

การเปรียบเทียบปริมาณสารสำคัญและฤทธิ์ต้านออกซิเดชันในผลส้มแขกสดอบแห้ง และผลส้มแขกแห้งที่จำหน่ายในท้องตลาด

Comparison of Bioactive Compounds Contents and Antioxidant Activity in Fresh-Dried *Garcinia atroviridis* and Commercially Available Dried Garcinia Fruits

นุรอีมาน ซีน่า¹ และ นุรามาลี ดีนามอ^{2*}

Nur-eman Seená¹ and Nuramalee Deenamo^{2*}

(Received: 17 October 2025; Revised: 5 December 2025; Accepted: 17 December 2025)

บทคัดย่อ

การศึกษานี้มีวัตถุประสงค์เพื่อเปรียบเทียบปริมาณสารสำคัญ ได้แก่ สารฟีนอลิกรวม ฟลาโวนอยด์ แทนนิน ตลอดจนเพื่อศึกษาฤทธิ์ต้านออกซิเดชันในผลส้มแขกสดอบแห้งและผลส้มแขกแห้งที่จำหน่ายในท้องตลาด ซึ่งเตรียมสารสกัดด้วยวิธีการแช่ชิ้นส้มแขกทั้งสองแบบในเอทานอลความเข้มข้น 95% โดยปริมาตร ในอัตราส่วน ส้มแขกกับตัวทำละลาย 1:4 เป็นเวลา 7 วัน ที่อุณหภูมิห้อง นำสารสกัดที่ได้มากรองและทำให้เข้มข้นโดยการระเหยตัวทำละลายออกด้วยเครื่องกลั่นระเหยแบบหมุนภายใต้สุญญากาศ แล้วนำมาวิเคราะห์ปริมาณสารฟีนอลิก ฟลาโวนอยด์ และแทนนิน โดยวัดค่าการดูดกลืนแสงด้วยเครื่องยูวีวิสิเบิลสเปกโตรโฟโตมิเตอร์ ส่วนการทดสอบฤทธิ์ต้านออกซิเดชันใช้วิธี 2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl (DPPH) radical scavenging activity ซึ่งแสดงผลในรูปของค่าร้อยละความสามารถในการยับยั้งอนุมูลอิสระของ DPPH (%Scavenging activity; %SA) และค่าความเข้มข้นของสารตัวอย่างที่ใช้ในการกำจัดอนุมูลอิสระของ DPPH ลดลงร้อยละ 50 (IC₅₀) ผลการศึกษาพบว่าสารสกัดผลส้มแขกสดอบแห้งมีปริมาณสารสำคัญทั้ง 3 ชนิด และค่า %SA สูงกว่าสารสกัดผลส้มแขกแห้งที่จำหน่ายในท้องตลาดอย่างมีนัยสำคัญ ($p < 0.05$) อย่างไรก็ตามพบว่า ค่า IC₅₀ ของสารสกัดจากส้มแขกทั้งสองแบบมีค่าใกล้เคียงกัน เท่ากับ 1.30 และ 1.23 ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตร ตามลำดับ จากผลการวิจัยเหล่านี้แสดงให้เห็นว่ากระบวนการผลิตขึ้นส้มแขกแห้งที่เหมาะสมมีผลต่อปริมาณสารสำคัญและสมบัติการต้านออกซิเดชันเพื่อกำจัดอนุมูลอิสระ

คำสำคัญ: ผลส้มแขก สารสำคัญ ฤทธิ์ต้านออกซิเดชัน ผลส้มแขกสดอบแห้งและผลส้มแขกแห้งที่จำหน่ายในท้องตลาด

¹ห้องชันสูตรโรค โรงพยาบาลยี่งอเฉลิมพระเกียรติ 80 พรรษา อำเภอเมือง จังหวัดนราธิวาส

¹Medical Laboratory, Yi-ngo Hospital 80th Anniversary Commemoration, Yi-ngo District, Narathiwat Province

²คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยนราธิวาสราชนครินทร์

²Faculty of Science and Technology, Princess of Naradhiwas University

*Corresponding Author: nuramalee.d@pnu.ac.th

Abstract

The objective of this study was to compare the contents of bioactive compounds, including total phenolics, flavonoids and tannins, as well as to evaluate the antioxidative activity in fresh-dried *Garcinia atroviridis* fruits and commercially available dried garcinia fruits. Extracts were prepared by macerating slices of both types of fruits in 95% (v/v) ethanol at a sample-to-solvent ratio of 1:4 (w/v) for 7 days at room temperature. The obtained extracts were filtered and concentrated by evaporating the solvents under reduce pressure using a rotary evaporator. Then, the contents of total phenolics, flavonoids, and tannins were determined by measuring absorbance with UV-visible spectrophotometer. The antioxidative activity was evaluated using 2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl (DPPH) radical scavenging activity assay. The results were expressed as the percentage of DPPH radical scavenging activity (%SA) and the 50% inhibitory concentration (IC₅₀). The results showed that the extract of fresh-dried garcinia fruit contained significantly higher amounts of all three bioactive compounds and exhibited higher %SA values than the extract of commercially dried garcinia ($p < 0.05$). However, the IC₅₀ values of both extracts were found to be comparable, at 1.30 and 1.23 $\mu\text{g/ml}$, respectively. These findings indicate that. The appropriate manufacturing process of dried *Garcinia atroviridis* slices affects the content of bioactive compounds and antioxidant properties to scavenge free radicals.

Keywords: *Garcinia atroviridis* fruit, Bioactive compounds, Antioxidant activity, Fresh-dried and commercially available dried garcinia fruits

บทนำ

ส้มแขก (*Garcinia atroviridis*) เป็นพืชยืนต้นจัดอยู่ในวงศ์ Clusiaceae หรือ Guttiferae ซึ่งอยู่ในตระกูลเดียวกับมังคุด ชะมวง มะดัน มะพูด พะวา ดังหนใบเล็ก ดังหนใบใหญ่ โกงวัน ตำลึงและบุนนาคน้ำ (Khawniam & Te-chato, 2014) มีถิ่นกำเนิดและปลูกทั่วไปในประเทศไทย พม่า มาเลเซีย ศรีลังกาและอินเดีย (Shahid et al., 2022) โดยในประเทศไทยนิยมปลูกกันมากทางภาคใต้และมักเรียกชื่อพื้นเมืองหลายชื่อตามแหล่งที่ปลูก เช่น ส้มควาย (ตรัง) ส้มพะงุน (ปัตตานี) อาแซกะลูลูโก (ยะลา นราธิวาส) ผลส้มแขกมีลักษณะผลเดี่ยวคล้ายฟักทองขนาดเล็กใกล้เคียงกับผลกระท้อน ผิวเรียบสีเขียว เมื่อแก่จัดจะเปลี่ยนเป็นสีเหลืองแก่ เปลือกผลเป็นร่องตามแนวขั้วผลไปยังปลายผลประมาณ 8-10 ร่อง ที่ขั้วผลมีกลีบเลี้ยงติดอยู่ 2 ชั้น ชั้นละ 4 กลีบ เนื้อแข็งมีรสเปรี้ยวจัด ในผลมีเมล็ดแข็ง 2-3 เมล็ด เนื้อของผลส้มแขกนิยมนำมาตากแห้งและนำมาใช้เป็นเครื่องปรุงเพื่อเพิ่มรสเปรี้ยว (Tun Norbrillinda et al., 2025) และสร้างความสมดุลของรสชาติอาหารหลายเมนู เช่น แกงส้ม แกงเลียง ต้มเนื้อ ต้มปลา น้ำแกงขมจีน และน้ำพริก เป็นต้น นอกจากนี้ส้มแขกยังมีการนำไปใช้ประโยชน์เป็นผลิตภัณฑ์อาหารแปรรูปต่างๆ ได้แก่ ชาส้มแขก (Srisuk & Soontornnon,

2018; Kongchaian et al., 2020) ผลิตภัณฑ์ก็มีเยลลี่จากน้ำสกัดส้มแขก (Suteebut et al., 2024) และ แยมส้มแขกแคลอรีต่ำ (Tayeh et al., 2019) เป็นต้น อีกทั้งส้มแขกมีรายงานวิจัยว่าพบสารสำคัญที่มี คุณสมบัติทางยาและฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ (Chuaijit et al., 2024) ซึ่งมีความสำคัญในบริบททั้งการบริโภคในรูปแบบอาหารและเป็นสมุนไพรตามตำราพื้นบ้านของภูมิภาคนี้อีกด้วย

