วารสารเกษตรพระจอมเกล้า 29:2(90-99)

สารออกฤทธิ์สำคัญทางชีวภาพในส้มโอและเกรฟฟรุท

Bioactive Compounds in Pummelo and Grapefruit

ธีรพงษ์ เทพกรณ์ และเสาวภา ไชยวงศ์[1]

บทคัดย่อ

ส้มโอและเกรฟฟรุทเป็นพืชตระกูลส้มที่มีถิ่นกำเนิดในเขตภูมิภาคเอเชีย ส้มโอเป็นผลไม้เศรษฐกิจที่สำคัญของไทยและหลายประเทศในทวีปเอเชีย ปัจจุบันมีการศึกษาเกี่ยวกับสารออกฤทธิ์สำคัญที่เป็นประโยชน์ต่อสุขภาพในส้มทั้งสองชนิด โดยส่วนใหญ่ศึกษาถึงปริมาณสารออกฤทธิ์สำคัญได้แก่ วิตามินซี แคโรทีนอยด์ ฟลาโวนอยด์ และสารประกอบฟีนอลลิค ในบทความนี้ได้ทบทวนเอกสารและเปรียบเทียบปริมาณสารออกฤทธิ์สำคัญในส้มโอและเกรฟฟรุท จากรายงานวิจัยพบว่าส้มโอเป็นผลไม้ที่มีความโดดเด่นทางคุณค่าโภชนาการ ส้มโอมีปริมาณวิตามินซีและสารฟลาโวนอยด์มากกว่าเกรฟฟรุทอย่างชัดเจน อย่างไรก็ตามปริมาณสารแคโรทีนอยด์ซึ่งส่วนใหญ่ประกอบด้วยสารไลโคพีนและเบตาแคโรทีนพบในเกรฟฟรุทสีชมพูมากกว่าส้มโอสีชมพู สารประกอบฟีนอลลิคในส้มทั้งสองชนิดมีปริมาณใกล้เคียงกัน บทความวิชาการนี้ยังได้รายงานประโยชน์ของสารออกฤทธิ์ในส้มโอและเกรฟฟรุทต่อสุภาพของผู้บริโภค

คำสำคัญ : ส้มโอ เกรฟฟรุท ฟลาโวนอยด์ แคโรทีนอยด์ ฟีนอลลิค

Abstract

Pummelo and grapefruit are member of the citrus family originating in the Asian region. Pummelo is an important economic fruit of Thailand and many countries in Asia. At the present time, nutritional studies are concentrating on examining pummelo and grapefruit for their health benefits. Most studies deal with the importance of bioactive components such as vitamin C, carotenoids, flavonoids and phenolic compounds. In this paper we mainly review and compare the bioactive compounds in pummelo and grapefruit which are based in their protective and health-promoting potential. We show that pummelo possess significantly more vitamin C and flavonoids than grapefruit. However, the carotenoid contents (lycopene and beta carotene) are found in pink grapefruit usefully much more than pink pummelo. Pummelo and grapefruit contain similar amount of phenolic compounds. Additionally, health benefits of bioactive compounds found in pummelo and grapefruit are also reviewed in this article.

Keyword : Pummelo, Grapefruit, Flavonoids, Carotenoids, Phenolics

คำนำ

ส้มโอ (*Citrus maxima* Merr. [syn. *C grandis* (L.) Osbeck]) และเกรฟฟรุท (*Citrus paradisi* Macfedyen) เป็นพืชตระกูลส้มที่มีผลขนาดใหญ่และมีลักษณะผลที่คล้ายคลึงกัน แตกต่างกันที่ส้มโอมีขนาดผลใหญ่กว่าเกรฟฟรุท ถิ่นกำเนิดของส้มทั้งสองชนิดนั้นอยู่ในเขตภูมิภาคเอเชีย ส้มโอมีถิ่นกำเนิดในบริเวณจีนตอนใต้ ภาคตะวันออก

[1]สำนักวิชาอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยแม่ฟ้าหลวง เชียงราย 57100

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เฉียงเหนือของประเทศอินเดียและในภูมิภาคเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ ส้มโอจึงจัดได้ว่าเป็นผลไม้เศรษฐกิจและเป็นผลไม้ที่นิยมบริโภคของประชาชนในทวีปเอเชีย ส่วนถิ่นกำเนิดของเกรฟฟรุทนั้นมีรายงานว่าอยู่ในบริเวณสหพันธรัฐอินเดียตะวันตก เกรฟฟรุทเป็นผลไม้ที่ นิยมบริโภคอย่างแพร่หลายในแถบอเมริกาเหนือ ยุโรปและประเทศญี่ปุ่น (Ladaniya, 2008; Davies and Albrigo, 2003)

ปัจจุบันสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพที่ได้รับความสนใจอย่างมากคือ สารที่มีคุณสมบัติในการต้านอนุมูลอิสระ หรือเรียกว่าสารต้านอนุมูลอิสระ (antioxidant) สารในกลุ่มนี้จะทำหน้าที่ในการต้านปฏิกิริยาออกซิเดชันซึ่งเป็นปฏิกิริยาที่ทำให้เซลล์สิ่งมีชีวิตเปลี่ยนแปลงและทำให้เกิดสภาวะต่างๆ เช่น ความชรา การเจ็บป่วยเป็นโรคเรื้อรังต่างๆ ดังนั้นผลไม้และผักสดจึงเป็นกลุ่มที่ได้รับความสนใจในการศึกษาเป็นอย่างมาก (รติพร, 2552) ในช่วง 10 ปีที่ผ่านมามีงานวิจัยเป็นจำนวนมากที่ศึกษาสารออกฤทธิ์สำคัญในพืชตระกูลส้ม เนื่องจากมีสมบัติต้านออกซิเดชันซึ่งประกอบด้วยสารสำคัญต่าง ๆ ได้แก่ วิตามินซี ฟลาโวนอยด์ แคโรทีนอยด์ และสารประกอบฟีนอลลิค เป็นต้น โดยสารออกฤทธิ์ดังกล่าวมีสมบัติป้องกันและช่วยลดความเสี่ยงในการเกิดโรคร้ายแรงเช่น โรคหลอดเลือดหัวใจ และโรคมะเร็ง ช่วยลดปริมาณคอเลสเตอรอลชนิด LDLs (Low-Density Lipoproteins) (Baghurst, 2003) อย่างไรก็ตามชนิดและปริมาณสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพในส้มโอและเกรฟฟรุทนั้นจะมีความแตกต่างและหลากหลายกันไปในแต่ละพันธุ์และพื้นที่ ในบทความนี้จะกล่าวถึงการแบ่งกลุ่มส้มโอและเกรฟฟรุท ชนิดและปริมาณของสารสำคัญในส้มโอและเกรฟฟรุท พร้อมทั้งประโยชน์ของสารออกฤทธิ์สำคัญในส้มโอและเกรฟฟรุทต่อสุขภาพ

สารออกฤทธิ์สำคัญทางชีวภาพในส้มโอและเกรฟฟรุท

1. วิตามินซีในส้มโอและเกรฟฟรุท

วิตามินซี (Vitamin C) หรือ กรดแอล-แอสคอร์บิก (L-ascorbic acid) (Figure 1) เป็นวิตามินที่ละลายได้ในน้ำ ร่างกายไม่สามารถที่จะสร้างขึ้นเองได้ จึงจำเป็นต้องได้รับจากการรับประทานเข้าไป วิตามินซีมีคุณสมบัติเป็นตัวรีดิวซ์ที่แรงจึงถูกออกซิไดซ์ได้ง่าย วิตามินซีไม่คงตัวต่อความร้อน และสภาวะพีเอชเป็นกลางหรือด่าง อีกทั้งยังไม่คงตัวในอากาศ หรือสภาวะที่มีออกซิเจนสูง (นิธิยา, 2545)

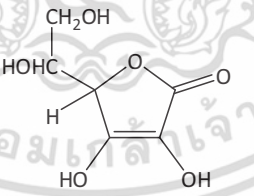

Figure 1 The structure of vitamin C.

เมื่อเปรียบเทียบปริมาณวิตามินซีในส้มโอและเกรฟฟรุทโดยทั่วไปพบว่าส้มโอเป็นผลไม้ที่มีปริมาณวิตามินซีสูง (60 mg/100g) ปริมาณวิตามินซีในส้มโอมีมากกว่าเกรฟฟรุทถึง 2 เท่า ทั้งนี้ลักษณะของสีเนื้อของส้มโอและเกรฟฟรุทพบว่าลักษณะสีเนื้อที่แตกต่างกันไม่ส่งผลต่อปริมาณวิตามินซี (Table 1)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Table 1 The content of vitamin C in edible parts of pummelos and grapefruits

Fruits	Vitamin C (mg/100g)	Reference
Pummelo	61	USDA Nutrient database (2010)
Red pummelo (cv. Tong Dee)	60	Food and Nutrition Analysis Section (2544)
Red grapefruit	31.2	USDA Nutrient database (2010)
White grapefruit	33.3	USDA Nutrient database (2010)

ประโยชน์ของวิตามินซีต่อร่างกาย

วิตามินซีมีส่วนช่วยในการสังเคราะห์คอลลาเจน (collagen) ซึ่งเป็นโปรตีนที่จำเป็นสำหรับสร้างเนื้อเยื่อเกี่ยวพัน คอลลาเจนประกอบด้วยไฮดรอกซีโพรลีนซึ่งได้จากการเปลี่ยนโพรลีน การขาดวิตามินซีจะทำให้ไม่มีการเปลี่ยนโพรลีนเป็นไฮดรอกซีโพรลีน ทำให้มีอาการของโรคลักปิดลักเปิด (scurvy) เกิดความผิดปกติของกระดูกและฟัน วิตามินซีมีส่วนช่วยให้ผนังเส้นเลือดแข็งแรง การขาดวิตามินซีเป็นเหตุให้มีการเปราะแตกง่ายของผนังเส้นเลือด ทำให้เลือดออกง่ายวิตามินซีช่วยเสริมความต้านทานต่อการติดเชื้อทั้งไวรัสและแบคทีเรียจากภายนอกร่างกาย วิตามินซีช่วยรักษาผิวของเซลล์เม็ดเลือดขาวไม่ให้ถูกทำลาย ช่วยลดอาการแพ้ต่าง ๆ รวมทั้งโรคภูมิแพ้ เป็นสารต้านออกซิเดชัน (antioxidant) ช่วยกำจัดอนุมูลอิสระในร่างกายที่อาจก่อให้เกิดโรคต่าง ๆ เช่น โรคมะเร็งโดยเฉพาะบริเวณปาก หลอดอาหารและหลอดคอ โดยวิตามินซีจะไปห้ามการสร้างสารก่อมะเร็งในระบบทางเดินอาหาร นอกจากนี้วิตามินซียังช่วยเพิ่มการดูดซึมของธาตุเหล็ก โดยจะเปลี่ยนเหล็กในอาหารซึ่งอยู่ในรูปเฟอร์ริกไอออน (ferric ions) ให้เป็นเฟอร์รัสไอออน (ferrous ions) และยังรวมกับเหล็กเป็นสารอณูเล็กทำให้ดูดซึมได้ดีขึ้น ปริมาณวิตามินซีที่ควรได้รับประจำวันสำหรับคนไทย อายุ 19 ถึง 71 ปี เพศชาย และหญิง คือ 90 และ 75 มิลลิกรัมต่อวัน ตามลำดับ การขาดวิตามินซีอาจทำให้เกิดผลต่อระบบบางอย่างของร่างกายที่วิตามินซีมีส่วนเกี่ยวข้อง (Sizer and Whitney, 2008)

