

デワノマタタビ果実の成分特性

西山 一朗*

Compositional characteristics of Dewa-no-matatabi fruits.

Ichiro NISHIYAMA*

Abstract

Compositional characteristics of Dewa-no-matatabi fruits were evaluated in two selections, 'Oota' and 'Tsukita'. The fruits in both selections had higher Brix level than 'Hayward' and 'Ananasnaya' fruits, the most common commercially available kiwifruit and hardy kiwifruit, respectively. Fruits of 'Oota' and 'Tsukita' contained 339 and 191 mg/100g fresh weight (F.W.) ascorbic acid (vitamin C), respectively, indicating that they are an exceptionally excellent source of ascorbic acids. Moreover, these fruits contained 0.87 - 1.41 mg/100g F.W. lutein and 0.13 - 0.38 mg/100g F.W. β -carotene. Dewa-no-matatabi fruits are considered to be the richest dietary source of lutein among commercially available fruits. The results in the present study suggest Dewa-no-matatabi fruits have commercial potential and are important as useful genetic resources for cultivar development in *Actinidia* species.

キーワード：デワノマタタビ, アスコルビン酸, クロロフィル, カロテノイド, アクチニジン様酵素

1. 諸言

マタタビ属の果樹には、キウイフルーツ (*Actinidia deliciosa* および *A. chinensis*) やシマサルナシ (*A. rufa*)、サルナシ (*A. arguta*) などがある¹⁾。これらのうち、キウイフルーツは他に比べて果実が大型であり、日持ち性にも優れるため商品価値が高く、大規模に経済栽培され年間を通じて市場に出回っている¹⁾。一方サルナシは、品種・系統によっては食味や芳香に優れるが、一果が5～20g程度と小型で、キウイフルーツに比べると日持ち性が劣る¹²⁾。米国オレゴン州やチリなどで経済栽培が行われ、

ベビーキウイあるいはキウイベリーの名称で市販されているものの、その市場規模は小さい。

我が国においては、サルナシは山岳地域を中心として北海道から九州までの全土に自生しているが、大規模な商業栽培は行われていない³⁾。生の果実やサルナシを用いたジュース、酒、ソース、カレー、ジャム、ソフトクリーム、石鹸等の加工品が、各地の道の駅やサービスエリア、インターネットを通じた通信販売等で、小規模に販売されるにとどまっている。なお、サルナシは地域によっては「こくわ」と呼ばれることもあり、こくわ酒、こくわワイン、こくわソフ

*人間健康学部 健康栄養学科
連絡先：inishiya@komajo.ac.jp

トクリームなどの名称で販売されている商品も、サルナシ果実を用いたものである。

著者らはこれまでに、キウイフルーツや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⁴⁾、 β -カロテンやルテイン等カロテノイド⁵⁾、タンパク質分解酵素⁶⁻⁸⁾などの成分含量を測定してきた。その結果、一般にサルナシ果実はキウイフルーツよりも高濃度のアスコルビン酸やカロテノイド類を含むことを明らかにした^{4,5)}。また、サルナシ果実はキウイフルーツ果実に含まれるアクチニジンに類似したタンパク質分解酵素も豊富に含むことを示した^{6,8)}。このことは、サルナシがマタタビ属果樹の選抜・改良を行うための優れた遺伝資源であることを示唆している。

デワノマタタビは、Nakai (1913) によって、山形県の月山および湯殿山で採集された果実およびその果樹につけられた名称である。他のサルナシ類よりも葉が細長いことなどで区別性が認められ、*A. japonica* として分類されたが、これは後に *A. arguta* var. *arguta*, f. *platyphylla* (*A. Gray*) H. Ohba として扱われている⁹⁾。これまでに、キウイフルーツやサルナシの果実成

分についての情報は蓄積されているが、デワノマタタビの果実成分についてはほとんど報告がないため、本研究では、デワノマタタビの2種の系統について、その果実の成分特性を調査した。

2. 実験方法

(1) 材料

実験には、デワノマタタビ‘太田株’と‘月田株’の2系統の果実を用いた。‘太田株’は、長野県に自生するデワノマタタビから太田頼一氏によって選抜された系統であり、一方‘月田株’は、福島県に自生するものから月田礼次郎氏によって選抜された系統である。いずれも神奈川県藤沢市湘南台地区で栽培された果実の提供を受け、室温で保存し適熟期になったものを実験に供した。果実の写真を図1に示す。

