รายงานผลงานวิจัย

ศึกษาการกระจายตัวของสารลิโมนินและนาริงจินในผลส้มโอ

Studies of distribution on Limonin and Naringin in the Pummelo fruit.

โดย

รศ.ดร ระติพร หาเรือนกิจ

น.ส สุวรรณา พิชัยยงค์วงศ์ดี

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

RC71
Q K
195
.R98
ร 222ค

เลขหมู่.....
เลขทะเบียน 83621
วัน,เดือน,ปี 10 ก.ย. 2551

โครงการวิจัยสนับสนุนด้วยเงินงบประมาณแผ่นดินประจำปีงบประมาณ 2550

คณะอุตสาหกรรมเกษตร

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

b. 11981977x

i.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ชื่อโครงการวิจัย : ศึกษาการกระจายตัวของสารลิโมนินและนาริงจินในผลส้มโอ

Studies on distribution of Limonin and Naringin in the Pummelo fruit.

ชื่อผู้วิจัย : รศ.ดร ระติพร หาเรือนกิจ และ น.ส สุวรรณา พิชัยยงค์วงศ์ดี

ทุนสนับสนุนการวิจัย : จากเงินรายได้ของโครงการคณะอุตสาหกรรม สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ประจำปีงบประมาณ 2550

ระยะเวลาที่ทำการวิจัย: ตุลาคม 2549 – กันยายน 2550

หน่วยงานที่สังกัด: โครงการคณะอุตสาหกรรมเกษตร

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

บทคัดย่อ

การศึกษาการกระจายตัวของสารลิโมนินและนาริงจินในส้มโอทั้ง 3 พันธุ์ที่ปลูกเป็นทางการค้าเป็นจำนวนมากในจังหวัดนครปฐม โดยการนำส้มโอไปวัดลักษณะทางกายภาพและทำการแยกส่วนของผลส้มโอเป็นเปลือกชั้นนอก เปลือกชั้นใน เนื้อเยื่อ น้ำและเมล็ด นำแต่ละส่วนไปวิเคราะห์หาปริมาณลิโมนินและนาริงจิน ในส่วนของน้ำส้มโอวัดปริมาณ ascorbic acid, total soluble solid, titratable acidity และ pH

จากการวิเคราะห์ปริมาณลิโมนินในส่วนต่างๆ พบว่าเมล็ดมีปริมาณลิโมนินมากที่สุดอยู่ในช่วง 2,594.60-2,605.56 ppm (DW). รองลงมาคือ เปลือกชั้นนอก เปลือกชั้นใน เนื้อเยื่อกลีบและน้ำ

บริเวณเปลือกชั้นนอกของส้มโอพันธุ์ทองดีมีปริมาณลิโมนินมากที่สุด รองลงมาคือพันธุ์ขาวแป้นและขาวน้ำผึ้งมีปริมาณ 217.72 215.06 และ169.30 ppm(DW) ตามลำดับ บริเวณเปลือกชั้นในของส้มโอพันธุ์ทองดีมีปริมาณลิโมนินมากที่สุดรองลงมาพันธุ์ขาวน้ำผึ้งและขาวแป้นคือ 313.58 252.81 และ 135.20 ppm(DW) ตามลำดับ เนื้อเยื่อกลีบของส้มโอพันธุ์ขาวน้ำผึ้งมีปริมาณลิโมนินมากที่สุดรองลงมาพันธุ์ทองดีและขาวแป้น คือ 265.14 122.69 และ 87.64 ppm(DW) ตามลำดับ น้ำส้มโอจะมีปริมาณลิโมนินน้อยที่สุดเมื่อเทียบกับบริเวณอื่นๆ ซึ่งน้ำส้มโอพันธุ์ทองดีมีปริมาณลิโมนินมากที่สุดรองลงมาพันธุ์ขาวน้ำผึ้งและขาวแป้นคือ 29.62 22.69 และ18.27 ppm (FW)ตามลำดับ

ปริมาณนาริงจินพบในส่วนของส้มโอที่แตกต่างจากลิโมนินและมีปริมาณมากกว่าลิโมนิน บริเวณที่พบมากที่สุดคือเปลือกชั้นใน ในขณะที่ส้มโอพันธุ์ขาวน้ำผึ้งมีปริมาณนาริงจินในเปลือกชั้นนอกมากที่สุด รองลงมาคือ พันธุ์ขาวแป้น และพันธุ์ทองดี คือ 19,331.55 12,133.49 และ 10,065.06 ppm(DW) ตามลำดับ บริเวณเปลือกชั้นนอกของส้มโอพันธุ์ขาวน้ำผึ้งมีปริมาณนาริงจินมากที่สุด รองลงมาคือ พันธุ์ขาวแป้น และทองดี คือ 5,739.44 5,344.56 และ 4,609.86 ppm(DW) ตามลำดับ บริเวณเนื้อเยื่อกลีบของส้มโอพันธุ์ทองดีมีปริมาณนาริงจินมากที่สุด รองลงมาคือ พันธุ์ขาวแป้น และขาวน้ำผึ้ง คือ 3,391.61 2,031.03 และ 1,799.48 ppm(DW) ตามลำดับ บริเวณน้ำของส้มโอพันธุ์ทองดีมีปริมาณนาริงจินมากที่สุด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รองลงมาคือ พันธุ์ขาวน้ำผึ้งและขาวแป้นตามลำดับ คือ 348.47,323.00 และ 315.71 ppm(FW)ตามลำดับ บริเวณเมล็ดพันธุ์ขาวน้ำผึ้งมีปริมาณนาริงจินมากที่สุด รองลงมาคือ พันธุ์ทองดี และขาวแป้น เท่ากับ 297.48,293.03 และ 257.87 ppm (DW) ตามลำดับ

องค์ประกอบทางเคมีของน้ำส้มโอทั้ง 3 พันธุ์ พบว่าพันธุ์ทองดีมีปริมาณ Ascorbic acid มากที่สุด รองลงมา พันธุ์ขาวน้ำผึ้งและขาวแป้น มีค่าเท่ากับ 57.59 43.75 และ 40.24 mg/100 ml ตามลำดับ มีปริมาณ Total soluble solid (^{O}Brix) 8.00-9.45 titratable acidity 0.38-0.98 (g/100 ml) และ pH 3.72 -4.05

การวิเคราะห์ลักษณะด้านกายภาพของส้มโอทั้ง 3 พันธุ์ พบว่าค่าเฉลี่ยปริมาณเปลือกชั้นนอกอยู่ระหว่าง 8.27-14.42 % เปลือกชั้นใน 26.47-41.34 % เนื้อเยื่อร้อยละ 8.27-25.18 % น้ำ 35.43-44.38 % และเมล็ด 0.18-1.37 %

ลักษณะทางด้านสีของน้ำส้มโอซึ่งแปลผลตามระบบ L a b พบว่าน้ำส้มโอทั้ง 3 พันธุ์ มีค่า L (ความสว่าง) อยู่ในช่วง 34.91 - 39.28 ส่วนค่า a+ (ค่าสีแดง) อยู่ในช่วง 4.00-8.11 และค่า b + (ค่าสีเหลือง) อยู่ในช่วง 8.76-10.07

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Studies of distribution on Limonin and Naringin in the Pummelo fruits.

Ratiporn Haruenkit and Suwanna Pichaiyongvongdee *

*Faculty of Agro QIndustry., King Mongkut's Institute of Technology, Ladkrabang, Bangkok, Thailand

---

Abstract

The study of distribution of limonin and naringin in three major varieties of pummelo grown in Nakorn Pathom province was carried out by measuring the physical characteristics and separating out the fruit to flavedo, albedo,segment membrane, juice and seed. Each part of pummelo was analyzed for limonin and naringin. The juice was analyzed for in addition ascorbic acid , Total soluble solid , titratable acidity and pH.

Analysis of limonin showed that the limonin is distributed in various parts of pummelo. The highest amount was detected in seed in the range of 2,594.60- 2,605.56 ppm (DW). The lesser amount were detected in flavedo, albedo, segment membrane and juice. The limonin in seeds

In flavedo of Tong Dee, Kao Paen and Kao Nampueng the limonin content were 217.72, 215.06 and 169.30 ppm (DW) respectively. In albedo of Tongdee, Kao Nampueng and Kao Paen the limonin content were 313.58, 252.81 and 135.20 ppw (DW) respectively. In segment menbrane of Kao Nampueng, Tong Dee and Kao Paen the limonin content were 265.14 122.69 and 87.64 ppm(DW) respectively. In juice of TongDee, Kao Nampueng and Kao Paen, the limonin content were 29.62, 22.69 and 18.27 ppm (FW).

The naringin was found in a greater amount than limonin. The highest amount was detected in the albedo. Naringin in the albedo of Kao Nampueng , Kao Paen and Tong Dee were 1,933.55, 12,133.49 and 10,065.06 ppm (DW) respectively. In the flavedo of Kao Nampueng , Kao Paen and Tong Dee the naringin content were 5,739.44, 5,344.56 and 4,609.86 ppm (DW) respectively. In the segment membrane of Tong Dee, Kao Paen and

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Kao Nampueng the naringin content were 3,391.61, 2,031.03 and 1,799.48 ppm (DW) respectively. In the juice of Tong Dee, Kao Nampueng and Kao Paen the naringin content were 348.47,323.00 and 315.71 ppm(FW) respectively and in the seed of Kao Nampueng , Tong Dee and Kao Paen the naringin content were 297.48,293.03 and 257.87 ppm (DW) respectively.

Chemical compositions of three varieties of pummelo showed the Thong Dee variety contained the highest ascorbic acid . The ascorbic acid in Tong Dee, Kao Nampueng and Kao Paen, were 57.59, 43.75, and 40.24 mg/100ml respectively. Total soluble solid were 8.00–9.45° Brix, titratable acidity were 0.38 – 0.98 (g/100 ml) as citric acid. pH were 3.72 – 4.05.

Analysis of the physical characteristic of fruit showed the amount of flavedo were 8.27-14.42% the albedo were 26.47-41.34 %, the segment membrane were 8.27 – 25.18%, the seed 0.18 – 1.37% and the juice were 35.43 -44.38%.

The color of juice as measured be L a b* system the lightness(L) were 34.91 -39.28 , the red color (a*) were 4.00 – 8.11 and the yellow color (b) were 8.76-10.07.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อ	
ภาษาไทย	I
ภาษาอังกฤษ	III
สารบัญ	V
สารบัญตาราง	VII
สารบัญรูป	VIII
บทที่ 1 บทนำ	1
บทที่ 2 ตรวจเอกสาร	
2.1 ส้มโอ	3
2.2 พันธุ์และลักษณะประจำพันธุ์	3
2.3 การกำหนดมาตรฐานของส้มโอ	4
2.4 ลักษณะทั่วไปผลส้มโอ	7
2.5 องค์ประกอบน้ำส้มโอ	8
2.6 คุณค่าทางอาหารของน้ำส้มโอ	9
2.7 สารให้ความขม	9
บทที่ 3 วัสดุอุปกรณ์และวิธีการ	
3.1 วัตถุดิบ	18
3.2 สารเคมี	18
3.3 เครื่องมือ	18
3.4 สถานที่ทำการทดลอง	19
3.5 ระยะเวลาทำการทดลอง	19
3.6 วิธีการทดลอง	19
บทที่ 4 ผลการทดลองและวิจารณ์	
4.1 ผลการวิเคราะห์ลักษณะทางกายภาพ	22
4.2 ผลการวิเคราะห์ทางเคมี	26
4.3 ปริมาณลิโมนินในส่วนต่างๆของผลส้มโอ	27

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.4 ปริมาณนาริงจินในส่วนต่างๆของผลส้มโอ 30

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

บทที่ 5 สรุปผลการทดลอง 32

ข้อเสนอแนะ 33

เอกสารอ้างอิง 34

ภาคผนวก

Limonin by HPLC 43

Naringin by HPLC 46

Total Titratable Acidity (AOAC Method) 49

Ascorbic Acid by Indophenol Titration 51

Brix / Acid Ratio 54

Total Soluble Solids by Refractometer 55

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
2.1	การแบ่งขนาดของส้มโอโดยใช้เส้นรอบวง	5
2.2	การแบ่งชั้นของส้มโอ	5
2.3	องค์ประกอบทางเคมี (กรัมต่อ100 กรัมส่วนที่รับประทานได้	9
2.4	สารลิโมนอยด์ต่างๆ และรสชาติ	10
2.5	ชนิดของผลไม้และปริมาณลิโมนินในเมล็ด	12
2.6	ปริมาณลิโมนินในเนื้อเยื่อส่วนต่างๆของเกรฟฟรุต	14
2.7	การกระจายของลิโมนินในส่วนต่างๆของผลส้ม	15
2.8	ปริมาณลิโมนินและลิโมนอยด์กลูโคไซด์ (limonoid glucoside) ในน้ำส้มโอสด	16
4.1	ผลการวิเคราะห์ทางกายภาพของส้มโอ	22
4.2	ร้อยละแต่ส่วนของผลส้มโอ	23
4.3	การแบ่งขนาดของส้มโอโดยใช้น้ำหนักและเส้นรอบวง	24
4.4	การแบ่งค่าสีของน้ำส้มโอ	25
4.5	ผลการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของน้ำส้มโอ	26
4.6	ปริมาณลิโมนิน (ppm, DW) ในส่วนต่างๆของผลส้มโอ	27
4.7	ปริมาณนาริงจิน(ppm,DW)ในส่วนต่างๆของผลส้มโอ	30

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป

รูปที่		หน้า
2.1	การยึดติดกันระหว่างกุ้ง (juice sac) กับเยื่อหุ้มกลีบ (segment menbrane) โดยท่อลำเลียงน้ำและอาหาร (juice sac salk)	7
2.2	โครงสร้างของลิโมนิน	11
2.3	วิธีการสังเคราะห์ลิโมนิน	12
2.4	การเปลี่ยนของ Limonoate A-ring lactone เป็น Limonin	13
2.5	สูตรโครงสร้างของนาริงจิน	17
4.1	ภาพตัดขวางของปริมาณลิโมนิน (ppm, DW) ในส่วนต่างๆของผลส้มโอ	28
4.2	ภาพตัดขวางของปริมาณนาริงจิน (ppm, DW) ในส่วนต่างๆของผลส้มโอ	30

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1 บทนำ

1.1 ความสำคัญ และที่มาของปัญหาที่ทำการวิจัย (Reviewed Literature)

ประเทศไทยเป็นประเทศเกษตรกรรมที่อุดมไปด้วยพืชผักและผลไม้นานาพันธุ์ โดยเฉพาะจังหวัดในภาคกลาง เช่น จังหวัดชัยนาท ราชบุรี สมุทรสงคราม และ นครปฐม ซึ่งมีการผลิตส้มโอเป็นจำนวนมาก โดยเฉลี่ยแล้วสถิติการปลูกส้มโอปี 2546 ประมาณ 1,435 1,159 1,275 และ 1,928 กก./ไร่ (http://www.doae.go.th/data/fruit/42.pdf)ซึ่งในแต่ละปีผลผลิตดังกล่าวจะมีปริมาณมากจนล้นตลาดทำให้ราคาต่ำลง การนำส้มโอเหล่านี้มาแปรรูปเป็นน้ำผลไม้พร้อมดื่มเป็นวิธีการถนอมอาหารอย่างหนึ่งทำให้สามารถเก็บรักษาคุณภาพของผลไม้ไว้ได้ สามารถแก้ปัญหาผลผลิตล้นตลาดและปัญหาการเน่าเสียของผลิตภัณฑ์ได้ อีกทั้งยังเป็นการส่งเสริมประสิทธิภาพการผลิตและเป็นการใช้ทรัพยากรธรรมชาติให้เกิดประโยชน์มากขึ้น อย่างไรก็ตามความขมของส้มโอเป็นปัจจัยสำคัญที่ทำให้เกิดปัญหาในการแปรรูปโดยเฉพาะการทำน้ำส้มโอ

ในยุคปัจจุบันน้ำผลไม้ก็เป็นเครื่องดื่มที่นิยมกันอย่างแพร่หลาย เนื่องจากมีประโยชน์ต่อสุขภาพ เพราะประกอบด้วยวิตามินและแร่ธาตุที่เป็นประโยชน์มากมาย อีกทั้งมีความสะดวกสามารถดื่มได้ทันที ผลไม้ในตระกูลส้มได้มีการนำมาแปรรูปเป็นเครื่องดื่มมากที่สุด ส้มโอก็เป็นผลไม้ตระกูลส้มชนิดหนึ่งที่นอกเหนือจาก ส้ม มะนาว เกรฟฟรุต น้ำผลไม้ตระกูลส้มมีข้อดีตรงที่มีกลิ่นรสเฉพาะตัว และอุดมไปด้วยวิตามินซีเป็นจำนวนมาก จึงน่าจะมีการนำผลที่มีตำหนิมาแปรรูปเป็นเป็นผลิตภัณฑ์ได้หลายชนิด แต่พบว่าผลิตภัณฑ์แปรรูปจากส้มโอหรือจากผลไม้ตระกูลชนิดอื่นๆจะมีปัญหาในเรื่องรสขม ซึ่งความขมเกิดจากสารประกอบลิโมนิน(Limonin) และนาริงจิน(Naringin) โดยพบว่าลิโมนินมีบทบาทในการให้รสขมมากกว่านาริงจินและพบมากในส่วนเปลือกชั้นใน และเนื้อเยื่อสีขาว โดยอยู่ในรูปลิโมโนเอท เอริง แลคโตน (Limonoate A-ring lactone) ซึ่งเป็นสารตั้งต้นของลิโมนินที่ไม่มีรสขม แต่จะเปลี่ยนไปเป็นลิโมนินเมื่อถูกกระตุ้นด้วยกรด และ/หรือความร้อนและเอนไซม์ลิโมโนเอท ดี-ริง แลคโตน ไฮโดรเลส (Limonoate D-lactone hydrolase) ปริมาณนาริงจิน 600 ส่วนในล้านส่วน (ppm) และลิโมนิน 5 ส่วนในล้านส่วน(ppm) จะให้รสขมที่ผู้บริโภครู้สึกได้ วิธีการที่ใช้ในการลดความขมในน้ำผลไม้ตระกูลส้ม เช่น การใช้สารเคมี การใช้เอนไซม์และจุลินทรีย์ และการใช้ตัวดูดซับชนิดต่างๆ วิธีเหล่านี้แม้จะสามารถลดความขมลงได้แต่มีความยุ่งยากและค่าใช้จ่ายต่างกัน ปัจจัยที่ทำให้เกิดความขมจากภายในเช่น พันธุ์ และชนิดของเนื้อเยื่อ หรืออาจจะมาจากปัจจัยภายนอก เช่น กระบวนการผลิตน้ำผลไม้ การเก็บเกี่ยว ดังนี้เป็นต้น

ในการศึกษาครั้งนี้จะศึกษาถึงการกระจายตัวของสารลิโมนินและนาริงจินในพันธุ์ส้มโอทั้ง 3 พันธุ์ ได้แก่ พันธุ์ขาวน้ำผึ้ง พันธุ์ทองดี และพันธุ์ขาวแป้น ซึ่งปลูกเป็นทางการค้าเป็นจำนวนมากในจังหวัดนครปฐมที่มีผลต่อระดับความขมที่แตกต่างกันของแต่ละพันธุ์ ส่วนของเนื้อเยื่อผลส้มโอที่ศึกษา ได้แก่ เปลือกชั้นนอก เปลือกชั้นใน เนื้อเยื่อ น้ำ และเมล็ด ที่มีระดับการกระจายปริมาณสารให้ความขมที่ไม่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เท่ากัน เพื่อเป็นข้อมูลในการคัดเลือกพันธุ์ที่เหมาะสม และเป็นการแยกส่วนประกอบของผลส้มโอในระหว่างการแปรรูปน้ำผลไม้ซึ่งจะเป็นการช่วยในการลดความขมเบื้องต้น

1.2 วัตถุประสงค์ของโครงการวิจัย

1) เพื่อศึกษาปริมาณของลิโมนินและนาริงจินในเนื้อเยื่อผลส้มโอได้แก่ เปลือกชั้นนอก เปลือกชั้นใน เนื้อเยื่อ น้ำ และเมล็ด ของส้มโอทั้งสามสายพันธุ์ คือ พันธุ์ขาวน้ำผึ้ง พันธุ์ทองดี และพันธุ์ขาวแป้นที่ปลูกเป็นการค้า

