ปริมาณสารโพลีฟีนอลและฤทธิ์การต้านออกซิเดชันโดยรวมของใบหม่อนและชาใบหม่อนจากบางแหล่งในประเทศไทย

นางสาวรัตติยา สำราญสกุล

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาเภสัชศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาอาหารเคมีและโภชนศาสตร์ทางการแพทย์ ภาควิชาอาหารเคมี
คณะเภสัชศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
ปีการศึกษา 2544
ISBN 974-03-0179-7
ลิขสิทธิ์ของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

TOTAL POLYPHENOL CONTENT AND ANTIOXIDANT ACTIVITY OF MULBERRY LEAVES AND MULBERRY TEA FROM SOME SOURCES IN THAILAND

Miss Rattiya Samransakul

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements

for the Degree of Master of Science in Pharmacy

Department of Food Chemistry

Faculty of Pharmaceutical Sciences

Chulalongkorn University

Academic Year 2001

ISBN 974-03-0179-7

หัวข้อวิทยานิพนธ์	ปริมาณสารโพลีฟีนอลและฤทธิ์การต้านออกซิเดชันโดยรวมของใบหม่อนและชาใบหม่อนจากบางแหล่งในประเทศไทย
โดย	นางสาว รัตติยา สำราญสกุล
ภาควิชา	อาหารเคมี
อาจารย์ที่ปรึกษา	รองศาสตราจารย์ ดร.อรอนงค์ กังสดาลอำไพ
อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม	รองศาสตราจารย์ ดร.สุรพจน์ วงศ์ใหญ่

คณะเภสัชศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้นับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญามหาบัณฑิต

.....คณบดีคณะเภสัชศาสตร์
(รองศาสตราจารย์ ดร.สุนิพนธ์ ภุมมางกูร)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

.....ประธานกรรมการ
(รองศาสตราจารย์ ดร.แก้ว กังสดาลอำไพ)

.....อาจารย์ที่ปรึกษา
(รองศาสตราจารย์ ดร.อรอนงค์ กังสดาลอำไพ)

.....อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม
(รองศาสตราจารย์ ดร.สุรพจน์ วงศ์ใหญ่)

.....กรรมการ
(รองศาสตราจารย์ ธิติรัตน์ ปานม่วง)

.....กรรมการ
(นายวิโรจน์ แก้วเรือง)

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

รัตติยา สำราญสกุล : ปริมาณสารโพลีฟีนอลและฤทธิ์การต้านออกซิเดชันโดยรวมของใบหม่อนและชาใบหม่อนจากบางแหล่งในประเทศไทย (TOTAL POLYPHENOL AND ANTIOXIDANT ACTIVITY OF MULBERRY LEAVES AND MULBERRY TEA FROM SOME SOURCES IN THAILAND) อ. ที่ปรึกษา : รศ.ดร.อรอนงค์ กังสดาลอำไพ, อ. ที่ปรึกษาร่วม : รศ.ดร.สุรพจน์ วงศ์ใหญ่, 115 หน้า. ISBN 974-03-0179-7.

การวิเคราะห์ปริมาณเควอซิติน เคมเฟอรอล โพลีฟีนอลโดยรวม และฤทธิ์การต้านออกซิเดชันโดยรวม ของใบหม่อนอบแห้งซึ่งปลูกที่ ศูนย์วิจัยหม่อนไหมนครราชสีมา ศูนย์วิจัยหม่อนไหมอุดรธานี สถานีทดลองหม่อนไหมตาก และศูนย์วิจัยหม่อนไหมแพร่ ในส่วนยอด ใบอ่อน และใบแก่ ของใบหม่อนพันธุ์นครราชสีมา 60 บุรีรัมย์ 60 คุณไพ และน้อย พบว่าสถานที่ปลูก อายุใบ และพันธุ์ เป็นปัจจัยที่มีอิทธิพลร่วมกันทำให้ปริมาณเควอซิติน เคมเฟอรอล และโพลีฟีนอลโดยรวม มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ *($p \leq 0.05$)* ใบหม่อนซึ่งปลูกที่ศูนย์วิจัยหม่อนไหมอุดรธานี ส่วนยอดพันธุ์นครราชสีมา 60 มีปริมาณเควอซิตินและเคมเฟอรอลสูงสุด (2,069.75 และ 869.44 มิลลิกรัมต่อ 100 กรัม ตามลำดับ) และยอดพันธุ์บุรีรัมย์ 60 มีโพลีฟีนอลโดยรวมสูงสุด (6,301.03 มิลลิกรัมต่อ 100 กรัม โดยแสดงค่าเป็น gallic acid equivalents)

ในชาใบหม่อน 5 ชนิด พบว่าชาเขียวใบหม่อนที่ผลิตแบบอุตสาหกรรมโรงงานมีปริมาณเควอซิติน เคมเฟอรอล และโพลีฟีนอลโดยรวมสูงสุด การใช้น้ำร้อนชงชาพบว่าที่เวลา 6 และ 60 นาที ปริมาณเควอซิติน และเคมเฟอรอลในน้ำชา แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ *($p \leq 0.05$)* ส่วนปริมาณโพลีฟีนอลโดยรวมในน้ำชาที่เวลา 6, 12, 30 และ 60 นาที ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ *($p \geq 0.05$)* ฤทธิ์การต้านออกซิเดชันโดยรวมของน้ำชาเขียวใบหม่อนซึ่งผลิตแบบอุตสาหกรรมโรงงานที่ชงด้วยน้ำร้อนมีค่าสูงที่สุด เมื่อเทียบกับชาชนิดเดียวกันที่ไม่ได้ชงด้วยน้ำร้อนก่อนที่จะนำมาผ่านขั้นตอนการสกัดด้วยวิธีการเดียวกัน และสูงกว่าส่วนยอด ใบอ่อน และใบแก่ ของใบหม่อนอบแห้งพันธุ์เดียวกัน ผลการวิจัยนี้ยืนยันได้ว่า ใบหม่อน ชาใบหม่อน และน้ำชาใบหม่อนเป็นแหล่งที่ดีของเควอซิติน เคมเฟอรอล และโพลีฟีนอลโดยรวม ซึ่งมีบทบาทในการต้านออกซิเดชัน เป็นผลดีต่อสุขภาพของมนุษย์ในการป้องกันโรคเรื้อรังต่างๆ

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาควิชา อาหารเคมี ลายมือชื่อนิสิต รัตติยา สำราญสกุล

สาขาวิชา อาหารเคมีและโภชนศาสตร์ทางการแพทย์ ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา อรอนงค์ กังสดาลอำไพ

ปีการศึกษา 2544 ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาร่วม สุรพจน์ วงศ์ใหญ่

##[illegible] MAJOR FOOD CHEMISTRY

KEYWORD: POLYPHENOL / FLAVONOID / MULBERRY LEAVES/ MULBERRY TEA / ANTIOXIDANT

RATTIYA SAMRANSAKUL : THESIS TITLE. (TOTAL POLYPHENOL AND ANTIOXIDANT ACTIVITY OF MULBERRY LEAVES AND MULBERRY TEA FROM SOME SOURCES IN THAILAND) THESIS ADVISOR : [ASSOC.PROF.ORANONG KANGSADALAMPAI, Ph.D.], THESIS COADVISOR : [ASSOC.PROF.SURAPOT WONGYAI, Ph.D.], 115 pp. ISBN 974-03-0179-7.

Leaves collected as tip, young and old ages of four varieties of mulberry namely Nakhonratchasima 60, Burirum 60, Khunpai and Noi were analyzed for flavonol, total polyphenol and total antioxidant activity. Each variety was grown in Nakhonratchasima, Udonthanee, Tak and Prae. Source, age and variety of mulberry leaves were the factors that have significant difference *($p \leq 0.05$)* interaction for content of quercetin, kaempferol and total polyphenol. From Udonthani, the tip of Nakhonratchasima 60 had the highest content of quercetin and kaempferol (2,069.75 and 869.44 mg/100 g, respectively). And the tip of Burirum 60 variety had the highest content of total polyphenol (6,301.03 mg/100 g, gallic acid equivalents).

In 5 types of mulberry tea, mulberry green tea by industrial process had the highest content of quercetin, kaempferol and total polyphenol. Quercetin and kaempferol contents in brew tea at 6 and 60 minute were significant difference *($p \leq 0.05$)*, whereas total polyphenol in extraction at 6, 12, 30 and 60 minute was no significant difference *($p \geq 0.05$)*. Total antioxidant activity in hot water extraction of mulberry green tea by industrial process had the highest values among the same tea but did not extracted with hot water before extraction in the same process and higher than the tip young and old ages of dry mulberry leaves with the same variety. These results confirm that mulberry leaves and mulberry tea are the good sources of quercetin, kaempferol and total polyphenol that have role of antioxidant and beneficial effects to preventive chronic disease in human health.

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

Department Food Chemistry — Student's signature R. Samransakul

Field of study Food Chemistry and Medical Nutrition — Advisor's signature Oranong Kangsadalampai

Academic year 2001 — Co-Advisor's signature S. Wongyai

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้เสร็จสมบูรณ์ได้โดยได้รับความกรุณาจาก รศ.ดร.อรอนงค์ กังสดาลอำไพ อาจารย์ที่ปรึกษา รศ.ดร.สุรพจน์ วงศ์ใหญ่ อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม รศ.ธิติรัตน์ ปานม่วง และ คุณวิโรจน์ แก้วเรือง กรรมการการสอบ ที่ได้ให้ความช่วยเหลือ คำแนะนำ ข้อคิดเห็น และช่วยแก้ไขวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ให้สมบูรณ์ยิ่งขึ้น ข้าพเจ้าขอกราบขอบพระคุณอย่างสูงไว้ ณ ที่นี้

ขอกราบขอบพระคุณ รศ.ดร.แก้ว กังสดาลอำไพ ประธานกรรมการ ที่กรุณาให้คำแนะนำ คำปรึกษาและตรวจแก้วิทยานิพนธ์ให้สมบูรณ์ยิ่งขึ้น

ขอกราบขอบพระคุณบัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย และสถาบันวิจัยหม่อนไหม กรมวิชาการเกษตร ที่ให้ทุนอุดหนุนทุนการวิจัย

ขอกราบขอบพระคุณคณาจารย์ภาควิชาอาหารเคมี คณะเภสัชศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย คณาจารย์และเจ้าหน้าที่ ภาควิชาเภสัชเคมี คณะเภสัชศาสตร์ มหาวิทยาลัยรังสิต ภาควิชาชีวเคมี คณะแพทย์ศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ เจ้าหน้าที่สถานีทดลองหม่อนไหมตาก ศูนย์วิจัยหม่อนไหมแพร่ ศูนย์วิจัยหม่อนไหมอุดรธานี และศูนย์วิจัยหม่อนไหมนครราชสีมา ที่อำนวยความสะดวกในสิ่งของ และสถานที่ในการทำการวิจัย และขอขอบคุณพี่ เพื่อน และน้องทุกคน ซึ่งมิได้กล่าวชื่อไว้ ณ ที่นี้ ที่ให้ความช่วยเหลือ และเป็นกำลังใจที่ดีต่อข้าพเจ้าโดยตลอด

ท้ายนี้ขอกราบขอบพระคุณ คุณพ่อ คุณแม่ และพี่น้องทุกคนในครอบครัวที่สนับสนุนการศึกษาแก่ข้าพเจ้า และเป็นผู้ให้กำลังใจอันสำคัญยิ่งต่อข้าพเจ้า ทำให้ข้าพเจ้าสามารถฝ่าฟันอุปสรรคต่างๆ มาได้โดยตลอด

รัตติยา สำราญสกุล

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย.....ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....จ
กิตติกรรมประกาศ.....ฉ
สารบัญ.....ช
สารบัญตาราง.....ช
สารบัญภาพ.....ญ
บทที่
1 บทนำ.....1
2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....4
3 วัสดุอุปกรณ์และวิธีดำเนินการวิจัย.....37
4 ผลการวิจัย.....52
5 อภิปรายผลการวิจัย.....65
6 สรุปผลการวิจัย.....70
รายการอ้างอิง.....72
ภาคผนวก.....83
ประวัติผู้เขียน.....115

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญตาราง

ตาราง		หน้า
1	ปริมาณฟลาโวนอลในผลไม้ ผัก และเครื่องดื่มบางชนิด	18
2	ศักยภาพการเกิดรีดักชันของฟลาโวนอยด์	19
3	ปริมาณเควอซิตินในใบหม่อนอบแห้งพันธุ์ต่างๆ จากบางแหล่งในประเทศไทย	53
4	ปริมาณเคมเฟอรอลในใบหม่อนอบแห้งพันธุ์ต่างๆ จากบางแหล่งในประเทศไทย	55
5	ปริมาณโพลีฟีนอลโดยรวมในใบหม่อนอบแห้งพันธุ์ต่างๆ จากบางแหล่งในประเทศไทย	57
6	ปริมาณเควอซิติน เคมเฟอรอล และโพลีฟีนอลโดยรวม ของยอดและชาใบหม่อน พันธุ์นครราชสีมา 60 ปลูกที่ศูนย์วิจัยหม่อนไหมอุดรธานี โดยน้ำหนักแห้ง	59
7	ปริมาณเควอซิติน เคมเฟอรอล และโพลีฟีนอลโดยรวม ในน้ำชาเขียวใบหม่อนผลิตแบบอุตสาหกรรมโรงงานที่ชงด้วยน้ำร้อนที่เวลาต่างๆ	60
8	ความสามารถในการต้านออกซิเดชันของตัวอย่าง 1 มิลลิกรัมเทียบกับโทรลอกซ์โดยน้ำหนักแห้ง	61
9	ปริมาณเควอซิติน เคมเฟอรอล โพลีฟีนอลโดยรวม และความสามารถในการต้านออกซิเดชันของใบหม่อน ชาใบหม่อน และน้ำชาใบหม่อน	62
10	ปริมาณความชื้นในใบหม่อนอบแห้งพันธุ์ต่างๆ จากบางแหล่งในประเทศไทย	63
11	ปริมาณความชื้นในยอดและชาใบหม่อน พันธุ์นครราชสีมา 60 ปลูกที่ศูนย์วิจัยหม่อนไหมอุดรธานี	64
12	แสดงความเข้มข้น peak height และ peak height เฉลี่ย ของสารมาตรฐานเควอซิติน	96
13	แสดงความเข้มข้น peak height และ peak height เฉลี่ย ของสารมาตรฐานเคมเฟอรอล	98
14	แสดงความเข้มข้น ค่าการดูดกลืนแสง และค่าการดูดกลืนแสงเฉลี่ย ของสารมาตรฐานกรดแกลลิค	101
15	แสดงความเข้มข้น ค่าการดูดกลืนแสง และ % Inhibition ของสารมาตรฐานโทรลอกซ์	106
16	แสดงความเข้มข้น ค่าการดูดกลืนแสง และ % Inhibition ของสารสกัดพืชตัวอย่าง	107
17	การวิเคราะห์ความแปรปรวนของปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อปริมาณเควอซิตินในใบหม่อนอบแห้ง	109
18	การวิเคราะห์ความแปรปรวนของปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อปริมาณเคมเฟอรอลในใบหม่อนอบแห้ง	110
19	การวิเคราะห์ความแปรปรวนของปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อปริมาณโพลีฟีนอลโดยรวมในใบหม่อนอบแห้ง	111
20	การวิเคราะห์ความแปรปรวนปริมาณเควอซิติน เคมเฟอรอล และโพลีฟีนอลโดยรวมในใบหม่อนและชาใบหม่อน	112
21	การวิเคราะห์ความแปรปรวนปริมาณเควอซิติน เคมเฟอรอล และโพลีฟีนอลโดยรวมในน้ำชาใบหม่อนที่ชงด้วยน้ำร้อนที่เวลาต่างๆ	113
22	การวิเคราะห์ความแปรปรวนค่า TEAC ของใบหม่อน ชาใบหม่อน และน้ำชาใบหม่อนที่ชงด้วยน้ำร้อน	114

สารบัญภาพ

ภาพประกอบ		หน้า
1	แสดงสูตรโครงสร้างพื้นฐานของฟลาโวนอยด์	16
2	แสดงสูตรโครงสร้างของฟลาโวนอลและเควอซิติน	17
3	แสดงตำแหน่งการจับกับโลหะของฟลาโวนอยด์	20
4	สูตรโครงสร้างของ เควอซิติน รูทิน ลูทีโอลิน และเคมเฟอรอล	21
5	แสดงการแตกสลายของเควอซิตินโดยแบคทีเรียในลำไส้	23
6	แสดงรูปแบบการดูดซึมและเมตาบอลิคของอะไกลโคนและไกลโคไซด์	24
7	แสดงวิถีเมตาบอลิซึมของเควอซิติน	27
8	แสดงแบบแผนเมตาบอลิคของฟลาโวนอยด์จากอาหาร	28
9	ต้นหม่อนพันธุ์นครราชสีมา 60	85
10	ต้นหม่อนพันธุ์บุรีรัมย์ 60	85
11	ต้นหม่อนพันธุ์น้อย	86
12	ต้นหม่อนพันธุ์คุณไพ	86
13	ผลหม่อน	87
14	ยอดสดใบหม่อนพันธุ์นครราชสีมา 60	87
15	ยอดอบแห้งใบหม่อนพันธุ์นครราชสีมา 60	88
16	ชาเขียวใบหม่อนผลิตแบบครัวเรือน	88
17	ชาเขียวใบหม่อนผลิตแบบอุตสาหกรรมโรงงาน	89
18	ชาดำใบหม่อนผลิตแบบครัวเรือน	89
19	ชาดำใบหม่อนผลิตแบบอุตสาหกรรมโรงงาน	90
20	ชาจีนใบหม่อนผลิตแบบครัวเรือน	90
21	ตัวอย่างโครมาโทแกรมของสารมาตรฐานผสม	92
22	ตัวอย่างโครมาโทแกรมของสารสกัดใบหม่อนอบแห้ง	93
23	กราฟมาตรฐานของสารมาตรฐานเควอซิติน	95
24	กราฟมาตรฐานของสารมาตรฐานเคมเฟอรอล	97
25	กราฟมาตรฐานของสารมาตรฐานกรดแกลลิค	100
26	ความสัมพันธ์ระหว่างอัตราปฏิกิริยาในการเกิดและยับยั้งอนุมูลอิสระ (ค่าการดูดกลืนแสง) ของสารมาตรฐานโทรลอกซ์ที่ความเข้มข้นต่างๆ	103
27	กราฟมาตรฐานของสารมาตรฐานโทรลอกซ์	105

บทที่ 1
บทนำ

หม่อน (Mulberry) อยู่ในตระกูล Moraceae มีชื่อทางวิทยาศาสตร์คือ *Morus alba* Linn นับเป็นพืชเศรษฐกิจที่เป็นที่รู้จักกันดีชนิดหนึ่ง มีการปลูกมากทางภาคเหนือและภาคตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศไทย ใบหม่อนนอกจากใช้เป็นอาหารเลี้ยงหนอนไหมแล้ว ยังใช้ประกอบอาหารได้หลายชนิด เช่น ใส่ต้มยำ ชุบแป้งทอด ใบหม่อนสามารถช่วยเพิ่มรสชาติของอาหาร และมีคุณค่าทางโภชนาการ เนื่องจากมีกรดอะมิโนหลายชนิดและแร่ธาตุต่างๆ เช่น แคลเซียม โพแทสเซียม โซเดียม แมกนีเซียม เหล็ก สังกะสี วิตามินเอ วิตามินบี 1 วิตามินบี 2 วิตามินซี (วิโรจน์ แก้วเรือง, 2543) คาร์โบไฮเดรต และ เส้นใยอาหาร (เอมอร โสมนะพันธุ์, 2543)

ใบหม่อนมีสารที่มีคุณสมบัติทางชีววิทยาและเภสัชวิทยา เช่น สารพวกแอลคาลอยด์ 1- ดีออกซีโนจิริไมซิน (1-deoxynojirimycin, DNJ) มีผลลดระดับน้ำตาลในเลือดสัตว์ทดลอง (Chen et al., 1995) กรดแกมมา-อะมิโนบิวทีริก (gamma-aminobutyric acid, GABA) มีผลลดความดันเลือดและลดการอักเสบในสมองของผู้ได้รับอุบัติเหตุทางสมอง (Patrick, Catherine and Lisa, 1997; Shimizu, Yazawa and Takeda, 1992) และมีสารซึ่งมีฤทธิ์ต้านออกซิเดชัน (Kim, 1999) หม่อนจึงเป็นสมุนไพรที่มีศักยภาพในการจะนำมาพัฒนาเป็นยา ผลิตภัณฑ์อาหาร และเครื่องสำอาง นอกเหนือจากการใช้เป็นอาหารของหนอนไหมเพียงอย่างเดียว (เอมอร โสมนะพันธุ์, 2543)

สารสำคัญที่มีฤทธิ์ต้านออกซิเดชันในใบหม่อนคือ ฟลาโวนอยด์โดยเฉพาะในกลุ่มย่อยฟลาโวนอล เช่น เควอซิติน (quercetin) เควอซิติน-3-โอ-เบตา-ดี-กลูโคไพราโนซิล-(1-6)-เบตา-ดี-กลูโคไพราโนไซด์ (quercetin-3-O-beta-D-glucopyranosyl-(1-6)-beta-D-glucopyranoside) และเคมเฟอรอล (kaempferol) (Kim, 1999) ซึ่งพบมากในพืชชั้นสูง (วันดี กฤษณพันธ์, 2534) ในอาหารและเครื่องดื่มหลายชนิด เช่น ผัก ผลไม้ ชา และ ไวน์ (Hertog, Hollman and Katan, 1992) ฟลาโวนอลกำลังได้รับความสนใจอย่างมาก เนื่องจากมีผลดีต่อสุขภาพของมนุษย์ในระยะยาว (Vuorinen, Maatta and Torronen, 2000) มีผลยับยั้งการเกิดมะเร็งหลายระยะ (Kuroda and Hara, 1999) เช่น เพิ่มการสื่อสารของสารควบคุมการเจริญเติบโตของเซลล์ผ่านช่องว่างรอยต่อ (gap junction) ระหว่างเซลล์ (Sigler and Ruch, 1993) ลดการถูกทำลายในดีเอ็นเอของปอดที่เกิดจากภาวะเครียดเชิงออกซิเดชัน (Yong et al., 1992) และเพิ่มเอนไซม์ต้านออกซิเดชัน (Khan et al., 1992) เป็นต้น

จากการศึกษาทางระบาดวิทยาและการศึกษาในสัตว์ทดลองพบว่า การบริโภคอาหารและเครื่องดื่มที่มีสารประกอบโพลีฟีนอลหรือฟลาโวนอยด์ในปริมาณสูง มีผลป้องกันโรคหัวใจและหลอดเลือด (Hertog et al., 1993; Imai and Nakachi, 1995) โรคมะเร็งตับอ่อน (Mizuno et al., 1992; Zatonski et al., 1993) และเนื้องอกลำไส้ใหญ่ (Kono et al., 1991) และการดื่มชาเป็นประจำช่วยป้องกันโรคหัวใจและหลอดเลือด (Dreosti, 1996) ลดความเสี่ยงการเกิดมะเร็งกระเพาะอาหารและหลอดอาหาร (Weisburger, 1996) และลดการเกิดมะเร็งปอด (Yong et al., 1992) เป็นต้น

ชาจากใบและรากหม่อน ได้ถูกนำมาเป็นเครื่องดื่มเพื่อสุขภาพในประเทศญี่ปุ่น (Shimizu et al., 1992) ปัจจุบันในประเทศไทยมีการผลิตชาจากใบหม่อนจำหน่ายกันมากและกำลังเป็นที่นิยมของผู้บริโภค สถาบันวิจัยหม่อนไหม กรมวิชาการเกษตร กำลังปรับปรุงพันธุ์หม่อน เพื่อให้ได้หม่อนที่มีคุณภาพ เพื่อประโยชน์สูงสุดต่อทั้งเกษตรกรและผู้บริโภค การวิจัยนี้ได้ศึกษาหาปริมาณโพลีฟีนอลโดยรวม ฟลาโวนอยด์บางชนิด และวัดความสามารถต้านออกซิเดชันโดยรวมของใบหม่อนอบแห้ง ชาใบหม่อน และน้ำชาใบหม่อน จากใบหม่อนซึ่งปลูกในจังหวัดต่างๆ ในประเทศไทย โดยศึกษาผลของใบหม่อนซึ่งปลูกในที่ต่างๆ กัน อายุใบ พันธุ์ ชนิดของชาที่ผลิตขึ้นมา และเวลาในการชงชา ต่อปริมาณสารที่มีฤทธิ์ต้านออกซิเดชัน เพื่อเป็นทางเลือกสำหรับเกษตรกร ผู้ผลิต และผู้บริโภค

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อหาปริมาณสารฟลาโวนอยด์บางชนิด และปริมาณสารประกอบโพลีฟีนอลโดยรวม ในใบหม่อนอบแห้ง ชาใบหม่อน และน้ำชาใบหม่อนที่ชงจากชาที่มีสารประกอบโพลีฟีนอลโดยรวมสูงสุด โดยเปรียบเทียบระหว่าง แหล่งปลูก อายุใบ พันธุ์ และชนิดของชา

2. เพื่อศึกษาฤทธิ์การต้านออกซิเดชันโดยรวม ในใบหม่อนอบแห้ง ชาใบหม่อน และน้ำชาใบหม่อน

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 2
เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

1. หม่อน (Mulberry)

1.1 ลักษณะทั่วไปของหม่อน

หม่อนเป็นพืชยืนต้นในตระกูล Moraceae เจริญเติบโตได้ทั้งในเขตหนาวที่มีอุณหภูมิต่ำกว่าศูนย์องศาไปจนถึงเขตอากาศร้อน แต่อุณหภูมิที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของหม่อนอยู่ระหว่าง 25-30 องศาเซลเซียส หม่อนที่ปลูกในเขตหนาวจะหยุดพักตัวไม่เจริญเติบโตตั้งแต่ปลายฤดูใบไม้ร่วงไปจนถึงฤดูใบไม้ผลิ จึงจะเริ่มแตกกิ่งเจริญเติบโตต่ออีกครั้ง ส่วนหม่อนที่ปลูกในเขตร้อนจะเจริญเติบโตโดยไม่มีระยะพักตัว หม่อนแต่ละพันธุ์จะเหมาะสมกับสภาพแวดล้อมแตกต่างกัน อย่างไรก็ตามหม่อนจะค่อยๆ ปรับตัวเองไปตามสภาพแวดล้อม หม่อนมีหลายพันธุ์ แต่นิยมปลูกมี 3 พันธุ์ ซึ่งมีถิ่นกำเนิดจากประเทศจีน คือ *Morus latifolia* Poriret เป็นพันธุ์ที่ปลูกในเขตอากาศอบอุ่น *Morus bombycis* Koidj เป็นพันธุ์ที่ปลูกในเขตอากาศเย็น *Morus alba* Linn เป็นพันธุ์ที่ปลูกในเขตระหว่าง 2 ชนิดแรก (กรมส่งเสริมการเกษตร, 2543) หม่อนสามารถขึ้นได้ดีในดินแทบทุกชนิด ยกเว้นในที่ที่น้ำท่วม และในดินที่มีการระบายน้ำไม่ดี (กรมส่งเสริมการเกษตร, 2532)

หม่อนมีความสำคัญสำหรับการเลี้ยงไหม เพราะเป็นอาหารของไหม ดร.มัตสุมุระ ผู้เชี่ยวชาญด้านหม่อนของประเทศญี่ปุ่น ได้ศึกษาการเลี้ยงไหมของเกษตรกรในประเทศอินเดีย พบว่าใบหม่อนเป็นปัจจัยที่มีความสำคัญต่อการเลี้ยงไหมถึงร้อยละ 38.2 (กรมส่งเสริมการเกษตร, 2532)

1.2 สารสำคัญในใบหม่อน

ใบหม่อนประกอบด้วยสารเคมีหลายชนิด เช่น สารพวกแอลคาลอยด์ 1- ดีออกซีโนจิริไมซิน (1-deoxynojirimycin, DNJ) มีผลลดระดับน้ำตาลในเลือดสัตว์ทดลอง (Chen et al., 1995) กรดแกมมา-อะมิโนบิวทีริก (gamma-aminobutyric acid, GABA) มีผลลดความดันเลือดและลดการอักเสบในสมองของผู้ได้รับอุบัติเหตุทางสมอง (Patrick et al., 1997; Shimizu et al., 1992) และมีสารฟลาโวนอยด์หลายชนิด เช่น เควอซิติน (quercetin) เคมเฟอรอล (kaempferol) แอสตรากาลิน

(astragalin) รูทิน (rutin) โมราเซติน (moracetin) ไอโซเควอซิติน (isoquercetin) คูวานอน (kuwanon) ชาลโคโมราซิน (chalcomoracin) เคมเฟอรอล-3-โอ-(6''-โอ-อะซิติล)-เบตา-ดี-กลูโคไพราโนไซด์ (kaempferol-3-O-(6"-O-acetyl)-beta-D-glucopyranoside) เควอซิติน-3-โอ--(6''-โอ-อะซิติล)-เบตา-ดี-กลูโคไพราโนไซด์ (quercetin-3-O-(6"-O-acetyl)-beta-D-glucopyranoside) เควอซิติน-3-โอ-เบตา-ดี-กลูโคไพราโนไซด์ (quercetin-3-O-beta-D-glucopyranoside) เคมเฟอรอล-3-โอ-แอ็ลฟา-แอล-แรมโนไพราโนซิล-(1-6)-เบตา-ดี-กลูโคไพราโนไซด์ (kaempferol-3-O-alpha-L-rhamnopyranosyl-(1-6)-beta-D-glucopyranoside) เควอซิติน-3-โอ-เบตา-ดี-กลูโคไพราโนซิล-(1-6)-เบตา-ดี-กลูโคไพราโนไซด์ (quercetin-3-O-beta-D-glucopyranosyl-(1-6)-beta-D-glucopyranoside) และ เควอซิติน-3,7-ได-โอ-เบตา-ดี-กลูโคไพราโนไซด์ (quercetin-3,7-di-O-beta-D-glucopyranoside) (Kim et al., 1999)

1.3 **สรรพคุณพื้นบ้านของหม่อน**

สรรพคุณพื้นบ้านของหม่อนที่มีบันทึกไว้ ได้แก่ ใบมีรสจืดเย็น ใช้เป็นยาขับเหงื่อ แก้เจ็บคอ ต้มดื่มแก้ไข้ ตัวร้อน แก้ร้อนในกระหายน้ำ แก้ไอ ระงับประสาท ผลหม่อนต้มกินเป็นยาเย็น ยาระบายอ่อนๆ แก้ธาตุไม่ปกติ ดับร้อน ทำให้ชุ่มคอ และบำรุงไต (วุฒิ วุฒิธรรมเวช, 2540) เส้นประสาทตาดี สายตาแจ่มใส รักษาโรคไขข้อ บำรุงหัวใจ บำรุงผมให้ดกดำ (วิโรจน์ แก้วเรือง, 2540) ตำราสมุนไพรจีนกล่าวถึงสรรพคุณของหม่อนไว้อย่างมากมาย เช่น ยอดหม่อนนำมาต้มใช้ดื่มและล้างตาเพื่อบำรุงสายตา เปลือกรากแก้ไอ แก้หอบหืด ขับเสมหะ ขับปัสสาวะ และเป็นยาระบาย (Qiu et al., 1996) กิ่งหม่อนช่วยทำให้เลือดลมไหลเวียนสะดวก รักษาอาการปัสสาวะสีเหลืองกลิ่นฉุนอันเกิดจากความร้อนภายใน ทำให้ลำไส้ทำงานได้ดี ขจัดความร้อนในปอดและกระเพาะอาหาร ขจัดการหมักหมมในกระเพาะอาหารและเสลดในปอด นอกจากนี้ยังใช้รักษาอาการปวดมือ เท้าเป็นตะคริว เหน็บชา โดยใช้กิ่งหม่อนและโคนต้นหม่อนเก่าๆ มาตัดเป็นท่อน ผึ่งไว้ให้แห้ง นำมาต้มดื่มก็สามารถขจัดโรคดังกล่าวได้ (วิโรจน์ แก้วเรือง, 2540)

1.4 **สภาพแวดล้อมที่มีความสัมพันธ์กับหม่อน** (กรมส่งเสริมการเกษตร, 2532)

การเจริญเติบโตของหม่อนมีความสัมพันธ์กับสภาพแวดล้อมต่างๆ เช่น แสงแดด อุณหภูมิ น้ำ อากาศ แร่ธาตุ ซึ่งสภาพแวดล้อมต่างๆ เหล่านี้ จะมีความสัมพันธ์ซึ่งกันและกัน เช่น ใน

สภาพที่มีอุณหภูมิพอเหมาะ มีน้ำเพียงพอ ดินอุดมสมบูรณ์ ต้นหม่อนจะสามารถเติบโตได้ดี หรือในสภาพที่ต้นหม่อนขาดแสงแดด ทำให้ไม่สามารถสังเคราะห์แสงได้ จะมีผลต่อการเจริญเติบโตของหม่อน จึงจำเป็นต้องอาศัยพื้นฐานจากความต้องการของหม่อนในการเจริญเติบโต สภาพแวดล้อมดังกล่าวได้แก่

1. แสงแดด แสงเป็นแหล่งพลังงานในขบวนการสังเคราะห์แสง หม่อนที่ปลูกในสภาพพื้นที่ที่มีแสงเพียงพอประมาณ 9-12 ชั่วโมงต่อวัน จะเจริญเติบโตได้ดี สีของใบหม่อนจะเขียวเข้ม แต่ถ้าหม่อนขาดแสง กิ่งและแขนงใบจะอ่อน ใบจะมีสีเขียวอ่อน ใบหม่อนจะมีปริมาณน้ำมาก มีธาตุอาหารในใบต่ำ ต้นหม่อนที่มีระยะปลูกเหมาะสม การดูแลรักษาถูกต้อง ใบหม่อนได้รับแสงอย่างเพียงพอ จะมีการสังเคราะห์แสงอย่างมีประสิทธิภาพ ทำให้ใบหม่อนมีคุณภาพ

2. อุณหภูมิ หม่อนจะเจริญเติบโตได้ดีในที่อุณหภูมิระหว่าง 25-30 องศาเซลเซียส และไม่ควรปลูกหม่อนในที่ที่มีอุณหภูมิต่ำกว่า 13 องศาเซลเซียส เพราะหม่อนจะพักตัว และไม่ควรสูงเกิน 40 องศาเซลเซียส เพราะจะทำให้มีการคายน้ำมาก การใช้อาหารของหม่อนจะมีมากกว่าการสร้างอาหาร ทำให้หม่อนไม่เจริญเติบโต ดังนั้นในฤดูร้อนควรให้น้ำอย่างสม่ำเสมอ

