Research Article

Received: May 2, 2021; Accepted: June 14, 2021

ผลของการใช้สารก่อเจลจากพืชต่อสมบัติทางเคมีกายภาพและคุณภาพทางประสาทสัมผัสของพุดดิ้งฟังก์ชันที่มีสารต้านอนุมูลอิสระจากสารสกัดมะขามป้อม

Impact of Plant-based Gelling Agents on Physicochemical Properties and Sensory Quality of Functional Pudding Containing Antioxidant from Gooseberry Extracts

วิภาพร พลกลาง, วราภรณ์ ศรเดช*, รชต เหลือจันทร์,

ศิริพร บุตรสีโคตร, ทองกร พลอยเพชรา และสินี ศิริคูณ

ศูนย์เชี่ยวชาญนวัตกรรมอาหารสุขภาพ สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย

ตำบลคลองห้า อำเภอคลองหลวง จังหวัดปทุมธานี 12120

วิริยาภรณ์ สุ่มสกุล และจิรเมธ อุฬารวิวัฒน์

ศูนย์เชี่ยวชาญนวัตกรรมผลิตภัณฑ์สมุนไพร สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย

ตำบลคลองห้า อำเภอคลองหลวง จังหวัดปทุมธานี 12120

Wipaporn Ponklang, Waraporn Sorndech*, Rachata Lueachan,

Siriporn Butseekhot, Thongkorn ploypetchara and Sinee Siricoon

Expert Center of Innovative Health Food, Thailand Institute of Scientific and Technological Research,

Klong Ha, Klong Luang, Pathum Thani, 12120

Wiriyaporn Sumsakul and Chiramet Auranwiwat

Expert Center of Innovative Herbal Products, Thailand Institute of Scientific and Technological Research,

Klong Ha, Klong Luang, Pathum Thani, 12120

บทคัดย่อ

อาหารฟังก์ชันเป็นอาหารที่ให้ประโยชน์ต่อสุขภาพมากกว่าอาหารต่าง ๆ ผลิตได้โดยใช้ส่วนผสมที่เป็นประโยชน์ต่อสุขภาพ การเพิ่มหรือลดส่วนผสมบางชนิด วัตถุประสงค์ในการศึกษานี้ คือ การพัฒนาพุดดิ้งรสเสาวรสที่มีสารต้านอนุมูลอิสระจากสารสกัดมะขามป้อม การศึกษาผลของสารก่อเจลประเภทต่าง ๆ ได้แก่ เจลาตินจากสัตว์ (สูตรควบคุม) เจลาตินจากพืช (แป้งดัดแปร) และไฮโดรคอลลอยด์ผสม (คาราจีแนน โลคัสบีนกัม และมอลโตเด็กซ์

***ผู้รับผิดชอบบทความ :** waraporn_s@tistr.or.th

ทริน) พบว่าสารสกัดจากมะขามป้อมมีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระสูง (DPPH, 28.75±3.41 %) และปริมาณฟีนอลิกทั้งหมดสูง (166.15±3.34 mg GAE/g สารสกัดหยาบ) การประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสพบว่าการเติมสารสกัดจากมะขามป้อมร้อยละ 0.08 ของส่วนผสมทั้งหมด เหมาะสมสำหรับสูตรพุดดิ้ง (การยอมรับ 58.62 %) การประเมินลักษณะเนื้อสัมผัสพบว่าพุดดิ้งที่ใช้ไฮโดรคอลลอยด์แบบผสมให้ค่าการยึดเกาะ (cohesiveness) สูงสุดอย่างมีนัยสำคัญ และมีความแข็ง (hardness) ต่ำสุดเมื่อเปรียบเทียบกับเจลาตินจากสัตว์ ซึ่งผลสอดคล้องกับการทดสอบทางประสาทสัมผัส แสดงให้เห็นว่าสูตรไฮโดรคอลลอยด์แบบผสมมีคะแนนประเมินเนื้อสัมผัสดีที่สุดอย่างมีนัยสำคัญ ดังนั้นสูตรพุดดิ้งที่ใช้ไฮโดรคอลลอยด์ผสมเป็นสารก่อเจลเป็นพุดดิ้งสูตรที่ดีที่สุดที่มีสารต้านอนุมูลอิสระจากสารสกัดมะขามป้อม

คำสำคัญ : สารก่อเจลจากพืช; พุดดิ้งฟังก์ชัน; สารสกัดมะข้ามป้อม; สารต้านอนุมูลอิสระ

Abstract

Functional food provides health benefits that extend beyond its nutritional value. There are several types of functional food production that can produce by additional health beneficial ingredients or other ingredients elimination designed to improve health. This study aims to develop functional passion fruit pudding containing antioxidants from gooseberry extracts. The effect of different types of gelling agents; pork gelatin (control), plant gelatin (modified starch), and mixed hydrocolloids (the mixture of carrageenan, locust bean gum, and maltodextrin) were investigated. The Indian gooseberry extracts provided high antioxidant activity (DPPH, 28.75±3.41 %) and total phenolic content (166.15±3.34 mg GAE/g crude extract). The sensory evaluation data showed that the addition of 0.08 % Indian gooseberry extracts was appropriate for pudding formulation (58.62 % acceptance). Mixed hydrocolloids provided the highest cohesiveness significantly and lowest hardness as compared to pork gelatin. This result was in agreement with the sensory test, which showed the significantly highest favorable score of texture characteristics for mixed hydrocolloids formula. All pudding formulas present high antioxidant activity and high total phenolic content. The mixed hydrocolloids formula was the most favorite functional pudding containing antioxidant properties from gooseberry extracts.

