

キウイフルーツ等マタタビ属果実におけるシュウ酸含量の 品種/系統間差異

西山 一朗*, 福田 哲生^{1**}, 末澤 克彦^{1***}

Varietal Difference in Oxalate Content in the Fruits of *Actinidia* Species.

Ichiro NISHIYAMA*, Tetsuo FUKUDA^{1**}, Katsuhiko SUEZAWA^{1***}

キーワード：サルナシ、シマサルナシ、シュウ酸カルシウム、口腔刺激

1. 緒言

キウイフルーツは、1970年頃から日本への輸入が始まり、以後急速にその流通販売が広まった比較的新しいフルーツである。キウイフルーツおよびその類縁のサルナシには多種多様な品種が存在するが、その中で最も一般的に経済栽培が行われ、広く市販されている品種は‘ヘイワード’である。この果実の食品学的特徴としては、特異な緑色果肉をもつこと、ビタミンC含量が高いこと、タンパク質分解酵素を豊富に含むことなどに加え、シュウ酸カルシウムの針状結晶を有することが挙げられる¹⁻⁴⁾。

キウイフルーツ果実に含まれるシュウ酸カルシウムの結晶は、鋭くとがった針状を呈するため、俗に「イガイガする」と表現される口腔刺激の原因となる。この口腔刺激性は、果肉をミキサーなどで砕いたり、乾燥させてドライフルーツにしたりすると、一層強まることが知られており⁴⁾、キウイフルーツを用いた加工品の創製に大きな障害となっている。また、一般に

食品中のシュウ酸は、カルシウムや鉄の吸収を阻害することや、腎結石の危険因子となることから有害な成分とされている⁵⁾。これらの理由により、シュウ酸含量の少ない果実の方が食味に優れ高品質であり、また、種々の加工品の材料にも適するものと考えられる。

本研究では、シュウ酸含量の少ない品種/系統を見出すことを目的として、25品種/系統のキウイフルーツ、シマサルナシおよびサルナシ果実可食部のシュウ酸濃度を測定し、比較を行った。

2. 材料と方法

(1) 植物材料

ニュージーランド系キウイフルーツ (*Actinidia deliciosa*) 6種、中国系キウイフルーツ (*A. chinensis*) 8種、シマサルナシ (*A. rufa*) 2種、サルナシ (*A. arguta*) 7種および種間雑種2種を実験材料として用いた。実験に用いた品種/系統名の一覧と、それぞれの果

*人間健康学部 健康栄養学科

¹香川県農業試験場府中分場

**現在は、香川県中讃農業改良普及センター

***現在は、香川県農政水産部農業経営課

表1 実験に用いたマタタビ属果実の品種/系統特性

品種/系統	果肉色	毛茸	果実質量 (g)
<i>A. deliciosa</i> (ニュージーランド系キウイフルーツ)			
ヘイワード	緑	密	124.2 ± 5.5
ブルーノ	緑	密	117.8 ± 10.7
アボット	緑	密	118.4 ± 8.5
エルムウッド	緑	密	116.3 ± 8.4
香緑	濃緑	密	106.1 ± 5.4
モンテイ	緑	密	114.8 ± 4.3
<i>A. deliciosa</i> × <i>A. chinensis</i>			
讚緑	黄緑	粗	107.9 ± 4.6
<i>A. chinensis</i> (中国系キウイフルーツ)			
紅心	黄	粗	88.1 ± 4.9
ゴールドキング	黄	粗	155.4 ± 12.3
ゴールドイエロー	黄	粗	128.5 ± 5.3
アップルキウイ	黄	粗	119.0 ± 16.2
さぬきゴールド	濃黄	粗	193.0 ± 17.4
レインボーレッド	黄、一部赤	無	68.3 ± 3.3
小林39	黄	粗	91.0 ± 3.0
ホート16A	黄	粗	118.4 ± 4.1
<i>A. rufa</i> (シマサルナシ)			
淡路	濃緑	無	10.4 ± 0.9
府中	濃緑	無	20.2 ± 2.4
<i>A. arguta</i> (サルナシ)			
月山	緑	無	10.6 ± 1.9
一才	緑	無	4.6 ± 1.1
光香	緑	無	6.9 ± 1.6
高知	緑	無	10.1 ± 1.1
島根	緑	無	8.3 ± 0.4
長野	緑	無	8.1 ± 1.2
Ananasnaya	緑	無	6.1 ± 0.6
<i>A. arguta</i> × <i>A. deliciosa</i>			
香粋	濃緑	無	44.5 ± 7.5

実の特性を表1に示す。いずれも、2006年ならびに2007年に収穫された果実につき、各品種/系統ごとにそれぞれ12果ずつを実験に供した。‘エルムウッド’は澤登キウイ園(東京)より購入したものを、また‘レインボーレッド’および‘小林39’は小林農園(静岡)より寄贈された果実を実験に供した。ニュージーランド