2) เพื่อศึกษาความเหมาะสมทางด้านองค์ประกอบทางเคมี และ % yield ของส้มโอพันธุ์ขาวน้ำผึ้ง พันธุ์ทองดี และพันธุ์ขาวแป้นในการพัฒนาแปรรูปเป็นน้ำผลไม้

1.3 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับจากโครงการ และหน่วยงานที่นำผลการวิจัยไปใช้ประโยชน์

1.3.1) ผลที่คาดว่าจะได้รับจากโครงการในเชิงวิชาการ

- ได้ทราบถึงปริมาณของลิโมนินและนารินจินในส่วนต่างๆ (เปลือกชั้นนอก เปลือกชั้นใน เนื้อเยื่อ น้ำ และเมล็ด) ของส้มโอ เพื่อจะได้เป็นแนวทางในการแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์ประเภทต่างๆ เช่น น้ำส้มโอ เปลือกส้มโอเชื่อม เปลือกส้มโอแช่อิ่ม แยมส้มโอ ส้มโอ 3 รส

- ได้ทราบถึงความแตกต่างความขมในแต่ละพันธุ์เพื่อประโยชน์ในการคัดเลือกพันธุ์เพื่อการแปรรูป

1.3.2) ผลที่คาดว่าจะได้รับจากโครงการในเชิงพาณิชย์และสังคม

- ได้ข้อมูลพื้นฐานในการวิจัยพัฒนาผลิตภัณฑ์น้ำส้มโอและน้ำผลไม้ตระกูลส้มเพื่อนำไปสู่การผลิตในเชิงพาณิชย์ต่อไป

-เกษตรกรสามารถนำเทคโนโลยีที่ได้รับไปแปรรูปผลผลิตในท้องถิ่นได้อย่างมีประสิทธิภาพและสามารถพึ่งตนเองได้อย่างยั่งยืน

1.4 หน่วยงานที่นำผลการวิจัยไปใช้ประโยชน์

1) เกษตรกรที่เพาะปลูกส้มโอเป็นทางการค้า

2) โรงงานอุตสาหกรรมผลิตน้ำผลไม้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2
ตรวจเอกสาร

2.1 ส้มโอ

ลักษณะทางพฤกษศาสตร์

ชื่อวิทยาศาสตร์	*Citrus grandis.* or *Citrus maxima* (Burm) Merr.
วงศ์	Rutaceae
ชื่อสามัญ	Pomelo (Pummelos),Shaddock
ชื่อพื้นเมืองไทย	ส้มโอ
ภาคกลาง	ซ่งอู (กะเหรี่ยง-กาญจนบุรี)
ภาคใต้	ลีมาจีนอ (มลายู)

ส้มโอมีถิ่นกำเนิดทางเกาะมลายูและหมู่เกาะโปลีนีเซีย ปัจจุบันแหล่งปลูกส้มโอที่สำคัญ คือ จีนตอนใต้ เวียดนาม มาเลเซีย ไต้หวัน ญี่ปุ่น ไทย อิสราเอล สำหรับประเทศไทยแหล่งปลูกส้มโอที่สำคัญได้แก่ ภาคกลาง เช่น จังหวัดนครปฐม ราชบุรี ชัยนาท สมุทรสาคร สมุทรสงคราม ภาคเหนือ เช่น จังหวัดพิจิตร นครสวรรค์ ภาคใต้ เช่น จังหวัดสุราษฎร์ธานี ตรัง ชุมพร สงขลา ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ เช่น จังหวัดชัยภูมิ อุบลราชธานี (สำนักเศรษฐกิจการเกษตร, 2535)

ในปัจจุบันส้มโอจัดเป็นผลไม้ที่มีความสำคัญทางเศรษฐกิจชนิดหนึ่งเนื่องจากมีรสชาติดี จึงได้รับความนิยมมจากผู้บริโภคทั้งในประเทศและต่างประเทศ นอกจากนี้ยังมีหลายพันธุ์ซึ่งแต่ละพันธุ์จะมีรสชาติและลักษณะแตกต่างกัน พันธุ์ที่นิยมได้แก่ พันธุ์ทองดี พันธุ์ขาวน้ำผึ้ง พันธุ์ขาวใหญ่ พันธุ์ขาวแตงกวา พันธุ์ขาวพวง พันธุ์ขาวแป้น พันธุ์ท่าข่อย พันธุ์หอมหาดใหญ่ และพันธุ์ปัตตาวี

2.2 พันธุ์และลักษณะประจำพันธุ์

ส้มโอที่ปลูกกันในประเทศไทยมีอยู่หลายพันธุ์ด้วยกันทั้งที่เป็นพันธุ์ที่ปลูกกันทั่วไปและพันธุ์ที่ปลูกเฉพาะบางท้องที่ในแต่ละพื้นที่กระจายอยู่ทั่วไป ทำให้มีพันธุ์ส้มโออยู่มากมายหลายพันธุ์ ซึ่งพันธุ์ที่เกษตรนิยมปลูกกันมากจังหวัดนครปฐมและเป็นพันธุ์ที่ได้รบความนิยมจากผู้บริโภคได้แก่ พันธุ์ทองดี พันธุ์ขาวน้ำผึ้ง พันธุ์ขาวแป้น พันธุ์ขาวใหญ่ และพันธุ์ขาวพวง

พันธุ์ทองดี เป็นพันธุ์ที่มีขนาดผลโตปานกลาง เส้นผ่าศูนย์กลางผลระหว่าง 14-16 ซม. ความสูงของผลอยู่ระหว่าง 12-14 ซม. ทรงผลกลมแป้นไม่มีจุก ไหล่ผลลาดลง มีจีบเล็กน้อย ก้นผลเรียบหรือเว้าเล็กน้อย ผิวผลเรียบสีเขียวเข้ม ต่อมน้ำมันมีขนาดเล็ก เปลือกผลค่อนข้างบาง สีของเปลือกในแลผนังกลีบมีสีชมพูอ่อนเรื่อๆ เนื้อผลมีสีชมพูเรื่อๆ มีความหวานสูง ลักษณะนิ่มและฉ่ำน้ำ มีจำนวนเมล็ดปานกลางถึงมาก (กองวิจัยเศรษฐกิจการเกษตร,2535)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

พันธุ์ขาวน้ำผึ้ง เป็นพันธุ์ที่มีผลขนาดใหญ่ เส้นผ่าศูนย์กลางผลระหว่าง 15-18 ซม. ความสูงของผลอยู่ระหว่าง 15-20 ซม. ทรงผลไม่กลม ไหล่ผลไม่เท่ากันทั้งสองข้าง ไม่มีจุก ก้นผลเรียบถึงเว้าเล็กน้อย ผิวมีสีเขียวเข้ม ต่อมน้ำมันที่ผิวมีขนาดใหญ่นูนขึ้น เวลาจับที่ผิวจะรู้สึกแข็ง เปลือกค่อนข้างหนา เนื้อเปลือกสีขาว แยกผนังกลีบออกได้ง่าย เนื้อมีสีเหลืองอ่อนขนาดใหญ่เบียดกันแน่น เนื้อมีลักษณะแห้ว กรอบ รสหวานอมเปรี้ยวเล็กน้อย เมล็ดมีจำนวนน้อย เป็นพันธุ์ที่ให้ผลตลอดทั้งปี (สมพร, 2534)

พันธุ์ขาวแป้น เป็นพันธุ์ที่มีผลขนาดปานกลาง ทรงผลแบบ ovoid มีเส้นผ่าศูนย์กลางผล 12-15 ซม. ความสูงของผลอยู่ 10-20 ซม. ไม่มีจุกที่ขั้วผล ด้านก้นผลมีลักษณะแบนเว้าเล็กน้อย ผิวมีสีเหลืองอ่อน มีลักษณะร่วนแยกออกจากเยื่อหุ้มกลีบผลได้ง่าย รสออกหวานอมเปรี้ยม เมล็ดมีจำนวนน้อย (สถาบันวิจัยพืชสวน, 2541 ; สมพร,2534)

พันธุ์ขาวใหญ่ เป็นพันธุ์ที่มีผลขนาดค่อนข้างใหญ่ ทรงผลกลมสูง เส้นผ่านศูนย์กลางผลประมาณ14-19 ซม. ความสูงของผลประมาณ 15-19 ซม. ผิวผลเรียบ สีเขียวเข้มอมเหลือง ต่อมน้ำมันละเอียด เปลือกหนาปานกลาง เนื้อผลสีเหลืองอมน้ำตาล รสหวานอมเปรี้ยวเล็กน้อย ติดผลไม่ค่อยดก (สถาบันวิจัยพืชสวน,2541)

พันธุ์ขาวพวง เป็นพันธุ์ที่มีผลขนาดปานกลาง ทรงผลแบบ priform ขั้วผลเป็นจุกทรงสูง มีจีบเล็กน้อย เส้นผ่าศูนย์กลางผลประมาณ 13 ซม. ความสูงของผลประมาณ 14 ซม. ผิวผลเรียบ สีเขียวอมเหลือง เปลือกบาง กันผลมีลักษณะเว้าเล็กน้อย เนื้อผลสีขาวอมเหลือง รสหวานอมเปรี้ยว เมล็ดน้อย (สุวรรณพงศ์, 2534)

ส้มโอที่ปลูกในแต่ละแหล่งมีความแตกต่างกันไปในเรื่องของพันธุ์ พันธุ์ที่ตลาดต่างประเทศต้องการ คือ พันธุ์ทองดี พันธุ์ขาวพวง พันธุ์ขาวน้ำผึ้ง พันธุ์ท่าข่อย พันธุ์ขาวใหญ่ พันธุ์ขาวแป้น พันธุ์ขาวแตงกวา และ พันธุ์ขาวหอม (http://www.doa.go.th/pl_data/PUMMELO/1stat/st02.html)

2.3 การกำหนดมาตรฐานของส้มโอ

ส้มโอเป็นผลไม้ประเภท non-climacteric เช่นเดียวกับส้มชนิดอื่นๆ มีการเปลี่ยนแปลงทางสรีรวิทยาค่อนข้างน้อย ได้แก่ การเปลี่ยนสีผิวจากสีสีเขียวเป็นสีเหลืองซึ่งจะเกิดได้ดีในช่วงอุณหภูมิ 15-20 1 องศาเซลเซียล นอกจากนี้เมื่อเก็บเกี่ยวมาแล้วปริมาณกรดภายในผลจะลดลงเรื่อยๆและจะเพิ่มปริมาณ soluble solids ทำให้รสชาติของส้มโอหวานขึ้น ผู้บริโภคที่นิยมรสค่อนข้างหวานจึงมักเก็บรักษาส้มโอไว้ระยะหนึ่งก่อนรับรับประทาน แต่ถ้าเก็บไว้นานเกินไปเปลือกส้มจะเหี่ยว และรสชาติจะไม่ดี มีรสหวานเล็กน้อย เนื่องจากปริมาณกรดลดลงพร้อมกับปริมาณ soluble solids ก็ลดลงด้วย นอกจากนี้แล้วเนื้อส้มโอจะแฉะ ปอกได้ยาก กุ้งจะแตกง่าย มีน้ำไหลออกจากกุ้ง ทำให้ไม่น่ารับประทาน (นิรนาม, 2530)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การกำหนดมาตราฐานของส้มโอ สณทรรศน์ (2531) ได้กล่าวข้อมูลทั่วไปเกี่ยวกับมาตราฐานของส้มโอดังนี้

2.3.1 การกำหนดขนาด การแบ่งขนาดของส้มโอจะใช้เส้นผ่าศูนย์กลางของกึ่งกลางผลหรือเส้นรอบวงของผลเป็นเกณฑ์ เนื่องจากส้มไม่มีการกำหนดขนาด แต่มีการตกลงกันระหว่างผู้ซื้อและผู้ขายว่าควรแบ่งเป็นขนาดใหญ่ กลาง และเล็ก ซึ่งแต่ละพันธุ์จะแตกต่างกันไป ดังตารางที่ 2.1

ตารางที่ 2.1 การแบ่งขนาดของส้มโอโดยใช้เส้นรอบวง

พันธุ์	ขนาดเส้นรอบวง (นิ้ว)		
	ใหญ่	กลาง	เล็ก
พันธุ์ทองดี	17	16-17	15-16
พันธุ์ขาวพวง	16	15-17	14-15
พันธุ์ขาวหอม	18	17-18	16-17

ที่มา : สณทรรศน์ (2531)

2.3.2 การแบ่งชั้น (grading) ส้มโอสำหรับการส่งออกจะแบ่งออกเป็น 3 ชั้น คือชั้นพิเศษ ชั้นหนึ่ง และชั้นสอง หรือ Extra Class, Class I และ ClassII ซึ่งมีคุณสมบัติของส้มโอในแต่ละชั้นดังตารางที่ 2.2

ตารางที่ 2.2 การแบ่งชั้นของส้มโอ

เกณฑ์การแบ่ง	คุณสมบัติขั้นมูลฐาน	ข้ออนุโลม
ชั้นพิเศษ (Extra Class)	ส้มโอชั้นพิเศษนี้จะต้องประกอบด้วยส้มโอที่คุณภาพเยี่ยม ทั้งทรวดทรง รูปร่าง ความแก่และสีต้องเป็นไปตามชนิดพันธุ์ ผลต้องไม่มีตำหนิ ยกเว้นริ้วรอยบางเบาที่ผิวซึ่งจะไม่ทำให้คุณภาพหรือรูปร่างโดยทั่วไปดูด้วยลง	ยอมให้มีผลที่ไม่ผ่านคุณสมบัตินี้ แต่ผ่านคุณสมบัติในชั้นหนึ่งปนมาได้ไม่เกินร้อยละ 5 โดยจำนวน หรือน้ำหนัก และยอมให้มีผลขั้วหลุดปนมาได้ไม่เกินร้อยละ 5 ของจำนวนผลทั้งหมด
ชั้นหนึ่ง (Class I)	ส้มโอชนิดนี้ต้องเป็นส้มโอที่คุณภาพดีมีคุณสมบัติทั่วๆไป ตรงตามพันธุ์และแหล่งปลูกยอมให้มีตำหนิได้บ้างเช่นรูปร่างอาจบิดเบี้ยวได้เล็กน้อย ผิวอาจมีริ้วรอยหรือบาดแผล	ยอมให้มีผลที่ไม่ผ่านคุณสมบัติชั้นที่หนึ่ง แต่ผ่านคุณสมบัติในชั้นที่สองปนมาได้ไม่เกินร้อยละ 10 โดยจำนวนหรือน้ำหนัก และยอมให้มีผลที่ขั้วหลุดปนมาได้ไม่เกินร้อยละ

ที่มา : สณทรรศน์ (2531)

สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.2 ต่อ

เกณฑ์การแบ่ง	คุณสมบัติขั้นมูลฐาน	ข้ออนุโลม
	อันเกิดจากการเสียดสีหรือการปฏิบัติต่างๆ สีอาจมีส่วนที่ผิดปกติไปบ้าง แต่โดยสรุปแล้วตำหนิหรือข้อบกพร่องดังกล่าวจะไม่ทำให้รูปร่างโดยส่วนรวมหรือคุณภาพในการเก็บรักษาเสียไป	20 ของจำนวนผลทั้งหมด
ชั้นสอง (ClassII)	ส้มโอในชั้นนี้จะประกอบด้วยส้มโอที่ตกเกรดมาจากชั้นหนึ่ง แต่ผ่านคุณสมบัติทั่วๆไปขั้นมูลฐาน มีปริมาณน้ำส้มและสีของผลตามปกติของพันธุ์ ยอมให้ผลมีตำหนิได้มากกว่าชั้นหนึ่ง คือรูปร่างบิดเบี้ยว สีผิดปกติ ผิวหยาบกร้านหรือมีบาดแผลที่ปิดสนิทเป็นต้น โดยมีข้อแม้ว่าอาการผิดปกติดังกล่าวข้างต้นจะไม่มีผลกระทบต่อรูปร่างโดยทั่วไป หรือไม่ทำให้คุณสมบัติในการเก็บรักษาด้อยไป	ยอมให้มีผลที่ไม่ผ่านคุณสมบัติขั้นมูลฐานนี้ปนมาได้ไม่เกินร้อยละ 10 ซึ่งอาจเป็นมากที่รอยแผลที่ผิวยังปิดไม่สนิท หรือผลมีอาการเหี่ยวได้ไม่เกินร้อยละ 5 และยอมให้ผลที่ขั้วหลุดปนมาได้ไม่เกินร้อยละ 35 ของจำนวนผลทั้งหมด

ที่มา : สณฑรรศน์ (2531)

2.3.3 แบ่งตามรสชาติ จะสามารถแบ่งได้เป็น 2 กลุ่มคือ (รวี ,2542)

กลุ่มที่ 1 กลุ่มที่มีรสเปรี้ยวปานกลางถึงเปรี้ยวจัด (moderately-highly acid) ในกลุ่มนี้มีปริมาณกรดประมาณร้อยละ 1.02-1.93 ได้แก่พันธุ์ขาวพวง

กลุ่มที่ 2 กลุ่มที่มีรสหวานหรือมีกรดต่ำ (acidless) ส้มโอกลุ่มนี้มีรสเปรี้ยวน้อย โดยมีปริมาณกรดอยู่ระหว่างร้อยละ 0.08-0.10 ได้แก่พันธุ์ขาวน้ำผึ้ง พันธุ์ขาวใหญ่ และพันธุ์ทองดี

2.3.4 แบ่งตามชนิดของสีเนื้อส้มโอ สามารถแบ่งได้ 2 กลุ่มคือ (รวี ,2542)

กลุ่มที่ 1 กลุ่มที่มีเนื้อส้มโอสีขาวหรือไม่มีสี (colorless or white pulp) ได้แก่พันธุ์ขาวน้ำผึ้ง พันธุ์ขาวแป้น พันธุ์ขาวพวง พันธุ์ขาวแตงกวา

กลุ่มที่ 2 กลุ่มที่มีเนื้อสีแดงหรือชมพู (pigmente pulp) ซึ่งสีของเนื้อเกิดจาก pigment พวก carotenoid lycopene ได้แก่พันธุ์ทองดี พันธุ์ทับทิม พันธุ์ท่าข่อย และพันธุ์หอมหาดใหญ่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับใช้เพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.4 ลักษณะทั่วไปผลส้มโอ

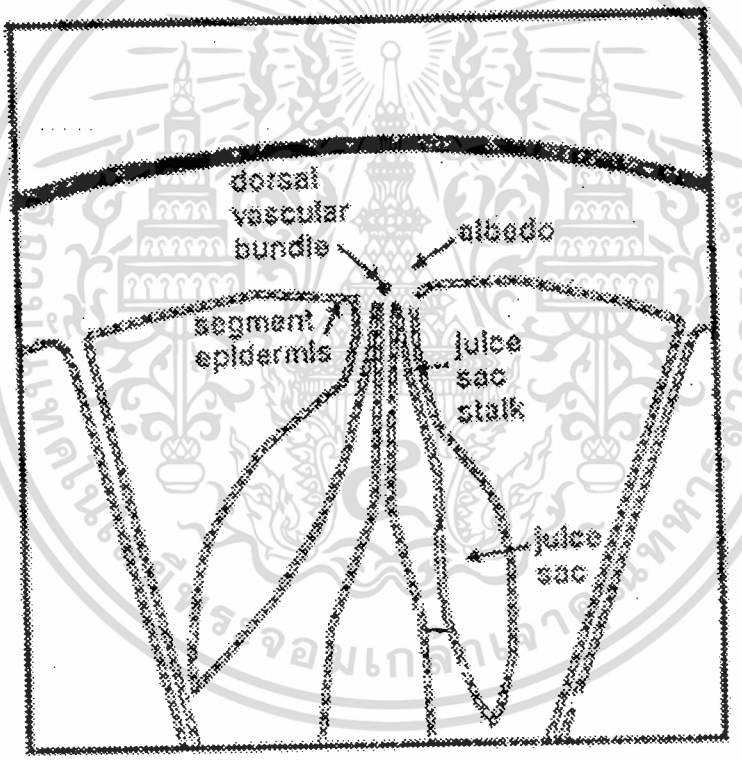
ผลส้มจะมีส่วนประกอบคล้ายส้มทั่วไป ประกอบด้วย 3 ส่วนคือ (Ting and Rouseff.,1986)

