

ヤーコンの脱渋処理が風味および機能性に与える影響

誌名	日本食品科学工学会誌
ISSN	1341027X
著者	西野, 智彦 清原, 大和
巻/号	60巻3号
掲載ページ	p. 133-137
発行年月	2013年3月

ヤーコンの脱渋処理が風味および機能性に与える影響

西野智彦*, 清原大和

東京工科大学応用生物学部

Effect of the Removal of Yacon Root Astringency on Taste and Function

Tomohiko Nishino* and Hirokazu Kiyohara

School of Bioscience and Biotechnology, Tokyo University of Technology,
1404-1 Katakura, Hachioji, Tokyo 192-0982

Yacon (*Smallanthus sonchifolius*) root is regarded as a functional food material because it contains polyphenol-rich antioxidants, fructooligosaccharides, and dietary fiber. The taste of fresh yacon root is similar to that of pear, juicy and sweet. However, a peculiar astringency is also perceived in yacon root. When astringent persimmon is exposed to ethanol (EtOH) vapor, the astringency is removed. This process is recognized as being effective for astringency removal. In this study, we applied EtOH vapor treatment for removing yacon root astringency. During vapor treatment, yacon was kept in a small chamber (3L) containing 20 mL of 10–90% EtOH solution at 20°C under darkness. The removal of astringency was evaluated using decreases in soluble tannin concentrations in treated yacon juice. After 48hr of 30% EtOH vapor treatment, the amount of soluble tannins decreased to ca.14%. Sensory evaluation revealed improvement in the smell, texture and taste. Moreover, the antioxidative activity and the fructooligosaccharide composition in the juice were retained through the treatment period. Antioxidative activity was maintained at levels above 97%, and changes in fructooligosaccharide composition were minimal. In conclusion, we confirmed that the astringency of yacon root could easily be removed, with the treated root maintaining a healthy function.

(Received Oct. 12, 2012; Accepted Nov. 26, 2012)

Keywords : yacon, astringency removal, taste, antioxidative activity, fructooligosaccharides

キーワード : ヤーコン, 脱渋処理, 風味, 抗酸化活性, フラクトオリゴ糖

南米アンデス高地原産の多年生植物であるヤーコンは、南米原産のキク科の多年生植物であり、現地では生の塊根が食べられている。塊根の形はサツマイモに類似し、多汁質かつサクサクとした食感で酸味はないが甘味がある。

ヤーコン塊根にはフラクトオリゴ糖と抗酸化活性を有するポリフェノールが豊富に含まれていることが知られている。ヤーコン塊根に含まれる主要な抗酸化物質はクロロゲン酸、3,5-ジカフェオイルキナ酸、2,3,5- or 2,4,5-トリカフェオイルアルトラル酸などのカフェ酸誘導体を主としたポリフェノールと報告されている¹⁾。

このようにヤーコン塊根は優れた機能性食材であるが、食した際の渋みが問題となっており、これが消費者から敬遠される原因ともなっている。この渋みを簡単に除去、低減させることができれば、機能性食材であるヤーコンの利用幅が広がることが期待される。本研究では、塊根の渋みを効果的に除去する方法を確立することを目的とする。

ヤーコンの渋み除去については、過去に粉末活性炭²⁾³⁾や

酢酸発酵⁴⁾を用いた渋み除去に関する研究が行われている。本研究では、渋柿の渋みがエタノールを用いた脱渋処理によって取り除かれていることに着目し、同様にエタノールを用いたヤーコンの脱渋を試みた。この方法はエタノール蒸気下に一定期間置く脱渋法であり、一定条件で繰り返し実験しやすい利点がある。

脱渋とは、渋柿の渋み物質をアルコールなどで不溶化し、渋みをなくすことである。柿 (*Diospyros kaki* Thunb.) は日本で古くから栽培されてきた果実であり、その品種は 800~1000 種と言われている。渋柿と甘柿の 2 種に大別され、渋柿は干し柿や醃柿への加工により脱渋して食用に供される。柿の脱渋法にはエタノール法、炭酸ガス法、温湯法、灰汁抜き法、熟し柿法などがあり、どの処理でも渋みがなくなる⁵⁾。この渋みの消失は渋み成分であるカキタンニンが消失するのではなく、カキタンニンが脱渋処理により可溶性から不溶性へと変性することで渋みを感じさせる収斂作用が失われることが原因であると説明されている⁵⁾。

