

モモ ‘ゴールデンピーチ’ のラジカル消去活性

高野 和夫・笹邊 幸男*

Radical Scavenging Activity of ‘Golden Peach’

Kazuo Takano and Yukio Sasabe

緒 言

果実の摂取が生活習慣病の予防に効果があることがアメリカで明らかにされ（WCRF/AICR, 1997）、日本でも果実の摂取を促進するため、「毎日くだもの200g運動」が「果物のある食生活推進全国協議会」から提唱されている。しかし、日本人の果実摂取量はアメリカ人の40%程度であり、世界平均と比較しても大きく下回っているのが現状である（間亭谷・田中, 2000）。

果実には、ビタミン、食物繊維、カロテノイド、ポリフェノールなど多くの機能性成分が含まれており、これら成分の機能性については多くの研究がなされている（木村, 1995；間亭谷・田中, 2003）。また、最近では生活習慣病との関連を研究した報告も多く、モモではインスリン感受性を上昇させる作用による糖尿病の予防効果が示唆されている（深井ら, 2000）。このように、日本人の果実摂取を促進する対策の一つとして、果実の機能性を明らかにすることは有効と考える。

岡山県では約30年前から9月上旬に収穫期を迎える黄肉種の‘ゴールデンピーチ’（別称：‘黄金桃’）が栽培されるようになり、その生産量は現在栽培されている品種の中で6番目までに増加した。従来の白肉種のモモと比べて味が濃密で、消費者からも好評を博している。‘ゴールデンピーチ’には機能性成分である黄色色素のカロテノイドが含まれており、関ら（2004）はそのカロテノイド含量と組成を報告した。しかし、‘ゴールデンピーチ’の機能性は十分に解明されていないのが現状

である。

そこで、‘ゴールデンピーチ’の抗酸化活性をDPPH（1,1-diphenyl-2-picrylhydrazyl）ラジカル消去活性で評価し、他の黄肉種や白肉種のモモ並びにイチゴ等の果実や赤ワインと比較検討した。

本研究を進めるに当たり御指導頂いた前岡山大学農学部教授、多田幹郎博士に謝意を表します。

材料および方法

1. 供試果実

2003年と2004年に農業研究所（以下、農研）圃場で栽培された黄肉種3品種：‘滝の沢ゴールド’、‘山手清水’、‘ゴールデンピーチ（邑久系、山陽系）’、白肉種3品種：‘白鳳’、‘清水白桃’、‘白麗’および農研ジーンバンクに保存されている黄肉種2品種：‘黄蟠桃’、‘豊黄’、白肉種1品種：‘蟠桃（在来系）’、並びに農家で栽培された黄肉種1品種：‘サン・ゴールド’を分析に供試した。また、対照果実として2005年1月に農研圃場で収穫されたイチゴ‘さちのか’と2005年1月に購入した市販のウンシュウミカンおよびニュージーランド産キウイフルーツ‘ゼプスノ・グリーン’を供試するとともに、対照赤ワインとして2003年産の岡山県産ヤマブドウワインとイタリア産赤ワイン（‘モンテプルチアーノ’種）を供試した。

2. DPPHラジカル消去活性の分析

モモ、キウイフルーツについては果皮を除いた可食部、ウンシュウミカンについては果皮を除いた砂じょう部分を分析試料とした。試料は約5gを精秤し80%エ

2011年11月12日受理

*現岡山県備前県民局農林水産事業部 岡山農業普及指導センター

タノールとともにホモジナイザー (ULTRA-TURRAX, IKA製) で磨碎して50mlに定容した後, 分析まで -30°C で保存した. DPPHラジカル消去活性の分析は, 食品総合研究所編集の食品の機能性評価マニュアル集 (小林, 1999) に準じて以下に示すように行った. サンプル $200\mu\text{l}$ にToris緩衝液 $800\mu\text{l}$, DPPH溶液 1ml を加え攪拌後20分間暗所で反応させた後, 高速液体クロマトグラフィー (L-7000, 日立製) で分析した. サンプルは $0.45\mu\text{m}$ のメンブレンフィルターでろ過し, 活性の高いサンプルは80%エタノールで適宜希釈して用いた. 標準物質は*dl*- α -Tocopherol (関東化学) を99.5%エタノールに溶解し, $1,000\mu\text{mol}$, $500\mu\text{mol}$, $100\mu\text{mol}$, $0\mu\text{mol}$ 溶液による検量線を作成した. DPPH溶液は20mgのDPPH (東京化成) を100mlの99.5%エタノールに溶解し, 溶解2時間後から分析に供した. HPLC分析条件は, 使用カラム: TOSOH TSK-GEL OCTYL-80TS ($4.6\times 150\text{mm}$), 溶離液: 70%エタノール, 流速: $1\text{ml}/\text{分}$, カラム温度: 27°C , 検出波長: 517nm , サンプル量: $20\mu\text{l}$ (インテグレーター) とした. この条件でDPPHのピークは測定開始約10.5分後に検出された.

