ฤทธิ์ต้านออกซิเดชันของชาสมุนไพรที่แปรรูปจากส่วนที่เหลือใช้ของสับปะรด
Antioxidant Activity of Herbal Tea Processed from Pineapple by-Product

ปรัศนีย์ กองวงค์[1]* วรรณิกา โม่งบุตร[1] และ อรทัย บุญทะวงศ์[1]
Pratsanee Kongwong[1]*, Wannika Mongbut[1] and Orathai Bunthawong[1]
Received date: 18 ส.ค. 64 Revised date: 27 ก.ค. 66 Accepted date: 31 ส.ค. 66
DOI: https://doi.org/10.55003/kmaj.2024.11.22.007

บทคัดย่อ

การศึกษานี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาการแปรรูปผลิตภัณฑ์ชาสมุนไพรจากส่วนที่เหลือใช้ของสับปะรดโดยเปรียบเทียบคุณภาพของส่วนที่เหลือใช้ของสับปะรด ได้แก่ ส่วนจุก (สีขาว) ส่วนแกนสับปะรด และใบที่ติดกับจุก และศึกษาการใช้อุณหภูมิในการอบแห้งที่ 60 และ 70 °C พบว่า สภาวะที่เหมาะสมสำหรับการอบแห้งคือ อุณหภูมิการอบแห้งที่ 60 °C นานชั่วโมง เนื่องจากมีปริมาณฟลาโวนอยด์ทั้งหมดปริมาณฟีนอลิกทั้งหมด และฤทธิ์ต้านออกซิเดชั่นสูงกว่า การใช้อุณหภูมิที่ 70 °C นาน 5 ชั่วโมงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p\leq0.05$) เมื่อเปรียบเทียบคุณภาพของส่วนที่เหลือใช้หลังจากการอบแห้ง พบว่า ส่วนจุก (สีขาว) ร้อยละ 100 เป็นอัตราส่วนที่เหมาะสมที่สุดสำหรับการแปรรูปเครื่องดื่มสมุนไพร โดยพบว่า มีปริมาณฟลาโวนอยด์ทั้งหมด ปริมาณฟีนอลิก และฤทธิ์ต้านออกซิเดชั่นสูงกว่าส่วนใบที่ติดกับจุก และส่วนแกนสับปะรด อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p\leq0.05$) เมื่อเปรียบเทียบกับผลิตภัณฑ์ชาสมุนไพรทางการค้า พบว่าผลิตภัณฑ์ชาสมุนไพรจากส่วนที่เหลือใช้ของสับปะรดมีปริมาณฟลาโวนอยด์ทั้งหมด ปริมาณฟีนอลิกทั้งหมด และฤทธิ์ต้านออกซิเดชั่น ต่ำกว่าผลิตภัณฑ์ชาสมุนไพรทางการค้าอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p\leq0.05$)

คำสำคัญ: ชาสมุนไพร สับปะรด ฤทธิ์ต้านออกซิเดชัน สารประกอบฟีนอลิก สารประกอบฟลาโวนอยด์ สภาวะอบแห้ง

Abstract

The aim of this research is to examine the production of herbal tea from pineapple by-products by comparing the quality of non-edible pineapple by-products such as white cork, the core, and the leaves that are stuck to the cork. The samples were dried at various temperatures (60 and 70 °C) and measured for their antioxidant activity. The result indicated that drying temperature at 60 °C for 6 hours was determined to be the optimum condition. Due to the total flavonoids content, total phenolic content, and antioxidation activity being considerably greater than at 70 °C for 5 hours ($p\leq0.05$), when comparing the quality of the pineapple by-products after the drying, it was found that 100% of cork (white) is the most suitable option for herbal tea production with the flavonoid content, the phenolic content, and antioxidation activity being higher than the leaves that are stuck to the cork and the core with statistical significance ($p\leq0.05$). However, the herbal tea from pineapple by-product turned out to be low quality in comparison with commercial herbal tea products ($p\leq0.05$).

Keywords: herbal tea, pineapple, antioxidant activity, phenolic content, flavonoid content, drying condition

คำนำ

สับปะรด ชื่อทางวิทยาศาสตร์: *Ananas comosus* ผลสับปะรดนิยมนำมาบริโภคสด รสชาติหวานอมเปรี้ยว ขึ้นอยู่กับสายพันธุ์ นอกจากใช้เนื้อนำมาบริโภคเป็นอาหารแล้ว ส่วนอื่นๆของสับปะรดยังมีสรรพคุณทางสมุนไพร ได้แก่ ผล สับปะรดช่วยบรรเทาอาการแผลเป็นหนอง ช่วยขับปัสสาวะแก้ร้อนกระสับกระส่าย กระหายน้ำ ช่วยย่อยอาหารพวกโปรตีน ส่วนของรากสับปะรดนำมาใช้เป็นยาแก้กระษัย บำรุงไต ใบสดนำมาใช้เป็นยาถ่ายหรือยาฆ่าพยาธิ ผลดิบสับปะรด ช่วยขับประจำเดือน และส่วนหนามของสับปะรดช่วยแก้พิษฝีต่างๆ ได้ (Sorasing, 2019) สับปะรดสดมีส่วนที่สามารถ นำไปรับประทานได้ประมาณ 60 % และเหลือส่วนที่เหลือใช้อยู่ที่ 45% ถึง 55% จากการศึกษาพบว่าส่วนที่เหลือ ใช้ของสับปะรดมีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระสูงกว่าส่วนเนื้อ สารต้านอนุมูลอิสระเป็นสารที่สามารถป้องกัน หรือยับยั้ง กระบวนการออกซิเดชั่นในร่างกายมนุษย์

[1] สาขาวิชาอุตสาหกรรมเกษตร คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา จังหวัดลำปาง 52000
[1] Department of Ago-industry, Faculty of Science and Agricultural Technology, Raja Mangala University of Technology Lanna, Lampang 52000
*Corresponding author e-mail: enjoy44303413@gmail.com

