



รายงานผลการวิจัย

เรื่อง

ความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระของชาชงจากเปลือกส้มโอ
Antioxidant capacity of pummelo peel tea

โดย

ดร.นันทชนก นันทะไชย
ดร.อินทิรา ลิจันทรพร
ดร. ปาลิดา ตั้งอนรรตน

โครงการวิจัยได้รับเงินสนับสนุนจาก
งบประมาณเงินรายได้
คณะเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี
ประจำปีงบประมาณ 2556

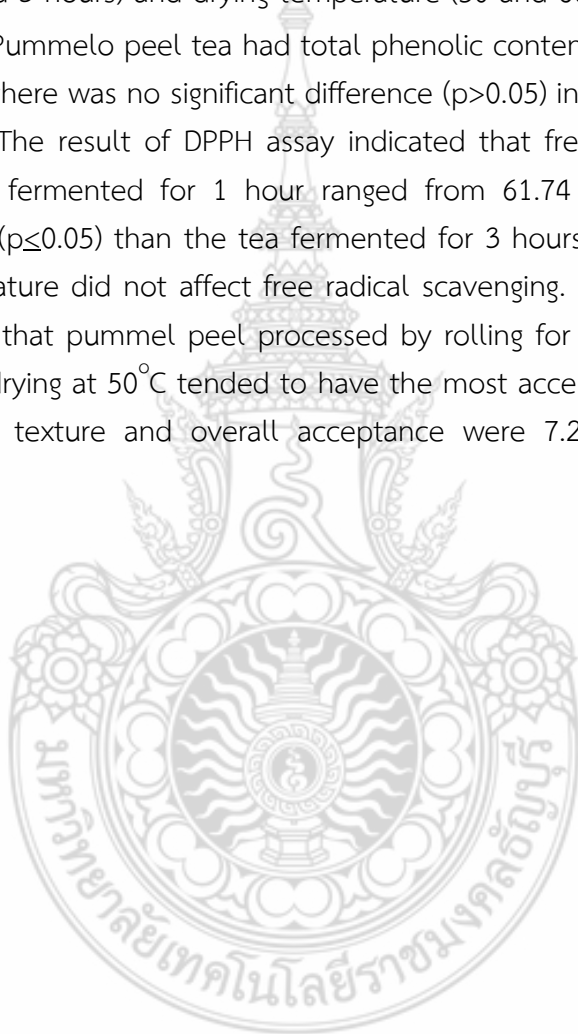
บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อนำเปลือกส้มโอซึ่งเป็นเศษวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรมาใช้ประโยชน์ โดยการศึกษาผลของกระบวนการผลิตที่มีต่อคุณภาพของเครื่องดื่มชาจากเปลือกส้มโอพันธุ์ขาวน้ำผึ้ง พบว่าเวลาการนวด (10 และ 20 นาที) เวลาการหมัก (1 และ 3 ชั่วโมง) และอุณหภูมิการอบ (50 และ 60°C) ไม่มีผลต่อปริมาณฟีนอลิกทั้งหมด ชาเปลือกส้มโอมีปริมาณฟีนอลิกทั้งหมดมีค่าอยู่ระหว่าง 123.79 – 211.88 μg gallic acid/ml โดยทุกสิ่งทดลองมีปริมาณฟีนอลิกทั้งหมดไม่แตกต่างกัน ($p>0.05$) สำหรับผลการวิเคราะห์การต้านอนุมูลอิสระโดยวิธี DPPH พบว่า การหมักเปลือกส้มโอเป็นเวลา 1 ชั่วโมง มีค่าการต้านอนุมูลอิสระอยู่ระหว่าง 61.74 – 62.15% สูงกว่าการหมักเปลือกส้มโอเป็นเวลา 3 ชั่วโมงอย่างมีนัยสำคัญ ($p\leq 0.05$) อย่างไรก็ตามเวลาการนวดและอุณหภูมิการอบไม่มีผลต่อการต้านอนุมูลอิสระของชาจากเปลือกส้มโอ สำหรับการทดสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัสนั้น พบว่าชาเปลือกส้มโอที่ใช้เวลาการนวด 20 นาที เวลาการหมัก 1 ชั่วโมง และอุณหภูมิการอบที่ 50°C มีแนวโน้มได้รับการยอมรับมากที่สุด โดยมีคะแนนความชอบด้านสี กลิ่น รสชาติ และความชอบโดยรวม เท่ากับ 7.20, 6.77, 6.43 และ 6.97 ตามลำดับ



Abstract

This research aimed to analyze the utilization of agricultural by-product such as pummel peel. The study of effect of processing on qualities of tea from pummelo peel variety “Khao-Nam-Pung” found that rolling time (10 and 20 minutes), duration of fermentation (1 and 3 hours) and drying temperature (50 and 60°C) did not affect total phenolic content. Pummelo peel tea had total phenolic content at 123.79 - 211.88 μg gallic acid/ml and there was no significant difference ($p>0.05$) in total phenolic content of all treatments. The result of DPPH assay indicated that free radical scavenging of pummel peel tea fermented for 1 hour ranged from 61.74 to 62.15% which was significantly higher ($p\leq 0.05$) than the tea fermented for 3 hours. However, rolling time and drying temperature did not affect free radical scavenging. For sensory evaluation, the result showed that pummel peel processed by rolling for 20 minutes, 1 hour for fermentation and drying at 50°C tended to have the most acceptability. The scores for color, odor, taste, texture and overall acceptance were 7.20, 6.77, 6.43 and 6.97 respectively.



กิตติกรรมประกาศ

การทำงานวิจัยครั้งนี้สำเร็จลุล่วงด้วยดี คณะผู้วิจัยขอขอบพระคุณคณะเทคโนโลยีการเกษตร ที่ได้ให้ทุนสนับสนุนการวิจัยเพื่อพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี แก่ทางสาขา วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร และขอขอบคุณนักศึกษาปริญญาตรี ทุกท่านที่ได้ให้ความช่วยเหลือในการทำงานวิจัยครั้งนี้ ขอขอบคุณมา ณ ที่นี้

คณะผู้วิจัย

30 สิงหาคม 2556



สารบัญ

เรื่อง	หน้า
สารบัญ	[ก]
สารบัญตาราง	[ข]
สารบัญภาพ	[ค]
บทนำ	1
วัตถุประสงค์	2
ตรวจเอกสาร	3
วิธีการทดลอง	10
ผลการทดลองและวิจารณ์	12
สรุปผลการทดลอง	20
เอกสารอ้างอิง	21
ภาคผนวก	24



สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
1	ค่าสี (L^* a^* และ b^*) ค่าการต้านอนุมูลอิสระ (DPPH assay) และปริมาณฟีนอลทั้งหมด (total phenolic content) ของเปลือกส้มโอสด	12
ตารางผนวกที่		
1	ผลการวิเคราะห์ค่าสีของผงชาจากเปลือกส้มโอ	25
2	ผลการวิเคราะห์ค่าการยับยั้งอนุมูลอิสระและปริมาณฟีนอลิกทั้งหมดของผงชาจากเปลือกส้มโอ	25
3	ผลการวิเคราะห์การทดสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัสของเครื่องดื่มชาจากเปลือกส้มโอ	26



สารบัญภาพ

ภาพที่		หน้า
1	กระบวนการผลิตชาเขียว ชาอู่หลง และชาดำ	6
2	ตัวอย่างสูตรโครงสร้างสารประกอบแทนนิน	7
3	กระบวนการผลิตเครื่องดื่มชาจากเปลือกส้มโอ	11
4	ค่าสี (L^* a^* และ b^*) ของผงชาเปลือกส้มโอทั้ง 8 สิ่งทดลอง	13
5	ค่าการต้านอนุมูลอิสระของผงชาเปลือกส้มโอทั้ง 8 สิ่งทดลอง	15
6	ปริมาณฟีนอลทั้งหมดของผงชาเปลือกส้มโอทั้ง 8 สิ่งทดลอง	16
7	ความสัมพันธ์ระหว่างค่าการต้านอนุมูลอิสระและปริมาณฟีนอลทั้งหมดของชาเปลือกส้มโอ	17
8	ผลการทดสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัสของเครื่องดื่มชาจากเปลือกส้มโอ	19

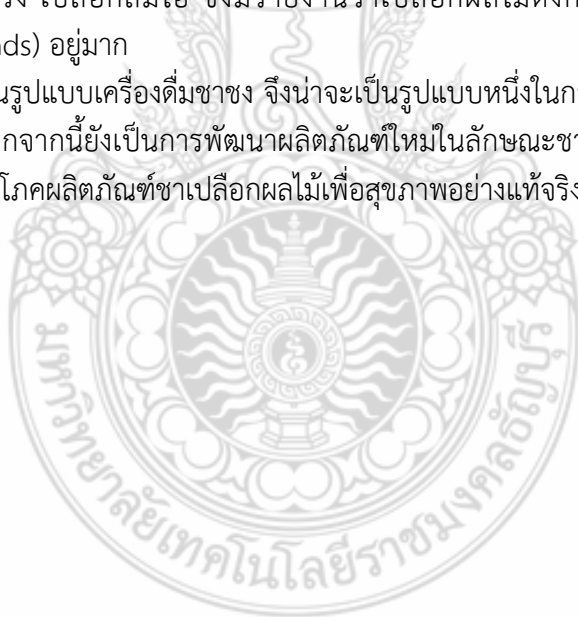


บทนำ

ปัจจุบันคนไทยให้ความสนใจด้านสุขภาพมากขึ้น เครื่องดื่มสมุนไพรนับว่าเป็นทางเลือกหนึ่งของผู้บริโภค โดยตลาดเครื่องดื่มเพื่อสุขภาพที่ไม่รวมผลิตภัณฑ์จากนม ในปี 2547 มีมูลค่าถึง 4,000 ล้านบาท โดยตลาดในประเทศไทยเริ่ม เปิดรับเครื่องดื่มสมุนไพรมากขึ้น และมีการขยายตัวอย่างต่อเนื่องประมาณร้อยละ 10-15 ทำให้ชาสมุนไพรเป็นเครื่องดื่มประเภทหนึ่งที่กลับเข้ามาได้รับความนิยมอีกครั้ง โอกาสทางการตลาดก็เป็นไปอย่างชัดเจนมากขึ้น อีกทั้งรัฐบาลมีนโยบายสนับสนุนการส่งออกชาสมุนไพรด้วยพืชสมุนไพรสามารถนำมาผลิตเป็นผลิตภัณฑ์ชาได้

