Received: April 7, 2020 **Revised:** May 11, 2020 **Accepted:** May 28, 2020

นวัตกรรมผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มน้ำส้มพาสเจอร์ไรส์เสริมเกสรผึ้งเพื่อใช้เป็นอาหารเพื่อสุขภาพ

INNOVATION OF PASTEURIZED ORANGE JUICE MIXED BEE POLLEN FOR FUNCTIONAL FOOD

ธีราพร ปฏิเวธวิทูร[1] บุญมี กวินเสกสรรค์[2] สมบัติ ทีฆทรัพย์[3] เธียร ธีระวรวงศ์[2]
[1]คณะวิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏบ้านสมเด็จเจ้าพระยา
[2]คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏบ้านสมเด็จเจ้าพระยา
[3]การจัดการเทคโนโลยีและนวัตกรรม มหาวิทยาลัยธนบุรี
Theeraporn Patiwetwitoon[1] Boonmee Kavinseksan[2] Sombat Teekasap[3] Thien Thiraworawong[2]
[1]Faculty of Engineering and Industrial Technology, Bansomdejchaopraya Rajabhat University
[2]Faculty of Science and Technology, Bansomdejchaopraya Rajabhat University
[3]Technology and Innovation Management Program, Thonburi University
E-mail: theeraporn.pa@bsru.ac.th

บทคัดย่อ

วัตถุประสงค์ของงานวิจัยนี้ คือ เพื่อผลิตเครื่องดื่มน้ำส้มพาสเจอร์ไรส์เสริมเกสรผึ้งที่มีคุณค่าทางโภชนาการและมีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ โดยเสริมเกสรผึ้งร้อยละ 0, 2, 4, 6 และ 8 ในน้ำส้มคั้น จากนั้นพาสเจอร์ไรส์ที่อุณหภูมิ 88 oC นาน 15 วินาที พบว่า การเสริมเกสรผึ้งในปริมาณที่สูงขึ้นทำให้เครื่องดื่มน้ำส้มพาสเจอร์ไรส์มีคุณค่าทางโภชนาการ สารต้านอนุมูลอิสระ และฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระสูงขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P=0.05) โดยน้ำส้มพาสเจอร์ไรส์เสริมเกสรผึ้งร้อยละ 0, 2, 4, 6 และ 8 มีสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด (สารต้านอนุมูลอิสระ) 43.54, 69.70, 93.88, 130.44 และ 170.86 mg GAE ต่อ 100 มิลลิลิตร ตามลำดับ และมีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ เท่ากับ 50.11, 99.12, 131.57, 159.54 และ 176.27 mg AAE ต่อ 100 มิลลิลิตร ตามลำดับ

คำสำคัญ: น้ำส้มพาสเจอร์ไรส์ เกสรผึ้ง สารต้านอนุมูลอิสระ สารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ อาหารเพื่อสุขภาพ

Abstract

The research aimed to produce pasteurized orange juice with bee pollen that has nutritional value and antioxidant capacity. Bee pollen was added at 0 (control), 2, 4, 6 and 8% in orange juice and pasteurized at 88 oC for 15 sec. It was found that the addition of bee pollen, it had a statistically significant effect on nutrition, antioxidant and antioxidant capacity. The content of total phenolic compounds (antioxidant) of pasteurized orange juice mixed bee pollen (0, 2, 4, 6 and 8%) was 43.54, 69.70, 93.88, 130.44 and 170.86 mg GAE per 100 ml, respectively, the antioxidant capacity of pasteurized orange juice mixed bee pollen was 50.11, 99.12, 131.57, 159.54 and 176.27 mg AAE per 100 ml, respectively.

Keywords: Pasteurized Orange Juice, Bee Pollen, Antioxidant, Total Phenolic Compounds, Antioxidant Capacity, Functional Food

บทนำ

ปัจจุบันผลิตภัณฑ์อาหารเพื่อสุขภาพ (Functional Foods) ได้รับความนิยมแพร่หลายไปทั่วโลก การบริโภคผลิตภัณฑ์อาหารเพื่อสุขภาพจะได้รับประโยชน์จากสารอาหารและยังทำให้ร่างกายได้รับประโยชน์อื่นอีกด้วย เนื่องจากผลิตภัณฑ์อาหารเพื่อสุขภาพประกอบด้วยสารให้ประโยชน์เชิงหน้าที่ (Functional Ingredient) ที่ส่งผลดีต่อสุขภาพ ผลิตภัณฑ์อาหารเพื่อสุขภาพมีลักษณะเป็นอาหาร ไม่อยู่ในรูปอัดเม็ดหรือแคปซูล สามารถบริโภคได้เหมือนอาหารตามปกติ [มลศิริ วีโรทัย, 2545]

เกสรผึ้ง (Bee Pollen) คือ เซลล์สืบพันธุ์เพศผู้ของดอกไม้ที่ผึ้งงานไปเก็บรวบรวมมา โดยการเข้าไปคลุกเคล้ากับอับเกสรเพื่อให้เกสรติดขนตามตัว จากนั้นผึ้งใช้ขาปัดเขี่ยรวมกันเป็นก้อนใส่ไว้ที่เก็บเกสร (Pollen Basket) ที่บริเวณขาหลัง เพื่อนำมาเก็บในหลอดรวงของรังผึ้งเพื่อใช้เป็นอาหารสำหรับประชากรภายในรังผึ้งและใช้เป็นอาหารสำหรับเลี้ยงตัวอ่อน [รมณี สงวนดีกุล, 2555] เกสรผึ้งประกอบด้วยสารอาหารคาร์โบไฮเดรต โปรตีน ไขมัน เกลือแร่ วิตามิน ได้แก่ วิตามินบีรวม วิตามินซี วิตามินดี วิตามินอี และแคโรทีนอยด์ (บีต้า-แคโรทีน) (Ares, Valverde, Bernal, Nozal and Bernal, 2018 ; Arruda, Pereira, Freitas, Barth and Almeida-Muradian, 2013) เส้นใยอาหาร [Campos, Cunha and Markham, 1997 ; Fuenmayor, et al., 2014 ; Krystyjan, Gumul, Ziobro and Korus, 2015] และประกอบด้วยสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพ (Bioactive Compounds) ได้แก่ สารประกอบฟีนอลิก (Phenolic Compounds) ซึ่งมีคุณประโยชน์ด้านการส่งเสริมสุขภาพ คือ มีฤทธิ์ต้านจุลินทรีย์ (Antimicrobial) มีฤทธิ์ต้านการอักเสบ (Anti-inflammatory) มีฤทธิ์ต้านการกลายพันธุ์ (Antimutagenic) และมีสารต้านอนุมูลอิสระ (Antioxidant) [Ares, Valverde, Bernal, Nozal and Bernal, 2018 ; Feas, Vazquez-Tato, Estevinho, Seijas and Iglesias, 2012 ; Pascoal, Rodrigues, Teixeira, Feas and Estevinho, 2014]

