การพัฒนาสูตรเยลลี่จากลองกองลูกร่วง

Product Development of Jelly from Longkong Falling Grade.

(*Lansium domesticum*, Corr.)

จีรนันท์ กล่อมนรา แก้วรักษา* และ พัชรี หลุ่งหม่าน

Cheeranun Klomnara kaewruksa* and Patcharee Lungmann

สาขาวิชาชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏสุราษฎร์ธานี

Program in Biology, Faculty of Science and Technology, Suratthani Rajabhat University

Received : 26 January 2018

Accepted : 11 June 2018

Published online : 20 June 2018

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาสูตรที่เหมาะสมในการผลิตเยลลี่จากลองกองลูกร่วง โดยการออกแบบสูตรเยลลี่ด้วยวิธี mixture design และศึกษาปัจจัยส่วนผสม 5 ปัจจัยในสูตรเยลลี่ลองกอง 25 สูตร รวมทั้งศึกษาคุณสมบัติด้านกายภาพ เคมีและจุลชีววิทยา ผลการศึกษาพบว่าเยลลี่ลองกอง 5 สูตร มีคุณภาพตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน 519/2547 คุณสมบัติด้านกายภาพพบว่าเยลลี่มีสีเหลืองใส เป็นประกาย คงตัวดีที่อุณหภูมิห้อง รอยตัดเรียบ คงรูป ไม่เหนียวติดช้อน และพบว่าเยลลี่ลองกองสูตรที่ 4 ประกอบด้วย น้ำลองกอง 25.2 มิลลิลิตร น้ำ 31.1 มิลลิลิตร น้ำตาล 35 กรัม เจลาติน 2.2 กรัม และ กรดซิตริก 0.5 กรัม ได้รับคะแนนประเมินด้านประสาทสัมผัสด้านความชอบรวมมากที่สุด คุณสมบัติด้านเคมี ประกอบด้วยปริมาณของแข็งที่ละลาย 4.7 องศาบริกซ์ พีเอช 3.2 คุณค่าทางโภชนาการประกอบด้วย โปรตีน ไขมัน ความชื้น เถ้า เยื่อใย และ คาร์โบไฮเดรต เท่ากับร้อยละ 2.06, 0.05, 55.64, 0.14, 1.63 และ 42.11 ตามลำดับ และให้พลังงานทั้งหมด 177.13 กิโลแคลอรี่ สารต้านอนุมูลอิสระในรูปวิตามินอีที่มีอนุพันธุ์ของ α–tocopherol น้อยกว่า 0.05 มิลลิกรัมต่อลิตร การตรวจสอบจุลินทรีย์ทั้งหมด *Escherichia coli*, *Staphylococcus aureus* ยีสต์และเชื้อราเป็นไปตามมาตรฐานผลิตชุมชน เมื่อเก็บไว้ 5 วัน ที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส

คำสำคัญ : ลองกองลูกร่วง, เยลลี่, การออกแบบการทดลองแบบผสม

***Corresponding author. E-mail** : mk_kaewruksa@hotmail.com

Abstract

This research study was investigate of jelly from longkong falling grade, using the mixture design. The mixture design experiment was designed by setting five parameters of jelly for 25 formula. The results of the study showed that 5 jellies of longkong falling grade had the quality according to the standard of thai community products standard 519/2547. The physical properties showed that the jelly color was clear yellow and stable at room temperature. With sensory evaluation, the 4th formula consisting of longkong juice 25.5 ml, water 21.1 ml. sugar 35 g, gelatin 2.2 g and citric acid 0.5 g had the highest score of overall acceptance. Chemical properties, such as total solid and pH were 47^{o}Brix and 7.2, respectively. The nutritional value consisting of protein, lipid, moisture, ash, crude fiber and carbohydrate was 2.06, 0.05, 55.64, 0.14, 1.63 and 42.11 percent, respectively. The total energy was 177.13 kcal and antioxidant form of vitamin E with α–tocopherol derivative form was lower than 0.05 mg/L. For total bacteria, *Escherichia coli*, *Staphylococcus aureus* and fungal test, the products could be stored at 4 ^{0}C for 5 days, which was in accordance with the standard of thai communit.

Keywords : longkong falling grade, jelly, mixture design

บทนำ

ลองกองเป็นพืชเศรษฐกิจที่สำคัญของไทยชนิดหนึ่งที่เกษตรกรให้ความสนใจและนิยมปลูกกันในหลายจังหวัดทางภาคใต้ของประเทศไทยเช่นจังหวัดนราธิวาส ยะลา นครศรีธรรมราช ชุมพร ปัตตานี ระนอง สงขลา พังงา และภาคตะวันออก เช่น จันทบุรี ระยอง ตราด ปัจจุบันการปลูกลองกองมีการขยายพื้นที่ปลูกอย่างต่อเนื่อง ในช่วงระหว่างปี พ.ศ. 2550-2552 ผลผลิตลองกองมีปริมาณไม่แน่นอน ขึ้นกับอายุการปลูกและสภาพอากาศ ผลผลิตส่วนใหญ่ใช้บริโภคภายในประเทศ มีการส่งออกต่างประเทศบ้างเล็กน้อย ลองกองเป็นผลไม้ที่มีรสชาติหวาน กลิ่นหอม อุดมไปด้วยวิตามินบี ซี ฟอสฟอรัส แคลเซียม และสารแทนนิน (Puntumat, 1998) นอกจากนี้ลองกองยังมีสรรพคุณลดความร้อนในร่างกาย ปัจจุบันลองกองประสบปัญหาล้นตลาดเกือบทุกปี โดยเฉพาะในปี พ.ศ. 2557 พบว่าลองกองมีผลผลิต 13,222 ตัน รวมทั้งประสบปัญหาการเสื่อมคุณภาพ หลังเก็บเกี่ยว ทำให้ราคาจำหน่ายในท้องตลาดตกต่ำ และจากการตรวจสอบในเบื้องต้นพบว่ามีลองกองจำนวนมากที่ร่วงหล่นจากต้นและไม่มีพ่อค้าเข้ามารับซื้อ ส่งผลให้เกษตรกรผู้ปลูกลองกองได้รับความเดือดร้อนอย่างหนัก โดยลองกองที่ไม่ได้ขนาดราคาเฉลี่ยกิโลกรัมละ 10-20 บาท และลูกร่วงราคากิโลกรัมละ 6 บาท

