วารสารผลิตกรรมการเกษตร
JOURNAL OF AGRICULTURAL PRODUCTION
MJU

การพัฒนาสูตรชาที่มีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระจากพืชอินทรีย์และการประเมินคุณภาพ

Development of Tea Recipes with Antioxidant Activities from Organic Plants and Quality Evaluation

วุฒิพงศ์ ครอบบัวบาน[1] และ วิลาวรรณ์ เชื้อบุญ[2]*
Wuttipong Krobbuaban[1] and Wilawan Chuaboon[2]*

[1,2] สาขาวิชาเทคโนโลยีการเกษตร คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ ศูนย์รังสิต 12120
[1,2] Department of Agricultural Technology, Faculty of Science and Technology, Thammasat University, Rangsit center 12120
* Corresponding author e-mail: cwilawan@tu.ac.th

Received: 15 December 2021; Revised: 21 April 2022; Accepted: 2 May 2022)

Abstract

The objective of this research was the development of tea recipes from 5 organic plants. The antioxidant activities were studied with the main ingredient including mulberry leaves, pennywort, jiaogulan, brahmi, and stevia by comparing their antioxidant activities in mixed tea from 5 organic plants. The antioxidant activities were studied by Diphenylpicryhydrazyl (DPPH) radical scavenging assay, Ferric ion reducing antioxidant power (FRAP), and ABTS radical cation decolorization assay. From the 5 recipes of tea developed form organic plants, it was found that the plants had similar antioxidant activities. Recipe 5 was highest antioxidant activities ($P \leq 0.05$), the mixture ratio of organic plants as follows: mulberry leaves : brahmi : pennywort : jaogulan : stevia (0.35 : 0.35 : 0.20 : 0.10 : 0.25 g) with total phenolic content, DPPH, FRAP, and ABTS were 18.21±0.86 mg GAE/g, 52.64±1.84 mg TE/g DW, 83.84±1.41 mg TE/g DW, 48.52±1.67 mg Fe2+/g DW, respectively and followed by recipes 2, 3, 1, and 4.

Quality and shelf life of tea from the organic plant products was assessed. The results showed that, the change of the microbial quality of the tea from organic plant products during 60-day storage at 35, 45, and 55°C. The products has total microbial

count, yeast and mold count does not change with tea as made form organic plant products. The evaluation shelf life of the products, when stored at 55 and 45°C, it could be stored for 36 and 120 days, respectively. The result revealed that the predicting the shelf life of these products at 30°C for 721 days.

The tea from mixed organic plants product showed chemical, physical, and microbial qualities as demonstrated in tea from plant standards (Notification of the Ministry of Public Health (No. 426) B.E. 2021 Re: Tea from Plants)

Keywords: Recipes development, tea from plants, antioxidant activities, shelf life

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาสูตรชาผสมจากพืชอินทรีย์ 5 ชนิดที่มีปริมาณสารต้านอนุมูลอิสระโดยมีส่วนผสมพืชหลัก ได้แก่ ใบหม่อน บัวบก ปัญจขันธ์ พรมมิ และหญ้าหวาน ซึ่งสามารถพัฒนาสูตรชาผสมจากพืชอินทรีย์ จำนวน 5 สูตร โดยศึกษาเปรียบเทียบฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธี การวิเคราะห์ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ ด้วยวิธีการทำลายอนุมูลอิสระดีพีพีเอช (diphenyl-picryhydrazyl (DPPH) radical scavenging assay) ความสามารถในการรีดิวซ์เฟอร์ริกของสารต้านอนุมูลอิสระ (Ferric ion reducing antioxidant power: FRAP) และการวิเคราะห์ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระด้วยการฟอกสีอนุมูลอิสระ (ABTS radical cation decolorization assay) ในน้ำชาจากพืชอินทรีย์ทั้ง 5 สูตร ที่พัฒนาขึ้น พบว่าชาจากพืชอินทรีย์ทั้ง 5 สูตร มีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระไปในทิศทางเดียวกัน โดยสูตรที่มีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระสูงสุด ($P \leq 0.05$) คือ สูตรที่ 5 มีอัตราส่วนผสมของพืชอินทรีย์ คือ ใบหม่อน : พรมมิ : บัวบก : ปัญจขันธ์ : หญ้าหวาน (0.35 : 0.35 : 0.20 : 0.10 : 0.25 กรัม) มีปริมาณฟีนอลิกรวม, DPPH, FRAP และ ABTS เท่ากับ 18.21±0.86 มิลลิกรัมสมมูลของกรดแกลลิก/กรัมของน้ำหนักแห้ง 52.64±1.84 มิลลิกรัมสมมูลของโทรลอกซ์/กรัมของน้ำหนักแห้ง 83.84±1.41 มิลลิกรัมสมมูลของโทรลอกซ์/กรัมของน้ำหนักแห้ง และ 48.52±1.67 มิลลิกรัมสมมูลของไอร์ออนทู/กรัมของน้ำหนักแห้ง ตามลำดับ รองลงมาคือสูตรที่ 2 สูตรที่ 3 สูตรที่ 1 และสูตรที่ 4 ตามลำดับ

การประเมินคุณภาพและอายุการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ชาจากพืชอินทรีย์ พบว่า การเปลี่ยนแปลงคุณภาพทางจุลินทรีย์ของผลิตภัณฑ์ชาจากพืชอินทรีย์ในระหว่างการเก็บรักษาเป็นเวลา 60 วัน ที่อุณหภูมิ 35 45 และ 55 องศาเซลเซียส ของผลิตภัณฑ์มีจำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมดและจำนวนยีสต์และรา ไม่พบการเปลี่ยนแปลงตลอดระยะเวลาการเก็บทั้ง 60 วัน ซึ่งเป็นไปตามเกณฑ์ของผลิตภัณฑ์ชาจากพืชที่กำหนดไว้ และผลการประเมินอายุการเก็บรักษาของผลิตภัณฑ์โดยวิธีสภาวะเร่ง พบว่าสามารถเก็บผลิตภัณฑ์ที่อุณหภูมิ 55 และ 45 องศาเซลเซียส ได้นาน 36 และ 120 วัน ตามลำดับ และการทำนายอายุการเก็บรักษาของผลิตภัณฑ์ที่ 30 พบว่าผลิตภัณฑ์สามารถเก็บได้นาน 721 ซึ่งผลิตภัณฑ์ชาผสมจากพืชอินทรีย์ที่พัฒนาขึ้นมีคุณภาพทางเคมี กายภาพ และจุลินทรีย์ เป็นไปตามมาตรฐานชาจากพืช (ประกาศกระทรวงสาธารณสุข (ฉบับที่ 426) พ.ศ. 2564 เรื่อง ชาจากพืช)

คำสำคัญ: การพัฒนาสูตร ชาจากพืช ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ อายุการเก็บรักษา