อนุมูลอิสระ (Free Radical) คือ อะตอมหรือโมเลกุลที่มีอิเล็กตรอนไม่เป็นคู่ (Unpaired Electron) ทำให้อนุมูลอิสระมีความเสถียรต่ำและไวต่อการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันสูง จึงทำปฏิกิริยากับโมเลกุลที่อยู่รอบ ๆ ทำให้โมเลกุลของสารอื่นเกิดการสูญเสียหรือรับอิเล็กตรอนกลายเป็นอนุมูลอิสระ เกิดเป็นปฏิกิริยาลูกโซ่ (Chain Reaction) ต่อกันไปเรื่อย ๆ อนุมูลอิสระจะทำปฏิกิริยากับสารชีวโมเลกุลในร่างกาย ได้แก่ โปรตีน คาร์โบไฮเดรต ไขมัน และ DNA ทำให้เกิดโรคต่าง ๆ เช่น โรคมะเร็ง โรคหลอดเลือดหัวใจ โรคพาร์กินสัน และอัลไซเมอร์ (Langseth, 2000) โดยปกติร่างกายมีกลไกเพื่อควบคุมปริมาณอนุมูลอิสระไม่ให้สูงจนเกิดอันตรายกับเซลล์ แต่อย่างไรก็ตามหากร่างกายมีการสร้างอนุมูลอิสระที่เร็วหรือร่างกายได้รับอนุมูลอิสระมากเกินจนไม่สามารถที่จะควบคุมสมดุลได้ นำไปสู่การเกิดภาวะที่อนุมูลและสารออกซิแดนท์มีมากเกินสมดุล (Oxidative Stress) และสร้างความเสียหายต่อเซลล์และเนื้อเยื่อซึ่งส่งผลต่อสุขภาพ [โอภา วัชระคุปต์, 2549] ดังนั้น ผู้บริโภคจึงตระหนักถึงความสำคัญระหว่างการเกิดโรคกับปริมาณอนุมูลอิสระและสารต้านอนุมูลอิสระในร่างกาย สารต้านอนุมูลอิสระชนิดที่เป็นสารอาหาร ได้แก่ วิตามินซี วิตามินอี แคโรทีนอยด์ และที่ไม่เป็นสารอาหาร ได้แก่ สารประกอบฟีนอกลิก (Langseth, 2000)

จากคุณประโยชน์ดังกล่าวจึงมีแนวคิดในการพัฒนาอาหารเพื่อสุขภาพจากเกสรผึ้ง เนื่องจากการจำหน่ายเกสรผึ้งในปัจจุบันเป็นการจำหน่ายโดยให้ผู้บริโภคใช้เติมลงในเครื่องดื่มต่าง ๆ เพื่อเป็นแหล่งโปรตีนและกรดอะมิโนให้แก่ร่างกายเท่านั้น แต่ยังขาดการพัฒนาในรูปแบบของผลิตภัณฑ์ที่มีคุณประโยชน์ด้านการส่งเสริมสุขภาพ และเป็นผลิตภัณฑ์ที่พร้อมบริโภคเพื่อเพิ่มความสะดวกสบายและประหยัดเวลาของผู้บริโภคที่มีความใส่ใจในการดูแลสุขภาพของตนเอง นอกจากนี้การนำเกสรผึ้งมาผลิตเป็นอาหารเพื่อสุขภาพยังเป็นการเพิ่มมูลค่าสินค้าเกษตรซึ่งสอดคล้องกับนโยบายของรัฐบาลที่กำลังขับเคลื่อน “เมืองนวัตกรรมอาหาร” (Food Innopolis) ซึ่งเป็นหนึ่งใน Super Cluster เพื่อเพิ่มขีดความสามารถในการแข่งขันของประเทศและทำให้ประเทศไทยเป็นศูนย์กลางด้านนวัตกรรมอาหารของโลก โดยหนึ่งในสาขาเป้าหมายของโครงการเมืองนวัตกรรมอาหาร ได้แก่ อาหารฟังก์ชั่นและสุขภาพ

ปัจจุบันยังไม่มีการนำเกสรผึ้งมาผสมลงในน้ำส้ม ดังนั้น การวิจัยครั้งนี้จึงพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหารเพื่อสุขภาพโดยใช้เกสรผึ้งเป็นสารให้ประโยชน์เชิงหน้าที่ (สารต้านอนุมูลอิสระ) เสริมลงในน้ำส้มซึ่งเป็นน้ำผลไม้ที่ได้รับความนิยมเนื่องจากมีรสชาติดีและมีคุณค่าทางอาหาร และเลือกใช้กระบวนการให้ความร้อนแบบพาสเจอร์ไรส์เพื่อให้อาหารมีความปลอดภัยต่อการบริโภค ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงด้านประสาทสัมผัสและคุณค่าทางอาหารน้อยที่สุด

วัตถุประสงค์

เพื่อผลิตเครื่องดื่มน้ำส้มพาสเจอร์ไรส์เสริมเกสรผึ้งที่มีคุณค่าทางโภชนาการและมีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ

ระเบียบการวิจัย

นำส้มเขียวหวานสายพันธุ์สายน้ำผึ้ง (Citrus reticulata Blanco cv. Sainampueng) ที่ปลูกในตำบลสันทราย อำเภอฝาง จังหวัดเชียงใหม่ และถูกเก็บเกี่ยวในเดือนมีนาคม พ.ศ. 2562 มาล้างด้วยน้ำสะอาด นำส้มมาหั่นครึ่ง ปอกเปลือกออก คั้นด้วยเครื่องคั้นน้ำส้ม จากนั้นเติมเกสรผึ้ง (จากผึ้งพันธุ์ Apis mellifera) ซึ่งได้จากดอกไม้หลายชนิด (Multifloral Bee Pollen) เช่น ดอกไมยราบ สาบเสือ ข้าวโพด ที่อยู่ในเขตอำเภอแม่ริม จังหวัดเชียงใหม่ เกสรผึ้งถูกเก็บในเดือนธันวาคม พ.ศ. 2561) 4 ระดับ คือ ร้อยละ 0 (ชุดควบคุม) 2, 4, 6 และ 8 (รวมชุดควบคุมทั้งหมด 5 สูตร) นำน้ำส้มทั้ง 5 สูตร ไปทำการพาสเจอร์ไรส์ที่อุณหภูมิ 88 oC นาน 15 วินาที แล้วบรรจุลงในขวดแก้วปิดสนิท ทำให้เย็นทันที (Cooling) และเก็บที่อุณหภูมิ 4 oC

