สัญญาเลขที่ 007/พ.ศ. 2555
รหัสโครงการวิจัย 55105010007

รายงานการวิจัยฉบับสมบูรณ์

องค์ประกอบทางเคมีและฤทธิ์การต้านออกซิเดชั่นของชาที่ผลิตในประเทศไทย

Chemical Compositions and Antioxidant Capacities of Teas (*Camellia sinensis*) Manufactured in Thailand

โดย

ธีรพงษ์ เทพกรณ์ สำนักวิชาอุตสาหกรรมเกษตร
เสาวภา ไชยวงศ์ สำนักวิชาอุตสาหกรรมเกษตร

งานวิจัยนี้ได้รับเงินอุดหนุนการวิจัยจากมหาวิทยาลัยแม่ฟ้าหลวง
ประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2555

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยชิ้นนี้ได้รับความสนับสนุน ร่วมมือ และช่วยเหลือจากคณะบุคคล และหน่วยงานต่าง ๆ หลายหน่วยงานดังนี้

ขอขอบคุณ มหาวิทยาลัยแม่ฟ้าหลวง ที่ได้ให้ทุนสนับสนุนงานวิจัย

ขอขอบคุณ ศูนย์เครื่องมือวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยแม่ฟ้าหลวง ที่ได้เอื้อเฟื้อและอำนวยความสะดวกในการใช้เครื่องมือวิเคราะห์ชั้นสูง

ขอขอบคุณ สถาบันชา มหาวิทยาลัยแม่ฟ้าหลวง ที่ได้เอื้อเฟื้อสถานที่ เครื่องมือ และอุปกรณ์ทางวิทยาศาสตร์

ขอขอบคุณ พนักงานนักวิทยาศาสตร์ และผู้เกี่ยวข้องทุกท่านที่มิได้กล่าวนามในที่นี้ ซึ่งมีส่วนช่วยให้งานวิจัยนี้สำเร็จ และมีความก้าวหน้าไปได้ด้วยดี

ธีรพงษ์ เทพกรณ์
กุมภาพันธ์ 2556

บทสรุปผู้บริหาร

ปัจจุบัน ชา ถือได้ว่าเป็นพืชเศรษฐกิจของไทยที่มีแนวโน้มเติบโตอย่างต่อเนื่องตามความต้องการบริโภคชาที่เพิ่มขึ้น แหล่งปลูกชาที่สำคัญของไทยอยู่ในจังหวัดเชียงราย เชียงใหม่ น่าน ลำปาง แม่ฮ่องสอน และแพร่ โดยจังหวัดเชียงรายมีพื้นที่ปลูกและให้ผลผลิตชามากที่สุดของประเทศ สายพันธุ์ชาที่ปลูกในประเทศไทยแบ่งได้เป็น 2 สายพันธุ์ใหญ่ ๆ คือ ชาสายพันธุ์อัสสัม (*Camellia sinensis* var. *assamica*) และชาสายพันธุ์จีน (*Camellia sinensis* var. *sinensis*) ชาอัสสัมเป็นชาพื้นเมืองดั้งเดิมของไทย ส่วนชาจีนเป็นชาที่นำเข้ามาจากประเทศไต้หวัน และจีน ชาสายพันธุ์จีนที่ปลูกกันมากในไทย คือ พันธุ์อู่หลงเบอร์ 12 และพันธุ์อู่หลงเบอร์ 17 ชาที่ปลูกทางการค้าของไทยส่วนใหญ่นำมาผลิตเป็นผลิตภัณฑ์ชาเขียวและชาอู่หลง ในประเทศไทยยังมิได้มีการศึกษาและรายงานถึงชนิด ปริมาณ และฤทธิ์การต้านออกซิเดชั่นของชาที่ปลูกและผลิตในประเทศ การศึกษาองค์ประกอบทางเคมีและฤทธิ์การต้านออกซิเดชั่นของชาที่ผลิตในประเทศไทยทำให้เรามีข้อมูลอ้างอิง ทำให้ทราบชนิดและปริมาณสารสำคัญที่ส่งผลต่อคุณภาพของผลิตภัณฑ์ชา ดังนั้นโครงการวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาองค์ประกอบทางเคมีและฤทธิ์การต้านออกซิเดชั่นของผลิตภัณฑ์ชาเขียวและชาอู่หลงที่ผลิตในประเทศไทย การศึกษาได้ดำเนินการเก็บตัวอย่างผลิตภัณฑ์ชาเขียวและชาอู่หลงที่ผลิตจากสายพันธุ์อัสสัมและสายพันธุ์จีน วิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมี ได้แก่ ปริมาณคาเฟอีน โพลิฟีนอลทั้งหมด คาเทชินทั้งหมด คาเทชินแต่ละชนิดได้แก่ (-)-gallocatechin (GC), (-)-epigallocatechin (EGC), (+)-Catechin (C), (-)-epicatechin (EC), (-)-epigallocatechin gallate (EGCG), (-)-gallocatechin gallate (GCG), (-)-epicatechin gallate (ECG), (-)-catechin gallate (CG) และศึกษาฤทธิ์การต้านออกซิเดชั่นของชาโดยวิเคราะห์ความสามารถในการจับอนุมูลอิสระ DPPH (DPPH assay) และความสามารถในการรีดิวซ์ (FRAP assay) การศึกษาพบว่าชาสายพันธุ์อัสสัมมีปริมาณคาเฟอีน โพลิฟีนอลทั้งหมด และคาเทชินทั้งหมดสูงกว่าสายพันธุ์จีน ส่งผลให้ชาเขียวจากสายพันธุ์อัสสัมมีฤทธิ์การต้านออกซิเดชั่นทั้ง DPPH assay และ FRAP assay สูงกว่าผลิตภัณฑ์ชาจากสายพันธุ์จีน งานวิจัยนี้พบว่าผลิตภัณฑ์ชาที่ผลิตจากสายพันธุ์อัสสัมมีคาเทชินชนิด ECG, EGCG และ EC เป็นองค์ประกอบหลัก ในขณะที่พบคาเทชินชนิด EGCG และ EGC เป็นองค์ประกอบหลักในผลิตภัณฑ์ชาที่ผลิตจากสายพันธุ์จีน ผลการวิจัยนี้แสดงให้เห็นว่าองค์ประกอบทางเคมีและฤทธิ์การต้านออกซิเดชั่นของผลิตภัณฑ์ชาเขียวและชาอู่หลงที่ผลิตในประเทศไทยขึ้นอยู่กับสายพันธุ์ชาเป็นสำคัญ

บทคัดย่อ

ปัจจุบันชาได้รับความสนใจเนื่องจากฤทธิ์การต้านออกซิเดชั่นของสารประกอบในชาซึ่งมีประโยชน์ต่อสุขภาพของผู้บริโภค ชาที่ปลูกทางการค้าของไทยมี 2 สายพันธุ์หลัก ๆ คือ สายพันธุ์อัสสัมกับสายพันธุ์จีน และนำมาผลิตเป็นผลิตภัณฑ์ชาเขียวและชาอู่หลง วัตถุประสงค์ของงานวิจัยนี้เพื่อศึกษาองค์ประกอบทางเคมีและฤทธิ์การต้านออกซิเดชั่นของผลิตภัณฑ์ชาเขียวและชาอู่หลงที่ผลิตในประเทศไทย การศึกษาได้ดำเนินการเก็บตัวอย่างผลิตภัณฑ์ชาเขียวและชาอู่หลงที่ผลิตจากสายพันธุ์อัสสัมและสายพันธุ์จีน วิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมี ได้แก่ ปริมาณคาเฟอีน โพลิฟีนอลทั้งหมด คาเทชินทั้งหมด คาเทชินแต่ละชนิดได้แก่ (-)-gallocatechin (GC), (-)-epigallocatechin (EGC), (+)-catechin (C), (-)-epicatechin (EC), (-)-epigallocatechin gallate (EGCG), (-)-gallocatechin gallate (GCG), (-)-epicatechin gallate (ECG), (-)-catechin gallate (CG) และศึกษาฤทธิ์การต้านออกซิเดชั่นของชาโดยวิเคราะห์ความสามารถในการจับอนุมูลอิสระ DPPH (DPPH assay) และความสามารถในการรีดิวซ์ (FRAP assay) ผลการวิจัยพบว่าชาเขียวที่ผลิตจากสายพันธุ์อัสสัมมีปริมาณคาเฟอีน โพลิฟีนอลทั้งหมด และคาเทชินทั้งหมดสูงกว่าผลิตภัณฑ์ชาเขียวและชาอู่หลงที่ผลิตจากสายพันธุ์จีนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ผลิตภัณฑ์ชาเขียวและชาอู่หลงที่ผลิตจากสายพันธุ์จีนมีปริมาณคาเฟอีน โพลิฟีนอลทั้งหมด และคาเทชินทั้งหมดไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ปริมาณคาเทชินแต่ละชนิดของผลิตภัณฑ์ชาที่ผลิตจากต่างสายพันธุ์กันมีความแตกต่างกัน โดยพบว่าผลิตภัณฑ์ชาที่ผลิตจากสายพันธุ์อัสสัมมีคาเทชินชนิด ECG, EGCG และ EC เป็นองค์ประกอบหลัก ในขณะที่พบคาเทชินชนิด EGCG และ EGC เป็นองค์ประกอบหลักในผลิตภัณฑ์ชาที่ผลิตจากสายพันธุ์จีน การวิจัยพบว่าฤทธิ์การต้านออกซิเดชั่น (DPPH assay และ FRAP assay) ของผลิตภัณฑ์ชาเขียวที่ผลิตจากสายพันธุ์อัสสัมมีค่าสูงกว่าผลิตภัณฑ์ชาเขียวและชาอู่หลงที่ผลิตจากสายพันธุ์จีนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ผลการวิจัยนี้แสดงให้เห็นว่าองค์ประกอบทางเคมีและฤทธิ์การต้านออกซิเดชั่นของผลิตภัณฑ์ชาเขียวและชาอู่หลงที่ผลิตในประเทศไทยขึ้นอยู่กับสายพันธุ์ชาเป็นสำคัญ

คำสำคัญ : ฤทธิ์การต้านออกซิเดชั่น องค์ประกอบทางเคมี ชา ประเทศไทย

ABSTRACT

Tea (*Camellia sinensis)* has attracted much attention due to its antioxidant capacities of bioactive compounds, which are considered beneficial to consumer health. In Thailand, commercially cultivated teas are the Assam and the Chinese cultivars which are processed as green and oolong tea products. The aim of this study was to investigate the chemical composition and antioxidant capacities of tea products manufactured in Thailand. Green and oolong tea products produced from the Assam and the Chinese tea cultivars were collected from tea factories and analyzed for caffeine content (CF), total polyphenol content (TPC), total catechin content (TCC), (-)-gallocatechin (GC), (-)-epigallocatechin (EGC), (+)-Catechin (C), (-)-epicatechin (EC), (-)-epigallocatechin gallate (EGCG), (-)-gallocatechin gallate (GCG), (-)-epicatechin gallate (ECG), (-)-catechin gallate (CG), the 2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl (DPPH) radical-scavenging activity (DPPH-assay) and the ferric reducing antioxidant power (FRAP-assay). The results showed that green tea produced from the Assam cultivar was significantly higher in CF, TPC and TCC than green and oolong teas produced from the Chinese cultivar. There was no significant difference in CF, TPC and TCC in green and oolong teas produced from the Chinese cultivar. There was a significant difference in the individual catechin, in which the Assam cultivar mainly composed of ECG, EGCG, and EC, whereas the major catechins in the Chinese cultivar were EGCG and EGC. The individual catechin was similar in green and oolong teas produced from the Chinese cultivar. Antioxidant capacities (DPPH-assay and FRAP-assay) were higher in green tea products from the Assam cultivar than the Chinese cultivars. There was no significant difference in green and oolong teas produced from the Chinese cultivar. Results from this study suggest that the chemical composition and antioxidant capacities of green and oolong teas manufactured in Thailand are importantly dependent on the cultivars.

Keywords : Antioxidant capacities, Chemical composition, Tea, Thailand

สารบัญ

หน้า

สารบัญตาราง

สารบัญภาพ

อักษรย่อและสัญลักษณ์

อักษรย่อและสัญลักษณ์	ความหมาย
%w/w	Percent weight by weight
%v/v	Percent volume by volume
µg	Microgram
µmol	Micromole
µM	Micromolar
AA	Ascorbic acid
C	(+)-Catechin
CF	Caffeine
CG	(-)-Catechin gallate
db	Dry basis
EC	(-)-Epicatechin
ECG	(-)-Epicatechin-3-gallate
EGC	(-)-Epigallocatechin
EGCG	(-)-Epigallocatechin-3-gallate
G	Gallic acid
GAE	Gallic Acid Equivalent
GC	(-)-Gallocatechin
GCG	(-)-Gallocatechin gallate
ml	Milliliter
TCC	Total catechin content
TE	Trolox
TPC	Total polyphenol content

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ความสำคัญ และที่มาของการวิจัย

ปัจจุบัน ชา ถือได้ว่าเป็นพืชเศรษฐกิจของไทยที่มีแนวโน้มเติบโตอย่างต่อเนื่องตามความต้องการบริโภคชาที่เพิ่มขึ้น ในปี พ.ศ. 2548 ประเทศไทยมีพื้นที่ปลูกชาทั้งสิ้น 95,555 ไร่ ให้ผลผลิตใบชาสด 51,570 ตัน จากการส่งเสริมให้มีการปลูกชาเพิ่มมากขึ้นทำให้ในปี พ.ศ. 2552 ไทยมีพื้นที่ปลูกชาเพิ่มขึ้นเป็น 116,466 ไร่ มีผลผลิตใบชาสดรวม 63,707 ตัน แหล่งปลูกชาที่สำคัญของไทยอยู่ในจังหวัดเชียงราย เชียงใหม่ น่าน ลำปาง แม่ฮ่องสอน และแพร่ โดยจังหวัดเชียงรายมีพื้นที่ปลูกและให้ผลผลิตชามากที่สุดของประเทศ โดยมีพื้นที่เพาะปลูกชารวมทั้งสิ้น 60,162 ไร่ ผลผลิตรวม 32,396 ตัน (สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร, 2552)

สายพันธุ์ชาที่ปลูกในประเทศไทยแบ่งได้เป็น 2 สายพันธุ์ใหญ่ ๆ คือ ชาสายพันธุ์อัสสัม (*Camellia sinensis* var. *assamica*) และชาสายพันธุ์จีน (*Camellia sinensis* var. *sinensis*) ชาอัสสัมเป็นชาพื้นเมืองดั้งเดิมของไทยที่พบได้ตามภูเขาสูงในแถบภาคเหนือ ส่วนชาจีนเป็นชาที่นำเข้ามาจากประเทศไต้หวัน และจีน เป็นสายพันธุ์ที่ได้จากการปรับปรุงพันธุ์ ได้แก่ พันธุ์อู่หลงเบอร์ 17 หรืออู่หลงก้านอ่อน อู่หลงเบอร์ 12 หรือชิงซินอู่หลง พันธุ์สี่ฤดู พันธุ์ถิกวนอิม เป็นต้น

ใบชาสดที่นิยมนำมาผลิตชาเพื่อให้ได้คุณภาพดีจะใช้ยอดชาที่ประกอบด้วยหนึ่งยอดและสองใบ นำมาเข้ากระบวนการผึ่ง คั่ว นวด และอบที่แตกต่างกัน ทำให้ได้ผลิตภัณฑ์ชาที่มีสี กลิ่น และรสชาติของน้ำชาที่แตกต่างกันไป ขั้นตอนการผลิตที่หลากหลาย ซับซ้อน ประกอบกับความชำนาญของผู้ผลิตชาแต่ละราย รวมทั้งชนิดของพันธุ์ชา และความอุดมสมบูรณ์ของพื้นที่ปลูกจะเป็นตัวกำหนดคุณภาพและลักษณะเฉพาะของชาชนิดต่าง ๆ เมื่อจัดแบ่งประเภทชาตามระดับของการหมักจะสามารถแบ่งชาได้หลัก ๆ 3 ประเภท คือ ชาเขียว (ชาไม่หมัก) ชาอู่หลง (ชากึ่งหมัก) และชาดำ (ชาหมัก) สายพันธุ์ชาแต่ละชนิดนิยมนำมาแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์ชาที่ไม่เหมือนกัน ทำให้ผลิตภัณฑ์ชาที่ผลิตในประเทศไทยมีมากมาย หลากหลาย และมีชื่อเรียกแตกต่างกันไป ได้แก่ อู่หลงก้านอ่อน อู่หลงเบอร์ 12 อู่หลงสี่ฤดู ตุ้งติ่งอู่หลง ฉุ่ยยี่อู่หลง ชิงซินอู่หลง ชาเขียวอู่หลง ชาเจียวกู้หลาน ชามะลิ ชาหอมหมื่นลี้ ชาข้าวหอม ชาโสม ชาแดง ชาเขียวผง และชาแดงผง เป็นต้น

ปริมาณการส่งออกชาของไทยมีแนวโน้มเพิ่มสูงขึ้น โดยในปี พ.ศ. 2548 ไทยส่งออกชารวมทั้งสิ้น 1,249 ตัน คิดเป็นมูลค่า 2,221,000 เหรียญสหรัฐ ในปี พ.ศ. 2552 ปริมาณการส่งออกชาเพิ่มขึ้นเป็น 2,897 ตัน คิดเป็นมูลค่า 4,654,000 เหรียญสหรัฐ การส่งออกชาเขียวคิดเป็นมูลค่า 40% การส่งออกชาดำและชาอู่หลงคิดเป็น 60% ของมูลค่าชาที่ส่งออกทั้งหมด โดยในปี พ.ศ. 2552 ปริมาณการส่งออกชาของไทยคิดเป็นลำดับที่ 15 ของโลก (2,897 ตัน) มีมูลค่าการตลาดอยู่ในลำดับที่ 44 ของโลก มีส่วนแบ่งการตลาดชาโลก 0.1% ในปี พ.ศ. 2551 ราคาขายชาเฉลี่ยของโลก 2,890 เหรียญสหรัฐต่อตัน ราคาขายชาของไทยอยู่ที่ 2,077 เหรียญสหรัฐต่อตัน ในช่วงปี พ.ศ. 2548-2551 ชาไทยมีปริมาณการเติบโตคิดเป็น 29% มูลค่าการเติบโต 34% (Market Analysis and Research, 2010)

ประเทศคู่ค้าที่นำเข้าชาจากไทยที่สำคัญ คือ ไต้หวัน กัมพูชา สิงคโปร์ สหรัฐอเมริกา จีน ลาว และเนเธอร์แลนด์ ประเทศคู่ค้าของไทยที่สำคัญ คือ ไต้หวัน และกัมพูชา ชาที่ส่งออกไปไต้หวันส่วนใหญ่ (84%) เป็นชาอู่หลงและชาดำ ส่วนชาที่ส่งออกไปกัมพูชาปริมาณ 98% เป็นชาเขียว ในปี พ.ศ. 2552 ไทยส่งออกชาไปกัมพูชามากที่สุด (1,094 ตัน) รองลงมา คือ ไต้หวัน (698 ตัน) สิงคโปร์ (645 ตัน) สหรัฐอเมริกา (178 ตัน) และจีน (109 ตัน) มูลค่าการส่งออกมากที่สุด คือ ไต้หวัน (1,248,000 เหรียญสหรัฐ) รองลงมาคือ กัมพูชา (636,000 เหรียญสหรัฐ) สหรัฐอเมริกา (539,000 เหรียญสหรัฐ) เนเธอร์แลนด์ (456,000 เหรียญสหรัฐ) ฟิลิปปินส์ (434,000 เหรียญสหรัฐ) สิงคโปร์ (346,000 เหรียญสหรัฐ) และจีน (140,000 เหรียญสหรัฐ)

รูปแบบการผลิตชาของจังหวัดเชียงรายโดยส่วนใหญ่โรงงานชาจะผลิตชาอู่หลง (ชากึ่งหมักจากสายพันธุ์อู่หลงเบอร์ 12 และ 17) เพื่อส่งออกประเทศไต้หวัน การผลิตส่วนใหญ่จะมีผู้เชี่ยวชาญชาวไต้หวันเข้ามาดูแลพร้อมดำเนินการผลิตด้วยตนเอง จากนั้นจะรับซื้อชาที่แปรรูปได้ส่งต่อไประเทศไต้หวัน ประมาณการได้ว่า 70% ของการผลิตชาของโรงงานเป็นการส่งออกไปไต้หวัน ที่เหลือประมาณ 30% เป็นการส่งขายภายในประเทศ ราคาขายส่งชาเขียวอัสสัมของไทยอยู่ที่ประมาณ 85-90 บาทต่อกิโลกรัม ราคาชายส่งชาเขียวอู่หลงเบอร์ 12 และ 17 เพื่อส่งออกไปประเทศไต้หวันอยู่ที่ 350-400 และ 650-700 บาทต่อกิโลกรัม ตามลำดับ

โดยปกติการผลิตชาในประเทศไทยจะเป็นการผลิตแบบดั้งเดิมที่ถ่ายทอดมาจากประสบการณ์และความเชี่ยวชาญของผู้ผลิตแต่ละราย ทำให้คุณภาพของผลิตภัณฑ์ใบชาจากที่ต่าง ๆ มีความแตกต่างกันทั้งทางด้านกายภาพ เคมี จุลชีวิทยา และประสาทสัมผัส สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมได้ระบุมาตรฐานชาใบไว้เป็นมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมชา

ใบ (ชาจีน) มอก.460-2526 และมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมชาผง (ชาฝรั่ง) มอก.461-2526 นอกจากนี้รัฐบาลยังได้ปรับปรุงประกาศกระทรวงสาธารณสุข (ฉบับที่ 196 พ.ศ. 2543) ว่าด้วยเรื่องของชา โดยกำหนดให้ชาเป็นอาหารที่ต้องกำหนดคุณภาพให้เป็นไปตามมาตรฐาน อนึ่งมาตรฐานของชาที่ได้กำหนดนี้เป็นมาตรฐานที่ได้ออกมานานหลายสิบปี เป็นเพียงเกณฑ์มาตรฐานเบื้องต้น เป็นมาตรฐานที่ใช้เป็นเกณฑ์กับผลิตภัณฑ์ชาทุกชนิด อย่างไรก็ตาม ผลิตภัณฑ์ชาที่ดีและมีคุณภาพสูงเป็นผลมาจากชนิด ปริมาณ และฤทธิ์การต้านออกซิเดชั่นขององค์ประกอบทางเคมีที่อยู่ในผลิตภัณฑ์ชา ซึ่งจะมีมากน้อยแตกต่างกันไปตามไปตามปัจจัยในหลาย ๆ อย่าง ได้แก่ สายพันธุ์ชา ฤดูการเก็บเกี่ยว อายุของชา สภาพภูมิอากาศ ความอุดมสมบูรณ์ของดิน การจัดการหลังการเก็บเกี่ยว และกระบวนการผลิตชา (Chu & Juneja, 1997; Fernandez et al., 2002; Lin et al., 1998) เนื่องจากปัจจัยเหล่านี้ส่งผลต่อชนิดและปริมาณสารสำคัญในชา รวมทั้งฤทธิ์การต้านออกซิเดชั่น ทำให้มีการศึกษาชนิด ปริมาณ และความสามารถในการต้านออกซิเดชั่นในผลิตภัณฑ์ชาที่ปลูก ผลิต และจำหน่ายในหลายประเทศ ได้แก่ ออสเตรเลีย (Yao et al., 2006) ศรีลังกา (Moughan et al., 2011) อาร์เจนตินา (Anesini et al., 2008) มาเลเซีย (Chan et al., 2007) บราซิล (Saito, et al., 2007) โปรตุเกส (Baptista et al., 1999; Reto et al., 2007 และไต้หวัน (Wang et al., 2006) เป็นต้น สำหรับในประเทศไทย ยังมิได้มีการศึกษาและรายงานถึง ชนิด ปริมาณ และฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระของชาที่ปลูกและผลิตในประเทศ ดังนั้นการศึกษาองค์ประกอบทางเคมีและฤทธิ์การต้านออกซิเดชั่นของชาที่ผลิตในประเทศไทยทำให้เรามีข้อมูลอ้างอิง ทำให้ทราบชนิดและปริมาณสารสำคัญที่ส่งผลต่อคุณภาพของผลิตภัณฑ์ชาที่สำคัญ และทำให้ทราบถึงฤทธิ์การต้านออกซิเดชั่นในผลิตภัณฑ์ชาที่สำคัญที่ผลิตในประเทศไทย

1.2 วัตถุประสงค์

1. เพื่อศึกษาองค์ประกอบทางเคมีที่สำคัญของชา
2. เพื่อศึกษาฤทธิ์การต้านออกซิเดชั่นของชา

1.3 สมมุติฐานของการวิจัย

องค์ประกอบทางเคมีของชาแต่ละประเภทแตกต่างกันไปตามสายพันธุ์ชา แหล่งปลูก สภาพภูมิอากาศ ความอุดมสมบูรณ์ การจัดการหลังการเก็บเกี่ยว กระบวนการผลิตชาแต่ละประเภท รวมทั้งเทคนิคและความชำนาญของผู้เชี่ยวชาญชา ซึ่งองค์ประกอบทางเคมีที่แตกต่างกันนี้จะส่งผลต่อฤทธิ์การต้านออกซิเดชั่นของผลิตภัณฑ์ชา การศึกษาชนิดและปริมาณขององค์ประกอบทางเคมีในผลิตภัณฑ์ชาที่สำคัญของไทยจะทำให้เราทราบข้อมูลเพื่อใช้เป็นข้อมูลอ้างอิงถึงชนิดและปริมาณสารออกฤทธิ์สำคัญในผลิตภัณฑ์ชาของไทย

1.4 ขอบเขตของการวิจัย

โครงการวิจัยนี้เป็นการศึกษาองค์ประกอบทางเคมีและฤทธิ์การต้านออกซิเดชั่นของชา โดยได้เลือกศึกษาผลิตภัณฑ์ชาส่วนใหญ่ที่มีการผลิตในจังหวัดเชียงราย และเชียงใหม่ 4 ประเภท ได้แก่ ชาเขียวจากชาสายพันธุ์อัสสัม (*Camellia sinensis* var. *assamica*, assam tea) ชาเขียวจากชาสายพันธุ์อู่หลงเบอร์ 12 (*Camellia sinensis* var. *sinensis*, jing shuan oolong No. 12) ชาอู่หลงจากชาสายพันธุ์อู่หลงเบอร์ 12 (*Camellia sinensis* var. *sinensis*, jing shuan oolong No. 12) ชาอู่หลงจากชาสายพันธุ์ชาอู่หลงเบอร์ 17 (*Camellia sinensis* var. *sinensis*, chin shin oolong no. 17) ในการศึกษาได้ทำการเก็บตัวอย่างชา 4 ประเภทจากโรงงานชาในจังหวัดเชียงราย และเชียงใหม่ ซึ่งเป็นแหล่งผลิตชาที่สำคัญของประเทศ (ประมาณ 93%ของผลิตภัณฑ์ชาทั้งหมดของไทย) และศึกษาองค์ประกอบทางเคมีของชาแต่ละประเภท ได้แก่ ความชื้น โพลิฟีนอลทั้งหมด คาเทชินทั้งหมด คาเทชินแต่ละชนิดจำนวน 8 ชนิด คาเฟอีน และศึกษาฤทธิ์การต้านออกซิเดชั่นของชาโดยการวิเคราะห์ความสามารถในการจับอนุมูลอิสระ DPPH (DPPH assay) และความสามารถในการรีดิวซ์ (FRAP assay)

บทที่ 2
แนวคิด ทฤษฎี และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 สายพันธุ์ชา

"ชา" เป็นไม้ยืนต้นที่เชื่อกันว่ามีแหล่งกำเนิดมาจากเทือกเขาทางด้านตะวันตกเฉียงใต้ของสาธารณรัฐประชาชนจีน มีหลักฐานการค้นพบต้นชาสายพันธุ์ดั้งเดิมหลายสายพันธุ์ที่เป็นพืชพื้นเมืองประจำถิ่นของมณฑลยูนนาน และแพร่กระจายของแหล่งเพาะปลูกไปยังประเทศทางเอเชียตะวันออกรวมถึงประเทศญี่ปุ่น (Yamaguchi & Tanaka,1995) ชาเมื่อเจริญตามธรรมชาติอาจมีความสูงถึง 10-15 เมตร แต่ในการเพาะปลูกมักตัดแต่งกิ่งให้เป็นพุ่มประมาณ 0.6-1.0 เมตร เพื่อความสะดวกในการเก็บใบชา ชาเป็นพืชกึ่งร้อนที่เจริญเติบโตได้ดีในเขตอบอุ่นและมีฝน ปลูกได้ดีที่ระดับความสูงจากน้ำทะเล 200-2,000 เมตร การจัดหมวดหมู่อนุกรมวิธานของชาจัดได้ดังนี้

