Agricultural Sci. J. 38 : 5 (Suppl.) : 127-130 (2007) ว. วิทย. กษ. 38 : 5 (พิเศษ) : 127-130 (2550)

ผลอายุการเก็บเกี่ยวมะกอกน้ำต่อปริมาณฟีนอลิก ฟลาโวนอยด์ และกิจกรรมสารต้านออกซิเดชัน

Effect of Spanish Plum (*Elaeocarpus hygrophilus* Kurz.) Maturity on Total Phenolics, Flavonoids and Antioxidant Activity

อธิยา เรืองจักรเพ็ชร[1] **และ ธนะบูลย์ สัจจาอนันตกุล**[1]
Atiya Ruangchakpet[1] and Tanaboon Sajjaanantakul[1]

Abstract

Spanish Plum (*Elaeocarpus hygrophilus* Kurz.) maturity at 5, 6, 7 and 8 months after pollination was studied. It was found that the 6 month maturity had the highest total phenolics (345.8 mg gallic acid/ 100 g fresh weight (FW)) and flavonoids content (49.0 mg catechin/ 100 g FW). As determined by HPLC, the highest gallic acid content (103.6 mg/ 100 g FW) also found at 6 month maturity. However quercetin and kaempferol could not be found in all samples. The highest total antioxidant activity (TAC) from ORAC method was found in 6 month maturity sample with a value of 24.4 μmoles Trolox equivalent/ 100 g FW. Noteworthy antiradical efficiency (AE) from DPPH method was also found in 6 month maturity sample at a value 0.014. TAC from ORAC method demonstrated a good correlation with flavonoids content (r = 0.997) and AE from DPPH method exhibited a good correlation with total phenolics content (r = 0.992). Spanish plum at 6 month maturity after pollination is therefore contained the highest flavonoids, phenolics and antioxidant property as compare to the other maturity.

Keywords: Spanish Plum, flavonoid, antioxidant activity

บทคัดย่อ

จากการศึกษามะกอกน้ำ (*Elaeocarpus hygrophilus* Kurz.) ที่มีอายุการเก็บเกี่ยว 5, 6, 7 และ 8 เดือนหลังติดดอก พบว่าที่อายุ 6 เดือน มีปริมาณฟีนอลิกทั้งหมดมากที่สุด (345.8 มิลลิกรัมกรดแกลลิกต่อ 100 กรัมน้ำหนักสด) และมีปริมาณฟลาโวนอยด์มากที่สุด (49.0 มิลลิกรัมเคทเทคินต่อ 100 กรัมน้ำหนักสด) เมื่อวิเคราะห์ด้วย HPLC พบว่ามะกอกน้ำอายุ 6 เดือน มีกรดแกลลิกมากกว่าที่อายุการเก็บเกี่ยวอื่น (103.6 มิลลิกรัมต่อ 100 กรัมน้ำหนักสด) อย่างไรก็ตามไม่มีการตรวจพบควอเซตินและแคมพ์เฟอรอลในทุกอายุการเก็บเกี่ยว ส่วนค่า total antioxidant activity (TAC) จากวิธี ORAC ที่อายุ 6 เดือนมีค่าสูงสุดเป็น 24.4 ไมโครโมล Trolox ต่อ 100 กรัมน้ำหนักสด และค่า antiradical efficiency (AE) จากวิธี DPPH ที่อายุ 6 เดือนมีค่าสูงสุดเช่นกัน คือมีค่า 0.014 จากการวิเคราะห์สหสัมพันธ์พบว่าค่า TAC มีค่าสหสัมพันธ์สูง (r = 0.997) กับปริมาณฟลาโวนอยด์ และค่า AE มีค่าสหสัมพันธ์สูง (r = 0.992) กับปริมาณฟีนอลิกทั้งหมด มะกอกน้ำอายุ 6 เดือนหลังติดดอกมีปริมาณฟลาโวนอยด์ ฟีนอลิก และความสามารถต้านออกซิเดชันมากที่สุดเมื่อเทียบกับอายุการเก็บเกี่ยวอื่น