1. เปลือกชั้นนอก (Flavedo) เป็นส่วนของเปลือก ประกอบด้วยเซลล์ที่มีสารสีคลอโรฟิลล์และแคโรทีนอยด์ และมี Oil grand ในบริเวณส่วนนอกของชั้น Epicarp

2. เปลือกชั้นใน (Albedo) มีสีขาวประกอบด้วย spongy tissue ของเซลล์ parenchyma ขนาดใหญ่ ซึ่งส่วนใหญ่จะประกอบด้วยเพคตินและเฮมิเซลลูโลส

3. เนื้อเยื่อ (Endocarp) เป็นส่วนที่รับประทานได้ มีลักษณะเป็นกลีบ (carpels) ซึ่งปกติมีอยู่ประมาณ 9- 13 กลีบต่อผล ภายในกลีบประกอบด้วยกุ้งหรือถุงบรรจุน้ำ (juice sac หรือ juice vesicle) เป็นจำนวนมาก

กุ้ง (juice sac หรือ juice vesicle) ของผลไม้ตระกูลส้มมีลักษณะเป็นถุงน้ำเชื่อมติดกับผนังกลีบส้มโดยท่อลำเลียงน้ำและอาหาร (juice sac salk) (Nagy et.al., 1977a)



รูปที่ 2.1 การยึดติดกันระหว่างกุ้ง (juice sac) กับเยื่อหุ้มกลีบ (segment menbrane) โดยท่อลำเลียงน้ำและอาหาร (juice sac salk)

ที่มา : Tomlinnson et.al (1991)

กุ้งหรือถุงน้ำ ประกอบด้วยเนื้อเยื่อ 4 ส่วนคือ ชั้นของเซลล์ epidermis ซึ่งเป็นผนังเซลล์ชั้นที่ทำให้เกิดความแข็งแรง ที่ผนังเซลล์ด้านนอกของ epidermis ของกุ้งจะมี cuticle เคลือบอยู่ (Schneider,1968 ; Fahn *et al.*, 1974 ; Shomer *et al*,1975 ; รมณีย์, 2532) ถัดไปเป็นชั้นของ subepidermis elongated cell layer ส่วนชั้นในสุด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ประกอบด้วย juice cell ซึ่งเป็นเซลล์เล็กๆจำนวนมาก มีผนังเซลล์บางทำให้ฉีกขาดได้ง่าย ภายในเซลล์ประกอบด้วย vacuole ขนาดใหญ่ มี oil อยู่ใน plastid cytoplasm และระหว่าง plasmalemma กับผนังเซลล์ และพบ mitochondria leucoplast และ chomoplast กระจายอยู่ในไซโตพลาสซึมบริเวณที่อยู่ถัดจากผนังเซลล์และแวกคิวโอ (Shomer et al.,1975)

2.5 องค์ประกอบน้ำส้มโอ

น้ำส้มโอ (juice) เป็นของเหลวภายในกุ้งมีองค์ประกอบที่สำคัญได้แก่

1. น้ำตาล ได้แก่ น้ำตาลซูโครส ฟรุคโตส และกลูโคส อยู่ในรูปสารละลาย (Cook,1983) โดยจะมีสัดส่วนและปริมาณแตกต่างกันขึ้นกับพันธุ์ ความแก่ (maturity) ภูมิอากาศ การเพาะปลูก และตำแหน่งของผลที่อยู่บนต้น ในส้มโอพันธุ์เดียวกันความแก่เป็นปัจจัยที่มีผลต่อปริมาณน้ำตาลมากที่สุด โดยส่วนมากเมื่อผลแก่จะมีปริมาณน้ำตาลมากกว่าผลที่ยังอ่อนอยู่ (Baldwin,1993)

2. กรดอินทรีย์ (organic acid) ส่วนใหญ่จะเป็นกรดซิตริค รองลงมาจะเป็นกรดมาลิค และกรดอื่นๆ ปริมาณกรดอินทรีย์ในส้มโอแต่ละชนิดจะแตกต่างกัน ส่วนใหญ่เมื่อผลแก่จะมีปริมาณกรดลดลงสัมพันธ์กับปริมาณน้ำตาลที่เพิ่มขึ้น ยกเว้นผลไม้ตระกูลส้มจำพวกมะนาวและเลมอน (lemon) ที่มีปริมาณกรดเพิ่มขึ้นเมื่อแก่ ปริมาณกรดอินทรีย์เป็นปัจจัยที่มีผลต่อการยอมรับของผู้บริโภค โดยอัตราส่วนระหว่างน้ำตาลกับปริมาณกรด (brix/acid ratio) เป็นปัจจัยที่สำคัญในการควบคุมคุณภาพน้ำส้มโอและผลิตภัณฑ์ (Cook,1983) หลังการเก็บเกี่ยวพบว่าปริมาณกรดในผลไม้ตระกูลส้มส่วนมากจะลดลง ทำให้ผู้บริโภครู้สึกว่ามีรสหวานขึ้นจึงมักนิยมเก็บผลไม้ระยะหนึ่งภายหลังการเก็บเกี่ยวก่อนนำมาจำหน่าย (Baldwin,1993)

3.เพกติน เป็นองค์ประกอบหลักของผนังเซลล์และ middle lamella ที่ทำให้เกิดลักษณะเนื้อ (pulp) ในผลไม้ ปริมาณเพกตินมีผลต่อเนื้อสัมผัสของผลส้มโอ โดยเมื่อเพกตินอยู่ในรูปของ calcium pectate ซึ่งไม่ละลายน้ำ มีผลทำให้กุ้งมีเนื้อสัมผัสที่แข็ง (Cook,1983) เมื่อผลแก่ภายหลังเก็บเกี่ยวจะเกิดปฏิกิริยา เนื่องจากเอนไซม์ pectinmethylesterase,PME และ Polygalacturonase,PG การย่อยสลายเพคตินให้อยู่ในรูปที่ละลายน้ำมากขึ้น มีผลทำให้กุ้งมีเนื้อสัมผัสนิ่มลง (Nagy et al., 1997a)ในน้ำผลไม้ตระกูลส้มเพคตินมีผลต่อความข่นและการเกิดเจล (Chandler and Robertson,1983a)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.6 คุณค่าทางอาหารของน้ำส้มโอ

องค์ประกอบที่สำคัญและมีมากที่สุดในน้ำส้มโอ คือ Ascorbic Acid ส่วนใหญ่เป็นกรดอินทรีย์ องค์ประกอบอื่นๆนอกเหนือจากกรดอินทรีย์ในน้ำส้มโอได้แสดงไว้ ในตาราง 2.3 ดังนี้

ตารางที่ 2.3 องค์ประกอบทางเคมี (กรัมต่อ100 กรัมส่วนที่รับประทานได้)

องค์ประกอบทางเคมี	ปริมาณ
Calories	25-58
Moisture	84.82-94.1 g
Protein	0.5-0.74 g
Fat	0.2-0.56 g
Carbohydrates	6.3-12.4 g
Fiber	0.3-0.82 g
Ash	0.5-0.86 g
Calcium	21-30 mg
Phosphorus	20-27 mg
Iron	0.3-0.5 mg
Vitamin A	20 I.U.
Thiamine	0.04-0.07 mg
Riboflavin	0.02 mg
Niacin	0.3 mg
Ascorbic Acid	30-43 mg

ที่มา : Morton J. (1987)

2.7 สารให้ความขม

ผลไม้ที่อยู่ในพืชตระกูลส้มได้แก่ส้มพันธุ์ต่าง ๆ พันธุ์เนเวล (navel orange) พันธุ์วาเลนเซีย (Valencia orange) พันธุ์เมดาริน (mandarin) พันธุ์นัตซึไดได (natsudajdaj) เกรฟฟรุต (grapefruit) เลมอน (lemon) มะนาว(lime) ส้มโอ(pummelo) ผลไม้จากพืชตระกูลส้มเหล่านี้มีสารให้รสขมอยู่ตามธรรมชาติ ซึ่งเป็นสารประกอบ 2 ชนิด คือ สารประกอบฟลาโวนอยด์ (flavonoid) และ สารประกอบลิโมนอยด์ (limonoid)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.7.1) สารประกอบลิโมนอยด์(Limonoid)

สารประกอบลิโมนอยด์(limonoid) เป็นสารประกอบไตรเทอร์ปีน ซึ่งประกอบด้วยสารสำคัญ ๆ ที่เป็นสาเหตุของความขม มี 5 ชนิด ได้แก่ นอลิลิน(Nomilin) ไอซานจิน(Ichangin) นอมิลินิกแอซิก(Nomilinic acid) โอบาคิวโนอิก(Obacunoic acid) และ ลิโมนิน (Limonin) Maier and Grant (1970) กล่าวว่า สารลิโมนอยด์ที่พบมากที่สุด คือลิโมนิน ซึ่งสารตัวนี้เป็นสารที่ทำให้เกิดรสขมใน น้ำผลไม้ โดยเฉพาะ Grapefruit Navel orange และ lime สารลิโมนินถูกค้นพบว่าเป็นสารประกอบในผลไม้ตระกูลส้มตั้งแต่ปี 1841 ซึ่งสามารถตรวจสอบโครงสร้างของลิโมนินได้โดยการใช้เทคนิคของ X – ray crystallography (Kefford and Chandler.1970) ลิโมนินเป็นสารจำพวกเททระนอร์ไตร เทอร์ปีนอยด์ (Tetranortriterpenoid) ที่ไม่ละลายน้ำแต่ละลายได้ดีในตัวทำละลายอินทรีย์ เช่น คลอโรฟอร์(Chloroform) อะซิโตไนไทร์ล (Acetonitrile) และไดคลอโรมีเทน(Dichloromethane) (Maier et al.,1977) สารในกลุ่มลิโมนอยด์มีระดับความขมแตกต่างกันดังแสดงในตารางที่ 2.4

ตารางที่ 2.4 สารลิโมนอยด์ต่างๆ และรสชาติ

สารลิโมนอยด์	รสชาติ
ลิโมนิน	ขม
ดีออกซีลิโมนิน	ไม่ขม
โอบาคิวโนน	ไม่ขม
นอมิลิน	ขม
ลิโมนิน แอซิด	ไม่ขม
ลิโมนินแอซิดวงแหวนแลกโตนเอ	ไม่ขม
ดีออกซิทิลนอมิลิน	ไม่ขม
ไอซานจิน	ขม
นอมิลินิก แอซิด	ขม
17 – ดีไฮโดรลิโมโนอิก แอซิด วงแหวนแลกโตนเอ	ไม่ขม
ลิโมเนอิก แอซิด	ไม่ขม
ดีออกซีลิโมนิก แอซิด	ไม่ขม
โอบาคิวโนอิก	ขม
โปรโตลิโมนิน 1	ขมเล็กน้อย
โปรโตลิโมนิน 2	ไม่ขม
ลิโมนิลิค แอซิก	ไม่ขม
ลิโมนอล	ไม่ขม

ที่มา : Maier et al. (1977)

ไฟล์นี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่อนุญาตให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โครงสร้างของลิโมนิน

ลิโมนินมีสูตรโครงสร้าง คือ $C_{26}H_{30}O_8$ มวลโมเลกุล 470 จุดหลอมเหลว 298°C โครงสร้างลิโมนินประกอบด้วย Dicarbocyclic (B and C)

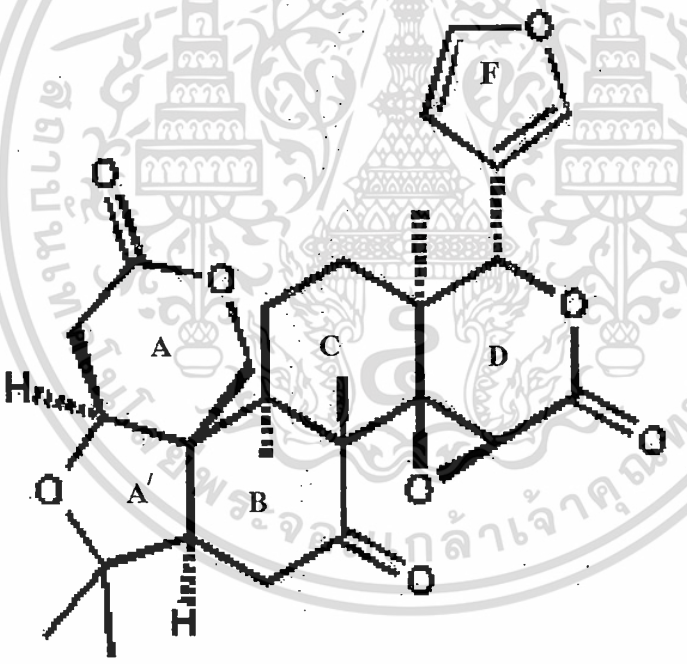
Furan ring (F)

Epoxide group (E)

γ- Lactone 2 ring (A and D)

Ether ring (A′)

โดยมีวงแหวนฟูราน (Furan ring) ต่อกับ วงแหวนแกรมมาแลคโตน D (γ- Lactone D – ring)ที่ตำแหน่งคาร์บอนที่ 17 ที่ตำแหน่งคาร์บอนที่ 3 4 7 16 และ 17 จะมีออกซิเจนอยู่ร่วมด้วย (Oxygen containing function groups) ระหว่างคาร์บอนที่ 14 และ 15 จะมีหมู่อิพอกไซด์ (Epoxide group) และคาร์บอนที่ 19 จะมีหมู่ออกซีเมทิลลีน (Oxymethylene) (Wilson and Crutechfeld, 1968 ; Maier et al 1977)



รูปที่ 2.2 โครงสร้างของลิโมนิน

ที่มา : Maier et al (1977)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การสังเคราะห์ลิโมนิน

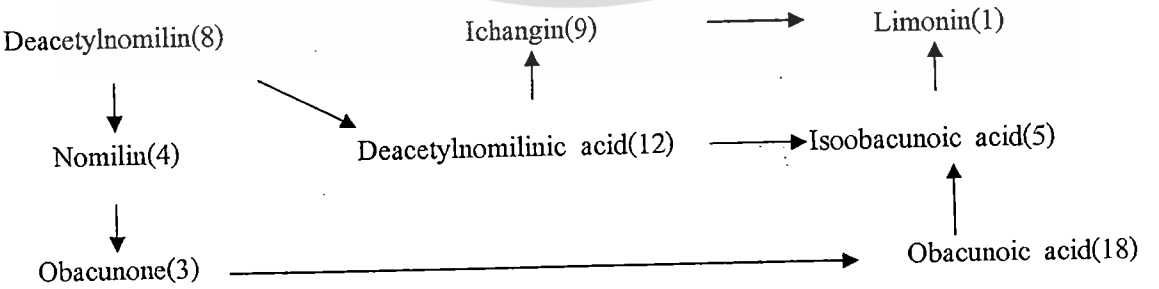
Datta and Nicholas (1968) ได้ศึกษาการสังเคราะห์สารลิโมนอยด์ในส้มหวานพันธุ์วาเลนเซีย (Valencia) โดยมีกรดเมวาโลนิก (Mevalanic acid) พบว่าแหล่งสังเคราะห์ของสารลิโมนอยด์ไม่ใช่ที่เมล็ด ต่อมา Maier et al. (1977) ได้กล่าวว่าสารลิโมนินจะถูกสังเคราะห์ที่บริเวณใบ โดนเริ่มจากสารตั้งต้นลิโมโนเอท เอ-ริง แลตโตน (Limonoate A-ring lactone) ซึ่งเป็นสารตั้งต้นที่ไม่ขม แล้วถูกเคลื่อนย้ายไปสู่เปลือกชั้นใน (albedo) และผนังกลีบส้ม (segmen walls) เป็นอันดับแรก แล้วจึงถูกเคลื่อนย้ายต่อไปยังเมล็ด ในผลไม้แต่ละชนิดจะมีปริมาณลิโมนินที่แตกต่างกัน ในผล Meyer lemon จะมีปริมาณลิโมนินมากที่สุด รองลงมา Orange และ lime ตามลำดับ (Kefford and Chandler. 1970) ดังตารางที่2.5 แสดงปริมาณลิโมนินในผลไม้ชนิดต่างๆ

ตารางที่ 2.5 ชนิดของผลไม้และปริมาณลิโมนินในเมล็ด

ผลไม้	ปริมาณลิโมนินในเมล็ด
Orange	0.54
Lime	0.21
Lemon	0.08
Mandarin	0.07
Trifoliate orange	0.09
Mayer lemon	16.00

ที่มา : Kefford and Chandler(1970)

นอกจากนี้ Maier et al. (1977) ได้เสนอวิถีทางการเกิดลิโมนินในผลไม้ตระกูลส้มสามารถสรุปเป็นแผนภาพดังนี้



รูปที่ 2.3 วิธีการสังเคราะห์ลิโมนิน

ที่มา : Maier et al. (1977)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากรูปที่ 2.3 สามารถอธิบายการสังเคราะห์ลิโมนินได้ 3 ทางดังนี้

ทางที่ 1 โดยเริ่มจาก Deacetylnomilin(8) ⟶ Nomilin(4) ⟶ Obacunone(3) Obacunoic acid(18) ⟶ Isoobacunoic acid(5) ⟶ Limonin(1) ตามลำดับซึ่งเป็นทางหลัก

ทางที่ 2 Bennett (1971) ได้แยก Deacetynomillinic acid จากเมล็ดของ grapefruit สามารถเปลี่ยนเป็นสาร 2 ตัวคือ Isoobacunoic acid และ Limonin ซึ่งเป็น immediate precursor ของลิโมนินและเป็นสาร intermediate ในกระบวนการสังเคราะห์ลิโมนินในผลไม้

ทางที่ 3 Kefford and Chandter (1970) ให้เหตุผลที่ Ichangin(9) เป็นวิถีทางที่รองเพราะ Ichangin เพียงชนิดเดียวที่พบปริมาณน้อยใน Lemon และ grapefruit และยังได้อธิบายการเกิดลิโมนินที่ผ่าน Ichangin ไว้ว่า เริ่มจาก Deacetylnomilin(8) ไปเป็น Deacetynomillinic acid(12) Ichangin(9) Limonin(1) ตามลำดับ

ทั้ง 3 แนวทางนี้จะเกิดขึ้นที่ส่วนของใบไม้ตระกูลส้มก่อนและผลสุดท้ายจะได้ Limonin ที่ปรากฏอยู่ในเมล็ด แต่รูปแบบของลิโมนินที่พบในเนื้อเยื่อผลไม้จะแตกต่างจากที่พบในเมล็ด โดยลิโมนินจะอยู่ในรูปแบบของลิโมโนเอท เอ-ริง แลคโตน ซึ่งเป็นสารตั้งต้นที่ไม่มีรสขมแต่การเปลี่ยนไปเป็นลิโมนินต้องอาศัยเอมไซม์ Limonin D-ring lactone hydrolase และเมื่อสภาพของน้ำผลไม้ขณะนั้นเป็นกรดและการคั้นที่รุนแรง หรือเนื้อเยื่อได้รับความเสียหายทำให้ D-ring ปิด ทำให้เกิดลิโมนิน และปฏิริยาดังกล่าวนี้สามารถผันกลับได้หากมีการเปลี่ยนแปลงความเป็นกรด ด่าง และเอนไซม์ชนิดนี้มีอยู่มากในเมล็ด(Maier et al. 1980)

Limonoate A-ring lactone Limonin

รูปที่ 2.4 การเปลี่ยนของ Limonoate A-ring lactone เป็น Limonin

ที่มา: www.dow.com/liquidseps/ images/dorange2.gif

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การกระจายตัวของลิโมนิน

ลิโมนินมีผลทำให้เกิดรสขมในผลิตภัณฑหลังการแปรรูป ผู้บริโภคจะรับรสขมเมื่อมีปริมาณลิโมนินในน้ำส้มมีมากกว่า 6 ppm (Ohta and Hasegawa,1995) McIntoh *et al* (1982) ได้ศึกษาปริมาณลิโมนินในเนื้อเยื่อของเกรฟฟรุต พบว่าลิโมนินมีมากในเมล็ดและเปลือกหุ้มเมล็ด รองลงมา เยื่อหุ้มกลีบ (segment membrane) อัลบีโด ฟลาวีโด และในกุ้ง ตามลำดับดังในตาราง 2.6 และผลส้มที่ยังอ่อนอยู่จะมีปริมาณลิโมนินมากกว่าผลแก่ (Feller and Hill, 1986)