และผลิตภัณฑ์อาหาร เช่น กรดแอสคอร์บิก สารประกอบฟีนอล และฟลาโวนอยด์ ดังนั้นส่วนที่เหลือใช้ของสับปะรดสามารถใช้เป็นแหล่งสารอาหารทางเลือกเพื่อเพิ่มคุณค่าทางโภชนาการได้ (Da Silva et al., 2013) นอกจากการบริโภคสดแล้ว ผลสับปะรดยังสามารถนำไปแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์ต่างๆได้อย่างหลากหลาย ทั้งผลิตภัณฑ์ที่บริโภคได้ และบริโภคไม่ได้ เช่น การผลิตไวน์เหลืองจากสับปะรดผสมน้ำสกัดเห็ดถั่งเช่าสีทอง (Singpoonga & Yosmethakun, 2023) การพัฒนาผลิตภัณฑ์เชื้อเพลิงชีวมวลอัดแท่งจากเปลือกสับปะรด (Srithiang et al., 2019) ผลพลอยได้จากเศษเหลือ เศษเหลือของสับปะรดส่วนใหญ่จากอุตสาหกรรมบรรจุกระป๋อง สามารถนำมาแปรรูป ทำอย่างอื่นได้เช่น น้ำเชื่อม แอลกอฮอล์ น้ำส้มสายชู ไวน์ อาหารสำหรับเลี้ยงวัว ส่วนใบสับปะรดนั้น ถือเป็นของเหลือทิ้ง จำนวนมาก สร้างภาระต่อเกษตรกรปริมาณการเหลือทิ้งของใบสับปะรดจากไร่สับปะรดประมาณ 1 ตันต่อวัน ปัจจุบัน มีการนำเส้นใยสับปะรดมาทำเป็นผลิตภัณฑ์ต่างๆ มากมาย อาทิ กระดาษ เส้นด้าย และผ้าทอ อย่างไรก็ตาม การปลูกสับปะรดเพื่อการแปรรูปในโรงงานบรรจุกระป๋องยังพบปัญหา การใช้สารเคมีมากเกินไป ส่งผลให้สภาพดินเสื่อมโทรม ดินมีสารพิษตกค้าง เป็นอันตรายทั้งต่อผู้ผลิต ผู้บริโภค และสิ่งแวดล้อม ในบางฤดูกาลผลิต เกษตรกรต้องประสบปัญหา สับปะรดมีจำนวนมากเกินความต้องการ เกิดสภาวะสินค้าล้นตลาด ทำให้มีราคาตกต่ำ บางครั้งทำให้เกิดการเน่าเสีย เนื่องจากไม่สามารถจำหน่ายผลิตผลสดได้หมด ดังนั้นจึงนำสับปะรดมาแปรรูปสับปะรดเพื่อเพิ่มมูลค่า เช่น น้ำสับปะรด สับปะรดกวน และพายสับปะรด เป็นต้น แต่ก็พบปัญหาเรื่องต้นทุนการผลิตที่เพิ่มขึ้น และอายุการเก็บรักษาสั้น รวมถึงปัญหาเรื่องการควบคุมคุณภาพของผลิตภัณฑ์ ทำให้การแปรรูปผลิตภัณฑ์จากสับปะรดไม่มีความยั่งยืน จากปัญหาดังกล่าวได้มีเกษตรกรผู้ปลูกสับปะรด ริเริ่มการปลูกสับปะรดแบบปลอดภัย และได้มาตรฐาน โดยใช้พลาสติกคลุมแปลง เพื่อควบคุมวัชพืช มุ่งเป้าไปสู่เกษตรอินทรีย์ และปรับเปลี่ยนวิธีการปลูกใช้การหน่วงเวลา บังคับการออกดอกโดยวิธีไม่ใช้สารเคมี เพื่อให้ผลผลิตกระจายออกสู่ตลาดทั้งปี โดยสามารถนำไปแปรรูปได้ เช่น น้ำสับปะรดสด ทำให้เหลือในส่วนของจุกสับปะรดที่เป็นส่วนเหลือทิ้ง ทั้งนี้ เนื่องจากเป็นผลผลิต ที่ผ่านการปลูกในระบบเกษตรอินทรีย์ สามารถนำมาแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์ที่รับประทานได้เพื่อเพิ่มมูลค่าให้กับผลผลิต จุกของสับปะรดส่วนที่เป็นใบเกิดขึ้นที่ส่วนบนของผล จะเจริญเติบโตไปพร้อมกับการเจริญเติบโตของผลจนถึงระยะหนึ่งที่ผลสับปะรดแก่เต็มที่ จุกก็จะ หยุดการเจริญเติบโต และเข้าสู่ระยะการ พักตัว ส่วนของจุกมีแกนกลางเป็นลำต้นเล็กๆ มีสารอาหาร เป็นจำพวกแป้งสะสมอยู่และมีเนื้อเยื่อเจริญที่ปลายยอด ซึ่งเป็นส่วนที่ต่อเนื่องมาจากแกนของผล เมื่อแยกจุกออกจากผลสามารถนำไปใช้เป็นต้นพันธุ์ในการปลูกใหม่ได้ (วลัยพรรณ, 2560)

“ชาจากพืช” หมายความว่า ผลิตภัณฑ์ที่ได้จากส่วนต่าง ๆ ของพืช ที่ผ่านกระบวนการ ทำให้แห้ง อาจผ่านการบดหยาบหรือลดขนาด โดยมีจุดมุ่งหมายเพื่อนำไปบริโภคโดยการต้มหรือชงกับน้ำ (Announcement of the Ministry of Public Health (No. 426), 2021) การศึกษาในปัจจุบัน พบว่ามีการนำพืช ผัก สมุนไพร มาแปรรูปเป็นชาได้หลากหลายชนิด มากขึ้น เนื่องจากมีคุณสมบัติในการต้านอนุมูลอิสระสูง การพัฒนาสูตรชาสมุนไพรใบหม่อนด้วยสมุนไพรแต่งกลิ่นและรส พบว่าน้ำชาสมุนไพรใบหม่อนที่มีส่วนผสมของเก๊กฮวยให้ฤทธิ์ทางชีวภาพสูงทั้งการต้านอนุมูลอิสระ (89.32 %) และการยับยั้งเอนไซม์แอลฟากลูโคซิเดส (82.17 %) (Srisopa & Wongkrajang, 2020) การเปรียบเทียบสมบัติการต้านความดันโลหิตสูงของชาสมุนไพรไทย 15 ชนิด ชาจากหญ้าหวาน ใบบัวบก และหญ้าหนวดแมว มีสมบัติยับยั้ง แองจิโอเทนซินคอนเวอร์ติง เอนไซม์ สูงกว่าชาสมุนไพรไทยชนิดอื่น (การยับยัง 80-88 %) และสูงกว่าชาสกุลคาเมลเลีย บางชนิด ได้แก่ ชาเขียว ชาอู่หลง และชาผูเอ่อร์ (Tonglim et al., 2015) การพัฒนาผลิตภัณฑ์ชาสมุนไพรหอมแดง โดยใช้ Response Surface Methodology (RSM) พบว่าอัตราส่วนที่เหมาะสม คือ หอมแดงร้อยละ 45 ใบเตยร้อยละ 35 และใบหอมร้อยละ 20 ลักษณะของชาสมุนไพรเมื่อผ่านการชงมีความใส มีสีเหลืองอ่อน มีกลิ่นรสที่มีความเป็นเอกลักษณ์ และมีฤทธิ์ในการต้านอนุมูลอิสระดยวิธี DPPH และ ABTS มีค่าเท่ากับ 13.51 mg Trolox /100 ml และ 24.82 mg Trolox /100 ml ตามลำดับ (Musika & Musika, 2021)

การอบแห้ง (drying) เป็นกระบวนการดึงน้ำออกจากผลิตภัณฑ์ด้วยเครื่องอบหรือตู้อบประเภทต่างๆ การอบแห้งเป็นกระบวนการที่นิยมนำมาใช้ ถนอมอาหาร และเก็บรกษาผลิตภัณฑ์ทางการเกษตร โดยผลิตภัณฑ์ที่ผ่านกระบวนการอบแห้งจะมีปริมาณความชื้นลดลง ทำให้ชะลอการเจริญของจุลินทรีย์ที่อยู่ในผลิตภัณฑ์ ส่งผลให้มีอายุการเก็บรักษาที่นานขึ้น จากผลการศึกษาการอบชาสมุนไพรใบพลู ด้วยความร้อนจากฮีตเตอร์อินฟราเรดโดยใช้ไฟฟ้า จากโซลาร์เซลล์ พบว่า ที่สภาวะอุณหภูมิ 60 °C ใช้เวลาในการอบ 3 ชั่วโมง สามารถลดความชื้นใบพูลได้เร็วที่สุด เมื่อเปรียบเทียบ กับการอบแห้งที่อุณหภูมิ 50 และ 55 °C เนื่องจากการอบแห้งด้วยอุณหภูมิที่สูง มีอัตราเร็วในการทำแห้งที่สูงกว่าอุณหภูมิต่ำ โดยมีปริมาณความชื้นของชาสมนไพรใบพูลหลังอบแห้งไม่เกิน 5 เปอร์เซ็นต์ (Sopajarn et al., 2020) การอบแห้งหรือการลดความชื้นภายใต้สภาวะที่เหมาะสมเป็นสิ่งสำคัญต่อการคงลักษณะทางกายภาพ คุณภาพ และสารออกฤทธิ์ ทางชีวภาพของผลิตภัณฑ์

