

キウイフルーツの品種および成熟段階の違いが抗酸化成分に及ぼす影響

メタデータ	言語: Japanese 出版者: 公開日: 2019-03-22 キーワード (Ja): キーワード (En): 作成者: 阿部, 大吾 メールアドレス: 所属:
URL	https://doi.org/10.24514/00001812

キウイフルーツの品種および成熟段階の違いが 抗酸化成分に及ぼす影響

阿部大吾

Key words : キウイフルーツ, 成熟, 抗酸化能, H-ORAC, ポリフェノール, カロテノイド

目 次

I 序 論	35	いがカロテノイド含有量に及ぼす影響	41
II キウイフルーツの品種および成熟段階の違いが抗酸化能・ポリフェノール含有量に及ぼす影響	36	1 緒 言	41
1 緒 言	36	2 材料および方法	42
2 材料および方法	36	3 結 果	42
3 結 果	38	4 考 察	44
4 考 察	40	IV 総合考察	44
III キウイフルーツの品種および成熟段階の違い		謝 辞	45
		引用文献	45
		Summary	48

I 序 論

キウイフルーツ (kiwifruit, 学名: *Actinidia deliciosa* あるいは *Actinidia chinensis*) は, マタタビ科マタタビ属の雌雄異株の落葉つる性植物の果実である。元々は中国の長江南部に自生する獼猴桃 (ビコウトウ) と呼ばれるシマサルナシ果実の種子が, 1904年にニュージーランドに導入され, その実生苗から改良されたものである。獼猴桃は, 現在も利尿, 止血, 食欲不振に効果のある生薬として利用されている。ニュージーランドに導入された当初は Chinese gooseberry (シナスグリ) と呼ばれており, キウイフルーツと呼ばれるようになったのは1950年代のことである。ニュージーランドの国鳥にもされている鳥であるキウイが名前の由来だという説が一般的であるが, 諸説あり真偽は定かではない。

日本国内では, キウイフルーツは1970年代にミカンの転換作物として注目を浴び, 栽培面積が急増

し, 1980年代にはキウイフルーツブームとなった。しかし, 栽培に不適な園地も多かったことから, 不安定な品質による価格低下などが避けられず, 園地の淘汰が進み栽培面積の減少が続いているが, 1990年代に入り高品質化が進み, 販売価格は順調に上昇している。2009年農林水産省統計によれば, 2000年に国内栽培面積が2,960ha, 出荷量が36,700トンであったが, 2009年には2,370ha, 29,900トンとなっている。生産量順位は愛媛25%, 福岡18%, 和歌山10%, 神奈川5%, 静岡5%の順で, この上位3県で日本国内の50%以上の生産を占めている。

一方海外からの輸入は1964年に始まって以降, 10年間で10倍以上に増加した。近年の輸入の大部分がニュージーランドからである。2002年に黄肉で甘味の強い, ゼスプリ社のゴールド種「ホート16A」の輸入が始まり, 2000年の輸入量は41,400トンであったが2009年は58,500トンと約1.5倍, 輸入額は2000年に93億2,673万円, 2009年には210億4,580万円と約2倍になっている (財務省貿易統計)。

(平成27年7月14日受付, 平成28年2月29日受理)

農研機構近畿中国四国農業研究センター
作物機能開発研究領域

2009年の輸入割合はニュージーランドが98%であり、ニュージーランド産が5月～12月、国産が12月～4月と年間を通して流通している。

近年は、ニュージーランドのゼスプリ社と契約した愛媛県と佐賀県の農家が「ヘイワード」(*Actinidia deliciosa*)と「ホート16A」(*Actinidia chinensis*)を栽培しているが、全国的には「ヘイワード」が広く栽培されている。国内では香川県農業試験場が1970年代からキウイフルーツの品種育成に取り組んでおり、1987年に大玉で糖度の高い「香緑(こうりょく)」(*Actinidia deliciosa*)、1999年に糖酸のバランスの良い「讚緑(さんりょく)」(*Actinidia deliciosa*)とサルナシの血を引く小粒の「香粹(こうすい)」(*Actinidia arguta*)、2005年には大玉で黄色い「さぬきゴールド」(*Actinidia chinensis*)を品種登録している。ほかに、静岡県的小林氏が中国系キウイフルーツから育成・選抜した、果肉の中心部が赤い「レインボーレッド」(*Actinidia chinensis*)などがある。近年のゼスプリ社による販売促進効果により市場は拡大されつつあり、国産卸売価格は245円/kg(2002年)から387円/kg(2012年)、外国産卸売価格は379円/kg(2002年)から440円/kg(2012年)と高くなっている。しかし、キウイフルーツは栽培が始まって約100年しか経っておらず、「ヘイワード」以外の品種が流通し始めたのは近年である。キウイフルーツの品質や機能性に関する研究は他の果樹に比べると極端に少なく、味や色調など特徴的な品種が登場しても、キウイフルーツの持つ健康機能性や新品種の成分的特徴など基礎的な知見が不足している。

そこで本研究では、近年育成されたキウイフルーツにおける抗酸化能の品種間差異や追熟による抗酸化成分の変動を明らかにすることを目的とした。

Ⅱ キウイフルーツの品種および成熟段階の違いが抗酸化能・ポリフェノール含有量に及ぼす影響

1 緒言

キウイフルーツは、ビタミン、ポリフェノール、カロテノイド、フィトステロールなどさまざまな抗酸化化合物を含有しており⁵⁾、特にポリフェノールは果物の中でも多いことが知られている³¹⁾。また、

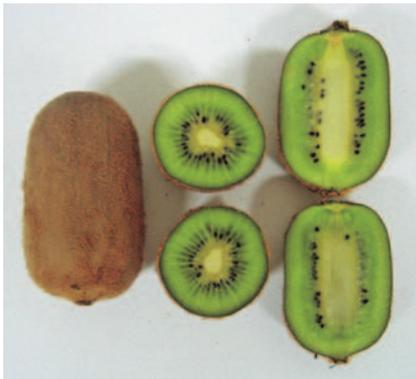
キウイフルーツの摂取により血中の酸化ストレスマーカーが減少し⁹⁾、*in vitro*においても抗酸化活性を示すことが報告されている^{4, 11)}。近年、生体内で発生する過剰な活性酸素種(Reactive Oxygen Species: ROS)に誘導される酸化ストレスが、糖尿病⁶⁾などの生活習慣病や老化の原因のひとつとして認識されており、抗酸化成分の摂取による酸化ストレスの軽減は生活習慣病の予防に有効であることが報告されている^{2, 13)}。これらのことから、キウイフルーツの抗酸化能は着目に値すると考えられる。しかし、過去の多くの報告が一般品種「ヘイワード」によるもので、近年、香川県で育成された国内栽培品種「香緑」、「香粹」、「さぬきゴールド」や赤い果肉が特徴的な「レインボーレッド」などについては評価が進んでおらず、追熟による変動についても明らかにされていない。そこで本研究では、キウイフルーツ5品種の適熟果実について抗酸化能およびポリフェノール含有量を測定するとともに、3品種については追熟による変動についても調査を行うこととした。