2. แคโรทีนอยด์ในส้มโอและเกรฟฟรุท

ส้มโอและเกรฟฟรุทเป็นผลไม้ที่มีสีขาวและสีชมพู หรือสีแดง โดยสีชมพูและสีแดงเกิดจากรงควัตถุที่สำคัญ คือ แคโรทีนอยด์ โดยแคโรทีนอยด์สำคัญที่พบมากที่สุดในส้มโอและเกรฟฟรุทคือ ไลโคพีน (lycopene) รองลงมาคือ เบตาแคโรทีน (β-carotene) (Figure 2) จากการศึกษาพบว่าสารไลโคพีนในปริมาณที่มากว่าสารเบตาแคโรทีนถึง 1-6 เท่า (Table 2 และ 3) (Fanciullino *et al*., 2006; Xu *et al*., 2006) สารทั้งสองชนิดเป็นโมเลกุลที่ประกอบด้วยสายไฮโครคาร์บอน (hydrocarbon) เชื่อมต่อกันด้วยไอโซพรีนยูนิต มีพันธะคู่สลับกับพันธะเดี่ยว เป็นสารไม่มีขั้ว ละลายได้ดีในไขมัน ลักษณะโมเลกุลของไลโคพีนเป็นเส้นตรง ส่วนเบตาแคโรทีนเป็นเส้นตรงมีวงแหวน (ring) ที่ปลายโซ่ของโมเลกุล เนื่องจากโครงสร้างโมเลกุลของไลโคพีนเป็นเส้นตรงและเป็นสารไม่มีขั้วจึงดูดซึมได้ไม่ดี แต่ถ้าผ่านการปรุงด้วยความร้อนแล้วจะดูดซึมได้ดีขึ้น เนื่องจากความร้อนจะทำให้ไลโคพีนในรูป *trans*-lycopene เปลี่ยนเป็น *cis*-lycopene ซึ่งอยู่ในรูปที่ดูดซึมได้ดีกว่า *trans*-lycopene (Weerasak, 2005)

ถึงแม้ว่าเกรฟฟรุทมีปริมาณวิตามินซีน้อยกว่าส้มโอถึง 2 เท่า แต่เกรฟฟรุทกลับเป็นผลไม้ที่มีปริมาณแคโรทีนอยด์ทั้งหมดมากกว่าส้มโอถึง 4-8 เท่า โดยเฉพาะสารไลโคพีนและเบตาแคโรทีนที่พบในเกรฟฟรุทมากกว่าส้มโออย่างชัดเจน (Table 2 และ 3) (Fanciullino *et al*., 2006; Xu *et al*., 2006) เกรฟฟรุทเป็นผลไม้ที่มีไลโคพีนอยู่ในปริมาณปานกลางและใกล้เคียงกับมะเขือเทศที่มีสารไลโคพีนเป็นองค์ประกอบถึง 60-64% ของแคโรทีนอยด์ทั้งหมด (Roldán-Gutiérrez, 2007)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

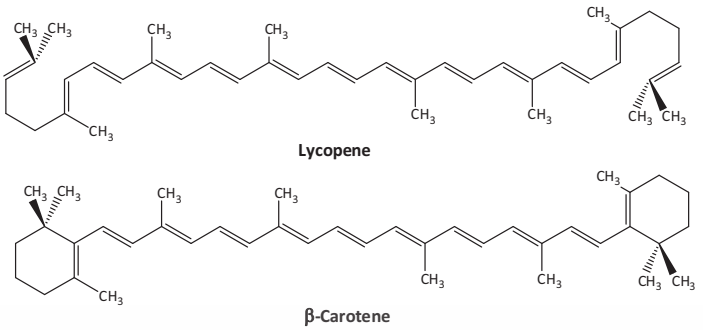

Figure 2 The structure of lycopene and β-carotene.

Table 2 The content of carotenoids (mg/L) in juice of pummelos and grapefruits (Fanciullino *et al*., 2006)

Content (mg/IL	Pummelo		Grapefruit	
	cv. "Chandler"	cv. "Deep Red"	cv. "Star Ruby"	cv. "Ray Ruby"
cis-neoxanthin	0.099	X	X	X
neochrome	0.074	X	X	X
cis-violaxanthin	0.819	X	X	X
lutein	0.086	X	X	X
cis-isolutein	0.150	X	X	X
α-crptoxanthin	0.083	0.138	2.130	0.581
phytofluene	X	0.014	1.711	0.510
ξ-carotene	X	X	0.369	0.293
β-carotene	0.360	0.943	2.826	1.142
cis- β-carotene	X	X	0.171	X
lycopene	0.495	1.536	10.072	6.855
Ratio of pigment (lycopene/ β-carotene)	1.375	1.628	3.564	6.002
Total carotenoids	**2.165**	**2.697**	**17.566**	**9.381**