ทำการวิเคราะห์องค์ประกอบ ดังนี้ ปริมาณความชื้น ไขมัน โปรตีน เถ้า เส้นใยอาหารที่ละลายในน้ำ เส้นใยอาหารที่ไม่ละลายในน้ำ และคาร์โบไฮเดรต ด้วยวิธี AOAC (2016) ค่าความเป็นกรด-ด่าง ด้วยเครื่อง pH Meter ปริมาณพลังงานด้วยวิธีการคำนวณจากผลรวมของพลังงานที่ได้จากจากไขมัน โปรตีน และคาร์โบไฮเดรต ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด (Total Phenolic Content) ด้วยวิธี Folin-Ciocalteu ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ (Antioxidant Capacity) ด้วยวิธี DPPH Method ค่าสี L* a* b* ด้วยเครื่องวัดสี Colorimeter และปริมาณของแข็งที่ละลายทั้งหมดด้วย Hand Refractometer

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

ผลการวิจัย

คุณค่าทางโภชนาการของเครื่องดื่มน้ำส้มพาสเจอร์ไรส์เสริมเกสรผึ้ง 4 ระดับ คือ ร้อยละ 0 (ชุดควบคุม), 2, 4, 6 และ 8 (รวม 5 สูตร) ได้แก่ ปริมาณความชื้น ไขมัน โปรตีน เถ้า เส้นใยอาหารที่ละลายในน้ำ เส้นใยอาหารที่ไม่ละลายในน้ำ คาร์โบไฮเดรต และปริมาณพลังงาน แสดงในตารางที่ 1

ตารางที่ 1 คุณค่าทางโภชนาการของเครื่องดื่มน้ำส้มพาสเจอร์ไรส์เสริมเกสรผึ้ง

คุณค่าทางโภชนาการ	น้ำส้มพาสเจอร์ไรส์เสริมเกสรผึ้ง				
	ร้อยละ 0	ร้อยละ 2	ร้อยละ 4	ร้อยละ 6	ร้อยละ 8
ความชื้น (ร้อยละ)	$92.06^{a} \pm 0.59$	$90.44^{b} \pm 0.51$	$88.68^{c} \pm 0.13$	$87.81^{d} \pm 0.51$	$86.71^{e} \pm 0.17$
ไขมัน (ร้อยละ)	$0.00^{e} \pm 0.00$	$0.18^{d} \pm 0.01$	$0.23^{c} \pm 0.00$	$0.26^{b} \pm 0.01$	$0.30^{a} \pm 0.03$
โปรตีน (ร้อยละ)	$0.81^{e} \pm 0.01$	$1.53^{d} \pm 0.01$	$2.06^{c} \pm 0.02$	$2.56^{b} \pm 0.23$	$3.16^{a} \pm 0.01$
เถ้า (ร้อยละ)	$0.40^{e} \pm 0.01$	$0.43^{d} \pm 0.01$	$0.47^{c} \pm 0.01$	$0.50^{b} \pm 0.00$	$0.53^{a} \pm 0.01$
เส้นใยอาหารที่ละลายในน้ำ (ร้อยละ)	$0.21^{e} \pm 0.01$	$1.34^{d} \pm 0.01$	$2.22^{c} \pm 0.22$	$3.15^{b} \pm 0.03$	$4.85^{a} \pm 0.05$
เส้นใยอาหารที่ไม่ละลายในน้ำ (ร้อยละ)	$0.45^{e} \pm 0.01$	$2.83^{d} \pm 0.12$	$4.80^{c} \pm 0.08$	$6.37^{b} \pm 0.02$	$9.71^{a} \pm 0.37$
คาร์โบไฮเดรต (ร้อยละ)	$10.17^{e} \pm 0.59$	$11.66^{d} \pm 0.51$	$13.07^{c} \pm 0.16$	$14.14^{b} \pm 0.51$	$14.93^{a} \pm 0.18$
พลังงาน (กิโลแคลอรี่)	$43.92^{e} \pm 2.37$	$54.35^{d} \pm 2.10$	$62.90^{c} \pm 0.53$	$68.87^{b} \pm 2.03$	$75.03^{a} \pm 0.52$

หมายเหตุ : ตัวอักษรเหมือนกันในแถวเดียวกันไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ P=0.05

องค์ประกอบทางเคมีของเครื่องดื่มน้ำส้มพาสเจอร์ไรส์เสริมเกสรผึ้ง 4 ระดับ คือ ร้อยละ 0 (ชุดควบคุม), 2, 4, 6 และ 8 (รวม 5 สูตร) ได้แก่ ค่าความเป็นกรด-ด่าง ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด และฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ แสดงในตารางที่ 2

ตารางที่ 2 องค์ประกอบทางเคมีของเครื่องดื่มน้ำส้มพาสเจอร์ไรส์เสริมเกสรผึ้ง

องค์ประกอบทางเคมี	น้ำส้มพาสเจอร์ไรส์เสริมเกสรผึ้ง				
	ร้อยละ 0	ร้อยละ 2	ร้อยละ 4	ร้อยละ 6	ร้อยละ 8
ความเป็นกรด-ด่าง	$4.06^{e} \pm 0.02$	$4.11^{d} \pm 0.01$	$4.21^{c} \pm 0.01$	$4.24^{b} \pm 0.01$	$4.31^{a} \pm 0.01$
สารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด (mg GAE)	$43.54^{e} \pm 0.51$	$69.70^{d} \pm 1.06$	$93.88^{c} \pm 0.08$	$130.44^{b} \pm 0.51$	$170.86^{a} \pm 0.71$
ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ (mg AAE)	$50.11^{e} \pm 0.35$	$99.12^{d} \pm 0.87$	$131.57^{c} \pm 0.92$	$159.54^{b} \pm 0.57$	$176.27^{a} \pm 0.74$

หมายเหตุ : ตัวอักษรเหมือนกันในแถวเดียวกันไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ P=0.05

องค์ประกอบทางกายภาพของเครื่องดื่มน้ำส้มพาสเจอร์ไรส์เสริมเกสรผึ้ง 4 ระดับ คือ ร้อยละ 0 (ชุดควบคุม), 2, 4, 6 และ 8 (รวม 5 สูตร) ได้แก่ ค่าสี L* a* b* และปริมาณของแข็งที่ละลายทั้งหมด แสดงในตารางที่ 3

