

การพัฒนาเครื่องต้มน้ำส้มจืดผสมสารสกัดจากเปลือกส้มจืดพร้อมดื่ม

ช่อลัดดา เทียงพุท^{1*} จันทรเพ็ญ แสงประกาย² อภิญญา จูทางกูร³

สถาบันค้นคว้าและพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหาร แขวงลาดยาว เขตจตุจักร กรุงเทพฯ 10900

ศรินญา สังขสัญญา⁴ ภาวิณี นวมวิจิตร⁵ สุตารัตน์ เผ่าไทย⁵ และ กาญจน์สส์ วรรณปักษ์⁵

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี ต.ประชาธิปัตย์ อ.ธัญบุรี จ.ปทุมธานี 12130

* Corresponding Author: ifrcdt@ku.ac.th

¹ นักวิจัย ฝ่ายกระบวนการผลิตและแปรรูป

² นักวิจัย ฝ่ายโภชนาการและสุขภาพ

³ นักวิจัย ฝ่ายเคมีและกายภาพ

⁴ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ คณะเทคโนโลยีการเกษตร

⁵ นักศึกษา คณะเทคโนโลยีการเกษตร

ข้อมูลบทความ

บทคัดย่อ

ประวัติบทความ :

รับเพื่อพิจารณา : 14 มกราคม 2563

แก้ไข : 30 มิถุนายน 2563

ตอบรับ : 17 สิงหาคม 2563

คำสำคัญ :

ส้มจืด / เครื่องดื่ม /

การพาสเจอร์ไรส์ /

กิจกรรมด้านอนุมูลอิสระ

ส้มจืดเป็นพืชในประเทศไทยที่มีตลอดปี มีสรรพคุณทางยา เปลือกมีกลิ่นหอม น้ำส้มจืดมีรสเปรี้ยวจัด ไม่เหมาะที่จะรับประทานสด ควรนำไปเป็นส่วนผสมอาหารหรือแปรรูป เช่น ผลิตเป็นเครื่องดื่ม งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาการผลิตเครื่องดื่มที่มีคุณค่าทางอาหารจากน้ำส้มจืดผสมเปลือก และศึกษาฤทธิ์ทางชีวภาพของเครื่องดื่มดังกล่าว จากผลการวิจัยพบว่า การใช้ปริมาณน้ำส้มจืดและเปลือกมากขึ้นทำให้มีปริมาณสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพมากขึ้น แต่ทำให้ผู้ชิมชอบน้อยลง สูตรที่พัฒนาได้รับความนิยมชอบปานกลาง ประกอบด้วยน้ำส้มจืดร้อยละ 10 สารสกัดเปลือกร้อยละ 5 น้ำตาลทรายขาวร้อยละ 10 และ น้ำร้อยละ 75 สภาวะการพาสเจอร์ไรส์ที่เหมาะสมคือที่อุณหภูมิ 70°C เป็นเวลา 1 นาที น้ำส้มจืดที่ได้มีวิตามินซี 14.90 มก./100 มล. ปริมาณฟีนอลิกทั้งหมด 0.20 มก.กรดแกลลิก/มล. และฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ 13.32 มก.กรดแอสคอร์บิก/มล. การเก็บผลิตภัณฑ์ที่อุณหภูมิ 10°C เป็นเวลา 15 วัน ไม่ส่งผลกระทบต่อสี ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด ค่า pH และปริมาณกรดทั้งหมด แต่ปริมาณวิตามินซี ปริมาณฟีนอลิกทั้งหมด และฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระลดลง ร้อยละ 10.54, 5.26 และ 14.19 ตามลำดับ

Development of Ready-to-Drink Beverage from Calamondin (*Citrus mitis* Blanco.) Mixed with Its Peel Extract

Chowladda Teangpook^{1*}, Janpen Saengprakai², Apinya Chudhangkura³,

Institute of Food Research and Product Development, Lat Yao, Chatuchak, Bangkok 10900

Sarinya Sangkasanya⁴, Pavinee Nuamvichit⁵, Sudarat Paothai⁵ and Kanjanas Wannapak⁵

Rajamangala University of Technology Thanyaburi, Prachathipat, Thanyaburi, Pathum Thani 12130

* Corresponding Author: ifrcdt@ku.ac.th

¹ Researcher, Department of Processing and Preservation.

² Researcher, Department of Food Chemistry and Physics.

³ Researcher, Department of Nutrition and Health.

⁴ Assistant Professor, Division of Food Science and Technology, Faculty of Agricultural Technology.

⁵ Student, Faculty of Agricultural Technology.

Article Info

Abstract

Article History:

Received: January 14, 2020

Revised: June 30, 2020

Accepted: August 17, 2020

Keywords:

Calamondin / Juice /

Pasteurization /

Antioxidant Activity

Calamondin, is an acid citrus fruit, which is available throughout the year in Thailand. While the fruit has medicinal property and its peel is fragrant, the juice is very sour so it is not popular to be eaten fresh. The fruit should then be used as an ingredient or processed into such products as a beverage. The objectives of this study were then to prepare a nutritious beverage from calamondin juice with its peel and to investigate selected biological activities of the prepared beverage. The results illustrated that increasing the amount of calamondin juice and its peel helped increase the contents of bioactive substances but resulted in the beverage that was less preferred by the testing panel. The optimum formula of the juice with 'like moderately' score contained of 10% calamondin juice, 5% calamondin peel, 10% sucrose and 75% water by weight. The optimum pasteurization condition was 70°C for 1 min; the beverage then contained vitamin C at 14.90 mg/100 ml, phenolic compounds at 0.20 mg gallic acid equivalent/g and exhibited the antioxidant activity at 13.32 mg ascorbic acid equivalent/g. Storage of the product at 10°C for 15 days did not affect the color, total soluble solids content, pH and total acid content but affected the total vitamin C content, total phenolics content and antioxidant activity. A decrease of 10.54%, 5.26% and 14.19% in the cases of the total vitamin C content, phenolics content and antioxidant activity was noted, respectively.

