

## キウイフルーツ等マタタビ属果実における総ポリフェノール含量および DPPH ラジカル消去活性の種間ならびに品種・系統間差異

西山一朗<sup>1</sup>§, 山中-藤田美穂<sup>2</sup>, 福田哲生<sup>3</sup>, 末澤克彦<sup>4</sup>

### Genotypic differences in total polyphenol contents and radical scavenging activities in the fruits of *Actinidia* species

Ichiro NISHIYAMA<sup>1</sup>§, Miho YAMANAKA-FUJITA<sup>2</sup>, Tetsuo FUKUDA<sup>3</sup>,  
Katsuhiko SUEZAWA<sup>4</sup>

#### Abstract

Total polyphenol contents and DPPH (2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl) radical scavenging activities in *Actinidia* fruit were determined in various cultivars/selections, including five *A. deliciosa*, seven *A. chinensis*, two *A. rufa*, six *A. arguta*, and two interspecific hybrids. The total polyphenol content of fruit of *A. deliciosa* cv. 'Hayward', the most common commercially available cultivar, was 34.3 mg galic acid equivalent/100 g fresh weight (FW). Among *A. chinensis* cultivars, 'Golden king', 'Golden yellow', and 'Rainbow red' showed significantly higher concentrations in total polyphenol than 'Hayward'. In most cultivars/selections of *A. arguta*, the total polyphenol contents in the fruits were significantly higher than that in 'Hayward'. In *A. chinensis* and *A. arguta*, the DPPH radical scavenging activities in the fruit extracts were much higher than those of *A. deliciosa* fruits with the exception of 'Koshin', 'Ananasnaya', and 'Nagano'.

キーワード：キウイフルーツ, マタタビ属果実, ポリフェノール, ラジカル消去活性, アスコルビン酸

#### 1. 諸言

キウイフルーツは、一年中入手可能な身近なフルーツであり、アスコルビン酸やカリウム、食物繊維などを豊富に含むという食品学的特徴

を有している。キウイフルーツの最も一般的な経済栽培品種は、緑色果肉品種の 'ヘイワード' である。この品種は、糖酸のバランスが良好で食味に優れ、極めて長期間の貯蔵も可能である

<sup>1</sup>人間健康学部健康栄養学科

<sup>2</sup>元の所属：駒沢女子短期大学食物栄養科

<sup>3</sup>香川県農業試験場府中果樹研究所

<sup>4</sup>オーチャードアンドテクノロジー (株)

§ 連絡先：inishiya@komajo.ac.jp

ため経済栽培に適し、世界的に広く生産・流通が行われている<sup>1)</sup>。そのほかにも黄色果肉品種の‘ホート16A’（商標はゼスプリ・ゴールド）や赤色果肉品種の‘レインボーレッド’なども、今世紀の初めごろから市販されるようになった。さらに、近縁種であるサルナシ（コクワ）も、ベビーキウイ等の商品名で小規模ながら販売されている<sup>1)</sup>。

筆者らはこれまでに、キウイフルーツならびにサルナシの様々な品種・系統の果実について、アスコルビン酸、 $\beta$ -カロテンやルテインなどの抗酸化性をもつ成分の果実内濃度を測定してきた<sup>2,3)</sup>。その結果、これらの濃度には大きな品種・系統間差異があることを見出した。これらの成分は、健康の維持・増進への効果が期待される<sup>4)</sup>ため、その含量の多寡は果実の付加価値に大きく影響すると考えられる。そのためこれらの情報は、果実の栽培や流通に関わる者にとっても重要であり、また、消費者が果実を選択するためにも必要だと考えられる。

果実に含まれる抗酸化物質としては、アスコルビン酸やカロテノイドの他に、各種のポリフェノール類がある。ポリフェノールは、分子内に複数のフェノール性ヒドロキシ基をもつ化合物の総称である。食品に含まれるポリフェノールの種類は数十万種といわれているが、その代表例としては、緑茶等に含まれるカテキン類やコーヒー等に含まれるクロロゲン酸類などがある<sup>5)</sup>。ポリフェノールはその抗酸化作用やラジカル消去活性により、心血管疾患、がん、神経変性疾患、糖尿病や骨粗しょう症などの種々の疾患を予防する健康効果が期待されている<sup>6)</sup>。そのため、食品中のポリフェノール含量の測定は、その機能性を検討するための指標の一つとして有用だと考えられる。

