ชนิดและปริมาณของสารฟลาวาโนน และความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระของส้มเขียวหวานและผลิตภัณฑ์น้ำส้ม

QUALITY AND QUANTITY OF FLAVANONES AND ANTIOXIDANTS PROPERTY OF TANGERINES ORANGE AND JUICE PRODUCTS

กุลนันท์ เกษรัตน์

GULANANT KESORNPAT

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชาวิทยาศาสตร์การอาหาร

คณะอุตสาหกรรมเกษตร

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

พ.ศ. 2552

KMITL-2009-AI-M-053-058

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

ชนิดและปริมาณของสารฟลาวาโนน และความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระของส้มเขียวหวานและผลิตภัณฑ์น้ำส้ม

QUA LITY AND QUANTITY OF FLAVANONES AND ANTIOXIDANTS PROPERTY OF TANGERINES ORANGE AND JUICE PRODUCTS

T107450

จุฬนันท์ เกษรรัตน์

JULANANT KESORNRAT

เลขหมู่.....
เลขทะเบียน 107450
วัน,เดือน,ปี 29 มี.ค. 2553

b.....
i.....

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาวิทยาศาสตร์การอาหาร
คณะอุตสาหกรรมเกษตร
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
พ.ศ. 2552

KMITL-2009-AI-M-053-058

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

QUANLITY AND QUANTITY OF FLAVANONES AND ANTIOXIDANTS PROPERTY OF TANGERINES ORANGE AND JUICE PRODUCTS

JULANANT KESORNRAT

A THESIS SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT

OF THE REQUIREMENT FOR THE DEGREE OF

MASTER OF SCIENCE IN FOOD SCIENCE

FACULTY OF AGRO INDUSTRY

KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG

2009

KMITL-2009-AI-M-053-058

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

COPYRIGHT 2009

FACULTY OF AGRO-INDUSTRY

KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คณะอุตสาหกรรมเกษตร

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ใบรับรองวิทยานิพนธ์

หัวข้อวิทยานิพนธ์ ชนิดและปริมาณของสารฟลาวาโนนและความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระของส้มเขียวหวานและผลิตภัณฑ์น้ำส้ม

Quality and Quantity of Flavanones and Antioxidant Property of Tangerines Orange and Juice Products

ชื่อนักศึกษา นางสาวจุฬนันท์ เกษรรัตน์

รหัสประจำตัว 50068503

ปริญญา วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชา วิทยาศาสตร์การอาหาร

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ รศ.ดร.ระติพร หาเรือนกิจ

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์	ลายมือชื่อ
รศ.ดร.ระติพร หาเรือนกิจ	
รศ.ดร.รุจิรา ตาปราบ	
ผศ.ดร.พอใจ ถามากร	
ผศ.ดร.พิชญ์อร ไหมสุทธิสกุล	

วัน / เดือน / ปี ที่สอบ 15 ตุลาคม 2552 เวลา 14.30 น. เป็นต้นไป

สถานที่สอบ ณ ห้องสัมมนา D 213 อาคารเจ้าคุณทหาร

คณะอุตสาหกรรมเกษตรรับรองแล้ว

(รศ.เยาวลักษณ์ สุรพันธพิทยุ์)

รักษาการแทนคณบดีคณะอุตสาหกรรมเกษตร

วันที่ 30 **เดือน** ตุลาคม **พ.ศ.** 2552

สำนักงานเลขานุการและประมวลผล สจล.
วันที่ส่งเล่มวิทยานิพนธ์ฉบับสมบูรณ์
วันที่ 30 เดือน ตุลาคม พ.ศ. 2552
ลงชื่อ .....

เอกสารนี้สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หัวข้อวิทยานิพนธ์	ชนิดและปริมาณของสารฟลาวาโนน และความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระของส้มเขียวหวานและผลิตภัณฑ์น้ำส้ม
นักศึกษา	น.ส.จุฬนันท์ เกษรรัตน์
รหัสประจำตัว	50068503
ปริญญา	วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต
สาขา	วิทยาศาสตร์การอาหาร
พ.ศ.	2552
อาจารย์ที่ปรึกษา	รศ.ดร.ระติพร หาเรือนกิจ

บทคัดย่อ

การศึกษาชนิดและปริมาณของสารฟลาวาโนน(อิริโอซิทิน นาริรูทิน และเฮสเพอร์ริดิน)ในส้มโชกุน(*Citrus reticulata* cv. shogun) และส้มสายน้ำผึ้ง(*Citrus reticulata* cv. Sainumphung)จากสวนอย่างละ 5 สวน ส้มทั้งสองชนิดมีปริมาณที่แตกต่างกัน ส้มโชกุนมีปริมาณสารฟลาวาโนนสูงกว่าส้มสายน้ำผึ้ง ในส้มโชกุนพบสารอิริโอซิทิน สารนาริรูทิน และสารเฮสเพอร์ริดินในปริมาณ 1.91-5.14, 33.89-157.67, 48.29-230.87 ppm โดยน้ำหนักแห้ง ตามลำดับ ส้มสายน้ำผึ้งพบสารอิริโอซิทิน สารนาริรูทิน และสารเฮสเพอร์ริดินในปริมาณ 1.42-2.41, 14.07-49.89, 39.15-57.85 ppm โดยน้ำหนักแห้งตามลำดับ ผลิตภัณฑ์น้ำส้มจากทั้งส้มโชกุน และส้มสายน้ำผึ้งไม่พบสารอิริโอซิทิน ส่วนสารฟลาวาโนนเฮสเพอร์ริดิน และนาริรูทินพบในปริมาณ 22.17-40.56, 82.90-103.83 ppm โดยน้ำหนักแห้ง ตามลำดับ ความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระของส้มโชกุน และส้มสายน้ำผึ้งมีค่า 22.27-67.6%, 25.49-47.64% ตามลำดับ เมื่อทดสอบด้วยวิธี DPPH และเมื่อทดสอบด้วยวิธี FRAP (เทียบกับวิตามินซี) ส้มโชกุนและส้มสายน้ำผึ้งมีความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระ 7.3-12.08 มิลลิกรัม/100มิลลิลิตร และ7.05-10.14 มิลลิกรัม/100มิลลิลิตรตามลำดับปริมาณสารโพลีฟีนอล(เทียบกับกรดแกลลิค)ในส้มโชกุนและส้มสายน้ำผึ้งไม่แตกต่างกันมากอยู่ในช่วง 21.78-37.30 มิลลิกรัม/100มิลลิลิตร ผลิตภัณฑ์น้ำส้มทั้งสองชนิดมีความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระเมื่อวิเคราะห์ด้วยวิธี DPPH คือ 55.13-60.97% ซึ่งสูงกว่าในส้มสด วิธี FRAP คือ 8.48 -10.38 มิลลิกรัม/100มิลลิลิตร ส่วนผลิตภัณฑ์น้ำส้มมีปริมาณของสารโพลีฟีนอลอยู่ในช่วง 23.28-24.42 มิลลิกรัม/100มิลลิลิตรแต่มีปริมาณวิตามินซีสูงกว่าในส้มสดมาก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ThesisTitle	Quality and Quantity of flavanones and antioxidant property of tangerines orange and juice products
Student	Miss Julanant Kesornrat
Student ID	50068503
Degree	Master of Science
Program	Food Science
Year	2552
Thesis advisor	Assoc. Professor Dr. Ratiporn Haruenkit

ABSTRACT

The results of the study of quality and quantity of flavanones (eriocitrin, narirutin and hesperidin) in Shogun (*Citrus reticulata* cv. shogun) and Sainumphung (*Citrus reticulata* cv. Sainumphung) from 5 different orchards. Shogun has a higher amount of total flavanone than Sainumphung. The eriocitrin, narirutin and hesperidin in Shogun were 1.91-5.14, 33.89-157.67, 48.29-230.87 ppm (dry basis) respectively. The eriocitrin, narirutin and hesperidin in Sainumphung were 1.42-2.41, 14.07-49.89, 39.15-57.85 ppm (dry basis) respectively. The products made from both Shogun and Sainumphung did not contain eriocitrin, but narirutin and hesperidin, which were 22.17-40.56, 82.90-103.83 ppm (dry basis) respectively. The antioxidant property of Shogun and Sainumphung were 22.27-67.6% and 25.49-47.64% respectively by DPPH method and with FRAP method (as vitamin c) was 7.3-12.08 mg/100ml, 7.05-10.14 mg/100ml respectively. Total polyphenol (as gallic acid) in Shogun and Sainumphung was in the range of 21.78-37.30 mg/100ml. The orange juice products had the antioxidant activity higher than the fresh orange, by DPPH 55.13-60.77% and by FRAP method (as vitamin c) 8.48 - 10.38mg/100ml. The total polyphenol in orange products was in the range of 23.28-24.42 mg/100ml. The orange juice products contained a higher amount of vitamin c than the fresh orange.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์เล่นนี้สำเร็จได้โดยได้รับการอนุเคราะห์จาก รศ.ดร. ระติพร หาเรือนกิจที่ให้เกียรติเป็นอาจารย์ควบคุมวิทยานิพนธ์ รวมทั้งกรุณาให้ความรู้ในการทำงานทดลอง และให้คำแนะนำอันเป็นประโยชน์ ตลอดจนช่วยตรวจทานแก้ไข วิทยานิพนธ์ฉบับนี้จนสำเร็จลุล่วงไปด้วยดี ขอขอบพระคุณเป็นอย่างสูง

ขอขอบพระคุณรศ.ดร. รุจิรา ตาปราบ ผศ.ดร. พอใจ ถามากร รศ.ดร.พิชอร ไหมสุทธิสกุล ที่ให้เกียรติเป็นกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ ตลอดจนคณาจารย์ในคณะอุตสาหกรรมเกษตร ทุกท่านที่ได้แนะแนวทางในการศึกษา ให้ความรู้และคำแนะนำอันเป็นประโยชน์อย่างยิ่ง

ขอขอบคุณพี่ๆนักวิทยาศาสตร์ และบุคลากรคณะอุตสาหกรรมเกษตรที่อำนวยความสะดวกและให้การช่วยเหลือ ข้าพเจ้าในการทำงานทดลอง

ขอขอบคุณพี่สุวรรณา พิชัยยงวงศ์ดี และพี่ธงชัย พุฒทองศิริ ที่ให้ความช่วยเหลือ และให้ความรู้ความเข้าใจ ในการทำงานวิจัยครั้งนี้

ขอขอบพระคุณคุณพ่อ คุณแม่ ที่เป็นกำลังใจ คอยให้การสนับสนุน และช่วยเหลือทุกด้าน

จุฬนันท์ เกษรรัตน์

30 กันยายน 2552

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย..... I

บทคัดย่อภาษาอังกฤษ..... II

กิตติกรรมประกาศ..... III

สารบัญ..... IV

สารบัญตาราง..... VI

สารบัญภาพ..... VIII

บทที่ 1 บทนำ..... 1

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา..... 1

1.2 วัตถุประสงค์ของงานวิจัย..... 2

1.3 ขอบเขตของงานวิจัย..... 2

บทที่ 2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง..... 3

2.1 ส้ม..... 3

2.2 สารต้านอนุมูลอิสระที่พบในส้ม..... 7

2.3 สารประกอบโพลีฟีนอล..... 9

2.4 โครงสร้างของสารฟลาโวนอยด์..... 13

2.5 สารฟลาวาโนน..... 17

2.6 การใช้โครมาโทกราฟีแบบของเหลวสมรรถภาพสูงในการวิเคราะห์สารฟลาวาโนน..... 21

บทที่ 3 อุปกรณ์และวิธีการ

3.1 วัตถุดิบ..... 23

3.2 เครื่องมือ..... 23

3.3 สารเคมี..... 24

3.4 สถานที่ดำเนินงาน..... 25

3.5 วิธีการดำเนินงาน..... 25

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ(ต่อ)

หน้า

บทที่ 4 ผลการทดลองและวิจารณ์ผลการทดลอง..... 28

4.1 ศึกษาชนิดและปริมาณสารฟลาโวโนนในส้มเขียหวานและผลิตภัณฑ์น้ำส้ม..... 28

4.2 ศึกษาปริมาณสารประกอบโพลีฟีนอลในส้มเขียวหวานและผลิตภัณฑ์น้ำส้ม..... 33

4.3 ศึกษาความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระของส้มเขียหวานและผลิตภัณฑ์น้ำส้ม 36

4.4 ศึกษาองค์ประกอบทางเคมีของส้มเขียวหวานและผลิตภัณฑ์น้ำส้ม..... 38

4.5 ค่าสหสัมพันธ์..... 41

บทที่ 5 สรุปผลการทดลอง..... 43

บรรณานุกรม..... 44

ภาคผนวก..... 50

ก. การวิเคราะห์ค่าความเป็นกรด..... 51

ข. การวิเคราะห์ของแข็งที่ละลายในน้ำ..... 52

ค. การวิเคราะห์ค่าพีเอช..... 52

ง. การวิเคราะห์กรดแอสคอบิก..... 53

จ. การวิเคราะห์ชนิดและปริมาณสารฟลาวาโนน..... 55

ฉ. การวิเคราะห์สารประกอบโพลีฟีนอล..... 59

ช. การวิเคราะห์ความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระ..... 61

ซ. การวิเคราะห์ค่าสหสัมพันธ์..... 64

ประวัติผู้แต่ง..... 66

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
2.1 สารอาหารที่พบในส้มเขียวหวาน 100 กรัม	4
2.2 ปริมาณวิตามินซีในส่วนต่างๆของพืชตระกูลส้ม	8
2.3 ชนิดและปริมาณของสารประกอบโพลีฟีนอล ในส่วนต่างๆของพืช	13
2.4 ปริมาณสารฟลาวาโนนในผลไม้ตระกูลส้มต่างๆ	18
2.5 ตารางแสดงสารฟลาวาโนนอไกลโคลฟอร์ม และไกลโคไซด์ฟอร์ม	20
4.1 แสดงชนิดและปริมาณของสารฟลาวาโนนในส้มสายน้ำผึ้ง	28
4.2 แสดงชนิดและปริมาณของสารฟลาวาโนนในส้มโชกุน	29
4.3 แสดงชนิดและปริมาณของสารฟลาวาโนนในผลิตภัณฑ์น้ำส้ม	30
4.4 ปริมาณสารประกอบโพลีฟีนอลในส้มสายน้ำผึ้ง	33
4.5 ปริมาณสารประกอบโพลีฟีนอลในส้มโชกุน	34
4.6 ปริมาณสารประกอบโพลีฟีนอลในผลิตภัณฑ์น้ำส้ม	35
4.7 ความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระของส้มสายน้ำผึ้ง	36
4.8 ความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระของส้มโชกุน	36
4.9 ความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระของผลิตภัณฑ์น้ำส้ม	37
4.10 องค์ประกอบทางเคมีของส้มสายน้ำผึ้ง	38
4.11 องค์ประกอบทางเคมีของส้มโชกุน	39
4.12 องค์ประกอบทางเคมีของผลิตภัณฑ์น้ำส้ม	40
4.13 ค่าสหสัมพันธ์ของส้มสายน้ำผึ้ง และส้มโชกุน	41
4.14 ค่าสหสัมพันธ์ของผลิตภัณฑ์น้ำส้ม	41

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง(ต่อ)

ตารางที่	หน้า
จ 1 ค่าพื้นที่ใต้กราฟต่อความเข้มข้นของสารละลายมาตราฐานสารอิริโอซิทิน.....	56
จ 2 ค่าพื้นที่ใต้กราฟต่อความเข้มข้นของสารละลายมาตราฐานสารนาริรูทิน.....	56
จ 3 ค่าพื้นที่ใต้กราฟต่อความเข้มข้นของสารละลายมาตราฐานสารเฮสเพอร์ริดิน.....	57
ฉ 1 ค่าการดูดกลืนแสงเฉลี่ยของสารละลายมาตรฐานกรดแกลลิค.....	60
ช 1 ค่าการดูดกลืนแสงเฉลี่ยของสารละลายมาตรฐานกรดแอสคอบิก.....	62
ซ 1 ค่าสหสัมพันธ์ของส้มสายน้ำผึ้ง และส้มโชกุน.....	64
ซ 2 ค่าสหสัมพันธ์ของผลิตภัณฑ์น้ำส้ม.....	65

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญภาพ

ภาพที่	หน้า
2.1 โครงสร้างภาพตัดขวางของส้มเขียวหวาน	3
2.2 โครงสร้างหลักของสารฟลาโวนอยด์	9
2.3 โครงสร้างของสารฟลาโวน	14
2.4 โครงสร้างของสารฟลาโวนอล	15
2.5 โครงสร้างของสารฟลาวาโนน	15
2.6 โครงสร้างของสารคาเทชิน	16
2.7 โครงสร้างของสารแอนโทไซยานิน	16
2.8 โครงสร้างของสารไอโซฟลาโวน	17
2.9 โครงสร้างของสารฟลาวาโนนอไกลคอลและไกลโคไซด์	19
4.1 เปรียบเทียบปริมาณสารฟลาวาโนนในส้มเขียวหวานและผลิตภัณฑ์น้ำส้ม	32
4.2 การวิเคราะห์สารฟลาวาโนนในตัวอย่างน้ำส้ม	33
4.3 เปรียบเทียบปริมาณสารประกอบโพลีฟีนอลในส้มเขียวหวานและผลิตภัณฑ์น้ำส้ม	35
จ1 กราฟมาตรฐานของสารอิริโอซิทินสำหรับการวิเคราะห์สารฟลาวาโนน	56
จ2 กราฟมาตรฐานของสารนาริรูทินสำหรับการวิเคราะห์สารฟลาวาโนน	57
จ3 กราฟมาตรฐานของสารเฮสเพอร์ริดินสำหรับการวิเคราะห์สารฟลาวาโนน	58
จ4 กราฟตัวอย่างการผสมสารมาตรฐาน อิริโอซิทิน นาริรูทิน และเฮสเพอร์ริดิน	58
ฉ1 กราฟมาตรฐานกรดแกลลิคสำหรับวิเคราะห์สารประกอบโพลีฟีนอล	60
ช1 กราฟมาตรฐานกรดแอสคอบิกสำหรับวิเคราะห์ความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระ	62

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

ส้มเป็นผลไม้ที่นิยมในการบริโภค เนื่องจากรสชาติและคุณค่าทางโภชนาการของส้ม ประเทศไทยจัดเป็นประเทศที่ปลูกส้มได้ดี ส้มที่นิยมปลูกเพื่อการค้าได้แก่ ส้มเขียวหวาน ส้มโอ เนื่องจากส้มเป็นไม้ผลที่ให้ผลตอบแทนต่อหน่วยพื้นที่สูงจึงทำให้มีการขยายพื้นที่ปลูกมากขึ้น ส้มโชกุนเดิมเป็นพันธุ์จากประเทศจีน ได้มีการนำเมล็ดมาทดลองปลูกในประเทศไทย จึงกลายพันธุ์เป็นส้มพันธุ์ใหม่พันธุ์หนึ่งในประเทศไทย มีการตั้งชื่อว่าส้มโชกุน มีลักษณะที่ดีต่อการบริโภค คือ มีรสหวานอมเปรี้ยวและมีกลิ่นหอม ส้มโชกุนจะมีชื่อเรียกแตกต่างกันตามสถานที่ปลูกในภาคเหนือเรียก "ส้มสายน้ำผึ้ง" เพราะผิวส้มจะมีสีเหลืองนวลเนื่องจากมีอากาศเย็น และปริมาณน้ำฝนน้อย ภาคใต้เรียก "ส้มโชกุน" จะมีสีเขียวเพราะฝนตกชุก และที่จังหวัดสงขลาเรียกว่า "ส้มเพชรยะลา" (เอกชัย และส่งสุข 2547)

มีการศึกษาและวิจัยด้านโภชนาการของส้มพบว่าส้มเป็นแหล่งของวิตามินซีและแคโรทีนอยด์ที่สูงประกอบกับปัจจุบันผู้บริโภคได้ตระหนักถึงความสำคัญของสารต้านอนุมูลอิสระ มีการค้นคว้าวิจัยเกี่ยวกับสารต้านอนุมูลอิสระ (Antioxidant) ในผลไม้มากขึ้น เนื่องจากอนุมูลอิสระมีความสามารถในการทำลายชีวโมเลกุลที่เป็นองค์ประกอบของเซลล์ สารประกอบที่พบในส้มที่มีฤทธิ์เป็นสารต้านอนุมูลอิสระนอกเหนือจากวิตามินซี คือสารกลุ่มโพลีฟีนอล ซึ่งสารที่สำคัญในกลุ่มนี้คือสารฟลาโวนอยด์

ฟลาโวนอยด์ที่พบมากในพืชตระกูลส้ม คือ ฟลาวาโนน ชนิดที่พบมากคือ Naringin, Hesperidin, Neohesperidin และ Narirutin (Xu *et al.,* 2008)ในส้มแต่ละพันธุ์มีปริมาณสารประกอบฟลาวาโนนที่แตกต่างกันตามสายพันธุ์ ซึ่งสารในกลุ่มนี้ได้มีการวิจัยว่ามีส่วนช่วยในการลดคอเลสเตอรอลในเลือด ลดความเสี่ยงต่อการเกิดมะเร็ง ลดอาการแพ้ เป็นสารต้านอนุมูลอิสระ (Kanaze *et al.,* 2004; Desiderio *et al.,* 2005; Abeysinghe *et al.,* 2007) ในประเทศบราซิลมีการศึกษาส้มพันธุ์ Pera และ Natal พบว่ามีปริมาณสารประกอบฟลาวาโนน ในปริมาณที่แตกต่างกันและมีการเสนอให้ใช้ปริมาณสารนี้เป็นตัวควบคุมคุณภาพของน้ำส้ม (Pupin *et al.,* 1998) ในประเทศไทยยังมิได้มีการศึกษาสารฟลาวาโนนในน้ำส้มและผลิตภัณฑ์น้ำส้มมาก่อน งานวิจัยนี้จึงต้องการศึกษาสารฟลาวาโนนในส้มโชกุนและสายน้ำผึ้งซึ่งเป็นพันธุ์ที่มีต้นกำเนิดเดียวกัน แต่ปลูกในภูมิอากาศ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ต่างกัน เพื่อดูความเป็นไปได้ในการใช้สาร ฟลาวาโนนในการแยกชนิดของส้มหรือเป็นแนวทางในการตรวจสอบคุณภาพของน้ำส้มในอนาคต

1.2 วัตถุประสงค์ของงานวิจัย

1.2.1.ศึกษาชนิดและปริมาณสารฟลาวาโนน ที่พบในส้มเขียวหวานและผลิตภัณฑ์น้ำส้ม

1.2.2.ศึกษาความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระและคุณลักษณะทางเคมีที่พบในส้มเขียวหวานและผลิตภัณฑ์น้ำส้ม

1.3 ขอบเขตงานวิจัย

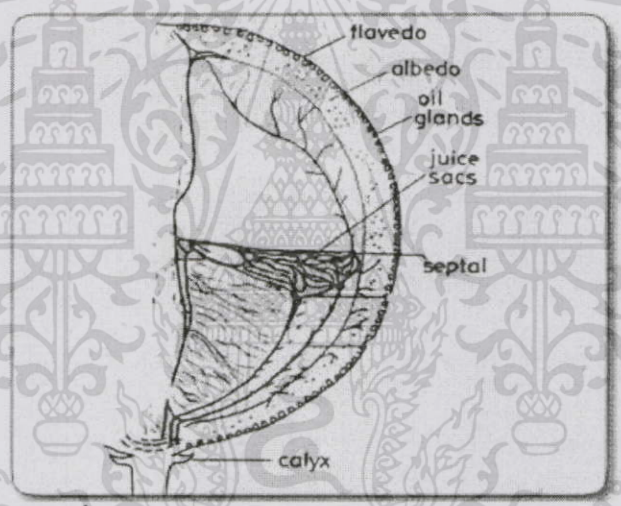
งานวิจัยนี้เป็นการศึกษาชนิดและปริมาณของสารฟลาวาโนที่พบในส้มโชกุน และส้มสายน้ำผึ้ง โดยตัวอย่างส้มโชกุน และส้มสายน้ำผึ้ง มาจากสวนส้ม 10 สวน และเปรียบเทียบผลกับผลิตภัณฑ์น้ำส้มในท้องตลาดที่ผ่านกระบวนการผลิตแบบยูเอชที และพาสเจอร์ไรส์ โดยเลือกใช้เฉพาะผลิตภัณฑ์ที่ระบุชนิดของส้มเป็นสายน้ำผึ้ง หรือโชกุน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2
วรรณกรรมและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 ส้ม

พืชตระกูลส้มเป็นไม้ผลที่สามารถปลูกได้ในสภาพภูมิอากาศเขตกึ่งร้อน ตั้งแต่ซีกโลกเหนือเขตเมดิเตอร์เรเนียนจนถึงซีกโลกใต้ แบ่งออกเป็น 5 กลุ่มใหญ่ คือ เลมอน มะนาว เกรฟฟรุต ส้มโอ และส้ม ประเทศไทยเป็นประเทศที่สามารถปลูกส้มได้ดี ส้มที่ปลูกเป็นการค้าได้แก่ ส้มเขียวหวาน ส้มโอ ส้มตรา ส้มเกลี้ยง และมะนาว เนื่องจากส้มเป็นไม้ผลที่ให้ผลตอบแทนต่อหน่วยพื้นที่สูงจึงทำให้มีการขยายพื้นที่ปลูกมากขึ้น ในปัจจุบันแหล่งปลูกส้มที่สำคัญของประเทศได้กระจายอยู่ทั่วทุกภาค



ภาพที่ 2.1 โครงสร้างภาพตัดขวางของส้มเขียวหวาน

ที่มา : Roy and Goldschmidt (1996)

