カキ果実の脱渋性に関する研究(第2報)

エタノール処理による樹上脱渋(その2)

杉浦 明・原田 久・苫名 孝

(京都大学農学部)

Studies on the Removal of Astringency in Japanese Persimmon Fruits
II. "On-Tree Removal" of Astringency by Ethanol Treatment (Part II)

Akira SUGIURA, Hisashi HARADA and Takashi TOMANA

College of Agriculture, Kyoto University, Sakyo-ku, Kyoto

Summary

This paper is a continuation of our preceding report and describes the effects of ethanol treatment for removal of astringency from the "on-tree" fruit of the Japanese persimmon, cv. Hiratanenashi, from the pre-bloom stage extending to the end of July on the reappearance of astringency and on changes in other fruit characteristics.

Fruit or fruit buds at pre-bloom were enclosed in polyethylene bags containing 5 or 10 ml of 5% ethanol until they completely lost their astringency. Then the bags were removed and the fruit was allowed to remain on the tree.

1) Except for the fruit treated in mid- or late July, soluble tannin reappeared in the fruit within one to two weeks after de-bagging with increasing degrees of reappearance in earlier treatments. Fruit treated before mid- or late June displayed astringency throughout the flesh tissue, while those treated later did so only in portions of the flesh tissue near the calyx end.

2) The browning of flesh tissue appeared strongly in the fruit treated at the end of June and later, except for the portion of flesh tissue near the calyx end where astringency reoccurred. In fruit in which astringency reoccurred in all the tissue, only minor and localized browning, if any, was detected at the distal end of the fruit.

3) Fruit shape and size were variously affected by the dates of ethanol treatment. Treatments applied between mid-May and mid-June tended to cause flattening of the fruit. Those treated between late June and mid-July showed reduced fruit diameter and distorted shape, while treatment at the end of July had almost no effect on fruit shape and size.

4) Mitotic activity of flesh tissue was most active from the end of May to early June, and almost ceased in late June and was located mainly in the calyx end of the fruit. Its possible contribution to the reappearance of astringency after ethanol treatment is discussed.

緒 言

前報(7)において著者らは希釈エタノール(5~20%)を数mlずつ含んだポリエチレン袋で、樹上にある渋ガキ果実を被袋すれば、数日中に脱渋することを報告した。すなわち、品種平核無について7月中旬より9月下旬までの間、半月間隔で樹上脱渋処理を行なったとこ

ろ、いずれの時期の処理でも脱渋はほぼ完全であり、その後渋味が出現することはなかった。しかも脱渋後の果実肥大には7月中の処理を除いて殆ど処理の影響はなく、正常であった。ただ、早い時期の脱渋果では特徴的に強い褐斑の発生がみられた。

本報は、前報では行なわなかった7月中旬以前の平核無果実についても、同様な処理によって脱渋が期待できるかどうかをみたものである。

1976年10月19日 受理

材料および方法

京都大学農学部付属農場植栽の平核無成木を供試し、1974年5月11日から7月30日までの間、1週間間隔で、5% エタノール 5ml を含むポリエチレン袋（厚さ 0.03mm, 大きさ 10×14.5cm）で花蕾（満開日は5月23日頃）あるいは果実を樹上で被袋した。花蕾期および幼果期においては使用エタノール濃度が 10% 以上になると殆どすべて落果（花）したが、5% ではその危険はなかったので、全ての処理区を通じて5%の濃度のものを使用した。被袋後適宜日をおいて採果（花）して脱渋程度を調べ、ほぼ渋味がなくなったと判断された段階で一斉に除袋した。処理日ごとの処理果（花）数は各々 50 個程度で、除袋後樹上でそのまま発育させ、9月18日に各処理の大部分の果実を、10月9日に残りの果実をそれぞれ収穫し、果実の形状や果肉の褐斑の発生状態および渋味の程度を調べた。