X = not detectable

ประโยชน์ของแคโรทีนอยด์ต่อร่างกาย

แคโรทีนอยด์เป็นสารต้านอนุมูลอิสระที่มีประสิทธิภาพสูงโดยเฉพาะ เบตาแคโรทีน ไลโคพีน และลูทีน อีกทั้งสามารถหารับประทานได้ง่ายและราคาไม่แพง มีสมบัติป้องการเกิดโรคหัวใจ โรคมะเร็ง ชะลอความแก่และป้องกันความผิดปกติของผิวหนังอันเนื่องมาจากแสงแดด มีฤทธิ์ต้านการอักเสบ เพื่อการกำจัดสิ่งแปลกปลอมออกจากร่างกายและเพิ่มภูมิต้านทาน โดยทั่วไปร่างกายควรได้รับแคโรทีนอยด์แต่ละชนิดประมาณ 5-20 มิลลิกรัมต่อวัน

สารไลโคพีนมีสมบัติสามารถยับยั้งออกซิเจนพลังงานสูง (singlet state, O^*_2) ได้มากที่สุดในบรรดาสารกลุ่มแคโรทีนอยด์ด้วยกันและยับยั้งการแพร่กระจายของเซลล์มะเร็งได้ดีกว่าแอลฟาแคโรทีนและเบตาแคโรทีน และคาดว่าไลโคพีนสามารถยังยั้งการโรคหัวใจและโรคมะเร็ง ลดอัตราเสี่ยงในการเกิดมะเร็งต่อมลูกหมาก มะเร็งปอด และมะเร็งกระเพาะอาหาร สำหรับสารเบตาแคโรทีนเป็นสารตั้งต้นในการสังเคราะห์วิตามินเอซึ่งเป็นสารที่มีความสำคัญต่อ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การมองเห็น การสร้างสเปิร์ม การสร้างกระดูกและฟัน การซ่อมแซมเนื้อเยื่อ และสุขภาพของผิวพรรณ เบตาแคโรทีนรักษาโรคบางชนิดเช่น โรคกระดูก ความผิดปกติของผิวหนังเนื่องมาจากความไวต่อแสง ป้องกันโรคหัวใจโดยการยังยั้งการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันของ LDL (Weerasak, 2005)

Table 3 The content of lycopene and β-carotene in pummelos and grapefruits. (Xu et al., 2006)

Fruits	lycopene (μg/g)	β-carotene (μg/g)	Ratio of pigement (lycopene/ β-carotene)
Red pummelo cv. "Fengdu"	92.15	27.33	3.37
Pummelo cv. "Hirado Buntan"	1.79	1.54	1.16
Grapefruit cv. "Star Ruby"	283.57	93.03	3.05

3. ฟลาโวนอยด์ในส้มโอและเกรฟฟรุท

ฟลาโวนอยด์เป็นสารกลุ่มหลักในกลุ่มสารประกอบฟีนอลิกที่พบได้ทั่วไปในผักและผลไม้ เป็นสารที่มีผู้นิยมศึกษากันมากในกลุ่มสารประกอบฟีนอลิก มีโครงสร้างหลักเป็นไดฟีนิลโพรเพน (diphenylpropane) ประกอบด้วยคาร์บอนทั้งหมด 15 อะตอม จัดเรียงตัวเป็นวงเบนซีน 2 วง และเชื่อมต่อกันด้วย ออกซิเจน 1 อะตอมและคาร์บอน 3 อะตอม กลายเป็นวงแหวน 3 วงเรียงต่อกัน (C6-C3-C6) ชื่อว่า วงแหวน A วงแหวน B และวงแหวน C (Figure 3A) (Häkkinen, 2000)

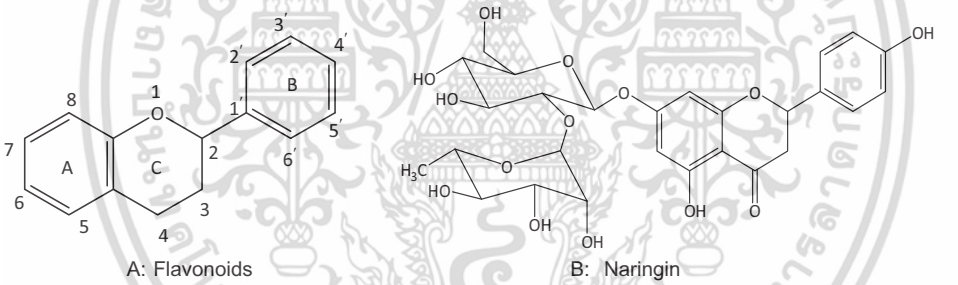

Figure 3 The basic structure of flavonoids (A) and the structure of naringin (B).