食品中に含まれる総ポリフェノール濃度を簡便に評価する方法としては、Folin-Ciocalteu 法<sup>7)</sup>

が汎用されている。ただしこの測定法では、ポリフェノール類とは異なるアスコルビン酸等の還元性物質も強く発色するため、キウイフルーツなどのアスコルビン酸を豊富に含む食品への適応には注意が必要である。マタタビ属果実の総ポリフェノールを評価した先行研究では、アスコルビン酸の影響を考慮せずに測定を行った結果<sup>8,12)</sup>や、固相抽出カラムによる前処理でアスコルビン酸を分離する方法<sup>13,14)</sup>が報告されている。しかし、前者ではポリフェノール濃度が実際よりも高く評価される難点があり、また後者ではあらかじめ試料液からメタノールなどの有機溶媒を除去する必要があり、実験操作が煩雑になるとともに回収率の問題が生じる。これらの問題点を改善するため、本実験では同一試料について Folin-Ciocalteu 法によるポリフェノール濃度の測定と高速液体クロマトグラフ (HPLC) 法によるアスコルビン酸濃度の測定とを並行して行い、「差し引き法」によって総ポリフェノール濃度の評価を行った。また、2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl (DPPH) を用いることにより、ラジカル消去活性も測定した。

## 2. 実験方法

### (1) 材料

実験には、5種の *Actinidia deliciosa* 種、7種の *A. chinensis* 種、2種のシマサルナシ (*A. rufa*)、6種のサルナシ (*A. arguta*) および2種の種間雑種を用いた。それぞれのマタタビ属果実の品種/系統名とその特徴を Table 1に示す。‘レインボーレッド’及び‘小林39’は、静岡県小林農園より供与されたものを用いた。‘ホート16A’と‘Ananasnaya’は、それぞれニュージーランド産およびアメリカ・オレゴン産のものを東京都内の青果店にて購入した。その他の品種/系統は、すべて香川県農業試験場府中果樹研究所の圃場にて栽培された果実を供

Table 1 *Actinidia* genotypes examined

Species Genotype	Color of flesh	Density of hairs	Fruit weight (g)
<i>A. deliciosa</i>			
Hayward	green	dense	124.7 ± 7.7
Bruno	green	dense	126.3 ± 14.5
Abbott	green	dense	115.4 ± 9.1
Elmwood	green	dense	119.0 ± 13.1
Koryoku	deep green	dense	102.2 ± 3.4
<i>A. deliciosa</i> × <i>A. chinensis</i>			
Sanryoku	lime green	sparse or absent	117.2 ± 5.9
<i>A. chinensis</i>			
Koshin <sup>a</sup>	yellow	sparse or absent	88.1 ± 4.9
Golden king	yellow	sparse or absent	155.4 ± 12.3
Golden yellow	yellow	sparse or absent	119.4 ± 12.9
Sanuki gold	deep yellow	sparse or absent	207.2 ± 22.1
Rainbow red <sup>b</sup>	yellow, partly red	absent	84.5 ± 3.5
Kobayashi39 <sup>c</sup>	yellow	sparse or absent	106.8 ± 5.6
Hort16A <sup>d</sup>	yellow	sparse or absent	90.0 ± 3.4
<i>A. rufa</i>			
Awaji	deep green	absent	9.0 ± 0.8
Fuchu	deep green	absent	15.0 ± 3.1
<i>A. arguta</i>			
Gassan	green	absent	12.2 ± 1.7
Mitsuko	green	absent	12.1 ± 0.9
Ananasnaya <sup>e</sup>	green	absent	6.1 ± 0.7
Issai	green	absent	4.9 ± 0.8
Kochi	green	absent	9.8 ± 0.9
Nagano	green	absent	6.9 ± 1.1
<i>A. arguta</i> × <i>A. deliciosa</i>			
Kosui <sup>f</sup>	green	absent	32.3 ± 2.4

Values are means ± SD (n = 18). <sup>a</sup> Synonymous with 'Jiangxi 79-1' or 'Red princess'.

<sup>b</sup> Synonymous with 'Hongyang'. <sup>c</sup> Known commercially as Fuji gold<sup>TM</sup>. <sup>d</sup> Known commercially as ZESPRI<sup>TM</sup> GOLD Kiwifruit. <sup>e</sup> Known commercially as 'Baby kiwi'. <sup>f</sup> Recent study using RAPD analysis suggested *A. rufa*, not *A. arguta*, is involved in the parentage.

