



KKU SCIENCE JOURNAL

Journal Home Page : <https://ph01.tci-thaijo.org/index.php/KKUSciJ>

Published by the Faculty of Science, Khon Kaen University, Thailand



ผลของการสกัดต่อคุณสมบัติการต้านอนุมูลอิสระของน้ำกระชายขาว
และการผลิตเยลลี่พร้อมดื่มจากน้ำกระชายขาวทดแทนน้ำตาลทรายด้วยน้ำตาลโตนด

Effects of Extraction on Antioxidant Activity of Fingerroot (*Boesenbergia rotunda* (L.) Mansf.) Juice and Drinking Jelly Production with Palm Sugar Substitution

ดวงกมล แสงธีรกิจ¹ และ ศรัณยา จังโส^{1*}Duangkamon Sangteerakij¹ and Saranya Changso^{1*}¹สาขาวิชาการจัดการอาหาร คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏนครปฐม จังหวัดนครปฐม 73000¹Food Management Program, Faculty of Science and Technology, Nakhon Pathom Rajabhat University, Nakhon Pathom, 73000, Thailand

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของการสกัดกระชายขาวต่อคุณสมบัติกายภาพ เคมี และประสาทสัมผัสของน้ำกระชายขาว โดยศึกษากระบวนการสกัดน้ำกระชายขาวที่ใช้ 2 ปัจจัยร่วมกัน คือ อัตราส่วนของกระชายขาว:น้ำ 3 ระดับ (1:2 1:3 และ 1:4) และระยะเวลาในการสกัด 2 ระดับ (10 และ 15 นาที) จัดสิ่งทดลองด้วยวิธี 3 x 2 แฟคทอเรียล ในแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ ผลการศึกษาพบว่าอัตราส่วนของกระชายขาว:น้ำ เท่ากับ 1:2 ร่วมกับการสกัด 15 นาที มีปริมาณสารฟีนอลิกทั้งหมดและฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธี ABTS สูงที่สุดเท่ากับ 189.36 µg gallic acid/ml และ 772.76 µg Trolox/ml ตามลำดับ ผลประเมินทางประสาทสัมผัสด้วยวิธี 9-point hedonic scales พบว่าน้ำกระชายขาวที่อัตราส่วน 1:4 และระยะเวลาการสกัด 10 นาที เป็นสูตรที่ได้รับการยอมรับจากผู้ทดสอบชิม จึงนำสูตรดังกล่าวมาพัฒนาเป็นผลิตภัณฑ์เยลลี่กระชายขาวและศึกษาการทดแทนน้ำตาลทรายด้วยน้ำตาลโตนดที่เหมาะสม (ร้อยละ 0 50 75 และ 100) ผลประเมินทางประสาทสัมผัสพบว่าเยลลี่พร้อมดื่มกระชายขาวที่ทดแทนน้ำตาลทรายด้วยน้ำตาลโตนด ร้อยละ 50 มีคะแนนความชอบด้านสี ความใส และเนื้อสัมผัสไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับสูตรควบคุม และมีคะแนนความชอบด้านความใส กลิ่นรส รสชาติ และความชอบโดยรวมมากกว่าการทดแทนด้วยน้ำตาลโตนดที่ร้อยละ 75 และ 100 เยลลี่พร้อมดื่มกระชายขาวสูตรดังกล่าวไม่พบจุลินทรีย์ทั้งหมดและยีสต์และรา ผู้บริโภคทั่วไปให้การยอมรับอยู่ในเกณฑ์ชอบปานกลางถึงชอบมาก และมีราคาต้นทุนเท่ากับ 5.15 บาทต่อ 1 เสิร์ฟ (100 กรัม)

*Corresponding Author, E-mail: saranya@webmail.npru.ac.th

Received date: 30 June 2025 | Revised date: 19 September 2025 | Accepted date: 31 October 2025

doi: 10.14456/kkuscij.2026.9

ABSTRACT

The objectives of this research were to investigate the effect of fingerroot extraction on the physical, chemical, and sensory properties of fingerroot juice. The extraction process of fingerroot juice was studied using 2 factors; the ratio of fingerroot:water at 3 levels (1:2, 1:3 and 1:4) and the boiling time at 2 levels (10 and 15 minutes) by 3x2 factorial in completely randomized design. Results showed that the ratio of fingerroot:water at 1:2 with extraction time for 15 minutes had the highest of total phenolic content and antioxidant activity using the ABTS method with the values of 189.36 μg gallic acid/ml and 772.76 μg Trolox/ml, respectively. Sensory evaluation using 9-point hedonic scales showed that the ratio of fingerroot water at 1:4 and extraction time at 10 minutes was accepted by the panelists. Therefore, the formula was developed into a fingerroot drinking jelly product and the appropriate level of substitution of sugar with palm sugar (0, 50, 75, and 100%) was studied. Sensory evaluation using 9-point hedonic scales showed that the fingerroot drinking jelly with 50% palm sugar substituted had liking scores for color, clarity, and texture that were not significantly different from the control formula. The liking scores for clarity, flavor, taste, and overall liking were higher than the substitution at 75 and 100%. This fingerroot drinking jelly formula was not found the total plate count of bacteria, yeast, and mold. Consumer acceptance of the product was at the level of moderately-liked to very much-liked level. The cost of fingerroot drinking jelly was 5.15 Thai baht per serving (100 g).

คำสำคัญ: กระชายขาว เยลลี่พร้อมดื่ม น้ำตาลโตนด ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ

Keywords: Fingerroot, Drinking Jelly, Palm Sugar, Antioxidant Activity

บทนำ

กระชายขาว (*Boesenbergia rotunda* (L.) Mansf.) เป็นพืชในวงศ์ Zingiberaceae มีถิ่นกำเนิดในเอเชียตะวันออกเฉียงใต้และเอเชียใต้ กระชายมี 3 สายพันธุ์ ได้แก่ กระชายดำ กระชายแดง และกระชายขาวหรือกระชายเหลือง (กชกร, 2564; เกษมศักดิ์, 2564) กระชายเหลืองหรือกระชายขาวเป็นสมุนไพรพื้นบ้านที่ปลูกมากในจังหวัดนครปฐม นำมาใช้ประโยชน์ในการทำอาหารเป็นหลัก อีกทั้งยังมีสรรพคุณทางยามากมายจนได้รับขนานนามในวงการแพทย์แผนโบราณว่าเป็นราชาแห่งสมุนไพร หรือโสมไทย (ชาพิยะห์, 2562) ส่วนที่นำมาใช้ คือ เหง้า (rhizome) และราก (root) ของกระชายขาวสามารถใช้ได้ทั้งสดและแห้ง โดยทั่วไปกระชายขาวสดนิยมใช้เพื่อดับกลิ่นคาวของเนื้อสัตว์และปลา อีกทั้งยังช่วยกระตุ้นความอยากอาหาร (กรมการแพทย์แผนไทยและการแพทย์ทางเลือก, 2563; โรงพยาบาลเจ้าพระยาอภัยภูเบศร, 2564; Eng-Chong *et al.*, 2012) สรรพคุณทางยาของกระชายขาวมีน้ำมันหอมระเหยใช้รักษาอาการท้องอืด ท้องเฟ้อ ท้องร่วง บิด ขับระดู แก้กษัย แก่แผลในปาก ไอเรื้อรัง ลดความอ่อนเพลีย แก้โลหิตเป็นพิษ บำรุงธาตุ และแก้ปากเหม็นได้อีกด้วย (เกษมศักดิ์, 2564) กระชายขาวมีความเผ็ดร้อนและรสชาติหอมฉุนเฉพาะตัวซึ่งเกิดจากน้ำมันหอมระเหยหลัก คือ eucalyptol (e)- β -Ocimene และ geraniol เป็นน้ำมันหอมระเหยที่ให้กลิ่นหอมหวานในตระกูลซิตรัส (Sommano and Tangpao, 2021) นอกจากนั้นยังพบสารออกฤทธิ์อื่น ๆ ที่เป็นประโยชน์ต่อสุขภาพ ได้แก่ สารประกอบฟีนอลิก (phenolics) เช่น nerol camphor และ cineole เป็นต้น (Ongwisetpaiboon and Jiraungkoorskul, 2017) และสารกลุ่มฟลาโวนอยด์ (flavonoids) เช่น แพนดูเรทินเอ (panduratin A) และพินอสโตรบิน (pinostrobin) ที่พบในกระชายขาวมีคุณสมบัติช่วยลดการอักเสบในร่างกายและมีความปลอดภัยในการรับประทานอย่างต่อเนื่อง (มณฑกาและคณะ, 2567) ในปัจจุบันนอกจากการนำกระชายขาวมาปรุงอาหารแล้วยังมีการนำมาสกัดหรือปั่นเป็นเครื่องดื่มเพื่อสุขภาพช่วยดูแลร่างกายได้อีกด้วย