ตารางที่ 2.6 ปริมาณลิโมนินในเนื้อเยื่อส่วนต่างๆของเกรฟฟรุต

Cutivar	ปริมาณลิโมนิน (ppm)							
	flavedo	albedo	segment membrane	Juice vesicle	Outer Seed coat	Inner Seed coat	cotyledon	Central pith
Davis Krome	34	66	306	17	2058	7473	8999	324
Duncan	12	11	111	6	1169	4658	6227	180
Fuster Pink	27	26	163	8	578	3145	6820	307
Leonardy	172	101	121	24	595	2035	4851	482
Mott	142	132	247	23	711	2821	4283	827
Thompson Pink	11	24	163	5	726	2802	6842	206
Triumph	95	66	44	13	779	2802	8381	322
Wheeney	31	35	135	8	284	3032	7789	43
White Marsh	52	78	193	8	1157	4366	7180	372

ที่มา : ดัดแปลงจาก McIntosh *et al.* (1982)

ความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของลิโมนิน และ นาริงจิน McIntosh et al.(1987) ในน้ำเกรฟฟรุตจำนวน 236 ตัวอย่าง พบว่า การวิเคราะห์ความเข้มข้นของลิโมนิน ไม่สามารถคาดคะเนความเข้มข้นของนาริงจินได้ และความเข้มข้นของนารินจินก็ไม่สามารถคาดคะเนความเข้มข้นของลิโมนินได้เช่นกัน

Cecilia and Richard (1983) ได้ทำการศึกษาปริมาณลิโมนินในส่วนต่าง ๆ ของใบไม้ใน grapefruit พบว่า ในใบที่โตเต็มที่ จะกระจัดกระจายโดยไม่ได้แปรผันไปตามน้ำหนักใบคือมีปริมาณลิโมนินอยู่ในช่วง 40 – 784 ppm ส่วนใบแก่จะมีปริมาณลิโมนินเพียง 2 – 4 ppm เป็นที่ยืนยันว่าใบที่โตเต็มที่ หรือใบสีเขียวใบแก่ จะมีปริมาณลิโมนินแตกต่างกันและมีการพัฒนาไปเรื่อย นอกจากนี้บริเวณขอบใบจะมีปริมาณลิโมนิน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

น้อยที่สุด และจะมีปริมาณเพิ่มขึ้นเรื่อย ๆ ภายในของใบไม้ จากนั้นปริมาณจะเคลื่อนย้ายไปตามกิ่ง และผลต่อไป

ในธรรมชาติปริมาณของลิโมนินและนาริงจินจะเปลี่ยนแปลงตามความแก่ของผลส้มโดยเมื่อผลยังอ่อนอยู่จะมีปริมาณมากและจะมีปริมาณลดลงเมื่อส้มแก่ พันธ์ของส้มจะมีผลต่อปริมาณลิโมนินและนาริงจิน นอกจากนี้ยังพบว่า ปริมาณลิโมนินของส้มผลเดียวกันในแต่ละซีกจะต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ (Chandler, 1979)

ตารางที่ 2.7 การกระจายของลิโมนินในส่วนต่างๆของผลส้ม

Cultivar	Flavedo	Albedo	Segment membrane	Seed	Juice vesicle	Referent
Dunan	6.1	11.6	306	1886	3.3	Cecilia and Richard (1997)
Marh	.42	65	860	1188	7.4	Cecilia and Richard (1997)
Thomson	15.3	27.2	644	1252	7.0	Cecilia and Richard (1997)
Tangerine	17	39	179	1569	7.7	Kasemsuksakul (1989)
Tangerine	18	20	247	1480	2	Savitree (1997)

Ohta and Hasegawa (1995) พบว่าในน้ำส้มโอมีปริมาณลิโมนินสูงโดยเฉลี่ย 17.9 ppm สูงกว่าค่า threshold ซึ่งมีปริมาณลิโมนิน 6 ppm (Guadani *et al.*,1973) ยกเว้นพันธุ์นครชัยศรีที่มีปริมาณลิโมนิน 4 ppm ดังตารางที่ 2.8 โดยลักษณะทางกายภาพมีผลต่อปริมาณลิโมนิน นอกจากนี้ส้มโอยังมีนาริงจินในปริมาณสูง (Rouseff,1987) ทำให้ส้มโอส่วนใหญ่มีรสขม โดยทั่วไปจะมีการสังเคราะห์ Limonoate A-ring lactone ในเนื้อเยื่อของผลไม้ตระกูลส้มตลอดตั้งแต่ผลส้มยังอ่อนจนกระทั่งผลถูกเก็บเกี่ยว ในช่วงสุดท้ายของการเจริญเติบโตของเอนไซม์ UDP-D-glucose transferase จะกระตุ้นให้ LARL เปลี่ยนเป็น limonin 17-β-D glucopyranoside ซึ่งไม่มีรสขม ทำให้ส้มมีความขมลดลงเมื่อแก่ (Hsu *et al.*,1973 ; Hasegawa *et al.* 1991;Fong *et al.*,1992) แต่ Ohta and Hasegawa (1995) พบว่าในน้ำส้มโอมีปริมาณสารประกอบลิโมนอยด์ทั้งหมดต่ำกว่าผลไม้ตระกูลส้มชนิดอื่นๆ มากแต่มีปริมาณลิโมนินสูง เนื่องจากมีกิจกรรมของเอนไซม์ UDP-D-glucose transferase ต่ำเมื่อเปรียบเทียบผลไม้ตระกูลส้มชนิดอื่นๆ ดังนั้นน้ำส้มโอและผลิตภัณฑ์ที่ผ่านการแปรรูปจึงมักมีปัญหาในเรื่องความขมเนื่องจากลิโมนิน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.8 ปริมาณลิโมนินและลิโมนอยด์กลูโคไซด์ (limonoid glucoside) ในน้ำส้มโอสด

Cultivar	pH	Limonin (ppm)	Total Limonoid Glucosides (ppm)
African	3.70	32.5	63
Arajon	3.45	14.0	30
Deep Red	3.69	25.0	23
Kao Phuang	3.61	13.5	17
Kao Ruan Tia	3.40	10.0	45
Nakon Chaisi	3.55	4.0	10
Philippine	3.95	17.5	7
Pin Shan kong Yau	3.53	14.5	13
Pink	3.27	20.0	70
Red	3.31	15.0	40
Red Fleshed	3.09	14.5	23
Reinking	3.70	15.0	71
Siamese	6.04	35.0	7
Siamese Acidless	5.94	25.0	7
Sweet	3.40	17.5	20
Tahitian	3.77	14.0	13

ที่มา : Ohta and Hasegawa (1995)

2.7.2) สารนาริงจิน

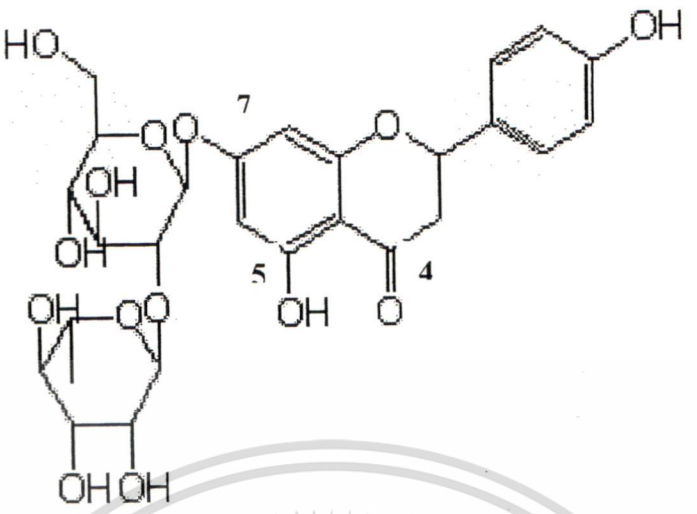
นาริงจิน (Naringin) เป็นสารประกอบฟลาโวนอยด์ (Flavonoid) ที่ให้รสขม ซึ่งพบครั้งแรกในปี 1857 ในดอกของ grapefruit ซึ่งจะพบสารนี้มากในผลไม้ที่ยังไม่สุก และปริมาณจะลดลงเมื่อผลไม้สุกมากขึ้น น้ำผลไม้และผลิตภัณฑ์ที่ได้จาก grapefruit ที่มีปริมาณของนารินจินสูงมากจะทำให้เกิดรสขมที่ไม่สามารถยอมรับได้ (บุศราภา ลีละวัตน์และ อรุณี เพียรทวีรรัชต์. 2533)

นาริงจิน สามารถถูกสังเคราะห์ขึ้นในเนื้อเยื่อพืช และในผลไม้ ซึ่งจะไม่มีการเคลื่อนย้ายอีกต่อไป

โครงสร้างของนารินจิน (4, 5, 7 – trihydroxyflavanone – 7 – rhamnoglucoside) เป็นผลึกของ glucoside ที่มีสีขาว จนถึงสีค่อนข้างเหลืองนารินจินประกอบด้วย neohesperidosyl group ต่อพันธะ 1, 6, กับ hesperidin group โดย neohesperidosyl group ประกอบด้วยน้ำตาล L- rhamnose และ D – glucose และต่อกันด้วยพันธะ 1, 2 glucosidic linkage

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง



รูปที่ 2.5 สูตรโครงสร้างของนาริงจิน

ที่มา www.bios.tohoku.ac.jp/.../ str_1500/1008.gif

เมื่อนาริงจินถูกไฮโดรไลส์ด้วยกรดจะได้น้ำตาล กูลโคส แรมโนส และ นาริงจิน (4, 5, 7 – trihydroxyflavanone– 7 – rhamnoglucoside) และเมื่อนารินจินถูกไฮโดรไลส์ต่อด้วยด่างจะได้ phloroglucinol และ p – coumaric acid

นาริงจินเป็นสารที่มีอยู่ในผลไม้ตระกูลส้มทั่วไปเมื่อนำมาแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์น้ำผลไม้ตระกูลส้ม จึงมีรสขม ซึ่งสามารถลดความขมได้โดยใช้เอนไซม์นารินจิเนส (4, 5, 7 – trihydroxy – flavanone – 7 – rhamnoglucoside) เปลี่ยนนาริงจิน ให้เป็นพรูนิน และน้ำตาลแรมโนส ส่วนเอนไซม์ mamnosidase จะทำหน้าที่เปลี่ยนพรูนินต่อไปเป็น นารินจินิน (ไม่มีรสขม) และน้ำตาลกูลโคส (Habit and. Pitiner, 1983)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลง และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
83621

บทที่ 3
วัสดุอุปกรณ์และวิธีการ

3.1 วัตถุดิบ

ส้มโอ (Pummelos) มีชื่อทางพฤกษศาสตร์ว่า *Citrus Grandis*, Osb ส้มโอที่ใช้ในการวิจัยคือ พันธุ์ขาวน้ำผึ้ง พันธุ์ทองดี และพันธุ์ขาวแป้นที่ปลูกเป็นการค้า ที่มีอายุการเก็บเกี่ยวที่เหมาะแก่การแปรรูปน้ำผลไม้ ซึ่งมีแหล่งเพาะปลูกที่อำเภอนครชัยศรี จังหวัดนครปฐม

3.2 สารเคมี

3.2.1) Limonin ($C_{26}H_{30}O_8$) from Sigma-Aldrich Chemical Co., USA. The separate from citrus seeds and the purity is $\geq$ 75%$\pm$5%. (HPLC).

3.2.2) Naringin ($C_{27}H_{32}O_{12}$) from Sigma-Aldrich Chemical Co., USA. The separate from citrus seeds and the purity is $\geq$ 90 %$\pm$5%. (HPLC).

3.2.3) Acetonitrile (HPLC grade,from Labscan Asia Co., Ltd, Thailand)

3.2.4) Methanol from Labscan Asia Co., LTD

3.2.5) Water (HPLC grade)

3.2.6) Phenolphthalein ($C_{20}H_{14}O_4$)

3.2.7) Sodium hydroxide (NaOH)

3.2.8) Potassium hydrogen phthalate ($KHC_8H_4O_4$)

3.2.9) Sodium 2,6-dichloroindophenol

3.2.10) Sodium bicarbonate ($NaHCO_3$)

3.2.11) Metaphosphoric acid (HPO_3)

3.2.12) Ascorbic acid ($C_6H_8O_6$)

3.3 เครื่องมือ

3.3.1) A Water (MA,USA) HPLC system with two hydraulic pumps (model 515) , an injection system (U6K), a Nova-Pak C_{18} Column (3.9 x 150 mm, pore size 4 µm) , C18 guard column , a UV-vis detector (model 2478) and a computerized recorder/integrator (Millennium 32)

3.3.2) C_{18} Sep-pak cartridges , 500 mg./3 ml

3.3.3) Veri-Pure NYLON Syring filters, 13 mm, 0.2 µm

3.3.4) Veri-Pure NYLON filters, 45 mm, 0.2 µm

3.3.5) Handy Colorimeter (NR-300) Nippon denshoku Kogyo Co., LTD

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.3.6) Moulinex (Model A 327 R7) Spain

3.3.7) Centrifuge

3.3.8) Vortex mixer) ของ Scienctific Industries

3.3.9) Water bath

3.3.10) Hand refractometer รุ่น N-1 ผลิตโดยบริษัท ATAGO ประเทศญี่ปุ่น

3.3.11) เครื่องวัด pH รุ่น HM – 7E ของ TOA Electronics

3.3.12) เครื่องชั่งละเอียด 4 ตำแหน่ง รุ่น A-200s ของ Satorious

3.3.13) เครื่องบดละเอียด รุ่น Type 643 ผลิตโดยบริษัท Moulinex จากประเทศฝรั่งเศส

3.3.14) Magnetic stirrer and Teflon coated stirring bar

3.4 สถานที่ทำการทดลอง

ห้องวิจัยปริญญาเอกโครงคณะอุตสาหกรรมเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบังถนนฉลองกรุง เขตลาดกระบัง กรุงเทพ ฯ 10520

ห้องปฏิบัติการเคมีโปรแกรมวิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีมหาวิทยาลัยราชภัฏสวนดุสิต 295 ถนนราชสีมา ดุสิต กทม. 10300

3.5 ระยะเวลาทำการทดลอง

การทดลองเริ่มเดือน ตุลาคม 2549 – กันยายน 2550

3.6 วิธีการทดลอง

1) ระเบียบวิธีวิจัย

ศึกษาเกี่ยวกับปริมาณของลิโมนินและนาริงจินในเนื้อเยื่อผลส้มโอได้แก่ เปลือกชั้นนอก เปลือก ชั้นใน เนื้อเยื่อ น้ำ และเมล็ด ของส้มโอทั้งสามสายพันธุ์ คือ พันธุ์ขาวน้ำผึ้ง พันธุ์ทองดี และพันธุ์ขาวแป้นที่ปลูกเป็นการค้า วิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมี และปริมาณของน้ำส้มโอแต่ละพันธุ์

วิเคราะห์ข้อมูลต่างๆทางเคมี ได้แก่ ปริมาณลิโมนิน ปริมาณนาริงจิน ปริมาณวิตามินซี ปริมาณกรดซิตริค ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด (^{O}Brix) และ ปริมาณความเป็นกรด – ด่าง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2) ขอบเขตโครงการวิจัย

2.1) ศึกษาปริมาณ ในส่วนต่างๆของผลส้มโอ 3 สายพันธุ์

วัตถุดิบ

ส้มโอที่ใช้ในการวิจัยมี 3 สายพันธุ์ คือ พันธุ์ขาวน้ำผึ้ง พันธุ์ทองดี และพันธุ์ขาวแป้น ที่มีอายุการเก็บเกี่ยวที่เหมาะแก่การแปรรูปน้ำผลไม้ มีแหล่งเพาะปลูกที่นครชัยศรี จังหวัดนครปฐม

การเตรียมเนื้อเยื่อของผลส้มโอ

นำส้มโอแต่ละผลมาล้างด้วยน้ำให้สะอาด ผึ่งให้แห้ง ทำการแยกส่วนต่างๆ ด้วยมือ ได้แก่ เปลือกชั้นนอก เปลือกชั้นใน เนื้อเยื่อ เมล็ด และน้ำออกจากผล โดย เปลือกชั้นนอก เปลือกชั้นใน เนื้อเยื่อ เมล็ด แต่ละส่วนจะนำไปทำแห้งด้วยระบบแช่เยือกแข็งด้วยเครื่อง freeze ตามข้อ 2.2)

ปริมาณของส่วนๆของผลส้มโอ

ชั่งน้ำหนักของเนื้อเยื่อแต่ละส่วนทั้ง 5 ส่วน ได้แก่ เปลือกชั้นนอก เปลือกชั้นใน น้ำ เนื้อเยื่อ และเมล็ด นำไปคำนวณหาเป็นร้อยละของผลส้มโอ

2.2) ศึกษาปริมาณลิโมนินและนาริงจินในส่วนต่างๆของผลส้มโอ 3 สายพันธุ์

การทำแห้งวัตถุดิบโดยวิธีแช่เยือกแข็ง

นำเปลือกชั้นนอก เปลือกชั้นใน เนื้อเยื่อ เมล็ด (ยกเว้นน้ำ) บดละเอียดด้วยเครื่องบดละเอียด (Moulinex, Model A 327 R7) ที่ speed no. 2 จนกระทั่งตัวอย่างละเอียด นำตัวอย่างเข้าสู่กระบวนการทำให้แห้งด้วยเครื่อง freeze dryer ที่อุณหภูมิ -40°C เป็นระยะเวลา 12-15 ชั่วโมง หลังจากนั้นนำตัวอย่างมาบดละเอียดอีกครั้ง และกรองผ่านตะแกรงกรอง (sieve) ที่มีขนาด 0.25 mesh นำตัวอย่างเก็บในถุงสูญญากาศ (packed vacuums) และเก็บตู้แช่แข็งที่อุณหภูมิ -20 $^{\circ}$C เพื่อรอการวิเคราะห์ปริมาณลิโมนินและนาริงจินต่อไป

การสกัดลิโมนินจากเนื้อเยื่อผลส้มโอ

วิเคราะห์หาปริมาณ **Limonin** โดยวิธีดัดแปลงของ Hideaki ,O and Shin,H.1995; Shaw, P.E. and Wilson, C.W. (1984) ตัวอย่าง 5.0 กรัม (กรณีที่เป็นของแข็ง) เติม methanol 20 ml เขย่าโดยใช้ vortex Mixer 1 นาที แล้วเซนตริฟิวส์ 4,500 rpm 20 นาที ระเหยที่อุณหภูมิ 55 องศาเซลเซียลจนเหลือ 1.0-5.0 ml นำส่วนใสผ่านคอลัมภ์ C_{18} cartridges ที่ precondition ด้วย 2.5 ml acetonitrile (HPLC grade) 2.5 ml water (HPLC grade) และ 2.5 ml ตัวอย่างส้มโอที่สกัดด้วย methanol หลังจากที่ตัวอย่างผ่านคอลัมน์ ล้าง C_{18} cartridges ด้วย 5 ml water (HPLC grade) ตามด้วย 2.5 ml acetonitrile (HPLC grade) เพื่อชะ limonin ที่ยังติดค้างอยู่ กรองสารละลายด้วยกระดาษกรอง nylon 0.2 μm ก่อนฉีดเข้าเครื่อง HPLC นำส่วนที่กรองเก็บในขวด vial เพื่อวิเคราะห์ limonin โดยใช้เครื่อง HPLC ด้วย Mobile phase solution

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

(water 65%, acetonitrile 35%) Flow rate = 1.0 ml/ min Detection wavelength = 210 nm run time ≈ 8 min คำนวณหาค่าปริมาณ limonin จากกราฟมาตรฐาน

กรณีตัวอย่างเป็นน้ำส้มโอ นำไปเซนตริฟิวส์ 4,500 rpm 20 นาที ปิเปตส่วนใส 1.0 ml ผ่าน C_{18} cartridges ที่ precondition ด้วย 2.5 ml acetonitrile (HPLC grade) 2.5 ml water (HPLC grade) และใช้ 2.5 ml ตัวอย่างน้ำส้มโอ หลังจากที่ตัวอย่างผ่านคอลัมน์เกือบหมด ล้างด้วย 5 ml water (HPLC grade) ตามด้วย 2.5 ml acetonitrile (HPLC grade) เพื่อชะ limonin ที่ยังติดค้างอยู่ กรองด้วยกระดาษกรอง nylon 0.2 μm นำส่วนที่กรองเก็บในขวด vial เพื่อวิเคราะห์ limonin

