

異なる脱渋処理がカキ '太天' と '太月' の脱渋性および有機酸含量に及ぼす影響

誌名	園芸学研究
ISSN	13472658
著者名	山崎,安津 河野,淳 東,暁史 小林,省藏 佐藤,明彦 薬師寺,博
発行元	園芸学会
巻/号	11巻1号
巻号補足	
掲載ページ	p. 103-111
発行年月	2012年1月

農林水産省 農林水産技術会議事務局筑波産学連携支援センター
Tsukuba Business-Academia Cooperation Support Center, Agriculture, Forestry and Fisheries Research Council
Secretariat



異なる脱渋処理がカキ ‘太天’ と ‘太月’ の脱渋性および有機酸含量に及ぼす影響

山崎安津*・河野 淳・東 暁史・小林省藏・佐藤明彦・薬師寺 博

独立行政法人農業・食品産業技術総合研究機構果樹研究所ブドウ・カキ研究拠点 739-2494 広島県東広島市安芸津町

Effect of Different Postharvest Treatments on Removal of Astringency and Organic Acid Contents in Fruits of Japanese Persimmon (*Diospyros kaki* Thunb.) ‘Taiten’ and ‘Taigetsu’

Atsu Yamasaki*, Atsushi Kono, Akifumi Azuma, Shozo Kobayashi, Akihiko Sato and Hiroshi Yakushiji

Grape and Persimmon Research Station, National Institute of Fruit Tree Science, NARO, Akitsu, Higashihiroshima, Hiroshima 739-2494

Abstract

The Japanese persimmon cultivars ‘Taiten’ and ‘Taigetsu’ are both astringent-type cultivars with large fruits of excellent quality, however, they differ greatly in terms of the time taken for various treatments to remove astringency. In this study, we measured and compared changes in the chemical constituents of the two cultivars during ethanol treatment, Constant Temperature Short Duration (CTSD) treatment with CO₂ gas, and nitrogen gas treatment. In each treatment, the tannin-print value of the flesh decreased faster in ‘Taigetsu’ than in ‘Taiten’, indicating a more rapid loss of astringency in ‘Taigetsu’. With CTSD treatment, acetaldehyde accumulated in the flesh after treatment; the acetaldehyde content in ‘Taigetsu’ decreased rapidly after 2 days, whereas in ‘Taiten’ it decreased after 6 days. With nitrogen gas treatment, the changes in acetaldehyde content were similar to those seen with CTSD treatment, but the tannin-print values showed that loss of astringency was achieved more slowly with nitrogen gas treatment than with CTSD treatment. In ‘Taiten’ fruits, malic acid accumulated during the astringency removal treatments, particularly CTSD treatment and nitrogen gas treatment at 30°C. A significant correlation was observed between acidity scores based on sensory tests and malic acid concentration in the flesh, indicating that acidity in ‘Taiten’ fruits was due mainly to malic acid.

Key Words : acetaldehyde, acidity, constant temperature short duration (CTSD), nitrogen gas

キーワード : アセトアルデヒド, 窒素ガス, CTSD, 酸味

緒 言

カキ (*Diospyros kaki* Thunb.) は渋ガキと甘ガキに大別されるが、収穫時の渋ガキは成熟期においても強い渋味が残っているため、脱渋処理を行う必要がある。渋ガキの脱渋方法としては、アルコール脱渋、炭酸ガス脱渋およびその併用法が一般に用いられる。炭酸ガス脱渋には、ドライアイスを用いる方法と Constant Temperature Short Duration (CTSD) 法による脱渋が現在では主に用いられており、‘平核無’や‘刀根早生’などの多くの渋ガキ産地でCTSD脱渋が行われている。

CTSD脱渋は、定温室で果実を前加温した後、高濃度(95%以上)の炭酸ガスで12～24時間処理し、その後ガスを抜き、一定の温度と時間のもとで後加温を行って脱渋を完了させる方法である(松尾・伊藤, 1976; 松尾ら, 1975)。CTSD脱渋は、アルコール脱渋に比べ日持ち性が向上し、脱渋期間を短縮できるとともに、大型施設の利用により大

量の果実が脱渋可能になるなど利点が多い(小川, 2000; Yamada, 1994)。

一方、渋ガキはアルコールや二酸化炭素だけでなく、窒素ガスを用いた方法によっても渋味が減少し、軟化の発生が抑制されること(Pesis・Ben-Arie, 1984; 佐藤ら, 1962)や食味が優れること(Ahmed・Sobieh, 2007)が報告されているが、渋味の消失が不完全になることがあることから、窒素ガスを用いた脱渋法は実用化されていない。これらの処理による渋ガキの脱渋機構については、渋ガキ果実の渋味の原因となる可溶性タンニンが、脱渋処理過程で果実内に生成したアセトアルデヒドによって高分子化して不溶化するためとされている(松尾, 1989; Taira, 1996)。

‘太天’と‘太月’は、ともに(独)農業・食品産業技術総合研究機構果樹研究所において、‘黒熊’に‘太秋’を交雑して育成された不完全渋ガキ品種である(山田ら, 2008a, b)。「太天」は晩生の渋ガキで、果実は500g程度と極めて大きい。肉質は‘太秋’に似てやや粗く、すこぶる多汁なため、食味が優れている。また、脱渋後の日持ち性も優れ、‘平核無’よりさらに6日程度日持ちする(山田ら, 2008a)。このため‘太天’は、‘愛宕’や‘横野’といった既存の晩

2011年6月29日 受付. 2011年9月7日 受理.