เยลลี่พร้อมดื่มเป็นผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการนำผลไม้ ผัก ธัญชาติ หรือสมุนไพร มาคั้นหรือสกัดให้ผสมกับสารที่ให้ ความหวาน (sweetening agent) และสารที่ให้เจล (gelling agent) เช่น เจลาติน คาราจีแนน และวุ้น ในปริมาณที่ เหมาะสมที่จะทำให้ผลิตภัณฑ์อยู่ในลักษณะเหลว อาจผสมกรดผลไม้และส่วนประกอบอื่น ๆ เช่น ผลไม้ ผัก ธัญชาติ สมุนไพร เคี้ยวให้มีความข้นเหนียวพอเหมาะในอุณหภูมิที่เหมาะสม และบรรจุในภาชนะปิดสนิท (สำนักงานมาตรฐาน ผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม, 2547) ในปัจจุบันเยลลี่พร้อมดื่มมีจำหน่ายในลักษณะอาหารฟังก์ชันมากขึ้น ซึ่งมีการเติมแต่ง สารต่าง ๆ ที่มีหน้าที่เชิงฟังก์ชัน ให้ตอบโจทย์ตลาดของผู้รักสุขภาพมากขึ้น เช่น วิตามินซีช่วยเสริมสร้างภูมิคุ้มกัน กลูต้าไธโอน ชิงค์ และคอลลาเจน เพื่อช่วยบำรุงผิว เป็นต้น อีกทั้งยังมีการศึกษาการผลิตเยลลี่พร้อมดื่มที่มีคุณค่าทางโภชนาการมากขึ้น เช่น เครื่องดื่มเยลลี่โปรตีนสูงจากโปรตีนเวย์ เครื่องดื่มเยลลี่เพื่อสุขภาพที่ผสมสารสกัดหยาบผักโขมและถั่งเช่าสีทอง เยลลี่ แคลอรีต่ำจากไซเดอร์มะเขือเทศ และเยลลี่ชিংพร้อมดื่ม เป็นต้น (ณัฏฐาและปิยาภรณ์, 2547; นภาพล, 2561; ภาดาร์ช, 2562; ณภัทร, 2564) เยลลี่พร้อมดื่มจัดอยู่ในประเภทเครื่องดื่มไร้แอลกอฮอล์ โดยศูนย์วิจัยกสิกรไทย (2567) ได้คาดการณ์ว่าในปี พ.ศ. 2568 ตลาดในประเทศไทยจะมีการเติบโตขึ้นร้อยละ 3.3 และจะมีมูลค่าตลาดอยู่ที่ 2.29 แสนล้านบาท โดยเครื่องดื่ม ฟังก์ชันนัลซึ่งเป็นหนึ่งในเครื่องดื่มในกลุ่มไร้แอลกอฮอล์คาดว่าจะขยายตัวสูงถึงร้อยละ 7 ในปี พ.ศ. 2568 แต่การผลิต เยลลี่พร้อมดื่มนั้นยังมีองค์ประกอบเป็นน้ำตาลทรายซึ่งเป็นสารให้ความหวานที่ดูดซึมเข้าในร่างกายได้อย่างรวดเร็ว น้ำตาล ทรายขาวที่นิยมใช้ในเครื่องดื่มทางการค้าในปัจจุบันมีองค์ประกอบหลักเป็นน้ำตาลซูโครส (96.42 กรัมต่อน้ำหนัก 100 กรัม) และมีส่วนประกอบของน้ำตาลกลูโคสและฟรักโทสอยู่ในปริมาณน้อย (0.23 และ 2.06 กรัมต่อน้ำหนัก 100 กรัม ตามลำดับ) ในขณะที่น้ำตาลโตนดมีองค์ประกอบของน้ำตาลกลูโคส ฟรักโทส และซูโครส (4.46 4.41 และ 68.76 กรัมต่อน้ำหนัก 100 กรัม ตามลำดับ) ซึ่งจะให้รสชาติที่เป็นเอกลักษณ์ซึ่งความหวานจะมีความซับซ้อนกว่าน้ำตาลทราย นอกจากนี้น้ำตาลโตนดเป็น น้ำตาลที่มีค่าดัชนีน้ำตาล (glycemic index, GI) เท่ากับ 35 ซึ่งจัดอยู่ในอาหารประเภท GI ต่ำ (Mulholland *et al.*, 2009; Srikaeo *et al.*, 2019) รายงานการศึกษาของ Srikaeo *et al.* (2019) พบว่าน้ำเชื่อมตาลโตนดและน้ำตาลโตนดผงมีค่าดัชนี น้ำตาลที่ทดสอบในหลอดทดลอง (*in vitro*) น้อยกว่าน้ำตาลทรายอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

งานวิจัยนี้จึงเป็นการพัฒนาผลิตภัณฑ์เยลลี่พร้อมดื่มโดยใช้น้ำกระชายขาวสมุนไพรไทยที่มีคุณสมบัติในการ ต้านอนุมูลอิสระ และศึกษาการทดแทนน้ำตาลทรายด้วยน้ำตาลโตนด เพื่อเป็นแนวทางในการผลิตเยลลี่พร้อมดื่มที่มีประโยชน์ต่อ สุขภาพมากขึ้น

วิธีการดำเนินการวิจัย

1. วัตถุประสงค์

กระชายขาวจากตลาดปทุมมงคล จังหวัดนครปฐม อายุประมาณ 7 เดือน มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 1 - 1.5 เซนติเมตร และน้ำตาลโตนดจากวิสาหกิจชุมชนถ้ำรงค์ จังหวัดเพชรบุรี เก็บรักษาไว้ในถุงอลูมิเนียมปิดสนิท ที่อุณหภูมิ 5 ± 2 องศาเซลเซียส ก่อนนำมาทำการทดลอง

2. การศึกษากระบวนการสกัดน้ำกระชายขาว

เตรียมน้ำกระชายขาวโดยคัดแยกเฉพาะส่วนรากนำมาล้างให้สะอาดและหั่นตามขวางเป็นแว่นหนาประมาณ 2 - 3 มิลลิเมตร นำไปปั่นกับน้ำสะอาด (น้ำกรอง) โดยแปรค่าอัตราส่วนของกระชายขาว:น้ำ เป็น 3 ระดับ คือ 1:2 1:3 และ 1:4 โดยน้ำหนัก/น้ำหนัก (ดัดแปลงจากนุชนนและรอมลีย์, 2560) กรองด้วยผ้าขาวบางที่สะอาด 4 ชั้น จากนั้นนำไปต้มกับ ส่วนผสมอื่น ๆ รายละเอียดดังตารางที่ 1 โดยใช้อุณหภูมิในการสกัด 75 ± 2 องศาเซลเซียส และแปรค่าระยะเวลาในการสกัด ออกเป็น 2 ระดับ คือ 10 และ 15 นาที ซึ่งเป็นอุณหภูมิและระยะเวลาในระดับของการพาสเจอร์ไรส์

ตารางที่ 1 ส่วนผสมน้ำกระชายขาวในการศึกษากระบวนการสกัด

ส่วนผสม (กรัม)	สิ่งทดลองที่ 1	สิ่งทดลองที่ 2	สิ่งทดลองที่ 3	สิ่งทดลองที่ 4	สิ่งทดลองที่ 5	สิ่งทดลองที่ 6
น้ำกระชายขาวอัตราส่วน 1:2	1,000	1,000	-	-	-	-
น้ำกระชายขาวอัตราส่วน 1:3	-	-	1,000	1,000	-	-
น้ำกระชายขาวอัตราส่วน 1:4	-	-	-	-	1,000	1,000
น้ำตาลทราย	150	150	150	150	150	150
กรดซิตริก	2	2	2	2	2	2
ระยะเวลาในการสกัด (นาที)	10	15	10	15	10	15

การวิเคราะห์คุณภาพทางกายภาพ เคมี และประสาทสัมผัสของน้ำกระชายขาว

2.1 ค่าสี โดยใช้เครื่องวัดสี Colorimeter (ยี่ห้อ Hunter Lab รุ่น ColorQuest XE ประเทศสหรัฐอเมริกา) วัดค่าสีโดยใช้ระบบ CIE Lab รายงานผลเป็นค่า L^* ซึ่งเป็นค่าแสดงความสว่าง (ค่า L^* มีค่าเข้าใกล้ 0 แสดงว่าวัตถุมีสีดำ และค่า L^* มีค่าเข้าใกล้ 100 แสดงว่าวัตถุมีสีขาว) ค่า a^* แสดงค่าความเป็นสีแดงและสีเขียว (ค่า a^* เป็นบวกวัตถุจะมีสีแดง และค่า a^* เป็นลบวัตถุจะมีสีเขียว) ค่า b^* แสดงค่าความเป็นสีเหลืองและสีน้ำเงิน (ค่า b^* เป็นบวกวัตถุจะมีสีเหลือง และ b^* เป็นลบวัตถุจะมีสีน้ำเงิน) ทำการทดสอบ 3 ซ้ำ

2.2 การเตรียมตัวอย่างสำหรับวิเคราะห์ ตามวิธีการของ Kähkönen *et al.* (1999) สกัดตัวอย่างโดยบีบตัวอย่าง 5 มิลลิลิตร ผสมกับเอทานอล 20 มิลลิลิตร นำไปให้ความร้อนที่ 50 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 1 ชั่วโมง จากนั้นนำมากรองด้วยกระดาษกรองเบอร์ 1 ปรับปริมาตรด้วยเอทานอลเป็น 25 มิลลิลิตร นำสารละลายส่วนในมาวิเคราะห์ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด และการทดสอบฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระด้วย ABTS radical cation decolorization assay