3. ポリフェノールの分析

総ポリフェノール含量はFolin-Denis法 (中林, 1995) に準じて以下の方法で分析した. DPPHラジカル消去活性の分析に用いた80%エタノール抽出液を脱塩水で10倍に希釈し, その5mlにフェノール試薬 (キシダ化学) の5倍希釈液を5ml加え, 次いで10%炭酸ナトリウム

5mlを加え試験管ミキサーで攪拌し, 1時間後に 760nm における吸光度を測定した. 標準物質は(+)-Catechin (東京化成) を脱塩水に溶解して $0\sim 30\text{ppm}$ 溶液を調製し, 同様に発色させて検量線を作成した.

4. 紫外吸光度の測定

DPPHラジカル消去活性の分析に用いた80%エタノール抽出液を80%エタノールで5倍希釈し, 分光光度計 (U-2810, 日立製) で80%エタノールをベースラインとして $200\sim 600\text{nm}$ の吸光度スペクトルを測定した.

結果

1. DPPHラジカル消去活性

黄肉種のものDPPHラジカル消去活性は, 白肉種のもの, キウイフルーツおよびミカンよりも全般に高かった (図1). 黄肉種のものの中では, 農研ジーンバンクに保存されている‘黄蟠桃’のDPPHラジカル消去活性が最も高く, 次いで, 県下で栽培されている‘ゴールデンピーチ (山陽系)’, ‘サン・ゴールド’, ‘ゴールデンピーチ (邑久系)’が高かった. ‘ゴールデンピーチ’のDPPHラジカル消去活性は, 強い抗酸化活性を示すことが明らかにされているイチゴ (北谷ら, 2007; Sun et al., 2002; Wang and Jiao, 2000) や赤ワイン (石沢ら, 1997; 佐藤, 1997; 杉田, 2001; 植木ら, 2003) と同程度であった. 黄肉種のもの‘山手清水’は白肉種のもの‘清水白桃’か‘大和白桃’の偶発実生とされているが (山口, 2000), DPPHラジカル消去活性は‘清水白桃’とほ