抗酸化測定法にはORAC(oxygen radical absorption capacity)法、DPPH(2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl)法、TRAP(total radical trapping antioxidant parameter)法、FRAP(ferric reducing ability of plasma)法など多くの測定法が存在する。アメリカ農務省は果実・果物などのORAC値を公表するなど、ORAC法は標準的な測定法であり、日本国内でもAOU研究会では、ORAC法を抗酸化測定における標準法の有力候補として選定している(<http://www.antioxidant-unit.com/>)。ORAC法はAAPH(2,2'-azobis(2-amidinopropane) dihydrochloride)から誘導されるペルオキシラジカルによってフルオレセインが分解される過程を、蛍光強度を経時的に測定することで追跡し、抗酸化物質によるフルオレセインの分解阻害能を相対的に算出する方法である。本研究では、抗酸化能の測定にORAC法を採用し、親水性成分の評価にH(hydrophilic)-ORAC値を用いる。

2 材料および方法

1) 材料

「香緑」、「香粹」、「さぬきゴールド」、「ヘイワー



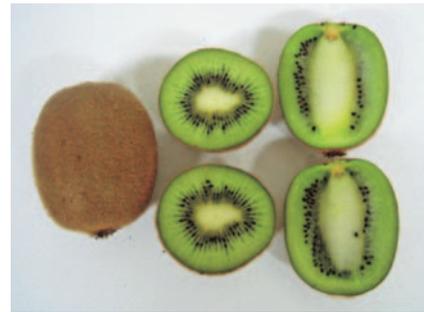
第1図 適熟段階の「香緑」果実



第2図 適熟段階の「香粋」果実



第3図 適熟段階の「さぬきゴールド」果実



第4図 適熟段階の「ハイワード」果実



第5図 適熟段階の「レインボーレッド」果実



第6図 適熟段階の果実全5品種

ド」の果実は、2009年10月に香川県農業試験場府中分場より入手した。「レインボーレッド」の果実は、2009年10月に愛媛県西条市の農家から購入した。入手したキウイフルーツ果実は収穫直後の果実であり、追熟処理を行っていない。「香緑」、「香粋」、「さぬきゴールド」、「ハイワード」、「レインボーレッド」の平均重量は、それぞれ134 g、52 g、155 g、100 g、78 gであった。果実はポリエチレン袋に入れ、1,000ppmエチレン、16℃で追熟処理を行った。エチレン処理前の果実を処理0日目、処理開始後2、4、6、8日目の果実を追熟日数2日目、

処理4日目、処理6日目、処理8日目とし、果皮を除去するとともに、約5mm角にカットし液体窒素で凍結後、-80℃で保存した。適熟段階（8日目）の果実の写真を第1～6図に示した。

2) 試薬

Folin-Ciocalteu 試薬およびフルオレセインはSigma-Aldrich社 (MO, USA) から購入した。TroloxおよびAAPHは和光純薬 (京都) から入手した。抽出に用いる溶媒はすべて特級以上を用いた。

3) 抽出方法

凍結保存したキウイフルーツの一部を凍結乾燥し

た。凍結乾燥後、重量を測定し、マルチビーズショッカー（安井器械、大阪）で粉碎した。粉碎した粉をガラス試験管に500mg秤量し、抽出用サンプルとした。抽出はAWA（アセトン：水：酢酸 = 70：29.5：0.5）8 mlで行い、1分間超音波処理後、10分間振とうし、遠心分離（2,000rpm, 5分, 室温）した後、上清を25mlメスフラスコに移した。これを3回繰り返し行い、最後にAWAで25mlに定容したものを抽出液とした。

4) ポリフェノール含有量の測定

抽出液のポリフェノール含有量は改変したFolin-Ciocalteu法³³⁾を用いて測定した。測定には96ウェルプレートを使用し、各ウェルに試料抽出液12 μ l, 水72 μ l, 2倍希釈したFolin-Ciocalteu 試薬90 μ lを加え、3分間攪拌した。さらに90 μ lの7.5% (w/v)炭酸ナトリウム液を加え混合後プレートシールをして遮光で1時間置いた後、マイクロプレートリーダーで765nmの吸光度を測定した。ポリフェノール含有量は (+) -カテキン等量で示した。

5) H-ORAC値の測定

H-ORAC値の測定は渡辺ら²⁹⁾の方法に準じて行い、抗酸化能はTrolox等量で表した。キウイフルーツ抽出物は、75mMリン酸カリウム緩衝液(pH7.4)で希釈した後、測定に供試した。TroloxはAWA溶液で溶解し、キウイフルーツ抽出液と同様に希釈し、測定に用いた。96穴マイクロプレート(Becton Dickinson, NJ, USA)に希釈した抽出液、

20 μ l Trolox溶液およびリン酸カリウム緩衝液で溶解した200 μ lフルオレセイン溶液(94.4nM)を加え、37 $^{\circ}$ Cに加熱した蛍光プレートリーダー(Ex 485nm, Em 530nm)を用い、蛍光強度を底面から測定した。さらに、リン酸カリウム緩衝液で溶解したAAPH溶液(31.7mM)を75 μ l加えて振とう後、2分間隔で90分間経時変化を測定した。蛍光強度変化グラフの曲線下面積(AUC: Area Under the Curve)を算出し、ブランクのAUCを差し引いた値(net AUC)を求めた(第7図)。Trolox標準液の濃度を横軸に、net AUCを縦軸に検量線を作成し、希釈した試料のH-ORAC値をTrolox相当量(TE)として算出した。実験はすべて5反復で行った。

6) 総アスコルビン酸含有量の測定

総アスコルビン酸測定の前処理には佐藤ら²³⁾の方法を用い、ジチオスレイトールによるデヒドロアスコルビン酸の還元後、定量を行った。HPLC分析条件は、カラムはYMC-ODS-AM(4.6 \times 250mm)、移動相は0.2Mリン酸緩衝液(pH 2.3)、流速1.2 ml/分、カラム温度40 $^{\circ}$ Cとした。

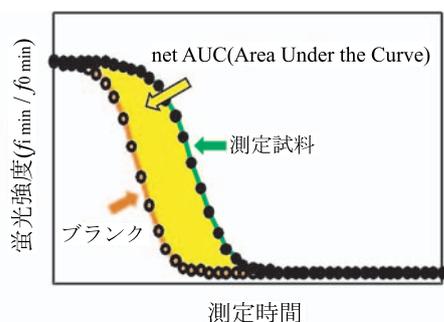
7) 統計解析

結果は、反復の平均値 \pm SEで示し、Tukeyの多重検定により有意差検定を行った。

3 結果

1) H-ORAC値の品種間比較と追熟による変動

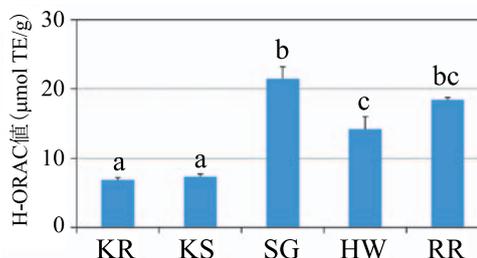
第8図に示すとおり、エチレン処理8日目のキウ



第7図 ORAC値の算出方法図

$$AUC = (0.5 \times f_{8 \text{ min}} + f_{10 \text{ min}} + f_{12 \text{ min}} + \dots + f_{88 \text{ min}} + 0.5 \times f_{90 \text{ min}}) / f_{0 \text{ min}} \times 2$$