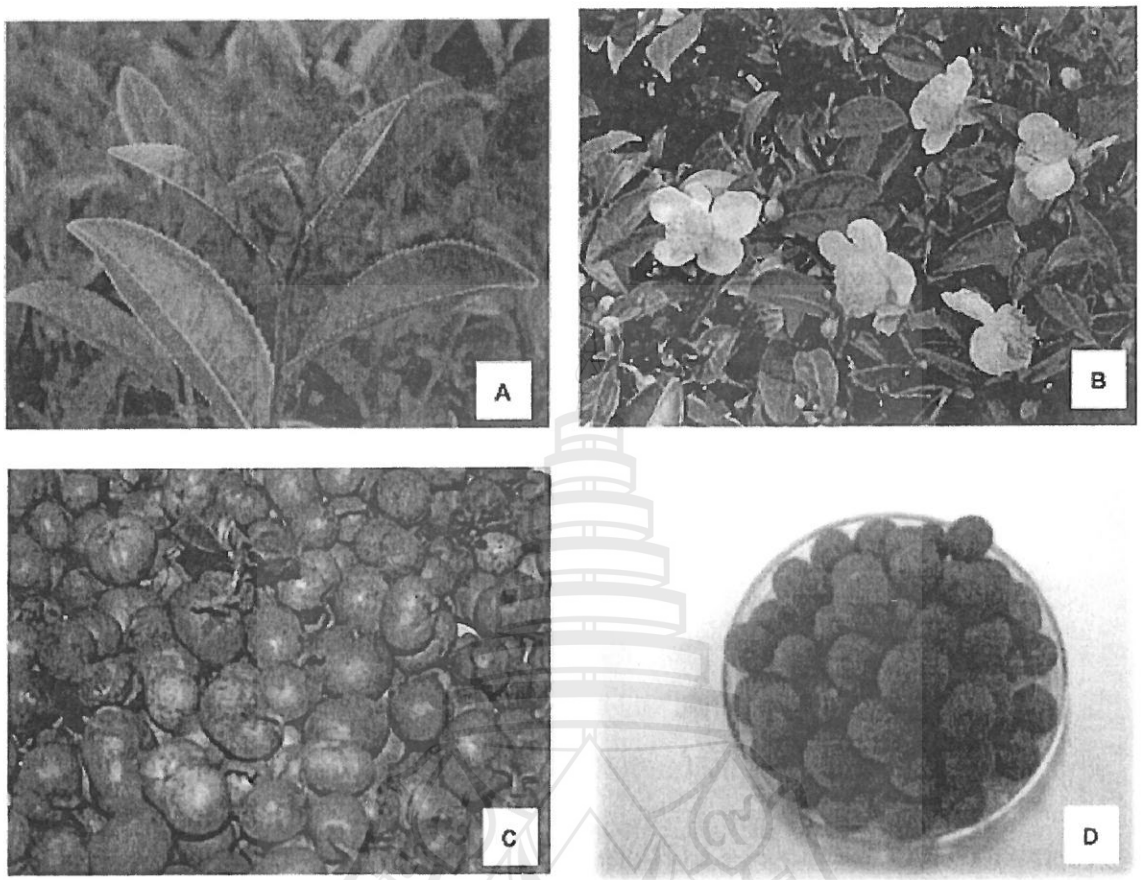
ตารางที่ 2-1 การจัดหมวดหมู่อนุกรมวิธานของชา

Taxonomic Hierachy	
Kingdom	Plantae -- Planta, plantes, plants, Vegetal
Subkingdom	Tracheobionta -- vascular plants
Division	Magnoliophyta -- angiospermes, angiosperms, flowering plants
Class	Magnoliopsida -- dicots, dicotyledons
Subclass	Dilleniidae
Order	Theales
Family	Theaceae -- tea
Genus	Camellia L. -- camellia
Species	Camellia sinensis (L.) O. Kuntze -- tea
Variety	Camellia sinensis var. assamica (J. Masters) Kitam. -- Assam tea
Variety	Camellia sinensis var. sinensis (L.) Kuntze -- tea

ที่มา: The Integrated Taxonomic Information System (ITIS)

ชาเป็นพืชในวงศ์ (family) Theaceae สกุล (genus) Camellia ที่มีมากกกว่า 300 ชนิด (species) ชาที่ผลิตทางการค้าส่วนใหญ่มาจาก 2 สายพันธุ์ คือ *Camellia sinensis* var. *sinensis* (China tea) และ *Camellia sinensis* var. *assamica* (Assam tea หรือ Indian tea) ชาสายพันธุ์จีนเป็นชาที่ใบมีขนาดเล็ก และแคบ ทนทานต่อสภาพอากาศหนาวเย็นมากกว่าชาสายพันธุ์อัสสัม การจำแนกสายพันธุ์ชานอกจากพันธุ์ชาทางการค้า 2 กลุ่มหลักที่กล่าวไว้แล้วยังพบสายพันธุ์ลูกผสม (hybrid) ที่เกิดจากการผสมข้ามระหว่างสายพันธุ์ทำให้ได้ชาลูกผสมที่มีลักษณะทางฟีโนไทป์แตกต่างกัน (heterogeneous) ซึ่งเป็นประโยชน์ต่อการ การปรับปรุงพันธุ์ชา (tea breeding) การปรับปรุงพันธุ์ชาทำให้ได้พันธุ์ชามีลักษณะทางกายภาพ ขนาดและลักษณะใบที่แตกต่างกันออกไป รวมทั้งให้รสชาติของน้ำชาที่เป็นเอกลักษณ์แตกต่างกัน นับตั้งแต่สมัยอดีตประเทศไทยได้ทดลองนำเอาชาสายพันธุ์จีนที่ได้รับการปรับปรุงพันธุ์จากประเทศไต้หวันเข้ามาปลูกในเขตพื้นที่สูงของจังหวัดเชียงราย แล้วขยายพันธุ์ พร้อมทั้งเพิ่มพื้นที่ปลูกอย่างต่อเนื่อง ต้นชาประกอบด้วยส่วนต่าง ๆ ที่สำคัญดังนี้

1. ราก ชาเป็นพืชที่มีรากแก้วและรากฝอย แต่ไม่มีรากขน ต้นชาที่ได้จากการปักชำจะไม่มีรากแก้ว รากชาจะมีการสะสมของคาร์โบไฮเดรตในรูปของแป้ง การแตกยอดของต้นชาขึ้นอยู่กับอาหารสำรองคาร์โบไฮเดรตในราก
2. ใบ เป็นใบเดี่ยว การจัดเรียงของใบเป็นแบบสลับ 1 ใบต่อ 1 ข้อ ขอบใบหยักแบบฟันเลื่อย ปลายใบแหลม หน้าเป็นมัน ใต้ใบมีขนอ่อนปกคลุม ชาสายพันธุ์จีนมีขนาดใบเล็กและหนาว่าสายพันธุ์อัสสัม
3. ดอก ดอกชาเกิดระหว่างลำต้นกับใบ มีทั้งดอกเดี่ยวและดอกช่อ (2-4 ดอก) ก้านดอกสั้น กลีบเลี้ยงสีเขียวเข้ม กลีบดอกมีสีขาว เป็นดอกสมบูรณ์เพศมีทั้งเกสรตัวผู้และตัวเมียในดอกเดียวกัน ดอกมีกลิ่นหอม
4. ผล ผลชามีลักษณะเป็นแคปซูล เปลือกหนามีสีเขียวอมน้ำตาล แบ่งเป็น 3 ช่อง ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางประมาณ 1.5-2.0 ซม. หลังจากผสมเกสรแล้วกลีบดอกและเกสรตัวผู้จะร่วง เริ่มติดเป็นผล ผลชาจะแก่เต็มที่เมื่ออายุ 9-12 เดือน เมื่อผลแก่เต็มที่ผลจะแตก เมล็ดจะร่วงลงดิน
5. เมล็ด เมล็ดชาจะพบในผลประมาณ 1-3 เมล็ด มีรูปร่างกลม มีใบเลี้ยง 2 ใบอวบหนา มีน้ำมันห่อหุ้มต้นอ่อน



ภาพที่ 2-1 ลักษณะใบชา (A) ดอก (B) ผล (C) และเมล็ดชา (D)

พันธุ์ชาที่ปลูกทางการค้าของไทยโดยทั่วไป แบ่งได้เป็น 2 พันธุ์ใหญ่ ๆ ได้แก่

1. กลุ่มชาพันธุ์อัสสัม (Assam Tea)

กลุ่มนี้มีชื่อวิทยาศาสตร์ว่า *Camellia sinensis* var. *assamica* สามารถเรียกได้หลายชื่อ เช่น ชาอัสสัม ชาพื้นเมือง ชาป่า หรือชาเมี่ยง เป็นต้น ชาอัสสัมเป็นพันธุ์ชาที่ใบใหญ่กว่าชาพันธุ์จีน เป็นพันธุ์ที่เจริญเติบโตได้ดีในป่าเขตร้อนชื้นที่มีร่มไม้และแสงแดดพอประมาณ ชาพันธุ์อัสสัมพบมากบนเขตพื้นที่สูงแถบภาคเหนือของไทยในจังหวัด เชียงใหม่ เชียงราย น่าน ลำปาง และแพร่

ภาพที่ 2-2 ชาพันธุ์อัสสัม และการปลูกชาอัสสัม

ลักษณะทางพฤกษศาสตร์ของชาสายพันธุ์อัสสัม (Assam Tea)

ลำต้น เป็นไม้พุ่มขนาดกลาง–ใหญ่ ผิวลำต้นเรียบ กิ่งอ่อนปกคลุมด้วยขนอ่อน ชาในกลุ่มนี้มีลักษณะเป็นไม้ขนาดใหญ่ ต้นใหญ่สูงประมาณ 6-18 เมตร และมีขนาดใหญ่กว่าชาในกลุ่มชาจีนอย่างเด่นชัด กิ่งที่มีอายุมากจะเปลี่ยนเป็นสีเทา

ใบ มีลักษณะเป็นใบเดี่ยว ปลายใบแหลม การเรียงตัวของใบบนกิ่งเป็นแบบสลับและเวียน (spiral) ใบมีความกว้างประมาณ 3.0-6.0 เซนติเมตร ยาวประมาณ 7.0-16.0 เซนติเมตร แต่อาจพบใบที่มีขนาดใหญ่กว่าที่กล่าว คือใบมีความกว้าง 5.6-7.5 เซนติเมตร ยาวประมาณ 17.0-22.0 เซนติเมตร ขอบใบมีหยักเป็นฟันเลื่อยเด่นชัด จำนวนหยักฟันเลื่อยเฉลี่ยประมาณ 9 หยัก/ความกว้างของใบ 1.0 นิ้ว ส่วนของก้านใบและด้านท้องใบมีขนอ่อนปกคลุม แผ่นใบมีสีเขียวอ่อนถึงสีเขียวเข้ม

ดอก เจริญจากตาบริเวณง่ามใบบนกิ่ง ในแต่ละตาประกอบด้วยตาที่เจริญไปเป็นกิ่งใบอยู่ด้านบนของตา ส่วนใหญ่ดอกออกติดกันเป็นกลุ่ม ช่อละประมาณ 2-4 ดอก/ตา ก้านดอกยาวประมาณ 10.0-12.0 มิลลิเมตร กลีบเลี้ยงมีจำนวน 5-6 กลีบ แต่ละกลีบมีขนาดไม่เท่ากัน มีรูปทรงโค้งมนยาว กลีบดอกติดอยู่กับวง corolla ที่มีลักษณะคล้ายถ้วยหงาย กลีบดอกมีจำนวน 5-6 กลีบ ส่วนโคนกลีบติดกับฐานดอกแคบ ส่วนปลายกลีบบานออก วงเกสรตัวผู้ประกอบด้วยอับละอองเกสรสีเหลืองติดอยู่ที่ส่วนปลายของก้านชูอับละอองเกสรสีขาว ยาวประมาณ 5.0 มิลลิเมตร เกสรตัวเมีย (style) มีลักษณะเป็นก้านกลม ภายในรังไข่แบ่งออกเป็น 1-3 ช่อง ดอกเมื่อบานเต็มที่มีเส้นผ่านศูนย์กลางประมาณ 3.65 เซนติเมตร

ผล เป็นแคปซูล เมื่อผลแก่เต็มที่เปลือกจะแตกออก ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางประมาณ 2.0-4.0 เซนติเมตร

เมล็ด ค่อนข้างกลม ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางประมาณ 11.0-12.0 มิลลิเมตร ผิวของเมล็ดเรียบ แข็ง มีสีน้ำตาล หรือ น้ำตาลอมแดง หรือน้ำตาลเข้มเกือบดำ

2. กลุ่มชาพันธุ์จีน (Chinese Tea)

กลุ่มนี้มีชื่อวิทยาศาสตร์ว่า *Camellia sinensis* var. *sinensis* เป็นสายพันธุ์ที่นำเข้ามาจากประเทศไต้หวัน และจีน เป็นสายพันธุ์ที่ได้จากการปรับปรุงพันธุ์ ได้แก่ พันธุ์อู่หลงเบอร์ 17 หรืออู่หลงก้านอ่อน (Chin Shin Oolong No.17) อู่หลงเบอร์ 12 (Chin Hsuan Oolong No.12) พันธุ์สี่ฤดู (Si Ji หรือ Four Season) พันธุ์ถิกวนอิม (Tieguanyin) เป็นต้น เป็นสายพันธุ์ที่นิยมปลูกเนื่องจากให้ผลผลิตสูงและเป็นที่ต้องการของตลาด ปลูกมากในพื้นที่ภาคเหนือตอนบน เช่น จังหวัดเชียงราย เชียงใหม่ แม่ฮ่องสอน การปลูกจะปลูกเป็นแถวแบบขั้นบันได มีการจัดการแปลงปลูกอย่างเป็นระบบ และตัดแต่งกิ่งอย่างสม่ำเสมอเพื่อให้ชาแตกยอดใหม่และสะดวกต่อการเก็บเกี่ยวผลผลิต


ภาพที่ 2-3 ชาพันธุ์จีน และการปลูกชาจีน

ลักษณะทางพฤกษศาสตร์ของชาสายพันธุ์จีน (China Tea)

ลำต้น ชาสายพันธุ์จีนมีลักษณะลำต้นเป็นพุ่มเตี้ย สูงประมาณ 1-6 เมตร กิ่งอ่อนปกคลุมด้วยขนอ่อน กิ่งแก่มีสีเทา

ใบ มีก้านใบสั้น แผ่นใบมีปลายใบโค้งมน บางครั้งอาจพบว่าแผ่นใบค่อนข้างกลม ใบกว้างประมาณ 2.0-3.0 เซนติเมตร ยาวประมาณ 5.0-10.0 เซนติเมตร ขอบใบหยักเป็นรูปโค้งเล็กน้อย ส่วนปลายของหยักฟันเลื่อยมีสีดำ แผ่นใบมีสีเขียวอ่อนถึงเขียวเข้ม กาบหุ้มใบยาวประมาณ 8.0 มิลลิเมตร ด้านนอกของกาบปกคลุมด้วยขนอ่อน

ดอก มีตาเจริญบริเวณระหว่างง่ามใบกับกิ่ง ในแต่ละตาประกอบด้วยตาที่เจริญไปเป็นกิ่งใบอยู่ด้านบนของตา ส่วนด้านล่าง ประกอบด้วยตาที่เจริญเป็น 1-2 ดอกต่อตา แต่บางครั้งอาจ

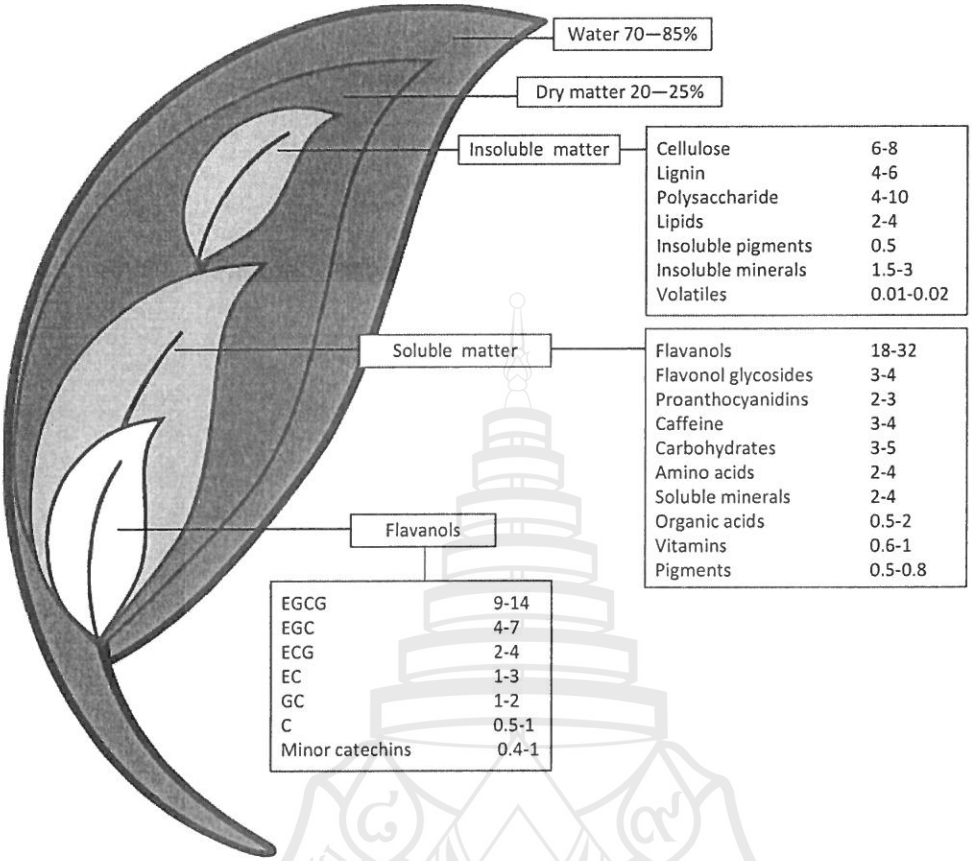
พบว่า มีจำนวนดอกประมาณ 2-7 ดอกต่อตา ก้านและดอกยาวรวมกันประมาณ 12.0-15.0 มิลลิเมตร ส่วนของก้านยาวประมาณ 8.0-10.0 มิลลิเมตร กลีบเลี้ยงมีจำนวน 5-6 กลีบ แต่ละกลีบมีขนาดไม่เท่ากัน มีรูปทรงโค้งมน ยาวประมาณ 3.0-5.0 มิลลิเมตร กลีบดอกติดอยู่วง corolla ที่มีลักษณะถ้วยหงายตื้นๆ ยาวประมาณ 1.5-2.0 เซนติเมตร กลีบดอกมีจำนวน 7-8 กลีบ ส่วนโคนกลีบติดกับฐานดอกแคบ ส่วนปลายกลีบบานออก กลีบดอกมีความยาวประมาณ 1.0-2.0 เซนติเมตร กว้างประมาณ 0.8-2.3 เซนติเมตร เกสรตัวผู้มีจำนวนมาก ประกอบด้วยอับละอองเกสรสีเหลืองติดอยู่ที่ส่วนปลายของก้านชูอับละอองเกสรสีขาว ยาวประมาณ 8.0-13.0 มิลลิเมตร ส่วนล่างของก้านติดกันเป็นวงกว้างประมาณ 1.0-2.0 มิลลิเมตร วงของเกสรตัวเมียยาวประมาณ 8.0-12.0 มิลลิเมตร ประกอบด้วยรังไข่ที่ปกคลุมด้วยขน ปากเกสร (style) เป็นก้านกลม ส่วนปลายแบ่งออกเป็น 3 แฉก ภายในรังไข่แบ่งออกเป็น 3 ช่อง

ผล เป็นแคปซูล ขนาดผลมีเส้นผ่านศูนย์กลางประมาณ 2.0-4.0 เซนติเมตร เมื่อผลแก่เต็มที่เปลือกจะแตกออก

เมล็ด ค่อนข้างกลม มีเส้นผ่านศูนย์กลางประมาณ 10.0-14.0 มิลลิเมตร ผิวของเมล็ดเรียบ มีสีน้ำตาล หรือ น้ำตาลอมแดง หรือ น้ำตาลเข้มเกือบดำ

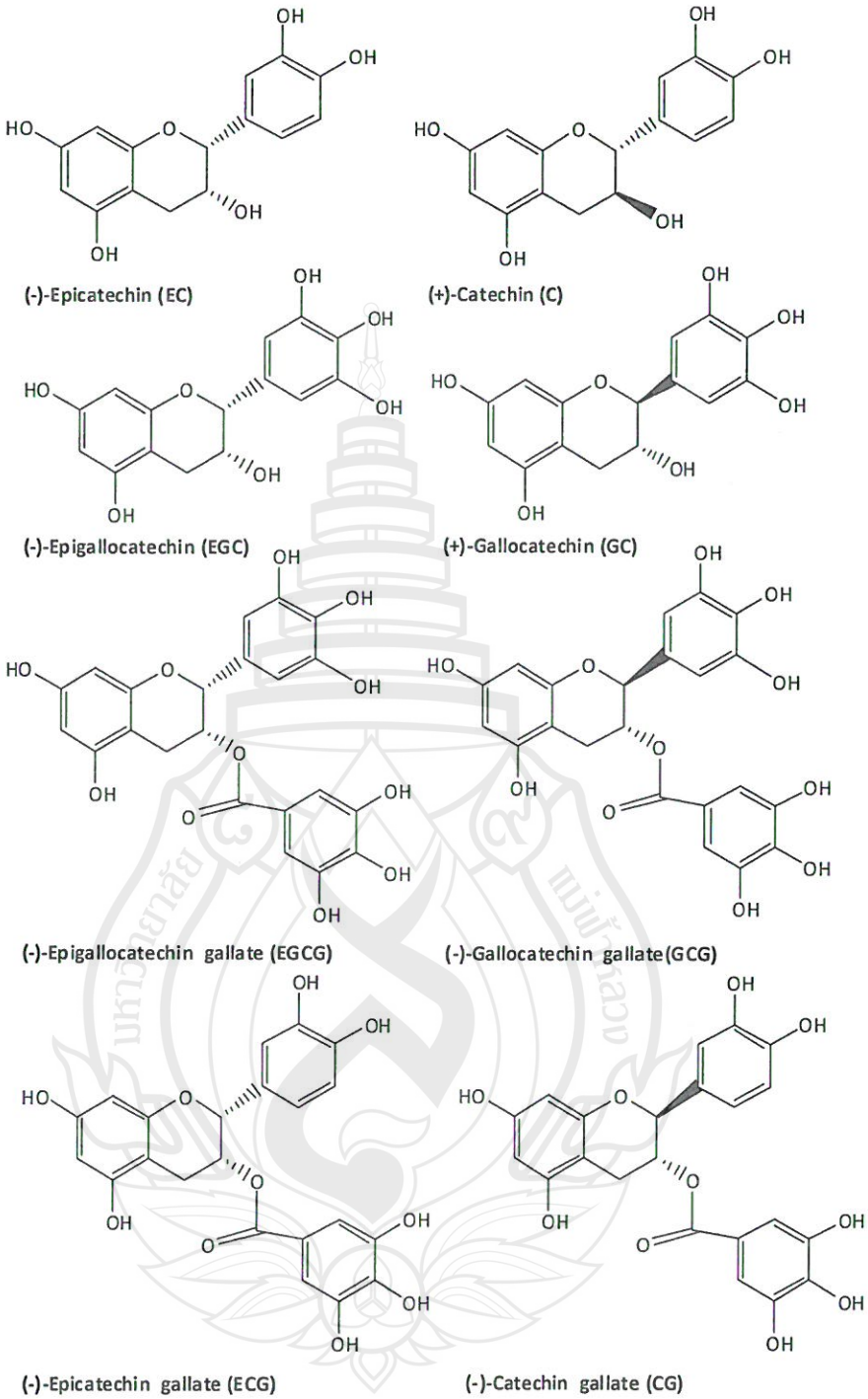
2.2 องค์ประกอบทางเคมีของใบชาสด

โดยทั่วไปยอดใบชาสดประกอบด้วยความชื้นประมาณ 75-80%โดยน้ำหนัก ส่วนที่เหลือ (20-25%) เป็นของแข็งทั้งหมด (ภาพที่ 2-4) ของแข็งทั้งหมดประกอบด้วยส่วนที่ไม่ละลายน้ำ (insoluble matter) และส่วนที่ละลายน้ำ (soluble matter) องค์ประกอบสำคัญในส่วนที่ละลายน้ำคือ โพลิฟีนอล (polyphenol) มีอยู่ประมาณ 10-25% โดยน้ำหนักแห้ง (Balentine, 1997; Hara et al., 1995; Haslam, 2003) นอกจากนี้ใบชาสดยังประกอบด้วยฟลาโวนอล (flavonol) และ ฟลาโวนอลไกลโคไซด์ (flavonolglycoside) พวกเควอซิทิน (quercetin) แคมฟีรอล (kaempferol) และมายริซิทิน (myricetin) ประมาณ 3-4% ประกอบด้วยคาเฟอีน 3-4% และกรดอะมิโน 2-4%



ภาพที่ 2-4 องค์ประกอบทางเคมีในยอดใบชาสด

สารออกฤทธิ์สำคัญในกลุ่มโพลิฟีนอล (tea polyphenols) เป็นสารสำคัญที่ได้รับความสนใจเป็นอย่างมาก โพลิฟีนอลเป็นสารในกลุ่มที่เรียกว่า catechins (คาเทชิน) ซึ่งมีอยู่ประมาณ 60-70% ของปริมาณโพลิฟีนอลทั้งหมด คาเทชินที่พบมากในชาได้แก่ (-)-Epigallocatechin-3-gallate (EGCG), (-)-Epigallocatechin (EGC), (-)-Epicatechin-3-gallate (ECG) และ (-)-Epicatechin (EC) (ภาพที่ 2-5) โดย catechins เหล่านี้มีอยู่ประมาณ 90% ของคาเทชินทั้งหมด กลุ่มของคาเทชินที่พบในปริมาณน้อยลงมาได้แก่ (+)-Gallocatechin (GC), (+)-Catechin (C) และ Catechins อื่น ๆ เช่น (-)-Gallocatechin gallate (GCG) และ (+)-Catechin gallate (CG) (Balentine et al., 1997) คาเทชินเป็นสารไม่มีสี ละลายน้ำได้ ให้รสฝาด ซึ่งชนิดและปริมาณคาเทชินแต่ละชนิดจะแตกต่างกันไปตามปัจจัยในหลาย ๆ อย่าง ได้แก่ สายพันธุ์ชา ฤดูการเก็บเกี่ยว อายุของต้นชา สภาพภูมิอากาศ ความอุดมสมบูรณ์ของดิน การจัดการหลังการเก็บเกี่ยว และกระบวนการผลิตชา (Chu & Juneja, 1997; Fernandez et al., 2002)

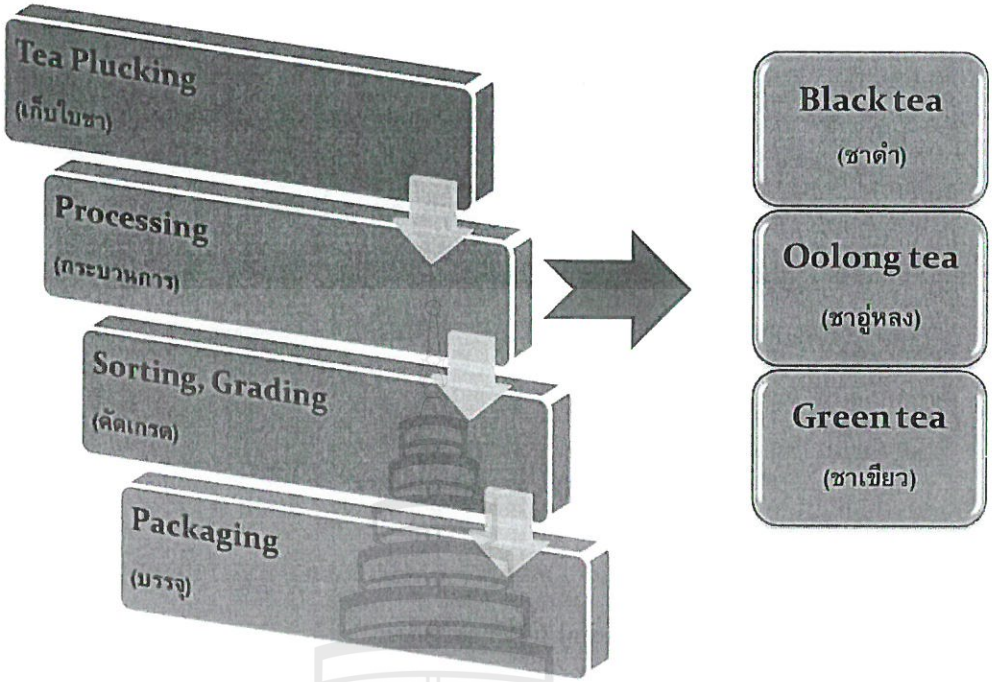


ภาพที่ 2-5 โครงสร้างของคาเทชินชนิดต่าง ๆ ในยอดใบชาสด

2.3 ประเภทและกระบวนการผลิตชา

"ชา" ผลิตจากใบของต้นชา *Camellia sinensis* (L.) สายพันธุ์ชาที่ปลูกในประเทศไทยแบ่งได้เป็น 2 สายพันธุ์ใหญ่ ๆ คือ ชาสายพันธุ์อัสสัม (*Camellia sinensis* var. *assamica*) และชาสายพันธุ์จีน (*Camellia sinensis* var. *sinensis*) ชาอัสสัมเป็นชาพื้นเมืองดั้งเดิมของไทยที่พบได้ตามภูเขาสูงในแถบภาคเหนือ ส่วนชาจีนเป็นชาที่นำเข้ามาจากประเทศไต้หวัน และจีน เป็นสายพันธุ์ที่ได้จากการปรับปรุงพันธุ์ ได้แก่ พันธุ์อู่หลงเบอร์ 17 หรืออู่หลงก้านอ่อน อู่หลงเบอร์ 12 หรือชิงซินอู่หลง พันธุ์สี่ฤดู พันธุ์ถิกวนอิม เป็นต้น

ใบชาสดทั้งสายพันธุ์อัสสัม และสายพันธุ์จีนที่นิยมนำมาผลิตชาเพื่อให้ได้คุณภาพดีจะใช้ฉพาะยอดใบชา นำมาเข้ากระบวนการผึ่ง หมัก คั่ว นวด และอบที่แตกต่างกัน ทำให้ได้ผลิตภัณฑ์ชาที่มีสี กลิ่น และรสชาติของน้ำชาที่แตกต่างกันไป ขั้นตอนการผลิตที่หลากหลายซับซ้อน ประกอบกับความชำนาญของผู้ผลิตชาแต่ละราย รวมทั้งชนิดของพันธุ์ชา สภาพภูมิประเทศ ภูมิอากาศ ความอุดมสมบูรณ์ของดินและน้ำ ตลอดจนองค์ประกอบทางเคมีในใบชาสดจะเป็นตัวกำหนดคุณภาพและลักษณะเฉพาะของชาชนิดต่าง ๆ กระบวนการผลิตชาจะเริ่มจากการเก็บใบชาสด (tea plucking) และนำมาเข้ากระบวนการ (processing) ที่ทำให้เกิดการหมักในระดับที่แตกต่างกันไป เมื่อจัดแบ่งประเภทชาตามระดับของการหมักจะสามารถแบ่งชาได้หลัก ๆ 3 ประเภท คือ ชาเขียว (green tea) ชาอู่หลง (oolong tea) และชาดำ (black tea) หลังจากผ่านกระบวนการหมัก ใบชาจะถูกคัดเกรด (sorting and grading) และบรรจุ (packaging)



