎร์ธานี เนื่องจากเปลือกอ่อนด้านในของมังคุดมีความฝาดขม ดังนั้นจึงศึกษาการลดความฝาด ซึ่งทำได้หลายวิธี ได้แก่ การแช่ในน้ำอุ่น เอทิลแอลกอฮอล์ หรือสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ เป็นต้น (6) จากการศึกษาเบื้องต้นโดยนำเปลือกอ่อนด้านในแช่ในน้ำอุ่น เอทิลแอลกอฮอล์ร้อยละ 95 น้ำปูนใสร้อยละ 2 และสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ร้อยละ 2 พบว่า การแช่น้ำอุ่นที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส เป็นวิธีการที่เหมาะสมที่สุด สามารถลดความฝาดของเปลือกได้ จึงแช่เปลือกอ่อนด้านในต่อน้ำในอัตราส่วน 1:4 แช่ในอ่างน้ำควบคุมอุณหภูมิที่ 50 องศาเซลเซียส เขย่าด้วยความเร็วรอบ 100 รอบต่อนาที นาน 60 นาที กรองน้ำทิ้งออก นำเปลือกมังคุดบรรจุถุงพลาสติก เก็บรักษาที่อุณหภูมิ -20 องศาเซลเซียส ส่วนเนื้อมังคุดนำมาแยกเมล็ดออกโดยใช้มีดตัดเอาเฉพาะส่วนเนื้อ แล้วบดให้ละเอียดด้วยเครื่องบดผสม (Panasonic,

ไทย) นำมาบรรจุถุงพลาสติก เก็บรักษาที่อุณหภูมิ -20 องศาเซลเซียส เมื่อนำมาใช้จะละลายน้ำแข็งก่อนโดยแช่น้ำตั้งทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้อง

2.2 การศึกษาปริมาณของเปลือกอ่อนด้านในของมังคุดที่เหมาะสมในการผลิตแยมมังคุด

ใช้เปลือกมังคุดปริมาณร้อยละ 0 (ชุดควบคุม), 3, 6, 9 และ 12 ของน้ำหนักเนื้อมังคุดที่เตรียมไว้บดผสมลงในเนื้อมังคุด วิเคราะห์เปรียบเทียบคุณภาพกับแยมชุดควบคุมคือไม่ผสมเปลือก ดัดแปลงโดยใช้ขั้นตอนการผลิตแยมมังคุดตามวิธีของ Vonghirandacha (7) โดยใช้เพกทินชนิด high methoxyl pectin ร้อยละ 0.3 ของน้ำหนักทั้งหมด (เนื้อมังคุดและน้ำตาล)

2.3 การศึกษาปริมาณของสารให้ความหวานทดแทนน้ำตาลทรายและแคลเซียมคลอไรด์ที่เหมาะสมในการผลิตแยมมังคุดแคลอรี่ต่ำผสมเปลือกมังคุด

นำสูตรแยมมังคุดที่เติมเปลือกอ่อนด้านในที่ได้รับการยอมรับสูงจากข้อ 2.2 มาผลิตแยมแคลอรี่ต่ำโดยใช้มอลติทอลชนิดเหลว (maltitol syrup) ซึ่งเป็นสารให้ความหวานแคลอรี่ต่ำทดแทนน้ำตาลโดยใช้อัตราส่วนของมอลติทอลต่อน้ำตาลทราย เท่ากับ 70:30, 80:20 และ 100:0 และใช้แคลเซียมคลอไรด์ร้อยละ 2 และ 3 ของน้ำหนักเพกทิน โดยใช้เพกทินชนิด low methoxyl pectin แทน high methoxyl pectin

2.4 การศึกษาอายุการเก็บรักษาของแยมมังคุด

บรรจุแยมมังคุดสูตรที่เหมาะสมลงในขวดแก้วขนาด 30 กรัม ปิดฝาให้สนิท นึ่งฆ่าเชื้อที่อุณหภูมิน้ำเดือดเป็นเวลา 20 นาที แล้วทำให้เย็นตัวลงโดยนำขวดมาแช่ในน้ำที่อุณหภูมิห้อง ยกขึ้นตั้งทิ้งไว้ให้แห้ง เก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง นำมาตรวจสอบคุณภาพทุกๆ 2 สัปดาห์ เป็นเวลา 12 สัปดาห์

2.5 การตรวจสอบคุณภาพทางด้านประสาทสัมผัสและการยอมรับ

ตรวจสอบคุณลักษณะด้านสี กลิ่น รสชาติ ลักษณะปรากฏ เนื้อสัมผัส (ความหนืด ความแข็งแรงของเจล) ลักษณะการปาดหรือทาไปบนแผ่นขนมปัง และความชอบโดยรวม โดยใช้วิธีทดสอบแบบ Hedonic scale 9 points (9 = ชอบมากที่สุด, 1 = ไม่ชอบมากที่สุด) จากผู้ทดสอบชิมที่คุ้นเคยกับผลิตภัณฑ์แยม จำนวน 30 คน ส่วนการศึกษาอายุการเก็บรักษาใช้ผู้ทดสอบชิมที่ผ่านการฝึกฝน จำนวน 10 คน (ค่าเฉลี่ยที่ได้คะแนน ≥ 5.0 ถือว่าได้รับการยอมรับจากผู้ทดสอบชิม)