産の‘ホート16A’ならびにチリ産の‘Ananasnaya’は、東京都内の青果店にて購入した。その他の品種/系統については、香川県農業試験場府中分場にて栽培されたものを供試した。いずれも追熟後の可食段階の果実を実験に供した。

(2) 顕微鏡観察

シュウ酸カルシウム結晶束の果実内分布の観察は、それぞれの果実の赤道部横断切片（厚さ約1mm）を5% NaOH水溶液に一晩浸漬した後、実体顕微鏡（ニコン SMZ-1B）により行った。一方、同結晶束の詳細な観察は、内果皮部を薄切し、そのまま明視野顕微鏡（オリンパス BX51）により行った。

(3) シュウ酸の定量

それぞれの果実の表皮を除いた可食部を、フードプロセッサ（クイジナート DLC-8および DLC-1）によりピューレー状とした。その10gを計り取り、20mLの0.75mol/L HClを加え、超音波破碎機（タイテック VP-5S）による処理を施した。得られたホモジネートに100℃、30分間の加熱処理を施した後、再び超音波破碎を行い、遠心分離（5,000×g、4℃、10分間）により上清を得た。残った沈殿に20mLの0.5mol/L HClを加え、同様の操作を行って得られた上清を1回目の上清と合わせて、0.5mol/L HClにより全量を50mLに定容し、これをシュウ酸測定用試料とした。なお、サルナシの一部の品種/系統では、比較のために表皮を含む果実全体を材料として、試料調製を行った。

シュウ酸の定量は Lee の方法⁶⁾ に従い、リクロカート250-4リクロスフェア100 RP-18e（5μm）カラム（Merck）を装着した高速液体クロマトグラフ（日立 L-2000）により行った。すなわち、10μLの試料液を注入し、50mmol/L KH₂PO₄-リン酸（pH 2.8）を移動相としたイソクラティック溶出を行った。流速は1 mL/min とし、検出波長は214nm とした。

シュウ酸濃度は、独立した6回の実験で得られた可食部湿重量100g当たりの値を、平均値±標準偏差で表した。‘ヘイワード’果実のシュウ酸濃度と他の品種/系統で得られた値との有

意差検定は、Dunnett 法により行った。

3. 結果と考察

(1) 顕微鏡観察

果実の赤道部横断切片を実体顕微鏡で観察した結果、実験に用いたすべての品種/系統において、シュウ酸カルシウム結晶束は主として内果皮に認められ、外果皮や果心にはほとんど認められなかった。図1に、‘ヘイワード’（A）ならびに‘ホート16A’（B）の顕微鏡像を示す。

また、内果皮部を明視野顕微鏡で観察したところ、いずれの品種/系統においてもシュウ酸カルシウム結晶束は、異型細胞内に存在していることが確認された（図1C）。シマサルナシやサルナシ果実のシュウ酸カルシウム結晶束の大きさは、キウイフルーツと比較してやや小さい傾向が認められた（データは示していない）。

(2) シュウ酸濃度

それぞれの品種/系統における果実内シュウ酸濃度を表2に示す。最も一般的に市販されている‘ヘイワード’果実におけるシュウ酸濃度は、17.7mg/100g fresh weight (F.W.) であった。A. *deliciosa* 種の中では‘モンティ’果実のシュウ酸濃度が最も高く、39.5mg/100g F.W. であった。その他の A. *deliciosa* 種果実のシュウ酸濃度は、16.0~31.8mg/100g F.W. の範囲にあり、いずれも‘ヘイワード’果実と有意な差は認められなかった。一方、A. *chinensis* 種キウイフルーツ果実のシュウ酸濃度は、18.7~30.9mg/100g F.W. の範囲にあり、いずれも‘ヘイワード’果実との有意差は認められなかった。これらの中では、‘ゴールデンキング’や‘さぬきゴールド’のシュウ酸濃度が比較的 low、‘レインボーレッド’のシュウ酸濃度がやや高い傾向が認められた（表2）。