ไว้ไม่ให้เสื่อมสภาพ เพื่อการพัฒนาเป็นโภชนเภสัชภัณฑ์ การศึกษา ผลของอุณหภูมิและระยะเวลาอบแห้ง ต่อคุณสมบัติทางพฤกษเคมีของใบบัวบกโดยกำหนด อุณหภูมิในการอบแห้ง ได้แก่ 60,70 และ 80 °C และ ระยะเวลาในการอบแห้ง ได้แก่ 8,10 และ 12 ชั่วโมง พบว่าใบบัวบกที่ผ่านการอบแห้งที่อุณหภูมิ 60 °C นาน 8 และ10 ชั่วโมงมีปริมาณสารประกอบฟีนอลิคทั้งหมดสูงสุด นอกจากนี้ใบบัวบกที่ผ่านการอบแห้ง ที่อุณหภูมิดังกล่าวนาน 10 ชั่วโมง มีปริมาณฟลาโวนอยด์ทั้งหมดและมีความสามารถในการยับยั้งอนุมูลDPPH•สูงสุด ขณะที่การอบแห้งที่อุณหภูมิ 60 และ 70 °C นาน 10 ชั่วโมง ใบบัวบกให้ความสามารถในการยับยั้งอนุมูล ABTS+•สูงที่สุด (Jansuna et al., 2020) จะเห็นได้ว่า อุณหภูมิ และระยะเวลามีผลต่อคุณภาพของผลิตภัณฑ์หลังจากการอบแห้งแล้ว ดังนั้นการศึกษาสภาวะที่เหมาะสม สำหรับการอบแห้ง จึงเป็นสิ่งจำเป็นสำหรับการรักษาคุณภาพ และคงคุณค่าทางโภชนาการของผลิตภัณฑ์

ปัจจุบันมีการสนับสนุนให้ผู้ประกอบการลดของเสียจากกระบวนการผลิตด้วยการเพิ่มมูลค่าให้กับผลิตภัณฑ์ (zero waste) รวมถึงการเปลี่ยนแปลงพฤติกรรมของผู้บริโภคที่หันมาสนใจรักษาสุขภาพ โดยให้ความสำคัญกับผลิตภัณฑ์ ที่มีคุณภาพดีและมีคุณประโยชน์ต่อสุขภาพ จะเห็นได้ว่ายังไม่มีงานวิจัยศึกษาการนำส่วนที่เหลือใช้ จากสับปะรด อินทรีย์มาใช้ประโยชน์ในเชิงสุขภาพ งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาการนำส่วนที่เหลือใช้จากสับปะรด อินทรีย์มาแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์ชาสมุนไพร โดยทำการศึกษาสภาวะที่เหมาะสมในการทำแห้งโดยวิธีการอบแห้งด้วยลมร้อน และเปรียบเทียบคุณภาพของผลิตภัณฑ์ชาสมุนไพรจากส่วนที่เหลือใช้ของสับปะรดกับผลิตภัณฑ์ชาสมุนไพรที่มี จำหน่ายทางการค้า

วิธีการศึกษา

วัตถุดิบสับปะรดสดที่เก็บเกี่ยวจากแปลงปลูกระบบอินทรีย์จากไร่ช่างเอก ต.เสด็จ อ.เมือง จ.ลำปาง สายพันธุ์ ปัตตาเวีย ปลูกแบบระยะชิดแปลง 5 แถว ความกว้างของแปลง 1.60 เมตร เว้นทางเดิน 1 เมตร มีระยะระหว่างแถว 40 เซนติเมตร ระหว่างต้น 30 เซนติเมตร ซึ่งจะปลูกสับปะรดได้จำนวน 15 แปลง/ 1ไร่ (40x40 เมตร) 665ต้น/แปลง 9,915 ต้น/ ไร่ คลุมด้วยพลาสติก เพื่อป้องกันวัชพืช และมีการวางแผนปลูกโดยเว้นช่วงระยะเวลาให้สามารถเก็บเกี่ยวผลผลิตได้ตลอดทั้งปี หลังจากเก็บเกี่ยวมาแล้วนำมาล้างทำความสะอาด และแยกส่วนต่างๆออก ได้แก่ ส่วนจุก (cork) ส่วนใบที่ติดกับจุก (leaf) และส่วนแกนสับปะรด (core) จากนั้นนำมาหั่นให้มีขนาดเล็กเพื่อเตรียมนำไปอบแห้งในขั้นตอนต่อไป (Figure 1)

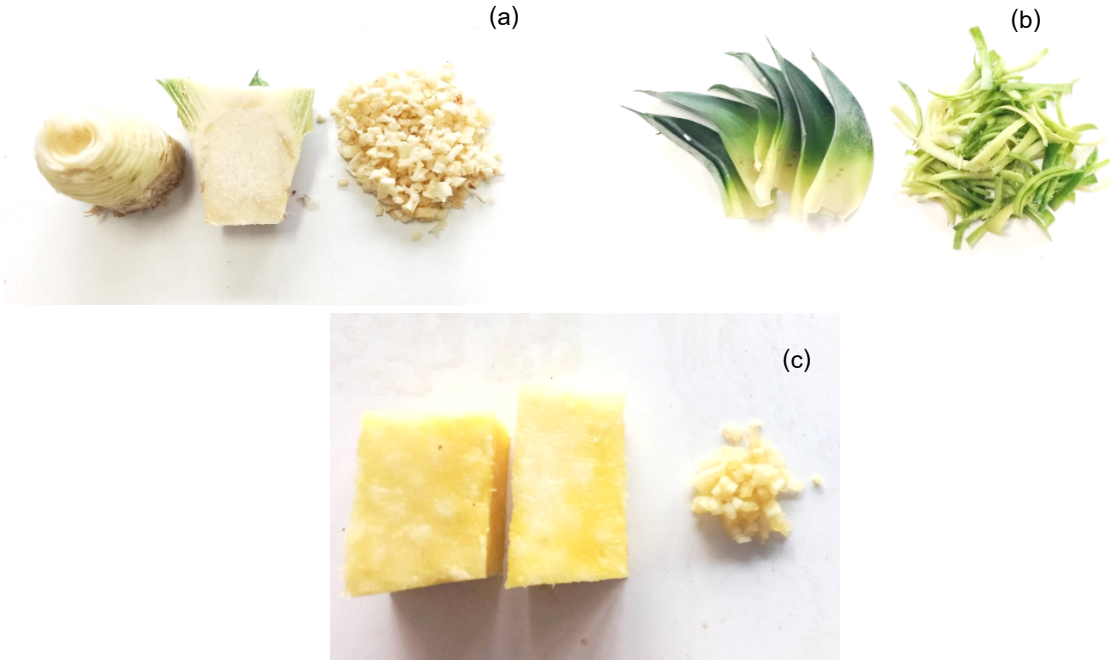

Figure 1 Pineapple by-products (a) cork, (b) leaf (stuck to the cork) , and (c) core

1. ศึกษาสภาวะที่เหมาะสมในการทำแห้งส่วนที่เหลือใช้จากสับปะรดโดยวิธีการอบแห้งโดยใช้ลมร้อน