ผลส้มจัดเป็นผลแบบเบอร์รี่ (Berry) ชนิดเฮสเพอร์ริเดียม (hesperidium) ซึ่งเจริญขึ้นมาจากส่วนของรังไข่โดยตรงมีจำนวนประมาณ 10 กลีบ (carpel) อาจมากกว่าหรือน้อยกว่ากันเล็กน้อย เชื่อมติดกันเป็นวงกลมล้อมอยู่รอบแกนกลาง (central axis) การพัฒนาของ ผนังรังไข่ (ovary wall) ภายหลังการติดผลจนกระทั่งโตเต็มที่ ส่วนของผนังรังไข่จะเปลี่ยนไปเป็น เพอร์ริคาป (pericarp) ซึ่งมีอยู่ด้วยกัน 3 ชั้น (ดูภาพที่ 2.1) คือ

- เอ็กซ์โซคาป(exocarp) เป็นชั้นนอกสุดของผลส้มมีชื่อเรียกพิเศษว่า ฟลาวิโด (flavedo) ผิวนอกสุดเป็นชั้นของ อิพิเดอมีส (epidermis) ที่มีคิวติเคิล (cuticle) หนามาก และมีต่อมน้ำมัน (oil gland) อยู่เป็นจำนวนมาก ในขณะที่ผลยังอ่อนอยู่ ชั้นนี้จะมีคลอโรพลาสแต่เมื่อผลสุกคลอโรพลาส

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จะเปลี่ยนไปเป็นโคโมพลาส และมีการสร้างเม็ดสีพวกคาโรทีนอยด์ (carotenoids) ทำให้ผลมีสีตามลักษณะประจำพันธุ์

- มีโซคาป(mesocarp) เป็นผนังชั้นกลางมีชื่อเรียกพิเศษว่า อัลบิโด (albedo) เป็นเซลล์พวก spongy parenchyma มีสีขาว ชั้นนี้อาจบางมาก เช่น ส้มเขียวหวาน และเพิ่มความหนามากขึ้น เช่น ส้มเกลี้ยง จนหนามากเช่นส้มโอ ชั้นนี้อาจติดกับชั้นของฟลาวิโด หรือติดกับส่วนเนื้อใน

- เอนโดคาป(endocarp) จัดเป็นชั้นในสุดของเพอร์ริคาป คือ เนื้อเยื่อของกลีบผลนั่นเอง เซลล์ผนังด้านในของชั้นนี้เมื่อมีการพัฒนาของผล ส่วนนี้จะมีการแบ่งเซลล์และขยายตัวออกกลายเป็นกุ้ง (juice sac) ทำหน้าที่เก็บสะสมน้ำ น้ำตาล และสารต่างๆ

ตารางที่ 2.1 สารอาหารที่พบในส้มเขียวหวาน 100 กรัม

ส่วนประกอบ	ปริมาณ
คาร์โบไฮเดรต	9.9 กรัม
โปรตีน	0.6 กรัม
ไขมัน	0.2 กรัม
แคลเซียม	31 มิลลิกรัม
วิตามินเอ	4,000 หน่วยสากล
วิตามินซี	18 มิลลิกรัม
วิตามินบี 1	0.04 มิลลิกรัม
วิตามินบี 2	0.05 มิลลิกรัม

ที่มา : กองโภชนาการ กรมอนามัย (2535)

2.1.1 พันธุ์ส้มที่ปลูกในประเทศไทย

2.1.1.1. ส้มเกลี้ยง

จัดอยู่ในกลุ่มสวีทออเรนจ์ (Sweet orange) มี 2 พันธุ์คือ

- ส้มเกลี้ยงชนิดผลใหญ่ มีขนาดผลโต ทรงกลม เส้นผ่าศูนย์กลางผลมากกว่า 7.6 เซนติเมตร มีตุ่มน้ำมันเด่นชัดใหญ่กว่าส้มเกลี้ยงชนิดผลเล็ก ผิวผลสีเขียวถึงสีเขียวอมเหลือง และสีเหลืองชัดกว่าส้มเกลี้ยงชนิดผลเล็ก เนื้อหนากว่า และเหนียวลอกออกจากเนื้อผลได้ไม่ยาก ผนังกลีบบาง แยกออกจากเนื้อได้ยาก เนื้อผลฉ่ำน้ำ เนื้อผลมีสีขาวอมเหลืองกุ้งขนาดเล็กและเกาะตัวกันไม่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แน่น รสชาติเปรี้ยวอมหวาน ชันกระด้างไม่มีรก (placenta) มีเมล็ดเล็ก ลักษณะเม็ดค่อนข้างแบน คล้ายเมล็ดส้มโอ

- ส้มเกลี้ยงชนิดผลเล็ก รูปร่างผลทรงกลม มีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางผลประมาณ 7-7.5 เซนติเมตร ผิวเปลือกเรียบ มีตุ่มน้ำมันไม่เด่นชัด ผิวผลสีเขียวถึงเขียวอมเหลืองเปลือกค่อนข้างหนาและเหนียว สามารถลอกเปลือกออกไม่ยากนัก ผนังกลีบแบ่งแยกออกจากกันค่อนข้างยาก กุ้งขนาดเล็กและอวบน้ำ เกาะตัวกันไม่แน่น เนื้อผลมีสีเหลืองอ่อน รสชาติหวานอมเปรี้ยว เมล็ดใหญ่กว่าส้มเขียวหวาน เปลือกหุ้มเมล็ดไม่ย่น

2.1.1.2 ส้มตรา

จัดอยู่ในกลุ่มสวีทออเรนจ์ (sweet orange) แต่รสชาติต่างจากส้มเกลี้ยงเพราะเป็นพวกที่ไม่มีกรด ในประเทศไทยเรียก ส้มเช้ง มีทรงผลลักษณะกลมสูง ฐานผลเว้าเล็กน้อย ปลายผลแบนราบ บางพันธุ์มีรอยเป็นวงกลมติดอยู่ มีร่อง หรือสาแหรก จากขั้วผลจนถึงปลายผล ผิวผลขรุขระ มีต่อมน้ำมันขนาดเล็กละเอียดมองไม่เด่นชัด ผิวผลสีเขียวอมเหลือง เปลือกค่อนข้างหนาเหนียวและแข็งกว่าเปลือกส้มเกลี้ยง เปลือกลอกออกจากเนื้อได้ง่ายกุ้งขนาดเล็กอวบน้ำ เนื้อผลแน่น เนื้อผลมีสีเหลืองอ่อนคล้ายส้มเกลี้ยง รสชาติหวานสนิทไม่มีรสเปรี้ยว ชันเหนียว มีเมล็ดน้อยหรือไม่มีเลยเมล็ดมีขนาดเล็ก บาง แบนลีบ เมล็ดที่สมบูรณ์จะมีรูปทรงยา

2.1.1.3 ส้มเขียวหวาน

จัดอยู่ในกลุ่มแมนดาริน(mandarins) หรือแทนเจอรีน(tangerines)มีชื่อเรียกทางวิทยาศาสตร์ว่า *Citrus reticulata* Blanco ลักษณะรูปทรงผลกลมแป้นคือส่วนสูงผลสั้นกว่าเส้นผ่านศูนย์กลางผล ด้านปลายผลราบ หรือเว้าเป็นแอ่งตื้นๆ ฐานผลส่วนใหญ่มน บางสายพันธุ์มีจุกขนาดเล็กและเตี้ย ผิวผลเรียบ มีตุ่มน้ำมันเกิดที่บนผิวผล ผลแก่จัดมีผิวสีเขียวอมเหลือง ส้มเขียวหวานที่ปลูกในเขตอากาศเย็น มีผิวผลสีเหลืองส้ม เปลือกบาง (ประมาณ 2 เซนติเมตร) เปลือกล่อน ปอกง่าย ผนังกลีบบางมีรกน้อย ชันนิ่ม กุ้งขนาดเล็กและสั้น ฉ่ำน้ำ เนื้อผลสีส้ม รสชาติหวานอมเปรี้ยวเล็กน้อยประวัติการปลูกส้มเขียวหวาน เชื่อกันว่านำพันธุ์มาจากประเทศจีนนานกว่า 100 ปีมาแล้ว แต่ดั้งเดิมปลูกจากเมล็ด ต่อมากลายพันธุ์ไปเป็น 6 สายพันธุ์ ได้แก่ พันธุ์ส้มหวาน เทพรส ชานิ่ม หัวจุก บางมด และพันธุ์แดงหวาน จนในปัจจุบันเหลือแต่ พันธุ์บางมดพันธุ์เดียวเท่านั้น เนื่องจากพันธุ์อื่นไม่นิยมปลูกและบริโภคสำหรับพันธุ์บางมด เริ่มปลูกเป็นพันธุ์การค้าเมื่อประมาณ 70 ปีมาแล้วในเขตตำบลบางมด อำเภอบางขุนเทียน และได้แพร่กระจายต่อไปยังจังหวัดใกล้เคียง ได้แก่ จังหวัดนครปฐม สมุทรสาคร สมุทรสงคราม ราชบุรี ต่อมาได้เกิดโรคระบาดในเขตแหล่งปลูกส้มเขียวหวานทำให้เกษตรกรบางรายต้องล้มเลิกการทำสวนส้มไปหลายสวน ในปัจจุบันพันธุ์ส้มเขียวหวานที่ปลูกเป็นการค้าในประเทศไทย ได้แก่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

-ส้มบางมด หรือบางล่าง มีลักษณะเปลือกบาง แหล่งปลูกในเขตอำเภอบางขุนเทียน

-ส้มบางบน มีลักษณะเปลือกผลหนาแหล่งปลูกที่ ตำบลบางขุนนนท์ อำเภอ รังสิต จังหวัดแพร่และเชียงใหม่

-ส้มแหลมทองหรือแสงทอง มีขนาดผลใหญ่ แหล่งปลูกที่จังหวัดราชบุรี แหล่งปลูกเดิมอยู่ที่สมุทรสาคร

-ส้มฟรีมองท์เป็นลูกผสมจากส้มพันธุ์คลีเมนไทน์กับส้มพันธุ์พองแกน นำพันธุ์จากประเทศสหรัฐอเมริกาเข้ามาทดลองปลูก เนื่องจากส้มพันธุ์นี้สามารถปรับตัวได้ดีในสภาพอากาศทางภาคเหนือของไทย จึงยังคงมีเกษตรกรปลูกกันอยู่จนถึงปัจจุบัน

-ส้มโชกุน หรือเพชรยะลา เป็นส้มที่ปลูกจากเมล็ดทางภาคใต้ของประเทศไทย เกษตรกรผู้ปลูกกล่าวว่าได้นำมาจากประเทศจีน มีขนาดผลใหญ่กว่าส้มเขียวหวานพันธุ์บางมดเล็กน้อย ลักษณะพิเศษคือมีคุณภาพผลดีเยี่ยม ชันนิ่ม ปริมาณกรดและน้ำตาลสูงทำให้มีเปอร์เซ็นต์น้ำส้มสูง สีเนื้อเป็นสีส้มจัด เป็นที่นิยมบริโภคกันมากในปัจจุบัน

-ส้มสายน้ำผึ้ง เป็นส้มชนิดเดียวกับส้มโชกุนนิยมปลูกทางภาคเหนือของประเทศไทย ปริมาณน้ำฝนและอุณหภูมิที่แตกต่างทำให้ผิวส้มสายน้ำผึ้งมีสีเหลืองทอง

2.1.1.4 ส้มจุก

เป็นส้มที่จัดอยู่ในกลุ่มแมนดาริน เป็นพันธุ์พื้นเมืองทางภาคใต้ของประเทศไทย โดยปลูกกันทั่วไปทางภาคใต้ตอนล่าง ลักษณะผลส้มจุก มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางผล 6.5-7 เซนติเมตร น้ำหนักผล 145 – 190 กรัม เนื้อผลมีปริมาณน้ำตาล 8 เปอร์เซ็นต์ เปลือกผลหนา 0.3 – 0.4 เซนติเมตร ผิวผลขรุขระ ผลที่สุกแก่มีการเปลี่ยนสีเพียงเล็กน้อยเท่านั้น มีตุ่มน้ำมันใหญ่และถี่ ฐานผลมีคอ (neck) สูง ซึ่งเป็นลักษณะพิเศษประจำพันธุ์ของส้มพันธุ์นี้ จึงเรียกชื่อตามลักษณะผลว่าส้มจุก ปลายผลราบหรือเว้าเล็กน้อย เปลือกผลล่อน ปอกง่าย กลีบผลแยกจากกันได้ง่าย ไม่มีแกนผล มีกลีบผลประมาณ 11 กลีบ ผนังกลีบหนาและเหนียว ชันเหนียว กุ้งน้ำหวานค่อนข้างยาว ฉ่ำน้ำ เนื้อผลสีเหลืองอ่อนและใส รสหวานอมเปรี้ยว โดยเฉพาะถ้าเก็บผลก่อนถึงระยะสุกแก่ผลจะเปรี้ยวมาก มีเมล็ดน้อยประมาณ 4 – 5 เมล็ดต่อผล

2.1.1.5 ส้มแก้ว

จัดเป็นส้มกลุ่มแมนดารินอีกพันธุ์หนึ่ง เป็นส้มพันธุ์พื้นเมืองทางภาคเหนือของประเทศไทย ส้มแก้วมีขนาดผลใกล้เคียงกับส้มพันธุ์คิง มีน้ำหนักผลประมาณ 300-310 กรัมต่อผล มีทรงผลกลมแป้น ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางผลประมาณ 8-9 เซนติเมตร สูง 7.5 เซนติเมตร เปลือกหนา 1.5-2 เซนติเมตร มีผิวค่อนข้างเรียบ สีส้ม ตุ่มน้ำมันขนาดใหญ่ ถี่ และชัดเจน ฐานผลมน ปลายผลราบ มีกลีบผล 11 กลีบ เปลือกผลล่อน ปอกง่าย เนื้อผลสีส้ม ฉ่ำน้ำกุ้งขนาดใหญ่ รสชาติไม่หวานมาก ปริมาณน้ำตาลประมาณ 8 เปอร์เซ็นต์ เมล็ดน้อย มี 1- 2 เมล็ดต่อผล มีกลิ่นหอมคล้ายส้มจุ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.1.1.6 ส้มโอ

ลักษณะเด่นคือ ผลใหญ่ ปลูกง่าย ดูแลรักษาง่ายกว่าส้มพันธุ์อื่น นอกจากนี้ยังเก็บรักษาได้นานเพราะมีเปลือกหนา (มงคล, 2536)

2.2 สารต้านอนุมูลอิสระที่พบในส้ม

2.2.1 วิตามินซี

เป็นวิตามินที่ละลายน้ำได้พบมากในพืชตระกูลส้ม แต่สลายตัวได้ง่ายเมื่อถูกความร้อน การชะล้างและการหั่น ดังนั้น จึงต้องใช้วิธีการรับประทานส้มสดๆ จึงจะได้รับวิตามินซีสูงที่สุด นอกจากนี้การเก็บส้มจากต้นนานเกินไปก็ส่งผลต่อการสูญเสียวิตามินซี การทำหน้าที่เป็นสารต้านออกซิเดชันของวิตามินซีส่วนใหญ่จะทำหน้าที่ร่วมกับวิตามินอีจึงให้ผลในการต้านออกซิเดชันได้ดี วิตามินซีแสดงสมบัติการเป็นสารต้านออกซิเดชันได้โดยการทำหน้าที่ยับยั้งอนุมูลอิสระที่เกิดขึ้นบริเวณพันธะคู่ของกรดไขมันโดยเปลี่ยนไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ที่เกิดจากปฏิกิริยาออกซิเดชันไปเป็นสารที่มีความเสถียรมากขึ้น (Mitsumoto *et al.*, 1991) และจับกับโลหะอิออนที่เป็นสารเร่งปฏิกิริยาออกซิเดชัน (Frankel, 1996) ในเนื้อเยื่อของพืชวิตามินซีจะทำหน้าที่ปกป้องเซลล์โดยการทำลายไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ที่เกิดจากกระบวนการออกซิเดชัน ในอาหารวิตามินซีจะทำหน้าที่กำจัดออกซิเจนที่เป็นสาเหตุให้เกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันและยังทำหน้าที่เป็นสารคีเลต (chelating agent) อีกด้วย ถึงแม้ว่าวิตามินซีจะทำหน้าที่เป็นสารต้านออกซิเดชันได้ดี แต่ก็มีข้อจำกัด คือ ถ้าใช้ระดับความเข้มข้นสูงและอยู่ในสภาวะที่มีไอออนของโลหะอยู่ วิตามินซีจะแสดงสมบัติเป็นสารที่ส่งเสริมให้เกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันได้ (Mitsumoto *et al.*, 1991) ส้มวาเลนเซีย เกรฟฟรุ๊ต และในส้มเขียวหวาน ระหว่างการสุกปริมาณวิตามินซีจะลดลงและในผลไม้ที่สุกแล้วปริมาณวิตามินซีจะต่ำที่สุด แต่มีแนวโน้มในการเพิ่มของวิตามินซีเนื่องจากปริมาณน้ำหรือการเพิ่มขนาดของผล (Nagy, 1980) และส้มซัทซูมาที่เจริญในอุณหภูมิ 20-22 องศาเซลเซียสในตอนกลางวัน และอุณหภูมิ11-13 องศาเซลเซียสในตอนกลางคืน มีปริมาณวิตามินซีมากกว่าส้มที่เจริญเติบโตที่อุณหภูมิ 30-35 องศาเซลเซียสในตอนกลางวัน และ 20-25 องศาเซลเซียส (Nagy, 1980)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.2 ปริมาณวิตามินซีในส่วนต่างๆของพืชตระกูลส้ม

	mg of vitamin C/100g fresh weight					
	Peel					
Fruit, variety	flavedo	albedo	pulp	rag	seed[a]	juice
Orange, pineapple[b]	377	208		68		68
Orange, navel[c]	222		57			59
Grapefruit, Duncan[b]	237	140		44		40
Grapefruit, Marsh[b]	240	155		50		32
Grapefruit, Duncan[d]					1.7	
Lemon, Eureka[b]	129		53			44
Lemon, Eureka[e]	158		44			34

[a] Nongerminated seed

[b] Atkins และคณะ(1945)

[c] Birdsallและคณะ(1961)

[d] Miller และ Jablonski (1949)

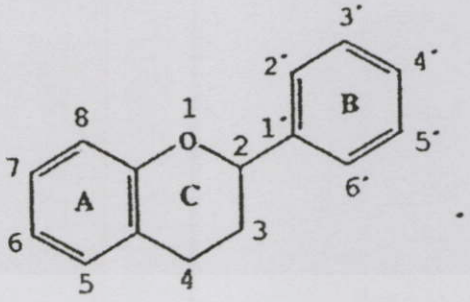
[e] Eaks(1964)

ที่มา : Nagy (1980) อ้างถึงโดยสุภาภรณ์ (2547)

2.2.2. สารฟลาโวนอยด์

สารฟลาโวนอยด์ที่พบในพืชตระกูลส้มเป็นสารพฤกษ์เคมีกลุ่มใหญ่ที่สุดและมีสมบัติในการต้านการออกซิเดชันที่เด่นชัดกว่าสารประกอบกลุ่มอื่นๆ ดังนั้นจึงมีผู้วิจัยถึงสมบัติการต้านปฏิกิริยาออกซิเดชันของสารฟลาโวนอยด์ในผลิตภัณฑ์อาหาร Das และPereira (1990) ศึกษาผลของโครงสร้างต่อการเกิดออโตออกซิเดชันในน้ำมันปาล์ม มอริน ไมริซิทิน เคมเฟอรอลและเคอร์ซิทิน ซึ่งเป็นสารในกลุ่มฟลาโวนอลมีสมบัติในการต้านออกซิเดชันได้ดีเมื่อใช้ในน้ำมันปาล์ม และพบว่าโครงสร้างที่มีส่วนในการสนับสนุนสมบัติการต้านการเกิดออกซิเดชัน คือจำนวนและตำแหน่งของหมู่ไฮดรอกซิลที่อยู่ในวงแหวน B พันธะคู่ที่ตำแหน่ง 2-3 และการแทนที่ของหมู่ไฮดรอกซิลอิสระที่ตำแหน่ง 3และ5 บนวงแหวน C และA และหมู่ 4-oxo

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 2.2 โครงสร้างหลักของสารฟลาโวนอยด์

ที่มา: วิวัฒน์ (2545)

2.2.3. สารแคโรทีนอยด์

แคโรทีนอยด์เป็นกลุ่มรงควัตถุที่พบได้ในเปลือกและส่วนที่เป็นน้ำของส้ม มีสีเหลืองจนถึงสีส้ม แบ่งได้ 2 กลุ่มใหญ่คือกลุ่มของแคโรทีน เช่น เบต้าแคโรทีน(ß-carotene)และไลโคปีน (lycopene) ส่วนอีกกลุ่มหนึ่งคือ แซนโทฟิล (xanthophyll) เช่นเอสธาแซนทิน(asthaxanthin) และเคทธาแซนทิน แคโรทีนอยด์ที่พบในส้มจะแตกต่างกันขึ้นอยู่กับพันธุ์ของส้ม ความแก่อ่อน ฤดูกาลและการปฏิบัติหลังการเก็บเกี่ยว แคโรทีนอยด์ที่พบในเปลือกส้ม เช่น อัลฟ่า และเบต้า แคโรทีน ลูทีน(lutein) และไวโอเลแซนทิน(violaxanthin) เป็นต้น จากการศึกษาของ Curl และ Baile (1956) พบว่าเปลือกและเยื่อใยของส้มพันธ์วาเลนเซีย พบสารแคโรทีนอยด์ถึง 60 เปอร์เซ็นต์ Alquezar และคณะ(2008) ทำการศึกษาส้มคารา (Cara cara) ซึ่งกลายพันธุ์มาจาก ส้มเนเวล(Naval orange) พบว่าส้มคารา ซึ่งมีเนื้อสีแดงพบสารแคโรทีนอยด์มากกว่าในส้มเนเวล เนื่องจากสารไอโซพรีนอยด์ (isoprenoid) ซึ่งเป็นสารตั้งต้นพบมากในส้มคารา ซึ่งมีเนื้อสีแดงมากกว่าในส้มเนเวล

2.2.4 กรดฟีนอลิก

กรดฟีนอลิกเป็นสารอีกกลุ่มที่พบได้ในพืชตระกูลส้ม เช่น คูมาริน(coumarin) พีคูมาริน(p-coumarin) เฟอรูริก(ferulic) คาเฟอิก(caffeic) ชินนามิก(cinnamic) เป็นต้น กรดฟีนอลิกส่วนใหญ่ที่อยู่ในพืชตระกูลส้มส่วนใหญ่จะอยู่รูปที่จับกับสารประกอบอื่นๆพบมากในส่วนของเปลือก แต่จะมีปริมาณแตกต่างกันตามสายพันธุ์ สภาพภูมิอากาศและความแก่ของส้ม(Gorinstein *et al.,* 2001)

2.3 สารประกอบโพลีฟีนอล (Polyphenols)

สารประกอบโพลีฟีนอล (Polyphenols) เป็นสารในกลุ่ม Secondary metabolite สร้างขึ้นเพื่อประโยชน์ในการเจริญเติบโตและการขยายพันธุ์ของพืชสารประกอบโพลีฟีนอล มีรูปแบบแตกต่างกันในปัจจุบันพบสารประกอบโพลีฟีนอลมากกว่า 8,000 ชนิด(วิวัฒน์, 2545) โครงสร้างของ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารประกอบโพลีฟีนอล ในธรรมชาติจะอยู่ในรูปไกลโคไซด์ (Glycoside) คือ มีโมเลกุลของน้ำตาลตั้งแต่ 1 โมเลกุลขึ้นไปจับอยู่กับหมู่ไฮดรอกซิล (OH-group) โดยอาจเป็นน้ำตาลโมเลกุลเดี่ยว (monosaccharide) น้ำตาลโมเลกุลคู่ (disaccharide) หรือโอลิโกแซคคาไรด์ (oligosaccharide) น้ำตาลที่พบมากที่สุดคือน้ำตาลกลูโคส (glucose) ส่วนน้ำตาลชนิดอื่นๆ คือ แรมโนส (rhamnose) อะราบิโนส (arabinose) ไซโรส (xylose) กาแลคโตส(galactose) และอนุพันธุ์ของน้ำตาล เช่น กรดกลูโคโรนิก (glucoronic acid) กรดกาแลคตูโรนิค (galacturonic acid)

สารประกอบโพลีฟีนอลที่มีน้ำหนักโมเลกุลต่ำสามารถพบได้โดยทั่วไป ประกอบด้วยฟีนอล (phenols-C_6) กรดฟีนอลิก (phenolic acid, C_6-C_1) ฟีนิลโพรพานอยด์ (phenylpropanoids, C_6-C_3) และฟลาโวนอยด์ (flavonoids, C_6-C_3-C_6)

สารประกอบโพลีฟีนอล สามารถพบได้ในพืช ผัก ผลไม้ ธัญพืช น้ำผลไม้ เบียร์ ไวน์ ชา และกาแฟเป็นต้น ซึ่งพืชแต่ละชนิดจะพบสารประกอบโพลีฟีนอล ในชนิดและปริมาณที่แตกต่างกัน

2.3.1 ปัจจัยที่มีผลต่อสารประกอบโพลีฟีนอล

(1) พันธุ์ (Variety) ผลไม้แต่ละชนิดประกอบด้วยสารฟีนอลิกต่างชนิดกัน เช่น ส้มเขียวหวาน*(C.retecurata)*พบสารฟลาวาโนน เฮสเพอร์ริดิน (hesperidin) และนาริรูทิน (narirutin) สูง องุ่นพบสารฟลาวาโนน นาริงจิน (narigin) สูง (Peterson *et al.*, 2006) สารประกอบฟีนอลิกมีความสำคัญในการพัฒนาสี กลิ่น รสในผลไม้(Kawaii *et al.*, 1999)

(2) ชนิดของเนื้อเยื่อ (type of tissue) ภายในเนื้อเยื่อของผลไม้สารประกอบฟีนอลิกมีการกระจายตัวแตกต่างกัน ในระดับของเนื้อเยื่อ ในส้มเขียวหวานพบสารประกอบฟีนอลิกมากใน Segment membrane รองลงมาคือ segment และพบน้อยที่สุดใน juice sacs (Abeysinghe *et al.*, 2007) เปลือก(exocarp)ของพืชตระกูลส้มมีความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระมากกว่าในผล (sarcocarp)

