

สมบัติทางเคมีกายภาพและคุณค่าทางโภชนาการของเยลลี่ข้าว
ลดน้ำตาลจากสารสกัดจากเหง้าข้าว

PHYSICOCHEMICAL PROPERTIES AND NUTRITIONAL VALUES
OF REDUCED-SUGAR GALANGA JELLY FROM
GALANGA ROOT EXTRACT

ปัทมา สุภาพล^{1,2*} และปาริฉัตร เชื่องสูงเนิน¹

Pattama Supaphon^{1,2*} and Parichat Chuengsungnoen¹

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาสมบัติทางเคมีกายภาพและคุณค่าทางโภชนาการของผลิตภัณฑ์เยลลี่ข้าวลดน้ำตาล โดยใช้สารสกัดจากเหง้าข้าว ใช้สารให้ความหวานซูคราโลส และมัลติทอล เพื่อทดแทนการใช้น้ำตาลซูโครสที่ระดับ 0%, 50%, 75% และ 100% ผลการทดลองพบว่า การเพิ่มความเข้มข้นของซูคราโลส และมัลติทอล มีแนวโน้มให้ค่าความสว่าง (L^*) เพิ่มขึ้น แต่ค่าความเป็นสีแดง (a^*) และค่าความเป็นสีเหลือง (b^*) มีค่าลดลง ($p \leq 0.05$) การใช้มัลติทอลที่ระดับ 100% ส่งผลให้ความแข็ง ความยืดหยุ่น และการบดเคี้ยว มีค่าน้อยที่สุด เมื่อเปรียบเทียบกับสูตรอื่น ผลิตภัณฑ์เยลลี่ข้าวมีปริมาณความชื้นอยู่ระหว่าง 23.80-28.79% การตรวจสอบปริมาณแบคทีเรียทั้งหมด ยีสต์ และรา Coliform, *E. Coli*, *Salmonella* และ *S. aureus* เป็นไปตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน ผลทางประสาทสัมผัสพบว่า

¹คณะวิทยาศาสตร์และศิลปศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน อำเภอเมือง จังหวัดนครราชสีมา 30000

¹Faculty of Sciences and Liberal Arts, Rajamangala University of Technology Isan, Muang District, Nakhon Ratchasima Province 30000

²สถาบันสหสาขาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน อำเภอเมือง จังหวัดนครราชสีมา 30000

²Institute of interdisciplinary studies, Rajamangala University of Technology Isan, Muang District, Nakhon Ratchasima Province 30000

*corresponding author e-mail: pattama.su@rmuti.ac.th

Received: 19 October 2021; Revised: 21 November 2021; Accepted: 30 December 2021

DOI: <https://doi.org/10.14456/lsej.2022.11>

การทดแทนด้วยมัลติทอลที่ระดับ 100% ได้รับคะแนนความชอบโดยรวมสูงสุด (7.22) และไม่แตกต่างกับสูตรควบคุม ($p>0.05$) เมื่อนำผลิตภัณฑ์เยลลี่ที่มีการทดแทนด้วยมัลติทอลที่ระดับ 100% ศึกษาคุณค่าทางโภชนาการ ซึ่งประกอบด้วย โปรตีน ไขมัน เถ้า และคาร์โบไฮเดรต พบว่ามีค่า 5.47%, 0.01%, 0.09% และ 43.48% ตามลำดับ และให้พลังงาน 2,919.23 แคลอรีต่อกรัม

คำสำคัญ: ข้า เยลลี่ ชูคราโลส มัลติทอล สารให้ความหวาน

Abstract

This research aimed to study the physicochemical properties and nutritional values of reduced sugar galanga sugar jelly from galanga root extract. Sweetness of sucrose was replaced by sucralose and maltitol at 0%, 50%, 75%, and 100%. The results showed that increasing the levels of sucralose and maltitol tended to increase the lightness (L^*), whereas redness (a^*) and yellowness (b^*) values were decreased ($p\leq 0.05$). The 100% maltitol sweetener showed the lowest hardness, springiness, and chewiness compared to other formulations. The moisture content was in a range of 23.80-28.79%. For total bacteria, yeast and mold, Coliform, *E. Coli*, *Salmonella* and *S. aureus* test, the jelly was in accordance with the standard of Thai community. Sensory evaluation showed that galanga jelly with 100% maltitol gained the highest consumer acceptance scores of 7.22, which was not significantly different ($p>0.05$) from the control. The nutritional values of the developed jelly product were also investigated; the percentages of protein, lipid, ash, and carbohydrate were 5.47%, 0.01%, 0.09%, and 43.48%, respectively. The total calorie of this product was 2,919.23 cal/g.

Keywords: Galanga, Jelly, Sucralose, Maltitol, Sweetener

บทนำ

ปัจจุบันผลิตภัณฑ์ในกลุ่มขนมหวานประเภทอมหรือเคี้ยว ได้แก่ ลูกอม ลูกกวาด หมากฝรั่ง รวมถึงเยลลี่ เป็นต้น เป็นที่นิยมในกลุ่มเด็กจนถึงกลุ่มวัยรุ่นที่ชื่นชอบในความหวาน หอม เหนียวนุ่ม เป็นขนมเคี้ยวเล่นที่รับประทานได้ง่าย (Lees & Jackson, 1973) เยลลี่แห่ง หมายถึง ผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการนำผลไม้ ผัก ธัญชาติ หรือสมุนไพร มาคั้นหรือสกัดแล้วผสมกับสารให้ความหวานและสารที่ทำให้เกิดเจล เช่น เจลาติน คาราจีแนน วุ้น ในปริมาณที่เหมาะสมที่จะทำให้ผลิตภัณฑ์อยู่ในลักษณะแข็งและเหนียว อาจผสมกรดผลไม้และส่วนประกอบอื่น ๆ เช่น ผลไม้ ผัก ธัญชาติ สมุนไพร เคี้ยวให้มีความชื้นเหนียวพอเหมาะที่อุณหภูมิที่เหมาะสม อาจแต่งสีและกลิ่นรสด้วยก็ได้ อาจเทใส่พิมพ์หรือตัดเป็นชิ้นหลังจากทิ้งไว้

ให้เย็น แล้วอาจคลุกด้วยน้ำตาลหรือแบ่งบริโภค ซึ่งองค์ประกอบหลักของเยลลี่ ได้แก่ น้ำผลไม้ สารเกิดเจล และสารให้ความหวาน (Supimarot, 2000) ปัจจุบันประเทศไทยประสบปัญหาด้านสาธารณสุขโดยเฉพาะโรคเบาหวาน โรคความดันโลหิตสูง โรคไขมันในเลือดสูง เป็นต้น เนื่องมาจากการบริโภคน้ำตาลมากเกินไป ความต้องการ (Arlai et al., 2018) การบริโภคสารให้ความหวานแทนการบริโภคน้ำตาลจัดเป็นวิธีลดการบริโภคปริมาณน้ำตาลได้วิธีหนึ่ง