* Corresponding author. E-mail: buntan@affrc.go.jp

生品種に替わる有望品種として注目されている。‘太天’の脱渋方法についてはいくつか検討されており、CTSD 脱渋では炭酸ガス 100%を 26～30℃で 24 時間処理した後、完全に脱渋するまで 26～28℃で 5 日間ほどの後加温を要する(山田ら, 2008a)。また、アルコール脱渋では果肉が軟化し、ドライアイス脱渋では果肉が褐変して果実品質が劣るとされている(宮田ら, 2009)。

一方、‘太月’は中生の渋ガキで、果実重は 450 g 程度と大きく、果肉は柔軟多汁で食味が優れる。‘太月’の CTSD 脱渋では、炭酸ガス 100%を 26～28℃で 24 時間処理した後、26～28℃で 2 日間ほどの後加温で脱渋が完了する(山田ら, 2008b)。しかし、果皮の亀裂である条紋が発生しやすく、著しく条紋が発生した果実は軟化を誘発しやすい。このように、‘太天’と‘太月’は、同じ交雑親を持ちながら、脱渋に要する処理温度や時間が大きく異なっている。

また‘太天’は、脱渋完了直後に風味がやや劣ることが明らかになっている(山田ら, 2008a)。「太天」および「太月」が供試され、24 か所の国公立試験機関が参画した系統適応性検定試験において、場所や脱渋処理の条件により酸味が生じるという指摘があった(佐藤, 私信)ことから、脱渋完了直後に風味が劣るのは酸味が原因になっている可能性がある。宮田ら(2009)による脱渋試験においても、「太天」は粉末アルコールと炭酸ガスを 20℃で施用するフィルム個装脱渋で、酸味により食味が不良となることが明らかになっている。一般に、カキ果実の主要な有機酸はクエン酸とリンゴ酸であるが、酸味は官能で感知できないほど少ないことが知られている(三浦・荒木, 1988)。しかし、「太天」の酸味の原因となる有機酸の種類、脱渋処理による酸含量の推移、脱渋方法による酸含量の違いについては明らかになっていない。

そこで本研究では、さらに最適な脱渋方法の開発に向けて、脱渋性が異なる「太天」および「太月」における脱渋過程に関する基礎的な知見を得ることを目的に、アルコール、炭酸ガス(CTSD)および窒素ガスによる脱渋処理を行い、タンニンプリント値の推移、果肉中のエタノールおよびアセトアルデヒド含量の推移、さらにクエン酸およびリンゴ酸含量が酸味に及ぼす影響について調査、検討した。

材料および方法

1. 供試材料

2010 年に、果樹研究所ブドウ・カキ研究拠点圃場に植栽の高接後 7～10 年生カキ「太天」および「太月」果実を供試した。「太天」および「太月」の収穫日は、それぞれ 11 月 15 日および 11 月 8 日であった。収穫した果実は、直ちに傷や病虫害の有無を目視によって確認し、これらの障害のない果実を選別した。また、条紋の発生部位は脱渋中に軟化しやすい(山田ら, 2008a)ため、条紋の発生が少なく、その程度も軽い果実を実験に供試した。

2. 脱渋処理

収穫した果実はアルコール脱渋、CTSD 脱渋、窒素ガス脱渋に供試した。

1) アルコール脱渋

果実重 1.0 kg に対して 35% (v/v) エタノール 10 mL を含ませたキムタオル(380 mm×330 mm, 日本製紙クレシア)を用意し、果実を 5 個ずつ 0.1 mm 厚のポリエチレン袋(470 mm×670 mm)で密封し、20℃下で静置した。

2) CTSD 脱渋

0.1 mm 厚のポリエチレン袋(470 mm×670 mm)に果実を 10 個ずつ詰め、16.8 L のプラスチック容器(外径 308 mm×高さ 309 mm)に入れた。前加温、処理および後加温の温度は、同一の温度条件で行い、20、26 および 30℃の 3 処理区を設けた。24 時間前加温を行った後、ポリエチレン袋内の二酸化炭素濃度が 100%になるまで炭酸ガスを注入し、二酸化炭素濃度測定器(コスモテクター XP-314, 新コスモス電器)で濃度を確認後、直ちに密封した。24 時間後に袋から果実を取り出し、脱渋処理を行った温度と同じ温度条件下に静置した。

3) 窒素ガス脱渋

0.1 mm 厚のポリエチレン袋(470 mm×670 mm)に果実を 10 個ずつ詰め、16.8 L のプラスチック容器(外径 308 mm×高さ 309 mm)に入れた。前加温、処理および後加温の温度は、同一の温度条件で行い、26 および 30℃の 2 処理区を設けた。24 時間前加温を行った後、ポリエチレン袋内の窒素濃度が 100%になるまで窒素ガスを注入し、酸素ガス濃度測定器(JKO-25, ジョー)で濃度を確認後、直ちに密封した。24 時間後に袋から果実を取り出し、脱渋処理を行った温度と同じ温度条件下に静置した。

3. 分析・調査方法

1) サンプルング時期

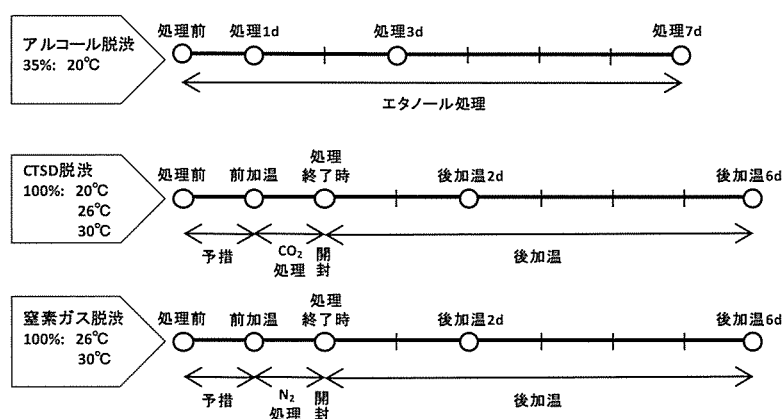
本研究における果実のサンプルング時期を第 1 図に示した。調査した項目はタンニンプリント値、果肉に含まれるエタノール、アセトアルデヒド、クエン酸およびリンゴ酸含量であり、各処理区から 3 果を無作為に取り出して行った。なお、処理前の果実については各処理共通のため同一の測定結果を用い、CTSD 脱渋と窒素ガス脱渋については、前加温の処理温度が同じ処理区は同一の測定結果を用いた。

2) タンニンプリント法による脱渋程度の評価

脱渋の程度はタンニンプリント法により、播磨ら(2002)の基準に準じて、0:ろ紙に黒変が全く認められない(完全脱渋)、1:黒変した面積が果実縦断面の 10%以下、2:11～30%、3:31～50%、4:51～70%、5:71～90%、6:91～ほぼ全面で黒変が認められる(未脱渋)の 7 段階のタンニンプリント値で評価した。

3) 果肉中のエタノールおよびアセトアルデヒド含量

果実は、赤道部の果皮に近い果肉を切り出し、有核果の場合は、種子から離れた褐斑のない部分の果肉を用いた。果肉中のエタノールとアセトアルデヒド含量は、1 g の果肉



第1図 脱渋方法とサンプリング時期

○：サンプリング日を示す

細片を冷アセトンで抽出し、上清をシリンジで10 μ L採取し、ガスクロマトグラフ (GC-9A, 島津製作所) で分析した (Sugiura・Tomana, 1983; Taira ら, 1989). 分析条件は、検出器: FID, カラム: Porapak Q (内径3 mm $\times$ 長さ2 m, 信和化工), カラムオープン温度: 160°C, 検出器温度: 210°C, ガスおよび流量: 窒素 60 mL $\cdot$ min⁻¹, 水素 50 mL $\cdot$ min⁻¹, 空気 500 mL $\cdot$ min⁻¹ とした. エタノールとアセトアルデヒド含量は、標準溶液を用いて作成した検量線から算出した.