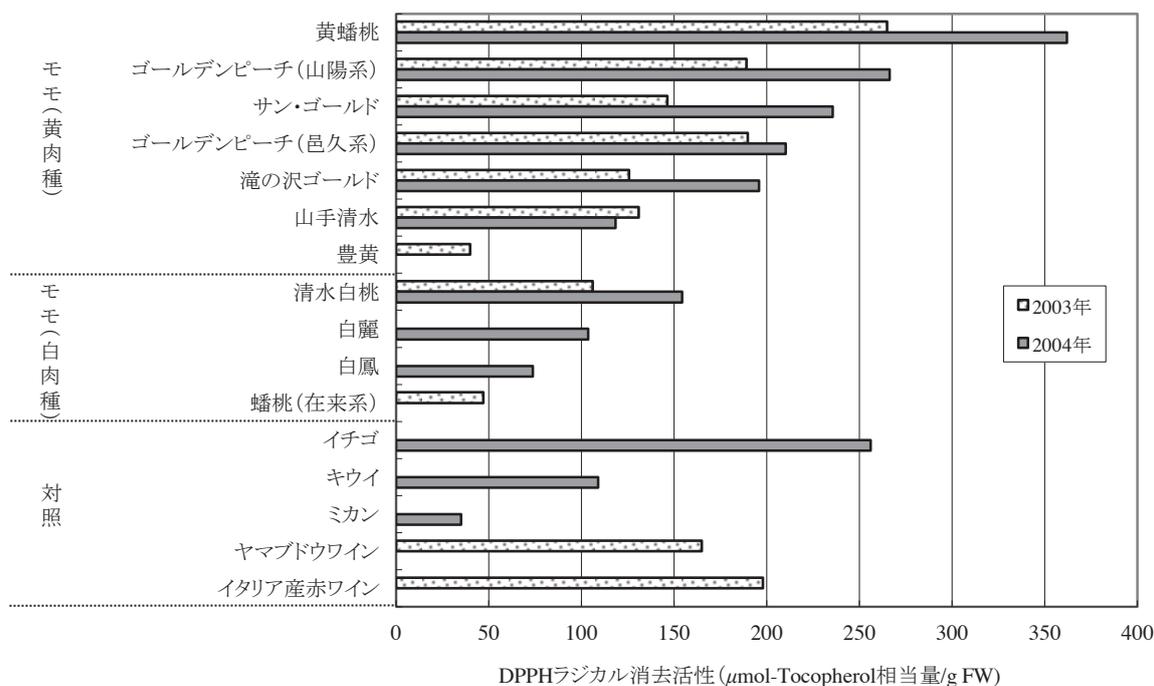


図1 果実および赤ワインのDPPHラジカル消去活性

表1 供試果実品質

供試果実	品種(系統)	採取年	熟度 ^z (0~3)	果重 (g)	糖度 (°Brix)	渋味 ^y (0~3)	総ポリフェノール ^x (mg/100g FW)
モモ (黄肉種)	黄蟠桃	2003	2	143	14.0	0	168
		2004	1	90	15.9	— ^w	263
	ゴールデンピーチ (山陽系)	2003	2	421	15.2	—	114
		2004	3	317	16.4	1.5	184
	サン・ゴールド	2003	3	470	16.4	—	85
		2004	1	360	20.0	1	148
	ゴールデンピーチ (邑久系)	2003	3	411	14.9	—	120
		2004	3	325	16.4	1	152
	滝の沢ゴールド	2003	2	306	15.8	—	78
		2004	2	311	21.4	1	118
	山手清水	2003	3	476	15.4	0	74
2004		3	318	14.5	0	68	
豊黄	2003	2	278	11.9	—	38	
モモ (白肉種)	清水白桃	2003	2	246	14.5	—	61
		2004	3	364	15.0	1	96
	白麗	2004	2	306	16.7	0	56
	白鳳	2004	2	306	16.7	0	46
	蟠桃(在来系)	2003	2	113	14.0	—	37
イチゴ	さちのか	2005	—	18	8.9	0	174
キウイフルーツ	ゼブスノ・グリーン	2004	—	—	15.0	0	92
ウンシュウミカン	—	2004	—	—	10.0	0	88

^z 0:未熟, 1:機械選果熟度, 2:手選果熟度, 3:完熟

^y 0:なし, 1:わずかに感じる, 2:明らかに感じる, 3:強く感じる

^x Catechin相当量

^w 未調査

ほ同じであった。農研ジーンバンクに保存されている中国原産の‘豊黄’のDPPHラジカル消去活性は黄肉種の中で最も低く、白肉種のモモよりも低かった。白肉種のモモの中では、‘清水白桃’のDPPHラジカル消去活性が最も高く、次いで‘白麗’、‘白鳳’の順で農研ジーンバンクに保存されている‘蟠桃(在来系)’が最も低かった。

DPPHラジカル消去活性は2003年産果実よりも2004年産果実の方が高い傾向にあり、栽培年次による変動が認められた。ただし、‘黄蟠桃’のDPPHラジカル消去活性は供試品種の中で両年とも最も高く、DPPHラジカル消去活性の品種間差は栽培年次が異なってもほぼ同じ傾向を示した。

2. DPPHラジカル消去活性と総ポリフェノール含量との関係

モモのDPPHラジカル消去活性は、果実の総ポリフェノール含量と高い相関関係を示し ($r=0.985$)、その相関関係は栽培年次が異なっても同じ傾向を示した(図2, 表1)。イチゴおよびキウイフルーツはモモとほぼ同じ相関関係を示したが、ミカンは総ポリフェノール含量が多くてもDPPHラジカル消去活性が低く、他の果