Keywords: plant-based gelling agent; functional pudding; gooseberry extract; antioxidant

1. บทนำ

อาหารฟังก์ชัน (functional food) เป็นอาหารอีกประเภทที่ได้รับความนิยมอย่างแพร่หลาย หมายถึงผลิตภัณฑ์อาหารที่บริโภคเข้าสู่ร่างกายแล้วจะมีประโยชน์ต่อร่างกาย นอกจากรสชาติและความอิ่ม ยังมีส่วนช่วยในด้านการปรับระบบภูมิคุ้มกัน ชะลอความเสื่อมของอวัยวะ และช่วยบำรุงสมอง [1] ผู้วิจัยจึงเกิดแนวคิดในการพัฒนาผลิตภัณฑ์พุดดิ้งนมถั่วเหลืองรส

เสาวรสที่มีองค์ประกอบของสารสกัดมะขามป้อม ซึ่งสารสกัดนี้มีฤทธิ์ในการช่วยลดไขมันพอกตับ โดยมะขามป้อม (Indian gooseberry) มีชื่อวิทยาศาสตร์ว่า *Phyllanthus emblica* L. ซึ่งพบได้ทั่วไปในป่าเขตร้อนของทวีปเอเชียตอนใต้และตะวันออกเฉียงใต้ ในประเทศไทยพบมากในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ภาคเหนือ ภาคตะวันออก และภาคกลาง การศึกษาฤทธิ์ทางเภสัชวิทยาพบว่ามะขามป้อมมีสรรพคุณต้านไวรัส แก้ไอ ต้านการอักเสบ ลดความดันโลหิต ยับยั้งการก่อกลายพันธุ์ ต้านอนุมูลอิสระ ต้านการอักเสบ ต้านการเกิดแผลในกระเพาะอาหาร ลดคอเลสเตอรอล รวมทั้งบำรุงตับ หัวใจ และหลอดเลือด [2]

พุดดิ้ง (pudding) เป็นผลิตภัณฑ์อาหารประเภทขนมหวานที่มีองค์ประกอบของไข่ไก่ สารก่อเจล และน้ำตาลสูง มีงานวิจัยหลากหลายที่ต้องการพัฒนาสูตรพุดดิ้งเพื่อสุขภาพ งานวิจัยของ Onsamlee [3] ที่ศึกษาผลของการใช้น้ำตาลจากหญ้าหวานทดแทนน้ำตาลทรายในผลิตภัณฑ์พุดดิ้งมะพร้าวอ่อน พบว่าปริมาณน้ำตาลหญ้าหวานที่เหมาะสม คือ 4.0 % ของปริมาณน้ำตาลทั้งหมด นอกจากการใช้สารทดแทนน้ำตาลทรายแล้ว ยังมีการศึกษาการใช้นมจากพืชมาทดแทนนมวัว ซึ่งสอดคล้องกับกระแสการบริโภคอาหารจากพืช (plant-based food) เช่น งานวิจัยของ Pasukamonset และคณะ [4] ที่ศึกษาการใช้น้ำนมถั่วขาวทดแทนนมวัว พบว่าพุดดิ้งที่เตรียมจากสูตรที่ทดแทนด้วยน้ำนมถั่วขาวร้อยละ 75 ได้รับการยอมรับด้านประสาทสัมผัสมากที่สุด และมีลักษณะสมบัติทางกายภาพที่มีความใกล้เคียงกับสูตรควบคุมมากที่สุด นอกจากนี้การของ Reuangthamsigha และคณะ [5] ที่มีการพัฒนาสูตรพุดดิ้งโดยใช้น้ำนมข้าวโพดทดแทนนมวัว พบว่าพุดดิ้งที่ใช้น้ำนมข้าวโพดทดแทนนมวัวร้อยละ 100 มีคุณค่าทางโภชนาการใกล้เคียงกับพุดดิ้งสูตรควบคุมมากที่สุด

ดังนั้นงานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของการใช้สารสกัดมะขามป้อมในผลิตภัณฑ์พุดดิ้งฟังก์ชัน และผลของสารก่อเจลจากพืชต่อสมบัติทางเคมี กายภาพ คุณภาพทางประสาทสัมผัส ปริมาณฟีนอลิกทั้งหมด (total phenolic) และความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระของผลิตภัณฑ์พุดดิ้งฟังก์ชันที่มีองค์ประกอบของสารสกัดมะขามป้อม เพื่อเป็นทางเลือกสำหรับผู้บริโภคที่นิยมรับประทานผลิตภัณฑ์จากพืช และเพิ่มมูลค่าผลิตผลทางการเกษตรของไทยอีกด้วย

2. อุปกรณ์และวิธีการ

2.1 การเตรียมสารสกัดหยาบจากมะขามป้อมอินเดีย

เก็บตัวอย่างมะขามป้อมอินเดียจากจังหวัดกาญจนบุรี นำมาสกัดด้วยวิธีการหมักตามวิธีการของ Annegowda และคณะ [6] และ Mahavorasirikul และคณะ [7] โดยนำมะขามป้อมมาล้างด้วยน้ำและหั่นเป็นชิ้น อบด้วยเตาอบที่อุณหภูมิ 45 ºC จนน้ำหนักแห้งคงตัว และบดเป็นผง การสกัดทำได้ด้วยการบดมะขามป้อมแห้ง (150 กรัม) ในขวดที่มีเอทานอล 95 % ปริมาตร 1,000 mL นำไป sonicate ที่ 45 ºC เป็นเวลา 5 นาที แล้วปล่อยไว้ที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 24 ชั่วโมง แยกตัวทำละลายที่สกัดได้ และกรองผ่านกระดาษกรอง 1 แผ่น ทุกวัน เป็นเวลา 7 วัน จากนั้นนำสารสกัดไปทำเข้มข้นด้วยเครื่องระเหยแบบหมุนและเก็บไว้ที่ -20 ºC จนกว่าจะนำไปใช้ โดยนำสารสกัดหยาบจากมะขามป้อมไปวิเคราะห์ค่าการต้านอนุมูลอิสระและปริมาณฟีนอลิกทั้งหมด