ในประเทศไทยมีการแปรรูปผลไม้ทำให้เกิดวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตรเช่น เปลือกและเมล็ด ซึ่งมีรายงานว่าเปลือกผลไม้เป็นแหล่งที่อุดมไปด้วยสารออกฤทธิ์ (bioactive compounds) สามารถใช้เป็นสารต้านอนุมูลอิสระ (antioxidant) เช่น การทำชาจากเปลือกมังคุด โดยในเปลือกมังคุดมีสารแซนโทนอยู่มากและหลายชนิด จากงานวิจัยต่างๆ แสดงให้เห็นว่าสารแซนโทนมีสมบัติสำคัญคือ สามารถต้านอนุมูลอิสระมีฤทธิ์ลดการอักเสบ (anti-inflammatory) และสามารถต้านการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ (anti microbial) จากแนวความคิดนี้จึงได้หาวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตรชนิดอื่น เช่น เปลือกลองกอง เปลือกมะม่วง เปลือกส้มโอ ซึ่งมีรายงานว่าเปลือกผลไม้นี้ดังกล่าวมีสารประกอบฟีนอล (phenolic compounds) อยู่มาก

เปลือกผลไม้ในรูปแบบเครื่องดื่มชาจึงน่าจะเป็นรูปแบบหนึ่งในการเพิ่มมูลค่าให้กับวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตร นอกจากนี้ยังเป็นการพัฒนาผลิตภัณฑ์ใหม่ในลักษณะชา และเป็นการสนับสนุนส่งเสริมให้คนไทยได้บริโภคผลิตภัณฑ์ชาเปลือกผลไม้เพื่อสุขภาพอย่างแท้จริง



วัตถุประสงค์

เพื่อศึกษากระบวนการผลิตและความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระของเครื่องดื่มชาขงจากเปลือกส้มโอ



ตรวจเอกสาร

1. ส้มโอ

ส้มโอมีชื่อวิทยาศาสตร์ว่า *Citrus grandis* หรือ *Citrus mazima* Mree มีชื่อสามัญว่า Pummelo และ Shaddock อยู่ในวงศ์ Rutaceae (มนัส, 2543) ส้มโอเป็นไม้ผลเศรษฐกิจอีกชนิดหนึ่งที่มีการปลูกกันอย่างแพร่หลาย เนื่องจากมีรสชาติดี และเป็นที่นิยมบริโภคของคนทั่วไป (ทวีศักดิ์, 2541) ผลส้มโอมีขนาดปานกลางถึงใหญ่เส้นผ่านศูนย์กลางประมาณ 10-30 cm และเป็นส่วนเปลือกหนาประมาณ 1.5-2 cm (นฤมล, 2552) เปลือกของส้มโอนั้นดูเหมือนเป็นวัสดุเหลือทิ้งที่ไม่มีค่า แต่ในความเป็นจริงนั้นเปลือกของผลไม้ตระกูลส้มมีสารจากธรรมชาติที่มีประโยชน์ต่อร่างกาย เช่น flavonoids, carotenoids และเพคติน (pectin) อยู่มาก (Wang et al., 2008)

ลักษณะทางพฤกษศาสตร์

นฤมล (2551) กล่าวถึงลักษณะทางพฤกษศาสตร์ของส้มโอ ดังนี้

1.1.1 ลำต้น

จัดเป็นไม้ขนาดเล็กถึงขนาดกลาง ต้นสูง 5-15 m กิ่งก้านสาขาที่แตกจะห้อยลงเป็นพุ่มสวยงาม สามารถปลูกเป็นไม้ประดับได้ลักษณะของกิ่งอ่อนจะปกคลุมด้วยผลสั้น ๆ และมีหนามรูปร่างอ้วน ขนาดความยาว 1-5 cm

1.1.2 ใบ

มีรูปร่างเป็นรูปโลก หรือรูปไข่ยาวลักษณะของใบกลม หรือแหลมป้าน บริเวณปลายสุดของใบจะเป็นรอยเว้าเล็กน้อย ส่วนของฐานใบมกลจัดเป็นใบขนาดใหญ่ ความกว้างของแผ่นใบประมาณ 2-12 cm และมีความยาวประมาณ 5-20 cm

1.1.3 ก้าน

ประกอบด้วยปีกขนาดใหญ่ แลดูเป็นรูปทรงคล้ายรูปหัวใจกลับ หรือรูปไข่หัวกลับ ค่อนข้างยาว ส่วนปลายปีกเป็นรูปหัวใจ ปีกจะแคบลงบริเวณฐานก้านใบ ส่วนของก้านใบบริเวณที่กว้างที่สุดประมาณ 0.3-0.7 cm

1.1.4 ดอก

เกิดบริเวณซอกใบ ลักษณะเป็นช่อ จัดเป็นชนิดดอกเดี่ยว แต่ละช่อดอกมีจำนวนดอก 2-10 ดอก ดอกมีขนาดใหญ่ เส้นผ่าศูนย์กลางประมาณ 3-7 cm ส่วนประกอบของดอก มีชั้นกลีบเลี้ยงอยู่นอกสุดจำนวน 3-5 กลีบ ในลักษณะเชื่อมติดกัน ถัดเข้าไปเป็นชั้นของกลีบดอก มีจำนวน 4-5 กลีบ ต่อเข้าไปเป็นชั้นเกสรตัวผู้เชื่อมติดกันเป็นกลุ่ม ประมาณ 4-5 กลุ่ม รวมจำนวนเกสรตัวผู้ประมาณ 20-25 อัน และชั้นในสุดเป็นเกสรตัวเมียเป็นที่อยู่ของรังไข่ ซึ่งมี 11-16 ช่อง

1.1.5 ผล

มีรูปทรงกลมหรือเป็นผลแบบสาหลี่ มีขนาดปานกลางถึงใหญ่ เส้นผ่าศูนย์กลางประมาณ 10-30 cm ผลขณะที่ยังอ่อนมีสีเขียว เมื่อระยะผลแก่สีจะเปลี่ยนเป็นเขียวอมเหลืองและเป็นสีเหลืองทองในที่สุด เปลือกผลมีลักษณะอ่อนนุ่ม มีความหนา 1.5-2.0 cm สีเปลือกด้านในเป็นสีขาวหรือชมพู

ตามลักษณะพันธุ์ เนื้อมีสีเหลืองอ่อนอมเขียวหรือชมพู แต่ละกลีบมีขนาดใหญ่ เมล็ดมีสีขาวอมเหลืองมีขนาดตั้งแต่ใหญ่ไปจนถึงเล็กมาก ผิวเมล็ดมีลักษณะเป็นร่องลึก ในหนึ่งเมล็ดจะเพาะต้นกล้าได้เพียงต้นเดียว จำนวนเมล็ดในแต่ละผลจะมีจำนวนแตกต่างกันตามพันธุ์

สารประกอบในเปลือกส้มโอ

ผิวเปลือกนอกสุดของผลส้มโอ ประกอบด้วย limonene, myrcene และมีน้ำมันหอมระเหย 0.3-0.9% (นฤมล, 2551) เปลือกผลสีชาวมี่ pectin สูง (มนัส, 2543)

2. เครื่องดื่มชา

ชาเป็นพืชในตระกูล คาเมลเลีย ชื่อทางพฤกษศาสตร์ของชาคือ *Camellia sinensis* (ปรัชนันท์, 2546) เครื่องดื่มชา คือ การนำใบ ยอดอ่อน และก้าน ของต้นชาผ่านกรรมวิธีแปรรูปหลากหลาย ชา ยังหมายถึงเครื่องดื่มกลิ่นหอมที่ทำจากพืชตากแห้งชนิดต่างๆ นำมาชงหรือต้มกับน้ำร้อน นอกจากนี้ ชายังเป็นเครื่องดื่มที่มีการบริโภคมากที่สุดเป็นอันดับ 2 รองจากน้ำเปล่า สำหรับคำว่า ชาสมุนไพร นั้น หมายถึง น้ำที่ชงจากสมุนไพร ใบไม้ ดอกไม้ หรือผลไม้ ของพืชอื่นๆ ที่ไม่มีส่วนผสมจากต้นชา (วิกิพีเดีย, 2554) กระบวนการผลิตชาเริ่มจากการผึ่งใบชาด้วยลมในตะแกรงให้แห้ง จนใบชาลดน้ำหนักเหลือเพียง 30% ของน้ำหนักเดิม จากนั้นจึงนำใบชามานวดเพื่อให้ใบม้วนตัวและกระตุ้นให้สารแทนนินที่มีอยู่ในใบชาทำให้ใบชามีรสฝาดขม แล้วจึงนำมาหมักเพื่อให้ออกซิเจนทำปฏิกิริยากับใบชาจนใบเปลี่ยนสีเป็นสีน้ำตาล จากนั้นใบชาจะถูกอบด้วยความร้อนเพื่อเป็นการหยุดปฏิกิริยาเคมีในใบชา (สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย, 2554)

กระบวนการผลิตชา มีขั้นตอนดังนี้

1. การเก็บใบชา (tea plucking) เป็นขั้นตอนที่สำคัญเนื่องจากต้องอาศัยความละเอียดในการเก็บ การเก็บใบชาต้องใช้แรงงานคนในการเก็บจึงจะได้ยอดใบชาที่มีคุณภาพดี การเก็บจะต้องเลือกเก็บเฉพาะยอดชาที่ตูมและใบที่ต่ำจากยอดตูมลงมา 2 ใบ เนื่องจาก polyphenols ซึ่งเป็นสารสำคัญในชาจะมีอยู่มากเฉพาะในยอดชาเท่านั้น

2. การผึ่งชา (withering) เป็นขั้นตอนที่ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงทางกายภาพและเกิดปฏิกิริยาเคมีของสารต่างๆ ในใบชา การผึ่งชาจะทำให้ น้ำในใบชาระเหยไป ทำให้ใบชาเหี่ยวและจะมีการซึมผ่านของสารต่างๆ ภายในและภายนอกเซลล์ ในการผึ่งชาตัวเอง เอนไซม์ polyphenol oxidase จะเร่งปฏิกิริยา oxidation และ polymerization ทำให้สาร polyphenol เกิดปฏิกิริยาเคมีได้เป็นองค์ประกอบใหม่ที่ทำให้ชามีสี กลิ่น และรสชาติที่แตกต่างกันไป

3. การนึ่งชา (steaming) หรือการคั่วชา (pan firing) เป็นขั้นตอนที่ให้ความร้อนกับใบชาเพื่อทำลายเอนไซม์ polyphenol oxidase ทำให้หยุดปฏิกิริยาการหมัก

4. การนวดชา (rolling) เป็นขั้นตอนที่ใช้น้ำหนักกดทับลงใบชา เป็นการขยี้ใบชาเพื่อให้เซลล์แตก เมื่อเซลล์แตกจะทำให้สารประกอบต่างๆ ที่อยู่ในเซลล์ไหลออกมาออกเซลล์และเคลือบอยู่บนส่วนต่างๆ ของใบชา

5. การหมัก (fermentation) เป็นกระบวนการที่เกิดขึ้นอย่างต่อเนื่องเริ่มตั้งแต่การผึ่งชาและนวดชา ก่อนที่จะถึงขั้นตอนการหยุดปฏิกิริยาเอนไซม์ polyphenol oxidase ด้วยความร้อน (steaming หรือ firing) ในกระบวนการนี้เอนไซม์ polyphenol oxidase จะเร่งปฏิกิริยา oxidation ทำให้ polyphenols เกิด oxidized และเกิดปฏิกิริยา polymerization ได้เป็นสารประกอบเชิงซ้อนระหว่าง polyphenols ที่มีโมเลกุลใหญ่ขึ้น ซึ่งทำให้ชาเกิดกลิ่น สี และรสชาติที่แตกต่างกันไปตามองค์ประกอบทางเคมีที่อยู่ในชาและตามกรรมวิธีการผลิต

