

プラム中の抗酸化活性を有する機能性成分

小嶋道之[§], 宮下淳一, 前田龍一郎*, 稲川 裕**, 村松裕司**

帯広畜産大学食料生産科学

* 帯広畜産大学基礎獣医学

** 北海道立中央農業試験場果樹科

The Functional Components of the Antioxidant Activity of Plums

Michiyuki Kojima[§], Jyunichi Miyashita, Ryuichiro Maeda*,
Yutaka Inagawa** and Yuji Muramatsu**

Food Production Science, Obihiro University, 11 Nishi-2-sen, Inada-cho, Obihiro, 080-8555

* Basic Veterinary Science, Obihiro University, 11 Nishi-2-sen, Inada-cho, Obihiro, 080-8555

** Fruit Tree Section, Hokkaido Central Agricultural Experiment Station,

Kita-15-gou, higashi-6-sen, Naganuma-cho, Yuubari-gun, 069-1395

Plums of 8 varieties (Early Rivers, Sun Prune, Robe de Sargenant, Chairn, Opal, Sunctus, Purple Ais, President) cultivated in Hokkaido in 2002-2004 underwent polyphenol extraction using 5% formic acid methanol, and amounts of polyphenol yielded and antioxidative activity were compared. Significant differences were observed between crops of different years. The Chairn and Sunctus varieties had the highest polyphenol content. These varieties also showed the highest combined antioxidative activity. Although there was a low correlation coefficient between the quantity of polyphenol monomers yielded and antioxidative activity, there was a high correlation between the amount of polyphenol polymers and antioxidative activity. Quantities of polyphenol polymers were calculated by subtracting the quantity of polyphenol detected by the HPLC method from the total amount of polyphenol as calculated by the Folin-Denis method. These results indicate that the main constituents responsible for antioxidative activity in plums are polyphenol polymers. In addition, the polyphenol content of plums cultivated under open-field and closed-field conditions (the latter excludes rain) were examined over 3 years. The results revealed that there was little change in the polyphenol content of closed-field-cultivated fruit throughout the year.
(Received Apr. 18, 2005 ; Accepted Jul. 19, 2005)

活性酸素は、老化や生活習慣病の重要な原因物質の一つと考えられていて、ガンや心疾患など慢性的な病気の予防や治療にも活性酸素の除去が効果的であると報告されている^{1)~5)}。一般に果物類や野菜類には、アントシアニンやクロロゲン酸などの活性酸素を除去する成分（ポリフェノール類）が多種多様含まれていて^{6)~11)}、最近、健康食材としての価値が再認識されLDLの酸化抑制や血糖値低下作用なども報告されている¹²⁾¹³⁾。特にプラムは、ポリフェノール類を豊富に含み、他の果物や野菜に比べても高い抗酸化活性¹⁴⁾を持ち、インドでは婦人病治療¹⁵⁾にも利用されている。

プラムはバラ科サクラ属植物で、原産地は西アジアのコーカサス地方である。生果用や加工用、機能性や耐寒性に優れた品種など多様な品種が世界中に広がっているが、

最もプラム生産量の多い米国西海岸では、全世界の約70%の生産量を占めている。日本においても山梨県や長野県などでプラム生産が行われているが、北海道でのプラム栽培実績は少なく、寒冷地に適したプラム品種の選定や産地化のための基礎資料がほとんどない状況にある。また、プラム7-11品種に含まれる一般成分の特徴を調べた報告はあるが¹⁶⁾¹⁷⁾、機能性成分の詳細や同じ品種の収穫年度や栽培条件（露地と雨よけ）の違いによる機能性成分の含量に関する研究はこれまでにほとんどない。本研究では、2002年～2004年の3年間に北海道長沼町で栽培されたプラム8品種の特徴、特に機能性成分の含量と抗酸化活性の比較および栽培条件の違いによる機能性成分への影響について明らかにしようとした。

