

ผลของกระบวนการผลิตชาต่อคุณภาพและฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระของชาเปลือกพริกขี้หนู

Effect of tea processing on quality and antioxidant properties of gac fruit peel tea

ศศิธร ปุรินทรภิบาล^{1*} และ สุพัตรา พูลพิชชนม์¹

Sathithon Purintraphiban^{1*} and Supattra Poonpaerdchon¹

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของกระบวนการผลิตชาเปลือกพริกขี้หนู ได้แก่ ระยะเวลาการนวดเปลือกพริกขี้หนู (10 และ 20 นาที) ระยะเวลาหมัก (1 และ 3 ชั่วโมง) และอุณหภูมิการอบ (50 และ 60 องศาเซลเซียส) ต่อคุณภาพทางกายภาพ เคมี และฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระของชาจากเปลือกพริกขี้หนู จากการศึกษพบว่า ระยะเวลาในการนวด และหมักเปลือกพริกขี้หนูส่งผลให้ปริมาณฟีนอลิกทั้งหมดเพิ่มขึ้น ในทางตรงข้ามอุณหภูมิที่ใช้ในการอบเพิ่มขึ้นส่งผลให้ปริมาณฟีนอลิกทั้งหมดลดลง ในการทดสอบฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธีทดสอบประสิทธิภาพการทำลายหรือยับยั้งสารอนุมูลอิสระ 2,2'-azini-bis(3-ethylbenzothiazoline-6-sulfonic acid) หรือ ABTS scavenging และวิธี Ferric reducing antioxidant power (FRAP) พบว่าการนวด และหมักเปลือกพริกขี้หนู ส่งผลให้ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระสูงขึ้น กระบวนการเตรียมชาจากเปลือกพริกขี้หนูโดยใช้การนวดเปลือกพริกขี้หนูนาน 10 นาที การหมักเปลือกพริกขี้หนูนาน 1 ชั่วโมง และการอบเปลือกพริกขี้หนูที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส ทำให้ได้ชาจากเปลือกพริกขี้หนูที่มีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระสูงสุด คือมีประสิทธิภาพการทำลาย หรือยับยั้งสารอนุมูลอิสระ ABTS และมีความสามารถในการจับกับโลหะ Ferric เท่ากับ 23.09 มิลลิกรัมสมมูลไทโรลอกซ์ต่อมิลลิกรัม และ 0.49 มิลลิกรัมเฟอรัสซัลเฟตต่อมิลลิกรัม ตามลำดับ นอกจากนี้ชาเปลือกพริกขี้หนูที่ผลิตด้วยกระบวนการนี้ยังได้รับความนิยมมากที่สุดในทุกคุณลักษณะจากการทดสอบทางประสาทสัมผัสอีกด้วย

คำสำคัญ: เปลือก พริกขี้หนู ชา ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ

Abstract

This research investigated the effect of gac fruit peel tea process, including rolling time of gac fruit peel (10 and 20 minutes), fermentation time (1 and 3 hours), and drying temperature (50 and 60 °C) on physical, chemical and antioxidant properties of the gac fruit peel tea. The results indicated that the rolling and fermentation times of gac fruit peel resulted to increase total phenolic contents. On the other hand, the total phenolic contents were decreased when the drying temperature was increased. The assay of antioxidant activities by 2,2'-azini-bis(3-ethylbenzothiazoline-6-sulfonic acid) inhibition or ABTS scavenging assay, and ferric reducing antioxidant power activity (FRAP) were determined. The result showed that the rolling and fermentation processes improved higher

¹ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลตะวันออก ชลบุรี 20110

¹ Faculty of Science and Technology, Rajamangala University of Technology Tawan-ok, Chonburi 20110, Thailand

* Corresponding author. E-mail: sathithon@hotmail.com

antioxidant activities of the gac fruit peel tea. The gac fruit peel tea processing by rolling for 10 minutes, fermentation for 1 hour, and drying at 50 °C gave the highest antioxidant activities, which ABTS scavenging and FRAP values were 23.09 mg Trolox equivalent/mL and 0.49 mg FeSO₄/mL, respectively. Moreover, sensory evaluation of this gac fruit peel tea showed the highest liking score for all attributes.

Keywords: peel, gac fruit, tea, antioxidant activity

บทนำ

พริกขี้หนูเป็นพืชที่มีคุณค่าทางโภชนาการสูงในประเทศเวียดนามได้ใช้พริกขี้หนูเป็นองค์ประกอบในอาหารพื้นบ้านหลายชนิด เนื่องจากสีแดงที่สดใสของพริกขี้หนู และคุณค่าทางอาหาร (Tran, 2007) ในเยื่อหุ้มเมล็ดพริกขี้หนูมีสารพฤกษเคมีในกลุ่มแคโรทีนอยด์ โดยเฉพาะสารในกลุ่มไลโคปีนและสารเบต้าแคโรทีน (Leelamanit, 2014) ซึ่งสามารถลดความเสี่ยงจากโรคมะเร็ง เช่น มะเร็งต่อมลูกหมาก มะเร็งลำไส้ มะเร็งกระเพาะอาหารและโรคหลอดเลือดหัวใจ รวมทั้งยังมีกรดไขมันจำเป็นได้แก่ Omega 6 และ Omega 3 ซึ่งเป็นตัวสำคัญที่ช่วยทำให้ร่างกายสามารถทำงานได้ตามปกติ ช่วยพัฒนาสมองและการมองเห็นในเด็ก และเป็นตัวช่วยให้เกิดการดูดซึมของไลโคปีน และเบต้าแคโรทีนเข้าสู่ร่างกายได้ดียิ่งขึ้น (Ishida, Tumer, Chapman, & McKeon, 2004; Vuong, Franke, Custer, & Murphy, 2006) สารไลโคปีนพบได้ทั้งในเนื้อผล และเยื่อหุ้มเมล็ดพริกขี้หนูแต่พบ มากกว่าในเยื่อหุ้มเมล็ดพริกขี้หนูโดยมีสูงถึง 380 ไมโครกรัมต่อกรัม ซึ่งมากกว่าพืชที่พบไลโคปีนชนิดอื่นประมาณ 10-12 เท่า และมีปริมาณเบต้าแคโรทีนในเยื่อหุ้มเมล็ดพริกขี้หนูประมาณ 101 ไมโครกรัมต่อกรัม ซึ่งมีปริมาณมากกว่าในแครอท 10 เท่า (Aoki, Kieu, Kuze, Tomisaka, & Van Chuyen, 2002) โดยโปรตีนในเมล็ดพริกขี้หนูซึ่งได้แก่ cochinin A และ cochinin B มีคุณสมบัติยับยั้งการสร้างโปรตีนภายในเซลล์โดยเฉพาะเซลล์มะเร็ง