ข่า (*Alpinia galangal* (L.) Willd.) เป็นพืชพื้นเมืองที่มีสรรพคุณทางยาต่อร่างกายหลายด้าน เหง้าอ่อน 100 กรัม ให้พลังงานต่อร่างกาย 20 กิโลแคลอรี มีเส้นใย แคลเซียม ฟอสฟอรัส เหล็ก เบต้า-แคโรทีน วิตามินบีหนึ่ง วิตามินบีสอง ไนอาซิน และวิตามินซี เท่ากับ 1.1 กรัม 5 มิลลิกรัม 27 มิลลิกรัม 0.1 มิลลิกรัม 18 ไมโครกรัม 0.13 มิลลิกรัม 0.15 มิลลิกรัม 0.4 มิลลิกรัม และ 23 มิลลิกรัม ตามลำดับ (Vamanon & Sapcharoen, 1995) นอกจากการใช้ประโยชน์อย่างแพร่หลายในด้านอาหารแล้ว ข่ายังประกอบด้วยสารสำคัญหลายชนิด เช่น สารต้านอนุมูลอิสระ (Churasri, 2020) ตัวอย่างสารพฤกษเคมีหลักที่พบในเหง้าข่า เช่น ฟลาโวนอยด์ (flavoids) ไดแอริลเฮปทานอยด์ (diarylheptanoids) น้ำมันหอมระเหย (volatile oil) เทอร์พีน (terpenes) ฟีนิลโพรพานอยด์ (phenylpropanoids) และ ไกลโคไซด์ (glycosides) เป็นต้น (Zhou et al., 2018) อย่างไรก็ตาม ปริมาณสารพฤกษเคมีที่พบในเหง้าข่าขึ้นอยู่กับสายพันธุ์ วิธีและสารละลายที่ใช้การสกัด (Basri et al., 2017) ทั้งนี้ ฟลาโวนอยด์ทั้งหมดที่พบในสารสกัดจากข่าที่ใช้ น้ำและเอทานอลเป็นตัวทำละลายมีค่าเท่ากับ 1.48 ± 0.02 และ 13.78 ± 0.60 มิลลิกรัม สมมูลย์ของแคทีชินต่อน้ำหนักสารสกัด 1 กรัม ตามลำดับ (Mahae & Chaiseri, 2009) นอกจากนี้ สารประกอบฟีนอลิกที่พบในเหง้าข่าที่ใช้ น้ำเป็นตัวทำละลาย มีเคมพ์เฟอรอล (kaempferol) อะพิจินี (apigenin) กรดพาราคูมาริก (p-coumaric acid) และ ไอซอร์ฮัมเนติน (Isorhamnetin) ในปริมาณ 7.38 ± 0.52 , 25.72 ± 1.69 , 17.17 ± 1.28 และ 1.84 ± 0.12 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ตามลำดับ (Köse et al., 2015) การนำข่ามาพัฒนาเป็นผลิตภัณฑ์เยลลี่ เพื่อให้ได้ผลิตภัณฑ์ใหม่จึงถือเป็นทางเลือกในการบริโภคเยลลี่ในรูปแบบรสชาติใหม่จากสมุนไพรพื้นเมืองของไทย อีกทั้งยังเป็นการเพิ่มคุณค่าทางโภชนาการให้กับผู้บริโภคผลิตภัณฑ์เยลลี่อีกด้วย

สารให้ความหวานแทนน้ำตาลจัดเป็นวัตถุเจือปนในอาหารประเภทหนึ่ง นิยมนำมาใช้เป็นสารให้ความหวานแทนน้ำตาล แบ่งออกเป็น 2 ชนิด คือ สารให้ความหวานที่มีคุณค่าทางอาหารหรือให้พลังงาน เช่น น้ำตาล คอร์นซีรัป น้ำตาลแอลกอฮอล์ เป็นต้น และสารให้ความหวานที่ไม่มีคุณค่าทางอาหารหรือไม่ให้พลังงาน เช่น ซูคราโลส แซคคาริน ซัคคาเมต เป็นต้น (Siwavej, 2003) มัลติทอลเป็นสารให้ความหวานที่นิยมใช้ทดแทนน้ำตาลในผลิตภัณฑ์อาหารในกลุ่มปราศจากน้ำตาล (sugar-free) อาหารไม่เติมน้ำตาล (no-sugar-added) หรือ อาหารลดค่าพลังงาน (reduced-calorie) เป็นต้น มัลติทอลได้รับความนิยมในอุตสาหกรรมอาหารเนื่องจากมีความใกล้เคียงกับน้ำตาลซูโครส มัลติทอลเป็นน้ำตาลแอลกอฮอล์ที่มีน้ำตาลมอลโทส 1 โมเลกุล จับกับแอลกอฮอล์ 1 โมเลกุล ทั้งนี้ น้ำหนัก

โมเลกุล (ไดแซ็กคาไรด์) จุดหลอมเหลว และมีสมบัติดูดความชื้น (hygroscopicity) ของมัลติทอลมีค่าใกล้เคียงกับน้ำตาลซูโครส (Rozzi, 2007) มัลติทอลที่จำหน่ายเชิงพาณิชย์ผลิตจากสตาร์ชของธัญพืช เช่น ข้าวโพด มันฝรั่ง และข้าวสาลี ด้วยการใช้การเร่งปฏิกิริยาไฮโดรจีเนชันของน้ำตาลมอลโทสชนิด D-maltose เพื่อเติมไฮโดรเจน (hydrogenation) ให้กับไดแซ็กคาไรด์ ที่ประกอบด้วยกลูโคส และซอร์บิทอลที่จับอยู่ด้วยกัน ได้เป็นน้ำตาลแอลกอฮอล์ (sugar alcohol) (Roze et al., 2021) ขณะที่ ซูคราโลสเป็น ไดแซ็กคาไรด์ไตรคลอโรอีนสังเคราะห์ โดยอะตอมคลอรีนเข้าไปแทนที่หมู่ไฮดรอกซิล 3 ตำแหน่ง ทั้งนี้ ซูคราโลสมีความหวานประมาณ 385 ถึง 650 เท่าของน้ำตาลซูโครสโดยน้ำหนัก ทั้งนี้ มีการนำซูคราโลส มาใช้ในผลิตภัณฑ์อาหาร เครื่องดื่ม และยา นับพันรายการ ทั้งในกลุ่มประเทศอเมริกาเหนือ ละตินอเมริกา ยุโรป ตะวันออกกลาง และภูมิภาคเอเชียแปซิฟิก (Schiffman & Rother, 2013) ทั้งนี้ ตามประกาศกระทรวงสาธารณสุข (ฉบับที่ 381) พ.ศ. 2559 เรื่อง วัตถุเจือปนอาหาร (ฉบับที่ 4) ไม่มีการกำหนดปริมาณมัลติทอลที่อนุญาตให้ได้ในอาหาร โดยปริมาณที่ใช้ให้เป็นปริมาณที่เหมาะสม ขณะที่ ปริมาณซูคราโลสสูงสุดที่อนุญาตให้ใช้ในขนมหวานที่มีผลไม้เป็นส่วนประกอบหลัก (รหัสของหมวดอาหาร 04.1.2.9) เท่ากับ 400 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ภายใต้ข้อกำหนดเฉพาะของประเทศคู่ค้า จากข้อมูลเบื้องต้นผู้วิจัยได้ทำการศึกษาชนิดและปริมาณของสารให้ความหวานต่อคุณภาพของผลิตภัณฑ์เยลลี่ซ่า รวมถึงศึกษาคุณค่าทางโภชนาการของผลิตภัณฑ์เยลลี่ซ่าที่พัฒนาได้เปรียบเทียบกับเยลลี่ซ่าที่ไม่มีการใช้สารให้ความหวานทดแทนน้ำตาล

