

5 品種プラムの果皮と果肉に含まれるポリフェノール組成と機能性

大矢佑未¹・姜成宇^{1,2}・中井亜里紗¹・慈照紅^{1,2}・小嶋道之^{2,3}

(受付：2019年4月26日，受理：2019年7月3日)

Polyphenol composition and functionalities in peel and flesh of 5 plum varieties.

Yumi Oya¹, Chengyu Jiang^{1,2}, Arisa Nakai¹, Zhaohong Ci^{1,2}, Michiyuki Kojima^{2,3}

要 約

プラム5品種（プレジレント、ソルダム、ベイラー、パープルアイ、ケルシー）の果皮と果肉に含まれるポリフェノール組成、DPPH ラジカル消去活性および還元力を検討した。ソルダム果皮のポリフェノール含量が最も高く 100g 乾物重量当たり 17.4g で、プレジレント、ベイラーおよびケルシー果皮のそれは 6～7g、パープルアイは最も低く 2g であった。また、5 品種のプラム共に、果皮のポリフェノール含量は果肉のそれよりも高い値を示した。果皮と果肉の両者において、ポリフェノール含量と DPPH ラジカル消去活性および還元力との間に、正の相関が認められた。プレジレント、ベイラー、パープルアイおよびケルシーの主なモノマー型ポリフェノールは、ケルセチン、ルチン、クロロゲン酸類で、3-カフェオイルキナ酸の割合が最も高かった。最も機能性の高かったソルダム果皮は、オリゴマー型ポリフェノールを最も多く含んでいた。主成分分析の結果は、ソルダム果皮ポリフェノールの高い抗酸化活性とプロシアニジン、アントシアニン類およびケルセチンの含量と関連のあることを示している。また、ソルダム果肉ポリフェノールは、果皮のそれよりも強いリパーゼ阻害活性を示した。

キーワード：ソルダム、果皮と果肉、ポリフェノール、抗酸化活性、リパーゼ阻害活性

¹ 帯広畜産大学畜産科学食品科学研究部門

¹ Department of Food Science, Obihiro university of Agriculture and Veterinary Medicine

² 岩手大学大学院連合農学研究科生物資源科学専攻

² Department of Bioresources Science, United Graduate School of Agricultural Sciences, Iwate University

³ 帯広畜産大学畜産科学人間科学研究部門

³ Department of Human Science, Obihiro university of Agriculture and Veterinary Medicine

連絡先：小嶋道之，kojima@obihiro.ac.jp

Address Correspondence : Michiyuki KOJIMA, kojima@obihiro.ac.jp

プラムはバラ科サクラ属スモモ亜属の植物で、ニホンスモモやセイヨウスモモなど約 30 種が存在する。ニホンスモモは揚子江沿岸地帯が原産で、奈良時代以前に日本に伝来したとされている。また、セイヨウスモモはコーカサス地方が原産で、セイヨウスモモのうち特に核をもったまま乾果にできる品種群をブルーと呼び、日本でも多く栽培されている。日本のプラムは、主に生食用で利用されていて、主な生産地は長野県、北海道、青森県、山形県などである。北海道では、生育環境に適した特産品種の選定が行われ、北海道に適した品種の栽培が進められている（村松ら 2005；小嶋ら 2005；宮下ら 2005；三谷ら 2006）。

プラムはポリフェノールを多く含有している抗酸化能の高い果実である。プラムの主なポリフェノールは、ネオクロロゲン酸や n -クロロゲン酸などのヒドロキシ桂皮酸類（Kimら 2003a）、ケルセチン-3-ルチノシドやケルセチン-3-グルコシドなどのフラボノール類（Slimestadら 2009）、シアニジンやペオニジンなどのアントシアニン類（Chunら 2003；Treutterら 2012）の報告がある。しかし、いろいろなプラム品種に含まれるポリフェノール含量や組成は、顕著に異なることが報告されている（Kimら 2003b；Kayanoら 2003）。

プラムのポリフェノール含量と抗酸化活性との間には高い正の相関のあること、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ことが報告されているが（木村ら 2008；Takahataら 2001）、プラムの種皮と果肉を区別して品種間におけるポリフェノール組成や機能性の関連について同一条件で比較解析した報告はこれまでにみられない。

プラムに含まれるポリフェノール量は、品種により大きく異なることから、機能性についても品種による相違のあることが推測できる。本研究では、主要なプラム 5 品種であるパープルアイ、ソルダム、プレジレント、ベイラー、ケルシーの果皮と果肉のそれぞれに含まれるポリフェノール組成と抗酸化性に注目して、それらの相違について明らかにしようとした。