3. น้ำ น้ำเป็นส่วนสำคัญในการเติบโตของหม่อน ช่วยในการดูดซึมแร่ธาตุอาหารและการเคลื่อนย้ายธาตุอาหารไปยังส่วนต่างๆ รักษาอุณหภูมิในต้นพืช รักษาความดันในเซลล์พืชให้คงที่ ในระยะที่ต้นหม่อนกำลังเจริญเติบโต ลำต้นจะมีน้ำประมาณร้อยละ 60 ใบหม่อนจะมีน้ำประมาณร้อยละ 70-75 กิ่งแขนงต่างๆ จะมีน้ำร้อยละ 58-65 ในรากจะมีน้ำประมาณร้อยละ 54-59 ในช่วงระยะการเจริญเติบโตของต้นหม่อน หม่อนต้องการน้ำในปริมาณที่เหมาะสม ในเขตเกษตรน้ำฝนที่มีปริมาณฝนมาก 600-2500 มิลลิเมตรต่อปี การกระจายของน้ำฝนเฉลี่ย 50 มิลลิเมตรต่อครั้งในทุก 10 วัน ความชื้นสัมพัทธ์ร้อยละ 65-80 อยู่ในช่วงที่เหมาะสมที่จะทำให้หม่อนเจริญเติบโตได้ดี แต่ถ้ามีปริมาณน้ำใต้ดินสูงหรือมีน้ำขัง ดินจะขาดอากาศ รากหม่อนจะขาดออกซิเจน ทำให้ต้นหม่อนไม่สามารถเจริญเติบโตได้

4. อากาศ อากาศเหนือพื้นดินประกอบด้วยออกซิเจนร้อยละ 21 ซึ่งเป็นปริมาณที่เพียงพอ แต่ในพื้นดินมีออกซิเจนน้อยกว่าเหนือพื้นดิน นอกจากนี้ปริมาณออกซิเจนในดินยังขึ้นอยู่กับโครงสร้างของดินและปริมาณน้ำใต้ดิน การขาดออกซิเจนมีผลถึงการหายใจของรากหม่อน เมื่อมีการไถพรวนจะทำให้มีการถ่ายเทของอากาศและช่วยลดการขาดออกซิเจน อากาศมีคาร์บอนไดออกไซด์

ร้อยละ 0.03 ส่วนหนึ่งจะถูกนำไปใช้ในขบวนการสังเคราะห์แสง เมื่อปริมาณคาร์บอนไดออกไซด์เพิ่มขึ้น การสังเคราะห์แสงจะเพิ่มขึ้นด้วย ดังนั้นในช่วงที่ต้นหม่อนกำลังเจริญเติบโต การเพิ่มปริมาณคาร์บอนไดออกไซด์จะมีผลดีคือ ช่วยเพิ่มการสังเคราะห์แสง นอกจากนี้หมอกควันและฝุ่นละอองในอากาศ จะเป็นตัวขัดขวางการสังเคราะห์แสงและการหายใจของหม่อน เพราะสิ่งเหล่านี้จะปลิวไปติดอยู่บนผิวใบ

5. ดิน ดินเป็นรากฐานสำคัญสำหรับต้นหม่อนในการเจริญเติบโต เพราะมีแร่ธาตุอาหารและน้ำ ดินจะช่วยพยุงค้ำจุนลำต้น โครงสร้าง ชนิด ชั้น และสภาพของดิน มีผลโดยตรงต่อปริมาณและคุณภาพของใบหม่อน ดินที่เหมาะแก่การปลูกหม่อนควรมีหน้าดินลึกอย่างน้อย 50 เซนติเมตร มีอินทรียวัตถุสูง ระบายน้ำและถ่ายเทอากาศได้ดี เป็นดินร่วนปนทราย อุ้มน้ำได้ดี พีเอช อยู่ระหว่าง 6.5-7.0

1.5 **สรีระวิทยาของหม่อน**

1. ลำต้นและกิ่ง หม่อนเป็นพืชยืนต้น ในสภาพธรรมชาติสามารถอยู่ได้หลายสิบปี ลำต้นหม่อนจะตั้งตรง สูงใหญ่ มีกิ่งก้านมากมาย ขนาดของลำต้นจะโตตามอายุของหม่อน ต้นหม่อนบางพันธุ์สูงถึง 20-25 เมตร ลำต้นวัดโดยรอบ 8 เมตร แต่หม่อนที่ปลูกเพื่อเลี้ยงไหม ลำต้นจะไม่สูง เนื่องจากมีการตัดแต่งกิ่งอยู่เสมอ ถ้ามีการบำรุงรักษาอย่างดีกิ่งใหม่ที่เกิดจากตาข้างจะเจริญเติบโตยาวถึง 1 เมตร หรือมากกว่าภายใน 2-3 เดือน สีลำต้นของหม่อนจะขึ้นกับพันธุ์ (กรมส่งเสริมการเกษตร, 2532; สมโพธิ อัครพันธุ์, 2539)

2. ใบ ใบเป็นส่วนที่มีความสำคัญที่สุด เพราะเป็นส่วนที่นำไปใช้เลี้ยงไหม ประกอบด้วย แผ่นใบ ก้านใบ และหูใบ ขนาดรูปร่างและความหนาของใบจะแตกต่างกันไปตามพันธุ์ การจัดเรียงของใบจะเป็นใบเดี่ยวออกจากลำต้นเรียงกันแบบสลับก้านใบ มีหูใบซึ่งเป็นส่วนช่วยป้องกันใบอ่อนและจะร่วงหลุดไปเมื่อใบเจริญเติบโตเต็มที่ ความถี่ของใบขึ้นอยู่กับพันธุ์ ซึ่งพันธุ์หม่อนที่ได้ผลผลิตสูงควรจะมีใบถี่และใบเป็นรูปไข่ โดยทั่วไปปริมาณน้ำในใบหม่อนจะอยู่ระหว่างร้อยละ 64-83 โดยมีปริมาณน้ำแตกต่างกันขึ้นอยู่กับอายุของใบ พันธุ์หม่อน สภาพแวดล้อม และวิธีการตัดแต่งกิ่ง (กรมส่งเสริมการเกษตร, 2543) รูปร่างของใบมีหลายแบบเช่น ใบแฉก ใบโพธิ์ ขึ้นอยู่กับชนิดของพันธุ์ (กรมส่งเสริมการเกษตร, 2532)

3. ราก รากของหม่อนมีทั้งรากแก้ว รากแขนง และรากฝอย รากแขนงมีหน้าที่ยึดลำต้นและกิ่งให้ทรงตัวอยู่บนพื้นดิน ในขณะที่รากฝอยแผ่กระจายไปในดิน เพื่อทำหน้าที่ดูดซึมอาหารและน้ำจากดิน อาหารและน้ำที่ดูดซึมได้จะส่งผ่านรากแขนง รากแก้ว ลำต้น กิ่งและใบ เมื่อใบปรุงอาหารเรียบร้อยแล้ว จะส่งผ่านกิ่งและลำต้นไปสะสมไว้ที่รากแก้ว หม่อนเป็นพืชที่มีระบบรากลึก แต่หม่อนที่ขยายพันธุ์ด้วยกิ่งปลูกจะมีเพียงรากแขนงและรากฝอยเท่านั้น โดยทั่วไปรากหม่อนจะมีมากที่สุดในระยะความลึก 10-60 เซนติเมตร (กรมส่งเสริมการเกษตร, 2532)

4. ดอกและผล หม่อนเป็นพืชที่มีดอกตัวผู้และดอกตัวเมียอยู่คนละดอก บางพันธุ์มีทั้งดอกตัวผู้และดอกตัวเมียอยู่บนต้นเดียวกัน บางพันธุ์มีเพียงอย่างเดียว การเรียงตัวของดอกหม่อนมีลักษณะเป็นกลุ่มดอกตัวผู้หรือดอกตัวเมียกลุ่มละ 10-20 ดอก เกาะติดกันเป็นช่อยื่นออกมาจากส่วนกลางของยอด บางพันธุ์มีดอกตัวผู้และดอกตัวเมียอยู่บนช่อเดียวกัน และบางพันธุ์จะมีเกสรตัวผู้และเกสรตัวเมียรวมอยู่ในดอกเดียวกัน หม่อนที่ปลูกในประเทศไทยมักออกดอกและให้ผลตอนปลายฤดูแล้ง หม่อนที่ได้รับการตัดแต่งกิ่งมักแตกตาข้างและออกดอกได้ทุกฤดูกาล เมื่อดอกตัวเมียได้รับการผสมจะเปลี่ยนแปลงไปเป็นผล ซึ่งประกอบด้วยเม็ดเล็กๆ เป็นจำนวนมาก เรียกว่า sorosis ซึ่งเมล็ดนี้สามารถนำไปใช้ขยายพันธุ์ได้ แต่ไม่นิยมเพราะอาจทำให้กลายพันธุ์ได้ ส่วนใหญ่แล้วการขยายพันธุ์หม่อนมักใช้วิธีการตัดชำกิ่ง ต่อกิ่ง และติดตา (กรมส่งเสริมการเกษตร, 2543)

1.6 **พันธุ์หม่อน** (กรมวิชาการเกษตร, 2539)

หม่อนที่ปลูกในประเทศไทยมีหลายพันธุ์ แต่ละพันธุ์แตกต่างกันตามลักษณะของลำต้น ใบ และดอก หม่อนที่มีคุณสมบัติดีเหมาะสมแก่การเลี้ยงไหม จะต้องสามารถเจริญเติบโตได้ดี มีผลตอบสนองต่อปุ๋ยสูง มีกิ่งแขนงมาก กิ่งแข็งแรง ลำต้นตั้งตรง เมื่อตัดแต่งกิ่งในแต่ละปีแล้วให้กิ่งแขนงที่พอเหมาะ สะดวกในการเก็บเกี่ยว ปล้องถี่เพราะจะให้ผลผลิตสูง ขนาดของใบพอเหมาะ ใบไม่หนาหรือบางจนเกินไป มีความต้านทานต่อโรคและแมลง จากลักษณะดังกล่าวจึงควรคัดเลือกพันธุ์หม่อนที่มีลักษณะดีไปปลูก เพื่อให้ได้ผลผลิตสูง คุณภาพใบดี พันธุ์ที่แนะนำให้ปลูกมีดังนี้

1. น้อย เป็นหม่อนที่ให้ดอกตัวผู้ มีทรงต้นชลูด กิ่งมีขนาดใหญ่ ลำต้นมีสีนวล มีตามาก ใบหนาเป็นมัน มีสีเขียวแก่ เป็นรูปใบโพธิ์ ปลายใบแหลม ขอบใบไม่มีเว้า หรือถ้ามีก็จะเป็นเว้าแบบตื้นๆ ประมาณ 1-2 เว้า มีขนบนใบน้อยมาก เป็นพันธุ์ที่เหมาะแก่การปลูกในภาค

ตะวันออกเฉียงเหนือเพราะทนแล้ง และให้ผลผลิตต่อไร่สูงประมาณ 1,500-2,000 กิโลกรัมต่อไร่ต่อปี ขยายพันธุ์ง่ายด้วยการปักชำ แต่มีข้อจำกัดคือ ไม่ต้านทานโรครากเน่า

2. สร้อย เป็นหม่อนที่ให้ดอกตัวผู้ กิ่งมีขนาดใหญ่ มีการแตกแขนงจำนวนมาก มีตามาก ใบมีทั้งขอบใบเรียบและเว้าอยู่ในต้นเดียวกัน ใบบางสากมือเล็กน้อย ผลผลิตต่อไร่สูง ประมาณ 2000-2500 กิโลกรัมต่อไร่ต่อปี ขยายพันธุ์ด้วยการปักชำ ข้อจำกัดคือ ใบบางเหี่ยวง่าย

3. ไผ่ เป็นหม่อนที่ให้ดอกตัวเมีย กิ่งมีขนาดปานกลาง ลำกิ่งอ่อนโค้ง มีสีน้ำตาลเขียว ตาค่อนข้างมาก ใบเว้า มีพื้นที่ใบน้อย ใบบางสากมือ ให้ผลผลิตต่ำ ข้อดีคือ เป็นพันธุ์ต้านทานต่อโรครากเน่ากว่าพันธุ์อื่นๆ เหมาะสำหรับปลูกเป็นต้นตอสำหรับติดตา เพื่อขยายพันธุ์ในพื้นที่ที่มีโรครากเน่าระบาด

4. คุณไพ เป็นหม่อนที่ให้ดอกตัวเมีย กิ่งมีขนาดใหญ่ ไม่ค่อยมีกิ่งแขนง ขอบใบไม่เว้า ใบค่อนข้างบาง ใบเป็นคลื่นจึงเหี่ยวง่าย แต่ให้ผลผลิตสูงและต้านทานโรครากเน่า แต่มีข้อจำกัดคือ ไม่ทนแล้งและเหี่ยวง่าย

5. นครราชสีมา 60 เป็นหม่อนพันธุ์ลูกผสมระหว่าง Shuukakuichi No.18 กับหม่อนแก้วชนบท เป็นหม่อนที่ให้ผลผลิตสูง ประมาณ 3,600 กิโลกรัมต่อไร่ต่อปี สามารถเจริญเติบโตได้ดีในสภาพทั่วไป แตกกิ่งหลังการตัดแต่งได้ดี ใบไม่ร่วงง่าย อัตราส่วนใบต่อกิ่งมากกว่าร้อยละ 50 ใบเป็นรูปใบโพธิ์ ใบใหญ่ เลื่อมมัน นุ่ม หนาปานกลาง เหี่ยวช้า หลังเก็บเกี่ยวสามารถเก็บได้นาน คุณค่าทางอาหารสูงใกล้เคียงหม่อนน้อย เป็นพันธุ์ที่ต้านทานโรคราแป้ง ขยายพันธุ์โดยการติดตา

6. บุรีรัมย์ 60 เป็นหม่อนลูกผสมระหว่างพันธุ์หม่อนสาธารณรัฐประชาชนจีนกับหม่อนน้อย เป็นหม่อนเพศเมียที่ให้ผลผลิตสูง ประมาณ 4,300 กิโลกรัมต่อไร่ สามารถปลูกได้ในทุกสภาพพื้นที่ การเจริญเติบโตดี ตอบสนองต่อปุ๋ยสูง ใบไม่มีแฉก ขนาดใบใหญ่ หนา อ่อนนุ่ม ไม่เหี่ยวง่าย กระจายพันธุ์โดยใช้ท่อนพันธุ์อายุ 6-10 เดือน ปักชำหรือปลูกในแปลงโดยตรง เพราะเป็นหม่อนที่มีอัตราการแตกรากดี ลักษณะทรงพุ่มดี ทรงต้นตั้งตรง ไม่มีการพักตัวในทุกฤดูกาล แต่ข้อเสียคือ เป็นพันธุ์ที่ไม่เหมาะที่จะปลูกในดินที่มีความอุดมสมบูรณ์ต่ำ และพื้นที่ขาดการปรับปรุงบำรุงดิน หรือปริมาณน้ำฝนไม่เพียงพอ

1.7 **การผลิตชาใบหม่อนชนิดต่างๆ** (วิโรจน์ แก้วเรือง, 2543)

ก. การผลิตชาเขียวใบหม่อนแบบครัวเรือน

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

ลักษณะทั่วไปของน้ำชา

น้ำชาเขียวใบหม่อนที่ผลิตแบบครัวเรือนจะมีสีเขียวอ่อนปนน้ำตาล กลิ่นหอมใบไม้คั่ว เช่นเดียวกับใบชาแต่มีกลิ่นน้อยกว่า รสหวานเล็กน้อย ฝาดน้อยกว่าชาจากใบชา ไม่มีรสขม

ข. การผลิตชาจีนใบหม่อนแบบครัวเรือน

หั่นใบหม่อนสดให้มีขนาดประมาณกว้าง 0.5-1.0 เซนติเมตร ยาว 3.0-4.0 เซนติเมตร ตัดก้านใบออก แล้วนำไปคั่วในกระทะด้วยไฟอ่อนๆ ประมาณ 20-25 นาที และอบที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส นานประมาณ 1 ชั่วโมง เก็บไว้ในภาชนะป้องกันความชื้น

ลักษณะทั่วไปของน้ำชา

น้ำชาจีนใบหม่อนที่ผลิตแบบครัวเรือนจะมีสีเหลืองอ่อนปนน้ำตาล กลิ่นหอมใบไม้คั่ว เช่นเดียวกับใบชาแต่มีกลิ่นน้อยกว่า รสฝาดน้อยกว่าชาจากใบชา

ค. การผลิตชาฝรั่งหรือชาดำใบหม่อนแบบครัวเรือน

หั่นใบหม่อนสดให้มีขนาดประมาณกว้าง 0.5-1.0 เซนติเมตร ยาว 3.0-4.0 เซนติเมตร ตัดก้านใบออก แล้วนำไปคั่วในกระทะด้วยไฟอ่อนๆ ขณะคั่วนวดใบหม่อนแรงๆ เพื่อให้เซลล์ใบหม่อน

แตกช้ำ จนกระทั่งใบหม่อนแห้งกรอบใช้เวลานานกว่า 25 นาที จากนั้นบดใบหม่อนให้ร่วนเป็นผงด้วยมือ เก็บไว้ในภาชนะป้องกันความชื้น

ลักษณะทั่วไปของน้ำชา

น้ำชาดำใบหม่อนที่ผลิตแบบครัวเรือนจะมีสีน้ำตาล (เหลืองทองแดง) กลิ่นหอมใบไม้คั่ว เช่นเดียวกับชาฝรั่งจากใบชา รสฝาดน้อยกว่าชาจากใบชา

ง. การผลิตชาเขียวใบหม่อนแบบอุตสาหกรรมโรงงาน

คัดเลือกใบหม่อนที่ไม่มีคุณภาพออก เช่น ใบเหลือง ใบที่เป็นโรค หรือมีสิ่งเจือปน แล้วหั่นใบหม่อนให้มีขนาดกว้าง 1-2 เซนติเมตร ด้วยเครื่องหั่นใบหม่อน ใบหม่อนที่หั่นแล้วจะไหลขึ้นไปตามสายพาน ผ่านเข้าเครื่องอบไอน้ำ ซึ่งต้องควบคุมอุณหภูมิให้สม่ำเสมอ เมื่อใบหม่อนผ่านเครื่องอบไอน้ำแล้ว จะผ่านมาตามสายพานเข้าเครื่องคั่วครั้งที่ 1 หลังจากคั่วครั้งที่ 1 แล้ว เทใบหม่อนลงสู่เครื่องนวดตามสายพาน เพื่อทำให้ใบหม่อนม้วนใบ ใบหม่อนที่ผ่านกระบวนการนวดแล้ว จะไหลลงมาตามสายพานจากเครื่องนวด แล้วจะเข้าเครื่องคั่วอีกครั้งเป็นการคั่วครั้งที่ 2 ระหว่างคั่วครั้งที่ 2 นี้จะมีเครื่องเป่าเพื่อไล่ไอน้ำออก ใบหม่อนที่ป่นละเอียดจะไหลลงมาสู่แผ่นพลาสติกด้านล่าง สามารถนำไปบรรจุเป็นชาซองได้ เมื่อคั่วได้ที่แล้ว เทใบหม่อนลงสู่ถาดไม้ขนาด 1×1 เมตร จากนั้นคัดก้านขนาดใหญ่ออก โดยเทใบหม่อนจากถาดไม้ลงสู่ตะแกรงอลูมิเนียมขนาดช่อง 1×1 เซนติเมตร ขนาดตะแกรง 40×70 เซนติเมตร ก้านขนาดใหญ่จะค้างอยู่บนตะแกรง ใบจะร่วงลงสู่กระบะไม้ขนาด 70×90 เซนติเมตร ที่รองรับไว้ด้านล่าง แล้วผ่านเข้าเครื่องคั่วครั้งที่ 3 เครื่องคั่วนี้คล้ายถังน้ำมันผ่าครึ่ง มีคันโยกเพื่อคลุกเคล้าใบหม่อนไปมา มีเตาให้ความร้อนด้านล่าง ใบหม่อนที่ผ่านการคั่วครั้งที่ 3 จะถูกเปิดออกสู่ทางด้านล่างสู่สายพานก่อนเข้าเครื่องอบความร้อนที่สายพานทำด้วยสังกะสี ทำเป็นขั้นบันไดเล็กๆ มีเจ้าหน้าที่คัดก้านที่หลงเหลือออกอีกครั้งก่อนเข้าเครื่องอบ ใบหม่อนที่เป็นผงละเอียดจะออกมาจากเครื่องคนละทางกับที่เป็นใบ เก็บไว้ในภาชนะป้องกันความชื้น

ลักษณะทั่วไปของน้ำชา

น้ำชาเขียวใบหม่อนที่ผลิตแบบอุตสาหกรรมโรงงานจะมีสีเขียวอ่อน กลิ่นมีกลิ่นเฉพาะของใบหม่อน รสหวานและฝาดเล็กน้อย ไม่มีรสขม

จ. การผลิตชาฝรั่งหรือชาดำใบหม่อนแบบอุตสาหกรรมโรงงาน

นำใบหม่อนผึ่งลมบนตะแกรงนาน 18-22 ชั่วโมง ผึ่งในที่ร่มมีพัดลมเป่าด้านล่างนาน 12-14 ชั่วโมงเพื่อให้เกิดกลิ่น ใบหม่อนที่ผ่านการผึ่งลมเข้าเครื่องนวด ทำให้เซลล์ใบหม่อนช้ำ เส้นใยฉีกขาด เพื่อให้สารประกอบที่อยู่ในใบหม่อนทำปฏิกิริยากับอากาศเกิดการเปลี่ยนสี จากสีเขียวใบหม่อนเป็นสีทองแกมแดง ใช้เวลาประมาณ 30 นาที นำใบหม่อนที่ผ่านเครื่องหั่นและนวดแล้วไปผ่านเครื่องเขย่า เพื่อแยกก้านออกจากใบส่วนที่หยาบหรือติดก้าน แล้วนำไปเข้าเครื่องตัดอีกครั้ง นำใบหม่อนผ่านเครื่องอบแบบสายพานที่อุณหภูมิ 90-100 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 1 ชั่วโมง ระหว่างอบจะใช้ไม้พายเกลี่ยให้ทั่วตลอดเวลา ส่วนที่เป็นก้านใช้เวลาอบเพิ่มอีก 1 ชั่วโมง แล้วนำใบหม่อนอบแห้งไปบดละเอียด เพื่อให้มีขนาดเล็กลงให้ได้ขนาดประมาณ 1-4 ตารางมิลลิเมตร แล้วเข้าเครื่องบรรจุ

ลักษณะทั่วไปของน้ำชา

น้ำชาดำใบหม่อนที่ผลิตแบบอุตสาหกรรมโรงงานจะมีสีน้ำตาลเข้ม กลิ่นมีกลิ่นเฉพาะของใบหม่อน รสฝาดเล็กน้อย ไม่ขม เมื่อใส่นม น้ำตาล ไม่มีรสฝาด

1.8 น้ำชาใบหม่อน

ชาหม่อนมีรสชาติเฉพาะตัว จะมีรสฝาดน้อยกว่าชาที่ทำจากใบชา เมื่อนำมาทำเป็นชาเขียวจะให้น้ำชาที่มีสีเขียวอ่อนปนน้ำตาล ชาจีนจะให้น้ำชาสีน้ำตาลอ่อน และชาฝรั่งจะให้น้ำชาสีน้ำตาลเข้ม (วิโรจน์ แก้วเรือง, 2543) ชาหม่อนได้ผ่านการตรวจสอบคุณลักษณะที่ต้องการของชาจากสำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม (มอก.) นั่นหมายถึง ใบหม่อนสามารถนำมาทำเป็นเครื่องดื่มประเภทชาได้ เพราะมีกลิ่น สี รสชาติ และการละลายในน้ำร้อนได้มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมชาใบหม่อน วิธีการเตรียมน้ำชาทำได้โดย รินน้ำร้อนอุณหภูมิประมาณ 70-80

องศาเซลเซียส 100 มิลลิลิตร ลงไปในถ้วยที่ใส่ชาตัวอย่าง 2 กรัม ปิดฝาทิ้งไว้ 6 นาที รินน้ำชาที่ได้ผ่านตะแกรงกรอง (กระทรวงอุตสาหกรรม, 2526)

คาเฟอีนในใบหม่อนมีปริมาณน้อยกว่าใบชาถึง 200 เท่า คือพบเพียงร้อยละ 0.01 หรือบางครั้งไม่พบเลย จึงเหมาะสมสำหรับผู้ที่ต้องการดื่มชาที่ไม่มีคาเฟอีน (วิโรจน์ แก้วเรือง, 2543)

2. อนุมูลอิสระ

อนุมูลอิสระ คือ อะตอมหรือโมเลกุลของสารที่มีอิเลคตรอนโดดเดี่ยว 1 หรือมากกว่า เนื่องจากการสูญเสียอิเลคตรอนโดดเดี่ยว หรือมีอิเลคตรอนโดดเดี่ยวเพิ่มขึ้น อาจเป็นประจุลบ ประจุบวก หรือเป็นกลางก็ได้ ปกติอิเลคตรอนจะอยู่เป็นคู่ หากอิเลคตรอนขาดคู่จะทำให้สารนั้นมีปฏิกิริยาออกซิเดชันที่ว่องไวมาก โดยการไปดึงอิเลคตรอนจากสารอื่นมาไว้ให้เป็นคู่ หรือให้อิเลคตรอนโดดเดี่ยวแก่สารอื่น เพื่อทำให้อะตอมหรือโมเลกุลมีความเสถียรอยู่ได้ หรืออาจรวมกับโมเลกุลที่ไม่มีอนุมูล (non-radical) ถ้าอนุมูลให้ 1 อิเลคตรอน หรือรับ 1 อิเลคตรอน หรือรวมกับโมเลกุลที่ไม่มีอนุมูล จะกลายเป็นอนุมูลอิสระซึ่งว่องไวมาก มีอายุสั้น และทำปฏิกิริยาแบบไม่เฉพาะเจาะจง ตัวอย่างของอนุมูลอิสระ คือ ซูเปอร์ออกไซด์ ($O_2^{\bullet}$) ไฮดรอกซิล ($HO^{\bullet}$) ไนตริสออกไซด์ ($NO^{\bullet}$) เปอร์ออกซีไนไตรท์ (OONO) ไลปิดเปอร์ออกซิล ($LOO^{\bullet}$) และเปอร์ไฮดรอกซิล ($OOH^{\bullet}$) อนุมูลอิสระเกิดปฏิกิริยาแบบลูกโซ่ ซึ่ง 1 อนุมูลจะก่อให้เกิดอนุมูลอื่นต่อๆ ไป อนุมูลอิสระเกิดได้ภายในและภายนอกร่างกาย เช่น เกิดที่ไมโตคอนเดรีย ไมโครโซม เพอร์รอกไซโซม ซึ่งเกิดจากระบบการขนส่งอิเลคตรอน การเกิดเมตาบอลิซึมฟาโกไซโตซิส หรือเกิดจากสารเคมี รังสี ยาบางชนิด และความร้อน (Punchard and Kelly, 1996)

2.1 ผลของอนุมูลอิสระต่อสุขภาพมนุษย์

กระบวนการเกิดพยาธิสภาพอันเนื่องจากอนุมูลอิสระ ที่จะนำไปสู่การเกิดโรคในมนุษย์ เป้าหมายที่จะเกิดความเสียหายจากปฏิกิริยาออกซิเดชัน ได้แก่ ไขมัน โปรตีน หรือ ดีเอ็นเอ (Rice-Evan, 1999) ภาวะที่มีการทำลายด้วยออกซิเดชันมากๆ จะเป็นผลร้ายต่อเซลล์และเนื้อเยื่อ (ไมตรี สุทธจิตต์ และคณะ, 2543)

ออกซิเดชัน คือ ปฏิกิริยาการเติมออกซิเจนให้แก่ธาตุหรือสาร หรือการลดจำนวนอิเลคตรอน ธาตุคาร์บอนอินทรีย์ที่ถูกเติมออกซิเจนจนกลายเป็นคาร์บอนไดออกไซด์ จะหมดศักยภาพ

ของความเป็นสารที่มีพลังงานทางชีววิทยา เชื้อจุลชีพและพืชที่สังเคราะห์แสงพยายามจะเพิ่มสถานะของคาร์บอนให้เป็นรีดิวซ์คาร์บอน คือเปลี่ยนจากคาร์บอนไดออกไซด์และน้ำให้เป็นสารอินทรีย์หรือสารอาหาร เพื่อรักษาสภาพพลังงานที่เป็นประโยชน์ต่อชีวิต ในเมตาบอลิซึมของเซลล์ เช่น ในไมโตคอนเดรีย ไมโครโซม มีออกซิเดชันตลอดเวลา ปฏิกิริยาออกซิเดชันที่ขาดการควบคุมจะเกิดต่อเนื่องไปเรื่อยๆ จนเป็นอันตรายต่อเซลล์ ถ้าเกิดไลปิดเปอร์ออกซิเดชันที่ไขมันของเยื่อหุ้มเซลล์ เยื่อหุ้มเซลล์จะถูกทำลาย ทำให้เซลล์ตาย เนื้อเยื่อเสื่อมสภาพ ถ้าเกิดที่โมเลกุลของแอลดีแอล จะเกิดปัญหาของการขนย้ายโคเลสเตอรอลในเลือด ทำให้มีการเกาะกลุ่มของโคเลสเตอรอล และเกิดโรคหลอดเลือดแข็งตัวตามมา ถ้าเกิดที่โปรตีนจะทำให้โปรตีนเสื่อมสภาพจากธรรมชาติ เช่น เกิดที่เลนส์คอลลาเจนของตาจะทำให้เกิดต้อกระจกได้ ถ้าเกิดที่ดีเอ็นเอจะทำให้ดีเอ็นเอถูกทำลายจากออกซิเดชัน เปลี่ยนแปลงรหัสทางพันธุกรรมในดีเอ็นเอ เกิดการก่อกลายพันธุ์ของยีน มะเร็ง และโรคทางพันธุกรรม (Gordon, 1990) เกิดโรคที่เกี่ยวกับความเสื่อมของประสาท และโรคเกี่ยวกับความผิดปกติของปอดโดยเฉพาะสาเหตุจากการอักเสบ (Rice-Evan, 1999)

ออกซิเจนว่องไว (reactive oxygen species, ROS) และไนโตรเจนว่องไว (reactive nitrogen species, RNS) มักมีส่วนเกี่ยวข้องในกลไกการทำลายที่ทำให้เกิดการพัฒนาของโรค เช่น อนุมูลซูเปอร์ออกไซด์ ไฮโดรเจนเพอร์ออกไซด์ ไฮโปคลอไรท์ ไฮดรอกซิล เฟอร์ริลฮีมโปรตีน (ferryl heme protein species) ไลปิดอัลคอกซิลและเปอร์ออกซิล เปอร์ออกซีไนไตรท์ ไนตริกออกไซด์ และไนโตรเจนไดออกไซด์ การป้องกันการถูกทำลายจากออกซิเจนว่องไวและไนโตรเจนว่องไว (Rice-Evan, 1999) แบ่งได้ 3 วิธี คือ

1. ป้องกันการเกิดออกซิเดชันโดยกดการสร้างอนุมูลอิสระ

2. กำจัดอนุมูลอิสระโดยยับยั้งการเริ่มต้นปฏิกิริยาลูกโซ่ และยับยั้งการแพร่ของปฏิกิริยาลูกโซ่การเกิดอนุมูลอิสระ

3. การใช้สารต้านออกซิเดชันที่มีบทบาทในกระบวนการซ่อมแซม (Rice-Evan, 1999)

2.2 สารต้านออกซิเดชันจากธรรมชาติ

"สารต้านออกซิเดชัน" คือ สารต่อต้านปฏิกิริยาออกซิเดชัน สามารถป้องกันหรือยืดเวลาการเกิดออกซิเดชัน (Gordon, 1990) สารต้านออกซิเดชันที่พบในธรรมชาติมี 4 ประเภท ได้แก่

1. เอนไซม์ที่สร้างได้ในเซลล์ร่างกาย ได้แก่ ซูเปอร์ออกไซด์ดิสมิวเตส (superoxide dismutase) คาตาเลส (catalase) กลูตาไธโอนเปอร์ออกซิเดส (glutathione peroxidase) และ เมทไธโอนีนรีดักเตส (methionine reductase)

2. วิตามินต้านออกซิเดชัน ได้แก่ วิตามินอี ในถั่ว ธัญพืช รำ ข้าวกล้อง งา และวิตามินซี ในผลไม้ ผักสด

3. แร่ธาตุ เช่น ซิลิเนียม และ สังกะสี เป็น co-factors ของเอนไซม์ต้านออกซิเดชัน

4. สารเคมีจากพืช (phytochemicals) เป็นสารเคมีจากพืชที่ไม่ใช่วิตามินและสารอาหาร เช่น แคโรทีน ไลโคปีน แซนโธฟิล แทนนิน และฟลาโวนอยด์ (ไมตรี สุทธจิตต์ และคณะ, 2543)

2.2.1 สารประกอบโพลีฟีนอล

สารประกอบโพลีฟีนอลแบ่งเป็น 2 กลุ่มใหญ่ คือ ฟลาโวนอยด์ (flavonoids) และนอนฟลาโวนอยด์ (non-flavonoids) (Burns et al., 2000)

1. ฟลาโวนอยด์ มี 12 กลุ่มย่อย ได้แก่ ฟลาโวน (flavone) ไอโซฟลาโวน (isoflavone) ฟลาโวนอล (flavonol) ฟลาวาโนน (flavanone) ฟลาวาโนนอล (flavanonol) ฟลาวานอล (flavanol) ลูโคแอนโธไซยานิน (lucoanthocyanin) แอนโธไซยานิน (anthocyanin) ชาลโคน (chalcone) ไดไฮโดรชาลโคน (dihydrochalcone) ออโรน (aurone) และ แซนโธน (xanthone) (Merken and Beecher, 2000; วันดี กฤษณพันธ์, 2534)

2. สารกลุ่มที่ไม่มีโครงสร้างเป็นฟลาโวนอยด์ เช่น กรดแกลลิค (gallic acid) ไฮดรอกซีซินนาเมต (hydroxycinnamate) สติลบิเนส (stilbinase) (Burns et al., 2000)

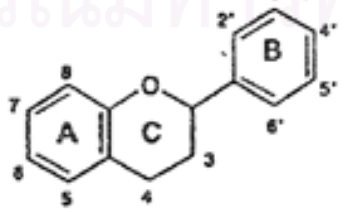
สารประกอบโพลีฟีนอล โดยเฉพาะอย่างยิ่งฟลาโวนอยด์ ปัจจุบันได้รับความสนใจเป็นอย่างยิ่ง เพราะมีคุณสมบัติที่เกี่ยวข้องกับสุขภาพในด้านการเป็นสารต้านออกซิเดชัน (Lakenbrink et al., 2000)