2.6 การตรวจสอบคุณภาพทางกายภาพและเคมี

ตรวจวัดความแข็งแรงของเจล (Lloyd รุ่น LR 30K, อังกฤษ) วัดค่าสีโดยใช้แผ่นเทียบสี (RHS Colour chart, อังกฤษ) ค่าวอเตอร์แอคติวิตี้ (a_w) (Rotronic รุ่น A2101, สหรัฐอเมริกา) ปริมาณกรดทั้งหมด (tritratable acidity คำนวนในรูปของกรดซิตริก) ค่า pH (Eutech รุ่น Cyber Scan pH 510, สิงคโปร์) ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ทั้งหมด โดยใช้ Hand refractometer (N. O.W. รุ่น 507-II และ 507-III, ญี่ปุ่น) วิเคราะห์ใยอาหารทั้งหมด (8) ปริมาณน้ำตาลทั้งหมดและปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ทั้งหมด (9) ปริมาณแซนโทนโดยวิธี HPLC (LabAlliance รุ่น Series II, สหรัฐอเมริกา) วัดค่าพลังงานด้วยเครื่องวิเคราะห์ค่าพลังงาน (Leco รุ่น AC-500, สหรัฐอเมริกา) วัดความชื้นด้วยเครื่องวิเคราะห์ความชื้นระบบอินฟราเรด (Kett รุ่น FD-620, ญี่ปุ่น) วัดปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด (10) วัดความสามารถในการยับยั้งอนุมูลอิสระ (antioxidant capacity) โดยวิธี DPPH free radical scavenging activity (11) คำนวณค่าเป็นร้อยละของความสามารถในการยับยั้งอนุมูลอิสระ

2.7 การตรวจสอบคุณภาพทางจุลินทรีย์

วิเคราะห์ปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด (8) ปริมาณยีสต์และราทั้งหมด (8) และปริมาณของ *E. coli* (ชุดแผ่นทดสอบ 3M Petrifilm™, สหรัฐอเมริกา)

2.8 การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

วิเคราะห์ค่าเฉลี่ยและความแตกต่างของค่าเฉลี่ย ส่วนการทดสอบทางด้านประสาทสัมผัสวางแผนการทดลองแบบ RCBD วิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) วิเคราะห์ความแตกต่างของค่าเฉลี่ย ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 (p<0.05) โดยวิธี Duncan's new multiple range test (DMRT) โดยใช้โปรแกรมสถิติ SPSS version 11.5

3. ผลการวิจัยและอภิปราย

3.1 ผลการศึกษาปริมาณของเปลือกมังคุดที่เหมาะสมในการผลิตแยมมังคุด

การประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสเบื้องต้นพบว่า การเติมเปลือกปริมาณร้อยละ 15 แยมจะมีลักษณะเป็น เจลน้อย ดังนั้นจึงใช้ระดับเปลือกมังคุดสูงสุดที่ร้อยละ 12 ในการศึกษา เปลือกมังคุดสดที่เตรียมได้มีความชื้นร้อยละ 70.10±1.55 พบว่าการเติมเปลือกมังคุดในปริมาณต่าง ๆ นั้น แยมมังคุดยังคงมีการเซตตัวในการเกิดเจลที่ดี คะแนนการประเมินทางด้านประสาทสัมผัส ด้านสี กลิ่น รสชาติ ลักษณะปรากฏ เนื้อสัมผัส ลักษณะการปาดไปบนแผ่นขนมปังและความชอบโดยรวมไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ (p>0.05) ผู้ทดสอบชิมไม่ได้รสชาติความฝาดของเปลือกมังคุดที่ใช้ แยมมังคุดมีรสชาติหวานอมเปรี้ยว มีลักษณะปรากฏผิวหน้าเป็นแผ่นฟิล์มมันวาว มีความคงตัวมาก ไม่มีลักษณะของน้ำไหลเยิ้ม เนื้อสัมผัสมีลักษณะเรียบเนียนเป็นเนื้อเดียวกัน มีความหนืดหรือความแข็งแรงของเจลที่ปาดไปบนแผ่นขนมปังได้โดยง่าย และมีการกระจายตัวของเนื้อและเปลือกสม่ำเสมอ ผู้ทดสอบชิมให้คะแนนความชอบอยู่ในช่วงชอบเล็กน้อยถึงชอบปานกลาง (คะแนนระหว่าง 6-7) ยกเว้นด้านกลิ่น (คะแนนระหว่าง 5-6) ทั้งนี้อาจเป็นเพราะเนื้อมังคุดมีกลิ่นรสตามธรรมชาติน้อย

เปลือกมังคุดที่เติมลงไป มีผลต่อค่าสี พบว่าการใช้เปลือกมังคุดในปริมาณที่มากขึ้น ค่าความเข้มของสีจะเพิ่มขึ้นตามลำดับ แยมมีค่า pH อยู่ในช่วง 3.09-3.11 มีค่า a_w 0.51-0.52 และมีปริมาณกรดทั้งหมดร้อยละ 0.92-0.95 ลักษณะสีของแยมที่ผสมเปลือกมังคุด มีสีอยู่ในกลุ่ม GREYED-ORANGE GROUP 164/C ถึง 175/B มีลักษณะเป็นเฉดสีส้มเทาจนถึงสีน้ำตาลเข้ม ขึ้นอยู่กับปริมาณเปลือกที่เติม ค่าความแข็งแรงของเจลมีแนวโน้มลดลงเมื่อปริมาณของเปลือกมังคุดเพิ่มมากขึ้น โดยปริมาณเปลือกร้อยละ 12 มีค่าความแข็งแรงของเจลต่ำสุดเท่ากับ 9.60 KN/m^2