(2) 果汁の調製と Brix 測定

剥皮した果肉5果分をフードプロセッサーによりピューレー状とした後、遠心分離 (10,000 × g, 4℃、10分間) により上清を分取し、これを果汁として実験に供した。果汁の Brix は、



図1 デワノマタタビ‘太田株’ (a, b) および‘月田株’ (c, d) 果実の形態

アタゴ社デジタル糖度計 (PR-101 α) によって測定した。果汁の調製は独立して6回 ('太田株') あるいは9回 ('月田株') 行い、結果はそれぞれの平均値 \pm 標準偏差で表した。

(3) アクチニジン様酵素およびプロテアーゼ活性の測定

アクチニジン様酵素の定量には、上記の果汁を試料として用いた。測定方法は、既報⁶⁾に従って12.5%のゲルを用いたドデシル硫酸ナトリウム-ポリアクリルアミドゲル電気泳動 (SDS-PAGE) 法とデンシトメトリーを組み合わせることによって行った。標準アクチニジンは、ハイワード種キウイフルーツ果実から Brocklehurst *et al.*¹⁰⁾ の方法に従って調製した精製アクチニジンを用いた。

プロテアーゼ活性の測定は、既報⁶⁾に従い人工基質 L-Pyroglutamyl-L-phenylalanyl-L-leucine *p*-nitroanilide (Pyr-Phe-Leu *p*NA、ペプチド研究所) を用いて、pH 6.0の条件下で行った。プロテアーゼ活性は、*p*-ニトロアニリンのモル吸光係数を $\epsilon_{405} = 9,920 \text{ mol}^{-1} \cdot \text{cm}^{-1}$ として、果汁0.1 mLが1分間に遊離する *p*-ニトロアニリンの量によって表した。

アクチニジン様酵素の定量と、プロテアーゼ活性の測定は、いずれも独立した6回の定量を行い、結果はそれぞれの平均値 \pm 標準偏差で表した。

(4) 筋原線維タンパク質に対する果汁の影響

筋原線維タンパク質の調製は、市販のブタもも肉を用いて Claeys *et al.*¹¹⁾ の方法に従って行った。得られた筋原線維タンパク質画分は10 mg/mLの濃度となるように0.6 mol/LのNaCl水溶液に溶解し、以下の実験に用いた。

筋原線維タンパク質 (10 mg/mL) 20 μ Lと純水30 μ Lとを混和し、25 $^{\circ}$ Cの恒温槽内に5分

間保った。この反応混液に、あらかじめ25 $^{\circ}$ Cに保温したデワノマタタビ果汁50 μ Lを加え、さらに25 $^{\circ}$ Cにて30分間保持した。酵素反応を停止するために、200 mmol/Lモノヨード酢酸を1 μ L加え混和し、1分後に2倍濃度電気泳動用試料緩衝液100 μ Lを加えた。直ちに100 $^{\circ}$ C、5分間の湯煎を施し、放冷した後その5 μ Lを7.5%のポリアクリルアミドゲルを用いたSDS-PAGE分析に供した。対照実験としては、果汁に替えて純水を用い、同様の操作を行った。

(5) アスコルビン酸の定量

剥皮した果肉5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5.00gを計り取り、氷冷した5%メタリン酸溶液 (pH 4.0、1 mmol/L エチレンジアミン四酢酸を含む) 20 mL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。これを遠心分離 (10,000 $\times g$ 、4 $^{\circ}$ C、10分間) することにより、上清を分取した。沈殿に再びメタリン酸溶液20 mLを加え、同様にホモジナイズし遠心分離を行い、上清を回収した。これら2回分の上清を合し、メタリン酸溶液で50 mLに定容した試料の一部をディスクフィルター (0.22 μ m) でろ過し、アスコルビン酸定量用の試料とした。なお、上記の操作は、すべて氷冷して行った。試料作製は独立して6回 ('太田株') あるいは9回 ('月田株') 行い、結果はそれぞれの平均値 \pm 標準偏差で表した。