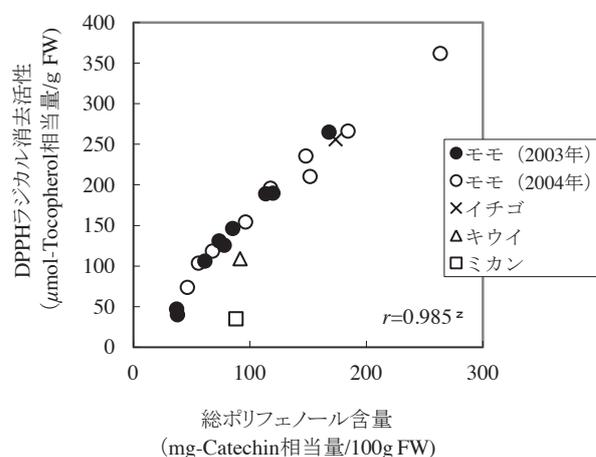


図2 果実のDPPHラジカル消去活性とポリフェノール含量との関係

^z モモでの相関係数

実と異なる傾向を示した(図2)。

3. 紫外波長域における吸収特性

モモ果実の80%エタノール抽出液の紫外吸収スペクトルをみると、モモ果実のポリフェノールの主要な構成成分(Chang et al., 2000; 中林, 1968; 1995; Tomas-Barberan et al., 2001)であるカテキン類の吸収領域(中

林, 1995) である280nmと, クロロゲン酸類の吸収領域である330nmに明瞭なピークが認められた(図3). また, 黄肉種のみではカロテノイドの吸収領域(木村, 1995; 小林ら, 1969)である450nm付近にわずかな吸収が認められた(図3, 表2).

280nmと330nmの吸光度比は, 品種・系統間で差が認められた(表2). 黄肉種の‘黄蟠桃’, ‘サン・ゴールド’および滝の沢ゴールド’は280nm / 330nm吸光度比が高く, 白肉種の‘清水白桃’とは明らかに異なるパターンを示した. ‘ゴールデンピーチ’の邑久系と山陽系は類似した280nm / 330nm吸光度比を示し, ‘清水白桃’の吸光度比に近かったが, 8月中旬に収穫期を迎える‘サン・ゴールド’とは外観的にはよく似ているものの吸光度比は大きく異なった. また, ‘山手清水’と‘清水白桃’の280nm / 330nm吸光度比は類似していた.

4. 紫外吸光度とDPPHラジカル消去活性との関係

モモ果実の80%エタノール抽出液の280nmにおける吸光度は, 総ポリフェノール含量(図4)並びにDPPHラジカル消去活性(図5)と高い相関関係を示したが, 330nmにおける吸光度と両項目との間に有意な相関関係

は認められなかった.

考 察

‘ゴールデンピーチ’のDPPHラジカル消去活性は高く, その活性はイチゴや赤ワインとほぼ同等であることが明らかになった. 今回供試した黄肉種のみは白肉種のみと比べて全般にDPPHラジカル消去活性が高かったが, Gil et al. (2002)が調査した白肉種と黄肉種のみ各5品種の比較では, 今回の結果とは逆に白肉種の活性が高い傾向を示しており, 活性の差異は黄肉種と白肉種の違いよりも品種間差による影響の方が強いものと考えられる.

モモのDPPHラジカル消去活性は, 果実中の総ポリフェノール含量との相関が非常に高かったが(図2), この傾向は増田ら(2002)による沖縄県産の果実や野菜での調査結果や, Gil et al. (2002)によるネクタリン, モモおよびプラムでの調査結果とも一致する.

ポリフェノールがDPPHラジカル消去活性を示す主要成分であることが明らかになったが, これまでの白肉種のみでの調査では, 総ポリフェノール含量が増

表2 モモ果実抽出液の紫外～可視吸光度²

品種(系統)	果肉色	280nm吸光度		330nm吸光度		吸光度比(280/330nm)		446nm吸光度	
		2003年	2004年	2003年	2004年	2003年	2004年	2003年	2004年
黄蟠桃	黄	0.71	0.91	0.22	0.19	3.2	4.8	0.043	0.021
サン・ゴールド	黄	0.41	0.65	0.12	0.16	3.4	4.0	0.050	0.037
滝の沢ゴールド	黄	0.32	0.52	0.11	0.15	2.8	3.5	0.033	0.027
豊黄	黄	0.30	—	0.11	—	2.7	—	0.056	—
白麗	白	—	0.26	—	0.09	—	2.8	—	0.003
ゴールデンピーチ(邑久系)	黄	0.48	0.54	0.25	0.22	1.9	2.5	0.047	0.015
ゴールデンピーチ(山陽系)	黄	0.50	0.71	0.28	0.36	1.8	2.0	0.041	0.020
白鳳	白	—	0.27	—	0.14	—	2.0	—	0.007
清水白桃	白	0.31	0.44	0.18	0.24	1.7	1.8	0.006	0.004
山手清水	黄	0.42	0.36	0.29	0.22	1.4	1.6	0.030	0.020
蟠桃(在来系)	白	0.28	—	0.17	—	1.7	—	0.011	—

