

คุณภาพทางกายภาพ ทางเคมี และทางจุลชีววิทยาของน้ำส้มพาสเจอไรซ์ เสริมเกสรผึ้งในระหว่างการเก็บรักษา

PHYSICAL, CHEMICAL AND MICROBIOLOGICAL QUALITY OF PASTEURIZED ORANGE JUICE WITH BEE POLLEN DURING STORAGE

ธีราพร ปฏิวะวิทูร์*

Theeraporn Patiwetwitoon *

สาขาวิชาการประกอบและบริการอาหาร คณะวิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยีอุตสาหกรรม

มหาวิทยาลัยราชภัฏบ้านสมเด็จเจ้าพระยา

Department of Cookery and Food Service, Faculty of Engineering and Industrial Technology,

Bansomdejchaopraya Rajabhat University

Received: 17 October 2023

Revised: 20 November 2023

Accepted: 13 December 2023

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาคุณภาพทางกายภาพ ทางเคมี และทางจุลชีววิทยาของน้ำส้มเขียวหวานพันธุ์สายน้ำผึ้งพาสเจอไรซ์เสริมเกสรผึ้งร้อยละ 4 ในระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 21 วัน หลังจากพาสเจอไรซ์ที่อุณหภูมิ 88 องศาเซลเซียส นาน 15 วินาที ทำการวิเคราะห์คุณภาพทางกายภาพ ทางเคมี และทางจุลชีววิทยา ในวันที่ 1, 7, 14 และ 21 ของการเก็บรักษา พบว่าความเป็นกรด-ด่างลดลงหลังจากวันที่ 1 โดยมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) กับการเก็บรักษาในวันที่ 14 และ 21 ปริมาณกรดและปริมาณของแข็งที่ละลายทั้งหมดเพิ่มขึ้นหลังจากวันที่ 1 โดยมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) กับการเก็บรักษาในวันที่ 7, 14 และ 21 ความหนืดเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) ในระหว่างการเก็บรักษา ค่าสี L^* ลดลงหลังจากวันที่ 1 โดยมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) กับการเก็บรักษาในวันที่ 7, 14 และ 21 ในขณะที่ค่าสี a^* และ b^* มีค่าเฉลี่ยสูงขึ้นในระหว่างการเก็บรักษา สารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดลดลงหลังจากวันที่ 1 โดยมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ

* Corresponding author: ธีราพร ปฏิวะวิทูร์

E-mail: theeraporn.pa@bsru.ac.th

ทางสถิติ ($p \leq 0.05$) กับการเก็บรักษาในวันที่ 7, 14 และ 21 (87.39-103.64 mg eq GA)ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) ในระหว่างการเก็บรักษา (377.73-443.84 mmol TE) และคุณภาพทางจุลชีววิทยาตลอดระยะเวลาการเก็บรักษาเป็นไปตามประกาศกระทรวงสาธารณสุข (ฉบับที่ 293) พ.ศ. 2548 เรื่อง ผลิตภัณฑ์เสริมอาหาร คือ ไม่พบ *Staphylococcus aureus* ต่ออาหาร 0.1 มิลลิลิตร ไม่พบ *Clostridium* spp. ต่ออาหาร 0.1 มิลลิลิตร ไม่พบ *Salmonella* spp. ต่ออาหาร 25 มิลลิลิตร และ *E. coli* น้อยกว่า 3 ต่ออาหาร 1 มิลลิลิตร โดยวิธี MPN

คำสำคัญ: น้ำส้มพาสเจอไรซ์, เกสรผึ้ง, เครื่องดื่มเพื่อสุขภาพ, สารต้านอนุมูลอิสระ

Abstract

The objective of this study was to evaluate the physical, chemical and microbiological quality of pasteurized orange juice mixed with bee pollen during storage. The orange juice was prepared by using orange (*Citrus reticulata* Blanco cv. Sainampueng) supplemented with 4% bee pollen (*Apis mellifera*), followed by pasteurizing at 88 °C for 15 min and stored at 4 °C. The physical, chemical and microbiological properties were examined during the storage day (1, 7, 14 and 21). The result revealed that pH decreased after day 1 of storage, a significant difference was found during storage between day 1, 14 and 21 ($p \leq 0.05$). Titratable acidity and total soluble solid increased after day 1 of storage, a significant difference was found during storage between day 1 and 7, 14 and 21 ($p \leq 0.05$). Viscosity increased during storage, with significant difference ($p \leq 0.05$). L* color decreased after day 1 of storage, a significant difference was found during storage between day 1, 7, 14 and 21 ($p \leq 0.05$), while mean values of a* and b* color increased during storage. Total phenolic content decreased after day 1 of storage, a significant difference was found during storage between day 1, 7, 14 and 21 ($p \leq 0.05$) (87.39-103.64 mg eq GA), antioxidant capacity decreased during storage, with significant difference ($p \leq 0.05$) (377.73-443.84

mmoles TE). The pasteurized orange juice with bee pollen during storage had microbiological quality that met the standard criteria: no *Staphylococcus aureus*, *Clostridium* spp., *Salmonella* spp. and *Escherichia coli* less than 3 per 1 milliliter was found.

Keywords: Pasteurized Orange Juice, Bee Pollen, Functional Drink, Antioxidant

บทนำ

เกสรผึ้ง (Bee Pollen) คือ เซลล์สืบพันธุ์เพศผู้ของดอกไม้ที่ผึ้งงานเก็บรวบรวมโดยการเข้าไปคลุกเคล้ากับอับเกสรเพื่อให้เกสรติดขนตามตัว จากนั้นผึ้งใช้ขาปัดเขี่ยรวมกันเป็นก้อนใสในที่เก็บเกสร (Pollen Basket) บริเวณขาหลังแล้วนำมาเก็บในหลอดรวงของรังผึ้งเพื่อใช้เป็นอาหารสำหรับประชากรในรังผึ้งและสำหรับเลี้ยงตัวอ่อน (รมณี สงวนดีกุล, 2555) สารอาหารที่พบในเกสรผึ้งประกอบด้วยคาร์โบไฮเดรต โปรตีน แร่ธาตุ วิตามิน ไขมัน เส้นใยอาหาร และสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพ (Bioactive Compound) เช่น เทอร์ปีน สเตอรอล ฟลาโวนอยด์ แคโรทีนอยด์ สารประกอบฟีนอลิก (Linskens & Jorde, 1997) ฤทธิ์ทางชีวภาพของสารประกอบฟีนอลิก เช่น ต้านจุลินทรีย์ ต้านการอักเสบ ต้านการกลายพันธุ์ ต้านอนุมูลอิสระ (Pascoal et al., 2014) ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระของสารประกอบฟีนอลิกมีประโยชน์ต่อสุขภาพเนื่องจากช่วยลดความเสี่ยงของโรคที่เกิดจากภาวะเครียดออกซิเดชัน (Oxidative Stress) และยับยั้งการเกิดออกซิเดชันของสารโมเลกุลใหญ่ในร่างกาย (Silva et al., 2004) ด้วยคุณค่าทางโภชนาการและคุณสมบัติด้านการส่งเสริมสุขภาพดังกล่าว เกสรผึ้งจึงเป็นวัตถุดิบที่เหมาะสมในการเสริมลงในผลิตภัณฑ์อาหารเพื่อสุขภาพ และเป็นการส่งเสริมการใช้ประโยชน์และเพิ่มมูลค่าสินค้าเกษตรสอดคล้องกับนโยบายการขับเคลื่อน “เมืองนวัตกรรมอาหาร” (Food Innopolis) การเสริมเกสรผึ้งในเครื่องดื่มน้ำส้มซึ่งเป็นน้ำผลไม้ที่ได้รับความนิยมเนื่องจากมีรสชาติดีและมีคุณค่าทางโภชนาการ จึงเป็นการพัฒนาอาหารเพื่อสุขภาพในรูปแบบเครื่องดื่มพร้อมบริโภคเพิ่มความสะดวกสบายและประหยัดเวลาสำหรับผู้บริโภคที่ใส่ใจสุขภาพ ทั้งยังเป็นการเพิ่มมูลค่าส้มเขียวหวานซึ่งเป็นผลผลิตทางการเกษตรที่มีความสำคัญทางเศรษฐกิจของประเทศ โดยในปี พ.ศ. 2565 มีพื้นที่การเพาะปลูกส้มเขียวหวาน 130,521 ไร่ และมีผลผลิตรวม 288,467 ตัน (สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร,