วิธีดำเนินการวิจัย

1. วัตถุดิบ

เหง้าข้าว จัดเป็นพันธุ์ข้าวเล็ก เปลือกเหง้ามีสีน้ำตาลอมแดง ซื้อมาจากห้างแมคโคร ซึ่งผลิตโดย บริษัท สตาร์คฟาร์มผักสด จำกัด ตำบลโพธิ์กลาง อำเภอเมือง จังหวัดนครราชสีมา Gelatin bloom 250 ยี่ห้อ Gelita ผลิตจากประเทศไทย Potato starch ยี่ห้อ กรุงเทพเคมี ผลิตจากประเทศไทย กลูโคสไซรัป ยี่ห้อ ปลาแพนซีคาร์ฟ ผลิตจากประเทศไทย Sucralose ยี่ห้อ เคมีภัณฑ์ ผลิตจากประเทศจีน และ Maltitol powder ยี่ห้อ เคมีภัณฑ์ ผลิตจากประเทศจีน

2. การศึกษากระบวนการผลิตเยลลี่ซ่าสูตรมาตรฐาน

ส่วนผสมในการผลิตเยลลี่ซ่าดัดแปลงจากสูตรของ Rittilert & Warin (2020) แสดงดังตารางที่ 1 (Table 1)

Table 1 Galangal jelly recipe (Control)

Ingredient	Amount (wet basis)
Galangal root extract	36.80%
Gelatin	7.20%
Starch	0.90%
Citric acid	0.50%
Glucose syrup	18.20%
Sucrose	36.40%

ขั้นตอนการผลิตเยลลี่ชาเตรียมได้โดย 1) ล้างเหง้าชาด้วยน้ำสะอาด หั่นเป็นชิ้นให้มีขนาดเล็ก นำชาที่หั่นผสมกับน้ำสะอาด ในอัตราส่วน 1 ต่อ 1 และนำไปปั่นละเอียดด้วยเครื่องคั้นน้ำผลไม้ จากนั้นกรองน้ำชาด้วยผ้าขาว ได้เป็นสารสกัดจากเหง้าชา 2) เตรียมเจลาติน, สตาร์ช, น้ำตาลซูโครส, กลูโคสไซรัป, น้ำสะอาด และกรดซิตริก ตามปริมาณที่กำหนด ดังตารางที่ 1 (Table 1) 3) ต้มน้ำชาให้ได้อุณหภูมิ 60-70 องศาเซลเซียส เติมกลูโคสไซรัป และน้ำตาลซูโครส/สารให้ความหวานตามสูตร ดังตารางที่ 2 (Table 2) กวนให้ส่วนผสมละลาย และให้ความร้อนจนเดือดที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส 4) เติมเจลาตินหรือสตาร์ชลงในสารละลาย และกวนให้ส่วนผสมละลายเข้ากัน จากนั้นเติมกรดซิตริก โดยกำหนดให้ค่า pH สุดท้ายของส่วนผสมทั้งหมดให้มีค่าอยู่ระหว่าง 3.0 - 3.2 และมีค่าปริกซ์เท่ากับ 70 จากนั้นปิดไฟ 5) ตั้งทิ้งไว้ให้เยลลี่มีอุณหภูมิลดลงถึง 50 - 60 องศาเซลเซียส นำไปใส่พิมพ์ขนาด 2.4 x 2.4 x 19 ลูกบาศก์เซนติเมตร และเก็บเยลลี่ที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 30 - 60 นาที เพื่อให้เยลลี่คงรูป 7) แกะเยลลี่ออกจากพิมพ์ เพื่อและนำไปวิเคราะห์คุณภาพของผลิตภัณฑ์ต่อไป

ทั้งนี้ ปริมาณสารให้ความหวาน ซูคราโลส และมัลติทอล ที่ใช้แทนน้ำตาลซูโครสในแต่ละตัวอย่าง แสดงปริมาณดังตารางที่ 2 (Table 2)

Table 2 Sweetness level of galangal jelly recipe

Samples	1	2	3	4	5	6	7
% Sucrose	100	20	25	-	50	25	-
% Sucralose	-	50	75	100	-	-	-
% Maltitol	-	-	-	-	50	75	100

2. การศึกษาชนิดและปริมาณของสารให้ความหวานต่อคุณภาพของผลิตภัณฑ์เยลลี่ชา

2.1 วิเคราะห์คุณภาพทางกายภาพของผลิตภัณฑ์เยลลี่ชา ได้แก่ การวัดค่าสี ด้วยเครื่อง Colorimeter รายงานผลเป็น L^* , a^* และ b^* และการวิเคราะห์ลักษณะเนื้อสัมผัส ทดสอบด้วยวิธี Texture Profile Analysis (TPA) รายงานผลเป็นค่าความแข็ง (hardness) ค่าความยืดหยุ่น (springiness) และค่าการบดเคี้ยว (chewiness)

2.2 วิเคราะห์คุณภาพทางเคมี ได้แก่ ปริมาณความชื้น ด้วยเครื่อง Moisture Analyzer

2.3 วิเคราะห์คุณภาพทางจุลินทรีย์ ได้แก่ ปริมาณแบคทีเรียทั้งหมด, ยีสต์และรา, Coliform, *E. Coli*, *Salmonella* spp. และ *S. aureus* ทำการตรวจสอบปริมาณแบคทีเรียทั้งหมด (Total plate count) ด้วยวิธี pour plate (AOAC 966.23) ปริมาณยีสต์และรา โดยใช้ 3M Petrifilm Yeast and Mold Count Plate (AOAC, 2014.05) ปริมาณ Coliform และ *E. coli* โดยใช้ 3M Petrifilm *E. coli*/ Coliform Count Plate (AOAC 991.14) ปริมาณ *Salmonella* spp. โดยใช้ 3MTM PetrifilmTM Salmonella Express System (AOAC, 2014.01) และ *S. aureus* โดยใช้ 3M PetrifilmTM Stab Express Count Plate (Silbernagel et al., 2003)

3. การศึกษาการยอมรับของผู้บริโภคทางประสาทสัมผัสต่อผลิตภัณฑ์เยลลี่ซ่า

ทดสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัสใช้วิธีให้คะแนนความชอบแบบ 9-Point Hedonic Scale มีคะแนนความชอบ 9 ระดับ กำหนดให้ระดับคะแนน 1 หมายถึง ไม่ชอบมากที่สุด จนถึงระดับความชอบ 9 หมายถึง ชอบมากที่สุด โดยประเมินความชอบด้าน ลักษณะปรากฏ สี รสชาติ กลิ่น ความชอบโดยรวม กับผู้ทดสอบชิมที่ผ่านการฝึกฝนจำนวน 50 คน โดยผู้ทดสอบมีอายุระหว่าง 20 - 25 ปี กำหนดการสุ่มตัวอย่างครั้งละ 5 ตัวอย่าง ที่อุณหภูมิห้อง (ประมาณ 25 องศาเซลเซียส)