6. การอบแห้ง (drying) เป็นขั้นตอนการอบแห้งเพื่อลดความชื้นในใบชาให้เหลือประมาณร้อยละ 5 เพื่อให้สามารถเก็บใบชาไว้ได้นาน

7. การคัดบรรจุ (sorting and packing) หลังการอบแห้งจะเป็นการคัดเลือกเศษกิ่งก้านของใบชา และสิ่งเจือปนต่าง ๆ ออกจากใบชา เสร็จแล้วนำมาบรรจุใส่ถุงเพื่อรอจำหน่ายต่อไป

แทนนิน (Tannins)

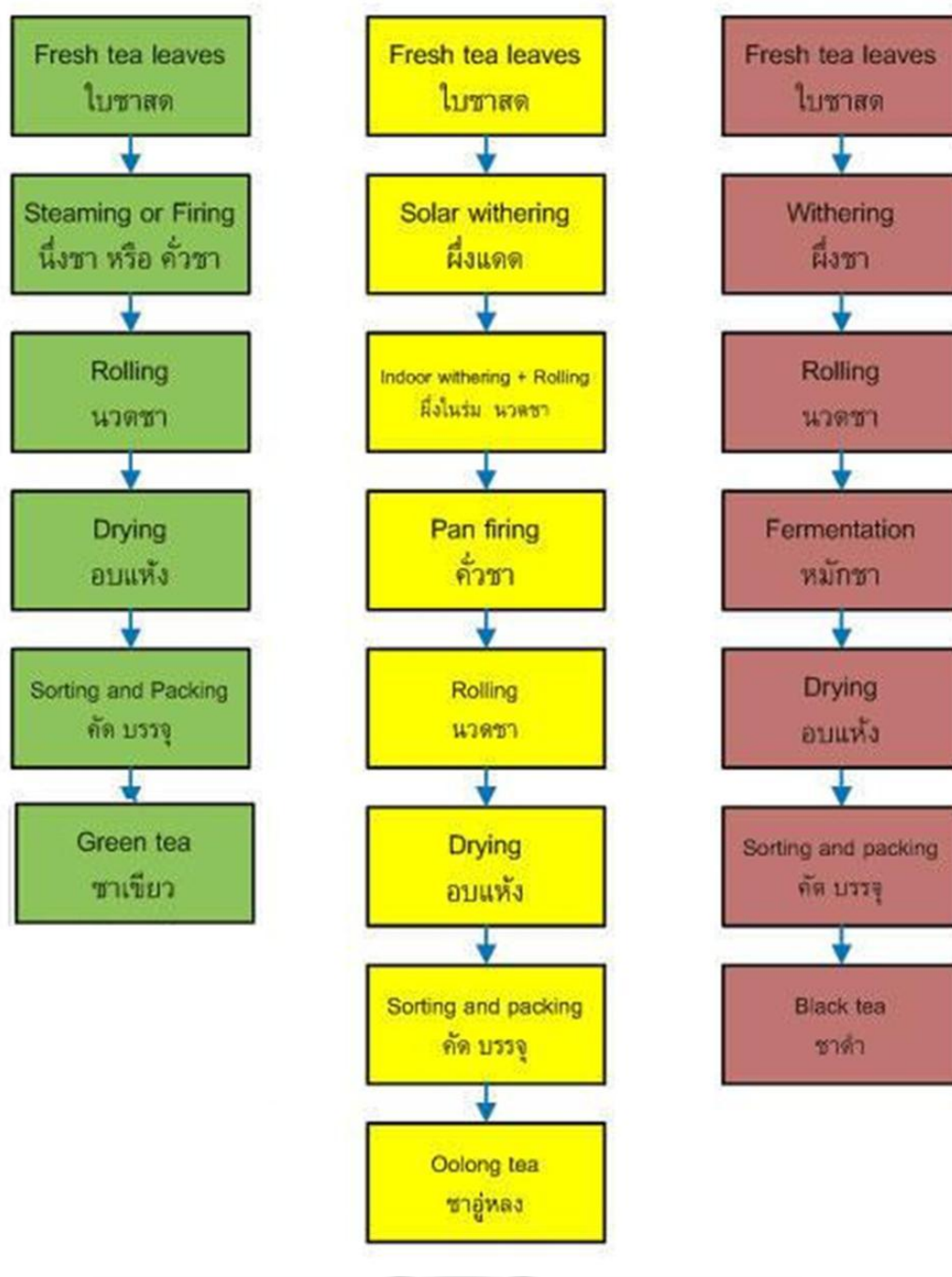
นิธิยา (2551) กล่าวว่า แทนนินเป็นกลุ่มของสารประกอบเชิงซ้อนที่ได้จากธรรมชาติ พบอยู่ในเปลือกของไม้ยืนต้นและยังพบได้ในส่วนอื่น ๆ ของพืชด้วย พบมากในใบชา โกโก้ และผลไม้ดิบบางชนิดที่มีรสฝาด ได้แก่ พลับ ฝรั่ง กล้วย องุ่น เป็นต้น แทนนินเป็นสารทำให้เกิดรสฝาด (astringency) และมีสีเหลืองจนถึงสีน้ำตาล นอกจากนั้นยังทำให้เกิดปฏิกิริยาการเกิดสีน้ำตาลที่เร่งเอนไซม์ด้วย แทนนินสามารถจำแนกออกตามคุณสมบัติได้ดังนี้

1. แทนนินที่ไฮโดรไลซ์ได้ (hydrolysable tannine) หมายถึง กลุ่มของสารประกอบแทนนินที่เป็นอนุพันธ์ ของสารประกอบฟีนอล (phenolic compounds) เช่น กรดแกลลิก (gallic acid) และกรดเอลลาจิก (ellagic acid)

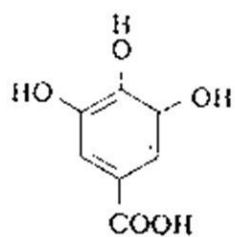
2. แทนนินที่ไฮโดรไลซ์ไม่ได้ (non-hydrolysable tannine) คือ leucoanthocyanin เป็นรงควัตถุที่ไม่มีสี มีสูตรโครงสร้างคล้ายแอนโทไซยานิน เมื่อทำปฏิกิริยากับกรดร้อนจะได้เป็นแอนโทไซยานิดิน leucoanthocyanin เป็นสารที่ทำให้ผลไม้ดิบมีรสฝาด โครงสร้างพื้นฐานของ leucoanthocyanin คือ flavan-3,4-diol สารนี้สามารถรวมตัวกันเป็นไดเมอร์ด้วยพันธะ 4-8 หรือ 4-6 หรืออาจรวมตัวกันเป็นโครเมอร์ หรือพอลิเมอร์ด้วย

3. Condensed tannine คือสารประกอบแทนนินที่เป็นอนุพันธ์ของ catechin เช่น เป็นไดเมอร์ เชื่อมต่อกันด้วย 4-8 หรือ 2-8 C-C dimer หรือ 3,3- ether-linked dimer

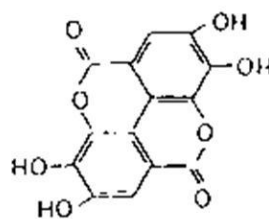
นอกจากสารประกอบแทนนินจากที่กล่าวมาแล้วนั้น ยังมีสารประกอบฟีนอลที่เป็นกรดไฮดรอกซี (hydroxyl acid) ด้วย ได้แก่ กรดคาเฟอิก (caffeic acid) และอนุพันธ์เอสเทอร์ของกรดคาเฟอิก เช่น chlorogenic acid และ phenyl caffeate สารประกอบแทนนินเหล่านี้ สามารถรวมตัวกับโลหะไอออนให้สารที่มีสีได้



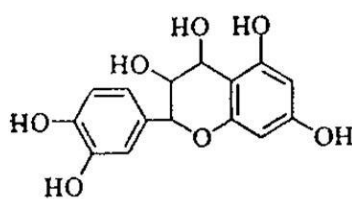
ภาพที่ 1 กระบวนการผลิตชาเขียว ชาอู่หลง และชาดำ
ที่มา : อีรพงษ์ (2555)



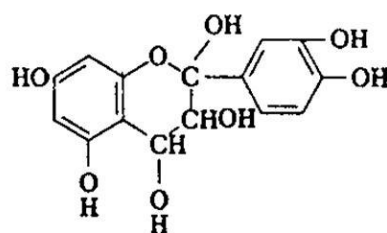
Gallic acid



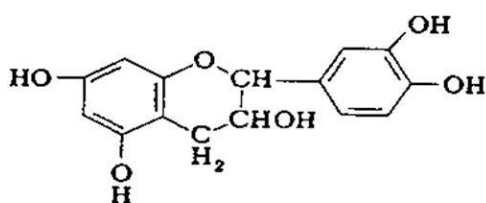
Ellagic acid



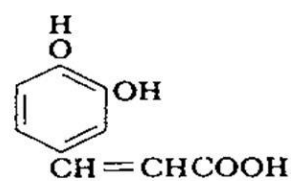
Flavan-3,4-diol



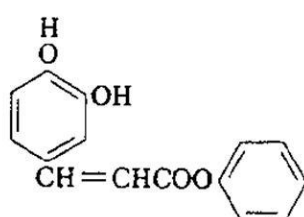
Leucoanthocyanin



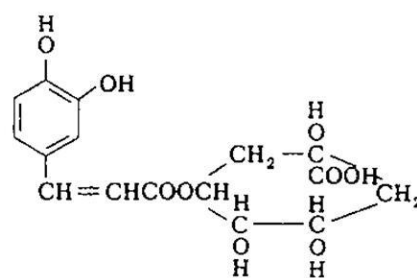
Catechin



Caffeic acid



Phenyl caffeate



Chlorogenic acid

ภาพที่ 2 ตัวอย่างสูตรโครงสร้างสารประกอบแทนนิน
ที่มา: นิธิยา (2551)

ได้มีการศึกษากรรมวิธีการผลิตชาจากพืชสมุนไพรหลายชนิด เช่น ใบเตยหอม ใบกระเพรา ตะไคร้ ฟักทะลายโจร ใบบัวบก ใบขลุ ใบสาระแน และชิง ชาสมุนไพรทุกชนิดมีแทนนิน โดยฟักทะลายโจรมีตัวแทนนินสูงสุด 20.96% ส่วนชาผงใบเตยมีปริมาณแทนนินน้อยที่สุด 8.41% และพบว่าสมุนไพรทุกชนิดที่ใช้ในการทดลองไม่มีคาเฟอีน ส่วนวิตามินซีและแคลเซียมพบว่ามีปริมาณน้อย (กุลยา, 2545)