² 果実5gを80%エタノールで磨砕し50mlに定容後, 80%エタノールで5倍に希釈して測定

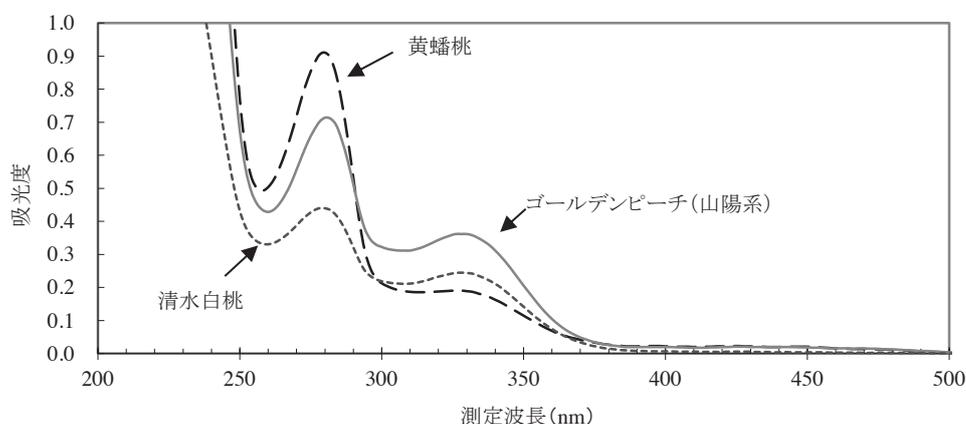


図3 モモ果実抽出液の紫外～可視吸収スペクトル

加すると渋味が強くなることを認めている（高野ら，2007）。抗酸化活性が高くても、渋いモモは食味評価が著しく劣り、機能性と食味が相反する。しかし、‘ゴールデンピーチ’や‘黄蟠桃’は総ポリフェノール含量が多くてもそれほど強い渋味を感じなかったことから（表1）、モモの品種によりポリフェノールの組成が異なっているのではないかと考えられる。モモには、核の周囲の果肉が赤く着色する品種と着色しない品種が存在する。‘白鳳’、‘山手清水’、‘清水白桃’および蟠桃（在来系）は核周囲の果肉が赤く着色しないのに対し、‘ゴールデンピーチ’や‘黄蟠桃’は赤く着色する。赤く着色する品種では、モモ果実のポリフェノールの主要な構成成分であるカテキン類やクロロゲン酸類以外に、アントシアニン系のポリフェノールが含まれていることが推測される。さらに、モモ果実の80%エタノール抽出液の紫外吸収における280nmと330nmの吸光度比の品種間による違いは、ポリフェノール組成の品種間差を示唆したものであり、今後、モモのポリフェノール組成と渋味との関連の解明が望まれる。また、モモ

の80%エタノール抽出液の280nm吸光度は、紫カンショにおける325nm吸光度と同様に（沖ら，2002）、DPPHラジカル消去活性の簡易評価法として利用可能と考えられる（図5）。

黄肉種のモモにはポリフェノール以外に、抗酸化活性を有するカロテノイドが含まれている。カロテノイドは脂溶性であるが、今回の分析に用いた80%エタノール抽出液は黄色を帯び400～500nmにわずかな吸収が認められたことから（表2，図3）、極性の高いキサントフィル系のカロテノイドが溶出したものと推察される。しかし、モモの総ポリフェノール含量とDPPHラジカル消去活性との相関関係に黄肉種と白肉種で差が認められなかったことから、80%エタノールで抽出された極性の高いキサントフィル系のカロテノイドがDPPHラジカル消去活性に寄与する割合は低かったものと推察される。寄与率が低い理由には、80%エタノール抽出液中のカロテノイド含量が総ポリフェノール含量に比較して少ないこととともに、ポリフェノールの抗酸化活性が活性酸素種の中でもヒドロキシラジカル（OH \cdot ）に対して高く、一重項酸素（ $^1\text{O}_2$ ）とスーパーオキシドアニオン（ $\text{O}_2^{\cdot-}$ ）に対して低く、カロテノイドの抗酸化活性がOH \cdot に対して低く、 $^1\text{O}_2$ と $\text{O}_2^{\cdot-}$ に対して高いことが挙げられる（Wang and Jiao, 2000; 木村, 1995）。したがって、カロテノイドを豊富に含む‘ゴールデンピーチ’の抗酸化活性をDPPHラジカル消去活性だけで判断するのは不十分であり、今後、別の評価系での検討も必要である。