I . 実験材料および方法

1. 実験材料と基本的な特性

プラム 5 品種；パープルアイ、ソルダム、ベイラー、プレジレント、ケルシーは帯広市内のスーパーで買入したものを実験に使用した。果実の大きさ（長径、短径、高さ）、果実全体の重量、果皮、果肉および種子の重量、水分含量は常法に従い測定した。

2. プラム果皮及び果肉抽出液およびポリフェノールの調製

種子を除いた果皮と果肉は、分離してそれぞれ細切した。直ちに果皮 5g および果肉 20g に約 3 倍量の 1% 塩酸-メタノールを加え、ミキサーでホモジナイズした。30 分間、超音波抽出を行った後、10 分間、3000rpm で遠心分離して得られた上清を回収する抽出操作を 4 回繰り返した。続いて抽出残渣に約 3 倍量の 80% エタノールおよび 70% アセトンを加えて、30 分間、超音波抽出を 3 回ずつ行い、得られた全抽出液はエバポレーターで濃縮乾固して蒸留水に再溶解した（小嶋ら 2005）。抽出物の水溶液は HP-20 カラム（20 × 200mm, Mitsubishi Chemical Co., Tokyo）に供し、カラムを十分に水洗後、メタノールでポリフェノールを溶出させた。この画分をプラムポリフェノールとして以下の実験に用いた。また、HP カラムから得られたメタノール画分の一部は、濃縮乾固後に Sephadex LH-20 カラム（15 × 40mm）に供して、溶出溶媒として順次エタノール、メタノール、60% アセトンを用いて溶出させ、ポリフェノール画分の溶出プロファイルを解析した。

3. プラム構成成分の組成分析

プラムのポリフェノール量は Folin-Ciocalteu 法により測定した（Takahataら 2001）。試料 100 μ l に蒸留水 300 μ l、Folin 試薬 400 μ l を加えて混和後、10% 炭酸ナトリウム 400 μ l を加えて 30 $^{\circ}$ C、30 分間インキュベートした。2 分間、12,000rpm で遠心分離して得られた上清は 760nm の吸光度を測定した。ポリフェノール量はクロロゲン酸

相当量として算出した。

プラムのアントシアニン量は pH 示差法で測定した (Sellappan ら 2002)。25mM 塩化カリウムバッファー (pH1.0) と 400mM 酢酸ナトリウムバッファー (pH4.5) に試料 0.2mL を加えて混合後、510nm および 700nm の吸光度を測定した。アントシアニン量はシアニジン 3-グルコシド相当量として次式より算出した。

アントシアニン濃度 (mg/L) =

$$A \times MW \times DF \times 1000 / (\epsilon \times l)$$

略号の解説：

$$A = (A_{510nm} - A_{700nm})_{pH1.0} - (A_{510nm} - A_{700nm})_{pH4.5}$$

MW：分子量 (449.2)、DF：希釈倍率 (測定溶液中の

試料の希釈倍率 = 上記の場合 10 倍希釈)

ϵ ：モル吸光係数 (26900)

プラムのプロシアニジン量はバニリン硫酸法で測定した (Oki ら 2002)。メタノールに溶解した試料 500 μ L に同量の 1% バニリン-メタノール溶液と 25% 硫酸-メタノール溶液をそれぞれ加えてよく攪拌後、30°C、15 分間インキュベートした。10 分間、3,000rpm で遠心分離して得られた上清の 500nm の吸光度を測定し、カテキンで作成した検量線を用いてプロシアニジン量を求めた。

4. 機能性の評価

プラムの DPPH ラジカル消去活性は前報と同様に行った (小嶋ら 2005、Brand-Williams ら 1995)。マイクロプレートに試料 50 μ L、エタノール 100 μ L、DPPH 溶液 150 μ L を加えてよく混和し、暗所室温で 15 分間静置後に 530nm の吸光度をマイクロプレートリーダーで測定した。DPPH ラジカル消去活性は Trolox 相当量として算出した。

還元力の測定は常法に従った (Oyaizu ら 1986)。試料 250 μ L に等量のリン酸ナトリウムバッファー (pH7.5) と 1%(w/v) フェリシアン化カリウムを加えて、50°C、20 分間インキュベートした。10%(w/v) トリクロロ酢酸 250 μ L を加えて反応停止後、10,000rpm、5 分間、遠心分離して得られた上清 500 μ L を別のチューブに取り、蒸留水