การเติมเปลือกร้อยละ 12 ยังคงได้รับการประเมินด้านรสชาติ เนื้อสัมผัส และการยอมรับโดยรวมสูง และผู้ทดสอบชิมยังคงยอมรับได้ (คะแนนเฉลี่ย ≥ 5) จึงเลือกอัตราส่วนนี้มาพัฒนาเป็นผลิตภัณฑ์แยมมังคุดแคลอรี่ต่ำต่อไป

3.2 ผลการศึกษาปริมาณของมอลติทอลและแคลเซียมคลอไรด์ในการผลิตแยมมังคุด

การใช้มอลติทอลต่อน้ำตาลในอัตราส่วนต่าง ๆ กัน คือ 70:30, 80:20 และ 100:0 ร่วมกับการใช้แคลเซียมคลอไรด์ พบว่า คะแนนการประเมินทางด้านประสาทสัมผัสต่าง ๆ ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ (p>0.05) โดยมีคะแนนความชอบอยู่ในช่วงชอบเล็กน้อยถึงชอบปานกลาง (คะแนนระหว่าง 6-7) ยกเว้นด้านกลิ่น (คะแนนระหว่าง 5-6) (ตารางที่ 1)

ผลิตภัณฑ์แยมมังคุดแคลอรี่ต่ำทุกสูตร มีรสชาติหวานอมเปรี้ยวและไม่มีรสฝาด มีลักษณะปรากฏผิวหน้าเป็นแผ่นฟิล์มมันวาว มีความคงตัวปานกลาง ไม่มีลักษณะของน้ำไหลเยิ้ม มีเนื้อสัมผัสเรียบเนียนเป็นเนื้อเดียวกัน มีความแข็งแรงของเจลปานกลาง ปาดไปบนขนมปังได้โดยง่าย และมีการกระจายตัวของเนื้อและเปลือกอย่างสม่ำเสมอ มีลักษณะเป็นสีน้ำตาลส้มเข้ม ค่าสีอยู่ในกลุ่ม GREYED-ORANGE GROUP 175/C แยมที่ใช้มอลติทอลทดแทนน้ำตาลมีสีที่อ่อนกว่า

ตารางที่ 1. คะแนนคุณภาพทางประสาทสัมผัสของแยมมังคุดเติมเปลือกร้อยละ 12 โดยใช้อัตราส่วนของมอลติทอลต่อน้ำตาลต่างกันร่วมกับการใช้แคลเซียมคลอไรด์

อัตราส่วนมอลติทอลต่อน้ำตาล	$CaCl_2$ (%)	คุณลักษณะ						
		สี^{ns}	กลิ่น^{ns}	รสชาติ^{ns}	ลักษณะปรากฏ^{ns}	เนื้อสัมผัส^{ns}	ลักษณะภาพปาก^{ns}	ความชอบโดยรวม^{ns}
70:30	2	6.60±1.13	5.53±0.94	6.87±1.14	6.80±0.96	6.67±1.09	6.93±1.11	7.00±1.10
70:30	3	6.73±1.01	5.70±1.15	6.87±1.36	6.77±1.10	6.73±1.36	6.77±1.10	7.07±1.11
80:20	2	6.47±0.97	5.63±0.93	6.73±1.05	6.80±1.03	6.60±1.35	6.77±1.17	6.87±0.94
80:20	3	6.57±1.01	5.47±0.90	6.73±1.28	6.93±0.94	6.87±1.20	6.83±1.15	6.77±1.20
100:0	2	6.53±1.14	5.73±1.05	6.63±1.27	6.67±0.99	6.73±1.23	6.83±1.10	7.00±1.02
100:0	3	6.63±1.07	5.70±1.02	6.47±1.11	6.77±0.94	6.63±1.10	6.53±1.17	6.80±0.92

หมายเหตุ ^{ns} หมายถึง ค่าเฉลี่ยในคอลัมน์เดียวกันไม่มีความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ (p>0.05)

ตารางที่ 2. องค์ประกอบและค่าพลังงานของแยมมังคุด

องค์ประกอบ	ผสมเปลือก 12%	
	สูตรใช้น้ำตาล	สูตรใช้มอลติทอล
ใยอาหารทั้งหมด (% น้ำหนักเปียก)	2.29±0.17	2.00±0.15
น้ำตาลทั้งหมด (% น้ำหนักเปียก)	54.77±0.07	27.12±0.03
น้ำตาลริดิวซ์ทั้งหมด (%น้ำหนักเปียก)	20.71±0.03	4.59±0.01
แซนโทน (มก./กก. น้ำหนักเปียก)	9.67±0.02	9.61±0.02
ความชื้น (%)	32.07±1.80	40.70±0.95
ค่าพลังงาน (กิโลแคลอรี่/กรัม)	2.63±0.01	2.09±0.04