2.2 การศึกษาปริมาณสารสกัดมะขามป้อมที่เหมาะสมในผลิตภัณฑ์พุดดิ้งฟังก์ชัน

พุดดิ้งสูตรควบคุมใช้สูตรที่ดัดแปลงมาจากงานวิจัยของ Pasukamonset และคณะ [4] โดยผลิต

ผลิตภัณฑ์พุดดิ้ฟังก์ชันด้วยการใช้นมถั่วเหลืองร้อยละ 38.54 วิปครีมชนิดนอนแดรี่ร้อยละ 38.54 น้ำตาลมอลติทอลร้อยละ 9.63 กลิ่นเสาวรสร้อยละ 0.08 สารให้ความคงตัว (เจลาตินจากสัตว์) ร้อยละ 2.20 และน้ำเสาวรสเข้มข้นร้อยละ 11.01 วิธีการประกอบด้วยการนำนมถั่วเหลืองและวิปครีมฮอโมจิไนซ์ที่ความเร็ว 5,000 รอบต่อวินาที เป็นเวลา 3 นาที แล้วเทลงในหม้อ นำขึ้นตั้งไฟโดยใช้ไฟอ่อนจนอุณหภูมิประมาณ 80 องศาเซลเซียส นำน้ำเสาวรสผสมกับเจลาตินใส่ลงในหม้อ คนจนส่วนผสมละลายด้วยตะกร้อมือเพื่อป้องกันการจับตัวกัน แล้วใส่น้ำตาลและกลิ่นเสาวรสคนให้เข้ากันแล้วเทใส่ถ้วยพลาสติกโพลิเอทธีลีนชนิดมีฝาปิด ขนาด 2 ออนซ์ นำไปแช่เย็น [4] จากนั้นทดลองเปรียบเทียบปริมาณสารสกัดมะขามป้อมที่ต่างกัน 2 ระดับ โดยเติมสารสกัดมะขามป้อมลงในตัวอย่างควบคุม ได้แก่ การเติมสารสกัดมะขามป้อมร้อยละ 0.08 (sample 1) และ 0.11 (sample 2) นำผลิตภัณฑ์ไปทดสอบทางประสาทสัมผัสโดยใช้วิธีการทดสอบแบบ 9-point hedonic scale กับผู้ทดสอบชิมที่ผ่านการฝึกฝน 30 คน แล้วนำผลที่ได้มาวิเคราะห์ผลทางสถิติด้วยโปรแกรม SPSS statistics 17.0

2.3 การศึกษาปริมาณเจลาตินพืชและไฮโดรคอลลอยด์ผสมเพื่อทดแทนเจลาตินสัตว์ที่เหมาะสมในผลิตภัณฑ์พุดดิ้ฟังก์ชัน

ผลิตผลิตภัณฑ์พุดดิ้งนมฟังก์ชันสูตรควบคุมโดยใช้เจลาตินสัตว์ตามวิธีการข้อ 2.1 จากนั้นผลิตพุดดิ้งโดยแทนที่เจลาตินสัตว์ โดยมีตัวแปรที่ศึกษาทั้งหมด 3 ระดับ ได้แก่ สูตรควบคุมซึ่งเป็นสูตรที่ใช้เจลาตินสัตว์ (C) ร้อยละ 2.20 สูตรที่ทดแทนด้วยเจลาตินพืช (PG) ร้อยละ 6.32 สูตรที่ทดแทนด้วยไฮโดรคอลลอยด์ผสม (MH) ร้อยละ 1.00 ตามลำดับ ดังแสดงในตารางที่ 1 ซึ่งปริมาณสารก่อเจลที่ใช้มาจากการทดสอบการยอมรับทางประสาทสัมผัสในเบื้องต้นเปรียบเทียบกับพุดดิ้งทางการค้า

2.4 การศึกษาสมบัติทางเคมีกายภาพและคุณภาพทางประสาทสัมผัสของพุดดิ้งฟังก์ชัน

นำผลิตภัณฑ์พุดดิ้ฟังก์ชันมาวิเคราะห์สมบัติทางเคมีกายภาพ ลักษณะเนื้อสัมผัส และคุณภาพทางประสาทสัมผัส ดังนี้

2.4.1 ปริมาณน้ำอิสระ (a_w)

ชั่งตัวอย่างผลิตภัณฑ์พุดดิ้ฟังก์ชัน 1.00 กรัม นำมาวัดปริมาณน้ำอิสระ โดยใช้เครื่อง water

Table 1 Functional pudding formulation

Compositions	Ingredients content (% w/w)		
	C	PG	MH
Soy milk	38.50	36.88	38.98
Wiping cream	38.50	36.88	38.98
40 % Concentrate passion fruit juice	11.00	10.54	11.14
Maltitol	9.63	9.22	9.74
Gelling agent	2.20	6.32	1.00
Passion fruit flavor	0.09	0.08	0.08
Indian goose berry extracts	0.08	0.08	0.08