実験方法

1. 試料および調製

2002年～2004年に北海道長沼町（中央農業試験場）で栽

〒080-8555 帯広市稲田町西2線11番地

* 〒080-8555 帯広市稲田町西2線11番地

** 〒069-1395 北海道夕張郡長沼町東6線北15号

§ 連絡先 (Corresponding author), kojima@obihiro.ac.jp

Table 1 Skin color and weight of plums^a

Cultivar	Skin color	Weight (g/piece)		
		2002	2003	2004
Early Rivers	Deep blue	26.7±3.0 ^f	20.7±1.9 ^e	22.7±2.0 ^f
Sunprune	Deep blue	26.7±3.1 ^{ef}	23.3±3.0 ^e	—
Robe de Sargenant	Purple-blue	29.8±2.2 ^e	35.8±3.5 ^e	31.8±2.1 ^e
Chairn	Blunt purple	39.5±3.7 ^d	33.4±3.0 ^{cd}	46.1±6.5 ^e
Opal	Light purplish-red	39.5±2.7 ^d	31.3±3.0 ^d	34.6±3.2 ^d
Sunctus	Deep blue	44.0±4.8 ^c	41.0±7.4 ^b	55.3±4.7 ^b
Purple Ais	Purplish red	86.1±16.0 ^b	91.9±11.7 ^a	96.9±5.5 ^a
President	Purple-blue	93.5±7.9 ^a	93.2±14.1 ^a	—

^aData expressed as mean±SD. Values within a column followed by different letters are significant at P<0.05.

培されたプラム 8 品種;アーリーリバー, サンプルーン, ロードサージェン, チェーアン, オパール, サンタス, パープルアイ, プレジデントの果実を実験に用いた. また, 栽培条件(露地と雨よけ)の違いに関しては, 2002年~2004年に栽培されたパープルアイとプレジデントの2品種を用いた.

試料の調製は, 新食品分析ハンドブックに従った¹⁸⁾. すなわち, 送られてきた果実の重量を測定し, 平均重量に近いものから4個体を選択した. 各個体から種を取り除き果肉を細切して, 試料25gは5%ギ酸メタノールと共にミキサーに入れホモジナイズした(ピューレー試料). ピューレー試料は5%ギ酸メタノールでチューブに移し, 遠心分離(3000rpm, 10min)した上澄みは250mlの褐色メスフラスコに定容した. また, 抽出操作は3回以上繰り返した.

2. ポリフェノールと抗酸化活性の測定

総ポリフェノール量はFolin-Denis法を用いて測定した¹⁹⁾. すなわち, 試料0.1ml, 蒸留水1.9ml, Foline試薬2mlを加えて混和3分後に10%炭酸ナトリウム2mlを加えた. 反応液は攪拌して吸光度760nmを測定した. 新鮮重量100g当りの没食子酸当量としてポリフェノール量を求めた.

抗酸化活性の評価にはDPPHラジカル消去法を用いた²⁰⁾. すなわち, 5%ギ酸メタノール抽出液0.2ml, 1.8mlのTris-HClバッファー(pH7.4), 2mlのDPPH反応液を加えた. 攪拌後, 暗黒下, 15分間静置して, 吸光度520nmを測定した. 抗酸化活性はTrolox当量に換算した.

3. ポリフェノール及びアントシアニン組成のHPLC分析

ポリフェノール組成及びアントシアニン組成はHPLCで分析した. すなわち, 2004年度に収穫したプラム6品種の抽出液試料0.1mlは窒素乾固後, 蒸留水0.8mlに溶解してMinisart RC15(0.45µm)を通し, ろ液20µlをHPLCに供した. カラムはPhenomenex C18(4.6mm×250mm), 検出器は島津SPD-10ADvp, カラム温度は40°C

で行った. を用いた. 溶出溶媒は, 0.1%トリフルオロ酢酸を含む蒸留水(溶離液A)と0.1%トリフルオロ酢酸含むアセトニトリル(溶離液B)を用いて, 溶離液Bが8%から30%まで30分間で上昇するグラジェント条件で, 流速1ml/minで分析した. また, 市販のアントシアニン及びクロロゲン酸を内部標準として, ピーク面積の比較から定量した.