アスコルビン酸の定量は Lee¹²⁾ の方法にわずかな改変を加え、LiChroCART 250-4 LiChrospher 100 RP-18e (5 μ m) カラム (4 mm \times 125 mm、メルク社) を用いた高速液体クロマトグラフ (HPLC) 法により行った。カラム温度は35 $^{\circ}$ Cにセットした。移動相は10 mmol/L リン酸緩衝液 (pH 2.8) を用い、流速0.8

mL/分のイソクラティック溶出を行った。注入する試料の体積は10 μ Lとした。検出器はL-2420 UV-VIS detector (日立)を用い、またクロマトグラムの解析にはD-2500型データ処理装置 (日立)を用いた。検出波長は243 nmとした。標準物質としては、HPLC用L(+)-アスコルビン酸標準品 (和光純薬)を用いた。

(6) クロロフィルならびにカロテノイド色素の定量

剥皮した果肉5果分をフードプロセッサーによりピューレー状とした後、その2.50gを計り取り、ここに冷アセトン10 mLを加え、ウルトラタラックス T25型でホモジナイズした。これを遠心分離 (5,000 \times g, 4 $^{\circ}$ C, 10分間)することにより、上清を分取した。残った沈殿に冷アセトン10 mLを加え、上記と同様にホモジナイズならびに遠心分離を行った。得られた上清を分取した後、同様の操作をもう1回繰り返した。得られた3回分の上清を合わせて冷アセトンを加えて50 mLに定容し、ディスクフィルター (0.22 μ m) でろ過したものを試料としてHPLC分析に供した。試料作製は独立して2回 ('太田株')あるいは3回 ('月田株')行い、結果はそれぞれの平均値あるいは平均値 \pm 標準偏差で表した。

上記の方法にて調製した試料10 μ Lについて、LiChroCART 250- 4 LiChrospher 100 RP-18e (5 μ m) カラム (4 mm \times 125 mm, メルク社)を用いたHPLC法により、色素の分析を行った。検出器およびデータ処理装置は、上記の機器を用いた。溶出条件は、TaylorとMcDowell¹³⁾の方法に準じた。すなわち、移動相の初期条件をアセトニトリル:水 (9:1) 100%とし、試料注入後12分間で酢酸エチルの濃度を直線的に60%まで高め、この比率を15分間まで維持するグラジエント溶出を行った。流速は1.5 mL/

minとし、445 nmにおける吸光度をモニターした。各色素の濃度は、それぞれの標準品を用いて検量線を作成し定量した。クロロフィル a および b はシグマ-アルドリッチ社から、また、ルテインと β -カロテンはフルカ社から購入し、アセトンに溶解して標準品として用いた。

(7) シュウ酸カルシウム結晶束の顕微鏡観察

片刃カミソリを用いてデワノマタタビ果実の赤道部の横断面切片を作製し、明視野顕微鏡 (オリンパス BX51) により観察した。

3. 実験結果と考察

(1) Brix

デワノマタタビ果実から調製した果汁のBrix値は、それぞれ19.6% ('太田株') および19.8% ('月田株')であった (表1)。キウイフルーツの最も主要な商業栽培品種である 'ヘイワード' 種では、果汁のBrix値が13~15%である。また、これよりも一般にBrix値が高いサルナシの 'Ananasnaya' 種でも、17%前後である。これらと比較すると、今回用いたデワノマタタビ2系統の果実から調製した果汁のBrix値は、高いことが示された。

(2) アクチニジン様酵素とプロテアーゼ活性

'ヘイワード' 種キウイフルーツには、アクチニジンというシステインプロテアーゼが豊富に含まれている。サルナシの多くの品種・系統の果実にも、このアクチニジンに類似した酵素が多量に含まれていることが知られている。これらの酵素の果汁中濃度は、'ヘイワード' で2~3 mg/mL、また、'光香'、'平野系'、'月山系'などのサルナシで10 mg/mL前後であることが報告されている⁷⁾。

一方、デワノマタタビ果実から調製した果汁をSDS-PAGE法により分析した結果、いずれ

の系統においてもアクチニジンと等しい分子量のタンパク質のバンドが明瞭に観察された (図2)。このバンドについて、ゾーンデンストメトリーによる定量を行い、アクチニジン様酵素の濃度を求めたところ、それぞれ4.73 mg/mL ('太田株') および3.33 mg/mL であった (表1)。この結果より、デワノマタタビ果実に含まれるアクチニジン様酵素は、'ヘイワード' よりもやや多く、多くのサルナシ類よりも少ない可能性が示唆された。ただし、今回の調査に用いたデワノマタタビは、2系統だけであるため、この違いが種間差異なのか、あるいは品種・系統間差異なのかは、今後慎重に検討する必要がある。