C = control (pork gelatin); PG = plant gelatin; MH = mixed hydrocolloids

activity รุ่น 4TE ยี่ห้อ Aqua lab โดยทดลอง 3 ซ้ำ บันทึกผล และคำนวณปริมาณน้ำอิสระโดยเฉลี่ยของแต่ละตัวอย่าง

2.4.2 ปริมาณของแข็งทั้งหมด (ºBrix)

วัดปริมาณของแข็งทั้งหมด โดยใช้เครื่อง digital hand-held pocket refractometer รุ่น PAL-1 ยี่ห้อ ATAGO โดยทดลอง 3 ซ้ำ บันทึกผล และคำนวณค่าเฉลี่ยของแต่ละตัวอย่าง

2.4.3 ค่าพีเอช (pH)

วัดค่าพีเอช โดยใช้เครื่องวัดค่าความเป็นกรด-ด่าง แบบตั้งโต๊ะ ยี่ห้อ OHAUS รุ่น Starter Series 3100 โดยทดลอง 3 ซ้ำ บันทึกผล และคำนวณค่าเฉลี่ยของแต่ละตัวอย่าง

2.4.4 ค่าสี (color)

วัดสีโดยเครื่องวัดสี chroma meter รุ่น CR-400/410 ยี่ห้อ Konica minolta โดยใช้พารามิเตอร์สี CIE Lab ผลลัพธ์ของการวัดค่าสีของฟิล์มจะแสดงค่าในระบบฮันเตอร์ (Hunter system) และพิกัดสี่เหลี่ยม (rectangular coordinate) โดยกำหนดหน่วยวัดสีที่สัญลักษณ์ L* คือ ความสว่าง (lightness) a* คือ ค่าที่บรรยายสีแดง b* คือ ค่าที่บรรยายสีเหลือง โดยทดลอง 5 ซ้ำ บันทึกผล และคำนวณค่าเฉลี่ยของแต่ละตัวอย่าง

2.4.5 ลักษณะเนื้อสัมผัส (texture profile analysis)

ทดสอบลักษณะเนื้อสัมผัส โดยใช้การทดสอบแบบ texture profile analysis (TPA) ซึ่งเป็นการจำลองการใช้ฟันบดอาหาร ประกอบด้วยการทดสอบแรงกด (compression test) ได้แก่ ค่าความแข็ง (hardness) ค่าการเกาะติด (cohesiveness) ค่าการยึดติด (adhesiveness) และค่าความยืดหยุ่น (springiness) วัดโดยใช้เครื่องวัดลักษณะเนื้อสัมผัส (texture analyzer ยี่ห้อ LLOYD Instruments) หัววัด p/0.5HS โดยทดลอง 10 ซ้ำ บันทึกผล คำนวณค่าเฉลี่ยของแต่ละตัวอย่าง

2.4.6 คุณภาพทางประสาทสัมผัส (sensory quality)

ทดสอบลักษณะทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์พุดดิ้ฟังก์ชัน โดยใช้วิธีการทดสอบแบบ 9-point hedonic scale กับผู้ทดสอบชิมที่ผ่านการฝึกฝน 30 คน แล้วนำผลที่ได้มาวิเคราะห์ผลทางสถิติด้วยโปรแกรม SPSS statistics 17.0 จากนั้นเปรียบเทียบความแตกต่างของคะแนนเฉลี่ยที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 เพื่อเปรียบเทียบความชอบของผลิตภัณฑ์พุดดิ้งทั้ง 3 สูตร

2.4.7 องค์ประกอบทางเคมี (proximate analysis)

วิเคราะห์ปริมาณคาร์โบไฮเดรตทั้งหมด (total carbohydrate) ตามวิธีการของ Sullivan และ Carpenter [8] ปริมาณโปรตีน [protein (%N×6.25)] ปริมาณไขมันทั้งหมด (total fat) ความชื้น (moisture) และปริมาณเถ้า (ash) โดยใช้วิธีการของ In Latimer and Association of Official Analytical Chemists International [9] โดยรายงานผลในหน่วย กรัมต่อ 100 กรัมตัวอย่าง

2.4.8 การต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธี DPPH

การทดสอบ DPPH ทำตามวิธีการของ Herald และคณะ [10] ทดลองโดยใช้กรดแอสคอร์บิกใช้เป็นสารอ้างอิง (positive control) เตรียมสารละลาย DPPH ในเมทานอลความเข้มข้น 0.2 mM ละลายตัวอย่างใน DMSO และเจือจางตามความเข้มข้นต่าง ๆ ทำปฏิกิริยาใน 96-well plate โดยเริ่มจากการเติมสารละลาย DPPH 100 µL ผสมกับตัวอย่าง 50 µL หรือกรดแอสคอร์บิก 50 µL และบ่มไว้ในที่มืดเป็นเวลา 30 นาที จากนั้นวัดการดูดกลืนแสงที่ 517 nm ด้วยเครื่องอ่านไมโครเพลท Genios

(Tecan) เปรียบเทียบกับ blank ที่เตรียมไว้ ทดลอง 3 ซ้ำ และคำนวณเปอร์เซ็นต์การยับยั้งอนุมูลอิสระ คำนวณตามสูตร % inhibition = $[(A_{control} - A_{sample}) \div A_{control}] \times 100$

2.4.9 ปริมาณฟีนอลิกทั้งหมด (total phenolic)