1. บทนำ

ส้มจี๊ด (Calamondin) ชื่อวิทยาศาสตร์ *Citrus mitis* Blanco. เป็นส้มขนาดเล็ก ติดผลตลอดทั้งปี โดยเฉพาะช่วงฤดูฝน ส้มจี๊ดมีปัญหาโรคแมลงน้อยจึงจัดเป็นพืชที่มีศักยภาพสามารถเป็นทางเลือกให้กับเกษตรกร ในประเทศไทยมีการใช้ประโยชน์ส้มจี๊ดไม่มากนักและยังไม่มีรายงานพื้นที่ปลูก แต่ปลูกในครัวเรือนมานานแล้วในภาคตะวันออกของประเทศไทย ในต่างประเทศ เช่น ประเทศฟิลิปปินส์ถือเป็นไม้ผลเศรษฐกิจหลัก และมีการซื้อขายอย่างกว้างขวางในประเทศมาเลเซีย สิงคโปร์ และอินโดนีเซีย ส้มจี๊ด 1 ผล ให้พลังงานประมาณ 12 กิโลแคลอรี โดยมีไขมันเพียงเล็กน้อย มีเส้นใยประมาณ 1.2 ก. โปแทสเซียม 37 มก. วิตามินซี 7.3 มก. วิตามินเอ 57.4 มก. IU แคลเซียม 8.4 มก. น้ำ 15.5 ก. และคาร์โบไฮเดรต 3.1 ก. น้ำส้มจี๊ดใช้ปรุงรสแทนมะนาว ทำเป็นส้มจี๊ดดองหรือนำไปเป็นส่วนผสมในการทำเค้ก มาร์มาเลด พาย แยม ซอส ซุป ชา สลัด คัสตาร์ด พายหรือชิฟอน นอกจากนี้ ยังใช้ส้มจี๊ดในการขจัดรังแค แก้คันศีรษะ กระตุ้นการงอกของผม ป้องกันโรคระบบทางเดินหายใจ ช่วยกระตุ้นการไหลเวียนของเลือด ช่วยให้ระบบการย่อยอาหารทำงานปกติ เป็นยาแก้ไอและ ด้านการอักเสบ (antiphlogistic) เป็นยาระบาย เป็นต้น [1-2] Takeuchi และคณะ [3] วิจัยสารระเหยจากผลส้มจี๊ดสดในประเทศฟิลิปปินส์ พบว่าเปลือกมีสารระเหย 58 ชนิด และน้ำส้มจี๊ดมีสารระเหย 98 ชนิด สารให้กลิ่นรสประกอบด้วย limonene, cis-linalool oxide, linalool, α -terpineol, (E,E)-2,4-decadienal และ methyl N-methyl anthranilate เป็นต้น หุทัย [1] วิจัยสารหอมระเหยจากเปลือกส้มจี๊ดพบว่าเปลือกส้มจี๊ดประกอบไปด้วย dl-limonene เป็นสารประกอบหลัก ซึ่งเป็นประเภทไฮโดรคาร์บอนกลุ่ม terpene ($C_{10}H_{16}$) นอกจากนี้ ยังมีสารประกอบกลุ่ม sesquiterpenes ($C_{15}H_{24}$) กลุ่ม terpene alcohol และสารประกอบแอลกอฮอล์ อัลดีไฮด์ และเอสเทอร์ ซึ่งสารประกอบเหล่านี้เป็นสารระเหยง่ายและสามารถพบได้ในน้ำมันหอมระเหยต่างๆ วิจัยการแปรรูปส้มจี๊ดเป็นเครื่องดื่ม แยม มาร์มาเลด เยลลี่ แซ่ฉิมอบแห้ง ไอศกรีม เค้กและการสกัดเพคตินจากเปลือกส้มจี๊ด สิริมาและคณะ [4] วิจัยส้มจี๊ดกวน เป็นต้น

นักวิจัยจึงต้องการพัฒนาสูตรที่เหมาะสมของเครื่องดื่มจากน้ำส้มจี๊ดผสมสารสกัดเปลือกส้มจี๊ดที่เหมาะสมกับผู้บริโภคทั่วไป และศึกษาสมบัติทางกายภาพและเคมีของผลิตภัณฑ์ เพื่อเพิ่ม

การใช้ประโยชน์ส้มจี๊ดและการนำเปลือกส้มจี๊ดที่มีกลิ่นหอมมาผสมด้วยจะทำให้ได้สารหอมระเหยเพิ่มขึ้น และเป็นการลดปริมาณของเสียด้วย ซึ่งจะได้ผลิตภัณฑ์ใหม่ให้เป็นทางเลือกแก่ผู้บริโภคและผู้ประกอบการที่สนใจ สามารถนำสูตรไปผลิตจำหน่ายในประเทศ และต่างประเทศได้ เป็นการส่งเสริมการผลิตและการใช้ประโยชน์ของประเทศไทย

2. วัตถุดิบ

ผลส้มจี๊ดแก่จัด เปลือกสีเขียวปนสีเหลือง ร้อยละ 25-30 จากปฐมพรพันธุ์ไม้ จังหวัดชุมพร

3. วิธีการทดลอง

3.1. การเตรียมน้ำส้มจี๊ดและสารสกัดเปลือกส้มจี๊ด

นำผลส้มจี๊ดมาล้างทำความสะอาด จากนั้นนำผลส้มจี๊ดมาผ่าซีก คั้นน้ำ แล้วกรองผ่านกระชอน เก็บน้ำส้มจี๊ดที่อุณหภูมิ -18°C นำน้ำส้มจี๊ด มาวัดสีด้วยเครื่องวัดค่าสี (Spectraflash 600 plus, Data Color International ประเทศสหรัฐอเมริกา) แสดงเป็นค่า L^* คือความสว่าง ($0 =$ ดำ และ $100 =$ ขาว) ค่า a^* ($-a^* =$ สีเขียว และ $+a^* =$ สีแดง) ค่า b^* ($-b^* =$ สีน้ำเงิน และ $+b^* =$ สีเหลือง) ค่า c^* (ค่าความเข้มของสี) และค่า h^* (ค่ามุมของสี) วัดปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ทั้งหมด (TSS) โดยใช้ Refractometer แบบส่อง รุ่น MASTER series ยี่ห้อ Atago ประเทศญี่ปุ่น [5] ค่า pH (pH meter รุ่น AMT 20 ยี่ห้อ AMTAST ประเทศสหรัฐอเมริกา) ปริมาณกรดทั้งหมด (Total acidity) โดยวิธีการไตเตรท คำนวณในรูปของร้อยละของกรดซิตริกปราศจากน้ำ (anhydrous citric acid) [5] ปริมาณวิตามินซีทั้งหมด ปริมาณฟีนอลิกทั้งหมดฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระทั้งหมดส่วนเปลือกส้มจี๊ด นำมาบดด้วยเครื่องบดไฟฟ้า ยี่ห้อ Nanotech รุ่น NT 010 ได้หวั่น โดยเติมน้ำให้มีความเข้มข้นร้อยละ 15 โดยน้ำหนักบดเป็นเวลา 2 นาที กรองผ่านตะแกรงขนาด 30 mesh เก็บสารสกัดเปลือกส้มจี๊ดที่อุณหภูมิ -18°C และวิเคราะห์เช่นเดียวกับน้ำส้มจี๊ด นำข้อมูลของน้ำส้มจี๊ด และสารสกัดเปลือกส้มจี๊ดมาวิเคราะห์ความแตกต่างด้วย t-Test: Paired Two Sample for Means ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