$f_{i \text{ min}}$: i 分後のフルオレセインの蛍光強度



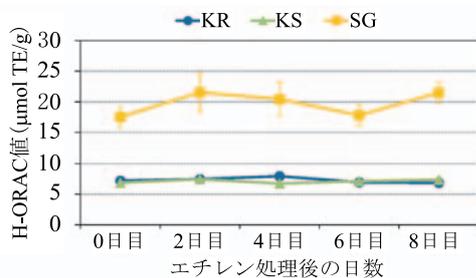
第8図 適熟キウイフルーツ果実におけるH-ORAC値の品種間差異

KR:「香緑」、KS:「香粋」、SG:「さぬきゴールド」、HW:「ヘイワード」、RR:「レインボーレッド」

注) Tukeyの多重検定により、品種ごとに異なるアルファベット間には5%水準で有意差があることを示す。

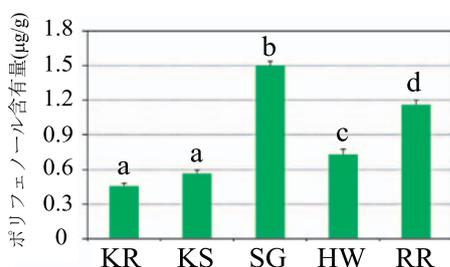
イフルーツについて、H-ORAC値を測定した。「香緑」のH-ORAC値は $6.87\mu\text{mol TE/g}$ 、「香粹」は $7.37\mu\text{mol TE/g}$ と近い値を示した。一方、「さぬきゴールド」は $21.49\mu\text{mol TE/g}$ と他の品種と比較して有意に高く、抗酸化能が顕著に高いことが示唆された。最も一般的に栽培されている「ヘイワード」のH-ORAC値は $14.16\mu\text{mol TE/g}$ であり、「香緑」、「香粹」より高値を示した。また、果肉が赤色を呈する「レインボーレッド」は、 $18.40\mu\text{mol TE/g}$ と5品種の中で二番目に高く、「ヘイワード」と同程度の抗酸化能であることが明らかになった。

次に、「香緑」、「香粹」、「さぬきゴールド」の3品種については、追熟による抗酸化能の変動を調査するため、エチレン処理後2日ごとに8日目まで採取した果実についてH-ORAC値を測定した。第9図で示すように、「香緑」および「香粹」果実のH-ORAC値は追熟前（0日目）から適熟期（8日目）までほぼ一定であり、有意な変動は見られなかった。「さぬきゴールド」は、追熟初期にやや増加する傾向を示したが、その変動は小さく、有意な差は見ら



第9図 成熟段階の違いがH-ORAC値に及ぼす影響

KR:「香緑」、KS:「香粹」、SG:「さぬきゴールド」



第10図 適熟キウイフルーツ果実におけるポリフェノール含有量の品種間差異

KR:「香緑」、KS:「香粹」、SG:「さぬきゴールド」、HW:「ヘイワード」、RR:「レインボーレッド」

注) Tukeyの多重検定により、品種ごとに異なるアルファベット間には5%水準で有意差があることを示す。

れなかった。以上のことから、いずれのキウイフルーツでも追熟により抗酸化能は低下することなく維持されていることが明らかになった。

2) ポリフェノール含有量の品種比較と追熟による変動

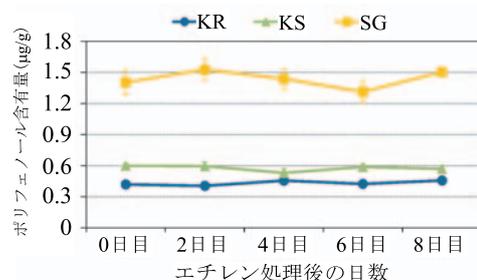
H-ORAC値に大きな影響を与えることが推定されているポリフェノール含有量を、H-ORAC値を測定したサンプルすべてにおいてFolin-Ciocalteu法により測定した。適熟期（8日目）の5品種のポリフェノール含有量は、H-ORAC値と同様に、「さぬきゴールド」、「レインボーレッド」、「ヘイワード」、「香粹」、「香緑」の順に高く、含有量の違いもH-ORAC値とほぼ一致していた（第10図）。さらに、ポリフェノール含有量の追熟に伴う変動についても、H-ORAC値と同様に大きな変動はなかった（第11図）。

3) 総アスコルビン酸含有量の品種間差異

第12図に示すとおり、適熟期（8日目）の5品種の総アスコルビン酸含有量はH-ORAC値と同様の傾向を示したが、「さぬきゴールド」は他の品種と比較して顕著に含有量が高かった。

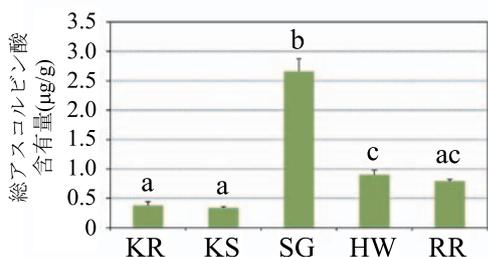
4) H-ORAC値とポリフェノール含有量の相関

H-ORAC値とポリフェノール含有量の相関関係について調査を行った。それぞれの測定果実について、縦軸にポリフェノール含有量、横軸にH-ORAC値としてプロットしたところ、 $r = 0.863$ と非常に高い正の相関が見られた（第13図）。以上のことから、キウイフルーツ果実におけるH-ORAC値にはポリフ



第11図 成熟段階の違いがポリフェノール含有量に及ぼす影響

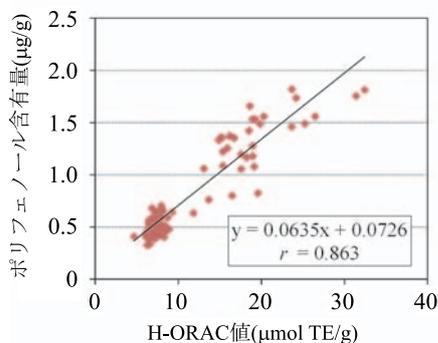
KR:「香緑」、KS:「香粹」、SG:「さぬきゴールド」



第12図 適熟キウイフルーツ果実における総アスコルビン酸含有量の品種間差異

KR:「香緑」, KS:「香粹」, SG:「さぬきゴールド」, HW:「ヘイワード」, RR:「レインボーレッド」

注) Tukeyの多重検定により, 品種ごとに異なるアルファベット間には5%水準で有意差があることを示す。



第13図 H-ORAC値とポリフェノール含有量の相関関係

ポリフェノール含有量が大きな影響を与えていることが示唆された。

4 考察

生体においてROSは, 外部からの異物侵入などに対する防御機構として積極的に利用されているが, 一方では, 過剰なROSは酸化ストレスを引き起こし, ガン, 神経疾患, 動脈硬化, 糖尿病など多岐にわたる疾病や老化の原因だと考えられている。酸化ストレスの改善には野菜や果物の摂取増加が有用であることが示されており²⁷⁾, 抗酸化成分の摂取による酸化ストレスの改善はさまざまな疾病の予防に役立つと期待されている。本研究では, キウイフルーツ果実「香緑」, 「香粹」, 「さぬきゴールド」, 「ヘイワード」および「レインボーレッド」の抗酸化能とポリフェノール含有量について明らかにした。キウイフルーツ果実は, 果物の中でもポリフェノール含有量が高く³¹⁾, 抗酸化能も高い⁷⁾ことは報告されてきた。しかし, 近年育種された比較的新しい品種