การสกัดนาริงจินจากเนื้อเยื่อผลส้มโอ

วิเคราะห์หาปริมาณ **Naringin** โดยวิธีดัดแปลงของ Saville and Wanwimolruk (1998) นำน้ำส้มโอประมาณ10 ml ไป Centrifuge 2500 rpm 10 min นำส่วนใส 1 ml (กรณีตัวอย่างเป็นของแข็งชั่งประมาณ 1.0-2.0 g) เติม 4 ml methanol เย็น เขย่า 1 นาที Centrifuge 4500 rpm 20 min กรองสารละลายทั้งหมด ด้วยกระดาษกรอง 0.2 μm ก่อนฉีดเข้าเครื่อง HPLC นำส่วนที่กรองเก็บในขวด vial เพื่อวิเคราะห์ naringin โดยใช้เครื่อง HPLC ด้วย Mobile phase solution (water 75%, acetonitrile 25%) Flow rate = 1.0 ml/ min Detection wavelength = 280 nm ต่อจากนั้นจึงนำค่าของ peak area ไปคำนวณหาค่าปริมาณ naringin จากกราฟมาตรฐาน

2.3) ศึกษาองค์ประกอบทางเคมีของน้ำส้มโอ

ปริมาณ Limonin หาโดยวิธี HPLC โดย Hideaki ,O and Shin,H.1995; Shaw, P.E. and Wilson, C.W. (1984)

ปริมาณ Naringin หาโดยวิธี HPLC โดย Saville and Wanwimolruk (1998)

pH ตัวอย่างน้ำส้มโอจะถูกนำมาหาค่าโดยใช้ pH meter

Total soluble solids (^{O} brix) โดยใช้ Hand Refractometer

Titratable acidty : วิเคราะห์ตาม A.O.A.C. (2000) นำตัวอย่างน้ำส้มโอ 10 มิลลิลิตร ใส่ลงในฟลาสก์ที่มีน้ำกลั่น 25 มิลลิลิตร นำไปไตเตรทกับ 0.1 N NaOH (ที่ได้ Standard แล้ว) ใช้ฟีนอล์ทาลีนเป็นอินดิเคเตอร์ จนกระทั่งได้สีชมพู บันทึกปริมาตร NaOH ที่ใช้ แล้วคำนวณค่าเปอร์เซ็นต์กรดทั้งหมดโดยคิดในรูปของกรดซิตริก

Ascorbic acid : วิเคราะห์ตาม A.O.A.C. (2000) โดย Indophenol Method น้ำส้มโอ 2 มิลลิลิตร ใส่ลงในฟลาสก์ที่มีสารละลายกรดเมตาฟอสฟอริกในอะซิติก 5 มิลลิลิตร บรรจุอยู่ นำไปไตเตรทกับสารละลายอินโดฟีนอลอย่างรวดเร็วจนสารละลายเปลี่ยนเป็นสีชมพูอ่อน บันทึกอินโดฟีนอล (dye) ที่ใช้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4
ผลการทดลองและวิจารณ์

4.1) ผลการวิเคราะห์ลักษณะทางกายภาพ

ส้มโอที่ปลูกกันในประเทศไทยมีอยู่หลายพันธุ์ ซึ่งพันธุ์ที่เกษตรกรนิยมปลูกกันมากในอำเภอนครชัยศรี จังหวัดนครปฐม และเป็นพันธุ์ที่ได้รับความนิยมจากผู้บริโภคได้แก่ พันธุ์ขาวน้ำผึ้ง พันธุ์ทองดี และพันธุ์ขาวแป้น ซึ่งทั้ง 3 พันธุ์นี้ได้นำมาใช้ในการทดลอง ผลการวิเคราะห์ลักษณะทางกายภาพของส้มโอพันธุ์ขาวน้ำผึ้ง พันธุ์ทองดี และพันธุ์ขาวแป้น แสดงดังตารางที่ 4.1 และ 4.2

ตารางที่ 4.1 ผลการวิเคราะห์ลักษณะทางกายภาพของผลส้มโอ

ลักษณะทางกายภาพ	ปริมาณ		
	พันธุ์ขาวน้ำผึ้ง	พันธุ์ทองดี	พันธุ์ขาวแป้น
น้ำหนักผล (กรัม) (Whole fruit)	2,400±97.47	1,500±62.45	897.5±23.87
เส้นรอบวง (นิ้ว) (Circumstance)	24.40±0.42	21.60±0.82	17.88±0.48
ความหนาเปลือกชั้นใน (ซม.) (Albedo)	2.23±0.16	1.58±0.07	1.74±0.23
จำนวนกลีบ Number of segment membrane	15.25±0.5	14.8±0.44	13.5±0.58
น.น เปลือกชั้นนอก (กรัม) (Weight of flavedo)	200.78±8.54	184.00±11.89	128.00± 8.37
น.นเปลือกชั้นใน(กรัม) (Weight of albedo)	641.30±76.97	528.00±33.47	367.70±41.37
น.น กากต่อผล (กรัม) (Weight of segment membrane)	612.52±65.67	147.98±6.94	73.52±8.89
ปริมาณน้ำคั้น (มล.) (Weight of juice sacs)	942.00±102.57	462.62±54.09	315.00±25.98
นน.เมล็ด (กรัม) (Weight of seed)	33.44±8.88	2.86±0.41	4.48±1.47
Colour of juice L	39.28±1.05	34.91±1.05	34.95±5.33
Colour of juice a	4.27±0.27	8.11±0.78	4.00±0.40
Colour of juice b*	8.76±0.45	9.06±1.21	10.07±0.85

พันธุ์ขาวน้ำผึ้ง เป็นพันธุ์ที่มีขนาดผลใหญ่ มีน้ำหนักผลประมาณ 2400 กรัม มีเส้นรอบวงอยู่ระหว่าง 22-25 นิ้ว เมล็ดมีจำนวนมากประมาณ 33 กรัมต่อผล พันธุ์ขาวน้ำผึ้งนี้เกษตรกรนิยม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปลูกมากเนื่องจากเป็นที่นิยมของผู้บริโภคในปัจจุบันมาก ราคาค่อนข้างแพงเมื่อเทียบกับส้มโอพันธุ์ทองดีและพันธุ์ขาวแป้น

พันธุ์ทองดีเป็นพันธุ์ที่มีขนาดผลโตปานกลาง มีน้ำหนักผลประมาณ 1500 กรัม มีเส้นรอบวงอยู่ระหว่าง 21-22 นิ้ว เปลือกผลค่อนข้างบางกว่าส้มโอขาวน้ำผึ้งคือมีความหนาของเปลือกประมาณ 1.56 เซ็นติเมตร สีของเปลือกชั้นในและผนังกลีบมีสีชมพูอ่อนเรื่อๆ ส่วนเนื้อผลมีสีชมพูอ่อน จำนวนกลีบผลมีประมาณ 14-15 กลีบต่อผล มีจำนวนเมล็ดน้อยมากเมื่อเทียบกับส้มโอขาวน้ำผึ้งและขาวแป้น หรือบางผลอาจไม่มีเมล็ดเลย

พันธุ์ขาวแป้นเป็นพันธุ์ที่มีขนาดเล็กกว่าขาวน้ำผึ้งและทองดี มีน้ำหนักผลประมาณ 897 กรัม มีเส้นรอบวงอยู่ระหว่าง 17-18 นิ้ว เปลือกจะหนากว่าและแกะยากกว่าทองดี คือมีความหนาของเปลือกประมาณ 1.74 เซ็นติเมตร ผิวไม่ค่อยเรียบ เนื้อผลมีขาว-เหลืองอ่อน มีลักษณะร่วนแยกออกจากเยื่อหุ้มกลีบผลได้ง่าย กลีบผลมีประมาณ 13-14 กลีบต่อผล เมล็ดมีจำนวนน้อยกว่าขาวน้ำผึ้งแต่มากกว่าส้มโอพันธุ์ทองดี และมีลักษณะลีบ บาง

ความหนาของเปลือกกับน้ำหนัก

ความหนาของเปลือกส้มโอไม่มีความสัมพันธ์โดยตรงกับน้ำหนักของเปลือกชั้นนอก และเปลือกชั้นในรวมกัน พบว่าเปลือกส้มโอขาวน้ำผึ้งมีความหนามากที่สุด รองลงมา ขาวแป้น และทองดี คือมีค่าเท่ากับ 2.23 1.78 และ 1.58 เซนติเมตร ตามลำดับ แต่เมื่อคิดเป็นเปอร์น้ำหนักทั้งหมดของเปลือกส้มโอ (ทั้งชั้นนอกและชั้นในรวมกัน) พบว่าส้มโอพันธุ์ขาวแป้นมีน้ำหนักร้อยละมากที่สุด รองลงมาพันธุ์ทองดี และพันธุ์ขาวน้ำผึ้ง มีค่าเท่ากับ ร้อยละ 55.76 45.94 และ 37.74 ตามลำดับ

ตารางที่ 4.2 ร้อยละของส่วนต่างๆของผลส้มโอ

ส่วนส้มโอ	% โดยน้ำหนัก		
	พันธุ์ขาวน้ำผึ้ง	พันธุ์ทองดี	พันธุ์ขาวแป้น
เปลือกชั้นนอก (Flavedo)	8.27±0.43	11.89±1.09	14.42±1.02
เปลือกชั้นใน (Albedo)	26.47±3.9	34.05±1.22	41.34±2.44
เนื้อเยื่อกลีบ (Segment membrane)	25.18±2.17	9.50±0.55	8.27±0.90
น้ำ (Juice vesicles)	38.71±3.21	44.38± 1.89	35.43±2.11
เมล็ด(Seeds)	1.37±0.34	0.18±0.03	0.50±0.16

การที่ส้มโอพันธุ์ขาวน้ำผึ้งมีความหนามากแต่ไม่สัมพันธ์กับน้ำหนัก (ร้อยละ) เนื่องจากเปลือกของส้มโอพันธุ์ขาวน้ำผึ้งจะค่อนข้างเป็นรูพรุนคล้ายฟองน้ำมากกว่าทำให้เกิดการขยายตัวมากกว่า แต่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การที่เปลือกมีความหนาก็มีข้อดีในด้านการเก็บรักษาและการขนส่งระยะทางไกล โดยจะสามารถป้องกันการกระทบกระเทือนไม่ให้เนื้อเยื่อเกิดการช้ำก่อนถึงมือผู้บริโภค แต่ก็มีข้อเสียคือถ้าเปลือกหนาเกินไป ผู้บริโภคอาจจะไม่ยอมรับเนื่องจากส่วนที่บริโภคได้ (เนื้อเยื่อ) อาจจะลดลง

ร้อยละส่วนที่รับประทานได้(น้ำ+เนื้อเยื่อกลีบ)ของส้มโอพันธุ์ขาวน้ำผึ้งมากที่สุด รองลงมาคือ พันธุ์ทองดี และพันธุ์ขาวน้ำผึ้ง เท่ากับร้อยละ 63.89 53.88 และ 43.70 ตามลำดับ

ในส่วนของปริมาณน้ำคั้นของส้มโอไม่เป็นไปตามความสัมพันธ์กับน้ำหนักของผล ถึงแม้ว่าน้ำหนักของส้มโอพันธุ์ขาวน้ำผึ้งจะหนักมากที่สุด แต่มีปริมาณน้ำต่ำที่สุด โดยที่ปริมาณปริมาณน้ำของพันธุ์ทองดีมากที่สุด รองลงมา ขาวน้ำผึ้งและขาวแป้น เท่ากับ ร้อยละ 35.43 38.71 และ 44.38 ตามลำดับ ทำให้ปริมาณกากของเนื้อเยื่อกลีบน้อยลง พบว่าขาวแป้นมีปริมาณกากน้อยที่สุด รองลงมาพันธุ์ทองดีและพันธุ์ขาวน้ำผึ้ง เท่ากับ ร้อยละ 8.27 9.50 และ 25.18

ขนาดผล

การกำหนดขนาดของส้มโอมักใช้ น้ำหนักผล หรือเส้นรอบวงของผลเป็นเกณฑ์ เมื่อศึกษาถึงความสัมพันธ์ระหว่างน้ำหนักผลจะมีความสัมพันธ์โดยตรงกับเส้นรอบวง แสดงว่าเส้นรอบวงเพิ่มจะทำให้น้ำหนักของผลส้มโอเพิ่มขึ้น สณทรรศน์ (2531) ได้แบ่งขนาดของส้มโอโดยใช้เส้นผ่าศูนย์กลางของกึ่งกลางผลหรือเส้นรอบวงของผลเป็นเกณฑ์ โดยทั่วไปการกำหนดขนาดของส้มโอเป็นการตกลงกันระหว่างผู้ซื้อและผู้ขายว่าควรแบ่งเป็นขนาดใหญ่ กลาง และเล็ก ซึ่งแต่ละพันธุ์จะแตกต่างกันไป จากการศึกษาการทดลองครั้งนี้สามารถแบ่งออกเป็น 3 ขนาดโดยใช้น้ำหนักและเส้นรอบวง คือ ขนาดใหญ่ กลาง และเล็ก ที่มีน้ำหนักแตกต่างกันดังตารางที่ 4.3

ตารางที่ 4.3 การแบ่งขนาดของส้มโอโดยใช้น้ำหนักและเส้นรอบวง

ขนาด	น้ำหนัก (กรัม)	เส้นรอบวง (นิ้ว)	น.น/เส้นรอบวง (กรัม/นิ้ว)	พันธุ์
ใหญ่	2,000-2,500	22 – 25	91-100	ขาวน้ำผึ้ง
กลาง	1,500-2,000	19 – 22	79-91	ทองดี
เล็ก	1,000-1,500	16 – 19	62.5-79	ขาวแป้น

(1) ส้มโอที่มีขนาดใหญ่ จะมีน้ำหนักประมาณ 2,000-2,500 กรัม หรือมีเส้นรอบวงประมาณ 22 – 25 นิ้ว ได้แก่ ส้มโอพันธุ์ขาวน้ำผึ้ง

(2) ส้มโอที่มีขนาดกลาง จะมีน้ำหนักประมาณ 1,500-2,000 กรัม หรือมีเส้นรอบวงประมาณ 19 – 22 นิ้ว ได้แก่ ส้มโอพันธุ์ทองดี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

(3) ส้มโอที่มีขนาดเล็ก จะมีน้ำหนักประมาณ 1,000-1,500 กรัม หรือมีเส้นรอบวงประมาณ 16 – 19 นิ้ว ได้แก่ ส้มโอพันธุ์ขาวแป้น

เมื่อนำไปหาค่าอัตราส่วนระหว่าง น้ำหนัก/เส้นรอบวง จะได้ค่า 3 ระดับ คือ 62.5-79 (กรัม/นิ้ว) หมายถึงผลส้มโอขนาดเล็ก 79-91 (กรัม/นิ้ว) หมายถึงผลส้มโอขนาดกลาง และ 91-100 (กรัม/นิ้ว) หมายถึงผลส้มโอขนาดใหญ่ ค่าอัตราส่วนนี้ สามารถใช้ ในการกำหนดขนาดส้มโอได้

สีน้ำส้มโอ

สีของน้ำส้มโอเมื่อวัดด้วยค่าสีระบบ L a b* สามารถแบ่งได้ 2 กลุ่ม

(1) กลุ่มที่มีเนื้อกุ้งสีขาวอมเหลือง น้ำมีสีเหลือง และมีค่า a เป็นบวกต่ำกว่า 5 ได้แก่ ส้มโอพันธุ์ขาวน้ำผึ้งและส้มโอพันธุ์ขาวแป้น

(2) กลุ่มที่มีเนื้อกุ้งสีชมพูออกบานเย็น น้ำมีสีชมพูบานเย็น และมีค่า a เป็นบวกมากกว่า 5 ได้แก่ ส้มโอพันธุ์ทองดี

ตารางที่ 4.4 การแบ่งค่าสีของน้ำส้มโอ

ค่าสี		ลักษณะสี	พันธุ์
a มีค่าเป็นบวก	≤ 5	มีเนื้อกุ้งสีขาวอมเหลือง น้ำมีสีเหลือง	พันธุ์ขาวน้ำผึ้ง พันธุ์ขาวแป้น
	≥ 5	เนื้อกุ้งสีชมพูออกบานเย็น น้ำมีสีชมพูบานเย็น	พันธุ์ทองดี

4.2) ผลการวิเคราะห์ทางเคมีของน้ำส้มโอ

จากการวิเคราะห์องค์ประกอบของน้ำส้มโอทั้ง 3 พันธุ์ที่ใช้ในการทดลองคือพันธุ์ขาวน้ำผึ้ง พันธุ์ทองดี และพันธุ์ขาวแป้นดังตารางที่ 4.5 พบว่ามีปริมาณ Ascorbic acid ในปริมาณที่สูงคืออยู่ระหว่าง 37.03-57.59 mg/100 ml พันธุ์ทองดีมีปริมาณ Ascorbic acid มากที่สุด รองลงมา พันธุ์ขาวน้ำผึ้งและพันธุ์ขาวแป้น มีค่าเท่ากับ 57.59 43.75 และ 40.24 mg/100 ml ตามลำดับ ซึ่ง Ascorbic acid ในส้มโอเมื่อเปรียบเทียบกับผลไม้ตระกูลส้มชนิดอื่นได้แก่ มะนาว และส้ม พบว่ามีค่าใกล้เคียงกับมะนาว 46.50 mg/100 ml (สุวรรณา ,2544) แต่มีค่าสูงกว่ามะนาวที่ได้จากการวิเคราะห์ของ สุชาดา (2539) ซึ่งมีปริมาณ Ascorbic acid เท่ากับ 23.00 mg/100 ml เมื่อ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เปรียบเทียบกับระหว่างส้มโอกับส้มเขียวหวาน พบว่ามี Ascorbic acid ใกล้เคียงกับส้มเขียวหวาน 42.95 mg/100 ml (ณัฏฐา ,2540)

ตารางที่ 4.5 ผลการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของน้ำส้มโอ

องค์ประกอบทางเคมี	พันธุ์		
	ขาวน้ำผึ้ง	ทองดี	ขาวแป้น
Ascorbic acid (mg/100 ml)	43.75±0.92	57.59±0.71	40.24±1.98
Total soluble solid (^{O}Brix)	9.45±0.28	8.50±0.52	8.00±0.00
Titratable acidity (g/100 ml)	0.98±0.04	0.51 ±0.03	0.38±0.01
^{O}Brix/Acid	15.42±0.39	16.62±1.57	20.89±0.76
pH	3.72 ±0.10	4.05 ±0.12	4.02 ±0.11

ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ Total soluble solid (^{O}Brix) อยู่ในช่วง 8.00-9.45 พันธุ์ขาวน้ำผึ้งมีปริมาณ Total soluble solid มากที่สุด รองลงมา พันธุ์ทองดีและพันธุ์ขาวแป้น มีค่าเท่ากับ 9.45 8.50 และ 8.00 mg/100 ml ตามลำดับ

ค่า titratable acidity อยู่ในช่วง 0.38-0.98 (g/100 ml) พันธุ์ขาวน้ำผึ้งมีปริมาณกรดมากที่สุด รองลงมา พันธุ์ทองดีและพันธุ์ขาวแป้น มีค่าเท่ากับ 0.98 0.51 และ 0.38 g/100 ml ตามลำดับ

ในกลุ่มของส้มโอถ้าแบ่งรสชาติสามารถแบ่งได้เป็น 2 กลุ่มใหญ่ คือ

(1) กลุ่มที่มีรสเปรี้ยวจัดหรือมีรสหวานน้อย จะมีค่าปริมาณ acidity สูงกว่า 0.50 ได้แก่ พันธุ์ขาวน้ำผึ้ง และพันธุ์ทองดี

(2) กลุ่มที่มีรสเปรี้ยวน้อยหรือมีรสหวานมาก จะมีค่าปริมาณ acidity ต่ำกว่า 0.50 ได้แก่ พันธุ์ขาวแป้น