การตรวจวัดปริมาณสารประกอบโพลีฟีนอลโดยรวม (Zielinski and Kozlowska, 2000)

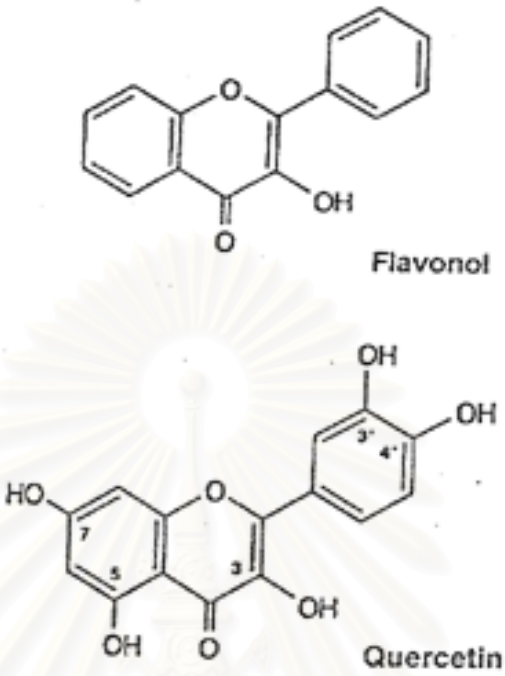
การตรวจวัดปริมาณสารประกอบโพลีฟีนอลโดยรวม มีสารเฉพาะสำหรับทำปฏิกิริยากับสารประกอบโพลีฟีนอล คือ Folin-Ciocalteu Phenol TS. เป็นการวิเคราะห์ปฏิกิริยาการเกิดสีของสารประกอบโพลีฟีนอลโดยรวมกับสารเฉพาะ โดยการวัดค่าการดูดกลืนแสงของสีที่เกิดขึ้น สีฟ้าที่เกิดขึ้นแสดงถึงการมีสารประกอบโพลีฟีนอล การวิจัยส่วนใหญ่จะใช้กรดแกลลิคเป็นสารมาตรฐาน แสดงค่าเป็นมิลลิกรัมต่อ 100 กรัมเทียบเท่ากับกรดแกลลิค (gallic acid equivalents, GAE)

2.2.2 ฟลาโวนอยด์

ฟลาโวนอยด์เป็นสารประกอบโพลีฟีนอล พบได้ทั่วไปในอาหารที่เป็นพืช เช่น ผัก และผลไม้ สูตรโครงสร้างทางเคมีโดยทั่วไปคือ โครงสร้างไดฟีนิลโปรเปน (C6-C3-C6) กับกลุ่มฟีนอลลิคไฮดรอกซี ดังรูปที่ 1 ในธรรมชาติฟลาโวนอยด์มีมากกว่า 4,000 ชนิด ฟลาโวนอยด์ส่วนใหญ่อยู่ในรูปไกลโคไซด์ (glycoside) (Terao, 1999) คือมีหมู่ไฮดรอกซิลหรือน้ำตาลเกาะที่ตำแหน่ง 3 (Beecher, 1999) เชื้อจุลินทรีย์ในระบบย่อยอาหารจะทำให้เกิดไฮโดรไลซิส อะไกลโคน (aglycone) จึงถูกปลดปล่อยออกจากไกลโคไซด์ เควอซิตินเป็นฟลาโวนอลที่พบมากในผักหลายชนิด เช่น บรอคโคลี่ หัวหอม และ ผักกะหล่ำ ซึ่งมีกลุ่มฟีนอลลิคไฮดรอกซีที่ตำแหน่ง 5 และ 7 ของวงแหวนเอ และที่ตำแหน่ง 3’ และ 4’ ของวงแหวนบี ดังรูปที่ 2 เควอซิตินไกลโคไซด์ที่พบในอาหารมักมีกลุ่มน้ำตาลที่ตำแหน่ง 3 (Terao, 1999)



รูปที่ 1 แสดงสูตรโครงสร้างพื้นฐานของฟลาโวนอยด์ (Terao, 1999)



รูปที่ 2 แสดงสูตรโครงสร้างของฟลาโวนอลและเควอซิติน (Terao, 1999)

มนุษย์ได้รับฟลาโวนอยด์เฉพาะส่วนอะไกลโคนของเควอซิตินเฉลี่ยประมาณ 25 มิลลิกรัมต่อวัน ดังนั้นฤทธิ์ต้านออกซิเดชันของฟลาโวนอยด์จึงได้รับความสนใจเป็นอย่างมากในด้านเกี่ยวกับหน้าที่ทางชีววิทยา โดยเฉพาะฟลาโวนอยด์จากอาหารซึ่งคาดหวังในการช่วยป้องกันโรคหัวใจและหลอดเลือด การศึกษาทางระบาดวิทยาแสดงให้เห็นว่าการรับประทานอาหารที่มี ฟลาโวนอยด์ลดอุบัติการณ์การเกิดโรคหัวใจและหลอดเลือด (Terao, 1999)

การวิเคราะห์หาปริมาณฟลาโวนอยด์ (Justesen, Knuthsen and leth, 1998; Pietta et al., 1994)

การวิเคราะห์หาปริมาณฟลาโวนอยด์โดยเฉพาะกลุ่มย่อย ฟลาโวนอล ฟลาโวน และฟลาวาโนน มักใช้เทคนิค เอช พี แอล ซี (high-performance liquid chromatography) ยู วี-สเปคโตรโฟโตมิตรี (UV-spectrophotometry) หรือ ซี อี (Capillary Electrophoresis) และตรวจวัดด้วยรังสีอุลตร้าไวโอเลต พี ดี เอ (photo-diode array) หรือ เอ็ม เอส (mass spectrometry) เนื่องจากฟลาโวนอยด์จากพืชมักอยู่ในรูป โอ-ไกลโคซิดิค (O-glycosidic) โดยจับกับน้ำตาล เช่น กลูโคส (glucose) กาแลคโตส (galactose) แรมโนส (rhamnose) อะราบิโนส (arabinose) และ รูติโนส (rutinose) ในการ

วิเคราะห์หาปริมาณฟลาโวนอยด์ วิเคราะห์เฉพาะส่วนอะไกลโคน ดังนั้นต้องใช้กรดไฮโดรไลซ์ (acid hydrolysis) น้ำตาลออกไป

ปริมาณฟลาโวนอลอะไกลโคนในอาหารและเครื่องดื่ม

ปริมาณฟลาโวนอลในผลไม้ ผัก และเครื่องดื่มบางชนิดแสดงในตารางที่ 1 ฟลาโวนอยด์กลุ่มย่อยนี้ส่วนใหญ่เป็น เควอซิติน เคมเฟอรอล และ ไมริซิติน (myricetin) โดยเควอซิตินเป็นฟลาโวนอลที่มีการศึกษาทางด้านอาหารเคมีและฤทธิ์ทางชีววิทยาอย่างกว้างขวางที่สุด (Beecher, 1999)

ตารางที่ 1 ปริมาณฟลาโวนอลในผลไม้ ผัก และเครื่องดื่มบางชนิด (Beecher, 1999)

อาหารหรือเครื่องดื่ม	ฟลาโวนอล (มิลลิกรัมต่อ 100 กรัมหรือมิลลิลิตร)[a]
ผลไม้	
บลูเบอรี่	2-3
เชอร์รี่หวาน	2
ผัก	
บรอคโคลี่	10
หัวหอม	35
เครื่องดื่ม	
ชาดำ	6-8*
ชาเขียว	5-10*
ไวน์แดง	1-10*

[a]ฟลาโวนอลส่วนอะไกลโคนโดยรวมของ เควอซิติน เคมเฟอรอล และไมริซิติน

*ค่าที่แสดงเป็นร้อยละของน้ำหนักแห้ง (% Dry Solids)

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

กลไกการต้านออกซิเดชันของฟลาโวนอยด์ (Rice-Evan, 1999)

ประสิทธิภาพการต้านออกซิเดชันของฟลาโวนอยด์เกี่ยวข้องกับ

1. การให้อิเลคตรอนหรือไฮโดรเจนโดยตรง

ความสามารถของฟลาโวนอยด์ในการต้านออกซิเดชัน โดยการให้อิเลคตรอนหรือไฮโดรเจนโดยตรงนั้น ขึ้นกับศักยภาพการเกิดรีดักชันของฟลาโวนอยด์ และการลดการเกิดอนุมูลเปอร์ออกซิลที่จะทำให้เกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันเพิ่มขึ้น ศักยภาพการเกิดรีดักชันของฟลาโวนอยด์แสดงในตารางที่ 2 (Rice-Evan, 1999)

ตารางที่ 2 ศักยภาพการเกิดรีดักชันของฟลาโวนอยด์ (Rice-Evan, 1999)

ฟลาโวนอยด์	TEAC[a]
เควอซิติน (quercetin)	4.7
อิพิกอลโลคาเตชิน กอลเลท (epigallocatechin gallate)	4.8
อิพิกอลโลคาเตชิน (epigallocatechin)	3.8
ทาซิโฟลิน (taxifolin)	1.9
คาเทคชิน (catechin)	2.4
ลูทีโอลิน (luteolin)	2.1
รูทิน (rutin)	2.4
เคมเฟอรอล (kaempferol)	1.3

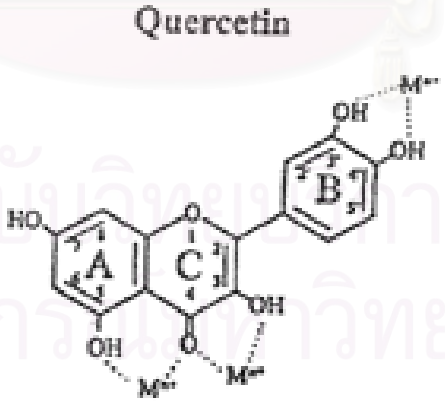
[a]TEAC คือ Trolox equivalent antioxidant capacity

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

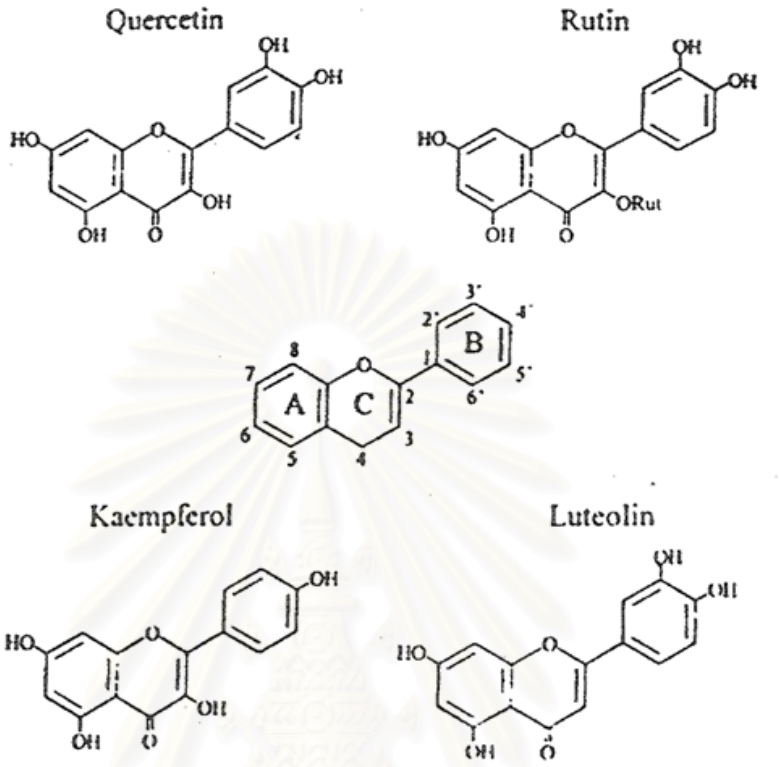
การวิเคราะห์ทางเคมีที่ใช้กันอย่างกว้างขวาง ในการวัดความสามารถในการต้านออกซิเดชันของโพลีฟีนอล คือวัดความสามารถในการลดอนุมูลเอบีทีเอส (ABTS; (2,2'-Azino-bis(3-ethylbenzthiazoline-6-sulfonic acid))) โดยมักเทียบกับสารมาตรฐานโทรลอกซ์ (trolox) ซึ่งแสดงค่าเป็น TEAC (Trolox equivalent antioxidant capacity) จากตารางที่ 2 เควอซิตินมีฤทธิ์ค่อนข้างสูง (Rice-Evan, 1999)

2. การจับกับโลหะ (transition metal chelation)

ตำแหน่งโมเลกุลของฟลาโวนอยด์ที่จะจับกับโลหะได้ คือ กลุ่มคาเตคอล 3',4'-ไดไฮดรอกซี (catechol 3',4'-dihydroxy) บนวงแหวนบี 3-ไฮดรอกซี (3-hydroxy) และ 4-คีโต (4-keto) บนวงแหวนซี และ 5-ไฮดรอกซี และ 4-คีโต ระหว่างวงแหวนเอและซี ดังรูปที่ 3 ฟลาโวนอยด์ 4 ชนิด ที่มีประสิทธิภาพการเป็นสารต้านออกซิเดชัน โดยจับกับทองแดง คือ เควอซิติน รูทิน ลูทีโอลิน และเคมเฟอรอล ดังรูปที่ 4 เควอซิตินและรูทินมีโครงสร้างคล้ายกัน โดยรูทินเป็น 3-แรมโนกลูโคไซด์ (3-rhamnoglucoside) ของเควอซิติน ลูทีโอลินเป็น 3-เดซออกซีเควอซิติน (3-desoxyquercetin) เคมเฟอรอลมีโครงสร้างคล้ายเควอซิติน ยกเว้นเคมเฟอรอลไม่มีโครงสร้างคาเตคอลบนวงแหวนบี จึงไม่มีกลุ่ม 3'-ไฮดรอกซี (Rice-Evan, 1999)



รูปที่ 3 แสดงตำแหน่งการจับกับโลหะของฟลาโวนอยด์ (Rice-Evan, 1999)



รูปที่ 4 สูตรโครงสร้างของ เควอซิติน รูทิน ลูทีโอลิน และเคมเฟอรอล (Rice-Evan, 1999)

3. การกำจัดไนโตรเจนว่องไว

เปอร์ออกซีไนไตรท์ (peroxynitrite) เป็นออกซิไดซ์ที่เป็นพิษ และเกิดขึ้นอย่างรวดเร็วจากปฏิกิริยาระหว่างอนุมูลซูเปอร์ออกไซด์กับไนตริกออกไซด์ ยับยั้งการเพิ่มทวีของลูกโซ่การเกิดอนุมูล โดยกำจัดอนุมูลไลปิดเปอร์ออกซิล (Rice-Evan, 1999)

4. จำกัดอนุมูลไลปิดเปอร์ออกซิล (lipid peroxyl) โดยยับยั้งปฏิกิริยาลูกโซ่ของการเกิดอนุมูล

โครงสร้างที่เกี่ยวข้องกับการยับยั้งไลปิดเปอร์ออกซิเดชัน คือ กลุ่มคาเตคอลบนวงแหวนบี มีพันธะคู่ 2-3 ตำแหน่ง สังยุค (conjugate) กับกลุ่ม 4-ออกโซ (4-oxo) และกลุ่ม 3- และ 5-ไฮดรอกซิล ซึ่งมีประสิทธิภาพในการให้ไฮโดรเจนแก่อนุมูลไลปิดเปอร์ออกซิล แต่คุณสมบัติที่สำคัญคือฟลาโวนอยด์ต้องสามารถละลายในไขมันและเข้ากันได้กับอนุมูลไลปิด เช่น คาเตชินหรือคาเตชิน

กอลเลท กดการเกิดออกซิเดชันของแอลดีแอลได้ เนื่องจากมีคุณสมบัติในการละลายในไขมัน ส่วนเควอซิติน รูทิน ลูทีโอลิน และเคมเฟอรอล สามารถยับยั้งไลปิดเปอร์ออกซิเดชันในแอลดีแอลได้โดยจับกับทองแดง ป้องกันการเกิดไลปิดเปอร์ออกซิเดชันจากการเหนี่ยวนำของทองแดง (Rice-Evan, 1999)

การตรวจวัดฤทธิ์การต้านออกซิเดชันโดยรวม

การตรวจวัดฤทธิ์การต้านออกซิเดชันโดยรวมมีหลายวิธี เช่น

1. ABTS/hydrogenperoxide/metmyoglobin method (George and Irvine, 1952; Miller et al., 1993; Strube et al., 1996)

ใช้หลักการการเปลี่ยนเอบีทีเอสให้เป็นอนุมูลเอบีทีเอส ด้วยเมทไมโอโกลบินและไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ สามารถวัดค่าการดูดกลืนแสงของอนุมูลเอบีทีเอสได้ที่ 414, 650, 734 และ 820 นาโนเมตร การมีสารต้านออกซิเดชันจะทำให้การเกิดอนุมูลของเอบีทีเอสช้าลง

2. NBT/hypoxanthine/xanthine oxidase: Neotetrazolium method (Masaki et al., 1995; Robak and Gryglewski, 1988)

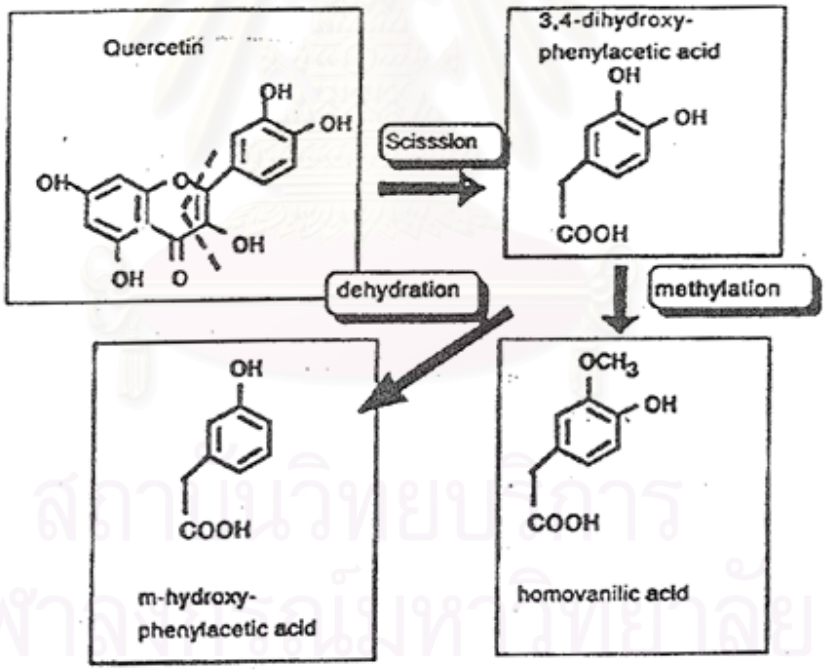
แซนธีนออกซิเดสจะเร่งการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันของ ออกซิเจนกับไฮโปแซนธีน และออกซิเจนกับแซนธีน เป็นซูเปอร์ออกไซด์ ซึ่งซูเปอร์ออกไซด์จะรีดิวซ์ไนโตรบลูเตตระโซเลียม (nitro blue tetrazolium, NBT) เป็นอนุมูลเอ็นบีที สามารถวัดค่าการดูดกลืนแสงได้ที่ 560 นาโนเมตร

3. Thiocyanate method (Takao et al., 1994; Osawa et al., 1995)

กรดไลโนเลอิคเป็นกรดไขมันไม่อิ่มตัว สามารถถูกออกซิไดซ์โดยออกซิเจนและเหล็ก (Fe^{++}) เป็นไลปิดเปอร์ออกไซด์ ซึ่ง Fe^{++} จะถูกเปลี่ยนเป็น Fe^{+++} โดยทำปฏิกิริยากับแอมโมเนียมไธโอไซยาเนท เกิดสารประกอบเชิงซ้อนสีแดง สามารถวัดค่าการดูดกลืนแสงได้ที่ 500 นาโนเมตร

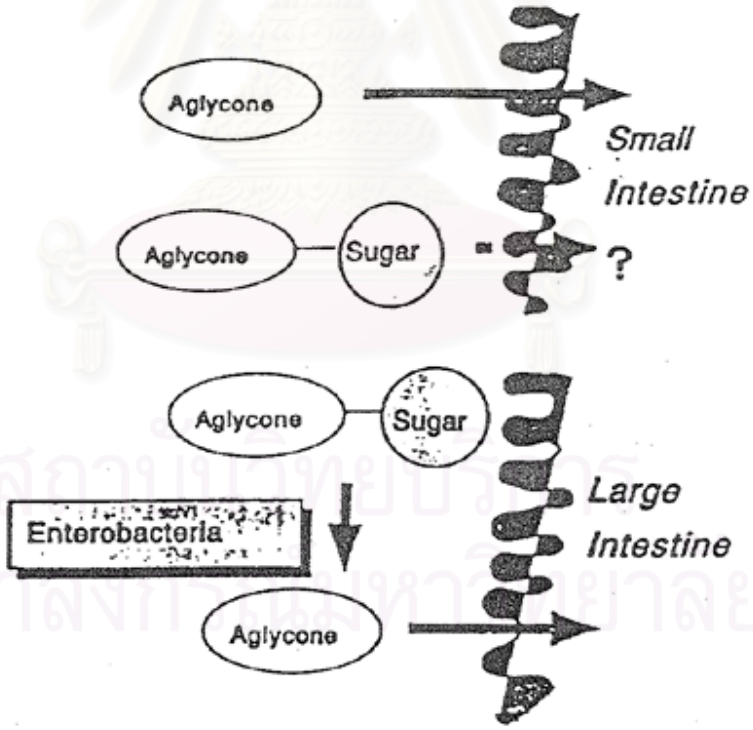
การเอื้อประโยชน์และการดูดซึมของฟลาโวนอยด์จากอาหารในร่างกายมนุษย์

ฟลาโวนอยด์ในอาหารไม่สามารถดูดซึมจากลำไส้เล็ก เนื่องจากฟลาโวนอยด์จับกับน้ำตาลอยู่ในรูปไกลโคไซด์ เฉพาะฟลาโวนอยด์อิสระที่เรียกว่าอะไกลโคนที่สามารถผ่านผนังลำไส้ได้ และไม่มีเอนไซม์ใดสามารถแยกพันธะเบตา-ไกลโคซิดิค (bata-glycosidic bonds) ได้ แต่เอนไซม์เบตา-กลูโคซิเดส (β-glucosidase) ของเชื้อจุลินทรีย์ในลำไส้ใหญ่ เช่น แบคทีรอยเดส ดิสตาโซนิส บี (bacteroides distasonis B) ยูนิฟอร์ม บี (Uniform B) และ โอวาตัส (Ovatus) จะเหนี่ยวนำให้เกิดไฮโดรไลซิสของไกลโคไซด์เป็นอะไกลโคน แบคทีเรียเหล่านี้จะทำให้ส่วนอะไกลโคนแยกออกจากวงแหวน เมื่อวงแหวนของเควอซิตินแตกแยกจะได้ผลิตภัณฑ์ 3,4-ไดไฮดรอกซิลฟีนิล กรดอะซิติก (3,4-dihydroxylphenyl acetic acid) กรดโฮโมวานิลิก (homovanilic acid) และกรดไฮโดรฟีนิลอะซิติก (hydrophenyl acetic acid) ดังรูปที่ 5 ซึ่งจะทำให้ฟลาโวนอยด์เสื่อมสลายในเวลาเดียวกัน (Terao, 1999)



รูปที่ 5 แสดงการแตกสลายของเควอซิตินโดยแบคทีเรียในลำไส้ (Terao, 1999)

Hollman และคณะ (1997) ได้ศึกษาปริมาณการดูดซึมของเควอซิติน ในอาสาสมัครที่ทำศัลยกรรมสร้างทางผ่านเข้าไปในลำไส้เล็กท่อนปลายโดยทางผนังช่องท้อง (ileostomy) เพื่อป้องกันการสูญเสียฟลาโวนอยด์เนื่องจากแบคทีเรียในลำไส้ใหญ่ และได้รับเควอซิตินจากหัวหอมทอดซึ่งมี เควอซิตินกลูโคไซด์ในปริมาณสูง (เทียบเท่ากับอะไกลโคน 89 มิลลิกรัม) เควอซิตินรูติโนไซด์บริสุทธิ์ ซึ่งเป็นเควอซิตินหลักในชา (เทียบเท่ากับอะไกลโคน 100 มิลลิกรัม) หรือเควอซิตินอะไกลโคนบริสุทธิ์ 100 มิลลิกรัม พบว่าภายใน 13 ชั่วโมง เควอซิตินหรือไกลโคไซด์ของเควอซิตินในของเหลวจากทางเดินอาหารมีการสลายตัวน้อยมาก มีการดูดซึมของเควอซิตินกลูโคไซด์จากหัวหอมทอดร้อยละ 52 เควอซิตินรูติโนไซด์ร้อยละ 17 และเควอซิตินอะไกลโคนบริสุทธิ์ร้อยละ 24 การขับออกของเควอซิตินหรือไกลโคไซด์ของเควอซิตินเป็นร้อยละ 5 ของปริมาณที่ถูกดูดซึม แสดงว่าเควอซิตินไกลโคไซด์จากหัวหอมถูกดูดซึมได้ในลำไส้เล็ก Pietta และ Simonetti (1999) จึงสรุปว่าอะไกลโคนเอื้อประโยชน์ดีกว่าไกลโคไซด์ โดยอะไกลโคนดูดซึมได้ทั้งในลำไส้เล็กและลำไส้ใหญ่ ดังรูปที่ 6 (Terao, 1999)



รูปที่ 6 แสดงรูปแบบการดูดซึมและเมตาบอลิคของอะไกลโคนและไกลโคไซด์ (Terao, 1999)

Hollman และคณะ (1997) ได้ศึกษาจลนศาสตร์การดูดซึมของฟลาโวนอลในมนุษย์ โดยหาความเข้มข้นของเควอซิตินในพลาสมาหลังรับประทานหัวหอมทอด (มีเควอซิตินกลูโคไซด์เทียบเท่ากับอะไกลโคน 64 มิลลิกรัม) แอปเปิ้ล (มีเควอซิตินไกลโคไซด์เทียบเท่ากับอะไกลโคน 100 มิลลิกรัม) และเควอซิตินรูติโนไซด์บริสุทธิ์ (เทียบเท่ากับอะไกลโคน 100 มิลลิกรัม) ในอาสาสมัครสุขภาพดีที่ยังมีลำไส้ใหญ่ครบสมบูรณ์ พบว่าค่าครึ่งชีวิตของการกำจัดออกจากร่างกายลดลงอย่างช้าๆ ภายใน 25 ชั่วโมง ดังนั้นการได้รับอาหารที่มีเควอซิตินซ้ำในแต่ละวันทำให้มีการสะสมของเควอซิตินในพลาสมา การเอื้อประโยชน์ของเควอซิตินจากทั้งแอปเปิ้ลและรูติโนไซด์ เป็น 1 ใน 3 ของเควอซิตินจากหัวหอม จึงสามารถสรุปได้ว่าเควอซิตินไกลโคไซด์จากอาหารถูกดูดซึมในร่างกายมนุษย์ จลนศาสตร์การดูดซึมและการเอื้อประโยชน์ขึ้นกับชนิดของไกลโคไซด์ ฤทธิ์ต้านออกซิเดชันของเควอซิตินจากอาหารสามารถเพิ่มความสามารถต้านออกซิเดชันของพลาสมาได้อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

Vries และคณะ (1998) ได้ศึกษาหาความเข้มข้นของเควอซิตินและเคมเฟอรอล ในพลาสมาและปัสสาวะคน โดยให้ดื่มชาดำหรือหัวหอมทอด ทุกวันที่ 5-7 ของแต่ละสัปดาห์ และพบว่าการได้รับฟลาโวนอลในระยะเวลาสั้น สามารถประเมินได้จากความเข้มข้นของเควอซิตินและเคมเฟอรอลในพลาสมาและปัสสาวะ แสดงว่าความเข้มข้นของสารนี้สามารถใช้เป็น biomarker ในการตรวจวัดปริมาณเควอซิตินที่ได้รับเพื่อการศึกษาทางระบาดวิทยา

HE และ Kies (1994) ศึกษาหาความเข้มข้นของสารโพลีฟีนอลจากชาเขียวและชาดำในเลือด ปัสสาวะ และอุจจาระของอาสาสมัครที่ดื่มชา 3 ถ้วยต่อวัน (3 ถุง) เป็นเวลา 14 วัน พบว่าการดื่มชาดำไม่มีคาเฟอีน ชาดำ และชาเขียว เพิ่มระดับโพลีฟีนอลในเลือดร้อยละ 27.95, 25.70 และ 28.98 ตามลำดับ จากการศึกษานี้แสดงให้เห็นว่าโพลีฟีนอลจากชาสามารถดูดซึมในร่างกายมนุษย์ และระดับของโพลีฟีนอลเพิ่มทั้งในการดื่มชาแบบปกติและแบบไม่มีคาเฟอีน

Serafini, Ghiselli และ Luzzi (1996) ศึกษาผลการต้านออกซิเดชันของชา และชาใส่นม พบว่าการดื่มชา 1 ถ้วยใหญ่ (ประมาณ 300 มิลลิลิตร) โดยไม่ใส่นม เพิ่มความสามารถต้านออกซิเดชันของพลาสมา (total plasma antioxidant capacity, TRAP) ในคน การตอบสนองของความสามารถต้านออกซิเดชันของพลาสมาเกิดภายใน 30-50 นาที แสดงว่าโพลีฟีนอลมีการเปลี่ยนแปลง และถูกดูดซึมในทางเดินอาหารส่วนบนโดยเริ่มที่กระเพาะอาหาร โพลีฟีนอลที่จับกันแน่นจะถูกกรดในกระเพาะอาหารสลายเป็นโพลีฟีนอลที่จับกันหลวมๆ ซึ่งจะเกิดไฮโดรไลซิสในกระเพาะ

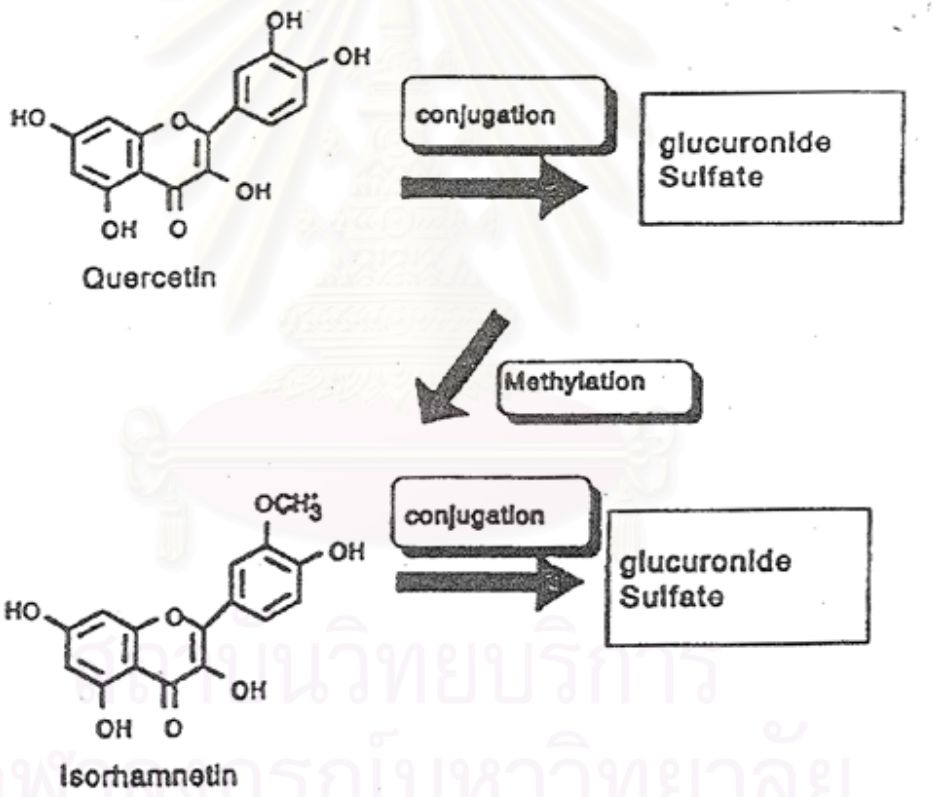
อาหารและถูกดูดซึม (คล้ายการเติมน้ำมะนาวลงไปในชาดำ) และพบว่าการต้านออกซิเดชันของชาใส่นมมีความแตกต่างจากชาไม่ใส่นมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ แสดงว่านมยับยั้งผลการต้านออกซิเดชันของชา เนื่องจากโปรตีนนมเกิดสารประกอบเชิงซ้อนกับโพลีฟีนอล ซึ่งทนทานต่อการไฮโดรไลซิสในกระเพาะอาหาร ทำให้ไม่ถูกดูดซึมในทางเดินอาหารส่วนบน และนมทำให้พีเอชของกระเพาะอาหารเพิ่มขึ้น โพลีฟีนอลถูกไอออไนซ์มากขึ้น การดูดซึมจึงลดลง

การเปลี่ยนแปลงเมตาบอลิคและการไหลเวียนในลำไส้และตับ (Metabolic conversion and enterohepatic circulation)