ภาพที่ 2-6 ประเภทของชา

ชาเขียว ชาอู่หลง และชาดำจะมีลักษณะ สี กลิ่น และรสชาติที่แตกต่างกันไป ตามปัจจัยหลัก ๆ 2 ปัจจัย ได้แก่ องค์ประกอบทางเคมีของใบชาสด และกระบวนการผลิตชา โดยองค์ประกอบทางเคมีของใบชาที่แตกต่างกันเป็นผลมาจากสายพันธุ์ชา สภาพพื้นที่ปลูก สภาพภูมิอากาศ ความอุดมสมบรูณ์ของ ดิน น้ำ และการดูแลรักษา ซึ่งองค์ประกอบทางเคมีที่แตกต่างกันนี้จะส่งผลต่อปฏิกิริยาเคมีที่เกิดขึ้นระหว่างกระบวนการผลิต ทำให้ได้ชาที่มีกลิ่นและรสชาติที่แตกต่างกันไป ในกระบวนการผลิตชาแต่ละประเภทจะมีขั้นตอนการผลิตแสดงดังรูป ซึ่งมีรายละเอียดดังนี้

1. การเก็บใบชา (Tea plucking) เป็นขั้นตอนที่สำคัญเนื่องจากต้องอาศัยความละเอียดในการเก็บ การเก็บใบชาให้ได้ใบชาที่มีคุณภาพดีต้องใช้แรงงานคนในการเก็บ การเก็บจะต้องเลือกเก็บเฉพาะยอดชาที่ตูมและใบที่ต่ำจากยอดตูมลงมา 2 ใบ (เก็บ 1 ยอด 2 ใบ) เนื่องจากสารประกอบพอลิฟีนอลซึ่งเป็นสารสำคัญที่ส่งผลต่อสี กลิ่น และรสชาติของชาจะมีอยู่มากเฉพาะในยอดชาเท่านั้น

ภาพที่ 2-7 ลักษณะของยอดชา

2. การผึ่งชา (Withering) เป็นขั้นตอนที่ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงทางกายภาพและเกิดปฏิกิริยาเคมีของสารต่าง ๆ ในใบชา การผึ่งชาจะทำให้น้ำในใบชาระเหยไป ทำให้ใบชาเหี่ยวและจะมีการซึมผ่านของสารต่าง ๆ ภายในและภายนอกเซลล์ ในการผึ่งชาเอนไซม์พอลิฟีนอลออกซิเดส(polyphenol oxidase) จะเร่งปฏิกิริยาออกซิเดชัน (oxidation) ทำให้สารพอลิฟีนอลเกิดปฏิกิริยาเคมีได้เป็นองค์ประกอบใหม่ที่ทำให้ชามีสี กลิ่น และรสชาติที่แตกต่างกันไป

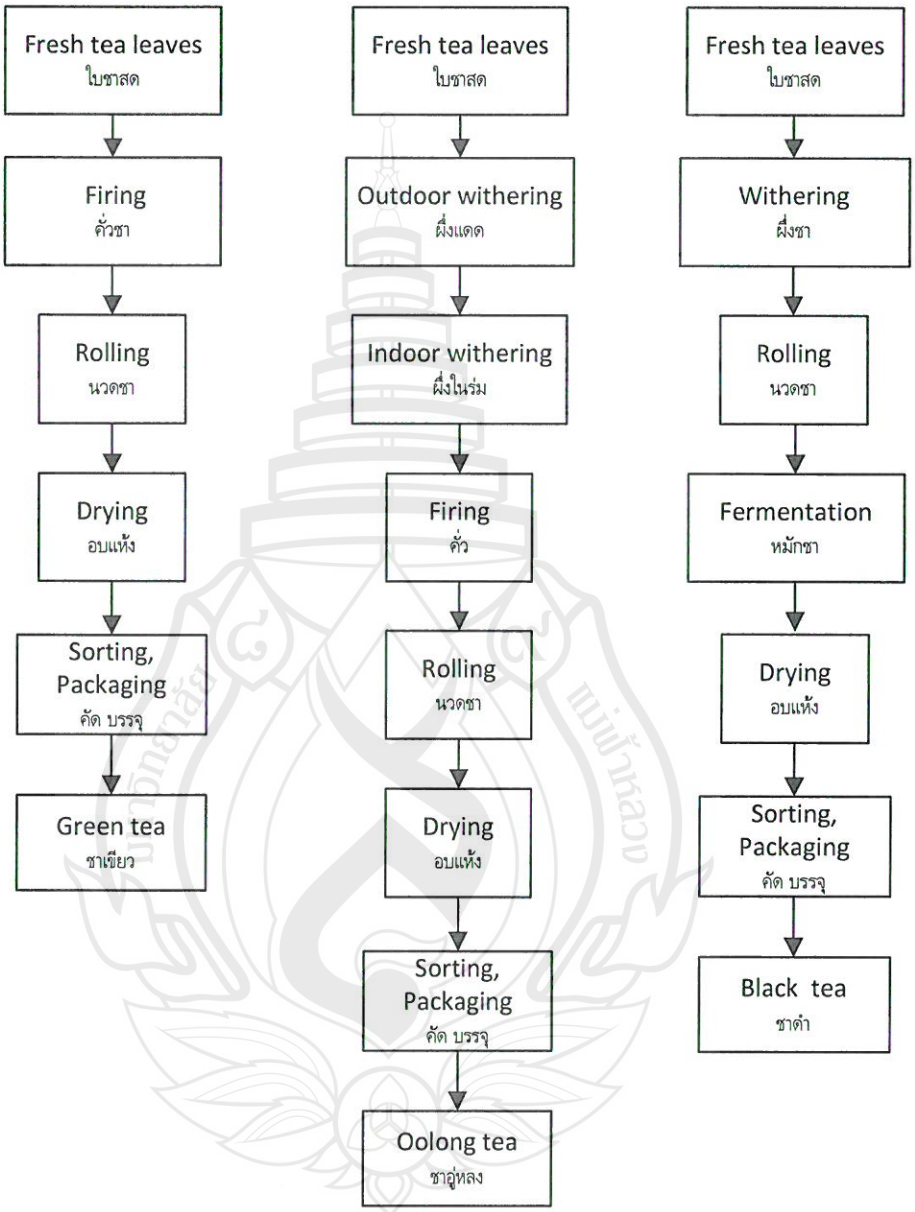
3. การนึ่งชา (Steaming) หรือการคั่วชา (Pan firing) เป็นขั้นตอนที่ให้ความร้อนกับใบชาเพื่อทำลายเอนไซม์พอลิฟีนอลออกซิเดส ทำให้หยุดปฏิกิริยาการหมัก ในการผลิตชาญี่ปุ่นส่วนใหญ่จะใช้วิธีการนึ่งชา ส่วนการผลิตชาในจีน ไต้หวัน และไทยส่วนใหญ่จะใช้วิธีการคั่วชา

4. การนวดชา (Rolling) เป็นขั้นตอนที่ใช้น้ำหนักกดทับลงใบชา เป็นการขยี้ใบชาเพื่อให้เซลล์แตก เมื่อเซลล์แตกจะทำให้สารประกอบต่าง ๆ ที่อยู่ในเซลล์ไหลออกมานอกเซลล์และเคลือบอยู่บนส่วนต่าง ๆของใบชา

5. การหมักชา (Fermentation) เป็นกระบวนการที่เกิดขึ้นอย่างต่อเนื่องเริ่มตั้งแต่การผึ่งชาและนวดชา ก่อนที่จะถึงขั้นตอนการหยุดปฏิกิริยาเอนไซม์พอลิฟีนอลออกซิเดสด้วยความร้อน (steaming หรือ firing) ในกระบวนการนี้พอลิฟีนอลออกซิเดสจะเร่งปฏิกิริยาออกซิเดชันทำให้ได้เป็นสารประกอบเชิงซ้อนที่มีโมเลกุลใหญ่ขึ้น ซึ่งทำให้ชาเกิดกลิ่น สี และรสชาติที่แตกต่างกันไปตามองค์ประกอบทางเคมีที่อยู่ในชาและตามกรรมวิธีการผลิต

6. การอบแห้ง (Drying) เป็นขั้นตอนการอบแห้งเพื่อลดความชื้นในใบชาให้เหลือประมาณเพื่อให้สามารถเก็บใบชาไว้ได้นาน

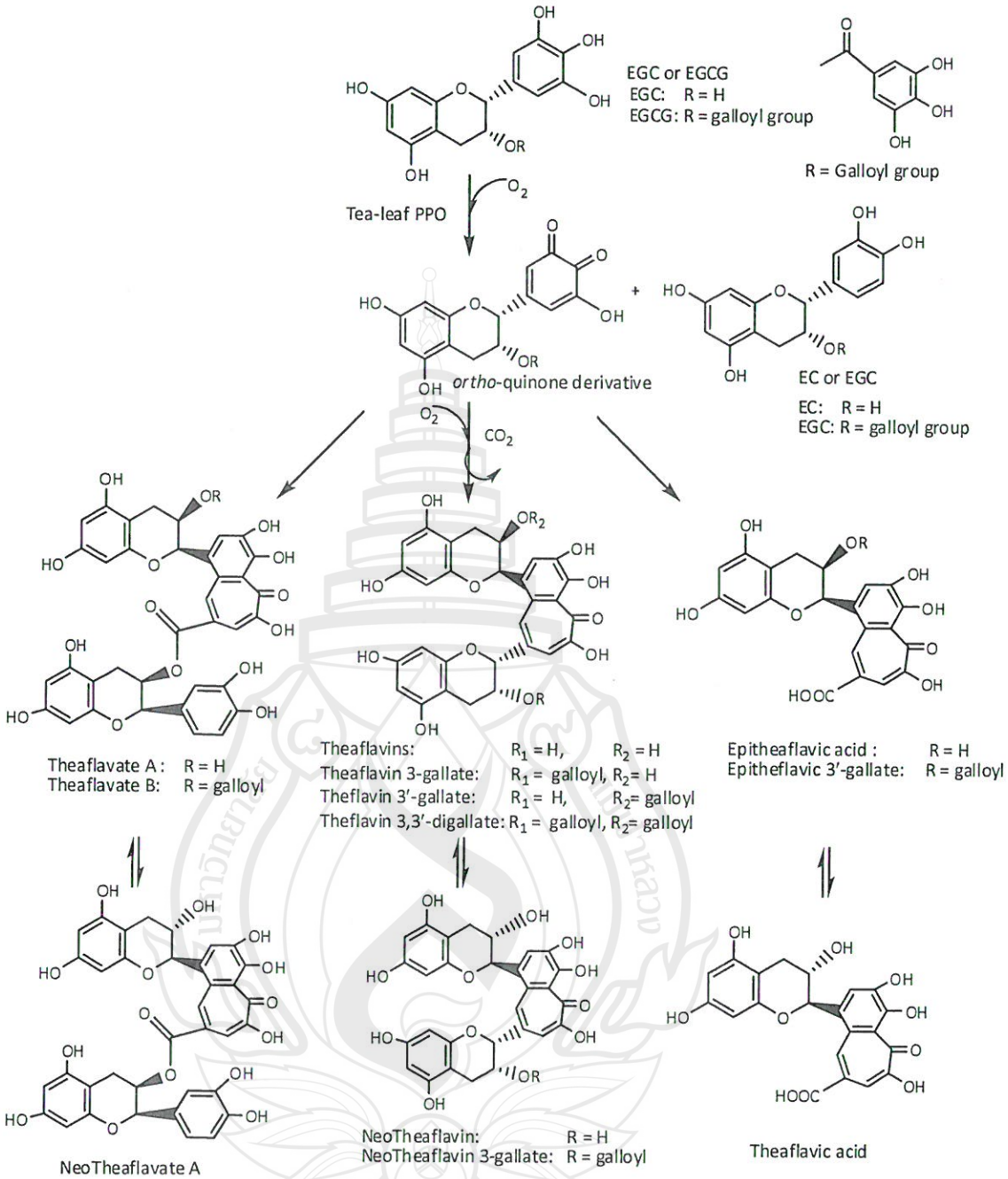
7. การคัดบรรจุ (Sorting and packing) หลังการอบแห้งจะเป็นการคัดเลือกเศษกิ่งก้านของใบชา และสิ่งเจือปนต่าง ๆ ออกจากใบชา เสร็จแล้วนำมาบรรจุใส่ถุงเพื่อรอจำหน่ายต่อไป



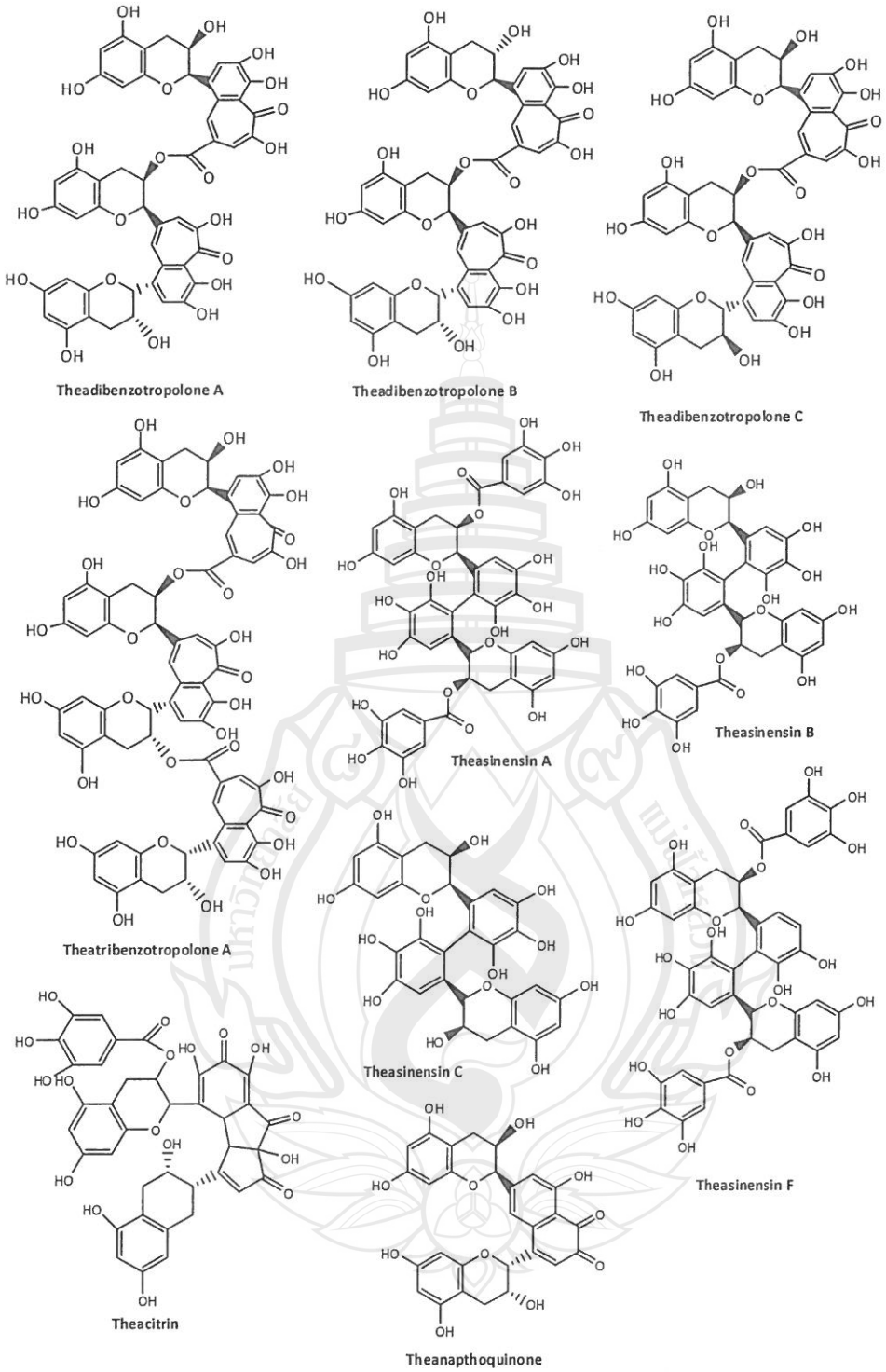
ภาพที่ 2-8 กระบวนการผลิตชาเขียว ชาอู่หลง และชาดำ

2.4 การเปลี่ยนแปลงทางเคมีในระหว่างการหมักชา

ชาเขียว ชาอู่หลง และชาดำล้วนผลิตมาจากยอดอ่อนของต้นชา แต่เนื่องจากใบชาสดผ่านกระบวนการหมักในระดับที่ต่างกัน ทำให้มีองค์ประกอบทางเคมีที่แตกต่างกันไป ส่งผลให้ชาแต่ละประเภทมีสี กลิ่น และรสชาติที่แตกต่างกัน ชาเขียวเป็นชาที่ไม่ผ่านการหมัก องค์ประกอบทางเคมีส่วนใหญ่จะคล้ายใบชาสด จึงเป็นชาที่มีคาเทชินมากที่สุด ส่วนชาอู่หลงมีการหมักเพียงบางส่วน และชาดำมีการหมักอย่างสมบูรณ์ กระบวนการหมักทำให้เอนไซม์พอลิฟีนอลออกซิเดสเร่งปฏิกิริยาออกซิเดชั่นของคาเทชิน (ปฏิกิริยาการเกิดสีน้ำตาล) และเกิดปฏิกิริยาพอลิเมอร์ไรเซชั่นเป็นสารในกลุ่มทีเอฟลาวิน (theaflavins, TFs) และทีอะรูบิจิน (thearubigins, TRs) (Subramanian et al., 1999) สารทั้งสองกลุ่มเป็นองค์ประกอบสำคัญที่ส่งผลต่อสี กลิ่น และรสชาติของชาที่ผ่านการหมัก กลไกการเกิดสารทีเอฟลาวินแสดงดังภาพที่ 2-9 โดยคาเทชินที่พบมาก เช่น EGCG และEGC จะเกิดออกซิเดชั่นโดยเอนไซม์พอลิฟีนอลออกซิเดสในสภาวะที่มีออกซิเจนได้เป็นอนุพันธ์ของควิโนน (ortho-quinone derivatives) และจะเกิดปฏิกิริยารวมตัวกับคาเทชินอื่นๆ เช่น EC และ ECG ได้เป็นไดเมอริคคาเทชิน (dimeric catechins) เรียกว่า ทีเอฟลาวิน (theaflavins, TFs) ทีเอฟลาวินที่พบมากมี 4 ชนิด คือ theaflavin (เกิดจาก EGC + EC) theaflavin 3-gallate (เกิดจาก EGCG + EC) theaflavin 3′-gallate (เกิดจาก EGC + ECG) และ theaflavin 3, 3′-gallate (เกิดจาก EGCG + ECG) นอกจากนี้ยังพบสารประกอบที่เป็นอนุพันธ์ของทีเอเฟลาวิน ได้แก่ ทีเอฟลาเวท (theaflavate) และทีเอฟลาวิคแอซิด (theaflavic acid) และพบเสตียริโอไอโซเมอร์ (steareoisomer) ของทีเอฟลาวิน ทีเอฟลาเวท และทีเอฟลาวิค แอซิด (ภาพที่ 2-9) (Haslam, 2003; Kim et al., 2011; Sang et al., 2011) สารประกอบในกลุ่มทีเอฟลาวินเป็นกลุ่มของสารที่ให้สีเหลืองส้ม และส้มแดง พร้อมทั้งให้รสชาติฝาด (astringent) การศึกษาองค์ประกอบทางเคมีในระหว่างการหมักชาดำพบว่าทีเอฟลาวินที่เกิดขึ้นสามารถทำปฏิกิริยารวมตัวกับคาเทชินชนิดอื่น ๆ เกิดเป็นไตรเมอริคคาแทชิน (trimeric catechins) เรียกว่า เบนโซโทรโพโลน (benzotropolone) (Sang et al., 2004) ปัจจุบันพบสารประกอบเบนโซโทรโพโลนในระหว่างการหมักชา 4 ชนิด คือ theadibenzotropolone A, theadibenzotropolone B, theadibenzotropolone C และ theatribenzotropolone A โครงสร้างของสารในกลุ่มเบนโซโทรโพโลนแสดงดังภาพที่ 2-10 (Subramanian et al., 1999; Sang et al., 2004)



ภาพที่ 2-9 กลไกการเกิดทีเอฟลาวิน (theaflavins) และโครงสร้างของสารในกลุ่มทีเอฟลาวินที่พบในการหมักชา (ปรับปรุงจาก Haslam, 2003; Kim et al., 2011; Sang et al., 2011)



ภาพที่ 2-10 สารในกลุ่มเบนโซโทรโพโลน (Benzothropolone) ทีเอซิเนนซิน (Theasinensins) ทีเอซิทริน (theacitrin) และทีเอแนพโทควิโนน (theanapsthoquinone) ที่เกิดขึ้นในระหว่างการหมักชา (Kuhnert, 2010 และ Sang et al., 2011)

ในการผลิตชาเขียว ใบชาสดที่เก็บมาจะถูกนำไปนึ่งหรือคั่วด้วยเตาไฟฟ้าเพื่อป้องกันไม่ให้เกิดกระบวนการหมัก (Fermentation) ผลิตภัณฑ์ชาเขียวจึงมีปริมาณคาเทชินอยู่สูงในระดับใกล้เคียงกับใบชาสด (Chen et al., 2003) ในการผลิตชาอู่หลงและชาดำจะมีขั้นตอนการหมัก การหมักเป็นขั้นตอนที่ปล่อยให้เอนไซม์พอลิฟีนอลออกซิเดสเร่งปฏิกิริยาออกซิเดชั่นสารในกลุ่มคาเทชิน ทำให้เกิดสารประกอบใหม่ที่มีสี กลิ่น และรสชาติที่ต่างไปจากเดิม การออกซิเดชั่นทำให้เกิดควิโนน (quinone) ที่สามารถเกิดปฏิกิริยาทางเคมีต่อได้เป็นกลุ่มของ theaflavins และ thearubigins (Graham, 1992) การผลิตชาอู่หลงจะปล่อยให้เกิดการหมักเพียงบางส่วน (partial fermentation) ดังนั้นชาอู่หลงจึงประกอบไปด้วยโพลิฟีนอลหลายชนิดผสมกันตามระดับของการหมัก ได้แก่ คาเทชิน theaflavins และ thearubigins (Wheeler & Wheeler, 2004) ในการผลิตชาดำ ใบชาจะถูกนำมาตีป่นและปล่อยให้เกิดการหมักอย่างสมบูรณ์ (full fermentation) ทำให้ชามีปริมาณ theaflavins และ thearubigins อยู่มากกว่าคาเทชิน การศึกษาของ Lee และคณะ (2002) พบว่าชาดำมีปริมาณ theaflavins 2-6% สารในกลุ่ม thearubigins มีปริมาณมากกว่า 20% ในขณะที่ชาเขียวมีปริมาณคาเทชินมากที่สุด 30-42% Yen และ Chen (1995) พบว่าชาเขียวมีปริมาณคาเทชินมากที่สุด (26.7%) ตามด้วยชาอู่หลง (23.2%) และชาดำ (4.3%) ซึ่งสอดคล้องกับรายงานของ Cabrera et al. (2003) ที่พบว่าปปริมาณคาเทชินมีมากที่สุดในชาเขียว ตามด้วยชาอู่หลง และชาดำ ตามลำดับ

2.5 สมบัติต้านออกซิเดชั่นและประโยชน์ของชา

ชามีคุณสมบัติในการต้านออกซิเดชั่นเนื่องจากสารประกอบฟีนอลในชา คาเทชินมีสมบัติในการต้านออกซิเดชันโดยโมเลกุลมีความสามารถในการให้ไฮโดรเจนอะตอมและรับอนุมูลอิสระ (free radicals) จากโมเลกุลอื่น แม้ว่าในกระบวนการผลิตชาอู่หลงและชาดำ คาเทชินจะถูกออกซิไดซ์เป็นสารประกอบตัวอื่น แต่ความสามารถในการต้านออกซิเดชันใน LDL ยังคงเดิม (Leung et al., 2001) อย่างไรก็ตาม Hodgson พบว่าคาเทชินในชาเขียวมีฤทธิ์ต้านออกซิเดชันดีกว่าชาดำ 40% (Hodgson et al., 1999) Gardner รายงานว่าสารสกัดจากชาเขียวสามาถจับอนุมูลอิสระได้ดีกว่าชาดำ 21-24% (Gardner et al., 1998) มีรายงานการเปรียบเทียบความสามารถในการจับ DPPH ของชาชนิดต่าง ๆ พบว่า ชาเขียวมากกว่าชาดำ และชาอู่หลงตามลำดับ (Yokozawa et al., 1998) การเปรียบเทียบความสามารถในการจับอนุมูลอิสระของคาเทชินพบว่าECG>EGCG>EGC>EC>C ความสามารถในการจับเป็น radical propagation พบว่า EC, C, ECG และ EGCG มีความสามารถเท่ากัน ตามด้วย EGC และ gallic acid

(Salah et al., 1995) อย่างไรก็ตาม Chen และ Ho (1995) รายงานว่าความสามารถในการจับอนุมูลอิสระของ EGCG>ECG>EGC>EC>C Nanjo และคณะ (1996) รายงานว่า EGC, ECG และ EGCG มี DPPH radical scavenging activity ที่ดีกว่า C และ EC เมื่อเปรียบเทียบกับสารต้านอนุมูลอิสระชนิดอื่น Nakao และคณะ (1998) พบว่า ECG, EC และ C มี peroxyl radical scavenging activity มากกว่า วิตามินซี และเบตาแคโรทีน 10 เท่า (Nakao et al., 1998)

โพลิฟีนอลในชามีคุณสมบัติในการต้านอนุมูลอิสระ (antioxidant capacity) ซึ่งเป็นประโยชน์สำคัญที่ผู้บริโภคจะได้รับจากการดื่มชา สมบติการต้านอนุมูลอิสระทำให้โพลิฟีนอลในชามีประโยชน์ต่อสุขภาพหลายอย่าง ได้แก่ เป็นสารช่วยลดความเสี่ยงในการเกิดมะเร็งในอวัยวะต่าง ๆ ได้แก่ มะเร็งผิวหนัง (Hakim & Harris, 2001; Naldi et al., 2004) มะรังตับ (Sueoka et al., 2001; Mu et al., 2003) มะเร็งปอด (Mendilaharsu et al., 1998; Zhong et al., 2001; Kubik et al., 2004) มะเร็งระบบทางเดินอาหาร (Wang et al., 1999; Mu et al., 2003) มะเร็งตับอ่อน (Ji et al., 1997) มะเร็งกระเพาะปัสสาวะ (Lambert & Yang, 2003a,b) มะเร็งเต้านม (Nakachi et al., 1998; Wu et al., 2003a,b; Lambert and Yang, 2003a,b; Sun et al., 2006) และมะเร็งต่อมลูกหมาก (Baliga et al., 2005; Bettuzzi et al., 2006) ลดความเสี่ยงในการเกิดโรคหัวใจและโรคหลอดเลือด (Nakachi et al., 2000; Sesso et al., 1999; Peters et al., 2001; Hirano et al., 2002) ช่วยควบคุมระดับน้ำตาลในเลือดของในโรคเบาหวาน (Kao et al., 2006; Shoji & Nakashima, 2006; Yang et al., 2001) และช่วยลดความอ้วน (Rain et al., 2011; Rudelle et al., 2007) เป็นต้น

การดื่มชาเพื่อให้ได้ประโยชน์ต่อสุขภาพนั้นขึ้นอยู่กับชนิด และปริมาณโพลิฟีนอลที่ได้รับจากการดื่ม รวมทั้งชีวปริมาณสารออกฤทธิ์หรือชีวประสิทธิผล (bioavailability) โดยประโยชน์ต่อสุขภาพที่ผู้บริโภคจะได้รับเป็นผลมาจากการออกฤทธิ์ต้านออกซิเดชั่นของโพลิฟีนอลในชา (Mukhtar & Ahmad, 2000) จากการศึกษาของ Erba และคณะ (2005) พบว่าการดื่มชาเขียวมีส่วนช่วยลดสภาวะ oxidative stress และเป็นการป้องกันการเกิดออกซิเดชั่นในคน เนื่องจากโพลิฟีนอลในชามีความสามารถในการจับอนุมูลอิสระ (Reactive oxygen species: ROS) จำพวก superoxide radical, singlet oxygen, hydroxyl radical, peroxyl radical, nitric oxide, nitrogen dioxide และ peroxy nitrite ซึ่งจะช่วยลดการถูกทำลายในเนื้อเยื่อไขมัน โปรตีน และกรดนิวคลีอิคในเซลล์ โดยทั่วไปพบว่าโพลิฟีนอลในชาเขียวมีความสามารถในการจับอนุมูลอิสระมากกว่าชาดำ ในบรรดาโพลิฟีนอลหรือคาเทชินในชาทั้งหมด คาเทชินชนิด EGCG

เป็นคาเทชินที่มีประสิทธิภาพสูงที่สุดในการจับอนุมูลอิสระ เนื่องจากมีโครงสร้างทางเคมีที่เหมาะต่อการจับอนุมูลอิสระหรือจับกับไอออนของโลหะหนัก มีรายงานพบว่าความสามารถในการจับอนุมูลอิสระ peroxyl ในชาเขียวและชาดำมีมากกว่าสารออกฤทธิ์สำคัญในกระเทียม ผักขม และกะหล่ำดาว (Cao et al., 1996) การศึกษาทางคลีนิกพบว่าการดื่มชาเขียว และชาดำช่วยเพิ่มฤทธิ์การต้านออกซิเดชั่นในพลาสมาของคนภายในเวลา 30-60 นาที (Leenen et al., 2000) จากการศึกษาเมื่อให้ชายชาวจีนที่สูบบุหรี่ 40 คน อีกทั้งชายและหญิงชาวอเมริกันรวม 27 คน ดื่มชาเขียว 6 ถ้วยต่อวัน เป็นระยะเวลานานติดต่อกัน 7 วัน พบว่าฤทธิ์การทำลายดีเอ็นเอ (oxidative DNA damage) การเกิดออกซิเดชันของไขมัน และการเกิดอนุมูลอิสระในร่างกายลดลง การทดลองของ Freese และคณะ (1999) เมื่อให้หญิงสุขภาพดีอายุ 23-50 รับประทานอาหารที่มีกรดไลโนเลอิก และสารสกัดจากชา (เทียบเท่ากับปริมาณชาเชียว 10 ด้วยต่อวัน) พบว่าการเกิดออกซิเดชั่นของไขมันลดลงอย่างมีนัยสำคัญ