2566) ปัจจุบันมีเพียงการวิจัยผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มน้ำส้มพาสเจอไรซ์เสริมเกสรผึ้งเพื่อใช้เป็นอาหารเพื่อสุขภาพ (ธีราพร ปฏิเวธวิฑูร และคณะ, 2563) แต่ยังไม่มีการศึกษาเกี่ยวกับคุณภาพของผลิตภัณฑ์ในระหว่างการเก็บรักษา ดังนั้น การวิจัยนี้จึงทำการศึกษากการเปลี่ยนแปลงคุณภาพทางกายภาพ ทางเคมี และทางจุลชีววิทยาของผลิตภัณฑ์อาหารเพื่อสุขภาพ คือ เครื่องดื่มน้ำส้มพาสเจอไรซ์เสริมเกสรผึ้ง เพื่อใช้เป็นแนวทางในการประเมินอายุการเก็บรักษาของผลิตภัณฑ์ก่อนการผลิตเพื่อการจำหน่ายต่อไป

วิธีการดำเนินงานวิจัย

นำส้มเขียวหวานพันธุ์สายน้ำผึ้ง (*Citrus reticulata* Blanco cv. Sainampueng) ที่ปลูกในตำบลสันทราย อำเภอฟาง จังหวัดเชียงใหม่ มาล้างด้วยน้ำสะอาด นำส้มมาหั่นครึ่ง ปอกเปลือกออก คั้นด้วยเครื่องคั้นน้ำส้ม เติมเกสรผึ้งจากผึ้งพันธุ์ (*Apis mellifera*) ซึ่งได้จากดอกไม้หลายชนิด (Multifloral Bee Pollen) เช่น ดอกไมยราบ สาบเสือ ข้าวโพด ที่อยู่ในเขตอำเภอมะริม จังหวัดเชียงใหม่ ในปริมาณร้อยละ 4 เนื่องจากทำให้เครื่องดื่มน้ำส้มพาสเจอไรซ์มีสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดและฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระสูงกว่าชุดควบคุม 2.16 และ 2.62 เท่า ตามลำดับ (ธีราพร ปฏิเวธวิฑูร และคณะ, 2563) จากนั้นทำการพาสเจอไรซ์ที่อุณหภูมิ 88 องศาเซลเซียส นาน 15 วินาที แล้วบรรจุขณะร้อนลงในขวดแก้วสีขาปิดสนิท ทำให้เย็นทันที และเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส (Fellow, 2000) ก่อนวิเคราะห์คุณภาพในวันที่ 1, 7, 14 และ 21 ของการเก็บรักษา ทำการวิเคราะห์คุณภาพดังนี้

การวิเคราะห์คุณภาพทางกายภาพ ได้แก่ ความเป็นกรด-ด่างด้วยเครื่อง pH Meter (C1010P, Consort, Belgium) ปริมาณกรดด้วยวิธีการไทเทรต (Titratable Acidity; as Citric Acid) (AOAC, 2019) ปริมาณของแข็งที่ละลายทั้งหมดด้วย Hand Refractometer (Master-20Alpha, Atago, Japan) ความหนืดด้วยเครื่อง Brookfield Viscometer (RVT-DVII, Brookfield, USA) และค่าสี $L^* a^* b^*$ ด้วยเครื่องวัดสี Colorimeter (ColorFlex EZ, HunterLab, USA)

การวิเคราะห์คุณภาพทางเคมี ได้แก่ สารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด ด้วยวิธี Folin-Ciocalteu (Lu et al., 2007) และฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ ด้วยวิธี DPPH Method (Katsube et al., 2004)

และการวิเคราะห์คุณภาพทางจุลชีววิทยา ได้แก่ *Staphylococcus aureus* (Tallent et al., 2016), *Clostridium* spp. (สถาบันอาหาร, 2565), *Salmonella* spp. (ISO 6579-1, 2017) และ *Escherichia coli* ด้วยวิธี MPN (Feng et al., 2017) โดยปริมาณจุลินทรีย์ที่พบในผลิตภัณฑ์ต้องเป็นไปตามประกาศกระทรวงสาธารณสุข (ฉบับที่ 293) พ.ศ. 2548 เรื่อง ผลิตภัณฑ์เสริมอาหาร (กระทรวงสาธารณสุข, 2548) คือ ไม่พบ *Staphylococcus aureus* ต่ออาหาร 0.1 มิลลิลิตร ไม่พบ *Clostridium* spp. ต่ออาหาร 0.1 มิลลิลิตร ไม่พบ *Salmonella* spp. ต่ออาหาร 25 มิลลิลิตร และ *E. coli* น้อยกว่า 3 ต่ออาหาร 1 มิลลิลิตร โดยวิธี MPN

วางแผนการทดลองแบบ Completely Randomized Design (CRD) ทำการทดลอง 3 ซ้ำ วิเคราะห์ความแปรปรวนโดยใช้ ANOVA และเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยใช้วิธี Duncan's Multiple Range Test (DMRT)

ผลการวิจัยและอภิปรายผล

ผลการวิเคราะห์คุณภาพทางกายภาพของน้ำส้มเขียวหวานพันธุ์สายน้ำผึ้งเสริมเกสร ผึ้งร้อยละ 4 พาสเจอไรซ์ด้วยอุณหภูมิ 88 องศาเซลเซียส นาน 15 วินาที ในระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส นาน 21 วัน แสดงในตารางที่ 1