や, 品種間における抗酸化能およびポリフェノール含有量については明らかにされていなかった。本研究では適熟期の「香緑」, 「香粹」, 「さぬきゴールド」, 「ヘイワード」, 「レインボーレッド」果実のH-ORAC値を比較したところ, *chinensis*種に属する「さぬきゴールド」が, *deliciosa*種に属する「香緑」および*arguta*種に属する「香粹」の約3倍と非常に高く抗酸化作用が最も期待できることが示唆された。次にH-ORAC値が高かったのは, 「レインボーレッド」で, 「さぬきゴールド」と同様に*chinensis*種であるが, 果肉中心部が赤色を呈しているのが特徴である。Montefioriら¹⁵⁾は「レインボーレッド」に非常に似た特徴を持つ品種「Hongyang」を材料に用い, 赤色成分のひとつをcyanidin 3-O-xylo(1-2)-galactosideと同定しており, 「レインボーレッド」の赤色成分も同様である可能性が高い。アントシアニン類は高い抗酸化能を有すると予想されることから, 「レインボーレッド」のH-ORAC値に寄与しているかもしれない。また, Nishiyamaら¹⁸⁾は, キウイフルーツ品種間のアスコルビン酸含有量について報告しており, 「香緑」, 「香粹」, 「さぬきゴールド」, 「ヘイワード」のアスコルビン酸含有量を明らかにしている。これによれば, アスコルビン酸含有量は「さぬきゴールド」>「ヘイワード」>「香粹」>「香緑」となっており, 今回得られた結果もほぼ同様の傾向を示した。アスコルビン酸標準品のH-ORAC値(3,518±39μmol TE/g)からアスコルビン酸の寄与率を計算すると, 「香緑」1.95%, 「香粹」1.63%, 「さぬきゴールド」4.36%, 「ヘイワード」2.24%, 「レインボーレッド」1.52%であり, 他の品種と比較して「さぬきゴールド」はアスコルビン酸の寄与率が高いことが示唆された。一方, すべての品種においてH-ORAC値に対するアスコルビン酸の寄与率は5%以下であり, H-ORAC値にはアスコルビン酸以外の成分の寄与が大きいと考えられた。さらに, H-ORAC値とポリフェノール含有量には高い正の相関が認められたことから, キウイフルーツのH-ORAC値にはポリフェノールが強い影響を及ぼしていることが示唆された。以上のことから, 抗酸化能, ポリフェノール含有量および総アスコルビン酸含有量は他の品種と比較して「さぬきゴールド」が非常に高く, 抗酸化成分の供給源として有望

な品種であることが示唆された。

次に、成熟段階の違いが抗酸化能およびポリフェノール含有量に及ぼす影響について調査を行った。キウイフルーツは、クライマクテリック型果実であり、収穫後のエチレン処理による追熟に伴い酸が低下するとともに、糖含量が増加し、芳香も発生することで食味が向上する。しかし、抗酸化能が、追熟に伴いどのように変動するかについての報告は非常に少ない。そこで本研究では、「香緑」、「香粋」、「さぬきゴールド」の3品種について、十分なエチレン処理を8日間行い、2日ごとにサンプルを採取して分析を行った。エチレン未処理から8日目まで、H-ORAC値およびポリフェノール含有量に有意な差は観察されず、追熟により抗酸化能に変動はないことが示唆された。Parkら²⁰⁾はABTS (2,2'-Azino-bis(3-ethylbenzthiazoline-6-sulfonic acid))法、TEAC (Trolox-Equivalent Antioxidant Capacity)法、DPPH法、CUPRAC (cupric reducing antioxidant capacity)法などさまざまな抗酸化測定法を用いて「ヘイワード」の追熟による抗酸化能の推移を報告しており、追熟6日目に最も抗酸化能が高まると報告している。しかし、測定方法により変動傾向が異なっており、ポリフェノール含有量と同様に変動の小さな測定結果も多いことから、測定法の違いによる検出誤差の可能性も否定できない。H-ORAC法を用いた本研究では、特徴的な変動は確認されなかったが、ポリフェノール含有量も同様な傾向を示しており、信頼できる結果であると考えられる。抗酸化に関しては、追熟による機能性のロスがないということは、追熟を経て店頭には並ぶキウイフルーツにとっては有益なデータと考えられる。

Ⅲ キウイフルーツの品種および成熟段階の違いがカロテノイド含有量に及ぼす影響

1 緒言

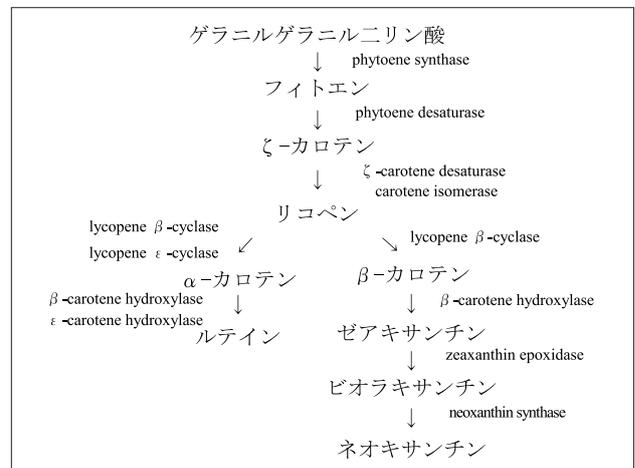
キウイフルーツは、第1～6図(第Ⅱ章)のように非常に美しい色彩の果肉を持つ果物である。キウイフルーツに特徴的な緑色はクロロフィル類、黄色はルテインやβ-カロテンなどのカロテノイド類に起因することが知られている。カロテノイドは抗酸化物質であり、カロテノイドがその対象とする活性酸

素種は一重項酸素 (1O_3) である。第Ⅱ章で述べたORAC法による測定では、 1O_3 消去活性の評価には対応できないことが知られており、 1O_3 消去活性の簡便な評価法にはSOAC (Singlet Oxygen Absorption Capacity)法¹⁾が報告されているが、妥当性確認が終了していないため普及していない。つまり、現状ではカロテノイドそのものを定量することが、ORAC法では測定できない抗酸化能を補うことにつながると考えられる。

含有されるカロテノイドの種類は植物種によって異なり、ウンシュウミカンではβ-クリプトキサンチン、トマトではリコペン、ニンジンではβ-カロテンが多く蓄積されることが知られている⁸⁾。カロテノイド生合成経路および制御機構についても研究が進んでおり(第14図)、合成酵素や基質の量などによって、蓄積するカロテノイドの量および種類が変動する^{12, 25)}。

カロテノイドの機能性としては、β-カロテン、α-カロテン、β-クリプトキサンチンなどに古くからプロビタミンA作用が知られているが^{3, 19)}、プロビタミンA作用を有さないカロテノイドについても特徴的な機能性が明らかになりつつある。ルテインやゼアキサンチンは眼の黄斑に蓄積し、抗酸化作用や光からの保護により黄斑変性症のリスクを低減すること²⁴⁾、白内障発生を抑制すること¹⁰⁾が報告されている。ほかにも近年は、ガン¹⁶⁾、心疾患²⁸⁾、アルツハイマー³⁴⁾、リウマチ²¹⁾などさまざまな疾病に効果を示すことが報告されている。