ค่าความเป็นกรดมีค่าระหว่าง 3.72 -4.05 พันธุ์ทองดีมีความเป็นกรด มากที่สุด รองลงมา พันธุ์ขาวแป้นและพันธุ์ขาวน้ำผึ้ง มีค่าเท่ากับ 4.05 4.02 และ 3.72 ตามลำดับ ถ้าหากจัดประเภทน้ำส้มโอตามประเภทความเป็นกรดของอาหารที่มี 2 ประเภท คือ อาหารที่มีความเป็นกรดต่ำกว่า 4.5 และ อาหารที่มีความเป็นกรดสูงกว่า 4.5 จัดได้ว่าส้มโอทั้ง 3 พันธุ์มีความเป็นกรดสูง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.3) ปริมาณลิโมนินในส่วนต่างๆของผลส้มโอ

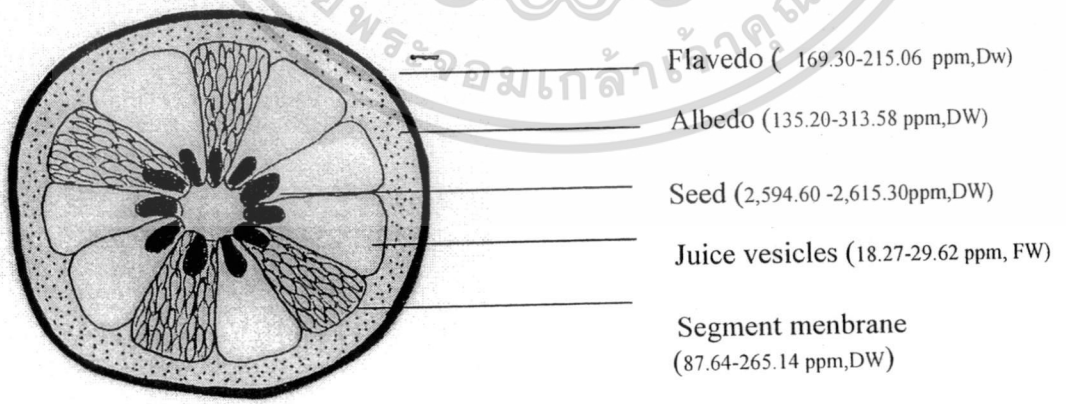
ผลการวิเคราะห์ปริมาณลิโมนินของส้มโอพันธุ์ขาวน้ำผึ้ง พันธุ์ทองดี และพันธุ์ขาวแป้น ในส่วนต่างๆ ได้แก่ เปลือกชั้นนอก เปลือกชั้นใน เนื้อเยื่อ เมล็ด และน้ำ แสดงดังตารางที่ 4.6 และรูปที่ 4.1

ตารางที่ 4.6 ปริมาณลิโมนิน (ppm, DW) ในส่วนต่างๆของผลส้มโอ

ส่วนต่างๆของผลส้มโอ	พันธุ์		
	ขาวน้ำผึ้ง	ทองดี	ขาวแป้น
เปลือกชั้นนอก (Flavedo)	169.30±17.75	217.72±48.84	215.06±32.93
เปลือกชั้นใน (Albedo)	252.81±36.36	313.58±64.50	135.20±14.89
เนื้อเยื่อกลีบ (Segment membrane)	265.14±55.97	122.69±133.80	87.64±8.79
เมล็ด(Seeds)	2,615.30±453.37	2,594.60±524.63	2,605.56±472.64
น้ำ (Juice vesicles) *	22.69±3.94	29.62±5.42	18.27±3.70

หมายเหตุ * หน่วยปริมาณลิโมนินของน้ำ(Juice vesicles) มีหน่วยเป็น ppm ,FW (Fresh Weight)

ความขมที่เกิดขึ้นในน้ำผลไม้ตระกูลส้ม เช่น เกรฟฟรุต ส้มเขียวหวาน มะนาว เลมอน และส้มโอ ซึ่งเป็นปัญหาที่สำคัญมากในอุตสาหกรรมการทำน้ำผลไม้และมีผลอย่างมากต่อความพึงพอใจในรสชาติของผู้บริโภค สาเหตุมาจากสารลิโมนอยด์และสารฟลาโวนอยด์



รูปที่ 4.1 ภาพตัดขวางของปริมาณลิโมนิน (ppm, DW) ในส่วนต่างๆของผลส้มโอ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากการวิเคราะห์ปริมาณลิโมนินตรวจสอบโดย HPLC (ตารางที่ 4.6 และรูปที่ 4.1) พบว่าปริมาณลิโมนินในส่วนต่างๆทั้ง 5 ส่วน ได้แก่ เปลือกชั้นนอก เปลือกชั้นใน เนื้อเยื่อ เมล็ด และน้ำของผลส้มโอทั้ง 3 พันธุ์ ได้แก่พันธุ์ขาวน้ำผึ้ง พันธุ์ทองดี และพันธุ์ขาวแป้น จะมีปริมาณการกระจายของลิโมนินที่แตกต่างกันดังนั้นบริเวณที่มีปริมาณลิโมนินมากที่สุดคือ เมล็ด (2,594.60-2,615.30 ppm,DW) รองลงมา เปลือกชั้นใน (135.20-313.58 ppm,Dw) เปลือกชั้นนอก (169.30-215.06 ppm,Dw) เนื้อเยื่อ (87.64-265.14 ppm,DW) และน้ำ (18.27-29.62ppm,FW) ตามลำดับ

1.เมล็ดส้มโอพันธุ์ขาวน้ำผึ้งมีปริมาณลิโมนินมากที่สุดรองลงมาพันธุ์ขาวแป้นและพันธุ์ทองดีคือ 2615.30 2605.56 และ 2594.60 ppm(DW) ตามลำดับ ผลวิจัยครั้งนี้ สอดคล้องกับงานวิจัยของ Maier *et al.* (1970) กล่าวว่า สารลิโมนอยด์ที่พบมากที่สุดในเมล็ด คือ ลิโมนิน ซึ่งสารตัวนี้เป็นตัวทำให้เกิดรสขมในน้ำผลไม้ โดยเฉพาะ Grapefruit Navel orange และ lime ต่อมา Maier *et al.* (1977) ได้กล่าวว่าสารลิโมนินจะถูกสังเคราะห์ที่บริเวณใบ โดยเริ่มจาก Limonoate A-ring แล้วถูกเคลื่อนย้ายไปสู่เปลือกชั้นใน (albedo) ผนังกลีบส้ม (segment walls) และ เมล็ดต่อไป ในผลไม้แต่ละชนิดจะมีปริมาณลิโมนินแตกต่างกัน ในผล Meyer lemon จะมีปริมาณลิโมนินมากที่สุด รองลงมา Orange และ lime ตามลำดับ (Kefford and Chandler. 1970)

2. เปลือกชั้นนอกส้มโอพันธุ์ทองดีมีปริมาณลิโมนินมากที่สุดรองลงมาพันธุ์ขาวแป้นและพันธุ์ขาว
น้ำผึ้งคือ 217.72 215.06 และ169.30 ppm(DW) ตามลำดับ

3. เปลือกชั้นในส้มโอพันธุ์ทองดีมีปริมาณลิโมนินมากที่สุดรองลงมาพันธุ์ขาวน้ำผึ้งและพันธุ์ขาวแป้นคือ313.58 252.81 และ 135.20 ppm(DW) ตามลำดับ

4. เนื้อเยื่อกลีบส้มโอพันธุ์ขาวน้ำผึ้งมีปริมาณลิโมนินมากที่สุดรองลงมาพันธุ์ทองดีและพันธุ์ขาวแป้น คือ 265.14 122.69 และ 87.64 ppm(DW) ตามลำดับ

5. น้ำจะมีปริมาณน้อยที่สุด (18.27-29.62ppm,FW) น้ำส้มโอพันธุ์ทองดีมีปริมาณลิโมนินมากที่สุดรองลงมาพันธุ์ขาวน้ำผึ้งและพันธุ์ขาวแป้นคือ 29.62 22.69 และ18.27 ppm ตามลำดับ กาญจนารัตน์ และคณะ (2547) ได้ทำการศึกษาปริมาณลิโมนินในส้มโอพันธุ์ต่าง ๆ 8 พันธุ์ ได้แก่ พันธุ์ขาวใหญ่ พันธุ์ขาวน้ำผึ้ง พันธุ์ขาวแตงกวา พันธุ์ขาวหอม พันธุ์ขาวแป้น พันธุ์ทองดี พันธุ์ท่าข่อย และพันธุ์พื้นเมือง (เชียงใหม่) โดยเทคนิค HPLC พบว่ามีปริมาณลิโมนินอยู่ระหว่าง 6.82-32.40 ppm ในขณะที่ ส้มโอพันธุ์ทองดี พันธุ์ขาวน้ำผึ้ง และพันธุ์ขาวแป้นมีปริมาณลิโมนิน 27.94 23.84 และ 19.17 ppm ซึ่งมีค่าใกล้เคียงกับการทดลอง แต่ Ohta and Hasegawa (1995) ได้ทำการทดลองส้มโอพันธุ์ต่างๆในพื้นที่ที่แตกต่างกัน พบว่าในน้ำส้มโอมีปริมาณลิโมนินสูงโดยเฉลี่ย 17.9 ppm ยกเว้นพันธุ์นครชัยศรีที่มีปริมาณลิโมนิน 4 ppm Cecilia and Richard (1997) ได้ทำการศึกษาปริมาณลิโมนินในส่วนต่างๆของผล grapefruit 3 พันธุ์

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ได้แก่ พันธุ์ Duncan Marsh และ Thomson นอกจากนี้ผลไม้ตระกูลส้มชนิดต่างๆจะมีปริมาณลิโมนินแตกต่างกันไป แต่ถึงอย่างไรก็ตามน้ำผลไม้ตระกูลส้มที่สกัดจากผลไม้ที่ไม่มีเมล็ดจะมีรสขมที่เกิดจากลิโมนินมากกว่าน้ำผลไม้ที่สกัดจากผลไม้ที่มีเมล็ดก็ได้

ระดับการรับรสขมของผู้บริโภค Wilson and Crutchfield (1968) ได้รายงานถึงความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณลิโมนินกับระดับความขมที่ผู้บริโภคสามารถรับรสได้ในระดับปริมาณต่างๆ ดังนี้

ปริมาณลิโมนิน	3 – 6 ppm	ไม่ขม
ปริมาณลิโมนิน	7 – 9 ppm	ขมน้อย
ปริมาณลิโมนิน	10 – 23 ppm	ขม
ปริมาณลิโมนิน	24 – 30 ppm	ขมมาก

ในน้ำผลไม้ที่มีลิโมนินปนอยู่มากกว่า 9 มิลลิกรัมต่อลิตร มักจะได้รับการปฏิเสธโดยนักชิมส่วนใหญ่ ต่อมา Maier et. al. (1977) ได้ให้นักชิมทดสอบรสขม กล่าวคือ ระดับลิโมนิน 6 ppm และ 10 ppm จะมีเปอร์เซ็นต์ที่ผู้ทดสอบรับรสขมได้และยังยอมรับเท่ากับ 75 และ 91 เปอร์เซ็นต์ตามลำดับ ซึ่งถ้าหากมีการจัดลำดับน้ำส้มโอทั้ง 3 พันธุ์ที่ใช้ในการทดลองครั้งนี้ซึ่งมีระดับปริมาณลิโมนินที่ได้จากการวิเคราะห์ 29.62-18.27ppm สามารถอธิบายได้ว่าอยู่ในระดับที่ขมมากซึ่งอยู่ในเกณฑ์ ปริมาณลิโมนิน 24 – 30 ppm สรุปได้ว่าลิโมนินจัดว่าเป็นสารที่ก่อรสขมตัวที่สำคัญที่สุดที่ควรจะหาวิธีการกำจัดลิโมนินหรือยังยั้งการเกิดลิโมนิน ในกระบวนการต่อไป แต่ ณัฏฐา เลาหกุลจิตต์ และคณะ (2540) ได้มีการทดสอบรสความขมของน้ำส้ม กับปริมาณลิโมนินในน้ำกลั่น พบว่า นักชิมรับรสขมของปริมาณลิโมนินในน้ำกลั่นที่ระดับ 4 ppm แต่ผู้ชิมสามารถรับรสขมของปริมาณลิโมนินในน้ำส้มได้ที่ระดับ 9.78 ppm ทั้งนี้เนื่องจากในน้ำส้มมีน้ำตาลและกรดสามารถบดบังรสขมได้ ดังนั้นจึงไม่จำเป็นต้องลดปริมาณลิโมนินให้หมดไปหรือมีค่าเท่ากับ 0 และการลดปริมาณลิโมนินให้หมดไปอาจมีผลกระทบต่อรสชาติและอาจเกิดรสแปลกปลอมของน้ำผลไม้ได้

4.4) ปริมาณนาริงจินในส่วนต่างๆของผลส้มโอ

ส่วนความขมอีกชนิดหนึ่งคือ นาริงจิน (Naringin) เป็นสารประกอบฟลาโวนอยด์ (Flavonoid) ที่ให้รสขม ซึ่งพบครั้งแรกในปี 1857 โดย Devry และพบว่า ในดอกของต้น grapefruit จะพบสารนี้มากในผลไม้ที่ยังไม่สุก และปริมาณจะลดลงเมื่อผลไม้สุกมากขึ้น น้ำผลไม้และผลิตภัณฑ์ที่ได้จากผล grapefruit ที่มีปริมาณความเข้มข้นของนาริงจินสูงมากจะทำให้เกิดรสขมที่ไม่สามารถยอมรับได้ (บุศราภา ลีละวัตน์ และ อรุณี เพียรทวีรรัชต์. 2533)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

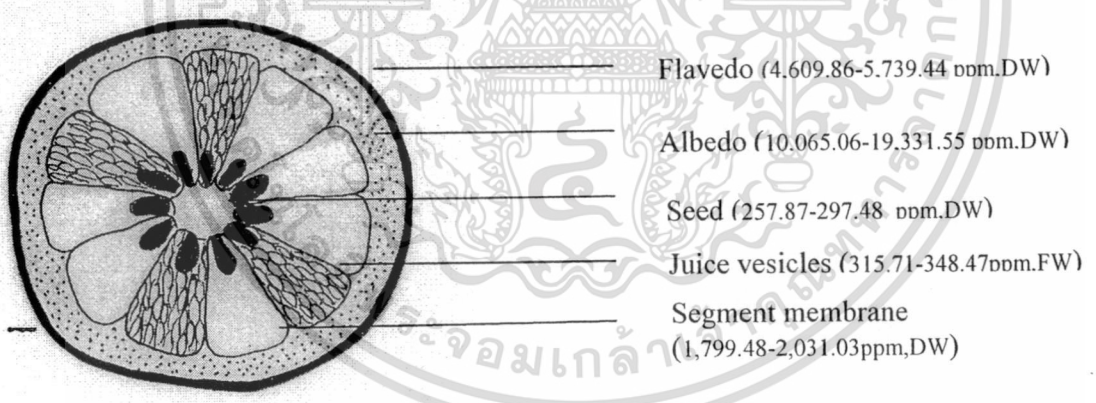
ผลการวิเคราะห์ปริมาณนาริงจินของส้มโอพันธุ์ขาวน้ำผึ้ง พันธุ์ทองดี และพันธุ์ขาวแป้น ในส่วนต่างๆ

ได้แก่ เปลือกชั้นนอก เปลือกชั้นใน เนื้อเยื่อ เมล็ด และน้ำ แสดงดังตารางที่ 4.7 และรูปที่ 4.2

ตารางที่ 4.7 ปริมาณนาริงจิน(ppm,DW)ในส่วนต่างๆของผลส้มโอ

ส่วนต่างๆของผลส้มโอ	พันธุ์		
	พันธุ์ขาวน้ำผึ้ง	พันธุ์ทองดี	พันธุ์ขาวแป้น
เปลือกชั้นนอก (Flavedo)	5,739.44±430.40	4,609.86±522.77	5,344.56±924.32
เปลือกชั้นใน (Albedo)	19,331.55±1129.35	10,065.06±248.34	12,133.49±1602.34
เนื้อเยื่อกลีบ (Segment membrane)	1,799.48±406.86	3,391.61±747.59	2,031.03±224.65
เมล็ด(Seeds)	297.48±47.37	293.03±52.26	257.87±43.99
น้ำ (Juice vesicles) *	323.00±43.62	348.47±54.93	315.71±34.48

หมายเหตุ * หน่วยปริมาณนาริงจินของน้ำ(Juice vesicles) มีหน่วยเป็น ppm ,FW (Fresh Weight)



รูปที่ 4.2 ภาพตัดขวางของปริมาณนาริงจิน (ppm, DW) ในส่วนต่างๆของผลส้มโอ

จากการวิเคราะห์ปริมาณนาริงจินตรวจสอบโดย HPLC (ตารางที่ 4.7 และรูปที่ 4.2) พบว่าปริมาณนาริงจินทั้ง 5 ส่วน ได้แก่ เปลือกชั้นนอก เปลือกชั้นใน เนื้อเยื่อ เมล็ด และน้ำ ของผลส้มโอทั้ง 3 พันธุ์ ได้แก่พันธุ์ขาวน้ำผึ้ง พันธุ์ทองดี และพันธุ์ขาวแป้น จะมีปริมาณการกระจายของนาริงจินที่แตกต่างกันดังนั้นปริมาณนาริงจินมากที่สุดคือเปลือกชั้นใน 10,065.06-19,331.55 ppm,Dw) รองลงมาคือ เปลือกชั้นนอก (4609.86-5739.44 ppm,Dw) เนื้อเยื่อกลีบ (1,799.48-

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2,031.03 ppm,Dw) น้ำ (315.71-348.47 ppm) และ เมล็ด (257.87-297.48 ppm ppm,Dw) ตามลำดับ

1. เปลือกชั้นในของส้มโอพันธุ์ขาวน้ำผึ้งมีปริมาณนาริงจินมากที่สุด รองลงมาคือ พันธุ์ขาวแป้น และพันธุ์ทองดี เท่ากับ 19,331.55 12,133.49 และ 10,065.06 ppm,DW ตามลำดับ

2. เปลือกชั้นนอกของส้มโอพันธุ์ขาวน้ำผึ้งมีปริมาณนาริงจินมากที่สุด รองลงมาคือ พันธุ์ขาวแป้น และพันธุ์ทองดี เท่ากับ 5,739.44 5,344.56 และ 4,609.86 ppm ,DW ตามลำดับ

3. เนื้อเยื่อกลีบของส้มโอพันธุ์ทองดีมีปริมาณนาริงจินมากที่สุด รองลงมาคือ พันธุ์ขาวแป้น และพันธุ์ขาวน้ำผึ้ง เท่ากับ 3,391.61 2,031.03 และ 1,799.48 ppm,DW ตามลำดับ

4. น้ำของส้มโอพันธุ์ทองดีมีปริมาณนาริงจินมากที่สุด รองลงมาคือ พันธุ์ขาวน้ำผึ้ง และพันธุ์ขาวแป้น เท่ากับ 348.47 323.00 และ 315.71 ppm,FWตามลำดับ

5. เมล็ดของส้มโอพันธุ์ขาวน้ำผึ้งมีปริมาณนาริงจินมากที่สุด รองลงมาคือ พันธุ์ขาวแป้น พันธุ์ทองดี และขาวแป้น เท่ากับ 297.48 293.03 และ 257.87 ppm ,DW ตามลำดับ

นาริงจินจะถูกสังเคราะห์ขึ้นในเนื้อเยื่อพืช และในผลไม้โดยตรง จะไม่มีการเคลื่อนย้ายไปยังเมล็ดเหมือนดังเช่นลิโมนิน (บุศราภา ลีละวัฒน์ และ อรุณี เพียรทวีรัชต์. 2533) และ บริเวณที่มีอยู่มากที่สุดในส่วนเปลือกชั้นใน แต่ถึงอย่างไรก็ตามส่วนที่มีปริมาณน้อยที่สุดยังเป็นคือน้ำ เช่นเดียวกับปริมาณลิโมนินในน้ำ

ระดับการรับรสขมนาริงจินของผู้บริโภคจะสามารถรับรสได้ต้องมีปริมาณถึง 600 ppm (Barmore et.al., 1986) ซึ่งถ้าหากมีการจัดลำดับน้ำส้มโอทั้ง 3 พันธุ์ที่ใช้ในการทดลองครั้งนี้ซึ่งมีระดับปริมาณนาริงจินที่ได้จากการวิเคราะห์ 315.71-348.47 ppm สามารถอธิบายได้ว่าอยู่ในระดับที่น้อยกว่าเกณฑ์ 600 ppm สรุปได้ว่านาริงจินยังไม่จัดว่าเป็นสารที่ก่อรสขมตัวที่สำคัญที่สุด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5 สรุปผลการทดลอง