2.3 ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด (Total Phenolic Content) โดยวิธี Folin-Ciocalteu Assay (Kähkönen *et al.*, 1999) เตรียมสารละลายมาตรฐานกรดแกลลิก เข้มข้น 100 ไมโครกรัม/มิลลิลิตร นำมาเจือจางให้มีความเข้มข้นในช่วง 0-100 ไมโครกรัม/มิลลิลิตร บีบสารละลายมาตรฐานหรือสารตัวอย่าง จำนวน 0.5 มิลลิลิตร เติมน้ำ Folin-Ciocalteu reagent 2.5 มิลลิลิตร และเขย่าให้เข้ากันเติมน้ำโซเดียมคาร์บอเนต 2.0 มิลลิลิตร ทิ้งไว้ในที่มืด 1 ชั่วโมง นำไปวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ 765 นาโนเมตร ด้วยเครื่อง Spectrophotometer (ยี่ห้อ Metertech รุ่น SP-830 plus ประเทศไต้หวัน) นำค่าการดูดกลืนแสงที่ได้ของตัวอย่าง มาเทียบกับกราฟมาตรฐานของ Gallic acid (Gallic acid equivalent, GAE) คำนวณปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด หน่วยเป็นไมโครกรัมสมมูลของ gallic acid ต่อตัวอย่างปริมาณ 1 มิลลิลิตร ($\mu\text{g GAE/ml}$) ทำการทดสอบ 3 ซ้ำ

2.4 ฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระ ABTS ดัดแปลงวิธีการจาก Re *et al.* (1999) เตรียมอนุมูลอิสระจำลอง ABTS ถูกสร้างขึ้นด้วยปฏิกิริยาการออกซิเดชันด้วยการผสมสาร ABTS ที่ความเข้มข้น 7 มิลลิโมลาร์ กับโพแทสเซียมเปอร์ซัลเฟตที่ความเข้มข้นสุดท้าย 2.5 มิลลิโมลาร์ ในสารละลายฟอสเฟตบัฟเฟอร์เข้มข้น 10 มิลลิโมลาร์ (pH 7.4) เก็บไว้ที่มืดเป็นเวลา 12-16 ชั่วโมง ความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระ ABTS วิเคราะห์โดยเริ่มเจือจางสารละลายอนุมูลอิสระ ABTS ให้มีค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 734 นาโนเมตร ด้วยเครื่อง Spectrophotometer (ยี่ห้อ Metertech รุ่น SP-830 plus ประเทศไต้หวัน) เท่ากับ 0.70 (± 0.02) ด้วยสารละลายฟอสเฟตบัฟเฟอร์เข้มข้น 10 มิลลิโมลาร์ (pH 7.4) ปริมาตร 1,920 ไมโครลิตร ผสมกับตัวอย่างสารสกัดที่ความเข้มข้น 80 ไมโครลิตร ผสมให้เข้ากันและเก็บไว้ที่มืดเป็นเวลา 5 นาที วัดกิจกรรมที่ค่าการดูดกลืนแสงความยาวคลื่น 734 นาโนเมตร แสดงความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระ ABTS ของตัวอย่างในรูปความเข้มข้นของ Trolox ($\mu\text{g Trolox eq./ml}$) ทำการทดสอบ 3 ซ้ำ

2.5 ทดสอบการยอมรับทางประสาทสัมผัสด้วยแบบทดสอบ 9-points hedonic scale (Stone and Sidel, 1993) กับผู้ทดสอบชิมทั่วไปจำนวน 50 คน ในมหาวิทยาลัยราชภัฏนครปฐม โดยมีเกณฑ์การคัดเลือกกลุ่มตัวอย่าง คือ เป็นผู้มีอายุ 18 ปีขึ้นไป ไม่เป็นหญิงตั้งครรภ์ ไม่แพ้ส่วนผสม และไม่มีความคิดในการบริโภคน้ำกระชายขาว เตรียมตัวอย่างน้ำกระชายขาว ในแก้วพลาสติกใส ปริมาณ 30 มิลลิลิตร แขนงในตู้เย็นและเสิร์ฟที่อุณหภูมิ 20 ± 2 องศาเซลเซียส คุณลักษณะที่ทำการประเมินความชอบ ได้แก่ สี ความใส กลิ่นรส รสชาติ และความชอบโดยรวม

3. การศึกษาระดับการทดแทนน้ำตาลทรายด้วยน้ำตาลโตนดที่เหมาะสมในผลิตภัณฑ์เยลลี่พร้อมดื่มกระชายขาว

เลือกกระบวนการสกัดน้ำกระชายขาวที่ดีที่สุดจากข้อ 2 มาพัฒนาต่อเป็นเยลลี่พร้อมดื่มกระชายขาวโดยเติมคาราจีแนนร้อยละ 0.3 ของน้ำหนักน้ำกระชายขาว (ดัดแปลงจากบุษยาและสมศรี, 2564) และเติมน้ำตาลโตนดทดแทนน้ำตาลทรายขาวด้วยระดับที่แตกต่างกัน 3 ระดับ คือ ร้อยละ 50 75 และ 100 ทำการทดลองเปรียบเทียบกับสูตรควบคุมที่ใช้ น้ำตาลทรายร้อยละ 100 ส่วนผสมและปริมาณแสดงรายละเอียดดังตารางที่ 2

ตารางที่ 2 ส่วนผสมในการผลิตเยลลี่พร้อมดื่มกระชายขาว

ส่วนผสม (กรัม)	สูตรที่ 1 (ควบคุม)	สูตรที่ 2	สูตรที่ 3	สูตรที่ 4
น้ำกระชายขาว	1,000	1,000	1,000	1,000
คาราจีแนน	3	3	3	3
กรดซิตริก	2	2	2	2
น้ำตาลทราย	150	75	37.5	0
น้ำตาลโตนด	0	75	112.5	150

การวิเคราะห์คุณภาพทางกายภาพ และประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์เยลลี่พร้อมดื่มกระชายขาว

3.1 ค่าสี ตามวิธีการข้อ 2.1 และคำนวณหาความแตกต่างของสี (ΔE) (Mokrzycki and Tatol, 2011) ของเยลลี่พร้อมดื่มกระชายขาวดังสมการ

$$\Delta E = \sqrt{(\Delta L^*)^2 + (\Delta a^*)^2 + (\Delta b^*)^2}$$

โดยค่า ΔL^* Δa^* และ Δb^* คือ ค่าสีที่แตกต่างกันในค่า L^* a^* และ b^* ระหว่างตัวอย่างควบคุมและตัวอย่างเยลลี่จากน้ำกระชายขาวที่ต้องการทดสอบ

3.2 ทดสอบการยอมรับทางประสาทสัมผัสตามวิธีการข้อ 2.5 เตรียมตัวอย่างเยลลี่พร้อมดื่มกระชายขาวบรรจุลงในถุงฝาลาเท็กซ์ ตัวอย่างละประมาณ 30 กรัม แขนงในตู้เย็นและเสิร์ฟที่อุณหภูมิ 10 ± 2 องศาเซลเซียส คุณลักษณะที่ทำการประเมินความชอบ ได้แก่ สี ความใส กลิ่นรส รสชาติ เนื้อสัมผัส และความชอบโดยรวม โดยเกณฑ์การคัดเลือกผู้ทดสอบชิมเพิ่มเติม คือ เป็นผู้ที่เคยรับประทานเยลลี่พร้อมดื่มมาก่อน

4. การศึกษาคุณภาพของผลิตภัณฑ์เยลลี่พร้อมดื่มจากกระชายขาวที่พัฒนาได้

คัดเลือกสูตรที่ได้รับคะแนนการยอมรับจากผู้ทดสอบชิมมากที่สุดมาศึกษาคุณภาพของผลิตภัณฑ์ ดังนี้

4.1 องค์ประกอบทางเคมีโดยประมาณ ได้แก่ ปริมาณความชื้น เถ้า ไขมัน โปรตีน เส้นใยหยาบ และคาร์โบไฮเดรตตามวิธีการของ AOAC (1990) ทำการทดสอบ 3 ซ้ำ

4.2 จำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมด และยีสต์และรา ตามวิธีการของ BAM (2001)

4.3 คำนวณต้นทุนของผลิตภัณฑ์จากราคาวัตถุดิบ และบรรจุภัณฑ์ โดยยังไม่รวมค่าแรงงานและค่าเสียอื่น ๆ ดัดแปลงตามวิธีการของสิริโสภะและคณะ (2563)

5. การวิเคราะห์ผลทางสถิติ

การศึกษาระบบการสกัดน้ำกระชายขาวจัดสิ่งทดลองแบบแฟคทอเรียล 3×2 ในแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (3×2 Factorial in Completely Randomized Design) และการศึกษาการทดแทนน้ำตาลทรายด้วยน้ำตาลโตนดวางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (Completely Randomized Design, CRD) นำข้อมูลที่ได้มาวิเคราะห์ความแปรปรวน (Analysis of Variance: ANOVA) และเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยระหว่างสิ่งทดลองด้วยวิธี Duncan's New Multiple Range Test (DMRT) ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 วิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูปทางสถิติ

การทดสอบทางประสาทสัมผัสวางแผนการทดลองแบบบล็อกสุ่มสมบูรณ์ (Randomized Complete Block Design; RCBD) ทดสอบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยด้วยวิธี Duncan's New Multiple Range Test (DMRT) ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

6. การพิทักษ์สิทธิ์ของกลุ่มผู้ทดสอบชิม

งานวิจัยครั้งนี้ผ่านการรับรองตามหลักเกณฑ์การพิจารณาโครงการวิจัยในมนุษย์จากคณะกรรมการจริยธรรมการวิจัยในมนุษย์ มหาวิทยาลัยราชภัฏนครปฐม เลขที่ใบรับรอง 004/2565