ชาหญ้าหนวดแมวคั่วที่ 10 นาทีและอบที่อุณหภูมิ 60°C มีค่าสี L* a* และ b* เท่ากับ 28.35 1.55 และ 5.18 และมีปริมาณสารประกอบฟีนอลิก ปริมาณความชื้น ปริมาณเถ้าทั้งหมดเท่ากับ 5.74 6.20 และ 12.59% ตามลำดับ (อนุธิดา, 2550)

ยูธิกา (2550) ศึกษาผลกระทบของกระบวนการผลิตชาอุณหภูมิต่อปริมาณโพลีฟีนอลในขั้นตอนการรับชา การผึ่ง การคั่ว การนวด การผึ่งค้ำคั้น การม้วนใบชา และการอบ จากโรงงานผลิตชา 3 แห่ง พบว่าการผึ่งชาในที่ร่มเป็นเวลา 6 ชั่วโมง ไม่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงปริมาณโพลีฟีนอล แต่กระบวนการผลิตเฉพาะของโรงงานมีผลต่อการลดลงของโพลีฟีนอล ($p \leq 0.05$) ใบชาที่ได้จากโรงงานที่ 1 ลดลง 4.07% ในขั้นตอนการคั่ว การนวด และการผึ่งค้ำคั้นโรงงานที่ 2 ลดลง 1.88% ในขั้นตอนการนวด ในขณะที่การเปลี่ยนแปลงปริมาณโพลีฟีนอลจากโรงงานที่ 3 ค่อนข้างคงที่

3. สารประกอบฟีนอล

สารประกอบฟีนอล คือสารที่มีสูตรโครงสร้างมี OH group บน aromatic ring ตั้งแต่ 1 กลุ่มขึ้นไป พบได้ในพืช ผักและผลไม้ทั่วไป สารประกอบฟีนอลจากผักและผลไม้มีประโยชน์ต่อร่างกายและเป็นสารต้านอนุมูลอิสระ (antioxidant) phenolic acid และ flavonoids เป็นกลุ่มสำคัญของสารประกอบฟีนอลที่พบในอาหารของมนุษย์ (Sahelian, 2011)

ผลไม้ นอกจากมีรสชาติอร่อยและมีคุณค่าทางอาหารสูงแล้ว ยังช่วยลดความเสี่ยงในการเป็นโรคของคนหลายชนิด นอกจากนั้นผลไม้ยังเป็นแหล่งของสารต้านอนุมูลอิสระ เช่น เบต้าแคโรทีน ไกลโคฟีน วิตามินซี วิตามินอี หรือสารในกลุ่มสารประกอบฟีนอล เช่น แอนโทไซยานินและฟลาโวนอยด์ โดยสารต้านอนุมูลอิสระนี้มีบทบาทไปยังยังอนุมูลอิสระไม่ให้มีผลทำลายเซลล์และเนื้อเยื่อได้ (สิริพันธุ์, 2545)

ในประเทศไทยมีการแปรรูปผลไม้ทำให้เกิดวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตรเช่น เปลือกและเมล็ด ซึ่งมีรายงานว่าเปลือกผลไม้เป็นแหล่งที่อุดมไปด้วยสารออกฤทธิ์ (bioactive compounds) สามารถใช้เป็นสารต้านอนุมูลอิสระ เช่น การทำชาจากเปลือกมังคุด โดยในเปลือกมังคุดมีสารแซนโทนอยู่มากและหลายชนิด จากงานวิจัยต่างๆ (Nakatani et al., 2002; Suksamrarn et al., 2003; Hay et al., 2004; Mongkarndi et al., 2004; Chomanawang et al., 2005) แสดงให้เห็นว่าสารแซนโทนมีสมบัติสำคัญคือ สามารถต้านอนุมูลอิสระ มีฤทธิ์ลดการอักเสบ (anti inflammatory) และสามารถต้านการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ (anti microbial)

วัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตรชนิดอื่น เช่น เปลือกลองกอง เปลือกมะม่วง เปลือกส้มโอ มีรายงานว่าเปลือกผลไม้ดังกล่าวมีสารประกอบฟีนอลอยู่มาก (Ajila et al., 2007; Wang et al., 2008; Lichanporn et al., 2009)

ศิวาพร และ ญฐิณี (2546) ทดลองสกัดสารประกอบฟีนอลิกจากเปลือกมันฝรั่งด้วยน้ำ เมทานอล เอทานอล 95% และอะซีโตน สารสกัดที่ได้นำไปทำแห้งแบบระเหิด พบว่าสารสกัดด้วยเมทา

นอลและเอทานอล 95% มีค่าฟีนอลิกทั้งหมดสูงที่สุด ผลการวิเคราะห์สารสกัดแห้งด้วย HPLC พบว่า สารประกอบฟีนอลิกที่พบมากคือ กรดแกลลิก รองมาคือ กรดแคฟเฟอิก กรดคลอโรจินิก กรดโพรโตแค ที่คูิก และวานิลลิน ตามลำดับ สารสกัดแห้งด้วยเมทานอล และเอทานอล 95% มีประสิทธิภาพในการ เป็นวัตถุกันหืนในน้ำมันถั่วเหลืองได้ไม่แตกต่างกันและดีกว่าการใช้ BHA และ BHT สารสกัดด้วยเอทานอล 95% ที่เก็บในที่มืดมีแสงที่อุณหภูมิห้องมีการเปลี่ยนแปลงปริมาณสารประกอบฟีนอลิกไปจากสารสกัดเริ่มต้น โดยกรดแกลลิก และวานิลลินมีปริมาณลดลง ส่วนกรดแคฟเฟอิก มีปริมาณเพิ่มขึ้น ดังนั้น แสงและอุณหภูมิมีผลต่อความคงตัวของสารสกัดแห้งจากเปลือกมันฝรั่ง

4. อนุมูลอิสระและสารต้านอนุมูลอิสระ

อนุมูลอิสระ คือ อะตอมหรือโมเลกุลที่มีอิเล็กตรอนที่ไม่มีคู่ อยู่ว่องวอดที่สุดของออร์บิทัลอะตอมหรือโมเลกุลเหล่านี้ไม่เสถียร คือมีอายุสั้นมากประมาณ 1 หรือ 10^{-3} - 10^{-10} วินาที และไวต่อการทำปฏิกิริยากับสารชีวโมเลกุลในร่างกาย อนุมูลอิสระสามารถทำลายเซลล์หรือเนื้อเยื่อส่งผลให้เกิดอาการผิดปกติหรือก่อโรคในคน การเกิดอนุมูลอิสระมีสาเหตุมาจากภายนอกและภายในร่างกาย สาเหตุภายนอก ได้แก่ มลพิษในอากาศ ควันบุหรี่ แสงแดด รังสีแกมมา คลื่นความร้อน เป็นต้น ส่วนแหล่งที่มีมาของสารอนุมูลอิสระภายในร่างกาย คือ การเกิดเมตาบอลิซึมของออกซิเจนภายในเซลล์ หรือการย่อยทำลายแบคทีเรียในเซลล์ของระบบภูมิคุ้มกัน ตัวอย่างอนุมูลอิสระ ได้แก่ reactive oxygen species (ROS) เช่น superoxide ($O_2^{\bullet}$), hydroxyl free radical ($HO^{\bullet}$), oxide ของไนโตรเจน (NO , $NO_2^{\bullet}$) และ lipid radical ($RO^{\bullet}$, $ROO^{\bullet}$, $R^{\bullet}$) อนุมูลอิสระเหล่านี้ส่วนใหญ่อาจเกิดจากกระบวนการเมตาบอลิซึมปกติของร่างกาย ซึ่งร่างกายจะมีกลไกป้องกันการทำลายเซลล์ และซ่อมแซมส่วนที่ถูกทำลายจากอนุมูลอิสระ (Simic and Taylor, 1988) กลไกเหล่านี้ประกอบด้วยเอนไซม์ต่างๆ เช่น catalase, peroxidase, superoxide dismutase และ cytochrome oxidase นอกจากนี้ยังมีสารที่สามารถกำจัดอนุมูลอิสระในธรรมชาติ เช่น สารในกลุ่มของเบต้าแคโรทีน วิตามินอี วิตามินซี และสารประกอบหลักในพืชที่มีความสามารถในการเป็นสารต้านอนุมูลอิสระ คือ สารประกอบฟีนอลิก ได้แก่ ฟลาโวนอยด์ กรดฟีนอลิก และแอนโทไซยานิน ซึ่งพบทั่วไปในใบ ลำต้น และเปลือกของพืช มีความสามารถในการทำลายฤทธิ์ของอนุมูลอิสระ จึงเรียกว่า สารต้านอนุมูลอิสระ หรือ antioxidant กลไกการต้านอนุมูลอิสระของสารประกอบฟีนอลิกจะอยู่ในรูปของการกำจัดอนุมูลอิสระ การให้ไฮโดรเจนอะตอม และการกำจัดออกซิเจนที่ขาดอิเล็กตรอน รวมทั้งการรวมตัวกับโลหะ (พิชญ์อร, 2547; รัชยาพร และ นาถิตา, 2548; นันทยา, 2551; Ajila et al., 2010)

วิธีการทดลอง

1. การเตรียมวัตถุดิบ

นำเปลือกส้มโอมาล้างด้วยน้ำสะอาด 2 ครั้ง แล้วล้างด้วยสารละลายต่างทาบิหม จากนั้นล้างด้วยสารละลายคลอรีน 10 ppm นำมาหั่นเป็นชิ้นเล็กๆ และนำไปวิเคราะห์คุณภาพวัตถุดิบเริ่มต้น ได้แก่

1. สีของเปลือกส้มโอ โดยเครื่องวัดสี (Minolta รุ่น CR-10)

2. ความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระด้วยการวิเคราะห์ DPPH (Leong and Shui, 2002)

นำน้ำคั้นจากเปลือกส้มโอปริมาตร 200 μ l ผสมกับ 100 μ M DPPH (ในเมทานอล) ปริมาตร 3 ml จากนั้นนำไปปั่นเหวี่ยงที่ 3,000 รอบ/นาที เป็นเวลา 5 นาที แล้วนำส่วนใสไปวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 515 nm ความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระแสดงเป็นค่าความเข้มข้นในการยับยั้งอนุมูลอิสระได้ 50%

3. ปริมาณสารฟีนอลทั้งหมด (Torres et al., 1987)

นำน้ำคั้นจากเปลือกส้มโอปริมาตร 50 μ l เติมลงไปหลอดทดลองที่มีสารผสมระหว่างน้ำกลั่น 3 ml สาร Folin-ciocalteu 0.25 ml และสารละลาย 20% Na_2CO_3 0.75 ml ปรับให้มีปริมาตร 5 ml ด้วยน้ำกลั่นแล้วผสมให้เข้ากัน นำไปบ่มที่ 50°C เป็นเวลา 2 ชั่วโมง จากนั้นนำแต่หลอดไปวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 765 nm ปริมาณสารฟีนอลทั้งหมดในน้ำคั้นจากเปลือกส้มโอ แสดงออกเป็น mg gallic acid/100 ml