ศึกษาสภาวะที่เหมาะในการอบแห้งส่วนที่เหลือใช้ของสับปะรด โดยแบ่งออกเป็น 6 ชุดทดลอง ได้แก่ ส่วนจุก (cork) ส่วนใบที่ติดกับจุก (leaf) และส่วนแกนสับปะรด (core)ใช้อุณหภูมิในการอบแห้ง 2 ระดับ คือที่อุณหภูมิ 60 °C และอุณหภูมิ 70 °C

วางแผนการทดลองแบบ Completely Randomized Design วิเคราะห์ความแปรปรวนของข้อมูล (ANOVA) ตัวอย่างสดที่นำมาอบแห้งจำนวน 3 ซ้ำ วัตถุดิบสับปะรดสด และส่วนที่เป็นจุกสดจากไร่ช่างเอกจำนวนครั้งละ 50 กิโลกรัม เตรียมตัวอย่างโดยล้างทำความสะอาด และแยกส่วนใบ และแกนออก จากนั้นหั่นให้มีขนาดความหนาประมาณ 1 ลูกบาศก์เซนติเมตร นำไปเกลี่ยในตะแกรงอบแบบถาด ทำการอบแห้งจนผลิตภัณฑ์มีความชื้นต่ำกว่า 10 % มาตรฐานแห้ง (ประกาศกระทรวงสาธารณสุข (ฉบับที่ 426) พ.ศ. 2564 จากนั้นนำมาศึกษาคุณภาพ ดังนี้

- การวิเคราะห์ปริมาณความชื้น (AOAC, 2000)

การวิเคราะห์ปริมาณความชื้น โดยชั่งตัวอย่างประมาณ 5 กรัม ลงในถ้วย moisture can นำไปอบในตู้ที่อุณหภูมิ 105 ℃ จนได้น้ำหนักคงที่แล้วคำนวณหาปริมาณความชื้น ดังนี้

$$\text{ความชื้น (ร้อยละ)} = \frac{\text{น้ำหนักก่อนอบ} - \text{น้ำหนักหลังอบ}}{\text{น้ำหนักก่อนอบ}} \times 100$$

- การเตรียมสารสกัดตัวอย่าง (Wanyo et al., 2014)

ต้มสกัดตัวอย่างโดยใช้ตัวอย่างชา 1 กรัม เติมน้ำกลั่น 25 มิลลิลิตร ในน้ำร้อนที่อุณหภูมิ 100 ℃ นาน 5 นาที จากนั้นกรองผ่านกระดาษกรองเบอร์ 1 นำสารสกัดที่ได้มาใส่ในหลอดทดลอง สารสกัดที่ได้นำมาวิเคราะห์ หาปริมาณสาร ประกอบฟีนอลิกทั้งหมดปริมาณฟลาโวนอยด์ทั้งหมด และฤทธิ์ต้านออกซิเดชัน ดังนี้

- การวิเคราะห์ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด (Wanyo et al., 2014)

เตรียมสารสกัดตัวอย่าง 0.2 มิลลิลิตร ใส่ในหลอดทดลอง เติมสารละลาย Folin-Ciocalteu's reagent 0.8 มิลลิลิตร ทิ้งไว้ 2 นาที เติมโซเดียมคาร์บอเนต ร้อยละ 7.5 ปริมาณ 2 มิลลิลิตร จากนั้นเติมน้ำกลั่นและปรับปริมาตรให้เป็น 10 มิลลิลิตร ทิ้งไว้ 1 ชั่วโมงในที่มืด นำไปวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 725 นาโนเมตร นำค่าการดูดกลืนแสงที่อ่านได้มาคำนวณปริมาณ ฟีนอลิกทั้งหมด โดยเปรียบเทียบกับกราฟมาตรฐานของกรดแกลลิก (gallic acid) รายงานผลเป็นปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดเทียบเท่าปริมาณกรดแกลลิกต่อตัวอย่างแห้ง 1 กรัม (mgGAE/g)

- การวิเคราะห์ปริมาณสารประกอบฟลาโวนอยด์ (Wanyo et al., 2014)

เตรียมสารสกัดตัวอย่าง 0.5 มิลลิลิตร ผสมกับน้ำกลั่น 2.25 มิลลิลิตร ในหลอดทดลอง เติมโซเดียมไนเตรต ร้อยละ 5 ปริมาตร 0.15 มิลลิลิตร ทิ้งไว้ 6 นาที เติมอะลูมิเนียมคลอไรด์ ร้อยละ 10 ปริมาตร 0.3 มิลลิลิตร ทิ้งไว้ 5 นาที จากนั้นเติมโซเดียมไฮดรอกไซด์ 1 โมลาร์ ปริมาตร 1 มิลลิลิตร เขย่าในเครื่อง Vortex นำไปวัดการดูดกลืนแสง โดยสเปคโตโฟโตรมิเตอร์ที่ยาวคลื่น 510 นาโนเมตร นำค่าการดูดกลืนแสงที่อ่านได้มาคำนวณปริมาณฟีนอลิกทั้งหมด โดยเปรียบเทียบกับกราฟมาตรฐานของรูทิน (rutin) รายงานผลเป็นปริมาณสารประกอบฟลาโวนอยด์ทั้งหมดเทียบเท่า ปริมาณรูทินต่อตัวอย่างแห้ง 1 กรัม (mg RE/g)

- การทดสอบฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธี DPPH (Wanyo et al., 2014)

เติม DPPH ร้อยละ 0.004 ปริมาณ 3 มิลลิลิตร ลงในหลอดทดลอง นำไปวัดการดูดกลืนแสง (Absorbance) ของ DPPH ที่ไม่มีตัวอย่าง ที่ความยาวคลื่น 517 นาโนเมตร บันทึกค่าการดูดกลืนแสงของชุดควบคุม (ODmax) จากนั้นเติมสารละลายตัวอย่างปริมาณ 0.1 มิลลิลิตร ทิ้งไว้ 30 นาที ในที่มืด นำไปวัดการดูดกลืนแสง DPPH ที่มีตัวอย่าง ที่ความยาวคลื่น 517 นาโนเมตร บันทึกค่าการดูดกลืนแสงของตัวอย่าง (ODsample) นำค่าการดูดกลืนแสงที่วัดได้มาคำนวณ % inhibition ดังสมการ จากนั้นคำนวณฤทธิ์ต้านออกซิเดชั่น โดยเปรียบเทียบกับกราฟมาตรฐานของโทรล็อก (trolox) รายงานผลเป็น Trolox equivalent antioxidant capacity (mgTE/g)

$$\%\ \text{inhibition} = \frac{\text{OD max} - \text{OD sample}}{\text{OD max}} \times 100$$

OD max = การดูดกลืนแสงของชุดควบคุม (Blank)

OD sample = การดูดกลืนแสงของตัวอย่าง

2. ศึกษาอัตราส่วนที่เหมาะสมในการเตรียมชาสับปะรดจากส่วนที่เหลือใช้

ศึกษาอัตราส่วนที่เหมาะสมของชาสับปะรดโดยนำส่วนที่เหลือใช้จากสับปะรดที่ได้ผ่านการอบแห้งด้วยสภาวะที่เหมาะสมจากการทดลองที่ 1 มาผสมกับส่วนแกนและใบสับปะรดอบแห้งเพื่อเพิ่มกลิ่นรสของสับปะรด โดยแบ่งออกเป็น 6 ชุดทดลอง ได้แก่