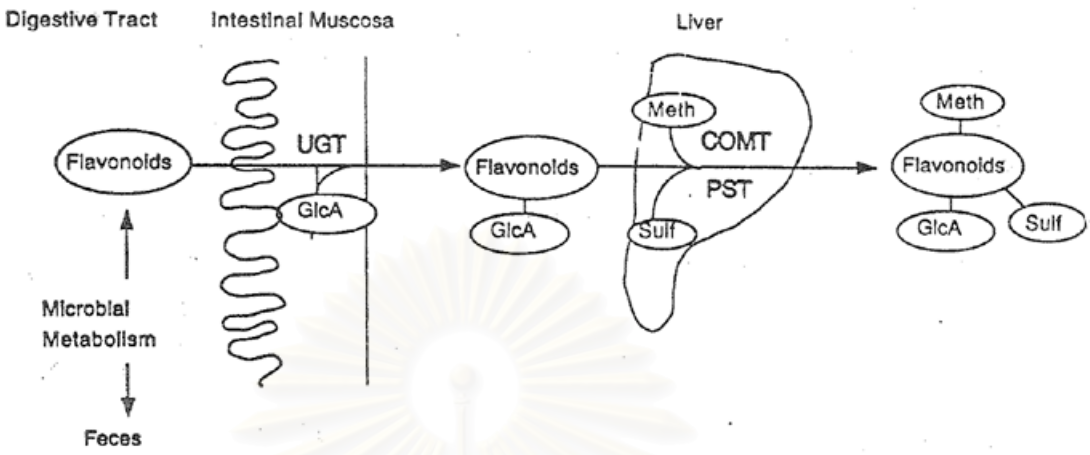
ฟลาโวนอยด์ที่ดูดซึมจากลำไส้จะจับกับอัลบูมิน และขนส่งไปยังตับทางท่อน้ำเหลืองและเส้นเลือด ฟลาโวนอยด์และผลิตภัณฑ์ที่แตกสลายจะเกิดการเปลี่ยนแปลงที่ตับ โดยเกิดเมธิเลชันของกลุ่มไฮดรอกซิล และเกิดรีดักชันของกลุ่มคาร์บอนิล แล้วเกิดการสังยุคด้วยกรดกลูคูโรนิกและหรือกรดซัลฟูริก ดังรูปที่ 7 การตรวจวัดอนุพันธุ์ที่ถูกสังยุคด้วยกลูคูโรไนด์และซัลเฟตในพลาสมาของหนูที่ได้รับเควอซิตินและรูทิน พบว่าเควอซิตินและไอโซแรมนิทิน (3'-*O*-methylated quercetin) จับกับอัลบูมินในพลาสมาของหนูที่ได้อาหารที่มีเควอซิตินร้อยละ 0.25 และมีความเข้มข้นสูงถึง 115 ไมโครโมล และร้อยละ 20 ของเควอซิตินจะถูกดูดซึมจากระบบย่อยอาหาร ปริมาณอนุพันธุ์ที่ถูกสังยุคด้วยกลูคูโรไนด์และซัลเฟตของเควอซิตินและไอโซแรมนิทิน ตรวจวัดจากปริมาณอนุพันธุ์ที่ถูกสังยุคด้วยกลูคูโรไนด์และซัลเฟตในน้ำดีและปัสสาวะภายใน 48 ชั่วโมง อนุพันธุ์สังยุคที่ถูกขับออกทางปัสสาวะเป็นเมตาบอไลต์สุดท้าย และบางส่วนจะถูกขนส่งไปน้ำดี และสุดท้ายจะถูกขับออกทางระบบย่อยอาหาร เมตาบอไลต์จะถูกดูดซึมกลับหลังเกิดไฮโดรไลซิสและหรือเกิดการแตกของวงแหวน (ในระบบไหลเวียนในลำไส้และตับ) ดังนั้นปริมาณของฟลาโวนอยด์ที่ประเมินได้จากอาหารสามารถเข้าสู่ระบบไหลเวียนเลือด เป็นเมตาบอไลต์ที่เกิดจากกลไกการไหลเวียนในลำไส้และตับ (Terao, 1999)

ตับเป็นอวัยวะหลักสำหรับเมตาบอไลซ์ฟลาโวนอยด์ เยื่อบุเมือกลำไส้ ไต และเนื้อเยื่ออื่นมีเอนไซม์ควบคุมการเกิดเมตาบอลิซึมฟลาโวนอยด์ด้วย เช่น การสังยุคด้วยกลูคูโรนิล (glucuronyl conjugation) โดยเอนไซม์ยูดีพี-กลูคูโรนิลทรานสเฟอเรส (UDP- glucuronyltransferase, UGT) โอ-เมธิเลชัน (*O*-methylation) โดยเอนไซม์โอ-เมธิลทรานสเฟอเรส (*O*-methyltransferase) และไฮดรอกซิเลชัน โดยเอนไซม์ไซโตโครม พี 450 (cytochrome P 450) ฟลาโวนอยด์จะเกิดกลูคูโรนิเดชันในเยื่อบุเมือกลำไส้เล็ก ซึ่งเป็นขั้นตอนแรกของการเปลี่ยนแปลงเมตาบอลิคภายใต้ภาวะปกติ เมื่อตรวจวัด

ปริมาณ UGT ฟีโนซัลโฟทรานสเฟอเรส (phenosulfotransferase, PST) และ คาเตคอล-โอ-เมธิล ทรานสเฟอเรส (catechol-*O*-methyltransferase, COMT) ในตับ ไต ปอด และ เยื่อบุเมือกลำไส้ พบว่า UGT มีฤทธิ์สูงสุดในเยื่อบุเมือกลำไส้เล็กและลำไส้ใหญ่ และ PST และ COMT มีฤทธิ์สูงสุดในตับ ดังรูปที่ 8 ฟลาโวนอยด์เข้าสู่เส้นเลือดในรูปคอนจูเกตกับกลูคูโรไนด์ ต่อมาจะเกิดซัลเฟชันในตับและเกิดเมธิเลชันในตับและไต เมตาบอไลต์ขับออกทางน้ำดีและปัสสาวะ ฟลาโวนอลส่วนใหญ่จะเปลี่ยนเป็นอนุพันธ์กลูคูโรนิลในเยื่อบุเมือกลำไส้ ซึ่งเป็นอนุพันธ์แรกที่จะผ่านไปยังตับเพื่อเกิดเมธิลเลชัน ซัลเฟชัน และเกิดอนุพันธุ์ที่สังยุคด้วยกรดกลูคูโรนิก ซัลเฟต และไกลซีน (Terao, 1999)



รูปที่ 7 แสดงวิถีเมตาบอลิซึมของเควอซิติน (Terao, 1999)



รูปที่ 8 แสดงแบบแผนเมตาบอลิคของฟลาโวนอยด์จากอาหาร (COMT, catechol-*O*-methyltransferase; GlcA, glucuronide moiety; Meth, methyl moiety; PST, phenolsulfotransferase; Sul, sulfate moiety; UGT, uridine 5'-diphosphoglucuronosyltransferase) (Terao, 1999)

เมื่อเกิดไฮโดรไลซิสโดยเอนไซม์ จะสามารถตรวจวัดปริมาณการดูดซึมฟลาโวนอลในพลาสมาได้ พบว่ามีไม่เกินร้อยละ 2-3 ของขนาดที่รับประทาน ซึ่งถือว่าดูดซึมได้น้อย ดังนั้นเป็นไปได้ว่าฟลาโวนอยด์ส่วนใหญ่สลายเป็นกรดฟีนอลลิคในลำไส้ใหญ่และขับออกทางอุจจาระ (Pietta and Simonetti, 1999)

ลำไส้ใหญ่เป็นตำแหน่งเกิดเมตาบอลิซึมที่สำคัญ เนื่องจากเชื้อจุลินทรีย์จะสลายฟลาโวนอลที่ไม่ถูกดูดซึมจากลำไส้เล็กหรือสังยุคจากถุงน้ำดีที่มายังดูโอดีนั่ม แบคทีเรียในลำไส้ใหญ่สามารถไฮโดรไลซ์อนุพันธ์สังยุค หรือแยกเฮเทอโรไซคลิคที่วงแหวนซีของฟลาโวนอล การแตกสลายเนื่องจากแบคทีเรียในลำไส้ใหญ่ ขึ้นกับรูปแบบการเกิดไฮดรอกซิเลชันของสารประกอบที่เกี่ยวข้องกรดฟีนอลลิคที่เกิดขึ้น การดูดซึมและเมตาบอไลซ์โดยเอนไซม์ส่วนใหญ่พบในตับ เช่น 3'-โอ-เมธิเลชัน โดยคาเตคอล-โอ-เมธิลทรานสเฟอเรส ดีไฮดรอกซิเลชัน เบตา-ออกซิเดชัน และสังยุคด้วยกรดกลูคูโรนิก ซัลเฟต และไกลซีน เมตาบอไลต์ที่ได้จะถูกขับออกไปยังน้ำดี พลาสมา และปัสสาวะ (Pietta and Simonetti, 1999)

เมตาบอไลต์ที่เป็นสารต้านออกซิเดชันในพลาสมา (Metabolites as antioxidants in blood plasma)

ไฮโดรเจนอะตอมของกลุ่มฟีนอลลิค มีความสำคัญสำหรับฤทธิ์ทำลายอนุมูลอิสระของฟลาโวนอยด์ เมื่อรับประทานฟลาโวนอยด์ เช่น เควอซิติน และ อิพิคาเทคชิน พบว่าในระบบไหลเวียนเลือดมีอนุพันธ์สังยุค เช่น อนุพันธ์ที่ถูกสังยุคด้วยกลูคูโรไนด์และซัลเฟต แทนที่ไฮโดรเจนอะตอมของกลุ่มฟีนอลลิค ดังนั้นจึงยังมีความไม่ชัดเจนว่า ฟลาโวนอยด์ยังคงมีคุณสมบัติต้านออกซิเดชันหรือไม่หลังการดูดซึมจากลำไส้และการเปลี่ยนแปลงเมตาบอลิค (Terao, 1999)

Afanas'ev และคณะ (1989) พบว่าหนูที่กินอิพิคาเทคชิน จะทำให้ความต้านทานต่อการเกิดออกซิเดชันในพลาสมาของหนูเพิ่มขึ้น เมื่อให้ทางกระเพาะอาหารในขนาด 10 หรือ 50 มิลลิกรัมต่อตัว และได้รับคอปเปอร์ซัลเฟต หรือ เอเอพีเอช (2,2'-amidinopropane)dihydrochloride, AAPH) อิพิคาเทคชินไปถึงพลาสมาภายใน 1 ถึง 6 ชั่วโมง การไปถึงพลาสมาของอิพิคาเทคชิน ทำให้ความต้านทานต่อไลปิดเปอร์ออกซิเดชันเพิ่มขึ้น แสดงว่าเมตาบอไลต์ของอิพิคาเทคชินในพลาสมามีฤทธิ์เป็นสารต้านออกซิเดชันเมื่อพลาสมาได้รับอนุมูลของออกซิเจนว่องไว พบโอ-เมธิเลชันที่ตำแหน่ง 3' บนวงแหวนบีในกระบวนการเกิดเมตาบอลิคของอิพิคาเทคชิน แสดงว่าการเกิดโอ-เมธิเลชันบนวงแหวนบีมีส่วนเกี่ยวข้องกับการจับกับโลหะของอิพิคาเทคชิน ดังนั้นโอ-เมธิเลชันจึงรับผิดชอบเกี่ยวกับฤทธิ์การต้านออกซิเดชัน

เมื่อเกิดโอ-เมธิเลชันที่ตำแหน่ง 3' ของเควอซิตินจะได้ไอโซแรมนิทิน ซึ่งเป็นเมตาบอไลต์หลักของเควอซิตินที่พบในพลาสมา และคล้ายกับกรณีของอิพิคาเทคชิน เควอซิตินจำเป็นต้องเกิดสังยุคด้วยกลูคูโรไนด์และซัลเฟตของเควอซิตินอิสระ และโอ-เมธิเลทของเควอซิติน ดังนั้นการเกิดสังยุคของเควอซิตินอิสระจากอาหารจึงเป็นส่วนหลักที่มีฤทธิ์ต้านออกซิเดชันในร่างกายสิ่งมีชีวิต (Terao, 1999)

โดยปกติฟลาโวนอยด์จะผ่านกระบวนการเมตาบอลิซึม โดยการเกิดสังยุคด้วยกรดกลูคูโรนิก หรือกรดซัลฟูริก และเกิดโอ-เมธิเลชัน หลังจากเกิดเมตาบอลิซึมนี้แล้ว ฤทธิ์ต้านออกซิเดชันของฟลาโวนอยด์ยังคงมีอยู่ ฟลาโวนอยด์ในพลาสมาจึงมีฤทธิ์ต้านออกซิเดชันได้ (Terao, 1999)

ฤทธิ์ของฟลาโวนอยด์ (flavonoid activities)

ฤทธิ์ทางชีววิทยาของฟลาโวนอยด์ที่ทำให้เกิดผลดีต่อสุขภาพมนุษย์ ได้แก่ ความสามารถในการต้านออกซิเดชัน การเปลี่ยนแปลงฤทธิ์ของเอนไซม์ต่างๆ การทำปฏิกิริยากับรีเซพเตอร์อย่างเฉพาะเจาะจง ฤทธิ์ขยายหลอดเลือด และจับกับไอออนของโลหะ เช่น ทองแดง และเหล็ก (Pietta and Simonetti, 1999)

นอกจากวิตามินซี วิตามินอี และ เบตา-แคโรทีน แล้ว ฟลาโวนอยด์เป็นสารต้านออกซิเดชันที่ได้รับจากอาหารในปริมาณค่อนข้างสูง ฟลาโวนอยด์เป็นสารต้านออกซิเดชันจากภายนอกร่างกายที่สำคัญในการป้องกันความไม่สมดุลระหว่าง โปรออกซิแดนซ์กับสารต้านออกซิเดชัน เช่น ในภาวะเครียดเชิงออกซิเดชัน ฟลาโวนอยด์มีบทบาทสำคัญในการลดการเกิดออกซิเจนว่องไว ซึ่งมีผลต่อเอนไซม์เร่งปฏิกิริยาออกซิเดชัน-รีดักชัน เช่น ไมโตคอนเดรียล ซัคซิโนซิเดส เอ็นเอดีเอช-ออกซิเดส และเอนไซม์ที่เกี่ยวข้องในเมตาบอลิซึมกรดอะราชิโดนิค ฟลาโวนอยด์ลดออกซิเจนว่องไวโดยเปลี่ยนให้เป็นอนุมูลอัลออกซิลที่มีความรุนแรงน้อยลง ฟลาโวนอยด์ป้องกันการเกิดเปอร์ออกซิเดชันของแอลดีแอล ซึ่งมีบทบาทสำคัญในการป้องกันการเกิดโรคหลอดเลือดแข็งตัว (Pietta and Simonetti, 1999)

ผลของฟลาโวนอยด์ต่อโรคหัวใจและหลอดเลือด

โรคหัวใจและหลอดเลือดพบมากในประเทศแถบตะวันตก เนื่องจากการรับประทานอาหารที่มีไขมันและน้ำมันอิ่มตัว การศึกษาทางระบาดวิทยาแสดงให้เห็นว่าการดื่มชา 4 ถ้วยหรือมากกว่าต่อวัน ลดความเสี่ยงต่อการเกิดโรคหลอดเลือดแข็งตัว และโรคหัวใจและหลอดเลือด (Hensrud and Heimburger, 1994) ในอดีตเชื่อว่าโรคหลอดเลือดแข็งตัวเป็นผลจากการมีระดับโคเลสเตอรอลสูงกว่า 200 มิลลิกรัมต่อเดซิลิตร และมีระดับเอชดีแอลค่อนข้างต่ำ ซึ่งสภาวะที่ระดับโคเลสเตอรอลสูงมักมีความสัมพันธ์กับแอลดีแอล ปัจจุบันพบว่าการเกิดออกซิเดชันของแอลดีแอลโคเลสเตอรอลจะนำไปสู่การเกิดความผิดปกติของเยื่อบุผนังหลอดเลือด ซึ่งมีส่วนเกี่ยวข้องกับกระบวนการการเกิดหลอดเลือดแข็งตัว (Esterbauer et al., 1991; Hertog et al., 1993; Jialal and Grundy, 1991; Witztum and Steinberg,1991)

การศึกษาผลของการดื่มชาเขียวต่อโรคหัวใจและหลอดเลือดและโรคตับ ในผู้ชายอายุมากกว่า 40 ปี จำนวน 1,371 คน พบว่าการดื่มชาเพิ่มขึ้นมีความสัมพันธ์กับการเพิ่มความเข้มข้นของ

เอชดีแอลโคเลสเตอรอล ลดความเข้มข้นของแอลดีแอลและวีแอลดีแอลโคเลสเตอรอลในซีรั่ม และลดอัตราส่วนของแอลดีแอลโคเลสเตอรอลต่อเอชดีแอลโคเลสเตอรอล ซึ่งเป็นค่าดัชนีการเกิดความหนาของผนังหลอดเลือด (atherogenic index) มีความสำคัญต่อการเกิดหลอดเลือดแข็งตัว (Imai and Nakachi, 1995)

ไลปิดเปอร์ออกซิเดชัน (lipid peroxidation) เกี่ยวข้องในกระบวนการออกซิเดชันเพื่อทำลายและเกิดผลร้ายต่อเซลล์ ซึ่งทำให้เกิดการแข็งตัวของหลอดเลือด การศึกษาของ Imai และ Nakachi (1995) พบว่าความเข้มข้นของไลปิดเปอร์ออกไซด์ในซีรั่ม มีความสัมพันธ์กับการได้รับฟลาโวนอยด์ ค่าเฉลี่ยความเข้มข้นของไลปิดเปอร์ออกไซด์ในซีรั่มของกลุ่มที่สูบบุหรี่ลดลงตามการดื่มชาเขียวที่เพิ่มขึ้น ความเข้มข้นของไลปิดเปอร์ออกไซด์ในซีรั่มที่สูงของกลุ่มที่สูบบุหรี่จะลดลงมาเท่ากับกลุ่มไม่สูบบุหรี่ ถ้าดื่มชาเขียวมากกว่าหรือเท่ากับ 10 ถ้วยต่อวัน จากการศึกษาพบว่าการดื่มชาเขียวมีผลป้องกันการทำลายเซลล์ตับโดยลด แอสปาเตท อะมิโนทรานสเฟอเรส (aspatate aminotransferase) อะลานีน อะมิโนทรานสเฟอเรส (alanine aminotransferase) และ เฟอริติน (ferritin) ในซีรั่มอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (Imai and Nakachi, 1995)

การเกิดอนุมูลของออกซิเจนเพิ่มขึ้น ทำให้เกิดไลปิดเปอร์ออกไซด์ตามมา ซึ่งเป็นผลร้ายต่อเซลล์ อาจกลายเป็นการก่อมะเร็ง (Halliwell and Gutteridge, 1986; Halliwell and Gutteridge, 1990) เหล็กหลายรูปอาจมีส่วนเกี่ยวข้องในปฏิกิริยาการเกิดอนุมูล ดังนั้นถ้าร่างกายสะสมเหล็กมากอาจเพิ่มความเสี่ยงของการเกิดมะเร็ง เช่น มะเร็งปอด ตับ และลำไส้ใหญ่ และความเข้มข้นของเฟอริตินในซีรั่มเป็นสิ่งบ่งชี้ถึงการสะสมของเหล็กในร่างกาย (Selby and Friedman, 1988; Stevens, Beasley and Blumberg, 1986; Stevens et al., 1988) การศึกษาของ Imai และ Nakachi (1995) แสดงให้เห็นความสัมพันธ์ที่ตรงกันข้ามระหว่างการดื่มชาเขียวกับความเข้มข้นของเฟอริตินและไลปิดเปอร์ออกไซด์ในซีรั่ม แสดงว่าชาเขียวป้องกันการพัฒนาของมะเร็งได้

การศึกษาทางระบาดวิทยาพบว่า การดื่มชาช่วยป้องกันโรคหัวใจและหลอดเลือด (Green and Harari, 1992; Hara, 1992; Hertog et al., 1993; Ikeda et al., 1992; Kono et al., 1992; Lou et al., 1992; Stensvold et al., 1992) การดื่มชาของนักดื่มชาเขียวในประเทศญี่ปุ่นและนักดื่มชาดำในประเทศนอร์เวย์ มีความสัมพันธ์ตรงกันข้ามระหว่างการดื่มชากับระดับโคเลสเตอรอลในพลาสมา มีรายงานว่าการดื่มชาของชาวนอร์เวย์และฮอลแลนด์ มีผลป้องกันโรคหัวใจและหลอดเลือด

โดยลดความดันเลือดและมีแนวโน้มลดการตายจากโรคหลอดเลือดหัวใจ (Hertog et al., 1993; Stensvold et al., 1992) ซึ่งมีความสัมพันธ์กับการบริโภคอาหารที่มีสารฟลาโวนอยด์ เช่น เควอซิติน ซึ่งเป็นอนุพันธ์กลุ่มใหญ่ที่มีในชา (Green and Harari, 1992; Hara, 1992; Hertog et al., 1993; Ikeda et al., 1992; Kono et al., 1992; Lou et al., 1992; Stensvold et al., 1992)

ในสัตว์กัดแทะที่ถูกทำให้ระดับโคเลสเตอรอลในเลือดสูงโดยให้อาหารที่มีไขมันสูง พบว่าโพลีฟีนอลในชาเขียวสามารถลดระดับโคเลสเตอรอลในเลือด และลดความดันเลือดในสัตว์กัดแทะที่มีความดันเลือดสูงได้ (Hara, 1992) สำหรับกลไกนั้นอาจเป็นผลของโพลีฟีนอลไปลดการละลายของโคเลสเตอรอลในของผสมเกลือน้ำดีที่เป็นไมเซลล์ และลดการดูดซึมโคเลสเตอรอลจากลำไส้ (Ikeda et al., 1992) ซึ่งมีผลดีต่อการลดการแข็งตัวของเลือด และจากการศึกษาในหลอดทดลอง พบว่ามีการยับยั้งการเพิ่มจำนวนเซลล์ของกล้ามเนื้อเรียบหลอดเลือดของคน (Lou et al., 1992)

ผลของฟลาโวนอยด์ต่อโรคมะเร็ง

กลไกการเกิดมะเร็งเป็นแบบหลายขั้นตอน (multistep) ได้แก่ (Kuroda and Hara, 1999)

1. ระยะแรก (initiation) มีการก่อกลายพันธุ์ในดีเอ็นเอของยีนที่เป็นพาหะนำโรคมะเร็งจากพ่อแม่มาสู่ลูก (proto-oncogene) และยีนที่กดการเกิดเนื้องอก (tumor suppressor gene) เมื่อสารก่อมะเร็งเกิดออกซิเดชันจะได้ตัวกลางว่องไว (reactive intermediate) นำไปสู่การเกิด 8-ไฮดรอกซีดีออกซีกัวโนซีน (8-hydroxydeoxyguanosine) ในดีเอ็นเอ และ 8-ไฮดรอกซีกัวโนซีน (8- hydroxyguanosine) ในอาร์เอ็นเอ

2. ระยะส่งเสริม (promotion) เกิดการเปลี่ยนแปลงฤทธิ์ของเอนไซม์และเมตาบอลิซึมในเซลล์เมมเบรน และไซโตพลาสซึม ทำให้มีการเพิ่มจำนวนเซลล์ที่ผิดปกติ

3. ระยะก้าวหน้า (progression) มีการเจริญของเซลล์เนื้องอก (malignant cells) และกระจายไปรอบๆ เนื้อเยื่อหรืออวัยวะปกติ

Kuroda และ Hara (1999) ได้รวบรวมหลายๆ รายงานและพบว่าโพลีฟีนอลจากชามีผลยับยั้งการเกิดมะเร็งหลายขั้นตอนนี้ได้

ใบยาสูบเป็นสาเหตุของโรคมะเร็งในช่องปาก หลอดอาหาร ตับอ่อน ไต และกระเพาะปัสสาวะ โดยเฉพาะเป็นสาเหตุของมะเร็งปอด Weisburger (1996) พบว่าคนที่ดื่มชาจะมีอุบัติการณ์การเกิดมะเร็งเหล่านี้ต่ำ ชาวญี่ปุ่นสูบบุหรี่มากกว่าชาวตะวันตกแต่เกิดมะเร็งปอดต่ำ

Yong และคณะ (1992) ได้ศึกษาผลของฟลาโวนอยด์ในชาเขียวในการยับยั้งการเกิดเนื้องอกของปอดหนูที่ได้รับสารก่อมะเร็งเอ็นเอ็นเค [nitrosamine 4-(methylnitrosamino)-1-(3-pyridyl)-1-butanone (NNK)] จากใบยาสูบ พบว่าชาเขียวและฟลาโวนอยด์กดการเพิ่มระดับ 8-ไฮดรอกซีดีออกซีกัวโนซีนในปอดหนู ซึ่งเป็นฤทธิ์ยับยั้งการเกิดเนื้องอกปอด ฟลาโวนอยด์ในชาเขียวมีฤทธิ์ต้านออกซิเดชัน สามารถทำลายไฮโดรเจนเพอร์ออกไซด์และซูเปอร์ออกไซด์ ดังนั้นจึงป้องกันการเกิดความเป็นพิษต่อเซลล์ และการเกิดเนื้องอกเนื่องจากไฮโดรเจนเพอร์ออกไซด์และอนุมูลอิสระออกซิเจน จึงถือได้ว่าฟลาโวนอยด์เป็นสารเคมีที่มีฤทธิ์ป้องกัน คนที่สูบบุหรี่จะได้รับเอ็นเอ็นเคโดยเฉลี่ย 2 มิลลิกรัมต่อปี (Hoffmann and Hecht, 1985) การศึกษาของ Yong และคณะ (1992) พบว่าหนูได้รับฟลาโวนอยด์เฉลี่ย 100 มิลลิกรัม และเอ็นเอ็นเค 7 มิลลิกรัม ทำให้หนูเกิดเนื้องอกปอด ดังนั้นผลการยับยั้งของฟลาโวนอยด์ที่ได้รับจากการดื่มชา 1 ถ้วยต่อวันเป็นประจำ อาจเพียงพอที่จะทำให้ฤทธิ์การก่อมะเร็งของเอ็นเอ็นเคลดลง การศึกษานี้แสดงให้เห็นว่าเอ็นเอ็นเคเป็นสาเหตุอย่างมีนัยสำคัญต่อการเพิ่มระดับ 8-ไฮดรอกซีดีออกซีกัวโนซีนในปอด และการเพิ่มขึ้นของการถูกทำลายในดีเอ็นเอของปอดสามารถกดได้ด้วยชาเขียว ซึ่ง 8-ไฮดรอกซีดีออกซีกัวโนซีนเกิดจากภาวะเครียดเชิงออกซิเดชันส่งเสริมการเกิดเนื้องอก

พบสารก่อมะเร็งชนิดอื่นที่ทำให้เกิดการสร้าง 8-ไฮดรอกซีดีออกซีกัวโนซีนในดีเอ็นเอ (Feig, Reid and Lobe, 1994; Fiala, Conaway and Mathis, 1989) ดังนั้นชาจึงมีฤทธิ์ต้านฤทธิ์ของสารก่อมะเร็ง โดยลดการเกิดสารประกอบออกซิเจนว่องไว โพลีฟีนอลในชาและสารต้านออกซิเดชันในพืชอื่นมีผลยับยั้งการเกิด 8-ไฮดรอกซีดีออกซีกัวโนซีนในสายดีเอ็นเอหรือเพิ่มการซ่อมแซมบริเวณที่ถูกทำลาย หรือลดการทำลายของเซลล์เยื่อบุผิวจากการถูกออกซิไดซ์ (Satoh and Lindahl, 1994) ซึ่งเป็นการต้านฤทธิ์การก่อกลายพันธุ์ของสารก่อมะเร็ง (Kono et al, 1991)

โพลีฟีนอลมีผลต่อสารก่อมะเร็งที่หลายอวัยวะเป้าหมาย ซึ่งไม่ได้เกี่ยวข้องเฉพาะฤทธิ์ของสารก่อมะเร็งต่อสารพันธุกรรม (ความเป็นพิษต่อยีนของสารก่อมะเร็ง) เท่านั้น แต่ยังเกี่ยวข้อง

กับการเจริญและพัฒนาของเซลล์เนื้องอกไปเป็นมะเร็งที่แพร่กระจาย (invasive cancer) (Weisburger, 1996)

Sigler และ Ruch (1993) ศึกษาผลของโพลีฟีนอลจากชาเขียว ในการเพิ่มการสื่อสารของช่องว่างรอยต่อระหว่างเซลล์ในเซลล์ที่ได้รับสารกระตุ้นการเกิดเนื้องอก เช่น ดีดีที (p,p'-dichlorodiphenyltrichloro ethane, DDT) ทีพีเอ (12-O-tetradecanoylphorbol-13-acetate, TPA) และเดลดริน (dieldrin) ในความเข้มข้นที่ยับยั้งการสื่อสารของช่องว่างรอยต่อระหว่างเซลล์ (gap junctional intercellular communication, GJIC) แต่ไม่ทำให้เซลล์ตาย แล้วเติมสารสกัดชาเขียว หลังจากนั้น 4 ชั่วโมง ทำการประเมินการสื่อสารของช่องว่างรอยต่อระหว่างเซลล์ โดยฉีดสีย้อมเข้าไปในเซลล์ แล้วสังเกตการกระจายของสีไปยังเซลล์ใกล้เคียง พบว่าการยับยั้งการสื่อสารของช่องว่างรอยต่อระหว่างเซลล์ลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ สารกระตุ้นการเกิดเนื้องอกจะยับยั้งการสื่อสารของช่องว่างรอยต่อระหว่างเซลล์ ซึ่งเป็นกลไกสำคัญในการส่งเสริมการเกิดเนื้องอก ช่องว่างรอยต่อเป็นทางผ่านของสัญญาณที่ควบคุมการเจริญเติบโต และลักษณะทางชีวเคมีและสรีระวิทยาของคนระหว่างเซลล์ใกล้เคียง การศึกษานี้พบว่าสารสกัดชาเขียวเพิ่มการสื่อสารของช่องว่างรอยต่อระหว่างเซลล์ในเซลล์ที่ได้รับสารกระตุ้นการเกิดเนื้องอก การยับยั้งการสื่อสารของช่องว่างรอยต่อระหว่างเซลล์ของสารกระตุ้นการเกิดเนื้องอก อาจโดยการเพิ่มการหลบหลีกของเซลล์ก่อนเป็นเนื้องอกจากอิทธิพลการควบคุมของเซลล์ข้างเคียง การเพิ่มการสื่อสารของช่องว่างรอยต่อระหว่างเซลล์ โดยสารสกัดชาเขียวในเซลล์ที่ได้รับสารกระตุ้นการเกิดเนื้องอก เป็นกลไกสำคัญในการยับยั้งการกระตุ้นการเกิดเนื้องอก

ผลของฟลาโวนอยด์ต่อโรคมะเร็งของกระเพาะอาหารและหลอดอาหาร

โรคเกี่ยวกับเนื้องอกมักจะเกี่ยวกับพฤติกรรมการดำเนินชีวิต การรับประทานอาหารในประเทศแถบเอชียและแอฟริกา (Orient) มักรับประทานอาหารแช่เกลือและอาหารหมักเป็นประจำ ทำให้มีความเสี่ยงสูงของมะเร็งหลอดอาหารและมะเร็งกระเพาะอาหารพอๆ กับโรคความดันโลหิตสูงและโรคหัวใจขาดเลือด (Correa, 1992; Weisburger, 1991) การมีเชื้อแบคทีเรีย *Helicobacter pylori* ในกระเพาะอาหารทำให้มีความเสี่ยงสูงต่อโรคมะเร็งกระเพาะอาหาร เนื่องจาก *H. pylori* ทำให้เกิดบาดแผลอย่างเรื้อรัง และมีการซ่อมแซม (regeneration) ของเซลล์เยื่อบุกระเพาะอาหารสูงมาก เนื้อเยื่อมีความไวต่อสารก่อมะเร็งที่มีในอาหารแช่เกลือและอาหารหมัก (Weisburger, 1996)

การศึกษาทางระบาดวิทยาพบว่า คนในประเทศแถบเอเชียและแอฟริกาที่ดื่มชาเขียว 5 ถ้วยหรือมากกว่าต่อวันเป็นประจำ (Oguni et al., 1988; Oguni et al., 1991) จะมีความเสี่ยงต่อการเกิดมะเร็งชนิดนี้น้อยลง โดยพบว่าโพลีฟีนอลในชามีฤทธิ์ต้านแบคทีเรียและไวรัส จึงเป็นไปได้ที่จะต่อต้านหรือทำลาย *H. pylori* (Nakane and Ono, 1990; Nakayama et al., 1993) มีการศึกษาในประเทศจีนเกี่ยวกับการป้องกันการเกิดมะเร็งหลอดอาหารของชาเขียว โดยใช้สารไนโตรซาไมด์ซึ่งเป็นสารก่อมะเร็งกระเพาะอาหารและหลอดอาหาร ไนโตรซาไมด์เกิดจากปฏิกิริยาของไนไตร์ทกับสารที่เหมาะสม ชาสามารถป้องกันการเกิดสารประกอบไนโตรโซ และลดฤทธิ์การก่อกลายพันธุ์ของสารประกอบไนโตรซาไมด์ (Stich, 1992; Xu, Song and Reed, 1993) ไนโตรซามีนมีในใบยาสูบด้วยซึ่งเป็นสาเหตุให้เกิดมะเร็งหลอดอาหารในหนู (Chen, 1992a) พบว่าชาดำและชาเขียวยับยั้งกระบวนการนี้ได้ (Chen, 1992b; Mukhtar, Katiyar and Agarwal, 1994)

ผลของฟลาโวนอยด์ต่อเอนไซม์ต้านออกซิเดชัน

การศึกษาการเพิ่มขึ้นของเอนไซม์ต้านออกซิเดชัน โดยโพลีฟีนอลจากชาเขียวที่ผสมในน้ำให้หนูดื่ม เป็นเวลา 30 วัน พบว่าเอนไซม์กลูตาไธโอนเปอร์ออกซิเดส (glutathione peroxidase) คาตาเลส (catalase) กลูตาไธโอน เอส ทรานสเฟอเรส (glutathione S-transferase) ควิโนน รีดักเตส (quinone reductase) กลูตาไธโอน รีดักเตส (glutathione reductase) เพิ่มขึ้นในหลายอวัยวะของหนู เช่น ลำไส้เล็ก ตับ และปอด อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ การเพิ่มฤทธิ์ของเอนไซม์ต้านออกซิเดชันในอวัยวะของหนูที่ได้โพลีฟีนอลเป็นกลไกหนึ่งของการป้องกันมะเร็งของชาเขียวในสัตว์ทดลอง (Khan et al., 1992)

ปฏิกิริยาออกซิเดชันในทางชีววิทยาอาจเกิดจากเมตาบอลิซึมปกติ หรือเกิดขึ้นภายหลังได้รับสารก่อมะเร็ง มีการศึกษาจำนวนมากเกี่ยวกับกระบวนการเกิดมะเร็งหลายระยะ พบว่าฤทธิ์ของเอนไซม์ต้านออกซิเดชัน เช่น กลูตาไธโอน เอส ทรานสเฟอเรส และควิโนน รีดักเตส นอกจากเป็นชีวโมเลกุลขนาดเล็กที่ละลายน้ำแล้ว ยังป้องกันผลร้ายของตัวรับอิเลคตรอน หรือเมตาบอไลต์ที่มีฤทธิ์ของสารก่อนเป็นสารก่อมะเร็ง เอนไซม์คาตาเลสต้านกระบวนการออกซิเดชัน โดยทำให้ปฏิกิริยาในเซลล์ที่มีไฮโดรเจนเพอร์ออกไซด์เกิดช้าลง และภายใต้สภาวะนี้กลูตาไธโอนเปอร์ออกซิเดสมีบทบาทในการทำลายพิษของเปอร์ออกไซด์จากเซลล์และหรือเนื้อเยื่อ การเพิ่มฤทธิ์ของทั้งกลูตาไธโอนเปอร์ออกซิเดสและคาตาเลสในหลายๆ อวัยวะของสัตว์ทดลองที่ได้รับโพลีฟีนอล แสดงให้เห็นว่าสามารถ