これらの処理とは別に、6月4日、7月3日および7月29日の3時期に同様の脱渋処理をした果実について、脱渋中（被袋中）および脱渋後（除袋後）の果実の渋味の変化を時期を追って調査した。ただし、幼果期にあっては完全な脱渋に至るまでにかなりの日数を要したので、処理の完全を期するために、6月4日および7月3日の処理では5% エタノール 10ml をずつ用いた。渋味の程度は前報（7）と同様、ろ紙プリント法と Loewenthal 法によって調べた。

なお、以上に行なった脱渋処理の期間には当然果肉細胞の分裂期が入ってきているので、細胞分裂に対する処理の影響や分裂期と脱渋との関係を見るために、6月4

日処理の果実と無処理の果実を7月中旬まで適宜採取して FAA で固定しておいた。後日、これらの試料について 10 μ のパラフィン連続切片を作製し、デラフィールドのヘマトキシリンで染色して中期ないし後期の状態にある分裂像の分布位置と数を調査した。

結 果

1. 収穫果の渋味程度

開花前より7月末までの間、1週間間隔（7月30日処理のみ 10 日の間隔）で樹上脱渋処理した果実の9月18日における渋味程度を調査した結果を、図1および2に示した。

図1より明らかなように、いったん脱渋するのを確かめたくて除袋したにもかかわらず、7月下旬処理の果実を除いて相当量の可溶性タンニンが認められ、とくに

Fig. 1. Effect of ethanol treatment applied at different dates on soluble tannin contents in cv. Hiratanenashi fruits harvested on September 18, 1974.

Fig. 2. Filter paper prints showing the degrees of astringency in the harvested Hiratanenashi fruits for which ethanol treatment was applied at the dates shown in Fig. 1.

The prints were made by pressing the freshly cut surface of fruits against dry filter paper previously impregnated in 5% ferric chloride.

処理時期の早いものはその量が多かった。5月11日処理果実の可溶性タンニン含量は無脱渋果実と殆ど変らない値を示した。図2は5%塩化第二鉄を浸ませた乾燥ろ紙に果実中央縦断面を押しあてて作ったプリントであるが、6月22日処理までの果実では渋味が果肉全面にみられたのに対して、6月29日以降の処理果では果てい部付近にのみ渋味が存在していた。

2. 脱渋処理後の渋味の出現

上述の結果は、花蕾期～幼果期に脱渋処理した果実では、除袋後新たに可溶性タンニンが出現してきたことを示すものと思われる。そこで、とくに3時期を選んで脱渋処理を施し、処理中および除袋後の可溶性タンニンの変化を経時的に追跡した結果を図3に示した。6月4日処理 (T_1) の果実ではほぼ脱渋した後も数日被袋してお

Fig. 3. Changes in soluble tannin contents in Hiratanenashi fruit during and after ethanol treatment applied at three different dates.

T_1 , T_2 , T_3 denote the dates of bagging and ※ denotes those of de-bagging.

いて9日目(6月13日)に除袋した。除袋後1週間ぐらいの間に可溶性タンニンの増加がみられ、2週間後には最大の含量(2.75%)となり、その後は無処理果についてもみられるような自然な濃度低下とほぼ同様な減少を示し、最終的には0.7%程度の値まで低下した。つぎの7月3日処理果(T_2)では7日後に除袋したが、やはり除袋後2週間以内に可溶性タンニンが出現してきた。しかしこの場合は、果実肥大が急速なこともあって濃度的には6月4日処理の場合のような高いピークを示すことはなく、最終的には6月4日処理果とほぼ同程度の値であった。最後の7月29日処理果(T_3)では7日目に除袋したが、除袋後可溶性タンニンが出現することはなかった。

なお、参考までに無処理果実1個当たりの可溶性タンニン含量の変化を図3中に点線で示した。可溶性タンニン濃度は6月中旬ごろより減少の一途をたどるのに対して、絶対量は8月下旬まで増加を続けた。

3. 褐斑の発生

図4は9月18日に収穫した果実の褐斑の発生状態を示したものである。渋味が果肉全面に現われた果実(5月11日～6月22日処理)では褐斑は殆どみられないが、あっても果頂部付近にわずかに局在している程度であった(図5)。それに対して、6月29日の処理を境にして褐斑発生にれき然とした差異が現われ、それ以降の処理果では渋味の出現した果てい部を除いて果肉全面に強い褐斑を生じた。

4. 果形の変化

図4からも明らかなように、脱渋処理の時期によって果形や果実肥大にかなりの変化がみられた。図6は9月18日収穫果の外観を示し、図7はそれらの果実横径、果

Fig. 4. Effect of ethanol treatment applied at different dates on flesh browning in Hiratanenashi fruits harvested on September 18, 1974.