試した。いずれも適熟期果実を実験に供した。

比較のために、リンゴ（ふじ種）、バナナ（ジャイアント・キャベンディッシュ種）、みかん（日南1号）、オレンジ（ワシントンネーブル種）、洋なし（ラ・フランス種）、ブルーベリー（パークレー種）、ラズベリー（トーラ種）およびいちご（とちおとめ種）の果実を用いた。これらの果実は、東京都内の青果店にて可食期のものを購入し供試した。

## (2) 試料の調製

マタタビ属果実については、剥皮した果肉3

果分をフードプロセッサーによりピューレー状とした。このピューレーから10.0 gを計り取り、40 mLの80%メタノールを加え、ミキサー型ホモジナイザー（ウルトララックス T25型、IKE）によりホモジナイズした後、遠心分離（10,000×g、4℃、10分間）により上清を得た。沈殿に再度40 mLの80%メタノールを加え、同様にホモジナイズ及び遠心分離を行い、上清を回収した。これら2回分の上清を合し、80%メタノールで100 mLに定容した試料を果実抽出液として、以下の測定に供した。なお、サルナシの一部の品種においては、比較のために剥皮

せずに果実全体からの抽出液作製も行った。

マタタビ属以外の果実についても、上記と同様の操作により抽出液を作製した。ただし、通常は皮ごと食べるブルーベリー、ラズベリーおよびいちごは、剥皮せずに果実全体を試料とした。みかんおよびオレンジは、皮とじょうのう膜を除いた可食部を、また、リンゴおよび洋なしは、皮と芯を除いた可食部を実験に供した。なお、ブルーベリーとラズベリーは一果が小型であるため、20果まとめてフードプロセッサーでピューレーを作製した。

### (3) 総ポリフェノール濃度の測定

果実抽出液中の総ポリフェノール濃度は、Folin-Ciocalteu 法によって求めた粗ポリフェノール濃度から、アスコルビン酸による発色の寄与分を差し引くことによって求めた。

粗ポリフェノール濃度の定量は、Singleton and Rossi<sup>7)</sup> の Folin-Ciocalteu 法を改変して、以下のように行った。試料液0.25mLに3.75mLの純水と0.25mLの Folin-Ciocalteu 試薬(Sigma-Aldrich)を加えて混和した後、0.75mLの10% Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>を加え全量を5mLとした。よく混和した後、室温で30分間放置し、その760nmにおける吸光度をU-2800型分光光度計(日立)により測定した。標準物質としては、没食子酸(Sigma-Aldrich)を用い、ポリフェノール量は没食子酸(GA)当量として、mg GA eq./100g F.W. (flesh weight) で表した。

果実抽出液中のアスコルビン酸濃度は、既報<sup>2)</sup>に従い逆相カラムを用いた HPLC 法により測定した。アスコルビン酸の発色寄与率は、アスコルビン酸標品(和光純薬)を試料液として上記の Folin-Ciocalteu 法を試行することにより、没食子酸当量として求めた。

### (4) DPPH ラジカル消去活性の測定

果実抽出液の DPPH ラジカル消去活性は、6-hydroxy-2,5,7,8-tetramethylchromane-2-carboxylic acid (Trolox) を標準物質として須田<sup>15)</sup>の方法に従って測定した。DPPH ならびに Trolox は、Sigma-Aldrich より購入した。

### (5) 統計処理

果実のポリフェノール濃度ならびにラジカル消去活性は、独立した6回の反復実験で得られた測定値の平均値 ± 標準偏差で示した。ヘイワード種と他の品種/系統との間の有意差検定は、Dunnett 検定により行った。

## 3. 実験結果と考察

### (1) Folin-Ciocalteu 法による定量へのアスコルビン酸の影響

Folin-Ciocalteu 法における各種濃度の没食子酸(Fig. 1a)あるいはアスコルビン酸(Fig. 1b)の発色を測定したところ、いずれも少なくとも0.05~0.20 mg/mLの濃度範囲で直線性を示すことが確認された。それぞれの直線の傾きより、アスコルビン酸の発色は同じ濃度(weight/volume)の没食子酸の0.719倍に相当することが示された。既報<sup>16)</sup>により、没食子酸とアスコルビン酸とを混合して測定した場合には、両者の吸光度が相加的であることが示されている。そのため、アスコルビン酸の影響を除いた総ポリフェノール濃度(TP<sub>calc.</sub>, mg GA eq./100g F.W.)は、次式のように実測値(TP<sub>meas.</sub>, mg GA eq./100g F.W.)からアスコルビン酸濃度(AsA, mg/100g F.W.)に0.719を乗じた値を差し引くことにより求められることが示された。

