ปัจจัยที่มีผลต่อปริมาณสารต้านอนุมูลอิสระในชาพาสเจอร์ไรส์

FACTORS AFFECTING ANTIOXIDANT CONTENTS IN PASTEURIZED TEA

ครพรรณ บุญวิรวาเจริญ

CRAPAN SOONWITHAWACHAROEN

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชาวิทยาศาสตร์การอาหาร

บัณฑิตวิทยาลัย

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

พ.ศ. 2549

ISBN 974-15-2166-9

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

ปัจจัยที่มีผลต่อปริมาณสารต้านอนุมูลอิสระในชาพาสเจอร์ไรส์

FACTORS AFFECTING ANTIOXIDANT CONTENTS IN PASTEURIZED TEA

อรพรรณ บุญวิธวาเจริญ

ORAPAN BOONWITHAWACHAROEN

วน.
ว 3922
2549

เลขหมู่.....
เลขทะเบียน 63407
วัน,เดือน,ปี 28 ส.ค. 2549

b 11636592
i.....

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาวิทยาศาสตร์การอาหาร
บัณฑิตวิทยาลัย
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
พ.ศ. 2549

ISBN 974-15-2166-9

FACTORS AFFECTING ANTIOXIDANT CONTENTS IN PASTEURIZED TEA

ORAPAN BOONWITHAWACHAROEN

A THESIS SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT
OF THE REQUIREMENT FOR THE DEGREE OF
MASTER OF SCIENCE IN FOOD SCIENCE
SCHOOL OF GRADUATE STUDIES
KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG
2006

ISBN 974-15-2166-9

COPYRIGHT 2006

SCHOOL OF GRADUATE STUDIES

KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG

หัวข้อวิทยานิพนธ์	ปัจจัยที่มีผลต่อปริมาณสารต้านอนุมูลอิสระในชาพาสเจอร์ไรส์
ชื่อนักศึกษา	นางสาวอรพรรณ บุญวิธวาเจริญ
รหัสประจำตัว	46066617
ปริญญา	วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชา	วิทยาศาสตร์การอาหาร
พ.ศ.	2549
อาจารย์ผู้ควบคุมวิทยานิพนธ์	รศ.ดร.วุฒิชัย นาครักษา

บทคัดย่อ

ในการศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อปริมาณสารต้านอนุมูลอิสระในน้ำชาพาสเจอร์ไรส์นั้น ได้ทำการศึกษาในชาทั้งหมด 4 ชนิด ได้แก่ชาเขียว ชาอูหลง ชาดำและชาใบหม่อน จากการศึกษาพบว่าปริมาณโพลีฟีนอลโดยรวม แทนนินและความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระในชาเขียว ชาอูหลงและชาดำจะสูงกว่าชาใบหม่อน และจากการศึกษาผลของอุณหภูมิของน้ำที่ใช้ในการชงชา (80 และ 100 องศาเซลเซียส) อัตราส่วนระหว่างใบชาต่อน้ำ(0.6 กรัม/100 มิลลิลิตร และ 1.2 กรัม/ 100 มิลลิลิตร) และเวลาที่ใช้ในการชงชา(1 2 3 4 และ 5 นาที) ต่อปริมาณโพลีฟีนอลโดยรวม แทนนินและค่าความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระ พบว่า การเพิ่มอุณหภูมิของน้ำ อัตราส่วนระหว่างใบชาต่อน้ำและใช้เวลาในการชงชาเขียว ชาอูหลงและชาดำนานขึ้น ทำให้ได้น้ำชาที่มีปริมาณโพลีฟีนอลโดยรวม แทนนินและมีค่าความสามารถใน การต้านอนุมูลอิสระในน้ำชาสูงขึ้น แต่ค่าความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระของน้ำชาใบหม่อนจะลดลง เมื่ออุณหภูมิของน้ำที่ใช้ในการชงชาเพิ่มขึ้น ซึ่งการเปลี่ยนแปลงปริมาณสาร โพลีฟีนอลโดยรวม แทนนินและค่าความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระของน้ำชาทั้ง 4 ชนิดในระหว่าง การเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 30 วัน พบว่าปริมาณสารดังกล่าวจะมีแนวโน้มลดลงหลังจากเก็บรักษาเป็นเวลานานขึ้น และจะมีการเปลี่ยนแปลงสีของน้ำชาในระหว่างการเก็บรักษาเพียงเล็กน้อยเท่านั้น

Thesis Title	FACTORS AFFECTING ANTIOXIDANT CONTENTS IN PASTEURIZED TEA
Student	Miss Orapan Boonwithawacharoen
Student ID	46066617
Degree	Master of Science
Programme	Food Science
Year	2006
Thesis Advisor	Assoc. Prof. Dr. Woatthichai Narkrugsa

ABSTRACT

The study on factors affecting antioxidant contents in pasteurized tea were done from green tea, oolong tea and black tea(*Camellia sinensis*) and mulberry tea(*Morus sp.*). The results showed that the content of total polyphenol, tannin and antioxidant activity of green tea, black tea and oolong teawere higher than mulberry tea. Extraction tea leaves with water (leaf/water ratio 0.6 g/100 ml and 1.2 g/100 ml) at temperture 80 and 100°C. ratio for 1, 2, 3, 4 and 5 min were also done. With the result the increasing of water temperature, leaf/water ratio and extraction time will increase the amount of total polyphenol, tannin and antioxidant activity of green tea, oolong tea and black tea, but antioxidant activity of mulberry tea will decrease. During storage at 4°C for 30 days in PET bottle, the changing of the total polyphenol, tannin and antioxidant activity of all tea were decreased. While a little the changing in color.

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จสมบูรณ์ได้ เนื่องด้วยความกรุณาของ รศ.ดร.วุฒิชัย นาครักษา อาจารย์ที่ปรึกษา รศ.ดร.วรรณา ตั้งเจริญชัย และ ดร.กิตติชัย บรรจง กรรมการการสอบ ที่ได้กรุณาให้ความช่วยเหลือ คำแนะนำ ข้อคิดเห็นและแนะแนวทางแก้ไขปัญหาต่าง ๆ ที่เกิดขึ้นในระหว่างการทดลองงานวิจัยนี้ ตลอดจนช่วยแก้ไขวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ให้สมบูรณ์ยิ่งขึ้น ข้าพเจ้าขอขอบพระคุณเป็นอย่างสูงไว้ ณ ที่นี้

ขอขอบพระคุณคณาจารย์และเจ้าหน้าที่ โครงการคณะอุตสาหกรรมเกษตรทุกท่าน และขอขอบคุณพี่ เพื่อน และน้องทุกคนที่ให้ความช่วยเหลือและเป็นกำลังใจที่ดีมาโดยตลอด

ท้ายนี้ขอขอบพระคุณ คุณพ่อ คุณแม่ และพี่น้องทุกคนในครอบครัวที่สนับสนุนการศึกษาแก่ข้าพเจ้า และเป็นผู้ให้กำลังใจอันสำคัญยิ่งต่อข้าพเจ้า ทำให้สามารถฝ่าฟันอุปสรรคต่าง ๆ มาได้โดยตลอด

อรพรรณ บุญวิธวาเจริญ

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย	I
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	II
กิตติกรรมประกาศ	III
สารบัญ	IV
สารบัญตาราง	VI
สารบัญภาพ	VII
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 ความสำคัญและที่มา	1
1.2 วัตถุประสงค์ของงานวิจัย	1
1.3 ขอบเขตของการศึกษา	2
1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	2
บทที่ 2 ทฤษฎีและผลงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	3
2.1 ชา	3
2.2 ลักษณะทางพฤกษศาสตร์	4
2.3 การจำแนกพันธุ์ชา	5
2.4 ประเภทชา	5
2.5 ขั้นตอนขบวนการผลิตชา	7
2.6 หม่อน	10
2.7 องค์ประกอบทางเคมีในชา	12
2.8 ปัจจัยที่มีผลต่อปริมาณสารเคมีในน้ำชา	18
บทที่ 3 อุปกรณ์และวิธีดำเนินงาน	22
3.1 วัตถุดิบ	22
3.2 สารเคมี	22
3.3 อุปกรณ์และเครื่องมือ	22
3.4 วิธีดำเนินงาน	23

สารบัญ(ต่อ)

หน้า

บทที่ 4 ผลการทดลองและวิจารณ์ 27

4.1 ผลการวิเคราะห์สารต้านอนุมูลอิสระในใบชาชนิดต่าง ๆ 27

4.2 ผลของอุณหภูมิของน้ำ อัตราส่วนระหว่างใบชาต่อน้ำและเวลาที่ใช้ในการชงชาต่อปริมาณสารต้านอนุมูลอิสระในน้ำชาชนิดต่าง ๆ 29

4.2.1 ผลของอุณหภูมิของน้ำ อัตราส่วนระหว่างใบชาต่อน้ำและเวลาที่ใช้ในการชงชาต่อปริมาณโพลีฟีนอลโดยรวม แทนนินและความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระในน้ำชาเขียว 29

4.2.2 ผลของอุณหภูมิของน้ำ อัตราส่วนระหว่างใบชาต่อน้ำและเวลาที่ใช้ในการชงชาต่อปริมาณโพลีฟีนอลโดยรวม แทนนินและความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระในน้ำชาอูหลง 32

4.2.3 ผลของอุณหภูมิของน้ำ อัตราส่วนระหว่างใบชาต่อน้ำและเวลาที่ใช้ในการชงชาต่อปริมาณโพลีฟีนอลโดยรวม แทนนินและความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระในน้ำชาดำ 36

4.2.4 ผลของอุณหภูมิของน้ำ อัตราส่วนระหว่างใบชาต่อน้ำและเวลาที่ใช้ในการชงชาต่อปริมาณโพลีฟีนอลโดยรวม แทนนินและความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระในน้ำชาใบหม่อน 39

4.3 ผลการวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงปริมาณสารต้านอนุมูลอิสระและสีของน้ำชาชนิดต่าง ๆ ในระหว่างการเก็บรักษา 43

4.3.1 ผลการวิเคราะห์ปริมาณสารโพลีฟีนอลโดยรวม แทนนินและค่าความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระของน้ำชาชนิดต่าง ๆ ในระหว่างการเก็บรักษา 43

4.3.2 ผลการวัดค่าสีของน้ำชาชนิดต่าง ๆ ในระหว่างการเก็บรักษา 49

บทที่ 5 สรุปผลการทดลองและ 54

บรรณานุกรม 56

ภาคผนวก 59

สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
2.1 ส่วนประกอบโดยประมาณของยอดชาสด	12
2.2 ส่วนประกอบของใบชาสดและชาแห้ง	13
2.3 ปริมาณสารอนินทรีย์ในใบชา	17
4.1 ปริมาณโพลีฟีนอลโดยรวม แทนนินและความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระในใบชาชนิดต่าง ๆ	27
4.2 ปริมาณโพลีฟีนอลโดยรวม แทนนินและความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระในน้ำชาเขียวที่ชงโดยใช้อุณหภูมิของน้ำ อัตราส่วนระหว่างใบชาต่อน้ำและเวลาที่ใช้ในการชงต่างกัน	31
4.3 ปริมาณโพลีฟีนอลโดยรวม แทนนินและความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระในน้ำชาอูหลงที่ชงโดยใช้อุณหภูมิของน้ำ อัตราส่วนระหว่างใบชาต่อน้ำและเวลาที่ใช้ในการชงต่างกัน	35
4.4 ปริมาณโพลีฟีนอลโดยรวม แทนนินและความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระในน้ำชาดำที่ชงโดยใช้อุณหภูมิของน้ำ อัตราส่วนระหว่างใบชาต่อน้ำและเวลาที่ใช้ในการชงต่างกัน	38
4.5 ปริมาณโพลีฟีนอลโดยรวม แทนนินและความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระในน้ำชาใบหม่อนที่ชงโดยใช้อุณหภูมิของน้ำ อัตราส่วนระหว่างใบชาต่อน้ำและเวลาที่ใช้ในการชงต่างกัน	42
4.6 ปริมาณโพลีฟีนอลโดยรวม(มิลลิกรัม/กรัม) ของน้ำชาชนิดต่าง ๆ เมื่อเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 30 วัน	46
4.7 ปริมาณแทนนิน(ไมโครกรัม/กรัม) ของน้ำชาชนิดต่าง ๆ เมื่อเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 30 วัน	46
4.8 ค่าความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระ(เปอร์เซ็นต์) ของน้ำชาชนิดต่าง ๆ เมื่อเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 30 วัน	47
4.9 ค่าสีของน้ำชาชนิดต่าง ๆ เมื่อเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 30 วัน	52
4.10 ค่าความแตกต่างของสีโดยรวม(the total color difference: DE) ของน้ำชาชนิดต่าง ๆ เมื่อเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 30 วัน	53

สารบัญภาพ

ภาพที่	หน้า
2.1 ชาเขียว	6
2.2 ชาอูหลง	6
2.3 ชาดำ	7
2.4 กระบวนการผลิตชาเขียว ชาอูหลงและชาดำ	11
2.5 โครงสร้างของสารในกลุ่มคาเทชิน	15
4.1 ปริมาณโพลีฟีนอลโดยรวมในน้ำชาเขียวที่ชงโดยใช้อุณหภูมิของน้ำ อัตราส่วนระหว่างใบชาต่อน้ำและเวลาที่ใช้ในการชงต่างกัน	29
4.2 ปริมาณแทนนินในน้ำชาเขียวที่ชงโดยใช้อุณหภูมิของน้ำ อัตราส่วนระหว่างใบชาต่อน้ำและเวลาที่ใช้ในการชงต่างกัน	30
4.3 ความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระในน้ำชาเขียวที่ชงโดยใช้อุณหภูมิของน้ำ อัตราส่วนระหว่างใบชาต่อน้ำและเวลาที่ใช้ในการชงต่างกัน	30
4.4 ปริมาณโพลีฟีนอลโดยรวมในน้ำชาอูหลงที่ชงโดยใช้อุณหภูมิของน้ำ อัตราส่วนระหว่างใบชาต่อน้ำและเวลาที่ใช้ในการชงต่างกัน	33
4.5 ปริมาณแทนนินในน้ำชาอูหลงที่ชงโดยใช้อุณหภูมิของน้ำ อัตราส่วนระหว่างใบชาต่อน้ำและเวลาที่ใช้ในการชงต่างกัน	33
4.6 ความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระในน้ำชาอูหลงที่ชงโดยใช้อุณหภูมิของน้ำ อัตราส่วนระหว่างใบชาต่อน้ำและเวลาที่ใช้ในการชงต่างกัน	34
4.7 ปริมาณโพลีฟีนอลโดยรวมในน้ำชาดำที่ชงโดยใช้อุณหภูมิของน้ำ อัตราส่วนระหว่างใบชาต่อน้ำและเวลาที่ใช้ในการชงต่างกัน	36
4.8 ปริมาณแทนนินในน้ำชาดำที่ชงโดยใช้อุณหภูมิของน้ำ อัตราส่วนระหว่างใบชาต่อน้ำและเวลาที่ใช้ในการชงต่างกัน	37
4.9 ความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระในน้ำชาดำที่ชงโดยใช้อุณหภูมิของน้ำ อัตราส่วนระหว่างใบชาต่อน้ำและเวลาที่ใช้ในการชงต่างกัน	37
4.10 ปริมาณโพลีฟีนอลโดยรวมในน้ำชาใบหม่อนที่ชงโดยใช้อุณหภูมิของน้ำ อัตราส่วนระหว่างใบชาต่อน้ำและเวลาที่ใช้ในการชงต่างกัน	40
4.11 ปริมาณแทนนินในน้ำชาใบหม่อนที่ชงโดยใช้อุณหภูมิของน้ำ อัตราส่วนระหว่างใบชาต่อน้ำและเวลาที่ใช้ในการชงต่างกัน	40

สารบัญภาพ(ต่อ)

ภาพที่ หน้า

4.12 ความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระในน้ำชาใบหม่อนที่ชงโดยใช้อุณหภูมิของน้ำ อัตราส่วนระหว่างใบชาต่อน้ำและเวลาที่ใช้ในการชงต่างกัน..... 41

4.13 ปริมาณโพลีฟีนอลโดยรวมของน้ำชาชนิดต่าง ๆ เมื่อเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 30 วัน..... 44

4.14 ปริมาณแทนนินของน้ำชาชนิดต่าง ๆ เมื่อเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 30 วัน..... 44

4.15 ค่าความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระของน้ำชาชนิดต่าง ๆ เมื่อเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 30 วัน..... 45

4.16 ปริมาณโพลีฟีนอลโดยรวมของน้ำชาชนิดต่าง ๆ เมื่อเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 0 และ 30 วัน..... 48

4.17 ปริมาณแทนนินของน้ำชาชนิดต่าง ๆ เมื่อเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 0 และ 30 วัน..... 48

4.18 ค่าความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระของน้ำชาชนิดต่าง ๆ เมื่อเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 0 และ 30 วัน..... 49

4.19 ค่าความสว่าง (L) ของน้ำชาชนิดต่าง ๆ ในระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 30 วัน..... 50

4.20 ค่าความเป็นสีแดง (a) ของน้ำชาชนิดต่าง ๆ ในระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 30 วัน..... 50

4.21 ค่าความเป็นสีเหลือง (b) ของน้ำชาชนิดต่าง ๆ ในระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 30 วัน..... 51

4.22 ค่าความแตกต่างของค่าสีโดยรวม (DE) ของน้ำชาชนิดต่าง ๆ ในระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 30 วัน..... 51

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ความสำคัญและที่มา

ชาเป็นเครื่องดื่มที่นิยมบริโภคกันมานาน ประเทศจีนเป็นชาติแรกที่ได้บันทึกเรื่องการดื่มชาไว้(กฤษณา ชุติมา, 2543) ต่อมาแพร่หลายไปยังประเทศต่าง ๆ รวมถึงประเทศไทยด้วย แม้ในระยะหลังกาแฟกลายเป็นเครื่องดื่มยอดนิยมมากกว่าชา แต่ในปัจจุบัน มีการตื่นตัวเรื่องการรักษาสุขภาพ เพราะข้อมูลในปัจจุบันนั้นชามีบทบาทที่น่าสนใจ นั่นคือเป็น healthy drink หรือเครื่องดื่มเพื่อสุขภาพ(ชนิพรรณ บุตรยี่ และ จินตนา ศิริวราศัย, 2542) เนื่องจากสารประกอบเคมีในชาที่สำคัญที่สุด คือ โพลีฟีนอล ที่ถูกจัดว่าเป็นสารต้านออกซิเดชันหรือสารต้านอนุมูลอิสระที่ดี (antioxidant)(กฤษณา ชุติมา, 2543) นอกจากนี้ในชายังมีองค์ประกอบอื่นที่มีศักยภาพเป็นสารต้านอนุมูลอิสระอีกด้วย จึงทำให้ปริมาณการบริโภคชาเพิ่มขึ้น(ยุทธศักดิ์ คณาสวัสดิ์, 2546) จากการสำรวจทั่วโลกพบว่ามีการบริโภคกันมากกว่า 800 ล้านถ้วยต่อวัน(ประทานพร, 2547) โดยพบว่าอัตราการดื่มชาโดยรวมของคนไทยเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วจาก 18 ลิตร/คน/ปี เป็น 27 ลิตร/คน/ปี ในปี 2545(ยุทธศักดิ์ คณาสวัสดิ์, 2546) ชาที่นิยมดื่มมี 3 ชนิด คือ ชาดำ ชาเขียวและชาอูหลง โดยชาทั้ง 3 ชนิดนี้มีกระบวนการผลิตที่แตกต่างกัน ซึ่งกระบวนการผลิตชาที่แตกต่างกันส่งผลให้สารเคมีที่เป็นองค์ประกอบในชาเหล่านี้แตกต่างกันไปด้วย ซึ่งสารเคมีที่เป็นองค์ประกอบในชาเหล่านี้จะถูกสกัดหรือละลายออกมากับน้ำร้อนขณะที่ชงชา เพราะฉะนั้นในขั้นตอนการชงชาจึงมีปัจจัยหลายอย่างที่จะมีผลต่อปริมาณสารเคมีที่จะละลายอยู่ในน้ำชา เช่น อัตราส่วนระหว่างใบชาต่อน้ำ อุณหภูมิของน้ำและเวลาในการชงชา นอกจากนี้กระบวนการให้ความร้อนต่าง ๆ เช่น การพาสเจอร์ไรส์ การสเทอริไลส์ รวมทั้งการเก็บรักษาเป็นระยะเวลานานก็มีส่วนทำให้เกิดการสูญเสียสารต้านอนุมูลอิสระได้เช่นกัน(Manzocco et al., 1998) ดังนั้นจึงเป็นที่น่าสนใจที่จะศึกษาปัจจัยต่าง ๆ ที่มีผลต่อปริมาณสารต้านอนุมูลอิสระ เพื่อเป็นแนวทางในการเตรียมน้ำชาเพื่อให้ได้น้ำชาที่มีปริมาณสารต้านอนุมูลอิสระสูงสุด

1.2 วัตถุประสงค์ของงานวิจัย

1. ศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อปริมาณสารต้านอนุมูลอิสระในน้ำชา

2. ศึกษาการเปลี่ยนแปลงปริมาณสารต้านอนุมูลอิสระของน้ำชาพาสเจอร์ไรส์ในระหว่างการเก็บรักษา

1.3 ขอบเขตของการศึกษา

งานวิจัยนี้ได้ศึกษาปัจจัยต่าง ๆ ที่มีผลต่อปริมาณสารต้านอนุมูลอิสระในน้ำชา โดยปัจจัยที่ถูกนำมาศึกษาในครั้งนี้ ได้แก่ ชนิดของใบชา อุณหภูมิของน้ำ อัตราส่วนระหว่างใบชาต่อน้ำ และเวลาที่ใช้ในการชงชา ทั้งนี้เพื่อเป็นแนวทางในการเตรียมน้ำชาเพื่อให้ได้น้ำชาที่มีปริมาณสารต้านอนุมูลอิสระสูงสุด นอกจากนี้ยังได้ศึกษาการเปลี่ยนแปลงของปริมาณสารต้านอนุมูลอิสระของน้ำชาในระหว่างการเก็บรักษาอีกด้วย

1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

งานวิจัยนี้ศึกษาปัจจัยต่าง ๆ ที่มีผลต่อปริมาณสารต้านอนุมูลอิสระในน้ำชาและศึกษาการเปลี่ยนแปลงสารต้านอนุมูลอิสระในระหว่างการเก็บรักษา ซึ่งจะทำให้ทราบถึงสภาวะที่เหมาะสมที่ใช้ในการชงชาเพื่อใช้เป็นแนวทางในการผลิตชาสำเร็จรูปพร้อมดื่มต่อไปในทางอุตสาหกรรมต่อไป และให้เป็นทางเลือกสำหรับผู้บริโภคที่จะได้บริโภคน้ำชาโดยได้รับสารต้านอนุมูลอิสระในปริมาณสูงสุด

บทที่ 2
ทฤษฎีและผลงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 ชา

ชาเป็นไม้พุ่มเตี้ยมีใบเขียวตลอดปี มีชื่อทางพฤกษศาสตร์ว่า *Camellia sinensis* (ดาเรศ บรรเทิงจิตร, 2547) จัดอยู่ในวงศ์ Theacae หรือ Ternstroemaceae(ประทานพร, 2547) ชามีถิ่นกำเนิดดั้งเดิมในทวีปเอเชียโดยเฉพาะบนเขตที่ราบสูงบริเวณรอยต่อระหว่างประเทศจีน อินเดีย และพม่า(ดาเรศ บรรเทิงจิตร, 2547; ควงจันทร์ เฮงสวัสดิ์, 2545) ต้นชาเป็นพืชที่มีลักษณะเป็นพุ่ม (ศักดิ์ บวร, 2547) มีใบเรียวแหลมลักษณะเป็นรูปไข่ มีสีเขียวเข้ม ชาเป็นไม้ยืนต้นที่สูงได้ถึง 10-15 เมตร หากปล่อยให้โตตามธรรมชาติ แต่ชาวสวนชามักตัดแต่งต้นชาให้เป็นพุ่มเตี้ยสูงประมาณ 1-1.5 เมตร เพื่อความสะดวกในการเก็บชา(ดาเรศ บรรเทิงจิตร, 2547) เพราะว่าการปล่อยให้ต้นชาเจริญเติบโตสูงเกินไป ใบอ่อน ๆ ของต้นชาจะได้รับความเสียหายจากแสงแดดได้ง่าย(ทำให้ใบอ่อนไหม้เกรียม)(ศักดิ์ บวร, 2543) ต้นชาจะเจริญเติบโตได้ดีในพื้นที่ที่มีภูมิอากาศร้อนชื้น อุณหภูมิระหว่าง 10 องศาเซลเซียส ถึง 30 องศาเซลเซียส มีฝนตกกระจายสม่ำเสมอตลอดทั้งปีและดินมีสภาพเป็นกรดเล็กน้อย(ดาเรศ บรรเทิงจิตร, 2547) ส่วนในการแพร่พันธุ์ ต้นชาจะต้องได้รับการผสมละอองเกสรกับต้นชาต้นอื่น ๆ เพื่อให้มีการแลกเปลี่ยนยีนและโครโมโซมซึ่งกันและกัน(ศักดิ์ บวร, 2543) การผสมพันธุ์จะสำเร็จได้ต้องอาศัยสิ่งมีชีวิต เช่น แมลงเป็นพาหะในการนำเกสร(ประทานพร, 2547) แต่ในปัจจุบันจะขยายพันธุ์โดยใช้วิธีปักชำยอดชาเพื่อให้มีผลผลิตมากและผลิตชาได้คุณภาพดี หลังจากปลูกได้ 4 ปี ก็เริ่มเก็บใบชาได้(ดาเรศ บรรเทิงจิตร, 2547) เมื่อถึงฤดูเก็บเกี่ยวจะมีการเก็บเกี่ยวใบชาด้วยมือทุก ๆ สองสัปดาห์ และในแต่ละปี ต้นชาแต่ละต้นสามารถผลิตใบชาได้ 100 กรัม และสามารถผลิตอีกได้เรื่อย ๆ จนถึงอายุ 25-50 ปี หรือแม้จนกระทั่งถึง 100 ปี ถ้าได้รับการบำรุง ดูแลใส่ปุ๋ยเป็นอย่างดี(ประทานพร, 2547) ซึ่งการเก็บเกี่ยวใบชานั้นจะใช้เฉพาะส่วนที่เป็นตุ่มยอดและใบอ่อนอีกเพียง 2-3 ใบเท่านั้น จึงจะถือว่าเป็นชาที่มีคุณภาพดี แต่ทั้งนี้คุณภาพและรสชาติของใบชาจะแตกต่างกันขึ้นอยู่กับปัจจัยแวดล้อมอีกหลายอย่าง เช่น อุณหภูมิ ความชื้น ฤดูกาล สายลม แสงแดด รวมไปถึงคุณภาพของดิน สรุปได้ว่าชาเป็นพืชที่อ่อนไหวและกระทบต่อสิ่งแวดล้อมได้ง่ายที่สุด(ควงจันทร์ เฮงสวัสดิ์, 2545)

2.2 ลักษณะทางพฤกษศาสตร์ (สัณห์ ละอองศรี, 2535)

2.2.1 ระบบราก (Root System)