ผลการวิจัยและวิจารณ์ผล

1. ผลการศึกษาคุณภาพของน้ำกระชายขาวที่ความเข้มข้นและระยะเวลาการให้ความร้อนที่แตกต่างกัน

ผลการศึกษาค่าสีของน้ำกระชายขาวที่ความเข้มข้นและระยะเวลาในการสกัดที่แตกต่างกัน พบว่า อิทธิพลร่วมระหว่างอัตราส่วนของกระชายขาว:น้ำ และระยะเวลาในการสกัดไม่มีผลต่อค่าความสว่าง (L^*) ค่าความเป็นสีแดง - เขียว (a^*) และค่าความเป็นสีเหลือง - น้ำเงิน (b^*) ของน้ำกระชายขาว (ตารางที่ 3) แต่อิทธิพลหลักของอัตราส่วนของกระชายขาว:น้ำ มีผลทำให้ค่าความสว่างแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) โดยพบว่าเมื่ออัตราการเจือจางของน้ำกระชายขาวด้วยน้ำเพิ่มขึ้น ค่าความสว่าง (L^*) ของน้ำกระชายขาวกลับลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) (ไม่ได้แสดงข้อมูล) ทั้งนี้ อาจเนื่องมาจากการเปลี่ยนแปลงของการกระเจิงแสง (light scattering) ภายในสารละลาย โดยในน้ำกระชายขาวที่มีความเข้มข้นสูง (อัตราส่วน 1:2) อนุภาคแขวนลอยและสารประกอบฟีนอลิกในระบบอาจก่อให้เกิดการกระเจิงแสงมากขึ้น ส่งผลให้ค่าสีโดยรวมมีความสว่างมากกว่า ในขณะที่การเจือจางที่สูงขึ้น (1:3 และ 1:4) ช่วยให้อนุภาคกระจายตัวอย่างเสถียร ลดการกระเจิงแสง และทำให้เห็นสีจริงของสารฟีนอลิกและฟลาโวนอยด์ที่มีเม็ดสีเหลืองถึงน้ำตาลได้ชัดเจนขึ้น จึงทำให้ค่า L^* มีค่าลดลง นอกจากนี้ สารประกอบฟีนอลิกหลายชนิด เช่น ฟลาโวนอยด์และแทนนิน มีคุณสมบัติในการดูดกลืนแสงในช่วงคลื่นที่ตามนุษย์มองเห็นได้ (visible spectrum) และสามารถเปลี่ยนเม็ดสีภายใต้อิทธิพลของ pH และสภาวะแวดล้อมของสารละลาย (Dai and Mumper, 2010; Shahidi and Yeo, 2018) การเจือจางน้ำกระชายขาวอาจทำให้ค่า pH เปลี่ยนแปลง และมีผลต่อสมดุลโครงสร้างของสารประกอบเหล่านี้ ส่งผลให้สีของน้ำกระชายขาวมีความเข้มมากขึ้นและค่าความสว่างลดลง สอดคล้องกับงานวิจัยของ Prior *et al.* (2005) ที่รายงานว่าปริมาณสารประกอบฟีนอลิกและโครงสร้างทางเคมีมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงค่าพารามิเตอร์สีในอาหารและเครื่องดื่ม

นอกจากนี้ อิทธิพลหลักของอัตราส่วนของกระชายขาว:น้ำ และระยะเวลาในการสกัดยังส่งผลให้ค่าความเป็นสีแดง - เขียว และค่าความเป็นสีเหลือง - น้ำเงินของน้ำกระชายขาวแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) สอดคล้องกับรายงานการศึกษาของัญญาและปิยาภรณ์ (2547) ศึกษาการผลิตเยลลี่ซึ่งพบว่าค่าความเป็นสีเหลืองจะเพิ่มขึ้นเมื่ออัตราส่วนของขิงต่อน้ำเพิ่มขึ้น และการเพิ่มเวลาในการให้ความร้อนจะส่งผลให้ผลิตภัณฑ์มีค่าความเป็นสีเหลืองมากกว่าในระดับความเข้มข้นที่เท่ากัน น้ำกระชายขาวที่มีอัตราส่วนของน้ำมากขึ้นมีค่าความเป็นสีแดงลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) เนื่องจากมีความเจือจางมากขึ้น

การศึกษาค่าผลของความเข้มข้นของน้ำกระชายขาวต่อปริมาณสารฟีนอลิกทั้งหมดและฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธี ABTS (ตารางที่ 4) พบว่าทั้งอิทธิพลร่วมระหว่างอัตราส่วนของกระชายขาว:น้ำ และระยะเวลาในการสกัด และอิทธิพลหลักของอัตราส่วนของกระชายขาว:น้ำ และระยะเวลาในการสกัด มีผลต่อปริมาณสารฟีนอลิกทั้งหมดและฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) น้ำกระชายขาวที่อัตราส่วนของกระชายขาวต่อน้ำ 1:2 และใช้เวลาในการสกัด 15 นาที มีปริมาณสารฟีนอลิกทั้งหมดและฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระสูงที่สุด น้ำกระชายขาวที่มีความเข้มข้นสูงที่สุด (อัตราส่วนกระชายขาวต่อน้ำที่ 1:2) ให้ค่าปริมาณสารฟีนอลิกทั้งหมดและฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระสูงกว่าสูตรที่มีความเข้มข้นน้อยกว่าอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) ผลการทดลองสอดคล้องกับรายงานการศึกษาของ Yuniarto *et al.* (2024) ที่ระบุว่าสารสกัดกระชายขาวด้วยเอทานอลมีค่าการต้านอนุมูลอิสระเพิ่มขึ้นจากร้อยละ 47.927 เป็นร้อยละ 58.198 เมื่อเพิ่มความเข้มข้นจาก 20 เป็น 100 $\mu\text{g/ml}$ และสอดคล้องกับการศึกษาของ Borlace *et al.* (2024) ที่พบว่าสารสกัดกระชายขาวแสดงฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระในช่วงร้อยละ 61.06 ± 3.73 ถึงร้อยละ 96.56 ± 0.22 ที่ความเข้มข้น 0.156 ถึง 2.5 mg/ml

ตารางที่ 3 ผลการวิเคราะห์ค่าสีของน้ำกระชายขาวที่ความเข้มข้นและระยะเวลาการในการสกัดที่แตกต่างกัน

สิ่งทดลอง	อัตราส่วนของ กระชายขาว:น้ำ (w/w)	ระยะเวลา ในการสกัด (นาที)	ค่าสี		
			L*	a*	b*
1	1:2	10	54.19 ± 1.04^a	1.86 ± 0.35^b	32.58 ± 0.90^b
2	1:2	15	53.95 ± 0.27^a	2.47 ± 0.08^a	35.05 ± 0.17^a
3	1:3	10	51.00 ± 0.04^b	0.84 ± 0.12^c	30.21 ± 0.57^{cd}
4	1:3	15	51.71 ± 0.41^b	1.25 ± 0.16^c	31.22 ± 0.76^c
5	1:4	10	49.50 ± 0.53^c	-0.22 ± 0.24^d	27.62 ± 0.66^e
6	1:4	15	49.90 ± 0.10^c	-0.21 ± 0.49^d	29.28 ± 0.49^d
<i>p</i> -value					
อัตราส่วนของกระชายขาว : น้ำ			0.000	0.000	0.000
ระยะเวลาในการสกัด			0.261	0.022	0.000
อัตราส่วนของกระชายขาว : น้ำ * ระยะเวลาในการสกัด			0.309	0.207	0.177

หมายเหตุ: ^{a-e} หมายถึง ค่าเฉลี่ยของข้อมูลที่อยู่ในคอลัมน์เดียวกันที่มีอักษรต่างกันแสดงความแตกต่างกันทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

ในด้านระยะเวลาในการสกัด พบว่าการสกัดเป็นเวลา 15 นาที ส่งผลให้น้ำกระชายขาวมีปริมาณสารฟีนอลิกทั้งหมดและฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระมากกว่าการใช้เวลาสกัด 10 นาทีอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) ทั้งนี้เนื่องจากเมื่อใช้ระยะเวลาในการสกัดนานขึ้น ส่งผลให้ตัวทำละลายสามารถแทรกซึมเข้าสู่เนื้อเยื่อพืชได้มากขึ้น จึงทำให้เกิดการละลายสารต้านอนุมูลอิสระออกมาได้มากขึ้น ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของสุนทรต์และคณะ (2567) ที่พบว่าฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธี ABTS ของสารสกัดกระชายขาวด้วยเอทานอลมีค่าร้อยละการต้านอนุมูลอิสระมากที่สุดเมื่อทำการสกัดเป็นเวลา 24 ชั่วโมง รองลงมาคือการสกัดเป็นเวลา 6 ชั่วโมง ในขณะที่การสกัดเป็นเวลา 3 ชั่วโมง มีค่าร้อยละการต้านอนุมูลอิสระต่ำที่สุด เช่นเดียวกับงานวิจัยของขวัญดาว (2555) ที่พบว่า การเพิ่มระยะเวลาในการสกัดมีผลต่อการเพิ่มฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระของสารสกัดจากผักพื้นบ้าน

สำหรับความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณสารฟีนอลิกทั้งหมดและฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระจากผลการทดลอง พบว่ามีแนวโน้มไปในทิศทางเดียวกัน กล่าวคือฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระมีค่าสูงตามปริมาณสารฟีนอลิกที่มีปริมาณมาก ยกเว้นน้ำกระชายขาวที่ใช้อัตราส่วนของกระชายขาวต่อน้ำ 1:4 และระยะเวลาในการสกัด 10 นาที พบว่ามีปริมาณสารฟีนอลิกน้อย

ที่สุดในสิ่งทดลองทั้งหมด แต่กลับพบว่าฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระมาก ผลการวิจัยชี้ให้เห็นว่าปริมาณสารฟีนอลิกทั้งหมดไม่ได้มีความสัมพันธ์เชิงเส้นกับความสามารถต้านอนุมูลอิสระเสมอไป เนื่องจากอาจได้รับอิทธิพลจากสารต้านอนุมูลอิสระที่ไม่ใช่ฟีนอล ความหลากหลายเชิงโครงสร้างของฟีนอล และกลไกเฉพาะของแต่ละวิธีทดสอบ (DPPH ABTS FRAP) (Chaves *et al.*, 2020; Dai and Mumper, 2010; Foti, 2009; Shahidi and Hossain, 2023)

ตารางที่ 4 ผลการวิเคราะห์ปริมาณสารฟีนอลิกทั้งหมดและฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธี ABTS ของน้ำกระชายขาว ที่ความเข้มข้นและระยะเวลาในการสกัดที่แตกต่างกัน

สิ่งทดลอง	อัตราส่วนของ กระชายขาว:น้ำ (w/w)	ระยะเวลา ในการสกัด (นาท)	TPC ($\mu\text{g GAE/ml}$)	ABTS ($\mu\text{g Trolox eq./ml}$)
1	1:2	10	160.03 $\pm$ 3.05 ^b	719.28 $\pm$ 5.70 ^b
2	1:2	15	189.36 $\pm$ 2.17 ^a	772.76 $\pm$ 22.39 ^a
3	1:3	10	131.19 $\pm$ 2.65 ^d	606.09 $\pm$ 8.62 ^d
4	1:3	15	148.33 $\pm$ 2.82 ^c	719.28 $\pm$ 11.99 ^b
5	1:4	10	114.52 $\pm$ 3.47 ^f	760.32 $\pm$ 22.49 ^a
6	1:4	15	125.10 $\pm$ 4.19 ^e	675.75 $\pm$ 19.74 ^c
<i>p</i> -value				
อัตราส่วนของกระชายขาว:น้ำ			0.00	0.00
ระยะเวลาในการสกัด			0.00	0.04
อัตราส่วนของกระชายขาว:น้ำ * ระยะเวลาในการสกัด			0.01	0.00

หมายเหตุ: ^{a-f} หมายถึง ค่าเฉลี่ยของข้อมูลที่อยู่ในคอลัมน์เดียวกันที่มีอักษรต่างกันแสดงความแตกต่างกันทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

กระชายขาวจัดเป็นพืชสมุนไพรที่มีองค์ประกอบของสารต้านอนุมูลอิสระหลากหลายกลุ่ม ได้แก่ กลุ่มฟลาโวนอน (flavanones) ที่สำคัญคือ พินอสโตรบิน (pinostrobin) กลุ่มฟลาโวน (flavones) กลุ่มซาลิโคน (chalcones) เช่น แพนดูราติน เอ และบี (panduratin A B) นอกจากนี้ยังพบสารในกลุ่มไดเทอร์พีน (diterpenes) เช่น pimaric acid (ฉัตรและคณะ, 2565) จากงานวิจัยหลายฉบับพบว่ากระชายขาวมีศักยภาพในการใช้เป็นสารออกฤทธิ์ทางเภสัชวิทยา เช่น ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ (antioxidant) ด้านการอักเสบ (anti-inflammatory) ด้านจุลชีพ (anti-microbial) ด้านปรสิต (antiparasitic) ด้านมะเร็ง (anti-carcinogenic) ยับยั้งการเจริญของเนื้องอก (antitumor) ชะลอความชรา (anti-aging) ด้านโรคอ้วน (anti-obesity) ป้องกันโรคปริทันต์อักเสบ (antiperiodontitis) ด้านแผลในกระเพาะอาหาร (antiulcer effect) ตลอดจนฤทธิ์ยับยั้งกระบวนการสร้างเม็ดสี (melanogenesis) และการทำงานของเอนไซม์ไทโรซิเนส (tyrosinase inhibition) ซึ่งเป็นเอนไซม์สำคัญที่เกี่ยวข้องกับการสร้างเม็ดสีเมลานินในผิวหนัง (Eng-Chong *et al.*, 2012; Chandra and Lo, 2021) นอกจากนี้ยังพบรายงานว่าสารแพนดูเรติน เอ มีความสามารถในการต้านเชื้อไวรัสโคโรนา (SARS-CoV-2) ในหลอดทดลองได้อีกด้วย (Kanjanasirirat *et al.*, 2020)

ผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสของน้ำกระชายขาวที่ความเข้มข้นและระยะเวลาในการสกัดแตกต่างกันพบว่า คะแนนความชอบในคุณลักษณะด้านสีของสูตรที่ 1 3 5 และ 6 ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) ในคุณลักษณะด้านความใสพบว่าเมื่ออัตราส่วนของน้ำเพิ่มขึ้นส่งผลให้คะแนนความชอบเพิ่มขึ้น เนื่องจากในกระชายขาวมีองค์ประกอบของคาร์โบไฮเดรตเมื่อมีการเจือจางด้วยน้ำเพิ่มขึ้นส่งผลให้มีความใสเพิ่มขึ้น แม้ว่าค่าความสว่างจะมีค่าคะแนนในแนวโน้มที่ลดลง แต่การทดสอบชิมสังเกตได้เพียงลักษณะทางกายภาพของน้ำกระชายขาวซึ่งมีความเจือจางมากขึ้นส่งผลให้

ค่าคะแนนชอบด้านความใสมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นตามลำดับ คะแนนความชอบในคุณลักษณะด้านกลิ่นรส และรสชาติของผลิตภัณฑ์ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) แต่พบว่าคะแนนความชอบโดยรวมของสูตรที่ 3 5 และ 6 ได้รับคะแนนความชอบสูงสุดแต่ไม่แตกต่างกัน ดังนั้นจึงใช้ปริมาณสารพืชนอกทั้งหมดและฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระร่วมในการคัดเลือกจึงคัดเลือกสูตรที่ 5 เพื่อนำไปศึกษาในขั้นตอนต่อไป

ตารางที่ 5 ผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสของน้ำกระชายขาวที่ความเข้มข้นและระยะเวลาในการสกัดที่แตกต่างกัน

สิ่งทดลอง	อัตราส่วนของ กระชายขาว:น้ำ (w/w)	ระยะเวลา ในการสกัด (นาท)	คะแนนเฉลี่ยความชอบ				
			สี	ความใส	กลิ่นรส ^{ns}	รสชาติ ^{ns}	ความชอบ โดยรวม
1	1:2	10	6.47 ± 1.22 ^{ab}	6.10 ± 1.09 ^b	6.20 ± 1.47	6.43 ± 1.52	6.50 ± 1.48 ^b
2	1:2	15	6.27 ± 1.23 ^b	6.07 ± 1.05 ^b	6.50 ± 1.22	6.50 ± 1.33	6.50 ± 1.14 ^b
3	1:3	10	6.67 ± 1.37 ^{ab}	6.43 ± 1.30 ^{ab}	6.67 ± 1.21	6.50 ± 1.38	6.73 ± 1.20 ^{ab}
4	1:3	15	6.27 ± 1.31 ^b	6.40 ± 1.30 ^{ab}	6.30 ± 1.29	6.60 ± 1.37	6.57 ± 1.19 ^b
5	1:4	10	6.63 ± 0.93 ^{ab}	6.47 ± 1.07 ^{ab}	6.33 ± 0.99	6.86 ± 1.01	7.07 ± 1.01 ^a
6	1:4	15	6.93 ± 1.11 ^a	6.57 ± 0.94 ^a	6.40 ± 1.25	6.76 ± 1.45	6.90 ± 1.35 ^{ab}

หมายเหตุ: ^{a-b} หมายถึง ค่าเฉลี่ยของข้อมูลที่อยู่ในคอลัมน์เดียวกันที่มีอักษรต่างกันแสดงความแตกต่างทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

^{ns} หมายถึง ค่าเฉลี่ยของข้อมูลที่อยู่ในคอลัมน์เดียวกันไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$)

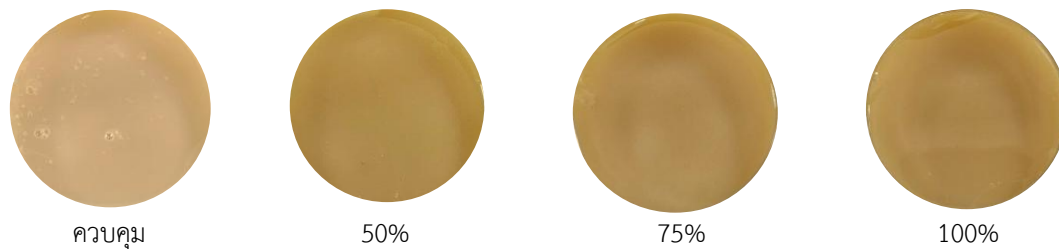
2. ผลการศึกษาปริมาณของน้ำตาลโตนดที่เหมาะสมในการผลิตเยลลี่พร้อมดื่มจากน้ำกระชายขาว

