



รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์

คุณค่าทางโภชนาการและสารออกฤทธิ์ของผลไม้ตระกูลส้มในภาคใต้

**Nutritional Values and Bioactive Compound Contents in Citrus Family Locally Cultivated in
Southern Thailand**

โดย ผศ.ดร. สัมคร แก้วสุกแสง และคณะ

กรกฎาคม 2555

รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์

คุณค่าทางโภชนาการและสารออกฤทธิ์ของผลไม้ตระกูลส้มในภาคใต้

Nutritional Values and Bioactive Compound Contents in Citrus Family Locally Cultivated in
Southern Thailand

คณะผู้วิจัย

สังกัด

- | | |
|--|------------------------|
| 1. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. สมัคร แก้วสุกแสง | มหาวิทยาลัยทักษิณ |
| 2. ดร. พีรพงศ์ แสงวนวงศ์กุล | มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ |

สนับสนุนโดยสำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย (สกว.)

(ความเห็นในรายงานนี้เป็นของผู้วิจัย สกว. ไม่จำเป็นต้องเห็นด้วยเสมอไป)

Executive summary

ในภาคใต้มีภูมิอากาศแบบร้อนชื้นสามารถผลิตผลไม้ได้หลากหลายชนิดตลอดทั้งปี และส่งออกไปจำหน่ายยังตลาดต่างประเทศเป็นจำนวนมากในแต่ละปี สร้างรายได้ให้แก่กลุ่มเกษตรกรและบริษัทส่งออกผลไม้ โดยเฉพาะอย่างยิ่งในเขตภาคใต้ตอนล่าง ได้แก่ นครศรีธรรมราช พัทลุง สงขลา ยะลา และนราธิวาส ผลไม้ท้องถิ่นที่สำคัญทางเศรษฐกิจได้แก่ ส้มโอพันธุ์ทับทิมสยาม ส้มจุก ส้มโชกุน ตลอดจนมะนาว เป็นผลไม้ที่มีมูลค่าสูง แต่ทั้งนี้ยังผลไม้ในกลุ่มข้างต้นยังขาดข้อมูลทางด้านคุณค่าทางอาหารที่เป็นองค์ประกอบสำคัญและสารออกฤทธิ์ที่มีผลต่อสุขภาพ ดังนั้นงานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาคุณค่าทางโภชนาการและสารออกฤทธิ์บางชนิดในผลไม้ เช่น น้ำตาล (sugar content) ได้แก่ glucose fructose และ sucrose พบว่าผลไม้ในตระกูลส้มเหล่านี้ ในมะนาว ส้มโอและส้ม มีปริมาณน้ำตาล fructose สูงที่สุด รองลงมา glucose และ sucrose ตามลำดับ โดยส้มโชกุนมีปริมาณน้ำตาล fructose glucose และ sucrose สูงที่สุด อย่างมีนัยสำคัญยิ่ง รองลงมาคือส้มโอพันธุ์ทับทิมสยาม ในขณะที่มะนาวพันธุ์แป้น ซึ่งมีปริมาณสูงกว่ามะนาวพันธุ์หนึ่ง และกรดอินทรีย์ (organic content) ได้แก่ citric malic และ oxalic พบว่ามะนาว ส้มโอและส้ม มีปริมาณกรด citric สูงที่สุด รองลงมา malic และ oxalic ตามลำดับ โดยในการวิเคราะห์ให้ส้มโอพันธุ์ทับทิมสยามไม่พบกรด oxalic ปริมาณสารต่อต้านอนุมูลอิสระได้แก่ α -tocopherol ascorbic acid และ dehydroascorbic พบว่าในผลส้มโอพันธุ์ทับทิมสยามมีปริมาณ α -tocopherol สูงที่สุด รองลงมาส้มโชกุนและส้มจุก ขณะที่มะนาวพันธุ์แป้นและมะนาวพันธุ์หนึ่งมีค่าต่ำที่สุด ส่วนปริมาณกรด ascorbic ส้มโชกุนมีปริมาณกรด ascorbic สูงที่สุด รองลงมาคือส้มจุกและส้มโอพันธุ์ทับทิมสยามมีปริมาณกรด ascorbic ซึ่งมีค่าใกล้เคียงกัน ขณะที่มะนาวพันธุ์หนึ่งและมะนาวพันธุ์แป้นมีค่าต่ำที่สุดอย่างมีนัยสำคัญ นอกจากนี้จากการวิเคราะห์ปริมาณ dehydroascorbic ซึ่งผลการทดลองให้ผลเช่นเดียวกับปริมาณ ascorbic ในส่วนสารออกฤทธิ์ได้แก่ ฟลาโวนอยด์ (flavonoids) และ แอนโทไซยานิน (anthocyanins) พบว่ามะนาวมีปริมาณสาร flavonoid ที่พบในเนื้อผล 4 ชนิดได้แก่ Naringin Narirutin Hesperidin และ Neohesperidin โดยมีปริมาณ Naringin มีค่าสูงที่สุด รองลงมา Hesperidin Narirutin และ Neohesperidin ตามลำดับ โดยมะนาวพันธุ์แป้นมีปริมาณ flavonoid สูงกว่ามะนาวพันธุ์หนึ่ง รองลงมาคือส้มโอพันธุ์ทับทิมสยาม ขณะที่ส้มจุกและส้มโชกุนมีปริมาณ flavonoid ทั้ง 4 ชนิด ที่ใกล้เคียงกัน และปริมาณสารแอนโทไซยานินในเนื้อผลส้มโอพันธุ์ทับทิมสยามคือ Cyanidin-3-glucoside ขณะที่มะนาวทั้ง 2 พันธุ์และส้มทั้ง 2 ชนิด ไม่พบปริมาณแอนโทไซยานินใดๆ

ซึ่งข้อมูลเหล่านี้และหลักฐานทางวิทยาศาสตร์ด้านศักยภาพในการเป็น functional food ที่ได้จากการศึกษาวิจัยนี้สามารถใช้เป็นข้อมูลเพื่อส่งเสริมการบริโภคและการขายผลไม้ไทยทั้งภายในประเทศในส่วนของท้องถิ่นนั้นๆ และใช้ในการประชาสัมพันธ์เพื่อทำการตลาดในต่างประเทศ นอกจากจะเป็นการเพิ่มมูลค่าของสินค้าเกษตรและขยายโอกาสในการส่งออกสู่ระดับสากลแล้ว ยังช่วยกระตุ้นให้ผู้บริโภคเล็งเห็นความสำคัญของการบริโภคผลไม้มากขึ้น ซึ่งเป็นผลดีทั้งในด้านการลดค่าใช้จ่ายในการดูแลสุขภาพ รวมถึงลดการนำเข้าผลิตภัณฑ์อาหารเสริมบำรุงสุขภาพ ซึ่งเป็นของปรุงแต่งที่มีราคาแพงและนิยมกันมากในปัจจุบัน

บทคัดย่อ

รหัสโครงการ: RDG5420044

ชื่อโครงการ: คุณค่าทางโภชนาการและสารออกฤทธิ์ของผลไม้ตระกูลส้มในภาคใต้

ชื่อนักวิจัย และสถาบัน : ผศ.ดร.สมักร แก้วสุกแสง มหาวิทยาลัยทักษิณ

ดร.พีรพงศ์ แสงวนวงศ์กุล มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

อีเมลล์: samak@tsu.ac.th

ระยะเวลาโครงการ: 1 มิถุนายน 2554- 31 พฤษภาคม 2555

ในภาคใต้มีภูมิอากาศแบบร้อนชื้นสามารถผลิตผลไม้ได้หลากหลายชนิดตลอดทั้งปี และส่งออกไปจำหน่ายยังตลาดต่างประเทศเป็นจำนวนมากในแต่ละปี สร้างรายได้ให้แก่กลุ่มเกษตรกรและบริษัทส่งออกผลไม้ โดยเฉพาะอย่างยิ่งในเขตภาคใต้ตอนล่าง ได้แก่ นครศรีธรรมราช พัทลุง สงขลา ยะลา และนราธิวาส มีการปลูกผลไม้ท้องถิ่นที่สำคัญทางเศรษฐกิจได้แก่ ส้มโอพันธุ์ทับทิมสยาม ส้มजू ส้มโชกุน ตลอดจนมะนาว เป็นผลไม้ที่มีมูลค่าสูง แต่ทั้งนี้ยังผลไม้ในกลุ่มข้างต้นยังขาดข้อมูลทางด้านคุณค่าทางอาหารที่เป็นองค์ประกอบสำคัญและสารออกฤทธิ์ที่มีผลต่อสุขภาพ ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาลักษณะทางกายภาพ สารออกฤทธิ์บางชนิดในผลไม้ ได้แก่ น้ำหนักสดต่อผล ลักษณะสี glucose fructose และ sucrose กรด citric malic และ oxalic ปริมาณสารต่อต้านอนุมูลอิสระได้แก่ α -tocopherol ascorbic acid และ dehydroascorbic ปริมาณสาร flavonoid เช่น Naringin Narirutin Hesperidin และ Neohesperidin และแอนโทไซยานิน โดยผลไม้ที่ใช้ในการศึกษาได้แก่ มะนาวพันธุ์แป้นและหนัง ส้มโอพันธุ์ทับทิมสยาม ส้มजू และส้มโชกุน

ผลการศึกษาพบว่าลักษณะทางกายภาพของผลไม้ทั้ง 5 ชนิดตัวอย่าง คือ มะนาว 2 สายพันธุ์ ('แป้น' และ 'หนัง') มีน้ำหนักสดต่อผลที่ใกล้เคียงกัน โดยขนาดผลของมะนาวพันธุ์แป้นจะมีขนาดผลใหญ่กว่ามะนาวพันธุ์หนังแต่ไม่พบความแตกต่างกันทางสถิติ และมีการเปลี่ยนแปลงสีโดยค่า Hue angle สูงกว่าซึ่งบ่งบอกถึงการมีลักษณะสีเขียวของสีเปลือกเข้มกว่ามะนาวพันธุ์หนัง ขณะที่ส้มโอพันธุ์ทับทิมสยามมีสีเปลือกที่เป็นสีเขียวอ่อนกว่ามะนาวทั้งสองพันธุ์ แต่มีขนาดผลหนักที่สุด รองลงมาคือส้มजूและส้มโชกุนตามลำดับ ซึ่งส้มजूมีค่า Hue angle สูงที่สุดอย่างมีนัยสำคัญยิ่งคือมีสีเปลือกที่มีสีเขียวเข้ม

ปริมาณน้ำตาลในเนื้อผล ได้แก่ glucose fructose และ sucrose พบว่าผลไม้ในตระกูลส้มเหล่านี้ ในมะนาวส้มโอและส้ม มีปริมาณน้ำตาล fructose สูงที่สุด รองลงมา glucose และ sucrose ตามลำดับ โดย ส้มโชกุนมีปริมาณน้ำตาล fructose glucose และ sucrose ถึง 8.25 5.98 และ 4.06 g/100ml juice สูงที่สุด อย่างมีนัยสำคัญยิ่ง รองลงมาคือส้มโอพันธุ์ทับทิมสยามมีค่าเท่ากับ 6.07 4.52 และ 2.09 g/100ml juice และส้มจุกมีค่า 4.85 2.28 และ 2.12 g/100ml juice ในขณะที่มะนาวพันธุ์แป้นมีปริมาณน้ำตาล fructose glucose และ sucrose เท่ากับ 0.21 0.33 และ 0.12 g/100ml juice ซึ่งมีปริมาณสูงกว่ามะนาวพันธุ์หนึ่งคือ 0.15 0.26 และ 0.16 g/100ml juice ตามลำดับ ปริมาณกรดอินทรีย์ ได้แก่ citric malic และ oxalic พบว่า ผลไม้ในตระกูลเหล่านี้ ในมะนาว ส้มโอและส้ม มีปริมาณกรดอินทรีย์ citric สูงที่สุด รองลงมา malic และ oxalic ตามลำดับ โดยในการวิเคราะห์ส้มโอพันธุ์ทับทิมสยามไม่พบกรด oxalic ซึ่งปริมาณกรด citric malic และ oxalic ในมะนาวพันธุ์แป้นมีค่าเท่ากับ 4.62 1.05 และ 0.09 g/100ml juice มีปริมาณใกล้เคียงกับ มะนาวพันธุ์หนึ่งซึ่งมีค่าเท่ากับ 4.71 0.96 และ 0.04 g/100ml juice โดยมะนาวมีปริมาณอินทรีย์สูงที่สุด อย่างมีนัยสำคัญเมื่อเปรียบเทียบกับผลไม้ตระกูลส้มชนิดอื่นๆ รองลงมาคือ ส้มจุกและส้มโชกุน มีค่าเท่ากับ 3.08 0.56 และ 0.02 g/100ml juice และ 2.24 0.36 และ 0.01 g/100ml juice ตามลำดับในขณะที่ส้มโอ พันธุ์ทับทิมสยามมีปริมาณกรด citric และ malic เท่ากับ 1.10 และ 0.15 g/100ml juice ตามลำดับ โดย ผลไม้ตระกูลจะพบปริมาณ oxalic ในปริมาณที่ต่ำ