ชามีรากแก้วที่หยั่งลึกแข็งแรง และมีรากฝอยหาอาหาร แต่ไม่มี root hair บริเวณรากพบ endotrophic mycorrhiza เจริญอยู่ด้วย รากที่มีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 1-2 มิลลิเมตร(red root) จะปรากฏชั้นเซลล์คอร์ก(corky layer) ทำหน้าที่ป้องกันการผ่านเข้าออกของน้ำและมีการสะสมคาร์โบไฮเดรทไว้ในรูปของแป้ง ซึ่งปริมาณคาร์โบไฮเดรทในรากมีผลต่อการแตกยอดใหม่ (flushing) ของต้นชา การวิจัยในชาอัสสัมพบว่า ปริมาณแป้งสะสมในรากชาจะค่อย ๆ เพิ่มขึ้นจากปลายฤดูใบไม้ผลิ ผ่านฤดูร้อนเข้าสู่ฤดูหนาว แล้วลดลงสู่ระดับต่ำสุดเมื่อถึงเวลาแตกยอดครั้งที่ 1 ในฤดูใบไม้ผลิถัดไป ซึ่งตรงกับช่วงเดือนเมษายน-พฤษภาคมของทุกปี การพัฒนาการของยอดใหม่ต้นฤดูใบไม้ผลินี้ ส่วนหนึ่งใช้แป้งที่สะสมไว้ในราก อุณหภูมิดินมีผลต่อการเจริญของรากชา รากแก้วที่เจริญเต็มที่อาจหยั่งลึกถึง 3-5 ฟุต และมีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางราก 7.5 เซนติเมตร ขณะที่รากฝอยหาอาหาร กระจายตัวอยู่บริเวณ 23 เซนติเมตร ลึกจากผิวดิน

2.2.2 ใบ (Leaves)

การจัดเรียงตัวของใบ(phyllotaxy) เป็นแบบ alternate รูปใบแบบ obovate และ lanceolate ปลายใบแหลม แผ่นใบหนาเหนียว หน้าใบเป็นมันวาว ขอบใบหยักแบบฟันเลื่อย ใบยาว 3-30 เซนติเมตร ใต้ใบมีขนอ่อนปกคลุม ปากใบพบมากบริเวณใต้ใบ กลุ่มชาจีนใบมีขนาดเล็กกว่ากลุ่มชาอัสสัม

2.2.3 ดอก (Flowers)

เกิดบริเวณตำแหน่งตาข้างของกิ่ง มีทั้งดอกเดี่ยวหรือดอกช่อ(2-4 ดอก) ก้านดอกสั้น ดอกมีกลิ่นหอม (fragrant) ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางดอก 2.5-4.0 เซนติเมตร กลีบเลี้ยง 5-7 กลีบ กลีบดอก 5-7 กลีบมีสีขาวหรือขาวอมชมพู ลักษณะโค้งเว้า รูปกลีบดอกเป็นแบบ obovate มีเกสรตัวผู้จำนวนมาก ยาว 8-12 มิลลิเมตร อับเรณูสีเหลือง มี 2 ช่อง (cell) ก้านชูเกสรตัวเมียสั้น ยอดเกสรตัวเมียแยกได้ 3-5 lobes

2.2.4 ผล (Fruits)

ผลเป็นแบบ capsule เปลือกหนาสีน้ำตาลอมเขียว แบ่งเป็น 3 ช่อง(cell) ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 1.5-2.0 เซนติเมตร ใช้เวลาจากเริ่มติดผลจนผลแก่เต็มที่ 9-12 เดือน เมื่อผลแก่เปลือกจะมีลักษณะขรุขระ ผลที่แก่เต็มที่จะแห้งและแตก(dry dehiscent) โดยเริ่มแตกจากปลายผลเป็น 3 ส่วน

2.2.5 เมล็ด (seeeds)

ในผลมี 1-3 เมล็ดต่อช่องผล(cell) เมล็ดรูปร่างกลม ด้านหนึ่งแบน ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางเมล็ด 1.0-1.5 เซนติเมตร เปลือกเมล็ด(testa) บาง สีน้ำตาลอ่อน ไม่มี endosperm ใบเลี้ยงอวบหนาเต็มไปด้วยน้ำมัน(>20%) ต้นอ่อนตั้งตรง จำนวนเมล็ดต่อ 1 ปอนด์ ประมาณ 230 เมล็ด

2.3 การจำแนกพันธุ์ชา(สัณห์ ละอองศรี, 2535)

ชาที่ปลูกเป็นการค้าทั่วโลกจัดแบ่งออกได้เป็น 3 สายพันธุ์ คือ

2.3.1 กลุ่มพันธุ์ชาอัสสัม(Assam Teas)

Camellia sinensis Var. assamica (Mast)

2.3.2 กลุ่มพันธุ์ชาจีน(china Teas)

Camellia sinensis Var. sinensis

2.3.3 กลุ่มพันธุ์ชาเขมร(Indo-china, Cambodia Teas)

Camellia sinensis Var. indo-china

2.4 ประเภทชา(ดาเรศ บรรเทิงจิตร, 2547; ยุทธศักดิ์ คณาสวัสดิ์, 2546; เกษตรกรรมธรรมชาติ, 2545)

ถ้าแบ่งประเภทของชาตามกรรมวิธีการผลิต โดยใช้หลักการหมัก(fermentation) สามารถแบ่งออกได้เป็น 3 ประเภท ได้แก่

2.4.1 ชาเขียว(green tea หรือ non-fermented tea)

เป็นชาที่นิยมดื่มในประเทศญี่ปุ่น มีกรรมวิธีการผลิตแบบ unfermented โดยจะเอาใบชามาอบ(steam) และทำให้แห้ง(Dry) ทันที เพื่อไม่ให้ใบชาเกิดกระบวนการออกซิเดชัน(ทำปฏิกิริยากับออกซิเจน) ทำให้ใบชายังมีสีเขียวอยู่ ซึ่งกระบวนผลิตชาเขียวที่ไม่ผ่านการหมักนี้ เป็นสิ่งสำคัญที่ทำให้ชาเขียวมีความแตกต่างจากชาดำหรือชาแดง ไม่เพียงแต่สี กลิ่น หรือรสชาติ เท่านั้น แต่ที่สำคัญยังทำให้สารอาหารสำคัญที่มีคุณประโยชน์ในการป้องกันและบำบัดโรคยังคงอยู่ไม่สูญเสียไปในกระบวนการหมัก

ภาพที่ 2.1 ชาเขียว

ที่มา: Chineseteas 101.com/teaclass.html

2.4.2 ชาอูหลง(oolong tea หรือ semi-fermented tea)

เป็นชาที่นิยมดื่มในประเทศจีน มีกรรมวิธีการผลิตแบบ semi-fermented โดยจะผ่านกระบวนการผลิตอยู่ระหว่างชาเขียวและชาดำ นั่นคือจะผ่านกระบวนการหมักเพียงบางส่วน ก่อนหยุดปฏิกิริยาด้วยความร้อน สีของใบชาจึงออกแดงไม่ดำเหมือนชาดำ กลิ่นหอม รสชาติก็กลมกล่อมกว่าชาดำ สารอาหารและคุณประโยชน์ของชาอูหลงยังคงอยู่มากกว่าชาดำแต่ไม่ดีเท่าชาเขียว

ภาพที่ 2.2 ชาอูหลง

ที่มา: Chineseteas 101.com/teaclass.html

2.4.3 ชาดำ(black tea หรือ fully-fermented tea)

เป็นชาที่นิยมดื่มในประเทศตะวันตก โดยเฉพาะแถบทวีปยุโรป มีกรรมวิธีการผลิตแบบ fermented หรือในทางเทคนิค เรียกว่าออกซิเดชัน โดยจะนำชาไปนวดและหมักก่อนที่จะนำไปอบแห้ง ซึ่งจะทำให้ใบชาเปลี่ยนเป็นสีดำ กลิ่นของใบชาจะหอมรุนแรงขึ้น และรสชาติจะเข้มข้นกว่าชาเขียว แต่ระหว่างการหมักใบชาจะผ่านกระบวนการออกซิเดชัน ทำให้ใบชาสูญเสียสารอาหารที่สำคัญไป

ภาพที่ 2.3 ชาดำ

ที่มา: Chineseteas 101.com/teaclass.html

2.5 ขั้นตอนขบวนการผลิตชา(สัณห์ ละอองศรี, 2535)

ในการผลิตชาชนิดต่าง ๆ มีขั้นตอนการผลิตที่สำคัญและหลักการของแต่ละขั้นตอนเรียงลำดับก่อนหลังได้ดังนี้

2.5.1 ยอดชาสด(Fresh Leaves)

ผลิตภัณฑ์ชาที่มีคุณภาพ ต้องเริ่มต้นจากการเก็บเกี่ยวยอดชา(plucking)ที่ถูกต้อง ยอดชาสดที่ถือว่าเป็นวัตถุดิบที่ดี คือ ยอดชาที่มี 2 ใบกับ 1 ยอด(two leaves and a bud) อายุของยอดชาไม่อ่อนหรือแก่เกินไป หากเก็บเกี่ยวด้วยมือ(hand plucking) จะให้ยอดชาที่คุณภาพดี การเก็บเกี่ยวยอดชามีผลโดยตรงต่อคุณภาพของผลิตภัณฑ์ชาที่ผลิตได้ โดยเฉพาะอย่างยิ่งการผลิตชาจีน พบว่ายอดชาที่ถูกอัดแน่นภายในภาชนะบรรจุเกิดการชอกช้ำเสียหายและมีการหมักเกิดขึ้นในขั้นตอนนี้ เนื่องจากความร้อนที่เกิดขึ้นจากการหายใจของใบชา ปริมาณสารแทนนินในยอดชาจะเข้มข้นขึ้น

หากอุณหภูมิเพิ่มสูงกว่า 43 องศาเซลเซียส ดังนั้น ยอดชาสดหลังการเก็บเกี่ยว ต้องไม่ถูกอัดแน่นในภาชนะบรรจุอย่างเด็ดขาด และควรลำเลียงมาส่งโรงงานโดยเร็ว

2.5.2 การผึ่งชา(Withering)

ยอดชาสดหลังเก็บเกี่ยวจะถูกนำมาผึ่งในโรงงาน การผึ่งทำได้ 2 วิธี คือ

2.5.2.1 การผึ่งแบบธรรมชาติ(Natural withering) โดยการนำยอดชามาเกลี่ยเป็นชั้นบาง ๆ บนตะแกรงหรือกระจาด ผึ่งทิ้งไว้ในห้องหรือในที่ร่ม เรียกการผึ่งแบบนี้ว่า indoor withering สำหรับการผลิตชาจีนแบบกึ่งหมัก นิยมนำยอดชาไปผึ่งแดดก่อนนำมาผึ่งในร่ม เรียกการผึ่งนี้ว่า solar withering มีวัตถุประสงค์เพื่อ ให้ความร้อนจากแสงแดดช่วยกระตุ้นกิจกรรมของเอนไซม์ ต่าง ๆ ในใบชา และในระหว่างการผึ่ง ต้องทำการเขย่ากระตุ้นยอดชา(shaking)เป็นระยะ ๆ ซึ่งอาจทำได้ด้วยมือ(hand shaking) หรือกระตุ้นด้วยเครื่องเขย่า(shaking machine) ในกรณีที่มียอดชาปริมาณมาก

2.5.2.2 การผึ่งด้วยเครื่องจักร(Artificial Withering) เครื่องผึ่งชาโดยทั่วไป มักเป็นกระบะผึ่ง มีพัดลม(blower) เป่าลมเย็นหรือลมร้อนผ่านใต้ชั้นตะแกรงที่รับยอดชา ในกรณีใช้ลมร้อนต้องควบคุมอุณหภูมิของลมด้วย

วัตถุประสงค์ของขั้นตอนการผึ่งชา

1. เพื่อลดความชื้นในใบชา : เนื่องจากใบชาสดมีน้ำเป็นองค์ประกอบประมาณ 70-80 เปอร์เซ็นต์ การลดปริมาณน้ำของใบลงช่วยให้ปฏิกิริยาเคมีของสารต่าง ๆ ในใบชาเกิดได้ดีขึ้น นอกจากนี้การสูญเสียน้ำของใบชาระหว่างการผึ่ง ทำให้ลักษณะทางกายภาพของใบชาที่ใช้ผลิตชาดำเหมาะสำหรับขั้นตอนการนวดชา ใบชาจะเหี่ยว มีลักษณะอ่อนนุ่ม มีความหยุ่น เหนียว ทำให้เวลานวดใบชาม้วนตัวได้ดี ไม่ฉีกขาดเป็นชิ้น เนื่องจากของเหลวภายในเซลใบที่ถูกบีบออกมาคลุกเคล้านั้นมีลักษณะข้นและเหนียว

2. เพื่อกระตุ้นให้เกิดการหมักอย่างอ่อน : ในระหว่างการผึ่งชาจะมีการเปลี่ยนแปลงทางชีวเคมีของสารต่าง ๆ ในใบชา ผนังเซลของใบชามีการยอมให้สารซึมผ่านเข้าออก(permeability) เพิ่มขึ้นและเกิดการหมัก(fermentation) อย่างอ่อน ซึ่งการเปลี่ยนแปลงทางชีวเคมีที่เกิดขึ้นจะสิ้นสุดภายในเวลา 6-10 ชั่วโมง ระหว่างนี้พบว่า สารพวกฟีนอลิค กรดอะมิโนและคาร์โบไฮเดรทที่มีผลต่อรสชาติ กลิ่น และสีของน้ำชามีปริมาณเพิ่มขึ้น

3. เพื่อประหยัดพลังงานในขั้นตอนอบแห้งใบชา : ในการผลิตชาเขียวแบบญี่ปุ่นมีการอบด้วยไอน้ำร้อน(steaming) และการผลิตชาเขียวแบบไต้หวันชนิด gunpowder ไม่มีขั้นตอนการผึ่งในกระบวนการผลิต

2.5.3 การคั่วชา(Panning)

เป็นขั้นตอนสำคัญของกระบวนการการผลิตชาจีนแบบกึ่งหมักและการผลิตชาเขียวแบบไต้หวันเท่านั้น ยอดชาสดที่ผ่านการผึ่งและการกระตุ้นโดยการสางคนหรือเขย่า เพื่อเร่งการเกิดปฏิกิริยาทางชีวเคมี หรือการหมัก จนได้ระดับการหมักหรือเปอร์เซ็นต์การหมักตามความต้องการของชนิดชาจีนที่ต้องการผลิตแล้วจะถูกนำมาคั่วด้วยกระทะร้อนหรือเครื่องคั่วชา(rotary panner) วัตถุประสงค์สำคัญของการคั่วชา คือ เป็นการหยุดปฏิกิริยาทางชีวเคมี(stop reaction) ของใบชา หรือเป็นการหยุดการหมักนั่นเอง การคั่วเป็นการใช้ความร้อนทำลายเอนไซม์ polyphenol oxidase ที่อยู่ใต้ชั้นผิวใบ และช่วยให้ใบชาเหี่ยว อ่อนนุ่มเหมาะสำหรับการนวดชา ทำให้ใบชาม้วนตัวสวยงามได้ง่ายในขั้นตอนต่อไป

2.5.4 การนวดชา(Rolling)

เป็นการบดอัดขยี้ใบชา โดยมีวัตถุประสงค์ทำให้ใบชาฉีกขาดและเซลใบแตก เพื่อให้สารประกอบต่าง ๆ ที่อยู่ภายในเซลล์ และ vacuole ของเซล ออกมาทำปฏิกิริยาเคมีกัน ตลอดจนเคลือบส่วนต่าง ๆ ของใบ และละลายปนกับน้ำร้อนได้ง่ายตอนชงชา นอกจากนี้ในการผลิตชาจีนการนวดชา จะช่วยให้ใบชาม้วนตัวแน่นสวยงาม

2.5.5 การหมักชา(Fermentation)

ในการผลิตชาจีนแบบกึ่งหมัก ปฏิกิริยาการหมักของใบชาเกิดขึ้น ในขั้นตอนการผึ่งชาส่วนการผลิตชาดำ หลังจากใบชาถูกเครื่องจักรบด ตัด ขยี้ จนใบแตกและฉีกขาดดีแล้ว ปฏิกิริยาการหมักก็เริ่มดำเนินขึ้นในขั้นตอนนี้ อุณหภูมิ ออกซิเจน และความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศเป็นปัจจัยสำคัญที่มีผลต่อการหมัก ในการผลิตชาดำขั้นตอนการหมักถือว่ามีความสำคัญอย่างยิ่งต่อคุณภาพของผลิตภัณฑ์

2.5.6 การอบแห้ง(Drying)

วัตถุประสงค์ของการอบแห้งใบชามีอยู่ 2 ประการ คือ เพื่อหยุดปฏิกิริยาเคมีขั้นสุดท้ายของสารประกอบต่าง ๆ ในใบชา ด้วยความร้อนที่ใช้ในการอบแห้ง และเพื่อเป็นการไล่น้ำที่เหลือในใบชาออกจนแห้ง รอการเก็บรักษาต่อไป โดยทั่วไปใบชาแห้งควรมีความชื้นประมาณ 3-5 เปอร์เซ็นต์

2.5.7 การคัดบรรจุ(Sorting and Packaging)

สำหรับชาจีน ใบชาแห้งจะถูกนำมาคัดแยก ส่วนก้าน ยอด และใบแก่ ออกเป็น ชาเกรดต่าง ๆ แล้วอบแห้งครั้งสุดท้าย(redrying) ก่อนการบรรจุหีบห่อ

2.6 หม่อน(Mulberry)

2.6.1 ลักษณะทั่วไปของหม่อน

หม่อนเป็นพืชยืนต้นในตระกูล *Moraceae* เจริญเติบโตได้ทั้งในเขตหนาวที่มีอุณหภูมิต่ำกว่าศูนย์องศาไปจนถึงเขตอากาศร้อน แต่อุณหภูมิที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของหม่อนอยู่ระหว่าง 25-30 องศาเซลเซียส หม่อนมีหลายพันธุ์ แต่ที่นิยมปลูกมี 3 พันธุ์ ซึ่งมีถิ่นกำเนิดจากประเทศจีน คือ *Morus latifolia* Poriret เป็นพันธุ์ที่ปลูกในเขตอากาศอบอุ่น *Morus bombycis* Koidj เป็นพันธุ์ที่ปลูกในเขตอากาศเย็น *Morus alba* Linn เป็นพันธุ์ที่ปลูกในเขตระหว่าง 2 ชนิดแรก หม่อนสามารถขึ้นได้ดีในดินแทบทุกชนิด ยกเว้นในที่ที่น้ำท่วม และในดินที่มีการระบายน้ำไม่ดี(กรมส่งเสริมการเกษตร, 2532)

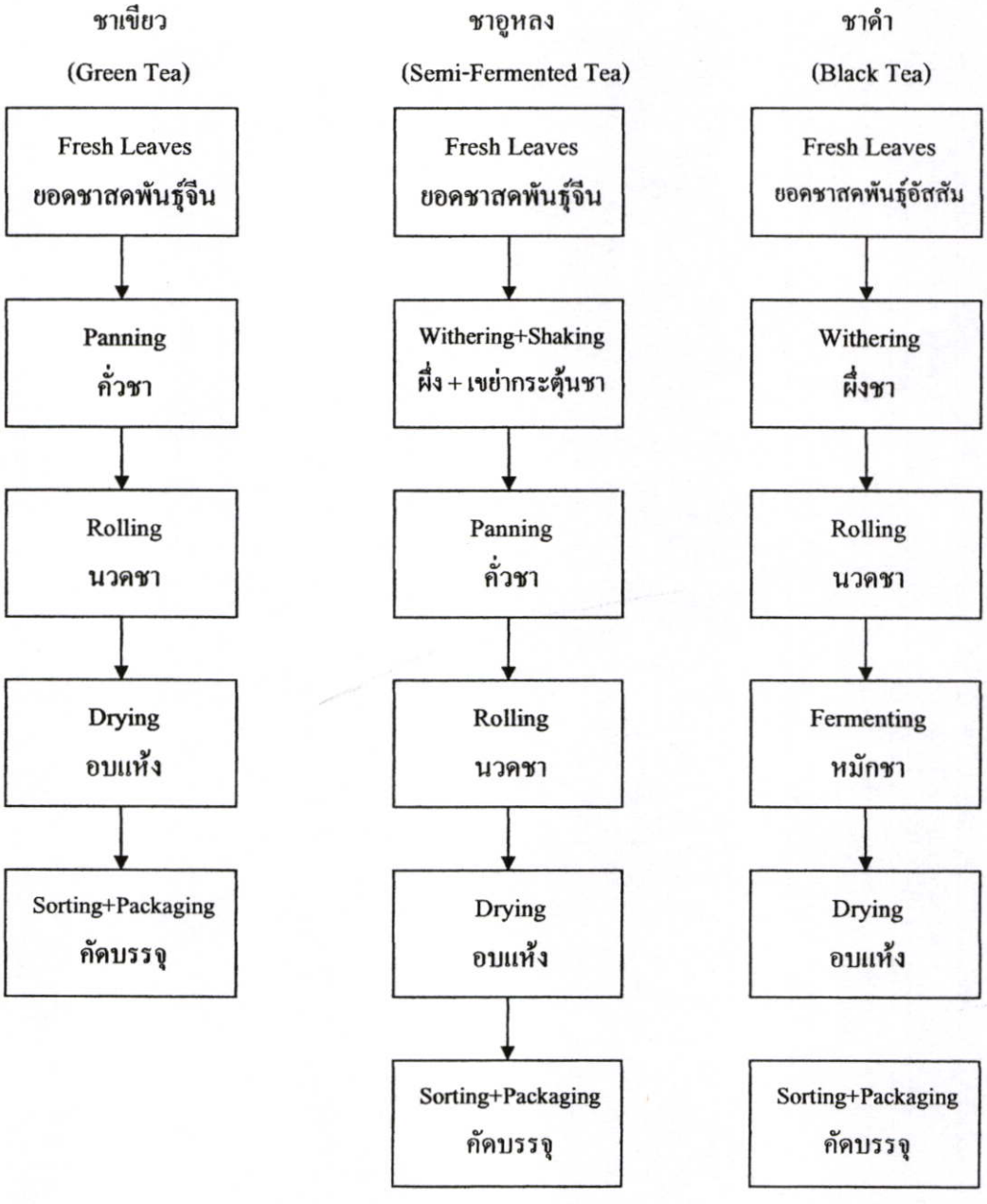
2.6.2 การผลิตชาใบหม่อนชนิดต่าง ๆ (วิโรจน์ แก้วเรือง, 2543)

2.6.2.1 การผลิตชาเขียวใบหม่อน

หั่นใบหม่อนสดให้มีขนาดประมาณกว้าง 0.5-1.0 เซนติเมตร ยาว 3.0-4.0 เซนติเมตร ตัดก้านใบออก แล้วนำไปลวกน้ำร้อนที่อุณหภูมิประมาณ 90-95 องศาเซลเซียส นาน 20-30 วินาที จากนั้นจุ่มลงในน้ำเย็นทันที นำขึ้นผึ่งลมให้แห้งหมาด ๆ แล้วนำไปคั่วในกระทะด้วยไฟอ่อน ๆ ประมาณ 20 นาที และอบที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส นานประมาณ 1 ชั่วโมง เก็บไว้ในภาชนะป้องกันความชื้น

2.6.2.2 การผลิตชาจีนใบหม่อน

หั่นใบหม่อนสดให้มีขนาดกว้างประมาณ 0.5-1.0 เซนติเมตร ยาว 3.0-4.0 เซนติเมตร ตัดก้านใบออก แล้วนำไปคั่วในกระทะด้วยไฟอ่อน ๆ ประมาณ 20-25 นาที และอบที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส นานประมาณ 1 ชั่วโมง เก็บไว้ในภาชนะป้องกันความชื้น



ภาพที่ 2.4 กระบวนการผลิตชาเขียว ชาอูหลงและชาดำ

ที่มา : สัณห์ ละอองศรี, 2535

2.6.2.3 การผลิตชาดำใบหม่อน

หั่นใบหม่อนสดให้มีขนาดประมาณกว้าง 0.5-1.0 เซนติเมตร ยาว 3.0-4.0 เซนติเมตร ตัดก้านใบออก แล้วนำไปคั่วในกระทะด้วยไฟอ่อน ๆ ขณะคั่วนวดใบหม่อนแรง ๆ เพื่อให้เซลล์ใบหม่อนแตกช้ำ จนกระทั่งใบหม่อนแห้งกรอบใช้เวลานานกว่า 25 นาที จากนั้นบดใบหม่อนให้ร่วนเป็นผลด้วยมือ เก็บไว้ในภาชนะป้องกันความชื้น

2.7 องค์ประกอบทางเคมีในชา(Chemical composition of Tea)

องค์ประกอบทางเคมีของใบชา มีความสำคัญเกี่ยวข้องกับปฏิกิริยาต่าง ๆ ที่เกิดขึ้นในระหว่างขบวนการผลิตชา และมีผลต่อคุณภาพด้าน สี กลิ่น และรสชาติของน้ำชา ใบชาประกอบด้วยสารประกอบ อนินทรีย์(inorganic compound) และสารประกอบอินทรีย์(organic compound) ในประมาณแตกต่างกันขึ้นอยู่กับ พันธุ์ การปฏิบัติดูแลรักษา สภาพแวดล้อม และอายุใบ การที่จะได้ผลิตภัณฑ์ชาที่มีคุณภาพดีนั้น นอกจากทุกขั้นตอนของขบวนการผลิต ต้องควบคุมให้ละเอียดถูกต้องแล้ว วัตถุดิบคือใบชาสดที่นำมาผลิตจะต้องมีส่วนประกอบทางเคมีที่เหมาะสมด้วย

ตารางที่ 2.1 ส่วนประกอบโดยประมาณของยอดชาสด

ส่วนประกอบ	เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักแห้งรวม*
โปรตีน	15
เส้นใยและกาก	26
เม็ดสี (คลอโรฟิลล์และแคโรทีน)	2
ไขมัน	7
คาเฟอิน	4
โพลีฟีนอล	30
กรดอะมิโน	4
แร่ธาตุ	5
คาร์โบไฮเดรท	7
สารให้กลิ่น	0.1

* ปริมาณความชื้นของยอดชาสดมีประมาณ 78 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก

ที่มา: Sanderson, 1983 อ้างโดย สัณห์ ละอองศรี, 2535

องค์ประกอบทางเคมีของยอดชาสดที่แสดงในตารางที่ 2.1 เมื่อคิดเป็นเปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักแห้งรวมพบว่า ส่วนประกอบที่สำคัญและมีมากที่สุดคือ สารประกอบโพลีฟีนอล ที่มีอยู่ถึง 30 เปอร์เซ็นต์ ส่วนใหญ่อยู่ในรูปของคาเทชิน ส่วนประกอบที่สำคัญรองลงมาคือ เอนไซม์ catechol oxidase ในส่วนของโปรตีน สารคาเฟอีนที่กระตุ้นประสาทความรู้สึกของผู้ดื่ม และสารที่ให้กลิ่น(volatile compounds)(สัณห์ ละอองศรี, 2535)

ไพโรจน์(2532) อ้างโดย สัณห์ ละอองศรี(2535) รายงานว่าการศึกษาค้นคว้าเกี่ยวกับองค์ประกอบทางเคมีของใบชาเริ่มมาตั้งแต่ ปี ค.ศ. 1827 การศึกษาค้นคว้าดังกล่าวได้ดำเนินการต่อเนื่องมาเรื่อย ๆ ในด้านการหาส่วนประกอบของสารเคมีในใบชา การเปลี่ยนแปลงทางเคมีที่เกิดขึ้นในใบชาระหว่างขั้นตอนของขบวนการผลิต ตลอดจนองค์ประกอบทางเคมีของสารละลายชาที่ได้จากการชงชาที่ผ่านกรรมวิธีการผลิตต่าง ๆ จากการศึกษาพบว่า สารสำคัญที่เป็นส่วนประกอบของใบชามีหลายชนิด และสารต่าง ๆ ที่พบในใบชาสด ใบชาแห้ง(ใบชาที่ผ่านขั้นตอนการผลิตแล้ว) มีปริมาณที่แตกต่างกันออกไป ดังตาราง 2.2