〒192-0982 東京都八王子市片倉町 1404-1

* 連絡先 (Corresponding author), nishino@stf.teu.ac.jp

実験方法

1. 実験材料

試料に用いたヤーコン塊根は市販されていた苗（品種名：サラダオトメ）を栽培して収穫した。栽培は、2007年5月より東京都八王子市内の畑で苗の状態から2007年10～11月まで栽培することで塊根を収穫した。収穫後4℃で貯蔵していたものを使用した。実験には平均的な塊根の大きさ（ $n=48$ ）である約0.24kg・FW（FW：新鮮重）の形が整ったものだけを使用した。

2. 脱渋方法

脱渋処理は渋柿のエタノール脱渋法⁹⁾を参考にした。3L容のタッパーにキムタオルを敷き、0、10、30、70、90%のエタノールを20mL染みこませた後、その上に1/4に切った塊根の皮面を下にして4個置いた。その後、容器に蓋をして、20℃のインキュベータ内に暗条件下で2日置いた。

3. 搾汁作成方法

脱渋処理した塊根を圧力鍋で加圧して10分蒸すことでポリフェノールオキシダーゼを加熱失活させた後、ジューサーで破碎し、クッキングペーパー（不織布）でろ過することで搾汁を得た。

4. タンニン量の測定

メチレンブルー法を用いて定量した⁷⁾。この方法は、メチレンブルーのジメチルアミンが水素受容体として作用し、タンニンを架橋して重水素化（D化）することでメチレンブルーとタンニンの不溶性の沈殿物を形成する性質に基づくタンニンの定量法である。試料2mLに0.2M PBS（Na-K）（pH7.0）を1mL、 2.6×10^{-3} %メチレンブルー水溶液2mLを加えて攪拌した。室温で30分間静置後、4000rpmで10分間遠心分離した後、上澄み液のAbs. 660nmを測定した。なお、標準物質にはタンニン酸（Wako）を使用した。

5. 官能評価

脱渋前の塊根と30%エタノールで2日間脱渋処理を施した塊根を生食状態で官能評価を行った。官能評価に供したヤーコンは外側の渋みが強い皮部分が入らないように注意して中心部のみを約4×3×1（cm）に切ったものを用いた。

官能評価は以下の項目（見た目、香り、後味、おいしさ、食感）に総合評価を加えて各5段階（弱い→-2、強い→+2）で評価する嗜好型官能評価によって行った。評価は2010年、6/7～6/21の期間の毎週月曜17:00に研究室の20代のメンバー5名（男性3名、女性2名）に対して4回繰り返し行って合計20のデータを得た。

6. 抗酸化活性の測定

既報⁸⁾を参考にしてDPPHラジカル捕捉能を測定した。試料1mLに80μg/mL DPPH溶液を1mL添加、室温で

30分間静置した後、Abs. 517nmを測定した。なお、抗酸化活性はアスコルビン酸当量で表した。

7. 総ポリフェノール量の測定

Folin-Ciocalteu法を用いた。測定方法はTiittoの方法⁹⁾を参考にした。試料1mLに1N Folin-Ciocalteu試薬（Sigma）を0.5mL、0.4M Na₂CO₃を5mL加えて攪拌した。室温で30分間静置後、4000rpmで5分間遠心分離した後、上澄み液のAbs. 660nmを測定した。なお、標準物質にはタンニン酸（Wako）を使用した。

8. フラクトオリゴ糖組成

既報¹⁰⁾を参考にして、TLCにより分析した。Silica gel 60アルミシート（Merck）に試料を1μLスポットし、溶媒に1-ブタノール/2-プロパノール/水（3/12/4, v/v/v）を用いて展開した後、アニシジンりん酸液¹⁰⁾を噴霧、100～110℃で加熱して発色させた。