(3) สภาวะในการเก็บรักษา (Storage condition) จากการศึกษาของ Klimczak และคณะ (2007) พบว่าเมื่อทำการเก็บรักษาน้ำส้มที่อุณหภูมิ 18, 28 และ 38 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 2, 4 และ 6 เดือน อุณหภูมิ และระยะเวลาในการเก็บรักษามีผลต่อกรดไฮดรอกซีซินนามิค (Hydroxycinnamic acid) และวิตามินซี การลดลงของทั้งสารประกอบโพลีฟีนอล และวิตามินซีส่งผลให้ความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระลดลงด้วย นอกจากนี้ Brand-Williams และคณะ (1995) ทำการศึกษาความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระในน้ำชาที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 55 องศาเซลเซียส พบว่าใน 2 ชั่วโมงแรกความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระเพิ่มสูงขึ้น สาเหตุเกิดจากสารประกอบโพลีฟีนอลเกิดพอลิเมอร์ไรส์จากปฏิกิริยาการเกิดสีน้ำตาล ทำให้อนุมูลอิสระที่ขาดอิเล็กตรอนวิ่งรอบภายในโมเลกุลของสารประกอบโพลีฟีนอล ได้เพิ่มมากขึ้น แต่หลังจากนั้นความสามารถในการต้านอนุมูล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อิสระจะลดลงเนื่องจากโครงสร้างโมเลกุลที่ใหญ่และซับซ้อนมากขึ้น จึงไปลดความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระ

(4) ความแก่อ่อนของผลไม้ (Maturity) การสะสมของสารประกอบโพลีฟีนอล ในระหว่างที่ผลไม้เจริญเติบโตจะเกิดการเปลี่ยนแปลงอยู่ตลอดเวลาเนื่องจากการทำงานของเอนไซม์ที่เกี่ยวข้องกับกระบวนการสังเคราะห์ กระบวนการเมตาบอลิซึม และสารตั้งต้นในการเกิดปฏิกิริยาต่างๆ สารประกอบโพลีฟีนอลมีปริมาณสูงสุดในสัปดาห์แรกของการเจริญเติบโต หลังจากนั้นจะลดลงอย่างต่อเนื่อง เนื่องจากการขยายตัวของเซลล์ แต่ในผลไม้บางชนิดสารประกอบโพลีฟีนอลจะเพิ่มสูงขึ้นพบได้ในผลไม้ที่มีสีแดง การลดลงของสารประกอบโพลีฟีนอลมีผลทำให้ความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระลดลงตามไปด้วย จากการศึกษาของ Del Río และคณะ(2004) ทำการศึกษาในเลมอนสามพันธุ์คือ Lisbon, fino-49 และ eureka แบ่งระดับการเจริญเติบโตออกเป็น 3 ระยะ ระยะแรก ระยะที่ 2(ระยะการเจริญเติบโต 30วันหลังการบานของดอก)และระยะที่ 3(ระยะการเจริญเติบโต 150วันหลังการบานของดอก)พบว่าในระยะที่ 2 สารฟลาวาโนนเฮสเพอร์ริดินมีปริมาณเพิ่มขึ้น 30% และลดลงต่ำสุดในระยะที่ 3 และอิริโอซิทินมีปริมาณเพิ่มขึ้นในระยะที่ 3 ขณะที่เฮสเพอร์ริดินลดลง เนื่องจากอิริโอซิทินมีการสังเคราะห์ก่อนเฮสเพอร์ริดิน การลดลงของเฮสเพอร์ริดินอาจเนื่องมาจากการไม่ทำปฏิกิริยาของเอนไซม์ตัวสุดท้ายใน Biosynthetic pathway(4′-O-methyltransferase) ซึ่งกระบวนการนี้เป็นตัวส่งเสริมให้สารอิริโอซิทินเพิ่มขึ้น

(5) สภาวะการแปรรูป (Processing condition) เช่นอุณหภูมิที่ใช้ในการให้ความร้อน รวมถึงเอนไซม์มีส่วนทำให้ปริมาณสารประกอบโพลีฟีนอล เปลี่ยนแปลงที่อาจทำให้เกิดการสร้างสารขึ้นใหม่ หรือเปลี่ยนแปลงโครงสร้างของสาร ทำให้เกิดการสลายตัวของสารประกอบโพลีฟีนอล มีผลต่อความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระของผลิตภัณฑ์

การให้ความร้อนมีผลต่อสารประกอบโพลีฟีนอล โมเลกุลเล็กๆ เช่นฟีนอล (phenol), ฟีนิลโพรพานอยด์ (phenylpropanoid) เช่น กรดเฟอร์รูริก(ferruric acid), กรดคูมาลิก (cumaric acid), กรดซินนาพิก (sinnapic acid) และ กรดคาเฟอิก (cafeic acid) ทำให้ระเหยกลายเป็นไอในขณะที่ฟลาโวนอยด์มีโครงสร้างแบบเป็นวงแหวน 3 วงต่อกัน จะเกิดการแตกของวงแหวน C และสลายตัวต่อไป โดยวงแหวน B จะเปลี่ยนเป็นกรดคาร์บอกซิลิก และวงแหวน A จะเปลี่ยนเป็นคาร์บอกซีอัลดีไฮด์ ตามลำดับ (Jackman and Smith, 1996) และระเหยไปพร้อมไอน้ำ (Kim and Pratt,1992) จากการศึกษาของ Gil-Izguierdo และคณะ(2001) พบว่าการพาสเจอร์ไรส์น้ำส้มที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียสนาน 30 วินาที มีปริมาณสารประกอบโพลีฟีนอล สูงกว่าที่ 95 องศาเซลเซียสนาน 30 วินาที อุณหภูมิสูงมีผลต่อการตกตะกอนของของสารฟลาวาโนนเพิ่มขึ้น แต่ไม่มีผลต่อไฮดรอกซีซินนามิกแอซิด มีผลเพียงเล็กน้อยต่อสารประกอบฟลาโวน

วิธีการสกัด พบว่ามีผลทำให้สารประกอบโพลีฟีนอล บางตัวเพิ่มขึ้นเนื่องจากสารประกอบโพลีฟีนอล ส่วนใหญ่อยู่ในแวคิวโอล สารประกอบโพลีฟีนอล ในพืชอยู่ในแบบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ต่างๆกัน เช่น ละลายน้ำได้ (water soluble) แขวนลอย (suspended form) คอลลอยด์ (colloidal form) และที่รวมตัวกับผนังเซลล์ (Cell wall component)(Robards *et al.*, 1999)

การเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันของสารประกอบโพลีฟีนอล มักเกิดระหว่างการแปรรูป เช่น การตัด การหั่น หรือการปอกเปลือก เป็นสาเหตุที่ทำให้สารประกอบโพลีฟีนอลบางตัวลดลง พร้อมกับทำให้ผลิตภัณฑ์เกิดสีน้ำตาล สาเหตุของการเกิดสีน้ำตาลของสารประกอบโพลีฟีนอลเกิดจากเอนไซม์(Enzymatic browing) เช่น เอนไซม์โพลีฟีนอลออกซิเดส (polyphenoloxidase, PPO) และ เอนไซม์เปอร์ออกซิเดส (Peroxidase, POD)

2.3.2 คุณสมบัติการเป็นสารต้านออกซิเดชันของสารประกอบโพลีฟีนอล

สารประกอบโพลีฟีนอล จะทำหน้าที่กำจัดอนุมูลอิสระและไอออนของโลหะที่สามารถเร่งการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันของไขมันและโมเลกุลอื่นๆด้วยการให้อะตอมไฮโดรเจนแก่อนุมูลอิสระอย่างรวดเร็ว ดังปฏิกิริยาต่อไปนี้

$$ROO^{\bullet} + PPH \longrightarrow ROOH + PP^{\bullet}$$

$$RO^{\bullet} + PPH \longrightarrow ROH + PP^{\bullet}$$

สารประกอบโพลีฟีนอลมีความสามารถในการต้านการออกซิเดชั่นโดยจับกับไอออนของโลหะ Rice-Evans และคณะ (1995)

$$LOOH + HX\text{-}Fe^{III} \longrightarrow LO^{\bullet} + HX[Fe^{IV}=O]^{2+} + H^{+}$$

$$\longrightarrow LOO^{\bullet} + HX\text{-}Fe^{II} + H^{+}$$

$$LOOH + HX\text{-}Fe^{II} \longrightarrow LO'' + HX - Fe^{III} + OH$$

เมื่อสารประกอบโพลีฟีนอล ให้อะตอมแก่อนุมูลอิสระไปแล้ว อนุมูลอิสระของสารประกอบโพลีฟีนอล จะค่อนข้างมีเสถียรภาพดังนั้นจึงไม่ทำปฏิกิริยากับอนุมูลอื่นต่อไป ยิ่งไปกว่านั้นอนุมูลอิสระของสารประกอบโพลีฟีนอล บางชนิดยังคงสามารถรวมกับอนุมูลอิสระอื่นได้อีกด้วยจึงทำให้สารประกอบโพลีฟีนอล เหล่านั้นสามารถลดจำนวนอนุมูลอิสระได้ถึงสองเท่า ดังปฏิกิริยาต่อไปนี้ (Bravo, 1998)

$$ROO^{\bullet} + PP^{\bullet} \longrightarrow ROOPP$$

$$RO^{\bullet} + PP^{\bullet} \longrightarrow ROPP$$

ความสามารถในการเป็นสารต้านออกซิเดชันของสารประกอบโพลีฟีนอล ยังขึ้นกับระบบอีกด้วย ดังนั้นการศึกษาหรือเปรียบเทียบคุณสมบัติดังกล่าวจึงจำเป็นต้องระบุรายละเอียดของระบบให้ชัดเจน โดยเฉพาะอย่างยิ่ง สับสเตรทที่เป็นเป้าหมายของระบบ (Frankel, 1999) นอกจากนี้ยังพบว่าในภาวะที่มีสารประกอบโพลีฟีนอลที่มีความเข้มข้นสูง พีเอชสูง และมีเหล็กอยู่ด้วยนั้น สารประกอบโพลีฟีนอลอาจเป็นตัวเริ่มในการเกิดออกซิเดชั่นเองได้ (Bravo, 1998)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3.3 สารประกอบโพลีฟีนอลที่พบในพืช

สารประกอบโพลีฟีนอล ที่พบว่ามีคุณสมบัติเป็นสารต้านออกซิเดชันนั้นสามารถพบได้ตามส่วนต่างๆของพืช เช่น เมล็ด (ได้แก่ ถั่วเหลือง เมล็ดฝ้ายมัสตาร์ดข้าวและงา) ผล (ได้แก่ องุ่น ส้ม พริกไทยดำและโอลีฟ) ใบ (ได้แก่ ชา และเครื่องเทศต่างๆ) และส่วนอื่นๆ (ได้แก่ มันเทศ และหัวหอม) (Amiot et al., 1997)

ตารางที่ 2.3 ชนิดและปริมาณของสารประกอบโพลีฟีนอล ในส่วนต่างๆของพืช

ส่วนของพืช	ชนิดและปริมาณของสารประกอบฟีนอลิก
ผล	Cinamics > catechins ~ leucoanthocyanins (flavan3, 4-diols)>flavonols
ใบ	Flavonols ~ cinnamic acid> catechins ~ leucoanthocyanins
เนื้อไม้	catechins ~ leucoanthocyanins > flavonols ~ cinnamic acid
เปลือกไม้	เหมือนในเนื้อไม้แต่ปริมาณจะสูงกว่า

ที่มา: Pratt (1992) อ้างโดยรุ่งทิวา (2549)

2.4 โครงสร้างของสารฟลาโวนอยด์

สารฟลาโวนอยด์จัดเป็นสารประกอบโพลีฟีนอลกลุ่มใหญ่ โดยมีโครงสร้างเป็นแบบ Benzo-γ-pirone ประกอบด้วยวงแหวน 2 วง ที่เชื่อมกันด้วยคาร์บอน 3 อะตอมซึ่งมักอยู่ในลักษณะของออกซิเจนเนตเฮทเทอร์โรไซคลิก (oxygenated heterocyclic) และมีระบบระบุตำแหน่งของคาร์บอนอะตอมในโมเลกุล สารฟลาโวนอยด์แบ่งออกเป็นกลุ่มย่อยโดยการเข้าแทนที่คาร์บอนอะตอมในวงแหวนเบนซีนด้วยสารในกลุ่มไฮดรอกซิล เมทอกซิล และน้ำตาล (ในรูปของไกลโคไซด์) ดังนั้นในธรรมชาติจึงมีสารฟลาโวนอยด์มากมายและที่ค้นพบแล้วมีมากกว่า 5,000 ชนิด (วิวัฒน์, 2545)

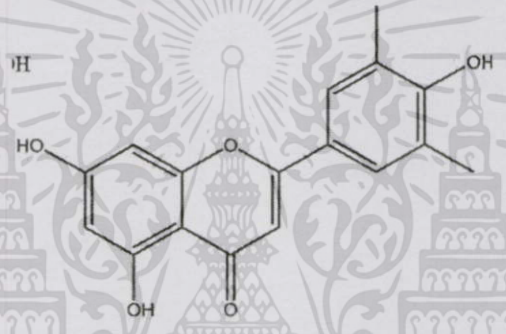
สารฟลาโวนอยด์สามารถแบ่งตามโครงสร้างได้เป็น 6 กลุ่มคือ ฟลาวาโนน (Flavanones) ฟลาโวน (Flavones) ฟลาโวนอล (Flavonols) คาเตชิน (Catechins) ไอโซฟลาโวน (Isoflavones) และแอนโทไซยานิน (Anthocyanidins) (Kanaze *et al.*, 2004)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.4.1 สารฟลาโวนอยด์ชนิดต่างแบ่งตามโครงสร้าง

(1) ฟลาโวน (flavones)

ฟลาโวน หรือ 2-ฟีนิเบนโซไพโรน (2-penylbenzopyrone) ในโมเลกุลมีพันธะคาร์บอนในตำแหน่งที่2 และ 3 ฟลาโวนเป็นสารประกอบที่ไม่มีสี ตัวอย่างเช่น อะจิพินีน (agipenin) ลูเตโอลิน (luteolin) และไตรเซติน (tricetin) (นิธิยา, 2545) ฟลาโวนพบในความเข้มข้นต่ำโดยตัวอย่างที่พบสารฟลาโวนคือ พริกแดง (Erlund, 2004) ฟลาโวนส่วนใหญ่ไม่พบในผลไม้ พบมากในเมล็ด และพืชสมุนไพร อะจิพินีนและอะจิพินีนไกลโคไซด์พบมากในเมล็ดของธัญพืช และผักบางชนิด สารฟลาโวนสามารถให้สีในพืชเมื่อมีความเข้มข้นสูง หรือเมื่ออยู่กับโลหะ สารฟลาโวนบางชนิดให้รสขม ในพืชตระกูลส้มเช่นสาร Nobiletin, sinensetin และ tangeretin และบางชนิดช่วยลดความขมเช่น neodiosmin และ rhoifolin (Peterson และ Dwyer, 1998)



Flavones

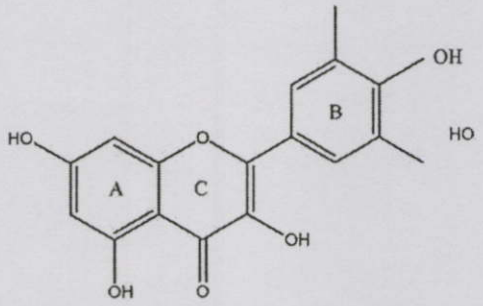
ภาพที่ 2.3 โครงสร้างของสารฟลาโวน

ที่มา: Tripoli และคณะ (2007)

(2) ฟลาโวนอล (flavonols)

ฟลาโวนอลเกิดจากสารประกอบฟลาโวน ที่มีการแทนที่ของหมู่ไฮดรอกซิลเพิ่มขึ้นในตำแหน่งที่ 3 ตัวอย่างของฟลาโวนอลได้แก่ เคอร์ซิติน (Quercetin หรือ 3, 5, 7, 3, 4′-penta hydroxylflavone) แคมพ์ฟีรอล (kaempferol) และไมริซิตีน (myricetin) (นิธิยา, 2545) เคอร์ซิตินพบมากในผักโดยเฉพาะในหัวหอม ชา และแอปเปิ้ล เคอร์ซิตินที่พบตามธรรมชาติอยู่ในรูปของไกลโคไซด์ โดยในแอปเปิ้ลอยู่ในรูปของกาแลคโตไซด์ ในเบอร์รี่อยู่ในรูปของอราบิโนไซด์ (Erlund, 2004) ฮอพสดมีสารเคอร์ซิติน 700 มิลลิกรัม/กิโลกรัม และสารแคมพ์ฟีรอล 550 มิลลิกรัม/กิโลกรัม อยู่ในรูปของไกลโคไซด์ (Peterson และ Dwyer, 1998)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



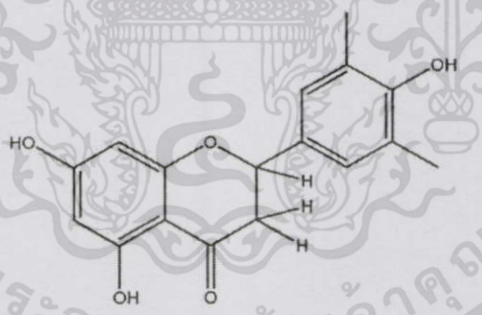
Flavonols

ภาพที่ 2.4 โครงสร้างของสารฟลาโวนอล

ที่มา: Tripoli และคณะ (2007)

(3) ฟลาวาโนน (flavanones)

ฟลาวาโนน มีสูตรโครงสร้างคล้ายฟลาโวนแต่พันธะระหว่างคาร์บอนตำแหน่งที่ 2 และ 3 เป็นพันธะเดี่ยว ฟลาวาโนน เป็นสารฟลาโวนอยด์ที่พบมากในพืชตระกูลส้ม พบมากในส่วนของเปลือกมากกว่าในน้ำ สารฟลาวาโนนจะมีความจำเพาะต่อพันธุ์ของพืชตระกูลส้ม ซึ่งความจำเพาะนี้จะใช้ในการแยกน้ำส้มสดและผลิตภัณฑ์น้ำส้ม ตัวอย่างของฟลาวาโนนไกลโคไซด์ในส้มคือ เฮสเพอร์ริดิน (hesperidin) นาริรูทิน (narirutin) ในองุ่นพบนารินจิน (Naringin) และนาริรูทิน (Erlund, 2004) ที่พีเอชเป็นด่างวงแหวนของเฮสเพอร์ริดินจะเปิดออกได้เป็น ชาลโคล (chalcone) เหมือนการสลายตัวของแอนโทไซยานิน (นิธิยา, 2545)



Flavanones

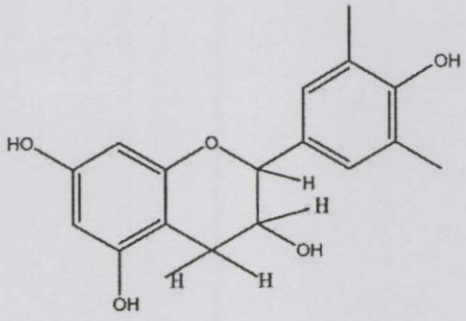
ภาพที่ 2.5 โครงสร้างของสารฟลาวาโนน

ที่มา: Tripoli และคณะ (2007)

(4) คาเตชิน (Catechins)

เป็นฟลาโวนอยด์ชนิดพิเศษที่พบในชา นักวิจัยยังสามารถแยกคาเตชิน ออกเป็น 8 ชนิด คือ (-)-epigallocatechin 3-gallate (EGCG), (-)-epigallocatechin (EGC), (-)-epicatechin 3-gallate (ECG), (-)-epicatechin (EC), (+)-gallocatechin (GC), catechin (C), catechingallate (CG) และ gallocatechin gallate (GCG) สำหรับ EGCG ถือว่าเป็นคาเตชินที่มีคุณค่ามากที่สุด (ศักดิ์, 2543)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



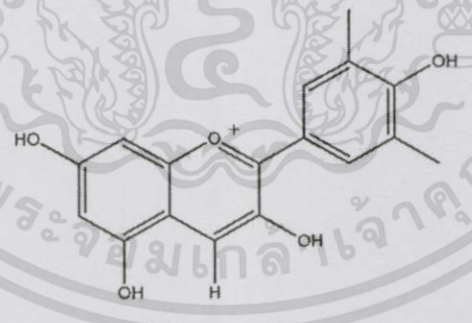
Catechins

ภาพที่ 2.6 โครงสร้างของสารคาเทชิน

ที่มา: Tripoli และคณะ (2007)

(5) แอนโทไซยานิน(antocyanidins)

แอนโทไซยานิน รงควัตถุที่สามารถละลายน้ำได้ในพืชมีความสำคัญมากเพราะเป็นสารให้สีของดอกไม้ ผลไม้ และพืชชั้นสูง มีความสำคัญในการพัฒนาสีของไวน์แดงและเนื่องจากสามารถรวมตัวกับสารฟลาโวนอยด์อื่นๆ เกิดเป็นโพลีเมอริก พิกเมนท์ (Polymeric pigments) ได้ (วิวัฒน์, 2545) สารแอนโทไซยานินฟ้า และแดง ในเบอร์รี่ เชอร์รี่ กะหล่ำปลีม่วง และพลัม แอนโทไซยานินจะอยู่ในรูปที่รวมตัวกับสารอื่น เช่น รวมกับฟลาโวน รวมกับโลหะเช่น เหล็กหรือแม็กนีเซียมในดอกไม้ สีของแอนโทไซยานินจะขึ้นอยู่กับ pH โดยที่ pH 3.5 จะมีสีแดงจากนั้นสีจะจางลงเมื่อ pH เพิ่มขึ้นจะเปลี่ยนเป็นสีฟ้า สารแอนโทไซยานินจะเพิ่มขึ้นเมื่อพืชเจริญเติบโต (Peterson และ Dwyer, 1998)



Anthocyanidins

ภาพที่ 2.7 โครงสร้างของสารแอนโทไซยานิน

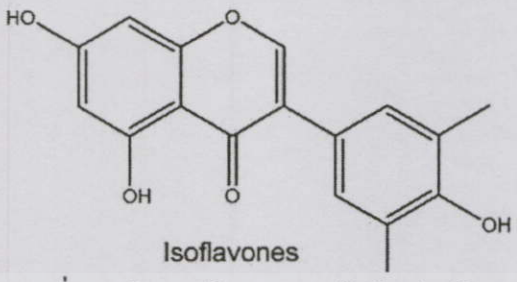
ที่มา: Tripoli และคณะ (2007)

(6) ไอโซฟลาโวน(isoflavones)

ไอโซฟลาโวนมีสูตรโครงสร้างเช่นเดียวกับฟลาโวน แต่วงแหวนฟีนิลอยู่ในตำแหน่งที่ 3 เป็น 3-พีนิลเบนโซไพโรน (3-phenylbenzopyrone)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง



ภาพที่ 2.8 โครงสร้างของสารไอโซฟลาโวน

ที่มา: Tripoli และคณะ (2007)

สารฟลาโวนอยด์ที่มีโครงสร้างแบบอไกลคอล (Aglycones) จะเกิดปฏิกิริยาไฮดรอกซิเลชั่นและเอสเทอร์ริฟิเคชั่นกับน้ำตาล และบางครั้งก็มีหมู่เอซิลอยู่ในโมเลกุลด้วย เช่นเดียวกับ แอนโทไซยานิน ฟลาโวนอยด์ หลายชนิดมีน้ำตาลโมเลกุลเดี่ยว หรือน้ำตาลโมเลกุลคู่เป็นองค์ประกอบอยู่ในโมเลกุลด้วยน้ำตาลที่พบคือกลูโคสและแรมโนส

สารฟลาโวนอยด์เป็นกลุ่มรงควัตถุที่มีความคงตัวต่อความร้อนและปฏิกิริยาออกซิเดชันได้ดี แต่สามารถเปลี่ยนสีได้ง่ายเมื่อรวมกับโลหะเช่นเมื่อรวมตัวกับเหล็กจะให้สีน้ำเงินหรือสีเขียว นอกจากนี้สารฟลาโวนอยด์ยังเป็นสารประกอบเริ่มต้นสำหรับปฏิกิริยาการเกิดสีน้ำตาลที่เร่งด้วยเอนไซม์ได้จึงมีส่วนในการทำให้เกิดสีที่ไม่พึงประสงค์ในอาหาร (นิธิยา, 2545) สารในกลุ่มฟลาโวนอยด์ที่พบมากในพืชตระกูลส้ม คือ ฟลาวาโนนชนิดที่พบมากคือ นารินจิน (Naringin), เฮสเพอร์ริดิน (Hesperidin), นีโอเฮสเพอร์ริดิน (Neohesperidin) และนาริรูทิน (Narirutin) ในพืชตระกูลส้มมีปริมาณสารประกอบที่แตกต่างกันตามสายพันธุ์

2.5 สารฟลาวาโนน

สารฟลาวาโนนเป็นสารฟลาโวนอยด์ที่พบมากในพืชตระกูลส้ม โดยพบแตกต่างกันตามสายพันธุ์ และส่วนที่เป็นของผลพบว่า ส่วนที่เป็นของแข็งได้แก่ Albedo, segment และmembrans มีปริมาณสารฟลาวาโนนมากกว่าในน้ำ (Tomas-Barberan และ Clifford, 2000)