ตารางที่ 2.2 ส่วนประกอบของใบชาสดและชาแห้ง

สาร	ใบชาสด[A](%)	ใบชาแห้ง[B](%)
เซลลูโลสและกาก	34	34
โปรตีน	17	16
คลอโรฟิลล์และสารสีต่าง ๆ (ไม่ละลายน้ำ)	1.5	1
แป้ง	1.5	0.25
สารแทนนิน	25	13
สารแทนนินที่ผ่านการออกซิไดซ์แล้ว	-	4
คาเฟอิน	4	4
กรดอะมิโน (ละลายน้ำ)	8	9
ยางและน้ำตาล	3	4
แร่ธาตุ	3-4	3-4
เถ้าถ่าน	5.5	5.5
น้ำมันหอมระเหย (สารให้กลิ่น)	-	น้อยมาก

A : ใบชาสดมีความชื้นประมาณ 70-80 เปอร์เซ็นต์

B : ใบชาแห้งมีความชื้นประมาณ 3-5 เปอร์เซ็นต์

ที่มา: ที่มา:ไพโรจน์, 2532 อ้างโดย สัณห์ ละอองศรี, 2535

2.7.1 สารอินทรีย์ในใบชา(Organic Constituents)

สารอินทรีย์ที่พบในปริมาณสูง และมีผลต่อคุณภาพของใบชา ได้แก่

2.7.1.1 โพลีฟีนอล(Polyphenol)

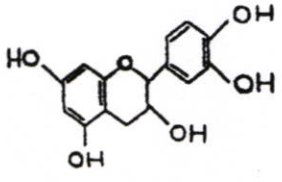
สารประกอบฟีนอล(Phenolic compounds) เป็นสารในกลุ่ม secondary metabolite ซึ่งรูปแบบของสารประกอบฟีนอลพืชแต่ละชนิดจะมีความแตกต่างกันออกไป ในปัจจุบันพบว่ามีสารประกอบฟีนอลที่ทราบโครงสร้างแน่นอนแล้วมากกว่า 8,000 ชนิด ตั้งแต่กลุ่มที่มีโครงสร้างอย่างง่าย เช่น กรดฟีนอลิก(phenolic acids) ไปจนถึงกลุ่มที่มีโครงสร้างเป็นโพลิเมอร์ เช่น แทนนิน(tannins)(วิวัฒน์ หวังเจริญ, 2002) ซึ่งสารในกลุ่มโพลีฟีนอลนั้นถูกจัดว่าเป็นสารประกอบเคมีในชาที่สำคัญ ที่มีอยู่ถึง 30 เปอร์เซ็นต์ ส่วนใหญ่อยู่ในรูปของคาเทชิน ซึ่งแยกได้ 4 รูป ได้แก่ (-)-epigallocatechin-3-gallate (EGCG), (-)-epigallocatechin (EGC), (-)-epicatechin-3-gallate (ECG) และ (-)-epicatechin (EC)(กฤษณา ชุติมา, 2543) สารคาเทชินจัดเป็นสารต้านอนุมูลอิสระที่มีประสิทธิภาพสูง(ดาเรศ บรรเทิงจิตร, 2547) สารคาเทชินที่พบในปริมาณสูงที่สุด คือ (-)-epigallocatechin-3-gallate (EGCG) ซึ่งพบมากถึง 9-13 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งเป็นรูป(form) ที่มีประโยชน์ทางการแพทย์ จากรายงานของนักวิทยาศาสตร์ชาวญี่ปุ่น (Oguni et al. ใน Chiu and Wang, 1988) ที่ค้นพบประโยชน์ของ EGCG ในชาเขียว (sencha) กล่าวไว้ว่า EGCG มีฤทธิ์ในการป้องกันการก่อตัวของเซลล์มะเร็งในกระเพาะอาหาร (stomach cancer) ของคน(สัณห์ ละอองศรี, 2535) นอกจากนี้แล้วสารคาเทชินยังมีประโยชน์ต่อสุขภาพอีกมากมาย อาทิ ลดระดับคอเลสเตอรอลในเลือด ลดปัจจัยเสี่ยงต่อการเกิดโรคความดันโลหิตสูง ควบคุมระดับน้ำตาลในเลือด และกำจัดแบคทีเรียที่ให้โทษบางชนิด(ดาเรศ บรรเทิงจิตร, 2547)

ปริมาณของสารคาเทชินในยอดชาสด จะผันแปรตามอายุใบ การตัดแต่งกิ่ง ฤดูกาล ระดับความสูงของพื้นที่ปลูก พันธุ์และร่มเงา ซึ่งสารนี้มีปริมาณลดลงเมื่อใบมีอายุมากขึ้น จึงเป็นเหตุผลหนึ่งที่ใบชาแก่ไม่เหมาะสมในการนำมาผลิตชา(สัณห์ ละอองศรี, 2535) นอกจากนี้กระบวนการหมักที่แตกต่างกันจะส่งผลให้ระดับของคาเทชินและโพลีฟีนอลชนิดอื่น ๆ แตกต่างกันด้วย(ชนิพรรณ บุตรยี่และจินตนา ศิริวราศัย, 2542)

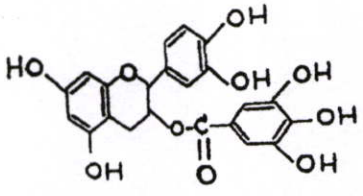
2.7.1.2 โปรตีน (Protein)

บทบาทของโปรตีนที่พบในใบชา ส่วนใหญ่จะเน้นที่กิจกรรมของเอนไซม์ polyphenol oxidase ซึ่งทำหน้าที่ออกซิไดซ์สารโพลีฟีนอลไปเป็นเทอาฟลาวิน(theaflavins: TF) และเทอารูบิจิน (thearubigins: TR) เอนไซม์ catechol oxidase ที่ทำหน้าที่ออกซิไดซ์คาเทชิน

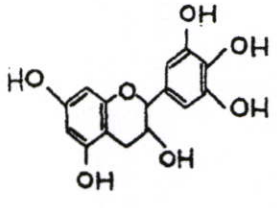
ระดับความสูงต่ำของกิจกรรมของเอนไซม์ polyphenol oxidase บอกให้ทราบถึงคุณภาพของการหมักใบชา(fermentation) ใบชาที่มีกิจกรรมของเอนไซม์ชนิดนี้สูง จะเกิดการหมักได้ดี กิจกรรมของเอนไซม์ polyphenol oxidase ขึ้นอยู่กับชนิดของพันธุ์ พันธุ์ที่เหมาะสำหรับผลิตชาฝรั่ง (ชาดำ) จะมีกิจกรรมของเอนไซม์ชนิดนี้สูง นอกจากนี้ยังพบว่า จำนวนครั้งและความรุนแรงของขั้นตอนการเขย่ายอดชา(shaking) มีความสัมพันธ์อย่างใกล้ชิดกับ การกระตุ้นกิจกรรมของเอนไซม์ และการออกซิไดซ์คาเทชินในระหว่างขั้นตอนการหมัก(สัณห์ ละอองศรี, 2535)



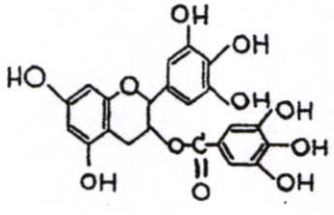
(-)-epicatechin (EC)



(-)-epicatechin-3-gallate (ECG)



(-)-epigallocatechin (EGC)



(-)-epigallocatechin-3-gallate (EGCG)

ภาพที่ 2.5 โครงสร้างของสารในกลุ่มคาเทชิน

ที่มา: กฤษณา ชุติมา, 2543

2.7.1.3 คาเฟอิน (Caffeine)

เป็นสาร alkaloid กลุ่ม purine nitrogen ที่ไม่มีสี รสขม พบในใบชาประมาณร้อยละ 2.5-4.5 ของน้ำหนักแห้ง เป็นสารประกอบอินทรีย์สำคัญที่ช่วยในการกระตุ้นประสาท (สัณห์ ละอองศรี, 2535) มีฤทธิ์ในการกระตุ้นระบบประสาทส่วนกลางของระบบหมุนเวียนโลหิต กระตุ้นการเต้นของหัวใจ เพิ่มการทำงานของไต เพิ่มการเผาผลาญพลังงานและมีฤทธิ์ขับปัสสาวะ นอกจากนี้ยังทำให้รสชาติของชาดีขึ้นด้วย(ดาเรศ, 2547) นอกจากพบคาเฟอีนในชาแล้ว ยังพบสาร purine alkaiod อย่างอื่น เช่น theobromine (3,7-dimethylxanthine) theophyllin บ้างแต่น้อย (สัณห์ ละอองศรี, 2535)

2.7.1.4 แทนนิน (Tannin)

เป็นส่วนประกอบที่สำคัญของใบชา มีลักษณะเฉพาะตัว มีรสฝาด(astringent taste) และสามารถตกตะกอนได้ด้วยเจลาตินและสารอื่น ๆ บางชนิด เป็นสารประกอบจำพวกโพลีฟีนอล(polyphenol) ซึ่งเป็นอนุพันธ์ของกรดแกลลิค(gallic acid) และคาเทชิน(catechin) (กล้า อิศราภิรมย์, 2533) แทนนินในใบชาสามารถจำแนกได้ 4 กลุ่ม ดังนี้ 1. catechin 2. flavanols และ flavanol glycosides 3. flavones(leucoanthocyanins) 4. phenolic acids และ depsides แทนนินทั้ง 4 กลุ่มนี้ มีทั้งชนิดที่สามารถแตกตัวได้ด้วยน้ำ(hydrolysable tannins) เมื่อใช้ความร้อนหรือกรดเจือจาง และชนิดที่ไม่แตกตัวด้วยน้ำ(condensed tannins) แทนนินที่พบในใบชาสด ส่วนใหญ่(มากกว่า 80 เปอร์เซ็นต์) อยู่ในรูปของคาเทชิน ซึ่งแยกได้ 6 รูป ดังนี้ epigallocatechin gallate , epigallocatechin , epicatechin gallate , epicatechin , Gallocatechin และ Catechin (สัณห์ ละอองศรี, 2535) ในสัดส่วนที่แตกต่างกันตามแหล่งที่ปลูกและในระหว่างการหมัก(fermentation) ซึ่งเป็นขั้นตอนหนึ่งของการผลิตชาจีนและชาดำ แทนนินจะถูกออกซิไดซ์โดยออกซิเจนในอากาศโดยมีเอนไซม์โพลีฟีนอลออกซิเดสที่อยู่ในใบชาเป็นตัวเร่งให้กลายเป็นเทอาฟลาวิน(theaflavins) ซึ่งมีผลต่อรส และเทอารูบิจิน(thearubigins) ซึ่งมีผลต่อสีของน้ำชา(กล้า อิศราภิรมย์, 2533)

นอกจากนี้ในชายังมีกรดแอมิโนอีกมากกว่า 20 ชนิด ที่เด่นเป็นพิเศษ คือ theanine (5-X-ethylglutamine) พบว่า มีประมาณร้อยละ 38 ถึง 54 ของกรดแอมิโนทั้งหมดในชาเขียวจากจีน นอกจากนี้แล้ว ในชายังมีสารที่มีคุณประโยชน์อีกมากมาย เช่น ฟลาโวนอยด์ (flavonoids) ที่พบในชามักได้แก่ rutin , myricetin , quercetin โพลีแซคคาไรด์ (polysaccharides) วิตามินบีรวม วิตามินซี วิตามินอี คลอโรฟิลด์ เธียนิน (theanine)(กฤษณา ชุติมา, 2543)

2.7.2 สารอนินทรีย์ในใบชา ((Inorganic Constituents)(สัณห์ ละอองศรี, 2535)

สารอนินทรีย์ที่พบในใบชาส่วนใหญ่ อยู่ในรูปเกลือภายใน cell sap โพทัสเซียม (K) เป็นสารที่พบในปริมาณสูงที่สุด ประมาณ 1.76 เปอร์เซ็นต์ ของน้ำหนักแห้ง รองลงมาได้แก่ ธาตุแคลเซียม (Ca) ฟอสฟอรัส (P) และแมกนีเซียม (Mg) ส่วนธาตุเหล็ก (Fe) แมงกานีส (Mn) ซัลเฟอร์ (S) อลูมินั่ม (Al) โซเดียม (Na) ซิลิคอน (Si) สังกะสี (Zn) และทองแดง (Cu) พบในปริมาณต่ำมาก (ตารางที่ 2.3)

ส่วนในน้ำชาที่เป็นเครื่องดื่ม พบว่า มีโพแทสเซียม (K) มากที่สุด ชาดำ 1 กรัม ให้โพแทสเซียม (K) ละลายออกมามากกว่า 10 มิลลิกรัม ถัดมาเป็น ฟอสฟอรัส (P) และแมกนีเซียม (Mg) ในน้ำชามีอลูมิเนียม (Al) ไม่มาก แต่ก็ยังมากกว่าธาตุอื่น ๆ หลายธาตุ เคยมีการถกเถียงกันถึงความเป็นพิษของอลูมิเนียม (Al) ที่อาจเกิดจากการดื่มชาเป็นประจำ จากตัวอย่างชาจากประเทศ

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

ต่าง ๆ (12 ตัวอย่าง) ส่วนที่ละลายออกมามีอลูมิเนียม (Al) คิดโดยเฉลี่ย 390 ไมโครกรัม/กรัม มีผู้รายงานว่าอลูมิเนียม (Al) ในผักและอาหารอื่น รวมทั้งอลูมิเนียม (Al) ที่ออกจากเครื่องครัวอาจมากกว่าอลูมิเนียม (Al) จากน้ำชา กล่าวได้ว่าปริมาณอลูมิเนียม (Al) จากน้ำชาไม่เป็นอันตรายต่อการบริโภค อนึ่ง ทุกธาตุที่ทราบจากการวิเคราะห์น้ำชาว่ามีเท่าใดนั้น ตามความเป็นจริงจะอยู่ในรูปแบบทางเคมีเช่นไรก็ยังไม่ทราบ ในน้ำชาธาตุอาจรวมกับสารอื่น เช่น โพลีฟีนอล ลำไส้เล็กจะดูดซึมธาตุเหล่านี้เข้าไปได้มากน้อยเพียงใดขึ้นอยู่กับรูปแบบทางเคมีของธาตุด้วยเหมือนกัน ชาปลูกในที่บางแห่งมีฟลูออกไรด์ (F) ซึ่งช่วยให้เคลือบฟันแข็งแรง ป้องกันฟันผุ(กฤษณา ชุติมา, 2543) ซึ่งปริมาณฟลูออไรด์ในชาแต่ละประเภทก็แตกต่างกันออกไปโดย พบว่าเมื่อศึกษาปริมาณฟลูออไรด์ในชาแบบต่าง ๆ คือ ชาจีน 15 ชนิด ชาซีลอนหรืออินเดีย 11 ชนิด และชาสมุนไพร 6 ชนิด พบว่า ฟลูออไรด์อยู่ระหว่าง 82-371 ส่วนในล้านส่วน(ชนิพรรณ บุตรยี่ และ จินตนา ศิริวราศัย, 2542)

ตารางที่ 2.3 ปริมาณสารอนินทรีย์ในใบชา

ชนิดสาร	น้ำหนักแห้ง (%)
โปตัสเซี่ยม	1.76
แคลเซียม	0.41
ฟอสฟอรัส	0.32
แมกนีเซี่ยม	0.22
เหล็ก	0.15
แมงกานีส	0.12
ซัลเฟอร์	0.088
อะลูมิเนียม	0.069
โซเดี่ยม	0.030
ซิลิคอน	0.024
สังกะสี	0.003
ทองแดง	0.002

ที่มา: Eden, 1976 อ้างโดย สัณห์ ละอองศรี, 2535

63407

2.8 ปัจจัยที่มีผลต่อปริมาณสารเคมีในน้ำชา

มีปัจจัยหลายอย่างที่มีผลต่อปริมาณสารเคมีที่มีอยู่ในน้ำชา อาทิเช่น

2.8.1 สายพันธุ์ของใบชาและกระบวนการผลิตชา

สารเคมีในน้ำชาจะแตกต่างกันไปตามกระบวนการผลิต โดยชาเขียวจะมีปริมาณสารโพลีฟีนอลมาก เพราะชาเขียวไม่ได้ผ่านกระบวนการออกซิเดชัน ส่วนชาดำมีการหมัก จึงเกิดกระบวนการ enzymatic oxidation ของสารกลุ่มโพลีฟีนอลในใบชา ทำให้เกิดเทอาฟลาวินและเทอารูบิจิน ซึ่งสารทั้ง 2 ชนิดนี้จะไม่เกิดในชาสดหรือชาเขียว(Lin et al., 1998) ในการศึกษาของ Manzocco และคณะ(1998) พบว่าในชาเขียวจะมีปริมาณสารโพลีฟีนอลโดยรวมถึง 95.4 ต่อกรัม ซึ่งสูงกว่าชาดำที่มีปริมาณสารโพลีฟีนอลโดยรวมเท่ากับ 80.1 มิลลิกรัมต่อกรัม แต่ในปี 2002 Khokhar และ Magnusdottir กลับพบว่าปริมาณของสารโพลีฟีนอลโดยรวมในชาดำจะมีค่าระหว่าง 80.5-134.9 มิลลิกรัมต่อกรัม ซึ่งสูงกว่าในชาเขียวที่พบว่าจะมีปริมาณของสาร โพลีฟีนอลโดยรวมระหว่าง 65.8-106.2 มิลลิกรัมต่อกรัม ซึ่งสอดคล้องกับการรายงานของ Holf และ Singleton (1977) ว่าปริมาณของสารโพลีฟีนอลโดยรวมในชาดำจะมีค่าเท่ากับ 67.7 มิลลิกรัมต่อกรัม และในชาเขียวมีค่าเท่ากับ 62.3 มิลลิกรัมต่อกรัม

ในปี 1998 Lin และคณะ ศึกษาหาปริมาณสารคาเทชินและสารคาเฟอีน(alkaloids) ในชาเขียวแบบจีน(Chinese green tea) 15 ชนิด และชาเขียวแบบญี่ปุ่น(Japanese green tea) 13 ชนิด พบว่าปริมาณของคาเทชินโดยรวม (-)-epigallocatechin 3-gallate, (+)-catechin และคาเฟอีนของชาทั้ง 2 กลุ่มนี้มีปริมาณใกล้เคียงกัน แต่ปริมาณของ (-)-epigallocatechin, (-)-epicatechin และ (-)-gallocatechin 3-gallate จะพบในชาเขียวแบบญี่ปุ่นในปริมาณที่สูงกว่า ในขณะที่ปริมาณของ (-)-epicatechin 3-gallate, gallic acid, theophylline และ theobromine จะพบในชาเขียวแบบจีนในปริมาณที่สูงกว่า นอกจากนี้ยังพบว่าในชาอูหลงจะมีปริมาณของสารคาเทชินในปริมาณที่ต่ำกว่าชาเขียวแบบจีนและชาเขียวแบบญี่ปุ่น นอกจากนี้ในปี 2000 Wang และคณะ ศึกษาหาปริมาณสารโพลีฟีนอลโดยรวมในน้ำชาเขียวที่ผลิตจากใบชาที่ผ่านกระบวนการผลิตที่แตกต่างกัน คือใบชาเขียวชนิดที่ 1 ผ่านกระบวนการผลิตโดยการอบใบชาด้วยไอน้ำ(steaming) กับชาเขียวชนิดที่ 2 ที่ผ่านกระบวนการผลิตโดยใช้วิธีคั่ว(roasted) พบว่าน้ำชาที่ชงจากใบชาเขียวที่ผ่านการผลิตโดยการอบใบชาด้วยไอน้ำจะมีปริมาณสารโพลีฟีนอลโดยรวมมากกว่าน้ำชาที่ชงจากใบชาเขียวที่ผ่านการผ่านกระบวนการผลิตโดยใช้วิธีคั่ว สอดคล้องกับการรายงานของ Price และ Spiro (1985) โดยศึกษาผลของกระบวนการในการผลิต ต่ออัตราในการสกัดคาเฟอีนและเทอาฟลาวิน พบว่าชาที่ผลิตโดยวิธี CTC จะสามารถสกัดสารออกมาได้รวดเร็วกว่าชาที่ผลิตโดยวิธี orthodox นอกจากนี้

รัตติยา สำราญสกุล (2544) พบว่ากรรมวิธีการผลิตชาใบหม่อนมีผลต่อปริมาณเควอซิติน เคมเฟอรอล และโพลีฟีนอลโดยรวม

Gadow และคณะ (1997a) ได้เปรียบเทียบความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระ (antioxidant activity) ระหว่างชาเขียว ชาอูหลงและชาดำ พบว่า ในชาเขียวจะมีความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระสูงกว่าในชาอูหลงซึ่งเป็นชาที่ผ่านการหมักเพียงบางส่วนและชาดำซึ่งเป็นชาที่ผ่านการหมัก

ดังนั้นจะเห็นได้ว่าปริมาณสารต่าง ๆ ที่เป็นองค์ประกอบในชาจะแตกต่างกัน เนื่องจากองค์ประกอบของสารต่าง ๆ ในใบชาจะแตกต่างกันตามสายพันธุ์ต้นกำเนิดของใบชาและกระบวนการผลิตชานั่นเอง นอกจากนี้ ยังพบว่ากระบวนการหมักที่แตกต่างกันจะส่งผลให้ระดับของสารคาเทชินและโพลีฟีนอลชนิดอื่น ๆ แตกต่างกันแล้ว ระดับของสารคาเทชินจะเปลี่ยนแปลงตามฤดูกาล แหล่งในการเพาะปลูก (ดิน น้ำ แร่ธาตุ ปุ๋ย ฯลฯ) และอายุของใบ คือ ใบอ่อนใบแก่อีกด้วย โดยที่ใบชาอ่อนจะมีปริมาณของสารคาเทชินส์สูงกว่าใบชาที่แก่จัด(Lin et al., 1998) ซึ่งการทดลองของ รัตติยา สำราญสกุล (2544) ได้แสดงให้เห็นว่า แหล่งปลูก อายุใบ และสายพันธุ์ของชาใบหม่อน เป็นปัจจัยมีอิทธิพลร่วมกันทำให้ปริมาณเควอซิติน เคมเฟอรอลและโพลีฟีนอลโดยรวม มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

2.8.2 อุณหภูมิของน้ำที่ใช้ในการชงชา

จากการทดลองจะพบว่าอุณหภูมิของน้ำที่ใช้ในการชงชาจะมีผลต่ออัตราในการสกัดสารต่าง ๆ ในใบชา โดยพบว่าอัตราในการสกัดสารต่าง ๆ จะเพิ่มขึ้น เมื่ออุณหภูมิของน้ำเพิ่มขึ้น(Astill et al., 2001) และจากการทดลอง พบว่า อุณหภูมิของน้ำที่ใช้ในการชงชามีผลต่อปริมาณสาร ฟีนอลิกที่สกัดได้ โดยในปี 2002 Khokhar และ Magnusdottir ได้ทำการชงชาที่อุณหภูมิ 60 80 และ 100 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 5 นาที พบว่าปริมาณของสารโพลีฟีนอลโดยรวม คาเทชินและคาเฟอีนจะเพิ่มขึ้น เมื่ออุณหภูมิที่ใช้ในการชงชาเพิ่มขึ้น และจะมีค่าสูงสุดเมื่อชงชาที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 5 นาที และเมื่อเพิ่มเวลาที่ใช้ในการชงชาเป็น 10 นาที ก็พบว่าปริมาณของคาเทชินเพิ่มขึ้นถึง 30-40 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งสารประกอบที่สามารถสกัดออกมาได้ง่าย คือ EGCG และ ECG ซึ่งผลการทดลองนี้สอดคล้องกับการทดลองของ Chen และคณะ (1996) ได้ศึกษาผลของอุณหภูมิและเวลาที่ใช้ในการชงชาต่อปริมาณสารโพลีฟีนอลของชาอูหลง พบว่าปริมาณสารคาเทชินเพิ่มขึ้น เมื่อเพิ่มอุณหภูมิของน้ำที่ใช้ในการชง

2.8.3 เวลาที่ใช้ในการชง

ปริมาณของสารต่าง ๆ ที่ละลายอยู่ในน้ำชาจะมากขึ้น เมื่อใช้เวลาในการชงนานขึ้น ซึ่งอัตราในการสกัดสารต่าง ๆ ออกจากใบชาจะมีค่าสูงในช่วงแรก แต่เมื่อเวลาผ่านไปอัตราในการสกัดจะเริ่มลดลง จนกระทั่งเข้าสู่สมดุล(Astill et al., 2001) ซึ่งเวลาที่ใช้ในการแช่ใบชาในน้ำร้อนขึ้นอยู่กับขนาดของใบชา ใบชาขนาดเล็กใช้เวลาน้อยกว่าใบชาขนาดใหญ่(ดาเรศ บรรเทิงจิตร, 2547) Spiro และคณะ ได้ศึกษาแบบจำลองจลนพลศาสตร์อย่างง่าย(Simple kinetic models) ซึ่งได้อธิบายอัตราในการสกัดสารต่าง ๆ โดยวัดปริมาณของสารประกอบต่าง ๆ ในใบชาที่ถูกสกัดออกมาโดยเทียบกับเวลา ผลการทดลองที่ได้ถูกแสดงออกมาในรูปของกราฟที่เรียกว่า "infusion curve" ซึ่งลักษณะกราฟได้แสดงให้เห็นว่าอัตราในการสกัดสารต่าง ๆ ออกจากใบชาจะมีค่าสูงในช่วงแรก แต่เมื่อเวลาผ่านไปอัตราในการสกัดจะเริ่มลดลง จนกระทั่งเข้าสู่สมดุล (Spiro และ Siddique, 1981 Spiro และ Jago, 1982)

Gulati และคณะ (1993) อ้างโดย ชนิพรรณ บุตรยี่ และ จินตนา ศิริวราศัย, 2542 ศึกษาผลของเวลาที่ใช้ในการชงชาต่อปริมาณฟลูออไรด์(F) โดยใช้ใบชา 4 ยี่ห้อที่จำหน่ายในตลาดของชาวอินเดีย โดยนำชาแต่ละชนิดมาแช่ในน้ำร้อนในเวลาที่แตกต่างกันคือ 2 4 6 8 และ 10 นาที พบว่าปริมาณฟลูออไรด์ที่ละลายออกมากับน้ำจะพบสูงสุดเมื่อแช่ใบชาในน้ำเป็นเวลา 6 นาที นอกจากนี้รัตติยา สำราญสกุล(2544) ศึกษาเวลาที่ใช้ในการชงชาใบหมอน จากการศึกษานี้พบว่าในการชงชาใบหม่อนด้วยน้ำร้อน เมื่อใช้เวลาในการชงชาที่นานขึ้น จะมีผลเพิ่มปริมาณเควอซิตินและเคมเฟอรอล แต่ไม่มีผลต่อปริมาณโพลีฟีนอลโดยรวม