3.2 การศึกษาปริมาณที่เหมาะสมของน้ำส้มจืดในการผลิตเครื่องดื่ม

วางแผนการทดลองแบบ Completely Randomized Design (CRD) ทำ 2 ซ้ำ มี 4 สิ่งทดลองคือ ปริมาณของน้ำส้มจืดร้อยละ 5, 10, 15 และ 20 โดยน้ำหนัก ส่วนผสมอื่นคงที่ คือ ปริมาณน้ำสกัดเปลือกส้มจืดร้อยละ 5 และน้ำตาลทรายร้อยละ 10 นำวัตถุดิบทั้งหมดผสมกัน ปรับน้ำหนักด้วยน้ำ ต้มให้ได้อุณหภูมิ 90°C ทำการบรรจุลงในขวดแก้ว ทิ้งไว้ให้เย็นแล้วนำไปเก็บที่อุณหภูมิ 10°C จากนั้นนำมาทำการวิเคราะห์คุณสมบัติทางกายภาพ เคมีและประเมินทางประสาทสัมผัสในแผนการทดลองแบบสุ่มภายในบล็อกสมบูรณ์ (Randomized Complete Block) ด้วยวิธี 9-Point Hedonic Scale (1 หมายถึงไม่ชอบมากที่สุด และ 9 หมายถึง ชอบมากที่สุด) โดยใช้ผู้ทดสอบทั่วไปจำนวน 30 คน นำผลการทดลองมาวิเคราะห์ความแปรปรวนใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์สำเร็จรูป SPSS Version 16 เปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยข้อมูลด้วยวิธี Duncan's new multiple range test ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

3.3 การศึกษาปริมาณที่เหมาะสมของสารสกัดเปลือกส้มจืดในการผลิตเครื่องดื่ม

วางแผนการทดลองแบบ CRD ทำ 2 ซ้ำ มี 4 สิ่งทดลองคือ ปริมาณสารสกัดเปลือกส้มจืดร้อยละ 0, 5, 10 และ 15 โดยน้ำหนัก ส่วนผสมอื่นคงที่ คือปริมาณน้ำส้มจืดที่เหมาะสมจากข้อ 3.2 ส่วนปริมาณน้ำตาล น้ำ และวิธีทำเช่นเดียวกับข้อ 3.2

3.4 การศึกษาผลของอุณหภูมิในการพาสเจอร์ไรส์ที่เหมาะสม

วางแผนการทดลองแบบ CRD ทำ 3 ซ้ำ มี 4 สิ่งทดลองคือ 1) สูตรควบคุม 2) พาสเจอร์ไรส์ที่อุณหภูมิ 70°C นาน 1 นาที 3) พาสเจอร์ไรส์ที่อุณหภูมิ 80°C นาน 1 นาที และ 4) พาสเจอร์ไรส์ที่อุณหภูมิ 90°C นาน 1 นาที หลังจากนั้นนำบรรจุลงในขวดแก้วที่ผ่านการฆ่าเชื้อด้วยการนึ่งอุณหภูมิ 100°C เป็นเวลา 5 นาที ซึ่งอุณหภูมิของเครื่องดื่มในระหว่างการบรรจุไม่ต่ำกว่า 65°C ปิดฝาที่ผ่านการฆ่าเชื้อด้วยการนึ่งอุณหภูมิ 100°C เป็นเวลา 5 นาที นำมาเก็บที่อุณหภูมิ 10°C นาน 15 วัน นำตัวอย่างมาวิเคราะห์ เช่นเดียวกับข้อ 3.2

3.5 การเก็บเครื่องดื่ม

วางแผนการทดลองแบบ CRD ทำ 2 ซ้ำ นำเครื่องดื่มที่บรรจุขวดแก้วแล้ว ตามวิธีข้อ 3.4 มาเก็บที่อุณหภูมิ 10°C นำตัวอย่างมาวิเคราะห์ วันที่ 0, 5, 10 และ 15 เช่นเดียวกับข้อ 3.2 ยกเว้นการประเมินทางประสาทสัมผัส

3.6 การวิเคราะห์ปริมาณวิตามินซีทั้งหมด [5]

1) หา Factor (0.5/ ปริมาตรสารละลายอินโดฟินอลที่ใช้ไตเตรท) จากการไตเตรทสารละลายมาตรฐานแอสคอร์บิก 5 มล.กับกรดเมตาฟอสฟอริก 5 มล. 2) ปิเปตตัวอย่าง 5 มล.เติมกรดเมตาฟอสฟอริก 5 มล. ไตเตรทกับสารละลายอินโดฟินอล คำนวณปริมาณกรดแอสคอร์บิก ดังสมการที่ 1

มก. แอสคอร์บิกต่อ มล.ตัวอย่าง = Factor $\times$ 1มล./ ปริมาตรสารละลายอินโดฟินอล (มล.) $\times$ ปริมาตรตัวอย่างเริ่มต้น (มล.) (1)

3.7 การวิเคราะห์หาปริมาณฟีนอลิกทั้งหมด

โดยวิธี Folin-Ciocalteu reagent [6]

นำตัวอย่าง 20 ไมโครลิตร ใส่ในไมโครเพลทขนาด 24 หลุม เติมน้ำกลั่น 1580 ไมโครลิตร เติมสารละลาย Folin-Ciocalteu reagent ลงไป 100 ไมโครลิตรและเติมสารละลาย Na_2CO_3 300 ไมโครลิตร นำไปเก็บไว้ในที่มืด 1 ชม. แล้วนำไปวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 765 นาโนเมตร คำนวณค่าปริมาณสารประกอบฟีนอลรวมทั้งหมดเทียบกับกราฟมาตรฐานกรดแกลลิก (gallic acid)

3.8 การวิเคราะห์ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ

โดยวิธี 2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl radical scavenging capacity (DPPH assay) [7]

นำตัวอย่าง 20 ไมโครลิตรลงในไมโครเพลทขนาด 96 หลุม ใส่สารละลาย DPPH และสารละลาย MES บัฟเฟอร์ ที่ทำการผสมแล้ว (8:1) 180 ไมโครลิตร นำไปเก็บไว้ในที่มืดเป็นเวลา 1 ชม. จากนั้นนำไปวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 515 นาโนเมตร คำนวณฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระเทียบกับกราฟมาตรฐานกรดแอสคอร์บิก

4. ผลการทดลองและวิจารณ์

4.1 สมบัติทางกายภาพ และเคมีของน้ำส้มจืด และสารสกัดเปลือกส้มจืด

ผลการวิเคราะห์คุณภาพด้านสี แสดงดังตารางที่ 1 พบว่า น้ำส้มจืดมีสีส้มเหลือง ส่วนสารสกัดเปลือกส้มจืดด้วยการปั่นจะทำให้สีน้ำตาลอมระเหยแตกต่างจากเซลล์เนื้อเยื่อของเปลือก

ส้มจืดได้มากขึ้น สารสกัดมีสีเขียวเหลือง ซึ่งแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ด้วยค่า L^* , b^* , c^* และ h^* ของสารสกัดเปลือกส้มจืด มากกว่าน้ำส้มจืด ยกเว้น a^* อย่างไรก็ตาม สีของสารสกัดเปลือกส้มจืดใกล้เคียงน้ำมะนาว ซึ่งมีค่าสี L^* 85.35 ค่า a^* 2.36 และ ค่า b^* 13.55 [8]

ตารางที่ 1 ค่าสี (L^* , a^* , b^* , c^* และ h^*) ของน้ำส้มจืดและสารสกัดเปลือกส้มจืด (ค่าเฉลี่ย $\pm$ ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน)