4. การศึกษาคุณค่าทางโภชนาการของผลิตภัณฑ์เยลลี่ซ่าลดน้ำตาลเทียบกับสูตรควบคุม

นำสูตรเยลลี่ที่ได้รับการยอมรับจากผู้บริโภคมากที่สุดเปรียบเทียบกับคุณค่าทางโภชนาการกับสูตรควบคุม (น้ำตาลซูโครส 100%) โดยวิเคราะห์ปริมาณโปรตีน (protein) ไขมัน (lipid) เถ้า (ash) เยื่อใย (crude fiber) คาร์โบไฮเดรต (carbohydrates) (AOAC, 2000) และค่าพลังงานทั้งหมด (total energy) ด้วยเครื่อง Isoperibol Bomb Calorimeter (AC-500 LECO, The Netherland)

5. การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

วางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (Completely Randomized Design: CRD) สำหรับการวิเคราะห์คุณภาพทางเคมีกายภาพ และวางแผนการทดลองแบบสุ่มในบล็อกสมบูรณ์ (Randomized Complete Block Design: RCBD) สำหรับการประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัส วิเคราะห์ค่าความแปรปรวน (Analysis of Variance: ANOVA) และเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยด้วยวิธี Duncan's new multiple range test (DMRT) ที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ทำการทดลอง 3 ซ้ำการทดลอง

ผลการวิจัย

1. ผลของชนิดและปริมาณสารให้ความหวานต่อคุณภาพของผลิตภัณฑ์เยลลี่ซ่า

1.1 ลักษณะปรากฏ จากการผลิตเยลลี่ซ่าโดยใช้ชนิดและปริมาณสารให้ความหวานในระดับที่แตกต่างกัน แสดงลักษณะปรากฏของผลิตภัณฑ์ดังภาพที่ 1 (Figure 1) ตัวอย่างเยลลี่ทุกตัวอย่างมีลักษณะเป็นเจลใสสีเหลืองของซ่า โครงสร้างรูปทรงชัดเจน มีผิวหน้าเรียบ เนื้อสัมผัสที่ได้มีความนุ่ม ยืดหยุ่น และมีกลิ่นซ่าธรรมชาติ

1.2 ค่าสี การวิเคราะห์ค่าสีของผลิตภัณฑ์เยลลี่ชาที่ใช้สารให้ความหวานแทนน้ำตาล แสดงดังตารางที่ 3 (Table 3) ทั้งนี้ ตัวอย่างเยลลี่ชาทุกตัวอย่างมีค่า L^* (ความสว่าง) อยู่ระหว่าง 71.27-76.87 โดยตัวอย่างที่ใช้ซูคราโลสที่ระดับ 50% มีค่า L^* สูงสุด เท่ากับ 76.87 และตัวอย่างที่ใช้ซูคราโลสและมัลติทอล เป็นส่วนผสม มีค่า a^* (ความเป็นสีแดง) ต่ำกว่าสูตรควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) เมื่อเปรียบเทียบค่า a^* ระหว่างตัวอย่างที่ใช้ซูคราโลส และมัลติทอล พบว่า ตัวอย่างที่ใช้ซูคราโลสที่ระดับ 100% ให้ค่า a^* สูงสุด (9.42) ขณะที่ ตัวอย่างที่ใช้ซูคราโลส และมัลติทอล เป็นส่วนผสม มีค่า b^* (ความเป็นสีเหลือง) อยู่ระหว่าง 20.95-26.54 การใช้ซูคราโลสและมัลติทอลเป็นส่วนผสมในเยลลี่ชาส่งผลให้ค่า b^* มีแนวโน้มลดลง อย่างไรก็ตาม ตัวอย่างควบคุมมีค่า b^* สูงสุด โดยที่ตัวอย่างที่ใช้ซูคราโลสที่ 100% มีค่าใกล้เคียงกับตัวอย่างควบคุม

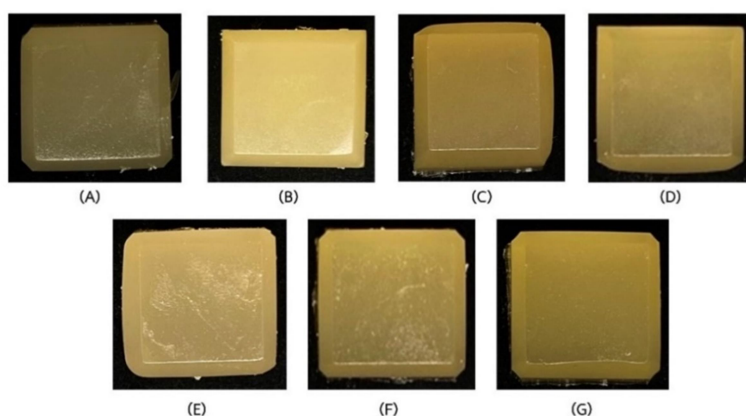


Figure 1 The appearance of galangal jelly with different concentrations of the sweetener; (A) control (100% sucrose), (B) 50% sucralose, (C) 75% sucralose, (D) 100% sucralose, (E) 50% maltitol, (F) 75% maltitol, and (G) 100% maltitol

1.3 ลักษณะเนื้อสัมผัส

การวิเคราะห์ลักษณะเนื้อสัมผัสของตัวอย่างเยลลี่ชา แสดงดังตารางที่ 3 (Table 3) การใช้ซูคราโลส และมัลติทอลเป็นสารทดแทนความหวานในตัวอย่างเยลลี่ชา ส่งผลให้ค่าความแข็ง (hardness) ของเยลลี่ทุกตัวอย่างมีค่าลดลง โดยตัวอย่างที่ใช้มัลติทอลที่ระดับ 100% มีค่า Hardness น้อยที่สุด (2.33 ± 0.11 นิวตัน) ขณะที่ค่าความยืดหยุ่น (springiness) ของตัวอย่างที่ใช้ สารทดแทนความหวานทั้งสองชนิดมีค่าเพิ่มขึ้น เมื่อเปรียบเทียบกับสูตรควบคุม ($p \leq 0.05$) ตัวอย่างที่ใช้ ซูคราโลสที่ระดับ 50% มีค่า springiness มากที่สุด (9.88 ± 0.07 มิลลิเมตร) โดยตัวอย่างที่ใช้ ซูคราโลสที่ระดับ 75% มีค่าใกล้เคียงกัน ($p > 0.05$) ส่วนค่าการบดเคี้ยว (chewiness) ของตัวอย่างที่ใช้ซูคราโลสที่ระดับ 100% และเยลลี่ชาที่ใช้มัลติทอลที่ระดับ 50% มีค่าใกล้เคียงกับสูตรควบคุม ($p > 0.05$) ทั้งนี้ การเพิ่มปริมาณซูคราโลส และมัลติทอล ส่งผลให้ค่า hardness ค่า springiness และค่า chewiness มีแนวโน้มลดลง