ตารางที่ 1 คุณภาพทางกายภาพของน้ำส้มพาสเจอไรซ์เสริมเกสรผึ้งในระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส

คุณภาพทางกายภาพ	ระยะเวลาเก็บรักษา (วัน)			
	1	7	14	21
ความเป็นกรด-ด่าง	3.89 ^a ±0.03	3.87 ^a ±0.01	3.80 ^b ±0.03	3.78 ^b
ปริมาณกรด (g/100g)	0.55 ^c ±0.01	0.61 ^b	0.61 ^b	0.62 ^a
ปริมาณของแข็งที่ละลายทั้งหมด (°Brix)	11.53 ^b ±0.06	12.00 ^a	12.00 ^a	12.00 ^a
ความหนืด (cps)	1.87 ^d ±0.01	1.93 ^c ±0.01	1.98 ^b ±0.01	2.17 ^a
ค่าสี L*	52.88 ^a ±0.09	51.74 ^b ±0.02	51.72 ^b ±0.14	51.85 ^b ±0.03
ค่าสี a*	17.13 ^c ±0.21	17.54 ^b ±0.06	17.96 ^a ±0.10	17.32 ^{bc} ±0.03
ค่าสี b*	46.61 ^b ±0.53	47.01 ^b ±0.13	47.90 ^a ±0.20	47.62 ^a ±0.06

หมายเหตุ: อักษรที่ต่างกันแถวเดียวกันหมายถึงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

จากตารางที่ 1 พบว่าเมื่อทำการเก็บรักษาน้ำส้มพาสเจอไรซ์เสริมเกสรผึ้งที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส นาน 21 วัน ความเป็นกรด-ต่างของน้ำส้มพาสเจอไรซ์เสริมเกสรผึ้งลดลงหลังจากวันที่ 1 โดยมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) กับการเก็บรักษาในวันที่ 14 และ 21 ซึ่งมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 3.89 ± 0.03 , 3.87 ± 0.01 , 3.80 ± 0.03 และ 3.78 ตามลำดับ สอดคล้องกับการศึกษาของ Tiencheu et al. (2021) ที่พบว่าความเป็นกรด-ต่างของน้ำส้มผสมเลมอน ชิง และน้ำผึ้งพาสเจอไรซ์ลดลงในระหว่างการเก็บรักษานาน 4 สัปดาห์ที่อุณหภูมิ 25 และ 4 องศาเซลเซียส Raji et al. (2022) พบว่าน้ำส้มผสมน้ำสับปะรดพาสเจอไรซ์ที่อุณหภูมิ 97 องศาเซลเซียส นาน 5 นาที มีความเป็นกรด-ต่างลดลงตามระยะเวลาการเก็บรักษา นอกจากนั้น Dos Reis et al. (2018) พบว่าน้ำเสาวรสพาสเจอไรซ์ที่อุณหภูมิ 88 องศาเซลเซียส นาน 15 วินาที เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 8 องศาเซลเซียส มีความเป็นกรด-ต่างลดลงเมื่อเก็บรักษานาน 15 วัน เช่นกัน จากการทดลองพบว่าตลอดระยะเวลาการเก็บรักษาของผลิตภัณฑ์มีค่าความเป็นกรด-ต่างต่ำ เนื่องจากในผลไม้มีองค์ประกอบของกรดอินทรีย์จำนวนมาก (Farzana et al., 2010; Tiencheu et al., 2021) และความเป็นกรด-ต่างของน้ำผลไม้ยังขึ้นอยู่กับระยะความสุกของผลไม้อีกด้วย (Falade et al., 2003) นอกจากนั้นความเป็นกรด-ต่างในน้ำส้มพาสเจอไรซ์เสริมเกสรผึ้งที่ลดลงในระหว่างการเก็บรักษาอาจเกิดจากเพคตินซึ่งเป็นองค์ประกอบที่พบในผนังเซลล์พืชเปลี่ยนแปลงเป็นกรดเพกทินิก (Pectenic Acid) (Raji et al., 2022; Wisal et al., 2013; Yadav et al., 2014) หรือเกิดจากปฏิกิริยาออกซิเดชันของน้ำตาลรีดิวซ์ (Mehmood et al., 2008; Raji et al., 2022) จึงทำให้ปริมาณกรดเพิ่มขึ้นเป็นผลให้ความเป็นกรด-ต่างลดลง (Wisal et al., 2013) ตลอดระยะเวลาการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์มีความเป็นกรด-ต่างอยู่ในช่วง 3.78-3.89 ซึ่งจัดอยู่ในกลุ่มอาหารที่มีความเป็นกรด (ความเป็นกรด-ต่าง < 4.60) ความเป็นกรด-ต่างนี้สามารถยับยั้งการงอกและการสร้างสปอร์ของเชื้อ *Clostridium botulinum* ดังนั้นค่าความเป็นกรด-ต่างเป็นตัวกำหนดการเน่าเสียของน้ำผลไม้ (Farzana et al., 2010) โดยใช้ประเมินความปลอดภัยด้านจุลินทรีย์ในระหว่างการเก็บรักษา (Gerald et al., 2021)

ปริมาณกรดของน้ำส้มพาสเจอไรซ์เสริมเกสรผึ้งเพิ่มขึ้นหลังจากวันที่ 1 โดยมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) กับการเก็บรักษาในวันที่ 7, 14 และ 21 ซึ่งมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0.55 ± 0.01 , 0.61, 0.61 และ 0.62 g/100g ตามลำดับ สอดคล้องกับการศึกษาของ Tiencheu et al. (2021) ที่พบว่าปริมาณกรดของน้ำส้มผสมเลมอน ชิง

และน้ำผึ้งพาสเจอร์ไรส์มีค่าเพิ่มขึ้นในระหว่างการเก็บรักษานาน 4 สัปดาห์ ที่อุณหภูมิ 25 และ 4 องศาเซลเซียส ในผลไม้ประกอบด้วยกรดอินทรีย์อยู่หลายชนิดขึ้นอยู่กับชนิดและความสูงของผลไม้ซึ่งส่งผลต่อคุณค่าทางโภชนาการ ทำให้เกิดรสเปรี้ยวและให้คุณลักษณะเฉพาะกับเครื่องดื่มน้ำผลไม้ โดยปริมาณกรดเป็นตัวกำหนดรสชาติ (Acid Taste) ในน้ำผลไม้ ในขณะที่ความเป็นกรด-ด่างแสดงถึงแนวโน้มของการเน่าเสียจากจุลินทรีย์ (Farzana et al., 2010)