Fig. 5. Slight and localized appearance of flesh browning in the Hiratanenashi fruit.

This fruit was treated with 5% ethanol on June 8 and harvested on October 9, 1974.

高および果形指数（果高/横径）を示したものである。多少の例外はみられたが、概して早い時期の処理では果形が扁平になる傾向を示したのに対して、強い褐斑を呈するようになった果実（6月29日）を境にして横径生長の著しい抑制がみられ、果形に大きなヒズミを生じた。このような果形の変化は予想していなかったため、経時的な果実の計測を行っていないが、実際には果実発育途上での果形の変化は図7でみるよりはもっと顕著であった。すなわち、5月18日～6月15日までの処理果では第1期肥大期の縦径生長が著しく抑制されたため（6月1日処理の果実だけは扁平になっていないが、その原因や途中の様子などは不明であり、データは図7から除

Fig. 6. Effect of ethanol treatment applied at different dates on fruit size of Hiratanenashi fruit.

Fig. 7. Effect of ethanol treatment applied at different dates on fruit diameter, length and length/diameter ratios of Hiratanenashi fruits harvested on September 18, 1974.

いた), 横径生長が促進される結果となった。その後第3期肥大期に入って縦径生長が相当回復したものの最終的にも無処理果実に比べてかなり扁平であった。他方、6月29日処理を境に横径生長が著しく抑制されたが、処理時期が遅くなるにつれて抑制程度が徐々に弱まり、7月30日処理果では無処理果と殆ど変わらないぐらいに戻った。また、横径生長が抑制された果実では果形に大きなヒズミを生じたが、その原因としては処理後果実の横径が全体にわたって抑制されていたものが、果てい部に渋味が出現するにつれて、果てい部の生長速度が大きくなり、果実の上下での肥大速度にズレが生じてきたことが考えられた。

5. 細胞分裂に対する処理の影響

果実中央部の縦方向切片について、中期ないし後期にある分裂像をもった細胞の分布位置と数を調査した結果は、図8および9のとおりである。

Fig. 8. Mitotic activity in flesh tissue of ethanol-treated and untreated Hiratanenashi fruits.

Fig. 9. Distribution of mitotic activity in flesh tissue of ethanol-treated and untreated Hiratanenashi fruits.

A: untreated, B: treated on June 4.

Each dot represents one mitotic figure.

無処理果実の細胞分裂は満開期の5月23日には全くみられなかったが、5月末から6月上旬にかけて最も盛んとなり、6月下旬には殆ど停止していた。また、分裂細胞はもっぱら果実中部から基部にかけて分布していた。いっぽう、6月4日に脱渋処理した果実では一時的に分裂が抑制されたが、その後回復し、無処理果と同様6月下旬には分裂を停止していた。

考 察

前報(7)では、平核無果実を7月中旬以降樹上でエ

タノール処理することによって脱渋させることを報告したが、本報では引き続き7月中旬以前処理によっても同様に脱渋させることができることを確かめた。しかし、7月中下旬以降の処理ではいったん樹上で脱渋するとその後渋味は全くあらわれてこないのに対して、7月中旬以前の処理では果実の発育に伴って渋味が再現し、とくに処理時期が早ければ早いほどその程度が大きいことが明らかになった。