実験結果および考察

1. プラム8品種に含まれる機能性成分の特徴

2002年~2004年までの3年間に収穫して試験場から送られてきた新鮮なプラム果実の重量はTable1に示した. 果実重量は収穫年度により多少変動していたが, 重量が20.7g~96.9gの範囲で, 品種の違いにより重量に顕著な差が認められた. 小粒品種の代表はアーリーリバーで, 収穫年度により顕著な重量の差が認められたが, 大粒品種であるパープルアイやプレジデントの収穫年度による重量の差はわずかであった. また, 果皮色は品種間で異なっていて, アーリーリバーとサンタスのそれは濃紫色, オパールとパープルアイのそれは赤紫色であった. また, 同一品種の収穫年度による種皮色の違いはほとんど見られなかった.

2002年~2004年に収穫したプラム8品種のポリフェノール量と抗酸化活性はTable2に示した. 品種によりポリフェノール含量に違いが認められ, チェーアンとサンタスの2品種は3年間を通してポリフェノール量が高かった. また, チェーアンのポリフェノール量(136.9~238.9mg/100g)は, アーリーリバーのそれ(77.6~143.8mg/100g)の約2倍含まれていた. プラム8品種の抗酸化活性をDPPHラジカル消去法により検討してTrolox値で示したが, チェーアンの抗酸化活性(10.4~20.4µmol/g)はアーリーリバーのそれ(5.0~11.9µmol/g)の約2倍であり, ポリフェノール含量と同様の傾向が見られた.

また, 2002年~2004年に収穫された同一品種に含まれるポリフェノール量は, 収穫年度により若干の差異が認めら

Table 2 Total polyphenol and antioxidant capacity of plums^a

Cultivar	2002		2003		2004	
	Total polyphenol ^b (mg/100 g)	Antioxidant capacity ^c (μ mol/g)	Total polyphenol ^b (mg/100 g)	Antioxidant capacity ^c (μ mol/g)	Total polyphenol ^b (mg/100 g)	Antioxidant capacity ^c (μ mol/g)
Early Rivers	77.6 \pm 5.1 ^f	5.0 \pm 0.1 ^f	143.8 \pm 9.5 ^e	11.9 \pm 0.6 ^{bc}	122.1 \pm 7.0 ^e	8.7 \pm 0.3 ^c
Sunprune	87.5 \pm 4.3 ^e	7.3 \pm 0.1 ^e	143.8 \pm 10.4 ^e	10.8 \pm 0.6 ^{cd}	—	—
Robe de Sargenant	126.6 \pm 2.4 ^b	10.2 \pm 0.0 ^b	128.8 \pm 20.2 ^e	10.1 \pm 1.9 ^d	246.1 \pm 36.5 ^a	15.2 \pm 1.4 ^a
Chairn	136.7 \pm 0.9 ^a	10.4 \pm 0.2 ^a	238.9 \pm 6.0 ^a	20.4 \pm 0.5 ^a	223.2 \pm 22.8 ^a	14.4 \pm 1.5 ^a
Opal	104.5 \pm 1.7 ^c	7.9 \pm 0.1 ^d	167.1 \pm 6.3 ^b	11.1 \pm 0.2 ^{cd}	169.0 \pm 21.7 ^b	10.4 \pm 1.7 ^b
Sunctus	132.7 \pm 6.1 ^a	10.5 \pm 0.1 ^a	167.2 \pm 13.8 ^b	12.6 \pm 1.9 ^b	215.3 \pm 17.3 ^a	13.7 \pm 1.5 ^a
Purple Ais	85.3 \pm 3.2 ^e	7.1 \pm 0.2 ^e	101.5 \pm 10.1 ^d	8.7 \pm 0.5 ^e	148.5 \pm 24.0 ^{bc}	8.9 \pm 0.7 ^{bc}
President	100.5 \pm 2.1 ^d	8.4 \pm 0.3 ^e	169.2 \pm 16.5 ^b	12.1 \pm 1.0 ^{bc}	—	—

^a Data expressed as mean \pm SD. ^b Data expressed as milligrams of gallic acid equivalents per 100 g of fresh weight.

^c Antioxidant capacity expressed as micromoles of Trolox equivalents per gram of fresh weight.

Values within a column followed by different letters are significant at $P < 0.05$.