ปริมาณสารต่อต้านอนุมูลอิสระในเนื้อผล ได้แก่ α -tocopherol ascorbic acid และ dehydroascorbic พบว่าในผลส้มโอพันธุ์ทับทิมสยามมีปริมาณ α -tocopherol สูงที่สุดเท่ากับ 42.12 ng/g FW รองลงมาส้มโชกุนและส้มจุกเท่ากับ 37.02 และ 34.35 ng/gFW ซึ่งไม่แตกต่างกันทางสถิติในส้ม ทั้งสองชนิดนี้ ขณะที่มะนาวพันธุ์แป้นและมะนาวพันธุ์หนึ่ง มีค่าเท่ากับ 25.75 และ 14.08 ng/g FW ตามลำดับซึ่งมีค่าต่ำที่สุด ส่วนปริมาณกรด ascorbic ส้มโชกุนมีปริมาณกรด ascorbic สูงที่สุดเท่ากับ 88.29 mg/100g FW รองลงมาคือส้มจุกและส้มโอพันธุ์ทับทิมสยามมีปริมาณกรด ascorbic ซึ่งมีค่าใกล้เคียงกัน เท่ากับ 72.18 และ 68.22 mg/100g FW ขณะที่มะนาวพันธุ์หนึ่งและมะนาวพันธุ์แป้น โดยมีค่าเท่ากับ 49.50 และ 46.07 mg/100g FW ตามลำดับซึ่งมีค่าต่ำที่สุดอย่างมีนัยสำคัญ นอกจากนี้จากการวิเคราะห์ ปริมาณ dehydroascorbic ในผลไม้ตระกูลส้ม ซึ่งผลการทดลองสองครั้งคล้อยกับปริมาณ ascorbic โดยส้มโช กุนมีปริมาณ dehydroascorbic สูงที่สุดเท่ากับ 11.87 mg/100g FW รองลงมาคือส้มจุก ส้มโอพันธุ์ทับทิม สยาม มะนาวพันธุ์หนึ่งและพันธุ์แป้น โดยมีค่าเท่ากับ 9.15 8.45 4.38 และ 2.82 mg/100g FW ตามลำดับ สารออกฤทธิ์ได้แก่ ฟลาโวนอยด์ (flavonoids) และแอนโทไซยานิน (anthocyanins) ในผลไม้ตระกูลส้ม

พบว่ามะนาวมีปริมาณสาร flavonoid ที่พบในเนื้อผล 4 ชนิดได้แก่ Naringin Narirutin Hesperidin และ Neohesperidin โดยปริมาณ Naringin มีค่าสูงที่สุด รองลงมา Hesperidin Narirutin และ Neohesperidin ตามลำดับ โดยมะนาวพันธุ์แป้นมีปริมาณ flavonoid ดังกล่าวมีค่าเท่ากับ 5.75 2.20 1.02 และ 0.76 $\mu\text{g/ml}$ juice ตามลำดับ สูงกว่ามะนาวพันธุ์หนึ่งซึ่งมีค่าเท่ากับ 4.02 1.95 0.85 และ 0.35 $\mu\text{g/ml}$ juice ตามลำดับ รองลงมาที่ส้มโอพันธุ์ทับทิมสยามมีปริมาณ flavonoid มีค่าเท่ากับ 2.65 0.56 0.11 และ 0.09 $\mu\text{g/ml}$ juice ขณะที่ส้มจุกและส้มโชกุนมีปริมาณ flavonoid ทั้ง 4 ชนิด ที่ใกล้เคียงกันคือ 2.05 0.48 0.09 และ 0.05 $\mu\text{g/ml}$ juice และ 1.88 0.40 0.06 และ 0.04 $\mu\text{g/ml}$ juice ตามลำดับ โดยมีปริมาณ flavonoid ต่ำที่สุดเมื่อเปรียบเทียบกับชนิดอื่นๆ

โดยสรุปการวิจัยนี้สามารถสรุปได้ว่าผลไม้ท้องถิ่นตระกูลส้มในภาคใต้ได้แก่ มะนาวพันธุ์แป้นและหนึ่ง ส้มโอพันธุ์ทับทิมสยาม ส้มจุก ส้มโชกุน ตลอดจนมะนาว ซึ่งผลไม้ที่มีมูลค่าสูง ประกอบด้วยสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพที่สำคัญต่อร่างกายและมีคุณสมบัติการต้านอนุมูลอิสระเป็นอย่างดี

คำหลัก: ตระกูลส้ม สารออกฤทธิ์

Abstract

Project Code : RDG5420044

Project Title : Nutritional Values and Bioactive Compound Contents in Citrus Family Locally
Cultivated in Southern Thailand

Investigator : Assist. Prof. Dr. Samak Kaewsuksaeng

Dr. Peerapong Sangwanangkul

E-mail Address :samak@tsu.ac.th

Project Period : 1 June 2011-31 May 2012

There are a number of Thai tropical fruits available in southern especially Nakhonsrithamarat Phatthalung Songkla Yala and Nalathivas for domestic and international markets. Besides the favorable taste, fruits are thought to be nutritious and a rich source of bioactive compounds such as antioxidants and vitamins. However, there is lack of scientific data on bioactive compounds in many of Thai fruits. The aim of this research was to identify type and quantity bioactive compounds in selected popular Thai fruits namely, lime, pummelo and citrus. Determinations included physical characteristic as fruit weight and hue angle, glucose fructose and sucrose contents, citric malic and oxalic acid contents. Antioxidant activities of the fruits were also measured by α -tocopherol ascorbic acid and dehydroascorbic including flavonoid and anthocyanin. Two varieties of limes: Paan and Nhung, a varieties of pummel as Tubtimsiam and two kind of citrus: Juk and Chonkun, were studied in this research.

For the physical characteristic, varieties of limes: Paan showed fresh weight per fruit and hue angle had higher than Nhung, while Tubtimsiam pummelo had highest of fresh weight per fruit following by citrus in Juk and Chonkun, respectively. Hue angle was found to be significantly highest Juk citrus compared to other fruits.

For the sugar contents, the most sugar in citrus family was fructose, followed by glucose and sucrose. The results found the highest amount in Chonkun citrus as 8.25 5.98 and 4.06 g/100ml juice, respectively. While, the Tubtimsiam pummelo had 6.07 4.52 and 2.09 g/100ml juice with Juk citrus had 4.85 2.28 and 2.12 g/100ml juice. For the lime fruits; Paan showed the fructose

glucose and sucrose contents as 0.33 0.21 and 0.12 g/100ml juice and Nhung had 0.15 0.26 and 0.16 g/100ml juice, respectively.

For organic acid content, the most organic acid in citrus family was citric, followed by malic and oxalic. While, oxalic acid did not found in the Tubtimsiam pummelo. Lime fruit as Paan showed organic acid content as 4.62 1.05 and 0.09 g/100ml juice, while, in Nhung was 4.71 0.96 and 0.04 g/100ml juice. However, it was not different in both cultivars. Lime fruit was found to be significantly highest in organic acid, followed by Juk, Chonkun citrus and pummel, respectively.

For antioxidant activities, Tubtimsiam pummelo (42.12 ng/g FW) was found to be significantly highest in α -tocopherol followed by Chonkun (37.02 ng/g FW), Juk citrus (34.35 ng/g FW), Paan (25.75 ng/g FW) and Nhung limes (14.08 ng/g FW), respectively. While, the ascorbic acid was found to be highest in Chonkun citrus (88.29 mg/100g FW), followed by Juk citrus (72.18 mg/100g FW) and Tubtimsiam pummel (68.22 mg/100g FW) and the lowest was Paan (49.50 mg/100g FW) and Nhung lime (46.07 mg/100g FW). The most predominant flavonoid in citrus family was 4 types of Naringin Hesperidin Narirutin and Neohesperidin. Naringin was found to be significantly highest in Paan lime (5.75 μ g/ml juice), followed by Nhung limes (4.02 μ g/ml juice), Tubtimsiam pummelo (2.65 μ g/ml juice) and the lowest was Juk (2.05 μ g/ml juice) and Chonkun citrus (1.88 μ g/ml juice).

In conclusion, this research has demonstrated that Thai limes: Paan and Nhung, a varieties of pummel as Tubtimsiam and two kind of citrus: Juk and Chonkun, were rich of important bioactive components especially α -tocopherol, ascorbic acid and dehydroascorbic including flavonoid and anthocyanin compounds with potent antioxidant activities.

Keywords: citrus family, bioactive

สารบัญ

หน้า

แบบสรุปโครงการวิจัย	2
บทคัดย่อ	4
สารบัญ	9
บทที่ 1 บทนำ	10
บทที่ 2 ตรวจเอกสาร	12
บทที่ 3 วิธีดำเนินการวิจัย	15
บทที่ 4 ผลการทดลองและวิจารณ์	21
เอกสารอ้างอิง	28
ภาคผนวก	30

บทที่ 1

บทนำ

ในภาคใต้มีภูมิอากาศแบบร้อนชื้นสามารถผลิตผลไม้ได้หลากหลายชนิดตลอดทั้งปี และมีการส่งออกไปจำหน่ายยังตลาดต่างประเทศเป็นจำนวนมากในแต่ละปี สร้างรายได้ให้แก่กลุ่มเกษตรกรและบริษัทส่งออกผลไม้ โดยเฉพาะอย่างยิ่งในเขตภาคใต้ตอนล่าง ได้แก่ นครศรีธรรมราช พัทลุง สงขลา ยะลา นราธิวาส มีการปลูกผลไม้ท้องถิ่นที่สำคัญทางเศรษฐกิจได้แก่ ส้มโอพันธุ์ทับทิมสยาม ส้มจุก ส้มโชกุน ตลอดจนมะนาว เป็นผลไม้ที่มีมูลค่าสูง แต่ทั้งนี้ผลไม้ในกลุ่มข้างต้นยังขาดข้อมูลทางด้านคุณค่าทางอาหารที่เป็นองค์ประกอบสำคัญและสารออกฤทธิ์ที่มีผลต่อสุขภาพ ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาคุณค่าทางโภชนาการและสารออกฤทธิ์บางชนิดในผลไม้ เช่น น้ำตาล (sugar content) กรดอินทรีย์ (organic content) วิตามินซี (ascorbic acid) หรือวิตามินอี (alpha-tocopherol) ฟลาโวนอยด์ (flavonoids) และแอนโทไซยานิน (anthocyanins) กับผลไม้ตระกูลส้ม ซึ่งข้อมูลและหลักฐานทางวิทยาศาสตร์ด้านศักยภาพในการเป็น functional food ที่ได้จากการศึกษาวิจัยนี้สามารถใช้เป็นข้อมูลเพื่อส่งเสริมการบริโภคและการขายผลไม้ไทยทั้งภายในประเทศในส่วนของท้องถิ่นนั้นๆ และใช้ในการประชาสัมพันธ์เพื่อทำการตลาดในต่างประเทศ นอกจากนี้จะเป็นการเพิ่มมูลค่าของสินค้าเกษตรและขยายโอกาสในการส่งออกสู่ระดับสากลแล้ว ยังช่วยกระตุ้นให้ผู้บริโภคเล็งเห็นความสำคัญของการบริโภคผลไม้มากขึ้น ซึ่งเป็นผลดีทั้งในด้านการลดค่าใช้จ่ายในการดูแลสุขภาพ รวมถึงลดการนำเข้าผลิตภัณฑ์อาหารเสริมบำรุงสุขภาพ ซึ่งเป็นของปรุงแต่งที่มีราคาแพงและนิยมกันมากในปัจจุบัน

ผลไม้ นอกจากมีรสชาติอร่อยและมีคุณค่าทางอาหารสูงแล้ว ผลไม้ยังช่วยลดภาวะความเสี่ยงในการเป็นโรคของคนหลายชนิด ภายในผลไม้ยังประกอบไปด้วยใยอาหารสูง (dietary fibers) ซึ่งแยกได้เป็น 2 ประเภทคือ ใยอาหารที่ไม่ละลายน้ำ (insoluble dietary fibers) ประกอบด้วย เซลลูโลส เฮมิเซลลูโลสและ ลิกนิน ซึ่งเป็นใยอาหารที่มีโมเลกุลขนาดใหญ่ มีบทบาทเอื้อต่อการป้องกันโรคมะเร็งทั้งทางตรงและทางอ้อม และใยอาหารที่ละลายน้ำได้ (soluble dietary fibers) ประกอบด้วย เพกทิน ยางไม้ เมือก โดยใยอาหารจะจับตัวรวมกับอาหารในกระเพาะทำให้การดูดซึมอาหารไปสู่กระแสเลือดช้าลง มีบทบาทช่วยควบคุมน้ำตาลในเลือด (สุรินทร์, 2542) นอกจากนั้นผลไม้ยังเป็นแหล่งของสารต้านอนุมูลอิสระ ทั้งในกลุ่มละลายในไขมัน เช่น เบต้าแคโรทีน ไลโคพีน วิตามินซี วิตามินอี หรือกลุ่มที่ละลายน้ำ เช่น สารในกลุ่มสารประกอบฟีนอล แอนโทไซยานิน และฟลาโวนอยด์ โดยสารต้านอนุมูลอิสระนี้มีบทบาทไปยังยังอนุมูลอิสระไม่ให้มีผลทำลายเซลล์และเนื้อเยื่อได้ (สิริพันธุ์, 2545) มีงานวิจัยชี้ชัดว่าวิตามิน รังควัตถุ และสารต้านอนุมูลอิสระเหล่านี้มีคุณสมบัติในการต้านทานการอักเสบ สามารถลดความเสี่ยงต่อโรคหลายโรค โดยเฉพาะโรคเรื้อรังที่สัมพันธ์กับอาหาร เช่น โรคมะเร็ง โรคเบาหวาน โรคหัวใจ (Loft และคณะ, 2008; Pascual-Teresa และ Sanchez-