500 μ L と 0.1%(w/v) 塩化第二鉄 100 μ L を加えて混合し、遮光 15 分間反応後に 700nm の吸光度を測定した。還元力はビタミン C 相当量として算出した。

リパーゼ阻害活性は韓の方法に従った (Han ら 2005)。蒸留水に再溶解したポリフェノール溶液 180 μ L に、リパーゼ溶液 60 μ L を加え、10 分間、37°C でプレインキュベートした。そこに基質溶液 60 μ L を加えて 30 分間、37°C でインキュベート後、銅試薬 1.5mL とクロロホルム 3.0mL を加えてよく攪拌した。5 分間、3,000rpm で遠心分離して得られた下層 (クロロホルム層) 1.8mL は新しいガラスチューブに取り、0.1% ジエチルチオカルバミン酸ナトリウム-ブタノール溶液 300 μ L を加え、よく攪拌混合して 440nm の吸光度を測定した。

5. HPLC によるポリフェノール組成の分析

メタノールに溶解してミニザルト RC 4 フィルター (0.45 μ m) を通したモノマー型ポリフェノールは、RP-HPLC で分析した (Nunes ら 2008)。

SLC-6B システムコントローラー付きの LC-6A ポンプで、Luna® C18(2) カラム (5 μ m、フェノメネックス、Torrance, CA, USA (4.6 \times 250 mm,))、カラムオープン温度 40°C、溶媒 A (0.1%(v/v) トリフルオロ酢酸-水) と溶媒 B (0.1%(v/v) トリフルオロ酢酸-アセトニトリル) を用いて 8% 溶媒 B から 30% 溶媒 B まで 30 分間のグラジエント条件で行い、その後 10 分間 30% 溶媒 B を維持した。流速は 1mL/min で行い、検出には、SPD-10ADvp (島津, Kyoto,) 検出器を用いて、280nm、350nm および 520nm の検出波長で分析した。

6. 統計処理

データは、平均 \pm 標準偏差で表した。データ間の有意差検定は Tukey の HSD 検定を用い、 $p < 0.05$ を有意とした。また、どの成分が抗酸化活性に寄与するのかを検討するために、各成分の含量、DPPH ラジカル消去活性および還元力、HPLC によるポリフェノール組成のピーク面積割合などの数値を用いて主成分分析を行った。

II. 実験結果および考察

1. プラム果実 5 品種の特性

プラム果実の外観や大きさは、品種により顕著に異なっていて、ソルダム、パープルアイおよびケルシーの形状はほぼ円形、プレジレントとベイラーのそれは楕円形であった。また、ソルダムの果皮色は赤色、パープルアイ、プレジレントおよびベイラー 3 品種のそれは赤紫色、ケルシーのそれは黄緑色であった。プラム果実の重量、果皮・果肉の割合および各々の含水率は Table. 1 に示した。プラム果実の新鮮重量は、1 個当たり約 36g から 101g の範囲にあり、プラム品種による大きさにはそれぞれ特徴がみられた。最も重かったのはパープルアイで、軽いものはベイラーとケルシーであった。果実 1 個当たりの大きさは、個体間差があるので、偏差は多少大き

くなる傾向がみられたが、果皮割合は 6 ~ 15% の範囲で、品種による差違が認められた。また、果皮の含水率は 70 ~ 89%、果肉のそれは 85 ~ 90% で、プレジレント、ベイラーおよびパープルアイの果皮含水率はソルダムやケルシーに比べて低かった。

2. プラム 5 品種の機能性成分、抗酸化活性およびリパーゼ阻害活性

含水率より、果皮と果肉の絶乾重量を求め、ポリフェノール含量や抗酸化活性の値は乾物重量に対する値として示した (Table. 2)。

プラム 5 品種の中で、ソルダム果皮のポリフェノール含量が 17.4g/100gDW と最も高く、次にプレジレント、ベイラー、ケルシーの順で、ソルダム果皮に含まれるポリフェノール量は、他品種のプラム果皮の 3 倍以上を示した。また、ベイラー果肉のポリフェノール量は 4.3g/100gDW で、5 品種の中で最も高く、次いでソルダム、プレジレント、パープルアイ、ケルシーの順であった。

Table 1. Fresh weight and water content in peel and flesh of 5 plum varieties.