การวิเคราะห์หาปริมาณสารฟีโนลิกทั้งหมด โดยใช้วิธี Folin-Ciocalteu นำตัวอย่างพุดดิ้งฟังก์ชันมาวิเคราะห์โดยนำตัวอย่างมาผสมกับน้ำกลั่นในอัตราส่วน 1 : 1 และกรองด้วยผ้าขาวบาง นำสารละลายที่ได้มาเจือจาง 10 เท่า แล้วนำไปหมุนเหวี่ยงและนำส่วนใสมาวิเคราะห์ ปิเปตสารละลายตัวอย่างปริมาตร 25 µL ใส่ลงในในไมโครเวลเพลท (microwell plate) เติมสารละลาย Folin-Ciocalteu reagent ปริมาตร 20 µL ตั้งไว้ในที่มืด เป็นเวลา 6 นาที จากนั้นเติม 7 % Na_2CO_3 ปริมาตร 100 µL ตั้งไว้ในที่มืด เป็นเวลา 90 นาที เมื่อเกิดปฏิกิริยาสารละลายจะเปลี่ยนจากสีเหลืองเป็นสีน้ำเงิน แล้วนำไปวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 765 nm ด้วยเครื่องอ่านปฏิกิริยาบนไมโครเพลท ยี่ห้อ Tecan รุ่น Infinite 200 Pro โดยทดลอง 3 ซ้ำ จากนั้นนำไปคำนวณหาปริมาณฟีนอลิกทั้งหมดจากกราฟมาตรฐานปริมาณกรดแกลลิกในช่วง 0-250 µg/mL

3. ผลการวิจัยและวิจารณ์

3.1 ปริมาณสารสกัดผลมะขามป้อมที่เหมาะสมในผลิตภัณฑ์พุดดิ้ฟังก์ชัน

เมื่อนำผลมะขามป้อมมาสกัดหยาบด้วยวิธีการหมัก พบว่าได้ปริมาณผลผลิต (% yield) ร้อยละ 43.39 จากนั้นนำสารสกัดมาวิเคราะห์ปริมาณฟีนอลิกทั้งหมด และฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธี DPPH พบว่ามีค่า 166.15±3.34 mg GAE/g สารสกัดหยาบและร้อยละ 28.75±3.41 ตามลำดับ แสดงให้เห็นว่าสารสกัดหยาบที่ได้มีสมบัติในการต้านอนุมูลอิสระที่สูงและมีศักยภาพในการนำไปใช้กับผลิตภัณฑ์อาหารฟังก์ชัน ผลการทดลองนี้สอดคล้องกับงานวิจัยของ Mayachiew และ Devahastin [11] ที่ศึกษาการสกัดสารสำคัญจากผลมะขามป้อมและให้ค่าการต้านอนุมูลอิสระที่วิเคราะห์ด้วยวิธี β-carotene bleaching สูงถึงร้อยละ 86.4 อย่างไรก็ตาม เมื่อทดสอบลักษณะทางประสาทสัมผัสของสารสกัดเบื้องต้นพบว่าสารสกัดที่ได้มีรสชาติขมมาก ทำให้เมื่อนำไปใช้ในผลิตภัณฑ์อาหารฟังก์ชันจะต้องวิเคราะห์ปริมาณที่เหมาะสม ดังนั้นจึงศึกษาหาปริมาณของสารสกัดมะขามป้อมที่เหมาะสมโดยเปรียบเทียบการใช้สารสกัดมะขามป้อมร้อยละ 0.08 และ 0.11 ในสูตรพุดดิ้ง ผลการทดลองในตารางที่ 1 พบว่าลักษณะปรากฏและค่าสีเฉลี่ยของพุดดิ้งของทั้ง 2 สูตรมีค่าคะแนนใกล้เคียงกัน ซึ่งอยู่ในระดับความชอบปานกลาง นอกจากนี้ผลการทดสอบด้านกลิ่น กลิ่นรส รสหวาน รสชาติติดค้างในปาก และรสขมมีคะแนนความชอบอยู่ในช่วงระดับ 6 คือ ชอบเล็กน้อย ขณะที่ลักษณะเนื้อสัมผัสในสูตรที่ 2 มีคะแนนความชอบมากกว่าสูตรที่ 1 แต่การวิเคราะห์ทางสถิติพบว่าตัวอย่างทั้งสองไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ดังนั้นเมื่อพิจารณาจากการยอมรับ (%) ของตัวอย่างที่ชอบมากที่สุด พบว่าผู้ทดสอบชิมให้การยอมรับสูตรที่ 1 (58.62 %) มากกว่าสูตรที่ 2 (41.38 %) ดังนั้นจึงเลือกสูตรที่ 1 ที่ใช้สารสกัดมะขามป้อมร้อยละ 0.08 เพื่อใช้ในการทดลองขั้นต่อไป

3.2 ผลของชนิดของสารก่อเจลต่อสมบัติทางเคมีกายภาพของพุดดิ้งฟังก์ชัน

เมื่อนำตัวอย่างพุดดิ้งมาวิเคราะห์ลักษณะเนื้อสัมผัสด้วยวิธี TPA ซึ่งเป็นการจำลองการใช้ฟันบดอาหาร โดยมีการวัดพารามิเตอร์ต่าง ๆ ประกอบด้วย adhesiveness คือ พลังงานที่จำเป็นต้องใช้ในการดึงฟันออกจากอาหาร cohesiveness คือ พลังงานยึด