Ballesta, 2008) รวมทั้งช่วยชะลอกระบวนการที่ทำให้เกิดความแก่ โดยมีคุณสมบัติในการเป็น antioxidant และ antimicrobial ซึ่งเกี่ยวข้องกับความสามารถในการดักจับอนุมูลอิสระ (Tsuda, 2000) ผลไม้ท้องถิ่นในแต่ละภูมิภาคของประเทศไทยหลายชนิดมีศักยภาพในการส่งเสริมทางการค้าทั้งภายในประเทศและรวมไปถึงการส่งออก แต่ยังขาดข้อมูลคุณค่าทางอาหารและสารออกฤทธิ์สำคัญสำหรับสนับสนุนการขาย ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงมุ่งเน้นทำการศึกษาสารออกฤทธิ์ในผลไม้ไทยท้องถิ่นโดยเฉพาะในเขตภาคใต้ตอนล่างของประเทศไทยที่มีปริมาณการปลูกกันมากจำนวน 5 ชนิด และมีมูลค่าสูงคือ ส้มโอพันธุ์ทับทิมสยาม มะนาวพันธุ์แป้นและพันธุ์หนัง ส้มจุก และส้มโชกุน

บทที่ 2

ตรวจเอกสาร

ส้มโอ

ส้มโอ (*Citrus maxima*(Burm.) Merr) เป็นไม้ผลเขตกึ่งร้อน (sub-tropical fruit) อยู่ในวงศ์ Rutaceae ประเทศไทยมีพื้นที่ปลูกส้มโอส่วนใหญ่อยู่ในแถบภาคกลาง ภาคเหนือและภาคใต้ เช่น สมุทรสงคราม พิจิตร เชียงราย ชุมพร และนครศรีธรรมราช โดยพันธุ์ที่นิยมปลูกเพื่อการค้าได้แก่ พันธุ์ขาวทองดี หอม หาดใหญ่ และทับทิมสยาม โดยเฉพาะพันธุ์ทับทิมสยามซึ่งเป็นพันธุ์ที่มีการผลิตแห่งเดียวของประเทศไทย คือ เขตพื้นที่ลุ่มน้ำปากพนัง อันเนื่องมาจากพระราชดำริเพื่อการส่งออก จ. นครศรีธรรมราช ส้มโอพันธุ์นี้ถือว่าเป็นสิ่งบ่งชี้ทางภูมิศาสตร์ส้มโอพันธุ์นี้มีเนื้อสีแดงเข้ม (สีทับทิม) รสชาติหวาน หอม นุ่ม นารับประทาน จึงเป็นที่รู้จัก และมูลค่าสูงและตลาดมีความต้องการเป็นอย่างมาก ลักษณะประจำพันธุ์ของส้มโอพันธุ์ทับทิมสยาม มีลักษณะใบค่อนข้างกว้าง ปลายใบแหลม ใต้ใบมีขนอ่อนนุ่ม ลักษณะภายนอก ผลมีขนาดใหญ่เส้นรอบผลประมาณ 16-22 นิ้ว หัวจีบ (คล้ายข้าวพวง) ผิวผลมีขนอ่อนนุ่มปกคลุมทั่วผล คล้ายกำมะหยี่ (สำนักงานเกษตรจังหวัดนครศรีธรรมราช, 2552) กรักญญาและคณะ (2551) รายงานว่าคุณค่าอาหารส้มโอ 100 กรัม ให้พลังงาน 41 แคลอรี โปรตีน 0.5 กรัม คาร์โบไฮเดรต 8.8 กรัม ใยอาหาร 0.7 กรัม ฟอสฟอรัส 21 มิลลิกรัม เหล็กมีแต่น้อยมาก เบต้าแคโรทีน 26 ไมโครกรัม วิตามินบี 1 0.07 กรัม วิตามินบี 2 0.02 กรัม ไนอะซิน 0.4 มิลลิกรัมและ วิตามิน 60 มิลลิกรัม การปลูกส้มโอพันธุ์ทับทิมสยามในจังหวัดนครศรีธรรมราช จากการสำรวจข้อมูลโดยสำนักงานเกษตรจังหวัดนครศรีธรรมราช (2552) ตามโครงการพัฒนาคุณภาพส้มโอในเขตพื้นที่ลุ่มน้ำปากพนังอันเนื่องมาจากพระราชดำริเพื่อการส่งออก พบว่าพื้นที่ปลูกส่วนใหญ่ปลูกมากในพื้นที่ตำบลคลองน้อย ตำบลเกาะทวดและตำบลปากพนังฝั่งตะวันตก ของอำเภอปากพนัง พื้นที่ปลูกทั้งหมดจำนวน 67.5 ไร่ ผลผลิตที่ได้รับเฉลี่ย 700-800 ผลต่อไร่ ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับอายุต้นส้มโอด้วย ส้มโอพันธุ์ทับทิมสยามเมื่อผลโตเต็มที่ก็จะเก็บเกี่ยวตามอายุจึงมีสีผิวสีเขียววอลอมเหลือง ส่วนบนจะมีจุดคล้ายส้มโอพันธุ์ขาวพวง บริเวณผิวผลจะมีขนเล็กๆ ปกคลุมทั่วทั้งผล ขนจะอ่อนนุ่ม บริเวณจุดกึ่งกลางก้นของผลเมื่อสุกเต็มจะมีจุดสีน้ำตาลเข้มและขนบริเวณก้นประมาณครึ่งลูกจะหายไป (สำนักงานเกษตรจังหวัดนครศรีธรรมราช, 2552)

มะนาว

มะนาวเป็นผลไม้ที่มีความสำคัญทางเศรษฐกิจ โดยมีการปลูกกันทั่วทุกภาคของประเทศไทยให้โดยในปี พ.ศ. 2550 ให้ผลผลิต 162,747 ตันต่อปี มีมูลค่าของผลผลิต 6,489 ล้านบาท ในส่วนของภาคใต้มีการปลูกกันมากในจ. สุราษฎร์ธานี นครศรีธรรมราช พัทลุง และสตูล (สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร, 2550) เนื่องจากมะนาวมีตลาดตลอดทั้งปี โดยสามารถนำมาใช้ประโยชน์ได้หลายด้านทั้งในการปรุงรสอาหาร เป็น

ส่วนผสมในเครื่องดื่มที่มีวิตามินซีสูงใช้เป็นสมุนไพรและส่วนผสมในเครื่องสำอาง สำหรับพันธุ์มะนาว ที่นิยมปลูกในประเทศไทย มีดังนี้

1. มะนาวไข่ มีลักษณะผลกลม หัวท้ายยาว คล้ายไข่เป็ด ผลโต เส้นผ่าศูนย์กลาง 2 – 3 เซนติเมตร เปลือกบางเหมาะสำหรับทำ มะนาวดอง
2. มะนาวแป้น มีลักษณะผลใหญ่ ทรงผลค่อนข้างกลม เปลือกบาง น้ำหนักมากกว่ามะนาวไข่ น้ำมีกลิ่นหอม นิยมนำ มาทำ น้ำมะนาว
3. มะนาวหนัง ต้นจะมีหนามใหญ่ ยาวและจำนวนมาก ใบหนาใหญ่และกลมรี เปลือกผลหนา ขรุขระ ผลมีน้ำน้อย แต่มีกลิ่นหอม
4. มะนาวควาย เป็นมะนาวที่ออกลูกตก ออกลูกตลอดปี มีทรงพุ่มสวย ไม้ค่อยนิยมนำ มาบริโภค เพราะน้ำไม่หอม มีรสขมเจือปน
5. นอกจากนี้ ยังมีมะนาวพันธุ์อื่นๆ ได้แก่ มะนาวตาอิตี มะนาวพม่า มะนาวโมพี มะนาวมยาน มะนาวกระถาง และมะนาวปีนัง เป็นต้น

ส้มจุก

ส้มจุก จัดอยู่ในวงศ์ Rutaceae มีชื่อวิทยาศาสตร์ว่า *Citrus reticulata* Blanco เป็นส้มในกลุ่มส้มเปลือกอ่อนเช่นเดียวกับส้มโชกุนและส้มเขียวหวาน มีเอกลักษณ์เฉพาะตัวแตกต่างจากส้มชนิดอื่น คือบริเวณขั้วผลมีปุ่มยื่นออกมาคล้ายจุก ภาษาท้องถิ่นภาคใต้เรียกส้มชนิดนี้ว่า "ส้มแป้นหัวจุก" แหล่งปลูกดั้งเดิมอยู่ที่ อำเภอจะนะ จังหวัดสงขลา ตามประวัติที่เล่าสืบต่อกันมาส้มจุกมีการเพาะปลูกมาก่อน ปี พ.ศ. 2444 ซึ่งเป็นการเพาะปลูกของเกษตรกรรายย่อย ต่อมาเมื่อได้รับความนิยมจากผู้บริโภคจึงมีการขยายพื้นที่ปลูกไปทุกตำบลในอำเภอจะนะ ในสมัยนั้นผลผลิตแพร่หลายไปสู่ผู้บริโภค ในภูมิภาคต่างๆ จากชื่อเสียงและรสชาติที่ดีของส้มจุกทำให้มีการขยายพื้นที่ปลูกไปยังแหล่งอื่นๆ ได้แก่ สตูล ประจวบคีรีขันธ์ และ กระบี่ (กรมวิชาการเกษตร, 2550)

ส้มโชกุน

ส้มโชกุน (*Citrus reticulata* Blanco) เป็นไม้ผลยืนต้นเขตร้อนมีปลูกกันมากในภาคใต้ตอนล่าง ได้แก่ ยะลากระบี่ เป็นส้มเขียวหวานที่ได้จากการผสมพันธุ์ระหว่างส้มเขียวหวานธรรมดา กับส้มจีนพันธุ์บิกกาจากชวเถา ส้มโชกุนมีลักษณะพิเศษคือ มีรสหวานเข้มข้น ไม่มีกาก กลิ่นหอมคล้าย ส้มจีนผลส้มมีทรงกลมแป้นเล็กน้อย ส่วนสูงจะสั้นกว่าส่วนกว้าง ผลส้มขนาดกลางสูงประมาณ 5.9 เซนติเมตร และกว้าง 6.8

เซนติเมตร ส่วนผลที่มีขนาดโตจะสูงประมาณ 6.5 เซนติเมตร กว้าง 7.5 เซนติเมตร ด้านปลายผลราบเป็น
 แอ่งตื้น ๆ ฐานผลส่วนใหญ่มน ผิวผลเรียบ มีตุ่มน้ำมันเกิดถี่ เต็มผิวผล ผิวผลแก่จัดมีสีเขียวอมเหลือง
 เปลือกบาง ล่อน ปอกง่าย กลีบแยกจากกันได้ง่าย มีกลีบ ประมาณ 11 กลีบต่อผล ผนังกลีบบางมีรกลีบ
 นำนํ้า เนื้อผลสีส้มแดง เมล็ดมีน้อยไม่เกิน 12 เมล็ดต่อผล (กรมส่งเสริมการเกษตร, 2544)

บทที่ 3

วิธีการดำเนินวิจัย

การทดลอง ศึกษาคุณค่าทางโภชนาและปริมาณสารออกฤทธิ์ผลไม้มะม่วงส้มที่ผลิตเพื่อทางการค้าของภาคใต้

ส้มโอพันธุ์ทับทิมสยาม

เป็นพันธุ์ที่มีปลูกใน อ. ปากพนัง จ. นครศรีธรรมราช โดยวิสาหกิจชุมชนปรับปรุงคุณภาพส้มโอในพื้นที่ปากพนัง เป็นพันธุ์ที่เนื้อสีชมพูเข้ม จนถึงสีแดง รสชาติหวาน ซึ่งมีช่วงเก็บเกี่ยวตลอดทั้งปี ถึงเดือนเมษายนของทุกปี เก็บเกี่ยวผลที่ระยะผลสมบูรณ์ (Commercial maturity) ที่มีอายุ 160 วันหลังจากติดผล โดยผลมีขนาดเส้นรอบวง มากกว่า 25 เซนติเมตร (ขนาดจัมโบ้)

มะนาว

ใช้มะนาวพันธุ์แป้นและมะนาวพันธุ์หนัง จากแหล่งปลูก อ. ชะอวด และ อ.ลานสกา จ. จังหวัดนครศรีธรรมราช โดยเก็บเกี่ยวในระยะที่ 180 วันหลังจากติดผล ซึ่งผลมีสีเขียวเข้ม

ส้ม

เก็บเกี่ยวผลสุกที่ระยะผลสมบูรณ์ (Commercial maturity) ที่มีอายุ 240 วันหลังดอกบาน ซึ่งผลมีสีเขียว จากสวน อ. จะนะ จ. สงขลา และส้มโชกุนที่มีอายุ 310 วันหลังดอกบาน ซึ่งผลมีสีเขียวออกเหลือง จาก อ. เมือง จ.กระบี่