ป้องกันเซลล์และหรือเนื้อเยื่อ โดยการยับยั้งการเกิดผลร้ายต่อเซลล์ หรือความเป็นพิษต่อยีนของเปอร์ออกไซด์และไฮดรอกซิล (Khan et al., 1992)

ฤทธิ์ก่อมะเร็งของเควอซิติน

Hirono และคณะ (1981) ได้ทดสอบฤทธิ์ก่อมะเร็งของเควอซิตินและรูตินในหนู โดยให้อาหารมีเควอซิตินร้อยละ 1 หรือร้อยละ 5 หรือรูตินร้อยละ 5 เป็นเวลา 540 วัน หรือเควอซิตินร้อยละ 10 และรูตินร้อยละ 10 เป็นเวลา 850 วัน กลุ่มควบคุมได้อาหารปกติ พบเนื้องอกทั้งในกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม โดยพบในกลุ่มควบคุมมากกว่ากลุ่มทดลอง แต่มีความแตกต่างอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ แสดงให้เห็นว่าการได้รับเควอซิตินและรูตินที่ผสมในอาหารไม่ได้เพิ่มอุบัติการณ์การเกิดเนื้องอกอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติในหนู และ Ambrose (1952) รายงานว่าไม่พบความเป็นพิษหรือการเกิดมะเร็งในหนูขาวที่ให้อาหารผสมเควอซิตินร้อยละ 1, 0.5 และ 0.25 เป็นเวลา 410 วัน

การทดสอบฤทธิ์ก่อมะเร็งของเควอซิตินและรูตินใน golden hamster โดยการทดลองที่ 1 ให้อาหารที่มีเควอซิตินร้อยละ 10 หรือรูตินร้อยละ 10 หรืออาหารปกติ เป็นเวลา 735 วัน พบเนื้องอกในกระเพาะอาหารส่วนต้นทั้ง 3 กลุ่ม มีความแตกต่างอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ แสดงว่าเควอซิตินและรูตินไม่เพิ่มการเกิดมะเร็งภายใต้สภาวะการทดลองนี้ และการทดลองที่ 2 กลุ่ม 1 ได้อาหารที่มีเควอซิตินร้อยละ 4 เป็นเวลา 709 วัน กลุ่ม 2 ได้อาหารที่มีเควอซิตินร้อยละ 1 เป็นเวลา 351 วัน และตามด้วยอาหารปกติ 350 วัน กลุ่ม 3 ได้อาหารที่มีเควอซิตินร้อยละ 1 และตามด้วยอาหารที่มีน้ำมันสลอดร้อยละ 1 กลุ่ม 4 ได้อาหารปกติตามด้วยอาหารที่มีน้ำมันสลอดร้อยละ 1 เป็นเวลาเช่นเดียวกับกลุ่ม 2 และกลุ่ม 5 ได้อาหารปกติ 701 วัน พบเนื้องอกที่เยื่อบุผิวของกระเพาะอาหารส่วนต้นในกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม แต่มีความแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติระหว่างกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม แสดงว่าเควอซิตินไม่ทำให้เกิดมะเร็งเมื่อให้ที่ความเข้มข้นร้อยละ 4 และร้อยละ 1 และแม้แต่การให้อาหารที่มีเควอซิตินร้อยละ 1 และตามด้วยอาหารที่มีน้ำมันสลอดร้อยละ 1 ก็ไม่เพิ่มอุบัติการณ์การเกิดเนื้องอก แสดงว่าเควอซิตินไม่เพิ่มอุบัติการณ์การเกิดเนื้องอก (Morino, 1982) เควอซิตินร้อยละ 2 ยับยั้งการเหนี่ยวนำให้เกิดเนื้องอกลำไส้ใหญ่ของอะซอกซีเมธานอล (azoxymethanol, AOM) ในหนู และลดความซับซ้อนของการเกิดเนื้องอกในกลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยแสดงฤทธิ์ในระยะส่งเสริม (Deschner et al., 1991)

บทที่ 3
วัสดุอุปกรณ์และวิธีดำเนินการวิจัย

1. วัสดุอุปกรณ์

ก. สารเคมี

สารเคมี	เกรดหรือความบริสุทธิ์	บริษัท เมือง ประเทศ
ก๊าซฮีเลียม	99.99%	TIG, Thialand
กรดซัลฟูริก	Analytical	Merck, Darmstadt, Germany
กรดฟอสฟอริก	Analytical	Carlo, Imbonati, Milano
กรดอะซิติก	Analytical	Merck, Darmstadt, Germany
กรดไฮโดรคลอริก	Analytical	BDH Laboratory Supplies, Poole, England
เซฟาเดซ จี15-120		Sigma Chemical, Steinheim, Germany
โซเดียมคาร์บอเนต	Analytical	Merck, Darmstadt, Germany
โซเดียมคลอไรด์	Analytical	Merck, Darmstadt, Germany
โซเดียมทังสเตต	Analytical	J.T.Baker, Phillipsburg, USA.
โซเดียมเมตาไบซัลไฟต์	Analytical	Merck, Darmstadt, Germany

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารเคมี	เกรดหรือความบริสุทธิ์	บริษัท เมือง ประเทศ
โซเดียมโมลิบเดต	Analytical	Fluka, Buchs, Switzerland
ไดโซเดียมไฮโดรเจนฟอสเฟต	Analytical	Merck, Darmstadt, Germany
โพแทสเซียมคลอไรด์	Analytical	Univar, Auburn, Australia
โพแทสเซียมไดไฮโดรเจนฟอสเฟต	Analytical	May and Baker, England
โพแทสเซียมโบรเมต	Analytical	Merck, Darmstadt, Germany
โพแทสเซียมโบรไมด์	Analytical	Ferak, Berlin (west)
โพแทสเซียมเปอร์แมงกาเนต	Analytical	Merck, Darmstadt, Germany
โพแทสเซียมเฟอร์ริไซยาไนด์	Analytical	J.T.Baker, Phillipsburg, USA.
เมธานอล	Analytical	Merck, Darmstadt, Germany
ไมโอโกลบิน		Sigma Chemical, Steinheim, Germany
ลิเธียมซัลเฟต	Analytical	BDH Laboratory Supplies, Poole, England
สารมาตรฐานกอลลิค แอซิด	HPLC	Sigma Chemical, Steinheim, Germany
สารมาตรฐานเคมเฟอรอล	HPLC	Sigma Chemical, Steinheim, Germany
สารมาตรฐานเควอซิติน	HPLC	Sigma Chemical, Steinheim, Germany

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารเคมี	เกรดหรือความบริสุทธิ์	บริษัท เมือง ประเทศ
สารมาตรฐานโทรลอกซ์	HPLC	Fluka, Buchs, Switzerland
อะซิโตไนไตรล์	HPLC	J.T.Baker, Phillipsburg, USA.
เอธานอล	Analytical	Merck, Darmstadt, Germany
เอบีทีเอส	Analytical	Sigma Chemical, Steinheim, Germany
ไฮโดรเจนเพอร์ออกไซด์	30%	Fisher Scientific, Loughborough, England

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ข. พืชตัวอย่าง

เก็บใบหม่อนตัวอย่างในช่วงเวลาเดียวกันจากแหล่งปลูก 4 แหล่ง คือ สถานีทดลองหม่อนไหมตาก ศูนย์วิจัยหม่อนไหมแพร่ ศูนย์วิจัยหม่อนไหมอุดรธานี และศูนย์วิจัยหม่อนไหมนครราชสีมา แต่ละแหล่งปลูกเก็บมา 4 พันธุ์ ได้แก่

1. พันธุ์บุรีรัมย์ 60
2. พันธุ์นครราชสีมา 60
3. พันธุ์คุณไพ
4. พันธุ์น้อย

เก็บตัวอย่างตามอายุใบ ดังนี้

1. ยอด เก็บใบใต้ยอดลงมาใบที่ 1-3 หรือเด็ดยอด
2. ใบอ่อน เก็บใบต่ำลงมาใบที่ 4-6
3. ใบแก่ เก็บใบต่ำลงมาใบที่ 7-10

นำตัวอย่างใบหม่อนมาอบที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 8 ชั่วโมง แล้วนำมาบดเป็นผงหยาบด้วยเครื่องบดผสม

ค. การเตรียมน้ำชา

ชงชาด้วยน้ำร้อนประมาณ 70 องศาเซลเซียส ในอัตราส่วนผงบดหยาบของใบชาแห้งต่อน้ำเท่ากับ 1 ต่อ 50 (กรัมต่อมิลลิลิตร) ใช้เวลาในการชง 6-60 นาที แล้วนำมาศึกษา โดยไม่ได้ทำให้เข้มข้นหรือเจือจาง

ปิเปต 20 มิลลิลิตร เพื่อวิเคราะห์หาปริมาณเควอซิตินและเคมเฟอรอล และปิเปต 250 ไมโครมิลลิลิตร เพื่อวิเคราะห์หาปริมาณโพลีฟีนอลโดยรวม

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ง. เครื่องมือ

เครื่องมือและอุปกรณ์	บริษัท เมือง ประเทศ
เครื่อง HPLC รุ่น Thermo Separation Stem; Spectra System P2000 pump, Spectra System AS 3000 Autosampler, Spectra System UV visible detector, PC1000 System Software	Thermo separation, CA., USA.
คอลัมน์ Inertsil-ODS3 ขนาดอนุภาค 5 ไมโครเมตร เส้นผ่าศูนย์กลางภายใน 4.6 มิลลิเมตร ยาว 150 มิลลิเมตร	GL Sciences, Japan
เครื่องชั่ง Electronic Analytical Balance “Mettler” รุ่น AE 240	Mettler-Toledo AG, Greifense, Switzerland
เครื่องชั่ง Electronic Analytical Balance รุ่น PT210-000V1	Sartorius, Germany
เครื่อง Vortex mixer “vertex 2 genic” รุ่น 6-560 E	Scientific, Ind., Bohemia, N.Y., USA.
เครื่องกลั่นน้ำ รุ่น Monodest 3000	Brand GmbH and Co, Wertheim, Germany
เครื่องกรองน้ำ Solvent Filtration kits รุ่น D-3400	Sartorius, Germany
Automatic Micropipette Calibra excmire microsyringe MS-R100	Socorex, Renens, Switzerland
กระดาษกรองเบอร์ 1	Whatman, England
เซลลูโลสอะซิเตตขนาด 0.45 ไมโครเมตร	Sartorius, Germany

เครื่องมือและอุปกรณ์	บริษัท เมือง ประเทศ
เครื่องวัดความชื้น Moisture Analyzer MA30	Sartorius, USA.
เครื่องสเปคโตรโฟโตมิเตอร์ รุ่น U-2000	Hitachi, Japan
เครื่องสเปคโตรโฟโตมิเตอร์ รุ่น UV-2401C	Shimazu, Japan
เครื่องปั่นแรงเหวี่ยงสูง	Hettich Universal, Germany
ตู้อบลมร้อน รุ่น 1811530000202	WTE binder, Germany
เครื่องระเหยสูญญากาศ รุ่น R-114	Buchi, Switzerland
เครื่องบดผสม	National, Japan
เครื่อง Ultrasonic bath รุ่น B-3200 B4	FTZ Suppression, USA.
ชุดหัวกรอง Swinnex 0.45 มิลลิเมตร	Millipore, USA.

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

2. วิธีดำเนินการวิจัย

ก. การวิเคราะห์หาปริมาณสารฟลาโวนอยด์เควอซิติน (quercetin) และเคมเฟอรอล (kaempferol) (Justesen et al., 1998; Merken and Beecher, 2000; Pietta et al., 1994; Qiu et al., 1996)

การวิเคราะห์หาปริมาณฟลาโวนอลในพืชตัวอย่าง ต้องทำการไฮโดรไลซ์เพื่อตัดส่วนที่เป็นน้ำตาลของไกลโคไซด์ออกไป สภาวะของการไฮโดรไลซ์ต้องการความเป็นกรด เพื่อให้สามารถไฮโดรไลซ์ได้อย่างสมบูรณ์ ส่วนที่ตรวจวัดคือส่วนอะไกลโคน ด้วยเทคนิค รีเวิร์ส เฟส เอช พี แอล ซี

1. การเตรียมสารละลายมาตรฐานผสมเควอซิตินและเคมเฟอรอล

1.1 ชั่งสารมาตรฐานเควอซิติน 11.52 มิลลิกรัม เคมเฟอรอล 3.08 มิลลิกรัม และโซเดียมเมตาไบซัลไฟด์ 0.25 กรัม ลงในขวดวัดปริมาตรขนาด 50 มิลลิลิตร แล้วละลายและปรับปริมาตรด้วยเมธานอล:น้ำ (80:20 โดยปริมาตร)

1.2 กรองผ่านเซลลูโลสอะซิเตตขนาด 0.45 ไมโครเมตร

1.3 ปิเปตสารละลายมาตรฐานผสมที่ได้ในข้อ 1.3 ปริมาตร 1, 2, 3, 4 และ 5 มิลลิลิตร ลงในขวดวัดปริมาตรขนาด 50 มิลลิลิตร ทำการเจือจางและปรับปริมาตรให้ครบ 50 มิลลิลิตร ด้วยเมธานอล:น้ำ (80:20 โดยปริมาตร)

1.4 นำสารละลายมาตรฐานแต่ละความเข้มข้นไปผ่านเครื่อง เอช พี แอล ซี

1.5 นำค่า peak height ของโครมาโทแกรมที่ได้จากเครื่อง เอช พี แอล ซี มาทำกราฟมาตรฐานของสารละลายมาตรฐานผสม

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

2. **การเตรียมสารตัวอย่าง**

2.1 ชั่งผงบดหยาบของพืชตัวอย่าง 100.00 มิลลิกรัม ใส่ลงในขวดแก้วรูปชมพู่ขนาด 250 มิลลิลิตร เติมเมธานอล 30 มิลลิลิตร กรดไฮโดรคลอริกความเข้มข้น 1.5 นอร์มอล 30 มิลลิลิตร และ pumice 2-3 ชิ้น

2.2 ต่อท่อควบแน่นที่หล่อด้วยน้ำ และทำการไฮโดรไลซ์เป็นเวลา 2 ชั่วโมง จากนั้นทำให้เย็นแล้วกรองผ่านกระดาษกรองเบอร์ 1 ลงในขวดวัดปริมาตรขนาด 100 มิลลิลิตร

2.3 เติมโซเดียมเมตาไบซัลไฟต์ 0.5 กรัม และปรับปริมาตรให้ครบ 100 มิลลิลิตร ด้วยเมธานอล:น้ำ (80:20 โดยปริมาตร) แล้วกรองผ่านเซลลูโลสอะซิเตตขนาด 0.45 ไมโครเมตร

2.4 นำสารละลายไปผ่านเครื่อง เอช พี แอล ซี

2.5 นำโครมาโทแกรมที่ได้จากเครื่อง เอช พี แอล ซี ไปคำนวณหาปริมาณเควอซิติน และเคมเฟอรอล โดยเทียบกับกราฟมาตรฐานของสารละลายมาตรฐานผสม

3. **สภาวะการสร้างโครมาโทแกรม** (chromatographic conditions)

คอลัมน์ :Inertsil-ODS3 5 ไมโครเมตร เส้นผ่าศูนย์กลางภายใน 4.6 มิลลิเมตร ความยาว 150 มิลลิเมตร

Mobile Phase :2% (v/v) acetic acid in water/acetonitrile, gradient

อัตราการไหล :1 มิลลิลิตรต่อนาที

Detector :254 นาโนเมตร

Injection volume :20 ไมโครลิตร

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

4. Mobile phase **ของระบบ** gradient system

เวลา (นาที)	2% (v/v) acetic acid in water	Acetonitrile
0.00	100.0	0.0
10.00	100.0	0.0
30.00	40.0	60.0
40.00	20.0	80.0
50.00	0.0	100.0

ข. การวิเคราะห์หาปริมาณสารประกอบโพลีฟีนอลโดยรวม

ตรวจวัดปริมาณโพลีฟีนอลโดยรวมในพืชตัวอย่าง โดยใช้หลักการวัดการเกิดสีของโพลีฟีนอลโดยรวมกับสาร Folin-Ciocalteu Phenol TS ซึ่งเป็นสารเฉพาะสำหรับตรวจวัดสารประกอบโพลีฟีนอล ตรวจวัดค่าการดูดกลืนแสงด้วยเครื่องสเปคโตโฟโตมิเตอร์ ผลที่ได้แสดงค่าเป็น gallic acid equivalents (GAE)

1. **การเตรียม Folin-Ciocalteu Phenol TS** (Moffat, 1986; The United States Pharmacopeial Convention, Inc., 2000)

1.1 ชั่งโซเดียมทังสเตต 100 กรัม และโซเดียมโมลิบเดต 25 กรัม ใส่ลงในขวดก้นกลมขนาด 1.5 ลิตร

1.2 เติมน้ำ 700 มิลลิลิตร กรดฟอสฟอริก 50 มิลลิลิตร และกรดไฮโดรคลอริก 100 มิลลิลิตร

1.3 ต่อท่อควบแน่นที่หล่อด้วยน้ำ และทำการไฮโดรไลซ์เป็นเวลา 10 ชั่วโมง แล้วเติมลิเทียมซัลเฟต 150 กรัม น้ำ 50 มิลลิลิตร และโบรมีน 2-3 หยด

1.4 นำไปต้มโดยไม่ต่อท่อควบแน่นที่หล่อด้วยน้ำ ประมาณ 15 นาที หรือจนกระทั่งโบรมีนที่เหลือถูกไล่ออกหมด

1.5 ทิ้งให้เย็น แล้วปรับปริมาตรด้วยน้ำให้ครบ 1,000 มิลลิลิตร

1.6 กรองด้วยกระดาษกรองเบอร์ 1 หลายๆ ครั้งจนสารที่กรองได้ไม่มีสีเขียว ก่อนนำไปใช้ต้องเจือจางด้วยน้ำในอัตราส่วน 1:1

2. **การเตรียมสารละลายมาตรฐานกรดแกลลิค** (Burns et al., 2000; Lakenbrink et al., 2000; Pellegrini et al., 2000; Simonetti, Pietta and Testolin, 1997; Zielinski and Koztowska, 2000)

2.1 เตรียมสารละลายมาตรฐานกรดแกลลิค ในเมธานอล:น้ำ (80:20 โดยปริมาตร) ความเข้มข้น 2.5 มิลลิโมลต่อลิตร

2.2 ปิเปตสารละลายมาตรฐานจากข้อ 2.1 ปริมาตร 1,000, 800, 600, 500, 400, 300 และ 200 ไมโครลิตร ทำการเจือจางและปรับปริมาตรให้ครบ 1000 ไมโครลิตร ด้วยเมธานอล:น้ำ (80:20 โดยปริมาตร)

2.3 ปิเปตสารละลายมาตรฐานจากข้อ 2.2 แต่ละความเข้มข้น 0.25 มิลลิลิตร เติม Folin-Ciocalteu Phenol TS 0.25 มิลลิลิตร โซเดียมคาร์บอเนตอิ่มตัว 0.5 มิลลิลิตร และน้ำ 4 มิลลิลิตร ผสมให้เข้ากัน แล้วตั้งทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 25 นาที

2.4 นำไปปั่น 3,000 รอบต่อนาที เป็นเวลา 10 นาที

2.5 เทของเหลวใสที่อยู่ชั้นบนของตะกอนไปวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ 725 นาโนเมตร โดยใช้เครื่องสเปคโตโฟโตมิเตอร์

2.6 นำค่าการดูดกลืนแสงที่ได้ไปทำกราฟมาตรฐานกรดแกลลิค

3. **การหาปริมาณสารประกอบโพลีฟีนอลโดยรวม** (Burns et al., 2000; Zielinski and Koztowska, 2000; Lakenbrink et al., 2000; Simonetti et al., 1997; Pellegrini et al., 2000)

3.1 สกัดพืชตัวอย่าง 100 มิลลิกรัม ด้วยเมธานอล:น้ำ (80:20 โดยปริมาตร) 10 มิลลิลิตร ในกรวยแยกขนาด 100 มิลลิลิตร ใช้เวลาในการสกัด 20 นาที (เขย่าเป็นครั้งคราว)

3.2 ปิเปตสารสกัดจากข้อ 3.1 ปริมาตร 0.25 มิลลิลิตร เติม Folin-Ciocalteu Phenol TS. 0.25 มิลลิลิตร โซเดียมคาร์บอเนตอิ่มตัว 0.5 มิลลิลิตร และน้ำ 4 มิลลิลิตร ผสมให้เข้ากัน แล้วตั้งทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 25 นาที

3.3 นำไปปั่น 3,000 รอบต่อนาที เป็นเวลา 10 นาที

3.4 เทของเหลวใสที่อยู่ชั้นบนของตะกอนไปวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ 725 นาโนเมตร โดยใช้เครื่องสเปคโตโฟโตมิเตอร์

3.5 คำนวณหาปริมาณโพลีฟีนอลโดยรวมเป็น gallic acid equivalents (GAE) โดยนำค่าการดูดกลืนแสงไปเทียบกับกราฟมาตรฐานกรดแกลลิค

ค. การตรวจวัดฤทธิ์การต้านออกซิเดชันโดยรวม (George and Irvine, 1952; Miller et al., 1993; Strube et al., 1996)

ตรวจวัดฤทธิ์ต้านออกซิเดชันของพืชตัวอย่าง เพื่อให้ทราบว่าพืชตัวอย่างมีความสามารถต่อต้านอนุมูลอิสระได้ เช่น อนุมูลอิสระไฮดรอกซิล โดยใช้สารเฉพาะเพื่อทำให้เกิดสีในภาวะที่มีหรือไม่มีสารสกัดพืชตัวอย่างร่วมอยู่ด้วย ระยะเวลาของ lag time ที่ยาวนาน จะเป็นตัวชี้บอกความสามารถเฉพาะและศักยภาพในการต่อต้านอนุมูลอิสระ

1. **การเตรียมสารละลายฟอสเฟต บัฟเฟอร์ ซาไลน์ (พีบีเอส)** (Phosphate buffer saline, PBS)

ชั่งโซเดียมคลอไรด์ 8.00 กรัม โพแทสเซียมคลอไรด์ 0.20 กรัม ไดโซเดียมไฮโดรเจนฟอสเฟต 1.15 กรัม และโพแทสเซียมไดไฮโดรเจนฟอสเฟต 0.20 กรัม

เตรียมสารละลายพีบีเอสความเข้มข้น 0.15 โมลต่อลิตร โดนนำสารทั้ง 4 ชนิด ละลายด้วยน้ำกลั่นและปรับปริมาตรให้ครบ 1,000 มิลลิลิตร ปรับพีเอชให้ได้ประมาณ 7.4 ด้วยโซเดียมคลอไรด์ 0.1 นอร์มอล หรือ กรดไฮโดรคลอริก 0.1 นอร์มอล แล้วเจือจางให้ได้ความเข้มข้น 5 มิลลิโมลต่อลิตรด้วยน้ำกลั่น

2. **เมทไมโอโกลบิน** (Metmyoglobin)

2.1 เตรียมสารละลายไมโอโกลบิน 400 ไมโครโมลต่อลิตร โดยชั่งไมโอโกลบิน 0.17 กรัม ปรับปริมาตรด้วยสารละลายพีบีเอสให้ครบ 25 มิลลิลิตร

2.2 เตรียมสารละลายโพแทสเซียมเฟอร์ริไซยาไนด์ 740 ไมโครโมลต่อลิตร โดยชั่งโพแทสเซียมเฟอร์ริไซยาไนด์ 0.1203 กรัม ปรับปริมาตรด้วยสารละลายพีบีเอสให้ครบ 500 มิลลิลิตร

2.3 เติมสารละลายไมโอโกลบิน 400 ไมโครโมลต่อลิตร ลงในสารละลายโพแทสเซียมเฟอร์ริไซยาไนด์ 740 ไมโครโมลต่อลิตร ในปริมาตรที่เท่ากัน จากนั้นทำให้บริสุทธิ์โดยนำไปผ่านคอลัมน์ที่มีเซฟาเดซ จี15-120 โดยใช้สารละลายพีบีเอสเป็นตัวทำละลาย จากนั้นเก็บแต่ละส่วนไว้เพื่อนำไปคำนวณหาความเข้มข้นของเมทไมโอโกลบิน โดยนำมาวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ ความยาวคลื่น 490, 560, 580 และ 700 นาโนเมตร แล้วคำนวณความเข้มข้นของสารแต่ละตัวตามสมการ

$$[\text{Met Mb}] = 146A_{490} - 108A_{560} + 2.1A_{580}$$

$$[\text{Ferryl Mb}] = -62A_{490} + 242A_{560} - 123A_{580}$$

$$[MbO_2] = 2.8A_{490} - 127A_{560} + 153A_{580}$$

ค่าการดูดกลืนแสงแต่ละความยาวคลื่น ต้องลบด้วยการดูดกลืนแสงที่ 700 นาโนเมตรก่อนเสมอ หลังจากคำนวณแล้ว [Met Mb] ควรจะได้มากกว่า 90%

3. **เอบีทีเอส (2,2'-อะซิโนบิส (3-เอธิลเบนซ์ไธอะโซลีน-6-ซัลโฟนิค แอซิด)** (ABTS (2,2'-Azino-bis(3-ethylbenzthiazoline-6-sulfonic acid)))

เตรียมเอบีทีเอส 5 มิลลิโมลต่อลิตร โดยชั่งเอบีทีเอส 0.06998 กรัม ปรับปริมาตรด้วยสารละลายพีบีเอสให้ครบ 25 มิลลิลิตร แล้วเจือจางเอบีทีเอสด้วยสารละลายพีบีเอสให้ได้ความเข้มข้น 500 ไมโครโมลต่อลิตร

4. **สารละลายไฮโดรเจนเพอร์ออกไซด์**

เจือจางไฮโดรเจนเพอร์ออกไซด์ (30%) ลงประมาณ 100 เท่า จากนั้นนำมา ไตเตรทด้วยสารละลายมาตรฐานโพแทสเซียมเปอร์แมงกาเนตความเข้มข้น 0.1 นอร์มอล โดยเติมสารละลายเหล่านี้ลงในขวดรูปชมพู่ขนาด 250 มิลลิลิตร

น้ำ	20	มิลลิลิตร
กรดซัลฟูริคความเข้มข้น 2 นอร์มอล	20	มิลลิลิตร
ไฮโดรเจนเพอร์ออกไซด์ที่เจือจางแล้ว	2	มิลลิลิตร

จากนั้นไตเตรทด้วยสารละลายมาตรฐานโพแทสเซียมเปอร์แมงกาเนต จนถึงจุดยุติคือสารละลายไม่มีสี ทำ blank ควบคู่ไปด้วย โดยใช้น้ำกลั่นแทนไฮโดรเจนเพอร์ออกไซด์

5. **การตรวจวัดฤทธิ์การต้านออกซิเดชันของสารมาตรฐานโทรลอกซ์** (Trolox)

5.1 ตรวจวัดความสามารถในการต้านออกซิเดชัน ของสารมาตรฐานโทรลอกซ์ โดยเตรียมสารละลายมาตรฐานโทรลอกซ์ ในเมธานอล:น้ำ (80:20 โดยปริมาตร) ความเข้มข้น 2.50 มิลลิโมลต่อลิตร แล้วปิเปตสารละลายมาตรฐานปริมาตร 1,000, 800, 600, 500, 400, 300 และ 200

ไมโครลิตร ทำการเจือจางและปรับปริมาตรให้ครบ 1,000 ไมโครลิตร ด้วยเมธานอล:น้ำ (80:20 โดยปริมาตร)

5.2 เติมเอบีทีเอส 500 ไมโครโมลต่อลิตร จำนวน 50 ไมโครลิตร เมทไมโอโกลบิน จำนวน 76 ไมโครลิตร พีบีเอส 5 มิลลิโมลต่อลิตร จำนวน 980 ไมโครลิตร สารมาตรฐานโทรลอกซ์ จำนวน 20 ไมโครลิตร ไฮโดรเจนเพอร์ออกไซด์ 500 มิลลิโมลต่อลิตร จำนวน 450 ไมโครลิตร ผสมให้เข้ากัน แล้วนำไปวัดค่าดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 414 นาโนเมตร ที่เวลา 3 นาที

5.3 คำนวณความสามารถในการต้านออกซิเดชัน ของสารมาตรฐานโทรลอกซ์ จากร้อยละของการต่อต้าน (% inhibition) ของการดูดกลืนแสง และทำกราฟมาตรฐานของสารมาตรฐานโทรลอกซ์

$$\%\ \text{Inhibition ของสารมาตรฐานโทรลอกซ์} = \frac{[A_{\text{negative control}} - A_{\text{Trolox}}]}{A_{\text{negative control}}} \times 100$$

6. การตรวจวัดฤทธิ์การต้านออกซิเดชันของพืชตัวอย่าง

6.1 การเตรียมตัวอย่าง

สกัดผงบดหยาบของพืชตัวอย่างด้วยเมธานอล:น้ำ (80:20 โดยปริมาตร) แล้วนำไประเหยด้วยเครื่องระเหยสุญญากาศ และนำไปอบแห้งในตู้อบลมร้อนอุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส แล้วนำผงแห้งของสารสกัดพืชตัวอย่างที่ทราบน้ำหนักแน่นอนไปละลายด้วยเมธานอล:น้ำ (80:20 โดยปริมาตร)

6.2 การตรวจวัดฤทธิ์การต้านออกซิเดชัน

เติมเอบีทีเอส 500 ไมโครโมลต่อลิตร จำนวน 50 ไมโครลิตร เมทไมโอโกลบิน จำนวน 76 ไมโครลิตร พีบีเอส 5 มิลลิโมลต่อลิตร จำนวน 980 ไมโครลิตร สารละลายพืชตัวอย่าง จำนวน 20 ไมโครลิตร ไฮโดรเจนเพอร์ออกไซด์ 500 มิลลิโมลต่อลิตร จำนวน 450 ไมโครลิตร ผสมให้เข้ากัน แล้วนำไปวัดค่าดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 414 นาโนเมตร ที่เวลา 3 นาที

คำนวณความสามารถในการต้านออกซิเดชันของตัวอย่าง จากร้อยละของการต่อต้าน (% inhibition) ของการดูดกลืนแสง และคำนวณหาน้ำหนักแห้งของสารสกัดพืชตัวอย่าง จากนั้นคำนวณหาค่า Trolox Equivalent Antioxidant Capacity (TEAC) เปรียบเทียบกับสารมาตรฐานโทรลอกซ์ที่มีน้ำหนักเท่ากันที่ 1 มิลลิกรัม

ง. การตรวจวัดความชื้น

ตรวจวัดความชื้นในตัวอย่างใบหม่อนอบแห้งและชาใบหม่อน ใช้หลักการ loss on drying ด้วยเครื่องวัดความชื้น Moisture Analyzer MA30 โดยชั่งตัวอย่างอบแห้ง 100 มิลลิกรัม บันทึกค่าความชื้นจากเครื่องเป็นร้อยละ (% moisture)

3. การวิเคราะห์ข้อมูล

วิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ โดยวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบทางเดียว (one-way ANOVA) และแบบ 2 ทาง (two-way ANOVA) จากโปรแกรมคอมพิวเตอร์ SPSS version 7.5 (กัลยา วานิชย์ปัญญา, 2542; ธวัชชัย งามสันติวงศ์, 2543)

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 4
ผลการวิจัย

1. ปริมาณเควอซิตินในใบหม่อนอบแห้งพันธุ์ต่างๆ จากบางแหล่งในประเทศไทย

ผลการวิเคราะห์หาปริมาณเควอซิตินในใบหม่อนส่วนยอด ใบอ่อน และใบแก่อบแห้งพันธุ์ต่างๆ จากสถานที่ปลูก 4 แหล่ง ได้แก่ ศูนย์วิจัยหม่อนไหมนครราชสีมา ศูนย์วิจัยหม่อนไหมอุดรธานี สถานีทดลองหม่อนไหมตาก และศูนย์วิจัยหม่อนไหมแพร่ พบว่าปริมาณเควอซิตินเฉลี่ยเท่ากับ 752.11 มิลลิกรัมต่อ 100 กรัม ปริมาณเควอซิตินสูงสุดเท่ากับ 2,069.75 มิลลิกรัมต่อ 100 กรัม พบในยอดพันธุ์นครราชสีมา 60 ซึ่งปลูกที่ศูนย์วิจัยหม่อนไหมอุดรธานี และปริมาณเควอซิตินต่ำสุดเท่ากับ 157.45 มิลลิกรัมต่อ 100 กรัม พบในใบแก่พันธุ์คุณไพ ปลูกที่สถานีทดลองหม่อนไหมตาก นอกจากนี้พบว่าในพันธุ์เดียวกันแต่ปลูกต่างสถานที่กัน ปริมาณเควอซิตินที่พบก็ต่างกัน เช่น ยอดพันธุ์นครราชสีมา 60 ปลูกที่ศูนย์วิจัยหม่อนไหมนครราชสีมา ศูนย์วิจัยหม่อนไหมอุดรธานี สถานีทดลองหม่อนไหมตาก และศูนย์วิจัยหม่อนไหมแพร่ มีปริมาณเควอซิติน 1,506.51, 2,069.75, 368.31 และ 635.70 มิลลิกรัมต่อ 100 กรัม ตามลำดับ และหม่อนที่ปลูกสถานที่เดียวกันแต่ต่างพันธุ์ ปริมาณเควอซิตินที่พบก็ต่างกัน เช่น ปลูกที่ศูนย์วิจัยหม่อนไหมนครราชสีมา ยอดพันธุ์นครราชสีมา 60 พันธุ์บุรีรัมย์ 60 พันธุ์คุณไพ และพันธุ์หม่อนน้อย มีปริมาณเควอซิติน 1,506.51, 1,334.07, 1,437.19 และ 1,145.75 มิลลิกรัมต่อ 100 กรัม ตามลำดับ เมื่อวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติเกี่ยวกับอิทธิพลของแหล่งปลูก อายุใบ และพันธุ์ ที่มีต่อปริมาณเควอซิติน โดยการทดสอบความแปรปรวนแบบ 2 ทาง (two-way ANOVA) พบว่าแหล่งปลูก อายุใบ และพันธุ์ เป็นปัจจัยที่มีอิทธิพลร่วมกัน (interaction) ทำให้ปริมาณเควอซิตินมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ดังแสดงในตารางที่ 3