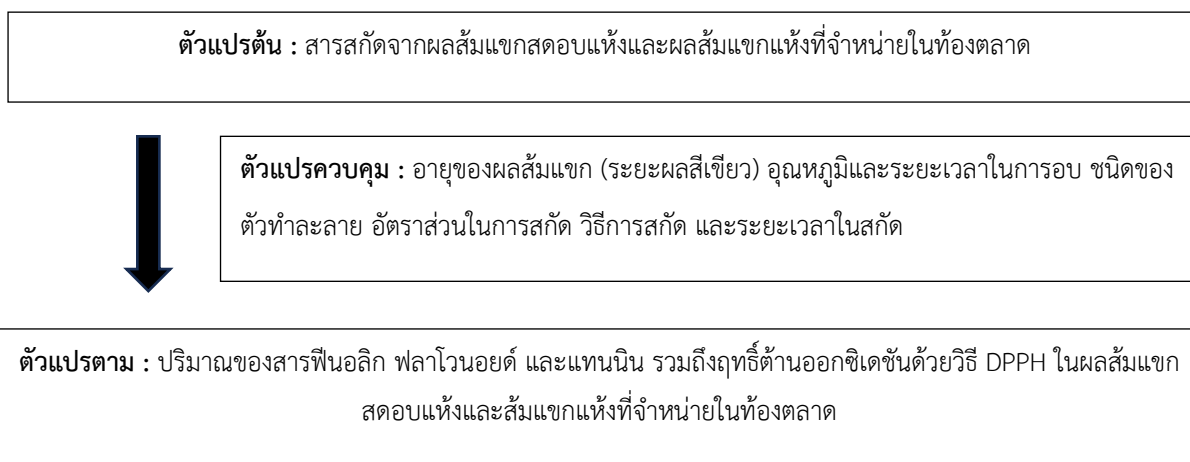
ส้มแขกเป็นแหล่งสารพฤกษเคมี (phytochemicals) สำคัญหลายชนิด ได้แก่ สารประกอบในกลุ่ม ฟีนอลิก (phenolic compound) สารในกลุ่มฟลาโวนอยด์ (flavonoid) สารในกลุ่มเทอร์ปีนอยด์ (terpenoid) พรินิลเทตแซนโทน (prenylated xanthone) และกรดอินทรีย์หลายชนิด เช่น กรด แอสคอร์บิก (ascorbic acid) กรดซิตริก (citric acid) กรดมาลิก (malic acid) กรดโดดีคาโนอิก (dodecanoic acid) กรดออกตาดีคาโนอิก (octadecanoic acid) และกรดเพนตาดีคาโนอิก (pentadecanoic acid) เป็นต้น ซึ่งกรดเหล่านี้จะมีผลทำให้ส้มแขกมีรสเปรี้ยว โดยเฉพาะกรดไฮดรอกซีซิตริก (Hydroxycitric Acid หรือ HCA) ซึ่งมีสรรพคุณช่วยลดไขมันส่วนเกินได้ เนื่องจากสารนี้มีคุณสมบัติในการ ยับยั้งเอนไซม์ที่เกี่ยวข้องกับการขัดขวางการเปลี่ยนน้ำตาลเป็นไขมัน ส่งผลทำให้สามารถลดการสร้างและ สะสมไขมันในร่างกาย (Tomar et al., 2019) จากรายงานวิจัยหลายฉบับพบว่าสารสำคัญเหล่านี้มีฤทธิ์ทาง ชีวภาพที่แตกต่างกัน เช่น ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ ยับยั้งเนื้องอกและการเกิดเซลล์มะเร็ง ลดการอักเสบและ บรรเทาอาการปวด ป้องกันโรคอ้วน ลดระดับน้ำตาลในเลือด และยับยั้งการเติบโตของแบคทีเรียก่อโรคบาง ชนิด (Hamidon et al., 2017; Kovilein et al., 2020; Fu et al., 2021; Venn-Watson et al., 2020; Lim et al., 2020) นอกจากส่วนผลแล้ว พบว่าส่วนประกอบอื่น ๆ ก็สามารถนำมาใช้เป็นยาสมุนไพรได้ด้วย เช่น สารสกัดจากใบและรากเมื่อเคี้ยวจนงวดใช้รักษาอาการปวดหู (ไพโรจน์ ผลประสิทธิ์, 2541 อ้างถึงใน Khawniam & Te-chato, 2014) ถ้านำทุกส่วนมาต้มรวมกันใช้เป็นยาพอกโลหิตและขับเสมหะได้ (สมพร จันทรเดช, 2538 อ้างถึงใน Khawniam & Te-chato, 2014) จะเห็นได้ว่าส้มแขกมีประโยชน์หลายอย่างทั้งใน เชิงการแพทย์และอาหาร

ส่วนใหญ่การบริโภคส้มแขกมักจะนำมาแปรรูปเป็นลักษณะชิ้นแห้ง ใช้เป็นส่วนประกอบในการทำอาหารและนำไปต่อยอดเป็นผลิตภัณฑ์อื่น ๆ โดยผู้บริโภคสามารถหาซื้อได้ทั่วไปในตลาดชุมชนของจังหวัด นราธิวาสและพื้นที่ใกล้เคียงหรือร้านค้าออนไลน์ อย่างไรก็ตาม ผู้บริโภคก็ยังมีข้อสงสัยเกี่ยวกับคุณภาพของผล ส้มแขกแห้งที่วางจำหน่ายในท้องตลาดว่าผ่านมาตรฐานการบริโภคหรือไม่ หากมีข้อมูลเบื้องต้นเกี่ยวกับ คุณภาพของเนื้อส้มแขกชิ้นแห้งในตลาดโดยรวมก่อนตัดสินใจซื้อก็เป็นสิ่งที่ดี ส่งผลต่อความปลอดภัยในการ บริโภคส้มแขกแห้ง ซึ่งปัจจัยทางกายภาพในการพิจารณาหลายด้าน เช่น สี รสชาติ ความสะอาด ความแห้ง แหล่งที่ผลิตและกระบวนการผลิตที่ได้มาตรฐาน เป็นต้น นอกจากนี้พบว่าผู้บริโภทยังขาดข้อมูลเชิงปริมาณของ สารสำคัญในส้มแขกแห้ง เพื่อใช้ประกอบการพิจารณาคุณภาพด้านคุณประโยชน์ ดังนั้นผู้วิจัยจึงมีความสนใจ อย่างยิ่งในการศึกษาสารสำคัญต่าง ๆ ได้แก่ สารฟีนอลิกรวม ฟลาโวนอยด์ และแทนนิน รวมถึงฤทธิ์ต้าน ออกซิเดชันจากผลส้มแขกที่ปลูกในพื้นที่จังหวัดนราธิวาส โดยการเปรียบเทียบปริมาณสารดังกล่าวในผลสดที่ นำมาอบแห้งและผลตากแห้งหรืออบแห้งที่จำหน่ายในท้องตลาด เพื่อใช้เป็นข้อมูลในการเลือกบริโภค การ นำไปต่อยอดเพื่อพัฒนาผลิตภัณฑ์จากส้มแขก และเพื่อเพิ่มรายได้แก่เกษตรกรในท้องถิ่นต่อไป

วัตถุประสงค์การวิจัย

1. เพื่อเปรียบเทียบปริมาณสารสำคัญ ได้แก่ สารฟีนอลิกรวม ฟลาโวนอยด์ และแทนนิน ในผลส้มแขกสดอบแห้งและผลส้มแขกแห้งที่จำหน่ายในท้องตลาด
2. เพื่อศึกษาฤทธิ์ต้านออกซิเดชันของสารสกัดจากผลส้มแขกทั้งสองชนิดด้วยวิธี DPPH radical scavenging activity

กรอบแนวคิดการวิจัย



ภาพที่ 1 กรอบแนวคิดการวิจัย

วิธีการวิจัย

1. การเตรียมตัวอย่างสารสกัดจากผลส้มแขก: นำผลส้มแขกสดจากสวนของเกษตรกรในหมู่ที่ 5 ตำบลกาลิสา อำเภอร่องแงะ จังหวัดนราธิวาส มาล้างทำความสะอาด นำผลส้มแขกสดมาหั่นเป็นชิ้นบาง ๆ แล้วนำไปแช่และอบที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส จนแห้งเป็นเวลา 48 ชั่วโมง และนำไปแช่อีกครั้งหลังอบเสร็จ (ส่วนผลส้มแขกแห้งที่จำหน่ายในท้องตลาด ได้ผ่านขั้นตอนการหั่นเป็นชิ้นบางและทำให้แห้งแล้ว จึงไม่ต้องนำมาอบ สามารถชั่งได้เลย โดยได้เก็บตัวอย่างของส้มแขกแห้งจากร้านค้าย่อย จำนวน 3 ร้าน ของตลาดชุมชนแห่งหนึ่ง ซึ่งตั้งอยู่ในเขตอำเภอเมือง จังหวัดนราธิวาส) จากนั้นนำส้มแขกสดอบแห้ง (Fresh-dried garcinia fruit) และส้มแขกแห้งที่จำหน่ายในท้องตลาด (Commercially available dried garcinia fruit) มาสกัดโดยวิธีการแช่ในตัวทำละลายเอทานอลความเข้มข้น 95 % โดยปริมาตร ในอัตราส่วนส้มแขกกับตัวทำละลาย 1:4 ตั้งไว้ที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 7 วัน นำมารองแยกสารสกัดออกจากกาก แล้วนำสารสกัดที่ได้ไประเหยตัวทำละลายออกเพื่อให้สารสกัดเข้มข้นด้วยเครื่องกลั่นระเหยแบบหมุนภายใต้สุญญากาศ (Rotary evaporator) ยี่ห้อ Heidolph รุ่น Hei-Vap Precision จากนั้นนำสารสกัดบรรจุในขวดสีชา ปิดฝาให้สนิท และเก็บที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส เพื่อรอนำไปวิเคราะห์ในขั้นตอนต่อไป