1. ขั้นตอนการเตรียม และการวิเคราะห์ผลทางเคมีเช่นเดียวกัน ดังนี้

1.1 ขั้นตอนการเตรียมผลิตผล

เก็บเกี่ยวผลิตผลตามดัชนีการเก็บเกี่ยวทางการค้า (Commercial maturity index) คัดเลือกผลิตผลจากแต่ละพื้นที่การผลิต โดยในแต่ละชนิดผลิตผลสุ่มเก็บตัวอย่าง ทำการคัดเลือกผลที่สมบูรณ์ ปราศจากบาดแผลตำหนิที่เกิดจากโรคและแมลงเข้าทำลาย มีขนาดผล รูปร่างและความสมบูรณ์ใกล้เคียงกัน ทำการทดลองทั้ง 6 ซ้ำ และในซ้ำทำ duplicate

นำผลผลิตที่ได้มาทำการล้างทำความสะอาดก่อนการเตรียมการวิเคราะห์ทางเคมีต่อไปนี้

1. บันทึกน้ำหนักผลสดผลส้มโอ มะนาวและส้ม
2. ปริมาณกรดอินทรีย์ในเนื้อผลส้มโอ มะนาวและส้ม ได้แก่ citric malic และ oxalic
3. ปริมาณน้ำตาลในเนื้อผลส้มโอ มะนาวและส้ม ได้แก่ sucrose glucose และ fructose
4. ปริมาณ α -tocopherol ส้มโอ มะนาวและส้ม
5. ปริมาณกรด ascorbic และ dehydroascorbic ส้มโอ มะนาวและส้ม
6. ปริมาณ flavanoid ในส้มโอ มะนาวและส้ม
7. ปริมาณ anthocyanin ในส้มโอ

- นำผลผลิตที่ได้มาทำการล้างทำความสะอาดก่อนการเตรียมการวิเคราะห์ทางเคมีต่อไปนี้

ผลผลิต	น้ำตาล	กรดอินทรีย์	α - tocopherol	ascorbic และ dehydroascorbic	flavonoid	anthocyanin
	Sucrose	Citric				
	Glucose	Malic				
	Fructose	Oxalic				
ส้มโอพันธุ์ ทับทิมสยาม	✓	✓	✓	✓	✓	✓
มะนาวพันธุ์ แป้นและ พันธุ์หนัง	✓	✓	✓	✓	✓	-
ส้มजू	✓	✓	✓	✓	✓	-
ส้มโชกุน	✓	✓	✓	✓	✓	-

1.2 การวิเคราะห์ลักษณะคุณภาพภายนอก คุณค่าทางโภชนาการและปริมาณสารออกฤทธิ์สำคัญในผลผลิตและคำนวณขนาดบริโภค

1.2.1 ชั่งน้ำหนักผลสด และตรวจวัดคุณภาพภายนอก โดยการวัดสีของผลผลิตนั้นๆ โดยรายงานออกมาเป็นค่า Hue angle

ทำการวัดสี โดยใช้เครื่องวัดสี (Colorimeter) ในการวัดจะใช้หัววัดแนบให้สัมผัสกับผิวผลผลิตให้มากที่สุด และรายงานผลเป็นค่า Hunter's scale (รูป) ซึ่งประกอบด้วยค่าต่างๆ ดังนี้

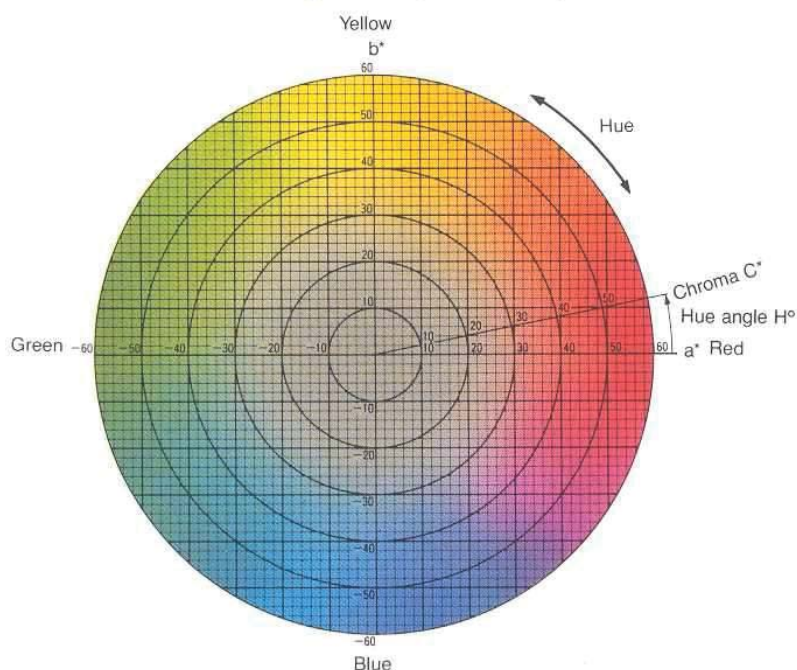
- ค่า L (Lightness) เป็นค่าที่รายงานถึงความสว่างของสี มีค่าตั้งแต่ 0 ถึง 100 ถ้าค่า L สูง หมายถึง มีความสว่างมาก แต่ถ้าค่า L ต่ำ หมายถึง มีสีเข้มมาก
- ค่า b เป็นค่าที่รายงานถึงการแสดงออกของสี ซึ่งเป็นค่าที่แสดงออกถึงโทนสีน้ำเงิน-เหลือง
- ค่า a เป็นค่าที่รายงานถึงการแสดงออกของสี ซึ่งเป็นค่าที่แสดงออกถึงโทนสีเขียว-แดง
- ค่า Hue angle เป็นค่าที่รายงานถึงการเปลี่ยนแปลงของโทนสีในระดับต่าง ๆ ที่เปลี่ยนไปตามค่ามุม (รูปที่ 1) ซึ่งคำนวณได้จากสูตร

$$\text{Hue angle } (H^0) = (\tan^{-1} b/a) \quad \text{เมื่อค่า } a > 0 \text{ และ } b \geq 0$$

$$\text{Hue angle } (H^0) = 180^0 + (\tan^{-1} b/a) \quad \text{เมื่อค่า } a < 0$$

$$\text{Hue angle } (H^0) = 360^0 + (\tan^{-1} b/a) \quad \text{เมื่อค่า } a > 0 \text{ และ } b < 0$$

L*a*b* Color System (CIE 1976)



รูปที่ 1. Hue angle ในแผนผังของ CIELAB

- นำผลิตภัณฑ์ที่ได้แยกส่วนเปลือกและเนื้อ หั่นเป็นชิ้นเล็กๆ นำไปแช่ในไนโตรเจนเหลว เก็บตัวอย่างไว้ที่อุณหภูมิ -80°C ทำการวิเคราะห์ปริมาณสารออกฤทธิ์สำคัญ ดังนี้

1.2.2 ปริมาณน้ำตาลและปริมาณกรดอินทรีย์

วิธีการเตรียมตัวอย่างเพื่อวิเคราะห์น้ำตาล นำคั้นปริมาตร 15 ml ผสมกับเอทานอล 70% 35 ml แล้วต้มให้เดือด 15 นาที แล้วกรองด้วย Whatman filter paper แล้วนำสารสกัดที่ได้ จากนั้นระเหยตัวทำละลายที่อุณหภูมิ 50°C ในสภาพกึ่งสุญญากาศด้วยเครื่อง evaporator จนแห้ง ปรับปริมาตรสารสกัดด้วยน้ำกลั่น 4 ml นำสารสกัดมาแยกด้วย Lichrocart เพื่อวิเคราะห์ปริมาณน้ำตาลได้แก่ ซูโครส ฟรุคโทสและกลูโคส และแยกด้วย Mightysil RP-18 GP 250 เพื่อวิเคราะห์กรดอินทรีย์ได้แก่ กรดซิตริก มาลิก และออกซาลิก และสารประกอบอิสระที่ละลายน้ำได้ถูกชะออกมา นำมากรองด้วย membrane filter ขนาด $0.45\ \mu\text{m}$ ก่อนฉีดเข้าเครื่อง HPLC

1.2.3 ปริมาณ α -tocopherol

วิธีการสกัด α -tocopherol ดัดแปลงจาก Speek และคณะ (1985) นำตัวอย่างผลิตภัณฑ์ จำนวน 3-5 กรัม ที่ปั่นละเอียด ใส่ในขวดแก้วสีน้ำตาล (saponification flask) เติม 10% ascorbic acid ปริมาตร 10 มิลลิลิตร และ 2 M ethanolic potassium hydroxide (KOH) ปริมาตร 50 มิลลิลิตร ทำการผสมกันและต้มในอ่างน้ำร้อน 30 นาที ต่อมานำตัวอย่างทำให้เย็นที่อุณหภูมิห้อง หลังจากนั้นใส่ 70 มิลลิลิตรของ hexane ทำการเขย่าอย่างต่อเนื่องนาน 2 นาที หลังจากแยกเป็น 2 ชั้น ให้แยกสารชั้นบนใส่ใน ขวดแก้วสีน้ำตาล (separating funnel) ที่มี 5% (w/v) KOH ปริมาตร 50 มิลลิลิตร ทำการสกัดแยกสาร 2 ครั้งด้วย hexane ปริมาตร 35 มิลลิลิตร ต่อมาล้าง hexane ออกจากสารที่สกัดได้ด้วย 10% (w/v) sodium chloride ปริมาตร 100 มิลลิลิตร และล้างตะกอนด้วยน้ำ ปริมาตร 100 มิลลิลิตร เพื่อล้าง alkali ออก จากนั้นนำสารละลายตัวอย่างที่ได้มาทำการระเหยสารสกัดออกจากด้วยเครื่อง rotary evaporator ภายใต้อากาศดันในอ่างน้ำร้อนที่ 37 องศาเซลเซียส ละลายสารสกัดที่ได้นำมาด้วย chloroform ปริมาตร 1 มิลลิลิตร และ methanol ปริมาตร 1 มิลลิลิตร

นำสารละลายไปแยกวิเคราะห์หาสาร α -tocopherol มาเปรียบเทียบกับสารเคมีมาตรฐาน โดยเครื่อง HPLC-PAD (LC-20AT prominence liquid chromatograph (Shimadzu, Japan) - SPD-M20A Diode array detector (PAD)) ตามวิธีการของ Junka และคณะ (2007) โดยใช้ Inertsil ODS-3 column (5 m 4.6 x 250 mm S/N 5F186218) และบันทึกข้อมูลโดย Solution programme (Shimadzu, Japan) โดยใช้ mobile phase ประกอบด้วย acetonitrile (CH_3CN):tetrahydrofuran (THF):methanol (CH_3OH):triethylamine (TEA), ของ 80:40:6:0.1 (v/v/v/v) ประกอบด้วย 0.2% ammonium acetate ที่มีอัตราการไหลเท่ากับ 1.0 มิลลิลิตรต่อนาที ตรวจวัดที่ความยาวคลื่น 292 nm

1.2.4 ปริมาณกรด ascorbic และ dehydroascorbic

วิธีการวัดปริมาณ ascorbic และ dehydroascorbic จาก Roe และคณะ (1948)

การวิเคราะห์ ascorbic นำตัวอย่างมา 25 กรัม เติมสาร Metaphosphoric acid ความเข้มข้น 5 เปอร์เซ็นต์ ปริมาตร 10 มิลลิลิตรปั่นโดยใช้เครื่อง homogenize ให้ละเอียด กรองด้วยกระดาษกรองเบอร์ 1 และทำการเจือจาง 10 เท่าด้วย Metaphosphoric acid จากนั้นนำตัวอย่างที่เจือจางแล้ว ปริมาตร 0.4 มิลลิลิตร และเติมสาร Indophenol ปริมาตร 0.2 มิลลิลิตร เติม Thiourea 2.0 เปอร์เซ็นต์ ปริมาตร 0.4 มิลลิลิตร และ DNP 2.0 เปอร์เซ็นต์ ปริมาตร 0.2 มิลลิลิตร (blank ไม่ต้องเติม DNP) ทำการบ่มที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส นาน 3 ชั่วโมง เติม Sulfuric acid 85 เปอร์เซ็นต์ (blank ต้องเติม DNP ปริมาตร 0.2 มิลลิลิตร ด้วย) และบ่มที่อุณหภูมิห้องนาน 30 นาที จากนั้นนำไปวัดค่าการดูดกลืนแสงด้วยเครื่อง Spectrophotometer ความยาวคลื่น 540 นาโนเมตร โดยเปรียบเทียบกับ blank ซึ่งใช้ Meta-phosphoric acid ความเข้มข้น 5 เปอร์เซ็นต์

แทนสารละลายส่วนใส รายงานผลการทดลองในหน่วยของ mg/100g FW โดยเปรียบเทียบกับกราฟมาตรฐานระหว่างความเข้มข้นของสารละลาย Ascorbic acid