4) 果肉中のクエン酸およびリンゴ酸含量

クエン酸およびリンゴ酸含量は、-20°C で冷凍保存した果肉を解凍後、ガーゼで搾り取った果汁を蒸留水で5倍希釈した. 希釈液を孔径0.45 μ mのメンブレンフィルターで濾過後、高速液体クロマトグラフ (LC-10A, 島津製作所) でポストカラム発色法により分析した (小川, 1997; Wada ら, 1984). 分析条件は、カラム: Shodex RSpak KC-811 (内径8 mm $\times$ 長さ300 mm, 昭和電工), カラム温度: 40°C, 移動相: 1 mM HClO₄, 流速: 1 mL $\cdot$ min⁻¹, 発色液: 0.1 mM プロモチモールブルー / 3.5 mM Na₂PO₄ $\cdot$ 12H₂O 溶液, 検出波長: 440 nm とした. クエン酸とリンゴ酸含量は、標準溶液を用いて作成した検量線から算出した. また、クエン酸とリンゴ酸含量の総和を全酸含量とした.

5) 果実品質の測定と官能評価

脱渋処理最終日であるアルコール脱渋処理開始後7日、CTSD脱渋および窒素ガス脱渋後加温開始後6日の各処理温度3果の果実を用い、果実品質を調査した. 果実の果皮表面の汚損の有無について肉眼で判別し、果実重を測定した. 果頂部の果皮色は、農水省果樹試験場基準カラーチャート「富有」用を用いて判定し、果実糖度は果実の赤道部1か所からくさび状に果肉を切り取り、その搾汁液を屈折糖度計 (N-1, アタゴ) で測定した. 果実を赤道部で切断した後、含核数を調査した. 果肉硬度は、果実硬度計 (KM-5, 藤原製作所) で円柱型直径5 mmのプランジャーを用いて、1果につき赤道部2か所を測定した.

渋味および酸味は、各品種、各処理の果実について、当

拠点の職員6~9人 (男性4~7人, 女性2人, 固定メンバー6人, 30~60歳代) の官能検査によって実施し、以下に示す4段階の官能評価値により評価した. すなわち、渋味については、0: 渋味を感じない, 1: 渋味をわずかに感じる, 2: 渋味を明らかに感じる, 3: 渋くて食用にできない. 酸味については、0: 酸味を感じない, 1: 酸味をわずかに感じる, 2: 酸味を明らかに感じる, 3: 酸味を強く感じる, とした.

4. データ解析

果実重, 果皮色, 含核数, 果肉硬度および糖度について、一元配置の分散分析を行い、処理間の差が有意になった項目について Tukey の多重検定を行った. また、酸味の官能評価に関しては、6~9人のパネルにより得られた各品種、各処理の官能評点の平均値とクエン酸、リンゴ酸および全酸含量の平均値との相関係数を求めた.

結 果

1. 果実品質

果実重, 果頂部の果皮色, 含核数および糖度には、'太天'、'太月' とともに処理間で有意な差は認められなかった (第1表). 処理前の果肉硬度は、'太天' および '太月' でそれぞれ 12.7, 10.8 N であり、アルコール脱渋では両品種ともに果肉硬度が低かったが、CTSD脱渋や窒素ガス脱渋では果肉硬度の低下はほとんどみられず、処理前とほぼ同様の硬さを保っていた.

アルコール脱渋では、両品種ともすべての果実で軟化の発生が認められた (第1表). また、CTSD脱渋および窒素ガス脱渋の30°C処理区において、'太月' では調査を行ったすべての果実 (3果) でもとから存在した果頂部の条紋の程度が進行した (第2図) のに対して、'太天' では脱渋後の障害は認められなかった.

2. タンニンプリント値の変化

タンニンプリント値は、いずれの処理区も '太月' の方が '太天' よりも早期に低下した (第3図). アルコール脱

第1表 異なる脱渋方法により処理されたカキ ‘太天’ および ‘太月’ の果実品質

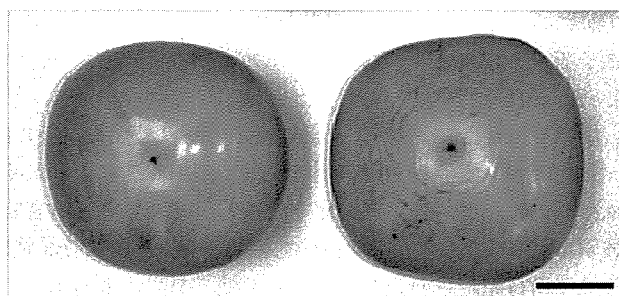
品種	脱渋方法	温度 (°C)	果実重 (g)	果皮色	含核数	硬度 (N)	糖度 (Brix)	食味		脱渋後 の障害
								渋味 ^z	酸味 ^y	
太天	アルコール	20	470.7	4.6	3.5	8.7 a ^x	15.7	0.3	0.5	軟化
	CTSD	20	491.3	4.6	4.3	11.6 bc	15.8	0.3	0.7	
	CTSD	26	475.0	4.5	4.3	12.1 bc	15.0	0.0	1.3	
	CTSD	30	473.4	4.5	4.1	13.1 c	15.5	0.0	1.7	
	窒素ガス	26	482.2	4.5	3.6	10.3 ab	15.3	0.1	0.8	
	窒素ガス	30	491.2	4.6	3.4	11.6 bc	15.5	0.1	0.7	
有意性 ^w			ns	ns	ns	**	ns			
太月	アルコール	20	462.3	4.6	4.6	7.8 a	15.3	0.0	0.0	軟化
	CTSD	20	452.6	4.5	4.4	8.3 ab	15.7	0.0	0.0	
	CTSD	26	460.9	4.6	4.7	10.7 bc	15.2	0.0	0.1	
	CTSD	30	463.6	4.5	4.2	12.9 c	15.2	0.0	0.1	条紋
	窒素ガス	26	478.0	4.5	5.6	9.4 ab	14.4	0.0	0.0	
	窒素ガス	30	468.1	4.5	3.8	10.8 bc	16.4	0.0	0.0	条紋
有意性			ns	ns	ns	**	ns			