สารฟลาโวนอยด์เป็นสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพที่สำคัญในผัก ผลไม้ และสมุนไพรต่าง ๆ สารฟลาโวนอยด์จัดแบ่งกลุ่มตามหมู่ฟังก์ชันและพันธะที่เกิดขึ้นที่วง C และหมู่ฟังก์ชันที่เกิดพันธะกับวง B ได้ 6 กลุ่ม ได้แก่ ฟลาโวน (flavones) ฟลาโวนอล (flavonols) ฟลาวานอล (flavanols) ฟลาวาโนน (flavanones) ไอโซฟลาโวน (isofalvones) และแอนโทไซยานิดิน (anthocyanidins) (Pietta, 2000) สารในกลุ่มฟลาโวนอยด์เมื่อพบในรูปอิสระเรียกว่าอะไกลโคน (aglycone) สารฟลาโวนอยด์สามารถเกิดพันธะกับโมเลกุลของน้ำตาล ทั้งน้ำตาลโมเลกุลเดี่ยว และน้ำตาลโมเลกุลคู่กับโมเลกุลของออกซิเจนตำแหน่ง 3 บนวง C โดยการแทนที่อะตอมไฮโดรเจนของหมู่ไฮดรอกซิล เรียกพันธะที่เกิดว่าไกลโคไซด์ (glycoside) (Gattuso *et al*., 2007)

Table 4 แสดงการศึกษาชนิดของสารฟลาโวนอยด์ในส้มโอและเกรฟฟรุท ทั้งนี้สารฟลาโวนอยด์ที่สำคัญในส้มโอและเกรฟฟรุทคือ สารนารินจิน (naringin) (Figure 3B) ซึ่งเป็นสารกลุ่มฟลาวาโนน โดยทั่วไปพบสารนารินจิน 40-70% ของสารฟลาโวนอยด์ทั้งหมด (เสาวภา และคณะ, 2553; Vanamala *et al*., 2006) รองลงมาได้แก่ สารเฮสเพอริดิน (hesperidin) และนีโอเฮสเพอริดิน (neohesperidin) โดยเฉพาะปริมาณสารนารินจินในส้มโอส่วนใหญ่นั้นมีมากกว่าในเกรฟฟรุทประมาณ 2-7 เท่า (Table 5)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Table 4 Flavonoids in pummelos and grapefruits.

Flavonoids	Pummelo				Grapefruit		
	Thailand *	Taiwan Wang *et al.* (2007)	China Xu *et al.* (2008)	Japan Kawaii *et al.* (1999)	U.S.A. Vanamala *et al.* (2006)	China Xu *et al.* (2008)	Japan Kawaii *et al.* (1999)
Flavanone							
Naringin	√	√	√	√	√	√	√
Hesperidin	X	√	√	√	ND	√	√
Neohesperidin	X	√	√	X	√	√	√
Naringenin	X	ND	ND	ND	ND	ND	X
Narirutin	√	ND	X	X	√	√	√
Eriocitrin	√	ND	ND	√	ND	ND	√
Neoeriocitrin	√	ND	ND	√	ND	ND	√
Didymin	X	ND	ND	ND	√	ND	ND
Poncirin	X	ND	ND	X	√	ND	√
Flavone							
Rhoifolin	ND	ND	ND	√	ND	ND	ND
Diosmin	ND	√	ND	X	ND	ND	X
Neodiosmin	ND	ND	ND	X	ND	ND	X
Luetolin	ND	X	ND	X	ND	ND	X
Sinensetin	ND	√	ND	X	ND	ND	X
Apigenin	X	ND	ND	X	ND	ND	X
Flavonol							
Rutin	X	√	ND	√	ND	ND	X
Quercetin	X	√	ND	ND	√	ND	X
Kaempferol	X	√	ND	ND	ND	ND	X

√ = detectable, X = not detectable, ND = not determined

* Saowapa *et al.*(2553), Pichaiyongvongde and Haruenkit (2009) and Ladda *et al.* (2548)

ประโยชน์ของฟลาโวนอยด์ต่อร่างกาย

สารฟลาโวนอยด์มีคุณสมบัติในการต้านการเกิดมะเร็ง โดยมีหน้าที่หลักคือ ทำลายอนุมูลอิสระ ยับยั้งเอนไซม์ที่เกี่ยวข้องกับการเจริญของเนื้องอก และทำหน้าที่ยับยั้งการแพร่กระจายของเซลล์มะเร็ง สารเฮสเพอริดินและนารินจินิน (naringenin) ช่วยยับยั้งการแบ่งตัวและการเติบโตของเซลล์มะเร็ง (Hertog *et al.*, 1992) รวมทั้งมีคุณสมบัติป้องกันโรคหลอดเลือดหัวใจ สารฟลาโวนอยด์มีความสามารถในการป้องกันการแตกของเส้นเลือดและป้องกันการแข็งตัวของเส้นเลือด (Hollman and Katan, 1999) ดังตัวอย่างการทดสอบน้ำคั้นของส้มโอพันธุ์ขาวแตงกวาและทับทิมสยามพบว่าช่วยรักษาความทนทานหรือความยืดหยุ่นของเซลล์เยื่อบุหลอดเลือด (สุวราและลินดา, 2552) ฟลาโวนอยด์ยังช่วยลดระดับน้ำตาลในเลือด ยับยั้งการดูดซึมน้ำตาลในกระแสเลือด ช่วยยับยั้งการทำงานของเอนไซม์แอลฟากลูโคซิเดสและแอลฟาอะไมเลส ซึ่งเป็นเอนไซม์ในทางเดินอาหารที่ช่วยย่อยแป้งให้กลายเป็นน้ำตาล จึงลดการ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ดูดซึมน้ำตาลจากทางเดินอาหารเข้าสู่กระแสเลือดได้ซึ่งเหมาะกับผู้ที่เป็นเบาหวาน (Kim *et al*., 2009) นอกจากนี้ช่วยยับยั้งการอักเสบเนื่องจากการเพิ่มขึ้นของอนุมูลอิสระ (Harborne and Williams, 2000) สมบัติลดปริมาณคลอเลสเตอรอลชนิด LDLs (Low-Density Lipoproteins) ซึ่งเป็นคอเลสเตอรอลที่มีผลเสียต่อร่างกาย ซึ่งหากร่างกายมีปริมาณคอเลสเตอรอลชนิด LDLs มาก จะส่งผลให้เกิดอาการหลอดเลือดแดงตีบตัน (Davies *et al*., 2003)

Table 5 The content of naringin in pummelos and grapefruits.