การใช้น้ำตาลทราย เป็นเพราะมอลติทอลจัดเป็นน้ำตาลนอนริดิวซ์ (non-reducing sugar) ชนิดหนึ่ง มีความคงทนต่อกรดและความร้อนได้ดี จึงไม่เกิดปฏิกิริยาเมลลาร์ดหรือคาราเมไลเซชัน (5, 12) เจลมีลักษณะอ่อนนุ่มกว่าแยมมังคุดที่ใช้น้ำตาลเพียงอย่างเดียว สอดคล้องกับงานวิจัยของ Hongkham และ Oumaree (13) มอลติทอลเป็นสารกลุ่มพอลิออลจึงจับกับโมเลกุลของน้ำได้ดี แยมจึงมีปริมาณความชื้นสูงกว่าแยมที่ใช้น้ำตาล (ตารางที่ 2) ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้อยู่ในช่วง 53.50-55.50 องศาบริกซ์ มีค่า a_w 0.56-0.62 มีปริมาณกรดทั้งหมดร้อยละ 0.81-0.89 และมีความแข็งแรงของเจล 2.30-3.45 KN/m^2 แยมมังคุดมีการเซตตัวของเจลเกิดขึ้นช้า และสังเกตพบว่าเมื่อเคี่ยวแยมต่อไปเพื่อลดปริมาณน้ำลงอีกจนมีปริมาณของแข็งที่ละลายได้ในน้ำประมาณ 65 องศาบริกซ์ แยมจะจับตัวกันเป็นก้อนลิ่มๆ มีความหนืดมากขึ้นจนไม่สามารถบรรจุลงในขวดแก้วได้ การลดปริมาณน้ำจึงไม่สามารถลดไปได้มากกว่านี้ มอลติทอลจัดเป็นสารให้ความหวานที่ให้แคลอรี่ต่ำ มีความหวานประมาณร้อยละ 60-90 ของน้ำตาลปกติ ไม่ทำให้ฟันผุ โดยให้พลังงานประมาณ 2.3-3.4 กิโลแคลอรี่ต่อกรัม (14)

การศึกษาครั้งนี้ต้องการพัฒนาผลิตภัณฑ์แยมมังคุดที่ให้แคลอรี่ต่ำกว่าการใช้น้ำตาลทราย จึงเลือกผลิตแยมมังคุดผสมเปลือกมังคุดที่ใช้อัตราส่วนของมอลติทอลต่อน้ำตาล 100:0 (ใช้มอลติทอลทดแทนน้ำตาลทั้งหมด) เพื่อศึกษาอายุการเก็บรักษาต่อไป โดยใช้ร่วมกับแคลเซียมคลอไรด์ร้อยละ 3 เพราะเป็นระดับที่ให้ลักษณะของเจลที่ดี

ตารางที่ 3. ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกและร้อยละของความสามารถในการยับยั้งอนุมูลอิสระ DPPH ของแยมมังคุดสูตรใช้น้ำตาลและมอลติทอล

ปริมาณและคุณสมบัติของสาร	น้ำตาล		มอลติทอล	
	ไม่ผสมเปลือก	ผสมเปลือก 12%	ไม่ผสมเปลือก	ผสมเปลือก12%
ปริมาณสารประกอบฟีนอลิก (μg Gallic acid/mg Extracts)	0.13±0.00	0.23±0.00	0.21±0.00	0.28±0.00
ความสามารถในการยับยั้งอนุมูลอิสระ DPPH[a] (%)	22.0±00.25	32.73±0.19	42.63±0.69	52.15±0.16

หมายเหตุ [a] ใช้ตัวอย่าง 100 mg Extracts/ml

ตารางที่ 4. คะแนนการประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสของแยมมังคุดที่เติมเปลือกร้อยละ 12 สูตรใช้น้ำตาลระหว่างการเก็บรักษา

สัปดาห์ที่	คุณลักษณะ						
	สี[ns]	กลิ่น	รสชาติ	ลักษณะปรากฏ	เนื้อสัมผัส	ลักษณะการปาด	ความชอบโดยรวม
0	6.70±1.06	6.50±1.27^{ab}	7.30±0.82^{b}	7.00±0.94^{ab}	7.00±0.94^{ab}	7.40±0.70^{ab}	7.40±0.52^{ab}
2	7.50±0.71	6.60±0.97^{ab}	7.50±0.53^{bc}	7.30±1.06^{ab}	7.50±0.97^{ab}	7.50±0.71^{ab}	7.80±0.79^{ab}
4	7.10±0.74	5.70±0.95^{a}	7.30±0.82^{b}	7.40±0.84^{ab}	7.00±0.94^{ab}	7.00±0.67^{ab}	7.50±0.71^{ab}
6	7.70±0.67	7.00±1.41^{b}	7.70±0.67^{bc}	7.90±0.74^{b}	8.10±0.88^{b}	8.00±0.67^{b}	8.20±0.79^{b}
8	7.30±0.95	6.90±0.88^{b}	8.20±0.63^{c}	7.30±0.82^{ab}	7.70±0.48^{ab}	7.90±0.74^{ab}	8.00±0.47^{ab}
10	6.80±2.15	6.90±0.99^{b}	7.40±0.97^{bc}	6.70±2.11^{a}	6.80±2.25^{a}	6.90±2.30^{ab}	7.20±1.69^{a}
12	6.90±1.10	5.70±1.06^{a}	6.30±1.25^{a}	6.80±1.03^{ab}	6.70±0.95^{a}	6.80±0.92^{a}	7.20±1.03^{a}