เกิดการยับยั้งการทำงานของไรโบโซม (ribosome-inactivating proteins) ทำให้ไม่เกิดการสังเคราะห์ของโปรตีนภายในเซลล์ ซึ่งมีความเฉพาะเจาะจงต่อเซลล์มะเร็ง และเซลล์ที่ติดเชื้อไวรัส (Bhamarapravatan, 2013) ในปี 2011 Kubola, & Siriamompun (2011) ได้ทำการศึกษาสารพฤกษเคมีที่มีอยู่ในเนื้อ และเปลือกพริกขี้หนู และได้รายงานถึงผลการศึกษาว่าในเปลือกพริกขี้หนูมีสารพฤกษเคมีในกลุ่มฟลาโวนอยด์มากกว่าในส่วนอื่นๆ ของพริกขี้หนู ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระพบว่าสารสกัดที่ได้จากเปลือกพริกขี้หนูแสดงฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระสูงกว่าสารสกัดจากส่วนอื่นๆ ของพริกขี้หนูอีกด้วย Chantarangsee (2015) ได้ศึกษาฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระ และฤทธิ์ต้านแบคทีเรียของสารสกัดจากส่วนต่างๆ ของพริกขี้หนู พบว่าสารสกัดจากเปลือกพริกขี้หนูมีความสามารถช่วยยับยั้งการเกิดออกซิเดชัน โดยการเกิดสารประกอบเชิงซ้อนกับไอออนของสารเร่ง และการรีดิวซ์ปฏิกิริยา ส่วนการประเมินฤทธิ์ต้านแบคทีเรียด้วยการต่อต้านเชื้อก่อโรค พบว่าสารสกัดจากเปลือกพริกขี้หนูมีประสิทธิภาพในการต้านเชื้อ *Staphylococcus aureus* ได้ดีที่สุด Chuyen, Roach, Golding, Parks, & Nguyen (2017) รายงานการพบสารแคโรทีนอยด์ถึง 271 มิลลิกรัมต่อ 100 กรัม น้ำหนักแห้งในสารสกัดเปลือกพริกขี้หนูอาจสรุปได้ว่าเปลือกพริกขี้หนูอุดมไปด้วยสารพฤกษเคมี (phytochemical) ที่มีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ และอาจมีฤทธิ์ทางชีวภาพที่เป็นประโยชน์ต่อร่างกาย

ชา เป็นเครื่องดื่มที่มีการบริโภคมากที่สุดซึ่งแพร่หลาย และได้รับความนิยมไปทั่วโลก ปัจจุบันสามารถจำแนกชาได้ออกเป็น 2 กลุ่ม ชา และชาสมุนไพร โดยชาคือชาที่ได้จากการนำใบ ยอดอ่อน และก้าน ของต้นชา หรือจากพืชตากแห้งชนิดต่างๆ มาผ่านกรรมวิธีแปรรูปหลากหลาย เพื่อให้ได้กลิ่นหอม และรสชาติเฉพาะตัวขณะทำการชง หรือต้มด้วยน้ำร้อน ส่วนชาสมุนไพร คือน้ำที่ชงจากส่วนต่างๆ ของสมุนไพร ได้แก่ ใบไม้ ดอกไม้ เปลือกหรือผลไม้ของพืชชนิดอื่น ที่ไม่มีส่วนผสมจากต้นชา

ในปัจจุบันได้มีการนำเนื้อและส่วนเยื่อหุ้มเมล็ดผักขาวไปใช้เป็นวัตถุดิบหลักในการสกัดสารเพื่อใช้ในอุตสาหกรรมเครื่องสำอางค์ ทำให้เหลือส่วนเปลือกและเมล็ด เป็นผลพลอยได้จากการผลิตเป็นจำนวนมาก จากรายงานว่าเปลือกผักขาวเป็นแหล่งที่อุดมไปด้วยสารต้านอนุมูลอิสระ (antioxidant) สามารถออกฤทธิ์ (bioactive compounds) ในช่วงต้น การแปรรูปเปลือกผักขาวในรูปแบบเครื่องดื่มชาสมุนไพร จึงเป็นรูปแบบหนึ่งในการเพิ่มมูลค่าให้กับเปลือกผักขาว แต่เนื่องด้วยกระบวนการผลิตชา ประกอบด้วยขั้นตอนต่างๆ ได้แก่ การผึ่งด้วยลมให้แห้ง การนวดใบชาเพื่อเพิ่มปริมาณสารฟลาโวนอยด์ในเซลล์พืช การหมักเพื่อให้ออกซิเจนทำปฏิกิริยากับสมุนไพรจนเปลี่ยนสีเป็นสีน้ำตาล และการอบด้วยความร้อนเพื่อเป็นการหยุดปฏิกิริยาเคมีในชา (Prachchanan, 2003) กระบวนการผลิตชาที่กล่าวมาในช่วงต้น ประกอบไปด้วยการใช้ความร้อนหรือแสง ย่อมส่งผลกระทบต่อปริมาณสารฟลาโวนอยด์ และฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระที่มีอยู่ในเปลือกผักขาว งานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของกระบวนการผลิต

ต่อปริมาณสารประกอบฟีนอลิก ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ และคุณสมบัติเบื้องต้นของชาเปลือกผักขาว โดยข้อมูลดังกล่าวจะทำให้ได้กระบวนการที่เหมาะสมในการผลิตชาเปลือกผักขาวที่ยังคงคุณค่าทางโภชนาการ สารทางพฤกษเคมีและฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระสูงสุด

วิธีการศึกษา

1. การเตรียมเปลือกนอกผักขาว

นำผลผักขาวที่มีระยะการสุกเต็มที่ตามดัชนีของเปลือก คือ มีสีแดง จากไร่คุณสัญญา ยอดเพชร จังหวัดสุรินทร์ มาแยกระหว่างเปลือก เยื่อผักขาว และเมล็ดผักขาวออกจากกัน จากนั้นนำส่วนเปลือกนอกผลผักขาวมาล้างทำความสะอาด วางให้สะเด็ดน้ำ และนึ่งเป็นชิ้นเล็กๆ แล้วนำไปนวดด้วยไม้ขนาดแป้ง หมักไว้ที่อุณหภูมิห้อง แล้วนำเปลือกนอกผลผักขาวที่ได้ มาวางกระจายให้เต็มถาด จากนั้นนำไปอบแห้งด้วยตู้อบลมร้อน tray dryer (Frecon ix Model BWS, ประเทศไทย) จนกระทั่งความชื้นสุดท้ายต่ำกว่าร้อยละ 7 ฐานแห้ง โดยทำการสุ่มตัวอย่าง 3-5 กรัม ในระหว่างการอบแห้ง ออกมาเพื่อหาความชื้นในแต่ละเวลาการอบแห้ง

2. การเตรียมชาจากเปลือกนอกผลผักขาว

ในกระบวนการผลิตชาได้ทำการศึกษา 3 ปัจจัย กระบวนการผลิตชาจากเปลือกนอกผลผักขาว โดยทำการศึกษาเวลาการนวดเปลือกผักขาวด้วยไม้ขนาดแป้ง (10 และ 20 นาที) เวลาหมักเปลือกผักขาว (1 และ 3 ชั่วโมง) และอบแห้งด้วยตู้อบลมร้อนที่อุณหภูมิการอบ (50 และ 60 องศาเซลเซียส) เปรียบเทียบกับสิ่งทดลองควบคุม ดัง (Table 1)

Table 1 The 3 factors of tea processing including of rolling time, fermentation time and drying temperature.

treatment	rolling time (minutes)	fermentation time (hours)	drying temperature (°C)
control T50	0	0	50
R10-F1-T50	10	1	50
R10-F3-T50	10	3	50
R20-F1-T50	20	1	50
R20-F3-T50	20	3	50
control T60	0	0	60
R10-F1-T60	10	1	60
R10-F3-T60	10	3	60
R20-F1-T60	20	1	60
R20-F3-T60	20	3	60

นำเปลือกนอกผลพริกขี้หนูที่ผ่านการอบแห้ง มาบดให้พอประมาณโดยใช้เครื่องบด blender นำตัวอย่างที่ผ่านการบดแล้วจำนวน 1 กรัม บรรจุใส่ถุงชา ขนาด 5×5 เซนติเมตร ได้เป็นถุงชาจากเปลือกนอก ผลพริกขี้หนูพร้อมชง นำถุงชาในน้ำร้อน 50 มิลลิลิตร โดยแช่ถุงชาประมาณ 5 นาที แล้วประเมินคุณภาพ ทางกายภาพ ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด และฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระต่อไป

3. การวิเคราะห์คุณภาพทางกายภาพด้านสี ของชาจากเปลือกนอกผลพริกขี้หนู

นำน้ำชาจากเปลือกนอกผลพริกขี้หนูทั้ง 10 สิ่งทดลอง มาวัดค่าสีด้วยระบบ CIE แบบส่องผ่าน ด้วยเครื่องวัด ค่าสี spectrophotometer (Minolta CM-3500d, ประเทศ ญี่ปุ่น) แล้วบันทึกค่าความสว่าง (L*) ค่าความเป็นเขียว – สีแดง (-a,+a) และค่าความเป็นสีน้ำเงิน – สีเหลือง (-b,+b)

4. การหาปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด ของชาจากเปลือกนอกผลพริกขี้หนู

ทำการเตรียมสารละลาย Folin-ciocalteu reagent ที่ความเข้มข้น 2 นอร์มอล และสารละลาย sodium carbonate (Na_2CO_3) ที่ความเข้มข้นร้อยละ 20 และเตรียมสารสกัดตัวอย่างให้ได้ความเข้มข้น 1 มิลลิกรัม ต่อ มิลลิตร ทำการทดสอบโดยผสมตัวอย่างน้ำชา กับ สารละลาย Folin-ciocalteu reagent และสารละลาย sodium carbonate ผสมให้เข้ากัน ตั้งไว้เป็นเวลา 40 นาที นำไปวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 725 นาโนเมตร คำนวณหาปริมาณสารประกอบฟีนอลิก ทั้งหมดจากกราฟของสารมาตรฐาน gallic acid และ คำนวณให้อยู่ในหน่วยของมิลลิกรัมแกลลิก (Somvong, & Prasitpuriprecha, 2012)

5. การวิเคราะห์ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระของชา จากเปลือกนอกผลพริกขี้หนู