2. กระบวนการผลิตชาเปลือกส้มโอ

เริ่มจากนำไปผึ่ง นวด หมัก อบแห้ง แล้วบดละเอียด บรรจุซอง ดังแสดงในภาพที่ 3

3. ศึกษากระบวนการผลิตและความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระของเครื่องดื่มชาชงจากเปลือกส้มโอ

โดยทำการศึกษาเวลาการนวด (10 และ 20 นาที) เวลาการหมัก (1 และ 3 ชั่วโมง) และอุณหภูมิการอบ (50 และ 60°C) ที่เหมาะสมของเปลือกส้มโอ โดยมีสิ่งทดลองดังนี้

สิ่งทดลองที่ 1 เวลาการนวด 10 นาที + เวลาการหมัก 1 ชั่วโมง + อุณหภูมิการอบ 50°C

สิ่งทดลองที่ 2 เวลาการนวด 10 นาที + เวลาการหมัก 1 ชั่วโมง + อุณหภูมิการอบ 60°C

สิ่งทดลองที่ 3 เวลาการนวด 10 นาที + เวลาการหมัก 3 ชั่วโมง + อุณหภูมิการอบ 50°C

สิ่งทดลองที่ 4 เวลาการนวด 10 นาที + เวลาการหมัก 3 ชั่วโมง + อุณหภูมิการอบ 60°C

สิ่งทดลองที่ 5 เวลาการนวด 20 นาที + เวลาการหมัก 1 ชั่วโมง + อุณหภูมิการอบ 50°C

สิ่งทดลองที่ 6 เวลาการนวด 20 นาที + เวลาการหมัก 1 ชั่วโมง + อุณหภูมิการอบ 60°C

สิ่งทดลองที่ 7 เวลาการนวด 20 นาที + เวลาการหมัก 3 ชั่วโมง + อุณหภูมิการอบ 50°C

สิ่งทดลองที่ 8 เวลาการนวด 20 นาที + เวลาการหมัก 3 ชั่วโมง + อุณหภูมิการอบ 60°C

วางแผนการทดลองแบบ completely randomized design ทำการทดลอง 3 ซ้ำ โดยทำการบันทึกผลดังต่อไปนี้

1. การเปลี่ยนแปลงทางกายภาพ
 - การเปลี่ยนแปลงสี โดยเครื่องวัดสี
2. การเปลี่ยนแปลงทางเคมี
 - ความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระด้วยการวิเคราะห์ DPPH
 - ปริมาณสารฟีนอลทั้งหมด
3. การประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัส
 - วัดความชอบของผู้ทดสอบที่มีต่อผลิตภัณฑ์ โดยวิเคราะห์ความชอบด้านสี กลิ่น รสชาติ และความชอบโดยรวม



ภาพที่ 3 กระบวนการผลิตเครื่องดื่มชาซงจากเปลือกส้มโอ

ที่มา : ดัดแปลงจากธัญพร (2551)

ผลการทดลองและวิจารณ์

1. ผลการวิเคราะห์คุณภาพของเปลือกส้มโอสด

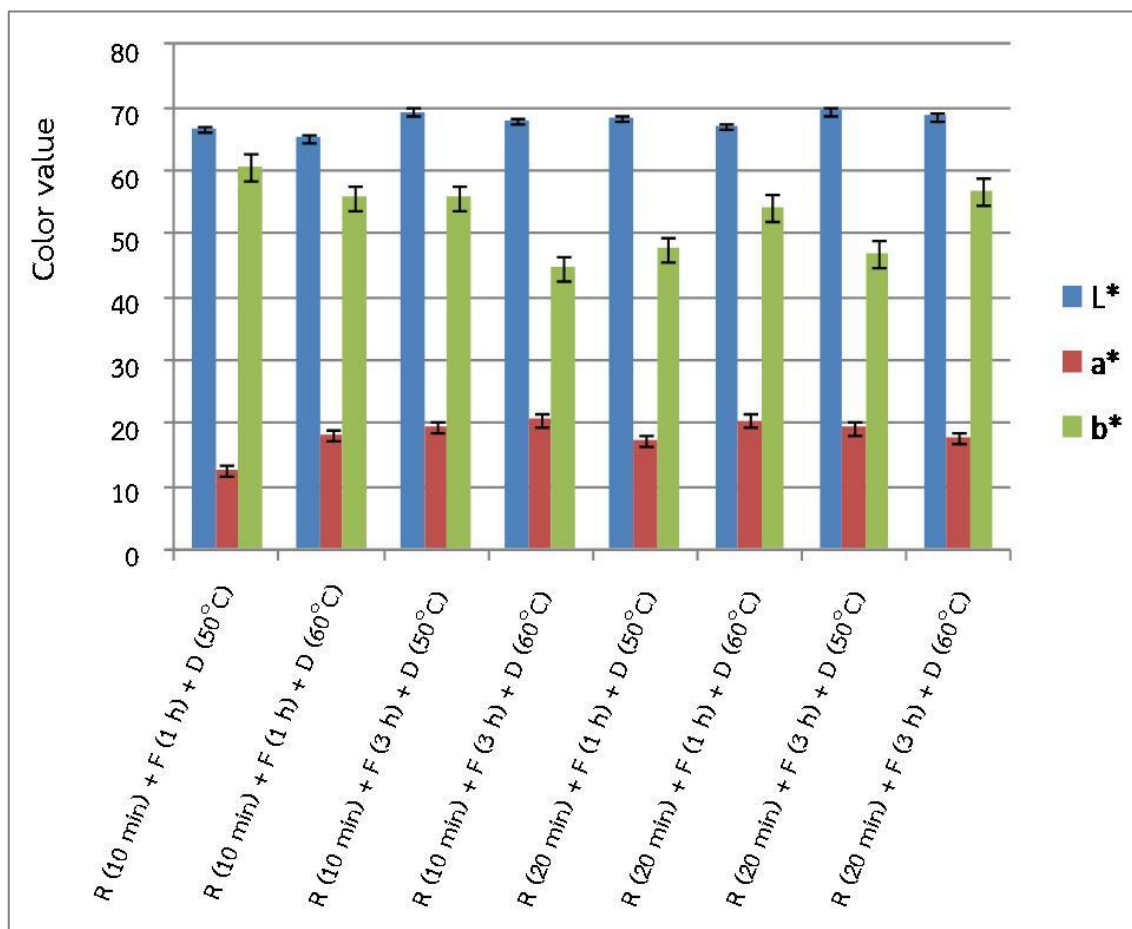
เปลือกส้มโอสดมีค่า L^* a^* และ b^* เท่ากับ 61.27, 3.80 และ 25.03 ตามลำดับ การยับยั้งอนุมูลอิสระ 61.10% และปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดมีค่าเท่ากับ 152.36 $\mu\text{g gallic acid/ml}$ (ตารางที่ 1)

ตารางที่ 1 ค่าสี (L^* a^* และ b^*) ค่าการต้านอนุมูลอิสระ (DPPH assay) และปริมาณฟีนอลทั้งหมด (total phenolic content) ของเปลือกส้มโอสด

ค่าคุณภาพของเปลือกส้มโอสด	
ค่าสี	
L^*	61.27
a^*	3.80
b^*	25.03
Inhibition (%)	61.10
Total phenolic content ($\mu\text{g gallic acid/ml}$)	152.36

2. ผลการวิเคราะห์คุณภาพทางกายภาพของชาจากเปลือกส้มโอ

เมื่อนำเปลือกส้มโอสดมาผ่านกระบวนการแปรรูปกลายเป็นผงชาแล้ว พบว่า ผงชาจากเปลือกส้มโอทั้ง 8 สิ่งทดลอง มีค่า L^* a^* และ b^* อยู่ระหว่าง 65.13-69.43, 12.50-20.53 และ 44.57-60.57 ตามลำดับ (ภาพที่ 4) โดยค่าสีของผงชาจากเปลือกส้มโอทั้ง 8 สิ่งทดลองมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p < 0.05$) และค่า L^* a^* และ b^* ของผงชาเปลือกส้มโอสูงกว่าค่าสีของเปลือกส้มโอสด ทั้งนี้ อาจเนื่องมาจากความชื้นที่เกิดจากระยะเวลาการนวดให้เซลล์แตกที่ต่างกัน เมื่อสัมผัสกับความชื้นจากการอบจึงทำให้สีแตกต่างกัน และเมื่อเปลือกส้มโอได้รับความร้อนจากการอบทำให้เกิดปฏิกิริยาการเกิดสีน้ำตาลโดยมีเอนไซม์เกี่ยวข้อง เช่น เอนไซม์ polyphenol oxidase ซึ่งการเกิดปฏิกิริยานี้ต้องมีสารฟีนอลเป็นสารตั้งต้น เมื่อเซลล์ของผักและผลไม้ถูกกระทบกระเทือน ทำให้เอนไซม์ สารที่ทำปฏิกิริยา และออกซิเจนสัมผัสกัน สาร monophenol จะถูกออกซิไดส์เป็นไดฟีนอลซึ่งไม่มีสี และถูกออกซิไดส์ต่อเป็น o-quinone ซึ่งมีสีน้ำตาล โดยความเข้มข้นของสีน้ำตาลที่เกิดขึ้นบนอาหารนั้นขึ้นอยู่กับอุณหภูมิความร้อนที่ใช้ หากใช้อุณหภูมิสูงสีน้ำตาลที่เกิดขึ้นจะมีสีเข้มกว่าการใช้ความร้อนที่อุณหภูมิต่ำกว่า (อนูธิดา, 2550; นิธิยา, 2551)



ภาพที่ 4 ค่าสี (L^* a^* และ b^*) ของผงชาเปลือกส้มโอทั้ง 8 สิ่งทดลอง

หมายเหตุ

R คือ ระยะเวลาในการนวด (Rolling)

F คือ ระยะเวลาในการหมัก (Fermentation)

D คือ อุณหภูมิในการอบ (Drying)