$$TP_{calc.} = TP_{meas.} - AsA \times 0.719$$

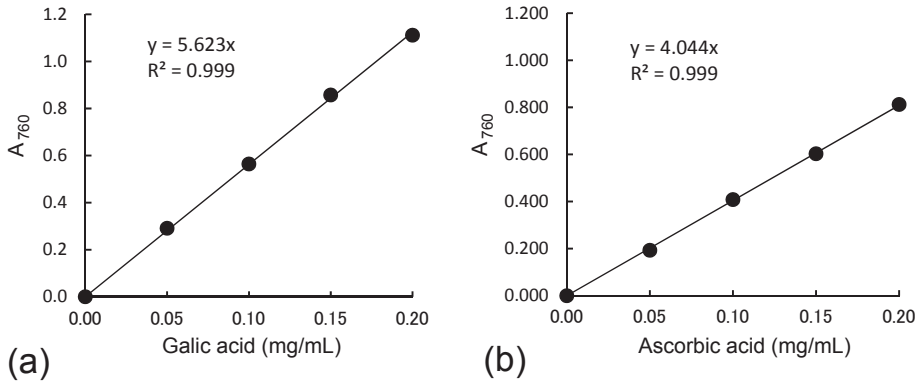


Fig. 1 Calibration curves for standard gallic acid (a) and ascorbic acid (b) solutions. Each standard solution (0.05 – 0.20 mg/mL) was assayed using Folin-Ciocalteu reagent. Absorbance at 760 nm linearly correlated with the concentration of each standard solution.

## (2) 総ポリフェノール濃度

マタビ属果実のそれぞれの品種につき、果実内総ポリフェノール濃度を測定した結果を Table 2 に示す。いずれの品種においても、Folin-Ciocalteu 法によって求められた見かけの総ポリフェノール濃度と、アスコルビン酸による発色を差し引くことにより求めた総ポリフェノール濃度との間で、大きな差異が認められた。特にアスコルビン酸濃度の高い‘さぬきゴールド’では、単純に Folin-Ciocalteu 法によって総ポリフェノール濃度を測定すると、アスコルビン酸の影響によって 4 倍以上もの大きな誤差を生じることが示された。同様に、‘一才’や‘高知系’などのサルナシ果実においても、Folin-Ciocalteu 法によって求められた総ポリフェノール濃度と実際の総ポリフェノール濃度との乖離が極めて大きいことがわかった。

なお、キウイフルーツやサルナシ果実には、グルコースやフルクトースなどの還元糖も含まれているが、試料液中の還元糖が Folin-Ciocalteu 法の測定値に及ぼす影響は、ほとんど無視できることを既報<sup>16)</sup>で報告している。

食品に含まれるアスコルビン酸を定量するためには、通常はキレート剤として ethylenedia-

minetetraacetic acid (EDTA) を加えたメタリン酸溶液 (pH 4.0 程度) を氷冷し、酸化を抑えながら慎重に抽出作業を行うことが多い。そのため、本実験のように果肉に常温の 80% メタノールを加えてホモジナイズし、総ポリフェノールを加えてホモジナイズし、総ポリフェノール測定用の試料を調製した場合には、アスコルビン酸の多くが酸化されて、その還元性を失う可能性が考えられる。もしもそうであれば、Folin-Ciocalteu 法による総ポリフェノールの定量に対するアスコルビン酸の影響は、無視できるほど小さなものになるかもしれない。しかし、各品種・系統の果実のアスコルビン酸濃度を調査した先行研究の結果と本実験の結果とを比較すると、常温の 80% メタノールを加えるという単純な抽出法でも、果実に含まれるアスコルビン酸のほとんどが還元型のままであることが示された。このアスコルビン酸の安定性の要因の一つとして、これらのマタビ属果実に含まれるクエン酸やキナ酸などの豊富な有機酸によって抽出液が強い酸性に保たれ、アスコルビン酸の酸化が抑制されたことが考えられる。また、もしかすると 80% メタノールで処理することにより、アスコルビン酸オキシダーゼのようなアスコルビン酸の酸化を促す酵素が失活したこと