実験結果

1. 脱渋処理が外観に及ぼす影響

図1は脱渋処理中のヤーコン塊根の外観を比較した図である。10%エタノール処理サンプルは0%と差が見られなかったため図1には含めていない。

2日間0、10%エタノール処理したサンプルは全体に赤く褐変した。70、90%エタノール処理は表皮に近い方から黒色に変色し、特に皮層が薄く、固くなった。30%エタノール処理では2日置いた後も褐変がなく、かつ黒色の変色も見られなかった。また、甘い香りがあり、後味の不快な渋みがなくなっていた。0、10%エタノール処理は風味に変化がなかったが、70、90%エタノール処理では1日および2日処理共にツンとくる不快な香りがあり、90%エタノール処理では苦みが生じて食用には適していなかった。

2. 脱渋処理に用いるエタノール濃度の決定

タンニン濃度の測定には予備検討の時点で風味改善効果が高いと感じられた2日目のサンプルを用いた。各エタノール濃度（0、10、30、70、90%）で2日処理した後のタンニン量を図2に示した。なお、0日目の未処理のタンニン量の平均値は0.27mg/mLであった。この量はヤーコン塊根重量あたりに換算すると0.11mg/gとなる。

0、10、30%エタノール処理すると濃度上昇と共にタンニン量は減少したが30%エタノールと70%エタノールではほぼ同じ値を示した。しかし、90%エタノールでは再び減少した。

3. タンニン量の変化

図2より30%エタノール処理で十分な効果があると考えられたため30%エタノール処理サンプルにおける変化を測定した。搾汁中のタンニン量は脱渋処理の期間が長くなるに従って有意に減少した。（図3）その減少量は、0日と比較して脱渋処理1日、2日、3日で約-7%、-14%、-20%であった。コントロールでは減少しなかった。

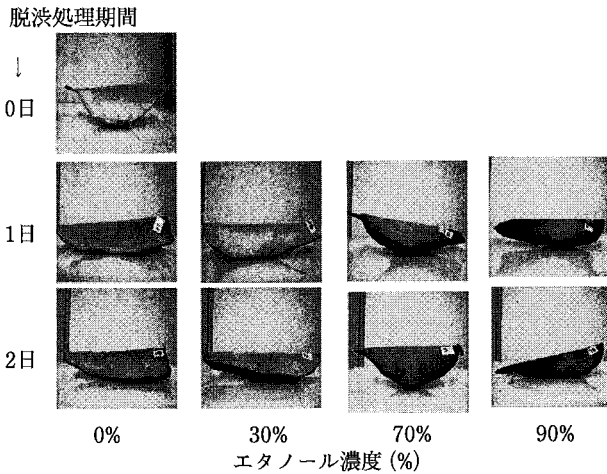


図 1 脱渋処理が外観に及ぼす影響

上から脱渋処理期間が0日, 1日, 2日
左からエタノール濃度が0%, 30%, 70%, 90%

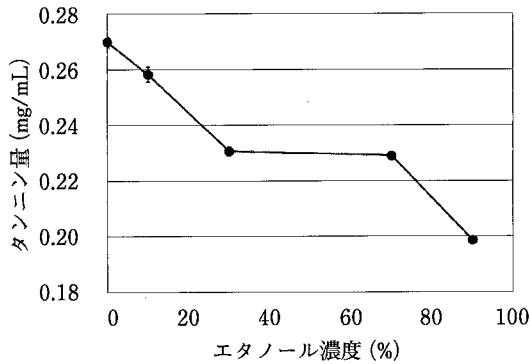


図 2 脱渋に用いるエタノール濃度とタンニン量の関係 (2日間処理)

平均値±標準偏差 (n=3)