そこで、処理時期によってこのように渋味が再現してくる原因について少し考察してみたい。

可溶性タンニンがいったん不溶化すればそれが自然状態で再可溶化することは恐らく考えられない(6)。北川(3)や松尾ら(5)によれば、不溶化の過程でタンニン物質そのものはあまり強い化学的変化をうけないので、加熱や超音波処理などをすればタンニン物質は容易に渋味を再現してくるとしているが、このような激烈な処理に匹敵するような変化は自然にはまず起り得ないと考えられる。そうとすれば、脱渋処理後可溶性タンニンを含んだタンニン細胞が新たに出現して渋味をもたらしたと考えざるを得ないであろう。また、この場合単純に考えても2つのケースが想定される。すなわち、

(i) アルコール処理によって、果実中のすべての既存のタンニン細胞でタンニン物質の不溶化が起こり、その後新たに分化して生じたタンニン細胞によって渋味を現わすようになった場合、

(ii) 処理によって、既存のタンニン細胞のうち、ある程度以上の含量のタンニン物質を含んだもののみが不溶化し、その後においてタンニン物質を蓄積してきた残りのタンニン細胞と、新たに分化して生じたタンニン細胞とによって渋味を呈するようになった場合、とであろう。

ここで問題になるのは、タンニン細胞の分化発生とタンニン物質の蓄積の過程である。前者については従来、いく人かの研究者(2, 4, 6, 8)によって観察がなされてきたが、いまだあいまいな点が多く、断定的な結論が示されるには至っていない。いま仮に、タンニン細胞ももともと柔細胞の1つとして分化発生したものと仮定するならば、その開花後の分裂期は本実験の結果では5月末より6月下旬までで、6月末には殆ど分裂を停止しており、分裂部位も果実中部から基部にかけて集中していることになる。もし、このように考え、さらに上述の(ii)のケースを仮定するならば、本実験での渋味の再現過程を比較的合理的に説明できるのではなかろうか。すなわち、6月22日までの処理果実では果肉細胞はまだ分裂中かあるいは分裂直後の状態にあり、いずれにしても処理時

にはまだタンニン物質をあまり蓄積していない若いタンニン細胞が多くを占め、果実の発育に伴ってタンニン物質を蓄積してきて果実全体に渋味をもたらすようになったと考えられる。いっぽう、6月29日およびそれ以降の処理果実になると、細胞分裂は殆ど停止していて、果実は急速な肥大期に入り、果実当りの可溶性タンニン含量も急増し、とくに果実中部から頂部にかけてのタンニン細胞の殆どはすでに十分なタンニン物質を蓄積しているために、処理によって不溶化し、分裂停止後間もない若いタンニン細胞の多い果てい部付近の組織のみが、処理後タンニン物質を蓄積してきて渋味を呈するようになったと考えられる。そして、7月下旬の果実になると、果てい部付近のタンニン細胞も十分なタンニン物質を蓄積しているので、処理によって、全体のタンニン物質が不溶化してしまうと、もはや渋味を現わすタンニン細胞がなくなってしまったということになるであろう。

このような説明は、カキ果実では基部生長が晩くまで旺盛で、自然状態でみられるいわゆる“渋戻り現象”がへた付近に限られているという観察(1)などを照らしあわせてみれば、かなり理にかなったものといえるであろう。

他方、(i)のケースを想定した場合には6月22日までの処理果実で、渋味が果実全面に現われたことの説明がむずかしいように思われる。

いずれにせよ、以上のような考え方はまだ推論の域を出ないものであり、今後の解明にまたなければならない。

つぎに、褐斑の発生についてみると、渋味再現の現象との間に非常に明瞭な関係がみられた。すなわち、果実全面に渋味が出現した果実(5月11日～6月22日までの処理果)では褐斑は殆どみられないか、みられた場合でも果頂部付近にごくわずかに局在している程度であった。それに対して、渋味の再現が少くなり、果てい部のみにあらわれるようになった果実では、その部位を除き全体にきわめて強い褐斑が発生した。

本実験でとくに興味をひいた現象は脱渋処理の時期によって果形に著しい変化がみられたことである。5月下旬から6月中旬にかけて処理した果実では縦径生長が抑制される反面横径生長が促され、扁平な果形を示し、果実発育の第1期でとくにその傾向が顕著であった。また、6月29日の処理を境に横径生長の抑制がみられ果形にヒズミが生じた。しかし、処理時期がさらに晩くなるにつれて抑制の程度は軽くなり、7月末の処理果では無処理果と変らない果形に回復した。