^z渋味の評価は、0：渋味を感じない、1：渋味をわずかに感じる、2：渋味を明らかに感じる、3：渋くて食用にできない

^y酸味の評価は、0：酸味を感じない、1：酸味をわずかに感じる、2：酸味を明らかに感じる、3：酸味を強く感じる

^x異なるアルファベットは Tukey の多重検定により 5%水準で有意差あり

^w分散分析により **は 1%水準で有意差あり、ns は有意差なし

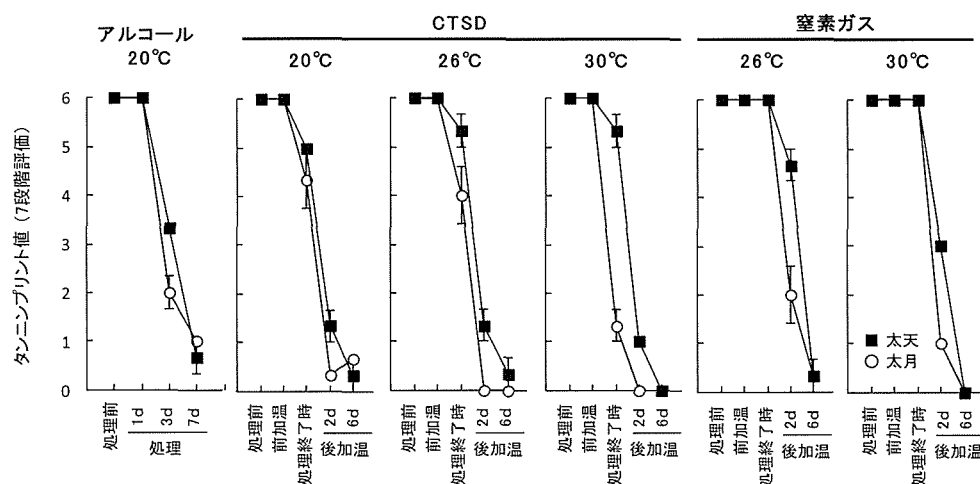


第2図 脱渋後の ‘太月’ 果実

左：正常果 右：条紋果

バーは 3 cm

渋では、両品種ともに処理開始後 7 日にはタンニンプリント値が 1 以下となり、ほぼ脱渋した。‘太月’ の CTSD 脱渋では、温度が高い処理区ほど処理終了時以降のタンニンプリント値が低下し、26 および 30°C 処理区では後加温開始後 2 日に 0 となった。一方 ‘太天’ は、後加温開始後 2 日においてもタンニンプリント値は 1 前後であったが、後加温開始後 6 日に 0 に近くなった。また、‘太天’ の CTSD 脱渋 20°C 処理区では、後加温開始後 6 日においても渋味の官能評点の平均値が 0.3 とわずかに渋味を感じた（第 1 表）。CTSD 脱渋において ‘太天’ のタンニンプリント値が 0 になったのは、30°C 処理区のみであった。窒素ガス脱渋におけるタンニンプリント値は、低下の時期が CTSD 脱渋より遅く、特に ‘太天’ は後加温開始後 2 日においても、



第3図 異なる脱渋方法で処理したカキ ‘太天’ および ‘太月’ のタンニンプリント値の推移

図中の縦棒は標準誤差 (n=3)

26°C 処理区で 4.7, 30°C 処理区で 3 と高い数値を示した (第 3 図). 後加温開始後 6 日における渋味の官能評点の平均値も 0 とはならず, わずかに渋味があると判定したパネルがいた (第 1 表). ‘太月’ においても処理終了時にタンニンプリント値は 6 であったが, 後加温開始後 2 日には大きく低下し (第 3 図), 後加温開始後 6 日の官能評価では渋味は感じられなかった (第 1 表).

3. 果肉中のエタノールおよびアセトアルデヒド含量の変化

果肉中のエタノール含量は, アルコール脱渋では両品種とも処理後に急増し, 他の処理区より著しく高く推移した (第 4 図). CTSD 脱渋および窒素ガス脱渋では, 処理温度が高いほどエタノール含量も高い傾向があり, CTSD 脱渋 30°C 処理区では, 処理終了時に両品種でエタノール含量が $1.15 \mu\text{L} \cdot \text{g}^{-1}\text{FW}$ となり, 20°C 処理区処理終了時 ($0.55 \mu\text{L} \cdot \text{g}^{-1}\text{FW}$) の約 2 倍に達した. しかし, その推移は両品種ともほぼ同様で, 処理終了時に高く, 後加温開始後 6 日に減少した.