คำสำคัญ: มะกอกน้ำ, ฟลาโวนอยด์, กิจกรรมของสารต้านออกซิเดชัน

คำนำ

มะกอกน้ำ (*Elaeocarpus hygrophilus* Kurz.) เป็นผลไม้พื้นบ้านของไทย ผลกลมรี หัวท้ายแหลม ผิวเรียบ ผลอ่อน (อายุประมาณ 5 เดือนหลังติดดอก) มีสีเขียวเข้ม ที่อายุการเก็บเกี่ยว (อายุประมาณ 6 เดือนหลังติดดอก) สีผลเปลี่ยนเป็นเขียวอมเหลือง และเปลี่ยนเป็นมีสีแดงแซมเล็กน้อยเมื่อผลแก่มาก (อายุประมาณ 7-8 เดือนหลังติดดอก) ผลนำมาใช้ประโยชน์ได้หลายรูปแบบ เช่น ผลอายุ 6 เดือนหลังติดดอก มักเก็บเกี่ยวมาแปรรูปเป็นมะกอกดอง มะกอกแช่อิ่ม ส่วนผลแก่อายุประมาณ 7-8 เดือนหลังติดดอก นิยมนำมารับประทานสด เนื้อผลมะกอกน้ำมีปริมาณวิตามินเอสูง มีวิตามินซี ฟอสฟอรัส และแคลเซียม ฟลาโวนอยด์เป็นสารชนิดหนึ่งในกลุ่มพอลิฟีนอลิก พบได้มากในพืชหลายชนิด แบ่งได้หลายกลุ่ม ได้แก่ ฟลาโวนอล ฟลาโวน ฟลาวาโนน แอนโธไซยานิดิน และไอโซฟลาโวน สารที่พบได้ทั่วไปในผักผลไม้หลายชนิด คือสารกลุ่มฟลาโวนอล เช่น ควอเซติน แคมพ์เฟอรอล โดยควอเซตินจะพบในปริมาณที่มากกว่า ประโยชน์ที่สำคัญของสารกลุ่มฟลาโวนอยด์ และฟลาโวนอล คือการเป็นสารต้านออกซิเดชัน ซึ่งเป็นที่สนใจอย่างมากในขณะนี้

[1] ภาควิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร คณะอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
[1] Department of Food Science and Technology, Faculty of Agro-Industry, Kasetsart University

วัตถุประสงค์ของการทดลองครั้งนี้คือ ศึกษาอายุการเก็บเกี่ยวที่แตกต่างกันของมะกอกน้ำ ได้แก่อายุประมาณ 5, 6, 7 และ 8 เดือนหลังติดดอก ที่มีผลต่อปริมาณฟีนอลิก และฟลาโวนอยด์ และการเป็นสารต้านออกซิเดชัน โดยปริมาณกรดแกลลิก (ฟีนอลิก), ควอแซติน แคมฟ์เฟอรอล และเคทเทคิน (ฟลาโวนอยด์) วัดด้วยวิธี HPLC ส่วนความสามารถในการต้านออกซิเดชันวัดด้วยวิธี ORAC และ DPPH

อุปกรณ์และวิธีการ

นำมะกอกน้ำที่มีอายุการเก็บเกี่ยวแตกต่างกัน ได้แก่ 5, 6, 7 และ 8 เดือนหลังติดดอก มาทำแห้งด้วยวิธีทำแห้งแบบเยือกแข็ง แล้วบดให้เป็นผงละเอียด

การวิเคราะห์ปริมาณฟีนอลิกทั้งหมด (Total Phenolic Content) ใช้ตัวอย่างทำแห้ง 2.00 กรัม สกัดด้วยเมทานอล แล้วหมุนเหวี่ยงเพื่อนำส่วนใสมาวิเคราะห์ ตามวิธี Folin-Ciocalteu (Wolfe *et al*., 2003) เปรียบเทียบกับกราฟมาตรฐานของกรดแกลลิก ผลที่ได้แสดงในหน่วยมิลลิกรัมกรดแกลลิกต่อน้ำหนักสด 100 กรัม

การวิเคราะห์ปริมาณฟลาโวนอยด์ (Flavonoid Content) โดยใช้สารสกัดเดียวกับการวัดปริมาณฟีนอลิกทั้งหมด วัดค่าตามวิธีการวิเคราะห์ปริมาณฟลาโวนอยด์ (Wolfe *et al*., 2003) เปรียบเทียบกับกราฟมาตรฐานของเคทเทคิน ผลที่ได้แสดงในหน่วยมิลลิกรัมเคทเทคินต่อน้ำหนักสด 100 กรัม