การวิเคราะห์ปริมาณ Dehydroascorbic acid โดย นำตัวอย่างสารละลายส่วนใสที่ได้จากการสกัดปริมาตร 0.4 มิลลิลิตร ใส่ลงในหลอดทดลอง และเติม สารละลาย Meta-phosphoric acid ความเข้มข้น 5 เปอร์เซ็นต์ ปริมาตร 0.2 มิลลิลิตร จากนั้นเติม Thiourea ความเข้มข้น 2.0 เปอร์เซ็นต์ ปริมาตร 0.4 มิลลิลิตร และ DNP ความเข้มข้น 2.0 เปอร์เซ็นต์ ปริมาตร 0.2 มิลลิลิตร (blank ไม่ต้องเติม DNP) จากนั้นนำสารละลายตัวอย่างบ่มใน Water bath ที่ อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส เป็นเวลานาน 3 ชั่วโมง จากนั้นจึงนำมาเติม Sulfuric acid ความเข้มข้น 85 เปอร์เซ็นต์ (blank ต้องเติม DNP ปริมาตร 0.2 มิลลิลิตรด้วย) และบ่มที่ อุณหภูมิห้อง เป็นเวลานาน 30 นาที แล้วจึงนำไปวัดค่าการดูดกลืนแสงด้วยเครื่อง Spectrophotometer ความยาวคลื่น 540 นาโนเมตร โดยเปรียบเทียบกับ blank ซึ่งใช้ Meta-phosphoric acid ความเข้มข้น 5 เปอร์เซ็นต์ แทนสารละลาย ส่วนใส รายงานผลการทดลองในหน่วยของ mg/100g FW โดยเปรียบเทียบกับกราฟมาตรฐานระหว่างความเข้มข้นของสารละลาย Ascorbic acid กับค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 540 นาโนเมตร

1.2.5 ปริมาณ flavonoids และ anthocyanins

วิธีการสกัด flavonoids และ anthocyanins ดัดแปลงจาก Junka และคณะ (2007) และ Wang และคณะ (2009) นำ 3 – 5 กรัม ของผลัดผลมาปั่นให้ละเอียดในอะซิโตน 80% ปริมาตร 20 ml ที่มีกรดฟอร์มิก 0.2% เขย่าที่ 4°C นาน 6 ชั่วโมง แล้วกรองด้วย Whatman filter paper นำกากมาสกัดซ้ำด้วยอะซิโตนอีก 2 ครั้ง แล้วนำสารสกัดที่ได้มารวมกัน จากนั้นระเหยตัวทำละลายที่อุณหภูมิ 35°C ในสภาพกึ่งสุญญากาศ ด้วยเครื่อง evaporator ปรับปริมาตรสารสกัดด้วยน้ำกลั่นที่มีกรดฟอร์มิก 3% นำสารสกัดมาแยกด้วย C18 Sep-Pak cartridge (Waters) ล้างด้วยน้ำกลั่นที่มีกรดฟอร์มิก 3% เพื่อให้น้ำตาล กรดอินทรีย์ และ สารประกอบอิสระที่ละลายน้ำได้ถูกชะออกมา จากนั้นชะ flavonoids และ anthocyanins ออกมาด้วยเมทานอลที่มีกรดฟอร์มิก 3% นำมากรองด้วย membrane filter ขนาด 0.45 μ m ก่อนฉีดเข้าเครื่อง HPLC

การตรวจวัดปริมาณ flavonoids และ anthocyanins โดยเครื่อง HPLC-PAD (LC-20AT prominence liquid chromatograph (Shimazu, Japan) - SPD-M20A Diode array detector (PAD)) ตามวิธีการของ Junka และคณะ (2007) โดยใช้ Inertsil ODS-3 column (5 m 4.6 x 250 mm S/N 5FI86218) และบันทึกข้อมูลโดย Solution programme (Shimazu, Japan) การแยก flavonoids และ anthocyanins ทำโดยใช้สัดส่วน gradient solutions ของ solvent A (4% phosphoric acid) และ solvent B (100% acetonitrile) ที่ 3000 psi โดยใช้อัตราการไหล 0.7 ml/min ทำการตรวจสแกนคลื่นแสงระหว่าง 250 and 550 nm นำมาเปรียบเทียบกับสารละลายมาตรฐาน Naringin Narirutin Hesperidin และ Neohesperidin

บทที่ 4

ผลการทดลองและวิจารณ์

การตรวจสอบนี้เป็นการตรวจลักษณะทางกายภาพและหาสารออกฤทธิ์ชนิดต่างๆ จากผลไม้ 5 ชนิดตัวอย่าง คือ มะนาว 2 สายพันธุ์ จาก อ. ชะอวด จ. นครศรีธรรมราช ('แป้น' และ 'หนัง') ส้มโอ 1 สายพันธุ์ ('ทับทิมสยาม') จาก อ. ปากพั่น จ. นครศรีธรรมราช ซึ่งเป็นส้มโอที่มีมูลค่าสูง เป็นสิ่งบ่งชี้ทางภูมิศาสตร์ของจังหวัดนี้ และส้ม 2 ชนิด คือ ส้มจุก จาก อ.จะนะ จ.สงขลา และ ส้มโชกุน ในพื้นที่ อ.เมือง จ. กระบี่ ซึ่งเป็นส้มที่มีปลูกกันในพื้นที่ภาคใต้

ลักษณะทางกายภาพของผลไม้ทั้ง 5 ชนิดตัวอย่าง (ตารางที่ 1) คือ มะนาว 2 สายพันธุ์ ('แป้น' และ 'หนัง') มีน้ำหนักสดต่อผลที่ใกล้เคียงกัน โดยขนาดผลของมะนาวพันธุ์แป้นจะมีขนาดผลใหญ่กว่ามะนาวพันธุ์หนังแต่ไม่พบความแตกต่างกันทางสถิติ และมีการเปลี่ยนแปลงสีโดยค่า Hue angle สูงกว่าซึ่งบ่งบอกถึงการมีลักษณะสีเขียวของสีเปลือกเข้มกว่ามะนาวพันธุ์หนัง ขณะที่ส้มโอพันธุ์ทับทิมสยามมีสีเปลือกที่เป็นสีเขียวอ่อนกว่ามะนาวทั้งสองพันธุ์ แต่มีขนาดผลหนักที่สุด รองลงมาคือส้มจุกและส้มโชกุน ตามลำดับ ซึ่งส้มจุกมีค่า Hue angle สูงที่สุดอย่างมีนัยสำคัญยิ่งคือมีสีเปลือกที่มีสีเขียวเข้ม อย่างไรก็ตามจากผลการทดลองพบค่าการเปลี่ยนแปลงสีเป็นค่าที่บ่งบอกถึงลักษณะกายภาพของสีเปลือก ซึ่งไม่มีความสัมพันธ์กับปริมาณสารสำคัญในผล

ตารางที่ 1 น้ำหนักสด และค่าสีของผลไม้ชนิดต่างๆ

ลักษณะทางกายภาพของผลไม้ ^{1/}		
ชนิดผลไม้	น้ำหนักสดต่อผล (g)	ค่า Hue angle
มะนาว พันธุ์แป้น	57±1.63a	113.27±1.29b
มะนาว พันธุ์หนัง	48±1.27a	110.60±1.22b
ส้มโอพันธุ์ทับทิมสยาม	1,602±40.22d	99.71±1.12a
ส้มจุก	248±2.23c	120.53±1.15c
ส้มโชกุน	186±3.13b	105.78±1.09a

^{1/} แสดงค่าเฉลี่ย (n=5)

abcd... ตัวอักษรที่ต่างกันกำกับในแนวดิ่งมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ (p < 0.05)

ปริมาณน้ำตาลในเนื้อผลของผลไม้ทั้ง 5 ชนิดตัวอย่าง (ตารางที่ 2) ได้แก่ glucose fructose และ sucrose พบว่าผลไม้ในตระกูลส้มเหล่านี้ ในมะนาวส้มโอและส้ม มีปริมาณน้ำตาล fructose สูงที่สุด รองลงมา glucose และ sucrose ตามลำดับ โดยส้มโชกุนมีปริมาณน้ำตาล fructose glucose และ sucrose ถึง 8.25 5.98 และ 4.06 g/100ml juice สูงที่สุดอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง รองลงมาคือส้มโอพันธุ์ทับทิมสยามมีค่าเท่ากับ 6.07 4.52 และ 2.09 g/100ml juice และส้มจุกมีค่า 4.85 2.28 และ 2.12 g/100ml juice ในขณะที่มะนาวพันธุ์แป้นมีปริมาณน้ำตาล fructose glucose และ sucrose เท่ากับ 0.21 0.33 และ 0.12 g/100ml juice ซึ่งมีปริมาณสูงกว่ามะนาวพันธุ์หนังคือ 0.15 0.26 และ 0.16 g/100ml juice ตามลำดับ

ตารางที่ 2 ปริมาณน้ำตาลในผลไม้ชนิดต่างๆ

ชนิดผลไม้	คุณค่าทางโภชนาการเนื้อของผลไม้ ^{1/}		
	glucose	fructose	sucrose
	(g/100ml juice)	(g/100ml juice)	(g/100ml juice)
มะนาว พันธุ์แป้น	0.21±0.24a	0.33±0.14a	0.12±0.09a
มะนาว พันธุ์หนึ่ง	0.15±0.31a	0.26±0.22a	0.16±0.11a
ส้มโอพันธุ์ทับทิมสยาม	4.52±0.26c	6.07±0.15b	2.09±0.16b
ส้มจุก	2.28±0.19b	4.85±0.24b	2.12±0.10b
ส้มโชกุน	5.98±0.16c	8.25±0.18c	4.06±0.10c

^{1/} แสดงค่าเฉลี่ย (n=5) ในหน่วย g/100ml juice

abc... ตัวอักษรที่ต่างกันกำกับในแนวดิ่งมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ (p < 0.05)

ปริมาณกรดอินทรีย์ในเนื้อผลของผลไม้ทั้ง 5 ชนิดตัวอย่าง (ตารางที่ 3) ได้แก่ citric malic และ oxalic พบว่าผลไม้ในตระกูลเหล่านี้ ในมะนาว ส้มโอและส้ม มีปริมาณกรดอินทรีย์ citric สูงที่สุด รองลงมา malic และ oxalic ตามลำดับ โดยในการวิเคราะห์ส้มโอพันธุ์ทับทิมสยามไม่พบกรด oxalic ซึ่งปริมาณกรด citric malic และ oxalic ในมะนาวพันธุ์แป้นมีค่าเท่ากับ 4.62 1.05 และ 0.09 g/100ml juice มีปริมาณใกล้เคียงกับมะนาวพันธุ์หนึ่งซึ่งมีค่าเท่ากับ 4.71 0.96 และ 0.04 g/100ml juice โดยมะนาวมีปริมาณอินทรีย์สูงที่สุดอย่างมีนัยสำคัญเมื่อเปรียบเทียบกับผลไม้ตระกูลส้มชนิดอื่นๆ รองลงมาคือ ส้มจุกและส้มโชกุน มีค่าเท่ากับ 3.08 0.56 และ 0.02 g/100ml juice และ 2.24 0.36 และ 0.01 g/100ml juice ตามลำดับ ในขณะที่ส้มโอพันธุ์ทับทิมสยามมีปริมาณกรด citric และ malic เท่ากับ 1.10 และ 0.15 g/100ml juice ตามลำดับ โดยผลไม้ตระกูลส้มจะพบปริมาณ oxalic ในปริมาณที่ต่ำ

ตารางที่ 3 ปริมาณกรดอินทรีย์ในผลไม้ชนิดต่างๆ

ชนิดผลไม้	คุณค่าทางโภชนาการเนื้อของผลไม้ ^{1/}		
	citric acid	malic acid	oxalic acid
	(g/100ml juice)	(g/100ml juice)	(g/100ml juice)
มะนาว พันธุ์แป้น	4.62±0.26c	1.05±0.11c	0.09±0.01a
มะนาว พันธุ์หนัง	4.71±0.15c	0.96±0.14c	0.04±0.02a
ส้มโอ พันธุ์ทับทิมสยาม	1.10±0.16a	0.15±0.08a	-
ส้มจุก	3.08±0.18b	0.56±0.13b	0.02±0.02a
ส้มโชกุน	2.24±0.15ab	0.36±0.14b	0.01±0.01a

^{1/} แสดงค่าเฉลี่ย (n=5) ในหน่วย g/100ml juice

abc... ตัวอักษรที่ต่างกันกำกับในแนวดิ่งมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ (p < 0.05)

- ตรวจวิเคราะห์ไม่พบ

สารออกฤทธิ์ทางชีวภาพ (bioactive compounds) เป็นสารที่มีในธรรมชาติพบในอาหารทั่วไป เช่น สารกลุ่มฟีนอลิก (phenolic compound) สารกลุ่มแคโรทีนอยด์ เช่น เบต้าแคโรทีน วิตามินอี วิตามินซีและกลุ่มวิตามินบีเป็นต้น มีคุณสมบัติในเชิงออกฤทธิ์ทางชีวภาพ เช่น ป้องกัน การเกิดอนุมูลอิสระ ช่วยเสริมสร้างระบบภูมิคุ้มกัน เป็นต้น ซึ่งสมบัติเหล่านี้จะช่วยในการส่งเสริมสุขภาพ ทั้งช่วยป้องกัน และรักษาโรคได้ (Park , 2006) การวิเคราะห์สารออกฤทธิ์ทางชีวภาพในผลไม้ตระกูลส้ม จึงทำการวัดค่าปริมาณ α -tocopherol ascorbic acid และ dehydroascorbic สารประกอบฟีนอลิกได้แก่ แอนโทไซยานิน ชนิดและปริมาณของและฟลาโวนอยด์