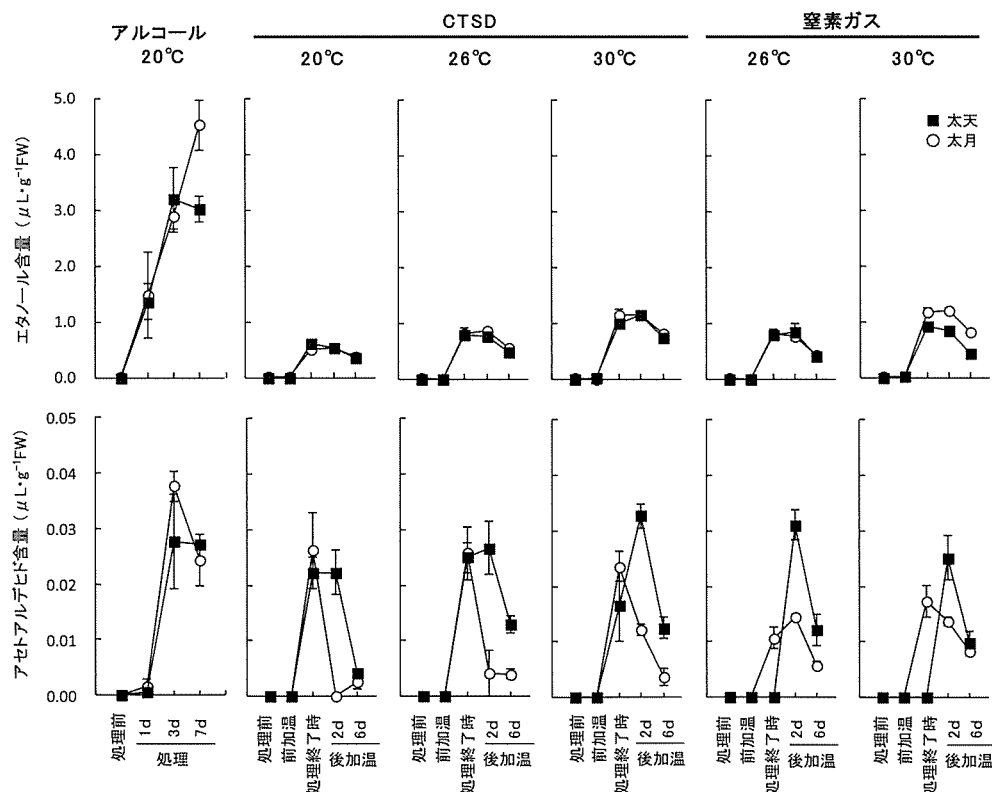
果肉中のアセトアルデヒド含量は, ‘太天’, ‘太月’ ともに, アルコール脱渋では処理開始後 3 日に急激に増加した (第 4 図). CTSD 脱渋では, 処理終了時に両品種で急激に増加した後, ‘太月’ では後加温開始後 2 日に低下した. 一方 ‘太天’ では, 後加温開始後 2 日においても高い状態で推移し, 後加温開始後 6 日に低下した. 窒素ガス脱渋では,

‘太月’ は CTSD 脱渋と同様に処理終了時のアセトアルデヒド含量が $0.01 \mu\text{L} \cdot \text{g}^{-1}\text{FW}$ 以上に達していたのに対し, ‘太天’ では処理終了時には全く検出されず, 後加温開始後 2 日に急激に増加した. 後加温開始後 6 日には, 両品種ともピークの半分程度またはそれ以下に低下した.

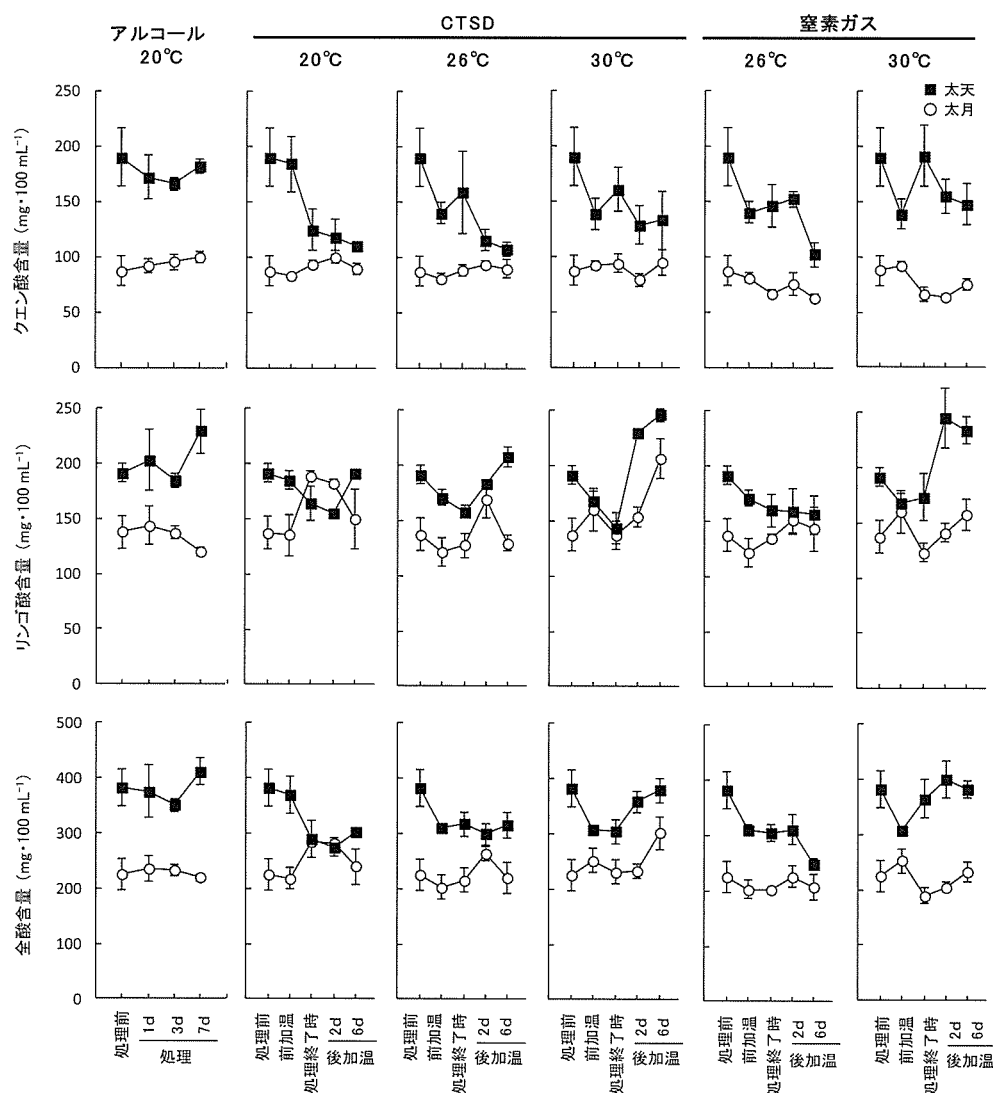
4. 果肉中のクエン酸およびリンゴ酸含量の変化

処理前のクエン酸含量は, ‘太天’ において $190 \text{ mg} \cdot 100 \text{ mL}^{-1}$ 程度であったのに対し, ‘太月’ は $87 \text{ mg} \cdot 100 \text{ mL}^{-1}$ 程度と半分以下であった (第 5 図). リンゴ酸含量は, ‘太天’ においてクエン酸含量と同程度の $190 \text{ mg} \cdot 100 \text{ mL}^{-1}$ であったのに対し, ‘太月’ はクエン酸含量より多い $137 \text{ mg} \cdot 100 \text{ mL}^{-1}$ 程度であった.