このような果形の変化をもたらした原因として、処理によってタンニン細胞が凝固した果肉組織の物理的強度

が大きくなり、新たに分化発育してきた未凝固のタンニン細胞を含む果肉組織との間に組織拡大(肥大)の速度にアンバランスを生じたことが考えられよう。

以上のごとく、果実の第1期肥大期での脱渋処理では渋味が再現してきたり、果形にヒズミが生じたりして、第2および第3期での脱渋処理とはかなり様相を異にしていたことは、カキ果実発育におけるタンニン細胞の役割を考えるうえでひとつの示唆を与えるものと思われる。

摘 要

前報に引きつづき、平核無について花蕾期より7月下旬までの間、樹上でのエタノール処理が脱渋とその後の渋味の再現、および果実の形質等に及ぼす影響を調べた。用いたエタノール濃度は5%で、5mlあるいは10mlずつポリエチレン袋に入れて、花蕾あるいは果実を樹上で被袋処理し、脱渋を確かめたうえで除袋した。

1) 7月下旬の処理果実を除いて、除袋後1～2週間ぐらゐの間に可溶性タンニンが再現し、とくに処理時期が早いほど再現の程度が大きかった。また、6月中下旬までの処理果実ではほぼ果肉全面に渋味を呈したが、それ以後の処理果実では果てい側半部あるいは果てい部のみに渋味の再現があった。

2) 収穫果(9月18日)について褐斑の発生状態をみると、渋味が果肉全面にあらわれた処理果実では褐斑は殆どみられないか、あっても果頂部付近にわずかに局在している程度であったが、6月末以降の処理果実では渋味の再現した果てい部を除いて果肉全面に強い褐斑がみられた。

3) 脱渋処理の時期によって果形や果実の肥大にかなりの影響がみられた。すなわち、概して早い時期(5月中旬から6月中旬まで)の処理では果形が扁平になる傾向を示し、また、強い褐斑を呈するようになった果実(6月末処理)を境にして横径生長の著しい抑制がみられ、果形にも大きなヒズミを生じた。しかし、処理時期がさらに遅くなるにつれて横径生長の抑制は徐々に弱まり、7月末の処理果実では果実の大きさ、果形ともに無処理果実と変わりないくらいに復した。

4) 渋味の再現との関連で、果肉細胞の分裂を調べたところ、開花後の分裂の最盛期は5月末から6月上旬にかけてであり、6月下旬には殆ど停止していた。また、分裂細胞はもっぱら果実中部から果てい部にかけて分布していた。脱渋処理は一時的に分裂を抑制したが、すぐに回復した。

5) 脱渋処理時期によってみられた渋味再現の様相について若干の考察を行なった。

引用文献

1. 藤村次郎. 1935. 柿の果実の発育に関する研究 I. 富有柿の果実の頂部, 中部, 基部の表面生長並に成熟の比較. 園学雑. 6: 105—117.
2. HOWARD, J. 1906. Tannin cells of persimmons. Bull. Torrey Bot. Club. 33: 567—576.
3. 北川博敏. 1969. カキの脱渋および貯蔵に関する研究（第6報）温湯脱渋果における渋味の再現について. 園学雑. 38: 202—208.
4. ————. 1970. カキの栽培と利用. 養賢堂.
5. 松尾友明・伊藤三郎. 1974. 脱渋カキ果よりタンニンの抽出とその性質. 昭和 49 年度園芸学会秋季大会研究発表要旨. p. 380—381.
6. 並河 功. 1935. 柿の脱渋現象に就いて. 農業及園芸. 10: 269—276.
7. 杉浦 明・原田 久・苔名 孝. 1975. カキ果実の脱渋性に関する研究（第1報）. エタノール処理による樹上脱渋（その1）. 園学雑. 44: 265—272.
8. 徳川義親・湯浅 明. 1936. 柿の単寧細胞に関する知見. 植物学雑誌. 50: 277—283.