Varieties	Flesh weight (g)	Weight ratio (%)		Water content (%)	
		Peel	Flesh	Peel	Flesh
Purple eyes	100.9 ± 10.1 ^a	9	88	75.1 ± 7.7 ^b	88.0 ± 0.4 ^a
Soldum	76.9 ± 4.5 ^b	15	82	88.6 ± 0.4 ^a	89.9 ± 0.2 ^a
President	66.0 ± 10.7 ^c	6	89	74.3 ± 1.1 ^b	85.1 ± 1.3 ^a
Valor	42.8 ± 3.1 ^d	7	87	70.2 ± 0.9 ^b	86.7 ± 3.4 ^a
Kelsey	36.3 ± 4.4 ^d	10	84	83.8 ± 0.4 ^a	88.7 ± 0.5 ^a

Data are means ± SD from at least three independent studies. Values with different letters within the same column are significantly different at $P < 0.05$.

Table 2. Polyphenol, anthocyanin and procyanidin contents in peel and flesh of 5 plum varieties.

Varieties	Polyphenol content (g/100 gDW)		Anthocyanin content (mg/100 gDW)		Procyanidin content (mg/100 gDW)	
	Peel	Flesh	Peel	Flesh	Peel	Flesh
Purple eyes	2.0 ± 0.1 ^e	1.9 ± 0.1 ^c	152.1 ± 3.1 ^d	nd	42.6 ± 3.6 ^d	15.8 ± 1.2 ^d
Soldum	17.4 ± 0.3 ^a	3.2 ± 0.1 ^b	1096.5 ± 65.8 ^a	26.4 ± 3.2 ^a	5196.2 ± 437.0 ^a	101.0 ± 4.8 ^c
President	6.8 ± 0.1 ^b	2.9 ± 0.1 ^b	442.5 ± 3.0 ^b	nd	528.0 ± 124.0 ^{bc}	129.8 ± 3.7 ^b
Valor	6.2 ± 0.1 ^c	4.3 ± 0.1 ^a	309.3 ± 9.5 ^c	nd	576.8 ± 83.3 ^b	308.5 ± 0.5 ^a
Kelsey	5.7 ± 0.2 ^d	1.8 ± 0.1 ^c	6.6 ± 0.1 ^e	3.7 ± 0.1 ^b	30.0 ± 3.5 ^e	nd

Data are means ± SD from at least three independent studies. Values with different letters within the same column are significantly different at $P < 0.05$. nd, not detected

パープルアイ以外のプラム 4 品種の果皮および果肉に含まれるポリフェノール含量は、果皮の方が約 2 倍以上高かった (Table. 2)。

いずれの品種においても、果皮アントシアニン含量の方が果肉のそれらよりも多く含まれていた (Table. 2)。特に、ソルダム果皮アントシアニン量は、最も高く、プレジレント果皮、ベイラー果皮、パープルアイ果皮の順であった。それらの含量はソルダム果皮アントシアニン量の 40% 以下であった。また、ソルダムとケルシーの果肉にのみアントシアニンが検出された。

プラム 5 品種の果皮に含まれるプロシアニジン量は、果肉のそれに比べて、いずれも高い値を示した。ソルダム果皮のプロシアニジン量は 5.2g/100gDW で最も高く、プレジレントやベイラー果皮の約 9 ~ 10 倍、パープルアイやケルシーの約 10 倍近く含まれていた。ベイラー果肉のプロシアニジン量は最も高く、ソルダムやプレジ

デント果肉の約 3 倍含まれていた。

プラム 5 品種の果皮および果肉の DPPH ラジカル消去活性を測定したところ、いずれの品種においても、果皮のほうが果肉に比べて高い値を示した (Table. 3)。また、果皮と果肉で最も DPPH ラジカル消去活性が高かったのはソルダムであり、ケルシー果皮もソルダムの 1 / 3 程度を示した。また、パープルアイの果皮と果肉は最も低い値を示した。

プラム 5 品種の果皮と果肉の還元力は、果皮のほうが高い値を示した (Table. 3)。還元力が最も大きな値を示したのは、ソルダム果皮であり、パープルアイ果皮と果肉はいずれも最も低い値であった。また、ベイラー果肉の還元力は最も大きな値を示した。

プラム 5 品種のポリフェノール量と DPPH ラジカル消去活性との関連性を検討したところ、両者の間には、高い正の相関 (相関係数 $r=0.9602$) が認められた (Fig. 1)。

Table 3. DPPH radical scavenging activity and reducing power in peel and flesh of 5 plum varieties.