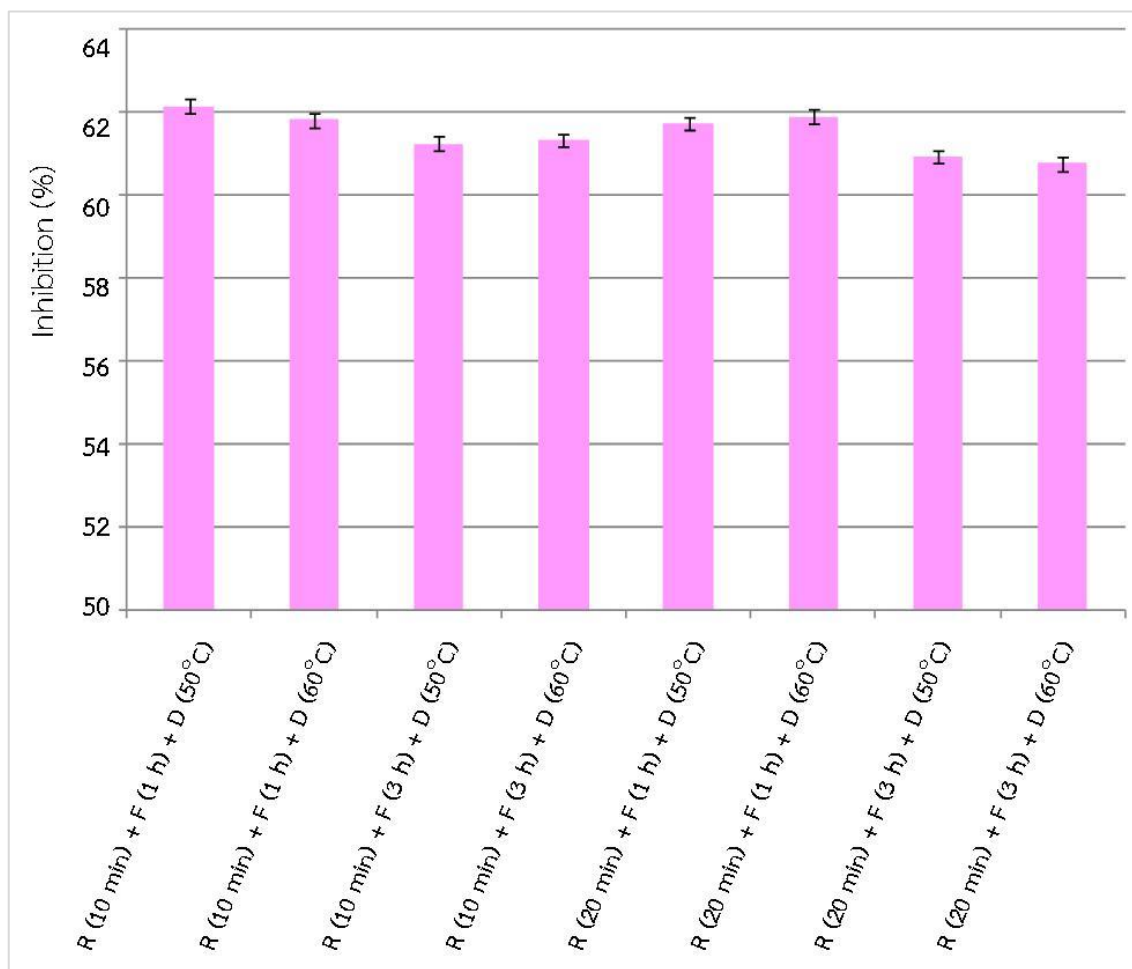
3. ผลการวิเคราะห์คุณภาพทางเคมีของชาจากเปลือกส้มโอ

การหมักเป็นเวลา 1 ชั่วโมงมีผลทำให้การยับยั้งอนุมูลอิสระเพิ่มขึ้น (ภาพที่ 5) และมีค่าสูงกว่าการหมักเป็นเวลา 3 ชั่วโมงอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) เช่นเดียวกับกระบวนการผลิตชาเขียว ชาอู่หลง และชาดำ ซึ่ง อีรพงษ์ (2555) กล่าวว่ากระบวนการหมักในระดับที่ต่างกัน ทำให้มีองค์ประกอบทางเคมีที่แตกต่างกันไป ส่งผลให้ชาแต่ละประเภทมีสี กลิ่น และรสชาติที่แตกต่างกัน

วิธีการวิเคราะห์ความสามารถต้านอนุมูลอิสระด้วยสาร DPPH เป็นวิธีที่ง่ายและรวดเร็ว (Molyneux, 2004) อนุมูลอิสระ DPPH ในสารละลายจะมีสีม่วง เมื่อสารต้านอนุมูลอิสระให้อิเล็กตรอนแก่อนุมูลอิสระ DPPH จะได้เป็นสาร DPPH ที่ไม่เป็นอนุมูลอิสระต่อไป ซึ่งจะเห็นเป็นสารสีเหลืองนวล ส่วน phenoxy radical ที่เกิดขึ้นจะจับกัน ทำให้ปฏิกิริยาลูกโซ่ของการเกิดอนุมูลอิสระหมดไป (Ionita, 2005) แต่วิธีการนี้มีข้อจำกัดคือ อาจมีอิทธิพลของรงควัตถุอื่นในพืชที่สามารถรบกวนการดูดกลืนคลื่นแสง ทำให้มีความแม่นยำน้อย (Pathania et al., 2006)

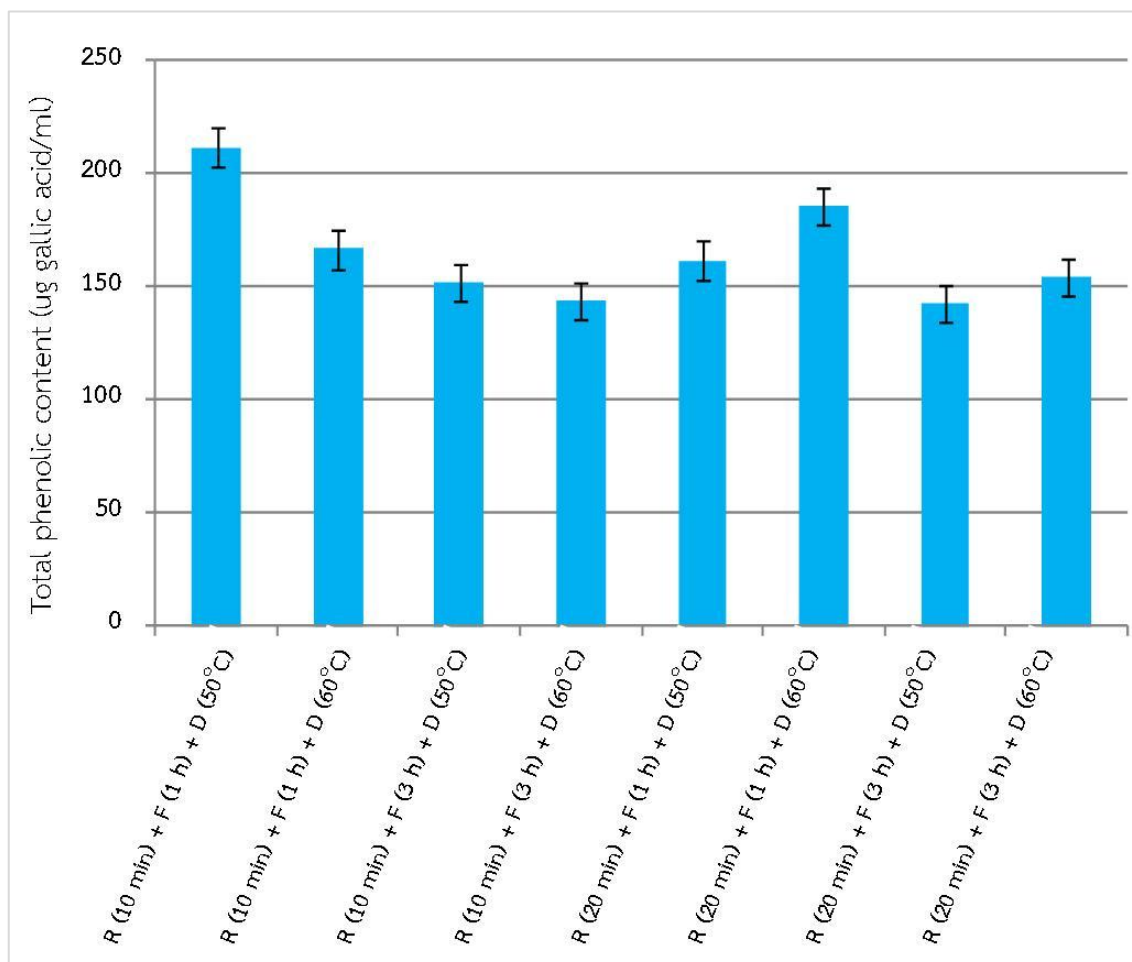
ปฏิกิริยาทางชีวเคมีในระหว่างการผลิตชา เป็นกระบวนการสำคัญที่ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงชนิดและปริมาณของสารประกอบโพลีฟีนอลในผลิตภัณฑ์ชาแต่ละประเภท โดยสารที่เกิดขึ้นนี้ทำให้ชาที่ไม่ผ่านกระบวนการหมัก (ชาเขียว) ชาที่หมักบางส่วน (ชาอู่หลง) และชาที่หมักอย่างสมบูรณ์ (ชาดำ) มีสีและรสชาติที่แตกต่างกันไปตามชนิดและปริมาณของสารประกอบที่เกิดขึ้นในกระบวนการหมัก (อีรพงษ์, 2555)

อย่างไรก็ตามผลการวิเคราะห์สารประกอบฟีนอลในชาเปลือกส้มโอ พบว่าปริมาณฟีนอลิกทั้งหมดของผงชาจากเปลือกส้มโอทั้ง 8 สิ่งทดลอง ไม่มีความแตกต่างกัน ($p > 0.05$) ซึ่งมีค่าอยู่ระหว่าง $143.79 - 211.88 \mu\text{g gallic acid/ml}$ (ภาพที่ 6) ซึ่งไม่มีความแตกต่างจากเปลือกส้มโอสดเช่นกัน แสดงให้เห็นว่ากระบวนการนวด การหมัก และการอบไม่มีผลต่อปริมาณฟีนอลิกทั้งหมด ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากสารประกอบฟีนอลิกมีการเปลี่ยนแปลงอยู่ตลอดเวลา เช่น มีการสังเคราะห์ และมีการสลายตัว โดยมีปัจจัยต่างๆ เข้ามาเกี่ยวข้อง เช่น แสง และ อุณหภูมิ เป็นต้น (ศิวาพร และ ญัฐฐินี, 2546) แต่การนวดเปลือกส้มโอเป็นเวลา 1 ชั่วโมง มีแนวโน้มให้ค่าปริมาณฟีนอลิกทั้งหมดสูงกว่าการนวดที่ 3 ชั่วโมง ผลนี้สอดคล้องกับค่าการยับยั้งอนุมูลอิสระ เมื่อนำมาหาความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณฟีนอลิกทั้งหมดกับค่าการยับยั้งอนุมูลอิสระของชาเปลือกส้มโอ พบว่าค่า $R^2 = 0.67$ ดังนั้นจึงถือว่ามีความสัมพันธ์กันน้อยมาก (ภาพที่ 7)