2. การวัดสี (Color Measuring): นำชิ้นของผลส้มแขกสดอบแห้งและผลส้มแขกแห้งที่จำหน่ายในท้องตลาด มาวัดค่าสีด้วยเครื่องวัดสี Colorimeter รุ่น CR-400 ผลของการวัดสีที่ได้แสดงในรูป L^* a^* b^* โดยที่

-แกน L^* บ่งบอกถึง ความสว่าง มีค่าตั้งแต่ 0-100 โดย 0 คือ สีดำ และ 100 คือ สีขาว

แกน a^* บรรยายแกนสี จากสีเขียว ($-a^*$) จนถึงสีแดง ($+a^*$)

แกน b^* บรรยายแกนสี จากสีน้ำเงิน ($-b^*$) จนถึงสีเหลือง ($+b^*$)

3. การวิเคราะห์ปริมาณสารสำคัญ

3.1 การหาปริมาณสารฟีนอลิกรวม: การหาปริมาณสารฟีนอลิกในสารสกัดผลส้มแขก โดยดัดแปลงตามวิธีของ Torres et al. (1987) as cited in Deenamo et al. (2024) นำสารสกัดผลส้มแขกสดอบแห้งและผลส้มแขกแห้งที่จำหน่ายในท้องตลาด มาเจือจางด้วยเอทานอล 95 % โดยปริมาตร ให้มีความเข้มข้นที่เหมาะสม ใช้ตัวอย่างละ 50 ไมโครลิตร ใส่ในหลอดไมโครเซนทริฟิวจ์ เติม Folin-Ciocalteu reagent 200 ไมโครลิตร เขย่าเบา ๆ และบ่มที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 5 นาที แล้วเติมสารละลายโซเดียมคาร์บอเนต (Na_2CO_3) ความเข้มข้นร้อยละ 20 โดยมวลต่อปริมาตร ปริมาตร 1,000 ไมโครลิตร แล้วตั้งทิ้งไว้ประมาณ 10 นาที เพื่อให้เกิดสี แล้วนำไปป็นเหียงด้วยเครื่องปั่นเหียงตกตะกอน หลังจากนั้นนำมาวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 760 นาโนเมตร (OD_{760}) โดยทำการทดลอง 3 ซ้ำ วิเคราะห์สารฟีนอลิกรวมในสารสกัดส้มแขก โดยเปรียบเทียบค่าการดูดกลืนแสงที่อ่านได้กับกราฟมาตรฐานกรดแกลลิก ซึ่งปริมาณสารฟีนอลิกรวมที่ได้จะแสดงในหน่วยมิลลิกรัมของกรดแกลลิกต่อน้ำหนักแห้งของส้มแขกมีหน่วยเป็นกรัม (mg of gallic acid equivalent/g.dw)

3.2 การหาปริมาณฟลาโวนอยด์รวม: การหาปริมาณฟลาโวนอยด์รวมด้วยวิธี aluminium chloride colorimetry โดยดัดแปลงจากวิธีของ Zhishen et al. (1999) as cited in Deenamo et al. (2024) นำสารสกัดผลส้มแขกทั้งสองแบบมาเจือจางด้วยเอทานอล 95 % โดยปริมาตร ให้มีความเข้มข้นที่เหมาะสม ใช้ตัวอย่างละ 500 ไมโครลิตร ใส่ในหลอดไมโครเซนทริฟิวจ์ เติมสารละลายอะลูมิเนียมคลอไรด์ (AlCl_3) ความเข้มข้นร้อยละ 2.5 โดยมวลต่อปริมาตร ปริมาตร 500 ไมโครลิตร และโซเดียมอะซิเตต (CH_3COONa) ความเข้มข้น 100 กรัมต่อลิตร ปริมาตร 500 ไมโครลิตร จากนั้นตั้งทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 15 นาที แล้วนำไปวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 430 นาโนเมตร (OD_{430}) โดยทำการทดลอง 3 ซ้ำ ใช้สารละลายแควอซิตินเป็นสารละลายมาตรฐาน ปริมาณฟลาโวนอยด์รวมหาได้จากการนำค่าการดูดกลืนแสงของสารตัวอย่างเทียบกับกราฟมาตรฐานของสารละลายแควอซิติน

3.3 การหาปริมาณแทนนินรวม: การหาปริมาณแทนนินรวม โดยดัดแปลงจากวิธีของ Sze-Tao et al. (2001) as cited in Deenamo et al. (2024) นำสารสกัดผลส้มแขกทั้งสองแบบ มาเจือจางด้วยเอทานอล 95% (v/v) ให้มีความเข้มข้นที่เหมาะสม ใช้ตัวอย่างละ 500 ไมโครลิตร ใส่ในหลอดไมโครเซนทริฟิวจ์ ผสมกับสารละลายวานิลลิน (vanillin) ความเข้มข้นร้อยละ 4 โดยมวลต่อปริมาตร ปริมาตร 500 ไมโครลิตร เติมกรดไฮโดรคลอริก (HCl) ความเข้มข้นร้อยละ 37 โดยปริมาตร ปริมาตร 250 ไมโครลิตร จากนั้นบ่มในที่

มืดเป็นเวลา 10 นาที แล้วนำไปวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 500 นาโนเมตร (OD_{500}) โดยทำการทดลอง 3 ซ้ำ ปริมาณแทนนินรวมหาได้จากการนำค่าการดูดกลืนแสงของสารตัวอย่างเทียบกับกราฟมาตรฐานของสารละลายกรดแทนนิก ซึ่งปริมาณสารแทนนินที่ได้จะแสดงในหน่วยมิลลิกรัมของกรดแทนนิกต่อน้ำหนักแห้งของสั้มแขกมีหน่วยเป็นกรัม (mg of tannic acid equivalent/g.dw)

3.4 การวิเคราะห์ฤทธิ์ต้านออกซิเดชันด้วยวิธี 2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl (DPPH) radical scavenging activity: การวิเคราะห์ฤทธิ์การต้านออกซิเดชันด้วยวิธี DPPH โดยดัดแปลงตามวิธีของ Perezet al. (2007) as cited in Deenamo et al. (2022) เริ่มด้วยการผสมน้ำสารสกัดผลสั้มแขกทั้งสองแบบ มาเจือจางด้วยเอทานอล 95 % โดยปริมาตร ให้มีความเข้มข้นที่เหมาะสม ใช้ปริมาตร 500 ไมโครลิตร จากนั้นเติมสารละลาย DPPH ความเข้มข้น 0.1 มิลลิโมลาร์ ปริมาตร 500 ไมโครลิตร ตั้งทิ้งไว้ในที่มืด เป็นเวลา 30 นาที และนำไปวัดค่าการดูดกลืนแสงของสารละลายที่ความยาวคลื่น 515 นาโนเมตร (OD_{515}) นำค่า OD_{515} ที่ได้มาคำนวณค่า %Scavenging activity (%SA) ตามสมการที่ 1 ดังนี้

$$\%Scavenging\ activity = \frac{(A_0 - A_s) \times 100}{A_0} \quad \text{สมการที่ 1}$$

โดยที่ A_0 คือ ค่าการดูดกลืนแสงของตัวอย่างควบคุม (ใช้เอทานอลแทนสารตัวอย่าง)

A_s คือ ค่าการดูดกลืนแสงของสารละลายตัวอย่างที่ทำปฏิกิริยากับสารละลาย DPPH

สร้างกราฟความสัมพันธ์ระหว่าง % SA กับความเข้มข้นของสารสกัด (โดยเทียบกราฟมาตรฐานของโทรลอกซ์) และนำไปคำนวณฤทธิ์การต้านออกซิเดชัน ซึ่งจะแสดงเป็นค่า IC_{50} คือ ความเข้มข้นของสารตัวอย่างที่สามารถยับยั้งอนุมูลอิสระได้ 50 %

3.5 การวิเคราะห์ทางสถิติ: ทำการทดลองโดยวางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (Completely randomized design, CRD) จำนวน 3 ซ้ำ เก็บผลการทดลองและประมวลผลข้อมูลทั้งหมดด้วยโปรแกรม SPSS โดยเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยด้วยวิธี Independent-sample t-test ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 %

ผลการวิจัย

1. ผลน้ำหนักแห้งและค่าสีของเนื้อสั้มแขกสดอบแห้งและสั้มแขกแห้งที่จำหน่ายในท้องตลาด