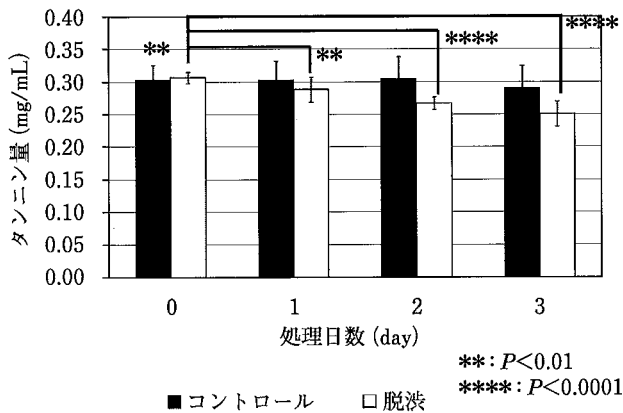


図 3 脱渋中の可溶性タンニン量の変化

(30% エタノール処理サンプルの変化)
平均値±標準偏差 (n=3)

4. 官能評価

嗜好型官能評価の結果は、コントロール (C) より脱渋処

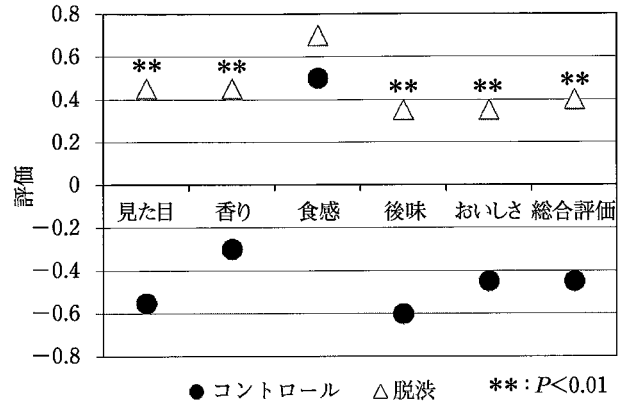


図 4 脱渋処理前後の官能評価 (嗜好型・評点法)

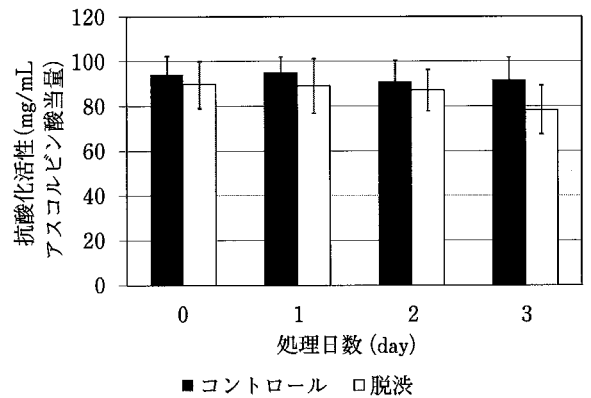


図 5 脱渋処理中の抗酸化活性の変化

平均値±標準偏差 (n=3)

理を施したヤーコン塊根 (RA) の方が食感以外は全体的に好ましい結果が得られた (図 4)。

コントロールは後味, おいしさに関して「後味にしみを感じた」, 「青臭い」, 「好んで食べたいとは思わない」とのコメントが多かった。それに対し, 脱渋処理したヤーコンでは「甘い香りがした」「甘味があっておいしかった」とのコメントが見られた。食感についてはコントロール, 脱渋処理を施したヤーコン塊根の両方で「シャキシヤキした食感が好ましい」とのコメントがあり, 脱渋処理を行っても食感の良い点が失われないことが示された。

5. 脱渋処理が機能性へ及ぼす影響

試料は全て搾汁状態で測定した。抗酸化活性, 総ポリフェノール量は経日変化を分析した。フラクトオリゴ糖組成は最適条件 (30% エタノール, 2日脱渋処理) と過度の条件である 90% エタノール, 2日脱渋処理について比較した。

抗酸化活性は脱渋処理の時間経過と共にわずかに減少したものの ($p>0.05$), 最適条件である 2日では 97% 以上保持した。(図 5) 総ポリフェノール量は脱渋処理ではほとんど変化しなかった ($p>0.05$) (図 6)。コントロールでは,