ผลจากการศึกษาในครั้งนี้ถึงการกระจายของสารให้ความขมของพันธุ์ส้มโอทั้ง 3 พันธุ์ได้แก่ พันธุ์ขาวน้ำผึ้ง พันธุ์ทองดี และพันธุ์ขาวแป้น ซึ่งปลูกเป็นทางการค้าเป็นจำนวนมากในจังหวัดนครปฐมที่มีผลต่อระดับความขมแตกต่างกันของแต่ละพันธุ์ พร้อมทั้งศึกษาส่วนของเนื้อเยื่อผลส้มโอได้แก่ เปลือกชั้นนอก เปลือกชั้นใน เนื้อเยื่อ น้ำ และเมล็ด ที่มีระดับการกระจายปริมาณสารให้ความขมที่ไม่เท่ากัน และศึกษาทางองค์ประกอบทางด้านกายภาพ และทางเคมีที่สำคัญเพื่อเป็นข้อมูลในการคัดเลือกพันธุ์ที่เหมาะสมในการแปรรูปน้ำผลไม้ซึ่งจะเป็นการช่วยในการลดความขมเบื้องต้น

ปริมาณลิโมนินและนาริงจินในส่วนต่างๆของส้มโอ

ลิโมนินจะพบมากที่สุดในเมล็ด ในขณะที่นาริงจินจะพบมากที่สุดบริเวณเปลือกชั้นในและเปลือกชั้นนอก ส่วนบริเวณน้ำเป็นส่วนที่มีบริมาณลิโมนินและนาริงจินในระดับที่น้อยพบว่าส้มโอขาวแป้นมีปริมาณลิโมนินและนาริงจินน้อยที่สุดใน 3 พันธุ์ คือมีปริมาณเท่ากับ 18.27 และ 315.71 ppm,FW ตามลำดับ

ลักษณะด้านกายภาพ

ถึงแม้ส้มโอพันธุ์ขาวน้ำผึ้งจะมีปริมาณน้ำหนักมากที่สุดของทั้ง 3 พันธุ์ที่กล่าวมา พบว่าส้มโอพันธุ์ทองดีมีปริมาณน้ำมากกว่าพันธุ์ขาวน้ำผึ้ง คือร้อยละ 44.38 รองลงมา พันธุ์ขาวแป้น เท่ากับร้อยละ 38.71 และ 35.43 ตามลำดับ นอกจากนี้พบว่าส้มโอพันธุ์ทองดียังมีจุดเด่นในด้านของลักษณะสีของน้ำคือจะมีออกชมพูเรื่อๆ มีค่า a ค่าเท่ากับ 8.11 ซึ่งมีค่ามากกว่าพันธุ์ขาวน้ำผึ้ง และ ขาวแป้น คือ 4.27 และ 4.00 ตามลำดับ

พันธุ์ทองดีเป็นพันธุ์ที่มีเปลือกบางที่สุดใน 3 พันธุ์ ความหนาของทองดีประมาณ 1.58 ซ.ม พันธุ์ขาวน้ำผึ้ง มีเปลือกหนาที่สุดคือ 2.23 ซ.ม

ด้านเคมี

ส้มโอพันธ์ทองดีจะมีปริมาณวิตามินซีสูงกว่าพันธุ์ขาวน้ำผึ้งและขาวแป้นคือ 57.59 43.75 และ 40.24 มก/100 มล ตามลำดับ ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ Total soluble solid (^{O}Brix) ส้มโอพันธุ์ขาวน้ำผึ้งมีปริมาณ Total soluble solid มากที่สุด รองลงมา พันธุ์ทองดีและขาวแป้น มีค่าเท่ากับ 9.45 8.50 และ 8.00 mg/100 ml ตามลำดับ ส่วนค่า titratable acidity ส้มโอพันธุ์ขาวน้ำผึ้งมีปริมาณกรดมากที่สุด รองลงมา ทองดีและขาวแป้น มีค่าเท่ากับ 0.98 0.51 และ 0.38 g/100 ml ตามลำดับ และ ค่า pH ของส้มโอพันธุ์ทองดีมี pH มากที่สุด รองลงมา คือ พันธุ์ขาวแป้นและขาวน้ำผึ้ง คือ 4.05, 4.02 และ 3.72 ตามลำดับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ข้อเสนอแนะ

ถ้าหากต้องการคัดเลือกพันธุ์ทั้ง 3 พันธุ์ได้แก่ พันธุ์ขาวน้ำผึ้ง พันธุ์ทองดี และพันธุ์ขาวแป้น ซึ่งมีแหล่งการปลูกและขายเป็นทางการค้าเป็นจำนวนมากในจังหวัดนครปฐม เพื่อนำมาทำเป็นน้ำผลไม้ต่อไป พันธุ์ที่เหมาะสมที่น่าจะคัดเลือกน่าจะเป็นพันธุ์ทองดี เนื่องจากคุณสมบัติทางกายภาพและทางเคมีมีจุดเด่นที่เหมาะสมกว่าพันธุ์ขาวน้ำผึ้ง และพันธุ์ขาวแป้น คือมีปริมาณน้ำมาก ลักษณะสีของน้ำที่น่ารับประทาน เนื้อที่น้ำ มีวิตามินซีสูง และมีเมล็ดค่อนข้างน้อยหรืออาจจะไม่มีเลย ถึงแม้ว่าจะมีปริมาณลิโมนินและนาริงจินที่สูงกว่า แต่จากการสำรวจและศึกษาของ กาญจนา และคณะ (2547) ให้ข้อเสนอแนะว่า น้ำส้มโอที่ผสมน้ำสับปะรด หรืออาจจะเป็นผลไม้ชนิดอื่น ผู้จะให้การยอมรับมากกว่ารับประทานน้ำส้มโอเพียงอย่างเดียว

ส้มโอพันธุ์ทองดีเป็นพันธุ์ที่น่าศึกษาต่อไปเนื่องจากเป็นพันธ์ที่มีปริมาณน้ำสูงและมีราคาถูกกว่าพันธุ์อื่นๆ คือพันธ์ทองดีจะมีราคาประมาณ 25-30 บาท พันธุ์ขาวแป้นราคาประมาณ 30-35 และพันธุ์ขาวน้ำผึ้งราคาประมาณ 70-80 บาท (จากการสำรวจในตลาดนครชัยศรี 2550)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เอกสารอ้างอิง

กรมส่งเสริมการเกษตร. 2543. **อนุสารสถิติและข้อมูลการเกษตร.** กองแผนงานโครงการพิเศษ กรมส่งเสริมการเกษตร. กรุงเทพฯ.

กรมวิชาการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. 2545. **เกษตรดีที่เหมาะสมสำหรับ ส้มโอ.** กรมวิชาการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. กรุงเทพฯ.

กองวิจัยเศรษฐกิจการเกษตร.2535.ส้มโอ.เอกสารเศรษฐกิจการเกษตรเลขที่ 49.กรุงเทพฯ. 67 หน้า

จริงแท้ ศิริพานิช. 2541. **"สรีรวิทยาและเทคโนยีหลังการเก็บเกี่ยวผลไม้".** ภาควิชาพืชสวน คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์กำแพงแสน. กรุงเทพฯ.

ณัฏฐา เลาหกุลจิตต์ ปราณี อ่านเปรื่อง และสุหร่าย สายศร. 2540."การลดความขมและรสเปรี้ยวนน้ำส้มเขียวหวานโดยใช้เปลือกไข่." วารสารอาหาร. 27(3) : 175-190

นิรนาม. 2530. **โครงการศึกษาการใช้วิทยาการที่เหมาะสมสำหรับผักและผลไม้สดเพื่อการส่งออกเสนอต่อกรมพาณิชย์.**

บัญญัติ สุขศรีงาม. 2534. **จุลชีววิทยาทั่วไป.** โอเอสพริ้นติ้งเฮาส์. กรุงเทพฯ.

บุศราภา ลีละวัตน์, และ อรุณี เพียรทวีรัชต์. 2533. "การลดความขมเนื่องจากนาริงจินในน้ำส้มเขียวหวานโดยเอนไซม์" โครงการการเรียนการสอนเพื่อเสริมประสบการณ์ จุฬาลงการณ์.

พิจิตร โชคพัฒนา. 2545. **ความรู้เกี่ยวกับการปลูกไม้ผล.** โครงการหนังสือเกษตรชุมชน 2545 .สำนักพิมพ์เกษตรสาส์น.

รมณีย์ เจริญทรัพย์. 2532. **ความสัมพันธ์ระหว่างความแน่นกับโครงสร้างปริมาณแคลเซียม ความเข้มข้น CO_2 และ C_2H_2 และเอนไซม์ pectin methylesterase ของเนื้อส้มโอ.** วิทยานิพนธ์ปริญาโท. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์,กรุงเทพ ฯ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รวี เสรฐภักดี.2542. The Pummelo and Grapefruits ในเอกสารประกอบการฝึกอบรมหลักสูตร "วิทยาการส้ม : ทางเลือกปัจจุบันสู่อนาคต" 7-11 กรกฎาคม 2540 .โรงแรมมารวยการ์เด้น,กรุงเทพฯ.

สถาบันวิจัยพืชสวน.2541.ส้มโอ.เอกสารวิชาการที่ 21

สมพร เกตุพงศ์. 2534. **รายงานการวิจัยเรื่องการศึกษาสภาพการทำสวนส้มโอของเกษตรกรในภาคกลาง.** งานพืชสวนฝ่ายส่งเสริมและพัฒนาการผลิต. สำนักงานส่งเสริมการเกษตรภาคกลาง.ชัยนาท.80 หน้า

สุภารัตน์ เรืองมณีไพฑูรย์ . 2521. "การศึกษาปริมาณลิโมนินและผลของอากาศในช่องว่างใน ขวดเก็บของน้ำมะนาวถนอม" วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต คณะเคมีเทคนิค บัณฑิตวิทยาลัย, มหาวิทยาลัยจุฬาลงกรณ์. 129 หน้า

สุวรรณพงศ์ ทองปลิว. 2534. **อิทธิพลของการช่วยผสมเกษรที่มีผลต่อการติดผลและลักษณะผลในส้มโอ 4 พันธุ์.**วิทยานิพนธ์ปริญญาโท.มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.กรุงเทพฯ

สุวรรณา พิชัยยงค์วงศ์ดี และ ระติพร หาเรือนกิจ. 2544. การศึกษาสารให้ความขมในมะนาวและผลของเอทธิลีนต่อความขม.วารสารพระจอมเกล้าลาดกระบัง ปีที่ 9 ฉบับที่ 3 : 39-44

สัณทรรศน์ นันทะไชย. 2531. **แนวทางการกำหนดมาตรฐานคุณภาพของส้มโอ.** เอกสารประกอบการบรรยายการฝึกอบรมการผลิตส้มโอเพื่อการส่งออก.กรมวิชาการเกษตรกรุงเทพฯ

อนุกูล แต้มประเสริฐ. 2525. "การเก็บรักษามะนาวในถุงพลาสติก." ปัญหาพิเศษปริญญาตรี ภาควิชาพืชสวน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

อรพิน ชัยประสพ. 2534. "การกำจัดรสขมในนน้ำผลไม้จากพืชตระกูลส้ม." วารสารอาหาร. 21(2) : 87-92

อัจฉรา ปิติปัญญากุล.ปราณี อ่านเปรื่อง และ ชัยยุทธ ธัญพิทยากุล 2532. " การลดความขมจากลิโมนินในน้ำมะนาวไทยโดยเซลล์จุลิทรีย์ *Corynebacterium fascians* ." วารสารวิจัยวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย 14 (1) : 53-57

Ando,T.,K.Ishii,H.Omura and J.Yamasaki.1988.Apparatus for separating juice sacs of citrus fruit. **United State Patent.** 4,738,174.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Albach, R.F., Redman ,G.H. and Lime, B.J. 1981. "Limonin Content of juice from Marrs and Hamlin orange." **J. of Agric. and Food Chem.** 29: 313-315

Baldwin, E.A.1993. Citrus fruit. In G.B.Seymour,J.E.Taylor and G.A. Tucker(eds).Biochemistry of Fruit Ripening. **Chapening&Hall,London**. 109-149.

Barmore,C.R,Fish.J.F.,Fellers.P.J.,Rouseff,R.L. 1986.Reduction of bitterness and tartness in grapefruit juice with florisil.**J food Sci**.51:415-416.

Bennett, R.D. 1971." Acidic Limonoids of Grapefruit seed." **Phytochemistry.** 10 : 3065-3068.

Chandler, B.V., Kefford, J.F. and Ziemelis, G. 1968. "Removal of limonin for bittter orange juice ." **J. sci. food Agric.** 19: 83-86

Cecilia. A.M. and Richard, L.M. 1983. " Distribution of Limonin during the growth and development of leaves and branches of *Citrus paradis.*" **J. Agir food Chem**. 31:319-325

Cecilia. A.M. and Richard, L.M. 1997. " Three – Dimensional distribution of Limonin, Limonoate A- ring Monolactone ,and Naringin in the fruit tissues of three varieties of *Citrus paradis."* **J. Agir food Chem**. 45 : 2876-2883

Chandler, B.V. and Johnson,R.L. 1977."Cellulose acetate as a selective sorbent for limonin in orange juice." **J. Sci. Food Agric**. 28: 875-884

Chandler, B.V. 1979. "New srbent gel forms of cellulose esters for debittering citrus juice." **J.Sci.Food Agric.** 30: 825-832

Chandler,B.V.,G.L.Robertson.1983a. Effect of pectic enzyme on cloud stability and soluble limonin concentration in stored orange juice. **J.Sci. Food Agric**. 34(6) :599-611

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Chandler,B.V.,G.L.Robertson .1983b.The solubility of limonin,the bitter principle of orange juice. **J.Sci. Food Agric.** 17 :173-197

Cook,R.1983. Quality of citrus juice as related to composition and processing practices. **Food Technol.**37(6):68-71,133.

Fahn, A.,I Shomer and I.Ben-Gera. 1974. Occurance and atructure of epicuticular wax on the juice vesicles of citrus fruits.**Ann.Bot.** 38:869-872.

Feller,P.J and E.C. Hill. 1986. Limonin content of commercial Florida processed orange juice and its effect on flavor. **Proc.Fla.State Hort.Soc.**99:87-90.

Fong C.H., S.Hasegawa,C.W.Coggins Jr.,D.R.Atkin and M.Miyake.1992. content of limonoids and limonin17-β-D-glucopyranoside in fruit tissue of Valencia orange during fruit growth and maturation. **J. Agir food Chem.**40:1178-1181.

Guadagni,D,G.,V.P.Maier and J.G.Turnbaugh. 1973 .Effect of some citrus juice constituents on teste threshold for limonin and naringin bitterness.**J Sci.Food.Agric.**24:1277-1288.

Guadagni, D.G., Maier, V.P. and Turnbaugh, J.G. 1974. "Some factors affecting sensory thresholds and relative bitterness of limonin and naringin." **J.Sci.Food Agric** 41: 681-684

Habelt,K. and pitiner, F.1983. " A rapid method for the determination of Naringin, Prunin and Naringnin applied to the assay of Naringenase." **Analytical Biochemistry**. 134:393

Hasegewa, S and V.P.Maier. 1983. Solution to the limonin bitterness problem of citrus juice. **Food technol.**37(6):73-77

Hasegewa,S.,P.Ou,C.H.Fong,Z.Herman,C.W.Coggins and D.R.Atkin. 1991. Chang in the limonoate A-ring lactone and limonin limonin17-β-D-glucopyranoside content of navel orange during fruit growth and maturation. **J Sci.Food.Agric.**39:262-265.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Hsu ,A.C.,S. Hasegawa,V.P.Maier and R.D.Bennett. 1973. 17-Dehydrolimonoate A-ring lactone:A possible metabolite of limonoate A-ring lactone in citrus fruit. **Phytochemistry** 12:563-567

Iwata,T. and K.Ogata .1976.Bitterness increase due to freezing in natsudaidai(*Citrus natsudaidai Hayata*) fruit.**J.Japan Soc.Hort.Sci.** 45(2) : 187-191

Johnson,R.L. and B.V. Chandler. 1982.Reduction of Bitterness and Acidity in Grapefruit Juice by Adsorptive Processes,**J.Sci.Food Agric.**33:287-293

Jungsakulrujirek,S and Noomhorm,A. 1998 "Effect of harvesting time and fruit size on titratable acidity, soluble solid and distribution of limonin in Thai tangerine juice"**J. of Food Science and Technology.** 33 (4), 367-374.

Kaneko,K and O.Katayama.1980. **Studies on volatiles from Satsuma mandarin (Citrus unshiu Marc.) juice by heat treatment. Report of the Nation Food Research Institute**-[Shokuryo-Kenkyushu-Kenkyu-Hokokul] 36:57-63.From FSTA AN:79-01-H0136

Kimball,D.A. 1991.**Citrus Processing Quality Control and Technology**. The AVI Publishing New York. 473 p

Kasemsuksakul, N.1989. "**Effect of fruit Maturity, storage and Processing on bitterness and quality of Tangeriine Juice.**" M.Sc. thesis, Institute of Tecnology,Bangkok,Thailand.

Lal,G.,G.L. Tandon and G.S. Siddppa. 1960. **Preservation of Fruit and Vagetables. Indian Council of Agricullitrueal Reserch.** New Delhi. 258p.

Lee, H.S., and Kim, J.G. .2003. " Effect of debittering on red grapefruit juice concentrate " **J. Food. Chemistry. 82** : 177-180.

Levi,A.,S.Flavian,S. Hakel,F.Ben-Gera,F.Stern and S.Berkovitz.1974b.The bitter principle and the prevention of bitterness in Shamouti orange juice products..**J.Fruits-Vegetable and Nuts** 29: 1-25. From FSTA AN:78-01-J0085.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Maier,V.P. and Grant, E.R. 1970. "Specific Thin- layer Chromatophaphy assay of Limonin a citrus bitter principle." **J of Agric and Food Chem. 18: 249-252**

Maier, V.P.,Bennett, R.D.,and Hasegawa,S. 1977. "Limonin and Other Limonoids." **Citrus Sci .and Techn**. (Nagy,S.,P.E. Shwaw, and M.K. veldnuis,eds.) The AVI Publishing .,Westsport,Conn. 355-382p

Maier,V.P.,Hasegewa,S.P.,Bennett,R.D.,andEchol,L.C.1980.**Limonin and limonoid. Chemistry, Biochemistry and Juice Bitterness : Citrus Nutrition and Quality**. Nagy,S. and J.A.Attaway,eds.,ACS Symposium Series 143,American Chemical Society,Washington,DC,63-82.

Mansell,R.L.,C.A McIntosh and S.E.Vest 1983. An analysis of the limonin and naringin content of grapefruit samples collected from Florida State Test Houses. **J of Agric and Food Chem.** 31:156-162.

Maotani, T.,Y. Hase and R.Matsumoto.1979. Studies on bitterness in citrus fruit.I.Method for determination of naringin in natsudaidai (*Citrus natsudaidai Hayata*) fruit as related to palate.. **J.Japan.Soc Hort .Sci**. 47(4):546-552

Matsumoto,R.,N.Okujdai and T.Maotani. 1983. Change in naringin content of natsumikan fruit ((*Citrus natsudaidai Hayata,cv.Kawana-Natsudaidai*) after freezing.**J.Japan Soc.Hort.Sci**. 52(1) :1-6

McIntosh ,C.A.,R.L Mansell and R.L.Rouseff .1982.Distribution of limonin in the fruit tissue of nine grapefruit cultivar. . **J of Agric and Food Chem**. 30:689-692.

McIntosh ,C.A.,R.L Mansell and S.Barros. 1987. Relationship between limonin concentration and naringin concentration in commercial single strange grapefruit juice. J. Food Sci. 52:1734-1735.

Nagy,S.,P.E. Shaw and K.V.Matthew.1977. **Citus Science and Tehnology**. Vol.1 The AVI Publishing,Westport. 531 p.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Nicol,K.J and B.V.Chandle. 1978.The extraction of the enzyme degrading the limonin precursor in citrus albedo.**J.Sci.Food Agric**. 29:725-802.