คำนำ

"ชาจากพืช" หมายถึง ผลิตภัณฑ์ที่ได้จากส่วนต่าง ๆ ของพืชที่ผ่านกระบวนการทำให้แห้ง อาจผ่านการบดหยาบหรือลดขนาด โดยมีจุดมุ่งหมายเพื่อนำไปบริโภคโดยการต้มหรือชงกับน้ำ (ประกาศกระทรวงสาธารณสุข (ฉบับที่ 426) พ.ศ. 2564) ปัจจุบันมีการนำพืชหรือส่วนต่าง ๆ ของพืชมาผ่านกระบวนการเพื่อใช้ทำให้แห้งแล้วลดขนาดให้เล็กลง โดยการตัด สับ หรือบด แล้วบรรจุซองสำหรับการแช่เพื่อชงดื่มหรือบรรจุภาชนะอื่นเพื่อการตักชงดื่มในปริมาณตามความต้องการ การชงดื่มทำได้โดยการแช่ซองหรือตักพืชนั้นลงในน้ำร้อน ซึ่งพืชที่นิยมนำมาทำเป็นชาจากพืช ได้แก่ มะตูม กระเจี๊ยบ เหง้าขิง เหง้าข่า เหง้าและต้นตะไคร้ ดอกคำฝอย ใบเตยหอม ใบบัวบก ดอกเก๊กฮวย เถาวัลย์เปรียง ใบหญ้าหวาน ใบหม่อน รวมทั้งใบและต้นปัญจขันธ์ (เจี่ยวกู้หลาน) อีกพืชหนึ่งที่มีสรรพคุณโดดเด่น คือ พรมมิ ที่สามารถนำมาเป็นชาจากพืชทั้งในรูปแบบเดี่ยวและผสม งานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาสูตรชาผสมจากพืชอินทรีย์ 5 ชนิด ได้แก่ ใบหม่อน พรมมิ บัวบก ปัญจขันธ์ และหญ้าหวาน ซึ่งพืชเหล่านี้มีสรรพคุณโดดเด่น เช่น ใบหม่อน (*Morus alba* Linn.) จัดอยู่ในวงศ์ Moraceae มีสารสำคัญคือ สารโพลีฟีนอล (polyphenols) ซึ่งเป็นสารต้านอนุมูลอิสระ ช่วยป้องกันภาวะสมองขาดเลือดรวมทั้งการเสื่อมสมรรถภาพทางกาย เช่น กล้ามเนื้ออ่อนแรง เดินไม่ตรง เดินเซ นอนไม่หลับ การเกิดภาวะทางสมอง เช่น โรคสมองเสื่อม อัลไซเมอร์ (กรมวิทยาศาสตร์การแพทย์, 2561) พรมมิ (*Bacopa monnieri* (L.) Wettst.) เป็นพืชที่จัดอยู่ในวงศ์ Plantaginaceae มีสารสำคัญชื่อ บาโคไซด์ (bacoside) (กรกนก, 2561) สารสกัดจากส่วนต้นที่อยู่เหนือดินมีฤทธิ์เพิ่มประสิทธิภาพของสมอง (nootropic activity) บัวบก (*Centella asiatica* L.) จัดอยู่ในวงศ์ Umbelliferae (Arun *et al*., 2017) การแพทย์แผนไทยพบว่า น้ำมันหอมระเหยจากใบบัวบก มีสารกลุ่ม monoterpenes มีฤทธิ์ยับยั้งการทำงานของเอนไซม์ acetylcholinesterase สารสกัดชนิดนี้มีฤทธิ์กล่อมประสาท (tranquilizing) ซึ่งเกิดจากสารไตรเทอร์ปีน (triterpenes) ที่ชื่อว่า บราโมไซด์ (brahmoside) สารสกัดจากใบบัวบกยังมีฤทธิ์กดประสาท (sedative) ต้านอาการซึมเศร้าและมีฤทธิ์เป็นสารต้านโคลีนเอสเทอเรส (cholinomimetic) ในสัตว์ทดลอง จากการค้นพบนี้จึงอาจมีการนำบัวบกไปใช้รักษาอาการซึมเศร้าและอาการกังวลในผู้ป่วยอัลไซเมอร์ได้ (ชาญชัย, 2555) ปัญจขันธ์ หรือ เจี่ยวกู้หลาน (*Gynostemma pentaphyllum* (Thunb) Makino) จัดอยู่ในวงศ์แตง (Cucurbitaceae) มีสรรพคุณในการบำรุงสุขภาพและรักษาอาการป่วยต่าง ๆ มีสารประกอบออกฤทธิ์ทางชีวภาพ ได้แก่ ซาโปนิน โพลีแซ็กคาไรด์ ฟลาโวนอยด์ และไฟโตสเตอรอล ซึ่งปัญจขันธ์มีฤทธิ์ทางชีวภาพต่าง ๆ ได้แก่ ต้านมะเร็ง ต้านการเกิดลิ่มเลือด ต้านภาวะสมองเสื่อม และโรคพาร์กินสัน (Chao Su *et al.*, 2021) และหญ้าหวาน (*Stevia rebaudiana* (Bertoni)) จัดอยู่ในวงศ์ทานตะวัน (Asteraceae) ใบหญ้าหวานมีคุณสมบัติหลายด้าน เนื่องจากมีสารให้ความหวานที่เรียกว่า สตีวิออล ไกลโคไซด์ (steviol glycoside) ซึ่งทราบกันดีว่ามีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ ต้านจุลชีพ และต้านเชื้อรา ซึ่งสตีวิออล ไกลโคไซด์ สตีวิโอไซด์ (stevioside) และรีบาวดิโอไซด์ เอ (reaudioside A) เป็นสารประกอบให้ความหวานมากกว่าซูโครสหรือน้ำตาลทรายขาวบริสุทธิ์ 30-250 เท่า (Haida *et al.*, 2020) จะเห็นได้ว่า พืชเป้าหมายทั้ง 5 ชนิด

มีสรรพคุณที่โดดเด่นที่หลากหลายและที่สำคัญล้วนเกี่ยวเนื่องกับระบบประสาทและความจำทั้งสิ้น จึงเป็นที่มาของการศึกษาวิจัยในครั้งนี้ เพื่อพัฒนาสูตรชาผสมจากพืชอินทรีย์เพื่อเพิ่มสรรพคุณของชาจากพืช โดยใช้พืชที่มาจากระบบการผลิตแบบอินทรีย์เพื่อพัฒนาเป็นชาชงดื่มเพื่อสุขภาพต้านภาวะสมองเสื่อม และมีสารต้านอนุมูลอิสระสูงที่ได้จากสารธรรมชาติจากพืชที่มีศักยภาพในการช่วยฟื้นฟูความจำ พัฒนาการเรียนรู้ และบำรุงสมอง ได้แก่ ใบหม่อน พรมมิ บัวบก ปัญจขันธ์ และหญ้าหวาน เป็นต้น