เยลลี่เป็นผลิตภัณฑ์อาหารแบบเจล อยู่ในรูปกึ่งของแข็งกึ่งของเหลว (Tumaupaguon, 1989; Acoata, 2008) ที่เตรียมจากการผสมน้ำผลไม้กับน้ำตาล แล้วระเหยน้ำด้วยความร้อนให้มีความเข้มข้นเพิ่มขึ้น เมื่อตั้งทิ้งไว้ให้เย็นจะแข็งตัว มีลักษณะเป็นเจล โดยเยลลี่ที่มีคุณภาพดีควรมีลักษณะ เนื้อสัมผัสเนียน อ่อนนุ่มและลื่น ใสเป็นประกาย มีสีสวยน่ารับประทาน มีความคงตัวดี เมื่อแกะออกจากภาชนะ มีความไหวตัวมากแต่ไม่ไหลไปมา สามารถตัดด้วยช้อนหรือมีดได้ง่าย โดยไม่เหนียวติดช้อนหรือมีด รอยตัดเรียบคมและไม่เปลี่ยนรูป ส่วนประกอบที่สำคัญของเยลลี่ที่ทำจากผลไม้คือ เจลาติน น้ำตาล กรดและน้ำ ในสัดส่วนที่เหมาะสม ซึ่งเป็นปัจจัยสำคัญ ที่จะมีผลโดยตรงต่อลักษณะของเยลลี่ (Tumaupaguon, 1989; Bhuranasiri, 1993; Acoata, 2008; Royer, 2006)

ดังนั้นการเพิ่มมูลค่าผลผลิตลองกองด้วยองค์ความรู้ทางวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีในการแปรรูปลองกองลูกร่วงแทนการจำหน่ายในรูปผลไม้สด จึงเป็นแนวทางการแก้ปัญหาและเป็นอีกทางเลือกหนึ่งในการเพิ่มมูลค่าให้แก่ผลิตผลลองกองลูกร่วง โดยเฉพาะการนำมาแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์เยลลี่ เนื่องจากผลิตภัณฑ์ที่ขายตามท้องตลาดเป็นผลิตภัณฑ์ที่ปรุงแต่งด้วยสารสังเคราะห์กลิ่นรสผลไม้ต่างๆ ซึ่งให้พลังงานสูงและมีคุณค่าทางอาหารน้อย ต่างจากผลิตภัณฑ์จากลองกองที่ผลิตจากผลไม้สดจะมีสารอาหารมากกว่า ทั้งยังช่วยเพิ่มมูลค่าผลผลิตนอกฤดูกาลให้มีมูลค่าสูงขึ้น (Kuprasit, 2010) สำหรับผู้บริโภคสามารถเลือกซื้อผลิตภัณฑ์ได้หลากหลายมากขึ้น และช่วยให้เกษตรกรมีคุณภาพชีวิตที่มั่นคงสร้างอาชีพได้อย่างยั่งยืน คณะผู้วิจัยจึงได้นำลองกองลูกร่วงมาแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์เยลลี่ และพัฒนาสูตรการผลิตเยลลี่ลองกอง เพื่อเพิ่มมูลค่าวัตถุดิบ โดยเฉพาะลองกองลูกร่วงที่มีผิวเปลี่ยนสี ลูกเล็กไม่ได้ขนาด และเป็นการยกระดับคุณภาพของผลิตภัณฑ์ให้สามารถสนองตอบต่อความต้องการของผู้บริโภคและการตลาดทั้งในและต่างประเทศ

วิธีการดำเนินการวิจัย

1. การศึกษาสูตรและปัจจัยที่เหมาะสมต่อการผลิตเยลลี่

1.1 การเตรียมลองกองลูกร่วงสำหรับทำเยลลี่

นำลองกองลูกร่วงมาล้างให้สะอาด แกะเปลือก กรองผ่านผ้าขาวบาง คั้นเอาเฉพาะน้ำ

1.2 การออกแบบสูตรเยลลี่

ส่วนผสมในการทำเยลลี่ ดัดแปลงมาจากสูตรของ Aeksuwan (2012) โดยนำส่วนผสม มาออกแบบสูตรด้วยวิธี mixture design (Hu, 1999) ซึ่งมีปัจจัยที่ศึกษา 5 ปัจจัย และปริมาณส่วนผสมของแต่ละสูตรรวมกันเท่ากับ 1 หรือร้อยละ 100 โดยสูตรเยลลี่พื้นฐาน ประกอบด้วย น้ำลองกอง 23 มิลลิลิตร น้ำตาล 40 กรัม เจลาติน 3 กรัม กรดซิตริก 1 กรัม และน้ำ 33 มิลลิลิตร ดังนั้นเมื่อส่วนผสมของน้ำลองกอง น้ำตาล เจลาติน กรดซิตริก และน้ำ เท่ากับ 0.23, 0.40, 0.03, 0.01 และ 0.33 รวมกันเท่ากับ 1 หรือร้อยละ 100 (ร้อยละ 23, 40, 3, 1 และ 33) โดยกำหนดให้น้ำลองกองมีปริมาตรต่ำสุดร้อยละ 18 และสูงสุดร้อยละ 28 น้ำตาลต่ำสุดร้อยละ 35 และสูงสุดร้อยละ 45 เจลาตินต่ำสุดร้อยละ 2 และสูงสุดร้อยละ 4 กรดซิตริกต่ำสุดร้อยละ 0.5 และสูงสุดร้อยละ 1.5 และน้ำปริมาตรต่ำสุดร้อยละ 28 และสูงสุดร้อยละ 38 (ตารางที่ 1) จากนั้นนำข้อมูลที่ได้จากตารางที่ 1 เข้าโปรแกรม Design Expert DX 8.0.7.1 software (Informer Technologies, Inc., 2017) จะได้สูตรเยลลี่ทั้งหมด 25 สูตร