Table 3 Physical properties of galangal jelly with different conditions of the sweetener

Samples	Color values			Texture profile		
	<i>L</i> [*]	<i>a</i> [*]	<i>b</i> [*]	Hardness (N)	Springiness (mm)	Chewiness (N.mm)
Control	70.97±0.83 ^c	11.46±0.48 ^a	27.19±1.89 ^a	4.03±0.11 ^a	7.83±0.43 ^c	20.73±0.23 ^b
50% Sucralose	76.87±1.23 ^a	6.54±0.26 ^d	20.95±1.44 ^d	3.58±0.31 ^a	9.88±0.07 ^a	28.86±0.55 ^a
75% Sucralose	71.27±0.86 ^d	8.96±0.54 ^c	24.03±1.72 ^c	3.34±0.20 ^b	9.04±0.83 ^a	18.96±0.35 ^c
100% Sucralose	76.07±1.32 ^a	9.42±0.46 ^b	26.54±1.57 ^{ab}	3.07±0.06 ^{bc}	8.65±0.33 ^b	20.60±0.01 ^b
50% Maltitol	76.42±1.08 ^a	6.68±1.01 ^d	23.87±1.58 ^c	3.69±0.22 ^a	8.77±0.40 ^b	20.46±0.03 ^b
75% Maltitol	75.53±1.38 ^b	9.26±0.50 ^b	25.90±1.84 ^{bc}	2.87±0.14 ^c	7.91±0.14 ^c	19.03±0.11 ^c
100% Maltitol	75.18±1.34 ^b	9.38±0.49 ^b	26.07±1.81 ^b	2.33±0.11 ^d	7.90±0.14 ^c	18.50±0.70 ^c

Remark Results are expressed as mean ± standard error

Different letters in the same column indicated significant differences at $p \leq 0.05$.

1.4 ปริมาณความชื้น

ปริมาณความชื้นของผลิตภัณฑ์เจลลี่ชาสูตรควบคุมมีค่า 20.85% ดังตารางที่ 4 (Table 4) โดยการใช้ซูคราโลส และมัลติทอลเป็นสารทดแทนความหวานส่งผลให้ค่าความชื้นที่ได้สูงกว่าสูตรควบคุม ($p \leq 0.05$) โดยมีค่าอยู่ระหว่าง 23.80% – 28.79% การเพิ่มอัตราส่วนของซูคราโลสหรือมัลติทอลต่อซูโครสยังส่งผลให้ปริมาณความชื้นมีค่าสูงขึ้น ($p \leq 0.05$) ตัวอย่างที่ใช้มัลติทอลที่ระดับ 50% มีปริมาณความชื้นต่ำสุด 23.80% เช่นกัน ไม่แตกต่างจากการใช้ซูคราโลสที่ระดับ 50% และ 75%

Table 4 Moisture content and microbiological quality of galangal jelly with different conditions of the sweetener

Samples	Moisture content (%)	TPC (CFU/g)	Yeast & mold (CFU/g)	Coliform (MPN/g)	<i>E. coli</i> (MPN/g)	<i>Salmonella</i> spp. (CFU/g)	<i>S. aureus</i> (CFU/g)
Control	20.85 ± 0.19 ^d	<1×10 ⁴	<10	<3	<3	ND	ND
50% Sucralose	24.27 ± 0.30 ^c	<1×10 ⁴	3.00×10 ¹	<3	<3	ND	ND
75% Sucralose	26.15 ± 0.71 ^c	<1×10 ⁴	2.00×10 ¹	<3	<3	ND	ND
100% Sucralose	28.36 ± 0.47 ^a	<1×10 ⁴	<10	<3	<3	ND	ND
50% Maltitol	23.80 ± 0.71 ^c	<1×10 ⁴	2.50×10 ¹	<3	<3	ND	ND
75% Maltitol	27.06 ± 0.68 ^b	<1×10 ⁴	2.00×10 ¹	<3	<3	ND	ND
100% Maltitol	28.79 ± 0.92 ^a	<1×10 ⁴	<10	<3	<3	ND	ND

Remark Results are expressed as mean ± standard error. Different letters in the same column

indicated significant differences at $p \leq 0.05$. TPC: Total plate count; ND: Not Detected

2. ผลของชนิดและปริมาณสารให้ความหวานต่อการยอมรับทางประสาทสัมผัสของผู้บริโภคต่อผลิตภัณฑ์เยลลี่ชา

ผลการทดสอบการยอมรับทางประสาทสัมผัสของผู้บริโภคต่อผลิตภัณฑ์เยลลี่ชา ตัวอย่างเยลลี่ชาที่ใช้มัลติทอลเป็นสารให้ความหวานแทนน้ำตาลที่ระดับ 100% มีคะแนนความชอบโดยรวมมากที่สุด คือ 7.22 ซึ่งไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) เมื่อเปรียบเทียบกับตัวอย่างควบคุม (มีค่าเท่ากับ 7.00) โดยตัวอย่างเยลลี่ชาที่ใช้มัลติทอลที่ระดับ 100% ได้รับคะแนนความชอบด้านลักษณะปรากฏ สี รสชาติ และเนื้อสัมผัส 6.96, 7.05, 6.66 และ 7.16 ตามลำดับ ซึ่งเป็นความชอบที่อยู่ในระดับชอบปานกลาง ขณะที่คุณลักษณะด้านกลิ่นมีความชอบอยู่ในระดับชอบเล็กน้อย (6.00) ดังตารางที่ 6 (Table 6)

จากผลการทดลองนี้แสดงให้เห็นว่า มัลติทอลสามารถใช้เป็นสารให้ความหวานแทนน้ำตาลในผลิตภัณฑ์เยลลี่ชาได้ 100% ดังนั้น งานวิจัยนี้จึงเตรียมเยลลี่ชาที่ใช้มัลติทอลที่ระดับ 100% ในการศึกษาคุณค่าทางโภชนาการเปรียบเทียบกับสูตรควบคุมในลำดับต่อไป

Table 6 Sensory analysis of galangal jelly with different conditions of the sweetener

Samples	Sensory attributes					
	Appearance	Color	Flavor	Taste	Texture	Overall liking
Control	6.72±0.48 ^c	6.72±0.53 ^b	5.88±0.57 ^{ab}	6.72±9.48 ^a	6.50±0.53 ^c	7.00±0.48 ^a
50% Sucralose	6.72±0.53 ^c	6.50±0.37 ^c	5.88±0.48 ^{ab}	6.88±0.69 ^a	6.05±0.47 ^c	6.88±0.57 ^b
75% Sucralose	6.94±0.53 ^b	6.94±0.69 ^{ab}	5.70±0.69 ^b	6.05±0.69 ^b	6.33±0.0 ^{bc}	6.16±0.53 ^c
100% Sucralose	6.88±0.48 ^{bc}	6.72±0.36 ^b	5.88±0.48 ^{ab}	6.00±0.48 ^b	6.88±0.78 ^b	6.55±0.53 ^{bc}
50% Maltitol	7.05±0.37 ^a	6.44±0.33 ^c	5.61±0.75 ^{bc}	5.83±0.78 ^c	6.95±0.37 ^{ab}	6.00±0.37 ^c
75% Maltitol	6.94±0.48 ^b	6.72±0.54 ^b	5.77±0.37 ^b	6.11±0.54 ^b	7.05±0.00 ^a	6.77±0.37 ^b
100% Maltitol	6.96±0.75 ^b	7.05±0.01 ^a	6.00±0.48 ^a	6.66±0.78 ^a	7.16±0.37 ^a	7.22±0.57 ^a

Remark Results are expressed as mean ± standard error. Different letters in the same column indicated significant differences at $p\leq 0.05$.