Varieties	DPPH radical scavenging activity (mmol/100 gDW)		Reducing power (g/100 gDW)	
	Peel	Flesh	Peel	Flesh
Purple eyes	6.4 ± 0.1 ^d	2.8 ± 0.1 ^e	1.1 ± 0.1 ^d	1.0 ± 0.1 ^c
Soldum	44.2 ± 0.9 ^a	7.1 ± 0.1 ^a	7.7 ± 0.1 ^a	1.4 ± 0.1 ^b
President	8.0 ± 0.1 ^c	4.5 ± 0.1 ^c	3.1 ± 0.1 ^b	1.5 ± 0.1 ^b
Valor	8.2 ± 0.3 ^c	5.8 ± 0.1 ^b	2.6 ± 0.1 ^c	1.9 ± 0.1 ^a
Kelsey	12.9 ± 0.2 ^b	4.0 ± 0.1 ^d	3.0 ± 0.1 ^b	0.8 ± 0.1 ^d

Data are means ± SD from at least three independent studies. Values with different letters within the same column are significantly different at $P < 0.05$.

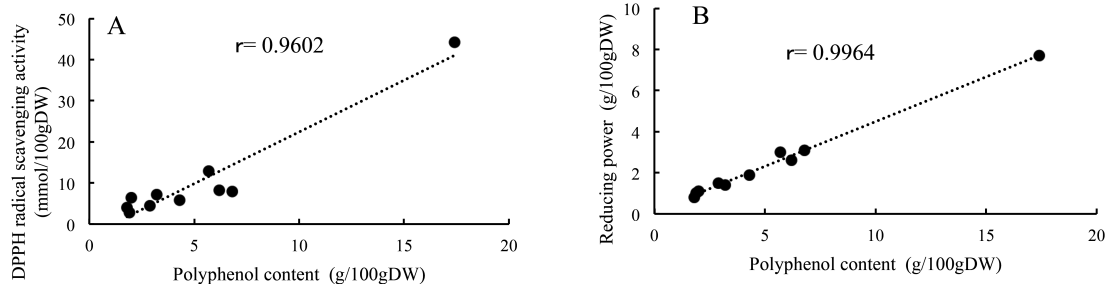


Fig. 1. Correlation between polyphenol content and antioxidant activities in 5 plum varieties. A. Correlation between polyphenol content and DPPH radical scavenging activity. B. Correlation between polyphenol content and Reducing power.

また、ポリフェノール量と還元力の間にも、高い正の相関（相関係数 $r=0.9964$ ）が認められた (Fig. 1)。

ソルダム果皮および果肉ポリフェノールのリパーゼ阻害活性を測定したところ、果皮と果肉のいずれにおいても、濃度依存的にリパーゼ阻害活性が上昇した。ソルダム果肉の IC_{50} 値 (50% 阻害濃度) は 0.25mg/mL 、ソルダム果皮のそれは 0.66 mg/mL であった。小果実に含まれるポリフェノールのリパーゼ阻害作用は、オリゴマー型ポリフェノールの含量に関係することが報告されている (西ら、2008)。

3. 5 品種プラムのポリフェノール組成

HPLC 分析により、プラム果皮および果肉のモノマー型ポリフェノール組成を分析した (Fig. 2)。5 品種プラムの果皮と果肉にはルチンやケルセチンが認められたが、それらの組成割合は品種により違いがみられた (Table 4, 5)。また、パープルアイ、プレジデント、ベイヤラー、ケルシーの主なポリフェノールとして、3-カフェオイルキナ酸、5-カフェオイルキナ酸、4-カフェオイルキナ酸などのクロロゲン酸類が認められたが、ソルダ

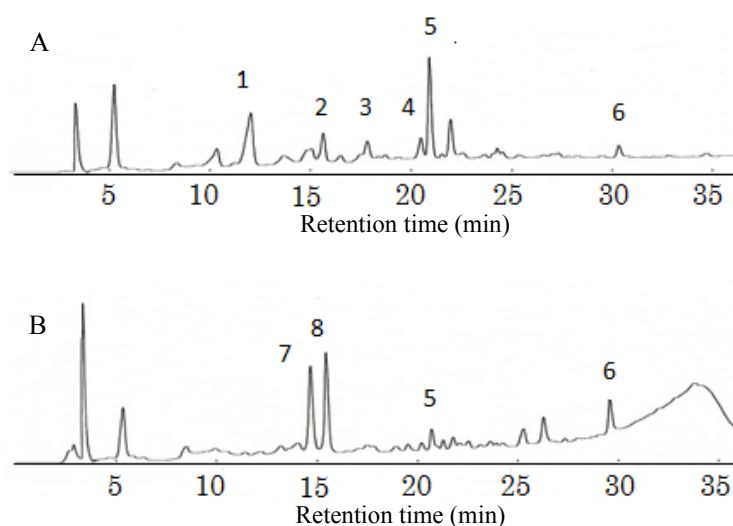


Fig. 2. RP-HPLC chromatograms of the peel of soldum and president detected at 280nm. A. President peel. B. Soldum peel. Peak No:1, 3-Caffeoylquinic acid; 2, 5-Caffeoylquinic acid; 3, 4-Caffeoylquinic acid; 4, Quercetin-glycoside; 5, Rutin; 6, Quercetin; 7, Cyanidin-glucoside; 8, Cyanidin-rutinoside.