このように、カロテノイドは健康維持のため役立



第14図 植物におけるカロテノイド生合成経路

つと期待されており、キウイフルーツのカロテノイド含有量や種類を調査することは、カロテノイドの供給源としての評価に必須であり、品種や成熟段階の違いによる特徴を把握することは、今後の育種や流通分野の研究推進にもつながると考えられる。

2 材料および方法

1) 材料

「香緑」, 「香粹」, 「さぬきゴールド」の収穫直後の果実を2009年10月に香川県農業試験場府中分場より入手し、それぞれの果実はポリエチレン袋に入れ、1,000ppmエチレン、16℃で追熟処理を行った。エチレン処理前の果実を処理0日目、処理開始後2, 4, 6, 8日目の果実を追熟日数2日目、処理4日目、処理6日目、処理8日目とし、果皮を除去するとともに、約5mm角にカットし液体窒素で凍結後、-80℃で保存した。

2) 試薬

カロテノイド標準品については、ルテイン、ルテインエポキシド、ビオラキサンチン、β-クリプトキサンチン、エキネノン、α-カロテン、β-カロテンをCaroteNature GmbH社 (Lupisingen, Switzerland) から購入した。抽出する有機溶媒はすべて特級以上、HPLCにはHPLC用グレードを使用した。カロテノイドの分析カラムはDevelosil (C-30-UG3, 4.6×150mm) (野村化学, 愛知) を用いた。

3) カロテノイド抽出法

カロテノイド抽出はYanoら³²⁾の方法を一部改変して行った。塩基性マグネシウム1gを加えたガラス遠沈管にカットした凍結キウイフルーツ約8gを入れ、0.1%BHT (butylated hydroxytoluene) を含むジエチルエーテル/メタノール (7:3) を16ml、内部標準としてエキネノン溶液 (20μg/ml) を400μl (8μgに相当) 加えると同時にポリトロンホモジナイザー (Kinematica社, Lucerne, Switzerland) で粉碎した。粉碎後、0.1%BHTを含むジエチルエーテル/メタノール (7:3) でさらに洗浄しながら別の遠沈管に移し、水2mlを加え、30分間振とうし、遠心分離 (2,000rpm, 5分, 常温) を行った。上清をガラスパスツールを用いて別の遠

沈管に移し、元の遠沈管にジエチルエーテル10mlを加え、同じ作業をさらに2回繰り返した。集めた上清は遠心濃縮乾固し、10%水酸化カリウム溶液とジエチルエーテルに溶解し、窒素置換して、常温でインキュベートした。一晩けん化後、2M塩化ナトリウム水溶液を加え、遠心分離 (2,000rpm, 5分, 常温) を行い、上清を別の遠沈管に移した。集めた上清に水を加えて洗浄後、遠心分離 (2,000rpm, 5分, 常温) を行い水層を除去した。残ったジエチルエーテル層は遠心濃縮乾固し、2mlの0.1%BHTを含むメタノール/TBME (t-ブチルメチルエーテル) (1:1) に溶解して、PTFEシリンジフィルター (φ0.45μm) (GE Healthcare社, NJ, USA) を通してHPLCサンプルとした。

4) カロテノイド分析法

HPLCによる分析条件は第15図に示した。得られたピークを標準品のリテンションタイムおよび波長と比較し、カロテノイドの種類を決定した。含有量は波長444nmのピークの面積を基にそれぞれの検量線から算出した。また、9'-cis-ネオキササンチンはビオラキサンチンの標準直線を、ゼアキササンチンはルテインの標準直線を参考に算出した。それぞれの測定値は、内部標準のエキネノンを用いて補正を行った。

3 結果

1) カロテノイド含有量および組成の品種比較

エチレン処理8日目の「香緑」, 「香粹」, 「さぬきゴールド」適熟果実について、カロテノイド含有量および組成について分析を行った結果を第16図に示す。3品種を比較した結果、総カロテノイド量は

分析システム: 日立D7000
検出: フォトダイオードアレイ
カラム: 野村化学Develosil(C30-UG-3, 4.6×150mm)
移動相: A メタノール/MTBE/1.5%(w/w)酢酸アンモニウム水(85:12:3)
B メタノール/MTBE/1.0%(w/w)酢酸アンモニウム水(8:90:2)
グラジエント条件:
0→21分 A 100%→45%
21→22分 A 45%
22→30分 A 45→5%
30→35分 A 5%
流速: 0.4ml/分
カラム温度: 23℃
サンプル注入量: 10 μl

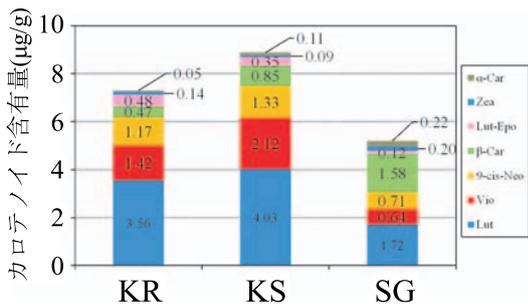
第15図 カロテノイドのHPLC分析条件

「香粹」は9.0 $\mu\text{g/g}$ と一番多く、次に「香緑」は7.2 $\mu\text{g/g}$ 、最後に「さぬきゴールド」は5.1 $\mu\text{g/g}$ の値を示した。「さぬきゴールド」は果肉の黄色が鮮やかな品種であり、この黄色はカロテノイド由来であるが、カロテノイド含有量としては他の2品種に比べて少なかった。カロテノイドの種類は、 α -カロテン、ゼアキササンチン、ルテインエポキシド、 β -カロテン、9'-cis-ネオキササンチン、ビオラキササンチン、ルテインが検出可能であり、3品種ともに β -カロテン、9'-cis-ネオキササンチン、ビオラキササンチン、ルテインでカロテノイド含有量全体の90%以上を占めていた。ルテインはすべての品種で最も含有されていた。品種による差異も存在し、「さぬきゴールド」ではビオラキササンチンおよびルテインは少なく、 β -カロテンが多いという特徴を有しており、ルテイン

と β -カロテンは各々1.7 $\mu\text{g/g}$ と1.6 $\mu\text{g/g}$ と、ほぼ同程度であった。

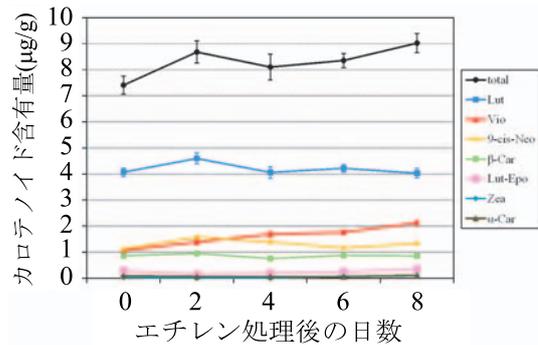
2) カロテノイド含有量および組成の追熟による変動

追熟によるカロテノイド含有量および組成の変動について第17図（「香緑」）、第18図（「香粹」）、第19図（「さぬきゴールド」）に示した。総カロテノイド含有量は、3品種とも成熟が進むにつれて「香緑」で1.1倍、「香粹」で1.2倍、「さぬきゴールド」で1.1倍と若干増加する傾向が見られたが、劇的な変動は観察されなかった。ルテインは同等もしくは若干減少する傾向があり、「香緑」および「香粹」ではビオラキササンチンが増加する傾向が認められた。また、「さぬきゴールド」では、 β -カロテンがエチレン処