'太田株' および '月田株' の果汁のプロテアーゼ活性を測定した結果、それぞれ263および113 nmol pNA released / min であった (表1)。「光香」、'平野系'、'月山系' などのサルナシ果汁のプロテアーゼ活性は、114 ~ 166 nmol pNA

released / min であることが報告されている⁷⁾ が、これと比べてデワノマタタビ '太田株' で

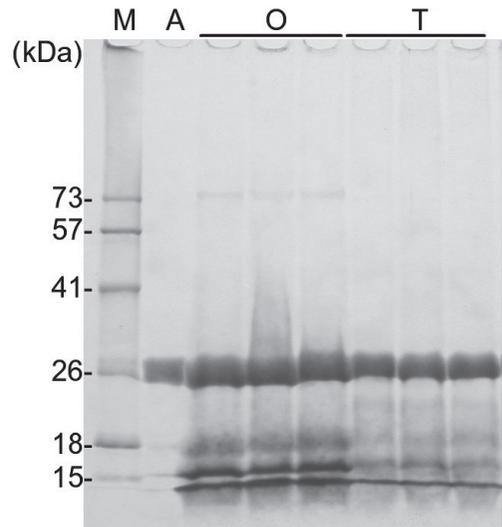


図2 デワノマタタビ果汁の電気泳動像
デワノマタタビ '太田株' (O) および '月田株' (T) それぞれの果実から調製した果汁を、SDS-PAGE に供した。M: 分子量マーカータンパク質、A: 2 mg/mL 精製アクチニジン。

表1 デワノマタタビ果実の一果重、BRIX および各種成分濃度

	太田株	月田株	ヘイワード	Ananasnaya
一果重(g)	9.50 ± 2.26 (n = 30)	19.4 ± 3.15 (n = 45)	99.6 ^a	7.0 ^a
BRIX(%)	19.6 ± 0.45 (n = 6)	19.8 ± 2.77 (n = 9)	14.6	17.2
アクチニジン様酵素 (mg/mL)	4.73 ± 1.65 (n = 6)	3.33 ± 1.12 (n = 6)	2.66 ^b	5.35 ^b
プロテアーゼ活性 (nmol pNA released / min)	263 ± 7.9 (n = 6)	113 ± 19.8 (n = 6)	6.08 ^b	113 ^b
アスコルビン酸 (mg/100g F.W.)	339 ± 67.6 (n = 6)	191 ± 17.2 (n = 9)	55.0 ^a	70 ^a
クロロフィルa (mg/100g F.W.)	4.99 (n = 2)	1.73 ± 0.20 (n = 3)	1.12 ^c	2.68 ^c
クロロフィルb (mg/100g F.W.)	1.93 (n = 2)	0.81 ± 0.12 (n = 3)	0.53 ^c	1.20 ^c
総クロロフィル (mg/100g F.W.)	6.92 (n = 2)	2.54 ± 0.32 (n = 3)	1.65 ^c	3.88 ^c
ルテイン (mg/100g F.W.)	1.41 (n = 2)	0.87 ± 0.16 (n = 3)	0.418 ^c	0.762 ^c
β-カロテン (mg/100g F.W.)	0.38 (n = 2)	0.13 ± 0.01 (n = 3)	0.088 ^c	0.285 ^c

比較のための'ヘイワード'種ならびに'Ananasnaya'種果実のそれぞれの値は、文献4(a)、文献8(b) および文献5(c)から引用した。'ヘイワード'種ならびに'Ananasnaya'種果実のBRIX値は、適熟期果実12個から調製した果汁のBRIX値を測定し、その平均値で表した。