3. ผลการศึกษาคุณค่าทางโภชนาการของผลิตภัณฑ์เยลลี่ชา

เมื่อเปรียบเทียบผลิตภัณฑ์เยลลี่ชาลดน้ำตาลที่ใช้มัลติทอลที่ 100% กับสูตรควบคุม (น้ำตาลซูโครส 100%) พบว่า มีปริมาณโปรตีน ไขมัน และคาร์โบไฮเดรต ลดลง โดยมีค่าเท่ากับ 5.47%, 0.09% และ 43.48% ตามลำดับ และผลการวิเคราะห์พลังงานทั้งหมด พบว่า ตัวอย่างควบคุมมีพลังงานทั้งหมด 3,165.65 แคลอรีต่อกรัม และตัวอย่างที่ใช้มัลติทอลที่ระดับ 100% ทดแทนน้ำตาลซูโครส ทำให้พลังงานทั้งหมดลดลงเหลือ 2,919.23 แคลอรีต่อกรัม ดังแสดงตารางที่ 7 (Table 7)

Table 7 Proximate analysis and nutritional values of galangal jellies

Nutritional values	Control formula	100% Maltitol formula
Protein (%) ^{ns}	5.86±0.90	5.47±0.10
Fat (%) ^{ns}	0.01±0.09	0.01±0.01
Ash (%) ^{ns}	0.12±0.01	0.09±0.07
Crude fiber (%)	N.D.	N.D.
Carbohydrate (%)	48.49±0.09 ^a	43.48±0.74 ^b
Total Energy (calories/g)	3,165.65±0.58 ^a	2,919.23±0.89 ^b

Remark ^{a,b} Mean within a row with different letters significantly different ($p \leq 0.05$).

^{ns} non significantly different ($p > 0.05$). N.D. = not detected

อภิปรายผล

จากการศึกษาผลของสารให้ความหวาน ได้แก่ ซูคราโลส และมัลติทอล ที่มีการทดแทนปริมาณน้ำตาลซูโครสที่ 0%, 50%, 75% และ 100% ในผลิตภัณฑ์เยลลี่ซ่า แสดงให้เห็นว่า การทดแทนน้ำตาลซูโครสด้วยสารให้ความหวานทั้งสองชนิดในผลิตภัณฑ์เยลลี่ซ่า ส่งผลต่อคุณภาพของผลิตภัณฑ์ (สี ลักษณะเนื้อสัมผัส ความชื้น คุณภาพทางจุลินทรีย์ และการยอมรับทางประสาทสัมผัสของผู้บริโภค) รวมถึงศึกษาองค์ประกอบทางเคมีและพลังงาน ได้แก่ โปรตีน ไขมัน เถ้า เยื่อใย คาร์โบไฮเดรต และพลังงานทั้งหมด ของผลิตภัณฑ์เยลลี่ซ่าที่พัฒนาได้

เมื่อพิจารณาผลการศึกษาดูจะเห็นว่า สารให้ความหวานทั้งสองชนิด คือ ซูคราโลส และมัลติทอล และปริมาณที่แตกต่างกัน 50%, 75% และ 100% ส่งผลต่อค่าที่ได้ โดยมีค่าความสว่างเพิ่มขึ้น ขณะที่ค่าความเป็นสีแดง และค่าความเป็นสีเหลืองของผลิตภัณฑ์ลดลง เมื่อเปรียบเทียบกับสูตรควบคุม เนื่องจากโครงสร้างของซูคราโลสและมัลติทอลแตกต่างจากน้ำตาลซูโครส หรือน้ำตาลรีดิซ (reducing sugar) ชนิดอื่น ซึ่งมีหมู่อัลดีไฮด์และคีโตนที่ทำให้เกิดปฏิกิริยาเมลลาร์ด (Mallard Reaction) โดยน้ำตาลรีดิซสามารถทำปฏิกิริยากับสารประกอบไนโตรเจน เช่น เอมีน โปรตีน ทำให้เกิดสารสีน้ำตาลที่เรียกว่า เมลานอยดิน (Melanoidins) (Lin et al., 2003; Kearsley & Deis, 2006; Kanpairo, 2018) นอกจากนี้ การใช้ซูคราโลส ส่งผลให้ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด (total soluble solid, TSS) ลดลง (Basu et al., 2013) ตัวอย่างที่ใช้ซูคราโลสจึงกระจายแสงได้ดีกว่าตัวอย่างควบคุม ทั้งนี้ การใช้ความร้อนสูงในการแปรรูปผลิตภัณฑ์อาหารที่มีน้ำตาลซูโครสเป็นส่วนประกอบจะทำให้เกิดปฏิกิริยาการเมลเลชัน (Caramelization) โดยโมเลกุลของน้ำตาลแตกออกจากกันเกิดเป็นสารประกอบที่มีสีเข้มขึ้น (Chen, 1987)

เนื่องจากน้ำตาลซูโครสมีปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมดมากกว่าซูคราโลสและมัลติทอล การทดแทนน้ำตาลซูโครสด้วยซูคราโลสและมัลติทอลในเยลลี่ซ่าเป็นการลดปริมาณน้ำตาลซูโครส ส่งผลให้ปริมาณของแข็งที่ละลายได้มีค่าลดลง เมื่อปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมดมีค่าลดลง ทำให้

โมเลกุลของสารเกิดเจลมีความสามารถในการจับกับโมเลกุลของน้ำลดลง ส่งผลให้สารเกิดเจลละลายได้น้อยลง เจลที่ได้จึงมีความแข็งแรงขึ้น ดังนั้น การใช้ซูคราโลสและมัลทิทอลในผลิตภัณฑ์เยลลี่ขาวจึงส่งผลให้ค่าความแข็งแรงและค่าการบดเคี้ยวของผลิตภัณฑ์ลดลงเมื่อเปรียบเทียบกับสูตรควบคุม ขณะที่ค่าความยืดหยุ่นมีแนวโน้มเพิ่มขึ้น ทั้งนี้ มาจากการลดปริมาณซูโครส ทำให้โครงสร้างของเจลมีความแข็งแรงลดลง แต่มีความยืดหยุ่นและนิ่มมากขึ้น