รายการ	ค่าสี L^*	ค่าสี a^*	ค่าสี b^*	ค่าสี c^*	ค่าสี h^*
น้ำส้มจืด	13.15 $\pm$ 0.28 ^a	6.52 $\pm$ 2.39 ^b	16.69 $\pm$ 5.46 ^a	21.96 $\pm$ 0.30 ^a	18.41 $\pm$ 0.29 ^a
สารสกัดเปลือกส้มจืด	44.10 $\pm$ 1.02 ^b	1.43 $\pm$ 0.19 ^a	18.24 $\pm$ 0.12 ^a	68.24 $\pm$ 0.84 ^a	85.74 $\pm$ 0.29 ^a

ค่าเฉลี่ยตามแนวตั้งของค่าสีที่กำกับด้วยตัวอักษรเดียวกัน หมายถึงมีความแตกต่างอย่างไม่มีนัยสำคัญ ($p > 0.05$)

คุณภาพทางเคมีของน้ำส้มจืดและสารสกัดเปลือกส้มจืด แสดงดังตารางที่ 2 พบว่าน้ำส้มจืดมีปริมาณ TSS ปริมาณกรดทั้งหมดและปริมาณวิตามินซีมากกว่าสารสกัดเปลือกส้มจืด น้ำส้มจืดจึงมีรสชาติเปรี้ยวมากกว่าสารสกัดเปลือก เมื่อเทียบปริมาณวิตามินซีของน้ำส้ม และน้ำมะนาวพบว่าน้ำส้มจืดมีปริมาณวิตามินซี (32.15 มก. ต่อ 100 มล.) น้อยกว่าน้ำส้ม แต่มีปริมาณวิตามินซีเท่ากับ 53.2 และ 29.1 มก. ต่อ 100 มล. ในน้ำส้ม และน้ำมะนาว ตามลำดับ [9-10] สอดคล้องกับ การวิจัยของสิริมาและคณะ ที่พบว่า

น้ำส้มจืดมีวิตามินซี 32.16 มก./ 100 มก. [4] และ Kosiya-chinda [11] ที่กล่าวว่าส้มจืดมีวิตามินซีสูงกว่ามะนาวประมาณร้อยละ 10 น้ำส้มจืดมีปริมาณกรดซิตริกมากกว่าน้ำมะนาวด้วย ซึ่งมี 4.6 ก./100 มล. และมีค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) และ TSS ใกล้เคียงน้ำมะนาว ซึ่งมีค่า 2.06 และ 8.25°Brix ตามลำดับ [8] ส่วนปริมาณฟีนอลิกทั้งหมดและฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระของสารสกัดเปลือกส้มจืดมีมากกว่าน้ำส้มจืด สอดคล้องกับการรายงาน ที่กล่าวว่าผลไม้ตระกูลส้มส่วนใหญ่ มีปริมาณฟีนอลในเปลือกมากกว่าเนื้อผลไม้ [12]

ตารางที่ 2 คุณสมบัติทางเคมีของน้ำส้มจืดและสารสกัดเปลือกส้มจืด (ค่าเฉลี่ย $\pm$ ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน)

รายการ	ค่าของแข็งที่ละลายน้ำได้ ($^{\circ}$ Brix)	ค่า pH	ปริมาณกรดทั้งหมด	ปริมาณวิตามินซี (มก./100 มล.)	ปริมาณฟีนอลิก*	ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ#
น้ำส้มจืด	7.50 $\pm$ 0.71 ^a	2.29 $\pm$ 0.03 ^b	6.36 $\pm$ 0.13 ^a	32.15 $\pm$ 0.01 ^a	39.50 $\pm$ 0.03 ^a	26.24 $\pm$ 1.03 ^a
สารสกัดเปลือกส้มจืด	1.00 $\pm$ 0.00 ^b	3.51 $\pm$ 0.01 ^a	0.27 $\pm$ 0.07 ^a	14.25 $\pm$ 0.01 ^a	53.50 $\pm$ 0.01 ^a	48.65 $\pm$ 0.82 ^a

ค่าเฉลี่ยตามแนวตั้งของแต่ละคุณสมบัติที่กำกับด้วยตัวอักษรเดียวกัน หมายถึงมีความแตกต่างอย่างไม่มีนัยสำคัญ ($p > 0.05$)

* มก.กรดแกลลิก/มล.

มก. แอสคอร์บิกต่อ มล.ตัวอย่าง

4.2 การศึกษาปริมาณน้ำส้มจืดที่เหมาะสมในการผลิตเครื่องดื่ม

การใช้ปริมาณน้ำส้มจืดเพิ่มขึ้น ทำให้เครื่องดื่มมีสีเหลืองเข้มขึ้นอย่างชัดเจน ดังตารางที่ 3 จากค่า L^* และ h^* ลดลง ส่วนค่า a^* , b^* และ c^* เพิ่มขึ้น ตามปริมาณน้ำส้มจืดที่เพิ่มขึ้น ซึ่งอาจมาจากปริมาณแคโรทีนอยด์ที่ให้สีเหลืองในผลไม้ตระกูลส้ม ซึ่งเป็นพวก carotenes และ xanthophylls [13] ส่วนค่าทางเคมี แสดงในตารางที่ 4 ปริมาณของน้ำส้มจืดที่เพิ่มขึ้น ทำให้ค่า TSS ปริมาณกรด ปริมาณวิตามินซี ปริมาณฟีนอลิก ทั้งหมดและฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระเพิ่มขึ้น แต่ค่า pH ลดลง เพราะน้ำส้มจืดมีความเปรี้ยวและปริมาณกรดสูง จากการนำมาทดสอบทางประสาทสัมผัสแสดงคะแนนความชอบ ในตารางที่ 5 พบว่า ผู้ชิมมีความชอบทุกลักษณะแตกต่างกัน ยกเว้นด้านกลิ่น ผู้ชิม

ชอบสีเครื่องดื่มที่มีน้ำส้มจืดร้อยละ 10 มากที่สุด แต่ไม่ต่างจากเครื่องดื่มที่มีปริมาณน้ำส้มจืด ร้อยละ 15 และร้อยละ 20 ในด้านกลิ่นรส ผู้ชิมชอบเครื่องดื่มที่มีน้ำส้มจืดร้อยละ 10 มากที่สุด เพราะปริมาณน้ำส้มจืดร้อยละ 15 และ 20 ทำให้เครื่องดื่มมีรสเปรี้ยวมากเกินไป ผู้ชิมชอบเนื้อสัมผัสของเครื่องดื่มที่มีน้ำส้มจืดร้อยละ 10 มากที่สุด แต่ไม่ต่างจากเครื่องดื่มที่มีปริมาณน้ำส้มจืดร้อยละ 15 และ 20 ด้านความชอบโดยรวม ผู้ชิมชอบเครื่องดื่มที่มีปริมาณน้ำส้มจืดร้อยละ 10 มากที่สุด โดยอยู่ในเกณฑ์ชอบปานกลาง ดังนั้นจึงเลือกเครื่องดื่มที่มีปริมาณน้ำส้มจืดร้อยละ 10 มาทดลองต่อไป ซึ่งปริมาณน้ำส้มจืดนี้ในงานวิจัยนี้น้อยกว่าเครื่องดื่มน้ำส้มจืดของ Kaenla [1] ซึ่งใช้น้ำส้มจืด 120 ก. ต่อน้ำ 750 ก. หรือร้อยละ 13.48 ซึ่งอาจเป็นเพราะคุณสมบัติของน้ำส้มจืดที่ต่างกัน