ตารางที่ 1 การออกแบบสูตรเยลลี่จากลองกองลูกร่อง ด้วยวิธี mixture design ที่ระดับความเชื่อมั่นต่ำสุดและสูงสุด

ตัวแปร (variables)	สัญลักษณ์ของปัจจัย (codes level, factors)			ปัจจัยในรูปของ ξ_i (factors in terms of ξ_i)
	ξ_i	-1	+1	
น้ำลองกอง	ξ_1	18	28	$A = (\xi_1 - 23)/5$
น้ำตาล	ξ_2	35	45	$B = (\xi_2 - 40)/5$
เจลาติน	ξ_3	2	4	$C = (\xi_3 - 3)/1$
กรดซิตริก	ξ_4	0.5	1.5	$D = (\xi_4 - 1)/0.5$
น้ำ	ξ_5	28	38	$D = (\xi_5 - 33)/5$

หมายเหตุ : ξ_iคือ ความเข้มข้นของปัจจัยที่ระดับต่ำสุดและสูงสุดซึ่งมีสัญลักษณ์เป็น -1 และ +1

1.3 วิธีการผลิตเยลลี่ลองกอง

นำส่วนผสมของวัตถุดิบในแต่ละสูตร ทั้งหมด 25 สูตร มาผสมให้เข้ากัน จากนั้นให้ความร้อนที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส กวนจนกระทั่งละลายจนหมด แล้วให้ความร้อนต่ออีก 3 นาที จากนั้นทิ้งให้เย็น แล้วเทใส่แม่พิมพ์ นำไปเก็บไว้ที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส นำเยลลี่ที่ได้มาศึกษาคุณสมบัติทางกายภาพ เคมี จุลชีววิทยา และคุณภาพด้านประสาทสัมผัส

2. การศึกษาคุณสมบัติทางกายภาพ

2.1 การเกิดเจล

การเกิดเจลของเยลลี่ประเมินผลโดยสังเกตจากการแข็งตัวของเยลลี่ที่เตรียมได้ เมื่อตั้งทิ้งไว้ให้เกิดเจลที่อุณหภูมิห้อง 18-24 ชั่วโมง (Bhuranasiri, 1995)

2.2 ลักษณะที่ปรากฏ

การศึกษาลักษณะที่ปรากฏของเยลลี่ ดัดแปลงจาก Tumaupaguon (1989) 1) ศึกษาการไหวตัว ความคงตัว โดยการสังเกตด้วยตาเปล่าและการใช้ช้อนกดที่ผิวเยลลี่ หากเยลลี่มีลักษณะปรากฏที่ดีจะไม่ติดช้อน 2)ศึกษาสีและความใสที่ปรากฏ วัดด้วยกระดาษเทียบสี RHS colour chart 3) ศึกษารอยตัดด้วยช้อน โดยใช้ช้อนตัดเยลลี่ แล้วสังเกตความเรียบคมของรอยตัด ความคงรูปของรอยตัด การเหนียวติดช้อนของเนื้อเยลลี่ 4) ความแข็ง (hardness) วัดด้วยเครื่องวัด fruit hardness tester FHR-5

3. การศึกษาคุณสมบัติทางเคมี

ศึกษาองค์ประกอบของเยลลี่ โดยนำเยลลี่สูตรที่มีการประเมินทางประสาทสัมผัสดีที่สุด ไปวิเคราะห์โปรตีน ไขมัน ความชื้น เยื่อใย เถ้า คาร์โบไฮเดรต พลังงาน และคุณสมบัติการต้านอนุมูลอิสระ โดยส่งวิเคราะห์ ณ ศูนย์พัฒนาอุตสาหกรรมเกษตรเพื่อส่งออก มหาวิทยาสงขลานครินทร์ วิทยาเขตหาดใหญ่ ส่วนการศึกษาความเป็นกรดด่าง (pH) ของเยลลี่ ใช้เครื่องพีเอชมิเตอร์ (pH meter) ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด (total soluble solid) ด้วยเครื่องรีแฟคโตมิเตอร์ (hand refractometer)

4. การวิเคราะห์ปริมาณเชื้อจุลินทรีย์

นำสูตรเยลลี่ลองกองที่ได้รับการประเมินความพึงพอใจดีที่สุดไปวิเคราะห์ปริมาณเชื้อจุลินทรีย์ เมื่อเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส ประกอบด้วย เชื้อจุลินทรีย์ทั้งหมด (total bacteria), *Staphylococcus aureus*, *Escherichia coli* และยีสต์รา (BAM, 2002)

5. การประเมินความพึงพอใจต่อผลิตภัณฑ์เยลลี่

นำตัวอย่างผลิตภัณฑ์เยลลี่ที่ได้มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน 519/2547 ไปทดสอบทางประสาทสัมผัสแบบ Hedonic scale (1-9 คะแนน) ในด้านการยอมรับสี กลิ่น รสชาติ เนื้อสัมผัส โดยใช้ผู้บริโภค 50 คน (Trongpanit, 2004)

6. การวิเคราห์ข้อมูลทางสถิติ

วางแผนการทดลองแบบสุ่มตลอด (completely randomized design; CRD) ทำการทดลอง 3 ซ้ำ วิเคราะห์ความแปรปรวน (analysis of variance; ANOVA) และเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยโดยวิธี Duncan's new multiple range test ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 (Bunpan, 2003)