บทที่ 3
ระเบียบวิธีวิจัย

3.1 สารเคมี

Name	Grade	Formula weight	Company
(-)-Catechin-3-gallate (CG)	HPLC	442.40	Sigma
(-)-Epicatechin (EC)	AR	290.30	Sigma
(-)-Epicatechin-3-gallate (ECG)	HPLC	442.40	Sigma
(-)-Epigallocatechin (EGC)	HPLC	306.30	Sigma
(-)-Epigallocatechin-3-gallate (EGCG)	HPLC	458.40	Sigma
(-)-Gallocatechin (EGC)	HPLC	306.30	Sigma
(-)-Gallocatechin-3-gallate (GCG)	HPLC	458.40	Sigma
(+)-Catechin (C)	TLC	290.30	Sigma
(±)-6-Hydroxy-2,5,7,8-tetramethylchromane-2-carboxylic acid (Trolox)	HPLC	250.32	Sigma
2,2-diphenyl-1-picryhydrazyl (DPPH)	HPLC	394.0	Sigma
Acetonitrile	HPLC	41.05	J.T. Baker
Ascorbic acid	AR	176.12	Ajax Finechem
Caffeine (CF)	AR	194.20	Sigma
Disodium phosphate heptahydrate	AR	268.10	Fluka
Ferric chloride ($FeCl_3$)	AR	162.20	Ajax Finechem
Folin-Ciocalteu's phenol reagent	AR		Carlo Erba
Gallic acid (G)	AR	170.10	Sigma
Hydrochloric acid	AR	36.46	Merck
Methanol	HPLC	32.04	J.T. Baker
Monosodium phosphate monohydrate	AR	138.00	Fluka

Name	Grade	Formula weight	Company
Potassium hexacyanoferrate [$K_3Fe(CN)_6$]	AR	329.24	Merck
Sodium carbonate	AR	105.99	Merck
Trifluoroacetic acid (TFA)	HPLC	114.02	Merck
Trichloroacetic acid (TCA)	HPLC	163.39	Merck

3.2 เครื่องมือ

Analytical balance 2 และ 4 ตำแหน่ง, High speed blender, UV-Visible Spectophotometer, Hot air oven, Heating mental, Vortex mixer, Heater, pH meter, HPLC

3.3 การดำเนินงานวิจัย

3.3.1 การเก็บตัวอย่างชา

เก็บตัวอย่างผลิตภัณฑ์ชา 4 ประเภท ได้แก่ ชาเขียวจากชาสายพันธุ์อัสสัม (*Camellia sinensis* var. *assamica*, assam tea) ชาเขียวจากชาสายพันธุ์อู่หลงเบอร์ 12 (*Camellia sinensis* var. *sinensis*, jing shuan oolong No. 12) ชาอู่หลงจากชาสายพันธุ์อู่หลงเบอร์ 12 (*Camellia sinensis* var. *sinensis*, jing shuan oolong No. 12) และชาอู่หลงจากชาสายพันธุ์ชาอู่หลงเบอร์ 17 (*Camellia sinensis* var. *sinensis*, chin shin oolong no. 17) จากโรงงานผลิตชาในเขตจังหวัดเชียงรายและเชียงใหม่

3.3.2 การวิเคราะห์ปริมาณความชื้น

ชั่งตัวอย่างชา 5 กรัม บันทึกน้ำหนักที่แน่นอน ลงในถ้วยหาความชื้น นำไปอบในตู้อบลมร้อนที่อุณหภูมิ 103±2°C เป็นเวลา 16 ชั่วโมง จนกระทั่งน้ำหนักคงที่ ทำให้เย็นในโถดูดความชื้น ชั่งน้ำหนัก และคำนวณหาปริมาณความชื้น รายงานผลในรูปกรัมของความชื้นต่อ100 กรัมตัวอย่าง (%w/w) (ISO 1573)

3.3.3 การวิเคราะห์ปริมาณโพลิฟีนอลทั้งหมด

สกัดชาโดยชั่งตัวอย่างชา 2 กรัม บันทึกน้ำหนักที่แน่นอน สกัดด้วยน้ำเดือดปริมาตร 200 มิลลิลิตร เป็นเวลา 10 นาที นำไปกรองผ่านกระดาษกรอง ปรับปริมาตรเป็น 250 มิลลิลิตร

ด้วยน้ำกลั่น ทำการเจือจางและวิเคราะห์หาปริมาณโพลิฟีนอลทั้งหมดตามวิธี Colorimetric methods using Folin-Ciocateu reagent (ISO 14502-1:2005) ผสมสารละลายสกัด 1.0 มิลลิลิตร กับ 5.0 มิลลิลิตร ของ Folin-Ciocalteu reagent (10%v/v) เติม 4.0 มิลลิลิตร ของ 7.5%w/v sodium carbonate ตั้งทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้อง 60 นาที นำไปวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ 765 nm เทียบกับสารมาตรฐานกรดแกลลิกความเข้มข้น 0-100 ไมโครกรัม/มิลลิลิตร รายงานผลในรูปกรัมของ Gallic Acid Equivalent (GAE) ต่อ 100 กรัมตัวอย่างแห้ง (GAE, %w/w dry basis)

3.3.4 การวิเคราะห์ปริมาณคาเทชินทั้งหมดและคาเทชิน 8 ชนิด

สกัดชาโดยชั่งตัวอย่างชา 2 กรัม บันทึกน้ำหนักที่แน่นอน สกัดด้วยน้ำเดือดปริมาตร 200 มิลลิลิตรเป็นเวลา 10 นาที นำไปกรองผ่านกระดาษกรอง ปรับปริมาตรเป็น 250 มิลลิลิตร ด้วยน้ำกลั่น นำไปกรองผ่าน PTFE Syringe filter นำไปฉีด (10 ไมโครลิตร) เข้าเครื่อง High performance liquid chromatography (HPLC) (Wang & Helliwell, 2003; ISO 14502-2:2005) ทำการวิเคราะห์ด้วยคอลัมน์ Platinum EPS C18 53x7 mm อุณหภูมิ 30°C อัตราการไหลของเฟสเคลื่อนที่ 2.0 มิลลิลิตร/นาที เฟสเคลื่อนที่ประกอบด้วย 87:13 %v/v ของ 0.05% trifluoroacetic acid (TFA) และ acetonitrile ตรวจวัดด้วย DAD ที่ความยาวเคลื่น 210 นาโนเมตร หาปริมาณโดยเทียบกับสารมาตรฐาน 8 ชนิด ได้แก่ (-)-Epigallocatechin-3-gallate (EGCG), (-)-Epigallocatechin (EGC), (-)-Epicatechin-3-gallate (ECG), (-)-Epicatechin (EC) (-)-Gallocatechin (GC), (+)-Catechin (C), (-)-Gallocatechin gallate (GCG) และ (-)-Catechin gallate (CG) ปริมาณคาเทชินแต่ละชนิด (Individual catechin) รายงานผลในรูปของกรัมของคาเทชินแต่ละชนิดต่อ 100 กรัมตัวอย่างแห้ง (%w/w dry basis) ปริมาณคาเทชินทั้งหมด (Total catechins) คำนวณจากผลรวมของคาเทชินแต่ละชนิด รายงานผลในรูปของกรัมของคาเทชินทั้งหมดต่อ 100 กรัม ตัวอย่างแห้ง (%w/w dry basis)

3.3.5 การวิเคราะห์ปริมาณคาเฟอีน

สกัดชาโดยชั่งตัวอย่างชา 2 กรัม บันทึกน้ำหนักที่แน่นอน สกัดด้วยน้ำเดือดปริมาตร 200 มิลลิลิตร เป็นเวลา 10 นาที นำไปกรองผ่านกระดาษกรอง เจือจางสารละลายชาสกัด นำไปกรองผ่าน PTFE Syringe filter นำไปฉีด (10 ไมโครลิตร) เข้าเครื่อง High performance liquid chromatography (HPLC) (Wang & Helliwell, 2003; ISO 14502-2:2005) ทำการวิเคราะห์ด้วยคอลัมน์ Platinum EPS C18 53x7 mm อุณหภูมิ 30°C อัตราการไหลของเฟสเคลื่อนที่ 2.0 มิลลิลิตร/นาที เฟสเคลื่อนที่ประกอบด้วย 87:13 %v/v ของ 0.05% trifluoroacetic acid

(TFA) และ acetonitrile ตรวจวัดด้วย DAD ที่ความยาวเคลื่น 210 นาโนเมตร หาปริมาณโดยเทียบกับสารมาตรฐานคาเฟอีน ปริมาณคาเฟอีนรายงานผลในรูปของกรัมของคาเฟอีนต่อ 100 กรัมตัวอย่างแห้ง (%w/w dry basis)

3.3.6 การวิเคราะห์ความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระ DPPH (DPPH assay)

ผสมสารละลายชาตัวอย่าง 50 ไมโครลิตร กับ 2,000 ไมโครลิตรของ DPPH (60 μM ในเมทานอล) ตั้งทิ้งไว้ 30 นาที วัดค่าการดูดกลืนแสงที่ 517 นาโนเมตร (Yen & Duh, 1994) ใช้ Trolox (TE) ความเข้มข้น 0-1,000 μM เป็นสารมาตรฐาน คำนวณ%Inhibition จาก %Inhibition = $(A_c-A_s)x100/A_c$ เมื่อ A_c และ A_s คือ ค่าการดูดกลืนแสงของตัวควบคุมและค่าการดูดกลืนแสงของสารมาตรฐาน ตามลำดับ สร้างกราฟมาตรฐานระหว่าง %Inhibition และ Trolox ความเข้มข้น 0-1,000 μM คำนวณ%Inhibition ของตัวอย่างชาและเทียบกับกราฟมาตรฐาน รายงานผลในรูปของ μmole equivalent ของ Trolox ต่อ 100 กรัมตัวอย่างแห้ง (μmol TE/100 g dry basis)

3.3.7 การวิเคราะห์ความสามารถในการรีดิวซ์ (FRAP assay)

ผสมสารละลายชา 1.0 มิลลิลิตร กับ Phosphate buffer (2.5 ml, 0.2 M, pH 6.6) และ Potassium ferricyanide $[K_3Fe(CN)_6]$ (2.5 ml, 1%w/v) นำของผสมที่ได้ไปบ่มที่อุณหภูมิ 50°Cเป็นเวลา 30 นาที เติม Trichloroacetic acid (10%w/v) 2.5 มิลลิลิตรลงในสารละลายผสม จากนั้นนำไปเข้าเครื่องหมุนเหวี่ยงที่ความเร็ว 1000g เป็นเวลา 10 นาที นำสารละลายชั้นบนจำนวน 2.5 มิลลิลิตรผสมกับน้ำกลั่น 2.5 มิลลิลิตร และ $FeCl_3$ (0.5 มิลลิลิตร, 0.1%w/v) วัดค่าการดูดกลืนแสงที่ 700 นาโนเมตร (Yen & Chen, 1995) การเพิ่มขึ้นของค่าการดูดกลืนแสงที่ได้จากปฏิกิริยาของผสมจะบอกถึงความสามารถในการรีดิวซ์ที่เพิ่มขึ้น ใช้ ascorbic acid (AA) ความเข้มข้น 0-1,000μM เป็นสารมาตรฐาน สร้างกราฟมาตรฐานระหว่างค่าการดูดกลืนแสงที่ 700 นาโนเมตร และ ascorbic acid (AA) ความเข้มข้น 0-1,000μM รายงานผลในรูป μmole equivalent ของ ascorbic acid ต่อ 100 กรัมตัวอย่างแห้ง (μmol AA/100 g dry basis)

3.3.8 การวิเคราะห์ผลทางสถิติ

วิเคราะห์ผลทางสถิติโดยโปรแกรม SPSS (version 16) วิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) โดยเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยด้วยวิธี Duncan Multiple Range Test (DMRT) ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

บทที่ 4
ผลการวิจัยและวิจารณ์ผล

โครงการวิจัยนี้เป็นการศึกษาองค์ประกอบทางเคมีและฤทธิ์การต้านออกซิเดชั่นของชา โดยได้เลือกศึกษาผลิตภัณฑ์ชาส่วนใหญ่ที่มีการผลิต 4 ประเภท ได้แก่

1. ชาเขียวจากสายพันธุ์อัสสัม (*Camellia sinensis* var. *assamica*)
2. ชาเขียวจากสายพันธุ์อู่หลงเบอร์ 12 (*Camellia sinensis* var. *sinensis* cv. oolong no. 12)
3. ชาอู่หลงจากสายพันธุ์อู่หลงเบอร์ 12 (*Camellia sinensis* var. *sinensis* cv. oolong no. 12)
4. ชาอู่หลงจากสายพันธุ์ชาอู่หลงเบอร์ 17 (*Camellia sinensis* var. *sinensis* cv. oolong no. 17)

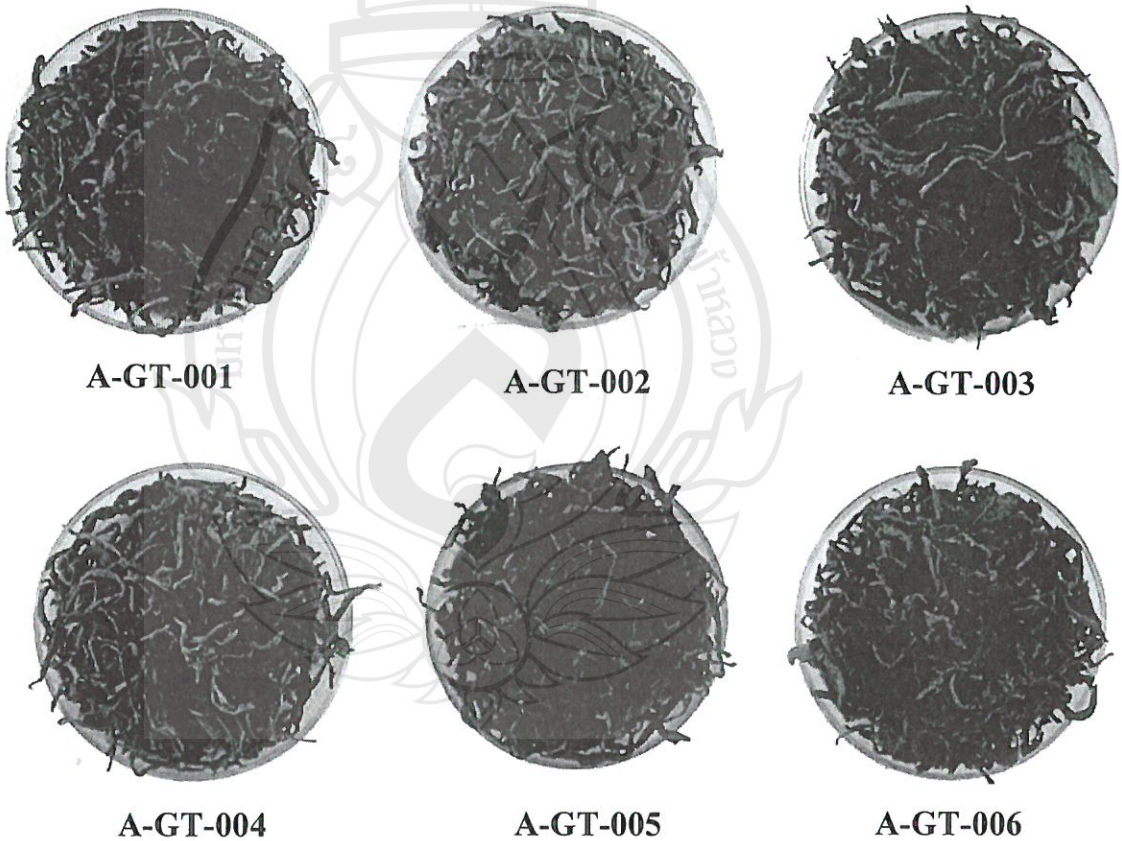
ในการศึกษาได้ทำการเก็บตัวอย่างชา 4 ประเภทจากโรงงานชาในจังหวัดเชียงราย และเชียงใหม่ ซึ่งเป็นแหล่งผลิตชาที่สำคัญของประเทศ (ประมาณ 93%ของผลิตภัณฑ์ชาทั้งหมดของไทย) และศึกษาองค์ประกอบทางเคมีของชาแต่ละประเภท ได้แก่ ความชื้น โพลิฟีนอลทั้งหมด คาเทชินทั้งหมด คาเทชินแต่ละชนิดจำนวน 8 ชนิด คาเฟอีน และศึกษาฤทธิ์การต้านออกซิเดชั่นของชาโดยการวิเคราะห์ความสามารถในการจับอนุมูลอิสระ DPPH (DPPH assay) และความสามารถในการรีดิวซ์ (FRAP assay)

4.1 การเก็บตัวอย่างชา

เก็บตัวอย่างชาจากโรงงานผลิตชาในเขตจังหวัดเชียงใหม่และเชียงราย ตัวอย่างชาที่เก็บได้แสดงดังตารางที่ 4-1

ตารางที่ 4-1 ตัวอย่างชาเขียวจากสายพันธุ์อัสสัม

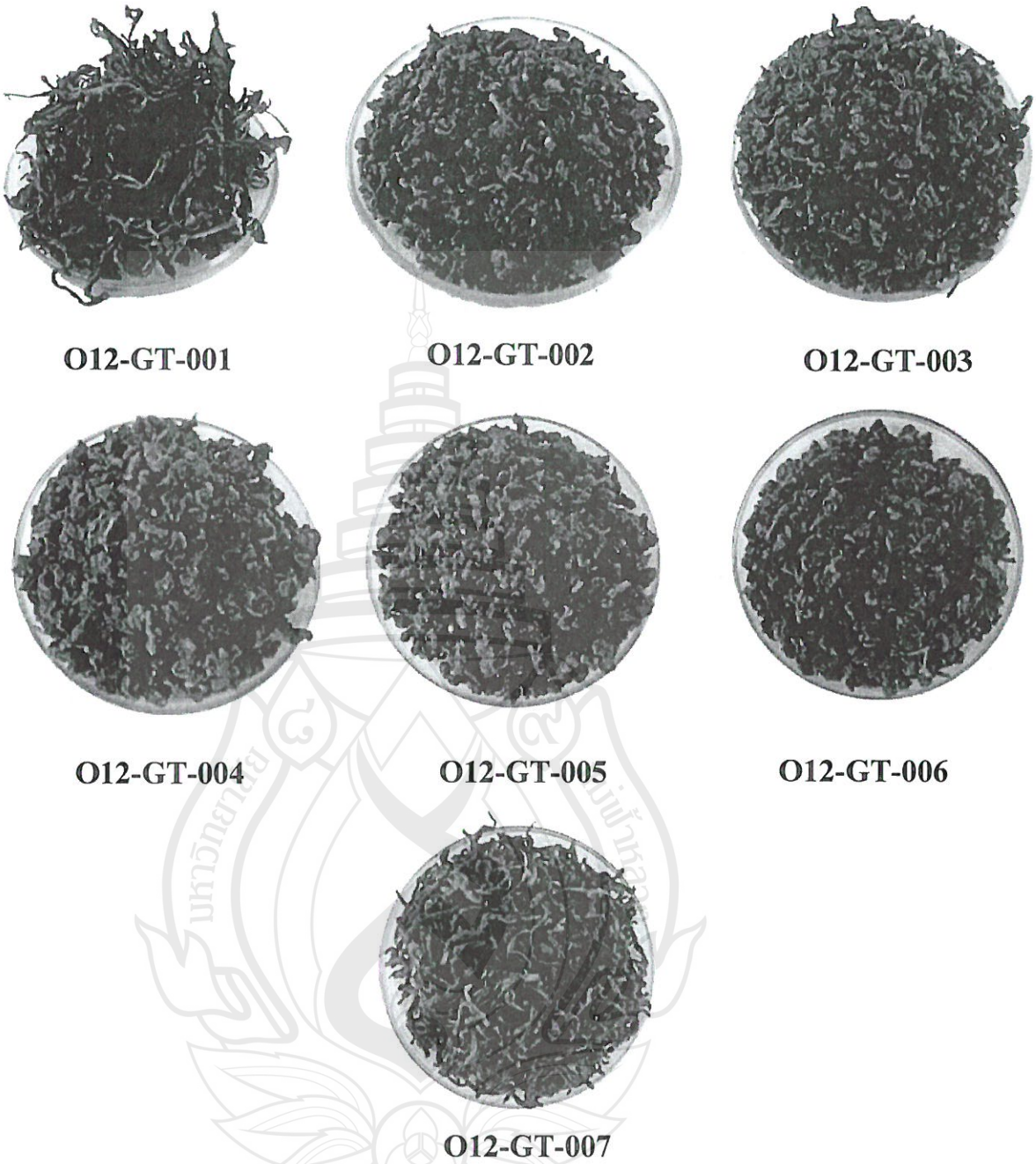
No.	Company	Code
1	Raming Tea	A-GT-001
2	Choui Fong Tea	A-GT-002
3	Thai Tea Suwirun	A-GT-003
4	Ming Dee Tea	A-GT-004
5	Choui Fong Tea	A-GT-005
6	Mae Ka Tea	A-GT-006



ภาพที่ 4-1 ตัวอย่างชาเขียวจากสายพันธุ์อัสสัม

ตารางที่ 4-2 ตัวอย่างชาเขียวจากสายพันธุ์อู่หลงเบอร์ 12

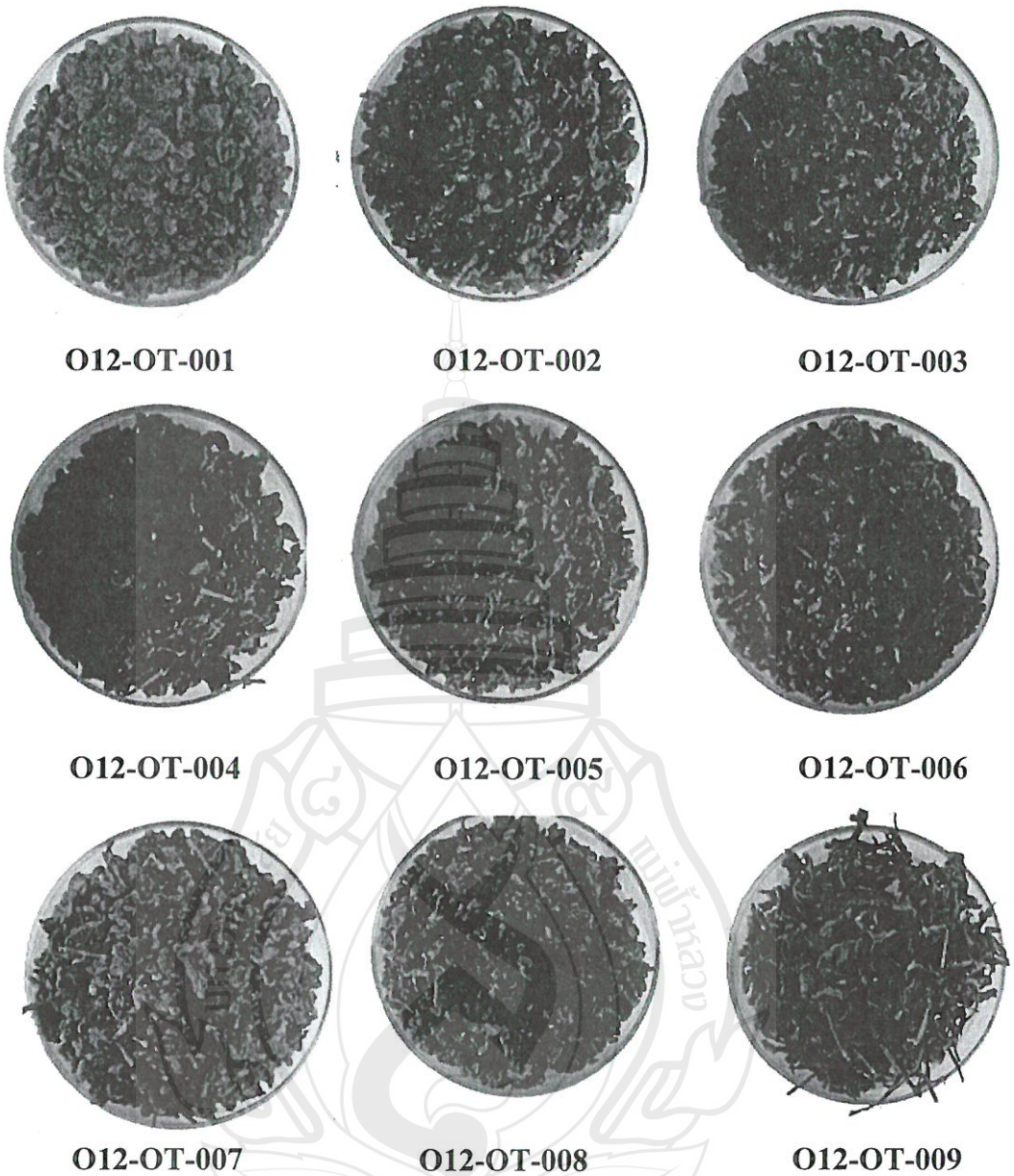
No.	Company	Code
1	Rai Boon Rawd	O12-GT-001
2	Wong Pud Tan Tea	O12-GT-002
3	Jing Jing Tea Shop	O12-GT-003
4	Sing Long Shop	O12-GT-004
5	Thai Sanguan Tea	O12-GT-005
6	Yao Sing Shop	O12-GT-006
7	Doi Chang Tea	O12-GT-006



ภาพที่ 4-2 ตัวอย่างชาเขียวจากสายพันธุ์อู่หลงเบอร์ 12

ตารางที่ 4-3 ตัวอย่างชาอู่หลงจากสายพันธุ์อู่หลงเบอร์ 12

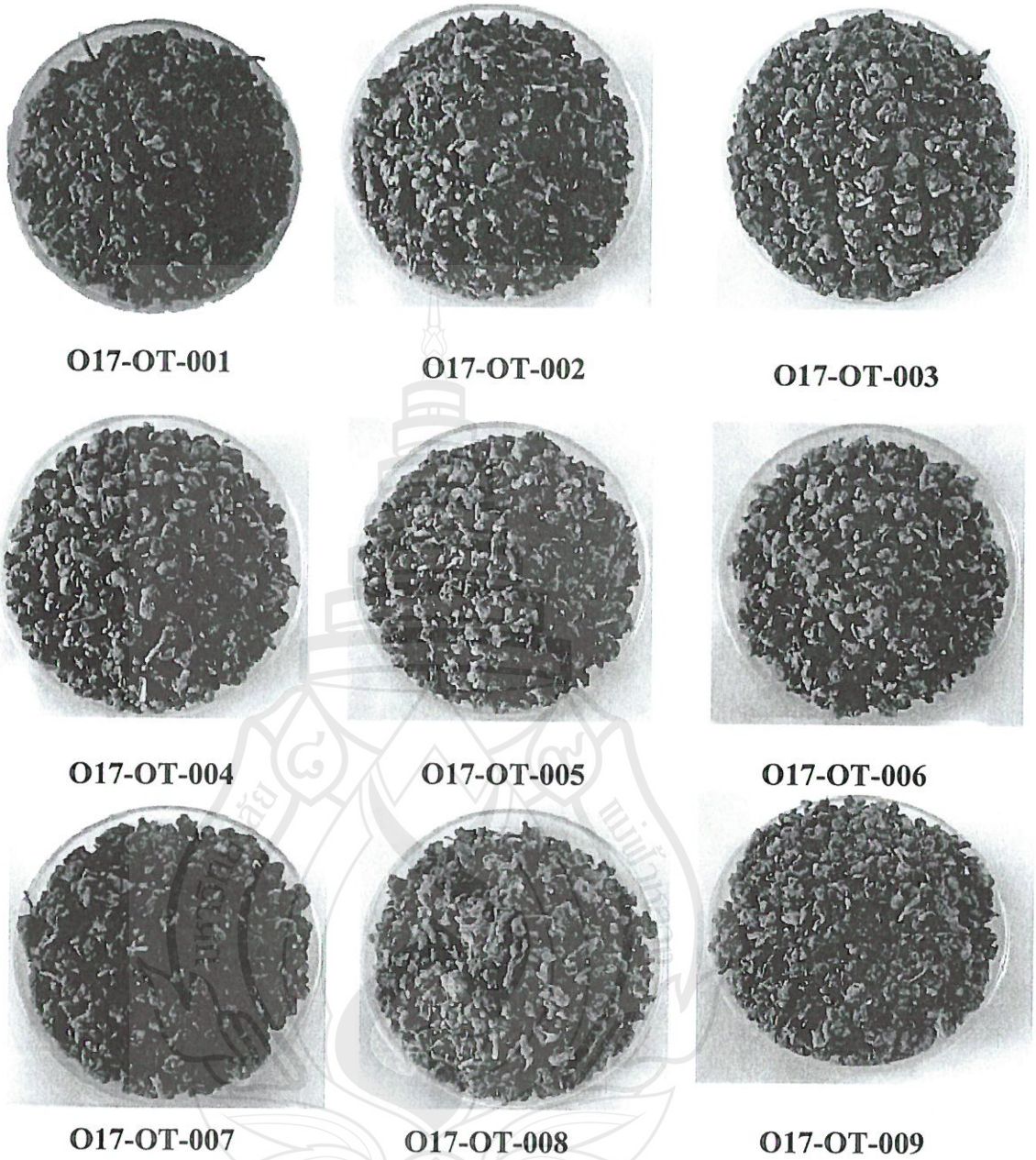
No.	Company	Code
1	Rai Boon Rawd	O12-OT-001
2	Choke Chamroen Tea	O12-OT-002
3	Wong Pud Tan Tea	O12-OT-003
4	Jui Ming Tea	O12-OT-004
5	Ming Yong Tea	O12-OT-005
6	Xing Yee Tea	O12-OT-006
7	Prasert Tea	O12-OT-007
8	Muay Fong Tea	O12-OT-008
9	Doi Chang Tea	O12-OT-009