การจำแนกและวิเคราะห์ปริมาณสารด้วยวิธี HPLC โดยการสกัดดัดแปลงจากวิธีของ Hertog *et al*. (1992) คือ นำตัวอย่างแห้ง 0.500 กรัม กับเมทานอลและกรดไฮโดรคลอริก มาสกัดแบบย้อนกลับที่อุณหภูมิ 90 องศาเซลเซียส นาน 2 ชั่วโมง นำสารสกัดมาปรับปริมาตรให้เป็น 100 มิลลิลิตร แล้วกรองผ่านแผ่นกรอง (Regenerated cellulose, 0.45 µm, Agilent Technologies. USA.) วิธีวิเคราะห์ดัดแปลงจากวิธีของ Huber (1998) และ Breitfellner *et al*. (2003) โดยใช้ตัวอย่าง 10 ไมโครลิตร คอลัมน์ชนิด Hypersil ODS (4×125 mm, 4 µm, Agilent. USA.) อุณหภูมิคอลัมน์เป็น 25 องศาเซลเซียส วัฏภาคเคลื่อนที่มี 2 ชนิด (A: 0.5% กรดฟอสฟอริกในน้ำ และ B: เมทานอล) โดยให้สัดส่วนเปลี่ยนแปลงไปตามเวลา คือ ใช้สาร A 95% นาน 5 นาที, ปรับสาร A ให้เป็น 85% ใน 3 นาที, ปรับสาร A ให้เป็น 75% ใน 4 นาที, ปรับสาร A ให้เป็น 62% ใน 2 นาที, ปรับสาร A ให้เป็น 52% ใน 12 นาที, ปรับให้เป็นสาร B ทั้งหมด ใน 4 นาที และปรับสาร A ให้เป็น 95% ใน 5 นาที อัตราเร็วที่ใช้เป็น 1 มิลลิลิตรต่อนาที, เปลี่ยนเป็น 2 มิลลิลิตรต่อนาที ที่นาทีที่ 8 แล้วเปลี่ยนกลับมาเป็น 1 มิลลิลิตรต่อนาที ที่นาทีที่ 30 ใช้ detector ชนิด UV ที่ความยาวคลื่น 280 นาโนเมตร เปลี่ยนเป็น 370 นาโนเมตร ที่นาทีที่ 12 เปลี่ยนมาเป็น 280 นาโนเมตร ที่นาทีที่ 35 สารมาตรฐานที่ใช้ได้แก่ ควอเซติน แคมพ์เฟอรอล เคทเทคิน และกรดแกลลิก (Sigma-aldrich, Inc.)

การวิเคราะห์ความสามารถในการต้านออกซิเดชันด้วยวิธี ORAC โดยใช้ตัวอย่างแห้ง 0.500 กรัม สกัดและวิเคราะห์ตามวิธีของ Prior *et al*. (2003) โดยแยกวัดทั้งส่วนชอบน้ำและชอบไขมัน ใช้สารฟลูออเรสซีนเป็น fluorescene sodium salt (Sigma-aldrich, Inc.) วัดค่าด้วยเครื่อง FLUOstar OPTIMA microplate reader (BMG) นาน 1 ชั่วโมง ผลที่ได้ทั้งสองส่วนนำมารวมกันเป็นค่า Total Antioxidant Capacity (TAC) มีหน่วยเป็นไมโครโมล ของ Trolox (TE) ต่อน้ำหนักสด 100 กรัม

การวิเคราะห์ความสามารถในการต้านออกซิเดชันด้วยวิธี DPPH ใช้สารสกัดเดียวกับการวัดปริมาณฟีนอลิกทั้งหมด ใช้วิธีการวิเคราะห์ตาม Singh *et al*. (2002) ค่าที่ได้แสดงในรูป % radical scavenging activity = (control OD – sample OD/control OD) × 100 แล้วคำนวณเป็นค่า Antiradical Efficiency (AE) = $1/IC_{50}$ เมื่อ IC_{50} เป็นปริมาณตัวอย่างที่ทำให้ค่า % radical scavenging activity ลดลงร้อยละ 50