ตารางที่ 3 ปริมาณเควอซิตินในใบหม่อนอบแห้งพันธุ์ต่างๆ จากบางแหล่งในประเทศไทย

ปริมาณเควอซิติน (มิลลิกรัมต่อ 100 กรัม น้ำหนักแห้ง)[a,b]					
ใบหม่อน		แหล่งที่ปลูก			
พันธุ์	อายุใบ	นครราชสีมา	อุดรธานี	ตาก	แพร่
นครราชสีมา 60	ยอด	1,506.51±51.62	2,069.75±93.75	368.31±5.03	635.70±7.41
	ใบอ่อน	777.31±34.85	1,295.96±28.46	382.85±1.68	647.17±22.92
	ใบแก่	719.69±5.76	944.60±15.38	338.80±3.81	486.07±6.47
บุรีรัมย์ 60	ยอด	1,334.07±63.07	1,888.41±55.66	366.56±2.67	436.12±14.94
	ใบอ่อน	669.87±30.94	997.61±38.07	300.26±10.06	499.88±18.28
	ใบแก่	685.11±20.36	1,155.61±25.57	217.45±2.19	723.84±35.72
คุณไพ	ยอด	1,437.19±65.16	1,539.31±54.32	286.19±7.99	568.86±17.38
	ใบอ่อน	1,287.48±52.10	557.25±12.11	324.47±6.62	596.39±23.02
	ใบแก่	1,071.59±23.81	674.63±24.39	157.45±1.52	267.79±2.62
น้อย	ยอด	1,145.75±41.62	1,432.62±61.71	238.25±0.87	525.36±2.94
	ใบอ่อน	859.34±42.19	754.37±14.09	330.57±12.19	560.34±26.88
	ใบแก่	643.59±18.85	708.88±21.61	225.67±2.28	461.43±13.13

[a]ค่าเฉลี่ย±ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน จากการวิเคราะห์ 3 ตัวอย่าง

[b]แหล่งปลูก อายุใบ และพันธุ์ เป็นปัจจัยที่มีอิทธิพลร่วมกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ *($p<0.05$)*

2. ปริมาณเคมเฟอรอลในใบหม่อนอบแห้งพันธุ์ต่าง ๆ จากบางแหล่งในประเทศไทย

ผลการวิเคราะห์หาปริมาณเคมเฟอรอลในใบหม่อนส่วนยอด ใบอ่อน และใบแก่อบแห้ง พันธุ์ต่างๆ จากสถานที่ปลูก 4 แหล่ง ได้แก่ ศูนย์วิจัยหม่อนไหมนครราชสีมา ศูนย์วิจัยหม่อนไหมอุดรธานี สถานีทดลองหม่อนไหมตาก และศูนย์วิจัยหม่อนไหมแพร่ พบว่าปริมาณเคมเฟอรอลเฉลี่ยเท่ากับ 302.65 มิลลิกรัมต่อ 100 กรัม ปริมาณเคมเฟอรอลสูงสุดเท่ากับ 869.44 มิลลิกรัมต่อ 100 กรัม พบในยอดพันธุ์นครราชสีมา 60 ซึ่งปลูกที่ศูนย์วิจัยหม่อนไหมอุดรธานี และปริมาณเคมเฟอรอลต่ำสุดเท่ากับ 52.38 มิลลิกรัมต่อ 100 กรัม พบในใบแก่พันธุ์หม่อนคุณไพ ปลูกที่สถานีทดลองหม่อนไหมตาก นอกจากนี้พบว่าในพันธุ์เดียวกันแต่ปลูกต่างสถานที่กัน ปริมาณเคมเฟอรอลที่พบก็ต่างกัน เช่น ยอดพันธุ์นครราชสีมา 60 ปลูกที่ศูนย์วิจัยหม่อนไหมนครราชสีมา ศูนย์วิจัยหม่อนไหมอุดรธานี สถานีทดลองหม่อนไหมตาก และศูนย์วิจัยหม่อนไหมแพร่ มีปริมาณเคมเฟอรอล 555.04, 869.44, 257.36 และ 335.77 มิลลิกรัมต่อ 100 กรัม ตามลำดับ และหม่อนที่ปลูกสถานที่เดียวกันแต่ต่างพันธุ์ ปริมาณเคมเฟอรอลที่พบก็ต่างกัน เช่น ปลูกที่ศูนย์วิจัยหม่อนไหมนครราชสีมา ยอดพันธุ์นครราชสีมา 60 พันธุ์บุรีรัมย์ 60 พันธุ์คุณไพ และพันธุ์น้อย มีปริมาณเคมเฟอรอล 555.04, 618.15, 410.97 และ 320.40 มิลลิกรัมต่อ 100 กรัม ตามลำดับ เมื่อวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติเกี่ยวกับอิทธิพลของแหล่งปลูก อายุใบ และพันธุ์ ที่มีต่อปริมาณเคมเฟอรอล โดยการทดสอบความแปรปรวนแบบ 2 ทาง (two-way ANOVA) พบว่าแหล่งปลูก อายุใบ และพันธุ์ เป็นปัจจัยที่มีอิทธิพลร่วมกัน ทำให้ปริมาณเคมเฟอรอลมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ดังแสดงในตารางที่ 4

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 4 ปริมาณเคมเฟอรอลในใบหม่อนอบแห้งพันธุ์ต่างๆ จากบางแหล่งในประเทศไทย

ปริมาณเคมเฟอรอล (มิลลิกรัมต่อ 100 กรัม น้ำหนักแห้ง)[a,b]					
ใบหม่อน		แหล่งที่ปลูก			
พันธุ์	อายุใบ	นครราชสีมา	อุดรธานี	ตาก	แพร่
นครราชสีมา 60	ยอด	555.04±27.02	869.44±31.86	257.36±7.50	335.77±11.61
	ใบอ่อน	346.40±16.84	621.97±25.68	206.39±0.56	344.01±5.30
	ใบแก่	329.79±15.58	494.10±12.81	171.44±4.00	235.83±3.93
บุรีรัมย์ 60	ยอด	618.15±32.59	690.45±22.03	150.95±0.97	238.28±8.36
	ใบอ่อน	345.13±12.57	507.88±22.94	146.60±2.60	315.78±8.97
	ใบแก่	327.21±6.81	743.44±29.42	115.95±3.19	423.22±19.42
คุณไพ	ยอด	410.97±8.06	362.58±12.90	128.36±4.46	170.06±7.07
	ใบอ่อน	453.60±14.18	176.60±5.60	151.17±4.97	202.39±3.18
	ใบแก่	403.16±7.51	232.51±11.79	52.38±0.21	57.25±2.44
น้อย	ยอด	320.40±16.40	374.26±14.11	131.32±5.33	162.70±2.65
	ใบอ่อน	253.69±16.57	248.47±9.74	96.36±3.51	194.96±6.34
	ใบแก่	153.02±12.21	235.43±14.98	59.43±1.84	105.66±4.29

[a]ค่าเฉลี่ย±ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน จากการวิเคราะห์ 3 ตัวอย่าง

[b]แหล่งปลูก อายุใบ และ พันธุ์ เป็นปัจจัยที่มีอิทธิพลร่วมกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ *($p<0.05$)*

3. ปริมาณโพลีฟีนอลโดยรวมในใบหม่อนอบแห้งพันธุ์ต่างๆ จากบางแหล่งในประเทศไทย

ผลการวิเคราะห์หาปริมาณโพลีฟีนอลโดยรวมในใบหม่อนส่วนยอด ใบอ่อน และใบแก่อบแห้ง พันธุ์ต่างๆ จากสถานที่ปลูก 4 แหล่ง ได้แก่ ศูนย์วิจัยหม่อนไหมนครราชสีมา ศูนย์วิจัยหม่อนไหมอุดรธานี สถานีทดลองหม่อนไหมตาก และศูนย์วิจัยหม่อนไหมแพร่ พบปริมาณโพลีฟีนอลโดยรวมสูงสุดเท่ากับ 3,259.41 มิลลิกรัมต่อ 100 กรัม พบในยอดพันธุ์บุรีรัมย์ 60 ซึ่งปลูกที่ศูนย์วิจัยหม่อนไหมอุดรธานี และปริมาณโพลีฟีนอลโดยรวมต่ำสุดเท่ากับ 572.19 มิลลิกรัมต่อ 100 กรัม พบในใบแก่พันธุ์หม่อนคุณไพ ปลูกที่สถานีทดลองหม่อนไหมตาก นอกจากนี้พบว่าในพันธุ์เดียวกันแต่ปลูกต่างสถานที่กัน ปริมาณโพลีฟีนอลโดยรวมที่พบก็ต่างกัน เช่น ยอดพันธุ์นครราชสีมา 60 ปลูกที่ศูนย์วิจัยหม่อนไหมนครราชสีมา ศูนย์วิจัยหม่อนไหมอุดรธานี สถานีทดลองหม่อนไหมตาก และศูนย์วิจัยหม่อนไหมแพร่ มีปริมาณโพลีฟีนอลโดยรวม 4,614.48, 4,149.22, 2,183.95 และ 896.16 มิลลิกรัมต่อ 100 กรัม ตามลำดับ และหม่อนที่ปลูกสถานที่เดียวกันแต่ต่างพันธุ์ ปริมาณโพลีฟีนอลโดยรวมที่พบก็ต่างกัน เช่น ปลูกที่ศูนย์วิจัยหม่อนไหมนครราชสีมา ยอดพันธุ์นครราชสีมา 60 พันธุ์บุรีรัมย์ 60 พันธุ์คุณไพ และพันธุ์น้อย มีปริมาณโพลีฟีนอลโดยรวม 4,614.48, 4,797.86, 5,375.25 และ 4,840.03 มิลลิกรัมต่อ 100 กรัม ตามลำดับ เมื่อวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติเกี่ยวกับอิทธิพลของแหล่งปลูก อายุใบ และพันธุ์ ที่มีต่อปริมาณโพลีฟีนอลโดยรวม โดยการทดสอบความแปรปรวนแบบ 2 ทาง (two-way ANOVA) พบว่าแหล่งปลูก อายุใบ และพันธุ์ เป็นปัจจัยที่มีอิทธิพลร่วมกัน ทำให้ปริมาณโพลีฟีนอลโดยรวมมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ดังแสดงในตารางที่ 5

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 5 ปริมาณโพลีฟีนอลโดยรวมในใบหม่อนอบแห้งพันธุ์ต่างๆ จากบางแหล่งในประเทศไทย

ปริมาณโพลีฟีนอลโดยรวม (มิลลิกรัมต่อ 100 กรัม น้ำหนักแห้ง)[a,b]					
ใบหม่อน		แหล่งที่ปลูก			
พันธุ์	อายุใบ	นครราชสีมา	อุดรธานี	ตาก	แพร่
นครราชสีมา 60	ยอด	4,614.48±118.03	4,149.22±64.34	2,183.95±62.80	896.16±25.96
	ใบอ่อน	3,336.11±45.91	2,801.47±109.23	1,112.53±35.08	1,275.22±20.94
	ใบแก่	2,707.05±132.36	2,510.68±28.78	982.28±24.65	1,040.90±33.96
บุรีรัมย์ 60	ยอด	4,797.86±176.49	6,301.03±94.91	1,436.73±5.51	1,098.00±31.90
	ใบอ่อน	3,215.00±95.95	3,259.41±98.29	892.41±37.93	1,538.31±66.91
	ใบแก่	3,157.97±38.46	4,006.13±157.65	865.22±19.31	1,424.56±42.17
คุณไพ	ยอด	5,375.25±143.23	5,900.30±181.28	1,119.93±33.18	1,930.96±28.53
	ใบอ่อน	3,954.41±186.47	2,276.59±83.60	1,174.04±21.48	1,638.89±63.03
	ใบแก่	4,267.18±32.26	2,809.89±43.73	572.19±27.60	878.36±25.81
น้อย	ยอด	4,840.03±92.49	5,705.10±200.62	1,252.84±37.67	2,017.93±65.72
	ใบอ่อน	2,810.39±89.38	2,561.05±124.63	951.29±8.42	1,747.72±31.90
	ใบแก่	2,341.60±93.10	2,429.40±69.83	922.92±44.47	1,314.46±56.53

[a]ค่าเฉลี่ย±ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (แสดงค่าเป็น gallic acid equivalents, GAE) จากการวิเคราะห์ 3 ตัวอย่าง

[b]แหล่งปลูก อายุใบ และ พันธุ์ เป็นปัจจัยที่มีอิทธิพลร่วมกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ *($p<0.05$)*

4. ปริมาณเควอซิติน เคมเฟอรอล และโพลีฟีนอลโดยรวมของยอดและชาใบหม่อน

ผลการวิเคราะห์ปริมาณเควอซิติน เคมเฟอรอล และโพลีฟีนอลโดยรวมของยอดใบหม่อนพันธุ์นครราชสีมา 60 ซึ่งเป็นพันธุ์ที่มีปริมาณเควอซิตินและเคมเฟอรอลสูงสุด จากศูนย์วิจัยหม่อนไหมอุดรธานี และเก็บมาในคราวเดียวกัน โดยศึกษาจากยอดสด ยอดอบแห้ง และนำยอดสดไปผลิตเป็นใบชา 5 ชนิด ได้แก่ ชาเขียวใบหม่อนผลิตแบบครัวเรือน ชาเขียวใบหม่อนผลิตแบบอุตสาหกรรมโรงงาน ชาดำใบหม่อนผลิตแบบครัวเรือน ชาดำใบหม่อนผลิตแบบอุตสาหกรรมโรงงาน และชาจีนใบหม่อนผลิตแบบครัวเรือน พบปริมาณเควอซิตินสูงสุดเท่ากับ 2,184.31 มิลลิกรัมต่อ 100 กรัม ในยอดอบแห้ง และต่ำสุดเท่ากับ 1,417.66 มิลลิกรัมต่อ 100 กรัม ในชาดำใบหม่อนผลิตแบบครัวเรือน ปริมาณเคมเฟอรอลสูงสุดเท่ากับ 660.15 มิลลิกรัมต่อ 100 กรัม ในยอดอบแห้ง และต่ำสุดเท่ากับ 447.16 มิลลิกรัมต่อ 100 กรัม ในยอดสด และปริมาณโพลีฟีนอลโดยรวมสูงสุดเท่ากับ 4,149.22 มิลลิกรัมต่อ 100 กรัม ในยอดอบแห้ง และต่ำสุดเท่ากับ 3,028.85 มิลลิกรัมต่อ 100 กรัม ในชาดำใบหม่อนผลิตแบบครัวเรือน เมื่อวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติโดยการทดสอบความแปรปรวนแบบทางเดียว (one-way ANOVA) พบว่ายอดสดและชาจีนใบหม่อนผลิตแบบครัวเรือน มีปริมาณเควอซิตินแตกต่างจากยอดอบแห้งและชาใบหม่อนชนิดอื่นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ยอดสดและชาดำใบหม่อนผลิตแบบครัวเรือน มีปริมาณเคมเฟอรอลแตกต่างจากยอดอบแห้งและชาใบหม่อนชนิดอื่นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 และยอดสดและชาเขียวใบหม่อนผลิตแบบอุตสาหกรรมโรงงาน มีปริมาณโพลีฟีนอลโดยรวมแตกต่างจากยอดอบแห้งและชาใบหม่อนชนิดอื่นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ดังแสดงในตารางที่ 6

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 6 ปริมาณเควอซิติน เคมเฟอรอล และโพลีฟีนอลโดยรวม ของยอดและชาใบหม่อน พันธุ์นครราชสีมา 60 ปลูกที่ศูนย์วิจัยหม่อนไหมอุดรธานี โดยน้ำหนักแห้ง

ใบหม่อน	เควอซิติน[a] (มิลลิกรัมต่อ 100 กรัม)	เคมเฟอรอล[a] (มิลลิกรัมต่อ 100 กรัม)	โพลีฟีนอลโดยรวม[a,b] (GAE)
ยอดสด	1,514.63±26.21[c]	447.16±20.01[c]	3,905.97±131.72[c,d]
ยอดอบแห้ง	2,537.49±74.77[d]	660.15±25.04[d]	4,149.22±64.34[d]
ชาเขียวใบหม่อนผลิตแบบครัวเรือน	1,933.62±54.02[e]	504.52±21.46[e]	3,190.89±89.78[e]
ชาเขียวใบหม่อนผลิตแบบอุตสาหกรรมโรงงาน	2,184.31±63.11[f]	579.86±20.75[f]	3,993.86±146.84[c,d]
ชาดำใบหม่อนผลิตแบบครัวเรือน	1,417.66±35.71[g]	466.65±11.75[c]	3,028.85±63.11[f,e]
ชาดำใบหม่อนผลิตแบบอุตสาหกรรมโรงงาน	1,703.48±73.55[h]	532.35±21.70[g,e]	3,407.12±92.19[g]
ชาจีนใบหม่อนผลิตแบบครัวเรือน	1,581.49±12.42[c]	502.36±3.09[h,e]	3,188.46±65.62[h,e]

[a]ค่าเฉลี่ย±ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน จากการวิเคราะห์ 3 ตัวอย่าง

[b]แสดงค่าเป็น gallic acid equivalents (GAE) หน่วยเป็นมิลลิกรัมต่อ 100 กรัม

[c,d,e------]ตัวเลขที่มีอักษรกำกับต่างกันตามแนวตั้ง มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ *($p<0.05$)*

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

5. ปริมาณเควอซิติน เคมเฟอรอล และโพลีฟีนอลโดยรวม ในน้ำชาเขียวใบหม่อนผลิตโดยวิธีอุตสาหกรรมโรงงานที่ชงด้วยน้ำร้อนที่เวลาต่าง ๆ

ผลการวิเคราะห์ปริมาณเควอซิติน เคมเฟอรอล และโพลีฟีนอลโดยรวมของน้ำชาเขียวใบหม่อนซึ่งผลิตโดยวิธีอุตสาหกรรมโรงงานที่ชงด้วยน้ำร้อนที่เวลาต่างๆ พบปริมาณเควอซิติน เคมเฟอรอล และโพลีฟีนอลโดยรวมสูงสุดเท่ากับ 2,192.61, 721.42 และ 1.64 มิลลิกรัมต่อ 100 กรัม ตามลำดับ ในน้ำชาที่ใช้เวลาในการชง 60 นาที และพบปริมาณเควอซิติน เคมเฟอรอล และโพลีฟีนอลโดยรวมต่ำสุดเท่ากับ 1,909.31, 565.13 และ 1.55 มิลลิกรัมต่อ 100 กรัม ตามลำดับ ในน้ำชาที่ใช้เวลาในการชง 6 นาที เมื่อวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ โดยการทดสอบความแปรปรวนแบบทางเดียว (one-way ANOVA) พบว่าที่เวลาในการชงชา 6 และ 60 นาที มีปริมาณเควอซิตินและเคมเฟอรอลแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 และการชงชาที่ 6, 12, 30 หรือ 60 นาที มีปริมาณโพลีฟีนอลโดยรวมไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ดังแสดงในตารางที่ 7

ตารางที่ 7 ปริมาณเควอซิติน เคมเฟอรอล และโพลีฟีนอลโดยรวม ในน้ำชาเขียวใบหม่อนผลิตแบบอุตสาหกรรมโรงงานที่ชงด้วยน้ำร้อนที่เวลาต่างๆ

เวลา	เควอซิติน[a] (มิลลิกรัมต่อ 100 กรัม)	เคมเฟอรอล[a] (มิลลิกรัมต่อ 100 กรัม)	โพลีฟีนอลโดยรวม[a,b] (GAE)
6 นาที	1,909.31±51.68[c]	565.13±20.41[c]	1,547.52±48.66[NS]
12 นาที	2,022.68±94.46[c,d]	602.17±9.51[c]	1,409.67±64.51[NS]
30 นาที	2,099.88±76.36[c,d]	671.63±3.24[c,e]	1,573.69±30.17[NS]
60 นาที	2,192.61±48.62[d]	721.42±14.52[d,e]	1,636.54±57.21[NS]

[a]ค่าเฉลี่ย±ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน จากการวิเคราะห์ 3 ตัวอย่าง

[b]แสดงค่าเป็น gallic acid equivalents (GAE) หน่วยเป็นมิลลิกรัมต่อ 100 กรัมของใบชาตั้งต้น

[c,d,e------]ตัวเลขที่มีอักษรกำกับต่างกันตามแนวตั้ง มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ *(p<0.05)*

[NS]ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ *(p<0.05)*

6. **ความสามารถในการต้านออกซิเดชันของตัวอย่าง 1 มิลลิกรัมเทียบกับโทรลอกซ์** (Trolox Equivalent Antioxidant Capacity, TEAC)

นำยอด ใบอ่อน และใบแก่ ของใบหม่อนพันธุ์นครราชสีมา 60 ซึ่งปลูกที่ศูนย์วิจัยหม่อนไหมอุดรธานี เนื่องจากพบว่ามีปริมาณเควอซิตินและเคมเฟอรอลโดยรวมสูงสุด และนำเฉพาะส่วนยอดมาผลิตชาเขียวใบหม่อนตามวิธีอุตสาหกรรมโรงงาน และชงชาชนิดนี้ด้วยน้ำร้อน 70 องศาเซลเซียส ใช้เวลาในการชง 60 นาที แล้วตรวจวัดประสิทธิภาพการต้านออกซิเดชันของตัวอย่าง 1 มิลลิกรัมเทียบกับโทรลอกซ์ (Trolox Equivalent Antioxidant Capacity, TEAC) พบว่าค่าเฉลี่ย TEAC ของน้ำชาเขียวซึ่งผลิตแบบอุตสาหกรรมโรงงานมีค่าสูงสุด เท่ากับ 0.95 และค่าเฉลี่ย TEAC ของชาเขียวใบหม่อนซึ่งผลิตแบบอุตสาหกรรมโรงงานมีค่าต่ำสุดเท่ากับ 0.07 เมื่อวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ โดยการทดสอบความแปรปรวนแบบทางเดียว (one-way ANOVA) พบว่าค่าเฉลี่ย TEAC แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ยกเว้นค่าเฉลี่ย TEAC ของยอดอบแห้งกับใบแก่อบแห้ง ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ดังแสดงในตารางที่ 8

ตารางที่ 8 ความสามารถในการต้านออกซิเดชันของตัวอย่าง 1 มิลลิกรัมเทียบกับโทรลอกซ์ โดยน้ำหนักแห้ง

ตัวอย่าง	TEAC[a]
ยอดอบแห้ง	0.25±0.03[b]
ใบอ่อนอบแห้ง	0.19±0.01[c]
ใบแก่อบแห้ง	0.24±0.01[b]
ชาเขียวใบหม่อนผลิตแบบอุตสาหกรรมโรงงาน	0.07±0.03[d]
น้ำชาเขียวใบหม่อนผลิตแบบอุตสาหกรรมโรงงาน	0.95±0.38[e]

[a]ค่าเฉลี่ย±ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Trolox Equivalent Antioxidant Capacity, TEAC) จากการวิเคราะห์ 5 ตัวอย่าง

[b,c,d...]ตัวเลขที่มีอักษรกำกับต่างกัน มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ *($p<0.05$)*

7. ปริมาณเควอซิติน เคมเฟอรอล โพลีฟีนอลโดยรวม และความสามารถในการต้านออกซิเดชันของใบหม่อนและชาใบหม่อน

การเปรียบเทียบปริมาณเควอซิติน เคมเฟอรอล โพลีฟีนอลโดยรวม และประสิทธิภาพการต้านออกซิเดชัน (Trolox Equivalent Antioxidant Capacity, TEAC) ของใบหม่อนส่วนยอด ใบอ่อน และใบแก่ พันธุ์นครราชสีมา 60 ปลูกที่ศูนย์วิจัยหม่อนไหมอุดรธานี ชาเขียวใบหม่อนที่ผลิตแบบอุตสาหกรรมโรงงาน ที่ผลิตจากส่วนยอดของใบหม่อนพันธุ์นครราชสีมา 60 จากสถานที่ปลูกเดียวกัน และนำชาชนิดนี้มาชงด้วยน้ำร้อนอุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส โดยใช้เวลาในการชง 60 นาที แสดงในตารางที่ 9

ตารางที่ 9 ปริมาณเควอซิติน เคมเฟอรอล โพลีฟีนอลโดยรวม และความสามารถในการต้านออกซิเดชันของใบหม่อน ชาใบหม่อน และน้ำชาใบหม่อน

ตัวอย่าง	เควอซิติน (มิลลิกรัมต่อ 100 กรัม)	เคมเฟอรอล (มิลลิกรัมต่อ 100 กรัม)	โพลีฟีนอลโดยรวม (GAE)	TEAC
ยอดอบแห้ง	2,069.75±93.75	869.44±31.86	4,149.22±64.34	0.25±0.03
ใบอ่อนอบแห้ง	1,295.96±28.46	621.97±25.68	2,801.47±109.23	0.19±0.01
ใบแก่อบแห้ง	944.60±15.38	494.10±12.81	2,510.68±28.78	0.24±0.01
ชาเขียวใบหม่อนผลิตแบบอุตสาหกรรมโรงงาน	2,184.31±63.11	579.86±20.75	3,993.86±146.84	0.07±0.03
น้ำชาเขียวใบหม่อนผลิตแบบอุตสาหกรรมโรงงาน	2,192.61±48.62	721.42±14.52	1,636.54±57.21	0.95±0.38

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

8. ปริมาณความชื้น (ร้อยละ) ในใบหม่อนอบแห้งพันธุ์ต่าง ๆ จากบางแหล่งในประเทศไทย

ผลตรวจวัดปริมาณความชื้นในตัวอย่างใบหม่อนอบแห้งด้วยเครื่องวัดความชื้น Moisture Analyzer MA30 โดยใช้หลักการ loss on drying ค่าที่อ่านได้เป็นร้อยละของปริมาณความชื้นในตัวอย่างใบหม่อนอบแห้ง 100 มิลลิกรัม (น้ำหนักแห้ง) ดังแสดงในตารางที่ 10

ตารางที่ 10 ปริมาณความชื้นในใบหม่อนอบแห้งสายพันธุ์ต่างๆ จากบางแหล่งในประเทศไทย

ปริมาณความชื้น[a] (ร้อยละ)					
ใบหม่อน		แหล่งที่ปลูก			
พันธุ์	อายุใบ	นครราชสีมา	อุดรธานี	ตาก	แพร่
นครราชสีมา 60	ยอด	13.96±3.72	12.16±1.88	13.99±1.62	7.75±2.16
	ใบอ่อน	8.85±1.60	9.77±1.01	13.37±2.68	11.72±1.70
	ใบแก่	10.27±2.80	10.93±1.08	7.58±1.95	10.35±2.27
บุรีรัมย์ 60	ยอด	19.81±2.65	11.17±1.93	10.54±3.08	13.82±3.33
	ใบอ่อน	11.41±1.05	8.92±2.19	8.93±0.72	11.45±2.92
	ใบแก่	6.40±0.68	6.73±0.91	9.19±1.47	6.45±1.49
คุณไพ	ยอด	15.52±1.50	7.11±1.90	7.51±0.51	8.40±1.59
	ใบอ่อน	15.48±1.84	6.43±1.44	7.28±2.11	7.76±0.74
	ใบแก่	22.26±5.02	8.71±2.54	13.44±0.39	8.37±2.53
น้อย	ยอด	20.15±2.69	7.80±1.52	12.63±2.16	12.05±1.90
	ใบอ่อน	20.95±1.52	8.11±0.91	8.91±0.94	14.42±2.86
	ใบแก่	12.28±1.15	7.18±1.36	7.29±2.11	10.59±1.55

[a]ค่าเฉลี่ย±ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน จากการวิเคราะห์ 3 ตัวอย่าง

9. ปริมาณความชื้น (ร้อยละ) ในยอดและชาใบหม่อน พันธุ์นครราชสีมา 60 ปลูกที่ศูนย์วิจัยหม่อนไหมอุดรธานี โดยน้ำหนักแห้ง

ผลตรวจวัดปริมาณความชื้นในตัวอย่างยอดและชาใบหม่อนที่ผลิตแบบต่างๆ จากใบหม่อนพันธุ์นครราชสีมา 60 ด้วยเครื่องวัดความชื้น Moisture Analyzer MA30 โดยใช้หลักการ loss on drying ค่าที่อ่านได้เป็นร้อยละของปริมาณความชื้นในตัวอย่างใบหม่อนและชาใบหม่อน 100 มิลลิกรัม (น้ำหนักแห้ง) ดังแสดงในตารางที่ 11

ตารางที่ 11 ปริมาณความชื้นในยอดและชาใบหม่อน พันธุ์นครราชสีมา 60 ปลูกที่ศูนย์วิจัยหม่อนไหมอุดรธานี

ใบหม่อน	ความชื้น[a] (ร้อยละ)
ยอดสด	86.35±10.23
ยอดอบแห้ง	12.16±1.88
ชาเขียวใบหม่อนผลิตแบบครัวเรือน	3.22±1.34
ชาเขียวใบหม่อนผลิตแบบอุตสาหกรรมโรงงาน	9.38±1.28
ชาดำใบหม่อนผลิตแบบครัวเรือน	10.04±2.00
ชาดำใบหม่อนผลิตแบบอุตสาหกรรมโรงงาน	8.08±0.52
ชาจีนใบหม่อนผลิตแบบครัวเรือน	4.75±0.80

[a]ค่าเฉลี่ย±ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน จากการวิเคราะห์ 3 ตัวอย่าง

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 5
อภิปรายผลการวิจัย

1. ปริมาณเควอซิติน เคมเฟอรอล และโพลีฟีนอลโดยรวมในใบหม่อน

จากผลการศึกษานี้พบว่า แหล่งปลูก อายุใบ และพันธุ์ เป็นปัจจัยมีอิทธิพลร่วมกันทำให้ปริมาณเควอซิติน เคมเฟอรอล และโพลีฟีนอลโดยรวม มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 โดยมีปริมาณอยู่ในช่วง 157.45 ถึง 2,069.75 มิลลิกรัมต่อ 100 กรัม 52.38 ถึง 869.44 มิลลิกรัมต่อ 100 กรัม และ 0.57 ถึง 6.30 มิลลิกรัมต่อ 100 กรัม ตามลำดับ

Hakkinen และคณะ (1999) และ Stewart และคณะ (2000) พบว่าความแตกต่างของปริมาณฟลาโวนอลในพืช อาจเนื่องจากสภาวะแวดล้อมของสถานที่ปลูกแตกต่างกัน เช่น แสง อุณหภูมิ การเกิดโรคของพืช และแร่ธาตุในดิน ซึ่งสภาพแวดล้อมต่างๆ เหล่านี้อาจมีอิทธิพลต่อเมตาบอลิซึมของฟีนิลโปรปานอยด์ และความเข้มข้นของฟลาโวนอลในพืช

ปริมาณเควอซิติน เคมเฟอรอล และโพลีฟีนอลโดยรวม ซึ่งปลูกที่ศูนย์วิจัยหม่อนไหมนครราชสีมาและศูนย์วิจัยหม่อนไหมอุดรธานี สูงกว่าปลูกที่สถานีทดลองหม่อนไหมตากและศูนย์วิจัยหม่อนไหมแพร่ แสดงว่าสภาวะแวดล้อม เช่น ดิน อากาศ น้ำ อุณหภูมิ และแสงแดด ที่ศูนย์วิจัยหม่อนไหมนครราชสีมาและศูนย์วิจัยหม่อนไหมอุดรธานี มีความเหมาะสมต่อคุณภาพของใบหม่อนในด้านการมีปริมาณสารประกอบโพลีฟีนอล มากกว่าสถานีทดลองหม่อนไหมตากและศูนย์วิจัยหม่อนไหมแพร่

ในแต่ละสถานที่ปลูกและเกือบทุกพันธุ์ที่ใช้ในการศึกษานี้ ส่วนยอดจะมีปริมาณเควอซิติน เคมเฟอรอล และโพลีฟีนอลโดยรวมสูง ยกเว้นบางสถานที่ปลูกและบางพันธุ์เท่านั้นที่ใบอ่อนหรือใบแก่จะมีสูงกว่าส่วนยอด ซึ่งผลการศึกษานี้สอดคล้องกับผลการศึกษาของ Wang และ Lin (2000) โดยพบว่าใบอ่อนของ แบล็คเบอร์รี่ ราสเบอร์รี่ และสตรอเบอร์รี่ มีสารประกอบโพลีฟีนอลสูงกว่าใบแก่ และในผลดิบแบล็คเบอร์รี่ ราสเบอร์รี่ และสตรอเบอร์รี่ มีสารประกอบโพลีฟีนอลสูงกว่าผลสุก

จากการศึกษาพบว่าใบหม่อนมีฟลาโวนอลมากกว่าใบชาประมาณ 600 เท่า โดยในใบหม่อนอบแห้งฟลาโวนอลประมาณ 3,000 มิลลิกรัมต่อ 100 กรัม ส่วนชาจากใบชามีฟลาโวนอลประมาณ 5 มิลลิกรัมต่อ 100 กรัม (Beecher, 1999) ดังนั้นการรับประทานใบหม่อนสดหรือชาใบหม่อนจึงน่าจะได้ประโยชน์ต่อสุขภาพในการต้านออกซิเดชันเป็นอย่างมาก

ผลการวิจัยพบว่ายอดใบหม่อนพันธุ์นครราชสีมา 60 ซึ่งปลูกที่ศูนย์วิจัยหม่อนไหมอุดรธานีมีปริมาณเควอซิติน และเคมเฟอรอลสูงที่สุด จึงเลือกมาทำการผลิตชาใบหม่อน ส่วนปริมาณโพลีฟีนอลโดยรวมพบสูงสุดในยอดพันธุ์บุรีรัมย์ 60 ปลูกที่ศูนย์วิจัยหม่อนไหมอุดรธานี ปริมาณโพลีฟีนอลโดยรวมเป็นค่าที่แสดงถึงปริมาณฟลาโวนอยด์ และนอนฟลาโวนอยด์ที่มีในใบหม่อน คำนวณออกมาในรูปของ gallic acid equivalents (GAE) เนื่องจากกรดแกลลิคที่บริสุทธิ์อยู่ในรูปอิสระ มีความคงทนต่อการเกิดไฮโดรไลซิส และมีความคงตัวค่อนข้างดี (Lakenbrink et al., 2000)