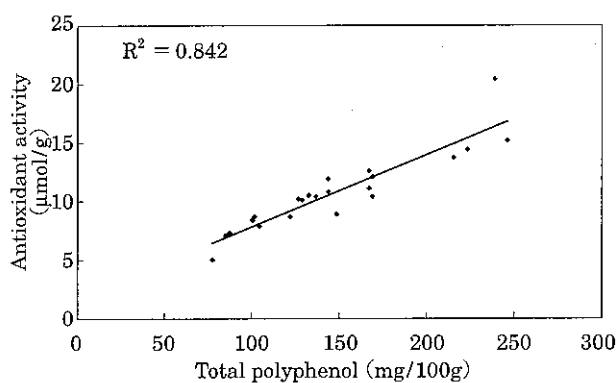


Fig. 1 Correlation between antioxidant capacity (by the DPPH method, micromoles of Trolox equivalents per gram of fresh weight) and total polyphenols (by the Folin-Denis method, milligrams of gallic acid equivalents per 100 g fresh weight) of plums

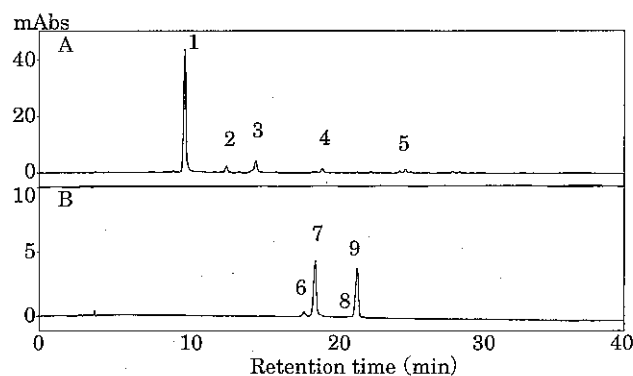


Fig. 2 HPLC chromatogram of plum fractions

A detected by UV 350 nm, B detected by UV 520 nm. Peak identification: 1, neochlorogenic acid; 2, chlorogenic acid; 3, cryptochlorogenic acid; 4, p -coumaric acid; 5, rutin; 6, cyanidin 3-glucoside; 7, cyanidin 3-rutinoside; 8, peonidin 3-glucoside; 9, peonidin 3-rutinoside.

れたが、3年間の総ポリフェノール量と抗酸化活性 (DPPH ラジカル消去法による) の間の相関関係を求めたところ、相関係数 R^2 が 0.84 と高い値であった (Figure 1)。この結果は、Kim らや Sun らの報告²¹⁾²²⁾ と同様であった。しかし、プラムの収穫年度の違いによりポリフェノール量に違いが認められたのは、生育気温や日照時間など、生育している環境要因がポリフェノール量もしくは果実個体の大きさに影響を与えたことが理由として考えられる。

プラムに含まれる数種類のポリフェノール成分は HPLC で分析した (Figure 2)。その結果、主要なポリフェノールはネオクロロゲン酸であり、9成分が同定された。ロブドサージェンとオパールの2品種は、ポリフェノールの約 70% 以上がネオクロロゲン酸であった。また、プラムに含まれる主要なポリフェノールは、品種の違いには関係なく、どの品種もクロロゲン酸異性体のネオクロロゲン酸で

あり、他品種の報告と同様²³⁾²⁴⁾ であった。

また、今回調べたプラム 6 品種のアントシアニン量は、1.3~30.7 mg/100 g の範囲のものであった。アーリーリバーとサンクスはアントシアニン量が多い品種 (30.7 mg/100 g、および 27.1 mg/100 g) であり、両者は果皮色の濃い品種であることから、プラムのアントシアニン量の多少は果皮色によってある程度判断できることが示された。また、HPLC により、プラムの主要なアントシアニンは 4 種類であり、シアニジン 3-グルコシド、シアニジン 3-ルチノシド、ペオニジン 3-グルコシド、ペオニジン 3-ルチノシドであることが同定された。

チェアーン品種の果肉部と果皮部に含まれるポリフェノール量は約 1:2 であり、同一感度の HPLC プロファイルと比較したところ、果皮部抽出液は 4 種類のアントシアニンとネオクロロゲン酸類が認められたのに対し、果肉部抽

Table 3 Polyphenol contents and relation between each phenolic compounds content (mg/100 g) and antioxidant activity ($\mu\text{mol/g}$)^a