อุปกรณ์และวิธีการ

การเตรียมตัวอย่างพืชอินทรีย์

พืชอินทรีย์ทั้ง 5 ชนิดที่เก็บเกี่ยวในเดือนตุลาคม พ.ศ. 2564 ประกอบด้วย 1) พรมมิ (Brahmi: *Bacopa monnieri* (L) Wettst.) ใช้ส่วนใบและลำต้น เก็บเกี่ยวที่อายุ 120 วัน 2) บัวบก (Pennywort: *Centella asiatica* (Linn.) Urban) ใช้ส่วนใบ เก็บเกี่ยวที่อายุ 120 วัน 3) ปัญจขันธ์ หรือเจี่ยวกู้หลาน (Jiaogulan: *Gynostemma pentaphyllum* (Thunb). Makino) ใช้ส่วนใบ เก็บเกี่ยวที่อายุ 120 วัน 4) ใบหม่อน (Mulberru Leaves: *Morus alba* Linn.) ใช้ส่วนใบ เก็บเกี่ยวที่อายุ 120 วัน 5) หญ้าหวาน (Stevia: *Stevia rebpaudiana* Bertoni) ใช้ส่วนใบ เก็บเกี่ยวที่อายุ 30 วัน จากฟาร์ม บริษัท ภูเชียงทาเฮิร์บแลนด์ จำกัด อำเภอหนองบัวระเหว จังหวัดชัยภูมิ ซึ่งได้ปลูกพืชแบบอินทรีย์โดยได้รับรองมาตรฐานเกษตรอินทรีย์ มกษ. 9000 เล่ม 1 (G)-2557: เกษตรอินทรีย์ เล่ม 1: การผลิต แปรรูป แสดงฉลาก และจำหน่าย ผลิตผล และผลิตภัณฑ์เกษตรอินทรีย์ จากกรมวิชาการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์ โดยนำพืชแต่ละชนิดมาล้างทำความสะอาดด้วยน้ำ ซับให้แห้ง และหั่นให้มีขนาด 2-3 เซนติเมตร นำไปอบแห้งด้วยลมร้อนที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 7 ชั่วโมง (Bacco *et al*., 1998) นำพืชที่แห้งไปบดด้วยเครื่องบด (DELIXI, LX19-001, China) และร่อนด้วยตะแกรงเบอร์ 80 บรรจุในถุงอะลูมิเนียมฟอยล์ปลอดเชื้อเพื่อนำไปพัฒนาสูตรชาต่อไป

การพัฒนาสูตรชาจากพืชอินทรีย์

นำวัตถุดิบพืชอินทรีย์ที่เตรียมได้มาพัฒนาเป็นชาจากพืชอินทรีย์โดยนำวัตถุดิบพืชอินทรีย์แต่ละชนิดที่เตรียมให้อยู่ในรูปผงแห้งมาพัฒนาสูตรเป็นชาจากพืชอินทรีย์ โดยแบ่งเป็น 5 สูตร บรรจุส่วนผสมตามอัตราส่วนใน Table 1 ลงในถุงชาขนาด 6×8 เซนติเมตร

Table 1 Recipes of tea form organic plant 5 recipes

Recipes	Raw material (Dry weight/g)					Total weight (g)
	Mulberry leaves	Pennywort	Jiaogulan	Brahmi	Stevia	
1	0.50	0.10	0.10	0.05	0.25	1.0
2	0.40	0.15	0.15	0.05	0.25	1.0
3	0.60	0.05	0.05	0.05	0.25	1.0
4	0.65	0.05	0.05	0.05	0.20	1.0
5	0.35	0.20	0.10	0.10	0.25	1.0

การวิเคราะห์ปริมาณฟีนอลิกรวม และฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ

การเตรียมน้ำชาจากพืชอินทรีย์

นำชาจากพืชอินทรีย์บรรจุลงในซองเยื่อกระดาษทั้ง 5 สูตร โดยแบ่งเป็นซอง ซองละ 1 กรัม แล้วชงในน้ำร้อนอุณหภูมิ 90 องศาเซลเซียส ปริมาตร 100 มิลลิลิตร นาน 5 นาที (Chan *et al*., 2010) เก็บน้ำชาจากพืชอินทรีย์ในขวดแก้วนำไปวิเคราะห์ปริมาณฟีนอลิกรวมและฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระต่อไป

การหาปริมาณฟีนอลิกรวม

นำน้ำชาจากพืชอินทรีย์ที่เตรียมได้ ปริมาตร 20 ไมโครลิตร มาเติมน้ำปราศจากไอออน 100 ไมโครลิตร และเติม 10% Folin-Cioalteu's reagent ปริมาตร 80 ไมโครลิตร ผสมให้เข้ากัน ตั้งทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 5 นาที เติม Na_2CO_3 (7% w/v) ปริมาตร 100 ไมโครลิตร ตั้งไว้ที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 90 นาที นำสารละลายผสมมาวัดค่าดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 760 นาโนเมตร ด้วย Spectrophotometer (Labomed, Spectro SC, USA) ทดลอง 5 ซ้ำ เปรียบเทียบกับกรดแกลลิคมาตรฐาน รายงานปริมาณฟีนอลิกรวมในหน่วยมิลลิกรัมสมมูลของกรดแกลลิก/กรัมของน้ำหนักแห้งตามวิธีการดัดแปลงจาก Chan *et al*. (2010)

การวิเคราะห์ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธี DPPH

นำน้ำชาจากพืชอินทรีย์ทั้ง 5 สูตร ปริมาตร 2 มิลลิลิตร เติมสารละลาย DPPH ที่ความเข้มข้น 200 ไมโครโมล ปริมาตร 2 มิลลิลิตร เขย่าให้เข้ากัน ตั้งทิ้งไว้ในที่มืดที่อุณหภูมิห้อง 30 นาที ทำการวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 515 นาโนเมตร ด้วย Spectrophotometer (Labomed, Spectro SC, USA) ทดลอง 5 ซ้ำ นำค่าการดูดกลืนแสงของตัวอย่างที่ได้มาคำนวณความสามารถในการเป็นสารต้านอนุมูลอิสระ โดยเทียบกับกราฟมาตรฐานของสารละลายมาตรฐานโทรลอกซ์ ที่ความเข้มข้น 0-100 พีพีเอ็ม รายงานผลเป็นมิลลิกรัมสมมูลของโทรลอกซ์/กรัมของน้ำหนักแห้ง ตามวิธีการดัดแปลงจาก Zaeoung *et al*. (2005)

การวิเคราะห์ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธี FRAP

นำน้ำชาจากพืชอินทรีย์ทั้ง 5 สูตร ปริมาตร 20 ไมโครลิตร เติมสารละลาย FRAP ปริมาตร 180 ไมโครลิตร ผสมให้เข้ากัน วางไว้ในที่มืดที่อุณหภูมิห้อง เป็นเวลา 30 นาที จากนั้นนำไปวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 593 นาโนเมตร ด้วย Spectrophotometer (Labomed, Spectro SC, USA) โดยใช้สารละลาย FRAP เป็น blank ทำการทดลอง 5 ซ้ำ และนำค่าการดูดกลืนแสงที่ได้ไปเทียบกับกราฟมาตรฐานของ $FeCl_4.7H_2O$ ดัดแปลงวิธีการจาก Benzie and Strain (1996)

การวิเคราะห์ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธี ABTS

นำน้ำชาจากพืชอินทรีย์ทั้ง 5 สูตร ปริมาตร 10 ไมโครลิตร เติมสารละลาย ABTS ปริมาตร 190 ไมโครลิตร ผสมให้เข้ากัน วางไว้ในที่มืดที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 120 นาที จากนั้นนำไปวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 590 นาโนเมตร ด้วย Spectrophotometer (Labomed, Spectro SC, USA) โดยใช้สารละลาย ABTS เป็น blank ทำการทดลอง 5 ซ้ำ และนำค่าการดูดกลืนแสงที่ได้ไปเทียบกับกราฟมาตรฐานโทรลอกซ์ และรายงานเป็นมิลลิกรัมสมมูลของโทรลอกซ์/กรัมของน้ำหนักแห้ง ดัดแปลงวิธีการจาก Charoensiddhi and Anupong (2008)

การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

วางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (Completely Randomized Design) นำข้อมูลที่ได้วิเคราะห์ค่าความแปรปรวน (Analysis of Variance: ANOVA) เปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยปริมาณฟีนอลิกรวมและฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระระหว่างชาแต่ละสูตร โดยวิธี Duncan's Multiple Rang Test (DMRT) ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