2. ผลของวิธีการผลิตชาใบหม่อนกับปริมาณเควอซิติน เคมเฟอรอล และโพลีฟีนอลโดยรวม

จากผลการศึกษานี้พบว่า กรรมวิธีการผลิตชาใบหม่อนมีผลค่อนข้างมากต่อปริมาณเควอซิติน และเคมเฟอรอล แต่มีผลเล็กน้อยต่อปริมาณโพลีฟีนอลโดยรวม และพบว่าใบหม่อนที่ผ่านกระบวนการผลิตเป็นชาจะมีปริมาณเควอซิติน เคมเฟอรอล และโพลีฟีนอลโดยรวม ต่ำกว่าใบหม่อน อบแห้ง และใบหม่อนสดมีปริมาณเควอซิติน เคมเฟอรอล และโพลีฟีนอลโดยรวม ต่ำกว่าใบหม่อนอบแห้ง อาจเนื่องจากใบหม่อนสดมีความชื้นในปริมาณสูงกว่าใบหม่อนอบแห้ง โดยใบหม่อนสดและใบหม่อนอบแห้งมีปริมาณความชื้นร้อยละ 86.35±10.23 และ 9.77±1.88 ตามลำดับ กระบวนการผลิตชาเขียวโดยการอบใบชาด้วยไอน้ำ (steamed tea leaves) ในขั้นตอนแรกของกระบวนการผลิต จะมีปริมาณสารประกอบโพลีฟีนอล สูงกว่าการผลิตชาเขียวโดยใช้วิธีคั่วใบชาด้วยความร้อนโดยตรง (roasted tea leaves) และการลดลงของสารประกอบโพลีฟีนอลโดยรวมในชาเนื่องจากเกิดออกซิไดซ์หรือโพลีเมอร์ไรซ์ของสารประกอบฟีนอลลิคขณะผ่านกระบวนการผลิต ชาเขียวเป็นชาที่ไม่ได้ผ่านกระบวนการหมัก ทำให้มีปริมาณสารประกอบโพลีฟีนอลสูงกว่าชาจีนซึ่งเป็นชากึ่งหมัก และชาดำซึ่งเป็นชาที่ผ่านกระบวนการหมัก (Wang, Kim and Lee, 2000)

ผลการศึกษานี้พบว่าชาเขียวใบหม่อนที่ผลิตแบบอุตสาหกรรมโรงงาน มีปริมาณเควอซิติน และเคมเฟอรอลสูงที่สุด จึงเลือกชาชนิดนี้เป็นตัวแทนในการหาปริมาณเควอซิติน เคมเฟอรอล และโพลีฟีนอลโดยรวมในน้ำชาที่ชงด้วยน้ำร้อน และตรวจวัดความสามารถในการต้านออกซิเดชัน ส่วนโพลีฟีนอลโดยรวมพบสูงที่สุดในยอดใบหม่อนอบแห้ง อาจเนื่องจากผ่านกระบวนการน้อยที่สุดเมื่อเทียบกับชาใบหม่อนทั้ง 5 ชนิด

3. การชงชาด้วยน้ำร้อน ต่อปริมาณเควอซิติน เคมเฟอรอล และโพลีฟีนอลโดยรวม และความสามารถในการต้านออกซิเดชัน

เวลาในการชงชาใบหม่อนที่จะได้น้ำชาที่มีสีกลิ่นรสที่ดี ตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมชาใบหม่อน ปี 2526 คือ 6 นาที จากการศึกษานี้พบว่าในการชงชาใบหม่อนด้วยน้ำร้อน เมื่อใช้เวลาในการชงที่นานขึ้น จะมีผลเพิ่มปริมาณเควอซิติน และเคมเฟอรอล แต่ไม่มีผลต่อปริมาณโพลีฟีนอลโดยรวม อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ผลการศึกษานี้พบว่า ที่เวลา 60 นาที น้ำชามีปริมาณเควอซิติน เคมเฟอรอล และโพลีฟีนอลโดยรวมสูงสุด จึงใช้เวลาดังกล่าวในการชงชาเพื่อตรวจวัดความสามารถในการต้านออกซิเดชัน

การศึกษาของ Zielinski และ Kozlowska (2000) พบว่าการสกัดสารประกอบโพลีฟีนอลที่มีในพืชจะมีประสิทธิภาพมากขึ้น เมื่อสกัดด้วยตัวทำละลายที่มีขั้ว (polarity) สูง เมื่อสกัดสารประกอบโพลีฟีนอลในธัญพืชด้วยน้ำเปรียบเทียบกับเมธานอล (ร้อยละ 80) พบว่าการสกัดด้วยน้ำมีประสิทธิภาพสูงกว่า ในการศึกษานี้พบว่าความสามารถในการต้านออกซิเดชันของน้ำชาเขียวใบหม่อนที่ผลิตแบบอุตสาหกรรมโรงงานที่ชงด้วยน้ำร้อนมีค่าสูงที่สุด แสดงให้เห็นว่าน้ำร้อนช่วยเพิ่มความสามารถในการสกัดสารที่มีฤทธิ์ต้านออกซิเดชันออกมาจากชาใบหม่อน เนื่องจากฟลาโวนอยด์ละลายน้ำ เมื่อใช้น้ำร้อนในการชงทำให้ฟลาโวนอยด์ในชาใบหม่อนละลายออกมาได้มากขึ้น ทำให้ความสามารถในการต้านออกซิเดชันของน้ำชาที่ชงด้วยน้ำร้อน มีค่าสูงกว่าชาชนิดเดียวกันที่ไม่ได้ผ่านการชงด้วยน้ำร้อน ก่อนที่จะนำมาผ่านขั้นตอนการสกัดด้วยเมธานอลต่อน้ำ (80:20 โดยปริมาตร) และสูงกว่าส่วนยอด ใบอ่อน และใบแก่อบแห้ง

การศึกษาของ Wang และ Lin (2000) พบว่าความสามารถในการต้านออกซิเดชันมีความสัมพันธ์กับปริมาณสารประกอบโพลีฟีนอลโดยรวม และ Simonetti และคณะ (1997) พบว่า

สารประกอบโพลีฟีนอลโดยรวมมีบทบาทหลักในการมีฤทธิ์ต้านออกซิเดชันโดยรวม ส่วนฟลาวานอลและฟลาโวนอลมีบทบาทรองลงมา

4. การประยุกต์ข้อมูล

1. จากผลการวิเคราะห์พบว่าใบหม่อนที่ปลูกที่ศูนย์วิจัยหม่อนไหมอุดรธานี และศูนย์วิจัยหม่อนไหมนครราชสีมา มีปริมาณสารที่มีฤทธิ์ต้านออกซิเดชันสูงกว่าใบหม่อนที่ปลูกที่สถานีทดลองหม่อนไหมตาก และศูนย์วิจัยหม่อนไหมแพร่ ดังนั้นหากต้องการใบหม่อนที่มีปริมาณสารต้านออกซิเดชันสูงๆ ควรปลูกในแหล่งที่มีสภาพแวดล้อมต่างๆ เช่น ปริมาณน้ำฝน แสงแดด อุณหภูมิอากาศ และโดยเฉพาะคุณภาพของดิน ใกล้เคียงกับดินที่ศูนย์วิจัยหม่อนไหมอุดรธานี และศูนย์วิจัยหม่อนไหมนครราชสีมา

2. การผลิตชาใบหม่อนเพื่อให้ได้ชาใบหม่อนที่มีคุณภาพในการต้านออกซิเดชัน ควรใช้เฉพาะส่วนยอดของใบหม่อน โดยพันธุ์ พันธุ์นครราชสีมา 60 และพันธุ์บุรีรัมย์ 60 และควรผลิตเป็นชาเขียวใบหม่อนแบบอุตสาหกรรมโรงงาน เนื่องจากมีสารที่มีฤทธิ์ต้านออกซิเดชันสูงกว่าชาใบหม่อนที่ผลิตด้วยวิธีอื่น

3. ชาใบหม่อนมีฟลาโวนอยด์ชนิดฟลาโวนอลโดยเฉพาะเควอซิติน และเคมเฟอรอลมากกว่าชาจากใบชาประมาณ 600 เท่า และชาใบหม่อนมีข้อดีกว่าชาจากใบชาคือมีคาเฟอีนน้อยมากหรือไม่มีเลย (วิโรจน์ แก้วเรือง, 2543) ดังนั้นการดื่มชาใบหม่อนจึงได้รับสารที่มีฤทธิ์ต้านออกซิเดชันซึ่งเป็นประโยชน์ต่อสุขภาพในการป้องกันโรคเรื้อรังต่างๆ เช่น โรคหัวใจและหลอดเลือด โรคมะเร็งในหลายๆ อวัยวะ และเหมาะสำหรับผู้ที่ต้องการหลีกเลี่ยงการดื่มชาที่มีคาเฟอีน และชาใบหม่อนไม่มีแทนนินเหมือนชาจากใบชาทำให้ไม่มีรสขม (วิโรจน์ แก้วเรือง, 2543) สามารถใช้เวลาในการชงชาใบหม่อนนานๆ ได้ ซึ่งจะทำให้ได้น้ำชาที่มีปริมาณสารต้านออกซิเดชันเพิ่มมากขึ้น

4. ใบหม่อนสดมีคุณค่าทางโภชนาการสูงมาก เนื่องจากมีกรดอะมิโนหลายชนิด มีแร่ธาตุต่างๆ และมีเส้นใยอาหาร ซึ่งมีประโยชน์ต่อร่างกาย มีสารต้านออกซิเดชันช่วยป้องกันโรคเรื้อรังต่างๆ และมีรสมัน อร่อย ชาวพื้นบ้านโดยเฉพาะในภาคตะวันออกเฉียงเหนือมีการนำยอดใบหม่อนสดมาประกอบอาหารกันมานานแล้ว เช่น ใส่แกง ใส่ต้มยำ ชุบแป้งทอด และสามารถรับประทานใบสดกับ

น้ำพริก ดังนั้นจึงควรส่งเสริมให้มีการรับประทานยอดใบหม่อนสด และควรมีการพัฒนาสูตรอาหารที่มีใบหม่อนสดเป็นส่วนประกอบ เพื่อให้ใบหม่อนเป็นที่นิยมรับประทานกันอย่างกว้างขวางมากขึ้น

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 6
สรุปผลการวิจัย

เนื่องจากแหล่งปลูก อายุใบ และพันธุ์ เป็นปัจจัยที่มีอิทธิพลร่วมกันต่อปริมาณเควอซิติน เคมเฟอรอล และโพลีฟีนอลโดยรวม ดังนั้นในแต่ละสถานที่ปลูกอาจมีใบหม่อนต่างพันธุ์กันที่มีปริมาณสารประกอบโพลีฟีนอลโดยรวมสูงสุด จากผลการศึกษานี้สามารถสรุปได้ว่า ใบหม่อนที่มีปริมาณสารประกอบโพลีฟีนอลโดยรวมสูงที่สุด ซึ่งปลูกที่ศูนย์วิจัยหม่อนไหมนครราชสีมาคือส่วนยอดของใบหม่อนพันธุ์คุณไพ ศูนย์วิจัยหม่อนไหมอุดรธานีคือส่วนยอดของใบหม่อนพันธุ์บุรีรัมย์ 60 สถานีทดลองหม่อนไหมตากคือส่วนยอดของใบหม่อนพันธุ์นครราชสีมา 60 และศูนย์วิจัยหม่อนไหมแพร่คือส่วนยอดของใบหม่อนพันธุ์น้อย และส่วนยอดของใบหม่อนพันธุ์บุรีรัมย์ 60 ซึ่งปลูกที่ศูนย์วิจัยหม่อนไหมอุดรธานีมีปริมาณสารประกอบโพลีฟีนอลโดยรวมสูงที่สุด เมื่อเทียบกับสถานที่ปลูกและพันธุ์อื่นที่ใช้ในการศึกษานี้

จากผลการศึกษานี้สามารถสรุปได้ว่า ชาใบหม่อนที่มีปริมาณสารประกอบโพลีฟีนอลโดยรวมสูงที่สุดคือชาเขียวใบหม่อนที่ผลิตแบบอุตสาหกรรมโรงงาน และเวลาในการชงชาที่เวลา 6 นาที ถึง 1 ชั่วโมง มีผลต่อการสกัดสารประกอบโพลีฟีนอลโดยรวมออกมาอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ และสามารถสรุปได้ว่าน้ำชาใบหม่อนที่ชงด้วยน้ำร้อนประมาณ 70 องศาเซลเซียส มีความสามารถในการต้านออกซิเดชันสูงที่สุด

เนื่องจากความสามารถในการต้านออกซิเดชัน มีความสัมพันธ์กับปริมาณสารประกอบโพลีฟีนอลโดยรวม ดังนั้นจึงสามารถสรุปได้ว่า ใบหม่อน ชาใบหม่อน และน้ำชาใบหม่อน มีคุณสมบัติในการต้านออกซิเดชัน และใบหม่อน ชาใบหม่อน และน้ำชาใบหม่อน เป็นแหล่งที่ดีของฟลาโวนอล โดยเฉพาะเควอซิติน และเคมเฟอรอล และเป็นแหล่งที่ดีของสารประกอบโพลีฟีนอลโดยรวม

ดังนั้นการดื่มน้ำชาใบหม่อนอย่างน้อยวันละ 1 ถ้วย โดยเฉพาะชาเขียวใบหม่อนที่ผลิตแบบอุตสาหกรรมโรงงาน จากส่วนยอดใบหม่อนพันธุ์บุรีรัมย์ 60 ซึ่งปลูกที่ศูนย์วิจัยหม่อนไหมอุดรธานี น่าจะมีประโยชน์ต่อสุขภาพในการต้านออกซิเดชันในร่างกายมนุษย์ ซึ่งเป็นการป้องกันโรคที่เกี่ยวกับการเสื่อมสภาพต่างๆ จากปฏิกิริยาออกซิเดชัน

ข้อเสนอแนะ

1. ใบหม่อนที่จะนำมาศึกษาหาปริมาณฟลาโวนอยด์ โพลีฟีนอลโดยรวม และฤทธิ์การต้านออกซิเดชันโดยรวม ในแต่ละสถานที่ปลูกควรเก็บในคราวเดียวกัน และจากแปลงปลูกเดียวกัน

2. น่าจะศึกษาเพิ่มเติมปัจจัยเกี่ยวกับฤดูกาล ว่ามีอิทธิพลต่อปริมาณฟลาโวนอยด์ โพลีฟีนอลโดยรวม และฤทธิ์การต้านออกซิเดชันโดยรวมในใบหม่อนหรือไม่ และควรศึกษาปริมาณแร่ธาตุในดินของแต่ละสถานที่ปลูก

3. ปัจจุบันมีการนำผลหม่อนมาผลิตเป็นไวน์ จึงน่าจะศึกษาหาปริมาณฟลาโวนอยด์ โพลีฟีนอลโดยรวม และฤทธิ์การต้านออกซิเดชันโดยรวมในไวน์หม่อน เพื่อให้ทราบประโยชน์ที่จะได้รับจากการดื่มไวน์ผลหม่อน

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

รายการอ้างอิง

ภาษาไทย

กัลยา วานิชย์ปัญญา. 2542. **การวิเคราะห์ข้อมูลด้วย SPSS for Windows**. พิมพ์ครั้งที่ 3. กรุงเทพมหานคร: โรงพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

เกษตรและสหกรณ์, กระทรวง. กรมวิชาการเกษตร. 2539. **พันธุ์พืช ฉลองสิริราชสมบัติครบ 50 ปี พุทธศักราช 2539**. กรุงเทพมหานคร: ห้างหุ้นส่วนมีเดียเพรส.

ธวัชชัย งามสันติวงศ์. 2543. **หลักการและวิธีใช้คอมพิวเตอร์ในงานสถิติเพื่อการวิจัย**. พิมพ์ปรับปรุงครั้งที่ 4 ฉบับสมบูรณ์. กรุงเทพมหานคร: โรงพิมพ์ 21 เซ็นจูรี่ จำกัด.

ไมตรี สุทธจิตต์ และคณะ. 2543. **ความสามารถของสารสำคัญในการต่อต้านสมุนไพรไทย**. เชียงใหม่ : คณะแพทย์ศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.

วันดี กฤษณพันธ์. 2534. การเตรียมยาสมุนไพรเพื่อการค้า. ใน วีณา จิรัจฉริยากูล (บรรณาธิการ), **ยาและผลิตภัณฑ์ธรรมชาติ**, หน้า 20-72. กรุงเทพมหานคร: ภาควิชาเภสัชวินิจัย คณะเภสัชศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล.

วิโรจน์ แก้วเรือง. 2540. **หม่อนและไหม พืชและสัตว์สารพัดประโยชน์**. กรุงเทพมหานคร: ห้างหุ้นส่วนจำกัด เอ็น.พี.จี. เอ็นเตอร์ไพรส์.

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

วุฒิ วุฒิธรรมเวช. 2540. **เภสัชกรรมไทยรวมสมุนไพร**. พิมพ์ครั้งที่ 2. กรุงเทพมหานคร: โอ.เอส.พริ้นติ้งเฮ้าส์.

ส่งเสริมการเกษตร, กรม. 2543. **การเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตหม่อน**. กรุงเทพมหานคร: โรงพิมพ์ฟันนี่.

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

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

อุตสาหกรรม, กระทรวง. 2526. มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมชาใบหม่อน.

เอมอร โสมนะพันธุ์. 2543. หม่อน (Mulberry). **จุลสารข้อมูลสมุนไพร**. 17(3): 12-19.

ภาษาอังกฤษ

Ambrose, A. M.; Robbins, D. J.; and DeEds, F. 1952. Comparative toxicities of quercetin and quercitrin. **J Am Pharm Assoc.** 41: 119-122.

Beecher, G. R. 1999. Flavonoids in foods. In L. Packer, M. Hiramatsu, and T. Yoshikawa (eds.), **Antioxidant Food Supplements in Human Health**, pp. 269-281. USA: Academic press.

Burns, 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.

Chen, J. 1992a. The effects of Chinese tea on the occurrence of esophageal tumors induced by N-nitrosomethylbenzylamine in rats. **Prev Med.** 21: 385-391.

Chen, J. 1992b. The antimutagenic and anticarcinogenic effects of tea, garlic and other natural foods in China: a review. **Biomed Environ Sci.** 5: 1-17.

Chen, J.; Nakashima, N.; Kimura, I.; Kimura, M.; Asano, N.; and Ko, S. 1995. Potentiating effects on pilocarpine-induced saliva secretion, by extracts and N-containing sugars derived from Mulberry leaves, on streptozocin-diabetic mice. **Biol Pharm Bull.** 18(12): 1676-1680.

Correa, P. 1992. Human gastric carcinogenesis: a multistep and multifactorial process. First American cancer society award lecture on cancer epidemiological and prevention. **Cancer Res.** 52: 6735-6740.

Deschner, E. E.; Ruperto, J.; Wong, G.; and Newmark, H. L. 1991. Quercetin and rutin as inhibitors of azoxymethanol-induced colonic neoplasia. **Carcinogenesis.** 12: 1193-1196.

Dreosti, I. E. 1996. Bioactive ingredients: Antioxidants and polyphenols in tea. **Nutr Reviews.** 54: s51-s58.

Esterbauer, H.; Dieber-Rotheneder, M.; Striegl, G.; and Waeg, G. 1991. Role of vitamin E in preventing the oxidation of low-density lipoprotein. **Am J Clin Nutr.** 53: 314s-321s.

Feig, D. I.; Reid, T. M.; and Loeb, L. A. 1994. Reactive oxygen species in tumorigenesis. **Cancer Res.** 54: 1890-1894.

Fiala, E. S.; Conaway, C. C.; and Mathis, J. E. 1989. Oxidative DNA and RNA damage in the livers of Sprague-Dawley rats treated with the hepatocarcinogen 2-nitropropane. **Cancer Res.** 49: 5518-5522.

George, P., and Irvine, D. H. 1952. The Reaction between Metmyoglobin and Hydrogen Peroxide. **Biochemistry.** 52: 511-517.

Gordon, M. H. 1990. The mechanism of antioxidant action in vitro. In B.J.F. Hudson (ed), **Food Antioxidants**, pp. 1-18. England: Elsevier science publishers.

Green, M. S., and Harari, G. 1992. Association of serum lipoproteins and health-related habits with coffee and tea consumption in free-living subjects examined in the Israeli CORDIS study. **Prev Med.** 21: 532-545.

Halliwell, B., and Gutteridge, J. M. C. 1986. Oxygen free radicals and iron in relation to biology and medicine: some problem and concepts. **Arch Biochem Biophys.** 246: 501-514.

Halliwell, B., and Gutteridge, J. M. C. 1990. Role of free radicals and catalytic metal ions in human disease: an overview. **Methods Enzymol.** 186: 1-85.

Hara, Y. 1992. The effect of tea polyphenols on cardiovascular disease (Abstract). **Prev Med.** 21: 333.

HE, Y. H., and Kies, C. 1994. Green and black tea consumption by humans: Impact on polyphenol concentrations in feces, blood and urine. **Plant Foods for Human Nutrition**. 46: 221-229.

Hensrud, D. D., and Heimburger, D. C. 1994. Antioxidant status, fatty acids, and cardiovascular disease. **Nutrition.** 10: 170-175.

Hertog, M. G.; Feskens, E. J.; Hollman, P. C.; Katan, M. B.; and Kromhout, D. 1993. Dietary antioxidant flavonoids and risk of coronary heart disease: the Zutphen Elderly Study. **Lancet.** 342: 1007-1011.

Hertog, M. G.; Hollman, P. C.; and Katan, M. B. 1992. Content of potentially anticarcinogenic flavonoids of 28 vegetables and 9 fruits commonly consumed in The Netherlands. **J Agric Food Chem.** 40: 2379-2383.

Hirono, I.; Ueno, I.; Hosaka, S.; Takanashi, H.; Matsushima, T.; Sugimura, T.; et al. 1981. Carginogenicity examination of quercetin and rutin in ACI rats. **Cancer Lett.** 13: 15-21.

Hoffman, D., and Hecht, S. S. 1985. Nicotine-derived N-nitrosamines and tobacco related cancer: current status and future directions. **Cancer Res.** 45: 935-944.

Hollman, P. C. H.; Trijp, J. M. P., Mengelers, M. J. B.; Vries, J. H. M.; and Katan, M. B. 1997. Bioavailability of the dietary antioxidant flavonol quercetin in man. **Cancer Lett.** 114: 139-140.

Ikeda, I. et al. 1992. Tea catechins decrease micellar solubility and intestinal absorption of cholesterol in rats. **Biochim Biophys Acta.** 1127: 141-146.

Imai, K., and Nakachi, K. 1995. Cross sectional study of drinking green tea on cardiovascular and liver disease. **Br Med J.** 310: 693-696.

Jialal, I., and Grundy, SM. 1991. Effect of combined supplementation with alpha-tocopherol, ascorbate, and beta carotene on low-density lipoprotein oxidation. **Circulation.** 88: 2780-2786.

Justesen, U.; Knuthsen, P.; and Leth, T. 1998. Quantitative analysis of flavonols, flavones, and flavanones in fruits, vegetables and beverages by high-performance liquid chromatography with photo-diode array and mass spectrometric detection. **J Chromatogr.** 799: 101-110.

Khan, S. G.; Katiyar, S. K.; Agarwal, R.; and Mukhtar, H. 1992. Enhancement of Antioxidant and Phase II Enzymes by Oral Feeding of Green Tea Polyphenols in Drinking Water to SKH-1 Hairless Mice: Possible Role in Cancer Chemoprevention. **Cancer Res.** 52: 4050-4052.

Kono, S.; Shinchi, K.; Ikeda, N.; Yanai, F.; and Imanishi, K. 1991. Physical activity, dietary habits and adenomatous polyps of the sigmoid colon: A study of self-defense officials in Japan. **J Clin Epidemiol.** 44: 1255-1261.

Kono, S.; Shinchi, K.; Ikeda, N.; Yanai, F.; and Imanishi, K. 1992. Green tea consumption and serum lipid profiles. A cross sectional study in Northern Kyushu, Japan. **Prev Med.** 21: 526-531.

Kuroda, Y., and Hara, Y. 1999. Antimutagenic and anticarcinogenic activity of tea polyphenols. **Mutat Res.** 436: 69-97.

Lakenbrink, C.; Lapczynski, 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.

Lou, F. Q.; Zhang, M. F.; Zhang, X. G.; Liu, J. M.; and Yuan, W. J. 1992. A study on tea pigment in the prevention of atherosclerosis (Abstract). **Prev Med.** 21: 333.

Masaki, H.; Sakaki, S.; Atsumi, T.; and Sakurai, H. 1995. Active-oxygen scavenging activity of plant extracts. **Biol Pharm Bull.** 18(1): 162-166.

Merken, H. M., and Beecher, G. R. 2000. Measurement of Food Flavonoids by High-Performance Liquid Chromatography: A Review. **J Agric Food Chem.** 48: 577-599.

Miller, N. J.; Rice-Evans, C.; Davies, M. J.; Gopinathan, V.; and Milner, A. 1993. A novel method for measuring antioxidant capacity and its application to monitoring the antioxidant status in premature neonates. **Clin Sci.** 84: 407-412.

Mizuno, S.; Watanabe, S.; Nakamura, K.; Omata, M.; Oguchi, H.; Ohashi, K.; et al. 1992. A Multi-institute Case-control Study on the Risk Factors of Developing Pancreatic Cancer. **Jpn J Clin Oncol.** 22(4): 286-291.

Moffat, A. C. 1986. Analytical techniques. **Clarke's Isolation and Identification of Drugs.** pp. 133-134. London: The Pharmaceutical Press.

Morino, K.; Matsukura, N.; Kawachi, T.; Ohgaki, H.; Sugimura, T.; and Hirono, I. 1982. Carginogenicity test of quercetin and rutin in golden hamsters by oral administration. **Carcinogenesis.** 3: 93-97.

Mukhtar, H.; Katiyar, K.; and Agarwal, R. Cancer chemoprevention by green tea components. In Jacobs M.M. (ed.) **Diet andCcancer: Markers, Prevention, and Treatment**, pp. 132-134. New York: Plenum Press.

Nakane, H., and Ono, K. 1990. Differential inhibitory effects of some catechin derivatives on the activities of human immunodeficiency virus reverse transcriptase and cellular deoxyribonucleic acid and ribonucleic acid polymerases. **Biochemistry.** 29: 2841-2845.

Nakayama, M.; Suzuki, K.; Toda, M.; Okubo, S.; Hara, Y.; and Shimamura, T. 1993. Inhibition of the infectivity of influenza virus by tea polyphenols. **Antiviral Res.** 21; 289-299.

Oguni, I.; Chen, S. J.; Lin, P. Z.; Hara, Y.; and Harada, N. 1988. Epidemiological and experimental studies on protection against cancer risk by Japanese green tea. International tea-health symposium, Hangzhou, China, April 24-30.

Osawa, t.; Sugiyama, Y.; Inayoshi, M.; and Kawakishi, S. 1995. Antioxidative activity of tetrahydrocurcuminoids. 1995. **Biosci Biotech Biochem.** 59(9): 1609-1612.

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.

Pietta, P. G.; Mauri, P. L.; Zini, L.; and Gardana, C. 1994. Optimization of separation selectivity in capillary electrophoresis of flavonoids. **J Chromatogr.** 680: 175-179.

Pietta, P., and Simonetti, P. 1999. Dietary flavonoids and interaction with physiologic antioxidants. In L. Packer, M. Hiramatsu, and T. Yoshikawa (eds.), **Antioxidant Food Supplements in Human Health**, pp. 283-308. USA: Academic press.

Punchard, N. A., and Kelly. F. J. 1996. **Oxidants, Antioxidants, and Free radicals.** Washington. DC.: Taylor and Francis.

Rice-Evans, C. 1999. Screening of phenolics and flavonoids for antioxidant activity. In L. Packer, M. Hiramatsu, and T. Yoshikawa (eds.), **Antioxidant Food Supplements in Human Health**, pp. 239-253. SA: Academic press.

Robak, J., and Gryglewski, R. 1988. Flavonoids are scavengers of superoxide anions. **Bichem Pharmacol.** 37(5): 837-841.

Satoh, M. S., and Lindahl, T. 1994. Enzymatic repair of oxidative DNA damage. **Cancer Res.** 54: 1899-1901.

Selby, J. V., and Friedman, G. D. 1988. Epidemiologic evidence of an association between body iron stores and risk of cancer. **Int J Cancer.** 41: 677-682.

Serafini, M.; Ghiselli, A.; and Luzzi, A., F. 1996. In vivo antioxidant effect of green and black tea in man. **Eur J Cli Nutr.** 50: 28-32.

Shimizu, T.; Yazawa, M.; and Takeda, N. 1992. Aromatic amino acids in the leaves of *Morus alba* and their possible medicinal value. **Sericologia.** 32(4): 633-636.

Sigler, K., and Ruch, R. J. 1993. Enhancement of gap junction intercellular communication in tumor promoter-treated cells by components of green tea. **Cancer Lett.** 69: 15-19.

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

Stevens, R. G.; Beasley, R. P.; and Blumberg, B. S. 1986. Iron-binding proteins and risk of cancer in Taiwan. **J Natl Cancer Inst.** 76: 605-610.

Stevens, R. G. et al. 1988. Body iron stores and the risk of cancer. **N Engl J Med.** 319: 1047-1052.

Stensvold, I; Tverdal, A.; Solvoll, K.; and Foss, O. P. Tea consumption, relationship to cholesterol, blood pressure and coronary artery disease mortality. **Prev Med.** 21: 546-553.

Stich, H. F. 1992. Teas and tea components as inhibitors of carcinogen formation in model systems and man. **Prev Med.** 21: 377-384.

Strube, M.; Haenen, G.; Berg, H. V. D.; and Bast, A. 1996. Pitfalls in a Method for Assessment of Total Antioxidant Capacity. **Free Rad. Res.** 26: 515-521.

Takao, T.; Kitatani, F.; Watanabe, N.; Yagi, A.; and Sakata, K. 1994. A simple screening method for antioxidants and isolation of several antioxidants produced by marine bacteria from fish and shellfish. **Biosci Biotech Biochem.** 58(10): 1780-1783.

Terao, J. 1999. Dietary flavonoids as plasma antioxidants on lipid peroxidation: Significance of metabolic conversion. In L. Packer, M. Hiramatsu, and T. Yoshikawa (eds.), **Antioxidant Food Supplements in Human Health**, pp. 255-268. USA: Academic press.

The United States Pharmacopeial Covention, Inc. 2000. **The United States Pharmacopeia 24** : pp. 2235. Rockville, MD.: National publishing.

Vries, J. H. M.; Hollman, P. C.; Msyboom, S.; Buysman, M. C.; Zock, P. L.; Staveren, W. A. V.; Katan, M. B.; et al. 1998. Plasma concentrations and urinary excretion of the antioxidant flavonols quercetin and kaempferol as biomarkers for dietary intake. **Am J Clin Nutr.** 68: 60-65.

Vuorinen, H.; Maatta, K.; and Torronen, R. 2000. Content of the Flavonols Myricetin, Quercetin, and Kaempferol in Finnish Berry Wines. **J Agric Food Chem.** 48: 2675-2680.

Wang, S .Y., and Lin, H. S. 2000. Antioxidant activity in fruits and leaves of blackberry, rusberry, and strawberry varies with cultivar and developmental stage. **J Agric Food Chem.** 48: 140-146.

Weisburger, J. H. 1991. Nutritional approach to cancer prevention with emphasis on vitamins, antioxidants, and carotenoids. **Am J Clin Nutr.** 53: 226s-237s.

Weisburger, J. H. 1996. Tea antioxidants and health. In E. Cadenas and L.P. Dekker (eds.) **Handbook of Antioxidants**. pp. 469-486. New York.

Witztum, J. L., and Steinberg, D. 1991. Role of oxidized low density lipoprotein in artherosclerosis. **J Clin Invest**. 88: 1785-1792.

Xu, G. P.; Song, P. J.; and Reed, P. I. 1993. Effects of fruit juices, processed vegetable juice, oange peel and green tea on endogenous formation of N-nitrosoproline in subjects from a high-risk area for gastric cancer in Moping County, China. **Eur J Cancer Prev.** 2: 327-335.

Yong, X.; Ho, C. T.; Amin, S.; Han, C.; and Chung, F. L. 1992. Inhibition of Tobacco-specific Nitrosamine-induced Lung Tumorigenesis in A/J Mice by Green Tea and Its Major Polyphenol as Antioxidants. **Cancer Res.** 52: 3875-3879.

Zatonski, W. A.; Boyle, P.; Przewozniak, K.; Maisonneuve, P.; Drosik, K.; and Walker, A. M. 1993. Cigarette smoking, alcohol, tea and coffee consumption and pancreas cancer risk: A case-control study from Opole, Poland. **Inst J Cancer.** 53: 601-607.

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.