ตารางที่ 3 ค่าสี (L^* , a^* , b^* , c^* และ h^*) ของเครื่องดื่มที่มีปริมาณน้ำส้มจืดต่างกัน (ค่าเฉลี่ย $\pm$ ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน)

ร้อยละของปริมาณน้ำส้มจืด	ค่าสี L^*	ค่าสี a^*	ค่าสี b^*	ค่าสี c^*	ค่าสี h^*
5	63.88 $\pm$ 2.36 ^a	2.69 $\pm$ 0.11	13.39 $\pm$ 0.47 ^c	13.60 $\pm$ 0.39 ^c	79.65 $\pm$ 1.35
10	55.93 $\pm$ 1.09 ^b	3.37 $\pm$ 0.77	15.43 $\pm$ 1.26 ^{bc}	15.80 $\pm$ 1.40 ^{bc}	77.74 $\pm$ 1.75
15	47.47 $\pm$ 0.40 ^c	4.10 $\pm$ 0.92	18.08 $\pm$ 1.52 ^{ab}	18.55 $\pm$ 1.68 ^{ab}	77.30 $\pm$ 1.78
20	41.87 $\pm$ 1.73 ^d	4.61 $\pm$ 1.33	19.90 $\pm$ 1.75 ^a	20.44 $\pm$ 2.01 ^a	77.07 $\pm$ 2.56

ค่าเฉลี่ยตามแนวตั้งของค่าสีที่กำกับด้วยตัวอักษรเดียวกัน หมายถึงมีความแตกต่างอย่างไม่มีนัยสำคัญ ($p > 0.05$)

ตารางที่ 4 คุณสมบัติทางเคมีของเครื่องดื่มที่มีปริมาณน้ำส้มจืดต่างกัน (ค่าเฉลี่ย $\pm$ ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน)

ร้อยละของปริมาณน้ำส้มจืด	ค่าของแข็งที่ละลายน้ำได้ ($^{\circ}$ Brix)	ค่า pH	ปริมาณกรดทั้งหมด	ปริมาณวิตามินซี (มก./100 มล.)	ปริมาณฟีนอลิก*	ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ#
5	12.20 $\pm$ 0.28 ^a	2.64 $\pm$ 0.01 ^a	0.34 $\pm$ 0.01 ^d	14.20 $\pm$ 0.14 ^d	0.18 $\pm$ 0.01 ^c	11.07 $\pm$ 1.30 ^c
10	12.20 $\pm$ 0.14 ^a	2.52 $\pm$ 0.01 ^b	0.64 $\pm$ 0.01 ^c	15.80 $\pm$ 0.14 ^c	0.20 $\pm$ 0.01 ^b	13.13 $\pm$ 0.06 ^c
15	12.35 $\pm$ 0.07 ^{ab}	2.44 $\pm$ 0.01 ^c	0.93 $\pm$ 0.02 ^b	17.95 $\pm$ 0.07 ^b	0.22 $\pm$ 0.02 ^b	18.35 $\pm$ 0.89 ^b
20	12.50 $\pm$ 0.14 ^b	2.39 $\pm$ 0.01 ^d	1.21 $\pm$ 0.02 ^a	20.20 $\pm$ 0.14 ^a	0.23 $\pm$ 0.01 ^a	24.55 $\pm$ 0.95 ^a

ค่าเฉลี่ยตามแนวตั้งของแต่ละคุณสมบัติที่กำกับด้วยตัวอักษรเดียวกัน หมายถึงมีความแตกต่างอย่างไม่มีนัยสำคัญ ($p > 0.05$)

* มก.กรดแกลลิก/มล.

มก. แอสคอร์บิกต่อ มล.ตัวอย่าง

ตารางที่ 5 ผลการประเมินทางประสาทสัมผัสของเครื่องดื่มที่มีปริมาณน้ำส้มจี๊ดต่างกัน
(ค่าเฉลี่ย $\pm$ ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน)

ร้อยละของปริมาณน้ำส้มจี๊ด	สี	กลิ่น	กลิ่นรส	เนื้อสัมผัส	ความชอบรวม
5	5.30 $\pm$ 1.51 ^b	6.13 $\pm$ 1.22 ^a	6.33 $\pm$ 1.37 ^b	6.13 $\pm$ 1.27 ^b	6.00 $\pm$ 1.41 ^b
10	6.60 $\pm$ 1.16 ^a	6.40 $\pm$ 0.85 ^a	7.37 $\pm$ 0.92 ^a	6.90 $\pm$ 1.15 ^a	7.33 $\pm$ 0.95 ^a
15	6.63 $\pm$ 1.18 ^a	6.07 $\pm$ 1.14 ^a	5.23 $\pm$ 1.43 ^c	6.73 $\pm$ 1.04 ^{ab}	5.60 $\pm$ 1.13 ^{bc}
20	6.53 $\pm$ 1.27 ^a	6.07 $\pm$ 1.44 ^a	5.13 $\pm$ 1.59 ^c	6.60 $\pm$ 1.13 ^{ab}	5.17 $\pm$ 1.36 ^c

ค่าเฉลี่ยตามแนวตั้งของแต่ละคุณสมบัติที่กำกับด้วยตัวอักษรเดียวกัน หมายถึงมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ (p > 0.05)

4.3 การศึกษาปริมาณสารสกัดเปลือกส้มจี๊ดที่เหมาะสมในการผลิตเครื่องดื่ม

เครื่องดื่มที่มีปริมาณสารสกัดเปลือกส้มจี๊ดเพิ่มขึ้นทำให้สีไม่ต่างกัน แต่มีแนวโน้มเป็นสีเหลืองมากขึ้น และมีความสว่างน้อยลง คือ L^* จาก 56.72 - 53.53 ค่า a^* 2.54 - 2.64 ค่า b^* 12.01 - 15.42 และ ค่า c^* 12.29 - 15.64 ยกเว้นค่า h^* 77.58 - 80.34 ที่มีค่าเพิ่มขึ้นแต่โดยรวมเครื่องดื่มมีสีเหลืองอ่อนคล้ายกัน ซึ่งอาจมาจากปริมาณแคโรทีนอยด์ เช่นเดียวกับน้ำส้ม [13] ส่วนค่าทางเคมีแสดงในตารางที่ 6 เครื่องดื่มที่มีสารสกัดเปลือกมากขึ้น ไม่กระทบต่อค่า TSS ซึ่งเป็นเพราะค่า TSS ในเปลือกมีปริมาณน้อย แต่ก็มีแนวโน้มเพิ่มขึ้น ค่า pH ลดลง สอดคล้องกับปริมาณกรดทั้งหมดที่เพิ่มขึ้น ปริมาณวิตามินซี ปริมาณฟีนอลิก และฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระเพิ่มขึ้นเนื่องจากในเปลือกส้มจี๊ดมีสารประกอบประเภทฟีนอลิกและกิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระสูง ดังตารางที่ 2 ส่วนการทดสอบทางประสาทสัมผัสแสดงดังตารางที่ 7 พบว่าผู้ชิมชอบทุกลักษณะ