การศึกษาคุณภาพและอายุการเก็บรักษาของชาพืชอินทรีย์

นำชาพืชอินทรีย์สูตรที่มีปริมาณสารประกอบฟีนอลิกรวมและฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระสูงที่สุดมาทำการศึกษาคุณภาพและอายุการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ชาจากพืชอินทรีย์ในสภาวะเร่ง (accelerated shelf life test) โดยบรรจุชาพืชอินทรีย์ลงในซองสำหรับบรรจุชา น้ำหนัก 1.0 กรัม จำนวน 360 ซอง แบ่งเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 3 ระดับ คือ 35 45 และ 55 องศาเซลเซียส สุ่มตัวอย่างวิเคราะห์ทุก ๆ 5 วัน เป็นเวลา 60 วัน (สุ่มตัวอย่าง 12 ครั้ง) จำนวน 10 ซ้ำ ต่อการวิเคราะห์ 1 ครั้ง โดยใช้ชาพืชอินทรีย์จากซองใหม่ทุกครั้ง และเก็บต่อจนกว่าผลิตภัณฑ์มีค่า Thiobarbituric acid (TBA) สูงเกิน 1.6 มิลลิกรัมมาลอนไดแอลดีไฮด์/กิโลกรัม มาวิเคราะห์คุณภาพทางเคมี กายภาพ และจุลินทรีย์ ได้แก่ เปอร์เซ็นต์ความชื้น (AOAC, 2005) ค่าวอเตอร์แอคทิวิตี (a_w) (AQUA Lab: CX3TX, USA) ค่ากรด TBA (Tarlidgis *et al.,* 1960) จำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมด (Maturin and Peeler, 2001) ยีสต์และรา (Tournas *et al*., 2001) *Staphylococcus aureus* และ *Salmonella* spp. (AOAC, 2005) และค่าสี L, a*, b* (Minolta, CR-300, Japan)

การคำนวณอายุการเก็บผลิตภัณฑ์

การหาอายุการเก็บรักษาของผลิตภัณฑ์โดยใช้วิธีการประเมินทางวิทยาศาสตร์ที่เรียกว่า Accelerated shelf life testing (ASLT) ด้วยการใช้ค่า Q_{10} Factor ซึ่งเป็นวิธีการสากลที่นิยมใช้ในการหาอายุการเก็บของผลิตภัณฑ์อาหารที่ใช้เวลาการหาสั้นและประหยัดค่าใช้จ่าย แต่สามารถคาดคะเนอายุการเก็บของผลิตภัณฑ์ที่เก็บรักษาต่าง ๆ ได้โดยไม่ต้องทดลองทุกอุณหภูมิ และยังใช้ประเมินอายุการเก็บที่เหลือหลังจากการเก็บที่อุณหภูมิต่าง ๆ ได้เช่นกัน (Labuza, 1982; Labuza and Schmidl, 1985) แต่วิธีนี้มีข้อจำกัดสำหรับอาหารบางชนิด เช่น การเพิ่มอุณหภูมิในระยะการบ่มอาจจะเร่งให้เกิดการเปลี่ยนแปลงกระบวนการทางเคมีและกายภาพบางชนิด ทำให้การคาดคะเนอายุมีความคลาดเคลื่อนได้ (ศจี, 2551) ซึ่งสามารถอธิบายความสัมพันธ์ของค่า Q_{10} และ Q_1 ได้ต่อไปนี้ (ดัดแปลงจาก Mizrahi, 2004) จากสูตร

$$Q_{10} = \theta_{S(T)} \quad \text{และ} \quad Q_1 = \frac{\theta_{10}^{0.1}}{\theta_{S(T+10)}}$$

$$Q^{\Delta T} = \frac{\theta_{S(T)}}{\theta_{S(T+\Delta T)}}$$

เมื่อ

$\theta_{S(T)}$ = อายุการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ T (วัน)

$\theta_{S(T+\Delta T)}$ = อายุการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ T+10 (วัน)

Q10 = อัตราส่วนของอัตราการเกิดปฏิกิริยาที่มีอุณหภูมิต่างกัน 10 องศาเซลเซียส

Q1 = อัตราส่วนของอัตราการเกิดปฏิกิริยาที่มีอุณหภูมิต่างกัน 1 องศาเซลเซียส

ΔT = ผลต่างของอุณหภูมิที่ทำนายกับอุณหภูมิ T

ผลการวิจัยและวิจารณ์

การพัฒนาสูตรชาจากพืชอินทรีย์

การพัฒนาสูตรชาจากพืชอินทรีย์ ได้จำนวน 5 สูตร (Figure 1) ที่มีอัตราส่วนของส่วนผสมของพืชอินทรีย์ทั้ง 5 ชนิด คือ ใบหม่อน บัวบก ปัญจขันธ์ พรมมิ และหญ้าหวานที่เหมาะสมลงตัว โดยงานวิจัยนี้เลือกใบหม่อนเป็นพืชหลักในการพัฒนาสูตรชา ใบหม่อนนอกจากเป็นพืชที่มีสารพฤกษเคมีที่สำคัญแล้ว ยังมีความปลอดภัยต่อผู้บริโภคเมื่อชงในน้ำร้อน ให้รสชาติดี ดื่มง่าย และไม่ขม (อนงค์และกาญจนา, 2563) ตลอดจนเป็นพืชที่ปลูกง่าย โตเร็ว โรคและแมลงศัตรูพืชค่อนข้างน้อย อีกทั้งมีปริมาณสารประกอบฟีนอลิกรวมและฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระสูง ในขณะที่พรมมิมีสรรพคุณทางยาที่ดี แต่รสชาติขมติดลิ้น (กรกนก, 2561) จึงใช้ในปริมาณที่น้อยเมื่อเทียบกับพืชเป้าหมายอื่น อีกทั้งยังเพิ่มสรรพคุณทางยาด้วยการเติมใบบัวบกและปัญจขันธ์ พร้อมแต่งรสชาติของชาพืชอินทรีย์ให้ดื่มง่ายมากขึ้นด้วยการปรับให้มีรสหวานกลมกล่อมจากการเติมใบหญ้าหวาน (วุฒิพงศ์, 2564) การเพิ่มหญ้าหวานในสูตรชานอกจากจะทำให้น้ำชามีรสชาติหวานดื่มง่ายแล้ว หญ้าหวานยังมีสารสำคัญ เช่น สตีวิออลไกลโคไซด์ (steviolglycoside) ซึ่งละลายน้ำได้ดี แล้วยังทำให้ปริมาณฟีนอลิกรวมในน้ำชาเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ ซึ่งปริมาณฟีนอลิกรวมที่เพิ่มขึ้นสอดคล้องกับฤทธิ์ทางชีวภาพที่ดีขึ้น ได้แก่ ฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระ เป็นต้น (วุฒิพงศ์, 2564; Zaidan *et al*., 2019)

เมื่อนำชาจากพืชอินทรีย์ทั้ง 5 สูตร ชงในน้ำร้อน อุณหภูมิ 90 องศาเซลเซียส ปริมาตร 100 มิลลิลิตร นาน 5 นาที เก็บน้ำชาจากพืชอินทรีย์ที่ชงในขวดแก้ว และนำไปวิเคราะห์ปริมาณฟีนอลิกรวม และฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระต่อไป โดยพบว่า สีของน้ำชาจากพืชอินทรีย์ทั้ง 5 สูตร มีความเข้มของสีที่แตกต่างกัน โดยสีที่ปรากฏเป็นสีเหลืองทอง (Figure 2)