หมายเหตุ [ns] หมายถึง ค่าเฉลี่ยในคอลัมน์เดียวกันไม่มีความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ (p>0.05)

[a, b, c] หมายถึง ตัวอักษรที่แตกต่างกัน ค่าเฉลี่ยในคอลัมน์เดียวกันมีความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ (p<0.05)

และมีความแข็งแรงของเจลสูงกว่าการใช้แคลเซียมคลอไรด์ร้อยละ 2 เมื่อเปรียบเทียบปริมาณใยอาหารของแยมมังคุดสูตรใช้น้ำตาลและสูตรใช้มอลติทอลทดแทนน้ำตาลทั้งหมดโดยไม่ผสมเปลือก พบว่ามีปริมาณใยอาหารทั้งหมดร้อยละ 1.60±0.09 และ 1.44±0.08 ตามลำดับ ปริมาณใยอาหารมีค่าเพิ่มขึ้นเมื่อผสมเปลือกลงไปโดยมีค่าร้อยละ 2.29 และ 2.00 ตามลำดับ (ตารางที่ 2) ค่าพลังงานของแยมสูตรมอลติทอล (2.09 กิโลแคลอรี่/กรัม) มีค่าลดลงประมาณร้อยละ 25 ของพลังงานแยมสูตรน้ำตาล (2.63 กิโลแคลอรี่/กรัม) อาจกล่าวอ้างทางโภชนาการได้ว่าเป็นอาหารที่มีพลังงานลดลงหรือน้อยกว่าปกติ การผสมเปลือกลงไปจะทำให้ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกและความสามารถในการยับยั้งอนุมูลอิสระ DPPH มีค่าเพิ่มขึ้น ในกรณีใช้มอลติทอลทดแทนน้ำตาลในแยมมังคุด พบว่าค่าทั้ง 2 จะมีค่าสูงกว่าการใช้น้ำตาล (ตารางที่ 3)

3.3 ผลการศึกษาอายุการเก็บรักษาของแยมมังคุด

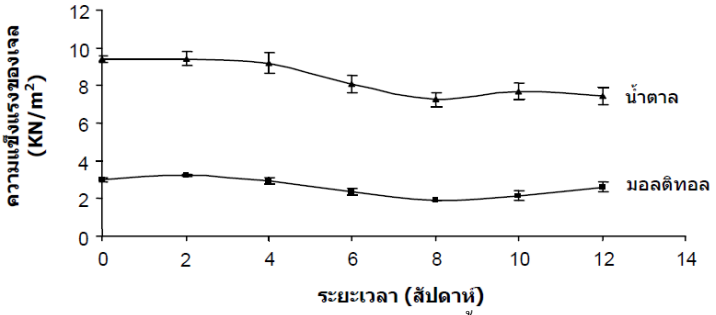
การเก็บรักษาแยมมังคุดที่ผสมเปลือกทั้ง 2 สูตร คือสูตรน้ำตาลและสูตรมอลติทอลทดแทนน้ำตาลทั้งหมด เป็นเวลา 12 สัปดาห์ พบว่าการประเมินทางประสาทสัมผัสของแยมมังคุดสูตรน้ำตาลด้านกลิ่น รสชาติ ลักษณะปรากฏ เนื้อ

ตารางที่ 5. คะแนนการประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสของแยมมังคุดที่เติมเปลือกร้อยละ 12 สูตรใช้มอลติทอลทดแทนน้ำตาลทั้งหมดระหว่างการเก็บรักษา

สัปดาห์ที่	คุณลักษณะ						
	สี	กลิ่น	รสชาติ^{ns}	ลักษณะปรากฏ	เนื้อสัมผัส	ลักษณะการปาด	ความชอบโดยรวม
0	6.30±1.06^{ab}	5.70±1.16^{a}	6.40±1.35	6.20±0.79^{a}	6.10±0.74^{a}	6.50±0.97^{ab}	6.70±0.95^{a}
2	6.40±1.07^{abc}	6.20±1.14^{ab}	6.50±0.85	6.70±0.95^{a}	6.50±0.85^{a}	7.10±0.74^{abc}	6.70±0.82^{a}
4	6.30±0.82^{ab}	5.60±0.84^{a}	6.70±0.95	6.60±0.97^{a}	6.30±0.82^{a}	6.60±0.70^{ab}	6.70±0.82^{a}
6	7.30±1.06^{c}	7.10±1.37^{b}	7.40±0.97	7.70±1.06^{b}	7.80±0.92^{b}	7.70±0.67^{c}	7.90±0.74^{b}
8	7.10±1.10^{bc}	6.30±1.25^{ab}	7.20±0.92	6.90±1.10^{ab}	7.00±1.76^{ab}	7.20±1.23^{bc}	7.10±0.99^{ab}
10	7.30±0.95^{c}	6.90±1.10^{b}	7.30±1.16	6.80±0.92^{ab}	6.10±1.60^{a}	6.90±0.88^{abc}	6.80±1.03^{a}
12	6.00±0.82^{a}	6.10±1.29^{ab}	6.40±0.84	6.20±1.23^{a}	6.10±1.20^{a}	6.20±1.14^{a}	6.60±1.07^{a}

หมายเหตุ ^{ns} หมายถึง ค่าเฉลี่ยในคอลัมน์เดียวกันไม่มีความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ (p>0.05)