以上の結果、岡山県特産の‘ゴールデンピーチ’には水溶性のポリフェノールが多く、モモの中でも高いDPPHラジカル消去活性を有することが明らかになった。モモには、ポリフェノール以外にビタミンE、植物繊維等の機能性成分も豊富に含まれていることが知られている（間苧谷・田中，2003）。さらに、黄肉種の‘ゴールデンピーチ’には脂溶性の抗酸化成分であるカロテノイドが多く含まれており（関ら，2004）、濃厚な風味とともに豊かな機能性が期待される。

摘要

黄肉種のモモの‘ゴールデンピーチ’（邑久系，山陽系）、‘サン・ゴールド’および‘黄蟠桃’は、高いDPPHラジカル消去活性を示した。その活性は、強い抗酸化活性を示すことが明らかにされているイチゴや赤ワインと同程度かそれ以上であった。モモのDPPHラジカル消去活性と総ポリフェノール含量との間には高い相関関係（ $r=0.985$ ）が認められた。

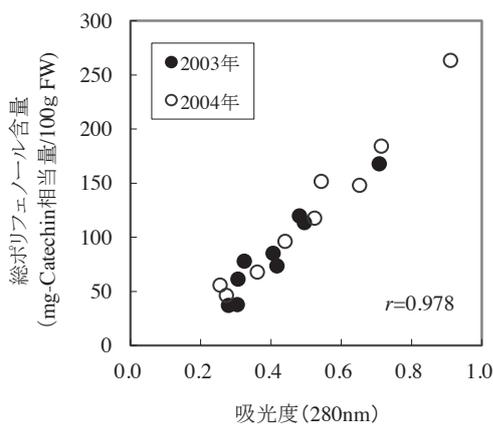


図4 モモ果実抽出液の280 nm吸光度と総ポリフェノール含量との関係

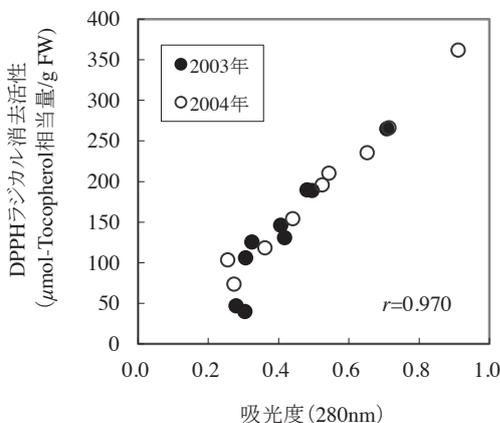


図5 モモ果実抽出液の280 nm吸光度とDPPHラジカル消去活性との関係

引用文献

- Chang S., C. Tan, E. N. Frankel and D. M. Barrett (2000) Low-density lipoprotein antioxidant activity of phenolic compounds and polyphenol oxidase activity in selected clingstone peach cultivars. *J. Agric. Food Chem.*, 48: 147-151.
- 深井洋一・松澤恒友・関谷敬三 (2000) モモ, リンゴ, プラム, ブドウ (巨峰), アンズ抽出物による糖・脂質代謝の活性化とインスリン感受性の上昇. *日食科工誌*, 47(2): 92-96.
- Gil, M.I., F. A. Tomas-Barberan, B. Hess-Pierce and A. A. Kader (2002) Antioxidant capacities, phenolic compounds, carotenoids, and vitamin C contents of nectarine, peach, and plum cultivars from California. *J. Agric. Food Chem.*, 50: 4976-4982.
- 石沢信人・杉田 収・斉藤秀晃・中野正春 (1997) ワインと各種飲料物の抗酸化能. *新潟看護短大紀要*, 3: 3-8.
- 木村 進 (1995) カロチノイド成分と変色, 食品の変色の化学 (木村 進・中林敏郎・加藤博通編). 光琳, 東京, pp.187-290.
- 北谷恵美・沖村 誠・曾根一純 (2007) イチゴ果実の抗酸化活性およびアントシアニン含量の品種間差異. *園学研*, 6(別2): 501.
- 小林秀誉 (1999) DPPHを用いたラジカル捕捉能の測定, 食品の機能性評価マニュアル集 (食品総合研究所編). 農林水産省農林水産技術会議事務局, 東京, pp.19-20.
- 小林邦彦・阿武尚彦・芥田三郎 (1969) 本邦産果実のカロチノイド色素と色調とに関する研究 第1報 果実中のカロチノイド定量法について. *山口大農学報*, 20: 1347-1355.
- 問亭谷 徹・田中敬一 (2000) 人の健康と果物, 果物の真実 (問亭谷 徹編). 化学工業日報社, 東京, pp.1-14.
- 問亭谷 徹・田中敬一 (2003) くだものはたらき. 日本園芸農業共同組合連合会, 東京, 115p.
- 増田真美・山口博隆・沖 智之・須田郁夫 (2002) 沖縄特産農作物の抗酸化活性と総ポリフェノール含量との相関. *九州農研*, 64: 50.
- 中林敏郎 (1968) 果実および野菜類のタンニン成分 (第1報) バラ科果樹果実のタンニン成分. *日食工誌*, 15: 73-78.