脱渋処理に伴うクエン酸含量の推移は, ‘太天’ のアルコール脱渋では変化がなかったのに対し, CTSD 脱渋および窒素ガス脱渋では概して減少する傾向が認められた. 一方 ‘太月’ では, いずれの処理区においても大きな変化は認められなかった. ‘太天’ のリンゴ酸含量の推移は, CTSD 脱渋 20°C 処理区と窒素ガス脱渋 26°C 処理区を除いて, 概して増加する傾向が認められた. 特に, CTSD 脱渋および窒素ガス脱渋 30°C 処理区では, 後加温開始後 2 日に急激に高まった. 一方 ‘太月’ では, 処理による明確な変化は認められなかったが, CTSD 脱渋 30°C 処理区ではやや高まる傾向が認められた. クエン酸とリンゴ酸含量の総和である全酸含量は, いずれも脱渋処理による明確な変化



第 4 図 異なる脱渋方法で処理したカキ ‘太天’ および ‘太月’ のエタノールおよびアセトアルデヒド含量の推移
図中の縦棒は標準誤差 (n=3)



第5図 異なる脱渋方法で処理したカキ‘太天’および‘太月’のクエン酸、リンゴ酸および全酸含量の推移
 図中の縦棒は標準誤差 (n=3)

の違いはなかったが、いずれの処理区においても‘太月’より‘太天’の方が全酸含量は高かった。

5. 脱渋果における酸味とクエン酸およびリンゴ酸含量の関係

6～9人のパネルによる酸味の官能検査の結果、‘太天’の官能評点の平均値は0.5～1.7となり、すべての処理区において、酸味を感じるパネルがいることを示した(第1表)。特に、CTSD脱渋30℃処理区では、官能評点の平均値が1.7となり、他の処理区より高かった。それに対し、‘太月’ではCTSD脱渋26および30℃処理区で官能評点の平均値が0.1となり、ごくわずかに酸味を感じたパネルがいたものの、その程度はわずかなものであった。

酸味の官能評点の平均値とクエン酸、リンゴ酸および全酸含量との相関係数を求めた結果、リンゴ酸や全酸含量ではそれぞれ0.68、0.65と5%水準で有意な正の相関が認められたのに対し、クエン酸含量は0.49と有意な関係は認められなかった。

考 察

渋ガキは、収穫した果実をそのまま出荷できる甘ガキと異なり、脱渋処理が必要であり、出荷までに手間と時間を要する。そのため、より簡便で処理時間が短い脱渋方法が望まれる。本研究において、これまでに得られた知見と同様に、‘太天’と‘太月’では、脱渋に要する期間に品種間差異があり、‘太天’の方が脱渋までにより長時間を要することが再確認された。

脱渋処理が最も簡便なアルコール脱渋では、両品種ともに処理開始後7日に軟化が認められた(第1表)。さらに、‘太天’においてはわずかに渋味が残った。これらのことから、‘太天’および‘太月’の脱渋には、35%アルコールを用いた20℃、1週間処理のアルコール脱渋は適さないものと考えられた。

CTSD脱渋におけるタンニンプリント値は、26および30℃処理区において、‘太月’では後加温開始後2日には

0 になったのに対し、‘太天’では後加温開始後 6 日に 0 近くになった (第 3 図)。また、‘太天’の CTSD 脱渋 20°C 処理区では、わずかに渋味を感じた (第 1 表)。これらのことを考慮すると、‘太天’の CTSD 脱渋では、処理温度が低い場合には後加温の期間を 6 日より長くする必要があり、意図的に出荷時期を遅らせる場合を除き、早期出荷を目的とした脱渋処理には不適であると考えられた。CTSD 脱渋は、炭酸ガスを高温条件で処理することにより脱渋が促進されること (Matsuo・Ito, 1977; Matsuo ら, 1976) や、‘太天’の CTSD 脱渋において、処理および後加温の温度を 30°C に高めることで 3 日間の後加温で脱渋が完了すること (宮田ら, 2009) が報告されている。タンニンプリント値の低下のみを目的とした場合、本研究の結果からも、26 および 30°C の処理温度が‘太天’の脱渋に適していると判断された。一方、‘太月’の CTSD 脱渋 20°C 処理区では条紋の進行がみられず、後加温開始後 2 日においても渋味は感じられなかったことから、‘太月’の CTSD 脱渋には‘太天’よりも低い温度で行うことが望ましいと考えられる。

窒素ガス脱渋では、両品種とも CTSD 脱渋と比べてタンニンプリント値の低下が遅く、処理終了時でもタンニンプリント値は処理前と変わらなかった (第 3 図)。これまでの研究により、窒素ガス脱渋は、CTSD 脱渋と比べて脱渋速度が遅いことが明らかになっている (Arnal・Del Rio, 2003; Eaks, 1967)。渋味の官能評点の平均値とタンニンプリント値から判断すると、‘太天’では後加温開始後 6 日には脱渋がほぼ完了したと考えられたが、渋味の官能評点の平均値は 0 とはならず、わずかに渋味を感じるパネルもいることを示していた。これらのことから、‘太天’においては、短期間で完全な脱渋を行う観点から窒素ガス脱渋は適さないが、渋味の消失が早い‘太月’には実用化の可能性があると考えられる。

果肉に含まれるエタノール含量に関しては、両品種間の差はほとんどなかったが、CTSD 脱渋や窒素ガス脱渋では、処理温度が高まるにつれてエタノール含量もわずかに増加する傾向があった (第 4 図)。これは、エタノール代謝関連酵素 (ピルビン酸脱炭酸酵素およびアルコール脱水素酵素) の活性が高温で高くなり、それに伴ってエタノール含量が増加したことに起因すると推察された。

一方、アセトアルデヒド含量には明らかな差異が認められた (第 4 図)。¹ ‘太月’の CTSD 脱渋では、処理終了時にアセトアルデヒド含量が最も高まり、後加温開始後 2 日に低下したのに対し、‘太天’では後加温開始後 6 日に低下した。窒素ガス脱渋においては、‘太月’では処理終了時には増加したが、‘太天’では後加温開始後 2 日に増加し、両品種とも後加温開始後 6 日に低下した。このように、CTSD 脱渋および窒素ガス脱渋の各処理区においてアセトアルデヒド含量が減少に転じた時期と、渋味の消失時期とがほぼ一致する傾向があった。これまでの研究から、渋ガキの脱渋には果肉内に蓄積するアセトアルデヒドが強く関与して