ตารางที่ 3 องค์ประกอบทางกายภาพของเครื่องดื่มน้ำส้มพาสเจอร์ไรส์เสริมเกสรผึ้ง

องค์ประกอบทางกายภาพ	น้ำส้มพาสเจอร์ไรส์เสริมเกสรผึ้ง				
	ร้อยละ 0	ร้อยละ 2	ร้อยละ 4	ร้อยละ 6	ร้อยละ 8
ค่าสี L*	$55.33^{a} \pm 0.45$	$53.17^{b} \pm 0.21$	$51.10^{c} \pm 0.00$	$43.27^{d} \pm 1.10$	$39.53^{e} \pm 0.06$
ค่าสี a*	$3.80^{e} \pm 0.35$	$6.43^{d} \pm 0.15$	$7.23^{c} \pm 0.15$	$7.67^{b} \pm 0.58$	$8.23^{a} \pm 0.21$
ค่าสี b*	$9.27^{e} \pm 0.84$	$13.97^{d} \pm 0.70$	$17.67^{c} \pm 0.25$	$18.93^{b} \pm 0.15$	$20.93^{a} \pm 0.12$
ปริมาณของแข็งที่ละลายทั้งหมด (^{o}Brix)	$11.93^{e} \pm 0.12$	$12.06^{d} \pm 0.00$	$13.20^{c} \pm 0.00$	$14.20^{b} \pm 0.00$	$15.20^{a} \pm 0.00$

หมายเหตุ : ตัวอักษรเหมือนกันในแถวเดียวกันไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ P=0.05

สรุปผลการวิจัยและอภิปรายผล

จากตารางที่ 1 ผลการวิเคราะห์คุณค่าทางโภชนาการของเครื่องดื่มน้ำส้มพาสเจอร์ไรส์เสริมเกสรผึ้งร้อยละ 0 (ชุดควบคุม), 2, 4, 6 และ 8 พบว่า เครื่องดื่มน้ำส้มพาสเจอร์ไรส์เสริมเกสรผึ้งมีปริมาณความชื้นร้อยละ 92.06, 90.44, 88.68, 87.81 และ 86.71 ตามลำดับ ปริมาณความชื้นของเครื่องดื่มน้ำส้มพาสเจอร์ไรส์เสริมเกสรผึ้งมีค่าลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P=0.05) เมื่อเสริมเกสรผึ้งในปริมาณที่สูงขึ้น เนื่องจากการเสริมเกสรผึ้งเป็นการเพิ่มปริมาณของแข็งทั้งหมด (Total Solid) ให้กับเครื่องดื่มน้ำส้มพาสเจอร์ไรส์จึงส่งผลให้ปริมาณความชื้นของผลิตภัณฑ์ลดลง ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Rebelol, Ferreirall and Carvalho-Zilselll (2016) ที่พบว่าปริมาณของแข็งทั้งหมดมีความสัมพันธ์โดยตรงกับปริมาณความชื้นของเกสรผึ้ง นอกจากนั้น Abd Elhamid and Elbayoumi (2017) ได้ทำการเสริมเกสรผึ้งใน White Cheese ซึ่งพบว่าการเสริมเกสรผึ้งในปริมาณที่สูงขึ้นส่งผลให้ปริมาณของแข็งทั้งหมดในผลิตภัณฑ์สูงขึ้นด้วย

เครื่องดื่มน้ำส้มพาสเจอร์ไรส์เสริมเกสรผึ้งร้อยละ 0, 2, 4, 6 และ 8 มีปริมาณไขมันร้อยละ 0, 0.18, 0.23, 0.26 และ 0.30 ตามลำดับ การเสริมเกสรผึ้งทำให้เครื่องดื่มน้ำส้มพาสเจอร์ไรส์มีปริมาณไขมันสูงขึ้น โดยทุกสูตรมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P=0.05) ชนิดของกรดไขมันในเกสรผึ้งเป็นกรดไขมันไม่อิ่มตัว (Unsaturated Fatty Acid) ได้แก่ กรดแอลฟ่า-ลิโนเลนิก (α-Linolenic Acid หรือโอเมก้า 3) ร้อยละ 70 (Campos, Cunha and Markham, 1997 ; Seppanen, Laakso, Wojcicki and Samochowiec, 1989) รองลงมาคือกรดลิโนเลอิก (Linoleic Acid หรือโอเมก้า 6)

และกรดโอเลอิก (Oleic Acid) โดยกรดแอลฟา-ลิโนเลนิกและกรดลิโนเลอิกเป็นกรดไขมันมันจำเป็น (Essential Fatty Acid) ที่ร่างกายสร้างขึ้นเองไม่ได้ต้องได้รับจากอาหารเท่านั้น มีรายงานว่ากรดแอลฟา-ลิโนเลนิกจะเปลี่ยนเป็น Eicosapentaenoic Acid (EPA) ซึ่ง EPA จะเข้าไปช่วยลดการเกาะกลุ่มของเกล็ดเลือด (Moncada and Vane, 1984) ช่วยป้องกันการเกิดโรคหัวใจและหลอดเลือด (Cardiovascular Disease) และนอกจากนั้นกรดแอลฟา-ลิโนเลนิกช่วยป้องกันโรคที่เกิดจากการอักเสบ (Inflammatory Disease) และโรคมะเร็งบางชนิด (Firestone, 2000)

เครื่องดื่มน้ำส้มพาสเจอร์ไรส์เสริมเกสรผึ้งร้อยละ 0, 2, 4, 6 และ 8 มีปริมาณโปรตีนร้อยละ 0.81, 1.53, 2.06, 2.56 และ 3.16 ตามลำดับ ปริมาณโปรตีนของเครื่องดื่มน้ำส้มพาสเจอร์ไรส์สูงขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P=0.05) เมื่อเสริมเกสรผึ้งในปริมาณที่สูงขึ้น โปรตีนเป็นหนึ่งในองค์ประกอบหลักของเกสรผึ้ง (ร้อยละ 10-40) รองจากคาร์โบไฮเดรต (Pascoal, Rodrigues, Teixeira, Feas and Estevinho, 2014 ; Villanueva, Marquina, Serrano and Abellan, 2002) ซึ่งมีรายงานว่าร้อยละ 50 ของปริมาณโปรตีนที่พบในเกสรผึ้งประกอบด้วยกรดอะมิโนจำเป็น (Essential Amino Acid) ที่ร่างกายไม่สามารถสร้างขึ้นเองได้ [Feas, Vazquez-Tato, Estevinho, Seijas and Iglesias, 2012 ; Ghosh and Jung, 2017] ผลจากการวิจัยนี้สอดคล้องกับการวิจัยของ Khider, Elbanna, Mahmoud and Owayss (2013) ซึ่งทำการเติมเกสรผึ้งจากประเทศอียิปต์ที่ได้จากพืช 3 ชนิด ลงในโยเกิร์ตร้อยละ 0.5, 1.0 และ 1.5 พบว่าการเสริมเกสรผึ้งทำให้ปริมาณโปรตีนในโยเกิร์ตเพิ่มขึ้นเมื่อเปรียบเทียบกับชุดควบคุม และ Krystyjan, Gumul, Ziobro and Korus (2015) ทำการเสริมเกสรผึ้งจากประเทศโปแลนด์ร้อยละ 0, 2.5, 5, 7.5 และ 10 ลงในบิสกิต พบว่าการเสริมเกสรผึ้งทำให้ปริมาณโปรตีนในบิสกิตเพิ่มขึ้นเช่นกัน