Table 2 Concentration of polyphenols in fruit of *Actinidia* genotypes

Genotype	Measured Polyphenol Content (mg GA eq./100g F.W.)	AsA Content (mg/100g F.W.)	Calculated Polyphenol Content (mg GA eq./100g F.W.)
	(A)	(B)	(A) - (B) × 0.719
Hayward	72.8 ± 8.20	53.5 ± 4.30	34.3 ± 7.04
Bruno	89.7 ± 15.0	76.6 ± 12.6	34.6 ± 6.92
Abbott	46.1 ± 4.69	22.5 ± 1.12	29.9 ± 4.43
Elmwood	64.6 ± 6.09	45.5 ± 4.70	31.8 ± 5.58
Koryoku	64.8 ± 4.43	34.8 ± 8.05	39.8 ± 5.28
Sanryoku	97.9 ± 3.84	78.7 ± 7.33	41.3 ± 8.26
Koshin	111.9 ± 6.31	87.0 ± 5.93	49.3 ± 7.26
Golden king	167.6 ± 14.68	126.6 ± 11.76	76.6 ± 18.59 **
Golden yellow	170.0 ± 22.39	90.4 ± 4.60	105.0 ± 22.42 **
Sanuki gold	185.0 ± 31.72	193.2 ± 20.14	46.0 ± 17.91
Rainbow red	122.6 ± 6.49	70.4 ± 7.41	72.0 ± 6.76 **
Kobayashi39	176.5 ± 21.61	174.6 ± 18.89	51.0 ± 8.39
Hort16A	110.2 ± 5.27	105.3 ± 7.68	34.5 ± 6.69
Awaji	71.3 ± 6.70	9.1 ± 4.50	64.7 ± 9.84 **
Fuchu	50.5 ± 4.15	15.3 ± 8.50	39.5 ± 10.12
Gassan	164.7 ± 28.09	127.5 ± 8.26	73.1 ± 23.58 **
Gassan (with skin)	430.9 ± 66.61	123.6 ± 11.33	342.0 ± 61.92 **
Mitsuko	145.9 ± 16.56	106.0 ± 3.35	69.7 ± 17.07 **
Mitsuko (with skin)	421.2 ± 33.02	96.3 ± 8.02	352.0 ± 30.31 **
Ananasnaya	93.4 ± 2.52	64.7 ± 9.81	46.9 ± 5.81
Ananasnaya (with skin)	144.4 ± 15.04	71.9 ± 7.65	92.7 ± 11.89 **
Issai	210.4 ± 42.36	202.6 ± 36.83	64.8 ± 24.72
Kochi	246.3 ± 26.02	238.8 ± 102.2	74.6 ± 22.94 *
Nagano	93.8 ± 29.00	46.1 ± 5.46	60.6 ± 28.15 *
Kosui	55.8 ± 3.02	30.6 ± 4.0	33.8 ± 1.14

Values are means ± SD of 6 experiments. \*, \*\*: Significantly different vs. 'Hayward' at  $p < 0.05$  and  $p < 0.01$ , respectively.

も、要因の一つかもしれない。もしもこれらの推測が正しいとすれば、マタタビ属果実のアスコルビン酸の定量操作を大幅に簡略化することが可能となり興味深いため、この点は今後の検討課題としたい。

最も一般的に市販されている 'ヘイワード' 果実の総ポリフェノール濃度は34.3 mg GA eq./100g F.W.であった (Table 2)。アスコルビン酸の影響を考慮せずに Folin-Ciocalteu 法にて総ポリフェノール濃度を測定した先行研究では 'ヘイワード' 果実の総ポリフェノール濃度は、41.7<sup>8)</sup>、60<sup>9)</sup>、62.8<sup>10)</sup>、87.5<sup>11)</sup>あるいは180<sup>12)</sup> mg GA eq./100g F.W.と報告されている。本研究の結果から得られた値と比較すると、これらの値はアスコルビン酸の影響によって過大

に評価されているものと考えられる。一方、固相抽出カラムによる前処理でアスコルビン酸を分離する方法によって測定した先行研究<sup>13)</sup>では、28.1 mg GA eq./100g F.W.と報告されており、本実験で得られた値と近似していた。固相抽出カラムを用いる方法と比較して、本実験で用いた試料中のアスコルビン酸を測定して、そのポリフェノール相当量を差し引く方法では、ポリフェノール測定用の試料をそのままアスコルビン酸の測定に使用するため前処理を必要とせず、回収率の問題が生じない。また、アスコルビン酸の定量を HPLC 法によって行えば、操作が容易なため多検体の測定にも適用可能である。そのため、この差し引き法による総ポリフェノール量の測定は、キウイフルーツやいちご、

Table 3 Concentration of polyphenols in commonly consumed fruits

Fruit (cultivar)	Measured Polyphenol Content	AsA	Calculated Polyphenol Content
	(mg GA eq./100g F.W.) (A)	(mg/100g F.W.) (B)	(mg GA eq./100g F.W.) (A) - (B) × 0.719
Apple (Fuji)	57.0 ± 10.22	ND	57.0 ± 10.22
Banana (Giant Cavendish)	63.1 ± 11.32	ND	63.1 ± 11.32
Mandarin (Nichinan No. 1)	69.5 ± 3.80	13.3 ± 6.73	59.9 ± 4.95
Navel Orange (Washington)	115.0 ± 24.24	50.0 ± 8.79	79.1 ± 19.96
Pear (La France)	16.8 ± 1.02	ND	16.8 ± 1.02
Blueberry (Barkeley)	310.4 ± 58.60	ND	310.4 ± 58.60
Raspberry (Tola)	325.1 ± 8.22	24.3 ± 0.95	307.6 ± 7.68
Strawberry (Tochiotome)	150.3 ± 21.43	57.8 ± 10.13	108.8 ± 14.57

Values are means ± SD of 6 experiments. ND: not detected.