いることが知られている (Matsuo・Ito, 1982; Pesis ら, 1988; Taira ら, 1992, 1994) が、可溶性タンニンの不溶化と基質としてのアセトアルデヒド含量の減少については触れられていない。本研究の結果、アセトアルデヒド含量と渋味の推移には強い関連が認められた。これは、嫌気条件下の脱渋処理によって蓄積されたアセトアルデヒドがタンニンの不溶化に伴い消費されたことで、アセトアルデヒド含量が低下した可能性を示唆する。この消費速度の差異が、‘太天’と‘太月’の脱渋速度の違いの原因になっている可能性もある。これらの点については、今後さらに詳細な研究が必要である。

脱渋後の酸味が問題とされる‘太天’では、脱渋処理前の生果においてもクエン酸およびリンゴ酸含量が‘太月’よりも高く、‘太天’におけるリンゴ酸含量は後加温開始後 2 日に急増した (第 5 図)。さらに、酸味の官能評価値とクエン酸含量との間には有意な相関はなく、リンゴ酸や全酸含量と有意な正の相関関係が認められた。酸味の特徴として、クエン酸は穏やかで爽やかな酸味、リンゴ酸はやや刺激のある収斂味の酸味であることが知られている (浅井, 1997; 樽谷・北川, 1982)。従って‘太天’の酸味は、収穫の段階でリンゴ酸含量が‘太月’に比べて高いことに加え、特に温度が高い脱渋処理によってリンゴ酸が増加したために生じたと推察された。また、全酸含量と酸味との間にも有意な相関が認められたが、これは、リンゴ酸含量自体が全酸含量の高低に影響しているためと考えられた。また、‘太天’におけるリンゴ酸の増加が脱渋処理中ではなく、後加温期間中に認められた。本研究では処理と後加温の温度を同一にして行ったため、リンゴ酸の増加を誘導したのがどの脱渋処理過程の温度かは明らかにできなかった。しかし、リンゴ酸の増加を抑制するために、後加温の温度を脱渋処理時の温度より低めに設定することも、今後の検討の際には必要になると考えられる。

本研究では、脱渋処理最終日以降の有機酸含量の消長については調査を行っていない。山田ら (2008a) によれば、‘太天’は、後加温終了直後は風味がやや劣るが、数日後に食味が向上することを報告している。風味が劣る原因が酸味にあると考えると、‘太天’の脱渋処理によって増加したリンゴ酸が後加温期間以降にどのように変化するか、代謝経路における有機酸の動態も含め、詳細に検討する必要がある。

カキに含まれる有機酸に関して、岩田ら (1969) や稲葉ら (1971) は‘花御所’や‘富有’ではリンゴ酸が、‘平核無’ではクエン酸が主要な酸であることを報告している。‘太月’は、リンゴ酸がやや多いものの含量自体は多くないタイプ、‘太天’は脱渋前の果実ではクエン酸とリンゴ酸がほぼ同程度含まれるが、脱渋処理によりリンゴ酸の比率が高まりやすいタイプと考えられる。このように、渋ガキ品種は、脱渋の前後で有機酸の含量や比率が変化する可能性もあり、渋ガキの有機酸を評価する際には、脱渋前の果実

だけでなく、脱渋後の果実も評価する必要がある。

本研究の結果、‘太月’においては、CTSD 脱渋 20°C 処理区でも十分に渋味は消失することが確認された（第1表）。また、窒素ガス脱渋も渋味が残らず、軟化もほとんど認められなかったことから、窒素ガスによる脱渋法は本品種に対しては有効であると考えられた。ただし‘太月’では、CTSD 脱渋、窒素ガス脱渋のいずれにおいても、30°C 処理区で条紋の程度が進行したことから、窒素ガス脱渋法を実用化するためには、より低い温度条件で検討する必要がある。

‘太天’においては、アルコール脱渋は軟化が発生することや、窒素ガス脱渋は後加温開始後6日でもわずかに渋味が残ったこと（第1表）から、現時点では実用的な脱渋法として適当ではないと考えられた。CTSD 脱渋では、20°C 処理区で渋味がわずかに残り、26 および 30°C 処理区ではほぼ完全に渋味が消失した。しかし、30°C 処理区では酸味が特に強く生じ、この原因として後加温期間中に増加するリンゴ酸の影響が大きいことが明らかとなった。これらのことは、‘太天’においては渋味の消失に最適な温度と、酸味の原因と考えられるリンゴ酸を抑制する最適な温度が一致しないことを示している。今後は、やや高温での炭酸ガス処理とそれより低い温度での後加温を組み合わせるなど、早期の渋味の消失とリンゴ酸増加の抑制が実現できる最適な脱渋方法を検討していく必要がある。本研究で得られた結果は、‘太天’において、短期間で完全に脱渋し、さらに酸味の発生を抑制する最適な脱渋方法を開発するうえで重要な知見になると考えられる。

摘 要

渋ガキ品種‘太天’および‘太月’の脱渋性の違いと‘太天’の酸味の原因を明らかにするため、アルコール脱渋、CTSD 脱渋、窒素ガス脱渋を行い、脱渋性および有機酸含量を経時的に比較した。その結果、いずれの処理においても、‘太月’は‘太天’よりタンニンプリント値の低下が早く、渋味の消失が早く進行することが確認された。アルコール脱渋では、両品種とも脱渋処理後の果実が軟化した。また、CTSD 脱渋におけるアセトアルデヒド含量は、‘太月’で後加温開始後2日に、‘太天’では後加温開始後6日に急速に低下し、タンニンプリント値の低下とほぼ一致した。窒素ガス脱渋では、CTSD 脱渋と比べて、アセトアルデヒド含量の推移はほぼ同様の傾向を示したが、渋味の消失は遅かった。‘太天’ではクエン酸およびリンゴ酸含量が‘太月’よりも高く、特にリンゴ酸含量は30°C 処理区で後加温後に急増した。酸味の官能評点の平均値とリンゴ酸含量の間には有意な正の相関があり、酸味の主な原因がリンゴ酸であることが示唆された。

謝 辞 本研究の実施に当たり、調査の補助をしていた契約職員の森重豊子氏、中墨珠美氏、圃場管理や収穫に多大のご協力をいただいた研究支援センター業務第1科（安芸津班）の方々をはじめ、官能評価のパネルになっ

ていただいた皆様に深く感謝の意を表します。また、脱渋に関して有益な御助言をいただきました鳥取大学農学部准教授板井章浩博士、ならびに、愛媛県果樹研究センター主任研究員宮田信輝氏に心から感謝致します。