ผลการศึกษาค่าสีของผลิตภัณฑ์พบว่า การเติมน้ำตาลโตนดส่งผลต่อค่าความสว่าง (L^*) ของผลิตภัณฑ์ซึ่งเยลลี่พร้อมดื่มที่เติมน้ำตาลโตนดมีค่าความสว่างลดลงเมื่อเปรียบเทียบกับสูตรควบคุม ค่าความเป็นสีแดง (a^*) ของสูตรที่ทดแทนน้ำตาลทรายขาวด้วยน้ำตาลโตนดร้อยละ 50 พบว่ามีค่าความเป็นสีแดงไม่แตกต่างจากสูตรควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) แต่เมื่อเพิ่มปริมาณของน้ำตาลโตนดที่ร้อยละ 75 และ 100 ส่งผลให้มีค่าความเป็นสีแดงเพิ่มขึ้น ปริมาณของน้ำตาลโตนดที่เพิ่มขึ้นส่งผลให้ค่าความเป็นสีเหลือง (b^*) ของทุกสูตรที่เติมน้ำตาลโตนดสูงกว่าสูตรควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) ผลการศึกษาสอดคล้องกับทิพวรรณและคณะ (2551) พบว่าการใช้น้ำตาลโตนดที่เข้มข้นขึ้นส่งผลให้ผลิตภัณฑ์ก็มีจากน้ำตาลโตนดมีสีน้ำตาลที่เข้มข้นขึ้น แต่ไม่ส่งผลต่อค่าเนื้อสัมผัสของผลิตภัณฑ์ สูตรที่ทดแทนน้ำตาลทรายขาวด้วยน้ำตาลโตนด ร้อยละ 75 และ 100 มีค่า ΔE เท่ากับ 6.01 และ 6.55 ค่า ΔE ที่มีค่ามากยังแสดงถึงความแตกต่างของสีจากตัวอย่างควบคุมมากอีกด้วย (Mokrzycki and Tatol, 2011) โดยค่า ΔE ของเยลลี่พร้อมดื่มจากน้ำกระชายขาวนั้นเป็นไปในทิศทางเดียวกับคะแนนความชอบด้านสีของผลิตภัณฑ์ที่ลดลงเมื่อปริมาณของน้ำตาลโตนดเพิ่มขึ้น เนื่องจากผู้ทดสอบชิมนั้นสามารถสังเกตเห็นความแตกต่างของสีได้อย่างชัดเจน (ตารางที่ 7)

ตารางที่ 6 ผลการวิเคราะห์ค่าสีของเยลลี่พร้อมดื่มจากกระชายขาวที่ปริมาณน้ำตาลโตนดแตกต่างกัน

อัตราส่วนของ น้ำตาลทรายขาว:น้ำตาลโตนด	ค่าสี			
	L^*	a^*	b^*	ΔE
100:0 (ควบคุม)	53.37 ± 0.43 ^a	-0.99 ± 0.21 ^b	14.40 ± 0.26 ^c	-
50:50	52.29 ± 0.24 ^b	-0.74 ± 0.17 ^b	15.89 ± 0.38 ^b	1.89
25:75	51.19 ± 0.79 ^c	1.55 ± 0.16 ^a	19.36 ± 0.32 ^a	6.01
0:100	50.51 ± 0.59 ^c	1.49 ± 0.33 ^a	19.70 ± 0.91 ^a	6.55

หมายเหตุ: ^{a-c} หมายถึง ค่าเฉลี่ยของข้อมูลที่อยู่ในคอลัมน์เดียวกันที่มีอักษรต่างกันแสดงความแตกต่างทางสถิติ ($p \leq 0.05$)



รูปที่ 1 เยลลี่พร้อมดื่มจากกระชายขาวที่ปริมาณน้ำตาลโตนดแตกต่างกัน

ตารางที่ 7 ผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสของเยลลี่พร้อมดื่มจากกระชายขาวที่ปริมาณน้ำตาลโตนดแตกต่างกัน

ปัจจัยคุณภาพ	อัตราส่วนของน้ำตาลทรายขาว:น้ำตาลโตนด			
	100:0 (ควบคุม)	50:50	25:75	0:100
สี	7.50 ± 0.86 ^a	7.07 ± 1.17 ^a	7.17 ± 1.09 ^a	6.38 ± 1.35 ^b
ความใส	7.40 ± 1.04 ^a	7.03 ± 1.10 ^{ab}	6.87 ± 1.11 ^b	6.21 ± 1.24 ^c
กลิ่นรส	7.47 ± 1.07 ^a	6.90 ± 1.40 ^b	6.63 ± 1.77 ^b	6.38 ± 1.32 ^b
รสชาติ	7.57 ± 0.97 ^a	6.73 ± 1.44 ^b	6.53 ± 1.78 ^b	6.17 ± 1.26 ^b
เนื้อสัมผัส	7.83 ± 1.05 ^a	7.50 ± 1.14 ^a	7.77 ± 0.82 ^a	6.76 ± 1.48 ^b
ความชอบโดยรวม	7.70 ± 0.84 ^a	7.03 ± 1.33 ^b	7.00 ± 1.17 ^b	6.31 ± 1.37 ^c

หมายเหตุ: ^{a-c} หมายถึง ค่าเฉลี่ยของข้อมูลที่อยู่ในแถวเดียวกันที่มีอักษรต่างกันแสดงความแตกต่างกันทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

ผลการศึกษาการทดแทนน้ำตาลทรายด้วยน้ำตาลโตนดในอัตราส่วนร้อยละ 0 (ควบคุม) 50 75 และ 100 ตามลำดับ พบว่าคะแนนความชอบด้านสีและเนื้อสัมผัสของเยลลี่พร้อมดื่มสูตรที่ 50:50 และ 25:75 ได้รับคะแนนความชอบสูงที่สุดไม่แตกต่างจากสูตรควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) แต่เมื่อเพิ่มปริมาณของน้ำตาลโตนดเป็นร้อยละ 100 พบว่าคะแนนความชอบลดลงเนื่องจากน้ำตาลโตนดแท้จะมีสีน้ำตาลส่งผลให้สีของเยลลี่พร้อมดื่มเข้มขึ้นส่งผลต่อความชอบของผู้ทดสอบชิม ส่วนคุณลักษณะด้านกลิ่นรส รสชาติ ของสูตรควบคุมได้รับคะแนนความชอบสูงที่สุด รองลงมาคือสูตรที่ทดแทนด้วยน้ำตาลโตนดเนื่องจากน้ำตาลโตนดมีกลิ่นรสเฉพาะตัว ปัจจัยด้านเนื้อสัมผัสพบว่าสูตรที่ 50:50 และ 25:75 ได้รับคะแนนความชอบสูงที่สุดแต่ไม่แตกต่างจากสูตรควบคุม คะแนนความชอบโดยรวมของผลิตภัณฑ์ที่พบว่าคะแนนความชอบมีแนวโน้มลดลงเมื่อเพิ่มปริมาณของน้ำตาลโตนด รายงานการศึกษาของ Srikaeo *et al.* (2019) พบว่าน้ำเชื่อมและผงน้ำตาลโตนดมีค่าดัชนีน้ำตาล (GI) น้อยกว่าน้ำตาลทรายขาว ซึ่งช่วยไม่ให้น้ำตาลในเลือดสูงขึ้นอย่างรวดเร็วภายหลังการรับประทาน อีกทั้งพบว่าน้ำตาลโตนดมีฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระ สารประกอบฟีนอลิก และฟลาโวนอยด์สูงกว่าน้ำตาลทรายขาวอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) ดังนั้นผลิตภัณฑ์ที่ใช้น้ำตาลโตนดทดแทนน้ำตาลทรายขาวจึงเป็นผลิตภัณฑ์ที่เป็นทางเลือกเพื่อสุขภาพได้ ผู้วิจัยคัดเลือกสูตรที่ได้รับการยอมรับมากที่สุด คือ อัตราส่วน 50:50 มาศึกษาคุณภาพของผลิตภัณฑ์

ผลการศึกษาองค์ประกอบทางเคมีของผลิตภัณฑ์เยลลี่จากน้ำกระชายขาวทดแทนน้ำตาลทรายขาวด้วยน้ำตาลโตนดที่พัฒนาได้แสดงดังตารางที่ 8 และผลการศึกษาคุณภาพทางจุลินทรีย์ของผลิตภัณฑ์พบว่าปริมาณของเชื้อจุลินทรีย์ทั้งหมดเท่ากับ 2.0×10^1 ยีสต์และรา พบน้อยกว่า 1.0×10^1 ต้นทุนการผลิตของเยลลี่จากน้ำกระชายขาวต่อ 1 บรรจุภัณฑ์ (ขนาดบรรจุ 100 กรัม) ประกอบด้วยน้ำกระชายขาว คาราจีแนน กรดซิตริก น้ำตาลทราย น้ำตาลโตนด และถุงบรรจุของเหลวพร้อมฝาเกลียว ราคาต้นทุนรวม 5.15 บาท ซึ่งมีศักยภาพในการแข่งขันในท้องตลาดในแง่ของการเป็นเยลลี่พร้อมดื่มเพื่อสุขภาพที่แตกต่างจากเยลลี่ทางการค้าทั่วไป