ผลการวิจัยและวิจารณ์ผล

1. ลักษณะทางกายภาพของเยลลี่ลองกอง

จากการออกแบบสูตรการผลิตเยลลี่ลองกอง ด้วยโปรแกรม Design Expert Dx 8.0.7.1 โดยศึกษา 5 ปัจจัย คือ น้ำลองกอง น้ำตาล เจลาติน กรดซิตริก และน้ำ ผลการศึกษาค่าความแข็ง สี ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด และค่าความเป็นกรดด่าง พบว่า ค่าความแข็งของเยลลี่ลองกองอยู่ในช่วง 0-0.7 กิโลกรัม ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมดอยู่ในช่วง 15-57 องศาบริกซ์ ความเป็นกรดด่าง อยู่ในช่วง 3.0-4.3 ค่าสี yellow group ระดับ D ถึง B ซึ่งสีของเยลลี่ที่ได้จะอยู่ในเฉดสีเหลือง เนื่องมาจากสีธรรมชาติของส่วนผสม เช่น เจลาติน มีสีเหลืองอ่อน และน้ำลองกอง สีน้ำตาลอ่อน ความเป็นกรดด่างของเยลลี่ที่เกิดเจลได้แก่ สูตรที่ 4, 5, 7, 12 และ17 อยู่ระหว่าง 3.0-3.5 พบว่าโดยทั่วไปค่าความเป็นกรดด่างของเยลลี่ อยู่ระหว่าง 2.8 – 3.5 (Garrido *et al*., 2011) (ตารางที่ 2) ลักษณะทางกายภาพในด้านลักษณะที่ปรากฏของเยลลี่ กลิ่นรสและสิ่งแปลกปลอมของผลิตภัณฑ์เยลลี่ลองกอง (ตารางที่ 3) พบว่า เยลลี่ลองกองสูตรที่ 1, 2, 3, 6, 8, 9, 10, 11, 13, 14, 15, 18 และ 19 มีลักษณะเหนียว หนืด ไม่ยืดหยุ่น เยลลี่ลองกองสูตรที่ 16 ไม่แข็งและไม่คงรูป เยลลี่ลองกองสูตรที่ 20, 21, 22, 23, 24 และ 25 เยลลี่ไม่คงรูป เหลว หนืด ไม่เป็นก้อน ซึ่งเยลลี่ในสูตรข้างต้นไม่เป็นไปตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน 519/2547 ที่กำหนดไว้ว่า เยลลี่ต้องเป็นก้อนวุ้นคงรูป ไม่ติดภาชนะบรรจุ สีใสตามธรรมชาติของส่วนผสม เนื้อสัมผัสนุ่ม ยืดหยุ่น ไม่แข็งกระด้าง ส่วนเยลลี่ลองกองสูตรที่ 4, 5, 7, 12 และ 17 มีรสชาติหวานอมเปรี้ยวและมีกลิ่นหอมของลองกอง มีความยืดหยุ่นเป็นไปตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน 519/2547 คือเยลลี่ใส เป็นประกาย คงตัวดีที่อุณหภูมิห้อง รอยตัดเรียบ คงรูป ไม่เหนียวติดช้อน ซึ่งผลการทดลองสอดคล้องกับ Tumaupaguon (1991) ที่กล่าวว่า เยลลี่ที่มีคุณภาพดีควรมีลักษณะ เนื้อสัมผัสเนียน อ่อนนุ่ม และลื่น ใสเป็นประกาย มีสีสวย น่ารับประทาน มีความคงตัวดี เมื่อแกะออกจากภาชนะ มีความไหวตัวมากแต่ไม่ไหลไปมา สามารถตัดด้วยมีดหรือ ช้อนได้ง่าย โดยไม่เหนียวช้อน ติดมีดหรือช้อน รอยตัดต้องเรียบคมและไม่เปลี่ยนรูป สำหรับการศึกษานี้เยลลี่ทั้ง 5 สูตร มีการเติมเจลาตินและน้ำตาลในปริมาณที่แตกต่างกัน ซึ่งส่งผลต่อความยืดหยุ่นของเยลลี่ได้ สอดคล้องกับงานวิจัยของ Tanomwong (2009) ระบุว่าเจลาตินมีผลต่อคุณภาพของเยลลี่รสตะไคร้ โดยพบว่าปริมาณเจลาตินเพิ่มขึ้นมีผลทำให้ค่าความยืดหยุ่น ความแข็งและการเคี้ยวเพิ่มขึ้น จากการศึกษานี้พบว่าเยลลี่ลองกองสูตรที่ 4 ซึ่งเป็นสูตรที่มีการยอมรับ

การประเมินทางด้านประสาทสัมผัสด้านกลิ่น รสชาติ และ ความชอบโดยรวมมากที่สุด มีปริมาณเจลาติน ร้อยละ 2.2 ถือว่ามีปริมาณค่อนข้างน้อย ส่งผลให้เนื้อเยลลี่ที่ผลิตได้ไม่แข็งและไม่นุ่มจนเกินไป สำหรับกลไกการเกิดเจลของเยลลี่ลองกองที่มีส่วนผสมของเจลาติน เมื่อเริ่มให้ความร้อนเจลาตินเปลี่ยนเป็นสารละลายคอลลอยด์ โดยโมเลกุลของเจลาตินจะยืดออกอยู่ในรูปของ random coil แต่เมื่ออุณหภูมิลดต่ำลง โมเลกุลที่ยืดออกจะเกิดการขดตัวอย่างช้าๆ จนถึงจุดก่อเจล มีการรวมตัวของโครงร่างแหที่แข็งแรงขึ้น ในรูปโครงร่างตาข่ายสามมิติ (Schrieber and Gareis, 2007) เมื่อเกิดการเย็นตัวลงสารละลายจะมีความหนืดเพิ่มขึ้นและเกิดเจลในที่สุด แต่ทั้งนี้การเกิดเจลของเจลาตินจะเร็วหรือช้าขึ้นอยู่กับความเข้มข้นของเจลาตินที่ใช้ เนื่องจากโครงสร้างของเจลาตินเป็นสารจำพวกโปรตีน เป็นพอลิเมอร์ที่ประกอบด้วยกรดอะมิโนหลายชนิด โดยเฉพาะไกลซีนที่พบมากสุดถึงร้อยละ 33 กรดอะมิโนแต่ละชนิดเชื่อมต่อกันด้วยพันธะเพปไทด์ เพื่อประกอบเป็นสายพอลิเพปไทด์ ซึ่งมีการบิดเป็นเกลียวโดยมีพันธะไฮโดรเจนเชื่อมอยู่ระหว่างกรดอะมิโน เพื่อทำให้เกิดโครงสร้างที่เป็นเกลียว (α-chain) (Mariod and Adam, 2013) นอกจากนี้ในเจลาตินอาจเกิดการผสมระหว่างเส้นสายพอลิเพปไทด์ก่อให้เกิด β และ γ-chain ของโอลิโกเมอร์ (Rbii *et al*., 2011) เมื่อโอลิโกเมอร์เพิ่มจำนวนขึ้นจำนวน α หรือ β และ γ –chain เพิ่มขึ้น (Buice *et al*., 1995) ก่อให้เกิดความคงตัวทำให้เกิดความแข็งของเจล ดังนั้นการใช้เจลาตินในปริมาณสูงทำให้เป็นการเพิ่ม α-chain ส่งผลให้เนื้อเยลลี่ที่แข็งทำให้ไม่เป็นที่นิยมของผู้บริโภค นอกจากนี้น้ำตาลซูโครสซึ่งเติมลงไปเป็นตัวช่วยให้ความหวานแก่ผลิตภัณฑ์และช่วยสร้างพันธะไฮโดรเจนภายในโครงสร้างของเจล ทำให้เกิดการรวมตัวเป็นร่างแหเพิ่มขึ้น ส่งผลให้โครงสร้างของเจลแข็งแรงขึ้น แต่หากเติมมากเกินไป ดังตัวอย่างในสูตรที่ 16 มีการเติมน้ำตาลร้อยละ 45 และเจลาตินร้อยละ 2 ในสูตรนี้พบว่าเยลลี่ไม่แข็งตัว ทั้งนี้เกิดจากการเซ็ตตัวของเจลที่ลดลง เนื่องจากความหวานและความเป็นกรดที่สูง ส่งผลให้เกิดโครงร่างตาข่ายของเจลลดลง (Holm *et al*., 2009)

ตารางที่ 2 ลักษณะทางกายภาพของเยลลี่ลองกอง

สูตรเยลลี่	ตัวแปร (ร้อยละ)					hardness (Kg) ค่าเฉลี่ย±SD	color	TSS (องศาบริกซ์) ค่าเฉลี่ย±SD	pH ค่าเฉลี่ย ±SD
	น้ำลองกอง	น้ำตาล	เจลาติน	กรดซิตริก	น้ำ				
1	18.0	45.0	4.0	1.5	31.5	0.7^{a}±0.1	11C	56^{b}±1	3.3^{e}±0.1
2	21.7	35.6	3.6	1.1	38.0	0.6^{ab}±0.0	11C	54^{c}±1	3.4^{d}±0.1
3	22.8	39.4	3.1	1.5	33.2	0.4^{c}±0.1	11D	58^{a}±1	3.7^{b}±0.1
4	**25.2**	**35.0**	**2.2**	**0.5**	**37.1**	**0.1^{f}±0.1**	**11C**	**45^{f}±0**	**3.2^{e}±0.0**
5	**18.6**	**44.4**	**2.5**	**0.8**	**33.7**	**0.2^{e}±0.0**	**11D**	**56^{b}±1**	**3.5^{c}±0.1**
6	27.7	40.1	3.1	1.1	38.0	0.4^{c}±0.1	11D	51^{e}±1	3.6^{ab}±0.1
7	**18.0**	**39.5**	**4.0**	**0.5**	**38.0**	**0.2^{e}±0.1**	**11D**	**45^{f}±1**	**3.0^{f}±0.1**
8	19.6	40.0	4.0	1.5	34.8	0.5^{b}±0.1	11C	52^{d}±1	3.7^{b}±0.1
9	21.7	35.6	3.6	1.1	38.0	0.6^{ab}±0.1	11C	55^{c}±1	3.4^{d}±0.1
10	22.1	37.4	2.0	0.5	38.0	0.3^{d}±0.1	11D	50^{ef}±0	3.6^{ab}±0.1
11	22.8	39.4	3.1	1.5	33.2	0.3^{d}±0.1	11C	56^{b}±1	3.3^{e}±0.1
12	**23.2**	**39.7**	**4.0**	**0.9**	**32.3**	**0.2^{e}±0.1**	**11C**	**52^{d}±1**	**3.2^{e}±0.1**
13	22.9	45.0	3.6	0.5	28.0	0.5^{b}±0.1	11D	49^{ef}±1	3.8^{a}±0.1
14	25.1	40.0	4.0	1.3	29.7	0.5^{c}±0.0	11C	52^{d}±1	3.7^{b}±0.1
15	28.0	35.0	4.0	1.5	31.5	0.6^{ab}±0.1	11B	51^{e}±0	3.3^{e}±0.1
16	23.5	45.0	2.0	1.5	28.0	ไม่แข็ง	11D	57^{ab}±1	3.0^{f}±0.1
17	**18.6**	**44.4**	**2.5**	**0.8**	**33.7**	**0.2^{e}±0.1**	**11D**	**51^{e}±1**	**3.4^{d}±0.1**
18	21.2	42.9	3.8	1.5	30.6	0.4^{c}±0.1	11C	53^{d}±1	3.3^{e}±0.1
19	24.6	35.7	4.0	1.5	34.3	0.5^{b}±0.1	11D	43^{f}±1	3.4^{d}±0.0
20	28.0	35.0	3.2	0.5	33.3	0.2^{e}±0.1	11D	38^{f}±1	3.8^{a}±0.1
21	27.2	41.4	2.0	0.5	28.9	0.1^{f}±0.1	11D	45^{f}±1	3.7^{b}±0.1
22	23.2	39.7	4.0	0.9	32.3	0.1^{f}±0.1	11C	46^{f}±1	3.6^{ab}±0.1
23	18.0	40.5	2.0	1.5	38.0	0.1^{f}±0.1	11D	50^{ef}±1	3.2^{e}±0.1
24	27.5	35.0	2.0	1.3	34.2	0.1^{f}±0.1	11C	45^{f}±1	3.3^{e}±0.1
25	27.7	40.1	3.1	1.1	28.0	0.1^{f}±0.1	11D	50^{ef}±1	3.5^{c}±0.1