Fruits	Country	Naringin content	Reference
Pummelo	Thailand	34-85 mg/100g FW	Saowapa et al.(2553)
		~13-21 mg/100 g FW[b]	Pichaiyongvongde and Haruenkit (2009)
		26-44 mg/100g FW	Ladda et al. (2548)
	Taiwan	~18-33 mg/100g FW[a]	Wang et al. (2007)
	China	~2.9-3.4 mg/100 g FW[c]	Xu et al. (2008)
	Japan	~59.5 mg/100g FW[a]	Kawaii et al. (1999)
Grapefruit	U.S.A.	~12.2 mg/100 g FW[e]	Vanamala et al. (2006)
	China	~13.9 mg/100 g FW[e]	Xu et al. (2008)
	Japan	~195.1 mg/100g FW[a]	Kawaii et al. (1999)

[a] %moisture = 85%, [b] %juice = 55%, [c] %juice = 27%, [e] %juice = 40%

4. ฟีนอลลิคในส้มโอและเกรฟฟรุท

สารประกอบฟีนอลิค (phenolic compound) เป็นสารพฤกษเคมี (phytochemicals) ที่มีสูตรโครงสร้างทางเคมีเป็นวงแหวนอะโรมาติกที่มีหมู่ไฮดรอกซิล (hydroxyl group) รวมอยู่ในโมเลกุล สารฟีนอลลิคที่สำคัญในส้มโอและเกรฟฟรุทได้แก่ Chlorogenic acid, Ferulic acid, Sinapic acid, *p*-Coumaric acid และ Caffeic acid (Figure 4) โดยปริมาณสารฟีนอลลิคที่สำคัญของส้มโอและเกรฟฟุทมีค่าอยู่ในช่วง 0.3-6.9 mg/100g FW อย่างไรก็ตามสารฟีนอลลิคอื่นๆ ยกเว้น chlorogenic ในส้มโอและเกรฟฟรุทมีค่าใกล้เคียงกัน (Wang *et al*., 2007; Xu *et al*., 2008) ทั้งนี้การวิจัยชนิดสารฟีนอลลิคในส้มโอและเกรฟฟรุทยังมีน้อย อาจเนื่องจากปริมาณสารฟีนอลลิคในผลไม้ดังกล่าวมีปริมาณที่น้อยมากเมื่อเปรียบเทียบกับสารฟลาโวนอยด์

ประโยชน์ของฟีนอลลิคต่อร่างกาย

สารประกอบฟีนอลิคมีคุณสมบัติในการต้านออกซิเดชัน สามารถจับอนุมูลอิสระที่เป็นต้นเหตุของการก่อโรคต่างๆ ในร่างกาย โดย chlorogenic acid และ caffeic acid มีส่วนช่วยในการป้องกันโรคเบาหวานชนิดที่ 2 (Type 2 Diabetes Mellitus) (Paynter *et al*., 2006) โรคหัวใจ (Morton *et al*., 2000) นอกจากนี้มีคุณสมบัติในการต้านเชื้อไวรัส (Jassim and Naji, 2003) เชื้อแบคทีเรีย (Sotillo *et al*., 1998) และเชื้อราแบคทีเรีย (Bowles and Miller, 1994) สาร ferulic acid ช่วยป้องกันการเกิดโรคมะเร็งจากสารก่อมะเร็งพวก benzopyren (Lesca, 1983) และ 4-nitro-quinoline 1-oxide (Mori *et al*., 1999) สำหรับ *p*-Coumaric acid มีฤทธิ์ต้านออกซิเดชันที่สามารถลดความเสี่ยงต่อการเป็นมะเร็งในช่องท้อง (Ferguson *et al*., 2005) โดยช่วยยับยั้งการเกิดสารก่อมะเร็งพวกไนโตรซามีน (nitrosamine) (Kikugawa *et al*., 1983)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

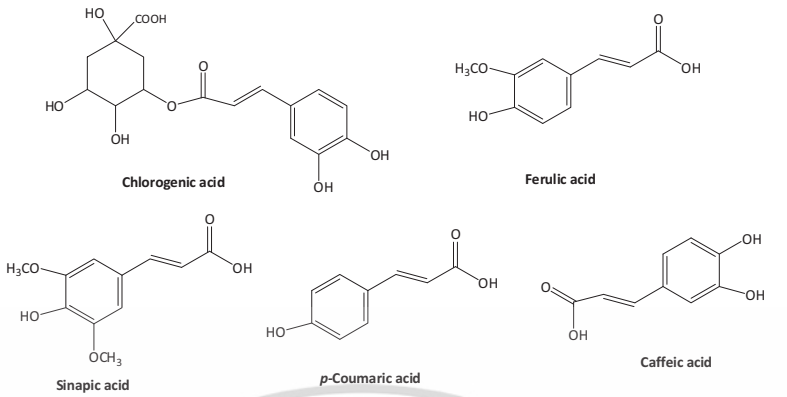

Figure 4 The structures of phenolic compounds in pummelos and grapefruits.

Table 6 Phenolic compounds found in edible parts of pummelos and grapefruits (mg/100g FW).