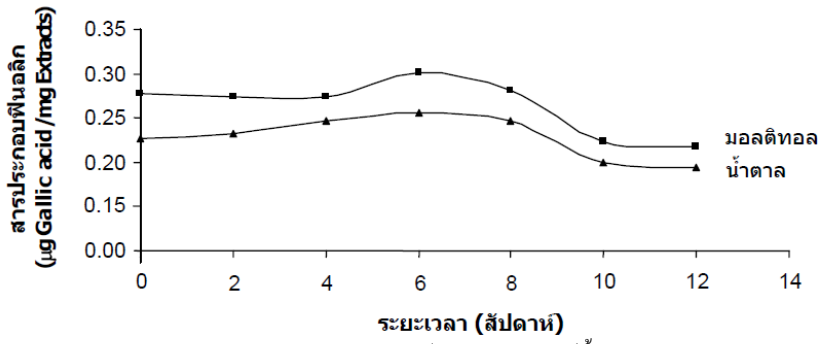
$^{a, b, c}$ หมายถึง ตัวอักษรที่แตกต่างกัน ค่าเฉลี่ยในคอลัมน์เดียวกันมีความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ (p<0.05)



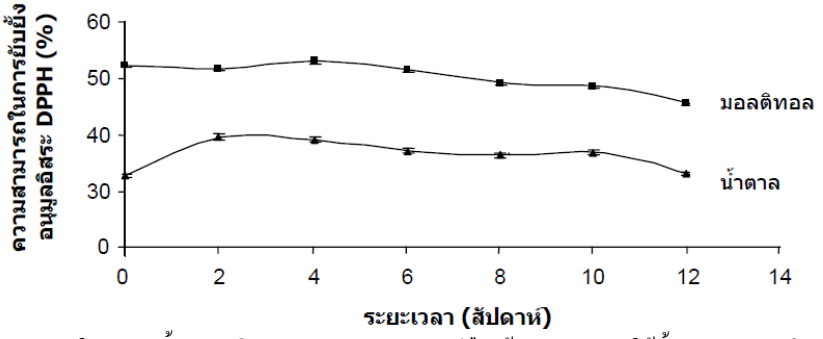
รูปที่ 1. ความแข็งแรงของเจลของแยมมังคุดผสมเปลือกร้อยละ 12 สูตรใช้น้ำตาลและมอลติทอลระหว่างการเก็บรักษา

สัมผัส ลักษณะการปาดไปบนแผ่นขนมปัง และความชอบโดยรวม มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p<0.05) ยกเว้นด้านสี มีคะแนนอยู่ในช่วงชอบเล็กน้อย-ชอบมาก (คะแนนระหว่าง 6-8) (ตารางที่ 4) แยมมังคุดมีสีน้ำตาลเข้มทุกสูตรการทดลอง สอดคล้องกับการวัดด้วย RSH color chart โดยอยู่ในกลุ่ม grey-orange group 175/B มีรสชาติหวานอมเปรี้ยว ลักษณะผิวหน้าเป็นแผ่นฟิล์มมันวาว ไม่มีน้ำไหลยิ้มและไม่ตกผลึก มีลักษณะเนื้อสัมผัสเรียบเนียนเป็นเนื้อเดียวกัน และมีการกระจายตัวของเนื้อและเปลือกอย่างสม่ำเสมอ มีปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้อยู่ในช่วง 65.50-67.75 องศาบริกซ์ มีค่า pH 3.02-3.12 อยู่ในช่วงที่กำหนดคือ 2.8-3.5 ตามมาตรฐานการผลิตแยม (15) มีค่า a_w 0.51-0.60 และมีปริมาณกรดทั้งหมดร้อยละ 0.89-0.97 มีปริมาณไม่เปลี่ยนแปลงมากนัก ส่วนความแข็งแรงของเจลมีค่าลดลงตั้งแต่สัปดาห์ที่ 4-8 และเพิ่มขึ้นในสัปดาห์ที่ 10 (รูปที่ 1)

การประเมินทางด้านประสาทสัมผัสของแยมมังคุดสูตรมอลติทอลทดแทนน้ำตาล มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p<0.05) ยกเว้นด้านรสชาติ คะแนนที่ได้อยู่ในช่วงชอบเล็กน้อย-ชอบปานกลาง (คะแนนระหว่าง 6-7) (ตารางที่ 5) แยมมีสีน้ำตาลส้มเข้ม มีสีที่อ่อนกว่าแยมที่ใช้น้ำตาล มีรสชาติหวานอมเปรี้ยว ลักษณะ



รูปที่ 2. ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกของแยมมังคุดผสมเปลือกร้อยละ 12 สูตรใช้น้ำตาลและมอลติทอลระหว่างการเก็บรักษา



รูปที่ 3. ความสามารถในการยับยั้งอนุมูลอิสระของแยมมังคุดผสมเปลือกร้อยละ 12 สูตรใช้น้ำตาลและมอลติทอลระหว่างการเก็บรักษา