เครื่องดื่มน้ำส้มพาสเจอร์ไรส์เสริมเกสรผึ้งร้อยละ 0, 2, 4, 6 และ 8 มีปริมาณเถ้าร้อยละ 0.40, 0.43, 0.47, 0.50 และ 0.53 ตามลำดับ ปริมาณเถ้าของเครื่องดื่มน้ำส้มพาสเจอร์ไรส์สูงขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P=0.05) เมื่อเสริมเกสรผึ้งในปริมาณที่สูงขึ้น ผลจากการวิจัยนี้สอดคล้องกับการวิจัยของ Khider, Elbanna, Mahmoud and Owayss (2013) ซึ่งทำการเติมเกสรผึ้งลงในโยเกิร์ต และ Krystyjan, Gumul, Ziobro and Korus [2015] เสริมเกสรผึ้งลงในบิสกิต พบว่าการเสริมเกสรผึ้งทำให้ปริมาณเถ้าในโยเกิร์ตและบิสกิตเพิ่มขึ้น ปริมาณเถ้าแสดงถึงปริมาณแร่ธาตุที่อยู่ในเกสรผึ้ง จากการวิเคราะห์แร่ธาตุของเกสรผึ้งในประเทศโคลัมเบียโดย Fuenmayor et al. (2014) พบแร่ธาตุ คือ โซเดียม โพแทสเซียม แคลเซียม เหล็ก แมงกานีส และสังกะสี Ghosh and Jung (2017) พบแร่ธาตุของเกสรผึ้งในประเทศเกาหลีใต้ซึ่งได้จากต้น Hardy Kiwi, *Actinidia arguta* (Actinidiaceae) และ Oak, *Quercus* sp. (Fagaceae) คือ แคลเซียม แมกนีเซียม โซเดียม โพแทสเซียม เหล็ก สังกะสี ทองแดง แมงกานีส และฟอสฟอรัส

เครื่องดื่มน้ำส้มพาสเจอร์ไรส์เสริมเกสรผึ้งร้อยละ 0, 2, 4, 6 และ 8 มีปริมาณเส้นใยอาหารที่ละลายในน้ำร้อยละ 0.21, 1.34, 2.22, 3.15 และ 4.85 ตามลำดับ และมีปริมาณเส้นใยอาหารที่ไม่ละลายในน้ำร้อยละ 0.45, 2.83, 4.80, 6.37 และ 9.71 ตามลำดับ โดยปริมาณเส้นใยอาหารทั้ง 2 ชนิดในเครื่องดื่มน้ำส้มพาสเจอร์ไรส์สูงขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P=0.05) เมื่อเสริมเกสรผึ้งในปริมาณที่สูงขึ้น จากการวิจัยของ Krystyjan, Gumul, Ziobro and Korus (2015) พบว่าการเสริมเกสรผึ้งจากประเทศโปแลนด์ร้อยละ 0, 2.5, 5, 7.5 และ 10 ลงในบิสกิตทำให้ปริมาณเส้นใยอาหารที่ละลายในน้ำของบิสกิตเพิ่มขึ้น โดยมีค่าเท่ากับร้อยละ 0.28, 0.47, 0.51, 0.56 และ 0.64 ตามลำดับ และปริมาณเส้นใยอาหารที่ไม่ละลายในน้ำเพิ่มขึ้นเช่นกัน โดยมีค่าเท่ากับร้อยละ 0.61, 0.87, 0.93, 1.02 และ 1.25 ตามลำดับ การเสริมเกสรผึ้งในเครื่องดื่มน้ำส้มพาสเจอร์ไรส์เป็นการเพิ่มปริมาณเส้นใยอาหารที่ละลายในน้ำและไม่ละลายในน้ำให้กับผลิตภัณฑ์ โดยประโยชน์ของเส้นใยอาหารช่วยลดการดูดซึมน้ำตาลและไขมัน จึงช่วยควบคุมระดับน้ำตาลในเลือดและลดความเสี่ยงของการเกิดโรคหลอดเลือดหัวใจและโรคมะเร็งลำไส้ใหญ่ (Anderson, Smith and Gustafson, 1994 ; Gallaher, 2000)

เครื่องดื่มน้ำส้มพาสเจอร์ไรส์เสริมเกสรผึ้งร้อยละ 0, 2, 4, 6 และ 8 มีปริมาณคาร์โบไฮเดรตร้อยละ 10.17, 11.66, 13.07, 14.14 และ 14.93 ตามลำดับ ปริมาณคาร์โบไฮเดรตของเครื่องดื่มน้ำส้มพาสเจอร์ไรส์สูงขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P=0.05) เมื่อเสริมเกสรผึ้งในปริมาณที่สูงขึ้น คาร์โบไฮเดรตเป็นองค์ประกอบหลักที่พบในเกสรผึ้ง (ร้อยละ 13-55) (Rzepecka-Stojko, et al., 2015) คาร์โบไฮเดรตที่พบในเกสรผึ้งประกอบด้วยโมโนแซคคาไรด์ (น้ำตาลโมเลกุลเดี่ยว) ไดแซคคาไรด์ (น้ำตาลโมเลกุลคู่) โอลิโกแซคคาไรด์ โพลีแซคคาไรด์ และเส้นใยอาหาร (Salazar-Gonzalez and Diaz-Moreno, 2016) และชนิดของน้ำตาลที่พบมากในเกสรผึ้ง ได้แก่ น้ำตาลฟรักโทส น้ำตาลกลูโคส และน้ำตาลซูโครส (Bobis, et al., 2010 ; Fuenmayor, et al., 2014 ; Szczesna, Rybak-Chielewska and Chmielewski, 2002)

และเครื่องดื่มน้ำส้มพาสเจอร์ไรส์เสริมเกสรผึ้งร้อยละ 0, 2, 4, 6 และ 8 มีปริมาณพลังงาน 43.92, 54.35, 62.90, 68.87 และ 75.03 กิโลแคลอรี่ต่อตัวอย่าง 100 มิลลิลิตร ตามลำดับ ปริมาณพลังงานของเครื่องดื่มน้ำส้มพาสเจอร์ไรส์สูงขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P=0.05) เมื่อเสริมเกสรผึ้งในปริมาณที่สูงขึ้น พลังงานของเครื่องดื่มน้ำส้มพาสเจอร์ไรส์ถูกคำนวณจากปริมาณไขมัน โปรตีน และคาร์โบไฮเดรตที่วิเคราะห์ได้จากเครื่องดื่มน้ำส้มพาสเจอร์ไรส์ (ไขมัน 1 กรัม ให้พลังงาน 9 กิโลแคลอรี่ โปรตีน 1 กรัม ให้พลังงาน 4 กิโลแคลอรี่ และคาร์โบไฮเดรต 1 กรัม ให้พลังงาน 4 กิโลแคลอรี่) ดังนั้นการเสริมเกสรผึ้งในปริมาณที่มากขึ้นจะทำให้เครื่องดื่มน้ำส้มพาสเจอร์ไรส์มีปริมาณพลังงานที่ได้จากไขมัน โปรตีน และคาร์โบไฮเดรตเพิ่มสูงขึ้น