ต่อมาในปี 1997 Gadow และคณะ ได้ศึกษาผลของเวลาที่ใช้ในการชงชา rooibos ต่อความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระ(antioxidant activity) พบว่าเมื่อเพิ่มเวลาที่ใช้ในการสกัดจะทำให้ความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระเพิ่มขึ้น แต่ในปี 2000 Zhou และคณะ ศึกษาผลของเวลาและอุณหภูมิที่ใช้ในการชงชาที่ระดับต่าง ๆ กัน พบว่า ปริมาณโพลีฟีนอลและ anticlastogenic potential ขึ้นกับอุณหภูมิและเวลาที่ใช้ในการชงชา โดยการชงชาที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส และเพิ่มเวลาในการชงชา พบว่า ปริมาณของโพลีฟีนอลและ anticlastogenic potential จะเพิ่มขึ้น แต่ในทางตรงกันข้าม การชงชาที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส และเพิ่มเวลาในการชงให้นานขึ้นกลับพบว่าปริมาณโพลีฟีนอลจะเพิ่มขึ้น แต่ anticlastogenic potential จะลดลง ใกล้เคียงกับผลการทดลองของ Hodgson และคณะ (1999) ได้ศึกษาผลของชาดำและชาเขียวต่อการเกิด lipoprotein oxidation ใน vitro โดยศึกษาในเรื่องของผลของเวลาที่ใช้ในการชงชา พบว่า ถ้าใช้เวลาในการชงตั้งแต่ 4 นาที ขึ้นไป จะสามารถสกัดโพลีฟีนอลิคออกมาได้ 50-60 เปอร์เซ็นต์ และถ้าหากใช้เวลา

ในการชงนานกว่า 30 วินาที จะสามารถสกัดคาเฟอีนออกมาได้ถึง 80 เปอร์เซ็นต์ แต่กลับพบว่าไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติสำหรับความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระระหว่างชาเขียวกับชาดำ

2.8.4 อัตราส่วนระหว่างน้ำกับใบชา

การใช้อัตราส่วนระหว่างน้ำที่ใช้ในการชงกับใบชาเพิ่มขึ้น จะทำให้อัตราในการสกัดสารต่าง ๆ เพิ่มขึ้นด้วย โดย Lakenbrink และคณะ(2000) ศึกษาผลของเวลาและอัตราส่วนระหว่างปริมาณน้ำที่ใช้ในการชงชาต่อปริมาณใบชา พบว่า เมื่อใช้อัตราส่วนระหว่างน้ำต่อใบชาเป็น 90/1 และ 80/1 มิลลิลิตรต่อกรัม จะมีประสิทธิภาพในการสกัดสารต่าง ๆ ออกมาได้ดีกว่าการใช้อัตราส่วนระหว่างน้ำต่อใบชาเป็น 75/1 มิลลิลิตรต่อกรัม อย่างไรก็ตามเมื่อเพิ่มเวลาในการชงชาเป็น 4 นาที จะพบว่าความแตกต่างของประสิทธิภาพในการสกัดจะลดลงไป และการใช้อัตราส่วนทั้ง 3 นี้ในการชงชาเป็นเวลา 2 นาที พบว่าปริมาณฟีนอลิคโดยรวม ฟลาโวนอยด์โดยรวม คาเทชินและเทอาฟลาวินในน้ำชาจะมีค่าระหว่าง 35-55 เปอร์เซ็นต์ ส่วนฟลาโวนอล(flavonol) ฟลาโวนกลัยโคไซด์(flavone glycosides) และคาเฟอีน ในน้ำชาจะมีปริมาณสารดังกล่าวมากถึง 55-90 เปอร์เซ็นต์

2.8.5 รูปร่างและขนาดของใบชา

ขนาดและรูปร่างของใบชา มีผลต่ออัตราในการชงชา โดยพบว่าอัตราในการชงจะเพิ่มขึ้นเมื่อลดขนาดของใบชา(Astill et al.,2001) โดยในปี 1985 Price และ Spiro พบว่าอัตราในการสกัดคาเฟอีนและเทอาฟลาวินเพิ่มขึ้น เมื่อขนาดใบชาลดลง สอดคล้องกับการทดลองของ Gulati และคณะ, 1993 ได้ศึกษาหาปริมาณฟลูออไรด์ในใบชาเทียบกับชาผง โดยนำชาทั้ง 2 ชนิดมาแช่ในน้ำร้อนในเวลาที่แตกต่างกัน พบว่า การนำใบชามาแช่ในน้ำร้อนเทียบกับชาผงชงน้ำร้อน การละลายของสารฟลูออไรด์ ในใบชาออกมาอยู่ในน้ำชามีปริมาณน้อยกว่า ซึ่งอธิบายได้จากการที่ผงชาสามารถสัมผัสกับน้ำร้อนมากกว่าย่อมทำให้ระดับฟลูออไรด์ละลายเพิ่มขึ้นนั่นเอง

บทที่ 3
อุปกรณ์และวิธีดำเนินงาน

3.1 วัตถุดิบ

3.1.1 ชาเขียว	ตรา Fujian	จีน
3.1.2 ชาอูหลง เบอร์ 12	ตรา ร้านชาตังหลง	จีน
3.1.3 ชาดำ	ตรา ใบชาสามม้า	ไทย
3.1.4 ชาใบหม่อน	ตรา จี	ไทย

3.2 สารเคมี

3.2.1 กรดแกลลิค	Fluka Chemika	สวิตเซอร์แลนด์
3.2.2 เมธานอล	Labscan Asia	ไทย
3.2.3 โซเดียมคาร์บอเนต	VWR international Ltd.	อังกฤษ
3.2.4 กรดไขมันลิโนเลอิค	Sigma Chemical co.	สวิตเซอร์แลนด์
3.2.5 คลอโรฟอร์ม	Labscan Asia	ไทย
3.2.6 เบต้า-คาโรทีน	Merck Schuchardt	เยอรมัน
3.2.7 Folin-ciocalteu reagent	VWR international Ltd.	อังกฤษ
3.2.8 Tween 40	Merck Schuchardt	เยอรมัน

3.3 อุปกรณ์และเครื่องมือ

3.3.1 เครื่องปั่นแรงเหวี่ยงสูง	centrikon T-42k	อิตาลี
3.3.2 ยูวี-สเปคโตรโฟโตมิเตอร์	shimadzu UV-1601	ญี่ปุ่น
3.3.3 เครื่องวัดสี	Minolta CR300	ญี่ปุ่น

3.4 วิธีการดำเนินงาน

3.4.1 ศึกษาปริมาณสารต้านอนุมูลอิสระในน้ำชา

นำตัวอย่างใบชาบดหยาบชนิดต่าง ๆ 1 กรัม สกัดด้วยเมธานอล 80 เปอร์เซ็นต์ ปริมาตร 10 มิลลิลิตร ในกรวยแยกขนาด 100 มิลลิลิตร เวลาในการสกัด 20 นาที(เขย่าเป็นครั้งคราว)(รัตติยา สำราญสกุล, 2544) ตัวอย่างสารสกัดจากใบชาจะถูกเก็บไว้ที่อุณหภูมิ -18 องศาเซลเซียส ซึ่งสารสกัดที่ได้จะถูกนำไปวิเคราะห์ดังต่อไปนี้

- ปริมาณสารประกอบโพลีฟีนอลโดยรวม(Total polyphenol)
- ปริมาณแทนนิน (Tannin)
- ความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระ(Antioxidant activity)

ศึกษาปริมาณสารต้านอนุมูลอิสระในใบชา โดยเปรียบเทียบข้อมูลทางสถิติตามแผนการทดลองแบบ CRD : (Completely Randomized Design) และเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยโดยใช้ Duncan' s Multiple Rang test ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

3.4.2 ศึกษาผลของอุณหภูมิของน้ำ อัตราส่วนระหว่างใบชาต่อน้ำ และเวลาที่ใช้ในการชงชาต่อปริมาณสารต้านอนุมูลอิสระในน้ำชา

ชงใบชาแต่ละชนิดในน้ำที่มีอุณหภูมิต่างกัน 2 ระดับ คือ 80 และ 100 องศาเซลเซียส โดยใช้อัตราส่วนระหว่างใบชาต่อน้ำที่ใช้ในการชงต่างกัน 2 ระดับ คือ 0.6 กรัมต่อ 100 มิลลิลิตร และ 1.2 กรัมต่อ 100 มิลลิลิตร และใช้เวลาในการชงแตกต่างกัน 5 ระดับ คือ 1 2 3 4 และ 5 นาที จากนั้นกรองแยกกากชาด้วย Bruchner funnel ผ่านกระดาษกรอง what man เบอร์ 4 อย่างรวดเร็ว ตัวอย่างน้ำชาจะถูกเก็บไว้ที่อุณหภูมิ -18 องศาเซลเซียสตลอดการทดลอง ตัวอย่างน้ำชาที่ได้จะถูกนำไปวิเคราะห์ดังนี้

- ปริมาณสารประกอบโพลีฟีนอลโดยรวม(Total polyphenol)
- ปริมาณแทนนิน(Tannin)
- ความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระ(Antioxidant activity)

เลือกสภาวะที่ดีที่สุดที่ใช้ในการชงชา โดยพิจารณาจากสภาวะที่ใช้ในการชงชาที่ให้ปริมาณสารประกอบโพลีฟีนอลโดยรวม(Total polyphenol) แทนนิน(Tannin) และความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระ(Antioxidant activity)สูงสุด มาทำการศึกษาในหัวข้อต่อไป

3.4.3 ศึกษาการเปลี่ยนแปลงปริมาณสารต้านอนุมูลอิสระของน้ำชาพาสเจอร์ไรส์ในระหว่างการเก็บรักษา

เลือกสภาวะที่ดีที่สุดที่ได้จากการทดลองในข้อ 3.4.2 ของชาแต่ละชนิด นำไปพาสเจอร์-ไรส์ที่อุณหภูมิ 90-94 องศาเซลเซียส นาน 20 วินาที(Plestenjak et al., 2001) บรรจุใส่ขวดเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 30 วัน ตัวอย่างจะถูกนำมาวิเคราะห์หาค่าต่าง ๆ ทุก ๆ 3 วัน ตัวอย่างจะถูกนำมาวิเคราะห์ดังนี้

- ปริมาณสารประกอบโพลีฟีนอลโดยรวม(Total polyphenol)
- ปริมาณแทนนิน(Tannin)
- ความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระ(Antioxidant activity)
- สี(Color)

3.4.4 การวิเคราะห์หาปริมาณสารประกอบโพลีฟีนอลโดยรวม (Total phenol)(Burns et al., 2000; Lakenbrink et al., 2000; Pellegrini et al., 2000; Simonetti, et al., 1997; Zielinski and Koztowska, 2000)

การทำกราฟมาตรฐานกรดแกลลิค

เตรียมสารละลายมาตรฐานกรดแกลลิคความเข้มข้น 400 ไมโครกรัม/มิลลิลิตร ปิเปตสารละลายมาตรฐานกรดแกลลิค ปริมาตร 0.5 1.0 1.5 2.0 2.5 และ 3.0 มิลลิลิตร ทำการเจือจางและปรับปริมาตรให้ครบ 10 มิลลิลิตร ปิเปตสารละลายมาตรฐานแต่ละความเข้มข้น 0.5 มิลลิลิตร เติม Folin-ciocalteu reagent 0.5 มิลลิลิตร สารละลายโซเดียมคาร์บอเนตอิ่มตัว 1.0 มิลลิลิตร และน้ำ 8 มิลลิลิตร ผสมให้เข้ากัน แล้วตั้งทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 25 นาที นำไปปั่นหมุนเหวี่ยง 3,000 รอบต่อนาที เป็นเวลา 10 นาที เทของเหลวใสที่อยู่ชั้นบนของตะกอนไปวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ 725 นาโนเมตร โดยใช้เครื่องยูวี-สเปคโตรโฟโตมิเตอร์ นำค่าการดูดกลืนแสงที่ได้ไปทำกราฟมาตรฐานกรดแกลลิค

การหาปริมาณสารประกอบโพลีฟีนอลโดยรวม (Total polyphenol)

ปิเปตตัวอย่างน้ำชา ปริมาตร 0.5 มิลลิลิตร เติม Folin-ciocalteu reagent 0.5 มิลลิลิตร สารละลายโซเดียมคาร์บอเนตอิ่มตัว 1.0 มิลลิลิตร และน้ำ 8 มิลลิลิตร ผสมให้เข้ากัน แล้วตั้งทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 25 นาที จากนั้นนำไปปั่นหมุนเหวี่ยง 3,000 รอบต่อนาที เป็นเวลา 10 นาที เทของเหลวใสที่อยู่ชั้นบนของตะกอนไปวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ 725 นาโนเมตร โดยใช้เครื่องยูวี-สเปคโตรโฟโตมิเตอร์

คำนวณหาปริมาณโพลีฟีนอลโดยรวมเป็น gallic acid equivalents (GAE) โดยนำค่าการดูดกลืนแสงไปเทียบกับกราฟมาตรฐานกรดแกลลิค

3.4.5 การวิเคราะห์หาปริมาณแทนนิน (Tannin)(วิเคราะห์ตามวิธีของ AOAC, 2000)

การทำกราฟมาตรฐานกรดแทนนิค

เตรียมสารละลายมาตรฐานกรดแทนนิค ที่ความเข้มข้น 0 2 4 6 8 และ 10 ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตร ปิเปตสารละลายมาตรฐานแต่ละความเข้มข้น 0.5 มิลลิลิตร ใส่ลงในขวดวัดปริมาตรขนาด 50 มิลลิลิตร เติม Folin-ciocalteu reagent 2.5 มิลลิลิตร และสารละลายโซเดียมคาร์บอเนตอิ่มตัว 5.0 มิลลิลิตร จากนั้นปรับปริมาตรให้ได้ 50 มิลลิลิตร ด้วยน้ำกลั่นผสมให้เข้ากัน ตั้งทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 30 นาที จากนั้นนำไปวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ 760 นาโนเมตร โดยใช้เครื่องยูวี-สเปคโตรโฟโตมิเตอร์ นำค่าการดูดกลืนแสงที่ได้ไปทำกราฟมาตรฐานกรดแทนนิค

การหาปริมาณสารแทนนิน (Tannin)

ปิเปตสารละลายมาตรฐานแต่ละความเข้มข้น 0.5 มิลลิลิตร ใส่ลงในขวดวัดปริมาตรขนาด 50 มิลลิลิตร เติม Folin-ciocalteu reagent 2.5 มิลลิลิตร และสารละลายโซเดียมคาร์บอเนตอิ่มตัว 5.0 มิลลิลิตร จากนั้นปรับปริมาตรให้ได้ 50 มิลลิลิตร ด้วยน้ำกลั่นผสมให้เข้ากัน ตั้งทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 30 นาที จากนั้นนำไปวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ 760 นาโนเมตร โดยใช้เครื่องยูวี-สเปคโตรโฟโตมิเตอร์

คำนวณหาปริมาณแทนนิน โดยนำค่าการดูดกลืนแสงไปเทียบกับกราฟมาตรฐานกรดแทนนิก

3.4.6 การวิเคราะห์หาความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระ(Antioxidant Activity) โดยวิธี β-carotene bleaching (ดัดแปลงจาก Miller, 1971)

การเตรียมสารละลายเบต้าคาโรทีน-กรดลิโนเลอิค

เตรียมสารละลายเบต้าคาโรทีน (β-carotene 1 มิลลิกรัม/1 มิลลิลิตร คลอโรฟอร์ม) สารละลายกรดไขมันลิโนเลอิค (linoleic acid 0.4 กรัม/10 มิลลิลิตร คลอโรฟอร์ม) สารละลาย Tween 40 (Tween 40 2 กรัม/10 มิลลิลิตร คลอโรฟอร์ม) นำสารละลายเบต้าคาโรทีน สารละลายกรดไขมันลิโนเลอิค และสารละลาย Tween 40 ในปริมาณ 0.2 0.50 และ 1.0 มิลลิลิตร ตามลำดับผสมในขวดรูปชมพู่ ขนาด 125 มิลลิลิตร ระเหยตัวทำละลายคลอโรฟอร์มให้หมดด้วยแก๊สไนโตรเจน เติมน้ำกลั่น 50 มิลลิลิตร เขย่าเพื่อชะสารเบต้าคาโรทีนและกรดไขมันลิโนเลอิคจากผนังขวดแก้วให้หมด

การวัดความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระ(Antioxidant Activity)

ปิเปตตัวอย่างน้ำชาปริมาตร 0.1 มิลลิลิตร เติมสารผสมเบต้าคาโรทีน–กรดลิโนเลอิก 4.9 มิลลิลิตร บันทึกค่าการดูดกลืนแสงด้วยเครื่องยูวี-สเปคโตรโฟโตมิเตอร์ที่ 470 นาโนเมตร ณ เวลา 0 นาที และทุก ๆ 15 นาที เป็นเวลา 2 ชั่วโมง ควบคุมการเกิดปฏิกิริยาที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส ในอ่างน้ำควบคุมอุณหภูมิ

ความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระ คำนวณได้จากสมการดังต่อไปนี้ (Sinch et al., 2002)

$$\text{Antioxidant Activity} = \frac{(A_{E(120)} - A_{C(120)})}{(A_{C(0)} - A_{C(120)})} \times 100$$

โดย

Antioxidant Activity = ความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระ

$A_{E(120)}$ = ค่าการดูดกลืนแสงของตัวอย่าง ที่เวลา 120 นาที

$A_{C(120)}$ = ค่าการดูดกลืนแสงของตัวควบคุม ที่เวลา 120 นาที

$A_{C(0)}$ = ค่าการดูดกลืนแสงของตัวควบคุม ที่เวลา 0 นาที

3.4.7 การวิเคราะห์ค่าสี(Color)(Wang, 2000)

วัดค่าสี (L, a, b) ของตัวอย่างน้ำชาโดยเครื่องวัดสี Minolta CR300 จากนั้นนำค่า L, a, b ที่วัดได้ไปคำนวณหาค่าความแตกต่างของสีโดยรวม (the total color difference:DE) ดังสมการต่อไปนี้

$$DE = [(L-L_0)^2 + (a-a_0)^2 + (b-b_0)^2]^{0.5}$$

โดย

DE = ค่าความแตกต่างของสีโดยรวม

L = ค่าความสว่างของตัวอย่างน้ำชาที่เวลาต่าง ๆ

L_0 = ค่าความสว่างของตัวอย่างน้ำชา (วันที่ 0)

a = ค่าความเป็นสีแดงของตัวอย่างน้ำชาที่เวลาต่าง ๆ

a_0 = ค่าความเป็นสีแดงของตัวอย่างน้ำชา (วันที่ 0)

b = ค่าความเป็นสีเหลืองของตัวอย่างน้ำชาที่เวลาต่าง ๆ

b_0 = ค่าความเป็นสีเหลืองของตัวอย่างน้ำชา (วันที่ 0)

บทที่ 4

ผลการทดลองและวิจารณ์

4.1 ผลการวิเคราะห์ปริมาณสารต้านอนุมูลอิสระในใบชาชนิดต่าง ๆ

จากผลการวิเคราะห์หาปริมาณโพลีฟีนอลโดยรวมในใบชาชนิดต่าง ๆ พบว่าชาเขียวมีปริมาณโพลีฟีนอลโดยรวมสูงสุด รองลงมาคือ ชาดำ ชาอูหลงและชาใบหม่อน ตามลำดับ (ตารางที่ 4.1) ปริมาณโพลีฟีนอลโดยรวมที่พบในใบชาทั้ง 4 ชนิดนี้ มีค่าระหว่าง 7.18-70.66 มิลลิกรัม/กรัม ซึ่งผลการทดลองนี้มีแนวโน้มสอดคล้องกับผลการทดลองของ Gadow et al., (1997a) ซึ่งพบว่าชาเขียวจะมีปริมาณโพลีฟีนอลโดยรวมสูงสุด รองลงมาคือ ชาดำและชาอูหลง ตามลำดับ ซึ่งการลดลงของสารประกอบโพลีฟีนอลโดยรวมในชา เนื่องจากเกิดออกซิไดซ์หรือโพลีเมอร์ไรซ์ของสารประกอบฟีนอลลิคขณะผ่านกระบวนการผลิต ชาเขียวเป็นชาที่ไม่ได้ผ่านกระบวนการหมัก ทำให้มีปริมาณสารประกอบโพลีฟีนอลสูงกว่าชาอูหลง ซึ่งเป็นชากึ่งหมักและชาดำซึ่งเป็นชาที่ผ่านกระบวนการหมัก(Wang et al., 2000) และเมื่อวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติพบว่าปริมาณโพลีฟีนอลโดยรวมในใบชาทั้ง 4 ชนิด มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

ตารางที่ 4.1 ปริมาณโพลีฟีนอลโดยรวม แทนนินและความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระในใบชาชนิดต่าง ๆ (สกัดด้วยเมธานอล 80เปอร์เซ็นต์)

ชนิดของชา	โพลีฟีนอลโดยรวม (มิลลิกรัม/กรัม)	แทนนิน (ไมโครกรัม/กรัม)	AA (เปอร์เซ็นต์)
ชาเขียว	70.76 ± 1.18^{a}	2189.43 ± 125.71^{a}	95.58 ± 1.42^{a}
ชาอูหลง	30.98 ± 0.22^{c}	1789.65 ± 34.82^{b}	91.19 ± 1.72^{b}
ชาดำ	64.52 ± 0.53^{b}	1854.46 ± 17.74^{b}	92.87 ± 1.29^{ab}
ชาใบหม่อน	7.19 ± 0.03^{d}	146.56 ± 4.48^{c}	58.53 ± 3.24^{c}

หมายเหตุ : ^{a,b,c,d} ตัวอักษรต่างกันแสดงว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)
AA หมายถึง ความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระ(antioxidant activity :ซึ่งในขั้นตอนนี้ ค่า AA นี้จะได้จากการสกัดจากใบชา 1 กรัม ในเมธานอล 80 เปอร์เซ็นต์ ปริมาตร 10 มิลลิลิตร)

ส่วนปริมาณแทนนินที่พบในใบชาทั้ง 4 ชนิดนี้ พบว่าชาเขียวมีปริมาณแทนนินสูงสุด รองลงมาคือ ชาดำ ชาอูหลงและชาใบหม่อน ตามลำดับ (ตารางที่ 4.1) ซึ่งปริมาณแทนนินที่พบในใบชาทั้ง 4 ชนิดนี้ มีค่าระหว่าง 146-2,189 ไมโครกรัม/กรัม และเมื่อวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติพบว่า ปริมาณแทนนินที่พบในชาเขียวแตกต่างจากชาชนิดอื่นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ($p \leq 0.05$) ส่วนชาอูหลงและชาดำมีปริมาณแทนนินไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ($p \leq 0.05$) ส่วนชาใบหม่อนนั้นพบว่ามีปริมาณแทนนินน้อยกว่าชาทั้ง 3 ชนิดข้างต้น อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

สำหรับค่าความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระของใบชาทั้ง 4 ชนิด มีค่าระหว่าง 58.53-95.58 เปอร์เซ็นต์ พบว่า ชาเขียวมีความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระสูงสุด รองลงมาคือ ชาดำ ชาอูหลงและชาใบหม่อน ตามลำดับ (ตารางที่ 4.1) แต่ไม่พบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ($p \leq 0.05$) ระหว่างชาเขียวกับชาดำ และชาดำกับชาอูหลง อาจเนื่องจากในชาเขียวมีปริมาณสารโพลีฟีนอลสูงกว่าในใบชาชนิดอื่น ๆ ซึ่งสารโพลีฟีนอลนี้ ถูกจัดว่าเป็นสารที่มีสมบัติเป็นสารต้านอนุมูลอิสระที่ดี(Lin et al., 1998) ในขณะที่ชาดำถึงแม้จะมีปริมาณโพลีฟีนอลน้อยกว่าชาเขียวก็ตาม แต่ในกระบวนการผลิตชาดำ จะต้องผ่านการหมักของสารกลุ่มโพลีฟีนอลเกิดเป็นเทอาฟลาวิน(theaflavins) และ เทอารูบิจิน(thearubigins) ซึ่งสารทั้ง 2 ชนิดนี้ก็มีสมบัติเป็น สารต้านอนุมูลอิสระ(Manzocco et al., 1998) นอกจากนี้ยังพบสาระสำคัญอีกชนิดหนึ่งในชาดำ คือ gallic acid ซึ่งมีคุณสมบัติต้านอนุมูลอิสระเช่นเดียวกัน(Gadow et al., 1997a) ส่วนชาอูหลง ซึ่งเป็นชาจีนกึ่งหมัก พบว่ามีความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระต่ำกว่าชาเขียวและชาดำ ทั้งนี้อาจเนื่องจากมีปริมาณสารโพลีฟีนอลน้อยกว่าชาเขียว นอกจากนี้ยังคงมีปริมาณของเทอาฟลาวินและเทอารูบิจินน้อยกว่าที่พบในชาดำอีกด้วย(Gadow et al., 1997a) ส่วนชาใบหม่อนจะมีความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระต่ำสุด เนื่องจากสายพันธุ์ของใบหม่อนที่นำมาผลิตเป็นชาใบหม่อนกับใบชาที่นำมาผลิตเป็นชาเขียว ชาอูหลงและชาดำนั้นเป็นคนละสายพันธุ์กัน โดยชาเขียว ชาอูหลง และชาดำ นั้นผลิตมาจากพืชในตระกูล *Camellia sinensis* ในขณะที่ชาใบหม่อนจะผลิตจากพืชในตระกูล *Moraceae* ดังนั้นจึงทำให้องค์ประกอบของสารในชาชนิดต่าง ๆ มีความแตกต่างกัน

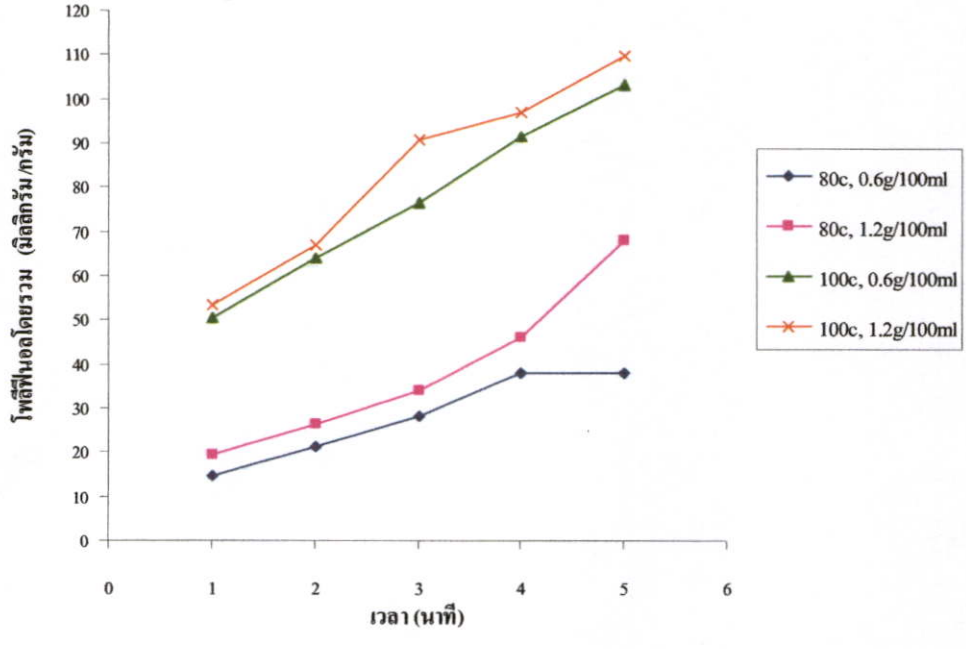
4.2 ผลของอุณหภูมิของน้ำ อัตราส่วนระหว่างใบชาต่อน้ำและเวลาที่ใช้ในการชงชาต่อปริมาณสารต้านอนุมูลอิสระในน้ำชาชนิดต่าง ๆ