ผิวหน้าเป็นแผ่นฟิล์มมันวาว ไม่มีน้ำไหลยิ้มและไม่ตกผลึก มีลักษณะเนื้อสัมผัสเรียบเนียนอ่อนนุ่มเป็นเนื้อเดียวกัน และมีการกระจายตัวของเนื้อและเปลือกอย่างสม่ำเสมอเช่นเดียวกับแยมมังคุดสูตรน้ำตาล ผู้ทดสอบชิมยอมรับแยมทั้ง 2 สูตร ถึงแม้ว่าแยมมังคุดสูตรมอลติทอลมีคะแนนน้อยกว่าก็ตาม ค่าสีของแยมอยู่ในกลุ่ม GREYED-ORANGE GROUP 175/C มีปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้อยู่ในช่วง 52.80-53.35 องศาบริกซ์ มีค่า pH 3.07-3.27 มีค่า a_w 0.59-0.69 และมีปริมาณกรดทั้งหมดร้อยละ 0.77-0.90 มีค่าไม่เปลี่ยนแปลงมากนัก ส่วนความแข็งแรงของเจลมีค่าลดลงในสัปดาห์ที่ 4 และมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นในสัปดาห์ที่ 10 (รูปที่ 1)

สารประกอบฟีนอลิกในแยมมังคุดสูตรมอลติทอลมีค่าสูงกว่าแยมมังคุดสูตรน้ำตาลตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา 12 สัปดาห์ และมีแนวโน้มลดลงภายหลังการเก็บรักษาไว้ 8 สัปดาห์ (รูปที่ 2) การทดสอบความสามารถในการยับยั้งอนุมูลอิสระ DPPH พบว่าแยมมังคุดสูตรมอลติทอลมีค่าสูงกว่าสูตรน้ำตาลตลอดระยะเวลาการเก็บรักษาเช่นกัน และมีแนวโน้มลดลงเมื่อระยะเวลาการเก็บรักษาผ่านไป 2-4 สัปดาห์ (รูปที่ 3) ทั้งนี้อาจเป็นเพราะมอลติทอลมีคุณสมบัติคล้ายกันกับสารให้ความหวานอื่น ๆ ในกลุ่มเดียวกัน ได้แก่ แมนนิทอล ไซลิทอล และเออริทริทอล คือทำหน้าที่เป็นตัวดักจับอนุมูลอิสระ (free radical scavenger) จึงกับจับสารอนุมูลอิสระได้ดี (16, 17, 18 cited by 19)

การตรวจสอบทางจุลินทรีย์ในแยมมังคุดสูตรใช้น้ำตาล พบว่าในสัปดาห์เริ่มต้นและสัปดาห์ที่ 2 ไม่พบจุลินทรีย์ทั้งหมด แต่เมื่อเก็บไว้เป็นเวลา 4 สัปดาห์ พบจุลินทรีย์ทั้งหมดจำนวน 1.0×10^2 CFU/กรัม จนกระทั่งสัปดาห์ที่ 12 พบจุลินทรีย์

ทั้งหมดเช่นกัน โดยจำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมดมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นในทุกๆ 2 สัปดาห์ แต่ไม่เกิน 1.0×10^4 CFU/กรัม ตามเกณฑ์มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน มผช. 342/2547 (20) ไม่พบยีสต์และราในสัปดาห์เริ่มต้นจนถึงสัปดาห์ที่ 4 แต่พบในสัปดาห์ที่ 6 จนถึงสัปดาห์ที่ 12 โดยพบในปริมาณน้อยกว่า 100 CFU/กรัม ซึ่งไม่เกินมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน ส่วนแยมมังคุดสูตรใช้มอลติทอลทดแทนน้ำตาลทั้งหมดเริ่มพบจุลินทรีย์ทั้งหมดในสัปดาห์ที่ 6 (50 CFU/กรัม) และเมื่อเก็บต่อไปจนตลอดอายุการเก็บรักษาจนกระทั่งสัปดาห์ที่ 12 พบจำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมดเกิดขึ้นแต่ไม่เกินมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน ไม่พบยีสต์และราใน 4 สัปดาห์แรก จนกระทั่งสัปดาห์ที่ 6 เป็นต้นไป พบจำนวนยีสต์และราเกิดขึ้นน้อยกว่า 100 CFU/กรัม แยมทั้ง 2 สูตรไม่พบจำนวน *E. coli* ตลอดอายุการเก็บรักษาทั้ง 12 สัปดาห์

4. สรุป

ผู้ทดสอบชิมยอมรับแยมมังคุดที่ผสมเปลือกทั้ง 2 สูตร คือสูตรใช้น้ำตาลและสูตรใช้มอลติทอลทดแทนน้ำตาล ค่าพลังงานของแยมสูตรมอลติทอล (2.09 กิโลแคลอรี่/กรัม) มีค่าลดลงประมาณร้อยละ 25 ของพลังงานแยมสูตรน้ำตาล (2.63 กิโลแคลอรี่/กรัม) การผสมเปลือกลงไปทำให้ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกและความสามารถในการยับยั้งอนุมูลอิสระ DPPH มีค่าเพิ่มขึ้น ในกรณีใช้มอลติทอลทดแทนน้ำตาล ค่าทั้ง 2 มีค่าสูงกว่าการใช้น้ำตาลและพบว่ามีค่าสูงกว่าตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา 12 สัปดาห์ แยมทั้ง 2 สูตรมีปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมดไม่เกิน 1.0×10^4 มีปริมาณยีสต์ไม่เกิน 100 CFU/กรัม และราไม่เกิน 100 CFU/กรัม และไม่พบการเจริญของ *E. coli*