แตกต่างกัน ยกเว้นด้านสี โดยผู้ชิมให้คะแนนความชอบกลิ่นเครื่องดื่มที่มีสารสกัดเปลือกส้มจี๊ดร้อยละ 10 มากที่สุด แต่ไม่ต่างจากเครื่องดื่มที่มีสารสกัดเปลือกส้มจี๊ดร้อยละ 5 และ 15 ผู้ชิมชอบกลิ่นของเครื่องดื่มควบคุม ที่ไม่มีเปลือกน้อยที่สุด อาจเป็นเพราะเปลือกส้มมีน้ำมันหอมระเหย ในด้านกลิ่นรส ผู้ทดสอบชิมให้คะแนนความชอบเครื่องดื่มที่มีสารสกัดเปลือกส้มจี๊ดร้อยละ 5 มากที่สุด แตกต่างกับเครื่องดื่มอีก 3 ชนิด เช่นเดียวกับความชอบรวม ซึ่งอยู่ในเกณฑ์ชอบปานกลางถึงมาก โดยเครื่องดื่มที่มีปริมาณสารสกัดเปลือกส้มจี๊ดร้อยละ 15 ผู้ชิมชอบน้อยที่สุด เนื่องจากมีรสขม เพราะเปลือกส้มจี๊ดมีสารลิโมนินที่ให้รสขม ปริมาณ 1.04 ไมโครกรัม/กรัม น้ำหนักแห้ง [14] ด้านเนื้อสัมผัส ผู้ชิมให้คะแนนความชอบเครื่องดื่มที่มีสารสกัดเปลือกส้มจี๊ดร้อยละ 5 มากที่สุด แต่ไม่ต่างจากเครื่องดื่มที่มีปริมาณสารสกัดเปลือกส้มจี๊ดร้อยละ 10 และ 15 ดังนั้น ควรใช้สารสกัดเปลือกส้มจี๊ดร้อยละ 5 ในการทดลองต่อไป

ตารางที่ 6 คุณสมบัติทางเคมีของเครื่องดื่มที่มีปริมาณสารสกัดเปลือกต่างกัน
(ค่าเฉลี่ย $\pm$ ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน)

ร้อยละของสารสกัดเปลือก	ค่าของแข็งที่ละลายน้ำได้ (°Brix)	ค่า pH	ปริมาณกรดทั้งหมด	ปริมาณวิตามินซี (มก./100 มล.)	ปริมาณฟีนอลิก*	ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ#
0	12.10 $\pm$ 0.14 ^a	2.78 $\pm$ 0.01 ^a	0.53 $\pm$ 0.01 ^c	14.00 $\pm$ 0.28 ^d	0.18 $\pm$ 0.01 ^c	8.36 $\pm$ 0.40 ^c
5	12.15 $\pm$ 0.07 ^a	2.77 $\pm$ 0.01 ^{ab}	0.62 $\pm$ 0.01 ^b	15.50 $\pm$ 0.14 ^c	0.20 $\pm$ 0.01 ^b	13.62 $\pm$ 0.13 ^b

ตารางที่ 6 คุณสมบัติทางเคมีของเครื่องดื่มที่มีปริมาณสารสกัดเปลือกต่างกัน
(ค่าเฉลี่ย $\pm$ ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน) (ต่อ)

ร้อยละของสารสกัดเปลือก	ค่าของแข็งที่ละลายน้ำได้ ($^{\circ}$ Brix)	ค่า pH	ปริมาณกรดทั้งหมด	ปริมาณวิตามินซี (มก./100 มล.)	ปริมาณฟีนอลิก*	ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ#
10	12.15 $\pm$ 0.07 ^a	2.76 $\pm$ 0.01 ^{ab}	0.64 $\pm$ 0.02 ^b	17.70 $\pm$ 0.28 ^b	0.22 $\pm$ 0.02 ^b	13.87 $\pm$ 0.12 ^b
15	12.20 $\pm$ 0.14 ^a	2.74 $\pm$ 0.01 ^b	0.68 $\pm$ 0.01 ^a	19.35 $\pm$ 0.21 ^a	0.23 $\pm$ 0.01 ^a	20.42 $\pm$ 0.50 ^a

ค่าเฉลี่ยตามแนวตั้งของแต่ละคุณสมบัติที่กำกับด้วยตัวอักษรเดียวกัน หมายถึงมีความแตกต่างอย่างไม่มีนัยสำคัญ ($p > 0.05$)

* มก.กรดแกลลิก/มล.

มก. แอสคอร์บิกต่อ มล.ตัวอย่าง

ตารางที่ 7 ผลการประเมินทางประสาทสัมผัสของเครื่องดื่มที่มีปริมาณสารสกัดเปลือกต่างกัน
(ค่าเฉลี่ย $\pm$ ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน)

ร้อยละของสารสกัดเปลือก	สี	กลิ่น	กลิ่นรส	เนื้อสัมผัส	ความชอบรวม
0	5.97 $\pm$ 1.40 ^a	5.90 $\pm$ 1.21 ^b	5.93 $\pm$ 1.23 ^b	5.43 $\pm$ 1.50 ^b	5.97 $\pm$ 1.12 ^b
5	6.43 $\pm$ 1.01 ^a	6.63 $\pm$ 0.96 ^a	7.47 $\pm$ 0.81 ^a	6.23 $\pm$ 1.40 ^a	7.27 $\pm$ 0.82 ^a
10	6.33 $\pm$ 0.95 ^a	6.80 $\pm$ 1.03 ^a	5.97 $\pm$ 1.12 ^b	6.07 $\pm$ 1.33 ^{ab}	6.07 $\pm$ 0.98 ^b
15	6.13 $\pm$ 1.13 ^a	6.70 $\pm$ 1.14 ^a	5.53 $\pm$ 1.38 ^b	5.90 $\pm$ 1.37 ^{ab}	5.60 $\pm$ 1.00 ^b

ค่าเฉลี่ยตามแนวตั้งของแต่ละคุณสมบัติที่กำกับด้วยตัวอักษรเดียวกัน หมายถึงมีความแตกต่างอย่างไม่มีนัยสำคัญ ($p > 0.05$)

4.4 ผลของอุณหภูมิในการพาสเจอร์ไรส์เครื่องดื่ม

การใช้อุณหภูมิในการพาสเจอร์ไรส์สูงขึ้น ไม่ทำให้ค่าสี ค่า TSS (12.00 - 12.20) ค่า pH (2.78 - 2.79) และปริมาณกรดทั้งหมด (0.77) ต่างกัน แต่ปริมาณวิตามินซีลดลงจาก 15.50, 14.90, 13.20 และ 10.30 มก./100 มล. ในเครื่องดื่มที่ไม่ผ่านการพาสเจอร์ไรส์ เครื่องดื่มที่ผ่านการพาสเจอร์ไรส์ที่ 70 $^{\circ}$ C เครื่องดื่มที่ผ่านการพาสเจอร์ไรส์ที่ 80 $^{\circ}$ C และเครื่องดื่มที่ผ่านการพาสเจอร์ไรส์ที่ 90 $^{\circ}$ C ตามลำดับ เนื่องจากวิตามินซีหรือ กรดแอสคอร์บิก (ascorbic acid) ในรูปสารละลายจะถูกทำลายได้ง่ายด้วยความร้อน และเนื่องจากวิตามินซีเป็นสารรีดิวซ์อย่างแรง จึงถูกออกซิไดส์ได้ง่ายในอากาศที่มีออกซิเจน ซึ่งในการวิจัยนี้ดื่มเครื่องดื่มน้ำส้มจัดผสมสารสกัดเปลือกส้มจัด