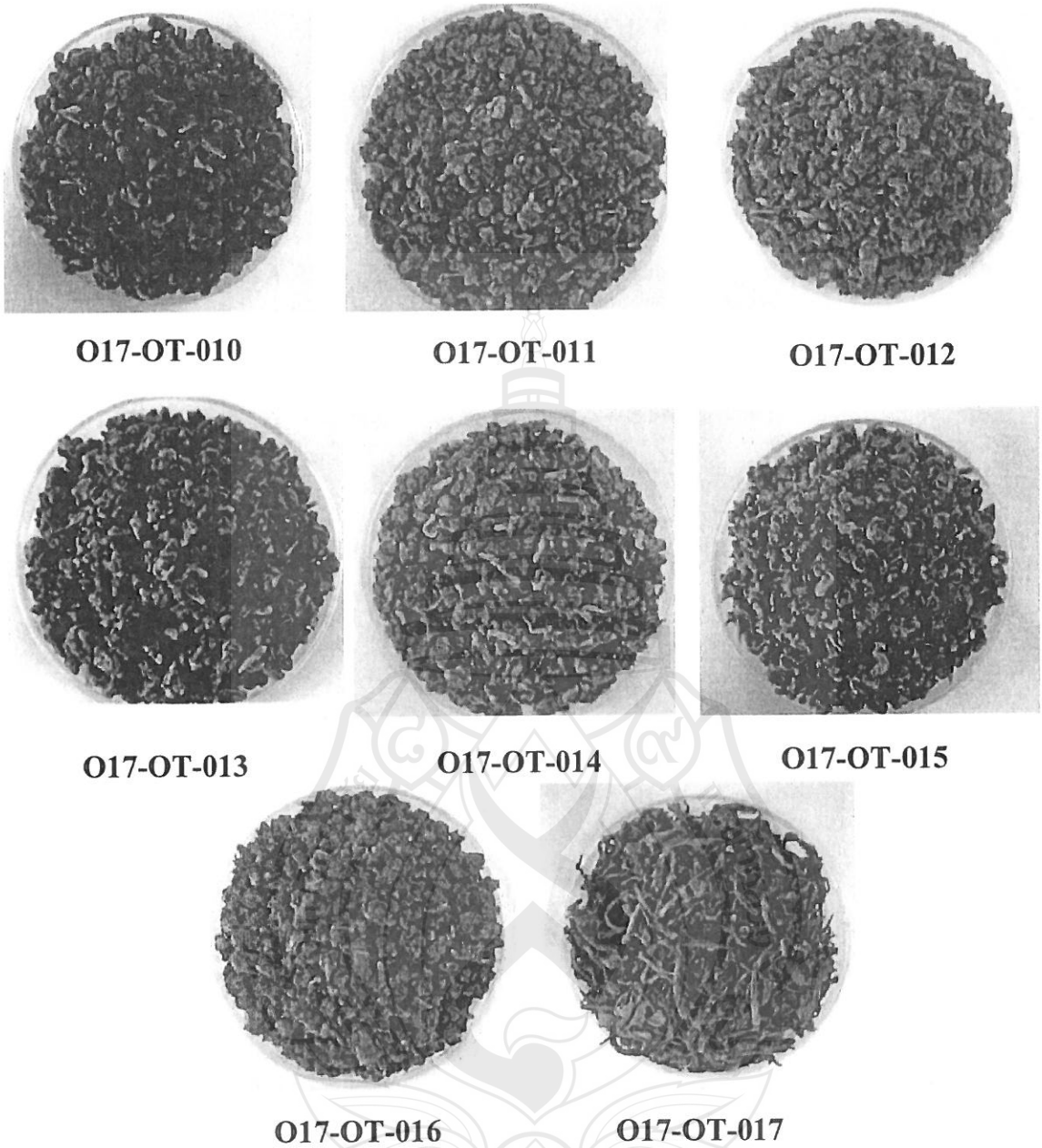
ภาพที่ 4-3 ตัวอย่างชาอู่หลงจากสายพันธุ์อู่หลงเบอร์ 12

ตารางที่ 4-4 ตัวอย่างชาอู่หลงจากสายพันธุ์อู่หลงเบอร์ 17

No.	Company	Code
1	Wong Pud Tan Tea	O17-OT-001
2	Wong Pud Tan Tea	O17-OT-002
3	Ming Dee Tea	O17-OT-003
4	Ming Dee Tea	O17-OT-004
5	Choui Fong Tea	O17-OT-005
6	Choui Fong Tea	O17-OT-006
7	Choui Fong Tea	O17-OT-007
8	Choui Fong Tea	O17-OT-008
9	Ming Yong Tea	O17-OT-009
10	Thai Tea Suwirun	O17-OT-010
11	Thai Tea Suwirun	O17-OT-011
12	Jui Ming Tea	O17-OT-012
13	Jui Ming Tea	O17-OT-013
14	Xing Yee Tea	O17-OT-014
15	Prasert Tea	O17-OT-015
16	Choke Chamroen Tea	O17-OT-016
17	Doi Chang Tea	O17-OT-017



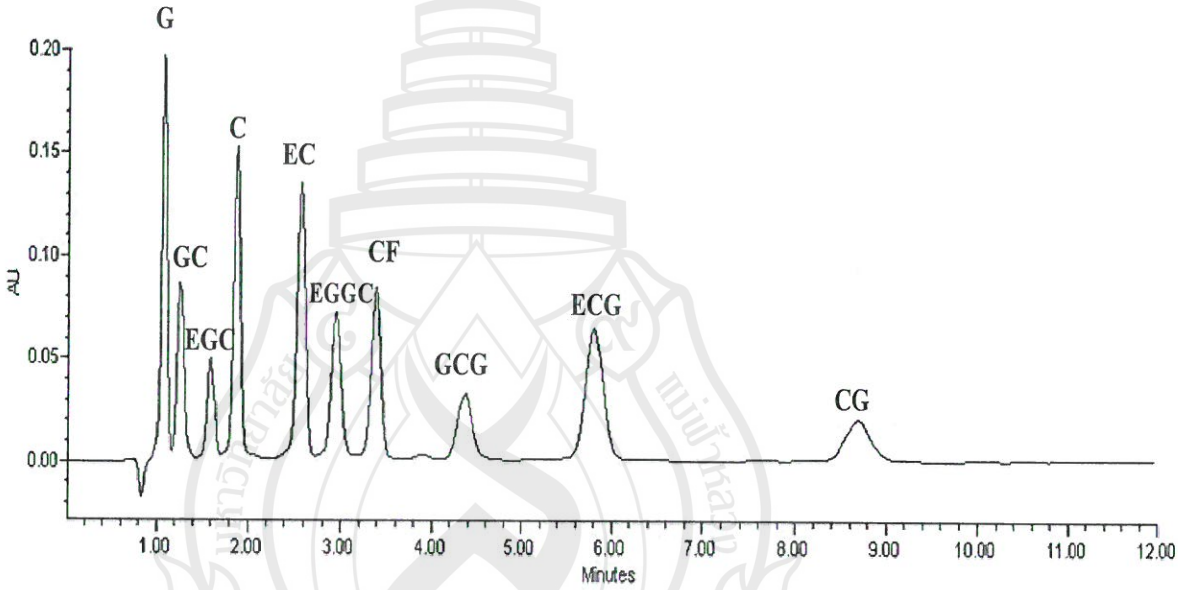
ภาพที่ 4-4 ตัวอย่างชาอู่หลงจากสายพันธุ์อู่หลงเบอร์ 17



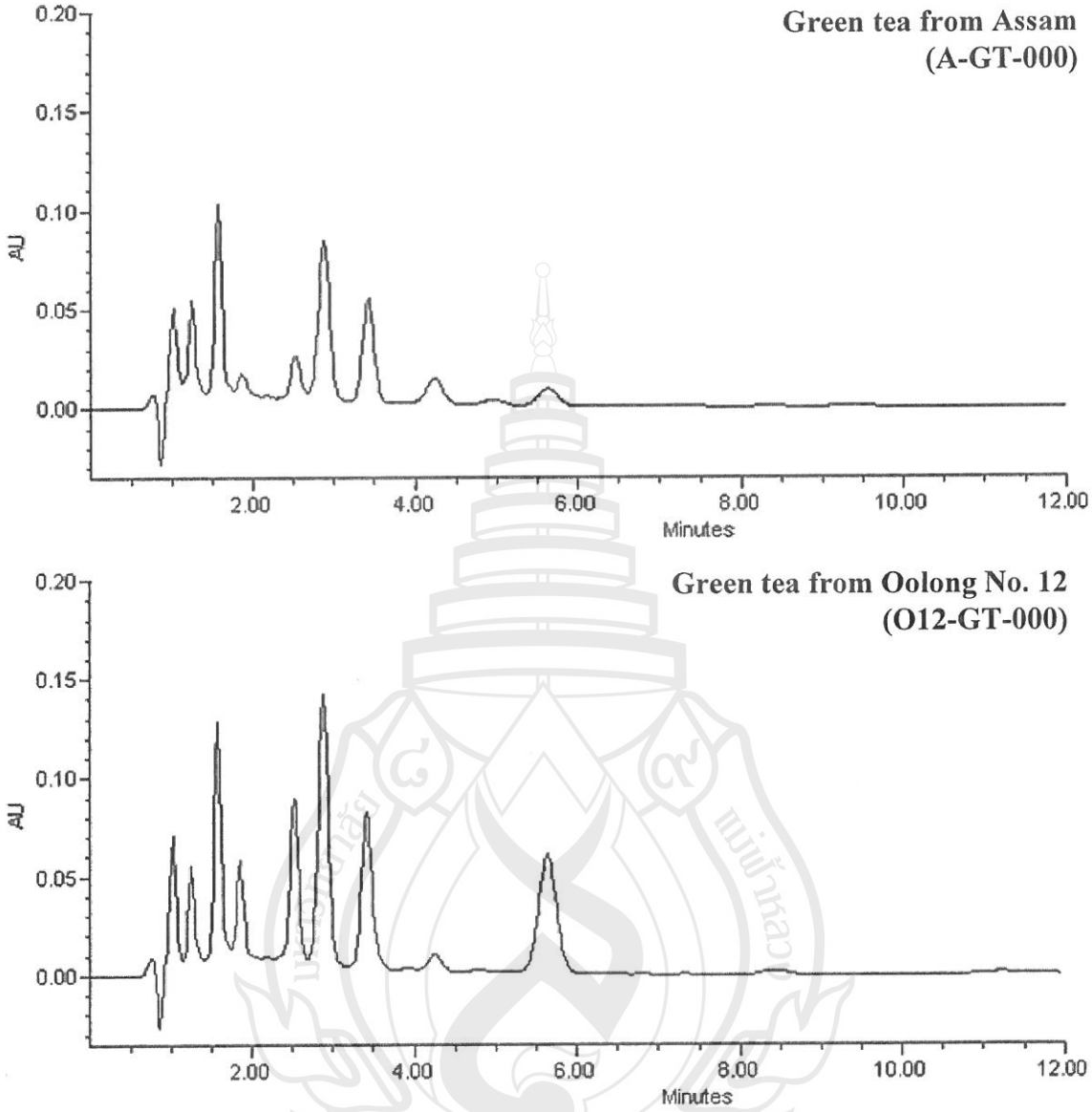
ภาพที่ 4-4 ตัวอย่างชาอู่หลงจากสายพันธุ์อู่หลงเบอร์ 17 (ต่อ)

4.2 โครมาโทรแกรมของสารมาตรฐานและตัวอย่างชา

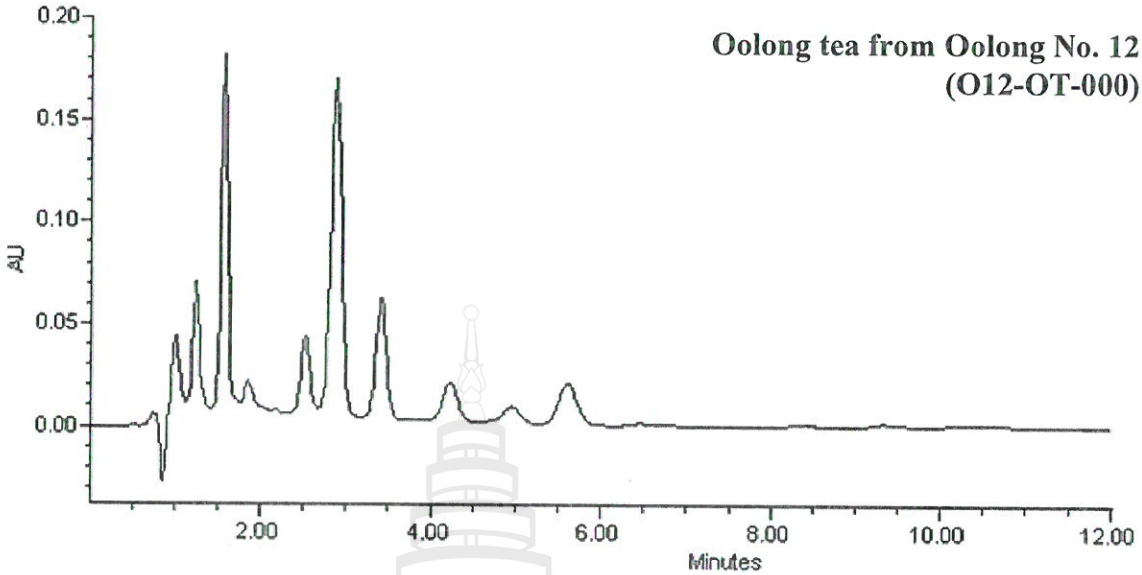
ในการศึกษาได้วิเคราะห์ปริมาณคาเฟอีน (caffeine, CF) และคาเทชิน 8 ชนิด ได้แก่ (-)-gallocatechin (GC), (-)-epigallocatechin (EGC), (+)-catechin (C), (-)-epicatechin (EC), (-) epigallocatechin-3-gallate (EGCG), gallocatechin gallate (GCG), (-)-epicatechin-3-gallate (ECG) และ (-)-catechin gallate (CG) โดยโครมาโทรกราฟีเหลวสมรรถนะสูง (High performance liquid chromatography, HPLC) เทียบกับสารมาตรฐาน โครมาโทรแกรมของสารมาตรฐาน และตัวอย่างชาแสดงดังภาพที่ 4-5 ถึง 4-7

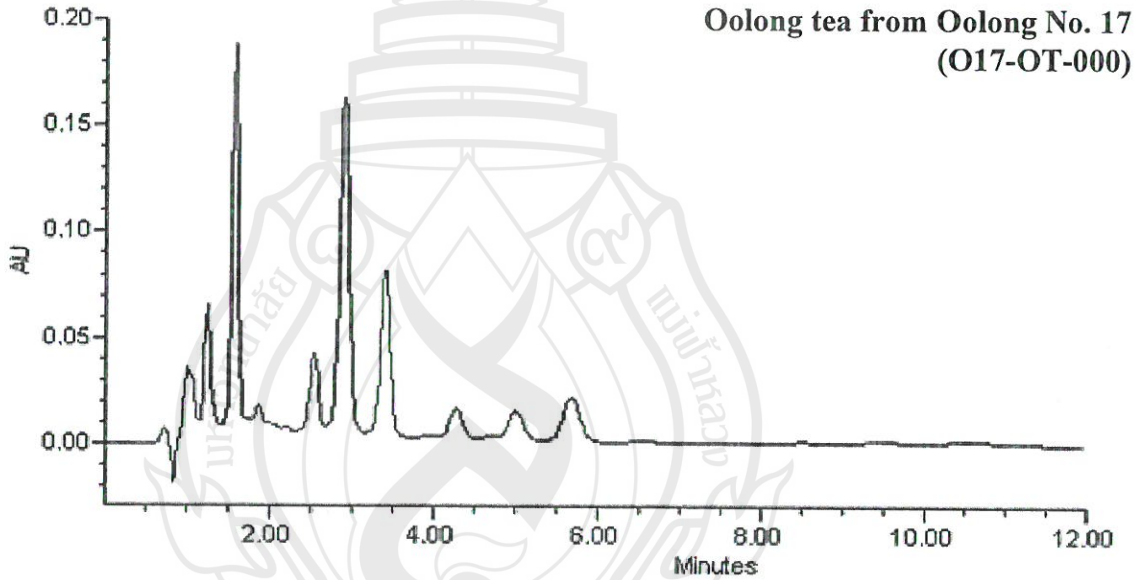


ภาพที่ 4-5 โครมาโทรแกรมของสารมาตรฐาน gallic acid (G), (-)-gallocatechin (GC), (-)-epigallocatechin (EGC), (+)-catechin (C), (-)-epicatechin (EC), (-)-epigallocatechin-3-gallate (EGCG), caffeine (CF), gallocatechin gallate (GCG), (-)-epicatechin-3-gallate (ECG) และ (-)-catechin gallate (CG)



ภาพที่ 4-6 ตัวอย่างโครมาโทรแกรมของชาเขียวจากชาสายพันธุ์อัสสัมและอู่หลงเบอร์ 12





ภาพที่ 4-7 ตัวอย่างโครมาโทรแกรมของชาอู่หลงจากชาสายพันธุ์อู่หลงเบอร์ 12 และอู่หลงเบอร์ 17

4.3 องค์ประกอบทางเคมีและฤทธิ์การต้านออกซิเดชั่นของชาเขียวจากสายพันธุ์อัสสัม

ปริมาณความชื้น คาเฟอีน โพลิฟีนอลทั้งหมด คาเทชินทั้งหมดของตัวอย่างผลิตภัณฑ์ชาเขียวจากชาสายพันธุ์อัสสัมที่เก็บจากโรงงานจำนวน 6 ตัวอย่าง แสดงในตารางที่ 4-5 พบว่าตัวอย่างผลิตภัณฑ์ชาเขียวจากสายพันธุ์อัสสัม มีปริมาณความชื้นอยู่ในช่วง 4.70-9.17%w/w ผลิตภัณฑ์ชาเขียวจากชาสายพันธุ์อัสสัมรหัส A-GT-003 มีปริมาณความชื้นน้อยที่สุด ส่วนตัวอย่างรหัส A-GT-006 มีปริมาณความชื้นสูงที่สุดเมื่อเปรียบเทียบกับตัวอย่างในกลุ่มเดียวกัน ปริมาณความชื้นเฉลี่ยของผลิตภัณฑ์ชาเขียวจากชาสายพันธุ์อัสสัมมีค่าเท่ากับ 6.09±1.54%w/w

ตัวอย่างผลิตภัณฑ์ชาเขียวจากสายพันธุ์อัสสัมมีปริมาณคาเฟอีนอยู่ในช่วง 3.27-3.71%w/w ผลิตภัณฑ์ชาเขียวจากชาสายพันธุ์อัสสัมรหัส A-GT-005 มีปริมาณคาเฟอีนน้อยที่สุด ส่วนตัวอย่างรหัส A-GT-001 มีปริมาณคาเฟอีนสูงที่สุดเมื่อเปรียบเทียบกับตัวอย่างในกลุ่มเดียวกัน ปริมาณคาเฟอีนของผลิตภัณฑ์ชาเขียวจากสายพันธุ์อัสสัมไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ปริมาณคาเฟอีนเฉลี่ยของผลิตภัณฑ์ชาเขียวจากชาสายพันธุ์อัสสัมมีค่าเท่ากับ 3.44±0.51%w/w

ตัวอย่างผลิตภัณฑ์ชาเขียวจากชาสายพันธุ์อัสสัมมีปริมาณโพลิฟีนอลทั้งหมด (Total polyphenol content: TPC) อยู่ในช่วง 16.63-20.83%w/w ผลิตภัณฑ์ชาเขียวจากชาสายพันธุ์อัสสัมรหัส A-GT-004 มีปริมาณโพลิฟีนอลทั้งหมดสูงที่สุด ส่วนตัวอย่างรหัส A-GT-006 มีปริมาณโพลิฟีนอลทั้งหมดต่ำที่สุดเมื่อเปรียบเทียบกับตัวอย่างในกลุ่มเดียวกัน ปริมาณโพลิฟีนอลทั้งหมดเฉลี่ยของผลิตภัณฑ์ชาเขียวจากชาสายพันธุ์อัสสัมมีค่าเท่ากับ 18.95±1.45%w/w

ผลิตภัณฑ์ชาเขียวจากชาสายพันธุ์อัสสัมมีปริมาณคาเทชินทั้งหมด (Total catechin content: TCC) อยู่ในช่วง 9.02-14.08%w/w ผลิตภัณฑ์ชาเขียวจากชาสายพันธุ์อัสสัมรหัส A-GT-006 มีปริมาณคาเทชินทั้งหมดน้อยที่สุด ส่วนตัวอย่างรหัส A-GT-005 มีปริมาณคาเทชินทั้งหมดสูงที่สุดเมื่อเปรียบเทียบกับตัวอย่างในกลุ่มเดียวกัน อย่างไรก็ตามปริมาณคาเทชินทั้งหมดของผลิตภัณฑ์ชาเขียวจากสายพันธุ์อัสสัมไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ปริมาณคาเทชินทั้งหมดเฉลี่ยของผลิตภัณฑ์ชาเขียวจากชาสายพันธุ์อัสสัมมีค่าเท่ากับ 12.42±2.41%w/w

เมื่อเปรียบเทียบปริมาณคาเทชินแต่ละชนิด 8 ชนิด (ตารางที่ 4-6) พบว่าผลิตภัณฑ์ชาเขียวจากชาสายพันธุ์อัสสัมมีคาเทชินชนิด ECG มากที่สุด 2.94±0.78%w/w ตามด้วย EGCG

(2.69±0.94), EC (2.23±0.60), EGC (1.77±0.61), C (1.65±0.38), GC (0.84±0.28) และ GCG (0.39±0.28) ตามลำดับ ไม่พบคาเทชินชนิด CG ในทุกตัวอย่างชา

การศึกษาฤทธิ์การต้านออกซิเดชั่นของชาโดยการวิเคราะห์ความสามารถในการจับอนุมูลอิสระ DPPH (DPPH assay) พบว่าผลิตภัณฑ์ชาเขียวจากชาสายพันธุ์อัสสัมมีความสามารถในการจับอนุมูลอิสระ DPPH (DPPH assay) อยู่ในช่วง 132,320.83-247,105.91 μmol TE/100g มีความสามารถในการจับอนุมูลอิสระ DPPH เฉลี่ย 183,899.20±46,681.01 μmol TE/100g ผลิตภัณฑ์ชาเขียวจากชาสายพันธุ์อัสสัมรหัส A-GT-006 มีความสามารถในการจับอนุมูลอิสระ DPPH น้อยที่สุด ส่วนตัวอย่างรหัส A-GT-001 มีความสามารถในการจับอนุมูลอิสระ DPPH สูงที่สุด (ตารางที่ 4-7)

การศึกษาฤทธิ์การต้านออกซิเดชั่นของชาโดยการวิเคราะห์ความสามารถในการรีดิวซ์ (FRAP assay) พบว่าผลิตภัณฑ์ชาเขียวจากชาสายพันธุ์อัสสัมมีความสามารถในการรีดิวซ์อยู่ในช่วง 1,216.42-2,130.85 μmol AA/100g มีความสามารถในการรีดิวซ์เฉลี่ย 1,662.80±319.65 μmol AA/100g ผลิตภัณฑ์ชาเขียวจากชาสายพันธุ์อัสสัมรหัส A-GT-004 มีความสามารถในการรีดิวซ์ (FRAP assay) สูงที่สุด (ตารางที่ 4-7)

ตารางที่ 4-5 ปริมาณความชื้น คาเฟอีน โพลิฟีนอลทั้งหมด คาเทชินทั้งหมดของตัวอย่างผลิตภัณฑ์ชาเขียวจากชาสายพันธุ์อัสสัม

No.	Code	Company	Moisture content (%w/w)	Caffeine content (%w/w)^{ns}	Total polyphenol content (GAE, %w/w)	Total catechin content (%w/w)^{ns}
1	A-GT-001	Raming Tea	4.88 ± 0.13 ^{d}	3.71 ± 0.21	19.69 ± 0.62 ^{ab}	13.08 ± 0.54
2	A-GT-002	Choui Fong Tea	5.77 ± 0.06 ^{c}	3.43 ± 0.05	18.27 ± 0.25 ^{c}	12.87 ± 0.32
3	A-GT-003	Thai Tea Suwirun	4.70 ± 0.14 ^{d}	3.44 ± 0.01	19.71 ± 0.87 ^{ab}	13.51 ± 0.21
4	A-GT-004	Ming Dee Tea	5.98 ± 0.08 ^{bc}	3.35 ± 1.59	20.83 ± 0.80 ^{a}	11.97 ± 0.98
5	A-GT-005	Choui Fong Tea	6.03 ± 0.08 ^{b}	3.27 ± 0.04	18.57 ± 0.06 ^{bc}	14.08 ± 0.17
6	A-GT-006	Mae Ka Tea	9.17 ± 0.06 ^{a}	3.45 ± 0.23	16.63 ± 0.07 ^{d}	9.02 ± 0.29
Minimum			**4.70**	**3.27**	**16.63**	**9.02**
Maximum			**9.17**	**3.71**	**20.83**	**14.08**
Mean			**6.09**	**3.44**	**18.95**	**12.42**
Standard deviation			**1.54**	**0.51**	**1.45**	**2.41**

Values are expressed as means ± SD (n=2). Different letters in the same column indicate significant difference at $p < 0.05$.
nd = not detected. ns = not significant.

ตารางที่ 4-6 ปริมาณคาเทชิน 8 ชนิดของตัวอย่างผลิตภัณฑ์ชาเขียวจากชาสายพันธุ์อัสสัม

No.	Code	Company	Individual catechin content (%w/w)							
			GC^{ns}	EGC	C^{ns}	EC	EGCGC	GCG^{ns}	ECG	CG
1	A-GT-001	Raming Tea	0.77 ± 0.06	1.60 ± 0.36 ^{c}	1.70 ± 0.04	2.88±0.16 ^{a}	2.20 ± 0.61 ^{cd}	0.39 ± 0.08	3.53 ± 0.14 ^{a}	nd
2	A-GT-002	Choui Fong Tea	1.01 ± 0.02	1.95 ± 0.01 ^{bc}	1.51 ± 0.03	2.29 ± 0.05 ^{ab}	2.74 ± 0.05 ^{abc}	0.48 ± 0.04	2.90 ± 0.14 ^{ab}	nd
3	A-GT-003	Thai Tea Suwirun	0.89 ± 0.11	1.70 ± 0.20 ^{bc}	2.15 ± 0.13	2.62 ± 0.04 ^{ab}	2.44 ± 0.16 ^{bc}	0.25 ± 0.02	3.45 ± 0.00 ^{a}	nd
4	A-GT-004	Ming Dee Tea	0.99 ± 0.56	2.16 ± 0.19 ^{ab}	1.41 ± 0.95	1.31 ± 0.91 ^{c}	3.69 ± 0.92 ^{a}	0.76 ± 0.58	1.65 ± 1.41 ^{b}	nd
5	A-GT-005	Choui Fong Tea	0.96 ± 0.03	2.48 ± 0.02 ^{a}	1.61 ± 0.01	2.39 ± 0.02 ^{ab}	3.47 ± 0.06 ^{ab}	0.34 ± 0.02	2.84 ± 0.04 ^{ab}	nd
6	A-GT-006	Mae Ka Tea	0.39 ± 0.03	0.70 ± 0.01 ^{d}	1.53 ± 0.05	1.87 ± 0.01 ^{ab}	1.16 ± 0.02 ^{d}	0.10 ± 0.14	3.24 ± 0.10 ^{a}	nd
Minimum			**0.39**	**0.7**	**1.41**	**1.31**	**1.16**	**0.1**	**1.65**	-
Maximum			**1.01**	**2.48**	**2.15**	**2.88**	**3.69**	**0.76**	**3.53**	-
Mean			**0.84**	**1.77**	**1.65**	**2.23**	**2.62**	**0.39**	**2.94**	-
Standard deviation			**0.28**	**0.61**	**0.38**	**0.6**	**0.94**	**0.28**	**0.78**	-

Values are expressed as means ± SD (n=2). Different letters in the same column indicate significant difference at $p < 0.05$.
nd = not detected. ns = not significant.

ตารางที่ 4-7 ฤทธิ์การต้านออกซิเดชั่นของตัวอย่างผลิตภัณฑ์ชาเขียวจากชาสายพันธุ์อัสสัม

No.	Code	Company	Antioxidant capacities	
			DPPH-assay (μmol TE/100g)	FRAP-assay (μmol AA/100g)
1	A-GT-001	Raming Tea	247,105.91 ± 2,024.99 [a]	1,443.79 ± 0.43 [d]
2	A-GT-002	Choui Fong Tea	240,561.01 ± 4,767.732 [a]	1,216.42 ± 6.85 [e]
3	A-GT-003	Thai Tea Suwirun	150,687.72 ± 3,195.90 [c]	1,914.75 ± 51.01 [b]
4	A-GT-004	Ming Dee Tea	178,924.44 ± 1,584.95 [b]	2,130.86 ± 64.98 [a]
5	A-GT-005	Choui Fong Tea	153,795.28 ± 11,401.33 [c]	1,742.35 ± 55.62 [c]
6	A-GT-006	Mae Ka Tea	132,320.83 ± 887.46 [d]	1,528.64 ± 76.20 [d]
Minimum			**132,320.83**	**1,216.42**
Maximum			**247,105.91**	**2,130.85**
Mean			**183,899.20**	**1,662.80**
Standard deviation			**46,681.01**	**319.65**

Values are expressed as means ± SD (n=2).
Different letters in the same column indicate significant difference at $p < 0.05$.
nd = not detected. ns = not significant.