รูปที่ 2 เยลลี่พร้อมดื่มจากกระชายขาวที่ทดแทนน้ำตาลทรายด้วยน้ำตาลโตนดที่พัฒนาได้

ฉัตรและคณะ (2565) รายงานว่าสารสกัดจากกระชายขาวที่ได้จากกระชายขาวอบแห้งและสกัดด้วยน้ำเดือดมีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระสูงที่สุด เมื่อเปรียบเทียบกับกระชายขาวสดที่สกัดด้วยน้ำเดือด และน้ำที่อุณหภูมิห้อง ตามลำดับ ผลการศึกษานี้ชี้ให้เห็นว่ากระบวนการให้ความร้อนทั้งในขั้นตอนการอบแห้งและการสกัดด้วยน้ำร้อนสามารถเพิ่มประสิทธิภาพของฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระในกระชายขาวได้ นอกจากนี้ยังมีรายงานว่าการสกัดกระชายขาวด้วยเอทานอลให้ค่าปริมาณ ฟีนอล ไตรโบน สารประกอบฟีนอลิก สารฟลาโวนอยด์ และฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระสูงกว่าการสกัดด้วยเมทานอล อะซิโตน และน้ำ ตามลำดับ โดยพบว่าสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพดังกล่าวในส่วนราก (root) มีปริมาณมากกว่าส่วนเหง้า (rhizome) (Saah *et al.*, 2021) อย่างไรก็ตาม รายงานของ Monton *et al.* (2025) ระบุว่าเหง้าของกระชายขาวมีปริมาณฟลาโวนอยด์ที่สำคัญ ได้แก่ ฟิโนเซมบริน ฟิโนสโตรบิน และแพนคูราติน เอ สูงกว่าส่วนราก และพบสารดังกล่าวในเหง้ากระชายขาวจากจังหวัดสุราษฎร์ธานี หนองบัวลำภู กาฬสินธุ์ และศรีสะเกษมากที่สุด ซึ่งแสดงให้เห็นถึงความแปรผันขององค์ประกอบทางเคมีตามแหล่งที่มาทางภูมิศาสตร์และส่วนของพืชที่ใช้ จากข้อมูลข้างต้นแสดงให้เห็นว่าการเลือกใช้วิธีการอบแห้งด้วยความร้อนร่วมกับการสกัดด้วยน้ำร้อนหรือเอทานอล อาจช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในการสกัดสารต้านอนุมูลอิสระจากกระชายขาวได้ อย่างไรก็ตามการพัฒนาเป็นผลิตภัณฑ์เพื่อสุขภาพควรพิจารณาถึงความปลอดภัยในด้านความเป็นพิษเฉียบพลันและเรื้อรังร่วมด้วย

ตารางที่ 8 คุณภาพทางเคมีและจุลินทรีย์ของผลิตภัณฑ์เยลลี่พร้อมดื่มจากน้ำกระชายขาวที่พัฒนาได้

คุณลักษณะทางเคมีและจุลินทรีย์	ปริมาณ
ความชื้น (ร้อยละ)	65.94 ± 0.21
โปรตีน (ร้อยละ)	1.69 ± 0.05
ไขมัน (ร้อยละ)	0.81 ± 0.01
คาร์โบไฮเดรต (ร้อยละ)	28.62
เถ้า (ร้อยละ)	1.01 ± 0.06
เส้นใยหยาบ (ร้อยละ)	1.93 ± 0.05
ปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด (cfu/g)	2.0 × 10 ¹
ยีสต์และรา (cfu/g)	< 1.0 × 10 ¹

สรุปผลการวิจัย

จากการศึกษาพบว่ากระบวนการสกัดน้ำกระชายขาวที่ได้รับคะแนนความชอบจากผู้ทดสอบชิมมากที่สุด คือ อัตราส่วนกระชายขาว:น้ำ เท่ากับ 1:4 ใช้ระยะเวลาในการสกัด 10 นาที น้ำกระชายขาวมีสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด 160.03 $\mu\text{g GAE/ml}$ และมีฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธี ABTS เท่ากับ 772.76 $\mu\text{g Trolox/ml}$ การพัฒนาผลิตภัณฑ์พร้อมดื่มจากน้ำกระชายขาว พบว่าการทดแทนน้ำตาลทรายด้วยน้ำตาลโตนด ร้อยละ 50 เป็นสูตรที่ได้รับการยอมรับจากผู้ทดสอบชิมมากที่สุด โดยได้รับคะแนนความชอบในปัจจัยด้านสี ความใส กลิ่นรส รสชาติ เนื้อสัมผัส และความชอบโดยรวม เท่ากับ 7.07 7.03 6.90 6.73 7.50 และ 7.03 ตามลำดับ ซึ่งงานวิจัยนี้เป็นแนวทางในการพัฒนาผลิตภัณฑ์พร้อมดื่มจากสมุนไพรไทยเพื่อให้เป็นเครื่องดื่มเพื่อสุขภาพได้ต่อไป

เอกสารอ้างอิง

- กชกร มุสิกพงษ์. (2564). กระชาย : ทางการแพทย์แผนไทย. แหล่งข้อมูล: <https://psub.psu.ac.th/?p=8137>. ค้นเมื่อวันที่ 16 กันยายน 2568.
- กรมการแพทย์แผนไทยและการแพทย์ทางเลือก. (2563). กระชาย กับศักยภาพการพัฒนา เป็นยาต้านไวรัสก่อโรค Covid-19 ดร.ภญ.ดวงแก้ว ปัญญา. แหล่งข้อมูล: <http://www.ttmic.co.th/กระชาย-กับศักยภาพการพัฒนา/>. ค้นเมื่อวันที่ 14 เมษายน 2568.
- เกษมศักดิ์ ผลการ. (2564). กระชงกระชาย. น.ส.พ. กลีกร. 94(4): 42 - 48.
- ขวัญดาว แจ่มแจ้ง. (2555). สภาวะที่เหมาะสมสำหรับการสกัดสารต้านอนุมูลอิสระจากพืชผักพื้นบ้านในจังหวัดกำแพงเพชร. Life Sciences and Environment Journal. 13(2): 32 - 41.
- ฉัตร โรจน์บรรวิทย์, อาริญา สาริกะภูติ และณณันท์ วุฒิสินธุ์. (2565). การศึกษาอิทธิพลของการเตรียมกระชายขาว ด้วยความร้อนต่อฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระ โดยวิธี ABTS Assay ในห้องปฏิบัติการ. สำนักงานบัณฑิตศึกษา มหาวิทยาลัยแม่ฟ้าหลวง. แหล่งข้อมูล: <https://postgrads.mfu.ac.th/wp-content/uploads/2022/12/6352003256.pdf>. ค้นเมื่อวันที่ 14 เมษายน 2568.
- ชาพิยะห์ สะอะ. (2562). กระชายเหลือง: ราชาชแห่งสมุนไพรที่ขึ้นชื่อว่าสมุนไพรไทย. อาหาร. 49(4): 16 - 21.
- ณภัทร เหมภักตร์สุวรรณ. (2564). การพัฒนาเครื่องดื่มแอลกอฮอล์โปรตีนสูงจากโปรตีนเวย์. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต, จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย. กรุงเทพฯ. 120 หน้า
- ณัญญา คนชื้อ และปิยาภรณ์ เชื้อมชัยตระกูล. (2547). การพัฒนาผลิตภัณฑ์แอลกอฮอล์พร้อมดื่ม. ใน: รายงานการวิจัยฉบับสมบูรณ์, มหาวิทยาลัยแม่ฟ้าหลวง. เชียงราย. 28.
- ทิพวรรณ ทองสุข, ปุณทริกา รัตนตรัยวงศ์ และณัฐกานต์ นามมะกุนา. (2551). การใช้น้ำตาลโตนด (น้ำตาลปีก) ในผลิตภัณฑ์แอลกอฮอล์และกัม. วารสารวิจัยเพื่อพัฒนาชุมชน (มนุษยศาสตร์และสังคมศาสตร์) 2(2): 1 - 16.
- นุชนันดา ตาเย้ และรอมลี เจดอเลาะ. (2560). การพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหารฮาลาล: นำนมจากถั่วดาวอินคา. รายงานวิจัย คณะวิทยาศาสตร์เทคโนโลยีและการเกษตร, มหาวิทยาลัยราชภัฏยะลา. ยะลา. 16 หน้า.
- นำพล แปนเมือง. (2561). การพัฒนาเครื่องดื่มแอลกอฮอล์เพื่อสุขภาพที่ผสมสารสกัดหยาบผักโขมและถั่งเช่าสีทอง. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต, มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี. อุบลราชธานี. 113 หน้า
- บุษยา ชนบท และสมศรี เย็นทองดี. (2564). การพัฒนาผลิตภัณฑ์แอลกอฮอล์น้ำอ้อยพร้อมดื่มเสริมวันมะพร้าว. ใน: รายงานการวิจัย ศิลปศาสตรบัณฑิต, มหาวิทยาลัยราชภัฏนครปฐม. นครปฐม. 21 - 24.
- ภคارش จาวจักรศิริ. (2562). การพัฒนาแอลกอฮอล์ต่ำจากไซเดอร์มะเขือเทศ. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต, มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์. กรุงเทพฯ. 104 หน้า