4.2.1 ผลของอุณหภูมิของน้ำ อัตราส่วนระหว่างใบชาต่อน้ำและเวลาที่ใช้ในการชงชาต่อปริมาณโพลีฟีนอลโดยรวม แทนนินและความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระในน้ำชาเขียว

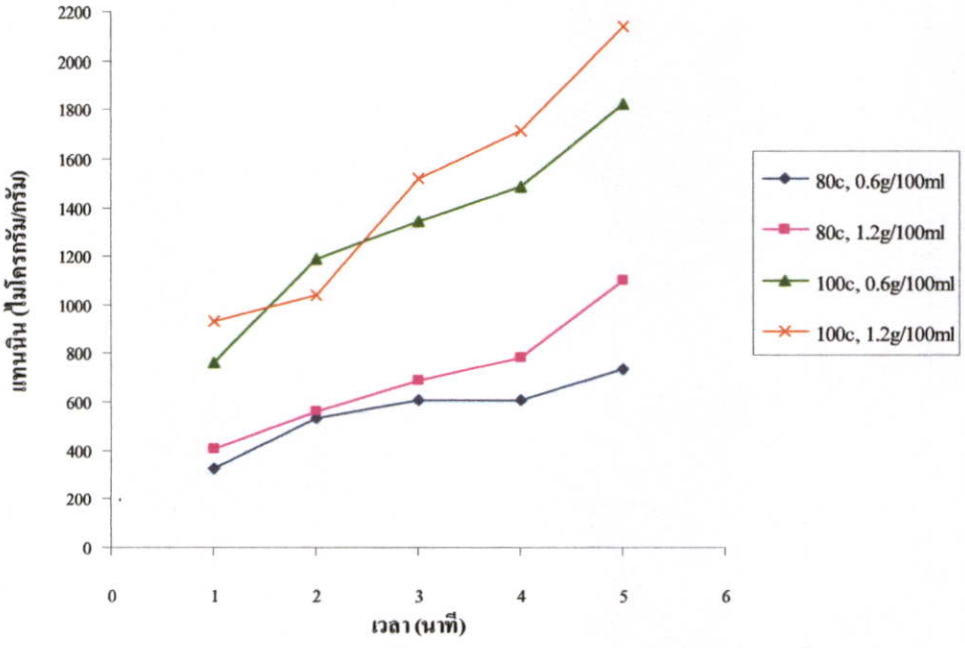
จากการวิเคราะห์พบว่าเมื่ออุณหภูมิของน้ำที่ใช้ในการชงชาเขียวเพิ่มขึ้นจาก 80 องศาเซลเซียส เป็น 100 องศาเซลเซียส ทำให้ได้น้ำชาเขียวที่มีปริมาณโพลีฟีนอลโดยรวม แทนนิน และมีค่าความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระเพิ่มขึ้น

เมื่อพิจารณาผลของอัตราส่วนระหว่างใบชาต่อน้ำ พบว่าเมื่อเพิ่มอัตราส่วนระหว่างใบชาต่อน้ำจาก 0.6 กรัม/100 มิลลิลิตร เป็น 1.2 กรัม/100 มิลลิลิตร พบว่าแนวโน้มปริมาณโพลีฟีนอลโดยรวม แทนนินและค่าความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระในน้ำชาเขียวมีค่าสูงขึ้น

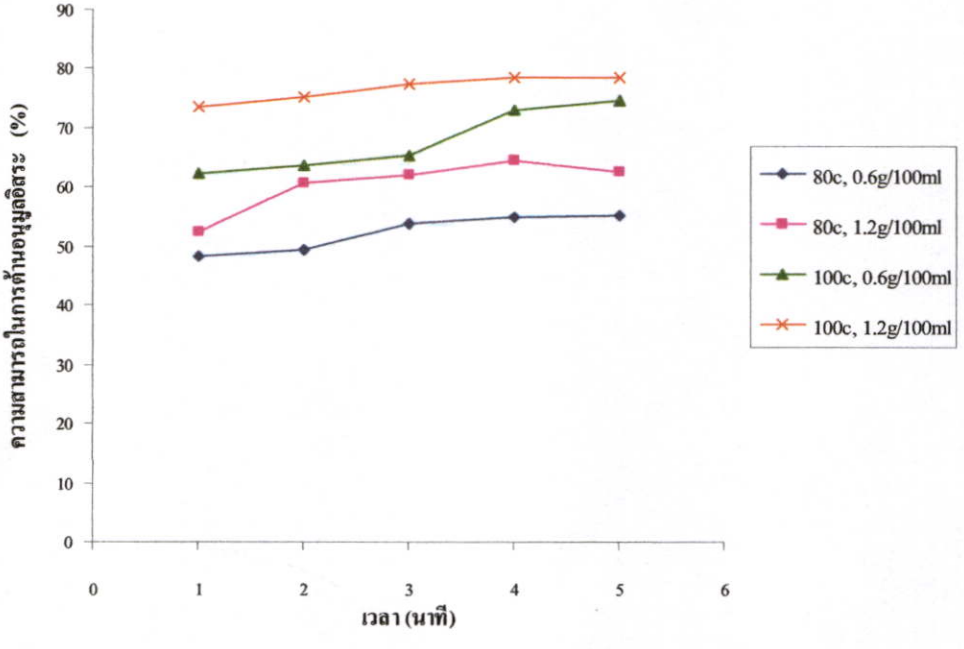
เมื่อใช้เวลาในการชงชานานขึ้น พบว่าปริมาณโพลีฟีนอลโดยรวม แทนนินและค่าความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระในน้ำชาเขียวมีค่าสูงขึ้น ซึ่งปริมาณโพลีฟีนอลโดยรวมและแทนนิน จะมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นอย่างมาก เมื่อใช้เวลาในการชงนานขึ้น ในขณะที่ค่าความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระจะมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเพียงเล็กน้อยเท่านั้น ดังแสดงในภาพที่ 4.1 4.2 และ 4.3 ตามลำดับ



ภาพที่ 4.1 ปริมาณโพลีฟีนอลโดยรวมในน้ำชาเขียวที่ชงโดยใช้อุณหภูมิของน้ำ อัตราส่วนระหว่างใบชาต่อน้ำ และเวลาที่ใช้ในการชงต่างกัน



ภาพที่ 4.2 ปริมาณแทนนินในน้ำชาเขียวที่ชงโดยใช้อุณหภูมิของน้ำ อัตราส่วนระหว่างใบชาต่อน้ำ และเวลาที่ใช้ในการชงต่างกัน



ภาพที่ 4.3 ความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระในน้ำชาเขียวที่ชงโดยใช้อุณหภูมิของน้ำ อัตราส่วนระหว่างใบชาต่อน้ำ และเวลาที่ใช้ในการชงต่างกัน

ตารางที่ 4.2 ปริมาณโพลีฟีนอลโดยรวม แทนนินและความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระในน้ำชาเขียวที่ชงโดยใช้อุณหภูมิของน้ำ อัตราส่วนระหว่างใบชาต่อน้ำ และเวลาที่ใช้ในการชงต่างกัน

อุณหภูมิ (°ซ)	อัตราส่วนใบชาต่อน้ำ (กรัม/มิลลิลิตร)	เวลา (นาที)	โพลีฟีนอลโดยรวม (มิลลิกรัม/กรัม)	แทนนิน (ไมโครกรัม/กรัม)	AA (เปอร์เซ็นต์)
80	0.6/100	1	14.81±0.35	327.00±0.65	48.36±4.57
80	0.6/100	2	21.18±0.20	530.31±5.47	49.49±3.98
80	0.6/100	3	38.21±0.47	605.03±4.77	53.87±2.51
80	0.6/100	4	37.87±0.26	609.39±13.46	54.88±1.60
80	0.6/100	5	37.90±0.91	736.22±8.65	55.19±3.32
80	1.2/100	1	19.55±0.03	401.61±2.73	52.41±1.11
80	1.2/100	2	26.51±0.03	562.95±2.04	60.66±1.03
80	1.2/100	3	34.09±0.02	691.38±3.47	62.01±0.98
80	1.2/100	4	46.28±0.31	785.87±31.27	64.56±0.82
80	1.2/100	5	68.01±0.29	1098.38±5.47	62.63±0.74
100	0.6/100	1	50.63±0.56	761.60±0.70	62.38±1.83
100	0.6/100	2	64.21±0.17	1184.89±1.14	63.72±1.37
100	0.6/100	3	76.30±0.59	1340.65±5.62	65.39±0.98
100	0.6/100	4	91.63±0.32	1485.78±0.90	73.01±0.26
100	0.6/100	5	103.05±1.29	1824.28±61.20	74.67±1.18
100	1.2/100	1	53.60±0.10	929.17±6.84	73.66±0.91
100	1.2/100	2	67.03±0.19	1038.79±27.38	75.18±1.11
100	1.2/100	3	90.71±0.00	1515.58±27.04	77.26±0.65
100	1.2/100	4	96.87±0.25	1711.26±21.85	78.46±0.65
100	1.2/100	5	109.57±21.48	2140.14±2.89	78.46±0.78

หมายเหตุ : AA หมายถึง ความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระ(antioxidant activity)

ปริมาณโพลีฟีนอลโดยรวม แทนนิน และค่าความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระในน้ำชาเขียวที่ชงที่สภาวะต่าง ๆ แสดงดังตารางที่ 4.2

จากตารางที่ 4.2 จะพบว่าอุณหภูมิของน้ำ อัตราส่วนระหว่างใบชาต่อน้ำและเวลาที่ใช้ในการชงชาเขียว มีผลต่อปริมาณโพลีฟีนอลโดยรวม แทนนินและค่าความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระในน้ำชาเขียว โดยปริมาณของสารดังกล่าวมีค่าอยู่ในช่วง 14.81-109.57 มิลลิกรัม/กรัม 327.00-2140.14 ไมโครกรัม/กรัม และ 48.36-78.46 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ

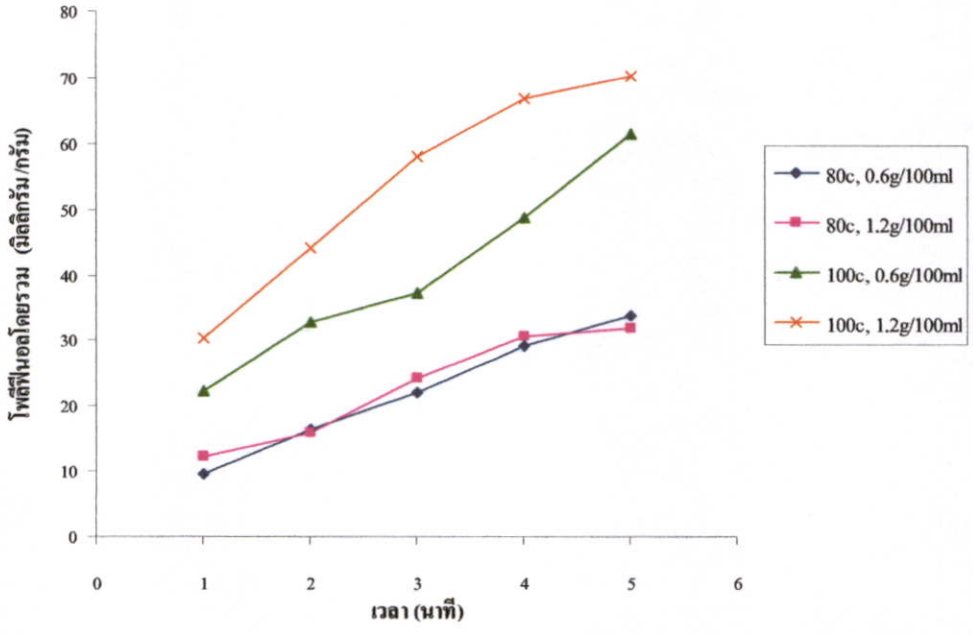
ดังนั้นการเพิ่มอุณหภูมิของน้ำ อัตราส่วนระหว่างใบชาต่อน้ำและใช้เวลาในการชงชานานขึ้น มีผลให้ได้น้ำชาเขียวที่มีปริมาณโพลีฟีนอลโดยรวม แทนนินและค่าความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระสูงขึ้น

4.2.2 ผลของอุณหภูมิของน้ำ อัตราส่วนระหว่างใบชาต่อน้ำและเวลาที่ใช้ในการชงชาต่อปริมาณ โพลีฟีนอลโดยรวม แทนนินและความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระในน้ำชาอูหลง

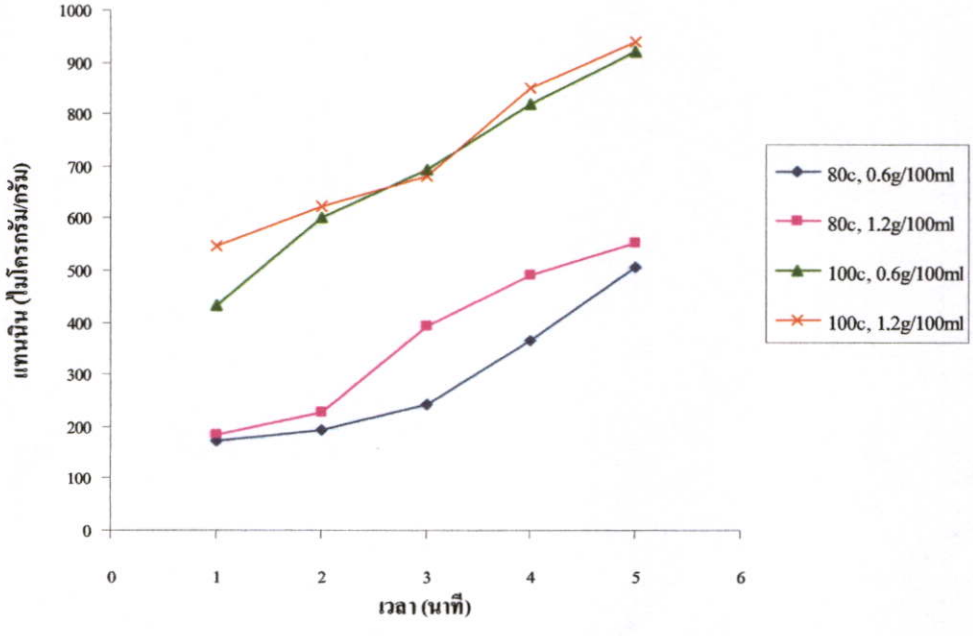
จากการวิเคราะห์พบว่าเมื่ออุณหภูมิของน้ำที่ใช้ในการชงชาอูหลงเพิ่มขึ้นจาก 80 องศาเซลเซียส เป็น 100 องศาเซลเซียส ทำให้ปริมาณโพลีฟีนอลโดยรวม แทนนิน และค่าความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระในน้ำชาอูหลงเพิ่มขึ้น

เมื่อเพิ่มอัตราส่วนระหว่างใบชาต่อน้ำที่ใช้ในการชงชาอูหลงจาก 0.6 กรัม/100 มิลลิลิตร เป็น 1.2 กรัม/100 มิลลิลิตร พบว่าแนวโน้มปริมาณโพลีฟีนอลโดยรวม แทนนินและค่าความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระในน้ำชาอูหลงมีค่าสูงขึ้น ซึ่งการเพิ่มอัตราส่วนระหว่างใบชาต่อน้ำในการชงชาอูหลงในน้ำที่มีอุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส พบว่าปริมาณโพลีฟีนอลโดยรวม และค่าความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระที่พบในน้ำชาอูหลงจะเพิ่มขึ้นเพียงเล็กน้อยเท่านั้น ในขณะที่การเพิ่มอัตราส่วนระหว่างใบชาต่อน้ำในการชงชาอูหลงในน้ำที่มีอุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส ปริมาณโพลีฟีนอลโดยรวมและค่าความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระที่พบในน้ำชาอูหลงจะเพิ่มขึ้นสูงกว่า

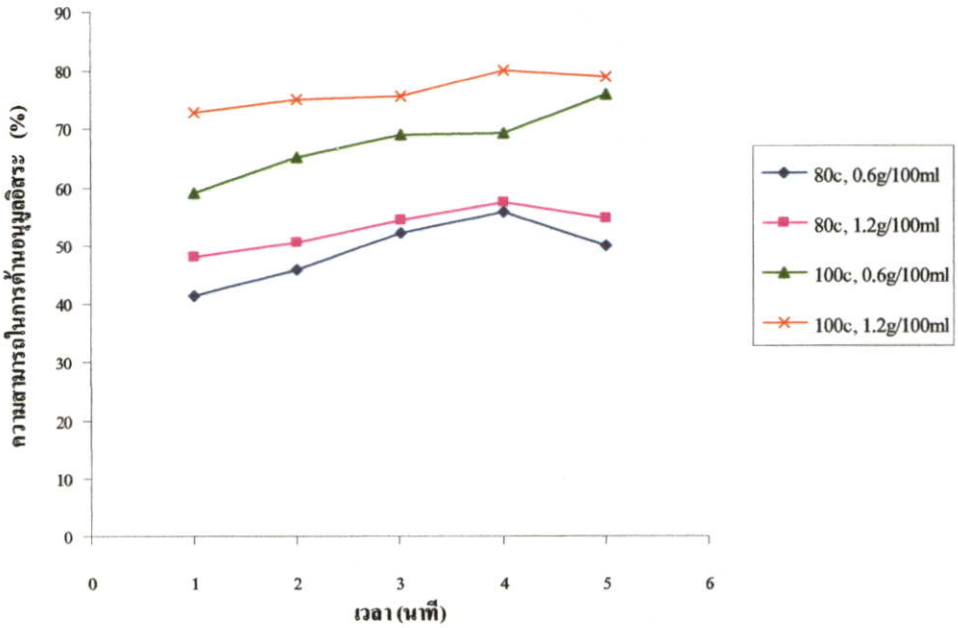
และเมื่อใช้เวลาในการชงชานานขึ้น พบว่าแนวโน้มปริมาณโพลีฟีนอลโดยรวม แทนนินและค่าความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระในน้ำชาอูหลงมีค่าสูงขึ้น ซึ่งปริมาณโพลีฟีนอลโดยรวมและแทนนิน จะมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นอย่างมาก เมื่อใช้เวลาในการชงนานขึ้น ในขณะที่ค่าความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระจะมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเพียงเล็กน้อยเท่านั้น ดังแสดงในภาพที่ 4.4 4.5 และ 4.6 ตามลำดับ



ภาพที่ 4.4 ปริมาณโพลีฟีนอลโดยรวมในน้ำชาอูหลงที่ชงโดยใช้อุณหภูมิของน้ำ อัตราส่วนระหว่างใบชาต่อน้ำ และเวลาที่ใช้ในการชงต่างกัน



ภาพที่ 4.5 ปริมาณแทนนินโดยรวมในน้ำชาอูหลงที่ชงโดยใช้อุณหภูมิของน้ำ อัตราส่วนระหว่างใบชาต่อน้ำ และเวลาที่ใช้ในการชงต่างกัน



ภาพที่ 4.6 ความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระในน้ำชาอูหลงที่ชงโดยใช้อุณหภูมิของน้ำ อัตราส่วนระหว่างใบชาต่อน้ำ และเวลาที่ใช้ในการชงต่างกัน

ปริมาณโพลีฟีนอลโดยรวม แทนนิน และความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระในน้ำชาอูหลงที่ชงที่สภาวะต่าง ๆ แสดงดังตารางที่ 4.3

จากตารางที่ 4.3 จะพบว่าอุณหภูมิของน้ำ อัตราส่วนระหว่างใบชาต่อน้ำและเวลาที่ใช้ในการชงชาอูหลง มีผลต่อปริมาณโพลีฟีนอลโดยรวม แทนนินและความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระในน้ำชาอูหลง โดยปริมาณของสารดังกล่าวมีค่าอยู่ในช่วง 9.56-70.10 มิลลิกรัม/กรัม 172.12-938.79 ไมโครกรัม/กรัม และ 41.35-80.10 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ

ดังนั้นการเพิ่มอุณหภูมิของน้ำ อัตราส่วนระหว่างใบชาต่อน้ำและใช้เวลาในการชงนานขึ้นมีผลให้ได้น้ำชาอูหลงที่มีปริมาณโพลีฟีนอลโดยรวม แทนนินและค่าความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระสูงขึ้น

ตารางที่ 4.3 ปริมาณโพลีฟีนอลโดยรวม แทนนินและความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระในน้ำชาอูหลงที่ชงโดยใช้อุณหภูมิของน้ำ อัตราส่วนระหว่างใบชาต่อน้ำ และเวลาที่ใช้ในการชงต่างกัน

อุณหภูมิ (°ซ)	อัตราส่วนใบชาต่อน้ำ (กรัม/มิลลิลิตร)	เวลา (นาที)	โพลีฟีนอลโดยรวม (มิลลิกรัม/กรัม)	แทนนิน (ไมโครกรัม/กรัม)	AA (เปอร์เซ็นต์)
80	0.6/100	1	9.56±0.37	172.12±5.06	41.35±5.90
80	0.6/100	2	16.51±0.21	192.17±6.23	45.83±1.36
80	0.6/100	3	21.90±0.17	243.46±16.30	52.29±2.63
80	0.6/100	4	29.07±0.03	365.60±23.58	55.82±1.74
80	0.6/100	5	33.74±0.38	506.92±9.20	50.03±4.28
80	1.2/100	1	12.20±0.28	183.25±2.15	47.90±4.95
80	1.2/100	2	15.81±0.98	228.00±5.21	50.61±4.28
80	1.2/100	3	24.11±0.04	393.35±2.90	54.25±4.94
80	1.2/100	4	30.63±0.49	490.98±9.53	57.40±3.81
80	1.2/100	5	31.89±0.02	551.33±25.44	54.53±3.71
100	0.6/100	1	22.24±0.12	433.95±13.96	59.21±7.04
100	0.6/100	2	32.88±0.52	600.65±18.29	65.17±4.02
100	0.6/100	3	37.23±1.08	694.64±8.33	68.95±4.63
100	0.6/100	4	48.77±0.08	819.67±14.41	69.36±6.37
100	0.6/100	5	61.52±0.12	919.02±0.82	75.82±3.74
100	1.2/100	1	30.30±0.52	547.14±6.14	72.75±5.66
100	1.2/100	2	43.99±2.40	623.47±10.94	74.97±9.23
100	1.2/100	3	57.94±0.55	681.63±4.20	75.54±6.39
100	1.2/100	4	66.78±1.06	848.46±8.09	80.10±8.66
100	1.2/100	5	70.10±1.45	938.79±3.22	78.99±5.98

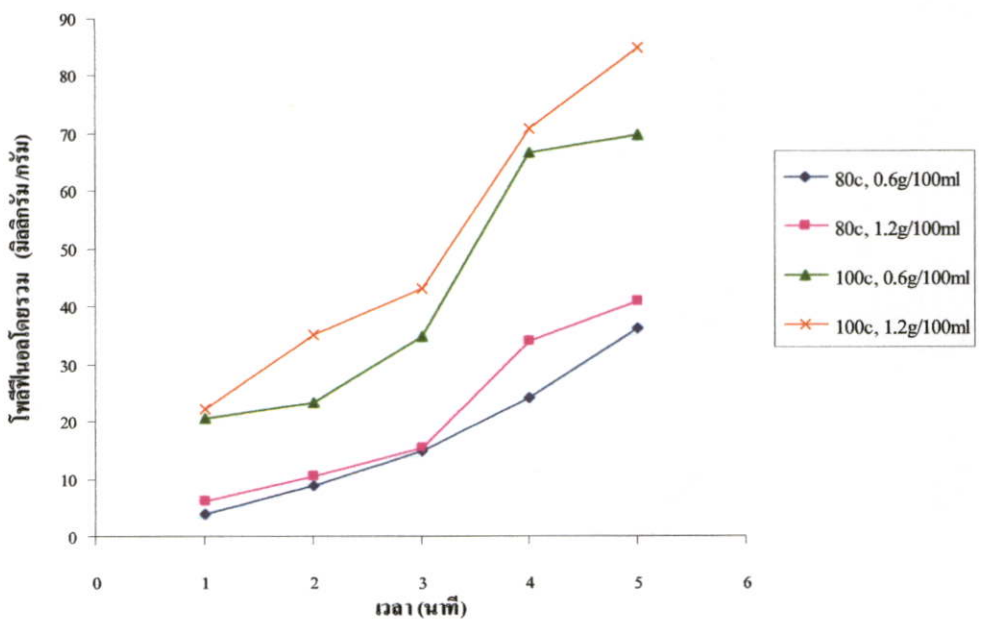
หมายเหตุ : AA หมายถึง ความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระ(antioxidant activity)

4.2.3 ผลของอุณหภูมิของน้ำ อัตราส่วนระหว่างใบชาต่อน้ำและเวลาที่ใช้ในการชงชาต่อปริมาณโพลีฟีนอลโดยรวม แทนนินและความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระในน้ำชาดำ

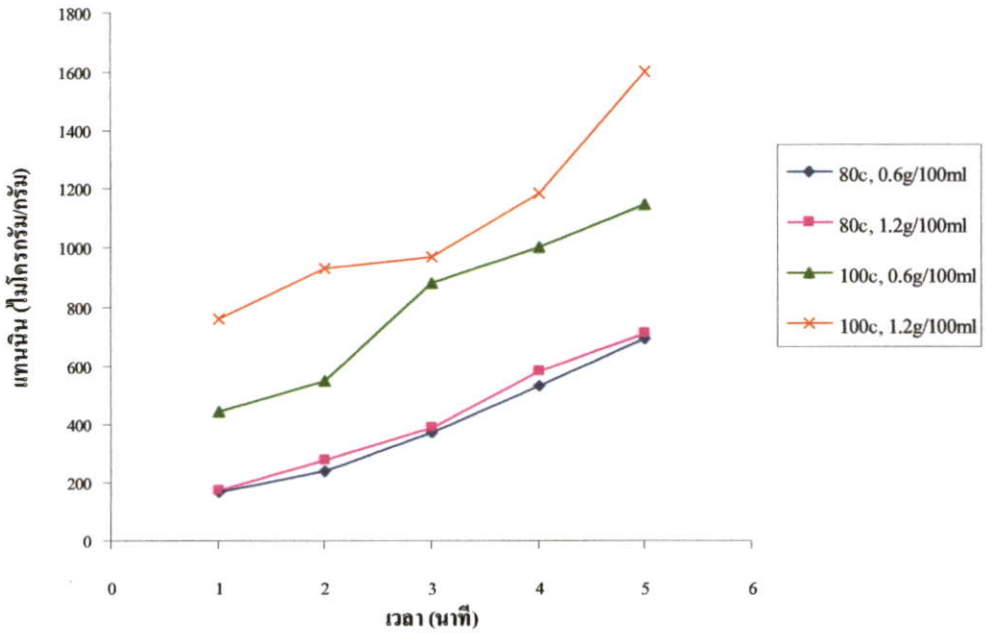
จากการวิเคราะห์พบว่าเมื่ออุณหภูมิของน้ำที่ใช้ในการชงชาดำเพิ่มขึ้นจาก 80 องศาเซลเซียส เป็น 100 องศาเซลเซียส ทำให้ปริมาณโพลีฟีนอลโดยรวม แทนนินและค่าความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระในน้ำชาดำเพิ่มขึ้น