ชุดทดลองที่ 1 จุกสับปะรด ร้อยละ 100

ชุดทดลองที่ 2 แกนสับปะรด ร้อยละ 100

ชุดทดลองที่ 3 ใบสับปะรด ร้อยละ 100

ชุดทดลองที่ 4 จุกสับปะรด+แกนสับปะรด (1:1)
ชุดทดลองที่ 5 ใบสับปะรด+แกนสับปะรด (1:1)
ชุดทดลองที่ 6 จุกสับปะรด+ใบสับปะรด (1:1)

จากนั้นนำส่วนผสมแต่ละชุดทดลอง บรรจุใส่ถุงชาที่ทำจากเยื่อกระดาษปริมาณ 2 กรัม นำไปทดสอบคุณภาพ ดังนี้

- การวิเคราะห์ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด (Wanyo et al., 2014)
- การวิเคราะห์ปริมาณสารประกอบฟลาโวนอยด์ทั้งหมด (Wanyo et al., 2014)
- การทดสอบฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธี DPPH (Wanyo et al., 2014)

3. ศึกษาการเปรียบเทียบคุณภาพของผลิตภัณฑ์ชาสับปะรดกับผลิตภัณฑ์ชาสมุนไพรที่มีจำหน่ายทางการค้า

นำตัวอย่างชาสับปะรดที่คัดเลือกจากการทดลองที่ 2 มาทำการทดสอบคุณภาพเปรียบเทียบ กับผลิตภัณฑ์ชาสมุนไพรที่มีจำหน่ายทางการค้า 5 ชนิด (ยี่ห้ออภัยภูเบศก์) ได้แก่ ชาบัวบก ชามะตูม ชาดอกคำฝอย ชากระเจี๊ยบ ชามะขามป้อม ดังนี้

- การวิเคราะห์ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด (Wanyo et al., 2014)
- การวิเคราะห์ปริมาณสารประกอบฟลาโวนอยด์ทั้งหมด (Wanyo et al., 2014)
- การทดสอบฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธี DPPH (Wanyo et al., 2014)

การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

วางแผนการทดลองแบบ Completely Randomized Design วิเคราะห์ความแปรปรวนของข้อมูล (ANOVA) ตัวอย่างสดที่นำมาอบแห้งจำนวน 3 ซ้ำ และตัวอย่างที่นำมาทดสอบคุณภาพจำนวน 3 ซ้ำ และเปรียบเทียบความ แตกต่างของค่าเฉลี่ยโดยวิธี Duncan's new multiple range test โดยใช้โปรแกรม SPSS for Windows เวอร์ชั่น 17

ผลการศึกษาและวิจารณ์

1. สภาวะที่เหมาะสมในการทำแห้งส่วนที่เหลือใช้จากสับปะรดโดยวิธีการอบแห้งโดยใช้ลมร้อน

การทำแห้งส่วนที่เหลือใช้ของสับปะรดทั้ง 2 อุณหภูมิ ได้แก่ อุณหภูมิ 60 °C ระยะเวลา 6 ชั่วโมง และ อุณหภูมิ 70 °C ระยะเวลา 5 ชั่วโมง ในส่วนจุก (สีขาว) ส่วนแกนสับปะรด และใบที่ติดกับจุก มีปริมาณความชื้นของผลิตภัณฑ์อบแห้งแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) (Table 1) โดยการทำแห้งส่วนแกนของสับปะรดที่อุณหภูมิ 60 °C มีค่าความชื้นที่มากที่สุด เนื่องจากใช้อุณหภูมิสูงแต่เวลาในการอบแห้งต่ำกว่า ค่าความชื้นของตัวอย่างอยู่ในช่วงร้อยละ 2.62 ถึง 8.43 ซึ่งตัวอย่างมีค่าความชื้นอยู่ในเกณฑ์ของประกาศกระทรวงสาธารณสุข ชาสมุนไพร (ฉบับที่ 280) พ.ศ 2547 ที่กำหนดให้มีปริมาณความชื้นต้องไม่เกินร้อยละ 10 โดยน้ำหนัก (Announcement of the Ministry of Public Health, 2021)

การวิเคราะห์คุณภาพทางเคมีของผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มสมุนไพรจากส่วนที่เหลือใช้ของสับปะรดอินทรีย์ ปริมาณฟลาโวนอยด์ทั้งหมด ปริมาณฟีนอลิกทั้งหมด และฤทธิ์ต้านออกซิเดชั่น ของส่วนที่เหลือใช้ของสับปะรดที่ผ่าน การอบแห้งอุณหภูมิ 60 °C ระยะเวลา 6 ชั่วโมง และ อุณหภูมิ 70 °C ระยะเวลา 5 ชั่วโมง มีความแตกต่างกัน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) (Table 1) โดยส่วนจุกสีขาวที่ผ่านการอบแห้งด้วยอุณหภูมิ 60 °C ระยะเวลา 6 ชั่วโมง มีปริมาณฟลาโวนอยด์ทั้งหมด ปริมาณ ฟีนอลิกทั้งหมด และฤทธิ์ต้านออกซิเดชั่น สูงที่สุด เมื่อพิจารณาผลของ อุณหภูมิที่แตกต่างกันต่อคุณภาพของส่วนที่เหลือใช้ของสับปะรดที่ผ่านการอบแห้งแล้วทั้ง 3 ส่วน พบว่า การใช้อุณหภูมิ 60 °C สามารถรักษาคุณภาพของผลิตภัณฑ์ได้ดีกว่าการใช้อุณหภูมิ 70 °C ดังนั้น การอบแห้งด้วยสภาวะดังกล่าวจึงเป็น สภาวะที่เหมาะสมในการเตรียมชาสับปะรดจากส่วนที่เหลือใช้ สอดคล้องกับงานวิจัยของ Purintraphiban & Poonpaerdchon (2020) ได้ศึกษาผลของกระบวนการผลิตชาต่อคุณภาพและฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระของชาเปลือกฟักข้าว ผลการทดลองพบว่า การอบแห้งที่อุณหภูมิ 60 °C นาน 10 และ 8 ชั่วโมง มีปริมาณสารประกอบฟีนอลิคทั้งหมดสูงสุด (47.50±6.79 และ 44.44±2.27 mg GAE/g dry extract ตามลำดับ) รองลงมา คือ การอบแห้งที่อุณหภูมิ 60 °C นาน 12 ชั่วโมง (39.62±0.50 mg GAE/g dry extract) ขณะที่ การอบแห้งที่อุณหภูมิ 70 °C นาน 10 และ 12 ชั่วโมง ใบบัวบกมีปริมาณสารประกอบฟีนอลิค ทั้งหมดต่ำสุด (17.54±1.60 และ 18.28±1.30 mg GAE/g dry extract ตามลำดับ ผลจากการศึกษาแสดงให้เห็น ว่าอุณหภูมิที่เพิ่มขึ้นจะมีผลต่อความคงตัวของสารประกอบฟีนอลิคทั้งหมด ซึ่งทำให้ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด มีแนวโน้มลดลง เมื่ออุณหภูมิเพิ่มขึ้น การอบแห้งมีผลต่อความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระ เนื่องมาจากอุณหภูมิใน การอบแห้งมีความสามารถในการทำลายหรือเปลี่ยนแปลง โครงสร้างสารประกอบฟีนอลิกของสมุนไพร เมื่อใช้อุณหภูมิ ในการอบแห้งสูงขึ้น ทำให้ปริมาณกรดฟีนอลิกลดลง (Yuenyongphutthakhan & Maisutthisakul, 2019) การศึกษา ผลของอุณหภูมิที่ใช้ในการอบแห้ง (60, 70 และ 80 °C ระยะเวลา 12 และ 24 ชั่วโมง)