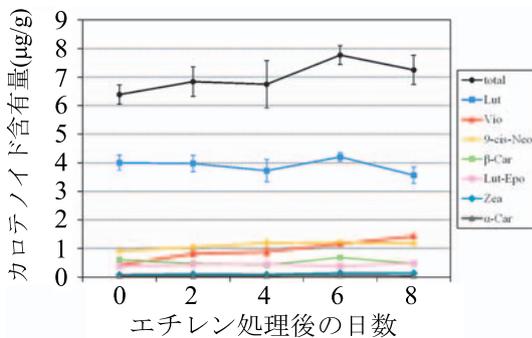
第16図 適熟キウイフルーツ果実のカロテノイド含有量・組成の品種間差異

KR:「香緑」、KS:「香粹」、SG:「さぬきゴールド」
 α -Car: α -カロテン、Zea: ゼアキササンチン、Lut-Epo: ルテインエポキシド、 β -Car: β -カロテン、9-cis-Neo: 9'-cis-ネオキササンチン、Vio: ビオラキササンチン、Lut: ルテイン



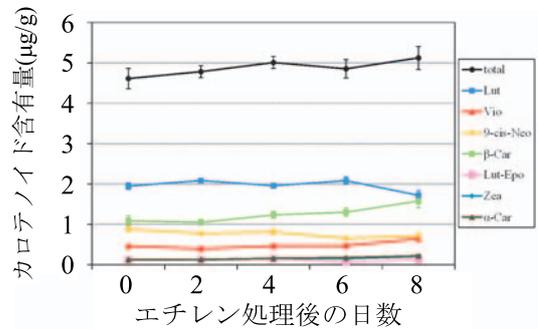
第18図 成熟段階の違いが「香粹」カロテノイド含有量に及ぼす影響

α -Car: α -カロテン、Zea: ゼアキササンチン、Lut-Epo: ルテインエポキシド、 β -Car: β -カロテン、9-cis-Neo: 9'-cis-ネオキササンチン、Vio: ビオラキササンチン、Lut: ルテイン



第17図 成熟段階の違いが「香緑」カロテノイド含有量に及ぼす影響

α -Car: α -カロテン、Zea: ゼアキササンチン、Lut-Epo: ルテインエポキシド、 β -Car: β -カロテン、9-cis-Neo: 9'-cis-ネオキササンチン、Vio: ビオラキササンチン、Lut: ルテイン



第19図 成熟段階の違いが「さぬきゴールド」カロテノイド含有量に及ぼす影響

α -Car: α -カロテン、Zea: ゼアキササンチン、Lut-Epo: ルテインエポキシド、 β -Car: β -カロテン、9-cis-Neo: 9'-cis-ネオキササンチン、Vio: ビオラキササンチン、Lut: ルテイン

理前に比べ1.6倍に増加した。まとめると、今回試験した3種類のキウイフルーツは、追熟前と追熟後において総カロテノイド含有量の変動は微増であり、各カロテノイド含有量も劇的な変動は見られなかったが、ビオラキサンチンや β -カロテンは品種により変動しやすい傾向にあることが明らかとなった。

4 考 察

本研究では、3品種のキウイフルーツ果実におけるカロテノイド含有量および組成について品種間差異および追熟に伴う変動を調査した。分析した3品種において、多くのカロテノイドは成熟が進行しても含有量に大きな変動は見られなかったことから、カロテノイドによる機能性についても、追熟による影響はないことが示唆された。ただし、興味深いのは、ビオラキサンチンにのみ増加傾向が見られたことである。ビオラキサンチンはカロテノイド合成経路の下流に位置するが、さらに下流の9'-cis-ネオキササンチンは増加しておらず、ビオラキサンチンは生合成関連酵素の変化によって成熟に伴い特異的に蓄積するのかもしれない。カンキツ、トマト、カキにおいて、カロテノイド生合成関連酵素の遺伝子発現が報告されており^{12, 22, 25)}、関連遺伝子の樹上果実生育中の変動については明らかになっている。これら果実では、緑熟期から成熟期に変化する際に遺伝子発現の大きな変動により蓄積されるカロテノイドの種類が決定され、成熟が進むにつれて蓄積量が増加する。また、渡辺ら³⁰⁾は、「ハイワード」、「ブルーノ」、「ゴールデンキング」および「イエロークイーン」の貯蔵中のカロテノイド含有量の変動について報告しており、収穫後、冷蔵貯蔵中に徐々にカロテノイドが減少するとしている。このように、キウイフルーツのカロテノイド含有量は収穫後の成熟進行による大きな変動はなく、機能性という面で見ると生育中にできる限り多く蓄積させることが重要であると考えられる。

適熟果の品種間比較では、「香粹」(*Actinidia arguta*) が最もカロテノイドを高含有しており、次が「香緑」(*Actinidia deliciosa*)、一番低かったのが黄色系品種の「さぬきゴールド」(*Actinidia chinensis*)であった。McGhieら¹⁴⁾は、「ハイワー

ド」(*Actinidia deliciosa*) と「ホート16A」(*Actinidia chinensis*) を比較し、黄色系品種の「ホート16A」はむしろカロテノイド含有量が低いと報告しており、本研究結果もこれを支持する結果であった。「香粹」は「香緑」に比べ、総カロテノイド量が約1.3倍であり、カロテノイド摂取には「香粹」が最も優れていることが示された。他の報告も含めるとカロテノイド含有量はある程度品種により支配されていると考えられ、カロテノイドの供給源としては、*chinensis* 種の黄色系キウイフルーツよりも *deliciosa* 種の緑色系キウイフルーツの方がより適していると考えられる。

分析したキウイフルーツの総カロテノイド含有量は約5~9 $\mu\text{g/g}$ であり、Holdenら⁸⁾ および Tee と Lim²⁶⁾ に報告されている果物の含有量と比較すると、リンゴ、ブドウ、バナナ、モモよりも高く、パイア、カキ、マンダリンオレンジよりも低く、中程度の含有量であった。一方、カロテノイド組成の分析結果から、キウイフルーツはルテインを多く含有することが明らかとなった。同様な結果を Nishiyama¹⁷⁾ も報告している。Holdenら⁸⁾ および Tee と Lim²⁶⁾ の報告と比較すると、モモ、リンゴ、ブドウなどの一般的に消費される果物のルテイン含有量は1.5 $\mu\text{g/g}$ 以下であることから、キウイフルーツは他の果物と比較してルテインの優れた供給源であると考えられ、特に「香粹」は約4 $\mu\text{g/g}$ と高含有しており、ルテインの供給源として有望であることが示唆された。

IV 総合考察

近年、社会問題となっているガンや生活習慣病は、生体内の過剰な活性酸素 (ROS) による酸化ストレスが原因のひとつと考えられている。酸化ストレスの改善には野菜や果物の摂取増加が有用であることが示されており、抗酸化成分の摂取による酸化ストレスの改善はさまざまな疾病の予防に役立つと考えられる。キウイフルーツは抗酸化成分が多い果物であることが知られているが、歴史の浅い果物であることから機能性研究の知見も少なく、追熟に伴う抗酸化能の変動や近年新たに育成された品種の評価などについて基礎的なデータの蓄積が求められてい