Phenolic acid	Pummelo				Grapefruit
	cv. "Miyou"	cv. "Sijiyou"	cv. "Wendun"	cv. "Peiyou"	cv. "Huyou"
	Xu *et al*. (2008)		Wang *et al*. (2007)		Xu *et al*. (2008)
Caffeic	0.056	0.195	0.173	0.185	0.102
p-Coumaric	0.103	0.237	0.309	0.240	0.104
Ferulic	0.045	0.183	0.569	1.016	0.445
Sinapic	0.155	0.102	0.333	0.203	0.155
Chlorogenic	ND	ND	1.545	0.794	ND
Total	0.385	0.792	6.930	6.765	0.992

ND = not determined

สรุป

ส้มโอและเกรฟฟรุทเป็นผลไม้ตระกูลส้มที่มีผลขนาดใหญ่มีแหล่งกำเนิด ลักษณะผล และการแบ่งกลุ่มตามสีเนื้อผลที่เหมือนกัน อย่างไรก็ตามส้มทั้งสองชนิดนี้มีความแตกต่างกันในด้านสารออกฤทธิ์สำคัญทางชีวภาพที่มีคุณสมบัติต้านออกซิเดชันได้แก่ วิตามินซี แคโรทีนอยด์ ฟลาโวนอยด์ และฟีนอลลิค โดยส่วนใหญ่ส้มโอมีปริมาณวิตามินซีและสารฟลาโวนอยด์ (สารนารินจิน) มากกว่าเกรฟฟรุท ในทางตรงกันข้ามเกรฟฟรุทมีสารสำคัญในกลุ่มแคโรทีนอยด์เช่น ไลโคพีนและเบตาแคโรทีนมากกว่าส้มโอ ทั้งนี้ชนิดและปริมาณสารฟีนอลลิคในส้มทั้งสองชนิดใกล้เคียงกัน เนื่องจากส้มโอเป็นผลไม้ที่สำคัญของประเทศไทยและทวีปเอเชีย อีกทั้งมีความโดดเด่นด้านปริมาณวิตามินซีและฟลาโวนอยด์ ดังนั้นส้มโอน่าจะได้รับการส่งเสริมให้เป็นผลไม้เพื่อสุขภาพ รวมถึงการสนับสนุนการวิจัยและพัฒนาทางด้านการเกษตร การแพทย์ เภสัชวิทยา และการตลาดต่อไปในอนาคต

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เอกสารอ้างอิง

กลุ่มงานวิเคราะห์อาหารและโภชนาการ. 2544. ตารางแสดงคุณค่าทางโภชนาการของอาหารไทย. โรงพิมพ์องค์การทหารผ่านศึก. กรุงเทพฯ

นิธิยา รัตนาปนนท์. 2545. เคมีอาหาร (Food Chemistry). โอ. เอส. พริ้นติ้ง เฮ้าส์. กรุงเทพฯ

รติพร หาเรือนกิจ. 2552. การวิจัยเชิงสุขภาพ. วารสารอุตสาหกรรมเกษตรเกษตรพระจอมเกล้า. 1 (1): 1-5

ลัดดา วัฒนศิริธรรม, กาญจนารัตน์ ทวีสุข และเบญจมาศ รัตนชินกร. 2548. ลิโมนินและนารินจินในส้มโอพันธุ์ต่างๆ. ในการประชุมวิชาการวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทยครั้งที่ 31 (วทท. 31) วันที่ 18-20 ตุลาคม 2548. มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี. นครราชสีมา

สุวรา วัฒนพิทยกุล และลินดา จุฬาโรจน์มนตรี. 2552. รายงานการวิจัยเรื่องฤทธิ์ทางเภสัชวิทยาของน้ำคั้นส้มโอต่อการทำงานและการซ่อมแซมเยื่อบุหลอดเลือด. สำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย. กรุงเทพฯ

เสาวภา ไชยวงศ์, ธีรพงษ์ เทพกรณ์, สุจริต ส่วนไพโรจน์, โรมรัน ซูศรี และ อุไรวรรณ ขุนจันทร์. 2553. รายงานวิจัยเรื่อง การประเมินสารออกฤทธิ์สำคัญในกลุ่ม Flavonoids และ Anthocyanins ของส้มโอพันธุ์ทองดี พันธุ์ขาวน้ำผึ้ง พันธุ์ขาวแตงกวา พันธุ์ขาวใหญ่ และพันธุ์ทับทิมสยาม ที่ปลูกในประเทศไทย. สำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย. กรุงเทพฯ.

Baghurst, K. 2003. The health benefits of Citrus fruits. Horticultural Australia Ltd. Sydney.

Bowels, B.L. and A.J. Miller. 1994. Caffeic acid activity against *Clostridium botulinum* spores. Journal of Food Science. 59 (4): 905-908.

Davies, F. S. and L.G. Albrigo. 2003. Citrus. CABI Publishing. New York.

Davies, M.J., J.T. Judd, D.J. Baer, B.A. Clevidence, D.R. Paul, A.J. Edwards, S..A. Wiseman, R.A. Muesing and S.C Chen. 2003. Black tea consumption reduces total and LDL cholesterol in mildly hypercholesterolemic adults. Journal of Nutrition. 33 (10): 3298s-3302s.

Fanciullino, A.L., C. Dhuique-Mayer, F. Luro, J. Casanova, R. Morillon and P. Ollitrault. 2006. Carotenoid diversity in cultivated citrus is highly influenced by genetic factors. Journal of Agricultural and Food Chemistry. 54: 4397-4406.