ปริมาณสารต่อต้านอนุมูลอิสระในเนื้อผลของผลไม้ทั้ง 5 ชนิดตัวอย่าง (ตารางที่ 4) ได้แก่ α -tocopherol ascorbic acid และ dehydroascorbic พบว่าในผลส้มโอพันธุ์ทับทิมสยามมีปริมาณ α -tocopherol สูงที่สุดเท่ากับ 42.12 รองลงมาส้มโชกุนและส้มจุกเท่ากับ 37.02 และ 34.35 ng/gFW ซึ่งไม่แตกต่างกันทางสถิติในส้มทั้งสองชนิดนี้ α -tocopherol หรือวิตามินอี ซึ่งเป็นสารที่เป็น lipid soluble compounds เช่นเดียวกับสารเบต้าแคโรทีน และสารไลโคพีน การสกัดสารกลุ่มนี้จึงทำพร้อมกันโดยนำไป

ทำปฏิกิริยา sponification กับ potassium hydroxide เพื่อตัดการเชื่อมต่อหรือการยึดกับโมเลกุลของกรดอินทรีย์ออกก่อน

ขณะที่มะนาวพันธุ์แป้นมีค่าเท่ากับ 25.75 และมะนาวพันธุ์หนึ่ง 14.08 ng/g FW ตามลำดับซึ่งมีค่าต่ำที่สุด ส่วนปริมาณกรด ascorbic ส้มโชกุนมีปริมาณกรด ascorbic สูงที่สุดเท่ากับ 88.29 mg/100g FW รองลงมาคือส้มจุกและส้มโอพันธุ์ทับทิมสยามมีปริมาณกรด ascorbic ซึ่งมีค่าใกล้เคียงกันเท่ากับ 72.18 และ 68.22 mg/100g FW ขณะที่มะนาวพันธุ์หนึ่งและมะนาวพันธุ์แป้น โดยมีค่าเท่ากับ 49.50 และ 46.07 mg/100g FW ตามลำดับซึ่งมีค่าต่ำที่สุดอย่างมีนัยสำคัญ นอกจากนี้จากการวิเคราะห์ปริมาณ dehydroascorbic ในผลไม้ตระกูลส้ม ซึ่งผลการทดลองสอดคล้องกับปริมาณ ascorbic โดยส้มโชกุนมีปริมาณ dehydroascorbic สูงที่สุดเท่ากับ 11.87 mg/100g FW รองลงมาคือส้มจุก ส้มโอพันธุ์ทับทิมสยาม มะนาวพันธุ์หนึ่งและพันธุ์แป้น โดยมีค่าเท่ากับ 9.15 8.45 4.38 และ 2.82 mg/100g FW ตามลำดับ

ตารางที่ 4 ปริมาณ α -tocopherol ascorbic acid และ dehydroascorbic ในผลไม้ชนิดต่างๆ

ปริมาณสารออกฤทธิ์ในเนื้อของผลไม้ ^{1/}			
ชนิดผลไม้	α -tocopherol (ng/g FW)	ascorbic acid (mg/100g FW)	dehydroascorbic (mg/100g FW)
มะนาว พันธุ์แป้น	25.75±0.54b	46.07±0.42a	2.82±0.25a
มะนาว พันธุ์หนึ่ง	14.08±0.09a	49.50±0.39a	4.38±0.21b
ส้มโอ พันธุ์ทับทิมสยาม	42.12±0.16d	68.22±3.11b	8.45±0.78c
ส้มจุก	34.35±0.16c	72.18±1.23b	9.15±0.87c
ส้มโชกุน	37.02±0.57c	88.29±1.05c	11.87±0.65d

^{1/} แสดงค่าเฉลี่ย (n=5) ในหน่วย (ng/g FW) ยกเว้น ascorbic acid และ dehydroascorbic ซึ่งมีหน่วยเป็น (mg/100g FW)

abcd.. ตัวอักษรที่ต่างกันกำกับในแนวดิ่งมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p < 0.05$)

จากการวิเคราะห์ปริมาณสาร flavonoid ในเนื้อผลมะนาว 2 พันธุ์ ส้มโอพันธุ์ทับทิมสยามและส้มจำนวน 2 ชนิด โดยวิธี HPLC (ตารางที่ 5) พบว่ามะนาวมีปริมาณสาร flavonoid ที่พบในเนื้อผล 4 ชนิด ได้แก่ Naringin Narirutin Hesperidin และ Neohesperidin ซึ่งสอดคล้องกับรายงานในส้ม *Citrus nagato-yuzikichi* (Yamauchi et al., 2002) โดยผลการทดลองพบว่าปริมาณ Naringin มีค่าสูงที่สุด รองลงมา Hesperidin Narirutin และ Neohesperidin ตามลำดับ โดยมะนาวพันธุ์แป้นมีปริมาณ flavonoid ดังกล่าวมีค่าเท่ากับ 5.75 1.02 2.20 และ 0.76 µg/ml juice ตามลำดับ สูงกว่ามะนาวพันธุ์หนังซึ่งมีค่าเท่ากับ 4.02 0.85 1.95 และ 0.35 µg/ml juice ตามลำดับ รองลงมาที่ส้มโอพันธุ์ทับทิมสยามมีปริมาณ flavonoid มีค่าเท่ากับ 2.65 0.11 0.56 และ 0.09 µg/ml juice ขณะที่ส้มจุกและส้มโชกุนมีปริมาณ flavonoid ทั้ง 4 ชนิด ที่ใกล้เคียงกันคือ 2.05 0.09 0.48 และ 0.05 µg/ml juice และ 1.88 0.06 0.40 และ 0.04 µg/ml juice ตามลำดับ โดยมีปริมาณ flavonoid ต่ำที่สุดเมื่อเปรียบเทียบกับชนิดอื่นๆ

ตารางที่ 5 ปริมาณ flavonoid ในผลไม้ชนิดต่างๆ

ชนิดผลไม้	ปริมาณสารออกฤทธิ์ในเนื้อของผลไม้ ^{1/}			
	Naringin	Narirutin	Hesperidin	Neohesperidin
	(µg/ml juice)	(µg/ml juice)	(µg/ml juice)	(µg/ml juice)
มะนาว พันธุ์แป้น	5.75±0.05b	1.02±0.08b	2.20±0.14b	0.76±0.06b
มะนาว พันธุ์หนัง	4.02±0.08b	0.85±0.07b	1.95±0.09b	0.35±0.09b
ส้มโอ พันธุ์ทับทิมสยาม	2.65±0.06a	0.11±0.03a	0.56±0.02a	0.09±0.01a
ส้มจุก	2.05±0.07a	0.09±0.02a	0.48±0.03a	0.05±0.02a
ส้มโชกุน	1.88±0.08a	0.06±0.02a	0.40±0.07a	0.04±0.05a

^{1/} แสดงค่าเฉลี่ย (n=5) ในหน่วย (µg/ml juice)

abc... ตัวอักษรที่ต่างกันกำกับในแนวนอนมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ (p < 0.05)

จากการวิเคราะห์สารแอนโทไซยานินซึ่งเป็นสารอยู่ในกลุ่มฟลาโวนอยด์เป็นสารสีกลุ่มที่มีขั้วที่ให้ช่วงสีแดง-น้ำเงิน ในเนื้อผลส้มโอพันธุ์ทับทิมสยามและพบว่าแอนโทไซยานินหลักคือ Cyanidin-3-glucoside โดยพบว่าเนื้อผลส้มโอพันธุ์ทับทิมสยามมีค่าเท่ากับ 154.35 µg/g FW ทั้งนี้สามารถบ่งชี้ได้ว่าสีเนื้อผลของส้มโอพันธุ์ทับทิมสยามที่เป็นสีชมพู อาจจะเป็นสารของ anthocyanin คือ Cyanidin-3-glucoside จึงจำเป็นต้องมีการศึกษาเพิ่มเติมต่อไป ขณะที่มะนาวทั้ง 2 พันธุ์และส้มทั้ง 2 ชนิด ไม่พบปริมาณแอนโทไซยานินใดๆ (ตารางที่ 6)

ตารางที่ 6 ปริมาณแอนโทไซยานินในผลไม้ชนิดต่างๆ

คุณค่าทางโภชนาการเนื้อของผลไม้ ^{1/}	
ชนิดผลไม้	anthocyanin (µg/g FW)
มะนาว พันธุ์แป้น	-
มะนาว พันธุ์หนัง	-
ส้มโอ พันธุ์ทับทิมสยาม	154.35±10.12
ส้มจุก	-
ส้มโชกุน	-

^{1/} แสดงค่าเฉลี่ย (n=5) ในหน่วย (µg/g FW)

abc... ตัวอักษรที่ต่างกันกำกับในแนวดิ่งมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ (p < 0.05)

- ตรวจวิเคราะห์ไม่พบ

เอกสารอ้างอิง

- กรมวิชาการเกษตร. สถาบันวิจัยพืชสวน. 2550. เอกสารวิชาการมาตรฐานพันธุ์พืชสวน, 346 หน้า.
- กรมส่งเสริมการเกษตร. 2544. สถิติการปลูกไม้ผล-ไม้ยืนต้นปี 2541. ฝ่ายข้อมูลส่งเสริมการเกษตรกอง
แผนงาน. โรงพิมพ์ชุมนุมสหกรณ์การเกษตรแห่งประเทศไทย. หน้า 128 – 131.
- สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร. สถิติการเกษตรของประเทศไทย ปี 2550. ศูนย์สารสนเทศการเกษตร
สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์.
- สุรินทร์ แสงเงิน. 2542. การควบคุมโรคเหี่ยวตายอาหารเส้นใย. น. 158-162, ใน วิธีสุขภาพแห่งชีวิต,
สหพันธ์มั่งสวัริติแห่งประเทศไทย, กรุงเทพมหานคร.
- สิริพันธุ์ จุลกรังคะ. 2545. โภชนศาสตร์เบื้องต้น, พิมพ์ครั้งที่ 3. สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
กรุงเทพมหานคร. 290 น.
- Junka, N., Wongs-Aree, C., Kanlayanarat, S., Thanomchit, K. 2007. Predominance of cyanidin
found in flower from two species of *Aerides* orchids. *Acta Horticulturae* 755: 549-556.
- Loft, S., Møller, P., Cooke, M.S., Rozalski, R., Olinski, R. 2008. Antioxidant vitamins and cancer
risk: is oxidative damage to DNA a relevant biomarker? *European Journal of Nutrition* 47
(Suppl 2):19–28
- Park, Y.S. and others. 2006. "Drying of Persimmons (*Diospyros Kaki* L.) and there Following
Changes in the Studied Bioactive Compounds and the Total Radical Scavenging Activities,"
LWT- Food Science and Technology. 39 : 748-755.
- Pascual-Teresa, S, Sanchez-Ballesta, M.T. 2008. Anthocyanins: from plant to health.
Phytochemistry Reviews 7:281–299.
- Roe, J.H., Mary, B.M., Oesterling, M.J., Charlottle, M.D., 1948. The determination of diketo-gulonic
acid, dehydro-L-ascorbic acid, and L-ascorbic acid in the same tissue extract by 2,4-
dinitrophenyl hydrazine method. *J. Biol. Chem.* 174, 201-208.
- Speek, A.J., Schrijver, J., Schreurs, W.H.P. 1985. Vitamin E composition of some seed oils as
determined high-performance liquid chromatography with flurometric detection. *Journal of
Food Science* 50: 121-124.

- Tsuda, T. 2000. The role of anthocyanins as an antioxidant under oxidative stress in rats. *Biofactors* 13: 133-139.
- Wang, S.Y., C.T. Chen, C.Y. Wang. 2009. The influence of light and maturity on fruit quality and Flavanoid content of red raspberries. *Food chemistry*. 112:676-684.
- Yamauchi, N., Eguchi, K. 2002. In vitro chlorophyll degradation involved in flavanoid radical formed by chlorophyll degrading peroxidase in flavedo extract of *citrus nagato-yuzukichi* fruit. *J. of the Japanese Society for Horticultural Science*. 71(2): 243-248.