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาคผนวก

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาคผนวก ก
หม่อนพันธุ์ต่าง ๆ

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

รูปที่ 9 ต้นหม่อนพันธุ์นครราชสีมา 60

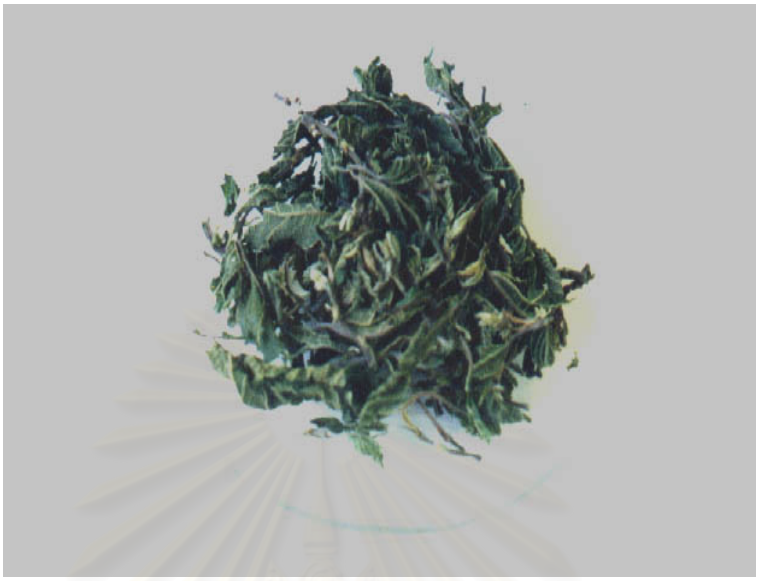
รูปที่ 10 ต้นหม่อนพันธุ์บุรีรัมย์ 60

รูปที่ 11 ต้นหม่อนพันธุ์น้อย

รูปที่ 12 ต้นหม่อนพันธุ์คุณไพ

รูปที่ 13 ผลหม่อน

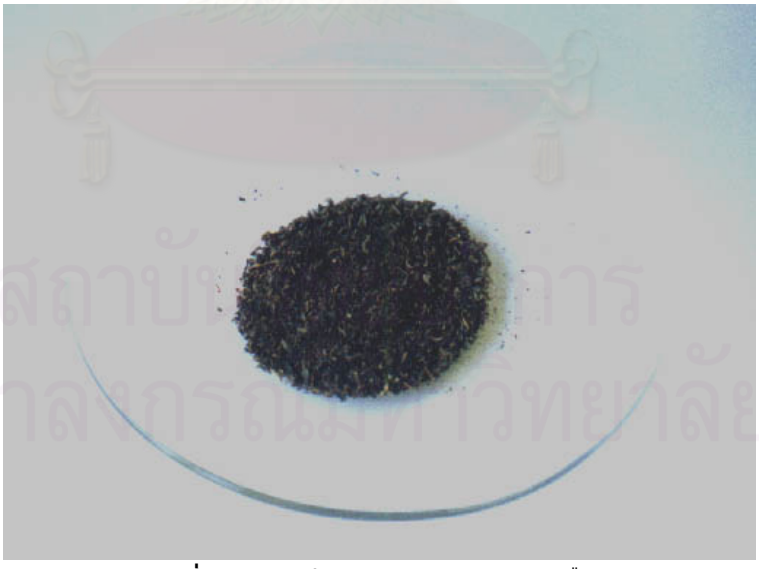
รูปที่ 14 ยอดสดใบหม่อนพันธุ์นครราชสีมา 60



รูปที่ 15 ยอดอบแห้งใบหม่อนพันธุ์นครราชสีมา 60

รูปที่ 16 ชาเขียวใบหม่อนผลิตแบบครัวเรือน

รูปที่ 17 ชาเขียวใบหม่อนผลิตแบบอุตสาหกรรมโรงงาน



รูปที่ 18 ชาดำใบหม่อนผลิตแบบครัวเรือน

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

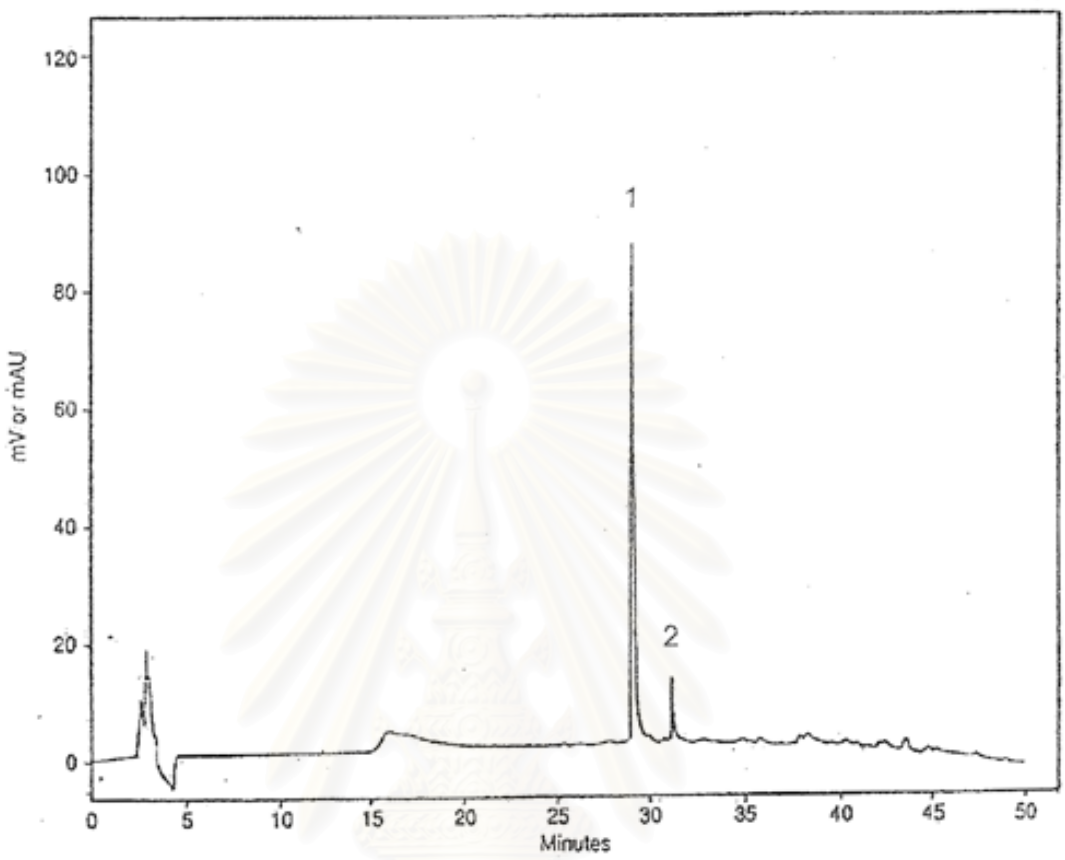
รูปที่ 19 ชาดำใบหม่อนผลิตแบบอุตสาหกรรมโรงงาน

รูปที่ 20 ชาจีนใบหม่อนผลิตแบบครัวเรือน

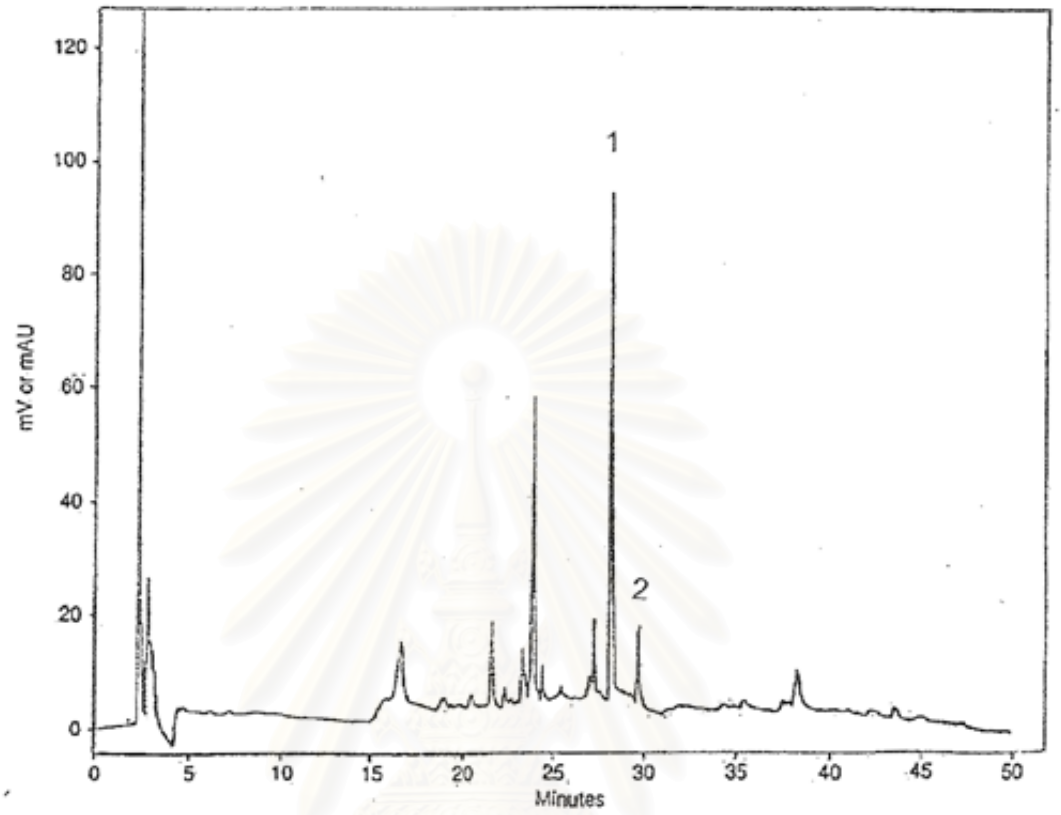
ภาคผนวก ข

ตัวอย่างโครมาโทแกรม

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 21 ตัวอย่างโครมาโทแกรมของสารมาตรฐานผสม เควอซิติน (1) และ เคมเฟอรอล (2) โดย คอลัมน์ : Inertsil-ODS3 ขนาดอนุภาค 5 ไมโครเมตร เส้นผ่าศูนย์กลางภายใน 4.6 มิลลิเมตร ยาว 150 มิลลิเมตร; mobile phase : 2% (v/v) acetic acid:water/acetonitrile, gradient; อัตราการไหล : 1 มิลลิลิตรต่อนาที; Detector : 254 นาโนเมตร

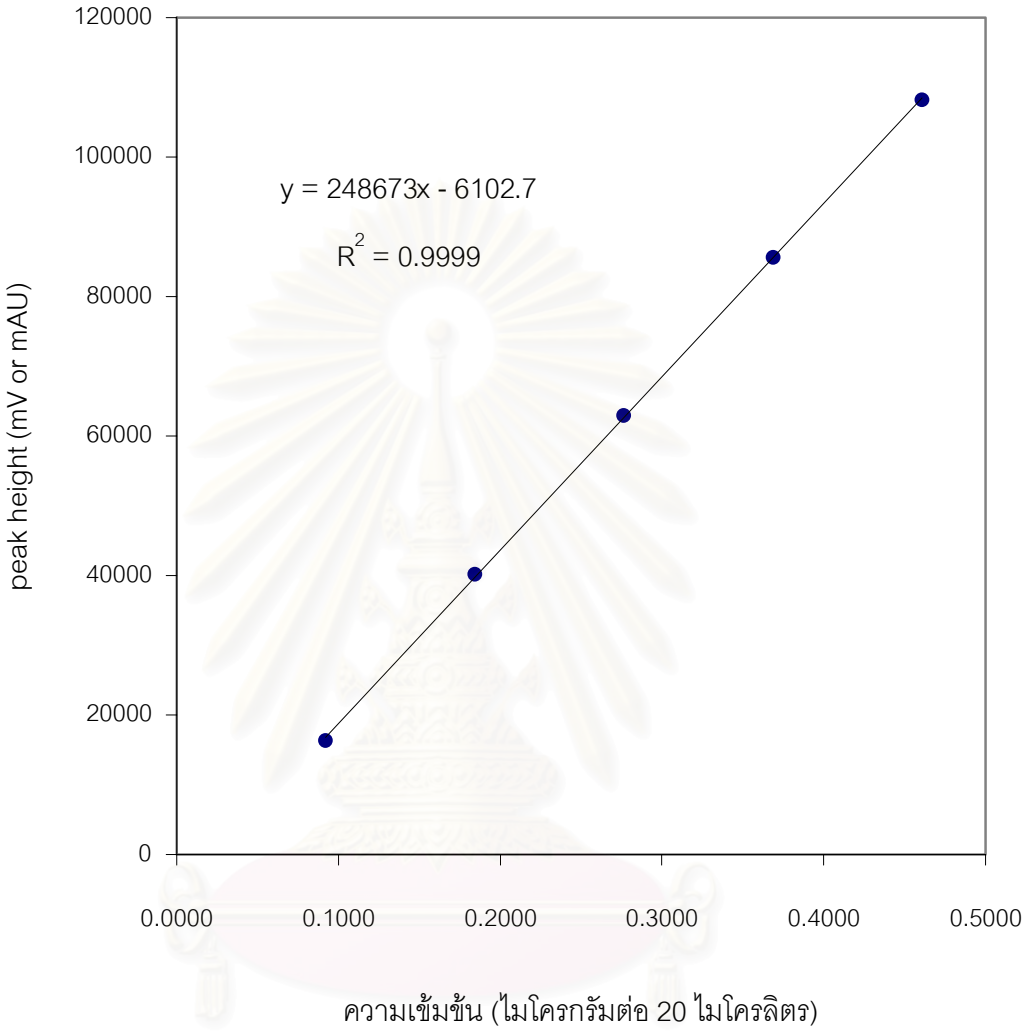


รูปที่ 22 ตัวอย่างโครมาโทแกรมของสารสกัดใบหม่อนอบแห้ง เควอซิติน (1) และ เคมเฟอรอล (2) โดย Chromatographic Conditions เช่นเดียวกับ รูป 21

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาคผนวก ค
กราฟมาตรฐานของสารมาตรฐานเควอซิตินและเคมเฟอรอล

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



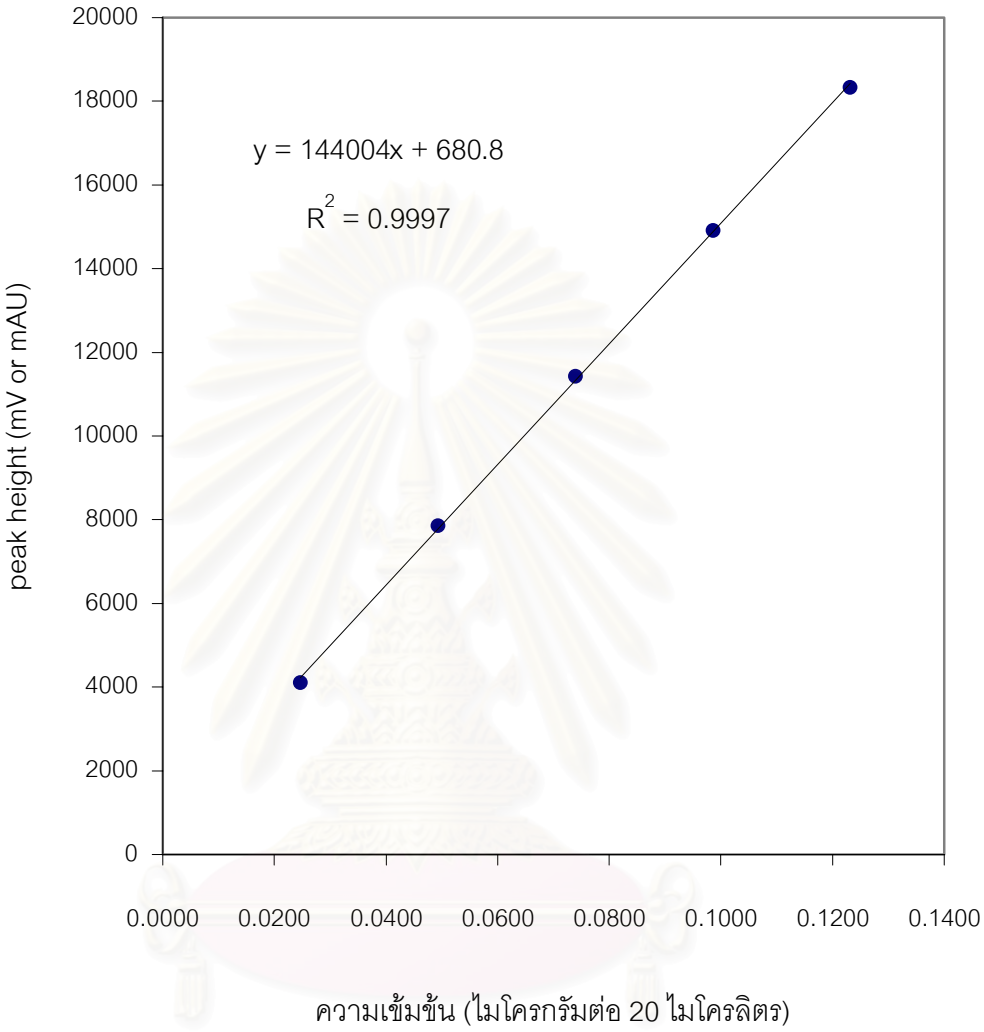
รูปที่ 23 กราฟมาตรฐานของสารมาตรฐานเควอซิติน

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 12 แสดงความเข้มข้น peak height และ peak height เฉลี่ย ของสารมาตรฐานเควอซิติน

ความเข้มข้นของเควอซิติน (ไมโครกรัมต่อ 20 ไมโครลิตร)	peak height 1 (mV or mAU)	peak height 2 (mV or mAU)	peak height 3 (mV or mAU)	เฉลี่ย
0.0922	17731	18124	13065	16307
0.1843	39757	42702	38107	40189
0.2765	63406	64163	61317	62962
0.3686	84175	93038	79619	85611
0.4608	106479	116763	101311	108184

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 24 กราฟมาตรฐานของสารมาตรฐานเคมเฟอรอล

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

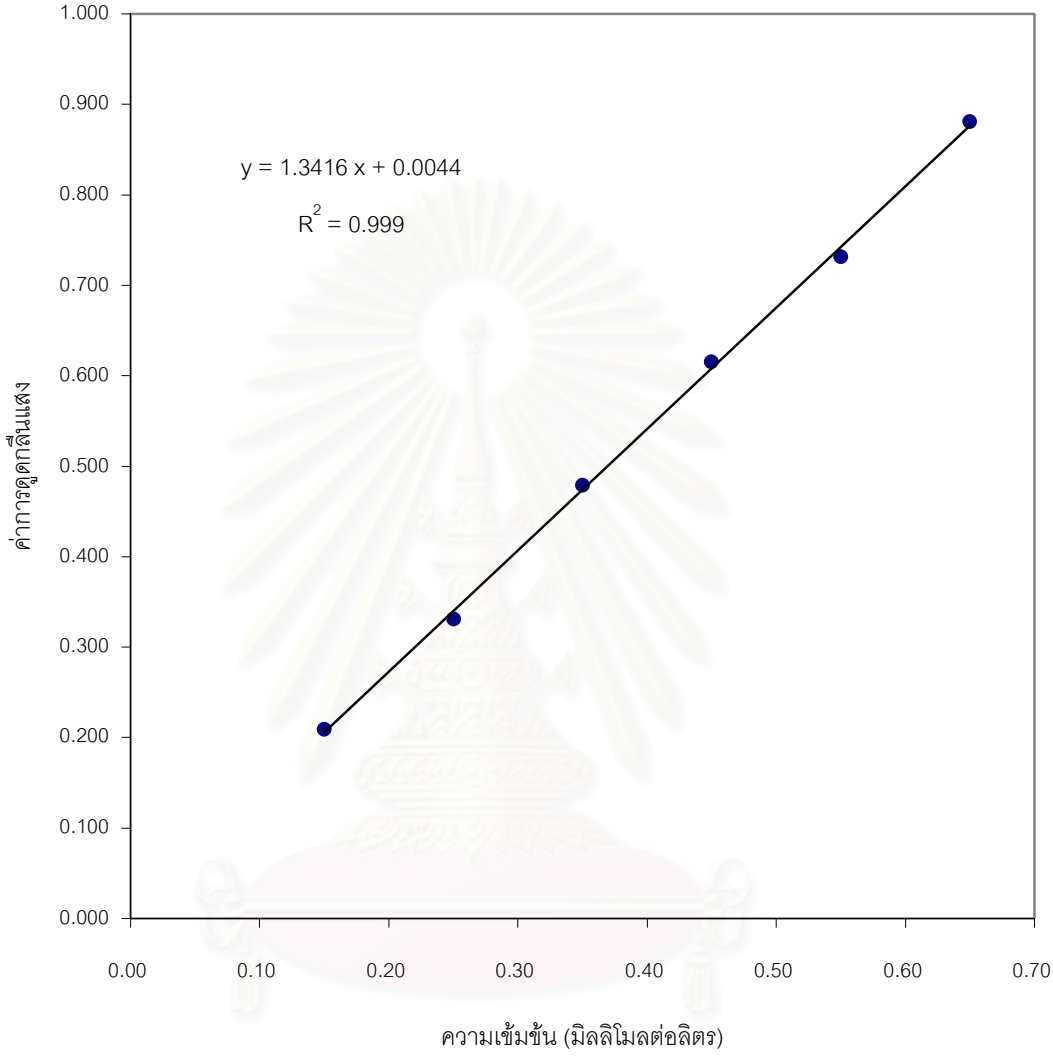
ตารางที่ 13 แสดงความเข้มข้น peak height และ peak height เฉลี่ย ของสารมาตรฐานเคมเฟอรอล

ความเข้มข้นของเคมเฟอรอล (ไมโครกรัมต่อ 20 ไมโครลิตร)	peak height 1 (mV or mAU)	peak height 2 (mV or mAU)	peak height 3 (mV or mAU)	เฉลี่ย
0.0246	4674	3685	3978	4112
0.0493	8031	7897	7631	7853
0.0739	11649	11823	10819	11430
0.0986	14165	15996	14552	14904
0.1232	17082	19715	18187	18328

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาคผนวก ง
กราฟมาตรฐานของสารมาตรฐานกรดแกลลิค

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 25 กราฟมาตรฐานของสารมาตรฐานกรดแกลลิค

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 14 แสดงความเข้มข้น ค่าการดูดกลืนแสง และค่าการดูดกลืนแสงเฉลี่ย ของสารมาตรฐานกรดแกลลิค

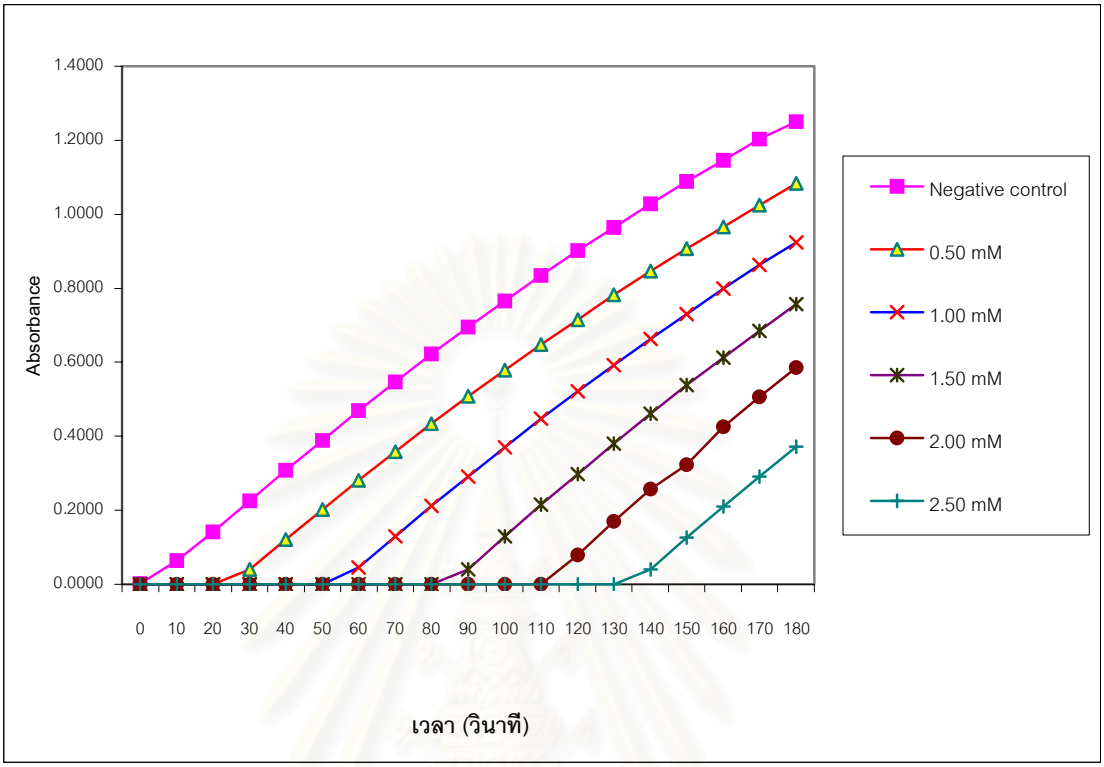
ความเข้มข้นของกรดแกลลิค (มิลลิโมลต่อลิตร)	ค่าการดูดกลืนแสง 1	ค่าการดูดกลืนแสง 2	ค่าการดูดกลืนแสง 3	เฉลี่ย
0.15	0.197	0.213	0.218	0.209
0.25	0.307	0.331	0.355	0.331
0.35	0.443	0.508	0.485	0.479
0.45	0.614	0.620	0.611	0.615
0.55	0.736	0.728	0.730	0.731
0.65	0.821	0.886	0.936	0.881

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาคผนวก จ

ความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของสารมาตรฐานโทรลอกซ์และค่าการดูดกลืนแสง

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

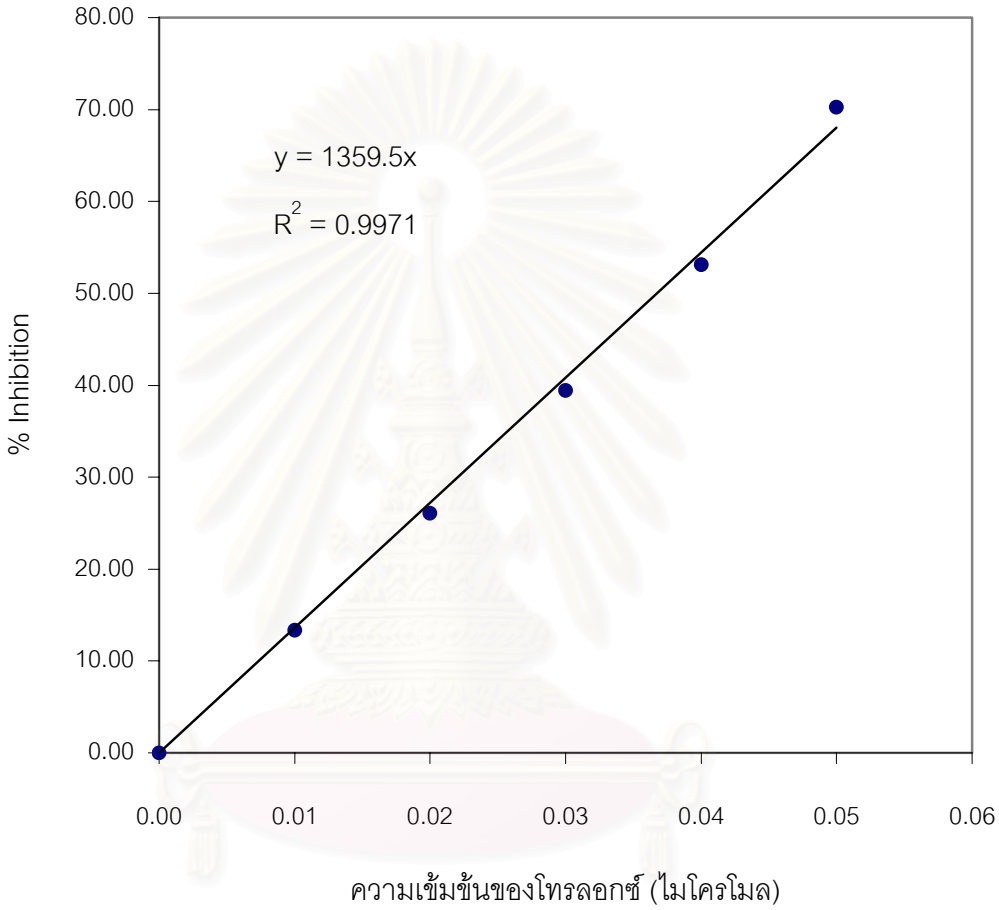


รูปที่ 26 ความสัมพันธ์ระหว่างอัตราปฏิกิริยาในการเกิดและยับยั้งอนุมูลอิสระ (ค่าการดูดกลืนแสง) ของสารมาตรฐานโทรลอกซ์ ที่ความเข้มข้นต่างๆ

เมื่อวัดความเข้มข้นของสีที่เกิดขึ้นจากค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 414 นาโนเมตร โดยทำการวัดค่าติดตามการเกิดปฏิกิริยาการเกิดสีทุก 10 วินาที พบว่าเวลาที่เหมาะสมในการวัดค่าการดูดกลืนแสงคือ เวลาที่ 180 วินาที เพราะเป็นช่วงเวลาที่อัตราของปฏิกิริยาเกิดขึ้นสูงสุด กราฟมี dose-response และอยู่ในเส้นตรงดี และนำสภาพที่เหมาะสมดังกล่าวไปใช้ในการศึกษา Trolox equivalent Antioxidant Capacity (TEAC) ของสารสกัดพืชตัวอย่างได้

ภาคผนวก ฉ
กราฟมาตรฐานของสารมาตรฐานโทรลอกซ์

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 27 กราฟมาตรฐานของสารมาตรฐานโทรลอกซ์

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 15 แสดงความเข้มข้น ค่าการดูดกลืนแสง และ % Inhibition ของสารมาตรฐานโทรลอกซ์

ความเข้มข้นของโทรลอกซ์ (ไมโครโมล)	ค่าการดูดกลืนแสง	% Inhibition
0.00	1.2500	0.00
0.01	1.0832	13.34
0.02	0.9239	26.09
0.03	0.7570	39.44
0.04	0.5858	53.14
0.05	0.3716	70.27

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 16 แสดงความเข้มข้น ค่าการดูดกลืนแสง และ % Inhibition ของสารสกัดพืชตัวอย่าง

ตัวอย่าง	ค่าการดูดกลืนแสง	น้ำหนักแห้ง (มิลลิกรัม)ต่อ 1000 ไมโครลิตร	น้ำหนักแห้ง (มิลลิกรัม)ต่อ 20 ไมโครลิตร	%Inhibition 20 ไมโครลิตร
โทรลอกซ์	1.0832		0.01288	13.34
ยอด1	0.5904	5	0.1	30.04
ยอด2	0.5468	5	0.1	34.71
ยอด3	0.5106	5	0.1	38.59
ยอด4	0.5499	5	0.1	34.38
ยอด5	0.5084	5	0.1	38.82
ใบอ่อน1	0.6111	10	0.2	55.80
ใบอ่อน2	0.6298	10	0.2	54.11
ใบอ่อน3	0.6387	10	0.2	53.31
ใบอ่อน4	0.6468	10	0.2	52.58
ใบอ่อน5	0.6303	10	0.2	54.07
ใบแก่1	0.5121	10	0.2	64.72
ใบแก่2	0.4967	10	0.2	66.11
ใบแก่3	0.4944	10	0.2	66.32
ใบแก่4	0.5128	10	0.2	64.66
ใบแก่5	0.4210	10	0.2	72.94
ชาเขียว1	0.9755	10	0.2	22.94
ชาเขียว2	0.9526	10	0.2	25.00
ชาเขียว3	0.9864	10	0.2	21.96
ชาเขียว4	0.9286	10	0.2	27.17
ชาเขียว5	0.9732	10	0.2	23.15
สารสกัดชาเขียว1	0.4230	1	0.05	77.33
สารสกัดชาเขียว2	0.4298	1	0.05	76.74
สารสกัดชาเขียว3	0.4503	1	0.05	74.94
สารสกัดชาเขียว4	0.4139	1	0.05	78.13
สารสกัดชาเขียว5	0.3861	1	0.05	80.56

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาคผนวก ช
การวิเคราะห์ทางสถิติ

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 17 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อปริมาณเควอซิตินในใบหม่อนอบแห้ง

Response		df	SS	MS	F
Qercetin Main effects Combined		8	7567503.8	945937.97	59.280*
	แหล่งปลูก (A)	3	5966387.7	1988795.9	132.721*
	อายุใบ (B)	2	1372779.7	686389.87	31.608*
	สายพันธุ์ (C)	3	228336.34	76112.114	4.286*
2-Way Interaction	Combined	21	2146967.8	102236.56	4.252*
	(A) × (B)	6	1318681.4	219780.24	8.303*
	(A) × (C)	9	712245.41	79138.379	3.675*
	(B) × (C)	6	116040.93	19340.155	1.066ns
	Model	29	9714471.6	334981.78	19.432*
	Residual	18	245248.33	13624.907	
	Total	47	9959719.9	211908.93	

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 18 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อปริมาณเคมเฟอรอลในใบหม่อนอบแห้ง

Response		df	SS	MS	F
Kempferol Main effects	Combined	8	1230788.2	153848.53	41.249*
	แหล่งปลูก (A)	3	755239.61	251746.54	68.183*
	อายุใบ (B)	2	88672.292	44336.146	12.468*
	สายพันธุ์ (C)	3	386876.34	128958.78	33.503*
2-Way Interaction	Combined	21	352696.932	16795.060	3.085*
	(A) × (B)	6	69094.932	11515.822	2.235ns
	(A) × (C)	9	235012.11	26112.457	4.619*
	(B) × (C)	6	48589.219	8098.203	1.634ns
	Model	29	1583484.5	54602.914	13.613*
	Residual	18	79938.057	4441.003	
	Total	47	1663422.6	35391.969	

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 19 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อปริมาณโพลีฟีนอลโดยรวมในใบหม่อนอบแห้ง

Response		df	SS	MS	F
Total polyphenol	Main effects Combined	8	94308867	11788608	76.300*
	แหล่งปลูก (A)	3	75663158	25221053	163.240*
	อายุใบ (B)	2	17381941	8690970.5	56.251*
	สายพันธุ์ (C)	3	1263768.4	421256.13	22.727*
2-Way Interaction	Combined	21	16826604	801266.87	5.186*
	(A) × (B)	6	10875292	1812548.6	11.731*
	(A) × (C)	9	5142452.3	571383.59	3.698*
	(B) × (C)	6	808860.25	134810.04	0.873ns
	Model	29	111000000	3832257.6	24.804*
	Residual	18	2781057.2	154503.18	
	Total	47	114000000	2423755.9	

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 20 การวิเคราะห์ความแปรปรวนปริมาณเควอซิติน เคมเฟอรอล และโพลีฟีนอลโดยรวม ในใบหม่อนและชาใบหม่อน

Response		df	SS	MS	F
quercetin	Between groups	6	2951008.6	491834.77	171.987*
	Within group	14	40036.173	2859.727	
	Total	20	2991044.8		
kaempferol	Between groups	6	95076.125	15846.021	43.717*
	Within group	14	5074.569	362.469	
	Total	20	100150.69		
Total polyphenol	Between groups	6	4494862.8	749143.80	83.928*
	Within group	14	124963.91	8925.994	
	Total	20	4619826.7		

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 21 การวิเคราะห์ความแปรปรวนปริมาณเควอซิติน เคมเฟอรอล และโพลีฟีนอลโดยรวม ในน้ำชาใบหม่อนที่ชงด้วยน้ำร้อนที่เวลาต่างๆ

Response		df	SS	MS	F
quercetin	Between groups	3	129645.54	43215.180	8.735*
	Within group	8	39576.732	4947.091	
	Total	11	169222.27		
kaempferol	Between groups	3	44000.808	14666.936	80.574*
	Within group	8	1456.246	182.031	
	Total	11	45457.054		
Total polyphenol	Between groups	3	82445.988	27481.996	10.262*
	Within group	8	21424.670	2678.084	
	Total	11	103870.66		

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 22 การวิเคราะห์ความแปรปรวนค่า Trolox equivalent Antioxidant Capacity (TEAC) ของใบหม่อน ชาใบหม่อน และน้ำชาใบหม่อนที่ชงด้วยน้ำร้อน

Response		df	SS	MS	F
TEAC	Between groups	4	3.514	0.879	2524.667*
	Within group	20	0.006960	0.0003480	
	Total	24	3.521		

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ประวัติผู้เขียน

นางสาวรัตติยา สำราญสกุล เกิดเมื่อวันที่ 14 พฤศจิกายน 2514 ได้รับปริญญาเภสัชศาสตร์บัณฑิต มหาวิทยาลัยรังสิต ในปีการศึกษา 2538 เข้าเรียนต่อในหลักสูตรเภสัชศาสตร์มหาบัณฑิต สาขาอาหารเคมี คณะเภสัชศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ในปีการศึกษา 2542 ปัจจุบันเป็นอาจารย์ประจำที่คณะเภสัชศาสตร์ มหาวิทยาลัยรังสิต

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย