

脱渋方法の異なるカキ‘平核無’果実のペクチン質およびヘミセルロースの変化と軟化との関係

誌名	日本食品保蔵科学会誌
ISSN	13441213
巻/号	274
掲載ページ	p. 197-204
発行年月	2001年8月

脱渋方法の異なるカキ‘平核無’果実のペクチン質および ヘミセルロースの変化と軟化との関係

石丸 恵*・茶珍和雄*・和田安規*・上田悦範*

Relationship between fruit softening and the change of pectic or hemicellulosic compounds in cell wall of Japanese persimmon ‘Hiratanenashi’ treated with different methods for removing astringency

ISHIMARU Megumi*, CHACHIN Kazuo*, WADA Yasunori*
and UEDA Yoshinori*

* Graduate School of Agriculture and Biological Sciences, Osaka Prefecture University,
1-1 Gakuen-cho, Sakai, Osaka 599-8531

‘Hiratanenashi’ fruit is the most popular Japanese persimmon (*Diospyros kaki* Thunb.) in Japan. It has fine flesh and good taste after its astringency was removed. But the fruit has very short shelf life, because of rapid softening. There are two ways for removing astringency; 1) treatment with alcohol and 2) treatment with carbon dioxide (CO₂). The present study was conducted to investigate the relationship between the changes in fruit firmness and cell wall composition (pectic and hemicellulosic composition). (1) The rate of fruit softening was different between treatments of alcohol in 20°C for 5 days and CO₂ in room temperature for 24 hours for removing astringency, the former was more rapid softening than the latter. The respiration and ethylene production of fruits treated with alcohol or carbon dioxide were temporarily increased after the treatment. (2) Sugar of phenol-acetic acid-water (PAW) fraction from fruits treated with alcohol or CO₂ were increased, but the content of non-treated fruit did not change during storage. Soluble polyuronide contents increased in order of control < CO₂ treatment < alcohol treatment. (3) The contents of guanidium-thiocyanate (GTC)-soluble and KOH-soluble sugar from hemicellulosic components did not change in non-treated fruit during storage and the sugar content of fruits treated with alcohol or CO₂ decreased by half in 3 days after treatment. These results indicated that the fruit softening of ‘Hiratanenashi’ is attributable to increase of water-soluble polyuronide and decrease of water-insoluble polyuronide contents. It was suggested that the different rate of fruit softening between alcohol and CO₂ treatments were depended on a degree of increase of water-soluble polyuronide and decrease of water-insoluble polyuronide. Breakdown of hemicellulosic component did not reflect the difference of the softening by both treatments.

(Received Jun. 13, 2001; Accepted Jul. 25, 2001)

カキ (*Diospyros kaki*) は、中国北部、朝鮮半島南部および日本に古くから栽培される東アジア温帯固有

の果樹で、その果実は甘味が強くて酸味に乏しく、タンニン物質含量が多い特徴をもっている。その品種は

きわめて多く、800ないし1000品種にも及ぶのではないかとされている。また、カキ果実は、樹上における自然脱渋の有無により甘柿と渋柿に区別されている。

渋柿の‘平核無’は脱渋後の肉質が緻密で柔らかく最も人気のある品種の一つである。しかし、この品種の欠点としては脱渋後の軟化が速く、日持ちが悪いことである。一方、渋柿の脱渋方法としてはアルコール脱渋とCO₂脱渋が最も広く実用化されおり^{1),2)}、その脱渋方法の違いによっても果実の軟化速度が異なる^{3),4)}。

一般に果実の軟化は主として細胞壁構造の崩壊によってもたらされ、それには構成多糖の変化が密接に関係していることは多くの研究者に認められている^{5)~7)}。そのなかでも細胞壁のマトリックス多糖類のペクチン質とヘミセルロースの変化が深く関与すると言われている。

本実験ではカキ‘平核無’果実のアルコール脱渋とCO₂脱渋後の軟化速度の違いを、収穫後の生理的变化の指標としてのCO₂排出量およびエチレン生成量の変化および果実の軟化に密接に関係する細胞壁構成成分であるペクチン質およびヘミセルロースの変化から調査した。

材料および方法

1. 供試果実と脱渋方法

大阪府立大学農学部附属農場で栽培、1995年10月16日に収穫されたカキ‘平核無’果実を実験に供した。アルコール脱渋(EtOH区)は果実1個当たり30%エタノール2.5mlを脱脂綿で塗布し、果実をこの脱脂綿と共に0.03mmの厚さのポリエチレン袋に入れ、5個ずつ密封して行った。CO₂脱渋(CO₂区)はビニールシートの中に果実を入れ、それにCO₂を底より静かに注入し、CO₂が逃げないように水で封ずる方法で行った。アルコール脱渋処理は20℃で5日間、CO₂脱渋処理は室温で24時間行った。処理後、両処理果実とも大気中に6時間放置後、無処理果実(対照区)と共に20℃で貯蔵した。

2. 測定項目

1) 果実のCO₂排出量とエチレン生成量の測定

果実のCO₂排出量とエチレン生成量の測定は、脱渋処理後6時間室温に静置後、果実を呼吸測定用ガラス容器に入れて1時間密封し、そのヘッドスペースのCO₂とエチレンをガスクロマトグラフィーで測定し、それらの発生量を算出した。CO₂の測定はPorapakQカラム(50~80 mesh, 2 m×3 mmφ, 60℃)とTCD

検出器を、エチレンの測定は活性アルミナカラム(60~80 mesh, 2 m×3 mmφ, 70℃)とFID検出器を用いて行った。いずれもキャリアガスとしてヘリウムを用いた。

2) 果肉硬度の測定 果肉硬度は果実赤道部の果皮より約5mm内部の厚さ11mmの組織について、レオメータ(不動工業製)を用い、直径3mmの円筒形プランジャーで貫通時の応力を測定した。各処理区5個ずつ測定した。

3) 細胞壁物質(cell wall material, CWM)の調製

果実の中心部、果頂部と果実基部を除去し、さらに果皮を剥した果肉を細断し、液体窒素で凍結したものを試料として用いた。凍結組織20gを乳鉢でできるだけ細かく粉碎し、40mlのフェノール:酢酸:水(2:1:1)(PAW)を入れ、ホモジナイザー(ULTRA-TURRAX)で再度磨砕した。その後、5時間攪拌し、遠心分離を行い、その上澄みを一晚透析したものをPAW可溶画分(水溶性ペクチン質を含む)とした。沈澱はデンプン除去のため50mlの90%ジメチルスルオキシド(DMSO)で18時間攪拌した後99%のエタノール、ジエチルエーテルで洗浄し、さらに減圧乾燥(一晚)したものを細胞壁成分(CWM)とした。

4) ペクチン質とヘミセルロースの分画と定量

ペクチン質とヘミセルロースの分画はSTEVENSらの方法に準じて行った⁸⁾。CWMの0.1gについて次の手順で細胞壁構成成分を抽出した。ペクチン質は0.05 M cyclohexane-trans-1, 2-diamine tetra-acetate (CDTA) 溶液で抽出し、さらに残渣を0.05 M Na₂CO₃ 溶液で、ヘミセルロースは6 M guanidium-thiocyanate (GTC) 溶液で抽出後、さらにその残渣を4 M KOH 溶液で抽出し、それぞれCDTA可溶画分、Na₂CO₃可溶画分、GTC可溶画分、KOH可溶画分とした。

CDTA可溶画分にはイオンや立体の相互作用で細胞壁特にミドルラメラに存在する非共有結合のペクチン質が含まれ、Na₂CO₃可溶画分には共有結合のペクチン質が含まれる。GTC可溶画分にはアシル基がそのままの非共有結合のヘミセルロースが、KOH可溶画分にはセルロースと水素結合しているヘミセルロースが抽出されると考えられている⁹⁾。

ペクチン質の各抽出画分を適宜希釈して、m-ヒドロキシジフェニル法によりウロン酸含量を、フェノール硫酸法により糖量を定量した。ヘミセルロース画分についてはフェノール硫酸法により糖量のみを定量した。ウロン酸含量は市販のガラクトキロン酸より求め

た検量曲線を用いて算出し、糖量はグルコースより求めた検量曲線を用いて算出した。

この際 CDTA 可溶画分、Na₂CO₃可溶画分および KOH 可溶画分においてタンニンが原因と思われる赤褐色の発色が認められた (特に Na₂CO₃可溶画分において強かった)。そこで、蔗糖の濃度勾配法、HCl 処理法、エタノール処理法、ポリクラール AT 法の 4 つの方法によるタンニン除去の検討も行った。各処理とも CO₂ 脱渋処理開始後 5 日の試料を用いて行い、影響の大きい Na₂CO₃可溶画分について無処理と処理後のタンニン含量 (μg/5 ml) を Folin-Denis 法で求め、処理後のタンニン含量/無処理のタンニン含量で処理効果を検討した。

実験結果および考察

1. 脱渋方法の異なる果実の生理的变化

1) 果実の果肉硬度の変化 果実の果肉硬度の変化は Fig. 1 に示したように、処理開始当日 8.2kg/cm² であったが、対照区、EtOH 区、CO₂ 区のいずれの区においても日数の経過とともに減少した。果肉硬度の低下は対照区 < CO₂ 区 < EtOH 区の順に大きく、EtOH 区は処理後 3 日で 2.4/cm² になり、処理開始当日に比べると約 1/4 になった。CO₂ 区の果肉硬度の低下は処理後 1 日から 5 日にかけて EtOH 区に比べやや緩やかに減少した。対照区の果肉硬度の低下は前二者に比べて少なく、処理後 10 日で処理開始当日の約 1/2 であった。

2) 果実の CO₂ 排出量とエチレン生成量の変化

果実の CO₂ 排出量の変化とエチレン生成量の変化は Fig. 2 に示した。CO₂ 排出量は対照区ではやや減少傾向にあったのに対し、EtOH 区と CO₂ 区では処理後

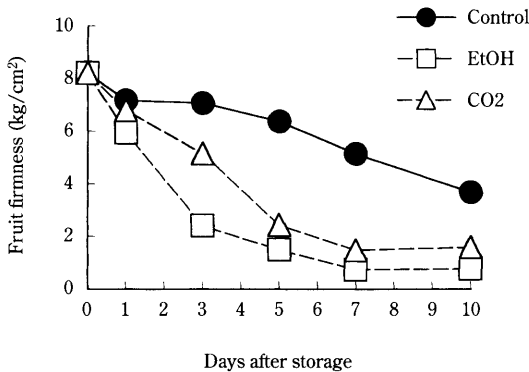


Fig. 1 Effects of EtOH and CO₂ treatments on fruit firmness of persimmon fruit

1 日で EtOH 区は 40 mg/kg/hr、CO₂ 区は 43 mg/kg/hr まで増加した。その後 CO₂ 排出量は EtOH 区では徐々に減少したが、CO₂ 区ではより速く減少した。果実のエチレン生成量は EtOH 区と CO₂ 区では処理後 1 日にそれぞれ 0.24 μl/kg/hr、0.17 μl/kg/hr の値に増加し、その後、処理後 3 日までに減少し、処理後 5 日以降は検出されなかった。対照区は処理後 3 日にかけて減少し、処理後 5 日以降は検出されなかった。

カキ果実の軟化とエチレンとの関係については多くの報告があり、カキ '刀根早生' 果実において、筆者ら¹⁰⁾は、果実の急速な軟化を防ぐためには CO₂ 処理後 2、3 日に発生するエチレン生成量を 0.2 μl/kg/hr 程度以下に抑える必要があるとし、板村ら (1986)¹¹⁾は '平核無' 果実において 0.5 μl/kg/hr 程度以下に抑える必要性を示唆している。本実験の対照区、EtOH 区および CO₂ 区のいずれにおいても 0.5 μl/kg/hr 以下のエチレン生成量であり、急速な軟化は起こってはならず、これらの報告と一致している。しかし、EtOH 区において処理後 1 日に 0.24 μl/kg/hr のエチレン生成が見られ、果実硬度の低下も対照区および CO₂ 区より早く進行していることから、脱渋処理後に発生するエチレンと果実硬度低下に関連があると思われる。

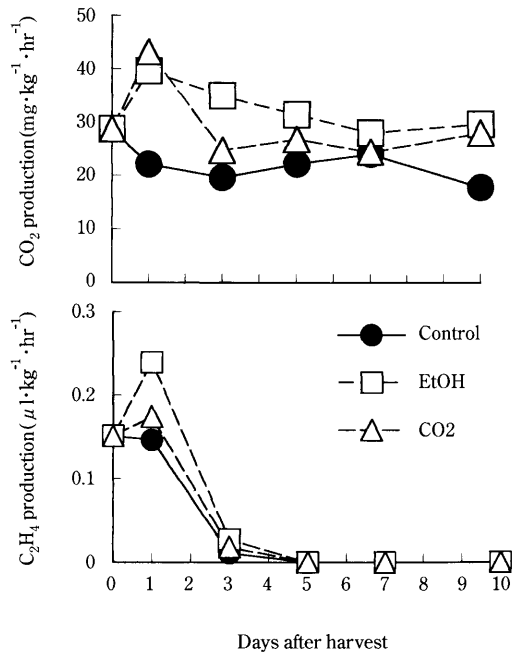


Fig. 2 Effects of EtOH and CO₂ treatments on respiration and ethylene production of persimmon fruit

今後、カキ果実に対するエチレンの閾値は栽培条件、栽培地などのさまざまな条件を加味し検討しなければならないと思われる。

2. 脱渋方法の異なる平核無カキ果実のペクチン質とヘミセルロースの変化

供試材料がタンニンを多く含むカキ果実であるため、CWM からのペクチン質とヘミセルロースの分画中にタンニンが混入されている可能性がある。特に共有結

合のペクチン質を含む Na_2CO_3 可溶画分に明らかにタンニンによるものと思われる赤褐色の着色がみられ、このタンニンが糖量、ウロン酸含量の定量を妨害するためにタンニン除去について検討した。また、タンニンの影響がほとんど見られなかった‘富有’果実の Na_2CO_3 可溶画分を‘平核無’果実と同様にタンニン除去操作を行い、フェノール硫酸法で糖量を測定し、処理後の糖量/無処理の糖量によって処理後の影響につい

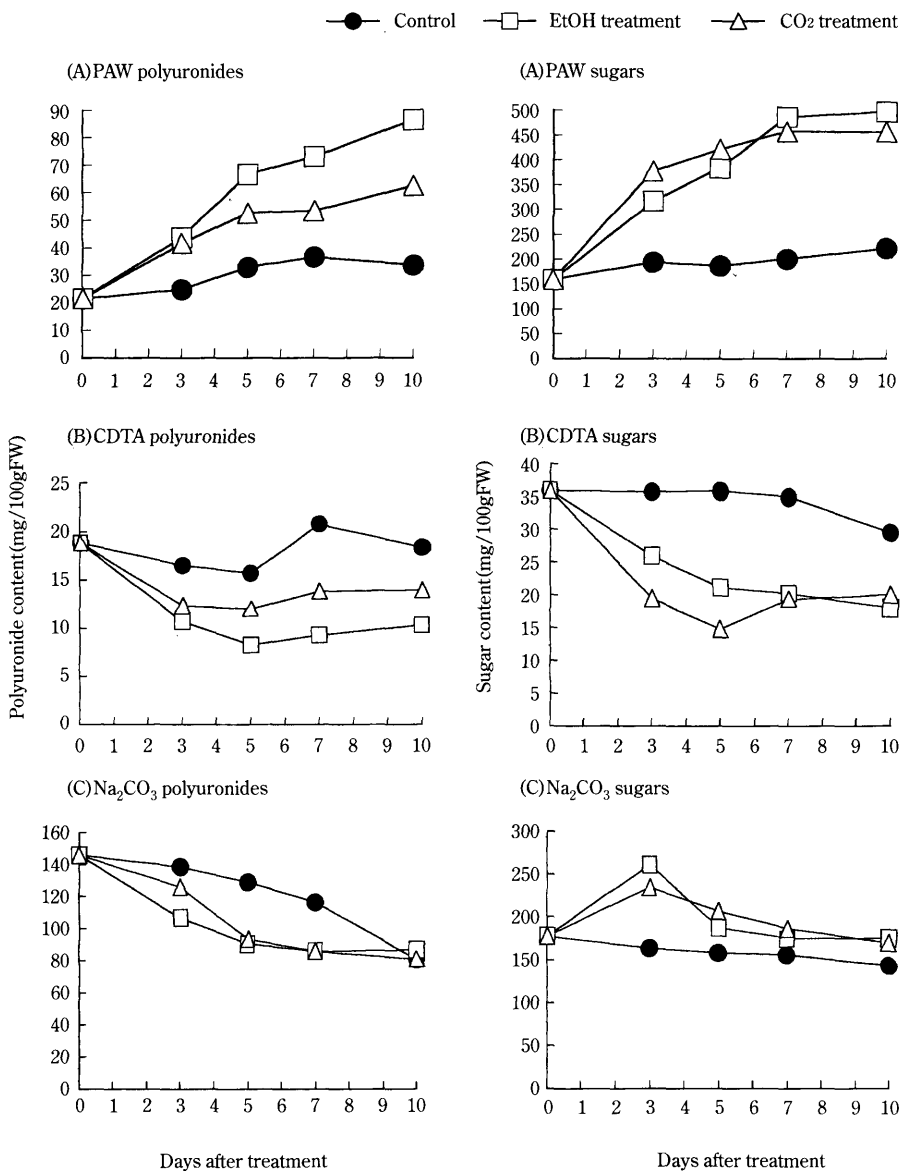


Fig. 3 changes in polyuronides and sugars of PAW soluble fraction (A), CDTA soluble fraction (B) and Na_2CO_3 soluble fraction (C) from cell wall material of persimmon fruit

て調査した。

蔗糖の濃度勾配法 (CWM 0.1g を 1M, 2M, 3M の濃度勾配層にのせ, 6000×g で遠心分離後 2M 層と 3M 層の境界付近を回収し, 測定を行った) はタンニンの除去効果が 44.5% であったが, '富有' 果実での処理後の糖量をみると約 46% しか糖が回収されず, 今後遠心速度, 回収方法の改良が必要であると思われる。HCl 処理法 (CWM 0.1g に 10%メルカプトエタノール 10ml, 0.1MHCl 10ml を加え, 50℃ で 12 時間攪拌し, 遠心分離後の残渣を用いる) はタンニンの除去効果が一番大きく 82.5% であったが, 処理後に糖は約 65% しか回収されず, 実験に用いるには不適當であった。この原因は HCl により, 本来 Na_2CO_3 可溶画分に現れるペクチン質が可溶化したり, CDTA 可溶画分の方に現れたものと考えられた。エタノール処理法とポリクラール AT 処理法はタンニンの除去効果は小さく, それぞれ 28.1% と 32.3% であったが, '富有' 果実での処理後の糖量をみると, 処理後の糖への影響はほとんどなかった。そこで今回はタンニンの除去効果は低いが処理による糖量への影響が少ないポリクラール AT 処理によって処理した試料を常法 (フェノール硫酸法と m-ヒドロキシジフェニル法) により発色させたものの吸光度から, 試料液にフェノール液あるいは m-ヒドロキシジフェニル液のかわりに水を加えたものの吸光度を差し引いた値を検量線に用いて定量した (データ省略)。

PAW (フェノール:酢酸:水) 可溶画分 (水溶性ペクチン) の変化は Fig. 3 (A) に示した。PAW 画分中のウロン酸含量は処理開始当日で約 20mg/100g FW であり, いずれの区も処理後日数が経過するにしたがって増加傾向を示し, その程度は対照区 < CO_2 区 < EtOH 区の順に大きく, 処理後 10 日でそれぞれ 33.7, 62.5, 86.5mg/100g FW であった。PAW 画分中の糖量は処理開始当日の果肉中には 159mg/100g FW 含まれていた。EtOH 区と CO_2 区の糖量は同程度に増加し, 処理後 10 日で EtOH 区では 496mg/100g FW, CO_2 区では 456mg/100g FW まで増加したのに対し, 対照区は 250mg/100g FW に増加する程度であり, EtOH 区および CO_2 区より増加の程度は少なかった。これはウロン酸含量と同様の傾向であった。

CDTA 可溶画分の変化は Fig 3 (B) に示した。CDTA 可溶画分中のウロン酸含量においても, EtOH 区と CO_2 区で減少し, その程度は EtOH 区の方が大きかった。対照区は全般的に変化は少ないようであった。CDTA 可溶画分中の糖量は EtOH 区と CO_2 区で

減少し, その程度は CO_2 区の方が処理後の初期の段階でやや大きかった。対照区は変化が少なかった。

Na_2CO_3 可溶画分 (水不溶性ペクチン) の変化は Fig 3 (C) に示した。ウロン酸含量はいずれの区においても減少し, この減少程度は対照区 < CO_2 区 < EtOH 区の順に大きく, 果肉硬度の低下傾向と比較的類似していた。すなわち, 対照区は徐々に減少し, EtOH 区は処理後 3 日までかなり大きく減少し, CO_2 区は処理後 3 日から 5 日にかけて減少が大きいことが認められ, Na_2CO_3 可溶画分の変化と果肉硬度の低下の間に相関があるように思われた。

GTC 可溶画分における糖量の変化は Fig 4 (A) に示した。対照区はほとんど変化ないのに対し, EtOH 区および CO_2 区はいずれも処理後 3 日まで増加し, その後横ばい状態で推移した。

KOH 可溶画分における糖量の変化は Fig 4 (B) に示した。ここでも対照区は余り変化なく, EtOH 区と CO_2 区は処理後 3 日まで減少し, その後は横ばい状態で推移した。これらヘミセルロース画分では EtOH

● Control □ EtOH treatment ▲ CO_2 treatment

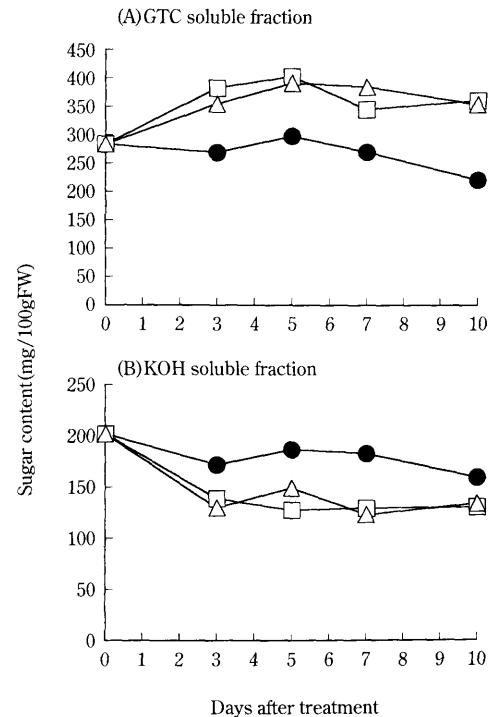


Fig. 4 changes in sugar content of GTC soluble fraction (A) and KOH soluble fraction (B) from cell wall material of persimmon fruit

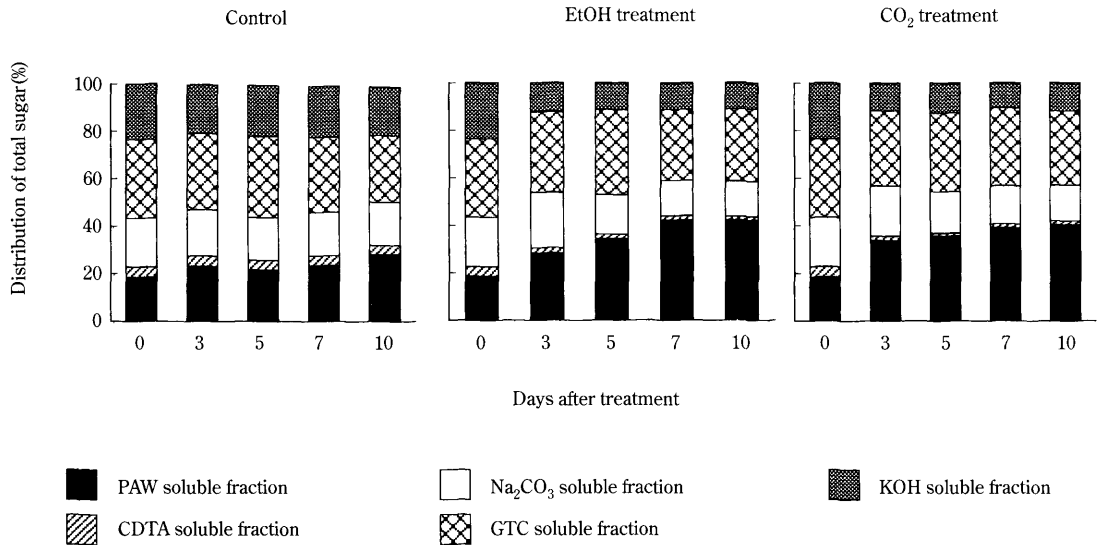


Fig. 5 Changes in relative values of sugars contents in PAW soluble fraction, CDTA soluble fraction, Na_2CO_3 soluble fraction, GTC soluble fraction and KOH soluble fraction from cell wall material of control, EtOH and CO_2 treated persimmon fruit

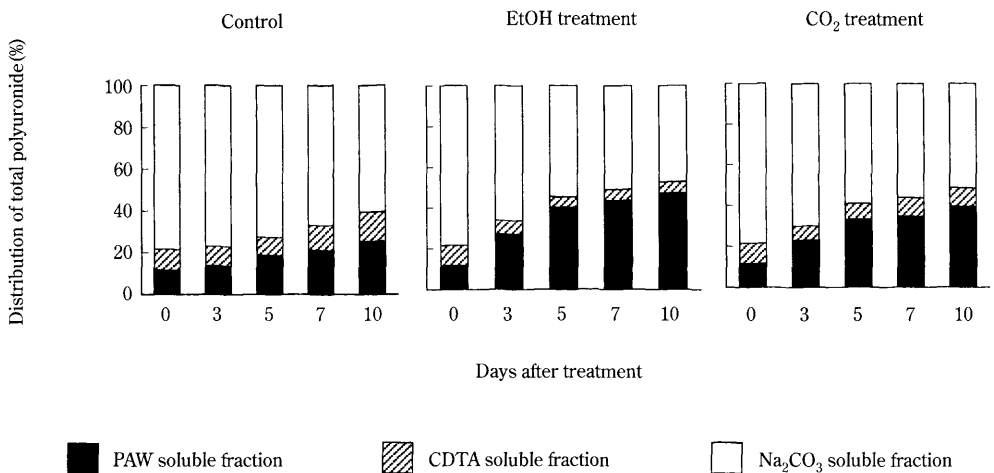


Fig. 6 changes in relative values of polyuronides contents in PAW soluble fraction, CDTA soluble fraction and Na_2CO_3 soluble fraction from cell wall material of control, EtOH and CO_2 treated persimmon fruit