จากตารางที่ 2 ผลการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของเครื่องดื่มน้ำส้มพาสเจอร์ไรส์เสริมเกสรผึ้งร้อยละ 0, 2, 4, 6 และ 8 พบว่า มีค่าความเป็นกรด-ด่าง เท่ากับ 4.06, 4.11, 4.21, 4.24 และ 4.31 ตามลำดับ ค่าความเป็นกรด-ด่างของเครื่องดื่มน้ำส้มพาสเจอร์ไรส์สูงขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P=0.05) เมื่อเสริมเกสรผึ้งในปริมาณที่สูงขึ้น แม้ว่าการเสริมเกสรผึ้งในปริมาณที่มากขึ้นจะส่งผลให้ค่าความเป็นกรด-ด่างของเครื่องดื่มน้ำส้มพาสเจอร์ไรส์สูงขึ้น (ความเป็นกรดลดลง) แต่จากการวิจัยพบว่าการเสริมเกสรผึ้งในปริมาณสูงสุด คือ ร้อยละ 8 ทำให้ค่าความเป็นกรด-ด่างของเครื่องดื่มเท่ากับ 4.31 ซึ่งเป็นค่าความเป็นกรด-ด่างของอาหารที่จัดอยู่ในกลุ่มอาหารที่มีความเป็นกรด (Acid Food มีค่าความเป็นกรด-ด่าง $<$ 4.60) ค่าความเป็นกรด-ด่างนี้สามารถยับยั้งการงอกและการสร้างสปอร์ของเชื้อ *Clostridium botulinum* และทำให้ตัวเซลล์ของเชื้อจุลินทรีย์ทนความร้อนได้น้อยลงจึงสามารถใช้ความร้อนที่ไม่สูงมากนัก [สำนักงานคณะกรรมการอาหารและยา สำนักอาหาร, 2556]

เครื่องดื่มน้ำส้มพาสเจอร์ไรส์เสริมเกสรผึ้งร้อยละ 0, 2, 4, 6 และ 8 มีปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด 43.54, 69.70, 93.88, 130.44 และ 170.86 mg GAE ต่อ 100 มิลลิลิตร ตามลำดับ ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดของเครื่องดื่มน้ำส้มพาสเจอร์ไรส์สูงขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P=0.05) เมื่อเสริมเกสรผึ้งในปริมาณที่สูงขึ้น โดยการเสริมเกสรผึ้งร้อยละ 8 ในเครื่องดื่มน้ำส้มพาสเจอร์ไรส์ทำให้ผลิตภัณฑ์มีปริมาณสารประกอบฟีนอลิกสูงที่สุด และการเสริมเกสรผึ้งร้อยละ 2 ซึ่งเป็นการเสริมในปริมาณต่ำที่สุด จะทำให้ผลิตภัณฑ์มีปริมาณสารประกอบฟีนอลิกเพิ่มสูงขึ้นประมาณ 1.6 เท่าของชุดควบคุม ผลการทดลองนี้สอดคล้องกับงานวิจัยของ Krystyjan, Gumul, Ziobro and Korus [2015] ซึ่งพบว่าการเสริมเกสรผึ้งของประเทศโปแลนด์ร้อยละ 0, 2.5, 5, 7.5 และ 10 ลงในบิสกิต ทำให้บิสกิตมีปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดสูงขึ้น โดยมีค่าเท่ากับ 1.42, 2.26, 3.11, 4.03 และ 4.84 mg GAE ต่อ 1 กรัม ตามลำดับ

และเครื่องดื่มน้ำส้มพาสเจอร์ไรส์เสริมเกสรผึ้งร้อยละ 0, 2, 4, 6 และ 8 มีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ เท่ากับ 50.11, 99.12, 131.57, 159.54 และ 176.27 mg AAE ต่อ 100 มิลลิลิตร ตามลำดับ ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระของเครื่องดื่มน้ำส้มพาสเจอร์ไรส์สูงขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P=0.05) เมื่อเสริมเกสรผึ้งในปริมาณที่สูงขึ้น การเสริมเกสรผึ้งร้อยละ 8 ในเครื่องดื่มน้ำส้มพาสเจอร์ไรส์ทำให้ผลิตภัณฑ์มีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระสูงที่สุด และการเสริมเกสรผึ้งร้อยละ 2 ซึ่งเป็นการเสริมในปริมาณต่ำที่สุด จะทำให้ผลิตภัณฑ์มีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระเพิ่มสูงขึ้นประมาณ 1.98 เท่าของชุดควบคุม ผลการทดลองนี้สอดคล้องกับงานวิจัยของ Krystyjan, Gumul, Ziobro and Korus [2015] ที่พบว่าการเสริมเกสรผึ้งในปริมาณที่มากขึ้นทำให้บิสกิตมีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระสูงขึ้น นอกจากนี้ยังมีผู้วิจัยพบความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณสารประกอบฟีนอลิกและฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระของเกสรผึ้ง โดยพบว่าหากเกสรผึ้งมีปริมาณสารประกอบฟีนอลิกสูงจะทำให้ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระสูงเช่นกัน [De-Melo, et al., 2016 ; Kaskoniene, Ruockuviene, Kaskonas, Akuneca and Maruska 2015 ; Kroyer and Hegedus, 2001 ; Rebiai and Lanez, 2013]

จากตารางที่ 3 ผลการวิเคราะห์องค์ประกอบทางกายภาพของเครื่องดื่มน้ำส้มพาสเจอร์ไรส์เสริมเกสรผึ้งร้อยละ 0, 2, 4, 6 และ 8 พบว่า มีค่าสี L* (ค่าความสว่าง) เท่ากับ 55.33, 53.17, 51.10, 43.27 และ 39.53 ตามลำดับ ค่าสี L* ของเครื่องดื่มน้ำส้มพาสเจอร์ไรส์ลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P=0.05) ผลิตภัณฑ์ที่ได้มีสีเข้มขึ้นเมื่อเสริมเกสรผึ้งในปริมาณที่สูงขึ้น สอดคล้องกับงานวิจัยของ Krystyjan, Gumul, Ziobro and Korus [2015] พบว่าการเสริมเกสรผึ้งจากประเทศโปแลนด์ร้อยละ 0, 2.5, 5, 7.5 และ 10 ลงในบิสกิต ทำให้ค่าสี L* ลดลงตามปริมาณการเสริมเกสรผึ้ง นอกจากนั้นยังมีการศึกษาการเสริมเกสรผึ้งร้อยละ 1, 2, 3, 4 และ 5 ลงในขนมปังชนิดที่ไม่มีส่วนประกอบของกลูเตน พบว่าค่าสี L* ของเปลือกขนมปังลดลงตามปริมาณการเสริมเกสรผึ้งเช่นกัน เป็นผลจากการที่เกสรผึ้งนั้นมีสีน้ำตาลอมเหลืองเนื่องจากมีองค์ประกอบของฟลาโวนอยด์และแคโรทีนอยด์จึงทำให้ผลิตภัณฑ์มีสีเข้มขึ้นเป็นผลให้ค่าความสว่างลดลง (Conte, Caro, Balestra, Piga and Fadda, 2018)