る。そこで本研究では、キウイフルーツの抗酸化能についてポリフェノールおよびカロテノイドに着目して、追熟による変動や品種間差異について明らかにした。

第Ⅱ章では、キウイフルーツ5品種の抗酸化能およびポリフェノール含有量の違いについて調査するとともに追熟による変動について検討した。適熟キウイフルーツ果実のH-ORAC値は「さぬきゴールド」>「レインボーレッド」>「ハイワード」>「香粹」>「香緑」の順に高く、ポリフェノール含有量および総アスコルビン酸含有量も同様な傾向を示したことから、ポリフェノールを中心とした抗酸化能を期待するには、「さぬきゴールド」が最も優れていることが示唆された。成熟段階の抗酸化能とポリフェノール含有量に総じて大きな変動はなく安定しており、追熟後も抗酸化能は維持されていることが明らかとなった。

第Ⅲ章では、キウイフルーツ3品種のカロテノイド含有量および組成の品種間差、追熟による変動について調査した。適熟果の総カロテノイド量は「香粹」>「香緑」>「さぬきゴールド」という順であり、効率的なカロテノイド摂取には、「香粹」が最も適していることが示唆された。面白いことに、黄色品種の「さぬきゴールド」はカロテノイド含有量としては他の2品種に比べて少なかった。検出できたカロテノイドは、9'-cis-ネオキササンチン、ビオラキササンチン、ルテイン、 β -カロテン、ルテインエポキシド、ゼアキササンチン、 α -カロテンであり、すべての品種で最も含有量が高かったのはルテインであった。他の果物に比べても含有量が高いことからキウイフルーツはルテインの優れた供給源であると考えられる。成熟段階の違いによるカロテノイド含有量の変動は認められず、カロテノイドは追熟後も維持されていることが明らかとなった。

謝 辞

本論文は、岡山大学学位審査論文（平成23年9月30日、博乙第4369号）である「キウイフルーツ果実における抗糖尿病作用と抗酸化能に関する研究」の一部を基に編集、加筆したものである。

本研究を遂行し、学位論文をまとめるにあたり、

親切な指導と校閲を賜った岡山大学農学部教授の久保康隆博士に謹んで深謝申し上げます。また、論文作成にあたり多大な指導と適切な助言をいただいた中村宜督教授、終始適切な助言をいただいた中野龍平准教授に心より感謝申し上げます。

本研究の実施にあたり、香川県農業試験場の末澤克彦氏ならびに福田哲生氏からは貴重な試料を提供いただきました。記して深く感謝の意を表します。

近畿中国四国農業研究センター齋藤武氏には実験手法から論文作成まで、さまざまな場面で貴重なアドバイスをいただきました。心より感謝申し上げます。

最後に、本研究の遂行には岡山大学農学部食品機能学、農産物利用学分野専攻生ならびに近畿中国四国農業研究センター職員より多大な協力、配慮をいただきました。記して深く感謝の意を表します。

引用文献

- 1) Aizawa, K., Y. Iwasaki, A. Ouchi, T. Inakuma, S. Nagaoka, J. Terao and K. Mukai 2011. Development of singlet oxygen absorption capacity (SOAC) assay method. 2. measurements of the SOAC values for carotenoids and food extracts, *J. Agric. Food Chem.* 59: 3717 – 3729
- 2) Annuzzi, G., L. Bozzetto, G. Costabile, R. Giacco, A. Mangione, G. Anniballi, M. Vitale, C. Vetrani, P. Cipriano, G. Della Corte, F. Pasanisi, G. Riccardi and A.A. Rivellese 2014. Diets naturally rich in polyphenols improve fasting and postprandial dyslipidemia and reduce oxidative stress: a randomized controlled trial, *Am. J. Clin. Nutr.* 99: 463 – 471
- 3) Bauernfe, J. C. 1972. Carotenoid vitamin-A precursors and analogs in foods and feeds. *J. Agric. Food Chem.* 20: 456 – 473
- 4) Collins, B. H., A. Horska, P. M. Hotten, C. Riddoch and A. R. Collins 2001. Kiwifruit protects against oxidative DNA damage in human cells and in vitro. *Nutr. Cancer* 39: 148 – 153
- 5) Fiorentino, A., B. D'Abrosca, S. Pacifico, C.

- Mastellone, M. Scognamiglio and P. Monaco 2009. Identification and assessment of antioxidant capacity of phytochemicals from kiwi fruits. *J. Agric. Food Chem.* 57: 4148 – 4155
- 6) Furukawa, S., T. Fujita, M. Shimabukuro, M. Iwaki, Y. Yamada, Y. Nakajima, O. Nakayama, M. Makishima, M. Matsuda and I. Shimomura 2004. Increased oxidative stress in obesity and its impact on metabolic syndrome. *J. Clin. Invest.* 114: 1752 – 1761
- 7) Halvorsen, B. L., K. Holte, M. C. W. Myhrstad, I. Barikmo, E. Hvattum, S. F. Remberg, A. B. Wold, K. Haffner, H. Baugerod, L.F. Andersen, J. O. Moskaug, D. R. Jacobs and R. Blomhoff 2002. A systematic screening of total antioxidants in dietary plants. *J. Nutr.* 132: 461 – 471
- 8) Holden, J. M., A. L. Eldridge, G. R. Beecher, I. M. Buzzard, S. Bhagwat, C. S. Davis, L. W. Douglass, S. Gebhardt, D. Haytowitz and S. Schakel 1999. Carotenoids content of U.S. food: an update of database. *J. Food Composition and Analysis* 12: 169 – 196
- 9) Iwasawa, H., E. Morita, S. Yui and M. Yamazaki 2011. Anti-oxidant effects of kiwi fruit in vitro and in vivo. *Biol. Pharm. Bull.* 34: 128 – 134
- 10) Jacques, P. F., L. T. Chylack, S. E. Hankinson, P. M. Khu, G. Rogers, J. Friend, W. Tung, J. K. Wolfe, N. Padhye, W. C. Willett and A. Taylor 2001. Long-term nutrient intake and early age-related nuclear lens opacities. *Arch Ophthalmol-Chic* 119: 1009 – 1019
- 11) Jung, K. A., T. C. Song, D. Han, I. H. Kim, Y. E. Kim and C. H. Lee 2005. Cardiovascular protective properties of kiwifruit extracts in vitro. *Biol. Pharm. Bull.* 28: 1782 – 1785
- 12) Kato, M., Y. Ikoma, H. Matsumoto, M. Sugiura, H. Hyodo and M. Yano 2004. Accumulation of carotenoids and expression of carotenoid biosynthetic genes during maturation in citrus fruit. *Plant Physiol.* 134: 824 – 837
- 13) Macready, A. L., T. W. George, M. F. Chong, D. S. Alimbetov, Y. Jin, A. Vidal, J. P. Spencer, O. B. Kennedy, K. M. Tuohy, A. M. Minihane, M. H. Gordon and J. A. Lovegrove 2014. Flavonoid-rich fruit and vegetables improve microvascular reactivity and inflammatory status in men at risk of cardiovascular disease—FLAVURS: a randomized controlled trial. *Am. J. Clin. Nutr.* 99: 479 – 489
- 14) McGhie, T. K. and G. D. Ainge 2002. Color in fruit of the genus *Actinidia*: Carotenoid and chlorophyll compositions. *J. Agric. Food Chem.* 50: 117 – 121
- 15) Montefiori, M., T. K. McGhie, G. Costa and A. R. Ferguson 2005. Pigments in the fruit of red-fleshed kiwifruit (*Actinidia chinensis* and *Actinidia deliciosa*). *J. Agric. Food Chem.* 53: 9526 – 9530
- 16) Nishino, H., H. Tokuda, M. Murakoshi, Y. Satomi, M. Masuda, M. Onozuka, S. Yamaguchi, J. Takayasu, J. Tsuruta, M. Okuda, F. Khachik, T. Narisawa, N. Takasuka and M. Yano 2000. Cancer prevention by natural carotenoids. *Biofactors* 13: 89 – 94
- 17) Nishiyama, I. 2007. Fruits of the *actinidia* genus. *Adv. Food Nutr. Res.* 52: 293 – 324
- 18) ———, Y. Yamashita, M. Yamanaka, A. Shimohashi, T. Fukuda and T. Oota 2004. Varietal difference in vitamin C content in the fruit of kiwifruit and other *actinidia* species. *J. Agric. Food Chem.* 52: 5472 – 5475
- 19) Olson, J. A. 1969. Recent developments in the fat-soluble vitamins. Metabolism and function of vitamin A. *Fed. Proc.* 28: 1670 – 1677
- 20) Park, Y. S., S. T. Jung, S. G. Kang, B. G. Heo, P. Arancibia-Avila, F. Toledo, J. Drzewiecki, J. Namiesnik and S. Gorinstein 2008. Antioxidants and proteins in ethylene-treated kiwifruits. *Food Chem.* 107: 640 – 648
- 21) Pattison, D. J., D. P. Symmons, M. Lunt, A. Welch, S. A. Bingham, N. E. Day and A. J. Silman 2005. Dietary beta-cryptoxanthin and inflammatory polyarthritis: results from a