Table 1 Correlation of fruit firmness and each soluble fractions from cell wall material of control, EtOH and CO_2 treated persimmon fruit

Fraction	Control		EtOH treatment		CO_2 treatment	
	polyuronides	sugars	polyuronides	sugars	polyuronides	sugars
PAW soluble	-0.695	-0.876	-0.816	27.000	-0.943	-0.922
CDTA soluble	0.075	0.703	0.929	0.951	0.495	0.698
Na_2CO_3 soluble	0.939	0.745	27.000	0.003	0.977	0.017
GTC soluble		0.578		-0.623		-0.765
KOH soluble		0.605		29.000		0.665

区とCO₂区の間での変化に差が余りなかったが、対照区と両脱渋処理区との間に明確な相違が認められた。

果肉硬度とペクチン質の変化の間の相関をみると、対照区、EtOH区およびCO₂区においてPAW可溶性画分の糖量、ウロン酸量とも負の相関があり、Na₂CO₃可溶性画分では糖量との相関はなかったが、ウロン酸含量でかなり高い相関が見られた (Table 1)。このようなことから処理中、処理後の果肉硬度の低下にNa₂CO₃可溶性画分のウロナイドの分解と可溶化が深くかかわっていることが示唆された。

処理開始当日の総糖量に対する各画分の糖量の相対値を高い値から述べていくとGTC可溶性画分の33%、KOH可溶性画分の24%、Na₂CO₃可溶性画分の21%、PAW可溶性画分の19%、CDTA可溶性画分の4%であった (Fig 5)。脱渋処理後、PAW可溶性画分の相対値の増加とKOH可溶性画分の相対値の減少が目立った。処理開始当日の総ウロン酸含量に対する各画分のウロン酸量の相対値を高い値から述べると、Na₂CO₃可溶性画分78%、PAW可溶性画分の12%、CDTA可溶性画分の10%であった (Fig 6)。いずれの脱渋法もウロン酸画分におけるPAW可溶性画分の相対値の増加とNa₂CO₃可溶性画分の相対値減少があった。EtOH区においてはCDTA可溶性画分の相対値の減少も確認された。

以上の結果から、カキ‘平核無’果実の脱渋処理中、処理後の果肉硬度の低下はペクチン質特にNa₂CO₃可溶性画分の可溶化に密接に関係しており、その可溶化の程度の違いがEtOH区とCO₂区の果実軟化速度の差に表れたものと考えられた。また、ヘミセルロースでは両脱渋区でKOH可溶性画分の急激な減少があったことから、KOH可溶性画分の変化も果肉硬度の低下に関係しているものと推察されたが、両脱渋処理法の軟化の違いには関与していないと考えられた。

板村らは、細胞壁分解酵素のなかで、ヘミセルロースの分解に関与していると思われるβ-ガラクトシダーゼとα-アラビノフラノシダーゼに注目し、そのなかでα-アラビノフラノシダーゼが果実の硬度低下と同時に酵素活性も増大することを明らかにした^{12), 13)}。これはカキ果実の軟化が、ペクチン質の分解よりヘミセルロースの分解が果実の軟化と深い関連があることを示唆している。トマト果実において、ペクチン質の分解に関与するポリガラクトツロナーゼ (PG) 遺伝子のアンチセンスを導入した形質転換体の軟化が抑制できなかったことや、ペクチンメチルエステラーゼ (PE) の酵素および遺伝子発現レベルでの研究からペクチン質の分解よりヘミセルロースの分解が果実の軟

化と深い関連があることが報告されている^{14)~17)}。

しかし、本実験の結果から、貯蔵初期にPAW可溶性画分の糖量とウロン酸およびCDTA可溶性画分の糖量に無処理果実とは明らかな違いが認められ、ペクチン質の変化もカキ果実の軟化に関与しているものと考えられた。さらに、GTC可溶性画分とKOH可溶性画分の糖量の変化も脱渋処理の有無により異なっていることから、ヘミセルロースの構成成分の変化が軟化に関与している可能性が再認された。このようなことから、板村らが報告したように^{12), 13)}、カキ果実の軟化にペクチンの分解はさほど関係がないということではなく、ペクチン質の変化とヘミセルロースがともに関連していると思われた。今後さらに、各画分の構成糖の変化を調べ、果実軟化と細胞壁構成成分の変化を検討することによって、カキ果実の軟化のメカニズムを解明する手がかりが得られるものと思われた。