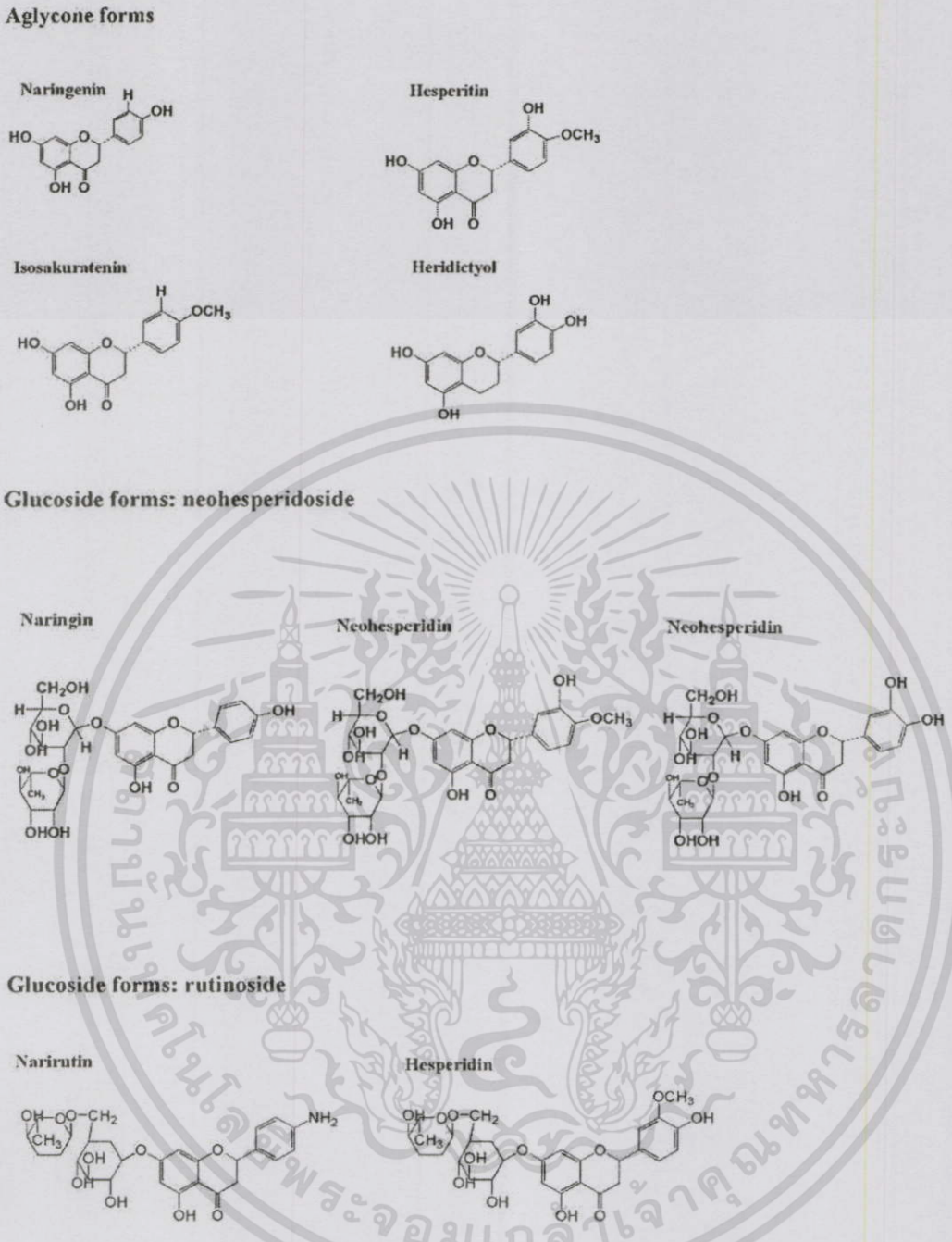
107450

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.4 ปริมาณสารฟลาวาโนนในผลไม้ตระกูลส้ม

		Flavonone(mg/L)				
citrus fruit	type	didymin	eriocitrin	nariruti n	hesperidin	reference
sweet orange	moro	4.89	-	29.8	143.2	Kelebek *et al.*, 2008
	Sanguinello	3.77	-	32.59	112.98	
sweet orange	sweet orange	4.5	2.8	23.3	152.5	Peterson *et al.*, 2006
Mandarin	tangerine	11.1	0.2	27	192.6	
Mandarin	palazzelli	17	-	269	489	Caro *et al.*, 2004
C.paradisi	minneola	105	-	521	1320	
sweet orange	shamouti	66	-	588	887	
	salustiana	146	-	828	2060	
	pera	-	-	32.01	255.8	pupin *et al.*, 1997
	natal	-	-	34.94	196	
Mandarin		-	-	-	493	Abeysinghe *et al.*, 2007
sweet orange		-	-	-	640	
C. unshiu		-	-	-	400	
	orange	-	-	34	295.5	Desiderio *et al.*, 2005
	lemon	-	160.2	-	230.8	
sweet orange	valencia	17.4	-	52.2	475	Mouly *et al.*, 1998
Mandarin	Wase	-	-	169.45	337.44	Xu *et al.*, 2008
	Satsuma	-	-	288.12	450.6	
	Ponkan	-	-	42.63	379.92	
	Bendizao	-	-	42.44	417.94	
	Manju	-	-	43.7	415.88	
	Hybrid 439	-	-	119.8	501.44	
sweet orange	Skagg bonaza	-	-	136.74	427.76	
	Hamlim	-	-	102.77	489.64	
	Liubencheng	-	-	89.49	506.4	
	Yinzaocheng	-	-	84.12	533.64	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 2.9 โครงสร้างของสารฟลาวาโนนบางชนิด

ที่มา : Majo และคณะ (2005)

2.5.1 โครงสร้างของสารฟลาวาโนน

2.5.1.1 สารฟลาวาโนนแบบอไกลคอล (Aglycone forms)

อไกลคอล(Aglycone forms) คือสารเป็นโครงสร้างหลัก สารฟลาวาโนนที่อยู่ในรูปของอไกลคอล เช่น นาริจินีน (nariginin (4, 5, 7-trihydroxyflavanone)) เฮสเพอร์ริทิน (hesperitin

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

(3, 5, 7-trihydroxy-4-methoxyflavanone)) ไอโซซาคูราทินิน (Isosakuratenin (3, 5-dihydroxy-4-methoxyflavanone)), ฮีริดิคทอล (Heridictyol (5, 7, 3, 4- tetrahydroxyflavanone))

2.5.1.2 สารฟลาวาโนนแบบไกลโคไซด์ (Glycoside forms)

ไกลโคไซด์ คือสารที่มีหมู่ของสารประกอบอื่นๆเช่นน้ำตาล มาเกาะกับโครงสร้างหลัก สารฟลาวาโนนไกลโคไซด์ สามารถแบ่งออกเป็น 2 แบบตามชนิดของน้ำตาล คือ

- นีโอเฮสเพอร์ริโดส (2-O-a-L-rhamnosyl-b-D-glucose) เช่น นารินจิน (Naringenin-7-neohesperidoside), นีโอเฮสเพอร์ริดิน (Hesperitin-7-neohesperidoside) นีโออิริโอซิทิน (Heridictyol-7-neohesperidoside) สารในกลุ่มนี้มักมีรสขมพบมากในส้มเปรี้ยว *(C. aurantium)*

- รูติโนส(6-O-a-L-rhamnosyl-b-D-glucose) เช่น Hesperidin (Hesperitin-7-rutinoside), Narirutin (Naringenin-7-rutinoside) พบมากในส้มหวาน *(C. sinensis)* และส้มแมนดาริน *(C.reteculata)* สารในกลุ่มนี้ไม่มีรสชาติ

2.5.2 การเป็นสารต้านอนุมูลอิสระของฟลาวาโนน

ตารางที่ 2.5 แสดงสารฟลาวาโนน แบบอไกลโคล และแบบไกลโคไซด์

Compound	C_5	C_7	$C_{3'}$	$C_{4'}$	K_a/K_c
Aglycone forms					
Hesperitin	OH	OH	OH	OCH_3	3.13±0.77
Naringenin	OH	OH	H	OH	2.73±2.75
Neohesperidoside forms					
Neohesperidin	OH	Ramnosil -1, 2 glucose	OH	OCH_3	2.14±0.30
Naringin	OH	Ramnosil -1, 2 glucose	H	OH	2.41±0.30
Rutinoside forms					
Hesperidin	OH	Ramnosil -1, 2 glucose	OH	OCH_3	2.81±0.77
Narirutin	OH	Ramnosil -1, 2 glucose	H	OH	2.46±0.22

ที่มา : Majo และคณะ (2005)

ความสัมพันธ์ระหว่างสารฟลาวาโนนในการเป็นสารต้านอนุมูลอิสระจากตารางที่ 2.6 ฟลาวาโนนที่โครงสร้างมีน้ำตาลนีโอเฮสเพอร์ริโดส(neohesperidose) ในตำแหน่งที่ 7 ของหมู่ไฮดรอกซิลมีผลต่อความสัมพันธ์ระหว่างโครงสร้างและการเป็นสารต้านอนุมูลอิสระ ตำแหน่ง 3 และ 4 ไม่มีผลต่อการความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระ ฟลาวาโนนที่โครงสร้างมีน้ำตาลนีโอเฮสเพอร์ริโดส จะลดความสามารถในการเป็นสารต้านอนุมูลอิสระ (เปรียบเทียบระหว่าง นีโอเฮส

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เพอร์ริดิน(neoherperidin) และนีโอริโอซิทิน(neoeriocitin)) โดยสามารถอธิบายได้ว่าน้ำตาลที่มาเกาะกับตำแหน่งที่ 7 เมื่อทำปฏิกิริยากับหมู่เมทอกซิล ในตำแหน่งที่ 4 จะลดความสามารถในการเป็นสารต้านอนุมูลอิสระ

ความสามารถในการเป็นสารต้านอนุมูลอิสระของ ฟลาวาโนนที่มีน้ำตาลรูติโนส (Rutinose) (เปรียบเทียบระหว่างเฮสเพอร์ริดินและเฮสเพอร์ริทิน) ไม่แตกต่างกัน ทำให้สามารถสรุปได้ว่าไกลโคไซด์ของน้ำตาลในตำแหน่ง 7 และที่ตำแหน่ง 3 และ 4ส่งผลต่อความเป็นไปได้ในการจับกับอิเลคตรอน (Majo *et al.*, 2005)

2.5.3 ประโยชน์ทางด้านสุขภาพของสารฟลาวาโนน

สารฟลาวาโนนเฮสเพอร์ริดินมีผลในการลดการอักเสบ ซึ่งในหนูทดลองพบว่า เฮสเพอร์ริดินสามารถลดการอักเสบและบวมได้ถึง 67 เปอร์เซ็นต์ เฮสเพอร์ริดินปริมาณสูงๆ ยังสามารถยับยั้งการหลั่งสารที่ทำให้เกิดอาการอักเสบและบวม นอกจากนี้ยังต้านการหลั่งของสารฮีสตามีน เฮสเพอร์ริดินไม่ได้เป็นสารต้านการอักเสบโดยตรงแต่เมื่อได้รับสารเฮสเพอร์ริดินก่อนเป็นเวลา 30นาทีจะช่วยลดการอักเสบ (ปาริชาติ, 2545)

สารนาริจินนีน และสารเฮสเพอร์ริทินช่วยในการยับยั้งมะเร็งทรวงอกในมนุษย์โดยเฉพาะเมื่อรวมอยู่กับควอซิติน (So *et al.*, 1996) และยับยั้งการทำงานของเอนไซม์ Arachinodate 5-lipoxygenase ซึ่งจะจับกับออกซิเจนในกระบวนการหายใจกระตุ้นการทำงานของเซลล์เม็ดเลือดขาวในเยื่อบุช่องท้องของหนู สารอิริโอดิคทอล (eriodictol) สามารถยับยั้งการเกิดออกซิเดชันที่ทำให้เกิดความผิดปกติของเม็ดเลือดขาวในกระต่าย ได้มากกว่าวิตามินอี (Miyake *et al.*, 1997)และในการศึกษากับสัตว์ทดลองพบว่าสารฟลาโวนอยด์ในพืชตระกูลส้ม และลูมินอยด์ (Luminoid) สามารถแสดงให้เห็นว่าลดอาการเรื้อรังของโรคไขมันสะสมที่ผนังเส้นเลือดและโรคมะเร็ง(Poulose *et al.*, 2006)

2.6. การใช้โครมาโทกราฟีแบบของเหลวสมรรถภาพสูงในการวิเคราะห์สารฟลาวาโนน

Tura และ Robands (2002) รายงานว่าวิธีการ Reverse - phase liquid chromatography ในการหาสารโพลีฟีนอล และสารฟลาโวนอยด์เป็นวิธีที่มีความจำเพาะเจาะจงสูง และการใช้ Solid phase extraction ในการสกัดโดยมี Column C18 เป็นเฟสคงที่ พบว่ากระบวนการมีความรวดเร็วและง่ายในการทำให้สารมีความบริสุทธิ์

Kanaze และคณะ (2004) วิเคราะห์สารฟลาวาโนนเฮสเพอร์ริดิน และนาริจินีนในปัสสาวะ ใช้ Column C18 โดยมีเฟสเคลื่อนที่เป็นเมทานอล/น้ำ/กรดอะซิติก (40:58:2(v/v/v)) พบว่าการเติมกรดอะซิติกในเฟสเคลื่อนที่จะช่วยยับยั้งการเกิดไอออนของสารประกอบฟีนอล และใช้ที่อุณหภูมิ 45 องศาเซลเซียส จะช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในการแยก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Desiderio และคณะ (2005) ใช้วิธี Capillary electrochromatography (CE) ในการวิเคราะห์ซึ่งเป็นการผสมระหว่างการใช้ CE และ HPLC โดยใช้ Column C18 เป็นเฟสคงที่และอะซิโตรไนไตรท์เป็นเฟสเคลื่อนที่และที่ความเข้มข้นของอะซิโตรไนไตรท์ 20% พบว่าสามารถแยกสารได้มีประสิทธิภาพที่สุดโดย Retention time ของสารฟลาวาโนนโดยเรียงลำดับจากสารที่ออกมาก่อน อิริโอซิทิน >นาริรูทิน >นารินจิน >เฮสเพอร์ริดิน >นีโอเฮสเพอร์ริดิน เวลาที่ใช้ในในการวิเคราะห์น้อยโดยเฉพาะเมื่อเฟสเคลื่อนที่ประกอบด้วยสารอินทรีย์ในปริมาณน้อย

Riberio และคณะ (2008) วิเคราะห์สารฟลาวาโนนโดยใช้เครื่องโครมาโทกราฟีแบบของเหลวสมรรถภาพสูง (HPLC) ใช้ Column C18 เป็นเฟสคงที่และเฟสเคลื่อนที่ใช้สารอะซิโตรไนไตรท์(A) และน้ำ (B)โดยทำการวิเคราะห์แบบ Gradient elution คือการปรับความเข้มข้นของสารที่ใช้เป็นเฟสเคลื่อนที่ตลอดเวลาที่ใช้ในการวิเคราะห์ เวลา 0-8 นาที(A 23%) เวลา 8-15 นาที(A 23-65%) เวลา 15-20 นาที(A 65-70%) เวลา 20-21 นาที(A 70-23%) และเวลา 21-22 นาที(A 23%)โดยตรวจวัดด้วยเครื่อง Photodiode array detector(PAD) ที่ความยาวคลื่น 200-400 nm พบว่าที่ความยาวคลื่น 280 นาโนเมตรมีความเหมาะสมในการหาสารนารินจินและนาริจินิน ในพืชตระกูลส้ม

Xu และคณะ (2008) ใช้วิธี HPLC ในการวิเคราะห์ปริมาณสารฟลาโวนอยด์และสารประกอบฟีนอลิกที่พบในพืชตระกูลส้มที่ปลูกในประเทศจีนโดยใช้ Column C18 และใช้เฟสเคลื่อนที่เป็น เมทานอล: น้ำ: กรดอะซิติก ในสัดส่วน (37:59:4) ตรวจวัดโดยใช้ช่วงคลื่น283 นาโนเมตรพบสารฟลาวาโนน 4 ชนิด คือ นาริรูทิน เฮสเพอร์ริดิน นารินจิน และนีโอเฮสเพอร์ริดิน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3
วัสดุอุปกรณ์และวิธีการ

3.1 วัตถุดิบ

3.1.1 ส้มสายน้ำผึ้ง

แหล่งที่(1) สวนช.เจริญ อำเภอฝาง จังหวัดเชียงใหม่ เก็บตัวอย่างในช่วงเดือนสิงหาคม

แหล่งที่(2) สวนทรายทอง อำเภอฝาง จังหวัดเชียงใหม่ เก็บตัวอย่างในช่วงเดือน สิงหาคม

แหล่งที่(3) สวนธนาธร อำเภอฝาง จังหวัดเชียงใหม่ เก็บตัวอย่างในช่วงเดือนสิงหาคม

แหล่งที่(4) สวนเลอลักษณ์ อำเภอฝาง จังหวัดเชียงใหม่ เก็บตัวอย่างในช่วงเดือน สิงหาคม

แหล่งที่(5) สวนธนกิจ อำเภอฝาง จังหวัดเชียงใหม่ เก็บตัวอย่างในช่วงเดือนสิงหาคม

3.1.2 ส้มโชกุน

แหล่งที่(1) สวนทวดทอง อำเภอนาทวี จังหวัดสงขลา เก็บตัวอย่างในช่วงเดือนสิงหาคม

แหล่งที่(2) สวนบ้านสามัคคี อำเภอเบตง จังหวัดยะลา เก็บตัวอย่างในช่วงเดือนสิงหาคม

แหล่งที่(3) สวนวากจาก อำเภอรัตภูมิจังหวัดสงขลา เก็บตัวอย่างในช่วงเดือนสิงหาคม

แหล่งที่(4) สวนนครชัยศรี อำเภอจะนะ จังหวัดสงขลา เก็บตัวอย่างในช่วงเดือน สิงหาคม

แหล่งที่ (5) สวนสยามภูเรือ อำเภอภูเรือ จังหวัดเลย เก็บตัวอย่างในช่วงเดือนสิงหาคม

3.1.3ผลิตภัณฑ์น้ำส้ม

- น้ำส้มโชกุนยูเอชที ตราทิปโก้ เก็บตัวอย่างเดือนมกราคม
- น้ำส้มสายน้ำผึ้งยูเอชที ตราทิปโก้ เก็บตัวอย่างเดือนมกราคม
- น้ำส้มโชกุนพาสเจอร์ไรส์ ตราทิปโก้ เก็บตัวอย่างเดือนมกราคม
- น้ำส้มสายน้ำผึ้งพาสเจอร์ไรส์ ตราทิปโก้ เก็บตัวอย่างเดือนมกราคม

3.2 เครื่องมือ

3.2.1 เครื่องชั่ง 4 ตำแหน่ง

3.2.2 เครื่อง pH meter Suntex SP 701 Suntex instrument,Taiwan

3.2.3 รีเฟลกโตมิเตอร์ ATAGO N1, Japan

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2.4 เครื่องหมุนเหวี่ยง	Beckman, America
3.2.5 เครื่องโครมาโทกราฟีแบบของเหลวสมรรถภาพสูง	Agilent 1100,America
3.2.6 เครื่องระเหิดสุญญากาศ	Labcono, America
3.2.7 เครื่องสเปกโทรโฟโตมิเตอร์	UV-1601 Shimadzu, Japan
3.2.8 คอลัมน์(ใช้กับเครื่อง HPLC)	Phenomenax, C18 120x4 mm, America

3.3 สารเคมี

3.3.1 Acetronitrite (HPLC grade)	Labscan, Thailand
3.3.2 Water (HPLC grade)	Labscan, Thailand
3.3.2 Acetic acid	Merck, Germany
3.3.3 DPPH (2, 2-diphenyl-1-picrylhydrazayl)	Merck, Germany
3.3.4 Methanol (HPLC grade)	Merck, Germany
3.3.5 Ascorbic acid	Merck, Germany
3.3.6 2, 6 Dichloroindophenol (Sodium salt)	Merck, Germany
3.3.7 Metaphosphoric acid (HPO_3)	Merck, Germany
3.3.8 Sodium bicarbonate ($NaHCO_5$)	Merck, Germany
3.3.9 Ethanol 95%	Merck, Germany
3.3.10 Folin – Ciocalteu regent	Merck, Germany
3.3.11 Gallic acid	Sigma-Aldrich, USA
3.3.12 Sodium Carbonate	AjaxFinechem, Australia
3.3.13 TPTZ (2, 4, 6- Tris (2-pyridyl)-s-triazine)	Sigma-Aldrich, USA
3.3.14 $FeCl_3.6H_2O$	Merck,Germany
3.3.15 Acetate buffer	Merck,Germany
3.3.16 Eriocitin	Fluka, Germany
3.3.17 Hesperidin	Sigma, Germany
3.3.18 Narirutin	Chromadex, America
3.3.19 Neoeriocitrin	Fluka, Germany
3.3.20 Neohesperidin	Sigma, Germany
3.3.21 Porcitrin	Fluka, Germany
3.3.22 Naringin	Sigma, Germany
3.3.23 Narigenin	Sigma, Germany

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.4 สถานที่ดำเนินการ

คณะอุตสาหกรรมเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

3.5 วิธีการดำเนินการ

3.5.1 การเตรียมตัวอย่าง

3.5.1.1 การเตรียมตัวอย่างในการวิเคราะห์ความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระ วิเคราะห์สารประกอบโพลีฟีนอล และวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมี

คัดเลือกผลส้มที่มีขนาดสม่ำเสมอ 10 ผลต่อ 1ซ้ำ น้ำส้ม 1 กล่องต่อ 1 ซ้ำ ทำการทดลอง 3 ซ้ำ ผลิตภัณฑ์ นำผลส้มล้างน้ำให้สะอาดล้างน้ำให้สะอาด คั้นน้ำส้มนำไปหมุนเหวี่ยงด้วยแรง 10,970 เป็นเวลา 15 นาที เก็บตัวอย่างส่วนใส ใส่ขวดสีชาแช่แข็งที่อุณหภูมิ -20°C เจือจางตัวอย่างตามความเหมาะสม

3.5.1.2 การเตรียมตัวอย่างในการวิเคราะห์สารฟลาวาโนน

เตรียมตัวอย่างเช่นเดียวกับข้อ 3.5.1.1. จากนั้นนำตัวอย่างน้ำส้มมาทำแห้งด้วยเครื่องระเหิดสุญญากาศใช้เวลาทำแห้งทั้งหมด 5 ชั่วโมงสกัดตัวอย่างด้วยเมทานอล 99% ในอัตราส่วน 1:9 เป็นเวลา 30 นาที กรองสารสกัดผ่านเมมเบรนขนาด 0.2 ไมโครเมตรเก็บตัวอย่างในขวดสีชาขนาด 2 มิลลิลิตร

3.5.2 การวิเคราะห์ชนิดและปริมาณสารฟลาวาโนน

3.5.2.1 การเตรียมสารมาตรฐานฟลาวาโนน โดยเตรียมสารมาตรฐานเฮสเพอร์ริดินความเข้มข้น 40, 60, 80, 120 และ 200 ppm สารนาริรูทินความเข้มข้น 10, 20, 30, 40 และ 50 ppm สารอิริโอซิทินความเข้มข้น 5, 10, 15, 20 และ25ppm สารทั้งสามตัวผสมให้เข้ากันปรับปริมาตรเป็น 2 มิลลิลิตรด้วยเมทานอล HPLC เกรดก่อนฉีดเข้าเครื่อง HPLC

3.5.2.2 การวิเคราะห์ โดยใช้เครื่องโครมาโตกราฟฟีแบบของเหลวสมรรถภาพสูงทำการวิเคราะห์แบบ Gradient elution โดยในช่วงแรกเวลา 0-30นาที ใช้ 20% อะซิโตรไนไตร: 80% น้ำ (ผสมกรดอะซิติก 2%) เวลา 30-45 นาที ใช้ 25% อะซิโตรไนไตร: 75% น้ำ (ผสมกรดอะซิติก 2%) อัตราการไหลของเฟสเคลื่อนที่ 1 มิลลิลิตรต่อนาที ตรวจวัดโดยใช้ช่วงคลื่น 283 นาโนเมตร เปรียบเทียบกับสารมาตรฐาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.5.3 วิธีการวิเคราะห์สารประกอบโพลีฟีนอลทั้งหมด (ดัดแปลงจาก Yieldirim และคณะ (2001)

การวิเคราะห์สารประกอบโพลีฟีนอลทั้งหมด อาศัยการเกิดปฏิกิริยากับ Folin-Ciocaltu แล้วได้สารประกอบเชิงซ้อนที่มีสีน้ำเงิน ดังนั้นการหาปริมาณของสารประกอบโพลีฟีนอลในตัวอย่างได้โดยการวัดปริมาณของสารสีน้ำเงินที่เกิดขึ้นโดยการวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 760 นาโนเมตร และใช้กรดแกลลิคเป็นสารมาตรฐาน

3.5.3.1 การเตรียมสารมาตรฐานของกรดแกลลิคความเข้มข้น 400 ไมโครกรัม/มิลลิลิตร โดยละลายกรดแกลลิค 0.02 กรัมในเอทานอล ปรับปริมาตรให้เป็น 100 มิลลิลิตรจากนั้นปิเปตสารละลายมาตรฐานดังกล่าวใส่ขวดรูปชมพู่ขนาด 10 มิลลิลิตรขวดละ0.05, 0.15, 0.20, 0.30 และ 0.35 มิลลิลิตรตามลำดับ เติมน้ำกลั่นปริมาตรให้ได้ 10 มิลลิลิตร ซึ่งจะได้ปริมาตรกรดแกลลิคเท่ากับ 0, 20, 40, 60, 80, 90, 100 และ 120 ไมโครกรัมตามลำดับ

นำสารมาตรฐานทั้งหมดมาเติมสารละลาย Folin-Ciocalteu ขวดละ 0.5 มิลลิลิตร เขย่าให้เข้ากันตั้งทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้อง 5 นาทีจากนั้นเติมสารละลาย Na_2CO_3ความเข้มข้น 10% จำนวน 2 มิลลิลิตรผสมให้เข้ากันตั้งไว้ที่อุณหภูมิห้อง 10 นาที วัดค่าการดูดกลืนแสงที่ 760 นาโนเมตรเขียนกราฟความสัมพันธ์ระหว่างค่าการดูดกลืนแสงดังกล่าวกับปริมาณกรดแกลลิคเป็นไมโครกรัม

3.5.3.2 การวิเคราะห์ปริมาณสารประกอบโพลีฟีนอลในตัวอย่างส้มโชกุนและส้มสายน้ำผึ้งและผลิตภัณฑ์น้ำส้ม