หมายเหตุ ระดับความเข้มของสีในกลุ่ม Yellow group มี 4 ระดับ A ระดับความเข้ม ++++ ; B ระดับ ความเข้ม +++ ; C ระดับความเข้ม ++ ; D ระดับความเข้ม + ; TSS คือ ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด

ตัวอักษร ^{abcdef} แสดงค่าเฉลี่ยที่มีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ในแนวตั้ง

ตารางที่ 3 ลักษณะ กลิ่นรสและสิ่งแปลกปลอมของผลิตภัณฑ์เยลลี่ลองกอง

เยลลี่ลองกองสูตรที่	ลักษณะ	กลิ่นรส	สิ่งแปลกปลอม	หมายเหตุ
16	เยลลี่ไม่แข็งและ ไม่คงรูป	ไม่มีรสชาติของลองกอง	ไม่พบสิ่งแปลกปลอมของส่วนประกอบที่ใช้	ไม่ได้ตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน 519/2547
1, 2, 3, 6, 8, 9, 10, 11, 13, 14, 15, 18 และ19	เยลลี่เหนียวหนืดและไม่ยืดหยุ่น	รสชาติหวาน มีรส กลิ่น ลองกองเล็กน้อย	ไม่พบสิ่งแปลกปลอมของส่วนประกอบที่ใช้	ไม่ได้ตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน 519/2547
20, 21, 22, 23, 24 และ 25	เยลลี่ไม่คงรูป เหลว หนืด ไม่เป็นก้อน	รสหวาน มีกลิ่นลองกอง	ไม่พบสิ่งแปลกปลอมของส่วนประกอบที่ใช้	ไม่ได้ตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน 519/2547
4, 5, 7,12 และ 17	เยลลี่มีความยืดหยุ่น	รสหวานอมเปรี้ยวมีกลิ่นหอมของลองกอง	ไม่พบสิ่งแปลกปลอมของส่วนประกอบที่ใช้	ได้ตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน 519/2547

2. คุณสมบัติทางเคมีและคุณค่าทางอาหารของเยลลี่ลองกอง

จากการนำเยลลี่ลองกองสูตรที่ได้รับการยอมรับด้านประสาทสัมผัสดีสุด คือ สูตรที่ 4 ไปวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีและพลังงาน พบว่าเยลลี่ลองกอง มีปริมาณโปรตีน ร้อยละ 2.06 ไขมันร้อยละ 0.05 เถ้าร้อยละ 0.14 เยื่อใยร้อยละ 1.63 คาร์โบไฮเดรดร้อยละ 42.11 และให้พลังงาน 177.13 kcl (ตารางที่ 4) เมื่อเปรียบเทียบกับผลิตภัณฑ์เยลลี่ทั่วไป เช่น เยลลี่รสผลไม้ จะมีโปรตีน ร้อยละ 0.08 และให้พลังงาน 146.17 kcl (Agricultural Research Development Office, n.d) ส่วนเยลลี่ลองกองให้โปรตีนและพลังงานสูงกว่าเยลลี่ทั่วไป และข้อดีของเยลลี่ลองกอง คือไม่ใส่สารกันบูดและสีสังเคราะห์สี และกลิ่นรสเกิดจากส่วนผสม ได้แก่ น้ำลองกอง เจลาติน ซึ่งเป็นสีธรรมชาติ และในน้ำลองกองยังมีคุณสมบัติการเป็นสารต้านอนุมูลอิสระ(antioxidant) โดยพบว่าเยลลี่ลองกองมีปริมาณวิตามินอีที่มีอนุพันธุ์ของ α–tocopherol น้อยกว่า 0.05 มิลลิกรัมต่อลิตร สารต้านอนุมูลอิสระตามธรรมชาติในร่างกายมีหลายชนิดและมีปริมาณจำกัด ดังนั้นเมื่อร่างกายมีอนุมูลอิสระมากขึ้น จะขาดความสมดุลระหว่างสารต้านอนุมูลอิสระและอนุมูลอิสระในร่างกาย ดังนั้นถ้ามนุษย์ไม่บริโภคสารที่มีลักษณะช่วยในการต้านอนุมูลอิสระก็จะก่อให้เกิดความเสื่อมถอยของเซลล์ในร่างกายและในที่สุดสุขภาพของร่างกายก็จะเสื่อมไปด้วย ดังนั้นมนุษย์จึงควรหาแหล่งอาหารหรือสิ่งที่ช่วยเพิ่มเสริมให้มีสารต้านอนุมูลอิสระสูงขึ้น เช่น วิตามินชนิดต่างๆ ได้แก่ วิตามินซี วิตามินอี เป็นต้น

ตารางที่ 4 ผลการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีและคุณค่าทางอาหารของผลิตภัณฑ์เยลลี่ลองกอง

องค์ประกอบทางเคมี	วิธีทดสอบ	ปริมาณ (ร้อยละ)
โปรตีน	AOAC (Kjeldahl Method)	2.06
ไขมัน	AOAC (Soxhlet extraction Method)	0.05
ความชื้น	AOAC(Loss on Drying at 95-100 องศาเซลเซียส)	55.64
เถ้า	AOAC	0.14
เยื่อใย	AOAC (Fritted Glass Crucible Method)	1.63
คาร์โบไฮเดรต	Calculation	42.11
พลังงาน	Calculation	177.13 Kcl