要 約

カキ‘平核無’果実は脱渋後の肉質が緻密で柔らかく最も人気のある品種の一つである。‘平核無’果実の主な脱渋方法はアルコール脱渋とCO₂脱渋であり、その脱渋方法の違いによって果実の軟化速度が異なる。そこでその違いをCO₂排出量とエチレン生成の変化ならびに果実の軟化に密接に関係するペクチン質およびヘミセルロースの変化から検討した。

- (1) 脱渋処理果実の呼吸量およびエチレン生成量は処理直後増加し、その後減少する傾向を示した。
- (2) PAW可溶性画分のウロン酸量はいずれの区も増加したが、その程度は対照区<CO₂脱渋区<アルコール脱渋区で、糖量はアルコール脱渋区とCO₂脱渋区ともに増加し、対照区では変化が少なかった。CDTA可溶性画分のウロン酸量および糖量とも両脱渋処理区で減少し、対照区では変化が少なかった。Na₂CO₃可溶性画分のウロン酸量はいずれの区でも減少し、その程度は対照区<CO₂脱渋区<アルコール脱渋区であった。
- (3) GTC可溶性画分の糖量は対照区でほとんど変化がなく、脱渋処理区では処理後3日で半減した。KOH可溶性画分の糖量はGTC可溶性画分の糖量とほぼ同様の傾向を示した。

以上より、カキ‘平核無’果実の軟化は水溶性ペクチン画分のウロン酸量の増加と水不溶性ペクチン画分のウロン酸量の減少およびヘミセルロースの減少が関係していると思われた。アルコール脱渋とCO₂脱渋に伴う軟化速度の違いは、水溶性ペクチン画分のウロ

ン酸量の増加と水不溶性ペクチン画分のウロン酸量の減少程度の違いであると推察される。

文 献

- 1) 川島和夫・神久也寸志・刑部健一：渋カキのアルコール脱渋に伴う黒変防止に関する研究, 園学雑, **53**, 290~297 (1984)
- 2) 北川博敏：カキの栽培と利用 (養賢堂, 東京) (1970)
- 3) 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, 日食工誌, **36**, 645~650 (1985)
- 4) 平 智・久保康隆・杉浦 明・苫名 孝：脱渋方法の違いが‘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, 園学雑, **56**, 215~221 (1987)
- 5) 苫名 孝：果実の生理, (養賢堂, 東京) (1971)
- 6) 中川昌一：果樹園芸原論 (養賢堂, 東京) (1978)
- 7) 真部正敏：果実組織の硬度とペクチン質, 日食工誌, **28**, 653~659 (1981)
- 8) BARRY Steven, J. H. and ROBERT S. R., Structural features of cell-wall polymers of the apple, *Carbohydrate Resarch*, **135**, 155~166 (1984)
- 9) ROBERT R. J.: Cell-wall polysaccharide of kiwifruit chemical features in different tissue zones of the fruit at harvest, *Carbohydrate Resarch*, **182**, 241~258 (1988)
- 10) 石丸 恵・山本貴司・茶珍和雄：ハウスカキ‘刀根早生’果実のCO₂脱渋におけるCO₂濃度の漸次低下処理が果実硬度に及ぼす影響, 園学雑, **67**, 812~814 (1998)
- 11) 板村裕之：成熟段階の異なるカキ‘平核無’果実のアルコール脱渋に伴う軟化と呼吸量及びエチレン生成量の関係, 園学雑, **55**, 89~98 (1986)
- 12) ITAMURA, H., TANIGAWA, T. and YAMAMURA, H.: Composition of cell wall polysaccharides during fruit softening in ‘Tonewase’ Japanese persimmon, *Acta Horticulturae*, **398**, 131~138 (1995)
- 13) 板村裕之・足立朋子・山村 宏：カキ‘西条’果実の樹上軟化とエチレン生成および細胞壁分解酵素活性の変化, 園学雑, **67**別(2), 457 (1998)
- 14) HUBER D. J.: The role of cell wall hydrolases in fruit softening, *Hortic. Rev.*, **5**, 169~219 (1983)
- 15) BRADY C. J.: Fruit ripening, *Annu. Rev. Plant Physiol.*, **38**, 155~178. (1987)
- 16) GIOVANNONI J. J.: DellaPenna D, Bennett AB, Fischer RL. Expression of a chimeric polygalacturonase gene in transgenic rin (ripening inhibitor) tomato fruit results in polyuronide degradation but not fruit softening, *Plant Cell* **1**, 53~63 (1989)
- 17) FISCHER R. and BENNETT A.: Role of cell wall hydrolases in fruit ripening, *Annu. Rev. Plant Physiol. Plant Mol. Biol.*, **42**, 675, 703 (1991)

(平成13年6月13日受付, 平成13年7月25日受理)