はプロテアーゼ活性が高く、‘月田株’では同等の範囲にあることがわかった。

筆者らは、サルナシ果実に含まれるアクチニジン様酵素には数種のアイソザイムが存在すること、ならびに、それぞれのアイソザイムは各種の人工基質に対してアクチニジンとは異なる基質選択性を示すことを報告している¹⁴⁾。今回用いた Pyr-Phe-Leu pNA を基質とした場合、サルナシのアクチニジン様酵素はアクチニジンの数倍から数十倍の比活性を示すことも報告している¹⁴⁾。本実験でも、デワノマタタビ果汁のアクチニジン様酵素の濃度が‘ハイワード’の1.25～1.78倍であるのに対し、プロテアーゼ活性は18.6～43.3倍にも達した(表1)。この結果から、デワノマタタビ果実に含まれるアクチニジン様酵素も、サルナシ果実に含まれるアクチニジン様酵素と類似した基質選択性をもつことが示唆された。

それぞれの系統のデワノマタタビ果実から調製した果汁が、筋原線維タンパク質に及ぼす影響を調べた結果を図3に示す。いずれの果汁で処理した場合でも、ミオシン重鎖(*)およびアクチン(**)のバンドが完全に消失することが示された。このことから、デワノマタタビ果実に含まれるアクチニジン類似酵素も、アクチニジンと同様に筋原線維タンパク質を加水分解することが示された。分子量29,000より低分子量領域に認められる明瞭なバンドは果汁中の酵素のものだと考えられるが、‘太田株’果汁処理ではこれ以外のバンドがほとんど認められなかったのに対し、‘月田株’果汁処理では分子量29,000から97,000の間に多くのバンドが認められた。これらのバンドは、ミオシン重鎖やアクチンの分解産物だと考えられるため、‘月田株’果汁よりも‘太田株’果汁の方が、筋原線維タンパク質の分解の程度が大きかったものと推測される。この結果は、前者よりも後者の方

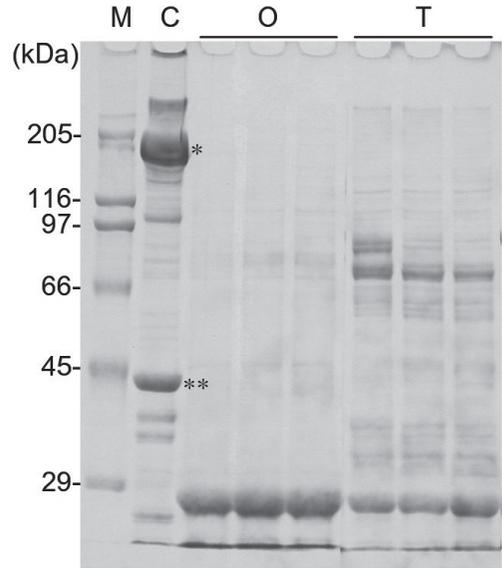


図3 デワノマタタビ果汁の筋原線維タンパク質分解作用

筋原線維タンパク質に対するデワノマタタビ‘太田株’(O)および‘月田株’(T)果汁の分解作用を、SDS-PAGE法で確認した。M: 分子量マーカータンパク質、C: 酵素処理していない筋原線維タンパク質。

がアクチニジン様酵素濃度が高いこと(表1)と矛盾しない。

アクチニジンは、食肉タンパク質や乳タンパク質などを加水分解するため、生のキウイフルーツを食べることによってタンパク質の消化促進効果があるのではないかと推測されてきた。最近になって、人工胃液や人工腸液を用いた *in vitro* の実験系ならびにラットやブタを使った動物実験によって、キウイフルーツによる消化促進効果が実証されつつある¹⁵⁾。アクチニジン類似酵素を含むデワノマタタビ果実においても、同様に消化促進効果が期待できる可能性が考えられる。

(3) アスコルビン酸

デワノマタタビ果実に含まれるアスコルビン酸濃度を測定したところ、‘太田株’では339 mg/100g、‘月田株’では191 mg/100gであっ

た(表1)。既報⁴⁾によれば、アスコルビン酸濃度はキウイフルーツ果実で55～156 mg/100g、サルナシ果実で29～171 mg/100gと報告されている。本実験の結果から、‘月田株’のアスコルビン酸濃度はこれらよりも高く、また‘太田株’のアスコルビン酸濃度はさらに突出して高いことがわかった。