5.1 การทดสอบด้วยวิธี ABTS assay

เตรียมสารละลาย ABTS (2,2'-Azino-bis (3-ethylbenzothiazoline-6-sulfonic acid) โดยผสม 7 mM ABTS กับ 2.45 mM $\text{K}_2\text{S}_2\text{O}_8$ (dipotassium

peroxodisulphate) ให้เข้ากันแล้วเจือจางด้วยน้ำกลั่น ในอัตราส่วน ABTS : น้ำ ให้ค่าการดูดกลืนแสงอยู่ในช่วง 0.7-0.9 ที่ความยาวคลื่น 734 นาโนเมตร และเตรียมสารสกัดตัวอย่างให้ได้ความเข้มข้น 1 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตรในตัวทำละลาย dimethyl sulfoxide (DMSO) ร้อยละ 20 ผสมสารละลาย ABTS ที่เจือจางแล้วกับสารสกัดตัวอย่าง และตัวทำละลายแต่ละชนิดให้เข้ากัน โดยให้ปริมาตรสุดท้ายเท่ากับ 2,120 ไมโครลิตร วัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 734 นาโนเมตร โดยใช้ Trolox เป็นสารมาตรฐานในการเปรียบเทียบ (Somvong, & Prasitpuriprecha, 2012)

5.2 การทดสอบด้วยวิธี FRAP assay

เตรียมสารละลาย FRAP (ferric reducing antioxidant power) reagent โดยผสม 300 มิลลิโมล acetate buffer (pH 3.6) กับ 20 มิลลิโมล ferric chloride solution และ 10 มิลลิโมล TPTZ (2,4,6-Tris(2-pyridyl)-1,3,5-triazine)) solution ให้เข้ากัน เก็บให้พ้นแสงและเตรียมสารสกัดตัวอย่างให้ได้ความเข้มข้น 1 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตรในตัวทำละลาย dimethyl sulfoxide (DMSO) ร้อยละ 20 นำสารสกัดตัวอย่างผสมกับ FRAP reagent และน้ำกลั่น โดยให้ปริมาตรสุดท้ายเท่ากับ 2,040 ไมโครลิตร ผสมให้เข้ากัน วัดค่าการดูดกลืนแสงในนาที่ที่ 4 ที่ความยาวคลื่น 593 นาโนเมตร โดยเปรียบเทียบกับสารละลายมาตรฐาน ferrous sulfate คำนวณหาปริมาณ relative antioxidant activity (FRAP value) จากกราฟมาตรฐานของ FeSO_4 ที่แสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของ FeSO_4 กับค่า absorbance โดยต้องเจือจางสารสกัดตัวอย่างให้อยู่ในช่วงกราฟ (Somvong, & Prasitpuriprecha, 2012)

6. การวิเคราะห์คุณภาพทางด้านประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์ชาจากเปลือกนอกผลพักข้าว

ผลิตภัณฑ์ชาจากเปลือกพักข้าวที่มีปริมาณฟีนอลิกทั้งหมด และมีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระสูง 4 ลำดับแรก จากชาทั้งหมด 10 สิ่งทดลอง จะถูกคัดเลือกมาทำการทดสอบทางประสาทสัมผัสด้านความชอบของผู้ทดสอบที่มีต่อผลิตภัณฑ์ชาจากเปลือกพักข้าวทั้ง 4 สิ่งทดลอง ในคุณลักษณะด้านลักษณะปรากฏ สี กลิ่น รสชาติ และความชอบโดยรวม รวมทั้งการทดสอบการยอมรับของผู้บริโภค

7. การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

นำข้อมูลที่ได้มาวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) ของข้อมูลที่ได้โดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป SPSS (version 11.5) เปรียบเทียบความแตกต่างโดยวิธี Duncan's new multiple range test กำหนดนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

ผลการศึกษาและอภิปรายผล

1. คุณภาพทางด้านสีของชาจากเปลือกนอกผลพักข้าว

จากผลการศึกษาคุณภาพด้านสี ของน้ำชาชงจากเปลือกพักข้าว ดัง (Table 2) พบว่าระยะเวลาการนวด และการหมักเปลือกพักข้าวที่เพิ่มขึ้น ไม่มีผลต่อค่าความสว่าง (L^*) ค่าความเป็นเขียว - สีแดง ($-a, +a$) แต่ส่งผลให้ค่าสีเหลือง ($+b$) เพิ่มขึ้น และอุณหภูมิที่ใช้อบส่งผลให้ค่าความสว่างของน้ำชาลดลงเมื่อเพิ่มอุณหภูมิในการอบ รวมทั้งส่งผลให้ค่าสีเหลืองลดลงด้วย จากผลข้างต้นสรุปได้ว่ากระบวนการนวด และหมักส่งผลให้น้ำชาที่มีสีออกเหลืองมากขึ้น อาจเนื่องมาจาก

กระบวนการนวด และหมักช่วยกระตุ้นให้สารรงควัตถุที่มีสีเหลืองอย่างแคโรทีน ละลายออกมากับน้ำชาได้มากขึ้น แต่ที่อุณหภูมิการอบ 60 องศาเซลเซียส สารรงควัตถุดังกล่าวถูกทำลายด้วยความร้อนทำให้มีสารสีเหลืองละลายออกมาในน้ำชาได้น้อยลง

(Utama-Ang, 2006) โดยระดับอุณหภูมิเครื่องอบลมร้อนจะส่งผลต่อค่าความสว่าง (L^*) โดยเมื่อระดับอุณหภูมิเครื่องอบลมร้อนมากขึ้นจะส่งผลให้ใบสาระแนอบแห้งมีค่าความสว่าง (L^*) ลดลง (Phosee, Khongbutr, Uttamating, & Assawarachan, 2013)

Table 2 Lightness, redness and yellowness of gac fruit peel tea produced by different processes.

treatment	lightness (L^*)	redness (a^*)	yellowness (b^*)
control T50	89.08±0.08 ^c	-1.26±0.01 ^b	17.40±0.02 ^l
R10-F1-T50	89.41±0.70 ^c	-1.39±0.01 ^d	22.73±0.04 ^c
R10-F3-T50	90.73±0.69 ^b	-1.27±0.01 ^b	22.08±0.01 ^d
R20-F1-T50	90.93±0.11 ^{ab}	-1.56±0.01 ^g	23.05±0.00 ^b
R20-F3-T50	90.47±0.04 ^b	-1.43±0.01 ^{ef}	23.34±0.01 ^a
control T60	91.51±0.01 ^a	-1.45±0.01 ^f	17.54±0.03 ^h
R10-F1-T60	90.95±0.02 ^{ab}	-1.41±0.01 ^e	19.05±0.02 ^g
R10-F3-T60	88.19±0.04 ^d	-1.33±0.01 ^c	20.44±0.02 ^f
R20-F1-T60	91.36±0.05 ^a	-1.28±0.01 ^b	15.90±0.02 ^l
R20-F3-T60	91.33±0.02 ^a	-1.04±0.01 ^a	20.57±0.01 ^e

Note: The superscripts with the different letters within the same column are significantly different ($p \leq 0.05$).

2. ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดของน้ำชาเปลือกนอกผลพักข้าว

จากการศึกษาสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดในชาจากเปลือกพักข้าว โดยเปรียบเทียบกับสารมาตรฐานกรดแกลลิกดังแสดงใน (Figure 1) พบว่าน้ำชาชงเปลือกพักข้าวที่ผ่านกระบวนการนวด และหมักเปลือกพักข้าว มีปริมาณฟีนอลิกทั้งหมดสูงกว่า น้ำชาชงจากเปลือกพักข้าวสิ่งทดลองควบคุมทั้งสองอุณหภูมิการอบ ($p \leq 0.05$) กระบวนการนวด และการหมักเปลือกพักข้าวช่วยให้น้ำชาชงจากเปลือกพักข้าวมีปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดเพิ่มขึ้นได้ เนื่องจากกระบวนการนวดและหมักถือเป็นแรงกลที่ทำให้ผนังเซลล์พืชที่ห่อหุ้มสารกลุ่มฟีนอลิกเสียหาย ทำให้น้ำชาชงได้มีสารประกอบฟีนอลิก

ถูกทำลายได้ง่ายขึ้นเมื่อได้รับความร้อนจากการชงด้วยน้ำร้อน สารพฤกษเคมีกลุ่มฟีนอลิกในเซลล์พืชจึงละลายออกมาจากเซลล์พืชได้ง่ายมากขึ้น (Nicolini, Anese, Parpinel, Franceschi, & Lericci, 1997) นอกจากนี้ยังพบอีกว่าน้ำชาชงเปลือกพักข้าวที่ผ่านกระบวนการอบแห้งที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส มีปริมาณฟีนอลิกทั้งหมดสูงกว่าน้ำชาชงเปลือกพักข้าวที่ผ่านกระบวนการอบแห้งที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส ($p \leq 0.05$) แสดงว่าการอบแห้งที่อุณหภูมิที่ 60 องศาเซลเซียส อาจเป็นอุณหภูมิที่สูงเกินไปจนทำให้สารประกอบในกลุ่มฟีนอลิกสลาย หรือแปลงสภาพ ต่างจากการใช้ความร้อนที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส ที่ช่วยให้ความชื้นถูกกำจัดออกได้โดยที่สารประกอบในกลุ่มฟีนอลิก

ไม่ถูกทำลาย (Chonchaitet, 2011) สารประกอบฟีนอลที่พบในธรรมชาติมีมากมายหลายชนิด และมีลักษณะสูตรโครงสร้างทางเคมีที่แตกต่างกัน ตั้งแต่กลุ่มที่มีโครงสร้างอย่างง่าย เช่น กรดฟีนอลิก (phenolic acids) ไปจนถึงกลุ่มที่มีโครงสร้างเป็นพอลิเมอร์ เช่น ลิกนิน (lignin) กลุ่มใหญ่ที่สุดที่พบคือ สารประกอบพวกฟลาโวนอยด์ (flavonoid) โดยที่สารเหล่านี้มีความไวต่อแสงและอนุมูลอิสระ ซึ่งเป็นอีกปัจจัยสำคัญที่ส่งผล

ต่อการสลายตัวของสารประกอบฟีนอลิกที่พบในวัตถุดิบจากธรรมชาติ (Siwawej, & Jaisaard, 2003) ดังนั้นกระบวนการผลิตชาอย่างการนวด และการหมักเปลือกผักข้าวในเวลาที่เหมาะสม จะทำให้สารประกอบกลุ่มฟีนอลิกถูกสกัดออกมาได้ง่าย และอนุมูลอิสระที่ทำหน้าที่ไม่สูงเกินไปจะช่วยให้สารประกอบกลุ่มฟีนอลิกยังคงอยู่ไม่สูญเสียไปจากการถูกทำลายด้วยความร้อน

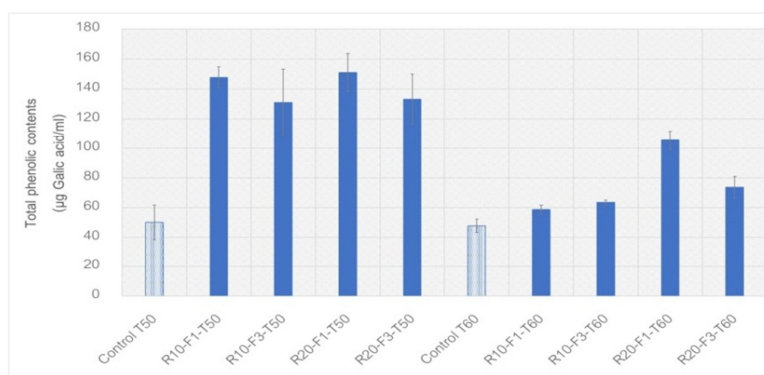


Figure 1 Total phenolic content of gac fruit peel tea produced by different processes.