柿などアスコルビン酸を豊富に含む食品に対する優れた評価法であると考えられる。

*A. deliciosa* 種キウイフルーツの他の品種における総ポリフェノール濃度は、29.9~39.8 mg GA eq./100g F.W. の範囲にあり、‘ヘイワード’ 種との有意な差は認められなかった。これに対し、*A. chinensis* 種キウイフルーツ果実の総ポリフェノール濃度は、34.5~105.0 mg GA eq./100g F.W. であり、大きな品種間差異が認められた (Table 2)。このうち ‘ゴールデンキング’、‘ゴールデンイエロー’ および ‘レインボーレッド’ 果実では、総ポリフェノール濃度が ‘ヘイワード’ 果実よりも有意に高いことが示された。

シマサルナシ (*A. rufa*) およびサルナシ (*A. arguta*) 果実の皮を除いた果肉の総ポリフェノール濃度は、39.5~74.6 mg GA eq./100g F.W. の範囲にあり、全般に ‘ヘイワード’ 等の *A. deliciosa* 種キウイフルーツ果実よりも高い値を示した。これらの中で、淡路系、月山系、光香、高知系および長野系においては、総ポリフェノール濃度が ‘ヘイワード’ 果実よりも有意に高い値を示した。また、サルナシ果実は、キウイフルーツやシマサルナシと比較して皮が薄く無毛であり、皮ごと食用に供することができるため、‘月山’、‘光香’ ならびに ‘Ananasnaya’

の3品種の果実においては、皮を含んだ果実全体からの試料作製を行い、ポリフェノール濃度の測定を行った。その結果、いずれの品種でも皮を含んだ果実全体の方が、果肉だけの場合よりも総ポリフェノール濃度が2倍から5倍と、顕著に高いことが示された (Table 2)。この結果より、サルナシ果実の皮にはポリフェノール類が豊富であることが示された。

比較のために、一般に市販されているマタタビ属以外の果物につき、総ポリフェノール濃度を測定した結果を Table 3に示す。りんご、バナナ、みかん、ネーブルオレンジ、洋なしなどの、一般に皮をむいて食用に供する果物の可食部の総ポリフェノール濃度は、16.8~79.1 mg GA eq./100g F.W. であった。この結果より、キウイフルーツやサルナシの果肉中の総ポリフェノール濃度は、これらの果物とほぼ同等の水準にあることがわかった。一方、皮ごと食用に供するブルーベリー、ラズベリーおよびいちごでは、その果実中の総ポリフェノール濃度はそれぞれ310.4、307.6および108.8 mg GA eq./100g F.W. と、高い値を示した (Table 3)。「月山系」や「光香」などのサルナシの皮を含む果実全体の総ポリフェノール濃度は、これらブルーベリーやラズベリーとほぼ同等であることが示された (Table 2および3)。

### (3) DPPH ラジカル消去活性

各マタタビ属果実抽出液の DPPH ラジカル消去活性を測定した結果を Table 4 に示す。最も一般的な経済栽培品種である ‘ヘイワード’ では、DPPH ラジカル消去活性が  $4.17 \mu\text{mol Trolox eq./g F.W.}$  であった。 *A. deliciosa* 種に属する各品種果実の DPPH ラジカル消去活性には、 ‘ヘイワード’ と顕著な差異は認められなかったが、 ‘ブルーノ’ で有意に高く、 ‘アボット’ で有意に低いことが示された。この違いは、アスコルビン酸の多寡によるものかもしれない (Table 2 および 4)。

一方、 *A. chinensis* 種キウイフルーツやサルナシ果実では、 ‘ヘイワード’ と比較して DPPH ラジカル消去活性が有意に高値を示す品種 / 系統が多く認められた。 (Table 4)。シマ

サルナシ果実の DPPH ラジカル消去活性には、 ‘ヘイワード’ と有意な差異が認められなかった。

一般に *A. deliciosa* 種に属するキウイフルーツやシマサルナシ果実と比較して、 *A. chinensis* 種に属するキウイフルーツやサルナシ果実ではアスコルビン酸濃度が高いことが報告されており<sup>2)</sup>、また、本実験の結果もこれを支持している (Table 2)。アスコルビン酸は DPPH ラジカル消去活性を有しているため、本実験で示された DPPH ラジカル消去活性の種間差異の少なくとも一部は、アスコルビン酸の多寡に依存している可能性が高いと考えられる。

マタタビ属果実は、 $\beta$ -カロテンやルテインなどのラジカル消去活性をもつカロテノイドを含むことが知られている<sup>3)</sup>。本実験では 80% メタノールによる抽出によって試料を調製してい