ในการอบแห้งจิงจูฉ่ายต่อปริมาณ สารประกอบฟีนอลิกรวมและฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ พบว่าสภาวะการอบ ที่แตกต่างกันส่งผลให้ปริมาณสารประกอบ ฟีนอลิกรวมและฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระมีความแตกต่าง อย่างมีนัยสำคัญ (P<0.05) โดยสภาวะการอบแห้งที่อุณหภูมิ 60 °C มีปริมาณของสารประกอบฟีนอลิกรวม และฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระ โดยวิธีดีพีพีเอชและเอบีทีเอชมีค่าสูงที่สุด การเพิ่มอุณหภูมิและเวลาในการอบแห้งส่งผลให้ ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกรวม และฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระมีค่าลดลง (Areesrisom et al., 2022)

2. อัตราส่วนที่เหมาะสมในการเตรียมชาสับปะรดจากส่วนที่เหลือใช้

การศึกษาอัตราส่วนที่เหมาะสมในการเตรียมชาสมุนไพรจากส่วนที่เหลือใช้ของสับปะรดอินทรีย์ทั้ง 6 สิ่งทดลอง พบว่าชาสับปะรดที่เตรียมจากส่วน จุกสับปะรด 100 % มีปริมาณฟลาโวนอยด์ทั้งหมด ปริมาณฟีนอลิกทั้งหมดและฤทธิ์ต้านออกซิเดชันสูงที่สุด (p≤0.05) โดยมีปริมาณฟลาโวนอยด์ทั้งหมด 10.38±1.64 mg RE/g ปริมาณฟีนอลิกทั้งหมด 8.42±1.23 mg GAE/g และฤทธิ์ต้านออกซิเดชัน 3.01±0.56 mg TE/g (Table 2) สอดคล้องกับงานวิจัยของ Singsai et al. (2020) เปรียบเทียบปริมาณสารประกอบฟีนอลิก สารฟลาโวนอยด์ และการต้านอนุมูลอิสระ ในแต่ละส่วนของสารสกัดจากกระถินไทย ได้แก่ ยอดอ่อน ใบ ผล และเมล็ด พบว่า สารสกัดจากยอดอ่อนมีปริมาณสารประกอบฟินอลิกมากที่สุด คือ เท่ากับ 1,660.79±93.71มิลลิกรัมสมมูลกรดแกลลิกต่อกรัมสารสกัด ทั้งนี้ในธรรมชาติพืช ผัก ผลไม้จะมีปริมาณสารประกอบฟีนอลิกปริมาณแตกต่างกันอาจเป็นชนิดเดียวกันหรือต่างกันก็ได้ขึ้นอยู่กับปัจจัยทางด้านพันธุกรรมและสิ่งแวดล้อม รวมถึงวิธีการปลูก ระยะเวลาการเก็บ วิธีการเก็บ และกระบวนการแปรรูป (Boonsong & Natedungta, 2014) สอดคล้องกับงานวิจัยของ Jitsaeng & Sungthong (2017) ศึกษาเปรียบเทียบฤทธิ์ ต้านอนุมูลอิสระของสาร สกัดเมทานอลจากส่วนใบ เกสรตัวผู้ กลีบดอกชั้นนอก กลีบดอกชั้นใน ก้านใบ และฝัก ของบัวหลวง 2 พันธุ์ คือ บัวหลวงสีชมพูดอกซ้อน (สัตตบงกช) และบัวหลวงสีขาวดอกซ้อน (สัตตบุษย์) ผลการศึกษา พบว่าฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ โดยสมมูลกับ สารมาตรฐานโทรลอกซ์ของตัวอย่างพืชที่ทำการทดสอบด้วยวิธี ABTS และ DPPH และปริมาณฟีนอลิกรวม มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p≤ 0.05) โดยฝักของบัวหลวงสัตตบุตย์ มีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ และปริมาณ ฟีนอลิกรวมสูงที่สุด การศึกษาสารสกัดจากใบสับปะรดสามารถใช้เป็นสารต้านอนุมูลอิสระได้ โดยพบว่า ใบสับปะรดประกอบ ไปด้วยสารทุติยภูมิ เช่น อัลคาลอยด์, ไกลโคไซด์, ฟลูบาแทนนิน, แทนนิน และฟลาโวนอยด์ สารออกฤทธิ์ทางชีวภาพ จากใบสับปะรด ที่สกัดด้วยสารละลาย hydro alcoholic solution แสดงค่าการยับยั้งอนุมูลอิสระในการทดสอบด้วย DPPH ที่ความเข้มข้น 99μg/mL (Sahu et al., 2020) จากผลการทดลองแสดงให้เห็นว่าปริมาณฟีนอลิกทั้งหมด และปริมาณ ฟลาโวนอยด์ ทั้งหมดที่มีปริมาณสูงขึ้นทำให้ฤทธิ์ต้านออกซิเดชั่นของตัวอย่างมีปริมาณเพิ่มขึ้น ความสามารถในการ ต้านอนุมูลอิสระ ของสารสกัดจะสอดคล้องกับปริมาณของฟีนอลิกทั้งหมดที่มีในตัวอย่าง โดยสารที่มีคุณสมบัติ เป็นสารต้านอนุมูลอิสระ เป็นสารประกอบฟีนอลหรือสารกลุ่ม ฟลาโวนอยด์ (Phutthawan & Na- Nong Khai, 2022) ซึ่งสารประกอบฟีนอลสามารถ พบได้ในส่วนต่าง ๆ ของพืช เช่น เมล็ด (ถั่วเหลือง ถั่วลิสง เมล็ดฝ้าย ข้าว และงา) ผล (องุ่น ส้ม และพริกไทยดา) ใบ (ชา และเครื่องเทศต่าง ๆ) และส่วนอื่น ๆ (มันเทศ และหัวหอม) โดยเฉพาะสารประกอบ ฟลาโวนอยด์ ที่พบได้เกือบทุกส่วนของพืช (Phakamus et al., 2018)

Table 1 Qualities of dried pineapple by-product after drying at 60 and 70 °C

Parts of pineapple	Moisture content (%)	Total flavonoid content (mg RE/g)	Total phenolic content (mg GAE/g)	Antioxidant activity (mg TE/g)
cork 60 °C	3.10±1.53^{b}	9.04±0.20^{a}	7.59±0.05^{a}	3.58±0.41^{a}
core 60 °C	8.43±2.70^{a}	1.77±0.01^{c}	1.22±0.03^{e}	1.79±0.40^{cd}
leaf 60 °C	4.26±0.13^{b}	1.28±0.07^{d}	2.38±0.08^{c}	1.85±0.07^{cd}
cork 70 °C	2.62±0.02^{b}	8.74±0.07^{b}	6.55±0.88^{b}	2.94±0.38^{b}
core 70 °C	5.11±0.03^{b}	1.25±0.02^{d}	1.20±0.10^{e}	1.67±0.17^{d}
leaf 70 °C	2.65±0.01^{b}	0.99±0.04^{e}	2.00±0.06^{d}	1.99±0.05^{c}

Note: mean ±SD, difference letters mean within each column indicate significant differences (p≤0.05).