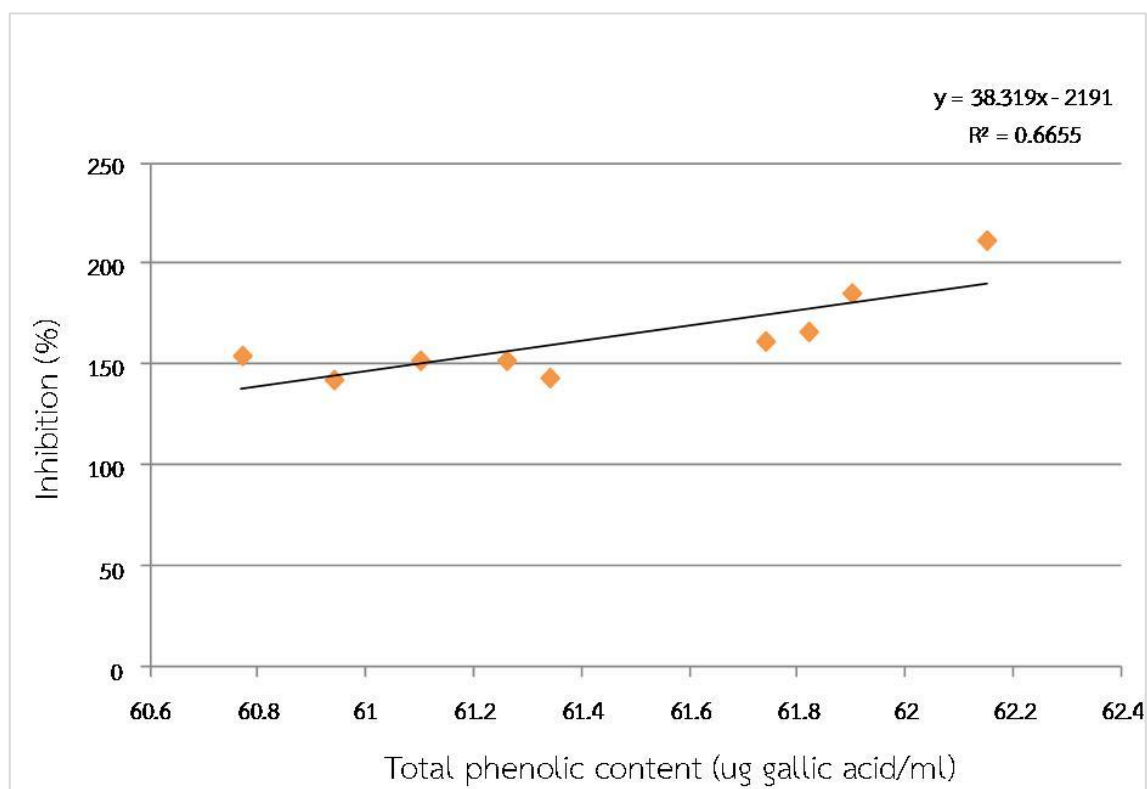
ภาพที่ 5 ค่าการต้านอนุมูลอิสระของผงชาเปลือกส้มโอทั้ง 8 สิ่งทดลอง

หมายเหตุ R คือ ระยะเวลาในการนวด (Rolling)
 F คือ ระยะเวลาในการหมัก (Fermentation)
 D คือ อุณหภูมิในการอบ (Drying)



ภาพที่ 6 ปริมาณฟีนอลทั้งหมดของผงชาเปลือกส้มโอทั้ง 8 สิ่งทดลอง

หมายเหตุ R คือ ระยะเวลาในการนวด (Rolling)
 F คือ ระยะเวลาในการหมัก (Fermentation)
 D คือ อุณหภูมิในการอบ (Drying)



ภาพที่ 7 ความสัมพันธ์ระหว่างค่าการต้านอนุมูลอิสระและปริมาณฟีนอลทั้งหมดของชาเปลือกส้มโอ

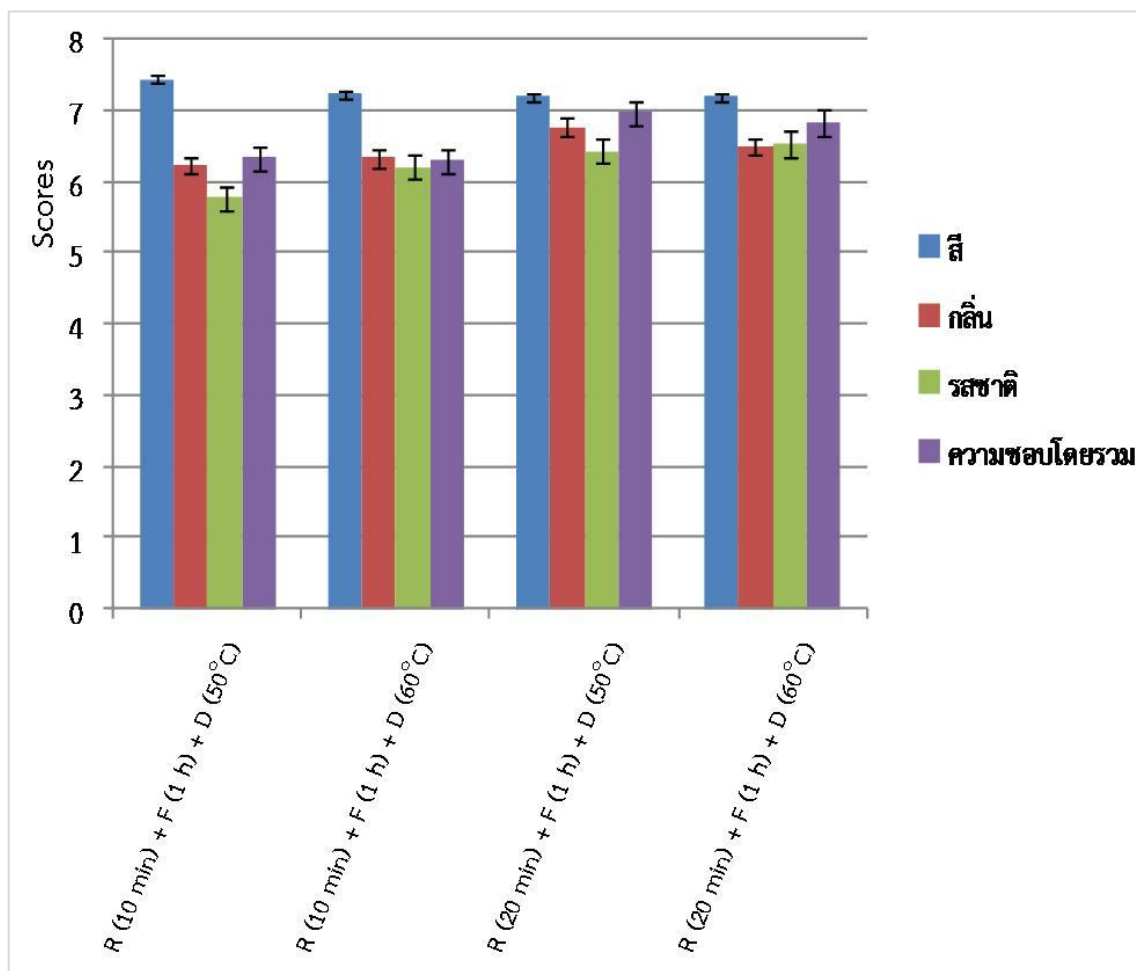


4. ผลการวิเคราะห์คุณภาพทางประสาทของเครื่องดื่มชาจากเปลือกส้มโอ

เมื่อพิจารณาจากค่าการยับยั้งอนุมูลอิสระและปริมาณฟีนอลิกทั้งหมดแล้ว จึงคัดเลือก 4 สิ่งทดลอง ได้แก่ สิ่งทดลองที่ 1 (การนวด 10 นาที + การหมัก 1 ชั่วโมง + การอบที่ 50 °C) สิ่งทดลองที่ 2 (การนวด 10 นาที + การหมัก 1 ชั่วโมง + การอบที่ 60 °C) สิ่งทดลองที่ 5 (การนวด 20 นาที + การหมัก 1 ชั่วโมง + การอบที่ 50 °C) และสิ่งทดลองที่ 6 (การนวด 20 นาที + การหมัก 1 ชั่วโมง + การอบที่ 60 °C) มาประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัส พบว่า ความชอบด้านสีของน้ำชาเปลือกส้มโอทั้ง 4 สิ่งทดลอง ไม่มีความแตกต่างกัน ($p>0.05$) เปลือกส้มโอที่ใช้เวลาการนวด 10 นาที การหมัก 1 ชั่วโมง และอบที่ 50 °C มีคะแนนความชอบด้านกลิ่น รสชาติ และความชอบโดยรวมน้อยที่สุด ($p\leq 0.05$) ความชอบโดยรวมของน้ำชาเปลือกส้มโอที่ผ่านการนวดเป็นเวลา 20 นาที สูงกว่าการนวดเป็นเวลา 10 นาทีอย่างมีนัยสำคัญ ($p\leq 0.05$) และชาเปลือกส้มโอที่ผ่านกระบวนการการนวด 20 นาที การหมัก 1 ชั่วโมง และการอบที่ 50 °C มีแนวโน้มมีแนวโน้มได้รับการยอมรับมากที่สุด โดยมีคะแนนความชอบด้านสี กลิ่น รสชาติ และความชอบโดยรวม เท่ากับ 7.20, 6.77, 6.43 และ 6.97 ตามลำดับ (ภาพที่ 8)

จากกระบวนการผลิตชาเปลือกส้มโอ การหั่นเปลือกส้มโอให้มีขนาดเล็กลงเป็นการทำให้เซลล์แตก และการนวดเปลือกส้มโอเป็นการกดทับลงไปทั่วเปลือกส้มโอเพื่อให้เกิดการ ข้ำและแตก ของเซลล์ เมื่อเซลล์แตกจะทำให้สารประกอบที่อยู่ภายในเซลล์ไหลออกมาเคลือบอยู่บนส่วนต่าง ๆ ของเปลือกส้มโอ เมื่อนำไปหมักเอนไซม์ polyphenol oxidase จะเร่งปฏิกิริยา oxidation ทำให้ polyphenols เกิด oxidized และเกิดปฏิกิริยา polymerization ได้เป็นสารประกอบเชิงซ้อนระหว่าง polyphenols ทำให้เกิดกลิ่น สี และรสชาติของชาเปลือกส้มโอ ซึ่งจะมีกลิ่นและรสชาติที่แตกต่างกันไปตามองค์ประกอบ (ปรีชนันท์, 2546)





ภาพที่ 8 ผลการทดสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัสของเครื่องดื่มชาจากเปลือกส้มโอ

หมายเหตุ R คือ ระยะเวลาในการนวด (Rolling)
 F คือ ระยะเวลาในการหมัก (Fermentation)
 D คือ อุณหภูมิในการอบ (Drying)

สรุปผลการทดลอง

1. เวลาการนวด (10 และ 20 นาที) เวลาการหมัก (1 และ 3 ชั่วโมง) และอุณหภูมิการอบ (50 และ 60°C) ไม่มีผลต่อปริมาณฟีนอลิกทั้งหมด ชาเปลือกส้มโอมีปริมาณฟีนอลิกทั้งหมดมีค่าอยู่ระหว่าง 123.79 – 211.88 μg gallic acid/ml

2. การหมักเปลือกส้มโอเป็นเวลา 1 ชั่วโมง มีค่าการต้านอนุมูลอิสระอยู่ระหว่าง 61.74 – 62.15% สูงกว่าการหมักเปลือกส้มโอเป็นเวลา 3 ชั่วโมงอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) แต่เวลาการนวด และอุณหภูมิการอบไม่มีผลต่อการต้านอนุมูลอิสระของชาจากเปลือกส้มโอ