เครื่องดื่มน้ำส้มพาสเจอร์ไรส์เสริมเกสรผึ้งร้อยละ 0, 2, 4, 6 และ 8 มีค่าสี a* (สีแดง) เท่ากับ 3.80, 6.43, 7.23, 7.67 และ 8.23 ตามลำดับ และมีค่าสี b* (สีเหลือง) เท่ากับ 9.27, 13.97, 17.67, 18.93 และ 20.93 ตามลำดับ ค่าสี a* และ b* ของเครื่องดื่มน้ำส้มพาสเจอร์ไรส์สูงขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P=0.05) ผลิตภัณฑ์มีค่าสี a* และ b* มากขึ้นเมื่อเสริมเกสรผึ้งในปริมาณที่สูงขึ้น สอดคล้องกับงานวิจัยของ Conte, Caro, Balestra, Piga and Fadda (2018) และ Krystyjan, Gumul, Ziobro and Korus (2015) ดังนั้น ปริมาณการเสริมเกสรผึ้งมีผลต่อค่าสี L* a* b* ของผลิตภัณฑ์อาหาร โดยสีของเกสรผึ้งที่แตกต่างกันเป็นผลจากสารประกอบฟีนอลิก (Zuluaga, et al., 2016) ฟลาโวนอยด์ และแคโรทีนอยด์ที่อยู่ในเกสรผึ้งและยังขึ้นอยู่กับปริมาณของเหลว น้ำตาลหรือน้ำหวาน (Nectar) ที่ผึ้งผสมกับเกสรอีกด้วย (Stanley and Linskens, 1974) ลักษณะสีของเครื่องดื่มน้ำส้มพาสเจอร์ไรส์เสริมเกสรผึ้งจากการวิจัยแสดงดังภาพที่ 1

ภาพที่ 1 เครื่องดื่มน้ำส้มพาสเจอร์ไรส์เสริมเกสรผึ้งร้อยละ 0, 2, 4, 6 และ 8 (ธีราพร ปฏิเวธวิทูร, 2562)

และเครื่องดื่มน้ำส้มพาสเจอร์ไรส์เสริมเกสรผึ้งร้อยละ 0, 2, 4, 6 และ 8 มีปริมาณของแข็งที่ละลายทั้งหมด เท่ากับ 11.93, 12.06, 13.20, 14.20 และ 15.20 $^{\circ}$Brix ตามลำดับ ปริมาณของแข็งที่ละลายทั้งหมดในเครื่องดื่มน้ำส้มพาสเจอร์ไรส์สูงขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P=0.05) เมื่อเสริมเกสรผึ้งในปริมาณที่สูงขึ้น เนื่องจากในเกสรผึ้งมีองค์ประกอบของคาร์โบไฮเดรต ซึ่งปริมาณคาร์โบไฮเดรตที่พบในเกสรผึ้งขึ้นอยู่กับชนิดของเกสรดอกไม้และสภาวะในการเก็บเกสรผึ้ง (Ares, Valverde, Bernal, Nozal and Bernal, 2018) โดยคาร์โบไฮเดรตที่พบในเกสรผึ้ง ได้แก่ น้ำตาลฟรักโทส กลูโคส มอลโตส ซูโครส และพอลิแซ็กคาไรด์ (Campos, Cunha and Markham, 1997) ดังนั้นเมื่อเสริมเกสรผึ้งในปริมาณมากขึ้นจึงทำให้ปริมาณของแข็งที่ละลายทั้งหมดในเครื่องดื่มน้ำส้มพาสเจอร์ไรส์เพิ่มสูงขึ้น

การเสริมเกสรผึ้งในเครื่องดื่มน้ำส้มพาสเจอร์ไรส์ไม่เพียงแต่ช่วยเพิ่มคุณค่าทางโภชนาการเท่านั้น แต่ยังทำให้เครื่องดื่มน้ำส้มพาสเจอร์ไรส์ซึ่งเป็นเครื่องดื่มที่ได้รับความนิยมถูกพัฒนาเป็นเครื่องดื่มเพื่อสุขภาพ (Functional Drink) ที่มีสารต้านอนุมูลอิสระซึ่งมีประโยชน์ต่อการส่งเสริมสุขภาพ โดยการเสริมเกสรผึ้งในปริมาณต่ำที่สุด คือ ร้อยละ 2 ทำให้เครื่องดื่มน้ำส้มพาสเจอร์ไรส์มีปริมาณสารประกอบฟีนอลิกและมีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระสูงกว่าชุดควบคุมประมาณ 1.60 และ 1.98 เท่า ตามลำดับ อย่างไรก็ตาม ควรทำการวิเคราะห์ชนิดของคาร์โบไฮเดรต กรดอะมิโน กรดไขมัน เกลือแร่ วิตามิน สารต้านอนุมูลอิสระอื่น ๆ ได้แก่ วิตามินซี วิตามินอี และแคโรทีนอยด์ (บีต้า-แคโรทีน) และสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพอื่น ๆ เพิ่มเติม เพื่อให้ได้ข้อมูลที่เป็นประโยชน์ต่อยอดการพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหารเพื่อสุขภาพต่อไป

เอกสารอ้างอิง

[1] มลศิริ วีโรทัย. (2545). เทคโนโลยีของผลิตภัณฑ์อาหารเพื่อสุขภาพ, กรุงเทพฯ: พัฒนาคุณภาพวิชาการ (พว.).

[2] รมณี สงวนดีกุล. (2555). ผลิตภัณฑ์จากผึ้ง, ใน สิริวัฒน์ วงษ์ศิริ, และสุรีรัตน์ เดี่ยววาณิชย์ (บ.ก.), ชีววิทยาของผึ้ง (พิมพ์ครั้งที่ 3). กรุงเทพฯ: จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

[3] สำนักงานคณะกรรมการอาหารและยา, สำนักอาหาร. (2556). คู่มือการตรวจสถานที่ตามหลักเกณฑ์วิธีการที่ดีในการผลิตอาหารในภาชนะบรรจุที่ปิดสนิทชนิดที่มีความเป็นกรดต่ำและชนิดที่ปรับกรด (Low-acid Canned Foods and Acidified Foods). กรุงเทพฯ: องค์การสงเคราะห์ทหารผ่านศึก ในพระบรมราชูปถัมภ์.