Table 2 Qualities of pineapple herbal tea mixed with different parts

Treatment	Total flavonoid content (mgRE/g)	Total phenolic content (mgGAE/g)	Antioxidant activity (mgTE/g)
cork 100%	10.38±1.64[a]	8.42±1.23[a]	3.01±0.56[a]
core 100%	1.09±0.02[d]	1.11±0.72[d]	1.57±0.47[d]
leaf 100%	2.73±0.04[c]	7.81±0.59[a]	1.93±0.05[c]
cork 50% + core 50%	3.86±0.12[b]	3.68±0.61[b]	2.62±0.01[b]
leaf 50% + core 50%	1.59±0.03[d]	1.71±0.54[cd]	1.73±0.26[cd]
cork 50% + leaf 50%	3.60±0.17[b]	2.04±0.46[c]	2.56±0.12[b]

Note: mean ±SD, difference letters mean within each column indicate significant differences (p≤0.05).

3. การเปรียบเทียบคุณภาพของผลิตภัณฑ์ชาสับปะรดกับผลิตภัณฑ์ชาสมุนไพรที่มีจำหน่ายทางการค้า

จากการทดลองที่ 2 ได้คัดเลือกชาสับปะรดที่เตรียมจากส่วนจุกสีขาว 100 % มาเป็นตัวแทนของผลิตภัณฑ์ชาสับปะรด เนื่องจากจุกสับปะรด 100 % มีปริมาณฟลาโวนอยด์ทั้งหมด ปริมาณฟีนอลิกทั้งหมด และฤทธิ์ต้านออกซิเดชันสูงที่สุด (p≤0.05) เพื่อทดสอบคุณภาพเปรียบเทียบกับชาสมุนไพร ได้แก่ ชาบัวบก ชามะตูม ชาดอกคำฝอย ชากระเจี๊ยบ และชามะขามป้อม (ยี่ห้อ อภัยภูเบศร, ปราจีนบุรี) พบว่า คุณภาพของผลิตภัณฑ์ชาสับปะรด มีปริมาณฟลาโวนอยด์ทั้งหมด ปริมาณ ฟีนอลิกทั้งหมด และฤทธิ์ต้านออกซิเดชันที่ต่ำกว่าผลิตภัณฑ์ชาสมุนไพรที่มีจำหน่ายทั่วไป (p≤0.05) (Table 3) สอดคล้องกับงานวิจัยของ Veljković et al. (2013) ศึกษาการประเมินสารประกอบฟีนอลิกแต่ละชนิดและคุณสมบัติในการต้านอนุมูลอิสระของการชงชาดำ ชาเขียว ชาสมุนไพร และชาผลไม้ที่บริโภคในเซอร์เบียร์ ซึ่งได้ทดสอบผลไม้ 11 ชนิด พบว่า มีปริมาณฟลาโวนอยด์อยู่ในช่วง 16.49-29.65 กรัมต่อกิโลกรัม มีปริมาณฟีนอลิกอยู่ในช่วง 45.84-223.86 กรัมต่อกิโลกรัม และฤทธิ์ต้านออกซิเดชันอยู่ในช่วง 0.107-0.181 กรัมต่อกิโลกรัม โดยชาสับปะรด พบว่า มีปริมาณฟลาโวนอยด์ 25.35 กรัมต่อกิโลกรัม ปริมาณฟีนอลิก 45.84 กรัมต่อกิโลกรัม และฤทธิ์ต้านออกซิเดชัน 0.107 กรัมต่อกิโลกรัม เนื่องจากสาร polyphenol ที่เป็นองค์ประกอบในชาชนิดต่างๆ และชาสมุนไพรประกอบไปด้วยสารประกอบฟีนอลที่อยู่ในกลุ่ม flavonoid เช่น catechins quercetin และ anthocyanin ซึ่งมีคุณสมบัติในการเป็นสารต้านอนุมูลอิสระที่มีประสิทธิภาพ โดยเฉพาะสารประกอบฟีนอลชนิดที่พบในชาเขียว (epigallocatechin-3-gallate) พบว่ามีคุณสมบัติเป็นสารที่ลดความเสี่ยงในการเกิดโรคมะเร็งได้ (Khan & Mukhtar, 2007) ในขณะที่สารประกอบฟีนอลที่เป็นองค์ประกอบในผลไม้ส่วนใหญ่อยู่ในรูปของ phenolic acid ทำให้มีคุณสมบัติในการเป็นสารต้านอนุมูลอิสระแตกต่างกัน (Lubaina et al., 2020) การศึกษาสมบัติการต้านอนุมูลอิสระของชาสมุนไพรเขตร้อน 13 ชนิดและชาสมุนไพรเขตอบอุ่น 5 ชนิด โดยเปรียบเทียบกับชาเขียว ชาอู่หลง และชาดำที่อยู่ในตระกูล Camellia sinensis พบว่า ชามะนาวไมร์เทิลชาฝรั่ง และ ชาออริกาโนที่มีสมบัติการต้านอนุมูลอิสระเทียบได้กับชาดำ โดยชาสมุนไพรเขตร้อน (ชามะนาวไมร์เทิล และชาฝรั่ง) มีปริมาณสารประกอบฟีนอลิก 75.6 และ 59.3 mgGAE/g และชาสมุนไพรเขตอบอุ่น (ออริกาโน มิ้นต์และเปปเปอร์มินต์) มีปริมาณสารประกอบฟีนอลิก 58.6, 43.5 และ 42.1 mgGAE/g ตามลำดับ (Chan et al., 2010) อย่างไรก็ตาม จากการศึกษาของ Li et al. (2014) พบว่า สารสกัดจากเปลือกสับปะรดประกอบไปด้วยสารประกอบฟีนอล หลายชนิด ได้แก่ Gallic acid (31.76 mg/100 g dry extracts), catechin (58.51 mg/100 g), epicatechin (50.00 mg/100 g), and ferulic acid (19.50 mg/100 g) จากข้อมูลดังกล่าว การนำส่วนเปลือกสับปะรดอินทรีย์ที่เหลือใช้มาเป็นส่วนผสมเพิ่มเติมในผลิตภัณฑ์ชาสมุนไพรจากส่วนที่เหลือใช้จากสับปะรดอาจช่วยปรับปรุงคุณภาพของผลิตภัณฑ์ได้

Table 3 Qualities of pineapple herbal tea compared with commercial herbal tea

Treatment	Total flavonoid content (mg RE/g)	Total phenolic content (mg GAE/g)	Antioxidant activity (mg TE/g)
Pineapple tea	10.38±1.64[c]	8.42±1.23[d]	3.01±0.56[e]
Asiatic Pennyworth tea	64.99±1.98[a]	11.36±2.13[c]	61.15±4.31[a]
Bael Fruit tea	64.46±19.68[a]	82.98±1.13[a]	34.95±4.94[c]
Rosella tea	21.72±0.56[b]	29.28±2.35[b]	26.74±1.83[d]
Safflower tea	29.38±1.12[b]	12.31±0.77[c]	44.81±1.54[b]

Note: mean ±SD, difference letters mean within each column indicate significant differences (p≤0.05).