เกาะกันภายในเนื้ออาหาร hardness คือ แรงสูงสุดที่เกิดขึ้นระหว่างการกดหรือเปรียบเทียบได้กับการเคี้ยวครั้งแรก และ stringiness คือ ค่าที่บอกความสามารถในการคืนตัวของตัวอย่างหลังการเสียรูปจากการกดครั้งแรก ผลการทดลอง (ตารางที่ 3) พบว่าพุดดิ้งสูตร C มีค่า adhesiveness, hardness และ springiness มากที่สุด คือ 1.97 Nmm, 0.71 N และ 4.79 mm ตามลำดับ ซึ่งสูตร C ทำมาจากเจลาตินสัตว์ ทำให้มีความหยืดหยุ่นมากกว่าสูตรที่ใช้เจลาตินพืชและมิกซ์ไฮโดรคอลลอยด์ อย่างไรก็ตาม สูตร MH มีค่า cohesiveness สูงสุด คือ 10.20 N แสดงถึงการเกาะตัวกันเองของโครงสร้างเนื้อพุดดิ้งที่ดี โดยไฮโดรคอลลอยด์ผสมที่ใช้นั้นเป็นสูตรที่ได้มากจากทางการค้า ประกอบด้วยคาราจีแนนร้อยละ 36.70 มอนโตเด็กซ์ทรินร้อยละ 32.00 ผงบุกร้อยละ 14.30 โลคัสบีนกัมร้อยละ 7.50 และคาร์บอกซีเมททิลเซลลูโลส (ซีเอ็มซี)

Table 2 Sensory quality of functional pudding containing Indian goose berry extracts

Attribution	Indian goose berry extracts content (%)	
	Sample 1 (0.08 %)	Sample 2 (0.11 %)
Appearance	7.43±0.92	7.43±0.92
Color	7.27±0.89	7.13±0.96
Smell	6.80±1.40	6.77±1.28
Flavor (passion fruit)	6.70±1.62	6.57±1.43
Sweetness	6.92±1.10	6.88±0.98
Bitterness	6.77±1.15	6.40±1.31
After taste	6.40±1.20	6.43±1.36
Texture	6.82±1.14	7.01±1.10
Overall liking	6.83±1.07	6.70±1.00
Acceptance (%)	58.62	41.38

Table 3 Texture profile analysis of functional pudding

Parameters	Sample		
	C	PG	MH
Adhesiveness (N/mm)	1.97±0.25^{a}	1.39±0.15^{b}	0.53±0.05^{c}
Cohesiveness (N)	2.69±0.13^{c}	5.58±0.90^{b}	10.20±1.19^{a}
Hardness (N)	0.71±0.07^{a}	0.29±0.03^{b}	0.31±0.01^{b}
Stringiness (mm)	4.79±0.16^{a}	4.82±0.28^{a}	3.17±0.16^{b}

Values (mean ± SD) in particular column with different letters show significant differences ($p \leq 0.05$);
C = control (pork gelatin); PG = plant gelatin and MH = mixed hydrocolloids

Table 4 Physicochemical properties of functional pudding

Physicochemical properties		Samples		
		C	PG	MH
Colors	L*	85.50±0.22^{a}	81.58±0.20^{b}	85.36±0.33^{a}
	a*	1.17±0.10^{b}	1.49±0.08^{a}	1.26±0.22^{b}
	b*	17.12±0.44^{b}	19.58±0.29^{a}	15.60±0.98^{c}
Chemical composition (g/100 g)	Total carbohydrate	24.33±0.12^{b}	29.60±0.33^{a}	28.14±0.17^{a}
	Protein (%N x 6.25)	4.20±0.31^{a}	1.59±0.27^{b}	1.78±0.23^{b}
	Total fat	8.66±0.42^{ns}	10.13±0.48^{ns}	9.30±0.41^{ns}
	Moisture content	62.45±0.27^{a}	58.34±0.35^{c}	60.36±0.32^{b}
	Ash	0.36±0.24^{ns}	0.34±0.31^{ns}	0.41±0.22^{ns}
	°Brix	26.96±0.31^{ns}	26.76±1.12^{ns}	26.04±0.27^{ns}
	A_w	0.98±0.00^{ns}	0.97±0.00^{ns}	0.97±0.002^{ns}
	pH	4.91±0.03^{a}	4.68±0.01^{b}	4.80±0.01^{b}

ns = not significantly difference; values (mean ± SD) in particular column with different letters show significant differences ($p \leq 0.05$); C = control (pork gelatin); PG = plant gelatin; MH = mixed hydrocolloids

ร้อยละ 9.50 ซึ่งไฮโดรคอลลอยด์แต่ละชนิดมีสมบัติเฉพาะตัวที่ส่งเสริมการยึดเกาะกันของโครงสร้างพุดดิ้ง จึงทำให้มีค่า cohesiveness ที่ดีกว่าการใช้เจลาตินจากสัตว์ Verbeken และคณะ [12] ศึกษาผลของการใช้แคปปาคาราจีแนน (κ-carrageenan) และสตาร์ช (starch) ในผลิตภัณฑ์พุดดิ้งนมถั่วเหลือง และพบว่าการใช้สตาร์ชนั้นมีอิทธิพลต่อลักษณะเนื้อสัมผัสของพุดดิ้งมากกว่าการใช้แคปปาคาราจีแนน ซึ่งสอดคล้องกับผลของการใช้เจลาตินจากพืช (แป้งดัดแปร) และการใช้ไฮโดรคอลลอยด์ผสมต่อลักษณะเนื้อสัมผัส