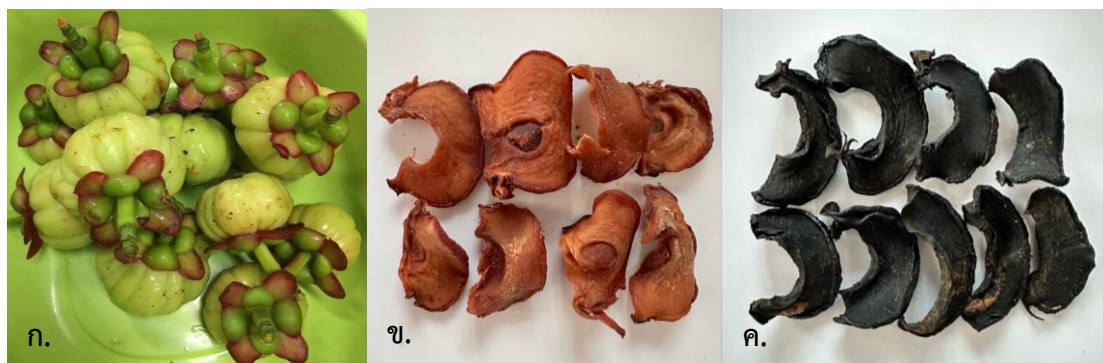
สั้มแขกผลสด (เปลือกสีเขียว) ดังภาพที่ 1(ก.) หั่นเป็นชิ้นบาง ๆ แล้วนำไปอบแห้งด้วยตู้อบลมร้อน (Hot air oven) ที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส จนแห้งสนิท เป็นเวลา 48 ชั่วโมง จากน้ำหนักสด 98.50 กรัม เหลือน้ำหนักแห้งคงที่ 50 กรัม ซึ่งคิดร้อยละน้ำหนักแห้ง เท่ากับ 50.76 และมีความชื้นร้อยละ 17.20 ส่วนสั้มแขกแห้งในตลาด นำไปใช้เลย ไม่ได้นำไปอบก่อนใช้ มีความชื้นร้อยละ 10.95 (ค่าร้อยละความชื้นแสดงในตารางที่ 1) ซึ่งมีความชื้นต่ำกว่าสั้มแขกสดอบแห้ง อาจจะเป็นไปได้ว่าผู้ผลิตสั้มแขกแห้งที่จำหน่ายในท้องตลาดได้ทำให้แห้งด้วยตู้อบที่อุณหภูมิสูงกว่าหรืออบซ้ำหลายรอบหรือตากแดดซ้ำหลายรอบ และใช้เวลานานกว่า จากนั้นนำไปวิเคราะห์ค่าสี (L^* a^* และ b^*) พบว่า เนื้อสั้มแขกสดอบแห้ง มีค่า L^* (ความสว่าง) ค่า a^* (สีเขียว-แดง) และค่า b^* (สีน้ำเงิน-เหลือง) สูงกว่าสั้มแขกแห้งที่จำหน่ายในท้องตลาด (แสดงค่าดังตารางที่ 1)

โดยเมื่อพิจารณาจากลักษณะสีที่มองด้วยตาเปล่าทางกายภาพ เนื้อส้มแขกสดอบแห้งมีสีเหลืองอมน้ำตาลในขณะที่เนื้อส้มแขกแห้งที่จำหน่ายในท้องตลาดมีลักษณะสีที่เข้มกว่า คือ สีน้ำตาลเข้มเกือบดำ แสดงดังภาพที่ 1 (ข.-ค.) จากนั้นนำเนื้อส้มแขกแห้งทั้งสอง อย่างละ 50 กรัม มาสกัดโดยวิธีการแช่ (Maceration) ในเอทานอล ความเข้มข้นร้อยละ 95 โดยปริมาตร ในอัตราส่วนส้มแขกกับตัวทำละลาย 1:4 ตั้งไว้ที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 7 วัน นำมากรองแยกสารสกัดออกจากกาก แล้วนำสารสกัดที่ได้ไประเหยตัวทำละลายออกด้วยเครื่องกลั่นระเหยแบบหมุน (Rotary evaporator) ดังภาพที่ 2 (ก.-ง.) จนสารสกัดปริมาตรลดลงเหลือ 20 มิลลิลิตร เพื่อนำไปใช้ในการวิเคราะห์ปริมาณสารสำคัญต่อไป

ตารางที่ 1 ค่าสีและความชื้นของส้มแขกสดอบแห้งและส้มแขกแห้งในท้องตลาด

ชนิดของส้มแขก	ค่าสี			ร้อยละความชื้น
	L*	a*	b*	
ส้มแขกสดอบแห้ง	35.20±1.89	18.52±0.53	23.93±0.75	17.20±2.18
ส้มแขกแห้งที่จำหน่ายในท้องตลาด	17.54±0.62	1.73±0.03	0.86±0.15	10.95±0.85

หมายเหตุ การวัดสีแสดงในค่า L* a* b* (±SD) โดยที่ L* คือความสว่างมีค่า 0-100 (ดำ-ขาว), a* คือ ค่าสีเขียว (-a*) จนถึงสีแดง (+a*) และ b* คือ ค่าสีน้ำเงิน (-b*) จนถึงสีเหลือง (+b*) ซึ่งทุกข้อมูลจะแสดงในรูปแบบค่า means ± SD



ภาพที่ 1 ลักษณะส้มแขก โดยผลสด (ก.) ผลสดอบแห้ง (ข.) และผลแห้งที่จำหน่ายในท้องตลาด (ค.)



ภาพที่ 2 ขั้นตอนการสกัดส้มแขกด้วยเอทานอล ความเข้มข้น 95% โดยปริมาตร โดยวิธีการแช่ (ก.) สารสกัดที่ได้หลังจากแช่ 7 วัน (ข.) การกรองแยกกาก (ค.) และระเหยตัวทำละลายออกด้วยเครื่องกลั่นระเหยแบบหมุนภายใต้สุญญากาศ (Rotary evaporator) (ง.)

2. ผลของปริมาณสารสำคัญในสารสกัดเนื้อส้มแขกสดอบแห้งและส้มแขกแห้งที่จำหน่ายในท้องตลาด

จากการนำสารสกัดส้มแขกทั้งสองแบบมาวิเคราะห์ปริมาณสารสำคัญต่าง ๆ ได้แก่ สารฟีนอลิกรวม ฟลาโวนอยด์ และแทนนิน รวมถึงทดสอบฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธี DPPH ด้วยวิธีการต่าง ๆ ที่เหมาะสม โดยใช้เครื่องยูวีวิสิเบิลสเปกโตรโฟโตมิเตอร์ ที่ความยาวคลื่นเฉพาะ และทำการวิเคราะห์จำนวน 3 ซ้ำ ซึ่งให้ผลดังนี้

2.1 ผลของปริมาณสารฟีนอลิกรวม ในสารสกัดจากเนื้อส้มแขกอบแห้งและส้มแขกแห้งที่จำหน่ายในท้องตลาด เมื่อวิเคราะห์ด้วยวิธี Folin-Ciocalteu colorimetric และเทียบกับกราฟมาตรฐานกรดแกลลิก ($y=0.0133x$, $R^2=0.9999$) พบว่าสารสกัดจากเนื้อส้มแขกสดอบแห้ง มีปริมาณสารฟีนอลิกรวมสูงกว่าสารสกัดจากเนื้อส้มแขกแห้งที่จำหน่ายในท้องตลาด ซึ่งมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) โดยสารสกัดจากเนื้อส้มแขกสดอบแห้งและส้มแขกแห้งที่จำหน่ายในท้องตลาดมีปริมาณสารฟีนอลิกรวมเท่ากับ 37.92 ± 7.59 และ 8.09 ± 1.00 mg.gallic acid equivalent/g.dw ตามลำดับ ดังภาพที่ 3 (ก.)

2.2 ผลของปริมาณสารฟลาโวนอยด์ ในสารสกัดจากเนื้อส้มแขกอบแห้งและส้มแขกแห้งที่จำหน่ายในท้องตลาด เมื่อวิเคราะห์ด้วยวิธี aluminium chloride colorimetry และเทียบกับกราฟมาตรฐานเคอซีติน ($y=0.0357x$, $R^2=0.9993$) พบว่าสารสกัดจากเนื้อส้มแขกสดอบแห้งมีปริมาณสารฟลาโวนอยด์สูงกว่าสารสกัดจากเนื้อส้มแขกแห้งที่จำหน่ายในท้องตลาด ซึ่งมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) โดยสารสกัดจากเนื้อส้มแขกสดอบแห้งและส้มแขกแห้งที่จำหน่ายในท้องตลาด มีปริมาณฟลาโวนอยด์ เท่ากับ 12.01 ± 2.40 และ 2.40 ± 0.32 mg. quercetin equivalent /g.dw ตามลำดับ ดังภาพที่ 3 (ข.)