เมื่อพิจารณาปริมาณความชื้นของผลิตภัณฑ์เยลลี่ พบว่า การใช้ซูคราโลสและมัลทิทอลทำให้ปริมาณความชื้นสูงขึ้นจากสูตรควบคุม เนื่องจากซูคราโลสไม่มีสมบัติในการเพิ่มปริมาณของแข็งที่สามารถละลายได้ จึงส่งผลให้ปริมาณของแข็งที่จะจับกับโมเลกุลของน้ำลดลง (Kanpairo, 2018) ส่งผลให้ตัวอย่างที่ใช้ซูคราโลสแทนน้ำตาลซูโครสมีโมเลกุลของน้ำหลงเหลืออยู่มากกว่า ขณะที่ตัวอย่างที่ใช้มัลทิทอลแทนน้ำตาล สามารถจับกับโมเลกุลน้ำได้ดี เพราะมัลทิทอลเป็นน้ำตาลแอลกอฮอล์ที่มีหมู่ไฮดรอกซิล จึงสามารถสร้างพันธะไฮโดรเจนได้ (Kearsley & Deis, 2006; Vasiliki et al., 2010) ทั้งนี้ ที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส มัลทิทอล 175 กรัม สามารถละลายในน้ำ 100 กรัม และซูโครส 185 กรัม สามารถละลายในน้ำ 100 กรัม (Kearsley & Deis, 2006) แสดงให้เห็นว่า ที่สภาวะเดียวกันมัลทิทอลสามารถจับกับโมเลกุลของน้ำได้มากกว่า เพราะใช้ปริมาณที่น้อยกว่าในการละลาย จึงทำให้ผลิตภัณฑ์ที่ได้มีความชื้นมากกว่าสูตรควบคุม จากที่กล่าวมาข้างต้นแสดงให้เห็นว่า ประสิทธิภาพในการจับกับโมเลกุลของน้ำในน้ำตาลเชื่อมโยกับจำนวนหมู่ไฮดรอกซิล (Periche et al., 2014) เนื่องจากหมู่ไฮดรอกซิลในน้ำตาลสามารถสร้างพันธะไฮโดรเจนกับโมเลกุลของน้ำได้ดี อีกทั้ง หมู่ไฮดรอกซิลยังสามารถจับกับโมเลกุลของน้ำในโมเลกุลของสารเกิดเจลได้อีกด้วย โดยจะส่งผลต่อลักษณะความแข็งแรงของเจลที่ได้ (Chen, 1987; Norsuwan & Tantechai, 2018) ทั้งนี้ การเกิดพันธะ C - C และ C - O ในโครงสร้างของเจลเป็นสิ่งที่บ่งชี้การเกิดแรงดึงดูดระหว่างโมเลกุลที่ไม่ชอบน้ำ (hydrophobic interaction) แสดงถึงลักษณะเนื้อสัมผัสของเจล (Basu et al., 2013)

การวิเคราะห์คุณภาพทางจุลินทรีย์ของผลิตภัณฑ์เยลลี่ตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนสำหรับเยลลี่แห้ง (มพข.520/2547) ประกาศกระทรวงสาธารณสุข ฉบับที่ 213 พ.ศ. 2543 และประกาศกระทรวงสาธารณสุข (ฉบับที่ 416) พ.ศ. 2563 แสดงให้เห็นว่า ผลิตภัณฑ์เยลลี่ขาวคุณภาพทางจุลินทรีย์เป็นไปตามข้อกำหนดของมาตรฐาน เนื่องจาก ผลิตภัณฑ์เยลลี่ในงานวิจัยนี้เป็นผลิตภัณฑ์เยลลี่ที่อยู่ในกลุ่ม Hard jelly ซึ่งเป็นผลิตภัณฑ์ที่มีความชื้นต่ำ โอกาสในการเกิดจุลินทรีย์จึงมีความเป็นไปได้น้อย

การใช้มัลทิทอลเป็นสารทดแทนความหวานที่ 100% ส่งผลให้คุณลักษณะทางด้านลักษณะปรากฏ สี และเนื้อสัมผัส มีคะแนนความชอบมากกว่าสูตรควบคุม เนื่องจากลักษณะปรากฏของผลิตภัณฑ์มีความสว่าง และใสมากกว่า ทำให้ผู้บริโภคให้การยอมรับมากกว่าเมื่อเทียบกับสูตรอื่น อย่างไรก็ตาม การยอมรับของผู้บริโภคทางประสาทสัมผัสต่อผลิตภัณฑ์เยลลี่ขาวสูตรที่ใช้มัลทิทอลเป็นสารทดแทนความหวานที่ 100% มีค่าคุณลักษณะทางด้านกลิ่น รสชาติ และความชอบโดยรวมไม่ต่างจากสูตรควบคุม

($p>0.05$) เนื่องจากมัลทิทอลมีความสามารถในการละลายคล้ายคลึงกับน้ำตาลกลูโคส จึงทำให้มัลทิทอลมีรูปแบบการละลายในปากเช่นเดียวกับซูโครส การทดสอบผลิตภัณฑ์เยลลี่ชาสูตรที่ใช้มัลทิทอลของผู้บริโภค จึงยังคงมีความรู้สึกในปากใกล้เคียงกับสูตรควบคุม (Rozzi, 2007) เมื่อเปรียบเทียบคุณค่าทางโภชนาการของผลิตภัณฑ์เยลลี่ชาสูตรลดน้ำตาล (มัลทิทอล 100%) เปรียบเทียบกับสูตรควบคุม ผลการวิเคราะห์คุณค่าทางโภชนาการพบว่า เนื่องจากองค์ประกอบของน้ำตาลซูโครสและมัลทิทอลมีความแตกต่างกัน ส่งผลให้ปริมาณโปรตีน เถ้า คาร์โบไฮเดรต และพลังงานทั้งหมด มีปริมาณที่ต่างกัน โดยปริมาณโปรตีน เถ้า คาร์โบไฮเดรต และพลังงานทั้งหมด มีค่าลดลงเมื่อใช้มัลทิทอลทดแทนน้ำตาลซูโครสทั้งหมด เนื่องจากมัลทิทอลเป็นน้ำตาลแอลกอฮอล์ มีความหวานประมาณ 0.8-0.9 เท่าของน้ำตาลซูโครส มีพลังงานน้อยกว่าน้ำตาลซูโครสประมาณ 3.0 แคลอรีต่อกรัม (Dobrev et al., 2013; Struck et al., 2014)