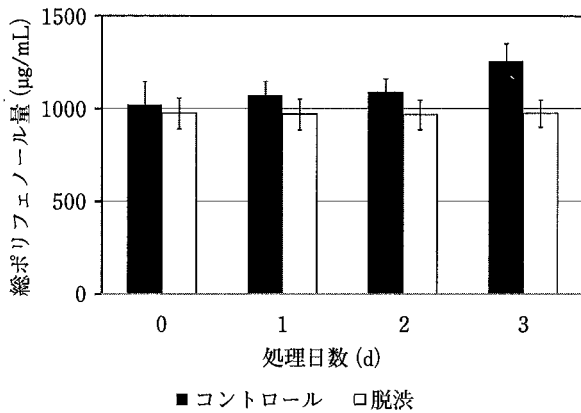


図6 脱渋処理中の総ポリフェノール量の変化
平均値±標準偏差 (n=3)

わずかな増加が見られた。フラクトオリゴ糖組成は最適条件 (30% エタノール, 2日) の脱渋処理, 過度の条件である90% エタノール, 2日脱渋処理ともに大きな変化は見られなかった (図7)。

考 察

ヤーコンはキク科の植物であるが, 渋柿の脱渋法であるエタノール法を行っても脱渋が可能であった。

搾汁中のタンニン量が脱渋処理時間とともに減少した (図2) ことから, 可溶性タンニンがエタノール蒸気にさらされることによって不溶性タンニンとなって減少することが脱渋の要因と考えられた。また, 30% エタノールで2日間脱渋処理したときに風味が改善された。脱渋処理した塊根の搾汁に含まれるタンニン量は0日より約14% (約0.05 mg/mL) 減少したときに渋みを感じられなくなった。これより, タンニンの渋みの閾値濃度はタンニン量が0.25 mg/mL 付近と考えられる。

30% エタノール条件下で2日脱渋処理したことによる風味の改善は嗜好型官能評価により確かめられ, 特徴の1つであるシャキシャキした食感が失われないと判定された。つまり, ヤーコン塊根の脱渋処理は, 渋柿のエタノール脱渋のような軟化¹¹⁾¹²⁾が見られないことが示された。

30% エタノールで2日処理した条件が, 見た目の劣化がなく, 後味の不快な渋みもなかったが, 70, 90% エタノール処理では不快な風味が生じた。これらの結果から, 30% エタノールによる2日処理が最適な脱渋条件と考えられた。30% エタノールの条件は渋柿の焼酎脱渋と同様の条件であるため, 家庭での脱渋も可能であると考えられる。

30% エタノール処理では0, 10% エタノール処理のようなポリフェノールオキシダーゼ (PPO) による褐変はみられなかったが, 加熱処理を行わずに破碎すると褐変した。この褐変は塊根内部の細胞に含まれるPPOが酸素に触れることに起因すると考えられる。よって, 揮発したエタ

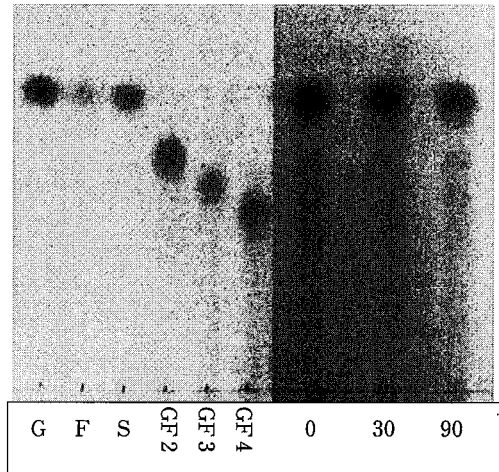


図7 脱渋処理がフラクトオリゴ組成に与える影響

G: グルコース, F: フルクトース, S: スクロース, GF2, GF3, GF4: フラクトオリゴ糖 (数字は重合度), 0, 30, 90: エタノール濃度