ปิเปตตัวอย่างน้ำส้มจากข้อ 3.5.1.1 ปริมาตร 0.5 มิลลิลิตรใส่หลอดทดลองเติมน้ำกลั่น 9.5 มิลลิลิตร เติมสารละลาย Folin-Ciocalteu ขวดละ 0.5 มิลลิลิตร เขย่าให้เข้ากันตั้งทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้อง 5 นาทีจากนั้นเติมสารละลาย Na_2CO_3ความเข้มข้น 10% ปริมาตร 2 มิลลิลิตรผสมให้เข้ากันตั้งไว้ที่อุณหภูมิห้อง 10 นาที วัดค่าการดูดกลืนแสงที่ 760 นาโนเมตร ใช้เอทานอล 95%แทนตัวอย่างในการทำ Blank

3.5.4 วิธีการวิเคราะห์ความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระ

3.5.4.1 การวิเคราะห์ความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธี DPPH

การติดตามความสามารถในการทำลายอนุมูลอิสระของ DPPH (ดัดแปลงจาก Parejo *et al.*, 2002) ซึ่งเป็นอนุมูลอิสระที่ทำให้สารละลายมีสีม่วงและสามารถดูดกลืนแสงได้ที่ความยาวคลื่น 517 นาโนเมตร โดยเตรียมสารละลาย2, 2 – diphenyl-1 picrylhdrazyl (DPPH) เข้มข้น 0.8 มิลลิโมลาร์ในเอทานอล 95% ปิเปตสารละลาย DPPH 0.6 มิลลิลิตรในหลอดทดลองผสมตัวอย่างน้ำส้ม 0.1 มิลลิลิตรปรับปริมาตรสุดท้ายให้ได้ 6 มิลลิลิตร ด้วยเอทานอล ตั้งทิ้งไว้ 30 นาทีในที่มืด คำนวณความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระโดยใช้สูตร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

% Inhibition = [1-(Asample / A control)] x100

3.5.4.2 การวิเคราะห์ความสามารถในการต้านการออกซิเดชั่นโดยวิธี Ferric reducing antioxidant potential ตามวิธีของ Benzie และ Strain. (1999)

เตรียมสารละลาย FRAP Reagent โดยการผสมสารละลายทั้งหมดที่เตรียมไว้โดยมีอัตราส่วนของ อะซิเตต บัฟเฟอร์: สารละลาย TPTZ (2, 4, 6- Tris (2-pyridyl)-s-triazine): สารละลาย $FeCl_3.6H_2O$ (10: 1: 1) โดยปริมาตรตามลำดับ ปิเปตสารสกัดตัวอย่างน้ำส้มจากข้อ 3.5.1.1 จำนวน 0.2 มิลลิลิตร สารละลาย FRAP Reagent 6 มิลลิลิตร ผสมกันวางไว้ที่อุณหภูมิห้อง 8 นาที วัดค่าการดูกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 593 นาโนเมตร เปรียบเทียบกับสารมาตรฐานวิตามินซี

การเตรียมสารมาตรฐานวิตามินซีโดยปิเปตวิตามินซีใส่หลอดทดลอง โดยให้แต่ละหลอดมีความเข้มข้น 5, 10, 15 และ 20 ไมโครกรัม/มิลลิลิตร เขียนกราฟความสัมพันธ์ระหว่างค่าการดูดกลืนแสงกับปริมาณวิตามินซีในหน่วยไมโครกรัม/มิลลิลิตร

3.5.5 วิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมี

3.5.5.1 pH โดยใช้ pH meter

3.5.5.2 ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด (Brix) โดยใช้ Hand refractometer

3.5.5.3 ปริมาณกรดทั้งหมด (AOAC, 2000) โดยทำการเตรียมตัวอย่างตามข้อ 3.5.1.1. ปิเปตตัวอย่าง 10 มิลลิลิตรเติมน้ำกลั่น 100 มิลลิลิตรในขวดแก้ว จากนั้นไตเตรทกับสารโซเดียมไฮดรอกไซด์ความเข้มข้น 0.1 N จนได้สารละลายสีชมพูจางๆบันทึกปริมาตรสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่ใช้ คำนวณปริมาณกรดทั้งหมด (ดูในภาคผนวก ก)

3.5.5.4 ปริมาณกรดแอสคอบิก (AOAC, 2000) เตรียมตัวอย่างตามข้อ 3.5.1.1. ปิเปตตัวอย่าง 2 มิลลิลิตร เติมสารละลายเมตาฟอสฟอริกในกรดอะซิติก 5 มิลลิลิตร ไตเตรทกับสารละลายอินโดฟีนอลจนเป็นสีชมพูจางๆ บันทึกปริมาตรสารละลายอินโดฟีนอลที่ใช้ นำค่ามาคำนวณหาปริมาณกรดแอสคอบิก (ดูในภาคผนวก ง)

3.5.5.3 ค่า Brix/acid ratio โดยใช้อัตราส่วนระหว่างค่าของแข็งที่ละลายในน้ำต่อปริมาณกรดทั้งหมด

3.5.6 การวางแผนการทดลองและวิเคราะห์ผลทางสถิติ

วางแผนการทดลองแบบ Complete Randomized Design (CRD) ทำการทดลอง 3 ซ้ำ วิเคราะห์ความแตกต่างทางสถิติของข้อมูลโดยใช้โปรแกรม SPSS เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยวิธี Duncan's New Multiple Range Test

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่4

ผลการทดลองและวิจารณ์ผลการทดลอง

4.1 ชนิดและปริมาณของสารฟลาวาโนนในส้มเขียวหวานและผลิตภัณฑ์น้ำส้ม

ตารางที่4.1 แสดงชนิดและปริมาณของสารฟลาวาโนนในส้มสายน้ำผึ้ง

	ปริมาณ(ppm)โดยน้ำหนักแห้ง			
แหล่งที่มา	eriocitin	narirutin	hesperidin	total
1	1.59±0.11^{c}	39.00±3.44^{b}	51.82±1.49^{b}	92.41±3.66^{b}
2	2.41±0.19^{a}	49.89±2.27^{a}	57.85±2.42^{a}	110.15±4.57^{a}
3	nd	14.07±0.98^{d}	42.49±0.86^{c}	56.55±1.44^{d}
4	1.42±0.07^{c}	30.67±1.59^{c}	39.15±2.06^{d}	71.23±2.41^{c}
5	1.8±0.17^{b}	40.29±1.7^{b}	50.4±3.96^{b}	92.48±5.46^{b}
ค่าเฉลี่ย	1.81	34.78	48.34	84.56

nd = not detectable

อักษรที่กำกับมุมบนขวาแสดงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$)

ค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานจากการทดลอง 3 ซ้ำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่4.2 แสดงชนิดและปริมาณของสารฟลาวาโนนในส้มโชกุน

แหล่งที่มา	ปริมาณ(มิลลิกรัม/ลิตร)โดยน้ำหนักแห้ง			
	eriocitin	narirutin	hesperidin	total
1	5.14±0.45[a]	157.67±5.6[a]	230.87±5.77[a]	393.66±10.78[a]
2	2.38±0.38[c]	66.75±2.3[b]	152.12±10.64[b]	221.25±11.73[b]
3	1.91±0.20[d]	33.89±1.45[c]	58.63±3.08[d]	94.43±4.11[d]
4	4.32±0.31[b]	63.42±1.84[b]	72.56±2.09[c]	140.3±3.57[c]
5	2.53±0.32[c]	26.08±2.2[d]	48.29±3.79[e]	76.89±6.27[e]
ค่าเฉลี่ย	3.25	69.56	112.49	185.31

อักษรที่กำกับมุมบนขวาแสดงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$)

ค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานจากการทดลอง 3 ซ้ำ

จากตารางที่ 4.1 และ 4.2 เมื่อนำส้มสายน้ำผึ้ง และส้มโชกุนมาวิเคราะห์หาชนิดและปริมาณสารฟลาวาโนนพบสารฟลาวาโนน 3 ชนิดคือ อิริโอซิทิน นาริรูทิน และ เฮสเพอร์ริดิน โดยสารฟลาวาโนนทั้ง 3 ชนิดนี้เป็นสารฟลาวาโนนในกลุ่มรูติโนสไกลโคไซด์ ซึ่งมีน้ำตาลรูติโนสมาเกาะกับโครงสร้างในตำแหน่งที่ 7 สารในกลุ่มนี้ไม่มีผลต่อรสชาติของน้ำส้ม (Horowitz และ Gentili, 1977) พบว่าสารนาริรูทินและสารเฮสเพอร์ริดินเป็นสารฟลาวาโนนที่มีความสำคัญในส้มเขียวหวาน (Gil-Izquierdo *et al.*, 2001; Rapisada *et al.*, 1999)

ส้มสายน้ำผึ้งที่มาจากแหล่งที่มาแตกต่างกันมีปริมาณสารฟลาวาโนนแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) โดยพบว่าแหล่งที่ 2 มีปริมาณสารอิริโอซิทิน สารนาริรูทิน และสารเฮสเพอร์รินสูงที่สุด (2.41, 49.89, 51.85 ppm โดยน้ำหนักแห้งตามลำดับ) รองลงมาคือแหล่งที่ 5 (1.8, 40.29, 50.4 ppm โดยน้ำหนักแห้งตามลำดับ) และตัวอย่างจากแหล่งที่ 3 มีปริมาณสารฟลาวาโนนต่ำที่สุด ไม่พบสารอิริโอซิทิน พบสารนาริรูทินและสารเฮสเพอร์ริดิน (14.07 , 42.49 ppm โดยน้ำหนักแห้งตามลำดับ) สารอิริโอซิทินเป็นสารฟลาวาโนนที่พบในปริมาณต่ำในส้มเขียวหวาน ดังนั้นการที่ตัวอย่างจากแหล่งที่ 3 ไม่พบสารฟลาวาโนนชนิดนี้อาจเนื่องจากสารมีปริมาณน้อยจนไม่สามารถตรวจสอบได้ ส้มโชกุนพบว่าแหล่งที่มาแตกต่างกันมีปริมาณสารฟลาวาโนนแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) พบว่าสารอิริโอซิทิน นาริรูทิน และเฮสเพอร์ริดินจากแหล่งที่ 1 (5.14,157.17, 230.87 ppmโดยน้ำหนักแห้งตามลำดับ) มีปริมาณสูงที่สุด รองมาคือส้มโชกุนจากแหล่งที่ 2 (2.38, 66.75, 152.12 ppmโดยน้ำหนักแห้งตามลำดับ) และส้มโชกุนจากแหล่งที่ 5 (2.53, 26.08, 48.29 ppmโดยน้ำหนักแห้งตามลำดับ) มีปริมาณสารฟลาวาโนนต่ำที่สุด Del Río และคณะ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

(2004) พบว่าปริมาณเฮสเพอร์ริดินในพืชตระกูลส้มมีปริมาณสูงเมื่อพืชยังไม่สุก เมื่อเริ่มสุกสารเฮสเพอร์ริดินจะลดลง และเมื่อสุกจะมีปริมาณเฮสเพอร์ริดินต่ำที่สุด Kimbell (1999) จากการสะสมน้ำที่เพิ่มขึ้นในระหว่างการเจริญเติบโตจะทำให้สารเฮสเพอร์ริดินเจือจาง เฮสเพอร์ริดินไม่ละลายในสารละลายธรรมชาติแต่จะละลายในสารละลายที่มีฤทธิ์เป็นกรด เช่นในน้ำส้ม ฤดูกาลมีผลต่อสารเฮสเพอร์ริดิน ในช่วงปลายฤดูเฮสเพอร์ริดินจะมีปริมาณสูง อาจเนื่องมาจากปริมาณกรดที่ต่ำซึ่งจะลดการละลายของสาร และเปลือกของผลไม้ในช่วงปลายฤดูอาจส่งผลให้ปริมาณเฮสเพอร์ริดินในน้ำสูงขึ้น จากการศึกษาของ Aisling และ Nora (2002) พบว่าฤดูกาลและแสงแดดส่งผลต่อปริมาณสารฟลาโวนอยด์ โดยพบว่าพืชที่ปลูกในฤดูร้อนมีปริมาณสารฟลาโวนอยด์สูงกว่าในฤดูอื่นๆ และการได้รับแสงแดดที่เหมาะสมส่งผลให้ปริมาณสารฟลาโวนอยด์สูงกว่าการปลูกพืชในที่ร่ม ส้มสายน้ำผึ้งและส้มโชกุนที่มาจากแหล่งที่มาต่างกันมีปริมาณสารฟลาวาโนนที่แตกต่าง การดูแลรักษา แร่ธาตุในดิน อาจเป็นปัจจัยที่ส่งผลให้ส้มชนิดเดียวกันมีปริมาณสารฟลาวาโนนแตกต่างกัน ส้มสายน้ำผึ้งนิยมปลูกทางภาคเหนือของประเทศไทยมีปริมาณสารฟลาวาโนนต่ำกว่าส้มโชกุนซึ่งนิยมปลูกมากทางภาคใต้ของประเทศไทยเมื่อเก็บตัวอย่างในช่วงเดือนสิงหาคม อาจเนื่องมาจากภูมิอากาศปริมาณน้ำฝนที่แตกต่างกัน

Petersonและคณะ (2006) ทำการทดสอบส้มแทนเจอรีนพบสารเฮสเพอร์ริดิน (192.6 ppm) สารนาริรูทิน (27 ppm) และสารอิริโอซิทิน (0.2 ppm) Pupin และคณะ (1997) ทำการทดสอบส้ม Pera และNatalในประเทศบราซิล ส้ม Pera พบสารนาริรูทิน (16.1-62.4 ppm) สารเฮสเพอร์ริดิน (133-399 ppm) ส้ม Natal พบสารนาริรูทิน (24.0-43.7 ppm) สารเฮสเพอร์ริดิน (104-295 ppm) พบว่าส้มที่ Natal ปลูกในประเทศบราซิลมีปริมาณสารเฮสเพอร์ริดินและนาริรูทินใกล้เคียงกับส้มโชกุนที่ปลูกในประเทศไทย

ตารางที่ 4.3 แสดงชนิดและปริมาณของสารฟลาวาโนนในผลิตภัณฑ์น้ำส้ม

ผลิตภัณฑ์		ปริมาณ(ppm)โดยน้ำหนักแห้ง			
		eriocitin	narirutin	hesperidin	total
ยูเอชที	สายน้ำผึ้ง	nd	29.19±1.81^{b}	82.90±2.44^{c}	112.09±3.73^{c}
	โชกุน	nd	22.17±1.28^{c}	79.86±2.97^{c}	102.03±3.87^{d}
พาสเจอร์ไรส์	สายน้ำผึ้ง	nd	40.56±2.7^{a}	103.83±11.52^{a}	144.39±13.69^{a}
	โชกุน	nd	27.83±2.55^{b}	95.30±2.73^{b}	123.13±4.11^{b}

nd = not detectable

อักษรที่กำกับมุมบนขวาแสดงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$)

ค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานจากการทดลอง 3 ซ้ำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

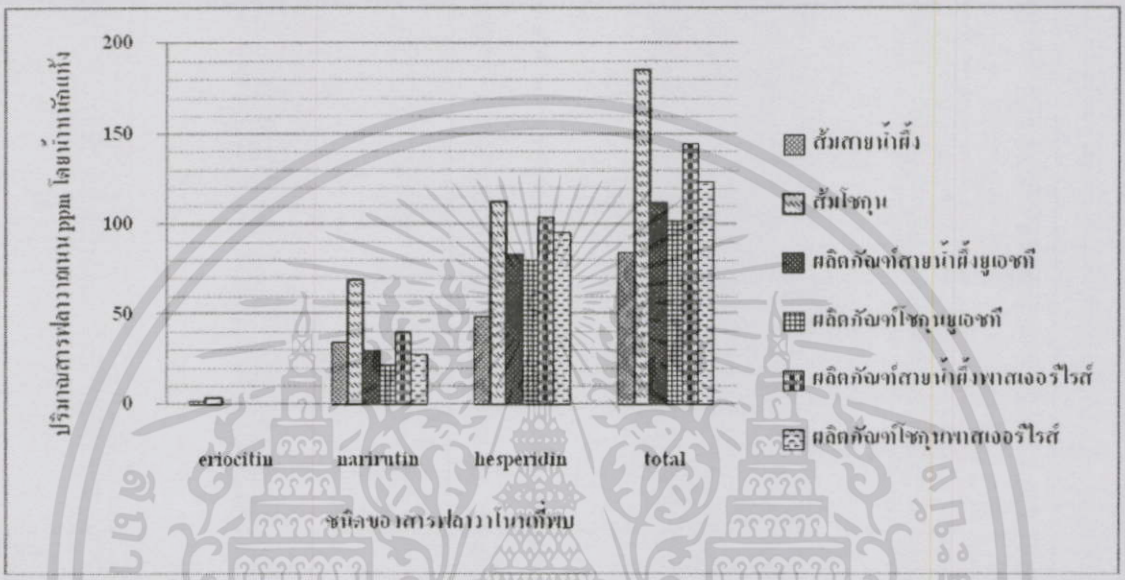
จากตารางที่ 4.3 ผลิตภัณฑ์น้ำส้มที่นำมาทดสอบเป็นผลิตภัณฑ์ที่ผลิตจากส้มโชกุนและส้มสายน้ำผึ้ง โดยมีกระบวนการผลิตแบบยูเอชทีและแบบพาสเจอร์ไรส์ พบว่าในผลิตภัณฑ์พบสารฟลาวาโนน นารินจิน และเฮสเพอร์ริดิน โดยไม่พบสารฟลาวาโนนอิริโอซิทิน สารฟลาวาโนนที่พบในผลิตภัณฑ์เป็นชนิดเดียวกันกับที่พบในส้มสด ผลิตภัณฑ์สายน้ำผึ้งพาสเจอร์ไรส์พบสารนารินจินและสารเฮสเพอร์ริดิน(40.46, 103.83 ppm โดยน้ำหนักแห้ง) สูงที่สุด รองลงมาคือส้มโชกุนพาสเจอร์ไรส์(27.83,95.30 ppm โดยน้ำหนักแห้ง) ส้มสายน้ำผึ้งยูเอชที(22.17,79.86 ppm โดยน้ำหนักแห้ง) และส้มโชกุนยูเอชทีมีปริมาณ(27.83,95.30 ppm โดยน้ำหนักแห้ง) ต่ำที่สุด อย่างไรก็ตามความแตกต่างของปริมาณสารฟลาวาโนนในผลิตภัณฑ์ขึ้นอยู่กับปริมาณสารฟลาวาโนนในตัวอย่างส้มก่อนทำการแปรรูป ระยะเวลาในการเก็บตัวอย่างผลิตภัณฑ์น้ำส้มอาจส่งผลต่อปริมาณสารฟลาวาโนนที่พบในตัวอย่างน้ำส้ม Peterson และ Dwyer (1998) พบว่ากระบวนการผลิตน้ำผลไม้ อาจส่งผลให้สารฟลาโวนอยด์มีปริมาณเพิ่มขึ้น โดยกระบวนการผลิตจะทำให้สารฟลาโวนอยด์ที่จับอยู่ในวงแหวนแตกออกมา Caro และคณะ(2004) พบว่าการเก็บน้ำส้มที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 5,10,15 และ20 วัน ปริมาณสารนารินจิน และเฮสเพอร์ริดินมีปริมาณลดลงในวันที่ 5 และมีปริมาณลดลงเมื่อเก็บรักษานานขึ้น

Vanamala และคณะ(2006) ทำการทดสอบปริมาณสารฟลาวาโนนจากน้ำส้มที่ทำจากน้ำส้มเข้มข้น(made from concentrate) และน้ำส้มจากส้มสด (non from concentrate)ในท้องตลาดของประเทศอเมริกา บราซิล และแม็กซิโก พบสารฟลาวาโนน 3 ชนิดคือ สารเฮสเพอร์ริดิน สารนารินจิน และสารไดมิน น้ำส้มเข้มข้นพบสารเฮสเพอร์ริดินเฉลี่ย 441(329-528) ppm สารนารินจิน 67(44-78) ppm สารไดมิน 17.1(11.7-25.7)ppm น้ำส้มไม่เข้มข้นพบสารเฮสเพอร์ริดินเฉลี่ย 305(180-428) ppm สารนารินจิน 41(29.5-54.1) ppm สารไดมิน 18(11.4-31.4)ppm เป็นที่น่าสังเกตว่าไม่พบสารฟลาวาโนนอิริโอซิทินสอดคล้องกับการทดลองครั้งนี้ สารฟลาวาโนนที่พบในผลิตภัณฑ์น้ำส้มที่ผลิตในประเทศไทยมีปริมาณต่ำกว่าที่ผลิตจากประเทศอเมริกา บราซิล และแม็กซิโก ความแตกต่างของสารฟลาวาโนนในผลิตภัณฑ์น้ำส้มอาจเนื่องมาจากกระบวนการผลิต วิธีการวิเคราะห์ ตลอดจนการเตรียมตัวอย่างในการวิเคราะห์

Pupin และคณะ (1997) ได้ใช้อัตราส่วนของสารเฮสเพอร์ริดินต่อสารนารินจินในส้ม peraมีค่าเฉลี่ย 8.4 (5.1-11.3) และน้ำส้มเข้มข้นที่ผลิตจากส้ม pera มีค่าเฉลี่ย 8.2 (6.3-9.5) พบว่าส้มสดและผลิตภัณฑ์มีอัตราส่วนของเฮสเพอร์ริดินต่อนารินจินใกล้เคียงกัน ถ้าผลิตภัณฑ์มีอัตราส่วนของเฮสเพอร์ริดินต่อนารินจินสูงกว่าส้มสดมากอาจแสดงถึงการปลอมปนของเกล็ดส้มได้ ส้มสายน้ำผึ้ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

และส้มโชกุนที่ปลูกในประเทศไทยมีค่า 1.39 และ 1.62 ตามลำดับผลิตภัณฑ์สายน้ำผึ้งยูเอชที ผลิตภัณฑ์โชกุนยูเอชที ผลิตภัณฑ์สายน้ำผึ้งพาสเจอร์ไรส์ และผลิตภัณฑ์โชกุนพาสเจอร์ไรส์มีค่า 2.84, 3.6,2.55 และ 3.42 ตามลำดับ ในผลิตภัณฑ์มีอัตราส่วนของสารเฮสเพอร์ริดินสูงกว่าในส้มสด อาจมีความเป็นไปได้ในการเติมเกล็ดส้มลงไปในผลิตภัณฑ์

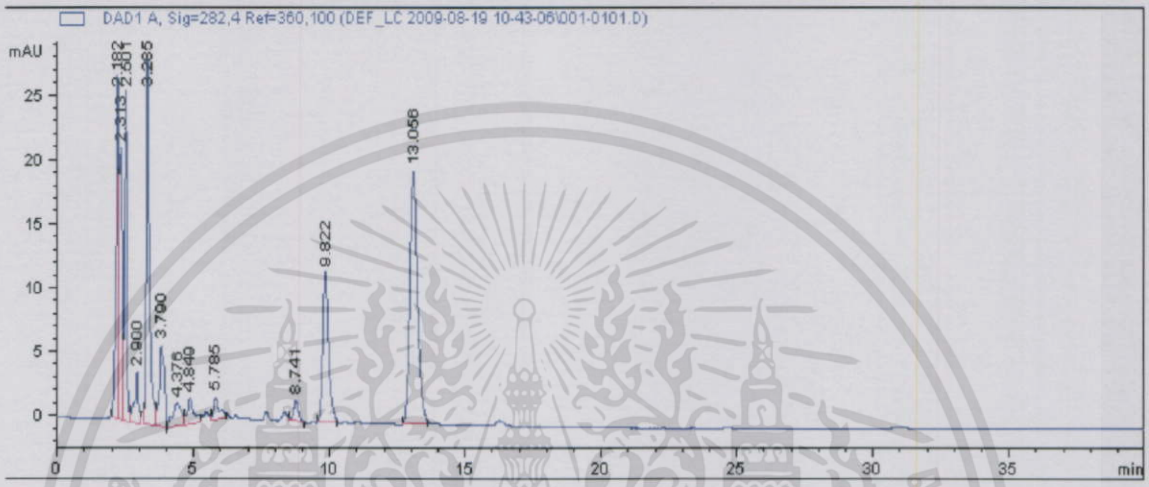


ภาพที่ 4.1 เปรียบเทียบปริมาณสารฟลาวาโนนในส้มเขียวหวานและผลิตภัณฑ์น้ำส้ม

จากภาพที่ 4.1เมื่อนำค่าเฉลี่ยชนิดและปริมาณสารฟลาวาโนนของส้มสายน้ำผึ้ง ส้มโชกุนและผลิตภัณฑ์ที่ผลิตจากส้มโชกุนและส้มสายน้ำผึ้ง โดยมีกระบวนการผลิตแบบยูเอชทีและแบบพาสเจอร์ไรส์มาเปรียบเทียบเพื่อดูแนวโน้มความแตกต่างของชนิดและปริมาณของสารฟลาวาโนน พบว่าส้มโชกุนมีปริมาณสารฟลาวาโนนสูงที่สุด รองลงมาคือผลิตภัณฑ์น้ำส้มสายน้ำผึ้งพาสเจอร์ไรส์ ผลิตภัณฑ์โชกุนพาสเจอร์ไรส์ ผลิตภัณฑ์สายน้ำผึ้งยูเอชที ผลิตภัณฑ์โชกุนยูเอชที และส้มสายน้ำผึ้งสดพบปริมาณสารฟลาวาโนนต่ำที่สุด การที่ปริมาณสารฟลาวาโนนในผลิตภัณฑ์มีปริมาณสูงกว่าในส้มสายน้ำผึ้งอาจเนื่องมาจากการเก็บตัวอย่างในช่วงที่แตกต่างกันทำให้สารฟลาวาโนนที่พบมีปริมาณแตกต่างกัน ในผลิตภัณฑ์น้ำส้มไม่พบสารอิริโอซิทิน อาจเนื่องมาจากสารมีปริมาณน้อยจนไม่สามารถตรวจพบได้ ส้มโชกุนและส้มสายน้ำผึ้งเป็นส้มสายพันธุ์เดียวกัน แต่มีพื้นที่ในการปลูกแตกต่าง ซึ่งปัจจัยในด้านภูมิอากาศ ปริมาณน้ำฝน การดูแลรักษาและระยะความสุกของผลไม้ที่แตกต่างกัน อาจส่งผลให้ปริมาณสารฟลาวาโนนที่พบในส้มทั้งสองชนิดแตกต่างกัน จากการศึกษาของ Cano และคณะ (2008) ทำการศึกษาส้มหลายสายพันธุ์ซึ่งปลูกในแถบเมดิเตอร์เรเนียนคือ ซัทซู