ผลและวิจารณ์

ปริมาณฟีนอลิกทั้งหมด ปริมาณฟลาโวนอยด์ และปริมาณกรดแกลลิกเมื่อวิเคราะห์ด้วยวิธี HPLC ของมะกอกน้ำที่มีอายุการเก็บเกี่ยว 5, 6, 7 และ 8 เดือน แสดงในตารางที่ 1 แต่ไม่พบควอเซติน แคมพ์เฟอรอล และเคทเทคินในตัวอย่างใดเลย โดยมะกอกน้ำอายุ 6 เดือนหลังติดดอก มีค่ามากที่สุด ($p<0.05$) คือมีปริมาณฟีนอลิกทั้งหมด 345.8 มิลลิกรัมกรดแกลลิกต่อน้ำหนักสด 100 กรัม มีปริมาณฟลาโวนอยด์ 49.0 มิลลิกรัมเคทเทคิน ต่อน้ำหนักสด 100 กรัม และมีปริมาณกรดแกลลิกเมื่อวิเคราะห์ด้วยวิธี HPLC 103.6 มิลลิกรัมต่อน้ำหนักสด 100 กรัม ดังแสดงในภาพที่ 1 ส่วนที่อายุ 5 เดือน จะมีปริมาณรองลงมา คือมีฟีนอลิกทั้งหมด ฟลาโวนอยด์ และกรดแกลลิกเมื่อวัดด้วยวิธี HPLC น้อยกว่าที่อายุ 6 เดือนร้อยละ 65.3, 61.2 และ 8.5 ตามลำดับ ในขณะที่ค่าทั้งสามในมะกอกน้ำอายุ 7 และ 8 เดือน จะลดลงอย่างมากเมื่อเทียบกับที่อายุ 6 เดือน โดยฟีนอลิกทั้งหมดมีค่าลดลงถึงร้อยละ 94.3 และ 95.5 ตามลำดับ ฟลาโวนอยด์มีค่าลดลงร้อยละ 86.7 และ 91.6 ตามลำดับ และกรดแกลลิกเมื่อวิเคราะห์ด้วยวิธี HPLC มีค่าลดลงร้อยละ 39.8 และ 34.5 ตามลำดับ ปริมาณฟีนอลิกทั้งหมด ฟลาโวนอยด์ และ

กรดแกลลิก มีแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงในทิศทางเดียวกัน คือมีค่าน้อยเมื่อผลอ่อน (5 เดือน) มีค่ามากที่สุดที่อายุการเก็บเกี่ยว (6 เดือน) และมีค่าลดลงมากเมื่อผลแก่ (7 และ 8 เดือน) ดังที่ Machiex *et al*. (1990) กล่าวไว้ว่าธรรมชาติของผลไม้ส่วนมาก ปริมาณฟีนอลิกและฟลาโวนอยด์ลดลงอย่างรวดเร็วเมื่อสุกมากขึ้น และกรดแกลลิกสามารถพบได้ในผลไม้ตั้งแต่ผลอ่อน และเพิ่มขึ้นสูงที่สุดเมื่อผลสุก แต่จะลดลงอย่างรวดเร็วเมื่อปล่อยให้ผลแก่มากขึ้น เนื่องจากกรดแกลลิกสามารถเปลี่ยนเป็นสารอื่น นอกจากนั้น Kulkarni and Aradhya (2005) ได้ทำการทดลองในผลทับทิมพบว่าเมื่อทับทิมสุกขึ้น จะมีปริมาณฟีนอลิกลดลง

Table 1 Total phenolic, flavonoid content and gallic acid content in Spanish Plum at 5, 6, 7 and 8 month after pollination.

Maturity (month)	Total Phenolic (mg gallic acid / 100 g FW)	Flavonoid content (mg cathchin / 100 g FW)	Gallic acid (mg / 100 g FW)
5	119.8^{b}	19.0^{b}	94.8^{b}
6	345.8^{a}	49.0^{a}	103.6^{a}
7	19.8^{c}	6.5^{c}	62.4^{d}
8	15.7^{c}	4.1^{d}	67.9^{c}

Mean values in the same column followed by different superscript letters are significantly different ($p<0.05$).