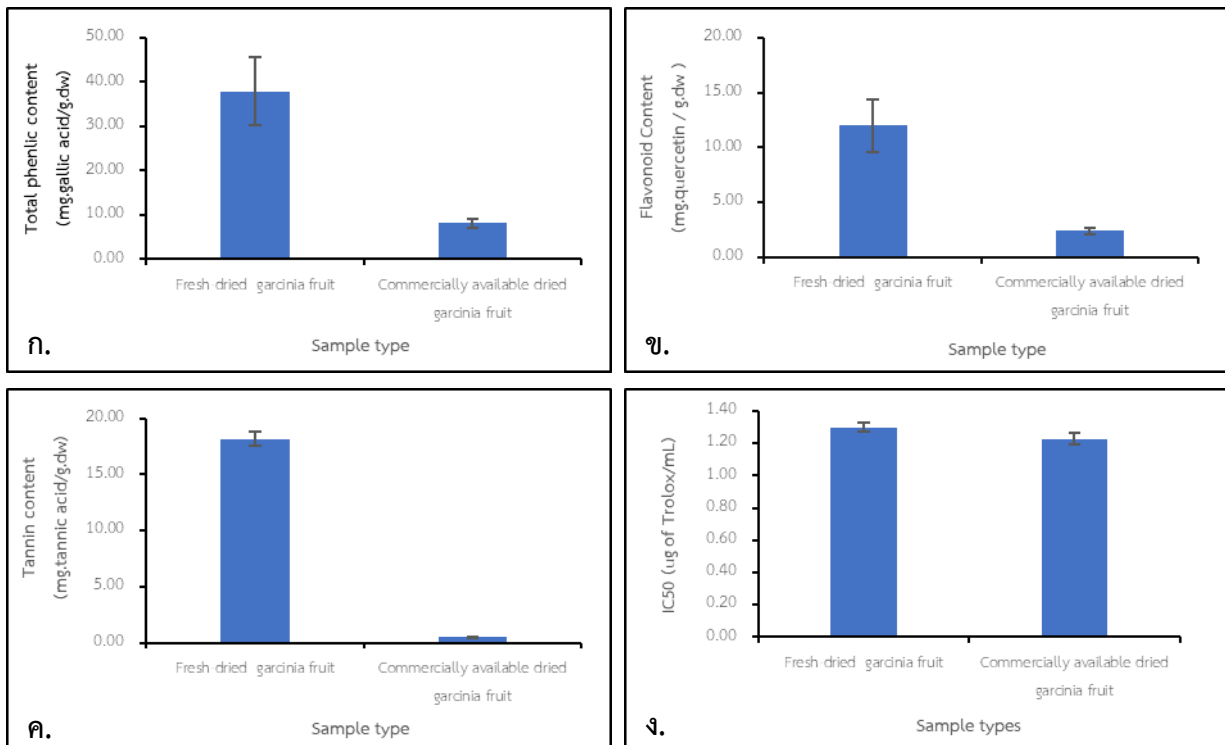
2.3 ผลของปริมาณสารแทนนิน ในสารสกัดจากเนื้อส้มแขกอบแห้งและส้มแขกแห้งที่จำหน่ายในท้องตลาด เมื่อเทียบกับกราฟมาตรฐานกรดแทนนิก ($y=0.0242x$, $R^2=0.9799$) พบว่าสารสกัดจากเนื้อส้มแขกสดอบแห้งมีปริมาณสารแทนนินสูงกว่าสารสกัดจากเนื้อส้มแขกแห้งที่จำหน่ายในท้องตลาด ซึ่งมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) โดยสารสกัดจากเนื้อส้มแขกสดอบแห้งและส้มแขกแห้งที่จำหน่ายในท้องตลาด มีปริมาณแทนนิน เท่ากับ 18.16 ± 0.63 และ 0.51 ± 0.04 mg. tannic acid equivalent /g.dw ตามลำดับ ดังภาพที่ 3 (ค.)

2.4 ผลของฤทธิ์ต้านออกซิเดชัน ในสารสกัดจากเนื้อส้มแขกอบแห้งและส้มแขกแห้งที่จำหน่ายในท้องตลาด เมื่อวิเคราะห์ค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 515 นาโนเมตร (OD_{515}) ด้วยวิธีการคำนวณเป็นร้อยละของความสามารถในการยับยั้งอนุมูลอิสระของ DPPH (%SA) โดยใช้สมการที่ 1 และนำค่า %SA ที่ได้มาหาความเข้มข้นของสารสกัดด้วยการเทียบกับกราฟมาตรฐานโทรลอกซ์ ($y=22.516x + 25.27$, $R^2=0.9864$) ซึ่งแสดงข้อมูลในตารางที่ 2 นอกจากการวิเคราะห์ฤทธิ์การต้านออกซิเดชันจะพิจารณาจากค่า %SA แล้วยังแปรผลในรูปของค่าความเข้มข้นของสารสกัดที่สามารถยับยั้งอนุมูลอิสระได้ 50% (IC_{50}) โดยสร้างกราฟความสัมพันธ์ระหว่าง %Scavenging activity กับความเข้มข้นของสารสกัด (ค่าที่เทียบจากกราฟมาตรฐานของโทรลอกซ์) จะเห็นได้ว่า เมื่อใช้สารสกัดจากเนื้อส้มแขกสดอบแห้งและส้มแขกแห้งที่จำหน่ายในท้องตลาดปริมาณเดียวกัน พบว่า ค่า OD_{515} ค่า %SA และค่าความเข้มข้นของสารสกัดมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) เมื่อใช้ปริมาตรของสารสกัดส้มแขกทั้งสองแบบเพิ่มขึ้น จะทำให้ค่า OD_{515} ของอนุมูลอิสระ DPPH ลดลงแตกต่างกัน เนื่องจากปริมาตรของสารสกัดแปรผันตรงกับความเข้มข้นของสารสกัด ดังนั้นถ้าสารสกัดมีความเข้มข้นสูงก็จะสามารถจับอนุมูลอิสระของ DPPH ได้ดี ส่งผลทำให้ค่า OD_{515} ที่ปรากฏลดลง (ปฏิกิริยาเปลี่ยนจากสีม่วงเป็นสีเหลือง) อีกทั้งยังผลทำให้ความสามารถในการต้านออกซิเดชันสูงด้วยเช่นกัน เมื่อเปรียบเทียบผลการยับยั้งอนุมูลอิสระ พบว่าสารสกัดจากเนื้อส้มแขกสดอบแห้งมีค่า %SA สูงกว่าสารสกัดส้มแขกแห้งที่จำหน่ายในท้องตลาด ในขณะที่เมื่อพิจารณาความเข้มข้นของสารสกัดใช้ในการกำจัดอนุมูลอิสระของ DPPH ลดลงร้อยละ 50 (IC_{50}) ในการวิเคราะห์นี้ พบว่า ค่า IC_{50} ของสารสกัดส้มแขกสดอบแห้งและสารสกัดส้มแขกแห้งที่จำหน่ายในท้องตลาด เท่ากับ 1.30 ± 0.03 และ 1.23 ± 0.04 ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตร ตามลำดับ ซึ่งแสดงให้เห็นว่า การยับยั้งอนุมูลอิสระของ DPPH ให้ลดลงร้อยละ 50 นั้น ต้องใช้สารสกัดส้มแขกสดอบแห้งในปริมาณที่สูงกว่าสารสกัดผลส้มแขกแห้งที่จำหน่ายในท้องตลาด ดังแสดงในรูปที่ 3 (ง.)

ตารางที่ 2 ค่าความสัมพันธ์ของค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 515 นาโนเมตร ค่า %Scavenging activity (%SA) และค่าความเข้มข้นของสารสกัดเมื่อเทียบกับสารมาตรฐาน Trolox ในสารสกัดส้มแขก อบแห้งและส้มแขกแห้งที่จำหน่ายในท้องตลาด

ปริมาณ ของสาร สกัด (μL)	ส้มแขกสดอบแห้ง			ส้มแขกแห้งที่จำหน่ายในท้องตลาด		
	OD ₅₁₅	%SA	ความเข้มข้น ของสารสกัด (μg Trolox/mL)	OD ₅₁₅	%SA	ความเข้มข้น ของสารสกัด (μg Trolox/mL)
50	0.281±0.029	47.04±5.54	0.97±0.25	0.307±0.004	42.14±0.76	0.75±0.03
100	0.246±0.015	53.52±2.75	1.25±0.12	0.276±0.010	47.99±1.93	1.01±0.09
150	0.196±0.012	62.96±2.33	1.67±0.10	0.224±0.011	57.67±2.02	1.44±0.09
200	0.162±0.007	69.50±1.33	1.96±0.06	0.206±0.008	61.19±1.58	1.60±0.07
250	0.143±0.09	73.08±1.69	2.12±0.08	0.186±0.013	64.84±2.46	1.76±0.11

หมายเหตุ ข้อมูลทั้งหมดในตารางนี้แสดงในรูปแบบค่า means ± SD



ภาพที่ 3 ปริมาณสารสำคัญ 3 ชนิด ได้แก่ ปริมาณสารฟีนอลิกรวม (ก.) ปริมาณสารฟลาโวนอยด์ (ข.) ปริมาณสารแทนนิน (ค.) และฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระแสดงผลในค่า IC₅₀ (ง.) ซึ่งทุกข้อมูลจะแสดงในรูปแบบค่า means $\pm$ SD

อภิปรายผล

จากการศึกษาสารสำคัญ ได้แก่ สารฟีนอลิกรวม ฟลาโวนอยด์ และแทนนิน รวมถึงฤทธิ์ต้านออกซิเดชัน เพื่อเปรียบเทียบสมบัติทางกายภาพและทางเคมีบางประการของเนื้อส้มแขกแห้งเป็นชิ้นบางแล้วผ่านกระบวนการทำให้แห้งที่มีการใช้ประโยชน์ทั่วไป ซึ่งตัวอย่างของชิ้นส้มแขกแห้งที่ใช้ในงานวิจัยนี้นำมาจากแหล่งที่มาที่แตกต่างกัน 2 แบบ คือ 1) ส้มแขกสดอบแห้ง (Fresh-dried garcinia fruit) ใช้ผลส้มแขกสดจากต้นแล้วเข้าสู่กระบวนการผลิตในห้องปฏิบัติการวิจัย และ 2) ส้มแขกแห้งที่จำหน่ายในท้องตลาด (Commercially available dried garcinia fruit) ซึ่งใช้ตัวอย่างชิ้นส้มแขกแห้งที่จำหน่ายในร้านค้าย่อยของตลาดชุมชนของจังหวัดนราธิวาส จากการทดลองนี้ พบว่า แบบที่ 1 ผลส้มแขกสดที่มีเปลือกสีเขียว เมื่อนำมาแห้งเป็นชิ้นบางแล้วอบแห้งที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 48 ชั่วโมง จนแห้ง จะได้ลักษณะของชิ้นเนื้อส้มแขกสีน้ำตาลเหลือง ซึ่งในขั้นตอนการเตรียมส้มแขกสามารถควบคุมปัจจัยต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องกับคุณภาพของตัวอย่างได้ เช่น การคัดเลือกอายุของผล ขนาดของผล ความหนาของชิ้น อุณหภูมิและเวลาในการอบแห้ง ความชื้น และความสะอาดปลอดภัยของกระบวนการผลิต เป็นต้น ในขณะที่แบบที่ 2 ส้มแขกแห้งที่จำหน่ายในท้องตลาดนั้น ส่วนใหญ่จะมีลักษณะของชิ้นเนื้อส้มแขกสีน้ำตาลเข้มเกือบดำ ขนาดและความหนาของชิ้นไม่สม่ำเสมอ ไม่ทราบระยะของการอบหรือตากแดด ไม่ทราบแหล่งที่มา กระบวนการผลิต และการเก็บรักษา จึง

ทำให้ตัวอย่างส้มแขกแห้งที่จำหน่ายในท้องตลาด ไม่สามารถควบคุมคุณภาพได้ ดังนั้นหากผู้วิจัยต้องการศึกษาสารสำคัญในส้มแขกเพื่อใช้ประโยชน์ในเชิงคุณภาพ จะต้องมีการควบคุมแหล่งที่มาและกระบวนการแปรรูปส้มแขกอบแห้งอย่างละเอียด จากการทดลองครั้งนี้ พบว่าเนื้อผลส้มแขกสดอบแห้งที่ได้มีความชื้นเฉลี่ยร้อยละ 17.20 ส่วนเนื้อผลส้มแขกแห้งที่จำหน่ายในท้องตลาด มีความชื้นเฉลี่ยร้อยละ 10.95 ซึ่งมีค่าต่ำกว่า อาจเกี่ยวข้องกับกระบวนการอบแห้งหรือตากแห้งที่แตกต่างกัน สอดคล้องกับงานวิจัยของ Srisuk and Soontornnon (2018) รายงานไว้ว่าการอบแห้งที่อุณหภูมิสูงใช้เวลาน้อยกว่าการอบแห้งที่อุณหภูมิต่ำ โดยผลการอบที่อุณหภูมิแตกต่างกัน 3 อุณหภูมิ ได้แก่ ที่อุณหภูมิ 55 องศาเซลเซียส ใช้เวลา 8 ชั่วโมง มีค่าความชื้นร้อยละ 8.37 ที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส ใช้เวลาอบ 7 ชั่วโมง มีค่าความชื้นร้อยละ 8.45 และที่อุณหภูมิ 65 องศาเซลเซียส ใช้เวลา 5 ชั่วโมง มีค่าความชื้นร้อยละ 8.31 ตามลำดับ เนื่องจากการอบที่อุณหภูมิสูงทำให้น้ำในสารตัวอย่างหรือวัตถุดิบเปลี่ยนสถานะของของเหลวเป็นไอได้เร็วขึ้น ส่งผลทำให้มวลของน้ำในชิ้นเนื้อส้มแขกมีการระเหยเร็วขึ้น แต่หากใช้อุณหภูมิสูงจนเกินไปอาจจะทำให้เกิดผิวเปลือกแข็ง (Case Hardening) ขึ้นได้ มีรายงานวิจัยของ Karo-Karo et al. (2019) ได้สนับสนุนว่าปัจจัยที่มีผลต่อคุณภาพส้มแขกอบแห้ง คือ ระยะเวลาสุกของผลและอุณหภูมิที่ใช้ในการอบแห้ง โดยสภาวะที่เหมาะสมที่ทำให้ได้ส้มแขกอบแห้งคุณภาพดีที่สุด คือ การใช้ส้มแขกผลดิบและอบที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส ซึ่งเป็นสภาวะเดียวกันกับการทดลองนี้ เมื่อเปรียบเทียบกับลักษณะสีทางกายภาพของชิ้นเนื้อส้มแขกสดอบแห้งกับส้มแขกแห้งที่จำหน่ายในท้องตลาด มีสีที่แตกต่างกันอย่างชัดเจน โดยส้มแขกสดอบแห้งที่มีการควบคุมกระบวนการอบแห้งทำให้ได้ชิ้นเนื้อส้มแขกมีสีน้ำตาลอ่อนกว่าคือ มีค่าความสว่าง (ค่า L^*) อยู่ในช่วง 33.89-37.36 ค่าสีเขียว-แดง (a^*) อยู่ในช่วง 18.16-19.23 และค่าสีน้ำเงิน-เหลือง อยู่ในช่วง 23.22-24.71 ซึ่งค่าสีทั้ง 3 ค่านี้สูงกว่าชิ้นส้มแขกแห้งในตลาด มีค่า L^* อยู่ในช่วง 16.83-17.94 ค่า a^* อยู่ในช่วง 1.70-1.76 และค่า b^* อยู่ในช่วง 0.70-1.00 ทำให้ชิ้นส้มแขกแห้งที่จำหน่ายในท้องตลาด มีสีน้ำตาลเข้มเกือบดำ ซึ่งแสดงให้เห็นว่าปัจจัยต่าง ๆ ได้แก่ ระดับความสุกของผล วิธีการอบแห้ง กระบวนการแปรรูป และการเก็บรักษาที่แตกต่างกันมีผลต่อค่าความสว่างและลักษณะสีของชิ้นส้มแขก เมื่อเปรียบเทียบปริมาณสารฟีนอลิกรวม ฟลาโวนอยด์ และแทนนิน รวมถึงฤทธิ์ต้านออกซิเดชัน ในสารสกัดจากเนื้อของส้มแขกแห้ง 2 แบบ พบว่า สารสกัดจากเนื้อส้มแขกสดอบแห้งมีปริมาณสารสำคัญทั้ง 3 ชนิด สูงกว่าส้มแขกแห้งที่จำหน่ายในท้องตลาด ซึ่งอาจเกี่ยวกับอุณหภูมิที่ใช้ในกระบวนการอบแห้ง ที่มีผลต่อปริมาณสารสำคัญในส้มแขกแห้ง เนื่องจากส้มแขกอบแห้งที่จำหน่ายในท้องตลาดมักผ่านการอบที่อุณหภูมิสูง ส่งผลทำให้สารสำคัญที่ไวความร้อน (heat-labile compounds) สลายตัวเมื่อได้รับความร้อน (Babaei Rad et al., 2025) ตลอดจนผลการวิเคราะห์ฤทธิ์ต้านออกซิเดชันก็สอดคล้องกับปริมาณสารสำคัญนี้ด้วย โดยสารสกัดจากเนื้อส้มแขกสดอบแห้งมีคุณสมบัติในการป้องกันการเกิดอนุมูลอิสระ ทำลายหรือยับยั้งอนุมูลอิสระได้สูงกว่าสารสกัดจากเนื้อส้มแขกแห้งที่จำหน่ายในท้องตลาด แต่กลับพบว่าประสิทธิภาพในการยับยั้งออกซิเดชันในรูปค่า IC_{50} มีค่าใกล้เคียงกัน เท่ากับ 1.30 และ 1.23 ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตร ตามลำดับ ซึ่งเป็นค่าแสดงให้เห็นถึงความเข้มข้นของสารสกัดที่สามารถยับยั้งอนุมูลอิสระได้ 50% จากค่า IC_{50} ของสารสกัดจากเนื้อส้มแขกแห้งทั้งสองแบบที่ได้จากผลงานวิจัยนี้มีความแตกต่างกันไม่มาก เมื่อเปรียบเทียบกับความแตกต่างของ %SA อันเนื่องมาจากส้มแขกมีสารสำคัญที่มีฤทธิ์ต้านออกซิเดชันในเชิง