引用文献

- Ahmed, D. M. and M. E. Sobieh. 2007. Removing astringency of Costata persimmon fruits by carbon dioxide and nitrogen-enriched atmospheres. *Am-Euras. J. Agric. Environ. Sci.* 2: 731–740.
- Arnal, L. and M. A. Del Rio. 2003. Removing astringency by carbon dioxide and nitrogen-enriched atmospheres in persimmon fruit cv. “Rojo brillante”. *J. Food Sci.* 68: 1516–1518.
- 浅井 規. 1997. 酸味料. p. 461–463. 日本果汁協会監修. 最新果汁果実飲料辞典. 朝倉書店. 東京.
- Eaks, I. L. 1967. Ripening and astringency removal in persimmon fruits. *Proc. Amer. Soc. Hort. Sci.* 91: 868–875.
- 播磨真志・中野龍平・山内 勲・北野欣信・久保康隆・稲葉昭次・富田栄一. 2002. 有孔および無孔ポリエチレン包装によるハウス栽培‘刀根早生’果実の軟化抑制技術の確立. *園学雑.* 71: 284–291.
- 稲葉昭次・傍島善次・石田雅士. 1971. カキ果実中の主要成分の季節的变化. *京都府大報.* 23: 24–28.
- 岩田 隆・中川勝也・緒方邦安. 1969. 果実の収穫後における成熟現象と呼吸型の関係. (第1報) カキ果実における呼吸の climacteric の有無. *園学雑.* 38: 84–91.
- 松尾友明. 1989. カキタンニンの化学特性と収穫後の脱渋機構. *園学シンポ要旨*: 119–125.
- 松尾友明・伊藤三郎. 1976. 炭酸ガスによる CTSD カキ果脱渋法. (第2報) 脱渋二過程反応の温度依存性と生化学的变化. *園学要旨*. 昭51春: 416–417.
- Matsuo, T. and S. Ito. 1977. On mechanisms of removing astringency in persimmon fruits by carbon dioxide treatment. I. Some properties of the two processes in the de-astringency. *Plant Cell Physiol.* 18: 17–25.
- Matsuo, T. and S. Ito. 1982. A model experiment for de-astringency of persimmon fruit with high carbon dioxide treatment: *in vitro* gelation of kaki-tannin by reacting with acetaldehyde. *Agric. Biol. Chem.* 46: 683–689.
- 松尾友明・篠原準一・伊藤三郎. 1975. 炭酸ガスによる CTSD カキ果脱渋法. *園学要旨*. 昭50春: 368–369.
- Matsuo, T., J. Shinohara and S. Ito. 1976. An improvement on removing astringency in persimmon fruits by carbon dioxide gas. *Agric. Biol. Chem.* 40: 215–217.
- 三浦 洋・荒木忠治. 1988. 果実とその加工. p. 51–56. 建帛社. 東京.
- 宮田信輝・矢野 隆・井門健太. 2009. 脱渋方法の違いがカキ‘太天’の果実品質に及ぼす影響. *園学中四国支*

部要旨: 21.

- 小川正毅. 2000. 炭酸ガス脱渋. p. 343–346. 果樹園芸大百科6カキ. 農文協. 東京.
- 小川隆由. 1997. 果汁一般分析法 有機酸 (HPLC). p. 508–509. 日本果汁協会監修. 最新果汁果実飲料辞典. 朝倉書店. 東京.
- Pesis, E. and R. Ben-Arie. 1984. Involvement of acetaldehyde and ethanol accumulation during induced deastringency of persimmon fruits. J. Food Sci. 49: 896–899.
- Pesis, E., A. Levi and R. Ben-Arie. 1988. Role of acetaldehyde production in the removal of astringency from persimmon fruits under various modified atmospheres. J. Food Sci. 53: 153–156.
- 佐藤敬雄・伊藤三郎・志村 勲. 1962. カキ果の炭酸ガス脱渋に伴う軟化現象防止に関する研究. 園試報 B. 1: 48–56.
- Sugiura, A. and T. Tomana. 1983. Relationships of ethanol production by seeds of different types of Japanese persimmons and their tannin content. HortScience 18: 319–321.
- Taira, S. 1996. Astringency in persimmon. p. 97–110. In: H. F. Linskens and J. F. Jackson (eds.). Modern methods of plant analysis. Vol. 18. Fruit analysis. Springer-Verlag, Berlin.
- Taira, S., H. Itamura, K. Abe and S. Watanabe. 1989. Comparison of the characteristics of removal of astringency in two Japanese persimmon cultivars, ‘Denkuro’ and ‘Hiratanenashi’. J. Japan. Soc. Hort. Sci. 58: 319–325.
- Taira, S., K. Onodera, H. Itamura and S. Watanabe. 1994. Differences between the Japanese persimmon (*Diospyros kaki* Thunb.) ‘Denkuro’ and ‘Hiratanenashi’ on acetaldehyde production by their flesh discs. J. Japan. Soc. Hort. Sci. 62: 897–902.
- Taira, S., I. Satoh and S. Watanabe. 1992. Relationship between differences in the ease of removal of astringency among fruits of Japanese persimmon (*Diospyros kaki* Thunb.) and their ability to accumulate ethanol and acetaldehyde. J. Japan. Soc. Hort. Sci. 60: 1003–1009.
- 樽谷隆之・北川博敏. 1982. 園芸食品の流通・貯蔵・加工. p. 23–25. 養賢堂. 東京.
- Wada, A., M. Bonoshita, Y. Tanaka and K. Hibi. 1984. A study of a reaction system for organic acid analysis using a pH indicator as post-column reagent. J. Chromatogr. 291: 111–118.
- Yamada, M. 1994. Persimmon. p. 47–52. In: K. Konishi, S. Iwahori, H. Kitagawa and T. Yakuwa (eds.). Horticulture in Japan. Asakura, Tokyo.
- 山田昌彦・佐藤明彦・山根弘康・三谷宣仁・岩波 宏・白石三樹夫・平川信之・上野俊人・河野 淳・吉岡美加乃・中島育子. 2008a. カキ新品種 ‘太天’. 園学研. 7 (別1): 310.
- 山田昌彦・佐藤明彦・山根弘康・三谷宣仁・岩波 宏・白石三樹夫・平川信之・上野俊人・河野 淳・吉岡美加乃・中島育子. 2008b. カキ新品種 ‘太月’. 園学研. 7 (別1): 309.