4.4 องค์ประกอบทางเคมีและฤทธิ์การต้านออกซิเดชั่นของชาเขียวจากสายพันธุ์อู่หลงเบอร์ 12

ปริมาณความชื้น คาเฟอีน โพลิฟีนอลทั้งหมด คาเทชินทั้งหมดของตัวอย่างผลิตภัณฑ์ชาเขียวจากชาสายพันธุ์อู่หลงเบอร์ 12 ที่เก็บจากโรงงานจำนวน 7 ตัวอย่างแสดงในตารางที่ 4-8 พบว่าผลิตภัณฑ์ชาเขียวจากชาสายพันธุ์อู่หลงเบอร์ 12 มีปริมาณความชื้นอยู่ในช่วง 4.29-6.60%w/w ผลิตภัณฑ์ชาเขียวจากชาสายพันธุ์อู่หลงเบอร์ 12 รหัส O12-GT-006 มีปริมาณความชื้นน้อยที่สุด ส่วนตัวอย่างรหัส O12-GT-005 มีปริมาณความชื้นสูงที่สุดเมื่อเปรียบเทียบกับตัวอย่างในกลุ่มเดียวกัน ปริมาณความชื้นเฉลี่ยของผลิตภัณฑ์ชาเขียวจากชาสายพันธุ์อู่หลงเบอร์ 12 มีค่าเท่ากับ 5.38±0.81%w/w

ผลิตภัณฑ์ชาเขียวจากชาสายพันธุ์อู่หลงเบอร์ 12 มีปริมาณคาเฟอีนอยู่ในช่วง 1.69-3.51%w/w ผลิตภัณฑ์ชาเขียวจากสายพันธุ์อู่หลงเบอร์ 12 รหัส O12-GT-004 มีปริมาณคาเฟอีนน้อยที่สุด ส่วนตัวอย่างรหัส O12-GT-007 มีปริมาณคาเฟอีนสูงที่สุดเมื่อเปรียบเทียบกับตัวอย่างในกลุ่มเดียวกัน ปริมาณคาเฟอีนเฉลี่ยของผลิตภัณฑ์ชาเขียวจากจากชาสายพันธุ์อู่หลงเบอร์ 12 มีค่าเท่ากับ 2.50±0.71%w/w

ตัวอย่างผลิตภัณฑ์ชาเขียวจากชาสายพันธุ์อู่หลงเบอร์ 12 มีปริมาณโพลิฟีนอลทั้งหมด (Total polyphenol content: TPC) อยู่ในช่วง 11.52-17.34%w/w ผลิตภัณฑ์ชาเขียวจากชาสายพันธุ์อู่หลงเบอร์ 12 รหัส O12-GT-003 มีปริมาณโพลิฟีนอลทั้งหมดสูงที่สุด (17.34±0.29%w/w) ส่วนตัวอย่างรหัส O12-GT-005 มีปริมาณโพลิฟีนอลทั้งหมดต่ำที่สุดเมื่อเปรียบเทียบกับตัวอย่างในกลุ่มเดียวกัน ปริมาณโพลิฟีนอลทั้งหมดเฉลี่ยของผลิตภัณฑ์ชาเขียวจากชาสายพันธุ์อู่หลงเบอร์ 12 มีค่าเท่ากับ 14.58±1.87%w/w

ผลิตภัณฑ์ชาเขียวจากชาสายพันธุ์อู่หลงเบอร์ 12 มีปริมาณคาเทชินทั้งหมด (Total catechin content: TCC) อยู่ในช่วง 8.32-13.20%w/w ผลิตภัณฑ์ชาเขียวจากสายพันธุ์อู่หลงเบอร์ 12 รหัส O12-GT-005 มีปริมาณคาเทชินทั้งหมดน้อยที่สุด ส่วนตัวอย่างรหัส O12-GT-003 มีปริมาณคาเทชินทั้งหมดสูงที่สุดเมื่อเปรียบเทียบกับตัวอย่างในกลุ่มเดียวกัน ปริมาณคาเทชินทั้งหมดเฉลี่ยของผลิตภัณฑ์ชาเขียวจากสายพันธุ์อู่หลงเบอร์ 12 มีค่าเท่ากับ 10.86±1.47%w/w

เมื่อเปรียบเทียบปริมาณคาเทชินแต่ละชนิด 8 ชนิด พบว่าผลิตภัณฑ์ชาเขียวจากชาสายพันธุ์อู่หลงเบอร์ 12 มีคาเทชินชนิด EGCG มากที่สุด 3.99±0.92%w/w ตามด้วย EGC (2.75±0.48),

GC (0.94±0.14), EC (0.92±0.14), C (0.83±0.17), ECG (0.77±0.29) และ GCG (0.65±0.23) ตามลำดับ ไม่พบคาเทชินชนิด CG ในทุกตัวอย่างชา

การศึกษาฤทธิ์การต้านออกซิเดชั่นของชาโดยการวิเคราะห์ความสามารถในการจับอนุมูลอิสระ DPPH (DPPH assay) พบว่าผลิตภัณฑ์ชาเขียวจากชาสายพันธุ์อู่หลงเบอร์ 12 มีความสามารถในการจับอนุมูลอิสระ DPPH (DPPH assay) อยู่ในช่วง 80,080.73- 241,387.59 µmol TE/100g มีความสามารถในการจับอนุมูลอิสระ DPPH เฉลี่ย 146,968.93± 56,398.53 µmol TE/100g ผลิตภัณฑ์ชาเขียวจากชาสายพันธุ์อู่หลงเบอร์ 12 รหัส O12-GT-005 มีความสามารถในการจับอนุมูลอิสระ DPPH น้อยที่สุด ส่วนตัวอย่างรหัส O12-GT-006 มีความสามารถในการจับอนุมูลอิสระ DPPH สูงที่สุด (ตารางที่ 4-10)

การศึกษาฤทธิ์การต้านออกซิเดชั่นของชาโดยการวิเคราะห์ความสามารถในการรีดิวซ์ (FRAP assay) พบว่าผลิตภัณฑ์ชาเขียวจากชาสายพันธุ์อู่หลงเบอร์ 12 มีความสามารถในการรีดิวซ์อยู่ในช่วง 612.73-1,076.52 µmol AA/100g มีความสามารถในการรีดิวซ์เฉลี่ย 853.63±160.16 µmol AA/100g ผลิตภัณฑ์ชาเขียวจากชาสายพันธุ์อู่หลงเบอร์ 12 รหัส O12-GT-003 มีความสามารถในการรีดิวซ์ (FRAP assay) สูงที่สุด (ตารางที่ 4-10)

ตารางที่ 4-8 ปริมาณความชื้น คาเฟอีน โพลิฟีนอลทั้งหมด คาเทชินทั้งหมดของตัวอย่างผลิตภัณฑ์ชาเขียวจากชาสายพันธุ์อู่หลงเบอร์ 12

No.	Code	Company	Moisture content (%w/w)	Caffeine content (%w/w)	Total polyphenol content (GAE, %w/w)	Total catechin content (%w/w)
1	O12-GT-001	Rai Boon Rawd	6.17 ± 0.02 [b]	2.54 ± 0.11 [c]	14.31 ± 0.23 [d]	10.97 ± 1.08 [ab]
2	O12-GT-002	Wong Pud Tan Tea	5.51 ± 0.06 [c]	2.81 ± 0.27 [bc]	15.09 ± 0.11 [c]	10.91 ± 0.78 [ab]
3	O12-GT-003	Jing Jing Tea Shop	5.51 ± 0.02 [c]	3.17 ± 0.08 [ab]	17.34 ± 0.29 [a]	13.19 ± 0.32 [a]
4	O12-GT-004	Sing Long Shop	4.80 ± 0.01 [d]	1.69 ± 0.10 [d]	13.71 ± 0.37 [d]	10.29 ± 1.26 [bc]
5	O12-GT-005	Thai Sanguan Tea	6.60 ± 0.01 [a]	1.93 ± 0.36 [d]	11.52 ± 0.09 [e]	8.32 ± 1.62 [c]
6	O12-GT-006	Yao Sing Shop	4.29 ± 0.01 [e]	1.82 ± 0.03 [d]	13.91 ± 0.23 [d]	10.52 ± 0.53 [bc]
7	O12-GT-006	Doi Chang Tea	4.82 ± 0.08 [d]	3.51 ± 0.07 [a]	16.14 ± 0.44 [b]	11.66 ± 0.35 [ab]
Minimum			**4.29**	**1.69**	**11.52**	**8.32**
Maximum			**6.60**	**3.51**	**17.34**	**13.20**
Mean			**5.38**	**2.50**	**14.58**	**10.86**
Standard deviation			**0.81**	**0.71**	**1.87**	**1.47**

Values are expressed as means ± SD (n=2). Different letters in the same column indicate significant difference at $p < 0.05$.
nd = not detected. ns = not significant.

ตารางที่ 4-9 ปริมาณคาเทชิน 8 ชนิดของตัวอย่างผลิตภัณฑ์ชาเขียวจากชาสายพันธุ์อู่หลงเบอร์ 12

No.	Code	Company	Individual catechin content (%w/w)							
			GC	EGC ^{ns}	C	EC	EGCGC	GCG	ECG	CG
1	O12-GT-001	Rai Boon Rawd	1.13 ± 0.04 ^{a}	2.87 ± 0.41	0.90 ± 0.02 ^{ab}	0.95 ± 0.07 ^{b}	3.74 ± 0.61 ^{bc}	0.76 ± 0.18 ^{b}	0.63 ± 0.01 ^{c}	nd
2	O12-GT-002	Wong Pud Tan Tea	0.91 ± 0.04 ^{bc}	2.95 ± 0.18	0.87 ± 0.14 ^{bc}	0.91 ± 0.08 ^{bc}	4.01 ± 0.27 ^{bc}	0.51 ± 0.10 ^{bc}	0.78 ± 0.06 ^{b}	nd
3	O12-GT-003	Jing Jing Tea Shop	0.91 ± 0.03 ^{bc}	2.41 ± 0.13	1.04 ± 0.01 ^{a}	1.09 ± 0.01 ^{a}	5.49 ± 0.29 ^{a}	1.06 ± 0.11 ^{a}	1.19 ± 0.04 ^{a}	nd
4	O12-GT-004	Sing Long Shop	1.08 ± 0.05 ^{a}	3.18 ± 0.56	0.64 ± 0.03 ^{d}	0.80 ± 0.01 ^{cd}	3.50 ± 0.63 ^{bc}	0.60 ± 0.12 ^{bc}	0.52 ± 0.03 ^{cd}	nd
5	O12-GT-005	Thai Sanguan Tea	0.99 ± 0.05 ^{ab}	2.17 ± 0.63	0.64 ± 0.01 ^{d}	0.70 ± 0.01 ^{d}	2.75 ± 0.85 ^{c}	0.66 ± 0.10 ^{b}	0.41 ± 0.06 ^{d}	nd
6	O12-GT-006	Yao Sing Shop	0.80 ± 0.01 ^{cd}	3.16 ± 0.22	0.72 ± 0.04 ^{cd}	0.91 ± 0.04 ^{bc}	3.83 ± 0.34 ^{bc}	0.36 ± 0.06 ^{c}	0.76 ± 0.01 ^{b}	nd
7	O12-GT-006	Doi Chang Tea	0.74 ± 0.14 ^{d}	2.50 ± 0.40	1.03 ± 0.07 ^{a}	1.09 ± 0.08 ^{a}	4.62 ± 0.30 ^{ab}	0.58 ± 0.01 ^{bc}	1.12 ± 0.06 ^{a}	nd
Minimum			**0.74**	**2.17**	**0.64**	**0.7**	**2.75**	**0.36**	**0.41**	-
Maximum			**1.13**	**3.18**	**1.04**	**1.09**	**5.49**	**1.06**	**1.19**	-
Mean			**0.94**	**2.75**	**0.83**	**0.92**	**3.99**	**0.65**	**0.77**	-
Standard deviation			**0.14**	**0.48**	**0.17**	**0.14**	**0.92**	**0.23**	**0.29**	-

Values are expressed as means ± SD (n=2). Different letters in the same column indicate significant difference at $p < 0.05$.
nd = not detected. ns = not significant.

ตารางที่ 4-10 ฤทธิ์การต้านออกซิเดชั่นของตัวอย่างผลิตภัณฑ์ชาเขียวจากชาสายพันธุ์อู่หลงเบอร์ 12

No.	Code	Company	Antioxidant capacities	
			DPPH-assay (μmol TE/100g)	FRAP-assay (μmol AA/100g)
1	O12-GT-001	Rai Boon Rawd	119,351.14 ± 3,523.95 [d]	785.12 ± 75.98 [cd]
2	O12-GT-002	Wong Pud Tan Tea	116,183.61 ± 1,188.43 [de]	894.93 ± 16.95 [abc]
3	O12-GT-003	Jing Jing Tea Shop	147,339.39 ± 1,026.80 [c]	1,076.52 ± 167.64 [a]
4	O12-GT-004	Sing Long Shop	111,802.77 ± 555.88 [e]	819.64 ± 4.68 [bcd]
5	O12-GT-005	Thai Sanguan Tea	80,080.73 ± 2,192.82 [f]	612.73 ± 44.28 [d]
6	O12-GT-006	Yao Sing Shop	212,637.25 ± 5,727.00 [b]	783.03 ± 68.39 [cd]
7	O12-GT-006	Doi Chang Tea	241,387.59 ± 705.42 [a]	1,003.41 ± 85.35 [ab]
Minimum			**80,080.73**	**612.73**
Maximum			**241,387.59**	**1,076.52**
Mean			**146,968.93**	**853.63**
Standard deviation			**56,398.53**	**160.16**

Values are expressed as means ± SD (n=2).

Different letters in the same column indicate significant difference at $p < 0.05$.

nd = not detected. ns = not significant.

4.5 องค์ประกอบทางเคมีและฤทธิ์การต้านออกซิเดชั่นของชาอู่หลงจากสายพันธุ์อู่หลงเบอร์ 12

ปริมาณความชื้น คาเฟอีน โพลิฟีนอลทั้งหมด คาเทชินทั้งหมดของตัวอย่างผลิตภัณฑ์ชาอู่หลงจากชาสายพันธุ์อู่หลงเบอร์ 12 ที่เก็บจากโรงงานจำนวน 9 ตัวอย่าง แสดงในตารางที่ 4-11 พบว่าผลิตภัณฑ์ชาอู่หลงจากชาสายพันธุ์อู่หลงเบอร์ 12 มีปริมาณความชื้นอยู่ในช่วง 1.18-8.20%w/w ผลิตภัณฑ์ชาอู่หลงจากชาสายพันธุ์อู่หลงเบอร์ 12 รหัส O12-OT-005 มีปริมาณความชื้นน้อยที่สุด ส่วนตัวอย่างรหัส O12-OT-009 มีปริมาณความชื้นสูงที่สุดเมื่อเปรียบเทียบกับตัวอย่างในกลุ่มเดียวกัน ปริมาณความชื้นเฉลี่ยของผลิตภัณฑ์ชาอู่หลงจากชาสายพันธุ์อู่หลงเบอร์ 12 มีค่าเท่ากับ 4.58±2.26%w/w

ผลิตภัณฑ์ชาอู่หลงจากชาสายพันธุ์อู่หลงเบอร์ 12 มีปริมาณคาเฟอีนอยู่ในช่วง 1.84-3.26%w/w ผลิตภัณฑ์ชาอู่หลงจากสายพันธุ์อู่หลงเบอร์ 12 รหัส O12-OT-003 มีปริมาณคาเฟอีนน้อยที่สุด ส่วนตัวอย่างรหัส O12-OT-004 มีปริมาณคาเฟอีนสูงที่สุดเมื่อเปรียบเทียบกับตัวอย่างในกลุ่มเดียวกัน ปริมาณคาเฟอีนเฉลี่ยของผลิตภัณฑ์ชาอู่หลงจากจากชาสายพันธุ์อู่หลงเบอร์ 12 มีค่าเท่ากับ 2.60±0.60%w/w

ผลิตภัณฑ์ชาอู่หลงจากชาสายพันธุ์อู่หลงเบอร์ 12 มีปริมาณโพลิฟีนอลทั้งหมด (Total polyphenol content: TPC) อยู่ในช่วง 9.86-16.49%w/w ผลิตภัณฑ์ชาอู่หลงจากชาสายพันธุ์อู่หลงเบอร์ 12 รหัส O12-OT-008 มีปริมาณโพลิฟีนอลทั้งหมดสูงที่สุด ส่วนตัวอย่างรหัส O12-OT-004 มีปริมาณโพลิฟีนอลทั้งหมดต่ำที่สุดเมื่อเปรียบเทียบกับตัวอย่างในกลุ่มเดียวกัน ปริมาณโพลิฟีนอลทั้งหมดเฉลี่ยของผลิตภัณฑ์ชาอู่หลงจากชาสายพันธุ์อู่หลงเบอร์ 12 มีค่าเท่ากับ 13.49±2.42%w/w

ผลิตภัณฑ์ชาอู่หลงจากชาสายพันธุ์อู่หลงเบอร์ 12 มีปริมาณคาเทชินทั้งหมด (Total catechin content: TCC) อยู่ในช่วง 8.12-12.47%w/w ผลิตภัณฑ์ชาอู่หลงจากชาสายพันธุ์อู่หลงเบอร์ 12 รหัส O12-OT-008 มีปริมาณคาเทชินทั้งหมดสูงที่สุด ส่วนตัวอย่างรหัส O12-OT-004 มีปริมาณคาเทชินทั้งหมดต่ำที่สุดเมื่อเปรียบเทียบกับตัวอย่างในกลุ่มเดียวกัน ปริมาณคาเทชินทั้งหมดเฉลี่ยของผลิตภัณฑ์ชาอู่หลงจากชาสายพันธุ์อู่หลงเบอร์ 12 มีค่าเท่ากับ 10.17±1.80%w/w

เมื่อเปรียบเทียบปริมาณคาเทชินแต่ละชนิด 8 ชนิด พบว่าผลิตภัณฑ์ชาอู่หลงจากชาสายพันธุ์อู่หลงเบอร์ 12 มีคาเทชินชนิด EGCG มากที่สุด 3.61±0.96%w/w ตามด้วย EGC (2.76±0.55),

GC (0.98±0.16), EC (0.95±0.23), C (0.81±0.29), GCG (0.70±0.34) และECG (0.68±0.21) ตามลำดับ ไม่พบคาเทชินชนิด CG ในทุกตัวอย่างชา

การศึกษาฤทธิ์การต้านออกซิเดชั่นของชาโดยการวิเคราะห์ความสามารถในการจับอนุมูลอิสระ DPPH (DPPH assay) พบว่าผลิตภัณฑ์ชาอู่หลงจากชาสายพันธุ์อู่หลงเบอร์ 12 มีความสามารถในการจับอนุมูลอิสระ DPPH (DPPH assay) อยู่ในช่วง 98,927.87- 147,620.61 μmol TE/100g มีความสามารถในการจับอนุมูลอิสระ DPPH เฉลี่ย 124,212.56± 20,058.55 μmol TE/100g ผลิตภัณฑ์ชาเขียวจากชาสายพันธุ์อู่หลงเบอร์ 12 รหัส O12-OT-004 มีความสามารถในการจับอนุมูลอิสระ DPPH น้อยที่สุด ส่วนตัวอย่างรหัส O12-OT-007 มีความสามารถในการจับอนุมูลอิสระ DPPH สูงที่สุด (ตารางที่ 4-13)

การศึกษาฤทธิ์การต้านออกซิเดชั่นของชาโดยการวิเคราะห์ความสามารถในการรีดิวซ์ (FRAP assay) พบว่าผลิตภัณฑ์ชาอู่หลงจากชาสายพันธุ์อู่หลงเบอร์ 12 มีความสามารถในการรีดิวซ์อยู่ในช่วง 935.96-1,460.80 μmol AA/100g มีความสามารถในการรีดิวซ์เฉลี่ย 1,230.45±185.83 μmol AA/100g ผลิตภัณฑ์ชาชาอู่หลงจากชาสายพันธุ์อู่หลงเบอร์ 12 รหัส O12-OT-008 มีความสามารถในการรีดิวซ์ (FRAP assay) สูงที่สุด (ตารางที่ 4-13)

ตารางที่ 4-11 ปริมาณความชื้น คาเฟอีน โพลิฟีนอลทั้งหมด คาเทชินทั้งหมดของตัวอย่างผลิตภัณฑ์ชาอู่หลงจากชาสายพันธุ์อู่หลงเบอร์ 12

No.	Code	Company	Moisture content (%w/w)	Caffeine content (%w/w)	Total polyphenol content (GAE, %w/w)	Total catechin content (%w/w)
1	O12-OT-001	Rai Boon Rawd	5.72 ± 0.10 [c]	2.01 ± 0.26 [ab]	11.33 ± 0.61 [de]	9.10 ± 0.67 [def]
2	O12-OT-002	Choke Chamroen Tea	2.88 ± 0.08 [f]	2.97 ± 0.08 [ab]	12.13 ± 0.61 [d]	9.43 ± 1.36 [cde]
3	O12-OT-003	Wong Pud Tan Tea	1.39 ± 0.04 [g]	1.84 ± 0.01 [b]	11.02 ± 0.22 [e]	8.12 ± 0.62 [ef]
4	O12-OT-004	Jui Ming Tea	4.78 ± 0.01 [e]	3.26 ± 1.45 [a]	9.86 ± 0.46 [f]	7.52 ± 1.29 [f]
5	O12-OT-005	Ming Yong Tea	1.18 ± 0.05 [h]	2.85 ± 0.08 [ab]	13.99 ± 0.23 [c]	10.29 ± 0.20 [bcd]
6	O12-OT-006	Xing Yee Tea	5.28 ± 0.03 [d]	2.33 ± 0.22 [ab]	14.81 ± 0.33 [bc]	10.98 ± 0.45 [ab]
7	O12-OT-007	Prasert Tea	5.38 ± 0.02 [d]	3.03 ± 0.99 [ab]	16.39 ± 0.05 [a]	12.43 ± 0.20 [a]
8	O12-OT-008	Muay Fong Tea	6.33 ± 0.07 [b]	2.48 ± 0.17 [ab]	16.49 ± 0.16 [a]	12.47 ± 0.33 [a]
9	O12-OT-009	Doi Chang Tea	8.20 ± 0.08 [a]	2.63 ± 0.08 [ab]	15.41 ± 0.18 [b]	11.23 ± 0.16 [ab]
Minimum			**1.18**	**1.84**	**9.86**	**8.12**
Maximum			**8.20**	**3.26**	**16.49**	**12.47**
Mean			**4.58**	**2.60**	**13.49**	**10.17**
Standard deviation			**2.26**	**0.60**	**2.42**	**1.80**

Values are expressed as means ± SD (n=2). Different letters in the same column indicate significant difference at $p < 0.05$.
nd = not detected. ns = not significant.

ตารางที่ 4-12 ปริมาณคาเทชิน 8 ชนิดของตัวอย่างผลิตภัณฑ์ชาอู่หลงจากชาสายพันธุ์อู่หลงเบอร์ 12

No.	Code	Company	Individual catechin content (%w/w)							
			GC ^{ns}	EGC	C ^{ns}	EC ^{ns}	EGCGC	GCG	ECG	CG
1	O12-OT-001	Rai Boon Rawd	0.95 ± 0.22	3.15 ± 0.17 ^{ab}	0.45 ± 0.41	0.68 ± 0.17	2.91 ± 0.09 ^{bc}	0.54 ± 0.12 ^{ab}	0.42 ± 0.02 ^{d}	nd
2	O12-OT-002	Choke Chamroen Tea	1.06 ± 0.14	2.21 ± 0.70 ^{cd}	0.96 ± 0.19	0.95 ± 0.11	2.90 ± 1.15 ^{bc}	0.83 ± 0.08 ^{ab}	0.55 ± 0.03 ^{d}	nd
3	O12-OT-003	Wong Pud Tan Tea	0.89 ± 0.10	2.52 ± 0.49 ^{bcd}	0.74 ± 0.01	0.81 ± 0.02	2.46 ± 0.38 ^{c}	0.29 ± 0.06 ^{b}	0.42 ± 0.07 ^{d}	nd
4	O12-OT-004	Jui Ming Tea	1.00 ± 0.51	2.00 ± 0.62 ^{d}	1.19 ± 0.75	1.23 ± 0.65	3.49 ± 1.80 ^{abc}	0.87 ± 0.73 ^{ab}	0.48 ± 0.07 ^{d}	nd
5	O12-OT-005	Ming Yong Tea	0.84 ± 0.04	3.04 ± 0.24 ^{abc}	0.74 ± 0.03	1.06 ± 0.08	3.47 ± 0.40 ^{abc}	0.28 ± 0.03 ^{b}	0.88 ± 0.13 ^{ab}	nd
6	O12-OT-006	Xing Yee Tea	1.08 ± 0.06	2.79 ± 0.05 ^{abcd}	0.79 ± 0.16	0.92 ± 0.06	3.83 ± 0.01 ^{abc}	0.84 ± 0.18 ^{ab}	0.76 ± 0.03 ^{bc}	nd
7	O12-OT-007	Prasert Tea	0.89 ± 0.02	2.69 ± 0.04 ^{abcd}	0.74 ± 0.03	0.92 ± 0.03	5.10 ± 0.11 ^{a}	1.12 ± 0.01 ^{a}	1.01 ± 0.03 ^{a}	nd
8	O12-OT-008	Muay Fong Tea	1.06 ± 0.03	3.61 ± 0.02 ^{a}	0.87 ± 0.11	1.05 ± 0.09	4.40 ± 0.01 ^{ab}	0.61 ± 0.10 ^{ab}	0.88 ± 0.03 ^{ab}	nd
9	O12-OT-009	Doi Chang Tea	1.00 ± 0.02	2.83 ± 0.27 ^{abcd}	0.82 ± 0.01	0.96 ±0.01	3.98 ± 0.02 ^{abc}	0.95 ± 0.05 ^{a}	0.69 ± 0.02 ^{c}	nd
Minimum			**0.89**	**2.00**	**0.45**	**0.68**	**2.46**	**0.29**	**0.42**	-
Maximum			**1.08**	**3.61**	**1.19**	**1.23**	**5.10**	**1.12**	**1.01**	-
Mean			**0.98**	**2.76**	**0.81**	**0.95**	**3.61**	**0.70**	**0.68**	-
Standard deviation			**0.16**	**0.55**	**0.29**	**0.23**	**0.96**	**0.34**	**0.21**	-

Values are expressed as means ± SD (n=2). Different letters in the same column indicate significant difference at $p < 0.05$.
nd = not detected. ns = not significant.

ตารางที่ 4-13 ฤทธิ์การต้านออกซิเดชั่นของตัวอย่างผลิตภัณฑ์ชาอู่หลงจากชาสายพันธุ์อู่หลงเบอร์ 12

No.	Code	Company	Anioxidant capacities	
			DPPH-assay (μmol TE/100g)	FRAP-assay (μmol AA/100g)
1	O12-OT-001	Rai Boon Rawd	101,061.65 ± 4,231.42 [c]	1,096.08 ± 110.98 [cd]
2	O12-OT-002	Choke Chamroen Tea	113,743.71 ± 1,506.16 [c]	1,217.96 ± 94.05 [bc]
3	O12-OT-003	Wong Pud Tan Tea	102,842.13 ± 10,471.24 [c]	1,031.57 ± 24.71 [cd]
4	O12-OT-004	Jui Ming Tea	98,927.87 ± 4,467.41 [c]	935.96 ± 175.03 [d]
5	O12-OT-005	Ming Yong Tea	131,114.15 ± 7,308.50 [b]	1,206.63 ± 39.14 [bc]
6	O12-OT-006	Xing Yee Tea	140,141.41 ± 5,155.50 [ab]	1,399.31 ± 2.78 [ab]
7	O12-OT-007	Prasert Tea	147,620.61 ± 11,094.671 [a]	1,374.58 ± 21.93 [ab]
8	O12-OT-008	Muay Fong Tea	147,048.94 ± 397.30 [a]	1,460.80 ± 42.83 [a]
9	O12-OT-009	Doi Chang Tea	135,412.61 ± 3,351.49 [ab]	1,351.15 ± 82.88 [ab]
Minimum			**98,927.87**	**935.96**
Maximum			**147,620.61**	**1,460.80**
Mean			**124,212.56**	**1,230.45**
Standard deviation			**20,058.55**	**185.83**

Values are expressed as means ± SD (n=2).
Different letters in the same column indicate significant difference at $p < 0.05$.
nd = not detected. ns = not significant.