Table 4 Radical scavenging activity in fruit of *Actinidia* genotypes

Genotype	Radical scavenging activity ( $\mu\text{mol Trolox eq./g F.W.}$ )
Hayward	$4.17 \pm 0.16$
Bruno	$5.62 \pm 0.55$ *
Abbott	$2.57 \pm 0.13$ *
Elmwood	$3.69 \pm 0.18$
Koryoku	$3.38 \pm 0.37$
Sanryoku	$6.17 \pm 0.40$ **
Koshin	$5.34 \pm 1.97$
Golden king	$11.75 \pm 1.62$ **
Golden yellow	$11.86 \pm 1.36$ **
Sanuki gold	$11.91 \pm 0.77$ **
Rainbow red	$7.75 \pm 0.55$ **
Kobayashi39	$11.21 \pm 1.21$ **
Hort16A	$7.82 \pm 0.61$ **
Awaji	$4.14 \pm 0.38$
Fuchu	$2.89 \pm 0.22$
Gassan	$10.19 \pm 0.69$ **
Gassan w. skin	$39.51 \pm 5.32$ **
Mitsuko	$8.43 \pm 0.14$ **
Mitsuko w. skin	$39.65 \pm 3.35$ **
Ananasnaya	$5.18 \pm 0.79$
Ananasnaya w. skin	$9.43 \pm 2.13$ **
Issai	$13.19 \pm 1.29$ **
Kochi	$15.36 \pm 0.37$ **
Nagano	$4.39 \pm 0.26$
Kosui	$3.19 \pm 0.38$

Values are means  $\pm$  SD of 6 experiments. \*, \*\*: Significantly different vs. 'Hayward' at  $p < 0.05$  and  $p < 0.01$ , respectively.



Table 5 Radical scavenging activity in commonly consumed fruits

Fruit (Cultivar)	Radical scavenging activity ( $\mu\text{mol Trolox eq./g F.W.}$ )
Apple (Fuji)	3.45 $\pm$ 0.37
Banana (Giant Cavendish)	6.01 $\pm$ 1.31
Mandarin (Nichinan No. 1)	2.03 $\pm$ 0.11
Navel Orange (Washington)	3.60 $\pm$ 0.46
Pear (La France)	3.06 $\pm$ 0.03
Blueberry (Barkeley)	22.73 $\pm$ 3.10
Raspberry (Tola)	24.19 $\pm$ 1.28
Strawberry (Tochiotome)	13.01 $\pm$ 3.53

Values are means  $\pm$  SD of 6 experiments. \*, \*\*: Significantly different vs. 'Hayward' at  $p < 0.05$  and  $p < 0.01$ , respectively.

るため、 $\beta$ -カロテンのような疎水性物質はほとんど抽出されておらず、また、より極性の大きなルテインについては、ある程度抽出されていると考えられる。ルテインの果実内濃度は、*A. deliciosa* 種キウイフルーツと比較してシマサルナシやサルナシで有意に高く、*A. chinensis* 種キウイフルーツでは一般に低いことが報告されている<sup>3)</sup>。この序列と Table 2の結果から、マタタビ属果実における DPPH ラジカル消去活性へのルテイン等カロテノイドの寄与率は小さいものと思われた。

‘月山’、‘光香’ および ‘Ananasnaya’ の 3 種のサルナシについて、表皮の有無による DPPH ラジカル消去活性の差異を調査したところ、表皮を含む果実全体の方が果肉のみの場合に比べて 1.8~4.7 倍の値を示すことがわかった。Table 2の結果より、サルナシ果実の表皮と果肉では、アスコルビン酸含量に差異がないと考えられ、また、表皮にポリフェノールが豊富に存在することから、この DPPH ラジカル消去活性の差異の少なくとも一部は、ポリフェノールの多寡に起因する可能性が考えられる。

比較のために、一般に市販されているマタタビ属以外の果物につき、DPPH ラジカル消去活性を測定した結果を Table 5 に示す。りんご、バナナ、みかん、ネーブルオレンジ、洋なしなどの、一般に皮をむいて食用に供する果物の可

食部の DPPH ラジカル消去活性は、2.03~6.01  $\mu\text{mol Trolox eq./g F.W.}$  であった。この結果より、*A. deliciosa* 種キウイフルーツやシマサルナシ果実の DPPH ラジカル消去活性は、これらの果物とほぼ同等の水準にあることがわかった。一方、*A. chinensis* 種のキウイフルーツやサルナシでは、これらの果物よりも 2~5 倍高い DPPH ラジカル消去活性を示す品種・系統が多いことが示された。

皮ごと食用に供するブルーベリー、ラズベリーおよびいちごでは、その果実の DPPH ラジカル消去活性が 13.01~24.19  $\mu\text{mol Trolox eq./g F.W.}$  と、高い値であることが示された (Table 5)。これらの値と比較すると、‘月山系’や‘光香’などのサルナシの皮を含む果実全体の DPPH ラジカル消去活性は、それぞれ 39.51 および 39.65  $\mu\text{mol Trolox eq./g F.W.}$  であり (Table 4)、ブルーベリーやラズベリーよりも高いことが示された。