3.ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระของชาจากเปลือกนอกผักข้าว

กลไกการต้านอนุมูลอิสระของสารประกอบฟีนอลิกจะอยู่ในรูปของการกำจัดอนุมูลอิสระ โดยการให้ไฮโดรเจนอะตอม และการกำจัดออกซิเจนที่ขาดอิเล็กตรอน รวมทั้งการรวมตัวกับโลหะ (Anorach, & Weerapreeyakul, 2005; Ajila, Leelavathi, & Prasada Rao, 2010) ในการทดสอบฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระของน้ำชาเปลือกนอกผักข้าว ด้วยวิธีการทดสอบประสิทธิภาพการทำลายหรือยับยั้งสารอนุมูลอิสระ ABTS (Figure 2) พบว่าน้ำชาเปลือกนอกผักข้าวที่ชงจากชาเปลือกผักข้าวที่ผ่านกระบวนการนวดเปลือกนาน 10 นาที ผ่านการหมัก

เปลือกนาน 1 ชั่วโมง และทำการอบแห้งชาเปลือกผักข้าวที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส มีระดับการยับยั้งสูงที่สุดเท่ากับ 230.95 ± 0.19 มิลลิกรัมโพรท็อกซ์ต่อมิลลิลิตร เนื่องจากความร้อนมีผลต่อการต้านอนุมูลอิสระ Pajareon (2019) ได้ทดลองการให้ความร้อนที่อุณหภูมิ 70, 80 และ 90 องศาเซลเซียส สกัดสารแอนโทไซยานินจากรำข้าวไรซ์เบอร์รี่ พบว่าที่อุณหภูมิสูงขึ้นค่ากิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระลดลง และที่อุณหภูมิ 90 องศาเซลเซียส มีผลทำให้แอนโทไซยานินสลายตัวอย่างมีนัยสำคัญ สารแอนโทไซยานินมีความคงตัวที่อุณหภูมิต่ำ ลงมาคือ น้ำชาเปลือกนอกผักข้าวที่ชงจากชาเปลือกผักข้าวที่ผ่านกระบวนการนวด 20 นาที ผ่านการหมักเปลือก

นาน 1 ชั่วโมง และทำการอบแห้งที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส ระดับการยับยั้งเท่ากับ 228.59 ± 1.26 มิลลิกรัมโพรกซ์ต่อมิลลิลิตร แต่ในน้ำชาที่ชงจากตัวอย่างชาเปลือกพริกขี้หนูที่ทำการนวดที่ระยะเวลา 10 และ 20 นาที และอบแห้งที่อุณหภูมิเดียวกันคือ 50 องศาเซลเซียส แต่ระยะเวลาในการหมักนานขึ้นเป็น 3 ชั่วโมง กลับมีระดับการยับยั้งสารอนุมูลอิสระ ABTS ที่ลดลงเท่ากับ 189.38 ± 1.22 และ 195.26 ± 0.14 มิลลิกรัมโพรกซ์ต่อมิลลิลิตร และจาก

การทดสอบความสามารถจับกับโลหะเหล็ก FRAP (Figure 3) พบว่าน้ำชาเปลือกนอกพริกขี้หนูที่ชงจากชาเปลือกพริกขี้หนูที่ผ่านกระบวนการนวดเปลือกนาน 10 นาที ผ่านการหมักเปลือกนาน 1 ชั่วโมง และทำการอบแห้งที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส มีระดับการยับยั้งสูงที่สุดเท่ากับ 0.49 ± 0.01 มิลลิกรัมเฟอรัสซัลเฟตต่อมิลลิลิตร และยังแสดงแนวโน้มการลดลงของระดับความสามารถจับกับโลหะเหล็ก เมื่อผ่านการนวดและหมักเปลือกในระยะเวลาที่นานขึ้น

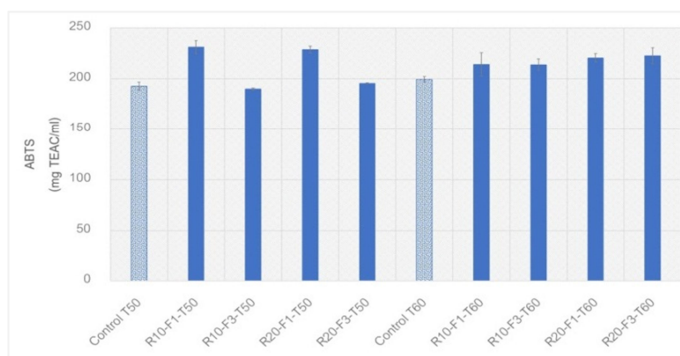


Figure 2 Antioxidant properties using ABTS assay of gac fruit peel tea produced by different processes.

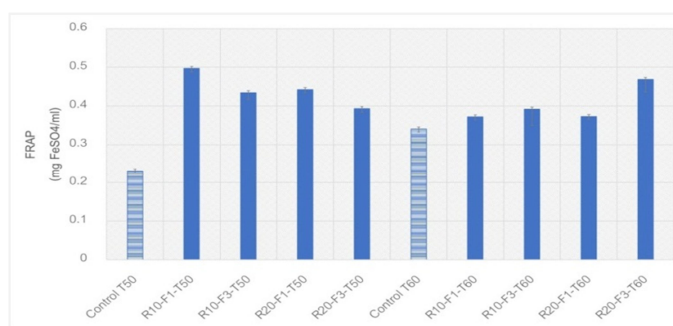


Figure 3 Antioxidant properties using FRAP assay of gac fruit peel tea produced by different processes.