4.6 องค์ประกอบทางเคมีและฤทธิ์การต้านออกซิเดชั่นของชาอู่หลงจากสายพันธุ์อู่หลงเบอร์ 17

ปริมาณความชื้น คาเฟอีน โพลิฟีนอลทั้งหมด คาเทชินทั้งหมดของตัวอย่างผลิตภัณฑ์ชาอู่หลงจากชาสายพันธุ์อู่หลงเบอร์ 17 ที่เก็บจากโรงงานจำนวน 17 ตัวอย่าง แสดงในตารางที่ 4-14 พบว่าผลิตภัณฑ์ชาอู่หลงจากชาสายพันธุ์อู่หลงเบอร์ 17 มีปริมาณความชื้นอยู่ในช่วง 0.83-6.28%w/w ผลิตภัณฑ์ชาอู่หลงจากชาสายพันธุ์อู่หลงเบอร์ 17 รหัส O17-OT-016 มีปริมาณความชื้นน้อยที่สุด ส่วนตัวอย่างรหัส O17-OT-017 มีปริมาณความชื้นสูงที่สุดเมื่อเปรียบเทียบกับตัวอย่างในกลุ่มเดียวกัน ปริมาณความชื้นเฉลี่ยของผลิตภัณฑ์ชาอู่หลงจากชาสายพันธุ์อู่หลงเบอร์ 17 มีค่าเท่ากับ 3.02±1.86%w/w

ผลิตภัณฑ์ชาอู่หลงจากชาสายพันธุ์อู่หลงเบอร์ 17 มีปริมาณคาเฟอีนอยู่ในช่วง 1.61-3.25%w/w ผลิตภัณฑ์ชาอู่หลงจากสายพันธุ์อู่หลงเบอร์ 17 รหัส O17-OT-004 มีปริมาณคาเฟอีนน้อยที่สุด ส่วนตัวอย่างรหัส O17-OT-005 มีปริมาณคาเฟอีนสูงที่สุดเมื่อเปรียบเทียบกับตัวอย่างในกลุ่มเดียวกัน ปริมาณคาเฟอีนเฉลี่ยของผลิตภัณฑ์ชาอู่หลงจากจากชาสายพันธุ์อู่หลงเบอร์ 17 มีค่าเท่ากับ 2.25±0.48%w/w

ผลิตภัณฑ์ชาอู่หลงจากชาสายพันธุ์อู่หลงเบอร์ 17 มีปริมาณโพลิฟีนอลทั้งหมด (Total polyphenol content: TPC) อยู่ในช่วง 11.55-15.60%w/w ผลิตภัณฑ์ชาอู่หลงจากชาสายพันธุ์อู่หลงเบอร์ 12 รหัส O17-OT-015 มีปริมาณโพลิฟีนอลทั้งหมดสูงที่สุด ส่วนตัวอย่างรหัส O17-OT-014 มีปริมาณโพลิฟีนอลทั้งหมดต่ำที่สุดเมื่อเปรียบเทียบกับตัวอย่างในกลุ่มเดียวกัน ปริมาณโพลิฟีนอลทั้งหมดเฉลี่ยของผลิตภัณฑ์ชาอู่หลงจากชาสายพันธุ์อู่หลงเบอร์ 17 มีค่าเท่ากับ 13.34±1.14%w/w

ผลิตภัณฑ์ชาอู่หลงจากชาสายพันธุ์อู่หลงเบอร์ 17 มีปริมาณคาเทชินทั้งหมด (Total catechin content: TCC) อยู่ในช่วง 6.82-12.35%w/w ผลิตภัณฑ์ชาอู่หลงจากชาสายพันธุ์อู่หลงเบอร์ 17 รหัส O17-OT-015 มีปริมาณคาเทชินทั้งหมดสูงที่สุด ส่วนตัวอย่างรหัส O17-OT-008 มีปริมาณคาเทชินทั้งหมดต่ำที่สุดเมื่อเปรียบเทียบกับตัวอย่างในกลุ่มเดียวกัน ปริมาณคาเทชินทั้งหมดเฉลี่ยของผลิตภัณฑ์ชาอู่หลงจากชาสายพันธุ์อู่หลงเบอร์ 17 มีค่าเท่ากับ 9.92±1.46%w/w

เมื่อเปรียบเทียบปริมาณคาเทชินแต่ละชนิด 8 ชนิด พบว่าผลิตภัณฑ์ชาอู่หลงจากชาสายพันธุ์อู่หลงเบอร์ 17 มีคาเทชินชนิด EGC มากที่สุด (2.87±0.75) ตามด้วย EGCG (2.60±0.66), GC

(1.41±0.13), EC (0.97±0.13), C (0.81±0.15), GCG (0.75±0.15) และ ECG (0.56±0.14) ตามลำดับ ไม่พบคาเทชินชนิด CG ในทุกตัวอย่างชา

การศึกษาฤทธิ์การต้านออกซิเดชั่นของชาโดยการวิเคราะห์ความสามารถในการจับอนุมูลอิสระ DPPH (DPPH assay) พบว่าผลิตภัณฑ์ชาอู่หลงจากชาสายพันธุ์อู่หลงเบอร์ 17 มีความสามารถในการจับอนุมูลอิสระ DPPH (DPPH assay) อยู่ในช่วง 105,353.10-164,610.00 μmol TE/100g มีความสามารถในการจับอนุมูลอิสระ DPPH เฉลี่ย 137,238.19±17,648.00 μmol TE/100g ผลิตภัณฑ์ชาเขียวจากชาสายพันธุ์อู่หลงเบอร์ 17 รหัส O17-OT-004 มีความสามารถในการจับอนุมูลอิสระ DPPH น้อยที่สุด ส่วนตัวอย่างรหัส O17-OT-015 มีความสามารถในการจับอนุมูลอิสระ DPPH สูงที่สุด (ตารางที่ 4-16)

การศึกษาฤทธิ์การต้านออกซิเดชั่นของชาโดยการวิเคราะห์ความสามารถในการรีดิวซ์ (FRAP assay) พบว่าผลิตภัณฑ์ชาอู่หลงจากชาสายพันธุ์อู่หลงเบอร์ 17 มีความสามารถในการรีดิวซ์อยู่ในช่วง 1,044.03-1,471.21 μmol AA/100g มีความสามารถในการรีดิวซ์เฉลี่ย 1,208.10±120.04 μmol AA/100g ผลิตภัณฑ์ชาชาอู่หลงจากชาสายพันธุ์อู่หลงเบอร์ 12 รหัส O17-OT-015 มีความสามารถในการรีดิวซ์ (FRAP assay) สูงที่สุด (ตารางที่ 4-16)

ตารางที่ 4-14 ปริมาณความชื้น คาเฟอีน โพลิฟีนอลทั้งหมด คาเทชินทั้งหมดของตัวอย่างผลิตภัณฑ์ชาอู่หลงจากชาสายพันธุ์อู่หลงเบอร์ 17

No.	Code	Company	Moiture content (%w/w)	Caffeine content (%w/w)	Total polyphenol content (GAE, %w/w)	Total catechin content (%w/w)
1	O17-OT-001	Wong Pud Tan Tea	2.23 ± 0.08 ^{de}	1.77 ± 0.01 ^{fg}	14.40 ± 0.06 ^{bc}	11.40 ± 0.18 ^{ab}
2	O17-OT-002	Wong Pud Tan Tea	6.05 ± 0.03 ^{b}	2.24 ± 0.01 ^{cde}	13.21 ± 0.08 ^{defg}	10.82 ± 0.27 ^{abcd}
3	O17-OT-003	Ming Dee Tea	5.46 ± 0.15 ^{c}	1.70 ± 0.14 ^{fg}	13.39 ± 0.23 ^{def}	10.09 ± 1.11 ^{bcde}
4	O17-OT-004	Ming Dee Tea	2.19 ± 0.15 ^{e}	1.61 ± 0.14 ^{g}	12.43 ± 0.35 ^{fgh}	9.38 ± 0.78 ^{cde}
5	O17-OT-005	Choui Fong Tea	1.49 ± 0.01 ^{g}	3.25 ± 0.08 ^{a}	15.16 ± 0.21 ^{ab}	10.42 ± 0.01 ^{bcde}
6	O17-OT-006	Choui Fong Tea	2.30 ± 0.01 ^{de}	2.32 ± 0.08 ^{cd}	13.32 ± 0.06 ^{def}	11.13 ± 0.84 ^{ab}
7	O17-OT-007	Choui Fong Tea	1.58 ± 0.08 ^{g}	2.07 ± 0.01 ^{def}	13.87 ± 0.29 ^{cde}	10.67 ± 0.13 ^{abcd}
8	O17-OT-008	Choui Fong Tea	5.54 ± 0.08 ^{c}	2.04 ± 0.49 ^{def}	13.42 ± 0.78 ^{cdef}	6.82 ± 1.84 ^{g}
9	O17-OT-009	Ming Yong Tea	2.29 ± 0.07 ^{de}	1.88 ± 0.01 ^{efg}	12.96 ± 0.58 ^{efg}	7.45 ± 1.05 ^{fg}
10	O17-OT-010	Thai Tea Suwirun	2.37 ± 0.09 ^{d}	1.99 ± 0.11 ^{defg}	12.46 ± 0.13 ^{fgh}	9.92 ± 0.42 ^{bcde}
11	O17-OT-011	Thai Tea Suwirun	1.47 ± 0.142 ^{g}	2.28 ± 0.26 ^{cd}	14.18 ± 0.56 ^{cd}	10.98 ± 0.13 ^{abc}
12	O17-OT-012	Jui Ming Tea	1.49 ± 0.05 ^{g}	1.94 ± 0.07 ^{defg}	12.30 ± 0.01 ^{gh}	9.37 ± 0.76 ^{cde}
13	O17-OT-013	Jui Ming Tea	5.58 ± 0.06 ^{c}	2.49 ± 0.03 ^{bc}	12.96 ± 0.13 ^{efg}	9.20 ± 0.70 ^{de}
14	O17-OT-014	Xing Yee Tea	2.31 ± 0.03 ^{de}	2.24 ± 0.03 ^{cde}	11.55 ± 0.04 ^{h}	8.93 ± 1.05 ^{ef}
15	O17-OT-015	Prasert Tea	1.84 ± 0.09 ^{f}	3.18 ± 0.05 ^{a}	15.60 ± 0.22 ^{a}	12.35 ± 0.13 ^{a}
16	O17-OT-016	Choke Chamroen Tea	0.83 ± 0.02 ^{h}	2.50 ± 0.16 ^{bc}	11.66 ± 0.93 ^{h}	9.27 ± 1.05 ^{cde}
17	O17-OT-017	Doi Chang Tea	6.28 ± 0.04 ^{a}	2.74 ± 0.23 ^{b}	13.87 ± 0.67 ^{cde}	10.50 ± 0.01 ^{bcde}
Minimum			**0.83**	**1.61**	**11.55**	**6.82**
Maximum			**6.28**	**3.25**	**15.60**	**12.35**
Mean			**3.02**	**2.25**	**13.34**	**9.92**
Standard deviation			**1.86**	**0.48**	**1.14**	**1.46**

Values are expressed as means ± SD (n=2). Different letters in the same column indicate significant difference at $p < 0.05$.
nd = not detected. ns = not significant.

ตารางที่ 4-15 ปริมาณคาเทชิน 8 ชนิดของตัวอย่างผลิตภัณฑ์ชาอู่หลงจากชาสายพันธุ์อู่หลงเบอร์ 17

No.	Code	Company	Individual catechin content (%w/w)							
			GC	EGC	C	EC	EGCGC	GCG	ECG	CG
1	O17-OT-001	Wong Pud Tan Tea	1.47 ± 0.13 ^{abc}	4.06 ± 0.21 ^{a}	0.70 ± 0.06 ^{efg}	0.99 ± 0.04 ^{cde}	3.09 ± 0.20 ^{abc}	0.56 ± 0.01 ^{fg}	0.57 ± 0.01 ^{cde}	nd
2	O17-OT-002	Wong Pud Tan Tea	1.27 ± 0.02 ^{cd}	3.45 ± 0.06 ^{ab}	0.59 ± 0.06 ^{g}	0.84 ± 0.03 ^{gh}	3.33 ± 0.08 ^{a}	0.82 ± 0.01 ^{bcd}	0.56 ± 0.01 ^{cde}	nd
3	O17-OT-003	Ming Dee Tea	1.44 ± 0.03 ^{abc}	3.58 ± 0.13 ^{ab}	0.74 ± 0.06 ^{defg}	1.02 ± 0.04 ^{cd}	2.38 ± 0.06 ^{def}	0.53 ± 0.05 ^{fg}	0.44 ± 0.03 ^{ef}	nd
4	O17-OT-004	Ming Dee Tea	1.34 ± 0.17 ^{bcd}	3.30 ± 0.37 ^{bc}	0.73 ± 0.04 ^{defg}	1.01 ± 0.06 ^{cd}	2.14 ± 0.45 ^{f}	0.46 ± 0.12 ^{g}	0.42 ± 0.11 ^{f}	nd
5	O17-OT-005	Choui Fong Tea	1.21 ± 0.01 ^{d}	2.20 ± 0.10 ^{e}	1.11 ± 0.07 ^{a}	1.16 ± 0.01 ^{a}	2.96 ± 0.07 ^{abcde}	0.88 ± 0.06 ^{abc}	0.93 ± 0.65 ^{a}	nd
6	O17-OT-006	Choui Fong Tea	1.47 ± 0.04 ^{abc}	3.20 ± 0.16 ^{bcd}	0.67 ± 0.09 ^{efg}	0.92 ± 0.04 ^{defg}	3.28 ± 0.17 ^{ab}	0.99 ± 0.03 ^{a}	0.60 ± 0.04 ^{cd}	nd
7	O17-OT-007	Choui Fong Tea	1.45 ± 0.02 ^{abc}	3.39 ± 0.01 ^{abc}	0.65 ± 0.05 ^{fg}	0.85 ± 0.01 ^{fg}	3.03 ± 0.07 ^{abcde}	0.76 ± 0.04 ^{cde}	0.56 ± 0.01 ^{cde}	nd
8	O17-OT-008	Choui Fong Tea	1.61 ± 0.02 ^{a}	1.35 ± 0.29 ^{f}	0.95 ± 0.04 ^{abc}	1.06 ± 0.03 ^{bc}	1.37 ± 0.17 ^{g}	0.64 ± 0.02 ^{ef}	0.54 ± 0.02 ^{cdef}	nd
9	O17-OT-009	Ming Yong Tea	1.53 ± 0.06 ^{ab}	1.55 ± 0.40 ^{f}	0.91 ± 0.08 ^{bcd}	0.92 ± 0.07 ^{defg}	1.34 ± 0.59 ^{g}	0.71 ± 0.01 ^{de}	0.48 ± 0.06 ^{def}	nd
10	O17-OT-010	Thai Tea Suwirun	1.34 ± 0.11 ^{bcd}	3.10 ± 0.06 ^{bcd}	0.80 ± 0.05 ^{cdef}	0.95 ± 0.08 ^{def}	2.51 ± 0.03 ^{cdef}	0.74 ± 0.05 ^{cde}	0.48 ± 0.05 ^{ef}	nd
11	O17-OT-011	Thai Tea Suwirun	1.44 ± 0.06 ^{abc}	3.22 ± 0.23 ^{bcd}	0.87 ± 0.20 ^{bcde}	0.94 ± 0.01 ^{defg}	3.05 ± 0.14 ^{abcd}	0.76 ± 0.12 ^{cde}	0.62 ± 0.01 ^{c}	nd
12	O17-OT-012	Jui Ming Tea	1.43 ± 0.02 ^{abc}	2.72 ± 0.48 ^{cde}	0.67 ± 0.11 ^{efg}	0.75 ± 0.01 ^{h}	2.60 ± 0.38 ^{bcdef}	0.76 ± 0.04 ^{cde}	0.46 ± 0.03 ^{ef}	nd
13	O17-OT-013	Jui Ming Tea	1.31 ± 0.04 ^{cd}	2.53 ± 0.40 ^{de}	0.78 ± 0.07 ^{cdef}	0.89 ± 0.04 ^{efg}	2.35 ± 0.31 ^{ef}	0.86 ± 0.02 ^{abc}	0.48 ± 0.01 ^{def}	nd
14	O17-OT-014	Xing Yee Tea	1.45 ± 0.03 ^{abc}	2.38 ± 0.56 ^{e}	0.80 ± 0.01 ^{bcdef}	0.94 ± 0.05 ^{defg}	2.12 ± 0.49 ^{f}	0.78 ± 0.04 ^{cde}	0.47 ± 0.05 ^{ef}	nd
15	O17-OT-015	Prasert Tea	1.33 ± 0.04 ^{bcd}	3.46 ± 0.24 ^{ab}	0.96 ± 0.02 ^{abc}	1.22 ± 0.01 ^{a}	3.62 ± 0.11 ^{a}	0.95 ± 0.08 ^{ab}	0.82 ± 0.12 ^{b}	nd
16	O17-OT-016	Choke Chamroen Tea	1.22 ± 0.11 ^{d}	2.26 ± 0.40 ^{e}	0.91 ± 0.05 ^{bcd}	0.85 ± 0.01 ^{fg}	2.62 ± 0.46 ^{bcdef}	0.93 ± 0.06 ^{ab}	0.52 ± 0.07 ^{cdef}	nd
17	O17-OT-017	Doi Chang Tea	1.62 ± 0.16 ^{a}	3.10 ± 0.15 ^{bcd}	0.99 ± 0.10 ^{ab}	1.14 ± 0.09 ^{ab}	2.42 ± 0.12 ^{cdef}	0.67 ± 0.09 ^{ef}	0.56 ± 0.04 ^{cde}	nd
Minimum			**1.21**	**1.35**	**0.59**	**0.75**	**1.34**	**0.46**	**0.42**	-
Maximum			**1.62**	**4.06**	**1.11**	**1.22**	**3.62**	**0.99**	**0.93**	-
Mean			**1.41**	**2.87**	**0.81**	**0.97**	**2.60**	**0.75**	**0.56**	-
Standard deviation			**0.13**	**0.75**	**0.15**	**0.13**	**0.66**	**0.15**	**0.14**	-

Values are expressed as means ± SD (n=2). Different letters in the same column indicate significant difference at $p < 0.05$.

nd = not detected. ns = not significant.

ตารางที่ 4-16 ฤทธิ์การต้านออกซิเดชั่นของตัวอย่างผลิตภัณฑ์ชาอู่หลงจากชาสายพันธุ์อู่หลงเบอร์ 17

No.	Code	Company	Anioxidant capacities	
			DPPH-assay (μmol TE/100g)	FRAP-assay (μmol AA/100g)
1	O17-OT-001	Wong Pud Tan Tea	131,797.42 ± 1,866.08 ^{efg}	1,208.16 ± 27.77 ^{bcdefg}
2	O17-OT-002	Wong Pud Tan Tea	124,117.01 ± 8,545.23 ^{fg}	1,147.44 ± 82.11 ^{cdefg}
3	O17-OT-003	Ming Dee Tea	123,323.69 ± 7,341.31 ^{fg}	1,121.84 ± 81.64 ^{efg}
4	O17-OT-004	Ming Dee Tea	105,353.11 ± 2,566.23 ^{h}	1,044.03 ± 14.06 ^{g}
5	O17-OT-005	Choui Fong Tea	117,841.74 ± 6,941.99 ^{gh}	1,214.73 ± 32.51 ^{bcdefg}
6	O17-OT-006	Choui Fong Tea	121,626.31 ± 2,508.84 ^{fg}	1,137.60 ± 29.39 ^{defg}
7	O17-OT-007	Choui Fong Tea	123,384.81 ± 2,228.81 ^{fg}	1,061.87 ± 13.56 ^{fg}
8	O17-OT-008	Choui Fong Tea	147,714.72 ± 5,657.74 ^{bcd}	1,276.50 ± 64.99 ^{bcde}
9	O17-OT-009	Ming Yong Tea	156,762.28 ± 2,445.48 ^{abc}	1,227.32 ± 54.66 ^{bcdf}
10	O17-OT-010	Thai Tea Suwirun	141,145.40 ± 9,139.33 ^{de}	1,148.80 ± 121.02 ^{cdefg}
11	O17-OT-011	Thai Tea Suwirun	163,026.60 ± 3,923.16 ^{a}	1,310.76 ± 77.67 ^{bc}
12	O17-OT-012	Jui Ming Tea	142,617.56 ± 4,625.31 ^{cde}	1,223.01 ± 169.93 ^{bcdef}
13	O17-OT-013	Jui Ming Tea	144,810.01 ± 3,963.77 ^{bcde}	1,296.37 ± 45.39 ^{bcd}
14	O17-OT-014	Xing Yee Tea	131,139.26 ± 11,446.82 ^{efg}	1,109.03 ± 26.92 ^{efg}
15	O17-OT-015	Prasert Tea	164,610.00 ± 703.77 ^{a}	1,471.21 ± 88.06 ^{a}
16	O17-OT-016	Choke Chamroen Tea	134,172.58 ± 14,011.00 ^{def}	1,177.76 ± 43.65 ^{cdefg}
17	O17-OT-017	Doi Chang Tea	159606.72 ± 4,942.78 ^{ab}	1,361.02 ± 7.15 ^{ab}
Minimum			**105,353.10**	**1,044.03**
Maximum			**164,610.00**	**1,471.21**
Mean			**137,238.19**	**1,208.10**
Standard deviation			**17,648.00**	**120.04**

Values are expressed as means ± SD (n=2).
Different letters in the same column indicate significant difference at $p < 0.05$.
nd = not detected. ns = not significant.

4.7 การเปรียบเทียบองค์ประกอบทางเคมีและฤทธิ์การต้านออกซิเดชั่นของชาเขียวและชาอู่หลงจากสายพันธุ์อัสสัม อู่หลงเบอร์ 12 และอู่หลงเบอร์ 17

การศึกษาองค์ประกอบทางเคมีและฤทธิ์การต้านออกซิเดชั่นของชา 4 ชนิด ได้แก่ ชาเขียวจากสายพันธุ์อัสสัม (*Camellia sinensis* var. *assamica*) ชาเขียวจากสายพันธุ์อู่หลงเบอร์ 12 (*Camellia sinensis* var. *sinensis* cv. oolong no. 12) ชาอู่หลงจากสายพันธุ์อู่หลงเบอร์ 12 (*Camellia sinensis* var. *sinensis* cv. oolong no. 12) และชาอู่หลงจากสายพันธุ์ชาอู่หลงเบอร์ 17 (*Camellia sinensis* var. *sinensis* cv. oolong no. 17) พบว่าชาทั้ง 4 ชนิด มีองค์ประกอบทางเคมีและฤทธิ์การต้านออกซิเดชั่นของชาแสดงดังตารางที่ 4-17

ตารางที่ 4-17 การเปรียบเทียบองค์ประกอบทางเคมีและฤทธิ์การต้านออกซิเดชั่นของชาเขียวและชาอู่หลงจากสายพันธุ์อัสสัม อู่หลงเบอร์ 12 และอู่หลงเบอร์ 17

Items	Green tea products		Oolong tea products	
	C. assamica	*C. sinensis (oolong no. 12)*	*C. sinensis (oolong no. 12)*	*C. sinensis (oolong no. 17)*
Moisture content	6.09 ± 1.54 [a]	5.38 ± 0.78 [ab]	4.57±2.26 [b]	3.02±1.87 [c]
Caffeine content	3.44 ± 0.51 [a]	2.50 ± 0.71 [b]	2.56±0.59 [b]	2.25±0.48 [b]
Total polyphenol content	18.95 ± 1.45 [a]	14.57 ± 1.87 [b]	13.49±2.41 [bc]	13.34±1.14 [c]
Total catechin content	12.42 ± 2.41 [a]	10.86 ± 1.47 [b]	10.17±1.80 [b]	9.92±1.46 [b]
GC	0.84 ± 0.28 [c]	0.94 ± 0.14 [bc]	0.98±0.16 [b]	1.41±0.13 [a]
EGC	1.77 ± 0.61 [b]	2.75 ± 0.48 [a]	2.76±0.54 [a]	2.87±0.75 [a]
C	1.65 ± 0.38 [a]	0.83 ± 0.17 [b]	0.81±0.29 [b]	0.81±0.15 [b]
EC	2.23 ± 0.60 [a]	0.92 ± 0.14 [b]	0.95±0.23 [b]	0.97±0.13 [b]
EGCG	2.62 ± 0.94 [b]	3.99 ± 0.92 [a]	3.61±0.96 [a]	2.60±0.66 [b]
GCG	0.39 ± 0.28 [b]	0.65 ± 0.23 [a]	0.70±0.34 [a]	0.75±0.15 [a]
ECG	2.94 ± 0.78 [a]	0.77 ± 0.29 [b]	0.68±0.22 [b]	0.56±0.14 [b]
CG	nd	nd	nd	nd
DPPH assay	183,899 ± 46,681 [a]	146,969 ± 56,398 [b]	124,213±20,058 [b]	137,238±17,648 [b]
FRAP assay	1,663 ± 320 [a]	854 ± 160 [c]	1,230±186 [b]	1,208±120 [b]

Values are expressed as means ± SD.

Different letters in the same row indicate significant difference at $p < 0.05$.

nd = not detected. ns = not significant.

การศึกษาปริมาณความชื้นในผลิตภัณฑ์ชาทั้ง 4 ชนิด พบว่าปริมาณความชื้นของชาส่วนใหญ่อยู่ในเกณฑ์มาตรฐานตามประกาศกระทรวงสาธารณสุขเรื่องชา (เกณฑ์มาตรฐานความชื้นของชาไม่ควรเกิน 8%) ผลิตภัณฑ์ชาอู่หลงจากสายพันธุ์ชาอู่หลงเบอร์ 17 มีปริมาณความชื้นน้อยที่สุดเฉลี่ยเท่ากับ 3.02±1.87%w/w ผลิตภัณฑ์ชาเขียวจากสายพันธุ์อัสสัม มีปริมาณความชื้นสูงที่สุดเฉลี่ยเท่ากับ 6.09±1.54 %w/w ความชื้นในผลิตภัณฑ์ชาเป็นปัจจัยสำคัญที่ส่งผลต่อคุณภาพของชาและเป็นองค์ประกอบหลักที่ผู้ผลิตชา และผู้ค้าชาใช้เป็นเกณฑ์ในการวัดคุณภาพของผลิตภัณฑ์ชา นักวิจัยพบว่าปริมาณความชื้นในผลิตภัณฑ์ชาควรน้อยกว่า 6.50 %w/w (Othieno & Owuor 1984; Robinson & Owuor 1993) ปริมาณความชื้นมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเป็น 7-8 %w/w ในระหว่างขนส่ง การค้า และการเก็บรักษาชา (Millin, 1987)

การศึกษาปริมาณคาเฟอีนในผลิตภัณฑ์ชาทั้ง 4 ชนิด พบว่าปริมาณคาเฟอีนของชาทั้งหมดผ่านเกณฑ์มาตรฐานตามประกาศกระทรวงสาธารณสุขเรื่องชา (เกณฑ์มาตรฐานคาเฟอีนของชาไม่ควรน้อยกว่า 2%) มีรายงานพบว่าชาประกอบด้วยคาเฟอีนเฉลี่ย 3.89%w/w (Yao et al., 2006), 3.22±1.14%w/w (Wang et al., 2006) และ 2.05-3.25%w/w (Alam et al., 2011) การศึกษาปริมาณคาเฟอีนในผลิตภัณฑ์ชาทั้ง 4 ชนิดในงานวิจัยนี้พบว่าผลิตภัณฑ์ชาเขียวจากสายพันธุ์อัสสัมมีปริมาณคาเฟอีนสูงที่สุดเฉลี่ยเท่ากับ 3.44±0.51%w/w ซึ่งสูงกว่าชาเขียวและชาอู่หลงที่ผลิตจากชาสายพันธ์จีน (*Camellia sinensis* var. *sinensis)* อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ในขณะที่ปริมาณคาเฟอีนในชาเขียวและชาอู่หลงที่ผลิตจากชาสายพันธ์จีนไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ แสดงให้เห็นว่าสายพันธุ์ชาส่งผลต่อปริมาณคาเฟอีนในผลิตภัณฑ์ชา

การศึกษาปริมาณโพลิฟีนอลทั้งหมด ในผลิตภัณฑ์ชาทั้ง 4 ชนิด พบว่าชาเขียวจากสายพันธุ์อัสสัมมีปริมาณโพลิฟีนอลทั้งหมดสูงที่สุดเฉลี่ยเท่ากับ 18.95±1.45%w/w ซึ่งสูงกว่าชาเขียวและชาอู่หลงที่ผลิตจากชาสายพันธ์จีน (*Camellia sinensis* var. *sinensis*) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ มีรายงานการวิจัยพบว่าปริมาณโพลิฟีนอลทั้งหมดในชาพบอยู่ในช่วง 10.10-22.20%w/w (Engelhardt et al., 2000), 9.95-25.19 %w/w (Obuchowicz et al., 2011), 8.70-10.60 %w/w (Khokhar & Magnusdottir 2002), 12.10-19.80 %w/w (Jayasekera et al., 2011) 11.39-19.13%w/w (Chan et al., 2007) 14.43-21.02 (Anesini et al., 2008) และ 5.56-18.69%w/w (Qua et al., 2007) เห็นได้ว่าปริมาณโพลิฟีนอลทั้งหมดในชาที่พบในรายงานการวิจัยที่มาก่อนหน้านี้อยู่ในระดับใกล้เคียงกับปริมาณโพลิฟีนอลทั้งหมดในชาที่พบในงานวิจัยนี้

เมื่อเปรียบเทียบปริมาณคาเทชินทั้งหมดพบว่า ชาเขียวจากสายพันธุ์อัสสัมมีปริมาณคาเทชินสูงที่สุดเฉลี่ยเท่ากับ 12.42±2.41%w/w ซึ่งสูงกว่าชาเขียวและชาอู่หลงที่ผลิตจากชาสายพันธ์จีน (*Camellia sinensis* var. *sinensis*) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ปริมาณคาเทชินทั้งหมดของชาเขียวและชาอู่หลงที่ผลิตจากชาสายพันธ์จีนไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ แสดงให้เห็นว่าสายพันธุ์ชาส่งผลต่อปริมาณคาเทชินทั้งหมดในผลิตภัณฑ์ชา มีรายงานการศึกษาปริมาณคาเทชินทั้งหมดในชาพบว่าคาเทชินทั้งหมดในชาพบในช่วง 3.44-12.80%w/w (Wang et al., 2010), 6.57-21.38%w/w (Obuchowicz et al., 2011), 8.50-20.60%w/w (Engelhardt et al., 2000) เห็นได้ว่าปริมาณคาเทชินทั้งหมดในชาที่พบในงานวิจัยนี้อยู่ในระดับใกล้เคียงกับปริมาณคาเทชินทั้งหมดในชาที่พบในรายงานการวิจัยที่มาก่อนหน้านี้

เมื่อเปรียบเทียบผลิตภัณฑ์ชาเขียวจากสายพันธุ์อัสสัมและอู่หลงเบอร์ 12 พบว่าชาเขียวจากสายพันธุ์อัสสัมมีปริมาณคาเฟอีน โพลิฟีนอลทั้งหมดและคาเทชินทั้งหมดสูงกว่าสายพันธุ์อู่หลงเบอร์ 12 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ส่งผลให้ชาเขียวจากสายพันธุ์อัสสัมมีฤทธิ์การต้านออกซิเดชั่นทั้ง DPPH assay และ FRAP assay สูงกว่าสายพันธุ์อู่หลงเบอร์ 12 พบว่าปริมาณคาเทชินในชาเขียวที่ผลิตจากชาต่างสายพันธุ์กันมีความแตกต่างกัน โดยสายพันธุ์อัสสัมพบคาเทชินชนิด ECG มากที่สุด (2.94±0.78%w/w) ตามด้วย EGCG (2.62±0.94%w/w) EC (2.23±0.60%w/w) EGC (1.77±0.61) C (1.65±0.38) GC (0.84±0.28) และ GCG (0.39±0.28) ตามลำดับ ในขณะที่สายพันธุ์อู่หลงเบอร์ 12 พบคาเทชินชนิด EGCG มากที่สุด (3.99±0.92%w/w) ตามด้วย EGC (2.75±0.48), GC (0.94±0.14), EC (0.92±0.14), C (0.83±0.17), ECG (0.77±0.29) และ GCG (0.65±0.23) ตามลำดับ ชาเขียวจากสายพันธุ์อัสสัมมีคาเทชินชนิด ECG, EC และ C มากกว่าชาเขียวจากสายพันธุ์อู่หลงเบอร์ 12 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ในขณะที่ชาเขียวจากสายพันธุ์อู่หลงเบอร์ 12 มีคาเทชินชนิด EG, EGCG และ GCG มากกว่าชาเขียวจากสายพันธุ์อัสสัม อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

เมื่อเปรียบเทียบผลิตภัณฑ์ชาอู่หลงจากสายพันธุ์อู่หลงเบอร์ 12 และอู่หลงเบอร์ 17 พบว่าปริมาณคาเฟอีน โพลิฟีนอลทั้งหมด คาเทชินทั้งหมด GC EGC C EC GCG และ CG มีค่าไม่แตกต่างกัน อย่างไรก็ตามปริมาณ EGCG มีค่าแตกต่างกันอย่างชัดเจนโดยชาอู่หลงจากสายพันธุ์อู่หลงเบอร์ 12 มีปริมาณ EGCG สูงกว่า สายพันธุ์อู่หลงเบอร์ 17 เมื่อเปรียบเทียบฤทธิ์การต้านออกซิ

เดชั่น พบว่าชาอู่หลงจากทั้งสองสายพันธุ์มีฤทธิ์การต้านออกซิเดชั่นทั้ง DPPH assay และ FRAP assay ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