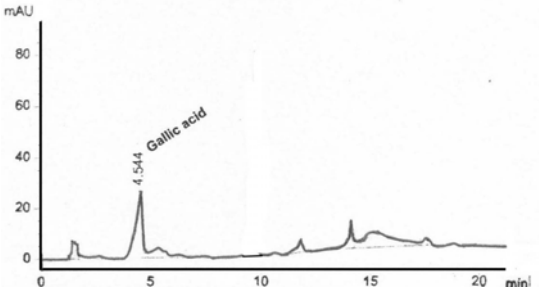

Figure 1 Chromatogram of 6 month Spanish Plum determined by HPLC

ความสามารถในการต้านออกซิเดชัน แสดงเป็นค่า Total Antioxidant Activity (TAC) เมื่อวัดด้วยวิธี ORAC และ ค่า Antiradical Efficiency (AE) เมื่อวัดด้วยวิธี DPPH ของมะกอกน้ำที่อายุ 5, 6, 7 และ 8 เดือนหลังติดดอก แสดงในตารางที่ 2 ค่าจากการวิเคราะห์ทั้งสองวิธีได้ผลในทิศทางเดียวกัน คือมีประสิทธิภาพเพิ่มจากอายุ 5 เดือน เป็นมากที่สุดเมื่ออายุ 6 เดือน และมีประสิทธิภาพน้อยลงมากเมื่ออายุ 7 และ 8 เดือน โดยที่อายุ 6 เดือน มีค่า TAC เป็น 24.4 ไมโครโมล TE ต่อน้ำหนักสด 100 กรัม และค่า AE เป็น 0.014 ซึ่งเป็นค่าที่มากสุด ($p<0.05$) ส่วนที่อายุ 5 เดือน มีค่า TAC และค่า AE น้อยกว่าที่อายุ 6 เดือน ร้อยละ 62.7 และ 71.4 ตามลำดับ และที่อายุ 7 และ 8 เดือนจะมีค่าลดลงมากเมื่อเทียบกับที่อายุ 6 เดือน คือมีค่า TAC ลดลงร้อยละ 75.0 และ 79.1 ตามลำดับ และมีค่า AE ลดลงร้อยละ 92.9 เท่ากัน จากการทดลองของ Kulkarni and Aradhya (2005) ซึ่งทำการทดลองในผลทับทิม พบว่าช่วงที่มีความสามารถในการต้านออกซิเดชันมากที่สุด คือช่วงที่มีปริมาณสารกลุ่มพอลิฟีนอลมากที่สุด เช่นสารฟีนอลิก ฟลาโวนอยด์ชนิดต่างๆ เป็นต้น

Table 2 Total Antioxidant Activity (TAC) from ORAC and Antiradical Efficiency (AE) from DPPH method in Spanish Plum at 5, 6, 7 and 8 months after pollination.

Maturity (month)	TAC (μmoles TE / 100 g FW)	AE ($1/IC_{50}$)
5	9.1^{b}	0.004^{b}
6	24.4^{a}	0.014^{a}
7	6.1^{c}	0.001^{c}
8	5.1^{c}	0.001^{c}

Mean values in the same column followed by different superscript letters are significantly different ($p<0.05$).

ผลการวิเคราะห์สหสัมพันธ์ (Correlation analysis) แสดงในตารางที่ 3 พบว่าค่าปริมาณฟีนอลิกทั้งหมด ปริมาณฟลาโวนอยด์ กรดแกลลิก และความสามารถในการต้านออกซิเดชัน เป็นไปในทิศทางเดียวกัน คือมีค่าน้อยในผลอ่อน และมีค่า

เพิ่มเป็นมากที่สุดเมื่อถึงอายุเก็บเกี่ยว แล้วจึงมีค่าลดลงเมื่อแก่ขึ้น โดยค่า TAC มีค่าสหสัมพันธ์สูงกับปริมาณฟลาโวนอยด์ ฟีนอลิกทั้งหมด ค่า AE และ กรดแกลลิก (r = 0.997, 0.994, 0.987 และ 0.859 ตามลำดับ) ส่วนค่า AE มีค่าสหสัมพันธ์สูงกับปริมาณฟีนอลิกทั้งหมด ฟลาโวนอยด์ ค่า TAC และกรดแกลลิก (r = 0.992, 0.990, 0.987 และ 0.821 ตามลำดับ)

Table 3 Pearson's correlation coefficients of total phenolic, flavonoid content, gallic acid content and antioxidant activity (TAC and AE).