Figure 1 The 5 recipes of tea developed from organic plants packed in tea sachets

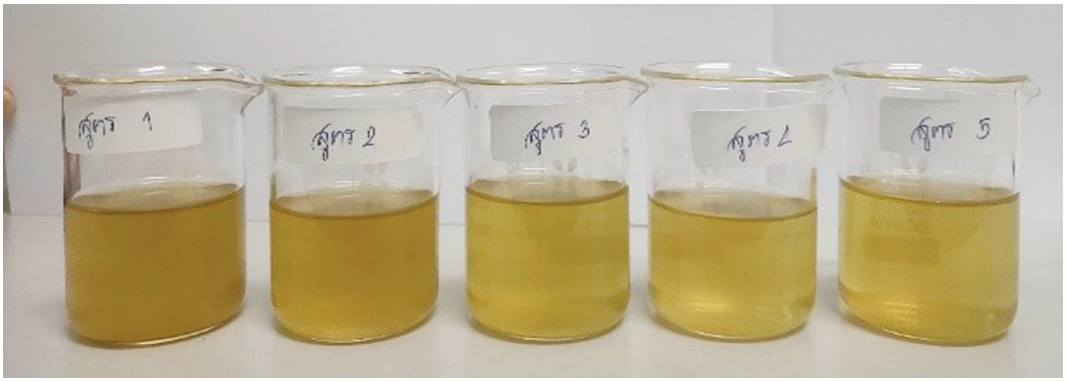

Figure 2 The color of different tea water from organic plants 5 recipes

การวิเคราะห์ปริมาณฟีนอลิกรวมและฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ

ชาจากพืชอินทรีย์สูตรที่ 5 มีปริมาณสารประกอบฟีนอลิกรวมสูงที่สุด เท่ากับ 18.215±0.864 มิลลิกรัมสมมูลของกรดแกลลิก/กรัมน้ำหนักแห้ง (P≤0.05) (Table 2) รองลงมาคือ สูตรที่ 2 สูตรที่ 3 สูตรที่ 1 และสูตรที่ 4 โดยมีค่าเท่ากับ 16.418±0.702, 15.481±0.632, 15.103±0.774 และ 13.420±1.013 มิลลิกรัมสมมูลของกรดแกลลิก/กรัมน้ำหนักแห้ง ตามลำดับ และการวิเคราะห์ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธี DPPH (Table 2) พบว่า ชาพืชอินทรีย์สูตรที่ 5 มีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระสูงที่สุด รองลงมาคือ สูตรที่ 2 สูตรที่ 3 สูตรที่ 1 และสูตรที่ 4 โดยมีค่าเท่ากับ 52.645±1.842, 45.185±1.558, 44.397±0.937, 40.906±1.485 และ 36.881±1.199 มิลลิกรัมสมมูลของโทรล็อก/กรัมน้ำหนักแห้ง ตามลำดับ ส่วนผลการวิเคราะห์ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธี ABTS (Table 2) พบว่า ชาพืชอินทรีย์สูตรที่ 5 มีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระสูงที่สุด รองลงมาคือ สูตรที่ 2 สูตรที่ 3 สูตรที่ 1 และสูตรที่ 4 โดยมีค่าเท่ากับ 83.848 ±1.410, 67.349±2.217, 64.063±1.376, 59.175±2.186 และ 57.400±1.569 มิลลิกรัมสมมูลของโทรล็อก/กรัมน้ำหนักแห้ง ตามลำดับ และผลการวิเคราะห์ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธี FRAP มีฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระสูงที่สุดคือ สูตรที่ 5 รองลงมาคือ ชาพืชอินทรีย์สูตรที่ 2 สูตรที่ 3 สูตรที่ 1 และ สูตรที่ 4 โดยมีค่าเท่ากับ 48.528±1.673 43,.756±1.258 41,.323±1.671, 37.608±1.218 และ 35.340±1.358 มิลลิกรัมสมมูลของโทรล็อก/กรัมน้ำหนักแห้ง ตามลำดับ (Table 2)

ชาพืชอินทรีย์ที่พัฒนาขึ้นในสูตรที่ 5 ซึ่งมีส่วนผสมของ ใบหม่อน : บัวบก : ปัญจขันธ์ : พรมมิ : หญ้าหวาน ในอัตราส่วน 0.35 : 0.20 : 0.10 : 0.10 : 0.25 ตามลำดับ มีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธี DPPH ABTS และ FRAP ปริมาณสูงสุด เมื่อเทียบกับสูตรอื่นโดยแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P≤0.05) จึงเลือกสูตรชาดังกล่าวใช้ในการทดสอบคุณภาพของชาจากพืชอินทรีย์และศึกษาการเปลี่ยนแปลงระหว่างการเก็บรักษาในสภาวะเร่งต่อไป

Table 2 Total phenolic content and antioxidant activity of the 5 recipes form organic plants[1/]

Recipes	Ingredient	Weight (g)	DPPH (mg TE/g DW)	ABTS (mg TE/g DW)	FRAP (mg Fe^{2+}/g DW)	Total Phenolic Compound (mg GAE/g DW)
1	Mulberry leave	0.50	40.90±1.48 [c]	59.17±2.18 [d]	37.60±1.21 [d]	15.10±0.77 [c]
	Pennywort	0.10				
	Jiaogulan	0.10				
	Brahmi	0.05				
	Stevia	0.25				
2	Mulberry leave	0.40	45.18±1.55 [b]	67.349±2.21 [b]	43.75±1.25 [b]	16.41±0.70 [b]
	Pennywort	0.15				
	Jiaogulan	0.15				
	Brahmi	0.05				
	Stevia	0.25				
3	Mulberry leave	0.60	44.39±0.93 [b]	64.06±1.37 [c]	41.32±1.67 [c]	15.48±0.63 [bc]
	Pennywort	0.05				
	Jiaogulan	0.05				
	Brahmi	0.05				
	Stevia	0.25				
4	Mulberry leave	0.65	36.88±1.19 [d]	57.40±1.56 [d]	35.34±1.35 [e]	13.42±1.01 [d]
	Pennywort	0.05				
	Jiaogulan	0.05				
	Brahmi	0.05				
	Stevia	0.20				
5	Mulberry leave	0.35	52.64±1.84 [a]	83.84±1.41 [a]	48.52±1.67 [a]	18.21±0.86 [a]
	Pennywort	0.20				
	Jiaogulan	0.10				
	Brahmi	0.10				
	Stevia	0.25				

[1/] Mean in the same column with different letter(s);
[(a-c)] differ significant (P≤0.05).

การศึกษาคุณภาพและการศึกษาอายุการเก็บรักษาของผลิตภัณฑ์ชาจากพืชอินทรีย์

นำผลิตภัณฑ์ชาจากพืชอินทรีย์สูตรที่ 5 ซึ่งเป็นสูตรชาที่มีปริมาณฟีนอลิกรวมและฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระสูงที่สุด มาศึกษาคุณภาพและอายุการเก็บรักษาของชาพืชอินทรีย์ตามมาตรฐานชาจากพืช (ประกาศกระทรวงสาธารณสุข (ฉบับที่ 426) พ.ศ. 2564 เรื่อง ชาจากพืช) โดยชาพืชอินทรีย์สูตรที่ 5 พบว่า มีคุณภาพทางกายภาพโดยมีค่า a_w เท่ากับ 0.398±0.001 และมีคุณภาพทางด้านสีโดยแสดงค่าความสว่าง (L*) ค่าสัมประสิทธิ์ของสี a* และ b* เท่ากับ 42.566±0.084 -0.618±0.030 และ 6.554±0.084 ตามลำดับ ซึ่งค่า L* สามารถมีค่ามากกว่า 100 ได้ ซึ่งมาจากหลายสาเหตุ

ยกตัวอย่างเช่น ภายในตัวอย่างมีส่วนประกอบที่สามารถสะท้อนแสงได้ (สีเมทาลิค) ทำให้ค่า L เกิน 100 แต่กรณีนี้ไม่ค่อยพบในอุตสาหกรรมอาหาร และค่า a* เป็นค่าสัมประสิทธิ์ของสี โดย +a* คือ ค่าสีมีแนวโน้มไปทางสีแดง และ –a* คือค่าสีมีแนวโน้มไปทางสีเขียว ส่วนค่าสีเหลือง (b*) มีการเปลี่ยนแปลงเพียงเล็กน้อย ค่า b* เป็นค่าสัมประสิทธิ์ของสี โดย +b* ค่าสีมีแนวโน้มไปทางสีเหลือง และ –b* ค่าสีมีแนวโน้มไปทางสีน้ำเงิน โดยผลการทดลองพบว่า ค่าสัมประสิทธิ์ของสีของชาพืชสูตรที่ 5 มีแนวโน้มไปทางสีเหลือง-เขียว ส่วนคุณภาพทางเคมีของชาพืชอินทรีย์สูตรที่ 5 พบว่า มีความชื้น เท่ากับ 7.106±0.249 ซึ่งมีความชื้นไม่เกินร้อยละ 10 ปริมาณเถ้า ปริมาณฟีนอลิกรวม และฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ เท่ากับ 5.123±0.167 กรัม/100 กรัม 18.215±0.864 มิลลิกรัมสมมูลของกรดแกลลิก/กรัมน้ำหนักแห้ง และ 52.645±1.842 มิลลิกรัมสมมูลของโทรล็อก/กรัมน้ำหนักแห้ง ตามลำดับ และมีปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมดไม่เกินค่าที่กำหนด (กระทรวงสาธารณสุข, 2564) (Table 3) โดยผลิตภัณฑ์ชาจากพืชอินทรีย์สูตรที่ 5 มีคุณสมบัติทางด้านกายภาพ เคมี และจุลินทรีย์เป็นไปตามมาตรฐานของชาจากพืช (ประกาศกระทรวงสาธารณสุข (ฉบับที่ 426) พ.ศ. 2564 เรื่อง ชาจากพืช)

Table 3 Chemical, physical, and microbial quality of tea from organic plants

Quality	Value	Standard*
Physical qualities		
Color L*	42.566±0.084	NS
a*	-0.618±0.030	NS
b*	6.554±0.084	NS
Water activity (a_w)	0.398±0.001	<0.6
Chemical qualities		
Moisture content (g/100 g)	7.106±0.249	<10
Ash (g/100 g)	5.123±0.167	NS
Total phenolic compound (mg GAE/g DW)	18.215±0.864	NS
Antioxidation activity (mg TE/g DW)	52.645±1.842	NS
Microbiological qualities		
Total plate count (cfu/g)	<250±0.00	$1x10^4$
Yeasts and moulds (cfu/g)	<25±0.00	NS
Sallmonella spp. (BAM)	Not detected	Not detect in 25 g
Staphylococcus aureus (BAM)	Not detected	< 100 in 1 g (CFU/g)

* Standard of Notification of the Ministry of Public Health (No. 426) B.E. 2021 Re: Tea from Plants; NS = Not specified.

การคำนวณอายุการเก็บผลิตภัณฑ์

การคำนวณอายุการเก็บผลิตภัณฑ์โดยศึกษาการเปลี่ยนแปลงของผลิตภัณฑ์ชาพืชอินทรีย์สูตรที่ 5 ระหว่างการเก็บรักษาในสภาวะเร่ง พบว่า ผลการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ชาจากพืชอินทรีย์ที่อุณหภูมิ 35 45 และ 55 องศาเซลเซียส ผลิตภัณฑ์ชาพืชอินทรีย์มีปริมาณความชื้นและค่า a_w เพิ่มขึ้นตลอดอายุการเก็บรักษา เมื่อพิจารณาผลของอุณหภูมิต่อปริมาณความชื้นและค่า a_w พบว่า ปริมาณความชื้นและค่า a_w ของชาจากพืชอินทรีย์เพิ่มขึ้นเมื่อระดับอุณหภูมิสูงขึ้น จากการศึกษาคุณภาพทางด้านสี (Figure 4C) โดยแสดงค่าความสว่าง (L*) เพิ่มขึ้นตลอดช่วงเวลาการเก็บรักษา และอุณหภูมิมีผลต่อค่าความสว่างของสีเพิ่มขึ้นเมื่อเก็บไว้ที่อุณหภูมิสูงขึ้น และอุณหภูมิมีผลต่อค่าสัมประสิทธิ์ของสี a* (Figure 4D) โดยมีค่าสัมประสิทธิ์ของสีเป็น –a* คือค่าสีมีแนวโน้มไปทางสีเขียว ส่วนค่าสีเหลือง (b*) (Figure 4E) มีการเปลี่ยนแปลงเพียงเล็กน้อย ค่า b* เป็นค่าสัมประสิทธิ์ของสี โดยมีค่าเป็น +b* ซึ่งหมายถึงค่าสีมีแนวโน้มไปทางสีเหลือง และค่าการเปลี่ยนแปลง