เมื่อเปรียบเทียบองค์ประกอบทางเคมีและฤทธิ์การต้านออกซิเดชั่นของผลิตภัณฑ์ชาเขียวและชาอู่หลงจากสายพันธุ์อัสสัม อู่หลงเบอร์ 12 และอู่หลงเบอร์ 17 พบว่าชาเขียวจากสายพันธุ์อัสสัมมีปริมาณคาเฟอีน โพลิฟีนอลทั้งหมดและคาเทชินทั้งหมดสูงกว่าผลิตภัณฑ์ชาชนิดอื่น อีกทั้งยังมีฤทธิ์การต้านออกซิเดชั่น (DPPH assay และ FRAP assay) สูงกว่าผลิตภัณฑ์ชาชนิดอื่น

บทที่ 5
สรุปผลการวิจัย

การศึกษาองค์ประกอบทางเคมีและฤทธิ์การต้านออกซิเดชั่นของชา 4 ประเภท ได้แก่ ชาเขียวจากสายพันธุ์อัสสัม (*Camellia sinensis* var. *assamica*) ชาเขียวจากสายพันธุ์อู่หลงเบอร์ 12 (*Camellia sinensis* var. *sinensis* cv. oolong no. 12) ชาอู่หลงจากสายพันธุ์อู่หลงเบอร์ 12 (*Camellia sinensis* var. *sinensis* cv. oolong no. 12) และชาอู่หลงจากสายพันธุ์ชาอู่หลงเบอร์ 17 (*Camellia sinensis* var. *sinensis* cv. oolong no. 17) พบว่าปริมาณความชื้นในผลิตภัณฑ์ชาส่วนใหญ่อยู่ในเกณฑ์มาตรฐานตามประกาศกระทรวงสาธารณสุขเรื่องชา ผลิตภัณฑ์ชาอู่หลงจากสายพันธุ์ชาอู่หลงเบอร์ 17 มีปริมาณความชื้นน้อยที่สุด ส่วนผลิตภัณฑ์ชาเขียวจากสายพันธุ์อัสสัม มีปริมาณความชื้นสูงที่สุด ความชื้นในผลิตภัณฑ์ชาเป็นปัจจัยสำคัญที่ส่งผลต่อคุณภาพชาและเป็นองค์ประกอบหลักที่ผู้ผลิตชาและผู้ค้าชาใช้เป็นเกณฑ์ในการวัดคุณภาพของผลิตภัณฑ์ชา ผลการวิจัยยังพบว่าปริมาณคาเฟอีนของชาทั้งหมดผ่านเกณฑ์มาตรฐานตามประกาศกระทรวงสาธารณสุข

การเปรียบเทียบปริมาณคาเฟอีนในผลิตภัณฑ์ชาทั้ง 4 ชนิดพบว่าผลิตภัณฑ์ชาเขียวจากสายพันธุ์อัสสัมมีปริมาณคาเฟอีนสูงที่สุด ซึ่งสูงกว่าชาเขียวและชาอู่หลงที่ผลิตจากชาสายพันธ์จีน (*Camellia sinensis* var. *sinensis)* อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ในขณะที่ปริมาณคาเฟอีนในชาเขียวและชาอู่หลงที่ผลิตจากชาสายพันธ์จีนไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ การศึกษาปริมาณโพลิฟีนอลทั้งหมดพบว่าชาเขียวจากสายพันธุ์อัสสัมมีปริมาณโพลิฟีนอลทั้งหมดสูงที่สุด เมื่อเปรียบเทียบปริมาณคาเทชินทั้งหมดพบว่า ชาเขียวจากสายพันธุ์อัสสัมมีปริมาณคาเทชินสูงที่สุดอีกเช่นกัน ปริมาณคาเทชินทั้งหมดของชาเขียวและชาอู่หลงที่ผลิตจากชาสายพันธ์จีนไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ แสดงให้เห็นว่าสายพันธุ์ชาส่งผลต่อปริมาณคาเฟอีน โพลิฟีนอลทั้งหมด และคาเทชินทั้งหมดในผลิตภัณฑ์ชา

จากที่พบว่าชาสายพันธุ์อัสสัมมีปริมาณคาเฟอีน โพลิฟีนอลทั้งหมด และคาเทชินทั้งหมดสูงกว่าสายพันธุ์จีน ส่งผลให้ชาเขียวจากสายพันธุ์อัสสัมมีฤทธิ์การต้านออกซิเดชั่นทั้ง DPPH assay และ FRAP assay สูงกว่าผลิตภัณฑ์ชาจากสายพันธุ์จีน งานวิจัยนี้พบว่าปริมาณคาเทชินในผลิตภัณฑ์ชาที่ผลิตจากชาต่างสายพันธุ์กันมีความแตกต่างกัน โดยผลิตภัณฑ์ชาเขียวจากสายพันธุ์อัสสัมพบคาเทชินชนิด ECG มากที่สุด ตามด้วย EGCG, EC, EGC, C, GC และ GCG

ตามลำดับ ในขณะที่ชาเขียวจากสายพันธุ์อู่หลงเบอร์ 12 พบคาเทชินชนิด EGCG มากที่สุด ตามด้วย EGC, GC, EC, C, ECG และ GCG ตามลำดับ ชาเขียวจากสายพันธุ์อัสสัมมีคาเทชินชนิด ECG, EC และ C มากกว่าชาเขียวจากสายพันธุ์อู่หลงเบอร์ 12 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ในขณะที่ชาเขียวจากสายพันธุ์อู่หลงเบอร์ 12 มีคาเทชินชนิด EGC, EGCG และ GCG มากกว่าชาเขียวจากสายพันธุ์อัสสัม อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

เมื่อเปรียบเทียบผลิตภัณฑ์ชาอู่หลงจากสายพันธุ์อู่หลงเบอร์ 12 และอู่หลงเบอร์ 17 พบว่าปริมาณคาเฟอีน โพลิฟีนอลทั้งหมด คาเทชินทั้งหมด GC EGC C EC GCG และ CG มีปริมาณไม่แตกต่างกัน อย่างไรก็ตามปริมาณ EGCG มีปริมาณแตกต่างกันอย่างชัดเจนโดยชาอู่หลงจากสายพันธุ์อู่หลงเบอร์ 12 มีปริมาณ EGCG สูงกว่าสายพันธุ์อู่หลงเบอร์ 17 เมื่อเปรียบเทียบฤทธิ์การต้านออกซิเดชั่น พบว่าชาอู่หลงจากทั้งสองสายพันธุ์มีฤทธิ์การต้านออกซิเดชั่นทั้ง DPPH assay และ FRAP assay ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

เมื่อเปรียบเทียบองค์ประกอบทางเคมีและฤทธิ์การต้านออกซิเดชั่นของผลิตภัณฑ์ชาเขียวและชาอู่หลงจากสายพันธุ์อัสสัม อู่หลงเบอร์ 12 และอู่หลงเบอร์ 17 พบว่าชาเขียวจากสายพันธุ์อัสสัมมีปริมาณคาเฟอีน โพลิฟีนอลทั้งหมด และคาเทชินทั้งหมดสูงกว่าผลิตภัณฑ์ชาชนิดอื่น อีกทั้งยังมีฤทธิ์การต้านออกซิเดชั่นสูงกว่าผลิตภัณฑ์ชาชนิดอื่น

เอกสารอ้างอิง

สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร (2552) กระทรวงเกษตรและสหกรณ์ .

Alam, K. M. M., Uddin, M. S., Chowdhury, M. A. M. & Motalib, M. A. (2011) Qualitative evaluation of ten major marketed brands of tea in Bangladesh. Plant Archieves, 11 (1), 173-177.

Anesini, C., Ferraro, G. E. & Filip, R. 2008. Total Polyphenol Content and Antioxidant Capacity of Commercially Available Tea (Camellia sinensis) in Argentina. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 56(19), 9225-9229.

Anonymous, The Integrated Taxonomic Information System (ITIS). [Online]. Available from http://www.itis.gov/servlet/SingleRpt/SingleRpt?search_topic=TSN&search_value=506801 Retrieved on July 28, 2010.

Balentine, D. A. (1997). Introduction: tea and health. Critical Reviews in Food Science and Nutrition. 8, 691-669.

Baliga, M.S., Meleth, S. & Katiyar, S.K., (2005). Growth inhibitory and antimetastatic effect of green tea polyphenols on metastasis-specific mouse mammary carcinoma 4T1 cells in vitro and in vivo systems. Clinical Cancer Research 11 (5), 1918–1927.

Baptista, J. A. B., da P Tavares, J. F. & Carvalho, R. C. B. (1999). Comparative Study and Partial Characterization of Azorean Green Tea Polyphenols. Journal of Food Composition and Analysis, 12(4), 273-287.

Bettuzzi, S., Brausi, M., Rizzi, F., Castagnetti, G., Peracchia, G.& Corti, A. (2006). Chemoprevention of human prostate cancer by oral administration of green tea catechins in volunteers with high-grade prostate intraepithelial neoplasia: a preliminary report from a one-year proof-of-principle study. Cancer Research 66 (2), 1234–1240.

Cabrera, C., Gimenez, R. & Lopez, M. C. (2003). Determination of tea components with antioxidant activity. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 51, 4427–4435.

Cao, G., Sofic, E. & Prior, R. 1996. Antioxidant capacity of tea and common vegetables. Journal of Agriculture and Food Chemistry 44 (11), 3426–3431.

Chan, E. W. C., Lim, Y. Y. & Chew, Y. L. (2007). Antioxidant activity of Camellia sinensis leaves and tea from a lowland plantation in Malaysia. Food Chemistry, 102(4), 1214-1222.

Chen, C. N., Liang, C. M., Lai, J. R., Tsai, Y. J., Tsay, J. S. & Lin, J. K. (2003). Capillary electrophoretic determination of theanine, caffeine, and catechins in fresh tea leaves and oolong tea and their effects on rat neurosphere adhesion and migration. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 51, 7495–7503.

Chen, C. W. & Ho, C. T. (1995). Antioxidant properties of polyphenols extracted from green and black teas. Journal of Food Lipids, 2, 35–46.

Chu, D. C. & Juneja, L. R. (1997). General chemical composition of green tea and its infusion. In T. Yamamoto, L. R. Juneja, D. C. Chu, & K. Mujo (Eds.), Chemistry and applications of green tea (pp. 13–22). New York: CRC Press.

Engelhardt, U.H., Lakenbrink, C. & Lapczynski, S. (2000) Antioxidative phenolic compounds in green/black tea and other methylxanthine-containing beverages. In T.H .Parliment, C.-T.Ho, P. Schieberle (Eds.), *Caffeinated Beverages* (pp. 11-118), ACS Symposium Series 754,Washington,DC: American Chemical Society

Erba, D., Riso, P., Bordoni, A., Foti, P., Biagim, P.L. & Testolin, G. (2005). Effectiveness of moderate green tea consumption on antioxidative status and plasma lipid profile in humans. Journal of Nutritional Biochemistry 16 (3), 144–149.

Fernandez, P. L., Pablos, F., Martin, M. J. & Gonzales, A. G. (2002). Study of catechin and xantine tea profiles as geographical tracers. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 50, 1833–1839.

Freese, R., Basu, S., Hietanen, E., Nair, J., Nakachi, K., Bartsch, H., Mutanen, M. 1999. Green tea extract decreases plasma malondialdehyde concentration but does not affect other indicators of oxidative stress, nitric oxide production, or hemostatic factors during a high-linoleic acid diet in healthy females. European Journal of Nutrition 38 (3), 149–157.

Gardner, P. T., McPhail, D. B. & Duthie, G. G. (1998). Electron spin resonance spectroscopic assessment of the antioxidant potential of teas in aqueous and organic media. Journal of the Science of Food and Agriculture, 76, 257–262.

Graham, H. N. (1992). Green tea composition, consumption and polyphenol chemistry. Preventive Medicine, 21, 334–350.

Hakim, I.A. & Harris, R.B. (2001). Joint effects of citrus peel use and black tea intake on the risk of squamous cell carcinoma of the skin. BMC Dermatology 1, 3.

Hara, Y., Lu. S. J., Wickremashingh, R. L. & Yamanishi, T. (1995). VI. Biochemistry of processing black tea. Food Review International, 11, 457-471.

Haslam, E. (2003). Thoughts on thearubigins. Phytochemistry, 64, 61-73.

Hirano, R., Momiyama, Y., Takahashi, R., Taniguchi, H., Kondo, K., Nakamura, H., Ohusuzu, F. (2002). Comparison of green tea intake in Japanese patients with and without angiographic coronary artery disease. American Journal of Cardiology 90 (10), 1150–1153.

Hodgson, J. M., Proudfoot, J. M., Croft, K. D., Puddey, I. B., Mori, T. A. & Beilin, L. J. (1999). Comparison of the effect of black and green tea in vitro lipoprotein oxidation in human serum. Journal of Science and Food Agriculture, 79, 561–566.

ISO 14502-1 (2005) Determination of substances characteristic of green and black tea–Part 1: Content of total polyphenols in tea–Calorimetric method using Folin–ocalteu reagent, Switzerland: International Standard Organisation.

ISO 14502-2 (2005) Determination of substances characteristic of green and black tea : Part 2 : Content of catechins in green tea : method using high-performance liquid chromatography, Switzerland: International Standard Organization.

ISO 1573 (1980). Determination of loss in mass at 103°C. Switzerland: International Standard Organization.

Jayasekera, S., Molan, A. L., Garg, M., & Moughan, P. J. (2011). Variation in antioxidant potential and total polyphenol content of fresh and fully-fermented Sri Lankan tea. Food Chemistry, 125(2), 536-541.

Ji, B.T., Chow, W.H., Hsing, A.W., McLaughlin, J.K., Dai, Q., Gao, Y.T., Blot, W.J. & Fraumeni Jr., J.F. (1997). Green tea consumption and the risk of pancreatic and colorectal cancers. International Journal of Cancer 70 (3), 255–258.

Kao, Y. H., Chang, H. H., Lee, M. J. & Chen, C.L. (2006). Tea, obesity, and diabetes. Molecular Nutrition and Food Research 50 (2), 188–210.

Khokhar, S. & Magnusdottir, S.G.(2002). Total phenol, catechin, and caffeine contents of teas commonly consumed in the United kingdom. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 50(3), 565-570.

Kim, Y., Goodner, K. L., Park, J.D., Choi, J. & Talcott, S.T. (2011). Changes in antioxidant phytochemicals and volatile composition of Camellia sinensis by oxidation during tea fermentation. Food Chemistry, 129, 1331-1342.

Kubik, A.K., Zatloukal, P., Tomasek, L., Pauk, N., Havel, L., Krepela, E. & Petruzelka, L. (2004). Dietary habits and lung cancer risk among nonsmoking women. European Journal of Cancer Prevention 13 (6), 471–480.

Kuhnert, N. (2010). Unraveling the structure of the black tea thearubigins. Archives of Biochemistry and Biophysics, 501, 37-51.

Lambert, J.D. & Yang, C.S. (2003a). Cancer chemopreventive activity and bioavailability of tea and tea polyphenols. Mutatation Research 523–524, 201–208.

Lambert, J.D. &Yang, C.S.(2003b). Mechanisms of cancer prevention by tea constituents. Journal of Nutrition 133 (10), 3262S–3267S.

Lee, K. W., Lee, H. J., & Lee, C. Y. (2002). Antioxidant activity of black tea vs. green tea. Journal of Nutrition, 132, 785.

Leenen, R., Roodenburg, A., Tijburg, L. & Wiseman, S.A. (2000). A single dose of tea with or without milk increases plasma antioxidant activity in humans. European Journal of Clinical Nutrition 54 (1), 87–92.

Leung, L. K., Su, Y., Chen, R., Zhang, Z., Huang, Y., & Chen, Z. Y. (2001). Theaflavins in black tea and catechins in green tea are equally effective antioxidants. Journal of Nutrition, 131, 2248– 2251.

Lin, J. K., Lin, C. L., Liang, Y. C., Lin-Shiau, S. Y., & Juan, I. M. (1998). Survey of catechins, gallic acid and methylxanthines in green, oolong, pu-erh and black teas. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 46, 3635–3642.

Market Analysis and Research, International Trade Centre (ITC). [Online]. Available from http://www.trademap.org/Index.aspx Retrieved on September 28, 2010.

Mendilaharsu, M., De Stefani, E., Deneo-Pellegrini, H., Carzoglio, J.C. & Ronco, A. (1998). Consumption of tea and coffee and the risk of lung cancer in cigarette-smoking men: a case-control study in Uruguay. Lung Cancer 19 (2), 101–117.

Millin D J. (1987). Factors affecting the quality of tea. In: Herschdoerfer S M. (ed). Quality Control in the Food Industry. London: Academic Press.

Moughan, P. J., Jayasekera, S., Molan, A. L., & Garg, M. (2011). Variation in antioxidant potential and total polyphenol content of fresh and fully-fermented Sri Lankan tea. Food Chemistry, 125(2), 536-541.

Mu, L.N., Zhou, X.F., Ding, B.G., Wang, R.H., Zhang, Z.F., Chen, C.W., Wei, G.R., Zhou, X.M., Jiang, Q.W. &Yu, S.Z. (2003). A case-control study on drinking green tea and decreasing risk of cancers in the alimentary canal among cigarette smokers and alcohol drinkers. Zhonghua Liu Xing Bing Xue Za Zhi 24 (3), 192–195.

Mukhtar, H. & Ahmad, N. (2000). Tea polyphenols: prevention of cancer and optimizing health. American Journal of Clinical Nutrition 71 (6 Suppl), 1698S–1702S.

Nakachi, K., Matsuyama, S., Miyake, S., Suganuma, M. & Imai, K. (2000). Preventive effects of drinking green tea on cancer and cardiovasculardisease: epidemiological evidence for multiple targeting prevention. Biofactors 13 (1–4), 49–54.

Nakachi, K., Suemasu, K., Suga, K., Takeo, T., Imai, K. & Higashi, Y. (1998). Influence of drinking green tea on breast cancer malignancy among Japanese patients. Japanese Journal of Cancer Research 89 (3), 254–261.

Nakao, M., Takio, S., & Ono, K. (1998). Alkyl peroxyl radicalscavenging activity of catechins. Phytochemistry, 49(8), 2379– 2382.

Naldi, L., Gallus, S., Tavani, A., Imberti, G.L. & La Vecchia, C. (2004). Risk of melanoma and vitamin A, coffee and alcohol: a case-control study from Italy. European Journal of Cancer Prevention 13 (6), 503–508.

Nanjo, F., Goto, K., Seto, R., Suzuki, M., Sakai,M., & Hara, Y. (1996). Scavenging effects of tea catechins and their derivatives on 1,1- diphenyl-2-picrylhydrazyl radical. Free Radical Biology and Medicine, 21(6), 895–902.

Obuchowicz, J., Engelhardt, U. H. & Donnelly, K. (2011). Flavanol database for green and black teas utilising ISO 14502-1 and ISO 14502-2 as analytical tools. Journal of Food Composition and Analysis, 24, 411-417.

Othieno C O, Owuor P O. (1984). Black tea quality and international standards. International Tea Journal 7: 27–30.

Peters, U., Poole, C. & Arab, L. (2001). Does tea affect cardiovascular disease? A meta-analysis. American Journal of Epidemiology 154 (6), 495–503.

Qua, P. Y., Hang, T. V. Hai Ha, N. H. , & Giang, B. L. (2007) Total polyphenols, Total cattechins content and DPPH free radical scavenger activity of several types of Vietnam commercial green tea. Science and technology Development, 10(10), 5-11.

Rains, T.M. & Agarwal, S. (2011). Antiobesity effects of green tea catechins: a mechanistic review, The Journal of Nutritional Biochemistry, 22: 1-7.

Reto, M., Figueira, M., Filipe, H., & Almeida, C. (2007). Chemical Composition of Green Tea Infusions Commercialized in Portugal. Plant Foods for Human Nutrition (Formerly Qualitas Plantarum), 62(4), 139-144.

Robinson J M, Owuor P O. (1993). Tea: analysing and testing. *In*: Macrae R, Robinson R, Sadler M (eds). The encyclopedia of food science. Food technology and nutrition (Vol. 7, pp. 4537–4542)

Rudelle, S., Ferruzzi, M.G., Cristiani, I., Moulin, J., Mace, K., Acheson, K.J. & Tappy, L. (2007). Effect of a thermogenic beverage on 24-hour energy metabolism in humans. Obesity (Silver Spring) 15 (2), 349–355.

Saito, S. T., Gosmann, G., Saffi, J., Presser, M., Richter, M. F., & Bergold, A. M. (2007). Characterization of the Constituents and Antioxidant Activity of Brazilian Green Tea (*Camellia sinensis* var. *assamica* IAC-259 Cultivar) Extracts. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 55(23), 9409-9414.

Salah, N., Miller, N. J., Paganga, G., Tijburg, L., Bolwell, G. P., & Rice-Evans, C. (1995). Polyphenolic flavanols as scavengers of aqueous phase radicals and as chain-breaking antioxidants. Archives of Biochemistry and Biophysics, 22, 339–346.

Sang, S., Lamber, J. D., Ho, C. T. & Yang, C. S. (2011). The chemistry and biotransformation of tea constituents. Pharmacological Research, 64, 87-99.

Sang, S., Tian, S., Stark, R. E., Yang, C. S. & Ho, C. T. (2004). New dibenzotropolone derivatives characterized from black tea using LC/MS/MS. Bioorganic & Medicinal Chemistry, 12, 3009–3017.

Sesso, H.D., Gaziano, J.M., Buring, J.E. &Hennekens, C.H. (1999). Coffee and tea intake and the risk of myocardial infarction. American Journal of Epidemiology 149 (2), 162–167.

Shoji, Y. & Nakashima, H. (2006). Glucose-lowering effect of powder formulation of African black tea extract in KK-A(y)/TaJcl diabetic mouse. Archives of Pharmacal Research 29 (9), 786–794.

Singleton, V. L., & Rossi, J. A. Jr., (1965). Colorimetry of total phenolics with phosphomolybdic–phosphotungstic acid reagents. American Journal of Enology and Viticulture, 16, 144–158.

Subramanian, N., Venkatesh, P., Ganguli, S. & Sinkar, V. P. (1999). Role of polyphenol oxidase and peroxidase in the generation of black tea theaflavins. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 47, 2571–2678.

Sueoka, N., Suganuma, M., Sueoka, E., Okabe, S., Matsuyama, S., Imai, K., Nakachi, K. & Fujiki, H. (2001). A new function of green tea: prevention of lifestyle-related diseases. Annals of the New York Academy of Sciences 928, 274–280.

Sun, C.L., Yuan, J.M., Koh, W.P., & Yu, M.C. (2006). Green tea, black tea and breast cancer risk: a meta-analysis of epidemiological studies. Carcinogenesis 27 (7), 1310–1315.

Wang, H. F., Tsai, Y. S., Lin, M. L., & Ou, A. S.-m. (2006). Comparison of bioactive components in GABA tea and green tea produced in Taiwan. Food Chemistry, 96(4), 648-653.

Wang, H., Provan, G. J., & Helliwell, K. (2003). HPLC determination of catechins in tea leaves and tea extracts using relative response factors. Food Chemistry, 81(2), 307-312.

Wang, K., Liu, F., Liu, Z., Huang, J., Xu, Z., Li, Y., Chen, J., Gong, Y., & Yang, X. (2010). Analysis of chemical components in oolong tea in relation to perceived quality. International Journal of Food Science & Technology, *45*(5), 913-920.

Wang,M.,Guo, C. & Li, M. (1999) .Acase-control study on the dietary risk factors of upper digestive tract cancer. Zhonghua Liu Xing Bing Xue Za Zhi 20 (2), 95–97.

Wheeler, D. S., & Wheeler, W. J. (2004). The medicinal chemistry of tea. Drug Development Research, 61, 45–65.

Wu, A.H., Tseng, C.C., Van Den Berg, D. &Yu, M.C. (2003b). Tea intake, COMT genotype, and breast cancer in Asian-American women. Cancer Research 63 (21), 7526–7529.

Wu, A.H., Yu, M.C., Tseng, C.C., Hankin, J. & Pike, M.C. (2003a). Green tea and risk of breast cancer in Asian Americans. International Journal of Cancer 106 (4), 574–579.

Yamaguchi, S. & Tanaka, J. I. (1995). Origin and Spread of Tea from China to Eastern Asian Regions and Japan. In: Proceeding of '95 International Tea-Quality-Human Health Symposium. Shanghai, China, Nov. 7th -10th, pp 279-286.

Yang, M., Wang, C. & Chen, H. (2001). Green, Oolong and black tea extracts modulate lipid metabolism in hyperlipidemia rats fed high-sucrose diet. Journal of Nutritional Biochemistry 12 (1), 14–20.

Yao, L., Liu, X., Jiang, Y., Caffin, N., D'Arcy, B., Singanusong, R., Datta, N. & Xu, Y. (2006). Compositional analysis of teas from Australian supermarkets. Food Chemistry, 94(1), 115-122.

Yen, G. C., & Duh, P. D. (1994). Scavenging effect of methanolic extracts of peanut hulls on free-radical and active oxygen species. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 42, 629–632

Yen, G. H., & Chen, H. Y. (1995). Antioxidant activity of various tea extracts in relation to their antimutagenicity. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 43, 27–32.

Yokozawa, T., Dong, E., Nakagawa, T., Kashiwagi, H., Nakagawa, H. & Takeuchi, S. (1998). *In vitro* and *in vivo* studies on the radical-scavenging activity of tea. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 46, 2143–2150.

Zhong, L., Goldberg, M.S., Gao, Y.T., Hanley, J.A., Parent, M.E. & Jin, F. (2001). A population-based case-control study of lung cancer and green tea consumption among women living in Shanghai, China. Epidemiology 12 (6), 695–700.

ประวัตินักวิจัย

1. ชื่อ-สกุล ดร. ธีรพงษ์ เทพกรณ์
Dr. Theerapong Theppakorn
2. ตำแหน่งปัจจุบัน อาจารย์
3. หน่วยงานที่สังกัด สำนักวิชาอุตสาหกรรมเกษตร
มหาวิทยาลัยแม่ฟ้าหลวง ตำบล ท่าสุด อำเภอ เมือง
จังหวัด เชียงราย 57100
โทรศัพท์ 053-916750 และ 081-5954272
E-mail: theerapongt@mfu.ac.th, peawic@hotmail.com

4. ประวัติการศึกษา

ปีที่จบการศึกษา ประเทศ	ระดับ ปริญญา	ชื่อปริญญา	สาขาวิชา	สถาบัน
2542 ไทย	ปริญญาตรี	วท.บ (เกียรตินิยมอันดับหนึ่ง)	เคมีอุตสาหกรรม	มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
2546 ไทย	ปริญญาเอก	วท.ด.	เทคโนโลยีชีวภาพ	มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

5. ผลงานทางวิชาการ

1. Theerapong Theppakorn and Sirirung Wongsakul (2012) Optimization and Validation of the HPLC-Based Method for the Analysis of Gallic acid, Caffeine and 5 Catechins in Green Tea. Naresuan University Journal 20(2): 1-11.
2. Theerapong Theppakorn (2012) Tea (*Camellia sinensis* L.): Manufacturing and Chemical Compositions from Fermentation (in Thai) Burapha Science Journal. 17(2): 189-196.
3. Theerapong Theppakorn, Kanjana Yamee and Ananya Ekkapan (2012) Fatty Acid Composition of Assam Tea Seed Kernel Oils of Thailand (in Thai). KKU Science Journal. 40(4): 225-1235.
4. Chalida Attarun, Piyuda Seangariyanan and Theerapong Theppakorn (2012) Preliminary Study on Separation of Catechins from Green Teas Using a Mini-pilot Scale Column Packed with Amberlite XAD-7HP Resin, Proceedings of Pure and Applied Chemistry International Conference 2012 (PACCON 2012): January, 11-13, Chiang Mai, Thailand; 841-844.

ประวัตินักวิจัย

1. ชื่อ-นามสกุล (ภาษาไทย) นางสาวเสาวภา ไชยวงศ์
   (ภาษาอังกฤษ) Miss Saowapa CHAIWONG
2. ตำแหน่งปัจจุบัน ผู้ช่วยศาสตราจารย์
3. สถานที่ติดต่อ (ที่ทำงาน) สำนักวิชาอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยแม่ฟ้าหลวง
   333 หมู่ 1 ตำบลท่าสุด อำเภอเมือง จังหวัดเชียงราย 57100
   โทรศัพท์/โทรสาร 0-5391-6737/0-5391-6739
   saowapa_c@yahoo.com/saowapa@mfu.ac.th
4. ประวัติการศึกษา

ปีที่จบ ประเทศ	ระดับปริญญา	ชื่อปริญญา	สาขาวิชา	สถาบัน
2543 ไทย	ปริญญาตรี	วท.บ (เกียรตินิยมอันดับสอง)	เกษตรศาสตร์	มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
2547 ไทย	ปริญญาโท	วท.ม.	เกษตรศาสตร์ (พืชสวน) (เทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยว)	มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

5. ผลงานทางวิชาการ
   1. Chaiwong, S. and T. Theppakorn. 2010. Bioactive Compounds and Antioxidant Capacity of Pink Pummelo (Citrus grandis (L.) Osbeck) cv. "Thong Dee" in Thailand. Journal of the International Society for SoutheastAsian Agricultural Sciences (ISSAAS). 16 (2): 10-16.
   2. Chaiwong, S. and Theppakorn, T. 2010. Review: Flavonoids in Thai Pummelo. The Journal of Applied Science. 9(2): 79-89.
   3. Theppakorn, T., and Chaiwong, S. "Evaluation of Bioactive Compounds and Antioxidant Capacities of Pomelo cv. "Thong Dee for Export", 35th Congress on Science and Technology of Thailand, Thailand, 2009.
   4. Chonhenchob, V., Chinsirikul, W., Fuongfuchat, A., Chaiwong, S., Boonruang, K., and, Kerdddonfag, N. "High Permeable Film Used for Modified Atmosphere Packaging Improve Quality and Shelf life of Baby Corn", Journal of Applied Packaging Research, 3:2, 2009.
   5. Pitukwong, P.,and Chaiwong, S. "Physico-chemical Properties of Pummelo cv. Thong Dee and Chandler during Growth and Development", Agricultural Sci. J. 40:3 (Suppl.) 396-399, Chiang Mai, Thailand, 2009.