A. *deliciosa* 種キウイフルーツの果実内シュウ

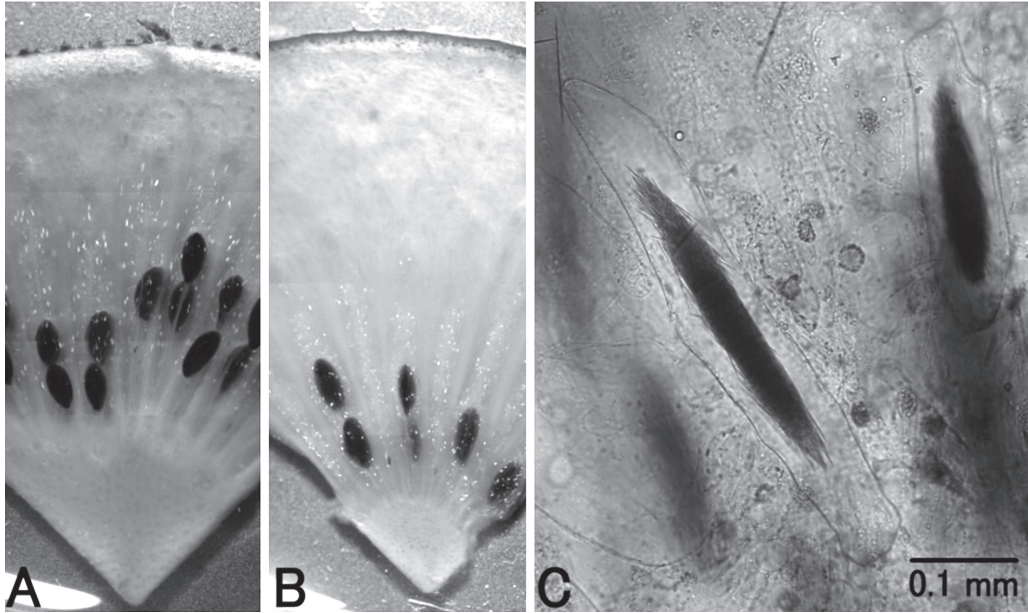


図1 果実内シュウ酸カルシウム結晶束の分布と形態
 ‘ヘイワード’ (A) および ‘ホート16A’ (B) 果実の赤道部横断切片の実体顕微鏡像ならびに ‘ヘイワード’ 果実シュウ酸カルシウム結晶束の明視野顕微鏡像 (C)。

酸濃度は、Perera *et al.*⁴⁾ によれば37~65mg/100g F.W.、また Watanabe and Takahashi⁷⁾ によれば15~30mg/100g F.W. と報告されている。本実験で得られた16.0~39.5mg/100g F.W. という値は、シュウ酸濃度を酵素法によって定量した Watanabe and Takahashi⁷⁾ の結果とほぼ同一レベルであることが示された。一方、*A. chinensis* 種キウイフルーツ果実内のシュウ酸濃度は、Rassam and Laing⁸⁾ によれば18~45 mg/100g F.W.、また Watanabe and Takahashi⁷⁾ によれば13~23mg/100g F.W. と報告されている。本実験で得られた18.7~30.9mg/100g F.W. という値は、これらとほぼ同等の範囲にあることが示された。なお、シュウ酸は有害な成分ではあるが、今回確認されたキウイフルーツ中のシュウ酸濃度はハウレンソウ (970mg/100g F.W.) の30分の1以下であり、ジャガイモ (80mg/100g F.W.) やキャベツ (60mg/100g F.W.) よりも少なく、トマト (20mg/100g F.W.)

とほぼ同等のレベルであった⁵⁾。したがって、どの品種/系統のキウイフルーツ果実に含まれるシュウ酸濃度も、植物性食品の中では特に高いレベルにはないことが確認された。

実験に用いたシマサルナシ2種については、いずれの果実内シュウ酸濃度も ‘ヘイワード’ と比較して有意に高いことが示された (表2)。
 ‘淡路’ ならびに ‘府中’ 果実のシュウ酸濃度は、101.5mg/100g F.W. および44.8mg/100g F.W. であり、それぞれ ‘ヘイワード’ の5.7倍および2.5倍にも達した。一方、サルナシの果肉 (皮を除く) に含まれるシュウ酸濃度は、26.8~68.8mg/100g F.W. と、キウイフルーツに比較して高い傾向を示すとともに、品種/系統による差異が大きいことが示された (表2)。これらのうち、‘月山’ を除くすべての品種/系統において、シュウ酸濃度は ‘ヘイワード’ に比較して有意に高値を示した。Watanabe and Takahashi⁷⁾ によれば、サルナシ果実に含まれるシュウ酸濃度は5.0

表2 可食部シュウ酸濃度の品種/系統間差異

品種/系統	シュウ酸濃度 (mg/100 g fresh weight)
ヘイワード	17.7 ± 0.35
ブルーノ	22.5 ± 4.67
アボット	16.0 ± 0.78
エルムウッド	31.8 ± 4.17
香緑	17.0 ± 1.59
モンテイ	39.5 ± 10.49**
讃緑	16.8 ± 1.52
紅心	23.7 ± 4.11
ゴールデンキング	18.7 ± 0.84
ゴールデンイエロー	21.6 ± 2.61
アップルキウイ	23.0 ± 1.74
さぬきゴールド	18.4 ± 0.15
レインボーレッド	30.9 ± 3.84
小林39	22.3 ± 1.94
ホート16A	23.9 ± 1.24
淡路	101.5 ± 28.13**
府中	44.8 ± 3.82**
月山	26.8 ± 0.12
月山 (皮を含む)	26.0 ± 7.82
一才	68.8 ± 14.52**
光香	48.6 ± 4.61**
光香 (皮を含む)	46.0 ± 14.31**
高知	35.3 ± 7.55*
島根	50.2 ± 1.68**
長野	45.7 ± 6.81**
Ananasnaya	36.2 ± 1.92**
Ananasnaya (皮を含む)	31.7 ± 7.01
香粹	25.1 ± 2.23

* : P<0.05および** : P<0.01で 'ヘイワード' に対して有意に高値.