ในบรรยากาศปกติ จึงมีออกซิเจนมาก ออกซิเจนทำปฏิกิริยากับวิตามินซีได้เป็น dehydroascorbic acid ซึ่งยังคงมีคุณสมบัติเป็นวิตามินซีอยู่ แต่เนื่องจากมีออกซิเจนมาก ออกซิเจนจึงทำปฏิกิริยาต่อไปได้อีก ซึ่งจะได้สารอื่นที่ไม่มีคุณสมบัติเป็นวิตามินซี [15] เช่นเดียวกับปริมาณฟีนอลิกทั้งหมดที่ลดลงจาก 0.20, 0.19, 0.19 และ 0.18 มก.กรดแกลลิก/มล. ในเครื่องดื่มที่ไม่ผ่านการพาสเจอร์ไรส์ เครื่องดื่มที่ผ่านการพาสเจอร์ไรส์ที่ 70 $^{\circ}$ C เครื่องดื่มที่ผ่านการพาสเจอร์ไรส์ที่ 80 $^{\circ}$ C และ เครื่องดื่มที่ผ่านการพาสเจอร์ไรส์ที่ 90 $^{\circ}$ C ตามลำดับ สอดคล้องกับการศึกษาการบรรจุ Clingstone peaches ในกระป๋อง พบว่าการใช้อุณหภูมิสูงกว่า 213 $^{\circ}$ F จะลดระดับฟีนอลิกทั้งหมดร้อยละ 21 เนื่องจากความร้อน

อาจมีผลต่อการเกิดโพลีเมอร์ไรส์เซชัน (polymerization) ของสารประกอบฟีนอลิก [16] และการพาสเจอร์ไรส์น้ำส้มสายชูพื้นฐานเวลาที่อุณหภูมิ 70°C นาน 30 วินาที มีปริมาณฟีนอลิกทั้งหมดมากกว่าการพาสเจอร์ไรส์อุณหภูมิ 95°C นาน 30 วินาที [17] ส่วนฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระมีค่าลดลงด้วย คือ 13.99, 13.55, 12.31 และ 11.15 มก.กรดแอสคอร์บิก/มล. ในเครื่องดื่มที่ไม่ผ่านการพาสเจอร์ไรส์ เครื่องดื่มที่ผ่านการพาสเจอร์ไรส์ที่ 70 °C เครื่องดื่มที่ผ่านการพาสเจอร์ไรส์ที่ 80°C และ เครื่องดื่มที่ผ่านการพาสเจอร์ไรส์ที่ 90°C ตามลำดับ เนื่องจากความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระขึ้นอยู่กับปริมาณสารต้านอนุมูลอิสระทั้งหมด [18] ซึ่งในน้ำส้มจะหมายถึงทั้งวิตามินซีและสารประกอบฟีนอลิกที่ละลายน้ำได้ [19] จากการทดสอบทางประสาทสัมผัสพบว่า การพาสเจอร์ไรส์ด้วยอุณหภูมิต่างกัน ทำให้ผู้ชิมชอบต่างกันด้วย ดังตารางที่ 8 คือ ผู้ชิมชอบสี กลิ่นรส และความชอบรวม ของเครื่องดื่มที่ผ่านการพาสเจอร์ไรส์อุณหภูมิ 70°C มากกว่าตัวอย่างอื่น ซึ่งอยู่ในเกณฑ์ชอบปานกลาง สำหรับกลิ่นและเนื้อสัมผัส ผู้ชิมยังคงชอบเครื่องดื่มที่ผ่านการพาสเจอร์ไรส์อุณหภูมิ 70°C มาก แต่ไม่ต่างจากเครื่องดื่มที่ผ่านการพาสเจอร์ไรส์อุณหภูมิ 80°C ซึ่งอาจเป็นเพราะเครื่องดื่มผ่านความร้อนน้อย สารหอมระเหยในน้ำส้มจึงระเหยน้อยกว่า [3] ดังนั้นจึงเลือกการพาสเจอร์ไรส์ที่อุณหภูมิ 70 °C นาน 1 นาที มาศึกษาต่อไป

4.5 การเก็บเครื่องดื่มน้ำส้มจัดผสมสารสกัดเปลือกส้มจัด

เครื่องดื่มมีสีคล้ำขึ้นแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทุกช่วงการเก็บ เมื่อเก็บเครื่องดื่มนานขึ้น คือ ค่าสี L^* (58.30 - 49.29), a^* (4.11 - 2.60), b^* (17.90 - 11.71) และ c^* (18.36 - 11.98) ลดลง ยกเว้น h^* (77.05 - 78.58) ไม่ต่างกัน ซึ่งการเกิดสีคล้ำอาจเกิดจากปฏิกิริยาที่ไม่เกี่ยวข้องกับเอนไซม์ เพราะเครื่องดื่มนี้ผ่านความร้อนอุณหภูมิ 70°C นาน 1 นาที ทำให้เอนไซม์ถูกทำลายและเครื่องดื่มนี้มีสภาพเป็นกรด เนื่องจากค่า pH น้อยกว่า 3 ซึ่งไม่เหมาะสมในการทำงานของเอนไซม์ polyphenol oxidase ซึ่งเร่งปฏิกิริยาการเกิดสีน้ำตาล ที่ทำงานอยู่ระหว่าง pH 5 - 7 [20] Clegg [21] ศึกษาการเกิดสีน้ำตาลแบบไม่เกี่ยวข้องกับเอนไซม์ในน้ำมะนาว (lemon) พบว่ากรดแอสคอร์บิก (วิตามินซี) เป็นสารตั้งต้นที่สำคัญร่วมกับกรดอะมิโนที่ทำให้เกิด