3. ชาเปลือกส้มโอที่ใช้เวลาการนวด 20 นาที เวลาการหมัก 1 ชั่วโมง และอุณหภูมิการอบที่ 50°C มีแนวโน้มได้รับการยอมรับมากที่สุด โดยมีคะแนนความชอบด้านสี กลิ่น รสชาติ และความชอบโดยรวม เท่ากับ 7.20, 6.77, 6.43 และ 6.97 ตามลำดับ



เอกสารอ้างอิง

- กุลยา จันทร์อรุณ. 2545. กรรมวิธีการผลิตชาสมุนไพร. งานวิจัย. สถาบันราชภัฏพิบูลสงคราม, พิษณุโลก.
- ทวีศักดิ์ ด่วงทอง. 2541. สัมโอไม้ผลเศรษฐกิจ. กรมส่งเสริมการเกษตร. กรุงเทพฯ. 18 หน้า.
- ธัญพร ธนะแพทย์. 2551. ชาเชียงราย. <http://www.mfu.ac.th/school/tea/index.html>. 17 ตุลาคม 2555.
- ธีรพงษ์ เทพกรณ์. 2555. ชา: กระบวนการผลิต และองค์ประกอบทางเคมีจากการหมัก. วารสารวิทยาศาสตร์บูรพา. 17: 189-196.
- นฤมล มานีพพาน. 2551. สัมโอผลไม้เศรษฐกิจที่มากด้วยคุณค่า. สำนักพิมพ์ประสานมิตรจำกัด, กรุงเทพฯ ฯ.
- นฤมล มานีพพาน. 2552. สัมโอ. สำนักพิมพ์ส่งเสริมอาชีพธุรกิจ เพชรกระรัต. กรุงเทพฯ. 79 หน้า.
- นันทยา จงใจเทศ. 2551. ปริมาณสารต้านอนุมูลอิสระในผลไม้. วารสารการส่งเสริมสุขภาพและอนามัยสิ่งแวดล้อม, 31: 92-101.
- นิธิยา รัตนาพนนท์. 2551. เคมีอาหาร. โอเดียนสโตร์, กรุงเทพฯ ฯ.
- ปรัชนันท์. 2546. รินใจใส่ชา คู่มือคนรักชา. อีกหนึ่งสำนักพิมพ์, กรุงเทพฯ ฯ.
- พิชญ์อร ไหมสุทธิสกุล. 2547. ศักยภาพการต้านอนุมูลอิสระและการตรวจประเมินกิจกรรมการเป็นสารต้านอนุมูลอิสระของสารจากพืช. วารสารวิชาการ มหาวิทยาลัยหอการค้าไทย. 24: 18-35.
- มนัส จูมิ. 2543. สัมโอ. วิทยาเขตพิษณุโลก สถาบันเทคโนโลยีราชมงคล. 86 หน้า.
- ยุทธิกา สร้อยระย้า. 2550. ผลของกระบวนการผลิตค่าปริมาณคาเทชินและโพลีฟีนอลในชาอู่หลง. งานวิจัย. มหาวิทยาลัยเชียงใหม่, เชียงใหม่.
- รัชยาพร อโนราช และ นาถิดา วีระปริยากร. 2548. วิธีทดสอบฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระในหลอดทดลอง. วารสารวิทยาศาสตร์ มข. 33: 13-18.
- วิกิพีเดีย สารานุกรมเสรี. 2554. ชา. <http://th.wikipedia.org/wiki/ชา>. 24 มีนาคม 2554.
- ศิวาพร ศิวเวช และ ญัฐินี ใจสะอาด. 2546. การสกัดสารประกอบฟีนอลิกจากเปลือกมันฝรั่ง. งานวิจัย. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. กรุงเทพฯ.
- สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย. 2554. ชา. <http://www.tistr-foodprocess.net/Tea.htm>. 24 มีนาคม 2554.
- สิริพันธุ์ จุลกรังคะ. 2545. โภชนศาสตร์เบื้องต้น, พิมพ์ครั้งที่ 3. สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. กรุงเทพฯ. 290 หน้า.
- อนุดิดา ผายชัน. 2550. การพัฒนาผลิตภัณฑ์ชาสมุนไพรจากหญ้าหนวดแมว. งานวิจัย. มหาวิทยาลัยราชภัฏอุบลราชธานี, อุบลราชธานี.
- Ajila, C. M., Bhat, S. G., and Prasada Rao, U. J. S. 2007. Valuable components of raw and ripe peels from two Indian mango varieties. Food Chemistry, 102, 1006–1011.

- Ajila, C. M., Leelavathi, K. and Prasada Rao, U. J. S. 2010. Mango peel powder: A potential source of antioxidant and dietary fiber in macaroni preparations. *Innovat. Food Sci. and Emerging Tech.* 11: 219-224.
- Chomanawang, M.T., Surassmo, S., Nukoolkarn, V.S. and Gritsanapan, W. 2005. Antimicrobial effects of Thai medicinal plants against acne-inducing bacteria. *Journal of Ethnopharmacology*. 101: 330-333.
- Hay A.E, Aumod, M.C., Mallet, S., Dumontet, V., Litaudon, M., Rondeau, D. and Richomme, P. 2004. Antioxidant xanthenes from *Garcinia vieillardii*. *Journal of Natural Products*. 67: 707-709.
- Leong, L.P. and Shui, G. 2002. An investigation of antioxidant capacity of fruits in Singapore market. *Food Chemistry*. 76: 69-75.
- Lichanporn, I., Srilaong, V., Wongs-Aree, C. and Kalayanarat, S., 2009. Postharvest physiology and browning of longkong (*Aglaia dookoo*. Griff.) fruit under ambient conditions. *Postharvest Biology and Technology*, 52: 294-299.
- Ionita, P. 2005. Is Dpph Stable Free Radical a Good Scavenger for Oxygen Active Species. *Chemicals papers*. 59: 11-16.
- Molyneux, P. 2004. The use of the Stable Free Radical Diphenylpicrylhydrazyl (DPPH) for Estimating Antioxidant Activity. *Songklanakarin Journal of Science and Technology*. 26: 211-219.
- Mongkarndi, P., Kosem, W., Kaslungka, S., Luanratana, O., Pongpan, N. and Neungton, N. 2004. Antiproliferation, antioxidation and induction of apoptosis by *Garcinia mangostana* (mangosteen) on SKBR3 human breast cancer cell line. *Journal of Ethnopharmacology*. 90: 161-166.
- Nakatani, K., Nakahata, N., Arakawa, T., Yasuda, H. and Ohizumi, Y. 2002. Inhibition of cyclooxygenase and prostaglandin E2 synthesis by γ -mangostin, a xanthone derivative in mangosteen, in C6 rat glioma cells. *Biochemical Pharmacology*. 63: 73-79.
- Pathania, V., Gupta, A.P. and Singh, B. 2006. Improved HPTLC Method for Determination of Curcuminoids from *Curcuma longa*. *Journal of Liquid Chromatography & Related Technologies*. 29: 877-887.
- Sahelian, R. 2011. Polyphenols supplement research study, health benefit. <http://www.raysahelian.com>. 25th March 2011.
- Simic, M. G. and Taylor, K. A. 1988. Introduction to peroxidation and antioxidation mechanisms. *Basic Life Science*. 49: 1-10.

- Suksamrarn, S., Suwannapoch, N., Phakhodee, W., Thanuhiranlert, J., Ratananukul, P., Chimnoi, N. and Suksamrarn, A. 2003. Antimycobacteria activity of Prenylated xanthenes from the fruits *Garcinia mangostana*. *Chemical & Pharmaceutical Bulletin*. 51: 857-859.
- Torres, A.M., Mau-Lastovicka, T. and Rezaaiyan, R. 1987. Total phenolics and high performance liquid chromatography of phenolic acids of avocado. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 35: 921-925.
- Wang, Y.C., Chuang, Y.C. and Hsu, H.W. 2008. The flavonoid, carotenoid and pectin content in peels of citrus cultivated in Taiwan. *Food Chemistry*. 106: 277-284.



ภาคผนวก



ตารางผนวกที่ 1 ผลการวิเคราะห์ค่าสีของผงชาจากเปลือกส้มโอ

สิ่งทดลอง			ค่าสี		
ขนาด (นาทีก)	หมัก (ชม.)	อบ (°C)	ค่าความสว่าง (L*)	ค่าสีแดง (a*)	ค่าสีเหลือง (b*)
10	1	50	66.7 ^{bc}	12.50 ^c	60.57 ^a
10	1	60	65.13 ^c	18.23 ^{ab}	55.77 ^{ab}
10	3	50	69.33 ^a	19.47 ^{ab}	55.70 ^{ab}
10	3	60	67.97 ^{ab}	20.53 ^a	44.57 ^c
20	1	50	68.23 ^{ab}	17.37 ^b	47.67 ^{bc}
20	1	60	67.10 ^{bc}	20.47 ^a	54.13 ^{abc}
20	3	50	69.43 ^a	19.23 ^{ab}	46.83 ^{bc}
20	3	60	68.60 ^{ab}	17.57 ^{ab}	56.77 ^{ab}

^{a-c} ตัวอักษรที่กำกับเหนือตัวเลขในแนวนอน หมายถึงมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$)

ตารางผนวกที่ 2 ผลการวิเคราะห์ค่าการยับยั้งอนุมูลอิสระและปริมาณฟีนอลิกทั้งหมดของผงชาจากเปลือกส้มโอ

สิ่งทดลอง			ค่าการยับยั้งอนุมูลอิสระ	ปริมาณฟีนอลิกทั้งหมด
ขนาด (นาทีก)	หมัก (ชม.)	อบ (°C)	(%)	(μg gallic acid/ml) ^{ns}
10	1	50	62.15 ^a	211.88
10	1	60	61.82 ^a	166.64
10	3	50	61.26 ^b	152.36
10	3	60	61.34 ^b	143.79
20	1	50	61.74 ^a	161.88
20	1	60	61.90 ^a	185.69
20	3	50	60.94 ^{bc}	142.83
20	3	60	60.77 ^c	154.74

^{a-c} ตัวอักษรที่กำกับเหนือตัวเลขในแนวนอน หมายถึงมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$)

^{ns} หมายถึง ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ ($p > 0.05$)

ตารางผนวกที่ 3 ผลการวิเคราะห์การทดสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัสของเครื่องดื่มชาจากเปลือกส้มโอ

สิ่งทดลอง		ลักษณะทางประสาทสัมผัส				
ขนาด (นาทีก)	หมัก (ชม.)	อบ (°C)	สี ^{ns}	กลิ่น	รสชาติ	ความชอบโดยรวม
10	1	50	7.43	6.23 ^b	5.77 ^b	6.33 ^b
10	1	60	7.23	6.33 ^b	6.20 ^{ab}	6.30 ^b
20	1	50	7.20	6.77 ^a	6.43 ^a	6.97 ^a
20	1	60	7.20	6.50 ^{ab}	6.53 ^a	6.83 ^a

^{a-b} ตัวอักษรที่กำกับเหนือตัวเลขในแนวนอน หมายถึงมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$)

^{ns} หมายถึง ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ ($p > 0.05$)