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

มา 4 ชนิด คลีเมนไทด์ 10 ชนิด ไฮบริดแมนดาริน 3 ชนิด เนเวล 7 ชนิด และคอมมอน 2ชนิด พบสารฟลาวาโนนสองชนิดคือนาริรูทิน และเฮสเพอร์ริดิน และพบว่าปริมาณสารฟลาวาโนนของส้มแต่ละสายพันธุ์มีปริมาณแตกต่างกัน และในส้มสายพันธุ์เดียวกันก็พบว่ามีปริมาณสารฟลาวาโนนแตกต่างกัน



ภาพที่ 4.2 การวิเคราะห์สารฟลาวาโนนในตัวอย่างน้ำส้ม

4.2 ศึกษาปริมาณสารประกอบโพลีฟีนอลในส้มเขียวหวานและผลิตภัณฑ์น้ำส้ม

ตารางที่4.4 ปริมาณสารประกอบโพลีฟีนอลในส้มสายน้ำผึ้ง

แหล่งที่มา	Total polyphenol (mg gallic acid/100ml)
1	25.36±0.48[c]
2	30.48±0.43[a]
3	25.40±0.38[c]
4	23.46±0.45[d]
5	26.64±0.68[b]
ค่าเฉลี่ย	26.27

อักษรที่กำกับมุมบนขวาแสดงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$)

ค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานจากการทดลอง 3 ซ้ำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.5 ปริมาณสารประกอบโพลีฟีนอลในส้มโชกุน

แหล่งที่มา	Total polyphenol (mg gallic acid/100ml)
1	37.30±1.08[a]
2	20.69±0.69[e]
3	29.41±0.79[b]
4	21.78±0.44[d]
5	23.86±0.79[c]
ค่าเฉลี่ย	26.61

อักษรที่กำกับมุมบนขวาแสดงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$)

ค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานจากการทดลอง 3 ซ้ำ

จากตารางที่ 4.4 และ4.5 พบว่าสารประกอบโพลีฟีนอลที่พบในส้มสายน้ำผึ้งเฉลี่ย 26.27 (23.46-30.48) มิลลิกรัม/100มิลลิลิตร สารประกอบโพลีฟีนอลที่พบในส้มโชกุนอยู่เฉลี่ย 26.61 (20.69 – 37.30) มิลลิกรัม/100มิลลิลิตรซึ่งทั้งสองพันธุ์ไม่มีความแตกต่างกัน ปริมาณที่ตรวจพบใกล้เคียงกับกับงานวิจัยของสุภาภรณ์ (2547) พบว่าส้มเขียวหวานมีสารประกอบโพลีฟีนอล 24.12 มิลลิกรัม/100มิลลิลิตร ส้มโชกุนและสายน้ำผึ้งที่มาจากแหล่งต่างกันมีปริมาณสารประกอบโพลีฟีนอลแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$)ปัจจัยที่ส่งผลให้สารประกอบโพลีฟีนอลของส้มโชกุนและสายน้ำผึ้งซึ่งเป็นส้มชนิดเดียวกันแต่ปลูกในพื้นที่ต่างกันมีปริมาณที่แตกต่างกัน อาจเนื่องมาจากปัจจัยทางด้านภูมิอากาศ ปริมาณน้ำฝน การดูแลรักษาที่ต่างกัน ตลอดจนความแก่อ่อนของส้ม สารประกอบโพลีฟีนอลมีการเปลี่ยนแปลงตลอดช่วงการเจริญเติบโต สารประกอบโพลีฟีนอลจะมีปริมาณสูงสุดเมื่อผลไม้ยังไม่สุก เมื่อผลไม้เริ่มสุกสารประกอบโพลีฟีนอลจะลดต่ำลง และผลไม้ที่สุกแล้วจะมีปริมาณสารประกอบโพลีฟีนอลต่ำที่สุด (Xu *et al.*, 2008)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

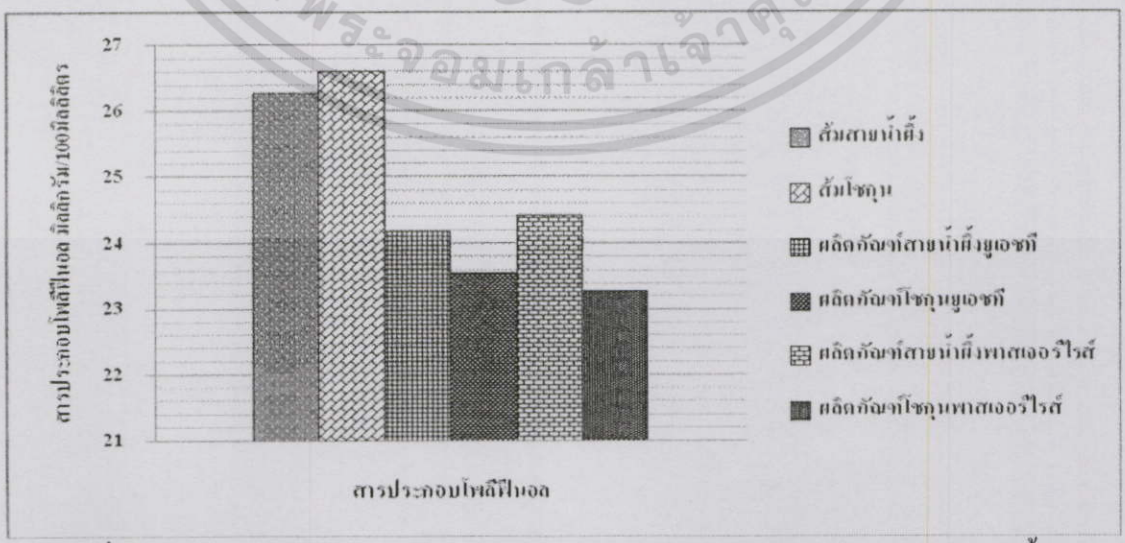
ตารางที่ 4.6 ปริมาณสารประกอบโพลีฟีนอลในผลิตภัณฑ์น้ำส้ม

ผลิตภัณฑ์		Total polyphenol (mg gallic acid/100ml)
ยูเอชที	สายน้ำผึ้ง	24.18 ± 0.47^{a}
	โชกุน	23.37 ± 0.59^{b}
พาสเจอร์ไรส์	สายน้ำผึ้ง	24.42 ± 0.57^{a}
	โชกุน	23.28 ± 0.84^{b}

อักษรที่กำกับมุมบนขวาแสดงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$)

ค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานจากการทดลอง 3 ซ้ำ

จากตารางที่ 4.6 การวิเคราะห์สารประกอบโพลีฟีนอลในผลิตภัณฑ์พบว่าส้มสายน้ำผึ้งพาสเจอร์ไรส์มีปริมาณสารประกอบโพลีฟีนอลสูงที่สุด รองมาคือส้มสายน้ำผึ้งยูเอชที ส้มโชกุนพาสเจอร์ไรส์ และส้มโชกุนยูเอชทีมีปริมาณสารประกอบโพลีฟีนอลต่ำที่สุด สารประกอบโพลีฟีนอลในผลิตภัณฑ์ที่ผลิตจากส้มชนิดเดียวกันไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) ปริมาณสารประกอบโพลีฟีนอลที่พบแตกต่างกันในผลิตภัณฑ์ขึ้นอยู่กับปริมาณสารประกอบโพลีฟีนอลที่อยู่ในส้มสดก่อนทำการแปรรูป จากการศึกษาของ Klimczak และคณะ (2007) พบว่าการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 18 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 2, 4 และ 6 เดือนมีผลทำให้สารประกอบโพลีฟีนอลลดลง



ภาพที่ 4.3 เปรียบเทียบปริมาณสารประกอบโพลีฟีนอลในส้มเขียวหวานและผลิตภัณฑ์น้ำส้ม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากภาพที่ 4.3 เมื่อนำค่าเฉลี่ยของสารประกอบโพลีฟีนอลของส้มสายน้ำผึ้ง โชกุน และผลิตภัณฑ์น้ำส้มยูเอชที และพาสเจอร์ไรส์มาเปรียบเทียบ พบว่าส้มสดมีปริมาณสารประกอบโพลีฟีนอลสูงกว่าผลิตภัณฑ์ โดยส้มโชกุนมีปริมาณสารประกอบโพลีฟีนอลสูงที่สุด รองลงมาคือส้มสายน้ำผึ้ง

4.3 ความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระของส้มเขียวหวานและผลิตภัณฑ์น้ำส้ม

ตารางที่4.7 ความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระของส้มสายน้ำผึ้ง

แหล่งที่มา	DPPH (%)	FRAP (mg ascorbic acid/100ml)
1	25.49±0.5^{c}	7.05±0.17^{c}
2	47.64±1.41^{a}	10.14±0.14^{a}
3	29.83±0.39^{c}	9.33±0.15^{b}
4	28.24±0.94^{d}	8.688±1.01^{c}
5	33.07±1.31^{b}	8.18±0.14^{d}
ค่าเฉลี่ย	32.84	8.68

อักษรที่กำกับมุมบนขวาแสดงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$)

ค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานจากการทดลอง 3 ซ้ำ

ตารางที่4.8 ความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระของส้มโชกุน

แหล่งที่มา	DPPH (%)	FRAP (mg ascorbic acid/100ml)
1	67.6±1.49^{a}	12.08±0.01^{a}
2	26.88±0.79^{d}	7.3±0.07^{d}
3	48.75±1.2^{b}	9.98±0.12^{c}
4	22.27±0.52^{e}	6.67±0.07^{e}
5	31.84±1.11^{c}	10.91±0.07^{b}
ค่าเฉลี่ย	39.47	9.39

อักษรที่กำกับมุมบนขวาแสดงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$)

ค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานจากการทดลอง 3 ซ้ำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การวัดความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระโดยวิธี DPPH และ FRAP ซึ่งวิธีทั้งสองจะแสดงความสามารถด้านอนุมูลอิสระต่อสารต่างกันโดยที่ FRAP assay ให้ผลต่อสารที่มีความสามารถในการต้านออกซิเดชันโดยการรีดิวซ์เหล็ก (Fe^{3+}) ให้เป็นเหล็ก (Fe^{2+}) ได้ดี (Prior *et al.*, 2005) DPPH เป็นอนุมูลอิสระสังเคราะห์ ที่ละลายได้ดีในตัวทำละลายอินทรีย์ (Arnao *et al.*, 2001) เป็นการวัดความสามารถในการจับอิเลคตรอนที่ไม่ครบคู่ (unpaired-electron)ทำให้สีที่เกิดขึ้นจางหายไป (Brand-Willam *et al.*, 1995)

ความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระของส้มสายน้ำผึ้งและส้มโชกุน เมื่อวิเคราะห์ด้วยวิธี DPPH พบว่าส้มสายน้ำผึ้งมีความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระเฉลี่ย 32.84 (25.47-47.64) % โดยส้มโชกุนมีความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระอยู่เฉลี่ย 39.47 (26.88-67.6) % เมื่อทดสอบด้วยวิธี FRAP พบว่าส้มสายน้ำผึ้งมีความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระเฉลี่ย 8.68(8.1-10.14) มิลลิกรัมกรดแอสคอบิก/100มิลลิลิตร ส้มโชกุนมีค่าเฉลี่ย 9.39 (6.67-12.08) มิลลิกรัมกรดแอสคอบิก/100มิลลิลิตร ผลการทดลองนี้ชี้ให้เห็นว่าส้มโชกุนมีความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระไม่ว่าจะทดสอบด้วยวิธี DPPH หรือวิธี FRAP สูงกว่าส้มสายน้ำผึ้ง

ตารางที่4.9 ความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระของผลิตภัณฑ์น้ำส้ม

ผลิตภัณฑ์		DPPH (%)	FRAP (mg ascorbic acid/100ml)
ยูเอชที	สายน้ำผึ้ง	55.71 ± 0.54^{c}	8.48 ± 0.35^{d}
	โชกุน	60.97 ± 0.3^{a}	10.38 ± 0.07^{a}
พาสเจอร์ไรส์	สายน้ำผึ้ง	57.55 ± 0.12^{b}	9.81 ± 0.10^{b}
	โชกุน	55.13 ± 0.71^{d}	9.48 ± 0.19^{c}

อักษรที่กำกับมุมบนขวาแสดงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$)
ค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานจากการทดลอง 3 ซ้ำ

ผลิตภัณฑ์น้ำส้มยูเอชทีมีความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระเฉลี่ย 58.34 (55.71 - 60.97) % ผลิตภัณฑ์น้ำส้มพาสเจอร์ไรส์เฉลี่ย 56.34(55.13 - 57.55) % เมื่อวิเคราะห์ด้วยวิธี DPPH และเมื่อวิเคราะห์ด้วยวิธี FRAP พบว่าผลิตภัณฑ์น้ำส้มยูเอชทีมีความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระเฉลี่ย 9.43 (4.48 - 10.38) มิลลิกรัมกรดแอสคอบิก/100มิลลิลิตร ผลิตภัณฑ์น้ำส้มพาสเจอร์ไรส์เฉลี่ย 9.65(9.48 – 9.81) มิลลิกรัมกรดแอสคอบิก/100มิลลิลิตร แสดงให้เห็นว่าผลิตภัณฑ์น้ำส้มยูเอชทีมี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธี DPPH และวิธี FRAP มีความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระไม่แตกต่างกันมาก

เมื่อเปรียบเทียบความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระของส้มสายน้ำผึ้ง ส้มโชกุน และผลิตภัณฑ์น้ำส้มที่ผลิตจากส้มทั้งสองชนิด พบว่าผลิตภัณฑ์น้ำส้มมีความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระเมื่อวัดด้วยวิธี DPPH สูงกว่าในส้มสายน้ำผึ้ง ส้มโชกุน วิธี FRAP มีค่าไม่แตกต่างกันมาก มีรายงานที่แสดงว่าสารประกอบที่เกิดจากปฏิกิริยาการเกิดสีน้ำตาลแบบ Maillard reaction จะทำให้ค่าความสามารถต้านอนุมูลอิสระเมื่อวัดโดยวิธี DPPH สูงขึ้น (Kim และ Lee, 2009) ความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระไม่ได้เกิดจากสารตัวใดตัวหนึ่ง แต่เป็นผลมาจากสารทุกตัวที่มีประกอบกัน (Raspirada *et al.,* 1999) การที่ผลิตภัณฑ์น้ำส้มมีสารประกอบโพลีฟีนอลต่ำกว่าในส้มสดแต่มีปริมาณวิตามินซีสูงกว่า จึงอาจกล่าวได้ว่าวิตามินซีส่งผลต่อความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระในผลิตภัณฑ์น้ำส้ม

4.4 องค์ประกอบทางเคมีของส้มเขียวหวานและผลิตภัณฑ์น้ำส้ม

ตารางที่ 4.10 องค์ประกอบทางเคมีของส้มสายน้ำผึ้ง

แหล่งที่มา	Ascorbic acid (mg/100 ml)	Acid value (% citric acid)	pH	TSS (°Brix)	°brix/acid ratio
1	11.44±0.53^{d}	0.39±0.01^{b}	4.34±0.01^{d}	10.74±0.11^{b}	29.54±1.72^{d}
2	13.67±0.61^{c}	0.3±0.02^{c}	4.56±0.01^{c}	10.97±0.15^{a}	38.07±2.7^{b}
3	16.89±3.23^{a}	0.52±0.01^{a}	3.77±0.01^{e}	10.13±0.09^{c}	19.45±0.37^{e}
4	15.35±0.74^{b}	0.23±0.01^{e}	4.98±0.02^{a}	10.02±0.14^{cd}	43.62±1.83^{a}
5	14.78±.25^{bc}	0.28±0.01^{d}	4.81±0.01^{b}	9.97±0.13^{d}	35.64±1.58^{c}
ค่าเฉลี่ย	14.43	0.34	4.49	10.37	33.26

อักษรที่กำกับมุมบนขวาแสดงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$)

ค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานจากการทดลอง 3 ซ้ำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.11 องค์ประกอบทางเคมีของส้มโชกุน

แหล่งที่มา	Ascorbic acid (mg/100 ml)	Acid value (% citric acid)	pH	TSS (°Brix)	°brix/acid ratio
1	17.26±0.6[a]	0.81±0.01[a]	2.93±0.01[e]	10.49±0.11[b]	12.96±0.17[e]
2	14.66±0.57[c]	0.47±0.03[c]	3.53±0.01[c]	9.49±0.11[d]	20.39±1.17[c]
3	16.56±0.6[b]	0.35±0.01[e]	4.2±0.01[a]	9.56±0.05[d]	27.23±0.56[a]
4	11.69±0.42[d]	0.59±0.01[b]	3.32±0.01[d]	11.16±0.13[a]	18.87±0.4[d]
5	16.29±0.85[b]	0.39±0.01[d]	4.06±0.01[b]	9.78±0.11[c]	25.43±9.2[b]
ค่าเฉลี่ย	15.29	0.52	3.61	10.09	20.98

อักษรที่กำกับมุมบนขวาแสดงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$)

ค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานจากการทดลอง 3 ซ้ำ

จากตารางที่ 4.10 และ 4.11 ศึกษาองค์ประกอบทางเคมีของส้มสายน้ำผึ้งและส้มโชกุน พบว่าส้มสายน้ำผึ้งมีวิตามินซีเฉลี่ย 14.43 (11.44 - 16.89) มิลลิกรัม/100มิลลิลิตร ส้มโชกุนมีวิตามินซีเฉลี่ย 15.29 (11.69 - 17.26) มิลลิกรัม/100มิลลิลิตร ส้มโชกุนมีปริมาณวิตามินซีโดยเฉลี่ยสูงกว่าในส้มสายน้ำผึ้ง ปริมาณกรดพบว่าส้มโชกุนมีปริมาณกรดเฉลี่ย 0.52 (0.35 - 0.81)% สูงกว่าในส้มสายน้ำผึ้งซึ่งมีปริมาณกรดโดยเฉลี่ย 0.34(0.23 - 0.52)% ค่า pH พบว่าส้มโชกุนมีค่าเฉลี่ย 3.61(2.93-4.2) สูงกว่าส้มสายน้ำผึ้งซึ่งมีค่าเฉลี่ย 4.49(3.77 - 4.98) ส้มที่มีปริมาณกรดสูงจะมี pH ต่ำ ของแข็งที่ละลายในน้ำ(°brix) ส้มสายน้ำผึ้งมีค่าเฉลี่ย 10.37(9.97-10.94) สูงกว่าส้มโชกุนมีค่าเฉลี่ย 10.09 (9.56 - 11.16) และอัตราส่วน°brix/acid ของส้มสายน้ำผึ้งมีค่าเฉลี่ย 33.26 (19.45 - 43.62) สูงกว่าส้มโชกุนมีค่าเฉลี่ย 20.98 (12.92 - 27.23) จากรายงานของ Salumkhe และ Desai (1986) แบ่งระดับความสุกของส้มโดยใช้อัตราส่วนของ °brix/acid โดยอยู่ในช่วง 8-10 เป็นผลไม้ที่มีความสุกเล็กน้อย ช่วง 10-16 ผลไม้ที่สุกได้ที่ และมากกว่า 20 หมายถึงผลไม้ที่มีความสุกมาก เมื่อพิจารณาจาก °brix/acid พบว่าส้มที่นำมาใช้ในการทดลองอยู่ในเกณฑ์ที่มีความสุกมาก ส้มสองพันธ์นี้มีค่าของแข็งที่ละลายในน้ำใกล้เคียงกัน แต่มีปริมาณกรดแตกต่างกันมาก ดังนั้นจึงน่าจะมีผลต่อรสชาติของส้มทั้งสองชนิด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.12 องค์ประกอบทางเคมีของผลิตภัณฑ์น้ำส้ม

ผลิตภัณฑ์		Ascorbicacid (mg/100 ml)	Acid value (% citric acid)	pH	TSS (°Brix)
ยูเอชที	สายน้ำผึ้ง	22.18±0.26[b]	0.51±0.01[b]	3.82±0.01[c]	11.96±0.03[c]
	โชกุน	30.08±0.36[a]	0.54±0.02[a]	3.54±0.02[d]	11.71±0.06[d]
พาสเจอร์ไรส์	สายน้ำผึ้ง	19.79±0.22[c]	0.48±0.01[c]	3.89±0.01[b]	12.79±0.02[a]
	โชกุน	19.73±0.25[c]	0.47±0.01[c]	4.03±0.05[a]	12.64±0.04[b]

อักษรที่กำกับมุมบนขวาแสดงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$)

ค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานจากการทดลอง 3 ซ้ำ

จากตารางที่ 4.12 การวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมี ปริมาณวิตามินพบว่าส้มโชกุนยูเอชทีมีปริมาณสูงที่สุด(30.08 มิลลิกรัม/100มิลลิลิตร) รองมาคือส้มสายน้ำผึ้งยูเอชที(22.18 มิลลิกรัม/100 มิลลิลิตร) ส้มสายน้ำผึ้งพาสเจอร์ไรส์(19.79 มิลลิกรัม/100มิลลิลิตร)ละส้มโชกุนพาสเจอร์ไรส์มีปริมาณต่ำที่สุด(19.73 มิลลิกรัม/100มิลลิลิตร)วิตามินซีมีความไวต่อการสูญเสียเนื่องจากความร้อน ปริมาณออกซิเจน (Vieira *et al* ., 2000) ออกซิเจนมีผลต่อการสลายตัวของวิตามินซีโดยเพิ่มปฏิกิริยาออกซิเดชัน (Solomon and Svanberg, 1995)การทดลองของ Alwazeer และคณะ(2003) พบปริมาณวิตามินซีในน้ำส้ม41mg/100ml การให้ความร้อนที่อุณหภูมิ 90 องศาเซลเซียส 1 นาที วิตามินซีมีปริมาณลดลงเหลือ 38mg/100ml ดังนั้นการที่ผลิตภัณฑ์น้ำส้มมีปริมาณวิตามินซีสูงกว่าในน้ำส้มสดอาจเนื่องจากการเติมลงไปภายหลังกระบวนการผลิต เพื่อเพิ่มคุณค่า มีการแนะนำปริมาณวิตามินซีในผลิตภัณฑ์น้ำส้มโดยกลุ่มประเทศในยุโรป (EU) และอเมริกา (US) โดย EU ได้มีคำแนะนำว่าปริมาณวิตามินซีในน้ำส้มควรสูงกว่า 20 มิลลิกรัม/100 มิลลิลิตรในวันหมดอายุ (Polydera *et al.*, 2003).US กำหนดว่าขั้นต่ำของวิตามินซีต้องไม่ต่ำกว่า 25มิลลิกรัม/100 มิลลิลิตรในวันหมดอายุ (Yeom *et al.*, 2000). ค่าความเป็นกรดของผลิตภัณฑ์อยู่ระหว่าง 0.47 - 0.54 % พีเอชของน้ำส้มอยู่ระหว่าง 3.54 - 4.03 ค่าของแข็งที่ละลายในน้ำ 11.71-12.79

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.5 ค่าสหสัมพันธ์

ตารางที่ 4.13 ค่าสหสัมพันธ์ของส้มสายน้ำผึ้ง และส้มโชกุน

	Correlation coefficient (R)	
	DPPH	FRAP
FRAP	0.818**	
Eriocitrin	0.458**	0.233
Narirutin	0.672**	0.360**
Hesperidin	0.597**	0.333**
Polyphenol	0.943**	0.750**
ascorbic acid	0.474**	0.671**

** มีสหสัมพันธ์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 99%

ตารางที่ 4.14 ค่าสหสัมพันธ์ของผลิตภัณฑ์น้ำส้ม

	Correlation coefficient (R)	
	DPPH	FRAP
FRAP	0.841**	
Narirutin	-0.287	-0.146
Hesperidin	-0.228	0.110
Polyphenol	-0.242	-0.316
ascorbic acid	0.816**	0.499**

** มีสหสัมพันธ์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 99%

จากตารางที่ 4.13 แสดงให้เห็นว่าวิธีวิเคราะห์ความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระ DPPH และวิเคราะห์ความสามารถในการต้านออกซิเดชั่น FRAP มีความสัมพันธ์กันในระดับสูง สารฟลาวาโนนทั้งสามชนิดที่พบในส้มสดคือเฮสเพอร์ริดิน นาริรูทิน และอิริโอซิทินมีความสัมพันธ์กับความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระเมื่อวัดด้วยวิธี DPPH อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ส่วนผลิตภัณฑ์น้ำส้มไม่พบความสัมพันธ์ระหว่างสารฟลาวาโนนกับความสามารถในการเป็นสารต้านอนุมูลอิสระ ความสัมพันธ์ระหว่างความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระกับสารประกอบโพลีฟีนอล และวิตามินซี ขึ้นอยู่กับปัจจัยต่างๆเช่นโครงสร้างทางเคมีของสารแต่ละตัว การทำงานร่วมกันของสารประกอบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

และความเหมาะสมของวิธีวิเคราะห์ การให้อิเลคตรอนของสารประกอบโพลีฟีนอลกับอนุมูลอิสระ DPPH ขึ้นอยู่กับจำนวนหมู่ไฮดรอกซิลที่อยู่ในโมเลกุล และความสามารถในการจับกับอนุมูลอิสระของหมู่ไฮดรอกซิล (Rapisarda และคณะ 2008)

เป็นที่น่าสังเกตว่าวิตามินซีในส้มสดและในผลิตภัณฑ์แสดงความสัมพันธ์กับความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระในระดับความเชื่อมั่นสูงในขณะที่สารประกอบโพลีฟีนอลจะแสดงความสัมพันธ์กับความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระในส้มสดแต่ไม่แสดงในผลิตภัณฑ์ Xu คณะ (2008) พบว่าสารฟลาวาโนนและวิตามินซีมีความสัมพันธ์กับความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระ Raspisada และคณะ (1999) พบว่าสารประกอบโพลีฟีนอลมีความสัมพันธ์กับความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระ

จากการทดลองครั้งนี้น่าจะสรุปได้ว่าสารประกอบโพลีฟีนอล โดยเฉพาะสารฟลาวาโนนจะแสดงความสัมพันธ์กับความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระในส้มสดได้ดีกว่าในผลิตภัณฑ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5
สรุปผลการทดลอง

1. ส้มโชกุนและส้มสายน้ำผึ้งที่ปลูกในประเทศไทยพบสารฟลาวาโนน 3 ชนิด คือ เฮสเพอร์ริดิน นาริรูทินและอิริโอซิทิน ส้มโชกุนมีปริมาณสารฟลาวาโนนโดยรวมสูงกว่าส้มสายน้ำผึ้ง ผลิตภัณฑ์น้ำส้มพบสารฟลาวาโนน 2 ชนิด คือเฮสเพอร์ริดินและนาริรูทิน ไม่พบสารฟลาวาโนนอิริโอซิทิน

2. สารประกอบโพลีฟีนอลในส้มสดสูงกว่าในผลิตภัณฑ์น้ำส้ม

3. ความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระ เมื่อทดสอบโดยวิธี DPPH พบว่าผลิตภัณฑ์น้ำส้มมีความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระสูงกว่าในส้มสด และวิธี FRAP ไม่ต่างกันมากนัก

4. องค์ประกอบทางเคมีของพบว่าผลิตภัณฑ์น้ำส้มมีปริมาณวิตามินซีสูงกว่าในส้มสด ปริมาณกรดพบว่าส้มโชกุนมีปริมาณกรดสูงกว่าส้มสายน้ำผึ้ง ส้มโชกุนและส้มสายน้ำผึ้งมีค่าของแข็งที่ละลายในน้ำใกล้เคียงกัน อัตราส่วนของ °brix/acid ซึ่งแสดงถึงความสุกของส้ม พบว่าส้มโชกุนและส้มสายน้ำผึ้งอยู่ในเกณฑ์ที่มีความสุกมาก

5. ค่าสหสัมพันธ์สารประกอบโพลีฟีนอล สารฟลาวาโนน และวิตามินซีมีความสัมพันธ์กับความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระของส้มสายน้ำผึ้งและโชกุน และมีเพียงวิตามินซีเท่านั้นที่แสดงความสัมพันธ์กับความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระในผลิตภัณฑ์น้ำส้ม แสดงให้เห็นว่าสารประกอบโพลีฟีนอล และสารฟลาวาโนนจะแสดงความสัมพันธ์กับความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระในส้มสดได้ดีกว่าในผลิตภัณฑ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บรรณานุกรม

กองโภชนาการ กรมอนามัย. 2532. **ตารางแสดงคุณค่าอาหารไทยในส่วนที่กินได้ 100 กรัม.** กรุงเทพฯ: กองโภชนาการ กรมอนามัย.