จากการทดลองพบว่าความเป็นกรด-ด่างของน้ำส้มพาสเจอร์ไรส์เสริมเกสรผึ้งที่เก็บรักษาในวันที่ 7 มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) กับวันที่ 14 (3.87 ± 0.01 และ 3.80 ± 0.03 ตามลำดับ) ส่วนปริมาณกรด (Titratable Acidity; as Citric Acid) ของน้ำส้มพาสเจอร์ไรส์เสริมเกสรผึ้งที่เก็บรักษาในวันที่ 7 และ 14 ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($p > 0.05$) มีค่าเฉลี่ยเท่ากันคือ 0.61 อาจเนื่องจากการวัดปริมาณกรดที่ไดเตรทได้จะวัดความเข้มข้นของกรดในอาหาร ส่วนค่าความเป็นกรด-ด่างจะวัดความเป็นกรดจากไฮโดรเจนไอออนที่พบในตัวอย่าง ความเป็นกรด-ด่างกับ Titratable Acidity อาจไม่สัมพันธ์กัน แต่ Titratable Acidity มีความสัมพันธ์และใช้ประมาณค่า Total Acidity (Nielsen, 1998)

ปริมาณของแข็งที่ละลายทั้งหมดของน้ำส้มพาสเจอร์ไรส์เสริมเกสรผึ้งเพิ่มขึ้นหลังจากวันที่ 1 โดยมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) กับการเก็บรักษาในวันที่ 7, 14 และ 21 โดยในวันที่ 1 ของการเก็บรักษามีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 11.53 ± 0.06 °Brix และในวันที่ 7, 14 และ 21 ของการเก็บรักษา ซึ่งมีค่าเฉลี่ยเท่ากันคือ 12.00 °Brix เช่นเดียวกับการศึกษาของ Tiencheu et al. (2021) ที่พบว่าปริมาณของแข็งที่ละลายทั้งหมดของน้ำส้มผสมเลมอน จิง และน้ำผึ้งพาสเจอร์ไรส์มีค่าเพิ่มขึ้นในระหว่างการเก็บรักษานาน 4 สัปดาห์ ที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส Gouma et al. (2020) พบว่าของแข็งที่ละลายทั้งหมดในน้ำแครอทพาสเจอร์ไรส์มีปริมาณสูงขึ้นเล็กน้อยในระหว่างการเก็บรักษา ปริมาณของแข็งที่ละลายทั้งหมดเพิ่มขึ้นเนื่องจากในระหว่างการเก็บรักษาเกิดการสลายตัวของพอลิแซ็กคาไรด์เป็นโมโนแซ็กคาไรด์และโอลิโกแซ็กคาไรด์ การที่ปริมาณของแข็งที่ละลายทั้งหมดเพิ่มขึ้นในระหว่างการเก็บรักษาแสดงถึงสภาวะการเก็บรักษาที่เหมาะสม โดยหากปริมาณของแข็งที่ละลายทั้งหมดในน้ำผลไม้ลดลงแสดงว่าเกิดการหมักของเชื้อจุลินทรีย์โดยน้ำตาลถูกเปลี่ยนเป็นคาร์บอนไดออกไซด์ น้ำ และแอลกอฮอล์ (Wisal et al., 2013) ปริมาณของแข็งที่ละลายทั้งหมดที่พบในน้ำส้มพาสเจอร์ไรส์ยังเกิดจากการเสริมเกสรผึ้ง โดยธีราพร ปฏิเวธวิฑูร และคณะ (2563) พบปริมาณคาร์โบไฮเดรตในเกสรผึ้งร้อยละ 52.83 และยังพบว่าการเสริม

เกสรผึ้งในเครื่องดื่มน้ำส้มพาสเจอไรซ์ร้อยละ 0, 2, 4, 6 และ 8 ทำให้ผลิตภัณฑ์มีปริมาณของแข็งที่ละลายทั้งหมดเฉลี่ยเท่ากับ 11.93 ± 0.12 , 12.06 , 13.20 , 14.20 และ 15.20 °Brix ตามลำดับ ปริมาณของแข็งที่ละลายทั้งหมดในเครื่องดื่มน้ำส้มพาสเจอไรซ์สูงขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) เมื่อเสริมเกสรผึ้งในปริมาณที่สูงขึ้น

ความหนืดของน้ำส้มพาสเจอไรซ์เสริมเกสรผึ้งเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) ในระหว่างการเก็บรักษา โดยมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 1.87 ± 0.01 , 1.93 ± 0.01 , 1.98 ± 0.01 และ 2.17 cps ตามลำดับ Gouma et al. (2020) ได้ทำการพาสเจอไรซ์น้ำแครอทที่อุณหภูมิ 0, 60 และ 80 องศาเซลเซียส พบว่าในระหว่างการเก็บรักษาน้ำแครอทที่ไม่ผ่านการให้ความร้อนมีความหนืดน้อยกว่าน้ำแครอทที่ผ่านการให้ความร้อน เนื่องจากภายหลังการให้ความร้อนกับน้ำผลไม้จะทำให้เกิดการละลายของเพคตินและเซลลูโลสจากผนังเซลล์พืชแล้วเกิดการรวมตัวกันของอนุภาคส่งผลให้ความหนืดสูงขึ้นในระหว่างการเก็บรักษา (Gouma et al., 2020) ความหนืดของน้ำส้มพาสเจอไรซ์เสริมเกสรผึ้งที่เพิ่มขึ้นในระหว่างการเก็บรักษาเป็นผลจากเพคตินและเซลลูโลสในส้มและเกสรผึ้ง

ค่าสี L^* (ความสว่าง) ของน้ำส้มพาสเจอไรซ์เสริมเกสรผึ้งลดลงหลังจากวันที่ 1 โดยมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) กับการเก็บรักษาในวันที่ 7, 14 และ 21 ส่วนค่าสี a^* (สีแดง) และ b^* (สีเหลือง) ของน้ำส้มพาสเจอไรซ์เสริมเกสรผึ้งในวันที่ 7, 14 และ 21 ของการเก็บรักษามีค่าเฉลี่ยเพิ่มสูงขึ้นหลังจากวันที่ 1 คือ มีสีแดง และมีสีเหลืองมากขึ้น สีของน้ำส้มพาสเจอไรซ์เสริมเกสรผึ้งเกิดจากองค์ประกอบของน้ำส้ม ได้แก่ แครโรทีนอยด์ และสีของเกสรผึ้งเกิดจากฟลาโวนอยด์และแคโรทีนอยด์ เมื่อทำการศึกษา งานวิจัยที่มีการเสริมเกสรผึ้งในผลิตภัณฑ์อาหาร เช่น น้ำส้มพาสเจอไรซ์ (ธีราพร ปฏิวะวิฑูร และคณะ, 2563) ขนมปั่นชนิดที่ไม่มีส่วนประกอบของกลูเตน (Conte et al., 2018) บิสกิต (Krystyan et al., 2015) คุกกี้ (Sokmen et al., 2022) และไส้กรอกแพนเค้กเฟอ์เตอร์ (Novaković et al., 2021) พบว่าเมื่อเสริมเกสรผึ้งในปริมาณสูงจะส่งผลให้ค่าสี L^* ลดลง ส่วนค่าสี a^* และ b^* สูงขึ้น การเปลี่ยนแปลงสีของน้ำส้มพาสเจอไรซ์เสริมเกสรผึ้งภายหลังจากการให้ความร้อนและในระหว่างการเก็บรักษาเกิดจากปฏิกิริยาออกซิเดชัน และ Isomerization ของแคโรทีนอยด์ (Wibowo et al., 2018) รูปที่ 1 (ก) เกสรผึ้งที่ใช้ในการทดลองมีสีน้ำตาลอ่อน (Light Brown) และสีเหลืองอ่อน (Pale Yellow) สีของเกสรผึ้งที่พบได้โดยทั่วไปจะมีสีเหลืองอ่อน สีเหลือง สีส้มจนถึงสีน้ำตาลซึ่งเกิดจากฟลาโวนอยด์และ