สีน้ำตาล และขึ้นอยู่กับค่า pH และกรดซิตริกด้วย คือการเกิดสีน้ำตาลมากที่สุดที่ค่า pH 4.5 ซึ่งเครื่องดื่มนี้มีวิตามินซี กรดซิตริก และมีโปรตีนจากน้ำส้มจัด ซึ่งมีร้อยละ 1.88 [22] ส่วนเปลือกและกากจากการคั้นน้ำมีโปรตีนร้อยละ 5.73 [4] และภายในขวดแก้วยังมีออกซิเจนเหลืออยู่ แม้จะบรรจุร้อน แต่อุณหภูมิค่อนข้างต่ำคือ 65°C และไม่มีการไล่อากาศในการบรรจุ สำหรับปริมาณ TSS (12.0 - 12.1) ค่า pH (2.78 - 2.79) และปริมาณกรดทั้งหมด (0.66 - 0.77) ของเครื่องดื่มนี้ไม่เปลี่ยนแปลง ปริมาณวิตามินซีทั้งหมดลดลง (ค่าเฉลี่ย 14.90, 14.55, 13.95 และ 13.33 มก./100 มล. ในการเก็บที่ 0, 5, 10 และ 15 วัน ตามลำดับ) ซึ่งอาจเกิดจากปฏิกิริยาออกซิเดชันในระหว่างการเก็บรักษา [18] ส่งผลให้ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระลดลง (ค่าเฉลี่ย 13.56, 13.41, 12.35 และ 11.43 มก. กรดแอสคอร์บิก/มล. ในการเก็บที่ 0, 5, 10 และ 15 วันตามลำดับ) เช่นเดียวกับปริมาณฟีนอลิกทั้งหมดที่ลดลง (ค่าเฉลี่ย 0.19, 0.19, 0.19 และ 0.18 มก.กรดแกลลิก/มล. ในการเก็บที่ 0, 5, 10 และ 15 วันตามลำดับ) ซึ่งอาจเกิดจากการสลายตัวของปฏิกิริยาออกซิเดชัน (oxidation degradation) ของสารประกอบฟีนอลิก [23]

5. สรุปผล

การนำน้ำส้มจัด และสารสกัดเปลือกส้มจัดมาทำเครื่องดื่มได้ผลิตภัณฑ์ที่ผู้ชิมชอบในระดับปานกลาง มีฤทธิ์ทางชีวภาพเพิ่มขึ้น โดยเฉพาะมาจากเปลือก ซึ่งสามารถผลิตเชิงการค้าได้ แต่ควรตรวจปริมาณจุลินทรีย์ ในช่วงการศึกษายูการเก็บรวมทั้งควรศึกษายูการเก็บที่อุณหภูมิห้อง ตลอดจนการยอมรับของผู้บริโภคทั่วไป เพื่อเป็นข้อมูลในการจำหน่ายผลิตภัณฑ์

6. กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ได้รับการสนับสนุนวัตถุดิบและเครื่องมือ จากสถาบันค้นคว้าและพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหาร และคณะเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี

8. เอกสารอ้างอิง

1. Kaenla, H., 2015, Research and Development on Commercial Calamondin (Citrus mitis Blanco.) Production in the Eastern Region [Online], Available:

- <http://gg.gg/g0x4v>. [11 December 2019] (In Thai)
2. Calamondin-The Most Versatile Citrus [Online], Available: <https://gg.gg/j5xij>. [25 May 2020] (In Thai)
 3. Takeuchi, H., Ubukata, Y., Hanafusa, M., Hayashi, S. and Hashimoto, S., 2005, "Volatile Constituents of Calamondin Peel and Juice (Citrus madurensis Lour.) Cultivated in the Philippines," *Journal of Essential Oil Research*, 17 (1), pp. 23-26.
 4. Chinnasarn, S., Srisuwan, C. and Reungjam, K., 2014, "Determination of Nutritive Value of Kumquat and Development of Sweetened Mashed Kumquat Product," *Thai Journal of Agricultural Science*, 45 (2), pp. 401-404. (In Thai)
 5. AOAC., 2000, Official Method of Analysis, 17th ed., The Association of Official Analytical Chemists, Gaithersburg, MD, USA.
 6. Singleton, V.L. and Rossi, J.A., 1965, "Colorimetry of Total Phenolics with Phosphomolybdic-Phosphotungstic Acid Reagents," *American Journal of Enology and Viticulture*, 16, pp. 144-148.
 7. Kim, D.O, Lee, K.W., Lee, H.J. and Lee, C.Y., 2002, "Vitamin C Equivalent Antioxidant Capacity (VCEAC) of Phenolic Phytochemicals," *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 50 (13), pp. 3713-3717.
 8. Teangpook, C. and Paosantong, U., 2013, "Production and Shelf-life of Low Sucrose Lime Juice Papaya Jam," *Pakistan Journal of Nutrition*, 12 (9), pp. 870-878.
 9. Orange, 2017, Properties and Benefits 25 Items! [Online], Available: <http://gg.gg/g0w9a>. [11 December 2019] (In Thai)
 10. Lime, 2017, Properties and Benefits Items! [Online], Available: <http://gg.gg/g0wb6>. [11 December 2019] (In Thai)
 11. Kosiyachinda, S., 1995, The Combined Strategy of Citrus, pp. 206-210. (In Thai)
 12. Ghasemi, K., Ghasemi, Y. and Ebrahimzadeh, M.A., Antioxidant Activity, Phenol and Flavonoid Contents of 13 Citrus Species Peels and Tissues [Online], Available: <http://gg.gg/g0wjg>. [11 December 2019]
 13. Alquezar, B., Rodrigo, M. and Lorenzo, Z., 2008, "Carotenoid Biosynthesis and its Regulation in Citrus Fruits," *Tree and Forestry Science and Biotechnology*, pp. 23-35.
 14. Chinnasarn, S., Boriboon, S. and Songpra, P., 2015, "Preparation of Kumquat Residue Powder and Its Application in Food," *Thai Journal of Agricultural Science*, 46 (3), pp. 557-560. (In Thai)
 15. Nagy, S., 1980, "Vitamin C Contents of Citrus Fruit and Their Products: A Review," *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 28 (1), pp. 8-18.
 16. Asami, D.K., Hong, Y.J., Barrett, D.M. and Mitchell, A.E., 2003, "Processing-induced Changes in Total Phenolics and Procyanidins in Clingstone Peaches," *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 83, pp. 56-63.
 17. Gil-Izquierdo, A., Gil, M.I., Ferreres, F. and Tomás-Barberán, F.A., 2001, "In Vitro Availability of Flavonoids and Other Phenolics in Orange Juice," *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 49, pp. 1035-1041.
 18. Rapisada, P., Carollo, G., Fallico, B., Tomaselli, F. and Maccarone, E., 1998, "Hydroxycinnamic Acids as Markers of Italian Blood Orange Juices," *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 46, pp. 464-470.
 19. Rice-Evans, C., Miller, N. and Paganga, G., 1997, "Antioxidant Properties of Phenolic Compounds," *Trends in Plant Science*, 2 (4), pp. 152-159.
 20. Pornchaloemphong, P. and Rattanapanon, N., (Compiler), Enzymatic Browning Reaction [Online], Available: <https://gg.gg/jf5ja>. [4 June 2020] (In Thai)
 21. Clegg, K.M., 1964, "Non-enzymic Browning of

Lemon Juice,” *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 15, pp. 878–885.

22. The Benefits of Calamondin 13 Items! [Online], Available: <https://gg.gg/jf5un>. [4 June 2020] (In Thai)

23. Cao, X.M., Zhang, Y., Zhang, F.S., Wang, Y.T., Yi, J.Y. and Liao, X.J., 2011, “Effects of High Hydrostatic

Pressure on Enzymes, Phenolic Compounds, Anthocyanins, Polymeric Color and Color Strawberry Pulps,” *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 91, pp. 877–885.