Cultivar	Total polyphenol ^b	Neochlorogenic acid	Others ^c	Anthocyanin ^d	Sub total ^e	Polymer ^f (presumption)
Early Rivers	122.1	56.4	28.6	30.7	115.7	6.4
Robe de Sargenant	246.1	111.5	35.2	5.2	151.9	94.2
Opal	169.0	71.7	40.4	1.7	113.7	55.3
Chairn	223.2	70.7	43.8	11.6	126.0	97.2
Sunctus	215.3	57.1	36.2	27.1	120.4	94.9
Purple Ais	148.5	62.3	37.5	1.3	101.1	47.4
Correlation with antioxidant capacity ^g	0.97	0.36	0.16	<0.10	0.66	0.85

^aData expressed as mean \pm SD. ^bData expressed as milligrams of gallic acid equivalents per 100 g of fresh weight.

^cOthers is the sum of cryptochlorogenic acid, chlorogenic acid, *p*-coumaric acid, rutin.

^dData expressed as milligram of cyanidin 3-glucoside equivalents per gram of fresh weight.

^eSub total is the sum of neochlorogenic acid, others, anthocyanin by HPLC.

^fPolymer (presumption) was estimated by (total polyphenol-sub total).

^gCorrelation between antioxidant capacity and each factor was shown as a coefficient R^2 .

出液のそれはネオクロロゲン酸類しか認められなかった。

2. 抗酸化活性を示す成分の検討

各ポリフェノール類と抗酸化活性との相関係数は Table 3 に示した。Kim らは、プラムの抗酸化活性を示す主要なポリフェノールはネオクロロゲン酸であると報告²¹⁾したが、本実験結果ではネオクロロゲン酸と抗酸化活性との相関係数 (R^2) は 0.36 と低い値を示した。また、他の微量ポリフェノール成分であるクリプトクロロゲン酸、クロロゲン酸、*p*-クマル酸、ルチンやアントシアニン類などと抗酸化活性との間の相関係数は低い値であった。ポリフェノール重合体は、Folin-Denis 法で測定した総ポリフェノール量から HPLC で定量したポリフェノール量を差し引いた値として求めた。ポリフェノール重合体と抗酸化活性との相関係数は非常に高い値 ($R^2=0.85$) であることから、プラムの主要な抗酸化活性成分はポリフェノール重合体であると推定しているが、分離同定は今後の課題である。また、プラムのプロアントシアニジンやタンニンなどの重合体が抗酸化活性に関係している可能性について KAYANO らも報告している²⁵⁾。

3. 栽培条件の違いによる機能性成分含量の変化

雨により表面が割れる果実裂果は、商品価値を著しく低下させる。そこで、果樹全体をビニールシートで囲い、果実が雨にさらされるのを防ぐ栽培方法が実施されている。ここでは果樹をビニールシートで囲う栽培方法を「雨よけ栽培」とし、ビニールシートなしを「露地栽培」として比較した (Table 4)。「露地栽培」と「雨よけ栽培」のプラム果実に含まれるアントシアニン量は、収穫年度によって顕著に異なっていた。しかし、「雨よけ栽培」したプラム果実のポリフェノール量は、「露地栽培」のそれに比べて収穫年度による変動が少ないことが判明した (Table 4)。ビニ-

ールシートで果樹を覆うことは、プラム果実に含まれるポリフェノール量を毎年そろえることに役立つが、アントシアニン量にはほとんど影響しないことが示唆された。「露地栽培」によるポリフェノール量の変動は年次格差が顕著であったが、「雨よけ栽培」によりポリフェノール量を同程度に保つことができることも利点と考えられる。プラム果実のポリフェノール量の変動要因は、生育温度などの環境要因によることが推測された。