この‘太田株’果実の339 mg/100gというアスコルビン酸濃度は、食品全体の中でも極めて高い値である。日本食品標準成分表(七訂)に記載されている2,000種余りの食品の中で、アセロラ(酸味種)1,700 mg/100g、アセロラ(甘味種)800 mg/100gに次ぐ位置づけとなる(乾燥パセリやお茶などの乾物および青汁を除く)。日本人の食事摂取基準によれば、成人1日当たりのビタミンC(アスコルビン酸)摂取推奨量は100 mgであるが、デワノマタタビ‘太田株’を1日わずかに3個(30 g弱)食べれば、この推奨量をほぼまかなうことができる計算となる。また、‘月田株’は‘太田株’よりもアスコルビン酸濃度は低いものの一果が大きいため、これも3個の果実で1日摂取推奨量を満たす計算となる。このように、アスコルビン酸含量が極めて高いことから、デワノマタタビには潜在的な商品価値があり、また、優れた遺伝資源であると考えられる。

(4) 色素

デワノマタタビ果実のクロロフィル、ルテインおよび β -カロテン濃度を測定した結果を表1に示す。総クロロフィル濃度は、‘太田株’果実では6.92 mg/100g、‘月田株’では2.54 mg/100gであった。既報⁵⁾によれば、総クロロフィル濃度はキウイフルーツ果実では0.3～2.7 mg/100g、サルナシ果実では3.3～4.2 mg/100gと報告されている。本実験の結果から、‘月田株’の総クロロフィル濃度はキウイフルー

ツやサルナシと同じ濃度範囲にあり、‘太田株’の総クロロフィル濃度は、これらよりも高いことがわかった。

一方、‘太田株’および‘月田株’果実のルテイン濃度は、それぞれ1.41 mg/100gおよび0.87 mg/100gであった(表1)。また、‘太田株’および‘月田株’果実の β -カロテン濃度は、それぞれ0.38 mg/100gおよび0.13 mg/100gであった(表1)。既報⁵⁾によれば、ルテイン濃度はキウイフルーツ果実では0.09～0.9 mg/100g、サルナシ果実では0.75～0.93 mg/100gとされている。また、 β -カロテン濃度はキウイフルーツ果実では0.07～0.15 mg/100g、サルナシ果実では0.22～0.29 mg/100とされている。これら2種のカロテノイドの濃度は、‘月田株’果実ではキウイフルーツやサルナシ果実と大差がなく、‘太田株’ではこれらよりもかなり高いことが示された。

ルテインは網膜の黄斑に存在する色素成分であるが、これを食物として摂取することにより、加齢性黄斑変性や白内障の予防効果が期待できることが強く示唆されている^{16,17)}。また、 β -カロテンは、生体内でビタミンAに変換され、正常な視覚機能の維持に寄与する成分である。このように健康維持に寄与するカロテノイドを豊富に含むという意味でも、デワノマタタビ‘太田株’は優れた遺伝資源であると考えられる。

(5) シュウ酸カルシウム束晶

デワノマタタビ‘太田株’の赤道部を薄切した横断面切片を光学顕微鏡で観察したところ、キウイフルーツやサルナシで観察されるシュウ酸カルシウムの結晶束と同様の構造物が、内果皮部分に認められた(図4)。今回は化学的な調査や定量実験を行ってはいないが、形態や局在部位の類似性から、この構造物は異型細胞中のシュウ酸カルシウム束晶だと考えられる。な

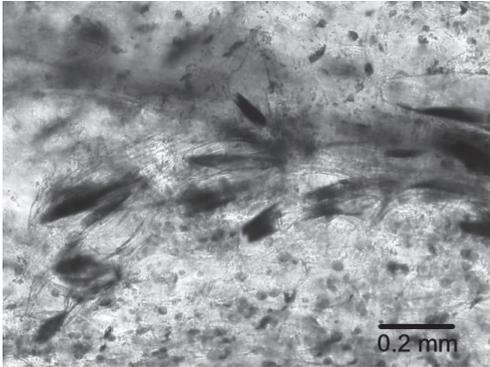


図4 デワノマタタビ‘太田株’果実切片の光学顕微鏡像

内果皮に、シュウ酸カルシウム結晶束が観察された。

お、‘月田株’の内果皮部分においても同様の構造物が観察された（写真は示していない）。

キウイフルーツに含まれるシュウ酸カルシウム束晶は、果実を食べた時の口腔刺激性の原因物質とされている¹⁸⁾。このことから、キウイフルーツやサルナシ果実と同様、デワノマタタビ果実もまた、果肉を細かく砕く操作を伴うジュースやスムージなどの加工品では、口腔刺激性が高まるものと推察される。また、ドライフルーツに加工した場合にも、異型細胞の脱水に伴いシュウ酸カルシウム束晶が突き出すため、口腔刺激性が増大する可能性がある。