Noomhorm,A and N.Kasemsukakul.1992. Effect of maturity and processing on bitter compounds in Thai tangerine juice.Inter. **J.Food Sci.Technol**.27(1):65-72

Ohta,H. and S.Hasegawa.1995.Limonoids in Pummelos.[Citrus grandis(L.)Osbeck] **J.Food Sci.** 60:1284-1285

Petrus, D. P., and Dougherty, M. H. .1973. **"Spectral characteristics of the three varieties of Florida orange juice"**. J. Food Science 38 : 659-662

Rouseff,R.L..1982.Nomilin, a new bitter component in grapefruit juice. **J of Agric and Food Chem.** 30:504-507.

Rouseff,R.L. and Mansell, R.L.1982.Comparison of HPLC and RIA limonin values from commercial grapefruit juice. **Processing of the Florida state Hortic.Society**.95:245-252.

Rouseff, R.L. 1988. Liquid chromatographic determination of naringin as a detector of grapefruit juice in orange juice **J. Assoc. Off. Anal. Chem**. 71:798 - 802.

Savitree.J 1997. **"Limonin in Thai Tangerine (*Citrus reticulate*, Blanco) in relation to reduction of juice bitterness."** Ph. D. thesis, Asia Institute of Tecnology,Bangkok,Thailand.

Shaw ,P.E. and Wilson,C.W. 1983. "Debittering citrus juice with β-cyclodextrin polymer." **J.Food Sci.** 48: 646-647

Shaw, P.E. and Wilson, C.W. 1984. A rapid method for determination of limonin in citrus juices by high performance liquid chromatography. **J. Food Sci**. 49:1216 - 1218.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Shomer,I.,I.Ben-Gera and A.Fahn.1975.Epicuticular wax and it hydrocarbons from inter-juice-sac spaces in citrus fruit segment. **J of Agric and Food Chem**.28:1158-1163.

Ting,S.V. and R.L.Rouseff.,1986. **Citrus Fruit and their Products**.Marcel Dekker,Inc.,New York. 293p

Tomlinnson ,P.T.,E.R.Duke,K.D.Nolte and K.E.Koch.1991.Sucrose syntase and invertase in isolatated vascular bundles.**Plant Physiol**.97:1249-1254.

Wagner, C.J., Wilson,C.W.and Shaw,P.E.1988."Reduction of grapefruit bitter component in a fluidized β-cyclodextrin polymer bed." **J. Food Sci.** 53: 516-518.

Watanaba,H.,Y.Higura,M.Ishikawa and Y.Sasaki.1987.Cryogenic separation of citrus fruit into individual juice sacs.**Food Proces.Eng**.9:221-229.

Wilson,K.W., and Crutchfield, C.A. 1968. " Spectrophotometric determination of limonin in orange Juice." **J.Agric .Food Chem.** 16: 118-124

http://www.doa.go.th/pl_data/PUMMELO/3var/image/v3.jpg (06/2007)

http://www.dow.com/liquidseps/ images/dorange2.gif (07/2007)

http://www.alfa.ist.utl.pt/~fidel/ flaves/sec2/sec210.h (05/2007)

http://www.bios.tohoku.ac.jp/.../ str_1500/1008.gif (06/2007)

http://www.bios.tohoku.ac.jp/. ../comp_1008.html (07/2007)

http://www.doae.go.th/data/fruit/42.pdf (09/2007)

http://www.doa.go.th/pl_data/PUMMELO/1stat/st02.htm 1 (09/2007)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Limonin by HPLC

I. Apparatus

HPLC system with a reverse phase column (Microsorb C18, 150 mm × 4.6 mm, 5 µm particle size), C18 guard column (30 mm × 2 mm, 5 µm), a UV-visible detector.

Hot plate or stove

Centrifuge

C18 Cartridge

0.45 µm nylon filter

25 µl Syringe

10 ml Syringe

50 ml centrifuge tube

II. Chemicals

Limonin

Acetonitrile (HPLC grade)

Methanol (HPLC grade)

Water (HPLC grade)

III. Reagents

A. Mobile phase solution: Mix, by volume, 75 parts of water, 25 parts of acetonitrile. Make 3-4 days in advance to allow for equilibrium.

B. Limonin standard solutions: Prepare a stock solution of 50 ppm by dissolving 5.0 mg of limonin in 2.0 ml of acetonitrile in a volumetric flask and make to 10 ml with methanol. Prepare standard solutions weekly by diluting the stock solution to 2.5, 5, 10, 15, 25 and 30 ppm with the mobile phase.

IV. Procedure

1. Heat juice sample of about 60 ml in boiling water bath for 3 – 5 min to develop limonin. Heating is not needed for concentrate and pasteurized juice samples.
2. Centrifuge 25 ml of the juice at 2500 ×g for 10 min

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. Precondition C18 cartridges by passing through 3 ml of methanol followed by 3 ml of HPLC grade water under vacuum until all water just enters the C18 bed.

4. Load 1.0 of juice supernatant on the preconditioned C18 cartridge. For samples with low limonin content, increase load volume accordingly.

5. Slowly filtrate the juice supernatant under vacuum or pressure.

6. Rinse cartridges with 3.0 ml of HPLC grade water and free the C18 bed of water.

7. Slowly elute limonin from the cartridge with 1.0 ml of methanol.

8. Filtrate acetonitrile effluent through a 0.45 μm nylon filter and into a LC vial.

9. Set the HPLC system at:

Flow rate = 1.0 ml/min

Detection wavelength = 210 nm

10. Make duplicate 20 μl-injections for each standard and filtrated sample.

11. After using, bring the system back to acetonitrile.

V. Calculations

Limonin is identified by comparison of retention time with a standard. Limonin concentration (ppm) is calculated from sample absorbance based on a linear regression equation of the standard curve of absorbance peak area (PA) against concentration of limonin standards.

- Linear regression for limonin standards

PA Standard = a + b × Concentration Standard (ppm)

- Concentration of limonin from 25 ml of juice in 2.5 ml of acetonitrile

$$\text{Limonin Level (ppm)} = \frac{(\text{PA Sample})(\text{PA Standard} - a\ \text{ppm})}{b} (\text{Sample Dilution Factor})$$

$$= \frac{(\text{PA Sample})(\text{PA Standard} - a\ \text{ppm})}{b} \times 100$$

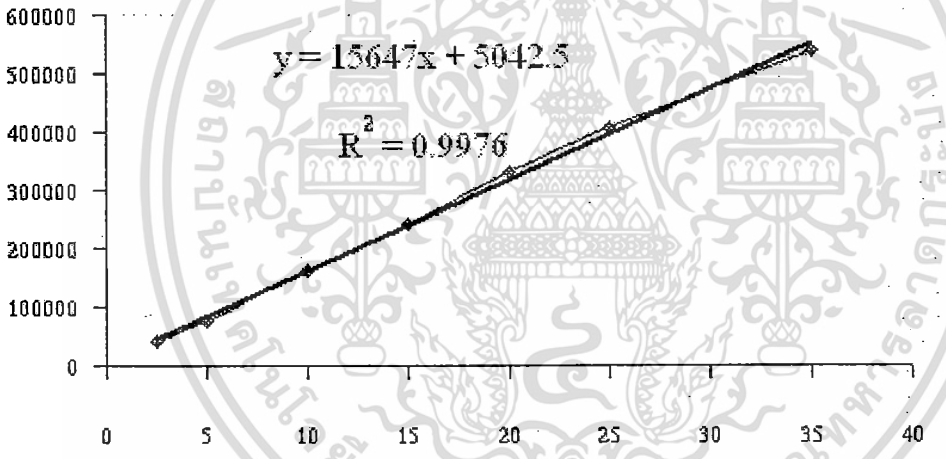
VI. Reference

Shaw, P.E. and Wilson, C.W. 1984. A rapid method for determination of limonin in citrus juices by high performance liquid chromatography. J. Food Sci. 49:1216 – 1218

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

VII. Standard Curve of Limonin

	HPLC510 nm		
ความเข้มข้น (ppm)	AREA 1	AREA 2	เฉลี่ย
2.5	41526	41385	41456
5	75332	77982	76657
10	160958	161289	161124
15	235698	245346	240522
20	330136	329966	330051
25	404964	407485	406225
35	545980	533182	539581



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Naringin by HPLC

I. Apparatus

- HPLC system with a reverse phase column (Microsorb-MV, 150 mm × 4.6 mm, 5 µm particle size) and UV-visible detector. C18 guard column (30 mm × 2 mm, 5 µm)
- Centrifuge
- 1.2 µm Glass fiber filter
- 25 µl Syringe
- 10 ml Syringe
- 16 × 150 mm test tube

II. Chemicals

Naringin ($C_{27}H_{32}O_{12}$)

Acetonitrile (HPLC grade)(C_2H_3N)

Methanol ((HPLC grade)

Water (HPLC grade)

III. Reagents

A. Mobile phase solution: Mix, by volume, 75 parts of acetonitrile, 25 parts of water. Prepare the mobile phase 3-4 days in advance to allow for equilibrium or degass with vacuum.

B. Naringin standard solutions: Dissolving 50 mg of naringin in 100 ml of Methanol in a volumetric flask to make a 500 ppm stock solution. Prepare weekly standard solutions by diluting the stock solution to 10, 50, 100, 150, and 250 ppm with the Methanol.

IV. Procedure

1. Centrifuge approximately 10 ml of juice sample at 2500 ×*g* for 10 min.
2. Dilute 1 ml of supernatant with 9 ml of HPLC grade water and mix thoroughly.
3. Filtrate mixture through a glass fiber filter using a 10-ml syringe directly into a LC vial.
4. Set the HPLC system at: Flow rate = 1.0 ml/min Detection wavelength = 280 nm
5. Equilibrate system with mobile phase for at least 30 min.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

6. Make duplicate 20 µl-injections for each standard and juice sample.

7. After using, bring system solvent back to acetonitrile.

V. Calculations

Naringin is identified by comparison of retention time with a standard. Naringin concentration (ppm) in sample is calculated from sample absorbance based on a linear regression equation of the standard curve of absorbance peak area (PA) at 280 nm against concentration of naringin standards.

-Linear regression of naringin standards

$$PA_{Standard} = a + b \times Concentration_{Standard}\ (ppm)$$

-Concentration of naringin in juice sample

$$\text{Naringin Level (ppm)} = \frac{(PA_{Sample})(PA_{Standard} - a\ ppm)}{b} (\text{Sample e Dilution Factor})$$

$$= \frac{(PA_{Sample})(PA_{Standard} - a\ ppm) \times 100}{b}$$

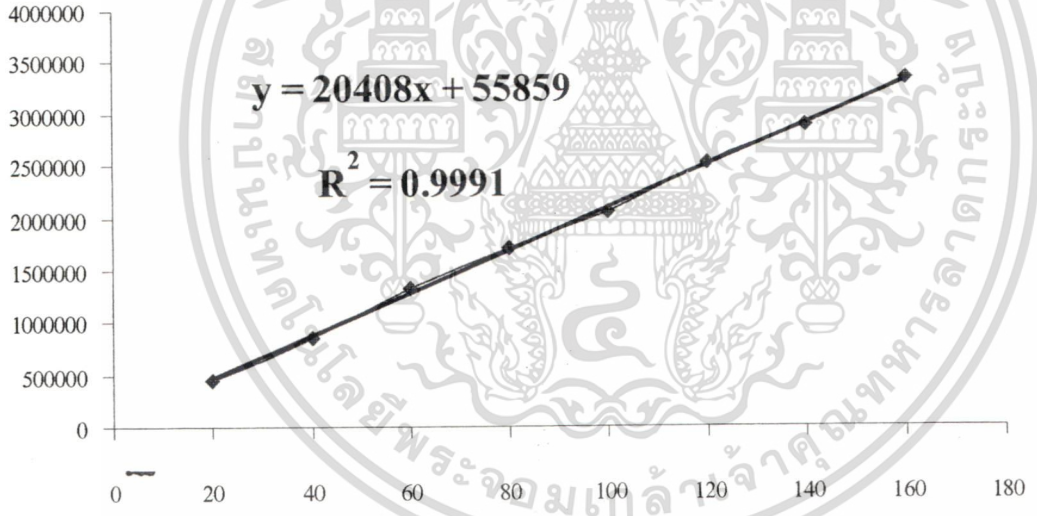
VI. Reference

Rouseff, R.L. 1988. Liquid chromatographic determination of naringin as a detector of grapefruit juice in orange juice J. Assoc. Off. Anal. Chem. 71:798 – 802.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

VII. Standard Curve of Limonin

ความเข้มข้น (ppm)	HPLC580 nm		
	AREA 1	AREA 2	เฉลี่ย
20	455782	463566	459674
40	854244	850518	852381
60	1319008	1317823	1318416
80	1722585	1704372	1713479
100	2049822	2038027	2043925
120	2496826	2545947	2521387
140	2900682	2893097	2896890
160	3310329	3358585	3334457



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Total Titratable Acidity (AOAC Method)

I. Apparatus

25 or 50 ml Buret with 0.1 ml graduation and Teflon® stopcock

Magnetic stirrer and Teflon® coated stirring bar

250 ml glass flask or beaker

II. Chemicals

Isopropanol (C_3H_8O)

Phenolphthalein ($C_{20}H_{14}O_4$)

Sodium hydroxide (NaOH)

III. Reagents

A. Dye solution (1%): Dissolve 1 g of phenolphthalein in 100 ml 50% isopropanol and then add just enough NaOH to neutralize the solution to a faint pink color.

B. Sodium hydroxide solution (0.100 N): Dissolve 40.0 g of NaOH in 10 liters of CO_2-free water. For standardization, see Chapter IV, 2.

IV. Procedure

1. Thoroughly mix the juices or concentrates before taking analysis samples.

2. Measure analysis sample into 250 ml glass flasks or beakers according to the following:

Sample Type	Sample Size (g)
Blank	—
Orange or grapefruit single-strength juice	10
Orange or grapefruit concentrate	5
Lemon or lime single-strength juice	5
Lemon or lime concentrate	5

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. Add ~250 ml of distilled water.

4. Add 0.75 ml (0.3 ml per 100 ml solution) of phenolphthalein solution and mix thoroughly.

5. Titrate with 0.1 N NaOH solution until solution shows a faintest discernible pink color persisting for 30 seconds.

V. Calculations

1. The total titratable acidity is expressed as anhydrous citric acid on a weight basis. Due to its three carboxyl groups, one mole of citric acids (MW 192.12) can react with three moles of OH^-, therefore 1 mole of NaOH equals 64.04 g citric acid (= 192.12 ÷ 3) and the milliequivalent of citric acid is 0.064:

$$\% \text{ Acid(w/w)} = \frac{\frac{(\text{Net ml Titrate})\,(\text{N Titrate})\,64.04 \text{ g CA}}{1000 \text{ l/ml}} \times \frac{100}{1 \text{ mole } OH^-}}{(\text{Sample Weight})}$$

$$= \frac{(\text{Net ml Titrate})\,(\text{N Titrate})\,(0.064)}{(\text{Sample Weight})} \times 100$$

$$= \frac{(\text{Net ml Titrate})\,(\text{N Titrate}) \times 64}{(\text{g Sample})}$$

where (Net ml Titrate) = (ml Titrate for Sample) − (ml Titrate for Blank)

2. % Acid for accurately weighed sample For titration using 0.100 N NaOH as Titrate and the sample quantity is

- 10 g juice

$$\% \text{ Acid (w/w)} = (\text{Net ml NaOH}) \times 0.064$$

- 5 g juice or concentrate

$$\% \text{ Acid (w/w)} = (\text{Net ml NaOH}) \times 0.128$$

VI. Reference

Official Methods of Analysis. 1999. 16th Edition, 5th Reversion, AOAC International, Gaithersburg, MD, method 942.15.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Ascorbic Acid by Indophenol Titration

I. Apparatus

50 ml Buret

10 ml Pipette

Magnetic stirrer and Teflon® coated stirring bar

16 × 150 ml test tube

50 ml flask

250 ml amber glass bottle

fluted filter paper, particle retention > 20 µm

II. Chemicals

Sodium 2,6-dichloroindophenol

Sodium bicarbonate ($NaHCO_3$)

Metaphosphoric acid (HPO_3)

Acetic acid (glacial) ($C_2H_4O_2$)

Ascorbic acid ($C_6H_8O_6$)

III. Reagents

A. Dye solution (0.5%): Dissolve 0.042 g of $NaHCO_3$ in distilled water and then add 0.050 g of sodium 2,6-dichloroindolphenol, shake vigorously. When dye dissolves,make up to 200 ml. Filter through fluted paper into an amber glass bottle and stored capped in a refrigerator. The solution is good until it fails to give a distinct endpoint.

B. Acid stabilization solution (3%): Dissolve, with shaking, 15 g of HPO_3 in a mixture of 40 ml of glacial acetic acid and 200 ml of distilled water and make up to 500 ml with distilled water. Filter solution rapidly through filter paper into a glass bottle. The solution remains stable for 7 to 10 days when stored in a refrigerator.

C. Ascorbic acid standard solution (1 mg/ml): Accurately weigh 0.100 g of ascorbic acid into a 100-ml volumetric flask. Immediately before use, dissolve in 100 ml of acid stabilization solution.

เอกสารนี้สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

IV. Procedure

1. Label a set of 50-ml glass flasks, in triplicate, for:

   • Blank

   • Ascorbic acid standards

   • Juice samples

2. Add 5 ml of acid stabilization solution to each flask.

3. Add 2 ml of the proper solutions to the designated test tube, for the blank add distilled water.

4. Titrate rapidly with the dye solution until a light but distinct rose pink color persists for at least 5 seconds.

V. Calculations

$$\text{Acid Ascobic(mg/100 ml)} = \frac{(\text{Net ml Titrate for Sample})(\text{Acid Ascorbic Equivalen})}{(\text{Sample Volume})}$$

$$= \frac{(\text{Net ml Titrate for Sample})\dfrac{(\text{mg Ascorbic Acid in Standard})}{(\text{Net ml Titrate for Standard})} \times 100}{(\text{ml Sample})}$$

$$= \frac{(\text{Net ml Titrate for Sample})\dfrac{(\text{mg Standard})\,(\text{mg/ml Standard})}{(\text{Net ml Titrate for Standard})} \times 100}{(\text{ml Sample})}$$

$$= \frac{(\text{Net ml Titrate for Sample})(\text{mg Standard})\,(\text{mg/ml Standard}) \times 100}{(\text{Net ml Titrate for Standard})\ (\text{ml Sample})}$$

where

(Net ml Titrate for Sample) = (ml Titrate for Sample) – (ml Titrate for Blank)

เอกสารนี้มีลิขสิทธิ์ ห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้ ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

(Net ml Titrate for Standard) = (ml Titrate for Standard) − (ml Titrate for Blank)

For analysis of both juice and standard using the same analyte volume (i.e., 2 ml in this test) and using ascorbic standard solution of 1 mg/ml, the ascorbic acid level is:

$$\text{Acid Ascorbic (mg/100 ml)} = \frac{\text{(Net ml Titrate for Sample)} \times 100}{\text{(Net ml Titrate for Standard)}}$$

VI. Reference

Official Methods of Analysis. 1999. 16th Edition, 5th Reversion, AOAC International, Gaithersburg, MD, method 967.21.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Brix / Acid Ratio

1. **The Brix / acid ratio** is obtained by dividing the total soluble solids (°Brix corrected for acids and temperature) by the total titratable acid (% Acid, w/w) at 20°C (68°F).

$$\text{Brix / Acid Ratio} = \frac{\text{°Brix}}{\text{\%Acid (w/w)}}$$

2. **Reference**

Citrus Handbook. 1998. Agricultural Marketing Service, USDA. Washington, D.C.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Total Soluble Solids by Refractometer

I. Apparatus

Refractometer with degrees Brix scale and ATC

II. Chemicals

None

III. Reagents

None

IV. Procedure

1. Bring single-strength or reconstituted juice samples to ambient temperature and mix thoroughly.
2. Measure sample temperature if refractometer has no automatic temperature compensation.
3. Clean the prisms of the refractometer before each reading with distilled water and soft tissue or nonabrasive materials.
4. Apply an aliquot of sample (~3 drops) to the refractometer prism, avoiding bubbles and large pulp particles.
5. If sample temperature differs from the refractometer's, allow time for adjustment.
6. Cover the sample with the fogged glass and position the light beam to shine through the fogged glass.
7. Adjust the shadow to the cross hairs.
8. Read the °Brix.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้