Table 4. RP-HPLC chromatogram of peel polyphenol compositions detected at 280nm.

Peak No.	Compounds	Purple eyes	Soldum	President	Valor	Kelsey
1	3-Caffeoylquinic acid	19.7	-	19.4	24.1	35.2
2	5-Caffeoylquinic acid	11.3	-	9.7	14.8	16.1
3	4-Caffeoylquinic acid	14.2	-	11.6	9.3	9.3
4	Quercetin-glycoside	-	-	7.3	-	-
5	Rutin	17.2	9.8	17.9	10.0	7.7
6	Quercetin	10.1	28.6	5.8	5.3	3.6
7	Cyanidin-glucosid	-	17.4	-	-	-
8	Cyanidin-rutinoside	6.5	18.2	-	-	-
	Others	21.0	25.9	28.3	36.4	28.2

Data are expressed as % of total area. The identification of polyphenol compounds were based on pure standards. Others, multiple unidentified compounds.

Table 5. RP-HPLC chromatogram of flesh polyphenol compositions detected at 280nm.

Peak No.	Compounds	Purple eyes	Soldum	President	Valor	Kelsey
1	3-Caffeoylquinic acid	34.8	5	42.4	25.9	16.8
2	5-Caffeoylquinic acid	8	-	11.4	7.4	6.8
3	4-Caffeoylquinic acid	4.6	-	4.2	0.9	6.7
5	Rutin	3.2	-	3.6	-	5.3
6	Quercetin	2.2	-	1.2	3	5
	Others	44.1	95	37.4	62.8	59.5

Data are expressed as % of total area. The identification of polyphenol compounds were based on pure standards. Others, multiple unidentified compounds.

ムには、これらのクロロゲン酸類がほとんど認められなかった (Table4, 5)。

粗ポリフェノールは、LH-20 カラムによりモノマー型とポリマー型ポリフェノールに分画することができる。すなわち、LH-20 カラムよりエタノールを用いてモノマー型ポリフェノール、次いでメタノールを用いてオリゴマー型ポリフェノール、さらに 70% アセトンでポリマー型ポリフェノールを主に溶出分画することができる。これに従い分画した結果、ソルダム果皮および果肉のオリゴマー型ポリフェノールの割合は、他の 4 品種のそれに比べて最も高い値を示した。果皮ポリフェノールに占めるオリゴマー型及びポリマー型ポリフェノールの割合 (両者の合計値を括弧内に示した) は、ソルダム (65%) > ベイラー (45%) > プレジレント (44%) > パープルアイ (36%) > ケルシー (23%) の順であり、果肉ポリフェノールのそれはソルダム (75%) > プレジレント (59%) > ベイラー (54%) > パープルアイ (45%) > ケルシー (24%) の順であった。ソルダム果皮および果肉ポリフェノールには、オリゴマー型及びポリマー型ポリフェノールが多く含まれていることが明らかである。

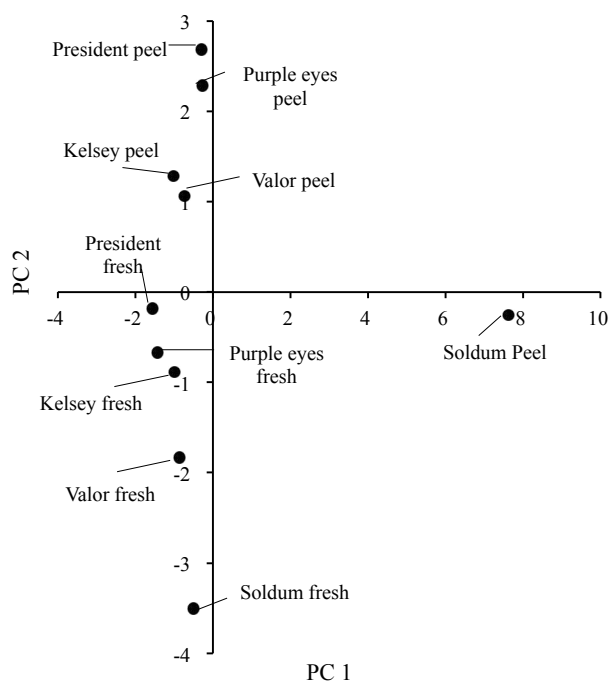
プロシアニジンは、構成するカテキンの種類や縮合する位置及び重合度などにより、いくつかの種類が存在する。プラムの抗酸化活性は、プロシアニジンやタンニンなどの重合体と関係していることが報告している (Kayano ら 2003)。また、ベンジルチオエーテルを使用したチオール分解により、プラムの平均重合度についての報告がある (Treutter ら 2012)。