- population-based prospective study. *Am. J. Clin. Nutr.* 82: 451 – 455
- 22) Ronen, G., M. Cohen, D. Zamir and J. Hirschberg 1999. Regulation of carotenoid biosynthesis during tomato fruit development: Expression of the gene for lycopene epsilon-cyclase is down-regulated during ripening and is elevated in the mutant Delta. *Plant J.* 17: 341 – 351
- 23) 佐藤陽子・中西朋子・瀧 優子・梅垣敬三 2009. HPLC – 電気化学検出法による野菜・果物中のビタミンCの定量に関する検討. *栄養学雑誌* 67 : 318 – 322
- 24) Seddon, J. M., U. A. Ajani, R. D. Sperduto, R. Hiller, N. Blair, T. C. Burton, M. D. Farber, E. S. Gragoudas, J. Haller, D. T. Miller, L. A. Yannuzzi and W. Willett 1994. Dietary carotenoids, vitamins A, C, and E, and advanced age-related macular degeneration. Eye Disease Case-Control Study Group. *JAMA* 272: 1413 – 1420
- 25) 新川 猛・鈴木哲也・尾関 健・加藤雅也・生駒吉識 2007. カキ‘富有’の成熟に伴うカロテノイドの蓄積特性. *園芸学研究* 6 : 251 – 256
- 26) Tee, E. S. and C. L. Lim 1991. Carotenoid Composition and Content of malaysian vegetables and fruits by the AOAC and HPLC methods. *Food Chem.* 41: 309 – 339
- 27) Thompson, H. J., J. Heimendinger, C. Gillette, S. M. Sedlacek, A. Haegele, C. O’neill and P. Wolfe 2005. In vivo investigation of changes in biomarkers of oxidative stress induced by plant food rich diets. *J. Agric. Food Chem.* 53: 6126 – 6132
- 28) Voutilainen, S., T. Nurmi, J. Mursu, T.H. Rissanen 2006. Carotenoids and cardiovascular health, *Am. J. Clin. Nutr.* 83: 1265 – 1271
- 29) 渡辺 純・沖 智之・竹林 純・山崎光司・津志田藤二郎 2010. 抗酸化能測定法であるH-ORAC法の室間共同試験. *日本食品科学工学会誌* 57 : 525 – 531
- 30) 渡辺慶一・広田才之・高橋文次郎 1999. 緑色系, 黄色系キウイフルーツ果実の発育および貯蔵中のクロロフィル, カロテノイド色素. *園芸学会雑誌* 65 : 1038 – 1043
- 31) 山崎正利・上田浩史・油井 聡 2000. キウイの抗酸化作用と生体の酸化的傷害. *Bio. Ind.* 24 – 31
- 32) Yano, M., M. Kato, Y. Ikoma, A. Kawasaki, Y. Fukazawa, M. Sugiura, H. Matsumoto, Y. Oohara, A. Nagao and K. Ogawa 2005. Quantitation of carotenoids in raw and processed fruits in Japan. *Food Sci. Technol. Res.* 11: 13 – 18
- 33) Yoshida, A., K. Sonoda, Y. Nogata, T. Nagamine, M. Sato, T. Oki, S. Hashimoto and H. Ohta 2010. Determination of free and bound phenolic acids, and evaluation of antioxidant activities and total polyphenolic contents in selected pearled barley. *Food Sci. Technol. Res.* 16: 215 – 224
- 34) Zaman, Z., S. Roche, P. Fielden, P. G. Frost, D. C. Niriella and A. C. D. Cayley 1992. Plasma-concentrations of Vitamin-A and Vitamin-E and carotenoids in alzheimers-disease. *Age Ageing* 21: 91 – 94

Effect of Fruit Ripening Stage on Antioxidant Components of Kiwifruit Cultivars

Daigo ABE

Summary

The formation of excessive reactive oxygen species (ROS) can induce oxidative stress, which is related to the development of several diseases including diabetes, dementia, cardiovascular disease, and cancers. However, natural antioxidants can protect cellular components from oxidative processes caused by ROS, so their dietary intake in the form of fruit and vegetables is important. Kiwifruit contains a high level of antioxidants, such as vitamin C, carotenoids, and polyphenolic compounds, but few studies have investigated these because of the short history of cultivation of kiwifruits compared with most other crop plants. Here, I researched the effect of the fruit ripening stage on the antioxidant components of kiwifruit cultivars. Significant differences were observed between cultivars with respect to H-ORAC values ('Sanuki Gold' > 'Rainbow Red' > 'Hayward' > 'Kousui' > 'Kouryoku'), as well as polyphenol content and total ascorbate content, which showed similar trends. Total carotenoid levels in three different kiwifruit cultivars were: 'Kousui' > 'Kouryoku' > 'Sanuki Gold'. Interestingly, 'Sanuki Gold' had the lowest carotenoid content despite being the yellowest cultivar. All cultivars contained seven different carotenoids: α -carotene, zeaxanthin, lutein-epoxide, β -carotene, 9'-cis neoxanthin, violaxanthin, and lutein. Kiwifruit was shown to contain more lutein than other fruits such as peaches, apples, and grapes. The carotenoid content was maintained during the ripening process as well as H-ORAC values, polyphenol content, and total ascorbate content. 'Sanuki Gold' appears to be the cultivar with the strongest hydrophilic antioxidative effects, while 'Kousui' had the highest antioxidative effects from carotenoids, so these may therefore be more beneficial for human health.