ข้อสังเกตและข้อเสนอแนะ

1. จากการสังเกตพบว่าการแช่เยือกแข็งเนื้อมังคุดบดโดยเก็บรักษาที่อุณหภูมิ -20 องศาเซลเซียส จะมีสีเข้มขึ้นภายหลังการเก็บ 3-4 สัปดาห์ อาจเนื่องมาจากการเกิดปฏิกิริยาสีน้ำตาลโดยเอนไซม์ อย่างไรก็ตามเปลือกมังคุดที่ผสมลงไปจะกลบสีเข้มของเนื้อมังคุดบดจึงทำให้แยมมังคุดที่ผสมเปลือกมังคุดมีสีที่ไม่แตกต่างไปจากเดิม

2. เนื่องจากแยมมังคุดแคลอรี่ต่ำมีลักษณะเป็นเจลที่อ่อนนุ่ม จึงควรศึกษาการใช้ร่วมกับสารข้นหนืดอื่นๆ เช่น คาร์ราจีแนน เพื่อเพิ่มเนื้อสัมผัสให้มีลักษณะเป็นเจลใกล้เคียงกับแยมสูตรน้ำตาลทั่วไป

5. กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณ ดร.ถาวร จันทโชติ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.เถวียน วิทยา และผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ก่องกาญจน์ กิจรุ่งโรจน์ ที่ให้ข้อแนะนำงานวิจัยนี้ ขอขอบคุณบริษัทบูรพาชีพจำกัด ที่ให้ความอนุเคราะห์เพกทินชนิด low methoxyl pectin เพื่อใช้ในการวิจัย และขอขอบคุณมหาวิทยาลัยราชภัฏสุราษฎร์ธานีที่ให้การสนับสนุนงานวิจัยนี้ตลอดมา

6. เอกสารอ้างอิง

(1) Pedraza-Chaverri J, Cárdenas-Rodríguez N, Orozo-Ibarra M, Pérez-Rojas JM. Medicinal properties of mangosteen *(Garcinia mangostana)*. Food Chem Toxicol. 2008; 46: 3227-39.

(2) Nabandith V, Suzui M, Morioka T, Kaneshiro T, Kinjo T, Matsumoto K, et al. Inhibitory effects of crude R-mangostin, a xanthone derivative, on two different categories of colon preneoplastic lesions induced by 1,2-dimethylhydrazine in the rat. Asian Pac J Cancer Prev. 2004; 5: 433-8.

(3) Zadernowski R, Czaplicki S, Naczk M. Phenolic acid profiles of mangosteen fruits (*Garcinia mangostana*). Food Chem. 2009; 112: 685-9.

(4) Rattanapanone N. Food chemistry. 2nd ed. Bangkok: Odien Store; 2006. Thai.

(5) Tulyathan V. Food chemistry of carbohydrate. Chulalongkorn University Press; 2006. Thai.

(6) Sukhuntha S. Teaching document for vegetable and fruit processing. Chiang Mai: Maejo Institute of Agricultural Technology; 1992. Thai.

(7) Vonghirandacha N. Mangosteen jam. J Agri Tech. 2005;1(1): 88-93. Thai.

(8) AOAC. Official methods of analysis of the association of official analytical chemists. Washington, D.C.; 2000.

(9) Lane JH, Eynon L. Determination of reducing sugars by means of Fehling's solution with methylene blue as internal indicator. J Soc Chem Ind. 1923; 42: 32-7.

(10) Singleton VL, Rossi JA. Colorimetry of total phenolics with phosphomolybdic-phosphotungestic acid reagent. Am J Enol Viticul. 1965; 16: 144-58.

(11) Hatano T, Kagawa H, Yasuhara T, Okuda, T. Two new flavonoids and other constituents in licorice root: their relative astringency and radical scavenging effects. Chem Pharm Bull. 1988; 36: 2090-7.

(12) Heume M, Rapaille A. Versatility of maltitol in different forms as a sugar substitute. In: Grenby TH, editor. Advances in sweeteners. London: Chapman & Hall; 1996. p. 85-108.

(13) Hongkham C, Oumaree K. The development of sugar free strawberry jam. Research report. Office of the National Research Council of Thailand. 2007. Thai.

(14) Kearsley MW, Deis RC. Maltitol and maltitol syrups. In: Mitchell HL, editor. Sweeteners and sugar alternative in food technology. Oxford: Blackwell publishing Ltd.; 2006. p. 223-48.

(15) Ministry of Public Health. Ministry of Public Health Announcement (Issue 213) 2000. Jam, jelly and marmalade in hermetic containers. 2000. Thai.

(16) Perko R, Deis RC. Erythritol. In: Mitchell HL, editor. Sweeteners and sugar alternative in food technology. Oxford: Blackwell publishing Ltd.; 2006. p. 151-76.

(17) Hartog GJM, Boots AW, Adam-Perrot A, Brouns F, Verkooijen IWCM, Weseler AR, et al. Erythritol is a sweet antioxidant. Nutrition. 2010; 26: 449-58.

(18) Hartog G, Haenen G, Bast A. Superoxide and hydroxyl radical scavenging activity of erythritol and other polyols. Unpublished; 2001.

(19) Peter C, Bechert C-L. Erythritol. Functionality in noncaloric functional beverages. Pure Appl Chem. 2002; 74(7): 1281-9.

(20) Ministry of Industry. OTOP Standard. Jam. OTOP Standard 342/204; 2004. Thai.