3. การวิเคราะห์จุลินทรีย์ของเยลลี่ลองกอง

จากการนำเยลลี่ลองกองในสูตรที่ 4 เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 20 วัน เก็บตัวอย่างเพื่อนำมาวิเคราะห์เชื้อจุลินทรีย์ ที่ระยะเวลา 0, 5, 10 และ 20 วัน ผลการวิเคราะห์จุลินทรีย์ ไม่พบการเจริญของจุลินทรีย์ทั้งหมด *E.coli* และ *S aureus* ที่ระยะเวลาการเก็บ 20 วัน แต่พบการเจริญของยีสต์และรา ในวันที่ 5, 10 และ 20 จำนวน 7.6x10 , $1.1x10^2$ และ $1.12x10^2$ CFU/g ตามลำดับ ซึ่งเมื่อเทียบกับมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน 519/2547 ระบุว่า ยีสต์และราต้องไม่เกิน 100 โคโลนี ต่อตัวอย่าง 1 กรัม สำหรับการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียสใน วันที่ 10 และ 20 ปริมาณยีสต์และราเกินเกณฑ์กำหนด โดยยีสต์และราที่เพิ่มขึ้นตามระยะเวลาเก็บรักษา จะทำให้ผลิตภัณฑ์เสื่อมเสีย สาเหตุเกิดจากสปอร์ของราและยีสต์เหลือรอดจากการให้ความร้อน และสามารถเจริญในสภาวะที่อุณหภูมิต่ำ (4 องศาเซลเซียส) โดยเฉพาะกลุ่ม psychrophile แต่อาจต้องใช้ระยะเวลานานในการปรับตัวและเพิ่มจำนวน ดังนั้นเมื่อพิจารณาจากเชื้อจุลินทรีย์ทั้งหมด *E.coli* , *S aureus* ยีสต์ และรา ผลิตภัณฑ์เยลลี่ลองกองสามารถเก็บไว้ได้ เป็นเวลา 5 วัน ที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส (ตารางที่ 5)

ตารางที่ 5 ลักษณะทางจุลินทรีย์ของผลิตภัณฑ์เยลลี่ลองกอง

ระยะเวลาการเก็บตัวอย่าง	total bacteria (CFU/g)	*E.coli* (CFU/g)	ยีสต์และรา (CFU/g)	*S.aureus* (CFU/g)
0 วัน	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ
5 วัน	ไม่พบ	ไม่พบ	7.6x10	ไม่พบ
10 วัน	ไม่พบ	ไม่พบ	$1.1x10^2$	ไม่พบ
20 วัน	ไม่พบ	ไม่พบ	$1.12x10^2$	ไม่พบ

หมายเหตุ ตารางที่ 5 ค่ามาตรฐานของผลิตภัณฑ์เยลลี่ลองกอง มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน 519/2547 Total bacteria ต้องไม่เกิน $1x10^4$ โคโลนี ต่อตัวอย่าง 1 กรัม; *Staphylococcus aureus* ต้องไม่พบในตัวอย่าง 1 กรัม; *Escherichia coli* โดย วิธีเอ็มพีเอ็นต้องน้อยกว่า 3 ต่อตัวอย่าง 1 กรัม : ยีสต์และรา ต้องไม่เกิน 100 โคโลนีต่อตัวอย่าง 1 กรัม

4. การประเมินคุณภาพด้านประสาทสัมผัสของเยลลี่ลองกอง

จากการสำรวจความชอบโดยรวมของผลิตภัณฑ์เยลลี่ลองกอง 5 สูตรที่เป็นไปตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน 519/2547 ผลการประเมินคุณภาพด้านประสาทสัมผัส นั่นคือ ต้องเป็นก้อนวุ้น เมื่อเทออกจากภาชนะ ต้องมีสีธรรมชาติ กลิ่นรสตามธรรมชาติ นุ่ม หยุ่นตัวและไม่แข็งกระด้าง (ตารางที่ 6) พบว่า สูตรที่ได้รับคะแนนความชอบรวมมากที่สุด ได้แก่ สูตรที่ 4 ประกอบด้วย น้ำลองกอง น้ำตาล เจลาติน กรดซิตริก และน้ำในปริมาณร้อยละ 25.2, 35.0, 2.2, 0.5 และ 37.1 ตามลำดับ รองลงมาได้แก่ สูตรที่ 5, 7, 12 และ 17 ตามลำดับ จากการประเมินคุณภาพทางด้านประสาทสัมผัส พบว่าการยอมรับในด้านต่างๆ มากที่สุด มีดังนี้ ด้านสี ได้แก่ สูตรที่ 7 มีค่าเท่ากับ 6.32±1.23 ด้านความยืดหยุ่น ได้แก่ สูตรที่ 17 มีค่าเท่ากับ 6.55±1.77 ด้านกลิ่น รสชาติ และ ความชอบโดยรวม ได้แก่ สูตรที่ 4 มีค่าเท่ากับ 5.98±1.38,6.15±1.17และ 6.53±1.20 ตามลำดับ ในด้านความชอบรวมของสูตรที่ 4 ได้รับการยอมรับจากผู้บริโภคมากที่สุดซึ่งผลที่ได้มีความแตกต่างกันทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

ตารางที่ 6 การประเมินคุณภาพด้านประสาทสัมผัสของเยลลี่ลองกอง

คุณลักษณะ	คะแนนความชอบของแต่ละสูตร				
	สูตรที่ 4	สูตรที่ 5	สูตรที่ 7	สูตรที่ 12	สูตรที่ 17
สี	6.28^{a}±1.34	5.81^{b}±1.53	6.32^{a}±1.23	5.77^{b}±1.55	5.11^{c}±1.12
ความยืดหยุ่น	6.12^{b}±1.44	5.63^{c}±1.40	5.88^{c}±1.17	5.63^{c}±1.40	6.55^{a}±1.77
กลิ่น	5.98^{a}±1.38	5.53^{c}±1.23	5.89^{b}± 1.39	5.89^{b}±1.39	5.55^{c}±1.19
รสชาติ	6.15^{a}±1.17	6.09^{b}±1.34	5.74^{c}±1.54	5.65^{c}±1.17	6.01^{b} ±1.10
ความชอบรวม	6.53^{a}±1.20	5.91^{b}±1.56	5.49^{c}±1.22	5.44^{c} ±1.15	5.40^{c}±1.99

หมายเหตุ ตัวอักษร $^{a\,b\,c\,d}$ แสดงค่าเฉลี่ยที่มีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ในแนวนอน