要 約

2002年～2004年に北海道で栽培されたプラム8品種 (アーリーリバー、サンプルーン、ロードサージェン、チャーアン、オパール、サンタス、パープルアイ、プレジデント) は5%ギ酸メタノールで抽出し、総ポリフェノール量と抗酸化活性を比較した。ポリフェノール量及び抗酸化活性は、収穫年度によって顕著に異なっていた。2002年～2004年を通してチャーアンとサンタスの2品種に含まれるポリフェノールは最も多く含まれていて、両品種共に高い抗酸化活性を示した。また、ポリフェノール単量体と抗酸化活性との間の相関係数は低かったが、ポリフェノール重合体と抗酸化活性との間の相関係数は高かった。ポリフェノール重合体は、Folin-Denis 法による総ポリフェノール量から HPLC 分析で定量したポリフェノール量を差し引いた値として求めた。これらの結果は、プラムの持つ主要な抗酸化活性成分は、ポリフェノール重合体であることを示唆している。また、3年間、雨よけ栽培と露地栽培のプラムに含まれるポリフェノール量を検討したところ、雨よけ栽培した果実に含まれるポリフェノール量は年次変動が少ないことを明らかにした。

Table 4 Influence on the functional component content and antioxidant capacity by different cultivation conditions^a

Cultivar	Conditions	Total polyphenol (mg/100 g) ^b			Anthocyanin (mg/100 g) ^c			Antioxidant capacity (μmol/g) ^d		
		2002	2003	2004	2002	2003	2004	2002	2003	2004
Purple Ais	Normal	85.4±3.2 ^b	101.5±10.0 ^a	148.5±24.0 ^a	4.0±0.8 ^a	1.3±0.1 ^b	0.4±0.7 ^a	7.1±0.2 ^b	8.7±0.5 ^a	8.9±0.7 ^a
	Rain-cover	96.7±2.1 ^a	98.6±28.5 ^b	91.9±10.0 ^b	5.2±0.4 ^a	1.9±0.4 ^a	0.7±0.2 ^a	8.5±0.1 ^a	8.8±0.9 ^a	6.4±0.6 ^b
President	Normal	99.2±2.0 ^b	169.2±16.5 ^a	—	8.0±0.4 ^b	5.8±0.4 ^a	—	8.4±0.3 ^b	12.1±1.0 ^a	—
	Rain-cover	146.1±5.9 ^a	151.1±7.5 ^b	—	16.0±0.4 ^a	4.4±0.3 ^b	—	9.1±0.1 ^a	10.4±0.5 ^b	—

^aData expressed as mean±SD. ^bData expressed as milligrams of gallic acid equivalents per 100 g of fresh weight.

^cData expressed as milligram of cyanidin 3-glucoside equivalents per gram of fresh weight.

^dAntioxidant capacity expressed as micromoles of Trolox equivalents per gram of fresh weight.

Values within a column followed by different letters are significant at P<0.05.