และเมื่อพิจารณาผลของอัตราส่วนระหว่างใบชาต่อน้ำ พบว่าแนวโน้มปริมาณโพลีฟีนอลโดยรวม แทนนินและค่าความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระในน้ำชาดำเพิ่มขึ้น ซึ่งการเพิ่มอัตราส่วนระหว่างใบชาต่อน้ำจาก 0.6 กรัม/100 มิลลิลิตร เป็น 1.2 กรัม/100 มิลลิลิตร จะมีผลต่อการเพิ่มปริมาณสาร โพลีฟีนอลโดยรวมเพียงเล็กน้อย ในขณะที่การเพิ่มอัตราส่วนระหว่างใบชาต่อน้ำนั้นจะมีผลต่อการเพิ่มปริมาณแทนนินในน้ำชาที่ชงในน้ำที่มีอุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียสเพียงเล็กน้อยเท่านั้น ในขณะที่การเพิ่มอัตราส่วนระหว่างใบชาต่อน้ำในการชงชาในน้ำที่มีอุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส จะมีผลต่อการเพิ่มปริมาณแทนนินสูงกว่า

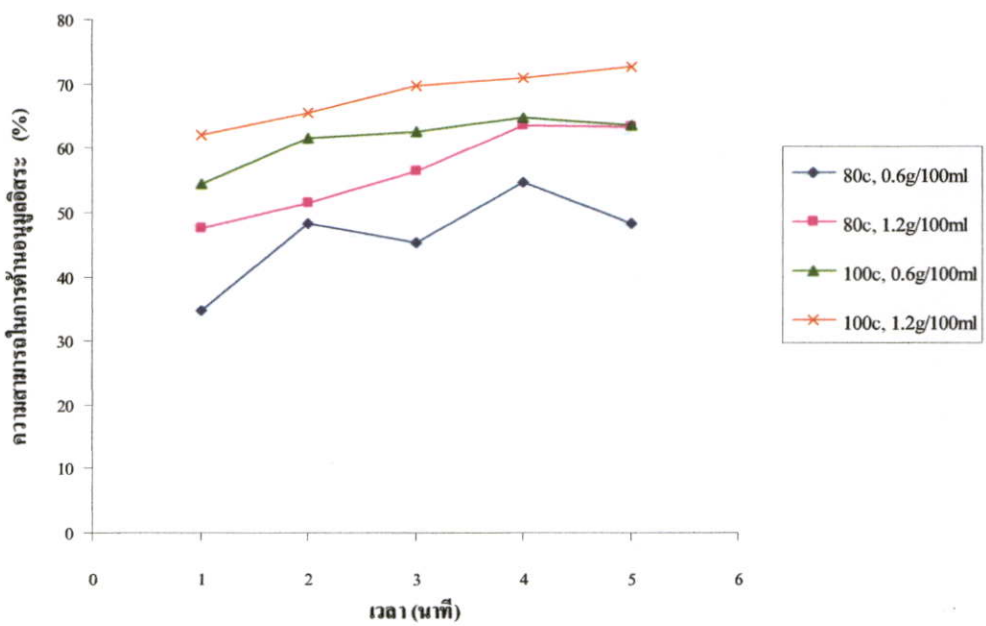
นอกจากนี้การใช้เวลาในการชงชานานขึ้น พบว่าแนวโน้มปริมาณโพลีฟีนอลโดยรวม แทนนินและค่าความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระในน้ำชาดำมีค่าสูงขึ้น ซึ่งปริมาณโพลีฟีนอลโดยรวมและแทนนิน จะมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นอย่างมาก เมื่อใช้เวลาในการชงนานขึ้น ในขณะที่ค่าความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระจะมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเพียงเล็กน้อยเท่านั้น ดังแสดงในภาพที่ 4.7 4.8 และ 4.9 ตามลำดับ



ภาพที่ 4.7 ปริมาณโพลีฟีนอลโดยรวมในน้ำชาดำที่ชงโดยใช้อุณหภูมิของน้ำ อัตราส่วนระหว่างใบชาต่อน้ำ และเวลาที่ใช้ในการชงต่างกัน



ภาพที่ 4.8 ปริมาณแทนนินในน้ำชาดำที่ชงโดยใช้อุณหภูมิของน้ำ อัตราส่วนระหว่างใบชาต่อน้ำ และเวลาที่ใช้ในการชงต่างกัน



ภาพที่ 4.9 ความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระในน้ำชาดำที่ชงโดยใช้อุณหภูมิของน้ำ อัตราส่วนระหว่างใบชาต่อน้ำ และเวลาที่ใช้ในการชงต่างกัน

ตารางที่ 4.4 ปริมาณโพลีฟีนอลโดยรวม แทนนินและความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระในน้ำชาดำที่ชงโดยใช้อุณหภูมิของน้ำ อัตราส่วนระหว่างใบชาต่อน้ำ และเวลาที่ใช้ในการชงต่างกัน

อุณหภูมิ (°ซ)	อัตราส่วนใบชาต่อน้ำ (กรัม/มิลลิลิตร)	เวลา (นาที)	โพลีฟีนอลโดยรวม (มิลลิกรัม/กรัม)	แทนนิน (ไมโครกรัม/กรัม)	AA (เปอร์เซ็นต์)
80	0.6/100	1	3.98±0.00	164.24±7.19	34.80±2.10
80	0.6/100	2	8.71±2.29	237.05±30.96	48.28±4.11
80	0.6/100	3	14.80±1.23	372.87±1.34	45.33±2.94
80	0.6/100	4	24.11±0.65	532.27±11.92	54.74±1.46
80	0.6/100	5	36.24±1.50	690.42±34.80	48.13±3.59
80	1.2/100	1	5.98±0.41	173.92±6.71	47.46±2.16
80	1.2/100	2	10.47±2.17	278.19±5.26	51.47±2.07
80	1.2/100	3	15.27±0.28	385.56±9.76	56.47±5.90
80	1.2/100	4	34.13±2.53	580.39±22.09	63.40±3.62
80	1.2/100	5	41.01±0.97	710.66±21.95	63.37±2.62
100	0.6/100	1	20.68±3.35	441.18±7.31	54.50±0.15
100	0.6/100	2	23.23±1.69	545.66±62.80	61.53±4.11
100	0.6/100	3	34.86±2.91	883.34±32.96	62.50±6.44
100	0.6/100	4	66.69±0.40	1002.71±17.56	64.64±5.60
100	0.6/100	5	69.59±0.11	1144.15±37.78	63.46±0.88
100	1.2/100	1	22.27±2.62	757.69±22.17	62.11±0.39
100	1.2/100	2	35.23±0.33	932.30±25.75	65.51±1.55
100	1.2/100	3	43.15±3.35	971.44±14.63	69.70±1.64
100	1.2/100	4	70.75±2.27	1187.73±114.01	70.84±1.63
100	1.2/100	5	84.67±1.51	1601.99±8.13	72.60±1.52

หมายเหตุ : AA หมายถึง ความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระ(antioxidant activity)

ปริมาณโพลีฟีนอลโดยรวม แทนนิน และค่าความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระในน้ำชาดำที่ชงที่สภาวะต่าง ๆ แสดงดังตารางที่ 4.4

จากตารางที่ 4.4 จะพบว่าอุณหภูมิของน้ำ อัตราส่วนระหว่างใบชาต่อน้ำและเวลาที่ใช้ในการชงชาดำ มีต่อปริมาณโพลีฟีนอลโดยรวม แทนนินและค่าความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระในน้ำชาดำ โดยปริมาณของสารดังกล่าวมีค่าอยู่ในช่วง 3.98-84.67 มิลลิกรัม/กรัม 164.24-1601.99 ไมโครกรัม/กรัม และ 34.80-72.60 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ

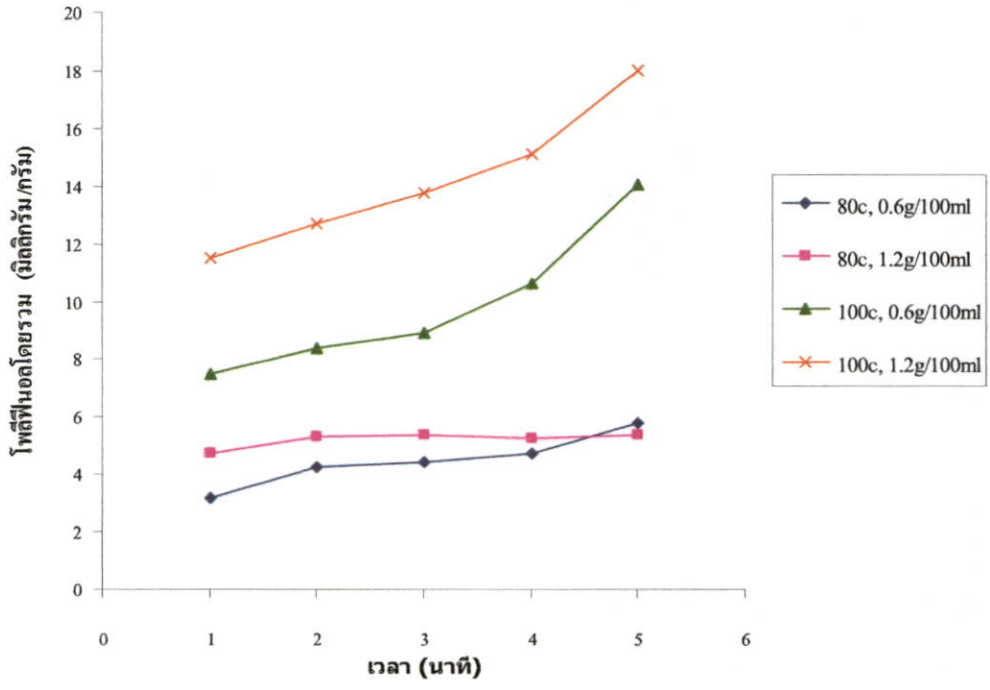
ดังนั้นการเพิ่มอุณหภูมิของน้ำ อัตราส่วนระหว่างใบชาต่อน้ำและใช้เวลาในการชงชานานขึ้น มีผลให้ได้น้ำชาดำที่มีปริมาณโพลีฟีนอลโดยรวม แทนนินและค่าความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระสูงขึ้น

4.2.4 ผลของอุณหภูมิของน้ำ อัตราส่วนระหว่างใบชาต่อน้ำและเวลาที่ใช้ในการชงชาต่อปริมาณโพลีฟีนอลโดยรวม แทนนินและความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระในน้ำชาใบหม่อน

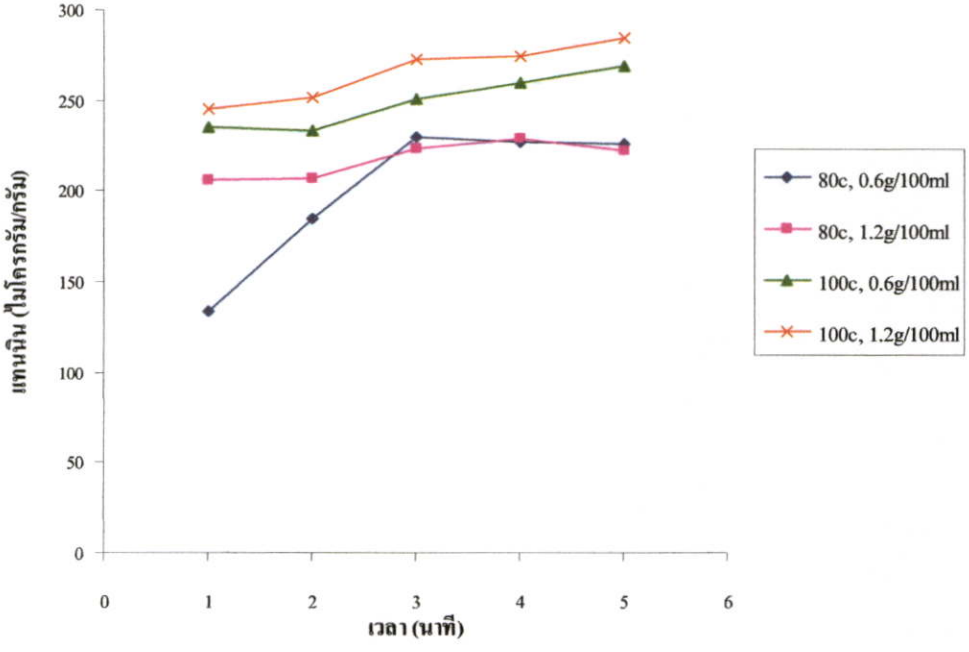
จากการวิเคราะห์พบว่าเมื่ออุณหภูมิของน้ำที่ใช้ในการชงชาใบหม่อนเพิ่มขึ้นจาก 80 องศาเซลเซียส เป็น 100 องศาเซลเซียส ทำให้ปริมาณโพลีฟีนอลโดยรวมและแทนนินสูงขึ้น แต่ค่าความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระลดลง โดยพบว่าน้ำชาใบหม่อนที่ชงในน้ำที่มีอุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส จะมีค่าความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระต่ำกว่าน้ำชาใบหม่อนที่ชงในน้ำที่มีอุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส เนื่องจากสารสำคัญที่มีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระในใบหม่อนคือฟลาโวนอยด์โดยเฉพาะในกลุ่มย่อยฟลาโวนอล เช่น เควอซิติน(quercetin) และ เคมเฟอรอล (kaempferol) จะสลายตัวเมื่อได้รับความร้อนและระเหยไปพร้อมกับไอน้ำ(Jackman and Smith, 1996; Kim and Pratt, 1992)

เมื่อเพิ่มอัตราส่วนระหว่างใบชาต่อน้ำจาก 0.6 กรัม/100 มิลลิลิตร เป็น 1.2 กรัม/100 มิลลิลิตร พบว่าแนวโน้มปริมาณโพลีฟีนอลโดยรวม แทนนินและค่าความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระในน้ำชาใบหม่อนจะเพิ่มขึ้น ซึ่งพบว่า การเพิ่มอัตราส่วนระหว่างใบชาต่อน้ำในการชงชาใบหม่อนในน้ำที่มีอุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส พบว่าปริมาณโพลีฟีนอลโดยรวมเพิ่มขึ้นเพียงเล็กน้อยเท่านั้น ในขณะที่การเพิ่มอัตราส่วนระหว่างใบชาต่อน้ำในการชงชาใบหม่อนในน้ำที่มีอุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส ทำให้ปริมาณโพลีฟีนอลโดยรวมเพิ่มขึ้นสูงกว่า ส่วนผลการเพิ่มอัตราส่วนระหว่างใบชาต่อน้ำต่อปริมาณแทนนิน พบว่า การเพิ่มอัตราส่วนระหว่างใบชาต่อน้ำสำหรับการชงชาใบหม่อนในน้ำที่มีอุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส ปริมาณสารแทนนินมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นใน 2 นาทีแรก แต่เมื่อเวลาผ่านไปปริมาณแทนนินจะเพิ่มขึ้นอีกเพียงเล็กน้อย

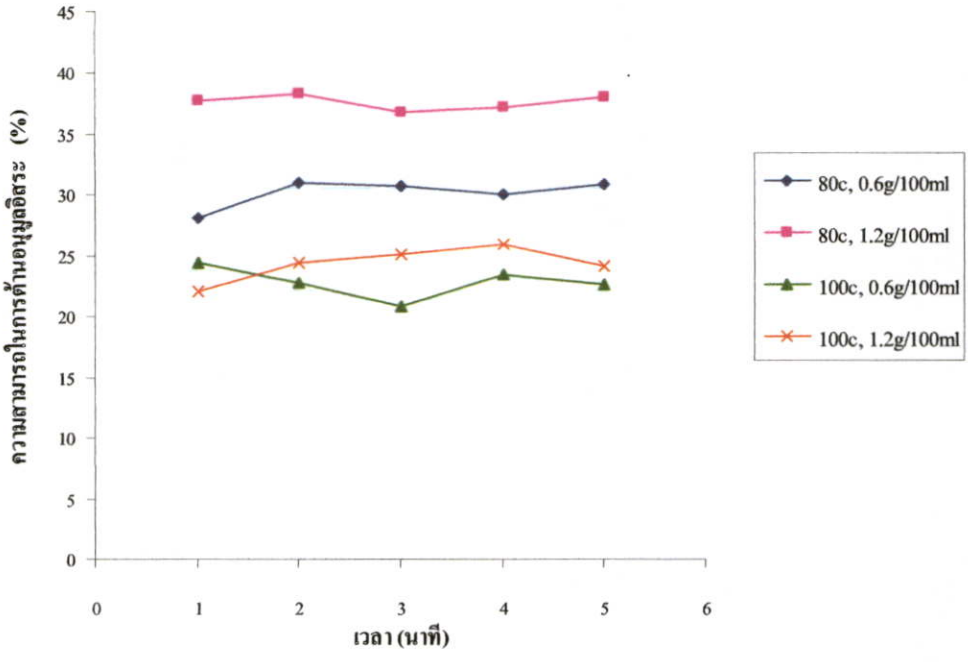
และเมื่อใช้เวลาในการชงชานานขึ้น พบว่าแนวโน้มปริมาณโพลีฟีนอลโดยรวมและแทนนินเพิ่มขึ้น ในขณะที่การเพิ่มเวลาในการชงชาใบหม่อนจะไม่มีผลต่อการเพิ่มความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระในน้ำชาใบหม่อน ดังแสดงในภาพที่ 4.10 4.11 และ 4.12 ตามลำดับ



ภาพที่ 4.10 ปริมาณโพลีฟีนอลโดยรวมในน้ำชาใบหม่อนที่ชงโดยใช้อุณหภูมิของน้ำ อัตราส่วนระหว่างใบชาต่อน้ำ และเวลาที่ใช้ในการชงต่างกัน



ภาพที่ 4.11 ปริมาณแทนนินในน้ำชาใบหม่อนที่ชงโดยใช้อุณหภูมิของน้ำ อัตราส่วนระหว่างใบชาต่อน้ำ และเวลาที่ใช้ในการชงต่างกัน



ภาพที่ 4.12 ความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระในน้ำชาใบหม่อนที่ชงโดยใช้อุณหภูมิของน้ำ อัตราส่วนระหว่างใบชาต่อน้ำ และเวลาที่ใช้ในการชงต่างกัน

ปริมาณโพลีฟีนอลโดยรวม แทนนิน และค่าความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระในน้ำชาใบหม่อนที่ชงที่สภาวะต่าง ๆ แสดงดังตารางที่ 4.5

จากตารางที่ 4.5 จะพบว่าอุณหภูมิของน้ำ อัตราส่วนระหว่างใบชาต่อน้ำและเวลาที่ใช้ในการชงชาใบหม่อน มีต่อปริมาณโพลีฟีนอลโดยรวม แทนนินและค่าความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระในน้ำชาใบหม่อน โดยปริมาณของสารดังกล่าวมีค่าอยู่ในช่วง 3.16-18.01 มิลลิกรัม/กรัม 133.19-284.00 ไมโครกรัม/กรัม และ 20.91-38.26 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ

ดังนั้นการเพิ่มอุณหภูมิของน้ำ อัตราส่วนระหว่างใบชาต่อน้ำและใช้เวลาในการชงชาใบหม่อนนานขึ้น จะมีผลให้ได้น้ำชาใบหม่อนที่มีปริมาณโพลีฟีนอลโดยรวมและแทนนินสูงขึ้น ในขณะที่ค่าความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระในน้ำชาใบหม่อนลดลง เมื่ออุณหภูมิของน้ำที่ใช้ในการชงชาเพิ่มขึ้น และพบว่าการเพิ่มเวลาที่ใช้ในการชงชาใบหม่อนจะไม่มีผลต่อการเพิ่มความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระในน้ำชาใบหม่อน

ตารางที่ 4.5 ปริมาณโพลีฟีนอลโดยรวม แทนนินและความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระในน้ำชาใบหม่อนที่ชงโดยใช้อุณหภูมิของน้ำ อัตราส่วนระหว่างใบชาต่อน้ำ และเวลาที่ใช้ในการชงต่างกัน

อุณหภูมิ (°ซ)	อัตราส่วนใบชาต่อน้ำ (กรัม/มิลลิลิตร)	เวลา (นาที)	โพลีฟีนอลโดยรวม (มิลลิกรัม/กรัม)	แทนนิน (ไมโครกรัม/กรัม)	AA (เปอร์เซ็นต์)
80	0.6/100	1	3.16±0.03	133.19±13.42	28.16±4.89
80	0.6/100	2	4.23±0.03	185.19±13.34	31.00±3.00
80	0.6/100	3	4.40±0.06	229.89±11.95	30.77±2.95
80	0.6/100	4	4.73±0.02	226.70±4.34	30.02±5.58
80	0.6/100	5	5.76+0.05	225.79+3.00	30.83+5.90
80	1.2/100	1	4.71±0.11	205.65±4.41	37.78±0.12
80	1.2/100	2	5.30±0.07	206.26±0.78	38.26±3.21
80	1.2/100	3	5.39±0.01	222.87±3.68	36.81±0.97
80	1.2/100	4	5.26±0.09	228.58±4.38	37.19±1.13
80	1.2/100	5	5.39±0.01	221.90±8.18	38.03±0.06
100	0.6/100	1	7.51±0.58	235.11±7.17	24.48±0.01
100	0.6/100	2	8.37±0.48	233.05±1.31	22.77±0.54
100	0.6/100	3	8.90±1.39	250.94±2.95	20.91±1.34
100	0.6/100	4	10.63±0.40	260.17±4.33	23.50±1.52
100	0.6/100	5	14.05±0.17	268.62±10.26	22.61±3.24
100	1.2/100	1	11.51±0.12	244.83±3.71	22.06±1.93
100	1.2/100	2	12.66±0.04	251.08±8.17	24.43±0.11
100	1.2/100	3	13.76±0.37	273.00±3.62	25.10±0.09
100	1.2/100	4	15.12±0.00	274.02±5.10	25.98±0.25
100	1.2/100	5	18.01±0.16	284.86±1.46	24.20±0.66

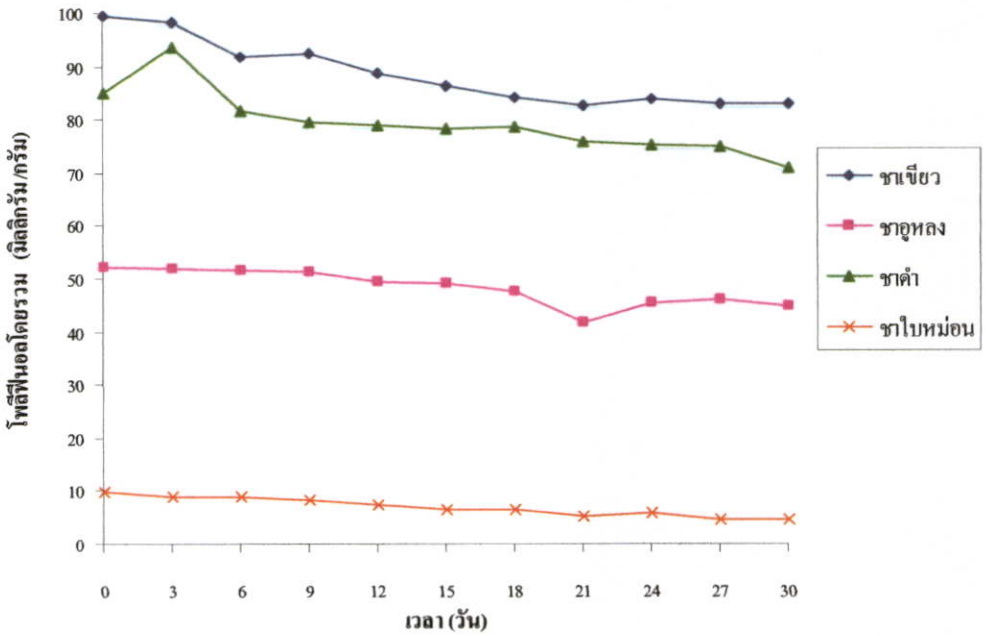
หมายเหตุ : AA หมายถึง ความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระ(antioxidant activity)

4.3 ผลการวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงปริมาณสารต้านอนุมูลอิสระและสีของน้ำชาชนิดต่าง ๆ ในระหว่างการเก็บรักษา

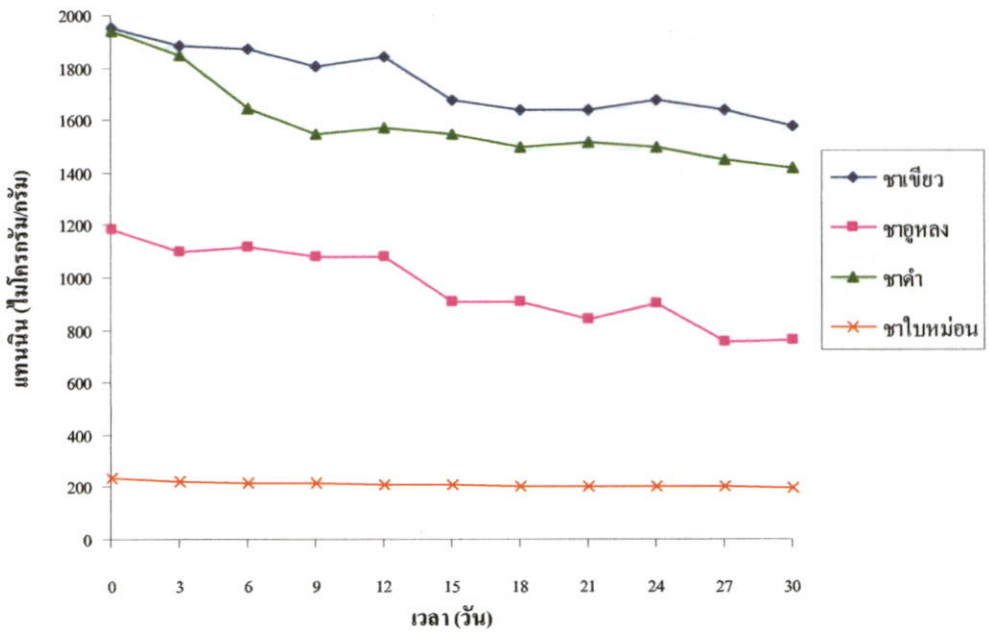
ในขั้นตอนนี้ได้เลือกสภาวะที่ใช้ในการชงชาที่ดีที่สุด มาทำการศึกษาการเปลี่ยนแปลงปริมาณสารต้านอนุมูลอิสระในระหว่างการเก็บรักษา ซึ่งเกณฑ์ในการเลือกสภาวะที่จะนำไปใช้ในการชงชานั้นก็คือ เลือกสภาวะการชงชาที่ทำให้ได้น้ำชาที่มีปริมาณสารโพลีฟีนอลโดยรวมแทนนินและมีค่าความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระสูงสุด ซึ่งจากการทดลอง พบว่า ชาเขียว ชาอูหลงและชาดำ ได้เลือกการชงชาในน้ำที่มีอุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส โดยใช้อัตราส่วนระหว่างใบชาต่อน้ำเป็น 1.2 กรัม/100 มิลลิลิตร และใช้เวลาในการชง 5 นาที มาทำการศึกษาการเปลี่ยนแปลงปริมาณสารต้านอนุมูลอิสระในระหว่างการเก็บรักษา แต่สำหรับชาใบหม่อนนั้นได้เลือกน้ำชาใบหม่อนที่ได้จากการชงในน้ำที่มีอุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส มาทำการศึกษา เนื่องจากสภาวะดังกล่าวเป็นสภาวะที่ทำให้ได้น้ำชาใบหม่อนที่มีค่าความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระสูงกว่าการชงชาใบหม่อนในน้ำที่มีอุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส และเลือกใช้อัตราส่วนระหว่างใบชาต่อน้ำเป็น 1.2 กรัม/100 มิลลิลิตร และใช้เวลาในการชง 5 นาที เนื่องจากการชงชาใบหม่อนในสภาวะดังกล่าว จะทำให้ได้น้ำชาใบหม่อนที่มีปริมาณโพลีฟีนอลโดยรวมแทนนินและค่าความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระสูงกว่าการชงชาที่อุณหภูมิเดียวกัน โดยใช้อัตราส่วนระหว่างใบชาต่อน้ำ 0.6 กรัม/100 มิลลิลิตร