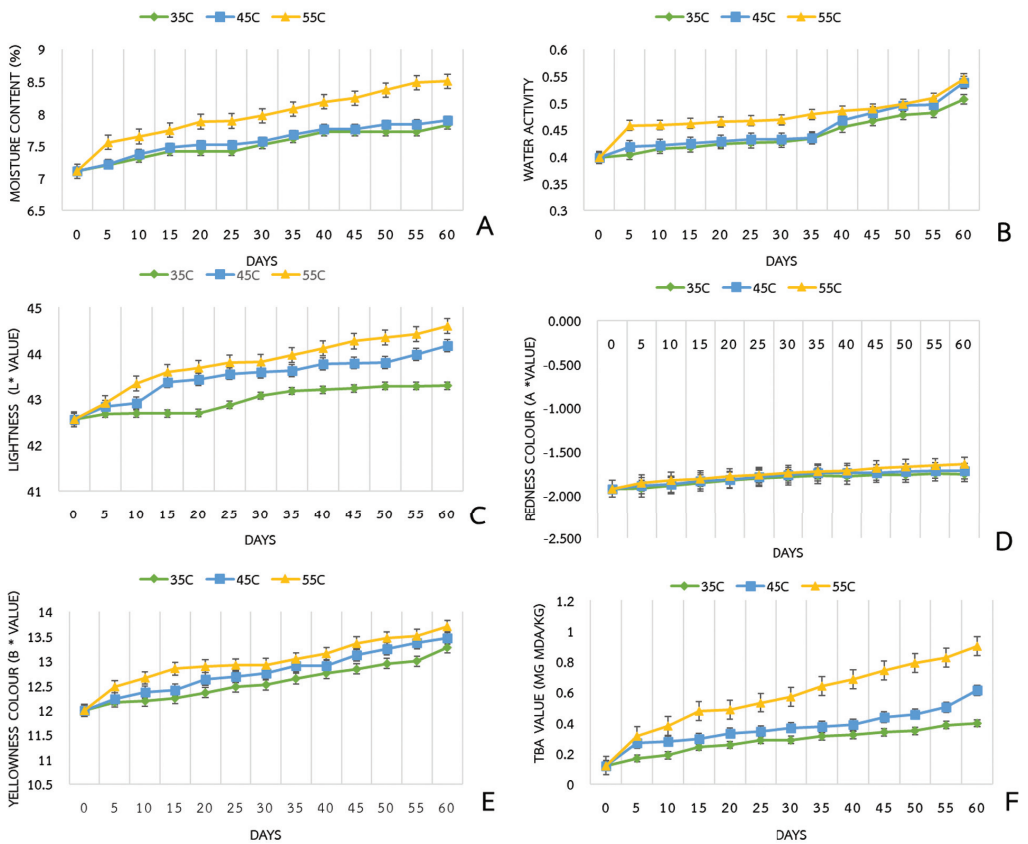

Figure 4 Six parameters of mixed tea from organic plants product during storage at 35, 45, and 55°C for 60 days: the moisture content (A), water activity (a_w) (B), lightness color (L*) (C), redness color (a*) (D), yellowness (b*) (E), and thaiobarbituric acid value (mg MDA/Kg) (F)

สีโดยรวม พบว่า การเก็บที่อุณหภูมิสูงทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงของค่าสีได้มากขึ้น อาจเนื่องมาจากการเกิดปฏิกิริยาเมลลาร์ดในผลิตภัณฑ์ชาจากพืชอินทรีย์ส่งผลให้เกิดเป็นสีน้ำตาลเพิ่มมากขึ้นได้ เมื่ออุณหภูมิสูงขึ้นปฏิกิริยาต่าง ๆ เกิดในอัตราที่เร็วขึ้น และมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงของสี (นิธิยา, 2557) และการเปลี่ยนแปลงค่ากรด thaiobarbituric acid (TBA) ระหว่างการเก็บรักษา พบว่า ในระหว่างการเก็บรักษาชาจากพืชอินทรีย์ ค่า TBA มีแนวโน้มเพิ่มมากขึ้น และเมื่อช่วงอุณหภูมิที่สูงขึ้นมีปริมาณ TBA ที่สูงขึ้นด้วย โดยในระหว่างการเก็บรักษา พบว่าหากค่าอยู่ในช่วงที่ยอมรับได้สำหรับอาหารทั่วไป คือ ค่าไม่เกิน 1.6 มิลลิกรัมมาลอนไดแอลดีไฮด์/กิโลกรัม (Figure 4F) โดยที่อาหารยังเป็นที่ยอมรับของบริโภคและผู้บริโภคยังไม่ได้รับกลิ่นเหม็นหืน สำหรับผลิตภัณฑ์ชาจากพืชอินทรีย์ พบว่า หากเก็บไว้ที่อุณหภูมิ 55 องศาเซลเซียส สามารถเก็บไว้ได้มากกว่า 60 วัน เนื่องจากมีค่า TBA ไม่เกิน 1.6 มิลลิกรัมมาลอนไดแอลดีไฮด์/กิโลกรัม เป็นผลจากผลิตภัณฑ์ชาจากพืชอินทรีย์มีความชื้นต่ำและไม่มีน้ำตาลเป็นองค์ประกอบในผลิตภัณฑ์ เมื่ออุณหภูมิสูงขึ้นจึงไม่เร่งการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันในผลิตภัณฑ์ (นิธิยา, 2557)

ส่วนจุลินทรีย์ในผลิตภัณฑ์ชาจากพืชอินทรีย์สูตรที่ 5 พบว่า ในระหว่างการเก็บรักษาเป็นเวลา 60 วันที่อุณหภูมิ 35 45 และ 55 องศาเซลเซียส ไม่มีการเปลี่ยนแปลงของจำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมดและจำนวนยีสต์และรา ตลอดระยะเวลาการเก็บรักษาทั้ง 60 วัน อาจเนื่องจากในผลิตภัณฑ์มีค่า a_w ต่ำกว่า 0.6 จึงทำให้จุลินทรีย์ไม่สามารถเจริญได้ เพราะมีปัจจัยไม่เหมาะสม (Fennema, 1996) โดยปกติค่า a_w มากกว่า 0.6 จะสามารถพบการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ได้ ดังนั้น คุณภาพทางด้านจุลินทรีย์ในผลิตภัณฑ์ชาจากพืชอินทรีย์สูตรที่ 5 จึงไม่มีการเปลี่ยนแปลงในระหว่างการเก็บรักษาในสภาวะเร่งนี้ และการทำนายอายุการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ชาจากพืชอินทรีย์สูตรที่ 5 โดยใช้วิธีการประเมินทางวิทยาศาสตร์ที่เรียกว่า accelerated shelf life testing (ASLT) ทำให้สามารถประเมินผลของสภาพการเก็บรักษาของผลิตภัณฑ์อาหารได้ โดยเลือกสภาวะการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 45 และ 55 องศาเซลเซียส เป็นสภาวะเร่งอุณหภูมิแล้วนำไปทดสอบคุณภาพผลิตภัณฑ์ พบว่า สามารถเก็บรักษาได้นาน 120 วัน ผลิตภัณฑ์ชาพืชอินทรีย์ความชื้น ร้อยละ 7.47±0.17 และค่า TBA 1.584±0.026 มิลลิกรัมมาลอนไดแอลดีไฮด์/กิโลกรัม ปริมาณจุลินทรีย์ต่ำกว่าค่ามาตรฐาน และ 36 วัน มีความชื้นร้อยละ 7.45±0.16 และค่า TBA 1.574±0.042 มิลลิกรัมมาลอนไดแอลดีไฮด์/กิโลกรัม ปริมาณจุลินทรีย์ต่ำกว่าค่ามาตรฐาน ตามลำดับ เมื่อนำผลจากการวิเคราะห์ดังกล่าวมาทำนายอายุการเก็บรักษาของผลิตภัณฑ์ชาจากพืชอินทรีย์ จะสามารถคำนวณค่า Q_{10} ของผลิตภัณฑ์ได้จากการประเมินอายุการเก็บรักษา พบว่า สามารถคำนวณค่าอายุการเก็บรักษาที่ 30 องศาเซลเซียส ของผลิตภัณฑ์ชาจากพืชอินทรีย์ได้นาน 721 วัน

สรุปผลการวิจัย

ผลิตภัณฑ์ชาพืชอินทรีย์สูตรที่ 5 มีส่วนผสมของใบหม่อน : พรมมิ : บัวบก : ปัญจขันธ์ : หญ้าหวาน ในอัตราส่วน 0.35 : 0.35 : 0.20 : 0.10 : 0.25 กรัม มีปริมาณสารประกอบฟีนอลิกรวมและฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระสูงที่สุด การทดสอบการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ชาจากพืชอินทรีย์เป็นเวลา 60 วันที่อุณหภูมิ 35 45 และ 55 องศาเซลเซียส โดยผลิตภัณฑ์ไม่พบการเปลี่ยนแปลงของจำนวนจุลินทรีย์