本研究は北海道重点領域特別研究事業（平成 14～16 年度）として行った。

文 献

- Bravo, L., Polyphenols: Chemistry, dietary sources, metabolism, and nutritional significance. *Nutr. Rev.*, **56**, 317-333 (1998).
- Hertog, M.G.L., Feskens, E.J.M., Hollman, P.C.H., Katan, M.B. and Kromhout, D., Dietary antioxidant flavonoids and risk of coronary heart disease: the Zutphen elderly study. *Lancet.*, **342**, 1007-1011 (1993).
- Eberhardt, M.V., Lee, C.Y. and Liu, R.H., Antioxidant activity of fresh apples. *Nature.*, **405**, 903-904 (2000).
- Kuo, S.M., Antiproliferative potency of structurally distinct dietary flavonoids on human colon cancer cells. *Cancer Lett.*, **110**, 41-48 (1996).
- Chung, H.S., Chang, L.C., Lee, S.K., Shamon, L.A., van Breemen, R.B., Mehta, R.G., Fransworth, N.R., Pezzuto, J. M. and Kinghorn, A.D., Flavonoid constituents of *Chorizanthe diffusa* with potential cancer chemopreventive activity. *J. Agric. Food Chem.*, **47**, 36-41 (1999).
- Potterat, O., Antioxidants and free radical scavengers of natural origin. *Curr Org Chem.*, **1**, 415-440 (1996).
- Cao, G., Booth, L.H., Sadowski, J.A. and Prior, R.L., Increase in human plasma antioxidant capacity after consumption of controlled diets high in fruit and vegetables. *Am J Clin Nutr.*, **68**, 1081-1087 (1998).
- Cao, G., Russell, R.M., Lischner, N. and Prior, R.L., Serum antioxidant capacity is increased by consumption of strawberries. Spinach. red wine or vitamin C in elderly women. *J. Nutr.*, **128**, 2383-2390 (1998).
- Wang, H., Cao, G. and Prior, R.L., Total antioxidant capacity of fruits. *J. Agric. Food Chem.*, **44**, 701-705 (1996).
- Nardini, M., D'Aquino, M., Tomassi, G., Gentili, V., Di Felice, M. and Scaccini, C., Inhibition of human low-density lipoprotein oxidation by caffeic acid and other hydroxycinnamic acid derivatives. *Free Radical Biol Med*, **19**, 541-552 (1995).
- Rodriguez de Sotillo D.V., Hadley, M., Chlorogenic acid modifies plasma and liver concentration of: cholesterol, triacylglycerol, and minerals in (fa/fa) Zucker. *Journal of Nutritional Biochemistry*, **13**, 717-726 (2002).
- Meyer, A., Donovan, J.L., Pearson, D.A., Waterhouse, A. L. and Frankel, E.N., Fruit hydroxycinnamic acids inhibit human low density lipoprotein oxidation in vitro. *J. Agric. Food Chem.*, **46**, 1783-1787 (1998).
- Iron, A., Rigalleau, V., Bignon, J., Dubroca, H., Aubertin, J. and Gin, H., Effect of prunes on insulin secretion in healthy young men, An Outstanding Profile. Villeneuve sur Lot, France (1998).
- Kim, D.O., Jeoug, S.W. and Lee, C.Y., Antioxidant capacity of phenolic phytochemicals from various cultivar of plums. *Food Chemistry*, **81**, 321-326 (2003).
- Chopra, R.N., Nayer, S.C. and Chopra, I.C., Glossary of Indian Medical Plants; C.S.I.R. New Delhi, India, p. 205 (1956).
- Kim, D.O., Jeoug, S.W. and Lee, C.Y., Antioxidant capacity of phenolic phytochemicals from various cultivar of plums. *Food Chemistry*, **81**, 321-326 (2003).
- Chun, O.K., Kim, D.O., Moon, H.Y., Kang, H. and Lee, C. Y., Contribution of Individual Polyphenolics to Total Antioxidant Capacity of Plums. *J. Agric. Food Chem*, **51**, 7240-7245 (2003).
- 菅原龍幸, 前川昭男. 新食品ハンドブック, 建帛社, pp. 1-14 (2000).
- Otto, F., Denis, W., A colorimetric method for the determination of phenols (and phenol derivatives) in urine. *J. Biol Chem*, **12** (2), 306-309 (1915).
- Brand, W.W., Cuvelier, M.E. and Berset, C., Use of radical method to evaluate antioxidant activity. *Food Technol*, **28**, 25-30 (1995).
- Kim, D.A., Chun, O.K., Kim, Y.J., Moon, H.Y. and Lee, C. Y., Quantification of Polyphenolics and Their Antioxidant Capacity in Fresh Plums. *J. Agric. Food Chem*, **51**, 6509-6515 (2003).
- Sun, J., Chu, Y.F., Wu, X. and Liu, R.H., Antioxidant and antiproliferative activities of common fruits. *J. Agric. Food Chem.*, **50**, 7449-7454 (2002).
- Piga, A., Del Caro A. and Corda, G., From Plums to Prunes: Influence of Drying Parameters on Polyphenolics and Antioxidant Activity. *J. Agric. Food Chem*, **51**, 3675-3681 (2003).
- Nakatani, N., Kayano, S., Kikuzaki, H., Sumino, K., Katagiri, K. and Mitani, T., Identification, quantitative determination, and antioxidative activities of chlorogenic acid isomers in prune (*Prunus domestica* L.). *J. Agric. Food Chem*, **48**, 5512-5516 (2000).
- Kayano, S., Yamada, N.F., Suzuki, T., Ikami, T., Shioakim, K., Kikuzaki, H., Mitani, T. and Nakatani N., Quantitative evaluation of antioxidant components in prunes. *J. Agric. food Chem.*, **51**, 5, 1480-1485 (2003).

(平成 17 年 4 月 18 日受付, 平成 17 年 7 月 19 日受理)