4.3.1 ผลการวิเคราะห์ปริมาณสารโพลีฟีนอลโดยรวม แทนนินและค่าความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระของน้ำชาชนิดต่าง ๆ ในระหว่างการเก็บรักษา

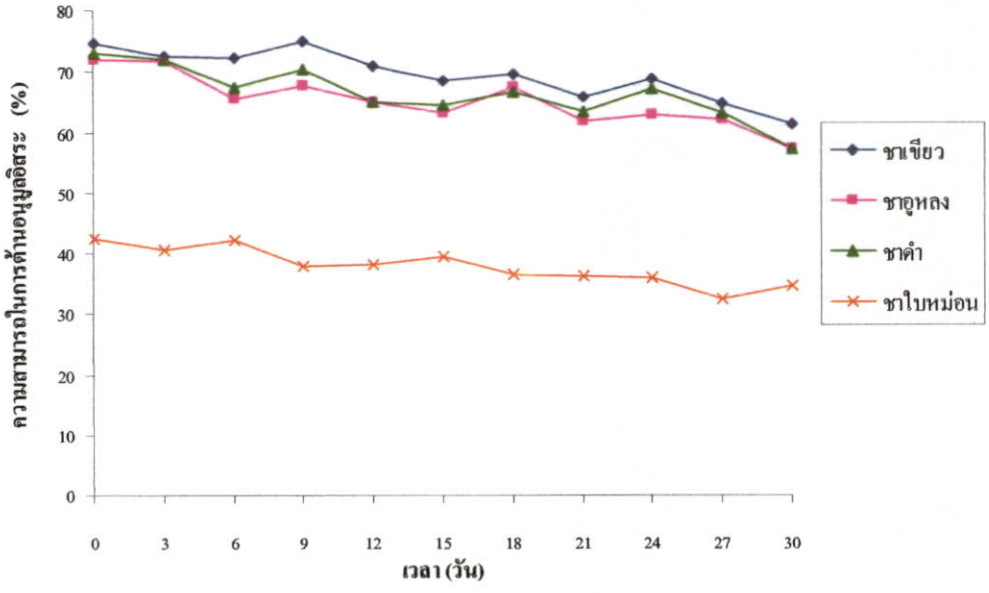
จากผลการวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงปริมาณสารโพลีฟีนอลโดยรวม แทนนินและค่าความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระของน้ำชาทั้ง 4 ชนิด ในระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 30 วัน พบว่าปริมาณสารต่าง ๆ มีแนวโน้มลดลง เมื่อเวลาในการเก็บรักษานานขึ้น ดังแสดงในภาพที่ 4.13 4.14 และ 4.15 ตามลำดับ ซึ่งปริมาณสารโพลีฟีนอลโดยรวมที่พบในน้ำชาเขียว ชาอูหลง ชาดำและชาใบหม่อน จะมีค่าอยู่ในช่วง 82.51-99.40 41.77-52.24 70.82-93.67 และ 4.56-9.68 มิลลิกรัม/กรัม ตามลำดับ(ตารางที่ 4.6) ส่วนปริมาณแทนนินที่พบในน้ำชาเขียว ชาอูหลง ชาดำและชาใบหม่อนนั้นพบว่ามีค่าอยู่ในช่วง 1578.01-1953.48 754.07-1186.89 1416.35-1937.83 และ 198.99-230.81 ไมโครกรัม/กรัม ตามลำดับ(ตารางที่ 4.7) และสำหรับค่าความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระที่พบในน้ำชาเขียว ชาอูหลง ชาดำและชาใบหม่อนนั้นมีค่าอยู่ในช่วง 61.34-74.77 57.21-71.85 57.21-72.95 และ 32.43-42.32 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ(ตารางที่ 4.8)



ภาพที่ 4.13 ปริมาณโพลีฟีนอลโดยรวมของน้ำชาชนิดต่าง ๆ เมื่อเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 30 วัน



ภาพที่ 4.14 ปริมาณแทนนินของน้ำชาชนิดต่าง ๆ เมื่อเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 30 วัน



ภาพที่ 4.15 ค่าความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระของน้ำชาชนิดต่าง ๆ เมื่อเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 30 วัน

ปริมาณโพลีฟีนอลโดยรวมของน้ำชาเขียว ชาอูหลง ชาดำและชาใบหม่อนเมื่อเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 0 และ 30 วัน แสดงในภาพที่4.16 จากภาพพบว่าการลดลงของสารโพลีฟีนอลโดยรวมในน้ำชาเขียวจะมีปริมาณสูงสุด รองลงมาได้แก่ ชาดำ ชาอูหลงและชาใบหม่อน ตามลำดับ โดยปริมาณโพลีฟีนอลโดยรวมที่สูญเสียไปในระหว่างการเก็บรักษาของน้ำชาเขียว ชาอูหลง ชาดำและชาใบหม่อน มีค่าเท่ากับ 16.49 7.46 14.29 และ 5.01 มิลลิกรัม/กรัม ตามลำดับ ส่วนปริมาณแทนนินที่พบในน้ำชาทั้ง 4 ชนิด เมื่อเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส ณ วันที่ 0 และ 30 นั้น พบว่าชาดำจะสูญเสียสารแทนนินสูงกว่าชาชนิดอื่น ๆ รองลงมาได้แก่ ชาอูหลง ชาเขียวและชาใบหม่อน ตามลำดับ โดยปริมาณแทนนินที่สูญเสียไปในระหว่างการเก็บรักษาของน้ำชาเขียว ชาอูหลง ชาดำและชาใบหม่อน มีค่าเท่ากับ 375.47 426.72 520.65 และ 31.82 ไมโครกรัม/กรัม ตามลำดับ(ภาพที่ 4.17) ซึ่งแนวโน้มการสูญเสียสารแทนนินนั้น จะมีแนวโน้มใกล้เคียงกับการสูญเสียค่าความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระ นั่นคือ ค่าความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระในน้ำชาดำจะสูญเสียไปสูงสุด รองลงมา ได้แก่ ชาอูหลง ชาเขียวและชาใบหม่อน ตามลำดับ โดยค่าความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระที่สูญเสียไปในระหว่างการเก็บรักษาของน้ำชาเขียว ชาอูหลง ชาดำและชาใบหม่อน จะมีค่าเท่ากับ 13.34 14.64 15.74 และ 7.57 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ(ภาพที่ 4.18)

ตารางที่ 4.6 ปริมาณโพลีฟีนอลโดยรวม(มิลลิกรัม/กรัม) ของน้ำชาชนิดต่าง ๆ เมื่อเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 30 วัน

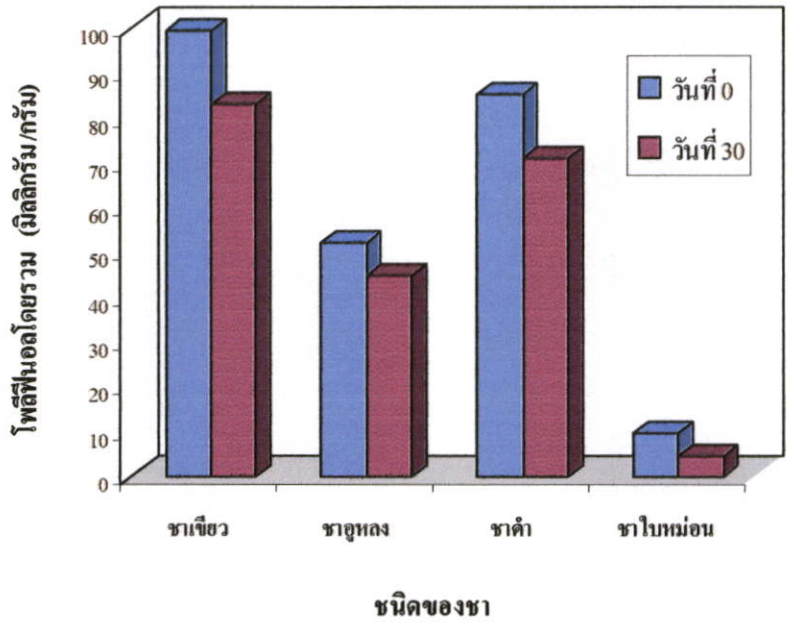
ชนิดของชา	เวลา (วัน)										
	0	3	6	9	12	15	18	21	24	27	30
ชาเขียว	99.40±0.07	98.30±0.33	91.71±0.16	92.40±0.98	88.70±0.16	86.15±0.65	84.19±1.14	82.51±0.73	83.66±0.57	82.97±0.24	82.91±0.65
ชาอูหลง	52.24±0.16	51.95±0.4	51.43±0.48	51.14±0.07	49.35±0.82	49.06±1.06	47.67±0.73	41.77±0.73	45.35±0.24	46.05±0.24	44.78±0.41
ชาดำ	85.11±1.30	93.67±0.41	81.70±0.73	79.55±0.16	78.98±0.82	78.28±0.98	78.4±0.65	75.74±0.82	75.16±0.82	74.81±0.16	70.82±0.24
ชาใบหม่อน	9.68±0.09	8.99±0.08	8.95±0.48	8.38±0.65	7.39±0.74	6.53±0.32	6.35±0.41	5.36±0.16	5.95±0.49	4.56±0.32	4.67±0.65

ตารางที่ 4.7 ปริมาณแทนนิน(ไมโครกรัม/กรัม) ของน้ำชาชนิดต่าง ๆ เมื่อเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 30 วัน

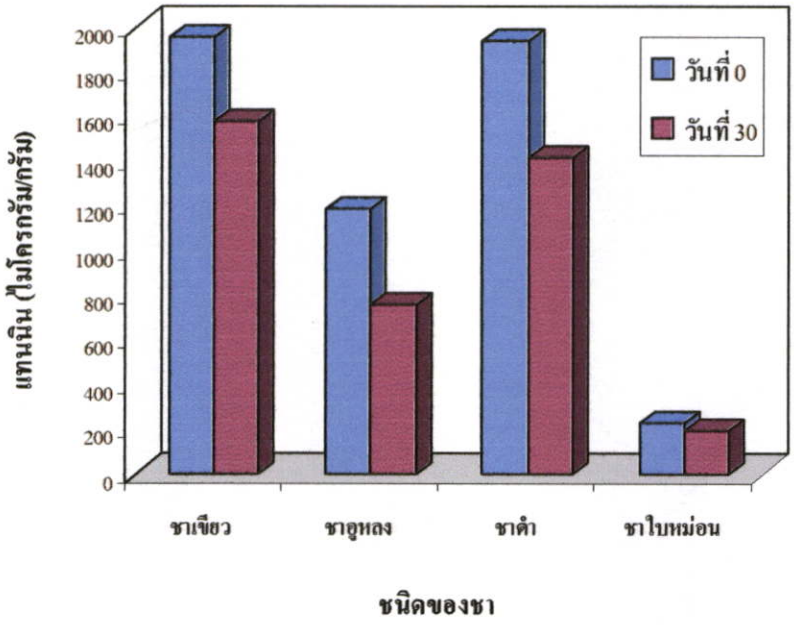
ชนิดของชา	เวลา (วัน)										
	0	3	6	9	12	15	18	21	24	27	30
ชาเขียว	1953.48±10.43	1885.69±26.07	1870.04±31.28	1802.25±5.21	1838.75±31.28	1671.88±10.43	1640.59±41.72	1640.59±41.72	1671.88±10.43	1640.59±20.86	1578.01±10.43
ชาอูหลง	1186.89±22.12	1098.25±29.50	1113.89±7.37	1082.60±7.37	1077.38±44.25	910.51±29.50	910.51±29.50	837.50±29.50	900.08±44.25	754.07±29.50	759.28±7.37
ชาดำ	1937.83±7.37	1843.96±7.37	1645.80±22.12	1546.72±14.75	1572.79±51.62	1546.72±0.00	1499.79±36.86	1515.43±14.74	1494.58±14.75	1447.64±7.37	1416.35±22.12
ชาใบหม่อน	230.81±5.89	222.46±2.94	213.07±1.47	213.60±0.73	209.42±2.21	208.38±2.21	204.73±1.47	203.17±3.69	202.64±2.94	202.13±0.73	198.99±2.21

ตารางที่ 4.8 ค่าความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระ(เปอร์เซ็นต์) ของน้ำชาชนิดต่าง ๆ เมื่อเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 30 วัน

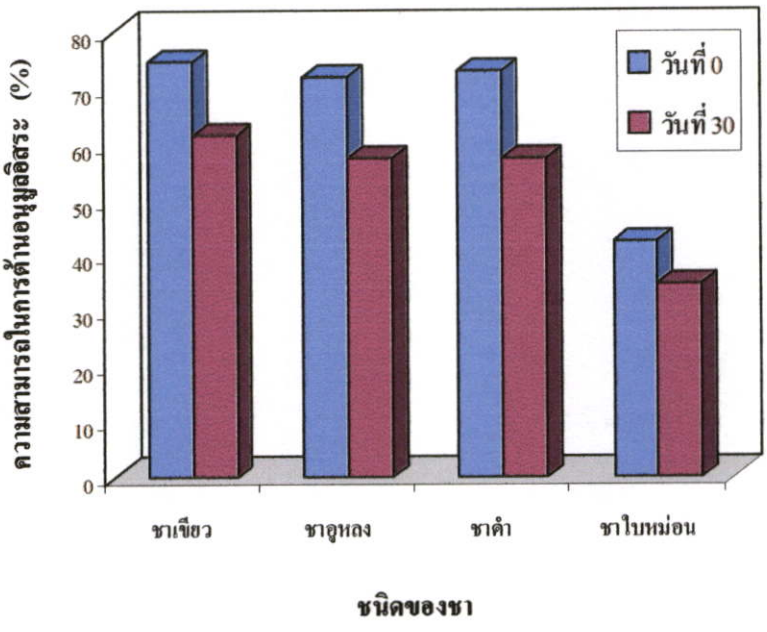
ชนิดของชา	เวลา (วัน)										
	0	3	6	9	12	15	18	21	24	27	30
ชาเขียว	74.68±1.88	72.47±3.49	72.21±5.26	74.77±2.30	70.81±2.46	68.48±1.95	69.51±4.25	65.79±5.47	68.82±0.74	64.60±6.13	61.34±1.45
ชาอูหลง	71.85±0.55	71.58±4.82	65.52±3.78	67.63±5.16	65.04±1.25	62.98±0.67	67.40±3.14	61.86±1.80	62.95±2.89	62.10±2.96	57.21±1.23
ชาดำ	72.95±2.11	71.94±4.82	67.43±3.89	70.24±0.31	64.86±0.61	64.39±0.23	66.46±1.47	63.35±3.90	67.24±1.05	63.15±0.55	57.21±1.23
ชาใบหม่อน	42.32±0.58	40.65±3.86	42.08±1.49	37.93±3.34	38.09±0.48	39.37±0.89	36.56±0.42	36.20±1.73	35.96±2.06	32.43±1.58	34.75±2.92



ภาพที่ 4.16 ปริมาณโพลีฟีนอลโดยรวมของน้ำชาชนิดต่าง ๆ เมื่อเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 0 และ 30 วัน



ภาพที่ 4.17 ปริมาณแทนนินของน้ำชาชนิดต่าง ๆ เมื่อเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 0 และ 30 วัน



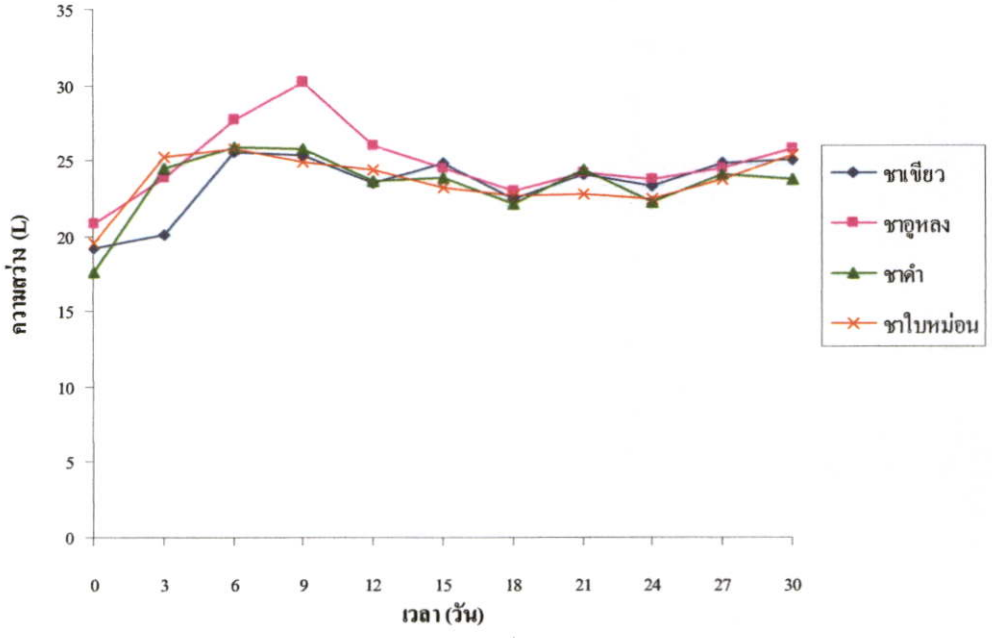
ภาพที่ 4.18 ค่าความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระของน้ำชาชนิดต่าง ๆ เมื่อเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 0 และ 30 วัน

4.3.2 ผลการวัดค่าสีของน้ำชาชนิดต่าง ๆ ในระหว่างการเก็บรักษา

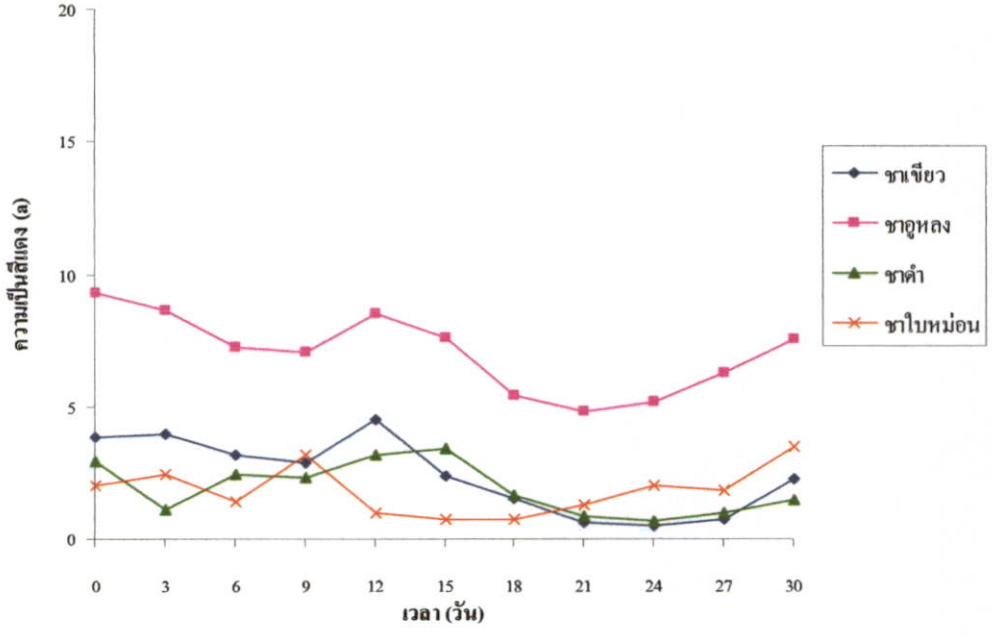
การวัดสีของน้ำชาในระหว่างการเก็บรักษาถูกแสดงในรูปของค่า L a b โดยที่ค่าสี L แสดงถึงความสว่างของผลิตภัณฑ์ มีค่าระหว่าง 0 (สีดำ) ถึง 100 (ขาว) กล่าวคือถ้ามีค่ามากแสดงว่ามีความสว่างมากในทางกลับกันถ้ามีค่าน้อยแสดงว่าสีเข้ม ค่าสี a แสดงถึงช่วงสีแดงถึงสีเขียว โดยถ้าค่า a มีค่าเป็นบวกให้สีแดง แต่ถ้าค่า a เป็นลบให้สีเขียว ส่วนค่าสี b แสดงถึงช่วงสีเหลืองถึงสีน้ำเงิน โดยถ้าค่าสี b เป็นบวกจะให้สีเหลือง แต่ถ้าค่าสี b เป็นลบให้น้ำเงิน

ผลการวิเคราะห์ค่าความสว่าง(L) ค่าสีแดง(a) และค่าสีเหลือง(b)ของน้ำชาเขียว ชาอูหลง ชาดำและชาใบหม่อน พบว่าชาทั้ง 4 ชนิดจะมีค่าความสว่างใกล้เคียงกัน ในขณะที่ค่าสีแดงและสีเหลืองที่วัดได้ในน้ำชาทั้ง 4 ชนิด จะมีความแตกต่างกัน นั่นคือชาอูหลงจะมีค่าสีแดงและสีเหลืองสูงกว่าชาชนิดอื่น ๆ ซึ่งค่าความสว่าง ค่าสีแดงและค่าสีเหลืองของน้ำชาทั้ง 4 ชนิดจะมีการเปลี่ยนแปลงเพียงเล็กน้อยในระหว่างเก็บรักษา ดังแสดงในภาพที่ 4.19 4.20 4.21 ตามลำดับ ส่วนค่าความสว่าง ค่าสีแดงและค่าสีเหลืองที่วัดได้ในน้ำชาเขียว ชาอูหลง ชาดำและชาใบหม่อน ได้แสดงในตารางที่ 4.9 และเมื่อนำค่า L, a, b ที่วัดได้ไปคำนวณหาค่าความแตกต่างของสีโดยรวม (the total color difference: DE) จะได้ผลดังแสดงในภาพที่ 4.22 จากภาพพบว่า จะมีการเปลี่ยนแปลงสีของน้ำชาอย่างมากในช่วง 9 วันแรกของการเก็บรักษา ในขณะที่น้ำชาที่เก็บรักษา

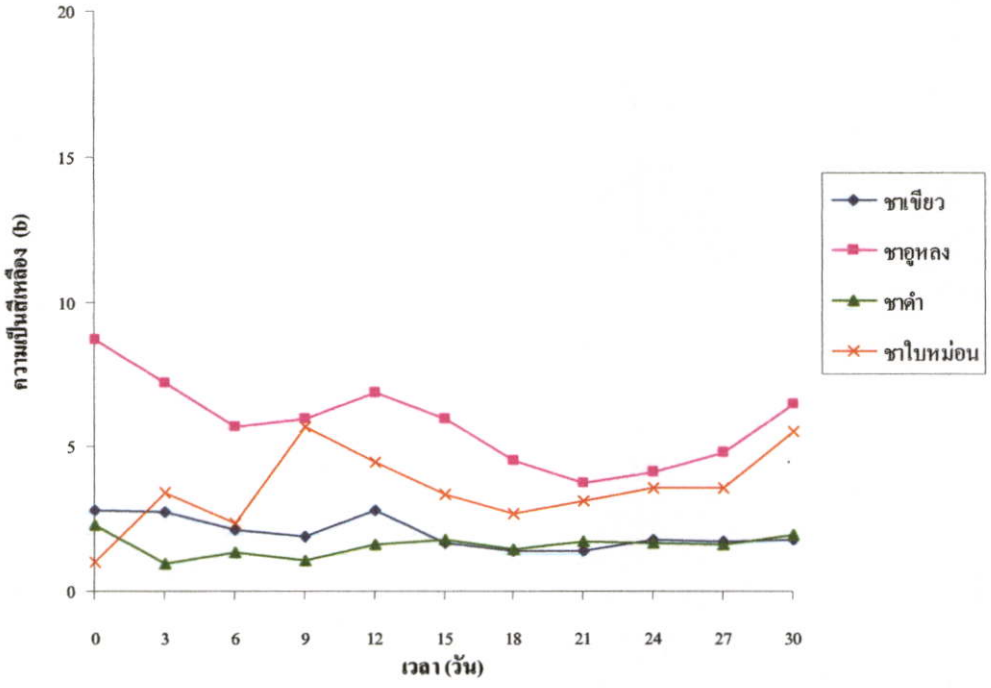
นานกว่านั้นจะมีการเปลี่ยนแปลงเพียงเล็กน้อยเท่านั้น ซึ่งตารางที่ 4.10 ได้แสดงค่าความแตกต่างของสีโดยรวม (DE) ของน้ำชาทั้ง 4 ชนิดในระหว่างการเก็บรักษา



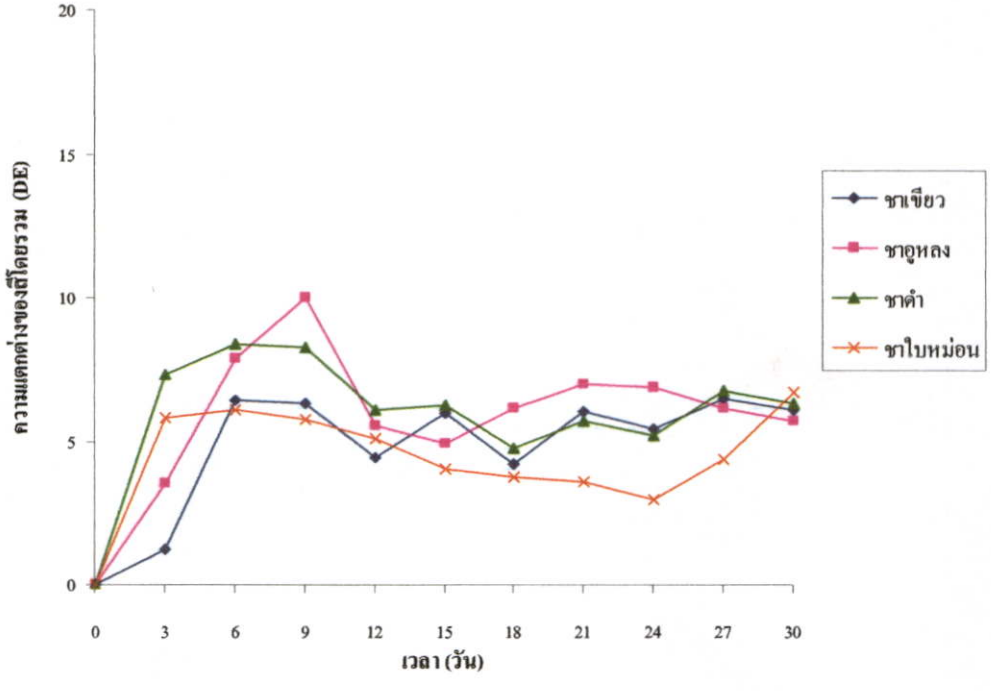
ภาพที่ 4.19 ค่าความสว่าง (L) ของน้ำชาชนิดต่าง ๆ เมื่อเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 30 วัน