นิธิยา รัตนาปนนท์. 2545. **เคมีอาหาร.** กรุงเทพฯ : โอ.เอส.พริ้นติ้งเฮาส์.

ปาริชาติ สักกะทำนุ. 2545. **ส้มเม็ด ฟลาโวนอยด์และวิตามินซีเสริมสุขภาพ.**สำนักพิมพ์รวมทรรศน์ กรุงเทพฯ

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

มงคล แซ่หลิม. 2536. **การผลิตส้ม.** ภาควิชาพืชศาสตร์ คณะทรัพยากรธรรมชาติ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์

รุ่งทิวา วงศ์ไพศาลฤทธิ์. 2549. **สมบัติการต้านออกซิเดชั่นของสารสกัดจากเปลือกและเมล็ดส้มเขียวหวาน.** วิทยานิพนธ์ สาขาวิทยาศาสตร์การอาหาร บัณฑิตวิทยาลัย สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

วิวัฒน์. 2545. **บทบาทของสารประกอบฟีนอลต่อสุขภาพ.** อาหาร. 32(4) : 245-253

สุภาภรณ์ รพีศักดิ์. 2547. **ผลของการพาสเจอร์ไรส์การเก็บรักษาและสารถนอมอาหารต่อความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระในน้ำส้มเขียวหวาน.** วิทยานิพนธ์ สาขาวิทยาศาสตร์การอาหาร บัณฑิตวิทยาลัย สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เอกชัย พฤกษ์อำไพ และส่งสุข รัตนาภรณ์. 2547. **คู่มือส้มโชกุน.** พิมพ์ครั้งที่ 1. สำนักพิมพ์เพ็ท-แพล้น พับลิชชิ่ง. กรุงเทพฯ.

AOAC, 2000. Official methods of analysis of the association of official analytical chemists. 17th ed. Gaithersburg, Maryland

Abeysinghe, D.C., Li, X., Sun,C.S., Z,C. and Chen,K. 2007. Bioactive compounds and antioxidant capacities in different edible tissue of citrus fruit of four species. **Food Chemistry.** 104:1338-1344

Aisling, A. S. and Nora, M.O'Brien. 2002. Dietary Flavonols: Chemistry, Food Content, and Metabolism. **Nutrition.** 18:75– 81.

Alquezar, B., Rodrigo, J .M., Zacaŕas, L. 2008. Regulation of carotenoid biosynthesis during fruit maturation in the red-fleshed orange mutant Cara Cara. **Phytochemistry.** 69: 1997–2007.

Amiot, M. J.1997.Phenolic compounds and oxidative Mechanisms in Fruits and Vegetables in Phytochemistry of Fruit and Vegetables. editor: Tomas-Barkeram,F.A and Robins, R.J. Clarendon press, Oxford.pp 51-85

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Arnoa, M., Cano, A. and Acosta, M. 2001.The hydrophilic and lipophillic contribution to total antioxidant activity. **Food Chemistry.** 73:239-244

Aturki, Z., Braudi, V. and Sinibaldi, M. 2004. Separation of flavanone – 7 – O - glycoside diastereomers and analysis in citrus juices by multidimensional liquid chromatography coupled with mass spectrometry. **Journal of Agricultural and Food Chemistry.** 52: 5303–5308.

Benzie, I. F. F.and Strain, J. J. 1996.The ferric reducing ability of plasma (FRAP) as a measure of 'antioxidant power': The FRAP assay.**Analytical Biochemistry**, 239(1): 70–76.

Brand-Williams, W., Cuvelier, M. E.and Berset, E. 1995. Use of a freeradical method to evaluate antioxidant activity. **Lebensmittel-Wissenschaft& Technologie,** 28, 25–30.

Bravo, L. 1998.Polyphenol: Chemistry,Dietay Sources,Metabolism and Nutritional Significance. **Nutrition Reviews** 56(11) 317-333

Cano, A., Madina, A.and Bermejo, A. 2008. Bioactive compound in different citrus variety. Discrimination amount cultivar. **Journal of food composition and analysis.** 21: 377-381.

Caro, D. A., Piga, A., Vacca, V. and Agabbio M. 2004. Changes of flavonoids, vitamin C and antioxidant capacity in minimally processed citrus segments and juices during storage. **Food Chemistry.** 84: 99–105

Curl, A.L. and Bailey, G.F. 1956. Comparision of carotenoids of Vanlencia orange peel and plup. **Journal of Agricultural Food Chem.** 4(2) : 156-159.

Das, N. P. and Pereira, T.A. 1990. Effect of flavonoids on thermal autoxidation of palm oil: structure activity and relationships. J.AM.Oil Chem. Soc. 67: 255-258.

Del Río, J.A., Fuster, M.D., Gómez, P., Porras, I., García-Lidón, A. and Ortuno, A. 2004. *Citrus limon*: a source of flavanoids of pharmaceutical interest. **Food Chemistry**. 84: 457-461.

Desiderio, C., Rossi, A.D. and Sinibaldi, M. 2005. Analysis of 7-O-glysosides in citrus juices by short-end capillary eletrochromatography. **Journal of Chromatography A.** 1081: 99-104.

Erlund, I. 2004. Review of the flavonoids quercetin, hesperetin, and naringenin. Dietary sources, bioactivities, bioavailability, and epidemiology. **Nutrition Research.**24: 851–874.

Frankel, E.N 1996. Naturals Phenolic Antioxidants and their impact on Heath. In "Antioxidants food supplement in Human Heath" Editors: Packer, L., Hiramatsu. And Yoshikawa, T. Academic press, San Diego, pp385-392

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Gil-Izquierdo, A, Gil, M.I., Ferreres, F. and Tomás-Barberán, F.A. 2001. In vitro availability of flavonoid and other phenolic in orange juice. **Journal of Agricultural Food Chem.** 49: 1035-1041.

Gorinstein, S., Martin-Belloso, O., Park, Y. S., Haruenkit, R., Lojek, A., Ciz, M., Caspi, A. and Libmon, I. 2001. Comparison of some biochemical characteristics of difference citrus fruits. **Food Chem**. 74: 309-315.

Horowitz, R. H. and Gentili, B. 1977. Flavonoid constituents of citrus. InS. Nagy, P. E. Shaw, & M. K. Veldhuis (Eds.). **Citrus science and technology** (Vol. 1, pp. 397–426). Westport, CT, USA: Avi Publishers.

Jackman, R.L. and Smith, J.l. 1996. Anthocyanins and betalains. In naturals food colorants. Hanry, G.A.F and Houghton, J.D(Ed). New York: Blackie Academic&Professional.

Kanaze, F. I., Kokkacou, E., Georgarakis, M. and Niopas, I. 2004. Validated high-performance liquid chromatographic method utilizing solid-phase extraction for the simultaneous determination of naringenin and hesperetin in human plasma. **Journal of Chromatography B.** 801: 363–367.

Kawaii, S., Tomono, Y., Katase, E., Ogawa, K and Yano, M.1999. Quantitation of flavonoid constituents in citrus fruits. **J.Aric.Food Chem.** 47: 3565-3571

Kelebek, H., Canbas, A. and Selli, S. 2008.Determination of phenolic composition and antioxidant capacity of blood orange juices obtained from cvs. Moro and Sanguinello (Citrus sinensis (L.) Osbeck) grown in Turkey. **Food Chemistry**. 107: 1710–1716

Kim, M.C. and Pratt, D.E. 1992. Thermal degradation of phenolic Antioxidant in phenolic compounds in food and their effects on heath II: Antioxidant and cancer prevention. Washington,D.C. : American chemical Society.

Kim, J.S., and Lee, Y.S. 2009. Antioxidant activity of Maillard reaction products derived from aqueous glucose/glycine, and triglycin model system as a function of heating time. **Food Chemistry,** Vol.116 (1):227-232.

Kimball, D.A. 1999. **Citrus processing**. A chapman& Hall food science book. Aspas publishers, INC . Gaitherburg, Maryland

Klimczak, I., Malecka, M., Szlachta, M. and Gliszczynska-Swiglo A. 2007. Effect of storage on the content of polyphenols, vitamin C and the antioxidant activity of orange juices. **Journal of Food Composition and Analysis.** 20:313–322.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Nagy, S. 1980. Vitamin C contents of citrus fruit and their products: **A review. Journal of Agricultural Food Chem.** 28: 8-18

Noomhorm, A. and Kasemsuksakul, N. 1992. Effect of maturity and processing on bitter compounds in Thai tangerine juice. **International journal of Food Science and Technology**. 27: 65-72.

Majo, D.D., Giammanco, M., Guardia, M.L., Tripoli, E., Giammanco,S. and Finotti,E. 2005. Flavanones in Citrus fruits: Structure-antioxidant activity relationships. **Food Research International.** 38: 11161-1166.

Mitsumoto, M., Faustman, C., Cassens, R.G., Aronold, R. N., Schaefer, D.M. and Scheller, K.K. 1991. Vitamin C and E improve pigment and lipid stability in ground beef. J.Food Sci. 56: 194-197

Miyake, Y., Yamamoto, K., Morimitsu, Y., and Osawa,T. 1997. Isolation of C-glucosulflavone from lemon peel and antioxidant activity of flavoniod compounds in lemon fruit. **Journal of Agricultural and Food Chemistry.**45:4619-4623

Mouly, P., Arzouyan, C., Gaydou, E. and Estienne, J. M. 1994. Differentiation of citrus juices by factorial discriminant analysis using liquid chromatography of flavanone glycosides. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**. 42: 70–79.

Parejo, I., Viladomat, F., Bastida, J., Rosas-Romero, A., Flerlage, N., Burillo, J. and Codina, C. 2002. Comparison between the radical scavenging activity and antioxidant activity of six distilled and nondistilled Mediterranean herbs and aromatic plants. **Journal of Agricultural Food Chem**. 50: 6882-6890.

Petterson, J. J., Beecher, G. R., Bhagwat, S. A., Dwyer, J. T., Gebhardt, S. E., Haytowitz, D. B. and Holden, J. M. 2006. Flavanones in oranges, tangerines (mandarins), tangors, and tangelos: a compilation and review of the data from the analytical literature. **Journal of food Composition and analysis. 19**: S66-S73.

Petterson, J. and Dwyer, J. 1998. Flavonoid : Dietary occurrence and biochemical activity. **Nutrition Research**.PII S0271-5317: 00169-9

Pratt, D.E. 1992. Natural Antioxidants form Plant Material. In"Phenolic compounds in food and their Effects on Heath II: Antioxidants and cancer prevention" Editors: Huang,M.T ., Ho, C. T. and Lee, C. Y. American Chemical So iety,Washington D. C. pp 54-71.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Prior, R.L., Wu, X. and Schaich, K. 2005.Standardized Methods for the Determination of Antioxidant Capacity and Phenolics in Foods and Dietary Supplements. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**. 52: 1879-1886.

Polydera, A. C., Stoforos, N. G. and Taoukis, P. S. 2003. Comparative shelf life study and vitamin C loss kinetics in pasteurized and high pressure processed reconstituted orange juice. **Journal of Food Engineering,** 60: 21–29.

Poulose, S. M., Harris, E. D. and Patil, B. S. 2006. Cyctotoxic effect of citrus luminoids: Glycosides are more lethal than aglycones agent human neuoblastoma and colonic adenocarcinoma cells.**Nutrition cancer.** 56:103-111.

Pupin, A. M., Dennis, M. J. and Toledo, M. C. F. 1998. Flavanone glycosides in Brazilian orange juice. **Food Chemistry,** 61: 275–280.

Rapisarda, P., Bianco, M.L., Pannuzzo, P. and Timpanaro, N. 2008. Effect of cold storage on vitamin C, phenolics and antioxidant activity of five orange genotypes [*Citrus sinensis* (L.) Osbeck]. **Postharvest Biology and Technology**. 49: 348–354.

Rapisarda, p., Tomaino, A., Lo Cascio, R., Bonima, F., De Pasquale, A. and Saija, A. 1999. Antioxidant effectiveness as influenced by Phenolic content of fresh orange juices. **Journal of Agricultural and Food Chemistry.**47: 4718-4723.

Rice-Evans, C.A., Miller, N.J. and Paganga, G. 1995. Structure-Antioxidant activity relationships of flavonoids and phenolic acids. **Free Radical Biology & Medicine.** SSDI 0891-5849:02227-9

Riberio, S.A. and Riberio-Maria, H.l. 2008. Naringin and Naringenin determination and control in grapefruit juice by a validated HPLC method. **Food Control**. 19: 432-438.

Robard, K., Prenzler, P.D., tucker, G., Swatsitang, P. and Glover, W. 1999. Phenolic compound and role in their oxidative process in fruit. **Food Chem**. 66: 401-436.

Robards, K., 2003. Strategies for the determination of bioactive phenols in plants, fruit and vegetables. **Journal of Chromatography A** .1000: 657–691.

Rouseff, R.L.1980. Flavonoid and citrus quality. **In citrus nutrition and quality**. Nagy,S. and Attaway, J.A.(Ed.). Washington, D.C.: Marcel Deckker.

Roy, P.S. and Goldschmidt, E.E. 1996. **Biology of citrus.** Cambridge University Press.

Salumke, D.K. and Desai, B.B. 1986. **Postharvest biotechnology of fruit**.Vol.1. boca Raton press.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

So, F.V., Guthrei, N., Chambers, A.F., Moussa, M. and Carrol, K.K. 1996.Inhibition of human breast cancer cell proliferation and delay of mammary tumorigenesis by flavonid and citrus juice. **Nutrition and cancer**.26:167-181.

Solomon, O. and Svanberg, U. 1995. Effect of oxygen and fluorescent light on the quality of orange juice during storage at 8°C. **Food chem.** 53: 363-368.

Tomás-Barberán, F.A. and Clifford, M.N. 2000. Review flavonones, Chalcone and dihydrochalcone nature, occurrence and dietary burden. **J.Sci.Food Agric.** 80: 1073-1080

Tripoli, E., Guardia, M. G., Giammanco, S., Majo, D. D and Giammanco, M. 2007. Citrus flavonoids: Molecular structure, biological activity and properties: A review. **Food Chemistry.**104:466- 479.

Tura, D. and Robards, K. 2002. Sample handling strategies for the determination of biophenols in food and plants. **Journal of Chomatography A.** 975:71-93.

Vanamala, J., Reddivari, L., Yoo, S. K., Pike, M. L. and Patil, S. B. 2006. Variation in the content of bioactive flavonoid in difference brands of orange and grapefruit juices.**Journal of Food Composition and Analysis**. 19: 157-166.

Wang, H., Cao, G. and Prior, R. L. 1997. Oxygen radical absorbing capacity of anthocyanins. **Journal of Agricultural and Food Chemistry.** 45: 304-309.

Xu, G., Liu, D., Chen, J., Ye, X., Ma, Y., and Shi, J. 2008. Juice components and antioxidant capacity of citrus varieties cultivated in china. **Food Chemistry**. 106: 545-551

Xu, G., Ye, X., Liu, D., Ma, Y. and Chan, J. 2008.Composition and distribution of phenolic acids in Ponkan (Citrus poonensis Hort. ex Tanaka) and Huyou (*Citrus paradise* Macf . Changshanhuyou) during maturity. **Journal of Food Composition and Analysis.** 21: 382–389

Yeom, H. W., Streaker, C. B., Zhang, Q. H. and Min, D. B. 2000. Effects of pulsed electric fields on the quality of orange juice and comparison with heat pasteurization. **Journal of Agriculture and Food Chemistry**, 48, 4597–4605.

Yildirim, A., Mavi, A., Oktay, A. A., Algur, O. F. and Bilaloglu, V. 2000.Comparison of antioxidant and antimicrobial activity of tilia (Tiliaargenta Desf. Ex. D.C.), sage (Salvia triloba L.) and black tea (Camellia sinensis L.) extracts. **Journal of Agricultural and Food Chemistry,** 48, 5030–5034.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ก

ค่าความเป็นกรด (AOAC, 2000)

สารเคมี

1. โซเดียมไฮดรอกไซด์ 0.1 N
2. ฟีนอล์ทาลีน 1%

วิธีการ

1. ปิเปตน้ำส้มที่กรองแล้ว 10 มิลลิลิตร เติมน้ำกลั่น 100 มิลลิลิตร
2. หยดฟีนอล์ฟทาลีน 1% จำนวน 2-3 หยด
3. ไตเตรทกับโซเดียมไฮดรอกไซด์ 0.1 N จนได้สีชมพูจางๆนาน 30 วินาที บันทึกปริมาตรของสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่ใช้ ทำการทดลอง 3 ซ้ำ
4. การคำนวณ

$$\text{ปริมาณกรดทั้งหมด (\%)} = \frac{(V)(N)(eq.wt.)(100)}{(1000)(v)}$$

V = ปริมาตรของสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่ใช้

N = ความเข้มข้นของสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่ใช้

Eq.wt. = น้ำหนักสมมูลย์ของกรดเป็นกรัม

v = ปริมาตรของน้ำส้ม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ข
ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำทั้งหมด

ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำทั้งหมดของน้ำส้มและผลิตภัณฑ์น้ำส้มวัดด้วย Hand refratometer บันทึกผลเป็น ° Brix ของน้ำส้มวัด 3 ซ้ำต่อ 1 ตัวอย่าง

ภาคผนวก ค
pH

วัด pH ของน้ำส้มและผลิตภัณฑ์น้ำส้มด้วยเครื่องวัด pH วัด 3 ซ้ำต่อ 1 ตัวอย่าง+

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ง

การวิเคราะห์ปริมาณกรดแอสคอบิก (AOAC, 2000)

สารเคมี

1. กรดอะซิติก (CH_3COOH)
2. กรดแอสคอบิก
3. 2,6 Dichloroindophenol (Sodium salt)
4. กรดเมตาฟอสฟอริก (HPO_3)
5. โซเดียมไบคาร์บอเนต ($NaHCO_3$)

การเตรียมสารเคมี

1. สารละลายกรดเมตาฟอสฟอริกในกรดอะซิติก

เจือจางกรดอะซิติก 20 มิลลิลิตรด้วยน้ำกลั่น 100 มิลลิลิตร ก่อนเติมกรดเมตาฟอสฟอริก 7.5 กรัม ละลายให้เข้ากันแล้วปรับปริมาตรด้วยน้ำกลั่นให้ครบ 250 มิลลิลิตร

2. สารละลายกรดแอสคอบิก

ชั่งกรดแอสคอบิก 50 มิลลิกรัม แล้วปรับปริมาตรด้วยสารละลายกรดเมตาฟอสฟอริกในกรด อะซิติกให้ครบ 50 มิลลิลิตร

3. สารละลายอินโดฟีนอล

ละลาย 2, 6 Dichloroindophenol 50 มิลลิกรัม ในน้ำกลัน 50 มิลลิลิตรแล้วเติมโซเดียมไบคาร์บอเนต 42 มิลลิกรัมละลายให้เข้ากัน แล้วปรับปริมาตรด้วยน้ำกลั่นให้ครบ 200 มิลลิลิตร กรองแล้วเก็บในขวดสีชา

4. การเตรียมตัวอย่าง

Centrifuge ที่ความเร็วรอบ 10000 rpm เป็นเวลา 15 นาที

วิธีการวิเคราะห์

1. การปรับปริมาตรสารละลายอินโดฟีนอล

1.1 ปิเปตสารละลายกรดเมตาฟอสฟอริกในกรดอะซิติก 5 มิลลิลิตรลงในขวดรูปชมพู่เติมสารละลายกรดแอสคอบิก 2 มิลลิลิตร ผสมให้เข้ากัน

1.2 ไตเตรทด้วยสารละลายอินโดฟีนอลอย่างรวดเร็วจนสารละลายในข้อ 1.1 เปลี่ยนเป็นสีชมพูอ่อน บันทึกปริมาตรสารละลายอินโดฟีนอลที่ใช้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.3 ทำ Blank โดยใช้สารละลายกรดเมตาฟอสฟอริกในกรดอะซิติก 7 มิลลิลิตรเติมน้ำกลั่นปริมาตรเท่ากับสารละลายอินโดฟีนอลที่ใช้ในข้อ 1.2

1.4 ไตเตรทด้วยสารละลายอินโดฟีนอลอย่างรวดเร็วจนเปลี่ยนเป็นสีชมพูจางๆ บันทึกปริมาตรสารละลายอินโดฟีนอลที่ใช้

2. การวิเคราะห์ตัวอย่าง

2.1 ปิเปตสารละลายกรดเมตาฟอสฟอริกในกรดอะซิติก 5 มิลลิลิตรลงในขวดรูปชมพู่เติมเติมตัวอย่างน้ำส้ม 2 มิลลิลิตร ผสมให้กัน

2.2 ไตเตรทด้วยสารละลายอินโดฟีนอลอย่างรวดเร็วจนเปลี่ยนเป็นสีชมพูจางๆ บันทึกปริมาตรสารละลายอินโดฟีนอลที่ใช้

วิธีการคำนวณ

1. การคำนวณ Titer of dye

F = Ascorbic acid (mg)/(S-B)

เมื่อ F คือ Titer of dye

Ascorbic acid (mg) คือปริมาณกรดแอสคอบิกที่ใช้คำนวณได้จาก (ascorbic acid (mg)/ 50 ml) x 2 ml

S = สารละลายอินโดฟีนอลที่ใช้ในการปรับมาตรฐาน

B = สารละลายอินโดฟีนอลที่ใช้กับ Blank (มิลลิลิตร)

2. คำนวณปริมาณกรดแอสคอบิกในตัวอย่างคำนวณได้จากสูตร

mg ascorbic acid/ ml = (X-B)x(F/E)x(V/Y)

X = ปริมาณของอินโดฟีนอลที่ใช้กับตัวอย่าง

B = สารละลายอินโดฟีนอลที่ใช้กับ Blank (มิลลิลิตร)

F = Titer of dye

E = ปริมาตรตัวอย่างที่ใช้

V = ปริมาตรของสารละลายเริ่มต้น (มิลลิลิตร)

Y = ปริมาตรของสารละลายที่นำมาไตเตรท (มิลลิลิตร)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก จ
การวิเคราะห์ชนิดและปริมาณสารฟลาวาโนน
(ดัดแปลงจาก Riberio, 2008)

สารเคมี

1. กรดอะซิติก (CH_3COOH)
2. อะซิโตรไนไตร (Acetronitri HPLC grade)
3. น้ำ (Water HPLC grade)

วิธีการเตรียมสารมาตรฐาน

1. ทำการฉีดสารมาตรฐานเพื่อทราบ Retention time ของสารมาตรฐาน เปรียบเทียบกับสารตัวอย่างที่มี Retention time เดียวกัน

2. เตรียมสารมาตรฐานเฮสเพอร์ริดินเตรียมที่ 20, 40, 60, 80 และ 100 ppm สารนาริรูทินเตรียมที่ความเข้มข้น 10, 20, 30, 40 และ 50 ppm สารอิริโอซิทินที่ความเข้มข้น 5, 10, 15, 20 และ 25ppm ผสมสารทั้งสารตัวให้เข้ากันปรับปริมาตรด้วยเมทานอล HPLC เกรดให้ปริมาตรรวมเป็น 2 มิลลิลิตร