กระบวนการนวด และหมักมีวัตถุประสงค์เพื่อสร้างรส และสีของชาให้เข้มข้นโดยอาศัยปฏิกิริยาออกซิเดชันกับออกซิเจน (Prachchanan, 2003) ดังนั้นในระหว่างกระบวนการนวด และหมักเปลือกนอกจากจะ

ช่วยทำลายผนังเซลล์พืชแต่ก็ยังทำให้สารพฤษเคมีบางกลุ่ม เช่น เบต้าแคโรทีน ไคโคพีน หรือ วิตามินซี ที่มีอยู่ในเปลือกพริกขี้หนูสลายไปด้วยการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันกับออกซิเจน (Wang, Chuang, & Hsu,

2008) ในงานวิจัยสารสกัดจากธรรมชาติล้วนมีความเห็นพ้องกันคือ เมื่อพบว่าสารสกัดตัวอย่างมีปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดสูง จะส่งผลให้ฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระสูงขึ้น เป็นไปในแนวทางเดียวกัน ซึ่งเป็นความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณสารประกอบฟีนอลิกกับฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระ (Maisuthisakul, 2006; Polyum, 2014; Chantarangsee, 2015) ซึ่งสอดคล้องกับผลงานวิจัยในช่วงต้นที่พบว่าในตัวอย่างน้ำชาเปลือกพริกขี้หนูที่มีปริมาณสารประกอบฟีนอลิกสูงที่สุด ได้แสดงการออกฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระได้ดีที่สุดเช่นกัน

4. การวิเคราะห์คุณภาพทางประสาทสัมผัสด้านความชอบ

การทดสอบทางประสาทสัมผัสด้านความชอบโดยใช้เกณฑ์ 9-point hedonic scale น้ำชาจากเปลือกนอกจากผลพริกขี้หนูทั้ง 4 สิ่งทดลอง ที่แสดงคุณสมบัติเป็นชาที่ออกฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระสูงสุด 4 ตัวอย่าง ได้แก่ ชาจากเปลือกพริกขี้หนูที่ผ่านกระบวนการนวด 10 นาที/หมัก 1 ชั่วโมง และอบแห้งที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส: R10-F1-T50, ชาจากเปลือกพริกขี้หนูที่ผ่านกระบวนการนวด 20 นาที/หมัก 1 ชั่วโมง และอบแห้งที่อุณหภูมิ 50

องศาเซลเซียส: R20-F1-T50, ชาจากเปลือกพริกขี้หนูที่ผ่านกระบวนการนวด 10 นาที/หมัก 1 ชั่วโมง และอบแห้งที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส: R10-F1-T60, และชาจากเปลือกพริกขี้หนูที่ผ่านกระบวนการนวด 20 นาที/หมัก 1 ชั่วโมง และอบแห้งที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส: R20-A1-T60 โดยเมื่อสังเกตด้วยตาเปล่า น้ำชาที่ชงจากเปลือกนอกพริกขี้หนูทั้ง 4 สิ่งทดลอง มีสีเหลือง ลักษณะใส และตะกอนเล็กน้อย โดยที่น้ำชาจากเปลือกพริกขี้หนูที่ผ่านการอบแห้งที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส จะมีสีเข้มกว่าชาจากเปลือกพริกขี้หนูที่ผ่านการอบแห้งที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส เล็กน้อยและจากการทดสอบทางประสาทสัมผัสด้านความชอบในด้านต่างๆ ได้แก่ ลักษณะปรากฏ สี กลิ่น รสชาติ และ ความชอบโดยรวมของผู้ทดสอบต่อน้ำชาที่ชงจากชาเปลือกพริกขี้หนู 4 สิ่งทดลองข้างต้น พบว่าผู้ทดสอบให้คะแนนแก่ผลิตภัณฑ์ชาจากเปลือกนอกพริกขี้หนูทั้ง 4 สิ่งทดลองไม่แตกต่างกัน ($p>0.05$) ในทุกคุณลักษณะ โดยคะแนนความชอบอยู่ที่ระดับความชอบเล็กน้อยถึงความชอบปานกลาง ดัง (Table 3)

Table 3 Sensory evaluation of gac fruit peel tea infusion produced by different processes.

treatment	appearance ^{ns}	color ^{ns}	flavor ^{ns}	taste ^{ns}	overall liking ^{ns}
R10-A1-T50	6.20±1.83	5.73±2.00	6.07±2.03	6.50±2.13	6.97±2.09
R20-A1-T50	5.97±2.01	6.30±1.88	5.67±2.14	6.17±1.95	6.80±1.71
R10-A1-T60	5.47±2.47	5.63±2.16	5.23±2.25	6.10±2.12	6.50±2.13
R20-A1-T60	6.03±2.25	5.70±2.18	5.13±2.11	6.13±2.21	6.57±1.94

Note: ^{ns} means were not significantly different within the same column ($p>0.05$)

สรุป

เปลือกพริกขี้หนูอุดมไปด้วยสารพฤกษเคมีที่มีคุณสมบัติที่เป็นประโยชน์ต่อร่างกายมากมาย ได้แก่

เบต้าแคโรทีน ไโคฟีน วิตามินซี หรือ สารประกอบในกลุ่มฟีนอลิก ซึ่งส่วนใหญ่เป็นคือ ฟลาโวนอยด์ ด้วยเหตุที่สารในกลุ่มนี้มีควมไวต่อออกซิเจน แสง และความร้อน

ซึ่งล้วนพบอยู่ในทุกกระบวนการการผลิตผลิตภัณฑ์ชา ได้แก่ การนวดเพื่อให้กระตุ้นให้สารเคมีที่มีอยู่ในวัตถุดิบ เพื่อสร้างรสผัดขมแบบชา การหมักเพื่อให้ออกซิเจนทำปฏิกิริยากับวัตถุดิบเพื่อเปลี่ยนสีให้เข้มข้น สุดท้ายการอบด้วยความร้อนเพื่อเป็นการหยุดปฏิกิริยาเคมีในวัตถุดิบ การหาคีไฮนัสที่เหมาะสมในการผลิตชาจากเปลือกพริกขี้หนูโดยที่ยังสามารถรักษาสารพฤกษเคมีอย่างเช่น สารประกอบในกลุ่มฟีนอลิกให้คงอยู่ และมีคุณลักษณะของผลิตภัณฑ์เป็นที่ยอมรับของผู้บริโภคได้ คือวัตถุดิบประสมหลักของงานวิจัยนี้ จากงานวิจัยพบว่ากระบวนการนวด การหมัก และการอบแห้งด้วยลมร้อนแบบ tray dryer ส่งผลกระทบต่อปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด และฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระของน้ำชาจากชาเปลือกพริกขี้หนู และจากการตรวจสอบเชิงปริมาณของสารประกอบฟีนอลิก และเชิงคุณภาพด้านการออกฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ พบว่าน้ำชาจากเปลือกพริกขี้หนูที่ผ่านการนวดเป็นเวลา 10 นาที ผ่านการหมักเป็นเวลา 1 ชั่วโมง และถูกนำไปอบแห้งที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส มีปริมาณสารฟีนอลิกทั้งหมด (total phenol content) สูงที่สุด และมีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระดีที่สุดอีกด้วย โดยผู้บริโภคให้การยอมรับผลิตภัณฑ์ผ่านคะแนนความชอบต่อน้ำชาจากเปลือกพริกขี้หนู R10-F1-T50 ในคุณลักษณะต่างๆ ได้แก่ ลักษณะปรากฏ สี กลิ่นรส รสชาติ และความชอบรวม เท่ากับ 6.20, 5.73, 6.07, 6.05 และ 6.97 ตามลำดับ

เอกสารอ้างอิง

- Ajila, C. M., Leelavathi, K., & Prasada Rao, U. J. S. (2010). Mango peel powder: A potential source of antioxidant and dietary fiber in macaroni preparations. *Innovative Food Science and Emerging Technologies*, 11, 219-224.
- Anorach, R., & Weerapreeyakul, N. (2005). Analytical method of antioxidant activity *in vitro*. *Khon Kean University Science Journal*, 33, 13-18. (in Thai)
- Aoki, H., Kieu, N. T., Kuze, N., Tomisaka, K., & Van Chuyen, N. (2002). Carotenoid pigments in gac fruit (*Momordica cochinchinensis* Spreng). *Bioscience, Biotechnology and Biochemistry*, 66(11), 2479-2482.
- Bhamarapravatan, K. (2013). *Gac: Food for anticancer*. Bangkok: Moh-Chao-Ban Publish house. (in Thai)
- Chantarangsee, M. (2015). Antioxidant and antibacterial activities of ethanolic extracts from different parts of gac fruit. *KKU Science Journal*, 43(3), 490-502.
- Chongchaitet, N. (2011). Nutrition composition of coffee. *Thailand journal of Health Promotion and Environmental*, 34(4), 60-68. (in Thai)
- Chuyen, H. V., Roach, P. D., Golding, J. B., Parks, S. E. & Nguyen, M. H. (2017). Optimisation of extraction conditions for recovering carotenoids and antioxidant capacity from gac peel using response surface methodology. *International Journal of Food Science and Technology*, 52(4), 972-980.
- Ishida, B. K., Tumer, C., Chapman, M. H., & McKeon, T. (2004). Fatty acid and carotenoid composition of gac (*Momordica cochinchinensis* Spreng) fruit. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 52, 274-279.

- Kubola, J., & Siriamornpun, S. (2011). Phytochemicals and antioxidant activity of different fruit fractions (peel, pulp, aril and seed) of Thai gac (*Momordica cochinchinensis* Spreng). *Food Chemistry*, 127, 1138-1145.
- Leelamanit, W. (2014). *Gac fruit*. Bangkok: Department of Biochemistry, Faculty of Pharmacy, Mahidol University. (in Thai)
- Maisuthisakul, P. (2006). Application of phenolic compounds from plant as free radical scavenging. *University of Thai Chamber of Commerce Journal*, 26(3), 222-238. (in Thai)
- Nicoli, M. C., Anese, M., Parpinel, M. T., Franceschi, S., & Lerici, C. R. (1997). Loss and/or formation of antioxidants during food processing and storage. *Cancer Letters*, 114, 71-74.
- Pajareon, S. (2019). Stability of anthocyanin extract from riceberry rice bran encapsulated with rice bran protein concentrate under different pH and heating conditions. *RMUTSB Academic Journal*, 7(2), 205-215. (in Thai)
- Phosee, N., Khongbutr, P., Uttamating, K., & Assawarachan, R. (2013). Effect of temperature on moisture ratio and color changes of mint leaves during hot air drying process. *RMUTSB Academic Journal*, 1(2), 103-114. (in Thai)
- Polyium, U. (2014). *Chemical composition and biological activity of Ficus hispida Linn* (research report). Bangkok: Faculty of Science and Technology, Rajamangala University of Technology Pra Nakhon. (in Thai)
- Prachchanan. (2003). *Rinjaisaicha handbook for tea lover*. Bangkok: Ekneung Publishing. (in Thai)
- Siwawej, S., & Jaisaard, N. (2003). Extraction of phenolic compounds from potato peel. In *The 41th Kasetsart University Annual Conference* (pp. 12-19). Bangkok: Kasetsart University. (in Thai)
- Somvong, K., & Prasitpuriprecha, C. (2012). *Antioxidant and melanogenesis stimulating activities of some Thai traditional medicinal plant extracts for grey hair treatment* (Master's thesis). Khon Kaen University, Khon Kaen. (in Thai)
- Tran, T. H. (2007). *Production of carotenoid-rich powder from Gac fruit* (Master's thesis). University of Western Sydney, Sydney, Australia.
- Utama-Ang, N. (2006). *Development of jiaogulan tea (Gynostemma pentaphyllum)* (Doctoral dissertation). Kasetsart University, Bangkok.
- Vuong, L. T., Franke, A. A., Custer, L. J., & Murphy, S. P. (2006). *Momordica cochinchinensis* Spreng. (gac) fruit carotenoids reevaluated. *Journal of Food Composition and Analysis*, 19, 664-668.
- Wang, Y. C., Chuang, Y. C. & Hsu, H. W. (2008). The flavonoid, carotenoid and pectin content in peels of citrus cultivated in Taiwan. *Food Chemistry*, 106, 277-284.