[4] โอภา วัชระคุปต์. (2549). บทบาทอนุมูลอิสระกับโรคและการป้องกัน, ใน โอภา วัชระคุปต์ (บ.ก.), Radical Scavenging Agents สารต้านอนุมูลอิสระ. นนทบุรี: พี.เอส.พริ้นท์.

[5] Abd Elhamid, A.M., & Elbayoumi, M.M. (2017). Influence of Bee Pollen on the Bioactive Behavior, Sensory and Physicochemical Properties of White Cheese Made from Camel and Cow Milk Mixture, J. Food and Dairy Sci., 8(11), pp. 419-424.

[6] Anderson, J. W., Smith, B. M., & Gustafson, N. J. (1994). Health benefits and practical aspects of high-fiber diets, Am. J .Clin. Nutr., 59(suppl.), pp. 1242S-1247S.

[7] Ares, A.M, Valverde, S, Bernal, J.L, Nozal, M.J, & Bernal, J. (2018). Extraction and determination of bioactive compounds from bee pollen, Journal of Pharmaceutical and Biomedical Analysis, 147, pp.110-124.

[8] Arruda, V. A. S., Pereira, A. A. S., Freitas, A. S., Barth. O. M., & Almeida-Muradian, L. B. (2013). Dried bee pollen: B complex vitamins, physicochemical and botanical composition, Food Composition and Analysis, 29, pp.100-105.

[9] Bobis, O., Marghitas, L. A., Dezmirean, D., Morar, O., Bonta, V., & Chirila, F. (2010). Quality parameters and nutritional value of different commercial bee products, Bulletin UASVM Animal Science and Biotechnologies, 67, pp. 1-2.

[10] Campos, M. G., Cunha, A., & Markham, K. R. (1997). Bee-pollen: composition, properties and applications, In Mizrahi, A., & Lensky, Y. (Eds.), Bee products: properties, applications and apitherapy. New York: Plenum Press.

[11] 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, pp. 1-7.

[12] 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, pp. 808- 815.

[13] Feas, X., Vazquez-Tato, M. P., Estevinho, L., Seijas, J., & Iglesias, A. (2012). Organic bee pollen: Botanical origin, nutritional value, bioactive compounds, antioxidant activity and microbiological quality, Molecules, 17, pp. 8359-8377.

[14] Firestone, D.(2000). Fats and oils and their effects on health and disease, In Schmidl, M.K., & Labuza, T. P. (Eds.), Essentials of functional foods. Maryland: Aspen.

[15] Fuenmayor, C. A., Zuluaga-Dominguez, C. M., Diaz-Moreno, A. C., Quicazan, M. C., Cosio, M., & Mannino, S. (2014). Evaluation of the physicochemical and functional properties of Colombian bee pollen, Revista MVZ Cordoba, 19(1), pp. 4003-4014.

[16] Gallaher, D. D. (2000). Dietary fiber and its physiological effects. In Schmidl, M.K., & Labuza, T.P. (Eds.), Essentials of functional foods. Maryland: Aspen.

[17] Ghosh, S., & Jung, C. (2017). Nutritional value of bee-collected pollens of hardy kiwi, Actinidia arguta (Actinidiaceae) and oak, Quercus sp. (Fagaceae), Journal of Asia-Pacific Entomology, 20, pp. 245-251.

[18] 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 Anal. Methods, 8, pp. 1150-1163.

[19] Kemilla Sarmento RebeloI, Antônio Gilberto FerreiraII, Gislene Almeida Carvalho-ZilseIII

[20] Khider, M., Elbanna, K., Mahmoud, A., & Owayss, A. A. (2013). Egyptian honeybee pollen as antimicrobial, antioxidant agents and dietary food supplements, Food Sci. Biotechnol., 22(5), pp. 1461-1469.

[21] Kroyer, G., & Hegedus, N. (2001). Evaluation of bioactive properties of pollen extracts as functional dietary food supplement, Innovative Food Science and Emerging Technologies, 2, pp. 171-174.

[22] 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, pp. 640-646.

[23] Langseth, L. (2000). Antioxidant and their effect on health, In Schmidl, M. K., & Labuza, T.P. (Eds.), Essentials of functional foods, Maryland: Aspen.

[24] Moncada, S., & Vane, J. R. (1984). Prostacyclin and its clinical applications, An. Clin. Res., 16, pp. 241.

[25] 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, pp. 233-239.

[26] RebeloI, K.S., FerreiraII, A.G., & Carvalho-ZilseIII, G.A. (2016). Physicochemical characteristics of pollen collected by Amazonian stingless bees, Ciencia Rural, 6(5), pp. 927-932.

[27] Rebiai, A., & Lanez, T. (2013). A facile electrochemical analysis to determine antioxidant activity of bee pollen, International Letters of Chemistry, Physics and Astronomy, 14, pp. 31-38.

[28] Rzepecka-Stojko, A., Stojko, J., Kurek-Gorecka, A., Gorecki, M., Kabala-Dzik, A., Kubina, R., Mozdzierz, A., & Buszman, E. (2015). Polyphenols from bee pollen: structure, absorption, metabolism and biological activity, Molecules, 20(12), pp. 21732-21749.

[29] Salazar-Gonzalez, C., & Diaz-Moreno, C. (2016). Portuguese bee pollen: palynological study, nutritional and microbiological evaluation, J. Apicult. Res., 55, pp. 161-175.

[30] Seppanen, T., Laakso, I., Wojcicki, J., & Samochowiec, L. (1989). An analytical study on fatty acids in pollen extract, Phytotherapy Research, 3(3), pp. 115-116.

[31] Stanley, R. G., & Linskens, H. F. (1974). Pollen: Biology biochemistry management, Heidelberg: Springer-Verlag.

[32] Szczesna, T., Rybak-Chielewska, H., & Chmielewski, W. (2002). Sugar composition of pollen loads harvested at different periods of the beekeeping season, Journal of Apicultural Science, 46(2), pp. 107-115.

[33] Villanueva, M. T. O., Marquina, A. D., Serrano, R. B., & Abellan, G. B. (2002). The importance of bee-collected pollen in the diet: a study of its composition, Int. J. Food Sci. Nutr., 53, pp. 217-224.

[34] Zuluaga, C., Martinez, A., Fernandez, J., Lopez-Baldo, J., Quiles, A., & Rodrigo, D. (2016). Effect of high pressure processing on carotenoid and phenolic compounds, antioxidant capacity and microbial count of bee-pollen paste and bee-pollen-based beverage, Innovative Food Science and Emerging Technologies, 37, pp. 10-17.