ชีวภาพหลายชนิดที่มีปริมาณสูง เช่น เควอเซติน (Quercetin) กรดแอสคอร์บิก (Ascorbic acid) กรดไฮดรอกซีซิตริก (Hydroxycitric acid) กรดเพนตาดีคาโนอิก (Pentadecanoic acid) แคมพ์เฟอร์อล (Kaempferol) นารินเจนิน (Naringenin) ฟูกูจีไซด์ (Fukugiside) และมอเรลโลฟลาโวน (Morelloflavone) เป็นต้น (Shahid et al., 2022) แต่ในงานวิจัยนี้เลือกศึกษาเพียง 3 ชนิด ได้แก่ สารฟีนอลิกรวม สารฟลาโวนอยด์ และแทนนินเท่านั้น ซึ่งอาจทำให้ยังไม่สามารถสรุปผลของปริมาณสารสำคัญที่มีฤทธิ์ทางชีวภาพ (bioactive compounds) ต่อ %SA และค่า IC_{50} ได้ชัดเจน โดยอาจใช้ข้อมูลนี้เป็นแนวทางพิจารณาความสัมพันธ์เบื้องต้นได้ อย่างไรก็ตามผลการวิจัยสารสำคัญทั้งสามนี้ก็มีความสอดคล้องกับงานวิจัยของ Salim (2023) ที่ได้รายงานว่าส้มแขกคือแหล่งของสารฟีนอลิกรวม (total phenolic content; TPC) และฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ (ค่า EC_{50}) ในธรรมชาติที่ดีและมีคุณภาพ ซึ่งเมื่อสกัดด้วยเมทานอล พบว่า ในส่วนเนื้อส้มแขกสูงกว่าในใบ และยังมีงานวิจัยของ Abdullah et al. (2013) ศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างสารฟีนอลิก ฟลาโวนอยด์ และแทนนินกับฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระในใบและลำต้นส้มแขก สกัดโดยใช้ตัวทำละลายชนิดต่าง ๆ ได้แก่ เฮกเซน เอทิลอะซิเตท และเมทานอล พบว่า เอทิลอะซิเตทสามารถสกัดสารฟีนอลิกรวม ในใบและลำต้นส้มแขกได้ดีที่สุด รองลงคือฟลาโวนอยด์และแทนนิน ตามลำดับ เมื่อเทียบกับการใช้เมทานอลและเฮกเซน และพบปริมาณสารสำคัญเหล่านี้ในใบสูงกว่าลำต้น ส่วนสารสกัดที่ได้กลับมีผลทดสอบฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระค่อนข้างต่ำ ซึ่งแสดงให้เห็นว่าสภาวะการสกัดที่เหมาะสมมีผลต่อการศึกษาปริมาณสารสำคัญในพืช นอกจากนี้ในงานวิจัยของ Chatatikun et al. (2020) รายงานว่า เมื่อนำเปลือกของส้มแขกมาสกัดด้วยน้ำ ตรวจพบสารสำคัญหลายชนิด ได้แก่ สารฟีนอลิกรวม ฟลาโวนอยด์ สามารถต้านอนุมูลอิสระของ DPPH และ ABTS และยับยั้งเอนไซม์ไทโรซิเนสซึ่งเกี่ยวข้องกับกระบวนการสร้างเมลานิน ซึ่งเปลือกส้มแขกอาจจะสามารถใช้เป็นแหล่งของสารฟอกสีผิวที่มีศักยภาพสำหรับลดภาวะจุดต่างด่างได้ ยิ่งไปกว่านั้นได้มีการค้นพบอนุพันธ์ของสารเอสเทอร์ในผลส้มแขก (*Garcinia atroviridis*) ที่สำคัญ 2 ชนิด ได้แก่ 2-(butoxycarbonylmethyl)-3-butoxycarbonyl-2-hydroxy-3-propanolide และ 1,1-dibutyl methyl hydroxycitrate สารทั้งสองสามารถยับยั้งการเจริญของเนื้องอก และไม่เป็นพิษต่อเซลล์ ซึ่งเป็นผลอันดีต่อการนำสารสกัดจากพืชธรรมชาติมาใช้ประโยชน์ในการรักษาโรค และช่วยลดความเสี่ยงต่อการเกิดโรคร้ายต่อไปได้ (Mackeen et al., 2012; Abdul Razak et al., 2024)

สรุป

จากการศึกษาครั้งนี้ พบว่า ผลการเปรียบเทียบปริมาณสารสำคัญ ได้แก่ สารฟีนอลิกรวม ฟลาโวนอยด์ และแทนนิน ที่ใช้สภาวะการสกัดด้วยวิธีการแช่ในเอทานอล ในผลส้มแขกสดอบแห้งที่เตรียมจากงานวิจัยนี้มีสารฟีนอลิก เท่ากับ 37.92 mg.gallic acid equivalent/g.dw มีสารฟลาโวนอยด์ เท่ากับ 12.01 mg. quercetin equivalent /g.dw และมีแทนนิน เท่ากับ 18.16 mg. tannic acid equivalent /g.dw มีในปริมาณที่สูงกว่าผลส้มแขกแห้งที่จำหน่ายในท้องตลาด คือ มีสารฟีนอลิก เท่ากับ 8.09 mg.gallic acid equivalent/g.dw มีสารฟลาโวนอยด์ 2.40 mg. quercetin equivalent /g.dw และมีแทนนิน เท่ากับ

0.51 mg. tannic acid equivalent /g.dw ตามลำดับ รวมถึงผลการวิเคราะห์ฤทธิ์ต้านออกซิเดชันในสารสกัดส้มแขกสดอบแห้งที่ความเข้มข้น เท่ากับ 0.97-2.12 $\mu\text{g.Trolox/mL}$ มีค่า %SA ในช่วง 47.04-73.08 ซึ่งมีความสามารถในการยับยั้งอนุมูลอิสระของ DPPH สูงกว่า ในขณะที่เมื่อใช้สารสกัดส้มแขกแห้งที่จำหน่ายในท้องตลาดในช่วงปริมาณเท่ากัน จะมีความเข้มข้นต่ำกว่า คือ 0.75-1.76 $\mu\text{g.Trolox/mL}$ มีค่า %SA ในช่วง 42.14-64.84 ตามลำดับ

ข้อเสนอแนะ

ปัจจัยที่มีผลต่อคุณภาพส้มแขกอบแห้ง มีหลายประการ ทั้งที่มาจากธรรมชาติของส้มแขกและกระบวนการแปรรูปส้มแขก ดังนั้นในการศึกษาผลการเปรียบเทียบสมบัติทางกายภาพและเคมีของส้มแขกแห้ง ควรเริ่มต้นจากการหาสภาวะที่เหมาะสมในการผลิตส้มแขกแห้งคุณภาพดีก่อน หาวีธีลดปัจจัยเสี่ยงของการเก็บตัวอย่างส้มแขกแห้งที่จำหน่ายในท้องตลาด หาสภาวะที่เหมาะสมในการสกัดสารสำคัญจากเนื้อส้มแขกแห้ง และควรวิเคราะห์ฤทธิ์ต้านออกซิเดชันด้วยวิธี DPPH ร่วมกับวิธีอื่นด้วย เช่น ABTS FRAP ORAC TRAP เป็นต้น นอกจากนี้ยังต้องมีการวิเคราะห์สาระสำคัญอื่น ๆ ที่เกี่ยวข้องกับ %SA และค่า IC_{50} เพื่อเป็นข้อมูลเชื่อมโยงความสัมพันธ์กับความสามารถในการต้านออกซิเดชันในส้มแขก

กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยขอขอบคุณคณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยนราธิวาสราชนครินทร์ ที่ให้ทุนสนับสนุนการทำโครงการวิทยาศาสตร์และอนุเคราะห์สถานที่ อุปกรณ์ และปัจจัยด้านสาธารณูปโภคต่าง ๆ ตลอดจนขอบคุณผู้เกี่ยวข้องที่อำนวยความสะดวกในการดำเนินการวิจัยครั้งนี้เสร็จสมบูรณ์

รายการอ้างอิง (References)

- ไพโรจน์ ผลประสิทธิ์. (2541). ภาวะติดพันที่มีต่อ “ส้มแขกและสะละ”. *วารสารเคหะการเกษตร*, 22, 63.
- สมพร จันทรเดช. (2538). *ส้มแขก*. [วิทยานิพนธ์ปริญญาโท]. มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์.
- Abdullah, A.R., Bakhari, N.A., & Osman, H. (2013). Study on the relationship of the phenolic, flavonoid and tannin content to the antioxidant activity of *Garcinia atroviridis*. *Universal Journal of Applied Science*, 1(3), 95-100. <http://doi.org/10.13189/ujas.2013.010304>
- Abdul Razak, N.Q., Gan, C-Y., & Shafie, M.H. (2024). Unlocking the potential of *Garcinia atroviridis* fruit polysaccharides: A synergistic approach for obesity and hypertension management. *Food Bioscience*, 57, 103553. <https://doi.org/10.1016/j.fbio.2023.103553>
- Babaei Rad, S., Mumivand, H., Mollaei, S., & Khadivi, A. (2025). Effect of drying methods on phenolic compounds and antioxidant activity of *Capparis spinosa* L. fruits. *BioMed Central Plant Biology*, 25, 133. <https://doi.org/10.1186/s12870-025-06110-y>

- Chatatikun, M., Supjaroen, P., Promlat, P., Chantarangkul, C., Waranuntakul, S., Nawarat, J., Tangpong, J., & Chiabchalard, A. (2020). Antioxidant and tyrosinase inhibitory properties of an aqueous extract of *Garcinia atroviridis* Griff. ex. T. Anderson fruit pericarps. *Pharmacognosy Journal*, 12(1), 71-78. <https://doi.org/10.5530/pj.2020.12.12>
- Chuaijit, S., Punsawad, C., Winoto, V., Plaingam, W., Kongkaew, I., Phetcharat, A., Ichikawa, T., Kubo, M., Kawakami, F., Tedasen, A., & Chatatikun, M. (2024). Leaf extract of *Garcinia atroviridis* promotes anti-heat stress and antioxidant effects in *Caenorhabditis elegans*. *Frontiers in Pharmacology*, 15, 1331627. <https://doi.org/10.3389/fphar.2024.1331627>
- Deenamo, N., Binhayeeding, N., Yusoh, R., Pi, N., Tohnabo, S., & Maleekan, A. (2022). The effect of herbal tea infusion time on active constituents contents in three herbal plant. *Pridiyathorn Science Journal*, 1(2), 70 - 85. <https://li04.tci-thaijo.org/index.php/psj/article/view/1149>
- Deenamo, N., Taleh, S., Auma, K., Awae, N., Maleekan, A., & Sirisom, T. (2024). Effect of harvesting times of the HomKradung-Nga cultivar rice seedlings on active substance contents and antioxidant activity to be used for processing into tea products. *Journal of Advanced Development in Engineering and Science*, 14(41), 103 - 118. <https://ph03.tci-thaijo.org/index.php/pitjournal/article/view/1996>
- Fu, W.C., Li, H.Y., Li, T.T., Yang, K., Chen, J.X., Wang, S.J., Liu, C.H., & Zhang, W. (2021). Pentadecanoic acid promotes basal and insulin-stimulated glucose uptake in C2C12 myotubes. *Food & Nutrition Research*, 65, 4527. <https://doi.org/10.29219/fnr.v65.4527>
- Hamidon, H., Susanti, D., Taher, M., & Zakaria, Z.A. (2017). *Garcinia atroviridis*-A review on phytochemicals and pharmacological properties. *Marmara Pharmaceutical Journal*, 21, 38 - 47. <https://doi.org/10.12991/marupj.259879>
- Khawniam, T., & Te-chato, S. (2014). Effect of shoot size and period of culture in liquid medium on direct shoot organogenesis from leaf of somkhag. *Khon Kaen Agriculture Journal*, 42(3), 341 - 346. <https://li01.tci-thaijo.org/index.php/wichcha/article/view/259361>
- Karo-Karo, T., Julianti, E., & Nurminah, M. (2019). Physicochemical properties of Gelugur powder (*Garcinia atroviridis*). *The 4th International Conference on Biological Sciences and Biotechnology. IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science*, 305, 012033. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/305/1/012033>

- Kongchaian, A., Keawboonlert, N., Boonrak, T., Lookyee, S., Buasri, K., Surongkul, N., & Tangpong, J. (2020). Anti-hyperlipidemia and anti-obesity properties of *Garcinia atroviridis* and *Camellia sinensis* extracts in high-fat diet mice. *Walailak Journal of Science and Technology (WJST)*, 17(10), 1126 – 1138. <https://doi.org/10.48048/wjst.2020.10717>
- Kovilein, A., Kubisch, C., Cai, L., & Ochsenreither, K. (2020). Malic acid production from renewables: A review. *Journal of Chemical Technology & Biotechnology*, 95, 513 - 526. <https://doi.org/10.1002/jctb.6269>
- Lim, W.F., Nasir, S.M., Teh, L.K., James, R.J., Izhar, M.H., & Salleh, M. Z. (2020). The methanolic extract of *Garcinia atroviridis* (MeGa) reduces body weight and food intake, and improves lipid profiles by altering the lipid metabolism: a rat model. *Turkish journal of biology = Turk biyoloji dergisi*, 44(6), 437 – 448. <https://doi.org/10.3906/biy-2005-2>
- Mackeen, M.M., Mooi, L.Y., Amran, M., Mat, N., Lajis, N.H., & Ali, A.M. (2012). Noncytotoxic and antitumor-promoting activities of garcinia acid esters from *Garcinia atroviridis* griff. ex T. anders, (Guttiferae). *Evidence-Based Complementary and Alternative Medicine*, 28, 5 pages. <https://doi.org/10.1155/2012/829814>
- Perez, M.B., Calderon, N.L., & Croci, C.A. (2007). Radiation-induced enhancement of antioxidant activity in extracts of rosemary (*Rosmarinus officinalis* L.). *Food Chemistry*, 104, 585 - 542. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2006.12.009>
- Salim, S.M. (2023). Antioxidant activity of *Garcinia atroviridis* Griff. ex T. Anderson. *Caspian Journal of Environmental Sciences*, 21(2), 325-331. <https://doi.org/10.22124/CJES.2023.6498>
- Shahid, M., Law, D., Azfaralariff, A., Mackeen, M.M., Chong, T.F., & Fazry, S. (2022). Phytochemicals and biological activities of *Garcinia atroviridis*: a critical review. *Toxics*, 10, 656. <https://doi.org/10.3390/toxics10110656>
- Srisuk, S., & Soontornnon, P. (2018). *Production development of garcinia tea*. (Research report on the project of developing *Garcinia* products to increase income for the Tasap village housewives' agricultural group), Yala Rajabhat University.
- Suteebut, N., Jitsai, K., Jiratassanapat, L., U-chupaj, J., Chayaprasert, W., & Saetang, D. (2024). Gummy jelly product from water extract of *Garcinia* mixed with Indian gooseberry and fingerroot. *Science and technology Nakhon Sawan Rajabhat University Journal*, 16(24), 112 - 126. <https://ph02.tci-thaijo.org/index.php/JSTNSRU/article/view/253095>

- Sze-Tao, K.W., Schrimpf, J.E., Teuber, S.S., Kenneth, H.R., & Shridhar, K.S. (2001). Effects of processing and storage on walnut (*Juglans regia* L) tannins. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 81(13), 1215 - 1222. <https://doi.org/10.1002/jsfa.932>
- Tayeh, N., Tuankaji, T., & Alee, H. (2019). Development of local halal food product: low calorie garcinia cambogia jam. *Journal of Science and Technology*, 4(2), 54 - 65. <https://doi.org/10.55003/kmaj.2025.05.28.009>
- Tomar, M., Rao, R.P., Dorairaj, P., Koshta, A., Suresh, S., Rafiq, M., Kumawat, R., Paramesh, R., Babu, U.V., & Venkatesh, K.V. (2019). A clinical and computational study on anti-obesity effects of hydroxycitric acid. *Royal Society of Chemistry Advances*, 9, 18578-18588. <https://doi.org/10.1039/c9ra01345h>
- Torres, A.M., Mau-Lastovicka, T., & Rezaaiyan, R. (1987). Total phenolics and high performance liquid chromatography of phenolic acids of avocado. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 35, 921 - 925. <https://doi.org/10.1021/jf00078a018>
- Tun Norbrillinda, M., Norra, I., & Helmi, M.M. (2025). The effect of adding Garcinia atroviridis on pH, color and antioxidant properties of roselle tisane. *Food Research*, 9(Suppl. 1), 76-86. [https://doi.org/10.26656/fr.2017.9\(S1\).079](https://doi.org/10.26656/fr.2017.9(S1).079)
- Venn-Watson, S., Lumpkin, R., & Dennis, E.A. (2020). Efficacy of dietary odd-chain saturated fatty acid pentadecanoic acid parallels broad associated health benefits in humans: Could it be essential? *Scientific Reports*, 10, 8161. <https://doi.org/10.1038/s41598-020-64960-y>
- Zhishen, J., Mengcheng, T., & Jianming, W. (1999). Determination of flavonoid contents in mulberry and their scavenging effects on superoxide radicals. *Food Chemistry*, 6, 555- 559. [https://doi.org/10.1016/S0308-8146\(98\)00102-2](https://doi.org/10.1016/S0308-8146(98)00102-2)