ソルダム果皮のプロシアニジン量は、他の 4 品種果皮のそれらに比べて 9 倍以上多く含まれており、オリゴマー型ポリフェノールの割合が全ポリフェノールの 60% 以上を占めていた。これらのことから、ソルダム果皮のオリゴマー型ポリフェノールの組成と含量が、高い抗酸化活性に寄与していることが推察される。また、ソルダム果皮および果肉のオリゴマー型およびポリマー型ポリフェノールが、リパーゼ阻害活性に関与していることが推察されるが、これらの詳細については今後の課題である。

4. 主成分分析

プラム果皮および果肉のポリフェノール組成、すなわち波長 280nm における HPLC ピーク面積の割合、プロシアニジン量、DPPH ラジカル消去活性および還元力の値を用いて主成分分析をおこなった (Fig. 3)。その結果、PC1 と PC2 の 2 つが、全体の 81.9% の寄与率を占めていた (PC1 = 55.1%; PC2 = 26.8%)。また、主成分の PC1 スコアより、ソルダム果皮のシアニジングリコシドやシアニジンルチノシドなどのアントシアニン類、ケルセチンおよびプロシアニジン量が抗酸化活性と関連性の高い成分であることが示された。

以上の結果より、5 品種の中で最も機能性の高いプラム果皮は、他の品種に比べてアントシアニン類やケルセチンの割合が高く、プロシアニジン量の多いことに関与していることが明らかとなった。



Lording Scores	PC 1	Lording Scores	PC 2
Cyanidin-glucoside	0.99	Rutin	0.90
Procyanidin	0.99	4-Caffeoylquinic acid	0.87
DPPH activity	0.97	5-Caffeoylquinic acid	0.67
Quercetin	0.96	Quercetin-glucoside	0.50
Cyanidin-rutinoside	0.95	3-Caffeoylquinic acid	0.25
Reducing power	0.92	Quercetin	0.21
Rutin	0.22	Reducing power	0.16
Quercetin-glycoside	-0.04	Cyanidin-rutinoside	0.10
Others	-0.27	DPPH activity	0.04
4-Caffeoylquinic acid	-0.36	Procyanidin	0.00
5-Caffeoylquinic acid	-0.57	Cyanidin-glucoside	-0.05
3-Caffeoylquinic acid	-0.68	Others	-0.89

Fig. 3. Cluster and principal component analysis score plot of 5 Plums. Score plots for the first two principal components, PC1 (55.1%) and PC2 (26.8%).

参考文献

- Brand-Williams, W.; Cuvelier, M.E.; Berset, C. Use of a free radical method to evaluate antioxidant activity. *Food Science and Technology*, 28(1). 25-30 (1995)
- Chun, O. K.; Kim, D-O.; Moon, H. Y.; Kang, H.G.; Lee, C. Y. Contribution of individual polyphenolics to total antioxidant capacity of plums. *J. Agric. Food Chem.* 51:7240-7245 (2003)
- Han, L.K.; Gong, X.J.; Kawano, S.; Saito, M.; Kimura, Y.; Okuda, H. Antiobesity Actions of Zingiber officinale Roscoe. *Journal of the Pharmaceutical Society of Japan*, 125(2). 213-217 (2005)
- Kim, D-O.; Chun, O. K.; Kim, Y. J.; Moon, H-Y.; Lee, C. Y. Quantification of polyphenolics and their antioxidant capacity in fresh plums. *J. Agric. Food Chem.* 51:6509-6515 (2003a)
- Kim, D-O.; Jeong, S. W.; Lee, C. Y. Antioxidant capacity of phenolic phytochemicals from various cultivars of plums. *Food Chem.* 81:321-326 (2003b)
- Kayano, S.; Yamada, N. F.; Suzuki, T.; Ikami, T.; Shioakim, K.; Kikuzaki, H.; Mitani, T.; Nakatani N. Quantitative evaluation of antioxidant components in prunes. *J. Agric. Food Chem.* 51:1480-1485 (2003)
- 木村英生, 長沼孝多, 小嶋匡人, 小松正和, 恩田匠, 辻政雄 山梨県産果実の総ポリフェノール含量とそのDPPHラジカル消去活性 山梨県工業技術センター 研究報告 22:59-63 (2008)
- 小嶋道之, 宮下淳一, 前田龍一郎, 稲川裕, 村松裕司