(6) まとめ

以上の結果より、デワノマタタビ‘太田株’および‘月田株’果実は、‘ヘイワード’種キウイフルーツや‘Ananasnaya’種サルナシ果実に比べて糖度が高く、アスコルビン酸（ビタミンC）が豊富で、また、ルテインやβ-カロテンなどのカロテノイドにも富むことが示された。また、食肉タンパク質を分解するアクチニジン様酵素を、キウイフルーツやサルナシと同程度に含むことも示された。特に‘太田株’においてはアスコルビン酸濃度が著しく高く、ルテインやβ-カロテンなどのカロテノイド濃度

も果物類の中でトップレベルにあることがわかった。このようにデワノマタタビ果実は健康に寄与する機能性成分を豊富に含むため、潜在的な商業的価値を有すると共に、マタタビ属果樹の選抜・改良を行うための優れた遺伝資源である可能性が示唆された。

4. 謝辞

デワノマタタビ果実のご提供をいただいた中島尚武氏に、深く感謝いたします。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) Williams MH *et al.* (2003) Development and commercialization of ‘Baby Kiwi’ (*Actinidia arguta* Planch.). *Acta Hort* 610 : 103-108
- 3) 奥山仁六 (2000) サルナシ 栽培技術の基礎：果樹園芸大百科 16 落葉特産果樹 p. 171-187. 農山漁村文化協会、東京
- 4) 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
- 5) Nishiyama I *et al.* (2005) Genotypic differences in chlorophyll, lutein, and β-carotene contents in the fruits of *Actinidia* species. *J Agric Food Chem* 53 : 6403-6407
- 6) 西山一朗、太田忠親 (2002) キウイフルー

- ツ果汁のアクチニジン濃度およびプロテアーゼ活性の品種間差、日本食品科学工学会誌、49、401-408
- 7) 西山一朗、福田哲生、太田忠親 (2004) サルナシおよびシマサルナシ果汁におけるアクチニジン濃度とプロテアーゼ活性の品種間差異、園芸学雑誌、73、157-162
- 8) 山中美穂、太田忠親、福田哲生、西山一朗 (2004) マタタビ属果実における果汁中アクチニジン濃度およびプロテアーゼ活性の品種間差異、日本食品科学工学会誌、51、491-494
- 9) Kataoka I *et al.* (2010) Ploidy variation of hardy kiwifruit (*Actinidia arguta*) resources and geographic distribution in Japan. *Sci Hort* 124 : 409-414
- 10) Brocklehurst K, Baines B and Malthouse PG (1981) Differences in the interactions of the catalytic groups of the active centres of actinidin and papain. *Biochem J* 197 : 739-746
- 11) Claeys E *et al.* (1995) Quantification of beef myofibrillar proteins by SDS-PAGE. *Meat Sci* 39 : 177-193
- 12) Lee HS (1993) HPLC method for separation and determination of nonvolatile organic acids in orange juice. *J Agric Food Chem* 41 : 1991-1993
- 13) Taylor SH and McDowell IJ (1991) Rapid classification by HPLC of plant pigments in fresh tea (*Camellia sinensis* L.) leaf. *J Sci Food Agric* 57 : 287-291
- 14) 西山一朗 (2008) サルナシ果実に含まれるアクチニジン様プロテアーゼの精製、園芸学雑誌、7 (別冊2)、645
- 15) 西山一朗 (2014) キウイフルーツの消化促進効果に関する研究動向、栄養学雑誌、72、292-301
- 16) Granado F, Olmedilla B, Blanco I. (2003) Nutritional and clinical relevance of lutein in human health. *Br J Nutr* 90 : 487-502
- 17) Seddon JM *et al.*, (1994) Dietary carotenoids, vitamins A, C, and E, and advanced age-related macular degeneration. *Journal of the American Medical Association* 272 : 1413-1420
- 18) Perera CO *et al.*, (1990) Calcium oxalate crystals: The irritant factor in kiwifruit. *J Food Sci* 55 : 1066-1069