Ferguson L.R., S.T. Zhu and R.J. Harris. 2005. Antioxidant and antigenotoxic effects of plant cell wall hydroxycinnamic acids in cultured HT-29. Molecular Nutrition & Food Research. 49 (6): 585–693.

Gattuso, G., D. Barreca, C. Gargiulli, U. Leuzzi and C. Caristi. 2007. Review: Flavonoid composition of *Citrus* juices. Molecules. 12: 1641-1673.

Häkkinen, S. 2000. Flavonols and phenolic acids in berries and berry product. Ph.D thesis. Kuopio University.

Harborne J. B. and C. A. Williams. 2000. Advances in flavonoid research since 1992. Phytochemistry. 55: 481-504.

Hertog, M.G. L., P.C.H. Hollman and D.P. Venema. 1992. Optimization of a quantitative HPLC determination of potentially anticarcinogenic flavonoids in vegetables and fruits. Journal of Agricultural and Food Chemistry. 40: 1591-1598.

Hollman P.C.H. and M.B. Katan. 1999. Dietary Flavonoids: Intake, Health Effect and Bioavailability. Food and Chemical Toxicology. 37: 937-942.

Jassim, S..A .A. and M. A. Naji. 2003. Novel antiviral agents: a medicinal plant perspective. Journal of Applied Microbiology. 95 (3): 412–427.

Kawaii, S., Y. Tomono, E. Katase, K. Ogawa and M. Yano. 1999. Quantitation of flavonoid constituents in Citrus fruits. Journal of Agricultural and Food Chemistry. 47: 3565-3571.

Kikugawa, K, T. Hakamada, M. Hasunuma and T. Kurechi. 1983. Reaction of *p*-hydroxycinnamic acid derivatives with nitrite and its relevance to nitrosamine formation. Journal of Agricultural and Food Chemistry. 1 (4): 780–785.

Kim, G.N., J.G. Shin and H.D. Jang. 2009. Antioxidant and antidiabetic activity of Dangyuja (*Citrus grandis* Osbeck) extract treated with *Aspergillus saitoi*. Food Chemistry. 117: 35-41.

Ladaniya, M. S. 2008. Citrus Fruit Biology, Technology and Evaluation. Academic Press. California.

Lesca, P. 1983. Protective effects of ellagic acid and other plant phenols on benzo[a]pyrene-induced neoplasia in mice. Carcinogenesis. 4(12): 1651-3.

Mori, H., K. Kawabata, N. Yoshimi, T. Tanaka, T. Murakami, T. Okada and H. Murai. 1999. Chemopreventive effects of ferulic acid on oral and rice germ on large bowel carcinogenesis. Anticancer Research. 19 (5A): 3775-8.

Morton L.W., R.A.A. Caccettah, I.B. Puddey and K.D. Croft. 2000. Chemistry and biological effects of dietary phenolic compounds: relevance to cardiovascular disease. Clinical and Experimental Pharmacology and Physiology. 27 (3): 152–159.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Paynter, N.P., H.C. Yeh, S. Voutilainen, M.I. Schmidt, G. Heiss, A.R. Folsom, F.L. Brancati, W.H.L. Kao. 2006. Coffee and sweetened beverage consumption and the risk of type 2 diabetes mellitus. American Journal of Epidemiology. 164 (11): 1075–1084.

Pichaiyongvongdee, S. and R. Haruenkit. 2009. Investigation of limonoids, flavanones, total polyphenol content and antioxidant activity in seven Thai pummelo cultivars. Kasetsart Journal (Natural Science). 43: 458-466.

Pietta, P. G. 2000. Flavonoids as antioxidants. Journal of National Products. 63: 1035-1042.

Roldán-Gutiérrez, J.M., M.D.L. de Castro. 2007. Lycopene: The need for better methods for characterization and determination. Trends in Analytical Chemistry. 26(2): 163-170.

Sizer F. and E. Whitney. 2008. Nutrition: Concepts and Controversies.11th edition. Thomson Wadsworth. Belmont, CA.

Sotillo, D.R. de, M. Hadley and C. Wolf-Hall. 1998. Potato peel extract a nonmutagenic antioxidant with potential antimicrobial activity. Journal of Food Science .63 (5): 907-910.

USDA Nutrient database. 2010. Grapefruit juice (Pink, Raw). Pummelo. [online] Available from http://www.nal.usda.gov/fnic/foodcomp/cgi-bin/list_nut_edit.pl. (accessed on 27/9/2010)

USDA Nutrient database. 2010. Grapefruit juice (White, Raw). Pummelo. [online] Available from http://www.nal.usda.gov/fnic/ foodcomp/cgi-bin/list_nut_edit.pl. (accessed on 27/9/2010)

USDA Nutrient database. 2010. Pummelo (Raw). Pummelo. [online] Available from http://www.nal.usda.gov/fnic/foodcomp/cgi-bin/list_nut_edit.pl. (accessed on 27/9/2010)

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

Wang, Y.C., Y.C. Chuang and Y.H. Ku. 2007. Quantitation of bioactive compounds in Citrus fruits cultivated in Taiwan. Food Chemistry. 102: 1163-1171.

Weerasak, S. 2005. Caroteniods: Structures and Potential Mechanism in Biological Functions. Srinakharinwirot Journal of Pharmaceutical Sciences. 10 (1): 58-66.

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

Xu, J., N. Tao, Q. Liu and X. Deng. 2006. Presence of diverse ratio of lycopene/β-carotene in five pink or red. Scientia Horticulturae. 108: 181-184.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้