ค่าสีของพุดดิ้งรายงานผลในรูปแบบของค่า L^* คือ ค่าความสว่าง โดยสูตร MH มีค่าความสว่างมากที่สุด (85.36) และสูตร PG มีความสว่างน้อยที่สุด (81.58) ส่วนค่า a* และ b* คือ ค่าสีแดงและสีเหลือง ตามลำดับ พบว่าสูตร PG มีค่า a* และ b* มากที่สุด (1.49 และ 19.58 ตามลำดับ) อย่างไรก็ตาม ค่าสีที่ปรากฏนั้นขึ้นกับปริมาณน้ำเสาวรสที่ใช้ในแต่ละสูตร ซึ่งมีความแตกต่างกันเล็กน้อย ทำให้ค่าสีมีความแตกต่างกัน รวมทั้งอาจมีผลจากสมบัติในการกระเจิงแสงของสารให้ความคงตัวที่ใช้ในแต่ละสูตรอีกด้วย การตรวจวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของพุดดิ้งพบว่าสูตร PG และ MH มีปริมาณคาร์โบไฮเดรตสูง เนื่องจากเจลาตินในสูตร PG มีสมบัติเป็นแป้งดัดแปร และสูตร MH ประกอบไปด้วยไฮโดรคอลลอยด์หลายชนิด เช่น คาราจีแนน มอนโตเด็กตริน โลคัสบีนกัม ซึ่งจัดเป็นคาร์โบไฮเดรตทำให้มีปริมาณคาร์โบไฮเดรตสูง นอกจากนี้สูตร C มีปริมาณโปรตีนสูงที่สุดเนื่องจากเจลาตินจากสัตว์เป็นโปรตีน (protein) ซึ่งเป็นโปรตีนธรรมชาติที่มีอยู่ในกระดูก หนังสัตว์ และเนื้อเยื่อเกี่ยวพัน (connective tissue) ของสัตว์จึงทำให้มี

ปริมาณโปรตีนสูง ปริมาณของแข็งทั้งหมด (°Brix) และค่า a_w ของพุดดิ้งทั้ง 3 สูตรไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ค่า °Brix ของพุดดิ้งมีค่า 26.96, 26.76 และ 26.04 ตามลำดับ ค่า a_w ของพุดดิ้งทั้ง 3 สูตร มีค่า 0.98, 0.97 และ 0.97 ตามลำดับ ผลการทดลองอภิปรายได้ว่าการที่ผลิตภัณฑ์พุดดิ้งมีปริมาณน้ำอิสระสูงจึงมีโอกาสทำให้เสื่อมเสียได้ง่ายจากจุลินทรีย์ ยีสต์ และรา โดยข้อมูลสมบัติทางเคมีกายภาพของพุดดิ้งฟังก์ชันแสดงในตารางที่ 4

3.3 คุณภาพทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์พุดดิ้งฟังก์ชัน

การทดสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์พุดดิ้งฟังก์ชัน พบว่าสูตร MH มีคะแนนลักษณะปรากฏ (7.18) สี (7.03) และลักษณะเนื้อสัมผัส (7.12) สูงที่สุด ซึ่งเป็นค่าคะแนนที่อยู่ในระดับชอบมาก สูตร PG มีคะแนนการประเมินทุกด้านอยู่ในระดับชอบเล็กน้อย เมื่อพิจารณาเปอร์เซ็นต์การยอมรับปรากฏว่าสูตร MH มีการยอมรับสูงถึงร้อยละ 75 รองลงมา คือ สูตร C (21 %) และต่ำสุด คือ สูตร PG (4 %) การที่ผู้ทดสอบชิมให้การยอมรับสูตร MH มากที่สุดเพราะสูตร MH มีค่า cohesiveness สูงที่สุด แสดงให้เห็นว่าผู้ทดสอบชอบลักษณะเนื้อสัมผัสที่มีการเกาะตัวกันได้ดี และสูตร MH ยังมีค่าความสว่าง (L*) มากที่สุด ทำให้ลักษณะปรากฏของพุดดิ้งฟังก์ชันเป็นที่ยอมรับของผู้ทดสอบทางประสาทสัมผัสมากที่สุด ข้อมูลคุณภาพทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์พุดดิ้งฟังก์ชันแสดงในรูปที่ 1

3.4 ปริมาณฟีนอลิกทั้งหมดและฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระ

ปริมาณฟีนอลิกทั้งหมดของผลิตภัณฑ์พุดดิ้งนมถั่วเหลืองรสเสาวรสที่มีสารสกัดมะขามป้อมมีปริมาณฟีนอลิกทั้งหมดมากที่สุดเรียงตามลำดับ คือ สูตร C (40.14±0.14 mg GAE/g sample), PG (38.89±0.21 mg GAE/g sample) และ MH (37.07±0.29 mg GAE/g sample) อย่างไรก็ตาม ปริมาณฟีนอลิกทั้งหมดไม่แตกต่างกันทางสถิติ เมื่อพิจารณาฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระพบว่าไม่แตกต่างกันทางสถิติเช่นกัน ทั้งนี้ปริมาณฟีนอลิกและฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระมีผลมาจากองค์ประกอบหรือ ingredient ที่ใช้แต่ละสูตร โดยเฉพาะอย่างยิ่งสารสกัดมะขามป้อม (0.08 %) นมถั่วเหลือง และน้ำเสาวรสที่มีอิทธิพลต่อค่าดังกล่าว ดังแสดงข้อมูลในตารางที่ 5