ภาคผนวก

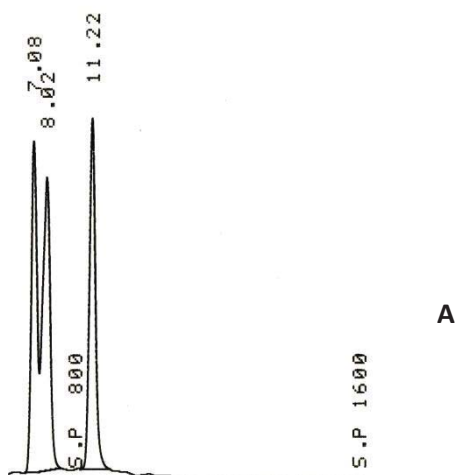
1. Chromatogram ของสารมาตรฐาน sugar (fructose glucose และ sucrose)

ที่ความเข้มข้น 0.5% (A) ตามวิธีที่ระบุไว้ในบทที่ 3 วิธีการดำเนินการวิจัย

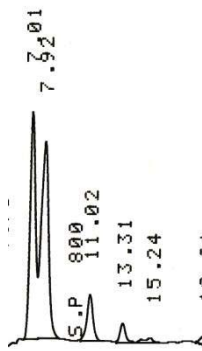
Retention time 7.08= fructose

8.02=glucose

11.22=sucrose

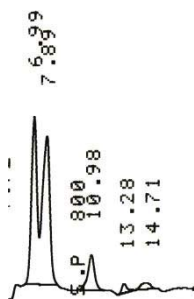


2. Chromatogram ของสารสกัดจากน้ำส้มโอพันธุ์ทับทิมสยาม (B)



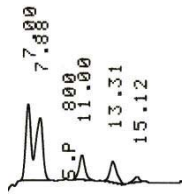
B

3. Chromatogram ของสารสกัดจากน้ำมะนาวพันธุ์แป้น (C)



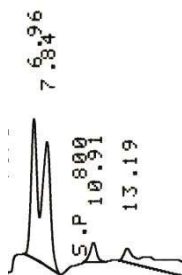
C

4. Chromatogram ของสารสกัดจากน้ำมะนาวพันธุ์หนึ่ง (D)



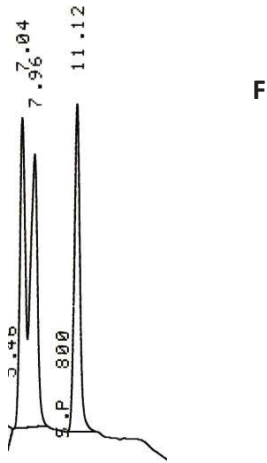
D

5. Chromatogram ของสารสกัดจากน้ำส้มจุก (E)



E

6. Chromatogram ของสารสกัดจากน้ำส้มโชกุน (F)

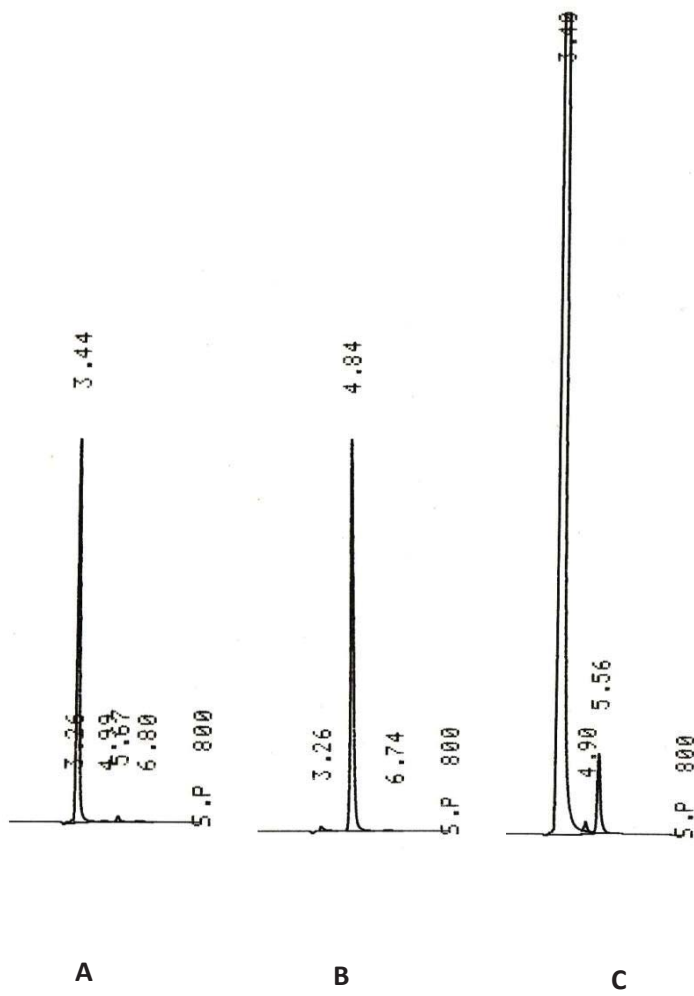


2. Chromatogram ของสารมาตรฐาน organic acid (Malic citric และ oxalic)

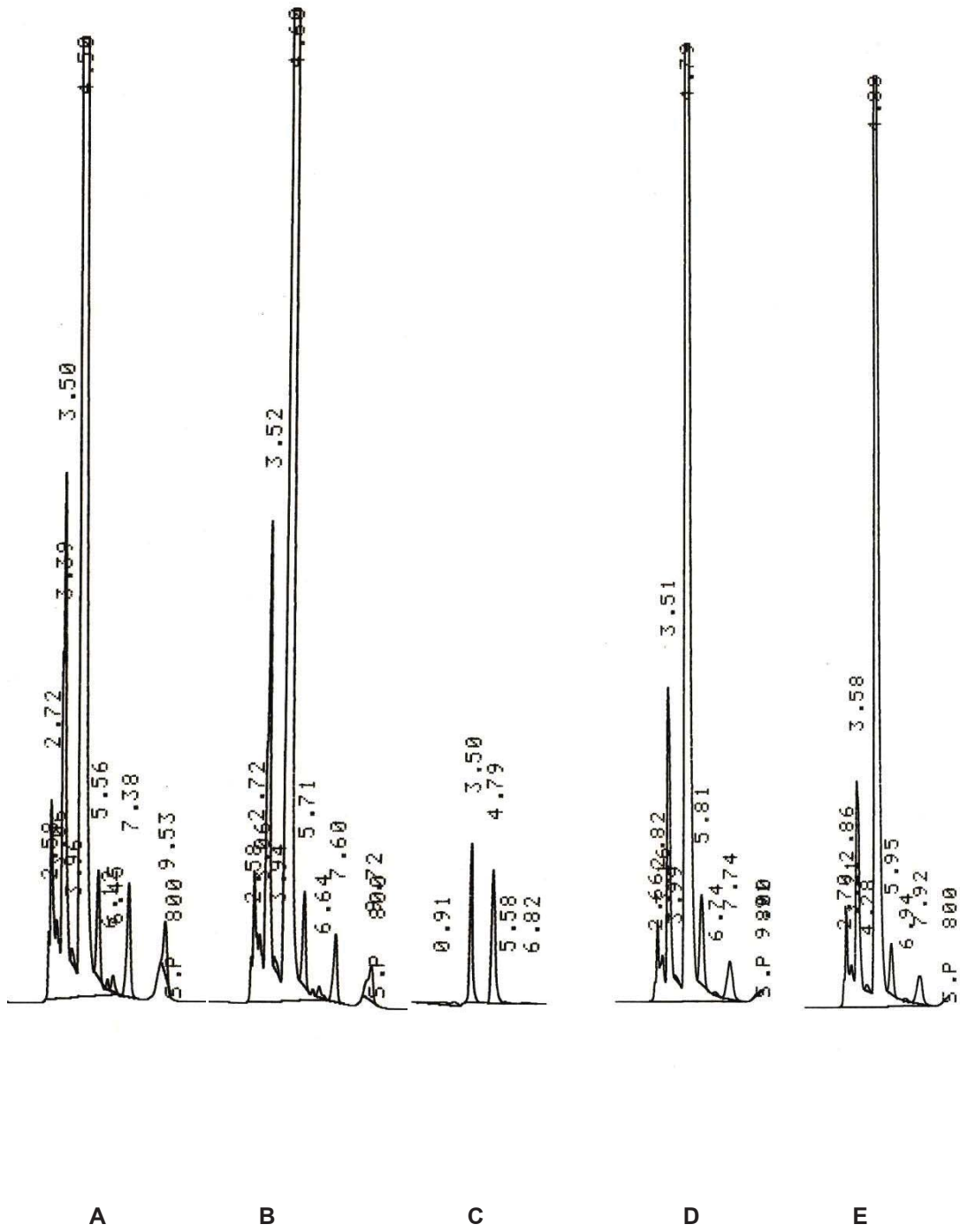
Retention time 3.44= malic (A) ที่ความเข้มข้น 0.05%

4.84=citric (B) ที่ความเข้มข้น 0.05%

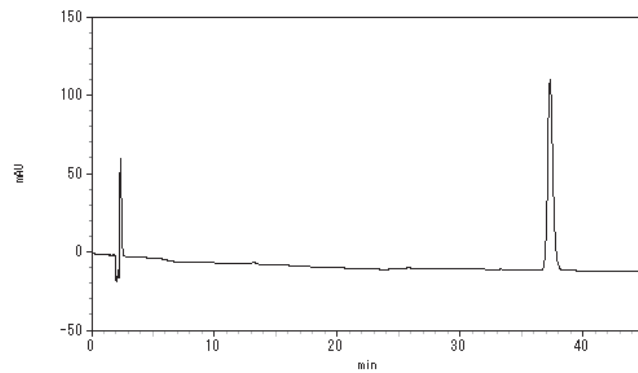
5.56=oxalic (C) ที่ความเข้มข้น 0.01%



1.1 Chromatogram ของสารสกัดจากน้ำมะนาวพันธุ์แป้น (A) พันธุ์หนัง (B) ส้มโอพันธุ์ทับทิมสยาม (C) ส้มจุก (D) และส้มโชกุน (E)

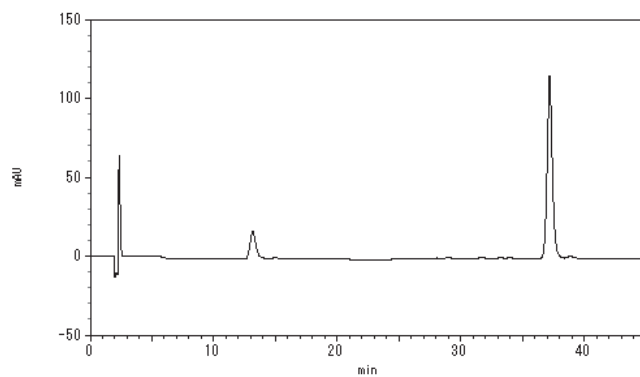


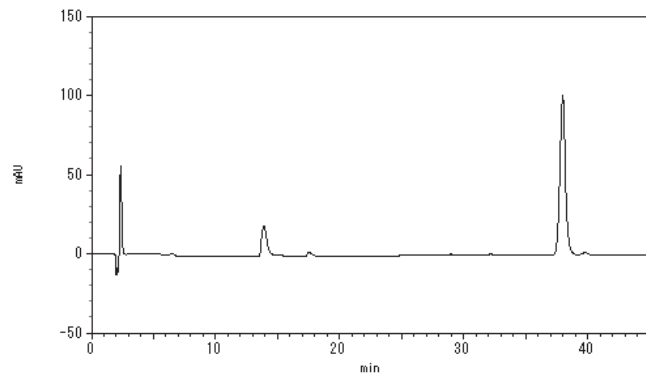
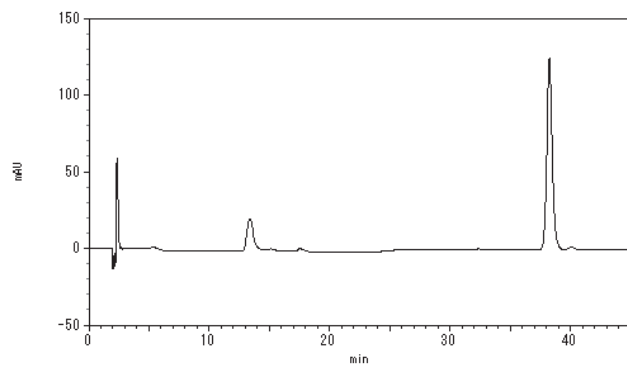
2. Chromatogram ของสารมาตรฐาน α -tocopherol 0.1 ppm