- 中林敏郎 (1995) ポリフェノール成分と変色, 食品の変色の化学 (木村 進・中林敏郎・加藤博通編). 光琳, 東京, pp.1-146.
- 沖 智之・増田真美・須田郁夫・熊谷 亨 (2002) 紫カンショのラジカル消去活性とその簡易評価. *九州農研*, 64: 49.
- 関 二嘉・多田幹夫・高畑宗明・児島伸樹・伊賀典子・笹邊幸男・高野和夫 (2004) 黄桃のカロテノイドに関する研究 1. カロテノイド含量と組成の品種間差異. *園学雑*, 73(別1): 226.
- Sun J., Y-F. Chu, X. Wu and R. H. Liu (2002) Antioxidant and Antiproliferative Activities of common fruits. *J. Agric. Food Chem.*, 50: 7449-7454.
- 佐藤充克 (1997) ワインの機能性研究最新動向. *食品と開発*, 32(8): 16-19.
- 杉田 収 (2001) 人の健康と活性酸素. *新潟看護短大紀要*, 7: 9-19.
- 高野和夫・妹尾知徳・海野孝章・笹邊幸男・多田幹郎 (2007). 近赤外分光法によるモモ果実の渋味の評価. *園学研*, 6: 137-143.
- Tomas-Barberan, F. A., M. I. Gil, P. Cremin, A. L. Waterhouse, B. Hess-Pierce and A. A. Kader (2001) HPLC-DAD-ESIMS analysis of phenolic compounds in nectarines, peaches, and plums. *J. Agric. Food Chem.*, 49: 4748-4760.
- 植木啓司・今井 孝・岡本五郎・平野 健 (2003) 蒜山産ヤマブドウ果汁及びワインの全フェノール含量とラジカル消去活性. *J. Asev Japan*, 14: 77-82.
- Wang, S. Y. and H. Jiao (2000) Scavenging capacity of berry crops on superoxide radicals, hydrogen peroxide, hydroxyl radicals, and singlet oxygen. *J. Agric. Food Chem.*, 48: 5677-5684.
- World Cancer Research Fund and American Institute for Cancer Research (WCRF/AICR) (1997) Food, nutrition and the prevention of cancer: a global perspective. AICR, Washington, DC.
- 山口正己 (2000) 各品種の栽培上の特性 4. 黄肉種, 果樹園芸大百科5モモ (農文協編). 農山漁村文化協会, 東京, pp.77-78.

Summary

High DPPH-radical scavenging activity was detected in three varieties of yellow peach (*Prunus perisica* (L.) Batsch, ‘Golden Peach’, ‘Sun Gold’ and ‘Ki Banto’). The scavenging activities of these varieties were more than equal to those of strawberry and red wine that were high antioxidant activity. We found that the DPPH-radical scavenging activity showed high correlation ($r=0.985$) with total polyphenol contents of peaches.