สรุปผลการศึกษา

การแปรรูปชาสมุนไพรจากส่วนที่เหลือใช้ของสับปะรดอินทรีย์ ได้แก่ ส่วนจุก (สีขาว) ส่วนแกนสับปะรด และส่วนใบที่ติดกับจุก พบว่า อุณหภูมิที่เหมาะสมสำหรับการอบแห้ง คือ อุณหภูมิ 60 °C ระยะเวลา 6 ชั่วโมง โดยอัตราส่วนที่เหมาะสมในการเตรียมชาสมุนไพรจากส่วนที่เหลือใช้ของสับปะรดอินทรีย์ พบว่า การใช้ส่วนจุก 100 % มีปริมาณฟีนอลิก ปริมาณฟลาโวนอยด์ และฤทธิ์ต้านออกซิเดชั่นสูง เมื่อเปรียบเทียบคุณภาพผลิตภัณฑ์ชาสมุนไพรจากส่วนที่เหลือใช้ของสับปะรดอินทรีย์ กับผลิตภัณฑ์ชาสมุนไพรที่มีจำหน่ายทางการค้า พบว่า มีคุณภาพต่ำกว่าผลิตภัณฑ์ที่มีจำหน่ายทางการค้า อย่างไรก็ตามแนวทางการพัฒนาผลิตภัณฑ์ สามารถนำส่วนเปลือกที่เหลือใช้มาเพิ่มเติมในส่วนผสมเพื่อปรับปรุงคุณภาพของผลิตภัณฑ์ชาสมุนไพรจากส่วนที่เหลือใช้จากสับปะรด หรือนำไปผสมกับสมุนไพรชนิดอื่นเพื่อปรับปรุงคุณภาพทางด้านรสชาติได้

เอกสารอ้างอิง

Announcement of the Ministry of Public Health (No. 280) (2004). **Herbal Tea.** Retrieved from: chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/https://fic.nfi.or.th/law/upload/file1/TH_2045.pdf (in Thai)

Announcement of the Ministry of Public Health (No. 426) (2021). **Tea from Plants.** Retrieved from: https://www.ratchakitcha.soc.go.th/DATA/PDF/2564/E/102/T_0008.PDF (in Thai).

Areesrisom, P., Phungthat, T., Nilawonk, W., Areesrisom, A., & Taokaenchan, N. (2022). Effect of Drying Conditions on Phytochemical Compositions, Total Phenolic Contents and Antioxidant Activities in *Artemisia lactiflora*. **Journal of Agriculture Production**, 4(3), 118-131. (in Thai).

Boonsong, P., & Natedungta, W. (2014). Radical Scavenging Activity and Phytochemical Compositions of Some Tropical Fruit Plant Leaves. **The Journal of KMUTNB**, 24(3), 624-633. (in Thai).

Chan, E. W. C., Lim, Y. Y., Chong, K. L., Tan, J. B. L., & Wong, S. K. (2010). Antioxidant properties of tropical and temperate herbal teas. **Journal of Food Composition and Analysis**, 23(2), 185-189.

Da Silva, D. I., Nogueira, G. D., Duzzioni, A. G., & Barrozo, M. A. (2013). Changes of antioxidant constituents in pineapple (Ananas comosus) residue during dthe rying process. **Industrial Crops and Products**, 50, 557-562.

Jansuna, S., Charoensup, L., Jirakiattikul, Y., & Harakotr, B. (2020). Effects of Drying Temperatures and Times on Antioxidant Contents and Their Activities of *Centella asiatica* (L.) Urb. Leaves. **Thai Science and Technology Journal**, 28(12), 2261-2272. (in Thai).

Jitsaeng, K., & Sungthong, B. (2017). Antioxidant Activity and Total Phenolic Contents of Various Parts from Two Cultivars of *Nelumbo nucifera* Gaertn. **Journal of Science and Technology Mahasarakham University**, 36(2), 154-160. (in Thai).

Khan, N., & Mukhtar, H. (2007). Tea polyphenols for health promotion. **Life Sciences**, 81(7), 519-533.

Li, T., Shen, P., Liu, W., Liu, C., Liang, R., Yan, N., & Chen, J. (2014). Major polyphenolics in pineapple peels and their antioxidant interactions. **International Journal of Food Properties**, 17(8), 1805-1817.

Lubaina, A. S., Renjith, P. R., Roshni, A. S., & Thompson, J. (2020). Identification and quantification of polyphenols from pineapple peel by high performance liquid chromatography analysis. **Advances in Zoology and Botany**, 8, 431-438.

Musika, J., & Musika, T. (2021). Development of Healthy Shallot Herbal Tea (*Allium ascalonicum* L.) with Antioxidant Activities. **Journal of Food Technology, Siam University**, 16(2), 148-159 (in Thai).

Phakamus, S., Chokrathok, S., Woraratphoka, J., & Innok, S. (2018). Development of Yanang Mixed Herb Tea Products. **Burapha Science Journal**, 23(3), 1682-1695. (in Thai).

Phutthawan, P., & Na- Nong Khai, A. (2022). Phytochemical Screening and Antioxidant Activities of Local Herbal Plants in the North of Thailand for Development to Ready-To-Drink Herbal Tea. **KKU Science Journal**, 46(2), 238–247. (in Thai).

Purintraphiban, S., & Poonpaerdchon, S. (2020). Effect of tea processing on quality and antioxidant properties of gac fruit peel tea. **RMUTSB Academic Journal**, 8(1), 28-38. (in Thai).

Sahu, D., Yadav, B., Verma, S., Yadav, A. P., Tilak, V. K., & Maurya, S. D. (2020). Antioxidant Activity and Phytochemical Analysis of Leaf Extracts of Pineapple. **Journal of Drug Delivery and Therapeutics**, 10(5), 165-167. https://doi.org/10.22270/jddt.v10i5.4397

Singpoonga, N., & Yosmethakun, R. (2023). Yellow Wine Production from Pineapple Mixed with *Cordyceps militaris* Extract. **Journal of Agriculture**, 39(2), 219-231. (in Thai).

Singsai, K., Sakdavirote, A., Wechpanishkitkul, K., & Moonsamai, A. (2020). The comparison of phenolic compounds, flavonoids and antioxidant activities of the ethanolic extracts of shoots, leaves, fruits and seeds of *Leucaena leucocephala*. **Naresuan Phayao Journal**, 13(3), 66-73. (in Thai).

Sopajarn, A., Niseng, S., Toyarn, T., & Ritplin, T. (2020). Investigation of Piper Betle Herbal Tea Drying with Infrared Heater by Solar Cell Power. **RMUTSV Research Journal**, 12(1), 171-179. (in Thai).

Sorasing, P. (2019). **Utilization of Pineapple Wasted as Low-cost Adsorbent for Color Removal**. Doctoral Thesis. Suranaree University. (in Thai).

Srisopa, A., & Wongkrajang, K. (2020). Development of Antioxidant and Anti-**α**-glucosidase Mulberry Leaf Tea Recipes with Combination of Aroma Herbs. **Thai Journal of Science and Technology**, 9(2), 218-229. (in Thai).

Srithiang, K., Prachakiew, S., & Boonchauy, S. (2019). Development Products of Biomass Briquettes Production from Pineapple Peel. **Journal of Innovative Technology Research**, 3(1), 101-110. (in Thai).

Tonglim, J., Kittibunchakul, S., Kriengsinyos, W., Kettawan, A., & Suttisansanee, U. (2015). Comparative Study on Anti-hypertension Potential of Thai Herbal Tea and Conventional Tea (*Camellia sinensis*). **Agricultural Science Journal**, 46(3), 13-16. (in Thai).

Suravatthanwiset W. (2017). **The Development of Scrub Products from Pineapple Fiber**. Master's Degree Thesis. Rajamangala University of Technology Thanyaburi University. (in Thai).

Wanyo, P., Schoenlechner, R., Meeso, N., & Siriamornpun, S. (2014). Antioxidant activities and sensory properties of rice bran with marigold tea. **Food and Applied Bioscience Journal**, 2(1), 1-14.

Yuenyongphutthakhan, W., & Maisutthisakul, P. (2019). **Production and Analysis of Green Caviar Tea**. Burapha University. (in Thai).