本実験の結果より、マタタビ属果実においては最も一般的な経済栽培品種である ‘ Hayward ’ などの *A. deliciosa* 種キウイフルーツよりも、*A. chinensis* 種キウイフルーツやサルナシの方が、果実に含まれる総ポリフェノール濃度や DPPH ラジカル消去活性が高いことが示された。抗酸化性やラジカル消去活性をもつ食品は、こ

れを摂取したときに、健康維持・増進作用を発揮するものと期待されている<sup>6)</sup>。

キウイフルーツ等マタタビ属果実においても、その摂取により血清中の抗酸化性バイオマーカーが上昇することや、過酸化水素によるDNAの損傷が軽減されることなどが示唆されている<sup>4)</sup>。このことから、果実の総ポリフェノール濃度やラジカル消去活性は、その機能性を左右する要因の一つと考えられる。そのため、新しい品種の開発を考えるためにも、既存の品種・系統果実の総ポリフェノール濃度やラジカル消去活性を正しく評価しておくことが必要であろう。

本研究では、アスコルビン酸の影響を排除して総ポリフェノール量を評価する簡便な方法を提案した。また、マタタビ属果実の総ポリフェノール濃度とDPPHラジカル消去活性の種間ならびに品種・系統間差異の一端を明らかにした。これらの結果は、マタタビ属果実の機能性の検討や、新品種開発のための遺伝資源の選抜等に役立つものと期待している。

#### 4. 謝辞

果実試料のご供与をいただいた静岡県富士市の小林農園の皆様には謝意を表します。本研究の一部は科学研究費補助金「基盤研究(C)20580040」を受けて行った。

#### 5. 利益相反

利益相反に相当する事項はない。

#### 6. 参考文献

- 1) Nishiyama I (2007) Fruits of the *Actinidia* genus. *Adv Food Nutr Res* 52 : 293-324
- 2) Nishiyama I *et al.* (2004) Varietal difference in vitamin C content in the fruit of kiwifruit and other *Actinidia* species. *J Agric Food Chem* 52 : 5472-5475
- 3) Nishiyama I *et al.* (2005) Genotypic differences in chlorophyll, lutein, and  $\beta$ -carotene contents in the fruits of *Actinidia* species. *J Agric Food Chem* 53 : 6403-6407
- 4) Singletary K (2012) Kiwifruit: Overview of potential health benefits. *Nutrition Today* 47 : 133-147
- 5) Cheynier V (2005) Polyphenols in foods are more complex than often thought. *Am J Clin Nutr* 81S : 223S-229S
- 6) Scalbert A *et al.* (2005) Dietary polyphenols and the prevention of diseases. *Crit Rev Food Sci Nutr* 45 : 287-306
- 7) Singleton VL, Rossi JA Jr (1965) Colorimetry of total phenolics with phosphomolibdic-phosphotungstic acid reagents. *Am J Enol Vitic* 16 : 144-158
- 8) Du G *et al.* (2009) Antioxidant capacity and the relationship with polyphenol and vitamin C in *Actinidia* fruits. *Food Chem* 113 : 557-562
- 9) Isabelle M *et al.* (2010) Antioxidant activity and profiles of common fruits in Singapore. *Food Chem* 123 : 77-84
- 10) Contessa C *et al.* (2013) Total antioxidant capacity and total phenolic and anthocyanin contents in fruit species grown in Northwest Italy. *Sci Hort* 160 : 351-357
- 11) Fu L *et al.* (2011) Antioxidant capacities and total phenolic contents of 62 fruits. *Food Chem* 129 : 345-350
- 12) Park Y-S *et al.* (2006) *In vitro* studies of

- polyphenols, antioxidants and other dietary indices in kiwifruit (*Actinidia deliciosa*). *Int J Food Sci Nutr* 57 : 107-122
- 13) Brat P *et al.* (2006) Daily polyphenol intake in France from fruit and vegetables. *J Nutr* 136 : 2368-2373
- 14) Krupa T *et al.* (2011) Changes of physicochemical quality, phenolics and vitamin C content in hardy kiwifruit (*Actinidia arguta* and its hybrid) during storage. *Sci Hort* 130 : 410-417
- 15) 須田郁夫 (2000) 抗酸化機能：食品機能研究法、(篠原和毅、鈴木建夫、上野川修一編著) p. 218-223. 光琳出版、京都
- 16) 山中美穂、太田忠親、西山一郎 (2007) Folin-Ciocalteu 法によるマタタビ属果実の総ポリフェノール量測定における還元物質の影響、駒沢女子短期大学研究紀要、40, 97-100