ทั้งหมดและจำนวนยีสต์และรา ตลอดระยะเวลาการเก็บรักษาทั้ง 60 วัน และจากการคำนวณอายุการเก็บรักษาโดยใช้ Q_{10} ที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส สามารถเก็บรักษาไว้ได้นาน 721 วัน หรือ 24 เดือน (2 ปี) เมื่อเก็บไว้ที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส ทั้งนี้ผลิตภัณฑ์ชาจากพืชอินทรีย์สูตรที่ 5 ที่พัฒนาขึ้นมีคุณสมบัติทางด้านกายภาพ เคมี และจุลินทรีย์เป็นไปตามมาตรฐานของชาจากพืช (ประกาศกระทรวงสาธารณสุข (ฉบับที่ 426) พ.ศ. 2564 เรื่อง ชาจากพืช) และจากงานวิจัยครั้งนี้สามารถนำไปเป็นต้นแบบในการผลิตชาชงดื่มจากพืชอินทรีย์เพื่อสุขภาพที่มีประโยชน์ในการต้านภาวะสมองเสื่อมได้ และในปัจจุบันประเทศไทยกำลังเข้าสู่สังคมผู้สูงอายุ คือมีผู้สูงอายุมากกว่าในวัยอื่น ๆ โดยจะส่งผลให้มีผู้สูงอายุเป็นโรคอัลไซเมอร์และโรคสมองเสื่อมเพิ่มสูงขึ้น ซึ่งผลิตภัณฑ์ชาจากพืชอินทรีย์ที่พัฒนาขึ้นมีสารต้านอนุมูลอิสระสูงที่ได้จากสารธรรมชาติของพืชอินทรีย์ที่มีศักยภาพในการช่วยฟื้นฟูความจำ พัฒนาการเรียนรู้ และบำรุงสมอง ซึ่งผลิตภัณฑ์นี้เหมาะสำหรับกลุ่มผู้สูงอายุที่เกิดอาการของโรคอัลไซเมอร์และโรคสมองเสื่อม

เอกสารอ้างอิง

กรกนก องคนินันท์. 2561. พรมมิ สมุนไพรบำรุงความจำ. พิษณุโลก. สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยนเรศวร.

กรมวิทยาศาสตร์การแพทย์ กระทรวงสาธารณสุข, สื่อสิ่งพิมพ์ออนไลน์. 2561. พัฒนาอาหารเสริมจากสารสกัดใบหม่อนมีสรรพคุณช่วยเพิ่มความจำ กล้ามเนื้อแข็งแรงขึ้นมาสู่เชิงพาณิชย์. แหล่งข้อมูล http://www3.dmsc.moph.go.th/post-view/415 (1 ธันวาคม 2564).

กระทรวงสาธารณสุข. 2564. ประกาศกระทรวงสาธารณสุข (ฉบับที่ 426) พ.ศ. 2564 ออกตามความในพระราชบัญญัติอาหาร พ.ศ. 2522 เรื่อง ชาจากพืช. แหล่งข้อมูล http://food.fda.moph.go.th/law/index.php. (1 ธันวาคม 2564).

นิธิยา รัตนาปนนท์. 2557. เคมีอาหาร. พิมพ์ครั้งที่ 5. โอเดียนสโตร์, กรุงเทพฯ.

วุฒิพงศ์ ครอบบัวบาน. 2564. การพัฒนาชาจากพืชอินทรีย์ที่มีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาการจัดการเกษตรอินทรีย์, คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์.

ศจี สุวรรณศรี. 2551. หลักการพัฒนาผลิตภัณฑ์และการประเมินทางประสาทสัมผัส. ภาควิชาอุตสาหกรรมเกษตร คณะเกษตรศาสตร์ ทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม. มหาวิทยาลัยนเรศวร. พิษณุโลก.

อนงค์ ศรีโสภา และกาญจนา วงศ์กระจ่าง. 2563. การพัฒนาสูตรชาสมุนไพรใบหม่อนผสมสมุนไพรให้กลิ่นหอมที่มีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระและฤทธิ์ต้านเอนไซม์กลูโคซิเดส. Thai Journal of Science and Technology. 9(2):218-229.

AOAC. 2005. Official Methods of Analysis. 18th ed. The Association of Official Analytical Chemists (AOAC), Washington D.C.

Arun, M., V. Gombar, M. Gupta, S. Sinha and Y. Shamsi. 2017. Effectiveness of *Centella asiatica* (brahmi) in various illnesses: a review. International journal of current medical and pharmaceutical research. 3(12): 2748-2752.

Benzie, I. and J. Strain. 1996. The ferric reducing ability of plasma (FRAP) as a measure of "Antioxidant Power": The FRAP Assay. Analytical Biochemistry 239: 70-76.

Chan, E., Y. Lim, K. Chong, J. Tan and S. Wong. 2010. Antioxidant properties of tropical and temperate herbal teas. J Food Compos Anal. 2010(23): 185-189.

Chao, S., N. Li, R. Ren., Y. Wang., X. Su., F. Lu., R. Zong., L. Yang and X. Ma. 2021. Review progress in the medicinal value, bioactive compounds, and pharmacological activities of *Gynostemma pentaphyllum* Molecules. 2021,26,6249 https://doi.org/10.3390/molecules26206249. (December 5, 2021).

Charoensiddhi, S. and P. Anupong. 2008. Bioactive compounds and volatile compounds of Thai baelfruit (*Aeglemarmelos* (L.) Correa) as a valuable source for functional food ingredients. Int. Food Res. J. 15: 287-295.

Fennema, O. 1996. Water and Ice in Food Chemistry. 3rd ed. Marcel Dekker, New York.

Haida, Z., A. Abdullah and H. Mansor. 2020. Health benefits of *Stevia rebaudiana* Bertoni as zero calorie natural sweetener: A review. IFRJ. 27(5): 783-789.

Labuza, T. 1982. Shelf-Life Dating of Foods. Food and Nutrition Press, Inc., Westport.

Labuza, T. and M. Schmidl. 1985. Accelerated shelf-life testing of foods. Food Technology 39(9): 57-64.

Maturin, L. and J. Peeler. 2001. Bacteriological Analytical Manual, Chapter 3: Aerobic plate count. (Online). Available: http://www.fda.gov/Food/FoodScienceResearch/LaboratoryMethods/ucm063346.htm. (December 6, 2021).

Mizrahi, S. 2004. Understanding and Measuring the Shelf Life of Food. F&N Press, Westport.

Tarlidgis, B., B. Watts, M. Younathan and L. Dugan. 1960. Determination of thiobarbituric acid value in food. Journal of American Oil Chemists Society 37: 44.

Zaeoung, S., A. Plubrukarn and N. Keawpradub. 2005. Cytotoxic and free radical scavenging activities of Zingiberaceous rhizomes. Songklanakarin J. Sci. Techno. 27(4): 799-812.

Zaidan, U.H., N.I.M. Zen, N.A. Amran, S. Shamsi and S.S.A. Gani. 2019. Biochemical evaluation of phenolic compounds and steviol glycoside from *Stevia rebaudiana* extracts associated with in vitro antidiabetic potential, Biocat. Agric. Biotechnol. 18: 101049.