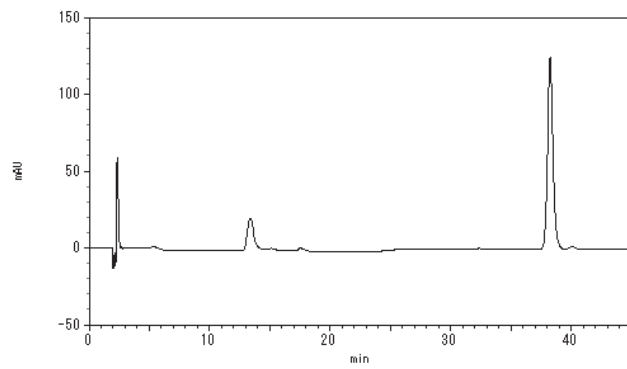


2.1 Chromatogram ของสารสกัดจากน้ำมันรำข้าวแป้น (A) พันธุ์หนึ่ง (B) ส้มโอพันธุ์ทับทิมสยาม (C) ส้มจุก (D) และส้มโชกุน (E)

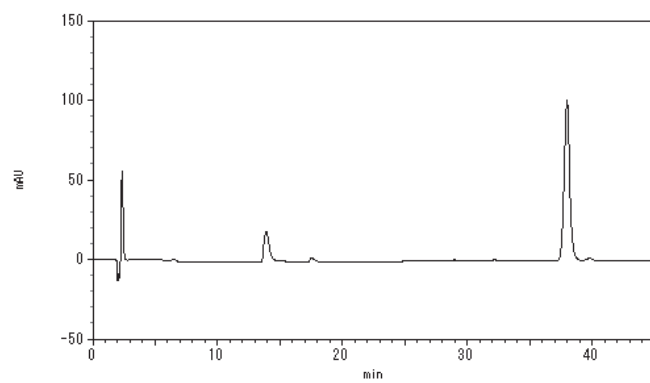
A



B**C****D**



E



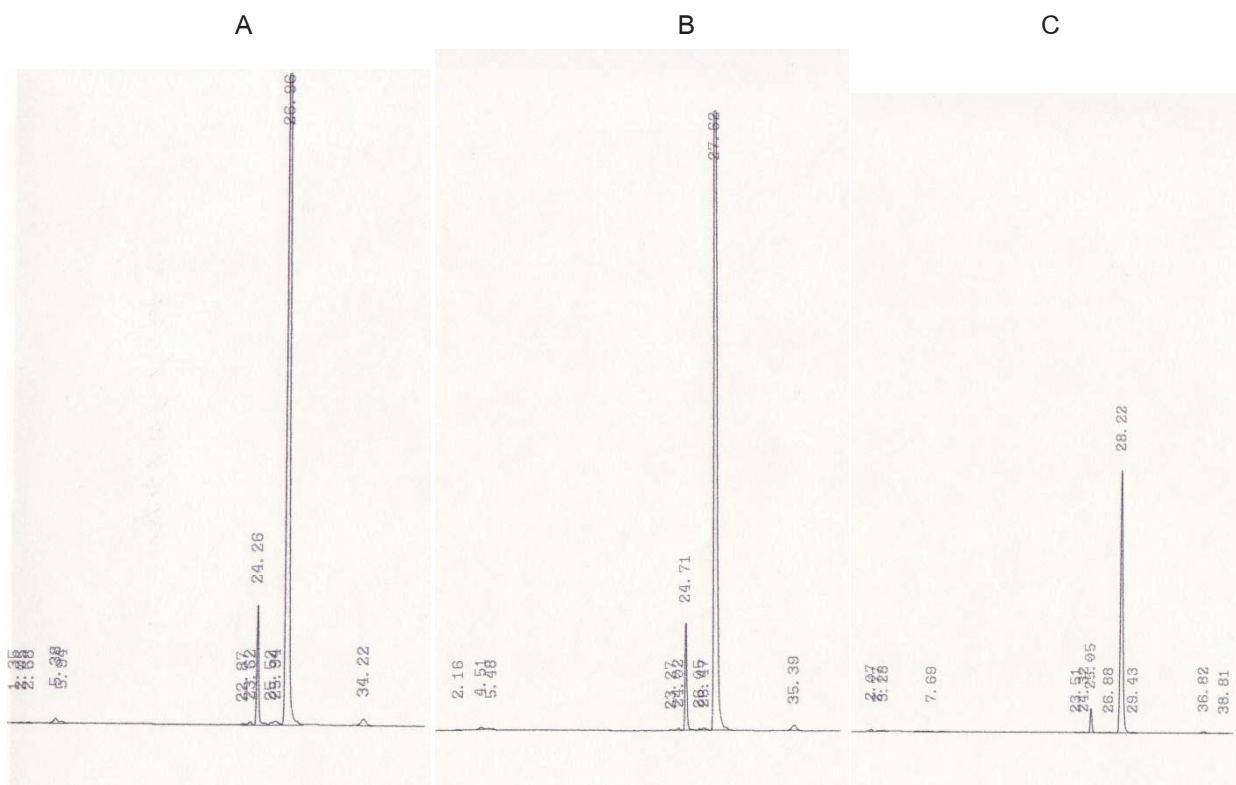
3. Chromatogram ของกลุ่ม flavanoid ของสารสกัดจากน้ำมะนาวพันธุ์แป้น (A) พันธุ์หนัง (B) ส้มโอพันธุ์พันธุ์ทับทิมสยาม (C) ส้มจุก (D) และส้มโชกุน (E)

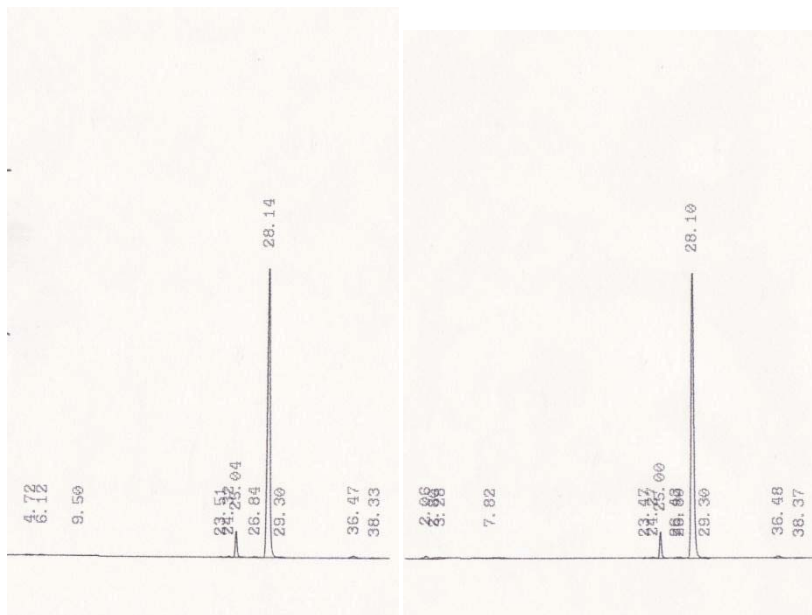
Retention time 5.28= Neohesperidin

24.26= Hesperidin

26.06= Naringin

34.22= Narirutin

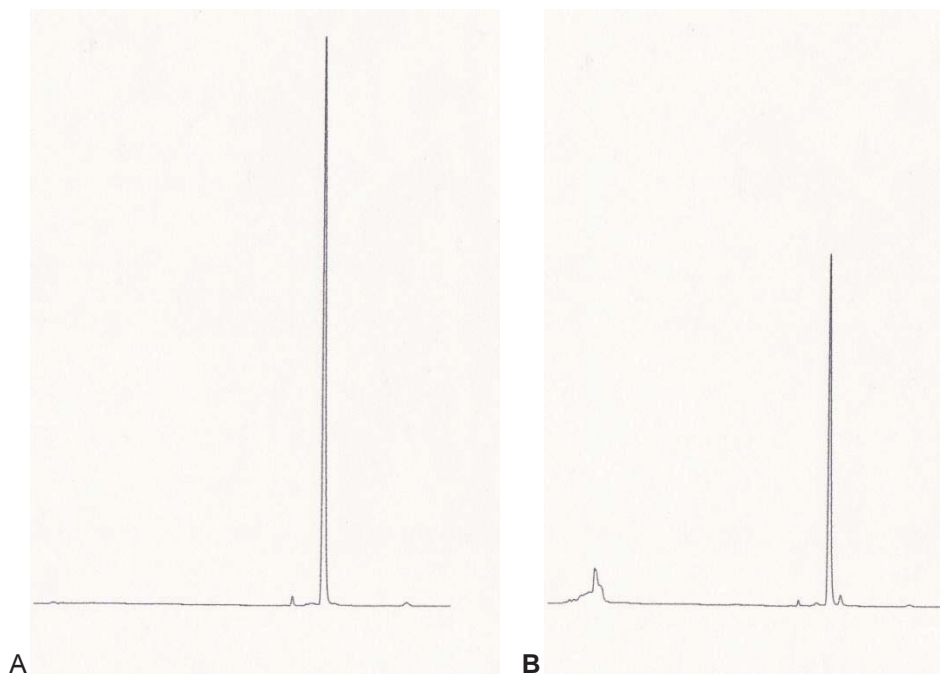




5. Chromatogram ของสารมาตรฐานกลุ่ม anthocyanin

Cyanidin-3-glucoside 5 ppm (A) และสารสกัดจากน้ำส้มโอพันธุ์ทับทิมสยาม (B)

Retention time = 26.97



ตารางแผนงาน

Gantt chart

วัตถุประสงค์	แผนกิจกรรมหลัก	แผนกิจกรรมรอง	ช่วงระยะเวลา* ดำเนินการ	กิจกรรมที่ทำจริง
1. เพื่อให้ได้ข้อมูลคุณค่าทางโภชนาการและสารออกฤทธิ์ของผลไม้ตระกูลส้มได้แก่ส้มโอและมะนาวแต่ละพันธุ์ ส้มจุก และส้มโชกุน ในภาคใต้ของประเทศไทย	1.1 ติดต่อประสานงานเพื่อจัดซื้อผลผลิตในแต่ละพื้นที่ตามฤดูกาลของผลิตผล	1.1.1 เก็บเกี่ยวและขนส่งผลส้มโอพันธุ์ทับทิมสยามที่ผลิตในเขตพื้นที่ อ. ปากพั่น จ. นครศรีธรรมราช	เม.ย.54 –พ.ค. 54 (จังหวัดนครศรีธรรมราช)	เป็นไปตามแผน
		1.1.2 เก็บเกี่ยวและขนส่งผลมะนาวพันธุ์แป้นและหนัง ที่ผลิตในเขตพื้นที่ อ. ชะอวด จ. นครศรีธรรมราช	พ.ค.54 –มิ.ย. 54 (จังหวัดนครศรีธรรมราช)	เป็นไปตามแผน
		1.1.3 เก็บเกี่ยว และขนส่งผลส้มจุกที่ผลิตในเขตพื้นที่ อ. จะนะ จ. สงขลา	มิ.ย. 54 - ก.ค.54 (จังหวัดสงขลา)	ช้ากว่าปกติ 2 เดือน รอผลผลิตออก แต่ได้เก็บตัวอย่างแล้ว
		1.1.4 เก็บเกี่ยวและขนส่งผลส้มโชกุนที่ผลิตในเขตพื้นที่ อ. เบตง จังหวัดยะลา และ อ. เมือง จ. กระบี่	ก.ค. 54 - ส.ค. 54 (จังหวัดยะลาและกระบี่)	เป็นไปตามแผน

	1.2 วิเคราะห์ ปริมาณสารออก ฤทธิ์สำคัญ	1.2.1 วิเคราะห์คุณค่า ทางโภชนาการและ ปริมาณสารออกฤทธิ์ สำคัญของส้มโอและ มะนาวแต่ละพันธุ์ รวมทั้งส้มโชกุนทั้ง 2 ชนิด	ระยะที่ 1 ก.ย.54- ต.ค. 54 ระยะที่ 2 ต.ค.54 –พ.ย. 54	ไม่เป็นไปตาม แผน เนื่องจากเกิด ความล่าช้าขึ้น เนื่องจากเครื่อง HLPC เกิด ขัดข้องในช่วง ปลายเดือน เดือน พ.ย. 2554 ต้องรอ อะไหล่จาก ต่างประเทศ และทำการ แก้ไขเสร็จสิ้น ในช่วงปลาย เดือน ม.ค. 2555

ตาราง Output

Outputs		สาเหตุ
กิจกรรมในข้อเสนอโครงการ/ผลสำเร็จ (%)		
1. ได้ข้อมูลคุณค่าทางโภชนาการและปริมาณสารออกฤทธิ์สำคัญของปริมาณของส้มโอและมะนาวแต่ละพันธุ์ในภาคใต้ของประเทศไทย ดังนี้		
1.1 ส้มโอพันธุ์ทับทิมสยาม		
<u>พารามิเตอร์ที่ตรวจวัด</u>		
1.1.1 น้ำหนักสดต่อผล	100%	-
1.1.2 hue angle	100%	-
1.1.3 น้ำตาล sucrose glucose และ fructose	100%	-
1.1.4 กรดอินทรีย์ citric malic และ oxalic	100%	-
1.1.5 α -tocopherol	100%	-
1.1.6 ascorbic และ dehydroascorbic	100%	-
1.1.7 Anthocyanin	100%	ล่าช้าเพราะในพื้นที่ปลูกส้มโอพันธุ์ทับทิมสยาม อ.ปากพนัง ได้ถูกน้ำท่วม จึงทำให้การเก็บตัวอย่างมาใช้ในการวิเคราะห์ล่าช้ากว่าแผนที่วางไว้
1.2 มะนาวพันธุ์แป้นและหนัง		
<u>พารามิเตอร์ที่ตรวจวัด</u>		
1.2.1 น้ำหนักสดต่อผล	100%	-
1.2.2 hue angle	100%	-
1.2.3 น้ำตาล sucrose glucose และ fructose	100%	-
1.2.4 กรดอินทรีย์ citric malic และ oxalic	100%	-
1.2.5 α -tocopherol	100%	-
1.2.6 ascorbic และ dehydroascorbic	100%	

1.2.7 Flavonoid	100%	เกิดความล่าช้าขึ้น เนื่องจากเครื่อง HPLC เกิดขัดข้องในช่วงปลายเดือนเดือน พ.ย. 2554 ต้องรออะไหล่จากต่างประเทศ และทำ การแก้ไขเสร็จสิ้นในช่วงปลายเดือน ม.ค. 2555
1.2.7 Flavonoid		
1.3 สัมจุกและสัมโซกน		
<u>พารามิเตอร์ที่ตรวจวัด</u>	100%	
1.3.1 น้ำหนักสดต่อผล	100	
1.3.2 hue angle	100%	
1.3.3 น้ำตาล sucrose glucose และ fructose	100%	
1.3.4 กรดอินทรีย์ citric malic และ oxalic	100%	
1.3.5 α -tocopherol	100%	
1.3.6 ascorbic และ dehydroascorbic	100%	
1.3.7 Flavonoid	100%	
2. ร่างรายงานฉบับสมบูรณ์	100%	ร่างรายงานฉบับสมบูรณ์
3. รายงานฉบับสมบูรณ์	-	
4. เขียนงานวิจัยเพื่อตีพิมพ์	50%	