- プラム中の抗酸化活性を有する機能性成分. *食科工*, 52:507-511 (2005)
- 三谷隆彦, 矢野史子. 総説 ウメとプラム. *Memoirs of Institute of Advanced Technology, Kinki University*. 11:1-13 (2006)
- 宮下淳一, 小嶋道之 プラムとブルーベリーに含まれるポリフェノール量と抗酸化性との相関. *帯広畜産大学学術研究報告*, 26:13-19 (2005)
- 村松裕司, 小嶋道之 プルーン品種の特性と摘果効果 *北海道立農試集報* 89:47-51 (2005)
- 西 繁典, 齋藤優介, 小疇 浩, 弘中和憲, 小嶋道之 小果実に含まれるポリフェノールの血糖値上昇抑制とリパーゼ活性阻害 *Res. Bull. Obihiro Univ.* 29:31-38 (2008)
- Nunes, C.; Guyot, S.; Marnet, N.; Barros, A. S.; Saraiva, J. A.; Renard, C. M.; Coimbra, M. A. Characterization of Plum Procyanidins by Thiolytic Depolymerization. *J. Agric. Food Chem.* 56:5188-5196 (2008)
- Oki, T.; Masuda, M.; Kobayashi, M.; Nishiba, Y.; Furuta, S.; Suda, I.; Saito, T. Polymeric procyanidins as radical-scavenging components in red-hulled rice. *J. Agric. Food Chem.* 50:7524-7529 (2002)
- Oyaizu, M. Studies on products of browning reaction prepared from glucose amine. *Jpn. J. Nutr.* 44:307-315 (1986)
- Sellappan, S.; Akoh, C. C.; Krewer, G. Phenolic Compounds and Antioxidant Capacity of Georgia-Grown Blueberries and Blackberries. *J. Agric. Food Chem.* 50:2432-2438 (2002)
- Slimestad, R.; Vangdal, E.; Brede, C. Analysis of phenolic compounds in six Norwegian plum cultivars (*Prunus domestica* L.). *J. Agric. Food Chem.* 57:11370-11375 (2009)
- Takahata, Y.; Ohnishi-Kameyama, M.; Furuta, S.; Takahashi, M.; Suda, I. Highly polymerized procyanidins in brown soybean seed coat with a high radical-scavenging activity. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 49(12). 5843-5847 (2001)
- Treutter, D.; Wang D.; Farag, M. A.; Baires, G. D. A.; Rühmann, S.; Neumüller, M. Diversity of phenolic profiles in the fruit skin of *Prunus domestica* plums and related species. *J. Agric. Food Chem.* 60:12011-12019 (2012)

Abstract

In the present study, we investigated polyphenols, DPPH radical scavenging activity and reducing power in peel and flesh of 5 plum varieties (Purple eyes, Soldum, President, Valor, Kelsey). The peel of Soldum showed the highest polyphenol content with 17.4 g/100 g dry weight, and those of President, Valor and Kelsey were 6-7 g/100 g dry weight. The polyphenol content of Purple eye was the 2 g/100 g dry weight, it is the lowest among 5 plum varieties. Moreover, polyphenol content in peel was higher than that of flesh in 5 plum varieties. There were high positive correlations between polyphenol content and DPPH radical scavenging activity, reducing power both in peel and flesh. For President, Valor, Purple eyes and Kelsey, quercetin, rutin, and chlorogenic acid were the main monomer polyphenols, and 3-CQA as a kind of chlorogenic acid, it had the largest proportions in all the polyphenol compounds. The highest functionalities of polyphenols were found in Soldum peel, which also contained the most oligomeric polyphenols. The result of principal component analysis showed that anthocyanins, procyanidin and quercetin were related to antioxidant activity in Soldum peel. Moreover, polyphenols of Soldum flesh exhibited stronger lipase inhibitory activity than that of peel.

Keywords: Soldum, peel and flesh, polyphenols, antioxidant activity, lipase inhibitory activity