ノール分子は表面細胞のPPOだけを阻害したと考えられる。Valeroら (1990)¹³⁾は脂肪族高級アルコールによるPPOの阻害を調べ, 炭化水素鎖が長いほど阻害能が強く, さらに1級>2級>3級アルコールの順になると報告している。また, 異なる植物種から抽出されたPPOは基質特異性や, 最適pHが異なることも報告されている^{14)~16)}。本実験の結果は, ヤーコンのPPOによる褐変がエタノールのような低級アルコールで阻害されることを示した。一方で70, 90% エタノール処理で見られた黒色の変色はヤーコン塊根に対する過剰なエタノール量によって引き起こされた別の現象と考えられる。

2日処理時の可溶性タンニン量は, 不快な渋みがなくなった30% エタノール処理では14%減少していた。0% エタノール処理と10% エタノール処理のタンニン量の差と比較すると30% エタノール処理でタンニン量が大きく減少し, 渋みがなくなったことから, 14%の減少によってタンニンの渋みを感じなくなる濃度 (閾値) に達したと考えられる。0, 10, 30% エタノール処理の減少傾向とは異なり, 30~70% エタノール処理ではほとんど一定であった。このことから, 30% エタノール, 20mLがヤーコン塊根 (約0.24 kg・FW) の脱渋に使用するエタノール量の最適であると考えられた。30%以上のエタノール処理では塊根に吸収できるエタノール量, 細胞内で不溶化されるタンニン量, タンニンの不溶化に関係がある¹⁷⁾と言われるアルコール・デヒドロゲナーゼ活性に上限があるのかもしれない。90% エタノール処理でのタンニン量の減少は, 表面細胞の顕微鏡観察で90% エタノール処理のときだけ細胞が損傷して縮小していたことから他のエタノール濃度とは異なる原因 (例えば脱水など) によってタンニン量が減少した可能性がある。

また、この脱渋処理条件では、ヤーコン塊根の持つ長所である高い抗酸化活性は保持できた。処理期間が長くなるに従ってわずかに減少するものの2日目でも97%以上保持していた。総ポリフェノール量もほとんど変化が見られなかった。これらは、脱渋処理に伴う可溶性タンニン量の減少が約0.05mg/mLと量的にわずかだったことから妥当な結果と思われる。つまり、風味改善に必要とされる可溶性タンニン量の変化はわずかな減少させるだけで十分であるため、抗酸化活性などのポリフェノール類の機能性は保持される。

未処理における総ポリフェノール量の増加理由は、ヤーコン塊根を切ったことや密閉空間に置いたことでポリフェノールがヤーコンに溶解しやすくなった。あるいは、脱渋処理中に還元性化合物が不溶性の配糖体などから遊離することで可溶化され、その還元性化合物がFoiln-Ciocalteu試薬と反応したことなどが考えられる。ただし、コントロールの可溶性タンニン量は変化がなかったことから、還元性化合物はタンニン活性を持たないと考えられた。

もう1つの機能性成分であるフラクトオリゴ糖もほぼ変化が見られなかった。切断面のエタノール蒸気への暴露はフラクトオリゴ糖の分解を引き起こさなかったと考えられる。

要 約

高い抗酸化活性とフラクトオリゴ糖を豊富に含むことで知られるキク科植物のヤーコン塊根の渋み除去を試みた。脱渋方法には渋柿の脱渋法として知られるエタノールによる脱渋法を用いた。

検討の結果、最適脱渋条件は、見た目と風味の点に優れた25.0mLエタノール/kg・FW(約0.24kg・FWのヤーコン塊根に対して30%エタノール、20mLによる処理)と決定された。エタノール濃度を30%に固定して実験($n=8$)を行ったところ、脱渋処理2日目でタンニン量が約14%減少していた($p<0.0001$)。この脱渋後の塊根について官能評価を行うと、コントロールの「後味に渋味を感じた」、 「青臭い」に対して脱渋したヤーコン塊根は「甘い香りがした」、 「甘くておいしい」と優れた評価を得た。また、柿の脱渋において問題とされる食感の変化は起こらずシャキシャキした食感を保持していた。また、この脱渋処理においてヤーコン塊根の持つ機能性である抗酸化活性は97%以上保持され、フラクトオリゴ糖も保持されていた。