4. สรุป

สูตรพุดดิ้งฟังก์ชันที่มีส่วนผสมของสารสกัดจากมะขามป้อม เมื่อศึกษาปริมาณสารสกัดมะขามป้อม พบว่าผู้ทดสอบชิมให้การยอมรับผลิตภัณฑ์ที่มีปริมาณสารสกัดร้อยละ 0.08 (w/w) และสารทดแทนเจลาติน

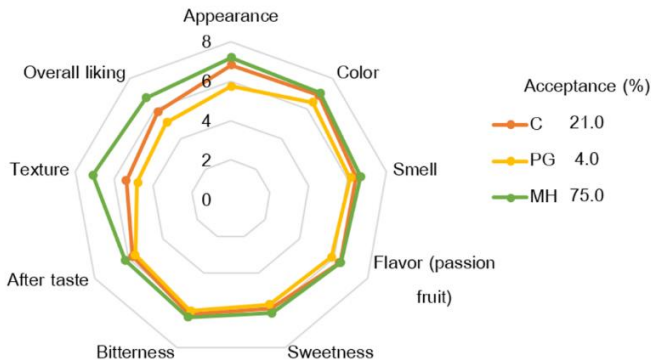

Figure 1 Sensory quality of functional pudding [C = control (pork gelatin); PG = plant gelatin; MH = mixed hydrocolloids]

Table 5 Total phenolic content and antioxidant activity of functional pudding

Properties	Samples		
	C	PG	MH
TPC (mg GAE/g sample)	40.14±0.14^{ns}	38.89±0.21^{ns}	37.07±0.29^{ns}
Antioxidant activity (DPPH, %)	31.28±0.25^{ns}	30.17±0.57^{ns}	30.55±0.31^{ns}

ns = non-significantly difference; C = control (pork gelatin); PG = plant gelatin; MH = mixed hydrocolloids

จากสัตว์ด้วยเจลาตินจากพืชหรือแป้งดัดแปร และไฮโดรคอลลอยด์ผสม ผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสพบว่าสูตรที่ใช้ไฮโดรคอลลอยด์ผสมมีการให้การยอมรับมากที่สุดถึงร้อยละ 75 โดยสูตรดังกล่าวประกอบด้วยนมถั่วเหลือง (38.98 %) วิปครีม (38.98 %) น้ำเสาวรสเข้มข้นร้อยละ 40 (11.14 %) น้ำตาลมอลทิทอล (9.74 %) ไฮโดรคอลลอยด์ผสม (1.00 %) กลิ่นเสาวรส (0.08 %) และสารสกัดมะขามป้อม (0.08 %) ซึ่งสามารถใช้เป็นแนวทางในการพัฒนาพุดดิ้งฟังก์ชันเพื่อเป็นทางเลือกให้กับผู้บริโภคที่รักสุขภาพ

5. References

[1] Tur, J.A. and Bibiloni, M.M., 2016, Functional Foods, pp. 157-161, In Caballero, B., Finglas, P.M. and Toldrá, F. (Eds.), Encyclopedia of Food and Health, Academic Press, Oxford.

[2] Verma, M., Rai, G.K. and Kaur, D., 2018, Effect of extraction solvents on phenolic content and antioxidant activities of Indian gooseberry and guava, Int. Food Res. J. 25: 762-768.

[3] Onsamlee, G., 2020, Use of stevia extract in coconut milk pudding, Thai Sci. Technol. J. 28(6): 1075-1085. (in Thai)

[4] Pasukamonset, P., Jamphon, A., Duang num, S. and Channarong, P., 2018, Physical characteristics and nutrition values of pudding substituted with white bean milk, Srinakharinwirot Sci. J. 34(1): 125-137. (in Thai)

[5] Reuangthamsigha, R., Piyasuwanying, P. and Siriwong, N., 2016, Formulation Development of milk pudding substituted with corn milk, KKU Sci. J. 44(2): 345-354. (in Thai)

[6] Annegowda, H.V., Anwar, L.N., Mordi, M.N., Ramanathan, S. and Mansor, S.M., 2010, Influence of sonication on the phenolic content and antioxidant activity of *Terminalia catappa* L. leaves, Pharm. Res. 2: 368-73.

[7] Mahavorasirikul, W., Viyanant, V., Chaija roenkul, W., Itharat, A. and Na-Bangchang, K., 2010, Cytotoxic activity of Thai medicinal plants against human cholangiocarcinoma, laryngeal and hepatocarcinoma cells *in vitro*, BMC Complement Altern. Med. 10: 55.

[8] Sullivan, D.M. and Carpenter, D.E., 1993,

Methods of Analysis for Nutrition Labeling, AOAC International, Arlington, VA.

[9] In Latimer, G.W. and Association of Official Analytical Chemists International, 2019, Official Methods of Analysis of AOAC International, AOAC International, Gaithers burg, MD.

[10] Herald, T.J., Gadgil. P. and Tilley, M., 2012, High-throughput micro plate assays for screening flavonoid content and DPPH-scavenging activity in sorghum bran and flour, J. Sci. Food Agric. 92: 2326-31.

[11] Mayachiew, P. and Devahastin, S., 2008, Antimicrobial and antioxidant activities of Indian gooseberry and galangal extracts, LWT Food Sci. Technol. 41: 1153-1159.

[12] Verbeken, D., Thas, O. and Dewettinck, K., 2004, Textural properties of gelled dairy desserts containing κ-carrageenan and starch, Food Hydrocoll. 18: 817-823.