สรุปผลการวิจัย

การผลิตเยลลี่ลองกองทั้ง 25 สูตร พบว่ามีเยลลี่ลองกอง 5 สูตรได้แก่ 4, 5, 7, 12 และ 17 ที่ผ่านมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน 519/2547 เยลลี่มีความยืดหยุ่น และลักษณะเป็นก้อนวุ้น คงรูปเมื่อเทออกจากภาชนะบรรจุ มีรสชาติหวานอมเปรี้ยว มีกลิ่นหอม และเยลลี่ลองกองทั้ง 25 สูตร มีค่าความแข็งอยู่ในช่วง 0-0.7 kg ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมดอยู่ในช่วง 15-57 องศาบริกซ์ ความเป็นกรดด่าง อยู่ในช่วง 3.0-4.3 ค่าสี yellow group ระดับ D ถึง B ไม่พบการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ทั้งหมด *E.coli* และ *S aureus* ยีสต์และรา ที่ระยะเวลาการเก็บ 5 วัน ผลการประเมินคุณภาพด้านประสาทสัมผัส

พบว่าสูตรที่ได้รับคะแนนความชอบโดยรวมมากที่สุด ได้แก่ สูตรที่ 4 ประกอบด้วย น้ำลองกอง น้ำตาล เจลาติน กรดซิตริก และน้ำในปริมาณร้อยละ 25.2, 35.0, 2.2, 0.5 และ 37.1 ซึ่งมีองค์ประกอบทางเคมี ได้แก่ โปรตีน ร้อยละ 2.06 ไขมัน ร้อยละ 0.05 เถ้า ร้อยละ 0.14 เยื่อใย ร้อยละ 1.63 คาร์โบไฮเดรต ร้อยละ 42.11 และให้พลังงาน 177.13 Kcl พบสารต้านอนุมูลอิสระในรูปวิตามินอีที่มีอนุพันธุ์ของ α–tocopherol น้อยกว่า 0.05 มิลลิกรัมต่อลิตร

กิตติกรรมประกาศ

ผู้เขียนขอขอบคุณ ทุนอุดหนุนการวิจัยงบประมาณแผ่นดิน มหาวิทยาลัยราชภัฏสุราษฎร์ธานี

เอกสารอ้างอิง

Acoata, O., Viquez, F. and Cubero, E. (2008). *Optimisation of low calorie mixed fruit jelly by response surface methodology*. Food Quality and Preference,*19*, 79-85.

Aeksuwan, Y.(2012). *Effects of Carrageenan on the Quality of Jelly of longong*. Sci. *,43* (2), 485-488. (in Thai)

Agricultural Research Development Office.(n.d.) *Mulberry Jelly*. *Retrieved* March 27,2017. www.arda http://.or.th/kasetinfo.skik/index.php?option=com_content&view=article&id=95&Itemid=84 (in Thai)

BAM online. (2002). *Microbiological analysis*. Chapter 4 (MPN/g), AOAC 991.14 (cfu/g), ISO/TS 16649-3 : 2005 (MPN/g)

Bhuranasiri, A. (1993). *Effect of pH, Concentration and Type of Sugar on the Strength of High Pectin Methionine Gel.* Master Thesis Department of Food Technology Faculty Chulalongkorn University .(in Thai)

Buice, R.G.Jr., Gold, T.B., Lodder, R.A. and Digenic, G.A. (1995). Determination of moisture in intact gelatin capsules by Near-Tnfrared Spectroscopy. *J. Pharm. Res., 12*(1), 161-163.

Bunpan, A. (2003). *A study of optimum conditions for the production of celery from sugar molasses*. 48th Kasetsart University Annual Conference .(in Thai)

Grrido, J.I., Lozano, J.E. and Genovese, D.B. (2001). Effect of formulation variables on rheology, texture, colour, and acceptability of apple jelly: Modelling and optimization. *Food science and technology*. 325-332.

Holm, K., Wendin, K. and Hermansson, A.M. (2009). Sweetness and texture perceptions in structured gelatin gels with embedded sugar rich domains. *Food Hydrocolloids*, *23*, 2388-2393.

Hu, L. & Bentler, P. (1999). Cutoff criteria for fit indices in covariance structure analysis: conventional criteria versus new alternatives. *Structural Equation Modeling*, *6*, 1-55.

Informer Technologies, Inc. (2017). *Design expert 8.0.7.1 trial version social advice. Retrieved September 9,2017.* http://softadvice.informer.com/Design_Expert_8.0.7.1_Trial_Version.html

Kuprasit, A. (2010). *Research and development of agricultural products over the market*. Thailand Institute of Scientific and Technological Research (TISTR) .(in Thai)

Mariod, A.A. and Adam, H.F. (2013). *Review : gelatin, source, extraction and industrial applications*. Acta. Sci.Pol., *Technol. Aliment.* ,12 , 135-147

Office of Community Product Standards. (2004). *Community Product Standards for Jelly*. 519/2547. *Retrieved* March 27,2017. http://www.tcps.tisi.go.th/pub/tcps 519/47 pdg (27 March 2018) (in Thai)

Puntumat, A. (1998). *Planting longong*. Printed at 1. Siam Literature Publishing House, Bangkok 142.(in Thai)

Rbii, K., Surel, O., Brambati, N., Buchert, A.M., Viollean, F. (2011). Study of gelatin renaturation in aqueous solution by AFIFFFMALS : influence of a thermal pre-treatment applied on gelatin. *Food Hydrocoll,25*, 511-514

Royer, G., Madieta, E., Symoneaux, R. and Jourjon, F. (2006). Preliminary study of the production of apple pomace and quince jelly. *LWT* ,*39*, 1022-1025.

Schrieber, R. and Gareis, H. (2007). *Gelatine Handbook: Theory and Industrial Practice*. Wiley-Blackwell. 347 p.

Tanomwong, C. (2009). *Effect of Gelatin and Citric Acid on Sensory Quality of Gummy Jelly, Lemongrass***.** Khon Kaen University of Science and Technology. 325-332. (in Thai)

Trongpanit, K. (2004). *Feasibility study on production of new products from jelly, coconut water and fermented juice.* Kasetsart University.(in Thai)

Tumaupaguon, R., Panmung, T. and Samat, S. (1989). *The use of pectin-like compounds from durian peels in pharmaceutical preparations and diets*. Faculty of Pharmacy Research Chulalongkorn University. (in Thai)

Wanitpunya, K. (1999). *Statistic Analysis: Statistical Decision Making*. Bangkok: Chulalongkorn University Press.(in Thai)