今回の検討から、ヤーコン塊根は簡易な脱渋処理によって抗酸化活性とフラクトオリゴ糖を保持した状態で渋みを取り除くことができることが確認された。

文 献

- 1) Takenaka, M., Yan, X., Ono, H., Yoshida, M., Nagata, T. and Nakanishi, T., Caffeic acid derivatives in the roots of yacon (*Smallanthus sonchifolius*). *J. Agric. Food Chem.*, **51**, 793-796 (2003).
- 2) 本堂正明, 佐藤英夫, 宇野豊子, 奥村幸広, ヤーコン塊根汁液の清澄化・脱色・脱臭とジュース飲料の開発, 北海道立食品加工研究センター報告, **1**, 15-21 (1994).
- 3) 本堂正明, 中野敦博, 奥村幸広, 山木 携, ヤーコンジュースの清澄化, 脱色, 脱臭及びフラクトオリゴ糖含量に及ぼす粉末活性炭処理の影響, 日本食品科学工学会誌, **47**, 148-154 (2000).
- 4) 本堂正明, 奥村幸広, 山木 携, フラクトオリゴ糖含有ヤーコンビネガーの製法, 日本食品科学工学会誌, **47**, 803-807 (2000).
- 5) 松尾友明, 伊藤三郎, カキタンニンをめぐる, 化学と生物, **15**, 732-736 (1977).
- 6) Taira, S., Satoh, I. and Watanabe, S., 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. *Japan. Journal of the Japanese Society for Horticultural Science*, **60**, 1003-1009 (1992).
- 7) Valero, E., Varon, R. and Garcia-Carmona, F., Inhibition of grape polyphenol oxidase by several natural aliphatic alcohols. *J. Agric. Food Chem.*, **38**, 1097-1100 (1990).
- 8) 須田郁夫, 沖 智之, 西場洋一, 増田真美, 小林美緒, 永井沙樹, 比屋根理恵, 宮重俊一, 沖縄県産果実類・野菜類のポリフェノール含量とラジカル消去活性, 日本食品科学工学会誌, **52**, 462-471 (2005).
- 9) Julkunen-Tiitto, R., Phenolic Constituents in the Leaves of Northern Willows Methods for the Analysis of Certain Phenolics. *J. Agric. Food Chem.*, **33**, 213-217 (1985).
- 10) Mukherjee, S. and Srivastava, H.C., Improved spray reagent for the detection of sugar. *Nature*, **169**, 330 (1952).
- 11) 平 智, 久保康隆, 杉浦 明, 苫名 孝, 脱渋方法の違いがカキ「平核無」果実の収穫・脱渋後の品質及び貯蔵性に及ぼす影響, 園芸学会雑誌, **56**, 215-221 (1987).
- 12) 板村裕之, 福嶋忠昭, 北村利夫, カキ「平核無」果実の軟化と細胞壁多糖成分の関係, 日本食品科学工学会誌, **36**, 647-650 (1989).
- 13) Valero, E., Varon, R. and Garcia-Carmona, F., Inhibition of grape polyphenol oxidase by several natural aliphatic alcohols. *J. Agric. Food Chem.*, **38**, 1097-1100 (1990).
- 14) Y. J. Owusu-Ansah, Polyphenol oxidase in wild rice (*Zizania palustris*). *J. Agric. Food Chem.*, **37**, 901-904 (1989).
- 15) Wesche-Ebeling, P. and Montgomery, M. W., Strawberry polyphenoloxidase: extraction and partial characterization. *J. Food Sci.*, **55**, 1320-1324 (1990).
- 16) Fujita, S. and Tono, T., Purification and some properties of polyphenoloxidase in eggplant (*Solanum melongena*). *J. Sci. Food Agric.*, **46**, 115-123 (1988).
- 17) 並河 功, 柿の脱渋現象について, 農業および園芸, **10**, 269-276 (1935).

(平成24年10月12日受付, 平成24年11月26日受理)