~8.5mg/100g F.W.で、キウイフルーツ果実よりも明瞭に低いとされている。この矛盾の原因は不明であるが、実験に用いた品種/系統の違いが影響している可能性が考えられる。また、Watanabe and Takahashi⁷⁾の実験では、内果皮のみを試料としている点で、可食部全体を試料とした本研究とは異なっており、この違いが結果の相違に関与している可能性も考えられる。

サルナシ果実はキウイフルーツ果実と比較し

て、一般にスクロース等の可溶性糖質濃度が高く有機酸濃度が低いため、刺激性が少なく甘く感じられることが期待される。しかし官能評価実験において評価者が注意深く味わった場合、サルナシではしばしば「変な味がする」あるいは「刺激性がある」と評される場合がある(西山等、未発表)。この現象は、本研究で示されたとおり、サルナシ果実ではキウイフルーツ果実よりも全般にシュウ酸濃度が高いことに起因

している可能性がある。官能評価のように注意深く味を評価する場合には、よく咀嚼することによってより多くの異型細胞が破壊され、シュウ酸カルシウムの悪影響が強く反映されるものと考えられる。

Rassam and Laing⁸⁾ は、キウイフルーツ果実においては内果皮ならびに表皮にシュウ酸濃度が高いことを報告している。サルナシ果実でも同様に表皮にシュウ酸が多いかどうかを調査するため、‘月山’、‘光香’ならびに‘Ananasnaya’の3品種/系統において、皮を含む果実全体を試料として、シュウ酸の定量を行った。その結果、いずれの品種/系統においても、果肉のみを試料とした場合よりも、やや低いシュウ酸濃度を示すことがわかった。この結果から、キウイフルーツとは異なり、サルナシ果実の表皮にはシュウ酸が含まれないか、あるいはその含量はわずかであることが示唆された。すなわち、キウイフルーツとサルナシとは、シュウ酸の果実内分布が異なることが示唆された。

緒言でも記したとおり、食品に含まれるシュウ酸は食品学的ならびに栄養学的に望ましくない成分である。今回実験に用いた25種のマタタビ属果実においては、いずれにおいてもシュウ酸が含まれており、シュウ酸が含まれないかあるいはその濃度が顕著に低い品種/系統を見出すことはできなかった。今後、シュウ酸含量がより少なく食味に優れた優良品種を作出していくためには、これらの遺伝資源の中からシュウ酸含量の少ない品種/系統を選び交配を行うとともに、スクリーニングによってシュウ酸含量の少ない系統を選抜していく必要があるものと考えられる。

果実試料をご提供いただいた小林農園（静岡県富士市）の皆様には謝意を表す。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。

参考文献

- 1) Nishiyama, I (2007) Fruits of the *Actinidia* genus. *Adv Food Nutr Res* 52 : 293-324
- 2) Nishiyama, I, Yamashita, Y, Yamanaka, M, Shimohashi, A, Fukuda, T, Oota, T (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, Fukuda, T, Oota, T (2005) Genotypic difference in chlorophyll, lutein, and β -carotene contents in the fruits of *Actinidia* species. *J Agric Food Chem* 53 : 6403-6407
- 4) Perera, CO, Hallett, IC, Nguyen, TT, Charles, JC (1990) Calcium oxalate crystals : The irritant factor in kiwifruit. *J Food Sci* 55 : 1966-1969 and 1980
- 5) Noonan, SC, Savage, GP (1999) Oxalate content of food and its effect on humans. *Asia Pacific J Clin Nutr* 8 : 64-74
- 6) Lee, HS (1993) HPLC method for separation and determination of nonvolatile organic acids in orange juice. *J Agric Food Chem* 41 : 1991-1993
- 7) Watanabe, K, Takahashi, B (1998) Determination of soluble and insoluble oxalate contents in kiwifruit (*Actinidia deliciosa*) and related species. *J Japan Soc Hort Sci* 67 : 299-305
- 8) Rassam, M, Laing, W. (2005) Variation in ascorbic acid and oxalate levels in the fruit of *Actinidia chinensis* tissues and genotypes. *J Agric Food Chem* 53, 2322-2326