	Phenolic	Flavonoid	Gallic acid	TAC
Flavonoid	0.999**			
Gallic acid	0.883**	0.880**		
TAC	0.994**	0.997**	0.859**	
AE	0.992**	0.990**	0.821**	0.987**

** = significant at p<0.01

สรุป

มะกอกน้ำที่อายุการเก็บเกี่ยว 6 เดือนหลังติดดอก เป็นช่วงอายุที่มีปริมาณสารที่มีประโยชน์มากที่สุด คือมีปริมาณฟีนอกลิกทั้งหมด 354.8 มิลลิกรัมกรดแกลลิกต่อน้ำหนักสด 100 กรัม มีปริมาณฟลาโวนอยด์ 49.0 มิลลิกรัมเคทเทคินต่อน้ำหนักสด 100 กรัม และมีปริมาณกรดแกลลิกเมื่อวิเคราะห์ด้วยวิธี HPLC 103.6 มิลลิกรัมต่อน้ำหนักสด 100 กรัม และยังมีความสามารถในการต้านออกซิเดชันมากที่สุดอีกด้วย คือมีค่า TAC เมื่อวิเคราะห์ด้วยวิธี ORAC เป็น 24.4 ไมโครโมล TE ต่อน้ำหนักสด 100 กรัม และมีค่า AE เมื่อวิเคราะห์ด้วยวิธี DPPH เป็น 0.014 เมื่อวิเคราะห์สหสัมพันธ์แล้วพบว่า ค่า TAC มีค่าสหสัมพันธ์สูงที่สุดกับปริมาณฟลาโวนอยด์ (r = 0.997) ส่วนค่า AE มีค่าสหสัมพันธ์สูงที่สุดกับปริมาณฟีนอลิกทั้งหมด (r = 0.992) แสดงให้เห็นอย่างชัดเจนว่ามะกอกน้ำอายุ 6 เดือนหลังติดดอก ซึ่งเป็นช่วงอายุปกติที่ชาวสวนนิยมเก็บเกี่ยว เป็นช่วงอายุที่เหมาะสมที่สุดในการบริโภค เนื่องจากมีปริมาณสารสูง ได้แก่ ปริมาณฟีนอลิกทั้งหมด ปริมาณฟลาโวนอยด์ และปริมาณกรดแกลลิก นอกจากนั้นยังมีประโยชน์ในเรื่องความสามารถในการต้านออกซิเดชันอีกด้วย คือเป็นช่วงที่มีค่า TAC และค่า AE สูงที่สุด และมีควรรอให้สุกกว่า 6 เดือน เนื่องจากปริมาณสารต่างๆ และความสามารถในการต้านออกซิเดชัน จะลดลงมาก

คำขอบคุณ

คณะผู้วิจัยขอขอบคุณโครงการพัฒนาบัณฑิตศึกษาและวิจัยเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยว มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ที่กรุณาให้ทุนสนับสนุนงานวิจัยครั้งนี้

เอกสารอ้างอิง

Breitfellner, F., S. Solar and G. Sontag. 2003. Radiation induced chemical changes of phenolic compounds in strawberries. Radiat. Phys. Chem. 67: 497-499.

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. J. Agric. Food Chem. 40: 1591-1596.

Huber, Udo. 1998. Analysis of quercetin and kaempferol in gingko extract and tablets (*Gingko Bilboba*) by HPLC. Agilent Technologies. Available Source: http://www.chem.agilent.com/temp/rad822F9/00015219.pdf, October 3, 2006.

Kulkarni, A. P. and S. M. Aradhya. 2005. Chemical changes and antioxidant activity in pomegranate arils during fruit development. Food Chem. 93: 319-324.

Macheix, J. J., A. Fleuriet and J. Billot. 1990. Fruit phenolics. CRC Press, Boca Raton.

Prior, R. L., H. Hoang, L. Gu, X. Wu, M. Bacchiocca, L. Howard, M. Hampsch-Woodill, D. Huang, B. Ou and R. Jacob. 2003. Assays for hydrophilic and lipophilic antioxidant capacity (Oxygen radical absorbance capacity ($ORAC_{FL}$)) of plasma and other biological and food samples. J. Agric. Food Chem. 51: 3273-3279.

Singh, R. P., K. N. Chidambara Murthy and G. K. Jayaprakasha. 1997. Studies on the antioxidant activity of pomegranate (*Punica granatum*) peel and seed extracts using in vitro models. J. Agric. Food Chem. 50: 81-86.

Wolfe, K., X. Wu and R. H. Liu. 2003. Antioxidant activity of apple peels. J. Agric. Food Chem. 51: 609-614.