3. ฉีดสารมาตรฐานโดยใช้เฟสเคลื่อนที่เป็น 20% อะซิโตรไนไตร: 80% น้ำ (เจือจางกรดอะซิติก 2% ในน้ำ) เวลา 30-45 นาที ใช้ 25% อะซิโตรไนไตร: 75% น้ำ (เจือจางกรดอะซิติก 2% ในน้ำ) อัตราการไหลของเฟสเคลื่อนที่ 1 มิลลิลิตรต่อนาที ตรวจวัดโดยใช้ช่วงคลื่น 283 นาโนเมตร

การวิเคราะห์ชนิดและปริมาณสารฟลาวาโนน

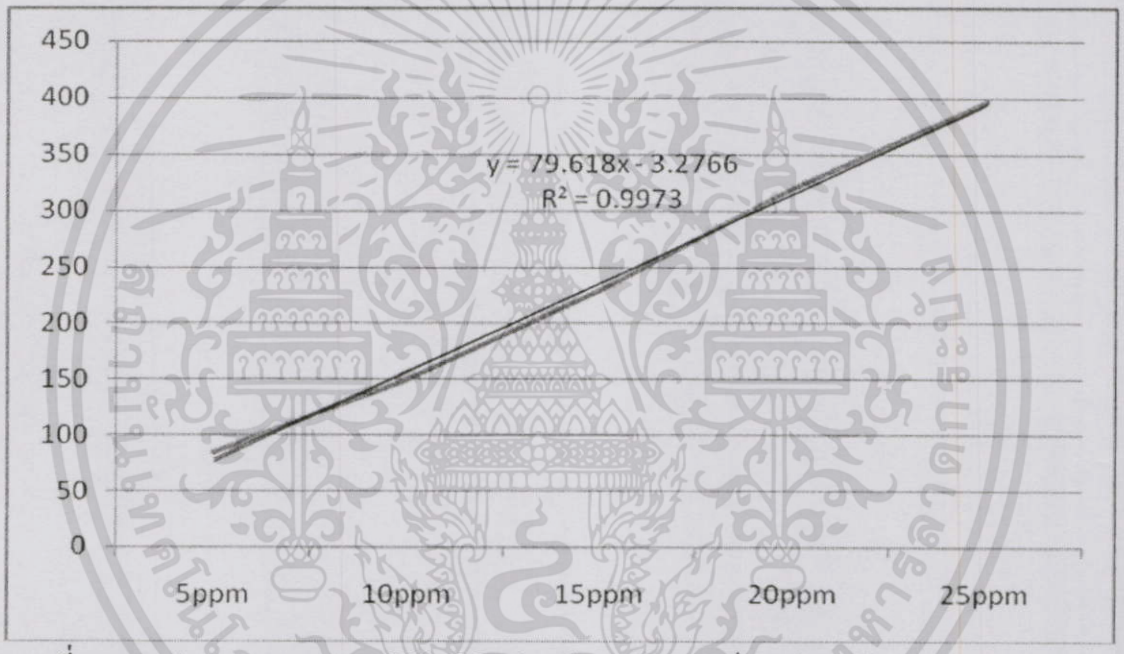
1. ตัวอย่างที่ผ่านการทำแห้ง แล้วสกัดด้วยเมนานอล HPLC gradeในอัตราส่วน 1:9 กรองด้วยตัวกรองขนาด 0.22 ไมโครเมตร

2. ทำการวิเคราะห์ตัวอย่างโดยใช้เครื่อง HPLC ทำการวิเคราะห์แบบ Gradient elution เวลา 0-30นาที ใช้ 20% อะซิโตรไนไตร: 80% น้ำ (เจือจางกรดอะซิติก 2% ในน้ำ) เวลา 30-45 นาที ใช้ 25% อะซิโตรไนไตร: 75% น้ำ (เจือจางกรดอะซิติก 2% ในน้ำ) อัตราการไหลของเฟสเคลื่อนที่ 1 มิลลิลิตรต่อนาที ตรวจวัดโดยใช้ช่วงคลื่น 283 นาโนเมตร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ จ1 ความเข้มข้นต่อพื้นที่ใต้กราฟของสารอิริโอซิทิน

ความเข้มข้นของสารมาตรฐาน(ppm)	พื้นที่ใต้กราฟ(mAu)
5	83.76
10	148.59
15	229.39
20	320
25	396.144

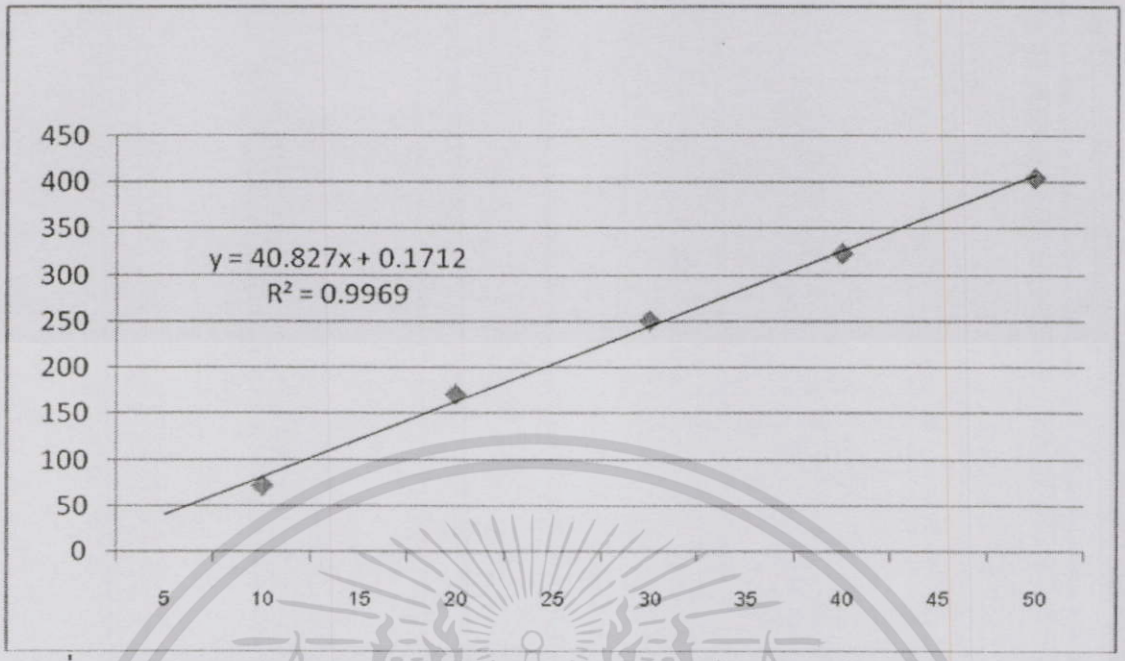


ภาพที่ จ1 กราฟมาตรฐานของสารอิริโอซิทินสำหรับการวิเคราะห์สารฟลาวาโนน

ตารางที่ จ2 ความเข้มข้นต่อพื้นที่ใต้กราฟของสารนาริรูทิน

ความเข้มข้นของสารมาตรฐาน(ppm)	พื้นที่ใต้กราฟ(mAu)
10	73.01
20	171.8
30	251.65
40	324.04
50	405.157

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

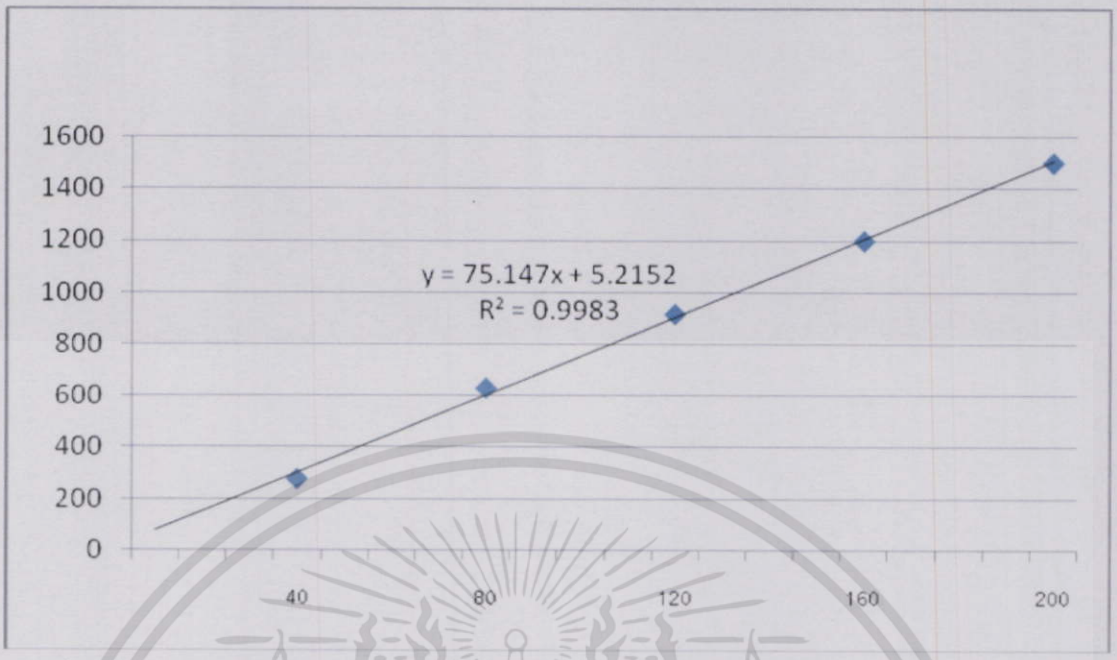


ภาพที่ จ2 กราฟมาตรฐานของสารนาริรูทินสำหรับการวิเคราะห์สารฟลาวาโนน

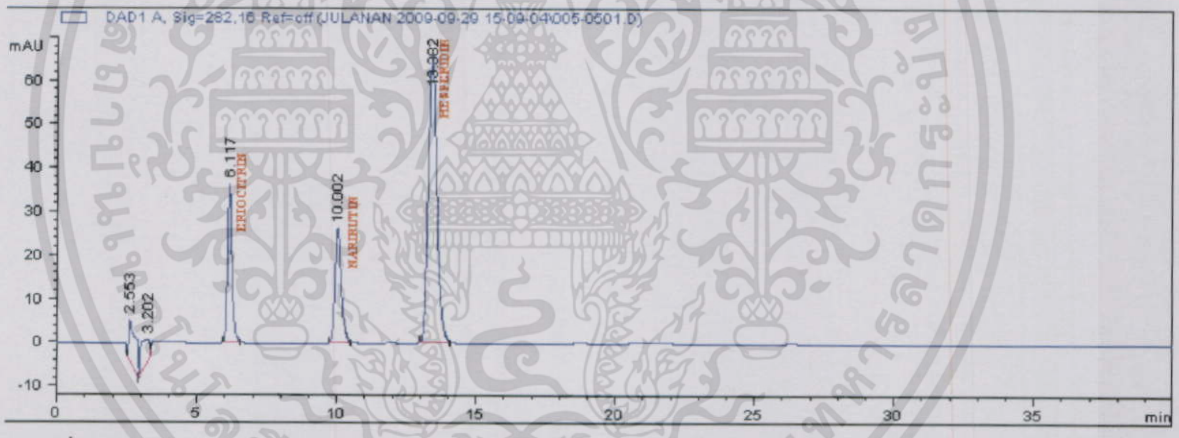
ตารางที่ จ3 ความเข้มข้นต่อพื้นที่ใต้กราฟของสารเฮสเพอร์ริดิน

ความเข้มข้นของสารมาตรฐาน(ppm)	พื้นที่ใต้กราฟ(mAu)
40	281.88
80	633.18
120	918.096
160	1200.62
200	1501.09

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ จ3 กราฟมาตรฐานของสารเฮสเพอร์ริดินสำหรับการวิเคราะห์สารฟลาวาโนน



ภาพที่ จ 4 กราฟตัวอย่างการผสมสามาตรฐาน อิริโอซิทิน นาริรูทิน และเฮสเพอร์ริดิน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ฉ

การวิเคราะห์ปริมาณสารประกอบโพลีฟีนอล

(ดัดแปลงจาก Yieldirim และคณะ.2001)

สารเคมี

1. Folin - Ciocateu regent
2. กรดแกลลิค
3. Na_2CO_3 10%
4. เอธานอล 95%

การเตรียมสารละลายมาตรฐานกรดแกลลิค

1. เตรียมสารละลายมาตรฐานกรดแกลลิคความเข้มข้น 400 ไมโครกรัม/มิลลิลิตร (โดยละลายกรดแกลลิค 0.02 กรัม ในเอทานอล 95% ปรับปริมาตรให้เป็น 50 มิลลิลิตร)
2. ปิเปตสารละลายมาตรฐานกรดแกลลิค 0.05, 0.10, 0.15, 0.20, 0.25, 0.30 และ 0.35 ตามลำดับปรับปริมาตรให้ครบ 10 มิลลิลิตร ด้วยน้ำกลั่น
3. ปิเปตสารละลายมาตรฐานแต่ละความเข้มข้นลงในหลอดทดลอง
4. ปิเปตสารละลาย Folin - Ciocateu regent ที่เจือจาง 5 เท่าหลอดละ 0.5 มิลลิลิตรเขย่าให้เข้ากันตั้งทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้อง 5 นาที
5. เติมสารละลาย Na_2CO_3 ความเข้มข้น 10% ปริมาตร 2 มิลลิลิตร ตั้งทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้อง 10 นาที
6. วัดค่าการดูดกลืนแสงที่ 760 นาโนเมตร โดยใช้ เอทานอล 95% เป็นBlank

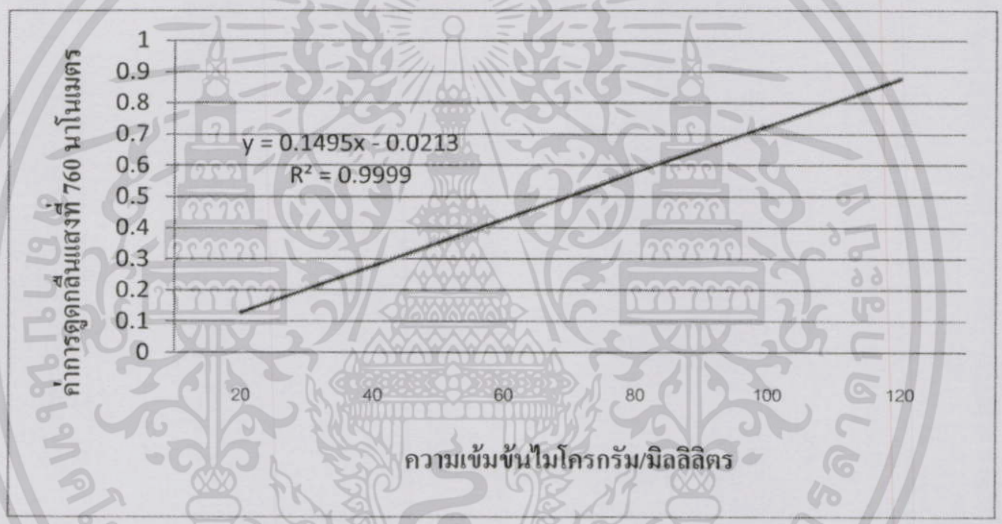
การวิเคราะห์ปริมาณสารประกอบโพลีฟีนอลทั้งหมดในน้ำส้มและผลิตภัณฑ์น้ำส้ม

1. ปิเปตสารสกัดน้ำส้ม 0.5 มิลลิลิตร เติมน้ำกลั่น 9.5 มิลลิลิตร
2. เติมสารละลาย Folin - Ciocateu regent 0.5 มิลลิลิตรเขย่าให้เข้ากัน ตั้งทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้อง 5 นาที
3. เติมสารละลาย Na_2CO_3 ความเข้มข้น 10% ปริมาตร 2 มิลลิลิตร ตั้งทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้อง 10 นาที
4. วัดค่าการดูดกลืนแสงที่ 760 นาโนเมตร โดยใช้ เอทานอล 95% เป็นBlank

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ฉ1 ค่าการดูดกลืนแสงเฉลี่ยของสารละลายมาตรฐานกรดแกลลิค

ความเข้มข้นของกรดแกลลิค (ไมโครกรัม/มิลลิตร)	ค่าการดูดกลืนแสง
20	0.1285
40	0.2775
60	0.4255
80	0.5805
100	0.7235
120	0.8765



ภาพที่ ฉ1 กราฟมาตรฐานกรดแกลลิคสำหรับวิเคราะห์สารประกอบโพลีฟีนอล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ช1

ความสามารถในการรีดิวซ์เฟอร์ริก (Ferric reducing antioxidative potential,FRAP)

(Benzie และ Strain. 1999)

สารเคมี

1. Acetate buffer pH 3.6 ความเข้มข้น 0.1 โมลาร์

   ชั่ง Sodium acetate trihydrate 3.1 กรัม ผสมกับ glacial acetic acid 16 มิลลิลิตร ปรับปริมาตรด้วยน้ำกลั่นให้เป็น 1 ลิตร

2. สารละลาย TPTZ (2,4,6- Tris (2-pyridyl)-s-triazine) ความเข้มข้น 10 มิลลิโมลาร์ใน HCL ความเข้มข้น 40 มิลลิลิตรโมลาร์ ชั่ง TPTZ 0.156 กรัมละลายใน HCL ความเข้มข้น 40 มิลลิโมลาร์แล้วปรับปริมาตาตรเป็น 50 มิลลิลิตร

3. สารละลาย $FeCl_3.6H_2O$ ความเข้มข้น 20 มิลลิโมลาร์

   ชั่ง $FeCl_3.6H_2O$ 0.27กรัม ละลายในน้ำกลั่นแล้วปรับปริมาตรให้เป็น 50 มิลลิลิตร

4. FRAP reagent

   ผสมสารละลายทั้งหมดที่เตรียมไว้โดยมีอัตราส่วนของ อะซิเตะ บัฟเฟอร์ : สารละลาย TPTZ : สารละลาย $FeCl_3.6H_2O$ เป็น 10 : 1 : 1 โดยปริมาตรตามลำดับ ซึ่งต้องเตรียมใหม่ทุกวัน

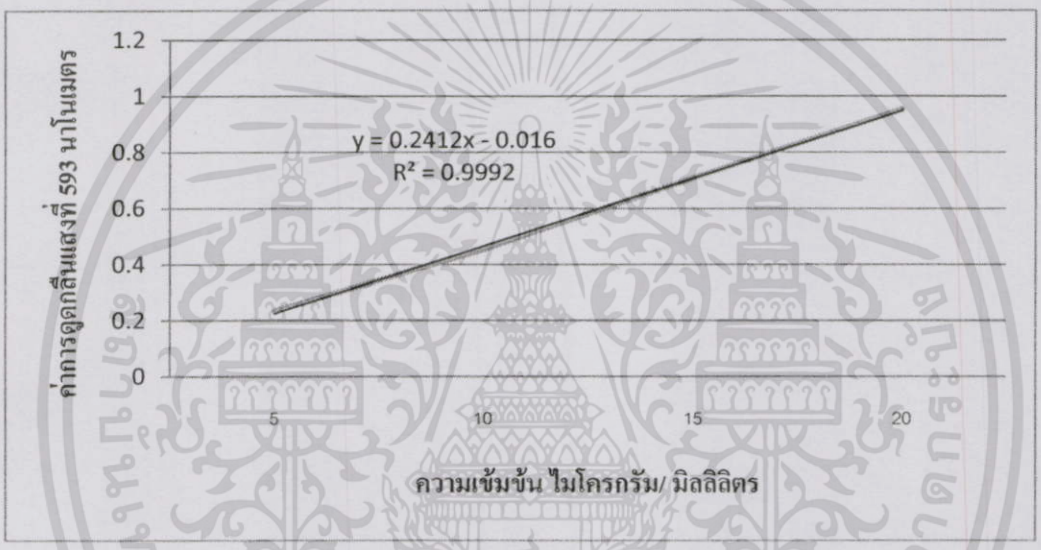
การเตรียกราฟมาตรฐานวิตามินซี

1. ปิเปตสารละลายมาตรฐานวิตามินซีใส่หลอดทดลอง โดยให้แต่ละหลอดมีความเข้มข้น 5, 10, 15 และ 20 ไมโครกรัม/มิลลิลิตรตามลำดับ
2. เติมสารละลาย FRAP reagent หลอดละ 3 มิลลิลิตร ผสมให้เข้ากัน ตั้งทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้อง 8 นาที
3. วัดค่าการดูดกลืนแสงที่ 593 นาโนเมตร
4. เขียนกราฟความสัมพันธ์ระหว่างค่าการดูดกลืนแสงกับปริมาณวิตามินซีในหน่วยไมโครกรัม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ช1 ค่าการดูดกลืนแสงเฉลี่ยของสารละลายมาตรฐานกรดแอสคอบิก

ความเข้มข้นของกรดแอสคอบิก (ไมโครกรัม/มิลลิลิตร)	ค่าการดูดกลืนแสง
5	0.2335
10	0.454
15	0.7075
20	0.953



ภาพที่ ช1 กราฟมาตรฐานกรดแอสคอบิกสำหรับวิเคราะห์ความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ช2

ความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระ DPPH

(Parejo และคณะ 2004)

สารเคมี

1. 2,2 – diphenyl-1 picrylhdrazyl
2. เอธานอล 95%

วิธีการ

1. เตรียมสารละลาย2,2 – diphenyl-1 picrylhdrazyl (DPPH) เข้มข้น 0.8 มิลลิโมลาร์ในเอทานอล 95% (โดยการชั่ง DPPH 0.0158 กรัมละลายในเอทานอล 95% ปรับปริมาตรเป็น 50 มิลลิลิตร)
2. สารละลาย DPPH 0.6 มิลลิลิตรในหลอดทดลอง ผสมตัวอย่างน้ำส้ม 0.1 มิลลิลิตรปรับปริมาตรสุดท้ายให้ได้ 6 มิลลิลิตร ด้วยเอทานอล ตั้งทิ้งไว้ 30นาทีในที่มืด
3. วัดค่าการดูดกลืนแสงที่ 517 นาโนเมตร

วิธีการคำนวณ

% Inhibition = [1-(Asample / A control)] x100

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ซ

ผลการวิเคราะห์ค่าสหสัมพันธ์

ตารางที่ ซ1 ผลการวิเคราะห์ค่าสหสัมพันธ์ของส้มสายน้ำผึ้ง ส้มโชกุน

		DPPH	FRAP	ERIOCITRIN	NARIRUTIN	HESPERIDIN	VITC	POLYPHENOL
DPPH	Pearson Correlation	1	.818	.458	.672	.597	.474	.943
	Sig. (2-tailed)	.	.000	.000	.000	.000	.000	.000
	N	90	90	60	60	60	90	90
FRAP	Pearson Correlation	.818	1	.233	.360	.333	.671	.750
	Sig. (2-tailed)	.000	.	.073	.005	.009	.000	.000
	N	90	90	60	60	60	90	90
ERIOCITRIN	Pearson Correlation	.458	.233	1	.829	.692	-.035	.387
	Sig. (2-tailed)	.000	.073	.	.000	.000	.789	.002
	N	60	60	60	60	60	60	60
NARIRUTIN	Pearson Correlation	.672	.360	.829	1	.935	.141	.620
	Sig. (2-tailed)	.000	.005	.000	.	.000	.284	.000
	N	60	60	60	60	60	60	60
HESPERIDIN	Pearson Correlation	.597	.333	.692	.935	1	.260	.490
	Sig. (2-tailed)	.000	.009	.000	.000	.	.044	.000
	N	60	60	60	60	60	60	60
VITC	Pearson Correlation	.474	.671	-.035	.141	.260	1	.376
	Sig. (2-tailed)	.000	.000	.789	.284	.044	.	.000
	N	90	90	60	60	60	90	90
POLYPHENOL	Pearson Correlation	.943	.750	.387	.620	.490	.376	1
	Sig. (2-tailed)	.000	.000	.002	.000	.000	.000	.
	N	90	90	60	60	60	90	90

** Correlation is significant at the 0.01 level (2-tailed).

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ซ2 ผลการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ของผลิตภัณฑ์น้ำส้ม

		DPPH	FRAP	NARIRUTIN	HESPERIDIN	VITC	POLYPHENOL
DPPH	Pearson Correlation	1	.841	-.287	-.228	.816	-.242
	Sig. (2-tailed)	.	.000	.173	.283	.000	.156
	N	36	36	24	24	36	36
FRAP	Pearson Correlation	.841	1	-.146	.110	.499	-.316
	Sig. (2-tailed)	.000	.	.495	.610	.002	.061
	N	36	36	24	24	36	36
NARIRUTIN	Pearson Correlation	-.287	-.146	1	.785	-.689	.363
	Sig. (2-tailed)	.173	.495	.	.000	.000	.081
	N	24	24	24	24	24	24
HESPERIDIN	Pearson Correlation	-.228	.110	.785	1	-.663	.056
	Sig. (2-tailed)	.283	.610	.000	.	.000	.796
	N	24	24	24	24	24	24
VITC	Pearson Correlation	.816	.499	-.689	-.663	1	-.283
	Sig. (2-tailed)	.000	.002	.000	.000	.	.094
	N	36	36	24	24	36	36
POLYPHENOL	Pearson Correlation	-.242	-.316	.363	.056	-.283	1
	Sig. (2-tailed)	.156	.061	.081	.796	.094	.
	N	36	36	24	24	36	36

** Correlation is significant at the 0.01 level (2-tailed).

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ประวัติผู้เขียน

นางสาวจุฬนันท์ เกษรรัตน์ เกิดเมื่อวันที่ 3 กุมภาพันธ์ พ.ศ. 2527 ที่จังหวัดกรุงเทพมหานคร สำเร็จการศึกษาปริญญาตรีวิทยาศาสตร์บัณฑิต (วท.บ.) สาขาวิชาเทคโนโลยีการอาหาร คณะอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ปีการศึกษา 2549

จากนั้นศึกษาต่อในระดับวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิทยาศาสตร์การอาหาร คณะอุตสาหกรรมเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ในปีการศึกษา พ.ศ. 2550 และสำเร็จการศึกษาในปี พ.ศ. 2552

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้