แคโรทีนอยด์ที่อยู่ในเกสรผึ้งและยังขึ้นอยู่กับปริมาณของเหลว น้ำตาลหรือน้ำหวาน (Nectar) ที่ผึ้งผสมกับเกสร (Stanley & Linskens, 1974) และ (ข) น้ำส้มพาสเจอไรซ์เสริมเกสรผึ้ง เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส โดยตลอดระยะเวลาการเก็บรักษาผู้วิจัยพบว่าลักษณะทางกายภาพรวมถึงลักษณะทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์มีความใกล้เคียงกัน

(ก)



(ข)



วันที่ 1

วันที่ 7

วันที่ 14

วันที่ 21

รูปที่ 1 (ก) ลักษณะและสีของเกสรผึ้งที่ใช้ในการทดลอง และ (ข) ลักษณะทางกายภาพของน้ำส้มพาสเจอไรซ์เสริมเกสรผึ้งในระหว่างการเก็บรักษา

ผลการวิเคราะห์คุณภาพทางเคมีของน้ำส้มเขียวหวานพันธุ์สายน้ำผึ้งเสริมเกสรผึ้ง ร้อยละ 4 พาสเจอไรซ์ด้วยอุณหภูมิ 88 องศาเซลเซียส นาน 15 วินาที ในระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส นาน 21 วัน แสดงในตารางที่ 2

ตารางที่ 2 คุณภาพทางเคมีของน้ำส้มพาสเจอไรซ์เสริมเกสรผึ้งในระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส

คุณภาพทางเคมี	ระยะเวลาเก็บรักษา (วัน)			
	1	7	14	21
สารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด (mg eq GA)	103.64 ^a ±0.52	96.22 ^b ±0.55	94.86 ^b ±0.56	87.39 ^c ±0.18
ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ (mmoles TE)	443.84 ^a ±0.83	423.83 ^b ±0.84	412.70 ^c ±0.84	377.73 ^d ±0.85

หมายเหตุ: อักษรที่ต่างกันแถวเดียวกันหมายถึงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

จากตารางที่ 2 พบว่าเมื่อทำการเก็บรักษาน้ำส้มพาสเจอไรซ์เสริมเกสรผึ้งที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส นาน 21 วัน สารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดของน้ำส้มพาสเจอไรซ์เสริมเกสรผึ้งลดลงหลังจากวันที่ 1 โดยมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) กับการเก็บรักษาในวันที่ 7, 14 และ 21 ซึ่งมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 103.64 ± 0.52 , 96.22 ± 0.55 , 94.86 ± 0.56 และ 87.39 ± 0.18 mg eq GA (มิลลิกรัมสมมูลของกรดแกลลิก) ต่อน้ำส้ม 100 มิลลิลิตร ตามลำดับ สอดคล้องกับงานวิจัยต่าง ๆ ที่พบว่าปริมาณสารประกอบฟีนอลิกลดลงในระหว่างการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ เช่น น้ำส้มซ่าผสมน้ำสับปะรดพาสเจอไรซ์ (Raji et al., 2022) น้ำเสาวรสพาสเจอไรซ์ (Dos Reis et al., 2018) น้ำปาล์มบูเตียพาสเจอไรซ์ (Jachna et al., 2016) น้ำส้มผสมน้ำแครอทพาสเจอไรซ์ (Khalil et al., 2023) เช่นเดียวกับ Alim et al. (2023) ที่ศึกษาปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดในน้ำผลไม้ ได้แก่ น้ำแอปเปิล น้ำส้ม และน้ำสับปะรด ทั้งในรูปแบบที่ไม่ผ่านการแปรรูป (น้ำผลไม้สด) ผ่านการพาสเจอไรซ์ที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส นาน 30 นาที และน้ำผลไม้แปรรูปที่จำหน่ายในท้องตลาด พบว่าสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดลดลงในระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส นาน 21 วัน การลดลงของสารประกอบฟีนอลิกเกิดขึ้นเนื่องจากการมีคุณสมบัติที่ไวต่อแสง ออกซิเจน ความร้อนจึงถูกทำลายได้ง่าย และยังสามารถทำหน้าที่เป็นสารต้านอนุมูลอิสระที่ช่วยป้องกันการออกซิไดส์สารต้านอนุมูลอิสระตัวอื่น (Kim et al., 2018)

ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระของน้ำส้มพาสเจอไรซ์เสริมเกสรผึ้งมีค่าลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) ตามระยะเวลาการเก็บรักษา โดยในวันที่ 1, 7, 14 และ 21 มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 443.84 ± 0.83 , 423.83 ± 0.84 , 412.70 ± 0.84 และ 377.73 ± 0.85 mmoles TE (Trolox Equivalent) ต่อน้ำส้ม 100 มิลลิลิตร ตามลำดับ สอดคล้องกับการวิจัยของ Dos Reis et al. (2018) ซึ่งพบว่าฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระในน้ำเสาวรสพาสเจอไรซ์ลดลงในวันที่ 6 ของการเก็บรักษา Odriozola-Serrano et al. (2008) พบว่าฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระในน้ำสตรอว์เบอร์รีพาสเจอไรซ์ลดลงในวันที่ 7 ของการเก็บรักษา และ Chen et al. (2020) พบว่าฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระของน้ำราสป์เบอร์รีแดงพาสเจอไรซ์ที่ลดลงตามระยะเวลาการเก็บรักษา เกิดขึ้นเนื่องจากปริมาณสารต้านอนุมูลอิสระที่ลดลง จากการวิจัยสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด และฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระของน้ำส้มพาสเจอไรซ์เสริมเกสรผึ้งลดลงตามระยะเวลาการเก็บรักษา ดังนั้นฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระของเกสรผึ้งมีความสัมพันธ์กับปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดที่พบในเกสรผึ้ง (Kaskoniene et al., 2015; Kroyer & Hegedus, 2001)

ผลการวิเคราะห์คุณภาพจุลชีววิทยาของน้ำส้มเขียวหวานพันธุ์สายน้ำผึ้งเสริมเกสรผึ้ง ร้อยละ 4 พาสเจอไรซ์ด้วยอุณหภูมิ 88 องศาเซลเซียส นาน 15 วินาที ในระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส นาน 21 วัน แสดงในตารางที่ 3

ตารางที่ 3 คุณภาพทางจุลชีววิทยาของน้ำส้มพาสเจอไรซ์เสริมเกสรผึ้งในระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส

คุณภาพทางจุลชีววิทยา	เกณฑ์มาตรฐาน	ระยะเวลาเก็บรักษา (วัน)			
		1	7	14	21
<i>Staphylococcus aureus</i>	ไม่พบ ต่ออาหาร 0.1 มิลลิลิตร	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ
<i>Clostridium</i> spp.	ไม่พบ ต่ออาหาร 0.1 มิลลิลิตร	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ
<i>Salmonella</i> spp.	ไม่พบ ต่ออาหาร 25 มิลลิลิตร	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ
<i>Escherichia coli</i>	น้อยกว่า 3 ต่ออาหาร 1 มิลลิลิตร	<0.3	<0.3	<0.3	<0.3

หมายเหตุ: <0.3 = ไม่พบการเจริญของเชื้อ (Growth was not found)

จากตารางที่ 3 พบว่าเมื่อทำการเก็บรักษาน้ำส้มพาสเจอไรซ์เสริมเกสรผึ้งที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส นาน 21 วัน น้ำส้มพาสเจอไรซ์เสริมเกสรผึ้งมีคุณภาพทางจุลชีววิทยาเป็นไปตามประกาศกระทรวงสาธารณสุข (ฉบับที่ 293) พ.ศ. 2548 เรื่อง ผลิตภัณฑ์เสริมอาหาร คือ ไม่พบ *Staphylococcus aureus* ต่ออาหาร 0.1 มิลลิลิตร, *Clostridium* spp. ต่ออาหาร 0.1 มิลลิลิตร, *Salmonella* spp. ต่ออาหาร 25 มิลลิลิตร และ *Escherichia coli* น้อยกว่า 3 ต่ออาหาร 1 มิลลิลิตร โดยวิธี MPN ในการผลิตเครื่องดื่มน้ำส้มพาสเจอไรซ์เสริมเกสรผึ้งมีการควบคุมกระบวนการผลิตที่ถูกต้องลักษณะและการเลือกใช้วัตถุดิบเกสรผึ้งที่มีเครื่องหมาย อย. จากการวิจัยของ De-Melo et al. (2016); Pascoal et al. (2014) พบว่าสารประกอบฟีนอลิกในเกสรผึ้งมีฤทธิ์ต้านจุลินทรีย์ โดยสามารถยับยั้ง *Staphylococcus aureus*, *E. coli*, *Pseudomonas aeruginosa* และ *Candida glabrata* ส่วนการวิจัยของ Morais et al. (2011) พบว่าสารสกัดจากเกสรผึ้งสามารถยับยั้ง *Bacillus cereus*, *Staphylococcus aureus*, *Salmonella typhi*, *E. coli* และยีสต์ Velásquez (2022)

ได้ใช้สารสกัดจากเกสรผึ้งเติมลงใน K-carrageenan Edible Films ที่ใช้สำหรับเนื้อวัว พบว่าสามารถยับยั้ง *E. coli*, *Staphylococcus aureus*, *Pseudomonas* spp. และ Aerobic Plate Counts นอกจากนั้น De-Melo et al. (2016) พบความสัมพันธ์ระหว่าง ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกกับความสามารถในการยับยั้งจุลินทรีย์ของเกสรผึ้ง โดยความสามารถในการยับยั้งจุลินทรีย์จะเพิ่มขึ้นตามปริมาณสารประกอบฟีนอลิกในเกสรผึ้ง

สรุปผลการวิจัย

คุณภาพทางกายภาพ ทางเคมี และทางจุลชีววิทยาของผลิตภัณฑ์น้ำส้มพาสเจอไรซ์เสริมเกสรผึ้งเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส นาน 21 วัน พบว่าความเป็นกรดต่าง ในระหว่างการเก็บรักษาอยู่ในช่วง 3.78-3.89 จัดอยู่ในกลุ่มอาหารที่มีความเป็นกรดซึ่งแสดง ถึงความปลอดภัยด้านจุลินทรีย์ของผลิตภัณฑ์ ปริมาณกรดอยู่ในช่วง 0.55-0.62 g/100g โดยปริมาณกรดเป็นตัวกำหนดรสชาติของน้ำผลไม้ ปริมาณของแข็งที่ละลายทั้งหมดเพิ่มขึ้น หลังจากวันที่ 1 ของการเก็บรักษา การเพิ่มขึ้นของปริมาณของแข็งที่ละลายทั้งหมดแสดงถึง สภาวะการเก็บรักษาที่เหมาะสม ความหนืดที่เพิ่มขึ้นในระหว่างการเก็บรักษา ($p \leq 0.05$) เป็นผลจากความร้อนในการพาสเจอไรซ์ทำให้เกิดการสลายตัวของเพคตินและเซลลูโลสในส้ม และเกสรผึ้ง ในระหว่างการเก็บรักษาค่าสี L^* ลดลง ในขณะที่ค่าสี a^* และ b^* มีค่าเฉลี่ย สูงขึ้นซึ่งเกิดจากการเปลี่ยนแปลงสีของฟลาโวนอยด์และแคโรทีนอยด์ สารประกอบฟีนอลิก ทั้งหมดและฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระลดลงในระหว่างการเก็บรักษาเนื่องจากการสลายตัวของ สารประกอบฟีนอลิก โดยในวันสุดท้ายของการเก็บรักษาพบปริมาณสารประกอบฟีนอลิก ทั้งหมดและฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระลดลงจากวันที่ 1 เพียงร้อยละ 15.68 และ 14.90 ตามลำดับ และผลิตภัณฑ์มีความปลอดภัยต่อการบริโภคด้านจุลชีววิทยาตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา จากข้อมูลคุณภาพดังกล่าวสามารถใช้ประเมินอายุการเก็บรักษาและประเมินความเป็นไปได้ ในการผลิตผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มฟังก์ชันจากเกสรผึ้งเพื่อจัดจำหน่ายต่อไป นอกจากนั้นควร ศึกษาการใช้กระบวนการแปรรูปอื่น ๆ ที่ส่งผลกระทบต่อเปลี่ยนแปลงคุณภาพของอาหาร น้อยกว่าการใช้ความร้อน โดยเฉพาะอย่างยิ่งกระบวนการแปรรูปที่ช่วยรักษาคุณค่าทาง โภชนาการและคุณประโยชน์ด้านการส่งเสริมสุขภาพของผลิตภัณฑ์อาหาร

กิตติกรรมประกาศ

สนับสนุนงบประมาณในการดำเนินงานวิจัยโดยมหาวิทยาลัยราชภัฏบ้านสมเด็จเจ้าพระยา

เอกสารอ้างอิง

- กระทรวงสาธารณสุข. (2548). *ประกาศกระทรวงสาธารณสุข (ฉบับที่ 293) พ.ศ. 2548 เรื่องผลิตภัณฑ์เสริมอาหาร*. สำนักอาหาร, สำนักงานคณะกรรมการอาหารและยา, กระทรวงสาธารณสุข.
- ธีราพร ปฏิเวธวิฑูร, บุญมี กวินเสกสรรค์, สมบัติ ทิมทรัพย์ และ เขียว ชีระวรวงศ์. (2563). นวัตกรรมผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มน้ำส้มพาสเจอร์ไรส์เสริมเกสรผึ้งเพื่อใช้เป็นอาหารเพื่อสุขภาพ. *วารสารมหาวิทยาลัยธนบุรี (วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี)*, 4(1), 59-69.
- รมณี สงวนดีกุล. (2555). ผลิตภัณฑ์จากผึ้ง, น. 281-301. ใน: สิริวัฒน์ วงษ์ศิริ และ สุริรัตน์ เตียววานิชย์. *ชีววิทยาของผึ้ง*. พิมพ์ครั้งที่ 3. กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- สถาบันอาหาร. (2565). *วิธีการตรวจ Clostridium spp. In-house method based on American Public Health Association (APHA): 2015, Chapter 24*. ฝ่ายบริการห้องปฏิบัติการ, สถาบันอาหาร.
- สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร. (2566). *ข้อมูลการผลิตสินค้าเกษตร*. กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. สืบค้นเมื่อวันที่ 15 พฤศจิกายน 2566, จาก <https://www.oae.go.th/view/1/ข้อมูลการผลิตสินค้าเกษตร/TH-TH>.
- Alim, M. A., Karim, A., Shohan, M. A. R., Sarker, S. C., Khan, T., Mondal, S., Esrafil, M., Linkon, K. M. M. R., Rahman, M. N., Akther, F., & Begum, R. (2023). Study on stability of antioxidant activity of fresh, pasteurized, and commercial fruit juice during refrigerated storage. *Food and Humanity*, 1, 1117-1124. <https://doi.org/10.1016/j.foohum.2023.09.008>.
- AOAC. (2019). *Official methods of analysis of the association of the official analysis chemists*. Arlington: Association of official analytical chemists.

- Chen, J., Du, J., Li, M., & Li, C. (2020). Degradation kinetics and pathways of red raspberry anthocyanins in model and juice systems and their correlation with color and antioxidant changes during storage. *Food Science and Technology*, 128, 1-9. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2020.109448>.
- Conte, P. Caro, A. D., Balestra, F., Piga, A., & Fadda, C. (2018). Bee pollen as a functional ingredient in gluten-free bread: A physical-chemical, technological and sensory approach. *Food Science and Technology*, 90, 1-7. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2017.12.002>.
- De-Melo, A. A. M., Estevinho, M. L. M. F., Sattler, J. A. G., Souza, B. R., Freitas, A. D. S., Barth, O. M., & Almeida-Muradian, L. B. (2016). Effect of processing conditions on characteristics of dehydrated bee-pollen and correlation between quality parameters. *Food Science and Technology*, 65, 808-815. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2015.09.014>.
- Dos Reis, L. C. R., Facco, E. M. P., Flôres, S. H., & Rios, A. O. (2018). Stability of functional compounds and antioxidant activity of fresh and pasteurized orange passion fruit (*Passiflora caerulea*) during cold storage. *Food Research International*, 106, 481-486. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2018.01.019>.
- Falade, O. S., Sowunmi, O. R., Oladipo, A., Tubosun, A., & Adewusi, S. R. A. (2003). The level of organic acids in some Nigerian fruits and their effect on mineral availability in composite diets. *Pakistan Journal of Nutrition*, 2(2), 82-88. <https://doi.org/10.3923/pjn.2003.82.88>.
- Farzana, T., Hossain, A., Hossain, K., Lopa, D., & Formuzul Haque, K. M. (2010). Quality Assessment of Industrially Processed Fruit Juices Available in Dhaka City, Bangladesh. *Malaysian journal of nutrition*, 16(3), 431-438. <https://www.researchgate.net/publication/225300621>.
- Fellows, P. (2000). *Food processing technology: Principles and practice*. 2nd ed. Cambridge: Woodhead Publishing Limited and CRC Press LLC.

- Feng, P., Weagant, S. D., Grant, M. A., & Burkhardt, W. (2017). *BAM Chapter 4: Enumeration of Escherichia coli and the Coliform bacteria*. Retrieved September 30, 2021, from <https://www.fda.gov/food/laboratory-methods-food/bam-4-enumeration-escherichia-coli-and-coliform-bacteria>
- Geraldi, M. V., Cazarin, C. B. B., Dias-Audibert, F. L., Pereira, G. A., Carvalho, G. G., Kabuki, D. Y., Catharino, R. R., Pastore, G. M., Behrens, J. H., Cristianini, M., & Marostica Júnior, M. R. (2021). Influence of high isostatic pressure and thermal pasteurization on chemical composition, color, antioxidant properties and sensory evaluation of jabuticaba juice. *Food Science and Technology*, 139, 1-10. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2020.110548>.
- Gouma, M., Álvarez, I., Condón, S., & Gayán, E. (2020). Pasteurization of carrot juice by combining UV-C and mild heat: Impact on shelf-life and quality compared to conventional thermal treatment. *Innovative Food Science & Emerging Technologies*, 64, 1-12. <https://doi.org/10.1016/j.ifset.2020.102362>.
- ISO 6579-1. (2017). *Microbiology of the food chain-horizontal method for the detection, enumeration and serotyping of Salmonella-part 1: detection of Salmonella spp.* Geneva: International Organization for Standardization.
- Jachna, T. J., Hermes, V. S., Flôres, S. H., & Rios, A. O. (2016). Bioactive compounds in pindo palm (*Butia capitata*) juice and in pomace resulting of the extraction process. *Science of Food and Agriculture*, 96(4), 1216-1222. <https://doi.org/10.1002/jsfa.7209>.
- Kaskoniene, V., Ruockuviene, G., Kaskonas, P., Akuneca, I., & Maruska, A. (2015). Chemometric analysis of bee pollen based on volatile and phenolic compound compositions and antioxidant properties. *Food Analytical Methods*, 8, 1150-1163. <https://doi.org/10.1007/s12161-014-9996-2>.

- Katsube, T., Tabata. H., Ohta, Y., Yamasaki, Y., Anuurad, E., Shiwaku, K., & Yamane, Y. (2004). Screening for antioxidant activity in edible plant products: comparison of low-density lipoprotein oxidation assay, DPPH radical scavenging assay, and Folin-Ciocalteu assay. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 52(8), 2391-2396. <https://doi.org/10.1021/jf035372g>
- Khalil, A. A., Khan, A. A., Khalid A., Abid, Z., Proestos, C., Bhat, Z. F., Shahbaz, M. U., & Aadil, R. M. (2023). Comparing the antioxidant properties and volatile compounds of carrot-orange juice blend processed through varied chemical, pasteurization and ultrasound conditions. *Ultrasonics Sonochemistry*, 98, 1-9. <https://doi.org/10.1016/j.ultsonch.2023.106534>.
- Kim, A. N., Kim, H. J., Chun, J., Heo, H. J., Kerr, W. L., & Choi, S. G. (2018). Degradation kinetics of phenolic content and antioxidant activity of hardy kiwifruit (*Actinidia arguta*) puree at different storage temperatures. *Lebensmittel-Wissenschaft und Technologie*, 89, 535-541. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2017.11.036>.
- Kroyer, G., & Hegedus, N. (2001). Evaluation of bioactive properties of pollen extracts as functional dietary food supplement. *Innovative Food Science and Emerging Technologies*, 2(3), 171-174. [https://doi.org/10.1016/S1466-8564\(01\)00039-X](https://doi.org/10.1016/S1466-8564(01)00039-X).
- Krystyjan, M., Gumul, D., Ziobro, R., & Korus, A. (2015). The fortification of biscuits with bee pollen and its effect on physiochemical and antioxidant properties in biscuits. *Food Science and Technology*, 63, 640-646. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2015.03.075>.
- Linskens, H. F., & Jorde, W. (1997). Pollen as food and medicine-A review. *Economic Botany*, 51, 78-86. <https://doi.org/10.1007/BF02910407>.

- Lu, J., Zhao, H., Chen, J., Fan, W., Dong, J., Kong, W., Sun, J., Cao, Y., & Cai, G. (2007). Evolution of phenolic compounds and antioxidant activity during malting. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 55(26), 10994-11001. <https://doi.org/10.1021/jf0722710>.
- Mehmood, Z., Zeb, A., Ayub, M., Bibi, N., Badshah, A., & Ihsanullah, A. (2008). Effect of pasteurization and chemical preservatives on the quality and shelf stability of apple juice. *American Journal of Food Technology*, 3(2), 147-153. <https://doi.org/10.3923/ajft.2008.147.153>.
- Morais, M., Moreira, L., Feas, X., & Estevinho, L. M. (2011). Honeybee-collected pollen from Portuguese natural parks: palynological origin, phenolic content, antioxidant properties and antimicrobial activity. *Food and Chemical Toxicology*, 49(5), 1096-1101. <https://doi.org/10.1016/j.fct.2011.01.020>.
- Nielsen, S. S. (1998). *Food Analysis*. 2nd ed. Maryland: Aspen Publishers, Inc.
- Novaković, S., Djekic, I., Pešić, M., Kostić, A., Milinčić, D., Stanisavljević, N., Radojević, A., & Tomasevic, I. (2021). Bee pollen powder as a functional ingredient in frankfurters. *Meat Science*, 182, 1-11. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2021.108621>.
- Odriozola-Serrano, I., Soliva-Fortuny, R., & Martín-Belloso, O. (2008). Phenolic acids, flavonoids, vitamin C and antioxidant capacity of strawberry juices processed by high intensity pulsed electric fields or heat treatments. *European Food Research and Technology*, 228(2), 239-248. <https://doi.org/10.1007/s00217-008-0928-5>.
- Pascoal, A., Rodrigues, S., Teixeira, A., Feas, X., & Estevinho, L. M. (2014). Biological activities of commercial bee pollens: Antimicrobial, antimutagenic, antioxidant and anti-inflammatory. *Food and Chemical Toxicology*, 63, 233-239. <https://doi.org/10.1016/j.fct.2013.11.010>.

- Raji, A. O., Adebayo, O. F., & Sanusi, S. M. (2022). Anti oxidative potentials and storage stability of pasteurised mixed fruits juices from pineapple and bitter orange. *Food Bioscience*, 49, 1-9. <https://doi.org/10.1016/j.fbio.2022.101937>.
- Silva, B. M., Andrade, P. B., Valentao, P., Ferreres, F., Seabra, R. M., & Ferreira, M. A. (2004). Quince (*Cydonia oblonga* Miller) fruit (pulp peel and seed) and jam: antioxidant activity. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 52, 4705-4712. <https://doi.org/10.1021/jf040057v>.
- Sokmen, O., Ozdemir, S., Dundar, A. N., & Cinar, A. (2022). Quality properties and bioactive compounds of reduced-fat cookies with bee pollen. *International Journal of Gastronomy and Food Science*, 29, 1-9. <https://doi.org/10.1016/j.ijgfs.2022.100557>.
- Stanley, R. G., & Linsens, H. F. (1974). *Pollen: Biology biochemistry management*. Heidelberg: Springer-Verlag.
- Tallent, S., Hait, J., Bennett, R. W., & Lancette, G. A. (2016). *BAM Chapter 12: Staphylococcus aureus*. Retrieved September 30, 2021, from <http://www.fda.gov/Food/FoodScienceResearch/LaboratoryMethods/ucm071429.htm>.
- Tiencheu, B., Nji, D. N., Achidi, A. U., Egbe, A. C., Tenyang, N., Ngongang, E. F. T., Djikeng, F. T., & Fossi, B. T. (2021). Nutritional, sensory, physico-chemical, phytochemical, microbiological and shelf-life studies of natural fruit juice formulated from orange (*Citrus sinensis*), lemon (*Citrus limon*), Honey and Ginger (*Zingiber officinale*). *Heliyon*, 7, 1-11. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2021.e07177>.
- Velásquez, P., Montenegro, G., Valenzuela, L. M., Giordano, A., Cabrera-Barjas, G., & Martin-Belloso, O. (2022). k-carrageenan edible films for beef: honey and bee pollen phenolic compounds improve their antioxidant capacity. *Food Hydrocolloids*, 124, 1-12. <https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2021.107250>.

- Wibowo, S., Buvé, C., Hendrickx, M., Loey, A. V., & Grauwet, T. (2018). Integrated science-based approach to study quality changes of shelf-stable food products during storage: A proof of concept on orange and mango juices. *Trends in Food Science & Technology*, 73, 76-86. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2018.01.006>.
- Wisal, S., Ullah, J., Alam Zeb, A., & Khan, M. Z. (2013). Effect of refrigeration temperature, sugar concentrations and different chemicals preservatives on the storage stability of strawberry juice. *International Journal of Engineering & Technology*, 13(2), 160-168. <https://www.researchgate.net/publication/307406064>.
- Yadav, P., Garg, N., & Kumar, S. (2014). Improved shelf stability of mulberry juice by combination of preservatives. *Indian Journal of Natural Products and Resources*, 5(1), 62-66. <http://nopr.niscpr.res.in/handle/123456789/27479>.