สรุปผลการวิจัย

จากผลการวิจัยจะเห็นได้ว่าชนิดและปริมาณของสารให้ความหวานที่ใช้ในการผลิตเยลลี่ชาส่งผลให้คุณภาพของเยลลี่ชาได้แตกต่างกันออกไป โดยเยลลี่ชาที่ทดแทนด้วยมัลทิทอลที่ระดับ 100% ของปริมาณน้ำตาลซูโครสทั้งหมดมีคะแนนการยอมรับโดยรวมของผู้บริโภคทางประสาทสัมผัสสูงสุด (7.22) โดยมีค่าใกล้เคียงกับสูตรควบคุมมากที่สุด (7.00) ค่าพลังงานทั้งหมด (total energy) ของเยลลี่สูตรลดน้ำตาลด้วยน้ำตาลมัลทิทอล 100% มีค่าเท่ากับ 2,919.23 แคลอรีต่อกรัม การผลิตเยลลี่ชาจากสารสกัดเหง้าชา และใช้น้ำตาลมัลทิทอลทดแทนน้ำตาลทราย หรือน้ำตาลซูโครสได้ทั้งหมดแสดงให้เห็นถึงจุดเด่นของผลิตภัณฑ์นี้เหมาะกับผู้บริโภคที่รักสุขภาพ ผู้ที่ต้องการควบคุมการบริโภคปริมาณน้ำตาล และยังเป็นอีกทางเลือกหนึ่งของผู้บริโภควัยเด็กที่มีกรับประทานพืชผักสมุนไพรน้อย อีกทั้งเป็นแนวทางการเพิ่มมูลค่าให้กับสมุนไพรของไทยได้ด้วย

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสานที่สนับสนุนเครื่องมือ สถานที่ทำงานวิจัย และผู้ที่มีส่วนเกี่ยวข้องทุกท่านที่มีส่วนช่วยให้งานวิจัยนี้สำเร็จลุล่วงด้วยดี

เอกสารอ้างอิง

- AOAC. Official method 966.23. Microbiological methods first action 1966 final action 1989, Maryland; 1989.
- AOAC. Official method 991.14 coliform and *Escherichia coli* counts in foods dry rehydratable film (Petrifilm™ *E. coli*/Coliform Count Plate™ and Petrifilm™ Coliform Count Plate™) Methods First Action 1991 Final Action 1994, Maryland; 1994.

- AOAC. Official methods of analysis. Maryland: The Association of official analytical chemists, Maryland; 2000.
- AOAC, Official Method 2014.01. *Salmonella* in selected foods 3MTM PetrifilmTM *Salmonella* express system first action 2017 final action 2017, Maryland; 2017.
- AOAC. Official Method 2014.05. Enumeration of yeast and mold in Food 3MTM PetrifilmTM rapid yeast and mold count plate first action 2014, Maryland; 2014.
- Arlai A, Pongchanla S, Chanthipwong S. The development of low-calorie foy-thong with sugar alcohol. The 10th NPRU National Academic Conference, 29-30 March, 2018, Nakhon Pathom, Thailand; 2018.
- Bansri AM, Taha H, Ahmad N. A Review on the pharmacological activities and phytochemicals of *Alpinia officinarum* (Galangal) Extracts Derived from Bioassay-Guided Fractionation and Isolation. *Pharmacognosy Reviews* 2017;11(21):43-56.
- Basu S, Shivhare US, Singh TV. Effect of substitution of stevioside and sucralose on rheological, spectral, color and microstructural characteristics of mango jam. *Journal of Food Engineering* 2013;114:465-476.
- Chen CS. Relationship between water activity and freezing point depression of food systems. *Journal of Food Science* 1987;52(2):433-435.
- Churasri A. Benefits of eating galangal. 2020. Available at: www.medium.com. Accessed January 28, 2021.
- Dobrev V, Hadjikinova M, Slavov A, Hadjikinov D, Dobrev G, Zhekova B. Functional properties of maltitol. *Agricultural Science and Technology* 2013;5(2):168-172.
- Kearsley MW, Deis RC. 13 Maltitol powder. In O'Donnell K, Kearsley MW. (Eds.), *sweeteners and sugar alternatives in food technology*. Oxford: Blackwell Publishing; 2006: 295-308.
- Köse LP, Gülc I, Gören AC, Namiesnik J, Martinez-Ayala AL, Gorinstein S. LC-MS/MS analysis, antioxidant and anticholinergic properties of galanga (*Alpinia officinarum* Hance) rhizomes Leyla. *Industrial Crops and Products* 2015;74:712-721.
- Lees R, Jackson EB. Gums, jellies and pastilles. In Lees R, Jackson EB. (Eds.), *Sugar confectionery and chocolate manufacture*. London: Chapman & Hall;1973:226-265.
- Lin SD, Hwang CF, Yeh CH. Physical and sensory characteristics of chiffon cake prepared with erythritol as replacement for sucrose. *Journal of Food Science* 2003;68(6):2107-2110.
- Mahae N, Chaiseri S. Antioxidant activities and antioxidative components in extracts of *Alpinia galanga* (L.) Sw. *Kasetsart Journal Natural Science* 2009;43:358-369.
- Norsuwan T, Tantechai S. Effect of maltitol on physical and chemical properties of low-calorie passion fruit jam. The 56th Kasetsart University Annual Conference, 6-9 February, 2018, Bangkok, Thailand; 2018.
- Periche A, Heredia A, Escriche I, Andrés A, Castelló ML. Optical, mechanical and sensory properties of based-isomaltulose gummy confections. *Food Bioscience* 2014;7:37-44.

- Rittilert P, Warin K. Development of karanda (*Carissa carandas* L.) Gummy Jelly Product. Thai Journal of Science and Technology 2020;9(2):342-354.
- Roze M, Crucean D, Diler G, Rannou C, Catanéo C, Jonchère C, Le-Bail A, Le-Bail P. Impact of maltitol and sorbitol on technological and sensory attributes of biscuits. Foods 2021;10(11):1-15.
- Rozzi NL. Sweet facts about maltitol. Food product design. 2007. Available at: <https://talcottlab.tamu.edu/wp-content/uploads/sites/108/2019/01/Maltitol.pdf>. Accessed February 2, 2021.
- Schiffman SS, Rother KI. Sucralose, A synthetic organochlorine sweetener: Overview of biological issues. Journal of Toxicology and Environmental Health, Part B: Critical Reviews 2013;16(7):399-451.
- Silbernagel KM, Jechorek RP, Carver CN, Horter BL, Lindberg KG. 3MTM PetrifilmTM Staph express count plate method for the enumeration of *Staphylococcus aureus* in selected dairy foods: collaborative study. Food Biological Contaminants 2003;86(5):963-970.
- Siwavej S. Food additives (Vol. 1). Nakhon Pathom: National agricultural extension and training center kamphaengsaen campus of Kasetsart University; 2003.
- Struck S, Jaros D, Brennan CS, Rohm H. Sugar replacement in sweetened bakery goods. International Journal of Food Science and Technology 2014;49(9):1963-1976.
- Supimarot S. The technology of candy and chocolate production. Bangkok: Cu Press; 2000.
- Vamanon M, Sapcharoen P. Local vegetables. Bangkok: Department of Medical Services; 1995.
- Vasiliki E, Maria M, Ioanna M, Michael K. Compression of gellan gels. Part II: Effect of sugars. Food Hydrocolloids 2010;24(4):392-397.
- Zhou YQ, Liu H, He MX, Wang R, Zeng QQ, Wang Y, Ye WC, Zhang QW. A Review of the botany, phytochemical, and pharmacological properties of galangal. In Grumezescu AM, Holban AM (Eds.), Natural and Artificial Flavoring Agents and Food Dyes A volume in Handbook of Food Bioengineering MA: Academic Press; 2018: 351-396.