- มณฑกา ธีรชัยสกุล, กมลวรรณ บานชื่น, ธันว บัวมะกุล, วิวรรณ วรกุลพานิช, สมหมาย จุกุล, รสสุคนธ์ กลิ่นหอม, กัญญิกา ลำพู, ธิติ แสงวรรณ และพิสิฐ เขมาวุฒ. (2567). การศึกษาความปลอดภัยและเภสัชจลนศาสตร์ของสารสกัดกระชายรูปแบบแคปซูลในอาสาสมัครสุขภาพดี: การศึกษาทางคลินิกระยะที่ 1. วารสารการแพทย์แผนไทยและการแพทย์ทางเลือก 22(2): 278 - 296.
- โรงพยาบาลเจ้าพระยาอภัยภูเบศร. (2564). น้ำกระชายเสริมภูมิคุ้มกัน. กรมสุขภาพจิต กระทรวงสาธารณสุข. แหล่งข้อมูล: <https://www.dmh.go.th/news/view.asp?id=2348>. ค้นเมื่อวันที่ 13 พฤศจิกายน 2566.
- ศูนย์วิจัยกสิกรไทย. (2567). เครื่องดื่มไร้แอลกอฮอล์ไทยปี 2568 ยังโตได้ในประเทศและตลาดนอก. ศูนย์วิจัยกสิกรไทย. แหล่งข้อมูล: <https://www.kasikornresearch.com/th/analysis/k-social-media/Pages/Non-Alcoholic-Drinks-IAO109-FB-2024-12-02.aspx>. ค้นเมื่อวันที่ 20 มกราคม 2568.
- สุนทรต์ ชูลักษณะ, บุษราคัม ป้อมทอง, ณัฐพัฒน์ สาทิมพ์ และวิชุดา จันทรข้างแรม. (2567).ฤทธิ์ทางชีวภาพและสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพของพืชสมุนไพรไทยกระชายขาว (*Boesenbergia rotunda* (L.) Mansf) วารสารวิจัย มข. (ฉบับบัณฑิตศึกษา) 24(1): 109 - 121.
- สิริโสภา จุนเด็น, ดวงกมล แสงธีรกิจ และมัลลิกา สะละหมัด. (2563). คุณภาพทางเคมีและการผลิตน้ำสลัดชนิดข้นไขมันและพลังงานต่ำโดยใช้ข้าวไรซ์เบอร์รี่ทดแทนไข่แดง. ใน: การประชุมนำเสนอผลงานวิจัยบัณฑิตศึกษาระดับชาติ มหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรธานี ครั้งที่ 13. มหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรธานี, อุดรธานี. 4578 - 4589.
- สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม. (2547). มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน เยลลี่เหลว. สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม. แหล่งข้อมูล: https://fic.nfi.or.th/law/upload/file1/TH_1298.pdf. ค้นเมื่อวันที่ 13 พฤศจิกายน 2566.
- AOAC. (1990). Official Method of Analysis of the Association of Official Analytical Chemist. 15th edition. Washington DC: Association of Official Analytical Chemists.
- BAM. (2001). Bacteriological Analytical Manual Online. Silver Spring, MD: Food and Drug Administration.
- Borlace, G.N., Sringam, P., Thongkham, E. and Aiensaard, J. (2024). Antioxidant activity and antibacterial effects of *Boesenbergia rotunda* extract against *Staphylococcus pseudintermedius* isolates from canine superficial pyoderma. Songklanakarin Journal of Science and Technology 46(4): 355 - 361.
- Chandra, S. and Lo, D. (2021). Functional properties of *Boesenbergia pandurata* and *Murraya paniculata*: A review. In: IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. Washington State: The Electrochemical Society 794: 012151
- Chaves, N., Santiago, A. and Alías, J.C. (2020). Quantification of the antioxidant activity of plant extracts: Analysis of sensitivity and hierarchization based on the method used. Antioxidants 9(1): 76. doi: 10.3390/antiox9010076.
- Dai, J. and Mumper, R.J. (2010). Plant phenolics: Extraction, analysis and their antioxidant and anticancer properties. Molecules 15(10): 7313 - 7352. doi: 10.3390/molecules15107313.
- Eng-Chong, T., Yean-Kee, L., Chin-Fei, C., Choon-Han, H., Sher-Ming, W., Li-Ping, C.T., Gen-Teck, F., Khalid, N., Abd Rahman, N., Karsani, S.A., Othman, S., Othman, R. and Yusof, R. (2012). *Boesenbergia rotunda*: From Ethnomedicine to Drug Discovery. Evidence-Based Complementary and Alternative Medicine 2012: 473637. doi: 10.1155/2012/473637.

- Foti, M.C. (2009). Non-phenolic radical-trapping antioxidants. *Journal of Pharmacy and Pharmacology* 61(11): 1435 - 1448. doi: 10.1211/jpp/61.11.0002.
- Kähkönen, M.P., Hopia, A.I., Vuorela, J., Rauha, J.P., Pihlaja, K., Kujala, T.S. and Heinonen, M. (1999). Antioxidant activity of plant extracts containing phenolic compounds. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 47: 3954 - 3962. doi: 10.1021/jf990146l.
- Kanjanasirirat, P., Suksatu, A., Manopwisedjaroen, S., Munyoo, B., Tuchinda, P., Jearawuttanakul, K., Seemakhan, S., Charoensutthivarakul, S., Wongtrakoongate, P., Rangkasenee, N., Pitiporn, S., Waranuch, N., Chabang, N., Khemawoot, P., Sa-Ngiamsumtorn, K., Pewkliang, Y., Thongsri, P., Chutipongtanate, S., Hongeng, S., Borwornpinyo, S. and Thitithanyanont, A. (2020). High-content screening of Thai medicinal plants reveals *Boesenbergia rotunda* extract and its component Panduratin A as anti-SARS-CoV-2 agents. *Scientific Reports* 10: 19963. doi: 10.1038/s41598-020-77003-3.
- Mokrzycki, W.S. and Tatol, M. (2011). Color difference ΔE - A survey. *Machine Graphics and Vision* 20: 383 - 411.
- Monton, C., Kulvanich, P., Chankana, N., Rangsimawong, W., Suksaeree, J., Charoenchai, L. and Theanphong, O. (2025). Cluster analysis of fingerroot cultivated in different regions across Thailand and implementation of Quality by Design approach for R&D of fingerroot extract tablet. *Food Research International* 202: 1 - 16. doi: 10.1016/j.foodres.2025.115728.
- Mulholland, H.G., Murray, L.J., and Cardwell, C.R. and Cantwell, M.M. (2009). Glycemic index, glycemic load, and risk of digestive tract neoplasms: a systematic review and meta-analysis. *The American Journal of Clinical Nutrition* 89(2): 568 - 576. doi: 10.3945/ajcn.2008.26823.
- Ongwisetpaiboon, O., and Jiraungkoorskul, W. (2017). Fingerroot, *Boesenbergia rotunda* and its Aphrodisiac Activity. *Pharmacognosy reviews* 11(21): 27 - 30. doi: 10.4103/phrev.phrev_50_16.
- Prior, R.L., Wu, X. and Schaich, K. (2005). Standardized methods for the determination of antioxidant capacity and phenolics in foods and dietary supplements. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 53(10): 4290 - 4302. doi: 10.1021/jf0502698.
- Re, R., Pellegrini, N., Proteggente, A., Pannala, A., Yang, M. and Rice-Evans, C. (1999). Antioxidant activity applying an improved ABTS radical cation decolorization assay. *Free Radical Biology and Medicine* 26(9-10): 1231 - 1237.
- Saah, S., Siriwan, D. and Trisonthi, P. (2021). Biological activities of *Boesenbergia rotunda* parts and extracting solvents in promoting osteogenic differentiation of pre-osteoblasts. *Food Bioscience* 41: 1 - 9. doi: 10.1016/j.fbio.2021.101011.
- Shahidi, F. and Yeo, J. (2018). Bioactivities of phenolics by focusing on suppression of chronic diseases: A review. *International Journal of Molecular Sciences* 19(6): 1573. doi: 10.3390/ijms19061573.
- Shahidi, F. and Hossain, A. (2023). Importance of insoluble-bound phenolics to the antioxidant potential is dictated by source material. *Antioxidants* 12(1): 203. doi: 10.3390/antiox12010203.

- Sommano, S.R. and Tangpao, T. (2021). Chapter 4 - Aromatic profile of rhizomes from the ginger family used in food. *Aromatic Herbs in Food*. 1st edition. Cambridge: Academic Press. pp. 123 - 165. doi: 10.1016/B978-0-12-822716-9.00004-4.
- Srikaeo, K., Sangkhiaw, J. and Likittrakulwong, W. (2019). Productions and Functional Properties of Palm Sugars. *Walailak Journal of Science and Technology* 16(11): 897 - 907.
- Stone, H. and Sidel, J.L. (1993). *Sensory Evaluation*. 2nd edition. Sandiego: Academic Press, Inc.
- Yuniarto, A., Setiawan, A.A., Safitri, W. and Taptajani, E.R. (2024). Anti-obesity and Antioxidant Effects of Ethanol Extract of Fingerroot Rhizomes (*Boesenbergia pandurata* Roxb.) on High-Carbohydrate Diet-induced Mice. *Acta Marisiensis - Seria Medica* 70(1): 21 - 26. doi: 10.2478/amma-2024-0005.