ภาพที่ 4.20 ค่าความเป็นสีแดง (a) ของน้ำชาชนิดต่าง ๆ เมื่อเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 30 วัน



ภาพที่ 4.21 ค่าความเป็นสีเหลือง (b) ของน้ำชาชนิดต่าง ๆ เมื่อเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 30 วัน



ภาพที่ 4.22 ค่าความแตกต่างของค่าสีโดยรวม (DE) ของน้ำชาชนิดต่าง ๆ เมื่อเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 30 วัน

ตารางที่ 4.9 ค่าสีของน้ำชาชนิดต่าง ๆ เมื่อเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 30 วัน

ชนิดของชา	เวลา (วัน)										
	0	3	6	9	12	15	18	21	24	27	30
L											
ชาเขียว	19.25±0.09	20.08±0.34	25.59±0.25	25.37±0.93	23.55±0.06	24.84±0.45	22.42±0.31	24.10±0.11	23.34±0.25	24.75±0.65	25.02±0.03
ชาอูหลง	20.79±0.90	23.87±1.50	27.73±1.44	30.14±0.99	25.94±0.09	24.48±0.01	23.02±0.33	24.16±1.90	23.73±0.41	24.45±0.02	25.74±0.02
ชาดำ	17.58±0.16	24.52±0.53	25.89±1.27	25.72±0.44	23.62±0.30	23.81±0.80	22.07±0.67	24.32±0.93	22.23±0.08	24.00±0.01	23.70±0.21
ชาใบหม่อน	19.55±0.49	25.20±0.43	25.79±0.04	24.87±0.35	24.42±0.06	23.22±0.58	22.63±0.12	22.81±0.46	22.40±0.23	23.78±1.08	25.32±0.02
a											
ชาเขียว	3.82±0.84	3.96±0.17	3.15±0.07	2.88±0.21	4.48±0.02	2.39±0.15	1.55±0.21	0.60±0.07	0.51±0.02	0.75±0.10	2.24±0.03
ชาอูหลง	9.33±0.39	8.64±0.31	7.22±0.26	7.04±0.18	8.52±0.21	7.58±0.04	5.41±0.67	4.82±0.16	5.16±0.10	6.29±0.02	7.55±0.15
ชาดำ	2.93±0.24	1.07±0.03	2.46±0.18	2.31±0.09	3.15±0.10	3.40±0.17	1.67±0.22	0.87±0.01	0.69±0.07	1.00±0.05	1.46±0.05
ชาใบหม่อน	2.01±0.14	2.45±0.09	1.38±0.03	3.14±0.02	0.96±0.04	0.73±0.00	0.70±0.07	1.25±0.18	2.01±0.05	1.83±0.04	3.49±0.06
b											
ชาเขียว	2.78±0.65	2.72±0.12	2.10±0.03	1.87±0.12	2.81±0.01	1.67±0.01	1.42±0.09	1.37±0.00	1.77±0.05	1.74±0.11	1.77±0.02
ชาอูหลง	8.69±0.55	7.18±0.43	5.68±0.33	5.94±0.28	6.83±0.16	5.94±0.00	4.52±0.50	3.73±0.16	4.15±0.10	4.77±0.06	6.46±0.39
ชาดำ	2.30±0.23	0.94±0.12	1.33±0.10	1.065±0.02	1.64±0.16	1.79±0.15	1.44±0.02	1.74±0.06	1.69±0.01	1.63±0.05	1.95±0.02
ชาใบหม่อน	4.03±0.19	3.42±0.18	2.32±0.01	5.71±0.10	4.47±0.02	3.35±0.04	2.66±0.32	3.11±0.12	3.54±0.50	3.58±0.12	5.50±0.08

ตารางที่ 4.10 ค่าความแตกต่างของสีโดยรวม(the total color difference: DE) ของน้ำชาชนิดต่าง ๆ เมื่อเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 30 วัน

ชนิดของชา	เวลา (วัน)										
	0	3	6	9	12	15	18	21	24	27	30
DE											
ชาเขียว	-	1.255±0.14	6.45±0.38	6.30±1.41	4.40±0.34	5.9++0.36	4.17±1.06	6.02±0.33	5.42±0.25	6.48±0.32	6.10±0.14
ชาอูหลง	-	3.51±0.45	7.86±0.35	10.01±2.14	5.54±1.08	4.92±1.15	6.14±1.61	7.00±1.15	6.86±1.03	6.16±1.15	5.72±0.94
ชาดำ	-	7.31±0.40	8.38±1.11	8.26±0.24	6.09±0.11	6.27±1.00	4.77±0.70	5.68±1.18	5.20±0.12	6.74±0.13	6.33±0.36
ชาใบหม่อน	-	5.79±1.08	6.11±0.00	5.78±0.91	5.10±0.49	4.03±0.01	3.72±0.53	3.58±1.03	2.95±0.86	4.34±0.45	6.72±0.12

บทที่ 5
สรุปผลการทดลอง

เนื่องจากสายพันธุ์และกระบวนการผลิตชา มีผลต่อปริมาณโพลีฟีนอลโดยรวม แทนนินและค่าความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระ ดังนั้นในชาแต่ละชนิดจึงมีปริมาณสารต่าง ๆ เหล่านี้แตกต่างกัน จากผลการศึกษานี้สามารถสรุปได้ว่า ชาเขียวเป็นใบชาที่มีปริมาณโพลีฟีนอลโดยรวม แทนนินและความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระสูงสุด รองลงมาคือ ชาดำ ชาอูหลง และชาใบหม่อน ตามลำดับ

จากการศึกษาผลของอุณหภูมิของน้ำ อัตราส่วนระหว่างใบชาต่อน้ำ และเวลาที่ใช้ในการชงชา สามารถสรุปได้ว่า การเพิ่มอุณหภูมิของน้ำ อัตราส่วนระหว่างใบชาต่อน้ำและเวลาที่ใช้ในการชงชาเขียว ชาอูหลงและชาดำ ทำให้ได้น้ำชาที่มีปริมาณโพลีฟีนอลโดยรวม แทนนินและค่าความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระสูงขึ้น ส่วนชาใบหม่อนนั้น พบว่าการเพิ่มอุณหภูมิของน้ำ อัตราส่วนระหว่างใบชาต่อน้ำและเวลาที่ใช้ในการชงชา จะมีผลทำให้ได้น้ำชาที่มีปริมาณโพลีฟีนอลโดยรวมและแทนนินสูงขึ้น ในขณะที่ค่าความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระในน้ำชาใบหม่อนจะลดลงเมื่ออุณหภูมิของน้ำที่ใช้ในการชงชาเพิ่มขึ้น และเมื่อศึกษาการเปลี่ยนแปลงปริมาณสารโพลีฟีนอลโดยรวม แทนนินและค่าความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระของน้ำชาทั้ง 4 ชนิด ในระหว่างการเก็บรักษา พบว่าปริมาณสารต่าง ๆ เหล่านี้จะมีแนวโน้มลดลง เมื่อระยะเวลาในการเก็บรักษานานขึ้น และน้ำชาทั้ง 4 ชนิดนั้นมีการเปลี่ยนแปลงสีของน้ำชาในระหว่างการเก็บรักษาเพียงเล็กน้อยเท่านั้น

ข้อเสนอแนะ

1. ศึกษาผลของอุณหภูมิและเวลาที่ใช้ในการพาสเจอร์ไรส์น้ำชา ต่อการเปลี่ยนแปลงปริมาณสารต้านอนุมูลอิสระ

2. ปัจจุบันมีการผลิตนมรสชาเขียว จึงน่าจะศึกษาผลของการเติมนมต่อปริมาณโพลีฟีนอลโดยรวม แทนนินและความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระในผลิตภัณฑ์ดังกล่าว

3. นอกจากนี้ในปัจจุบันได้มีการผลิตชาพร้อมดื่มที่มีส่วนผสมของสารอื่น ๆ เช่น ตะไคร้ คอลลาเจน ดังนั้นจึงน่าจะศึกษาว่าการเติมสารดังกล่าวนั้น มีผลต่อปริมาณสารต้านอนุมูลอิสระในผลิตภัณฑ์ดังกล่าว เพื่อให้ทราบประโยชน์ที่จะได้รับจากการดื่มผลิตภัณฑ์ดังกล่าว

4. นอกจากนี้ในการศึกษานี้ยังพบว่าน้ำร้อนมีความสามารถในการสกัดสารต่าง ๆ ออกจากใบชาได้ดีกว่าเมธานอล 80 เปอร์เซ็นต์ เพราะฉะนั้นในการสกัดสารประกอบฟีนอลจากใบชาจึงควรใช้น้ำร้อน

บรรณานุกรม

กล้า อิศราภิรมย์. 2533. **การศึกษาปริมาณแทนนินในใบชา**. อาหาร. 20(3):173-180.

กฤษณา ชุติมา. 2543. **สารเคมีในชา**. ราชบัณฑิตยสถาน. 25(2):127-135.

ชนิพรรณ บุตรยี่และจินตนา ศิริวราศัย. 2542. **ชาดำกับสุขภาพ : บทรวบรวมรายงานการวิจัย.** อาหาร. 29(3):157-166.

ดวงจันทร์ เฮงสวัสดิ์. 2002. **ชาเขียว:มหัศจรรย์แห่งใบไม้**. อาหาร. 32(4):233-234.

ดาเรศ บรรเทิงจิตร. 2547. **ชาเขียว**. กรมวิทยาศาสตร์บริการ. 52(164):10-14.

นิรนาม. 2545. **ชาเขียว ใบไม้จากสวรรค์ เครื่องดื่มป้องกันโรค**. เกษตรกรรมธรรมชาติ. 5:15-17.

บรรจบ ชุณหสวัสดิกุล. 2547. **ชาดำ ดีกับสุขภาพ.** มติชนสุดสัปดาห์. 24(1238):92-93.

ประทานพร. 2547. **ชาเขียว...น้ำทิพย์แห่งชีวิต**. UPDATE. มีนาคม 45-54.

รัตติยา สำราญสกุล. 2544. **ปริมาณสารโพลีฟีนอลและฤทธิ์การต้านออกซิเดชันโดยรวมของใบหม่อนและชาใบหม่อน**. วิทยานิพนธ์มหาบัณฑิต จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

วิวัฒน์ หวังเจริญ. 2545. **บทบาทของสารประกอบฟีนอลต่อสุขภาพ: Health Benefits of Phenolic Compounds**. อาหาร. 32(4): 245-253.

วิโรจน์ แก้วเรือง. 2543. **ชาหม่อน**. กรุงเทพมหานคร: โรงพิมพ์ชุมนุมสหกรณ์การเกษตรแห่งประเทศไทย.

ยุทธศักดิ์ คณาสวัสดิ์. 2546. **ชา...เครื่องดื่มเพื่อสุขภาพ**. ส่งเสริมการลงทุน. เมษายน. 42-46.

ส่งเสริมการเกษตร, กรม. 2532. **เอกสารวิชาการหม่อนไหม**. กรุงเทพมหานคร: โรงพิมพ์ชุมนุมสหกรณ์การเกษตรแห่งประเทศไทย จำกัด.

สัณห์ ละอองศรี. 2535. **ชา**. รั้วเขียว.กรุงเทพฯ

ศักดิ์ บวร. 2543. **ชาเขียว**. พิมพ์ครั้งที่ 1. โอเอ็นจี. กรุงเทพฯ.

http://www.Chineseteas101.com/teaclass.html

AOAC. 2000. **Association of Official Analytical Chemists**, 17th ed. Washington, D.C. : Association of Official Chemist, Inc.

Astill, C.; Birch, M. R.; Dacombe, C.; Humphrey, P. G.; and Martin, P. T. 2001. Factors Affecting the Caffeine and Polyphenol Contents of Black and Green Tea Infusions. **J. Agric. Food Chem**. 49: 5340-5347.

Buens, J., Gardner, P. T., O'Neil, J., Crawford, S., Morecroft, I., McPhail, D. B., et al. 2000. Relationship among Antioxidant Activity, Vasodilation Capacity, and Phenolic Content of Red Wines. **J Agric Food Chem**. 48: 220-230.

Gadow, A. V.; Joubert, E.; Hansmann, C.F. 1997a. Comparison of The Antioxidant Activity of Rooibos Tea (Aspalathus linearis) with Green, Oolong and Black Tea. **Food Chemistry**. 60(1): 73-77.

Gadow, A. V.; Joubert, E.; and Hansmann, C. F. 1997b. Effect of Extraction Time and Additional Heating on the Antioxidant Activity of Rooibos Tea (Aspalathus linearis) Extracts **J. Agric. Food Chem**. 45: 1370-1374.

Hodgson, J. M.; Prodfoot, J. M.; Croft, K. D.; et al. 1999. Comparison of The Effects of Black and Green Tea on in Vitro Lipoprotein Oxidation in Human Serum. **J. Sci. Food Agric**. 79: 561-566.

Jackman, R.L. and Smith, J.L. 1996. Anthocyanins and Betalains. *In* "Natural Food colorants." 2nd ed. Editors: Hendy, G.A.F. and Houghton, J.D. **Blackie Academic & Professional, Glasgow**. pp 244-309.

Khokhar, S., and Magnusdottir, S. G. M. 2002. Total Phenol, Catechin, and Caffeine Contents of Teas Commonly Consumed in the United Kingdom. **J. Agric. Food Chem**. 50: 565-570.

Kim, M-C. and Pratt, D.E. 1992. Thermal Degradation of Phenolic Antioxidants. *In* "Phenolic Compounds in Food and Their Effects on Health II: Antioxidants & Cancer Prevention" Editor: Huang, M.T., Ho, C.T. and Lee, C.Y. **American Chemical Society, Washington, D.C**. pp 54-71.

Lakenbrink, C.; Lapczynaki, S.; Maiwald, B.; and Engelhardt, U. H. 2000. Flavonoids and Other Polyphenols in Consumer Brews of Tea and Other Caffeinated Beverages. **J. Agric. Food Chem**. 48: 2848-2852.

Lin, J. K., Lin, C. L.; Liang, Y. C.; Lin-Shiau, S. Y.; and Juan, I. M. 1998. Survey of Catechins, Gallic Acid, and Methylxanthines in Green, Oolong, Pu-erh, and Black Teas. **J. Agric. Food Chem**. 46: 3635-3642.

Manzocco, L.; Anese, M.; and Nicoli, M. C. 1998. Antioxidant of Tea Extracts as Affected by Processing. **Lebenam.-Wiss. u.-Technol**. 31: 694-698.

Miller, HE. 1971. A Simplified Method for The Evaluation of Antioxidants. **JAOCS**. 48:91.

Moure, A.; Franco, D.; Sineiro, J.; Dominguez, H.; Nunez, M. J., and Lema, J.M. 2000. Evaluation of Extracts From Gevuina avellana Hulls as Antioxidants. **J. Agric. Food Chem**. 48: 3890-3897.

Pellegrini, N.; Simonetti, P.; Gardana, C.; Brenna, O.; Btighenti, F.; and Pietta, P. 2000. Polyphenol Content and Total Antioxidant Activity of Vini Novelli (Young Red Wines). **J. Agric. Food Chem**. 48: 732-735.

Plestenjak, A., Simcic, M., Hribar, J., Veber, M., Skorja, A., Kordis-Krapez, M., Pavlic, P., Vidrih, R. 2001. Sensorial Properties of Ice Tea as Affected by Packaging. **Food technol. Biotechnol.** 39: 101-107.

Price, W. E.; Spiro, M. 1985. Kinetics and Equilibria of Tea Infusion: Rate of Extraction of Theaflavin, Caffeine and Theobromine from Several Whole Teas and Sieved Fractions. **J. Sci. Food Agric**. 36: 1309-1314.

Simonetti, P.; Pietta, P.; and Testolin, G. 1997. Polyphenol Content and Total Antioxidant Potential of Selected ltalian Wines. **J. Agric. Food Chem**. 45: 1152-1155.

Sinch R. P.; Chidambara Murthy, K. N.; and Jayaprakasha, G. K. 2002. Studies on the Antioxidant Activity of Pomegranate *(Punica granatum)* Peel and Seed Extracts Using in Vitro Models. **J. Agric. Food Chem**. 50: 81-86.

Spiro M.; Siddique, S. 1981. Kinetics and Equilibria of Tea Infusion (2): Kinetics of Extraction of Theaflavins, Thearubigins and Caffeine from Koonsong Broken Pekoe. **J Sci. Food Agric**. 32: 1135-1139.

Spiro M.; Jago, D. S. 1982. Kinetics and Equilibria of Tea Infusion. **J. Chem. Soc., Faraday Trans**. 1. 78: 295-305.

Wang, L. F.; Kim, D. M.; and Lee, C. Y. 2000. Effects of Heat Processing and Storage on Flavanols and Sensory Qualities of Green Tea Beverage. **J Agric. Food Chem**. 48: 4227-7232.

Zhou, R.; Zhou, Y.; Chen, D.; Li, S.; Haug, A. 2000. Effects of Soaking Temperature and Soaking Time During Preparation of Water Extract of Tea on Anticlastogenicity Against Environmental Tobacco Smoke in The Sister-Chromatid Exchange Assay. **Toxicology Letters**. 115: 23-32.

Zielinski, H., and Koztowska, H. 2000. Antioxidant Activity and total Phenolics in Selected Cereal Grains and Their Different Morphological Fractions. **J. Agric Food Chem**. 48: 2008-2016.

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก

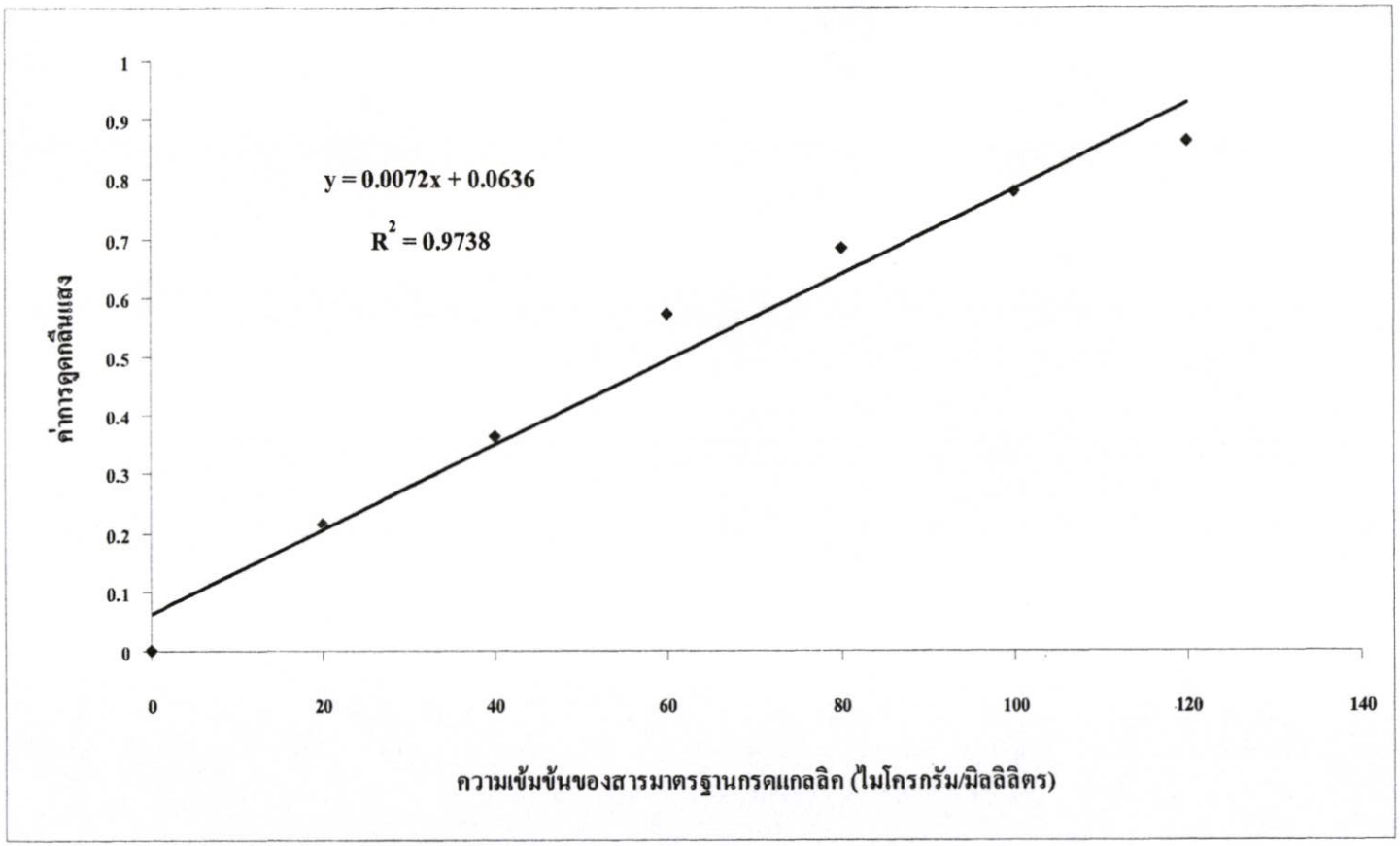
ผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการทดลอง

ภาพที่ ก1. ผลิตภัณฑ์น้ำชาเขียว ชาอูหลง ชาดำ และ ชาใบหม่อน(วันเริ่มต้น)

ภาพที่ ก2. ผลิตภัณฑ์น้ำชาเขียว ชาอูหลง ชาดำ และ ชาใบหม่อน(วันที่ 30)

ภาคผนวก ข

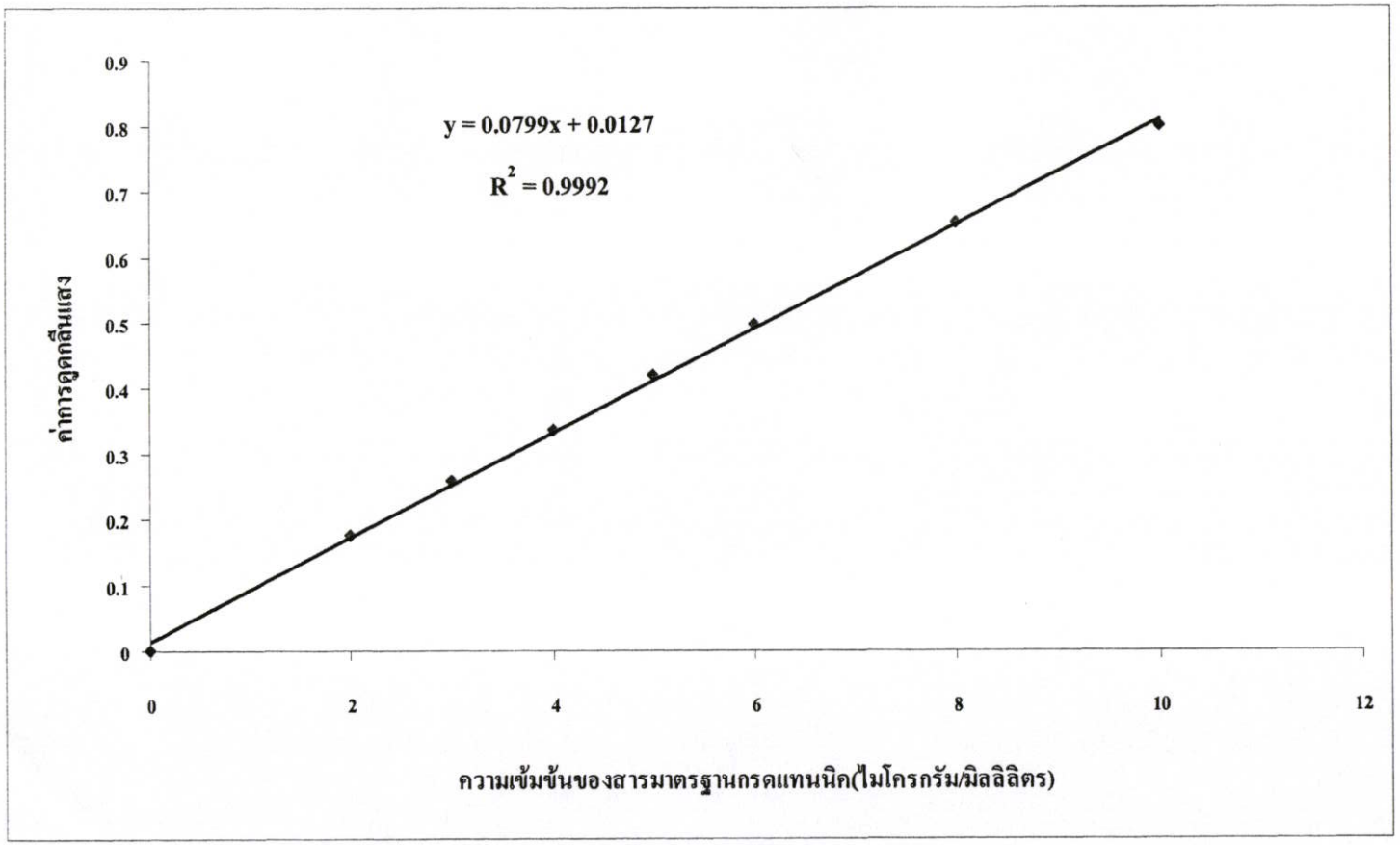
กราฟมาตรฐานของสารมาตรฐานกรดแกลลิค



ภาพที่ ข1. กราฟมาตรฐานของสารมาตรฐานกรดแกลลิค

ภาคผนวก ค

กราฟมาตรฐานของสารมาตรฐานกรดแทนนิค



ภาพที่ ค1. กราฟมาตรฐานของสารมาตรฐานกรดแทนนิค

ภาคผนวก ง

การวิเคราะห์ทางสถิติ

ตารางที่ ง1. การวิเคราะห์ผลทางสถิติของปริมาณโพลีฟีนอลโดยรวมในใบชาชนิดต่าง ๆ (สกัดด้วยเมธานอล 80 เปอร์เซ็นต์)

Source	df	SS	MS	F
Treatment	3	7980.23	2660.07	6173.69*
Error	8	3.447	0.431	
Total	11	7983.67		

หมายเหตุ * มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

ตารางที่ ง2. การวิเคราะห์ผลทางสถิติของปริมาณแทนนินในใบชาชนิดต่าง ๆ (สกัดด้วยเมธานอล 80 เปอร์เซ็นต์)

Source	df	SS	MS	F
Treatment	3	7549673	2516558	580.17*
Error	8	34700.75	4337.59	
Total	11	7584374		

หมายเหตุ * มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

ตารางที่ ง3. การวิเคราะห์ผลทางสถิติของความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระในใบชาชนิดต่าง ๆ (สกัดด้วยเมธานอล 80 เปอร์เซ็นต์)

Source	df	SS	MS	F
Treatment	3	2736.18	912.06	213.06*
Error	8	34.25	4.28	
Total	11	2770.42		

หมายเหตุ * มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

ประวัติผู้เขียน

ชื่อ – สกุล	นางสาวอรพรรณ บุญวิธวาเจริญ
วัน เดือน ปีเกิด	19 กันยายน 2525
ที่อยู่ปัจจุบัน	431/3 ม.3 ต.แพรกษา อ.เมือง จ.สมุทรปราการ
ประวัติการศึกษา	พ.ศ. 2546 สำเร็จการศึกษาในระดับปริญญาตรี หลักสูตรวิทยาศาสตรบัณฑิต สาขาวิทยาศาสตร์การอาหาร คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา