

エチレンおよび脂肪酸処理がカキ ‘西条’ 果実の熟柿化に及ぼす影響

赤浦和之^{1*}・孫 寧静²・板村裕之²¹ 島根県立大学短期大学部 690-0044 松江市浜乃木² 島根大学生物資源科学部 690-8504 松江市西川津町Effect of Ethylene and Fatty Acid Treatment on Soft-ripening in Japanese Persimmon (*Diospyros kaki* Thunb.) ‘Saijo’ FruitKazuyuki Akaura^{1*}, Ningjing Sun² and Hiroyuki Itamura²¹University of Shimane, Matsue College, Hamanogi, Matsue 690-0044²Faculty of Life and Environmental Science, Shimane University, Nishikawatsu, Matsue 690-8504

Abstract

To establish a stable production method for soft ripe ‘Saijo’ persimmon (*Diospyros kaki* Thunb.) fruit, the fruit were treated with fatty acids or ethylene after several weeks’ storage at 0°C. Softening of the fruit first occurred in the vicinity of the calyx. Partial softening was observed at 23, 16 and 3 days after the beginning of treatment in the control, and those treated with 100 μL linolenic acid and 100 ppm ethylene for 48 hours, respectively. With each treatment, the fruit soft-ripened (complete removal of astringency) 3 days after partial softening. All the ethylene treated fruit soft-ripened at one time 6 days after the beginning of treatment. Ethylene treatment was found to be the fastest and the most reliable method for producing soft ripe ‘Saijo’. Coloration in the ethylene-treated fruit was improved and fruit firmness decreased linearly. Soluble tannin concentration began to decrease 3 days after the beginning of treatment and astringency was removed completely on the sixth day. Fruit that was stored at 0°C for 2 to 8 weeks and then treated with ethylene soft-ripened 6 days after beginning of treatment. When fruit were stored for longer than 4 weeks at 0°C and then treated with ethylene, cracking occurred in the fruit during the course of soft-ripening.

Key Words : cold storage, coloration, fruit cracking, removal of astringency

キーワード : 着色, 脱渋, 冷蔵, 裂果

緒言

カキ ‘西条’ は、一般に二酸化炭素やドライアイスにより脱渋処理され、さわし柿として食される。まれに ‘西条’ の熟柿が店頭に出ることがあるが、樹上で熟柿となったものを採取・出荷したものと思われ、裂果した果実が多く価格も低い。種苗特性分類調査報告書(カキ) (「広島県果樹試験場」, 1979)によると, ‘西条’ はさわし柿として品質極上であり, 熟柿としても品質優秀と評価されている。‘西条’ の熟柿の肉質は緻密で多汁であり, とろけるような中果皮やゼリーのような食感の内果皮は, さわし柿とは大きく異なる特徴である。

現在熟柿の需要は決して多くはないが, 飲食業界からは時々まとまった数の熟柿の要望がある。これに応じて需要のある時期に多量の品質の揃った熟柿をつくることができ

れば, ‘西条’ の消費の拡大につながると期待できる。

カキについては, 脱渋後の果実軟化防止の観点から多くの研究(倉橋ら, 2005; Nakanoら, 2001; 許ら, 2003, 2004)があるが, 軟化を促進して熟柿を得ようとした研究は見当たらない。カキ果実の軟化はエチレンによって引き起こされると考えられている(板村, 2006)。そして平田ら(1966)は, 樹上でカキ果実表面に数種の脂肪酸を塗布処理すると果実の成熟が促進されること, および二重結合の多い不飽和脂肪酸ほど処理果実のエチレン含量を高めることを明らかにしている。

そこで本実験では, まず ‘西条’ 果実に対してエチレンおよび数種の脂肪酸処理を行い熟柿化に及ぼす影響について検討した。また, 低温貯蔵期間が異なる果実のエチレン処理を行い, 熟柿化に及ぼす影響について調査した。

材料および方法

実験 1. エチレン処理濃度と時間が低温貯蔵果の熟柿化に及ぼす影響

カキ ‘西条’ 果実は収穫適期の 10 月下旬に島根県松江市の果樹園で採取し, 0°C で 2 週間貯蔵した。

2006 年 10 月 2 日 受付. 2007 年 7 月 12 日 受理.

本報告の一部は 3rd International Symposium on Persimmon (Jinju, Korea: October 5-9, 2004) において発表した。

* Corresponding author. E-mail: akaurak@swc.ac.jp

貯蔵果実を20°Cで6時間静置後、以下のようにエチレン処理を行った。12個の果実を容量9Lのポリカーボネート製デシケーターに入れ、純度99.5%のエチレンガスをマイクロシリンジで注入して、ヘッドスペースのエチレン濃度が20または100 ppmとなるように調節した。これらのデシケーターを20°Cに調節した室内に静置し、20 ppmでは48時間後、100 ppmでは24時間および48時間後にデシケーターを開放して処理を終了した。各処理区48個の果実を処理に用いた。

エチレン処理が終了した果実には有孔ポリエチレン袋に入れ、20°Cの室内に静置した。エチレン処理開始後5、6および7日に、各処理区当たり12個の果実について脱渋の程度を官能検査により調査した。官能検査は1人で行い渋味を感じなくなった果実の割合を調べた。

実験2. 脂肪酸と大豆油処理が低温貯蔵果の軟化に及ぼす影響

この実験には収穫適期の10月下旬に採取し、0°Cで4週間貯蔵した‘西条’果実を供試した。果実は20°Cで6時間静置した後、脂肪酸であるオレイン酸と γ -リノレン酸（以降リノレン酸）および油脂である大豆油処理を行い、果実の軟化開始日を調査した。脂肪酸および大豆油は原液をマイクロピペットを用い、ヘタと果実の接合部で果梗を中心にして対称の位置の2ヶ所に50 μ Lずつ計100 μ L滴下した。

果実軟化はヘタ近傍から始まることが認められたので、ヘタ近傍の果実表面を指先で軽く押さえたとき、わずかにへこむがすぐには回復しない状態が認められた時を果実軟化開始日とした。

実験3. リノレン酸とエチレン処理が低温貯蔵果の熟柿化に及ぼす影響

収穫適期に採取し、0°Cで2週間貯蔵した‘西条’果実を供試した。

エチレンとリノレン酸は実験1または2と同様の方法で処理し、20°Cの室内に静置して果実の軟化開始日および熟柿完成日を調査した。

実験4. エチレン処理した低温貯蔵果の熟柿化にともなう果皮色、果実硬度、脱渋の程度およびタンニン含量の変化

収穫適期の10月下旬に採取し、0°Cで4週間貯蔵した‘西条’果実を供試した。果実は実験1と同様の方法でエチレン処理を行い、有孔ポリエチレンの蓋をしたコンテナに入れ20°Cの室内に静置し、果皮色と軟化程度およびタンニン含量と脱渋程度について毎日調査した。エチレン処理果実48果のうち、20果を果皮色と軟化開始日、果実硬度の測定に用い、28果をタンニン含量の測定と渋味の官能検査に用いた。

果皮色の測定には、果実カラーチャート（カキ）（農林水産省果樹試験場基準、日本色研事業株式会社製作）を用い、それぞれの果実の赤道部付近4カ所について測定した。

軟化開始日の調査は、実験2と同様の方法で行った。果

実硬度の測定は、レオメーター（NPM-2010J-CW 不動工業製）を用いて以下の要領で非破壊的に行った。プランジャーは直径20 mmの平円板形のものを使用し、クロスヘッド速度2 cm \cdot min⁻¹でカキ果実を圧縮した。果実は横向きに置き、毎回同じ位置で測定した。荷重を0.05 N \cdot m⁻²から0.65 N \cdot m⁻²まで増加させた時の果実の変形度（mm）の差を果実硬度の指標として用いた（Bourne, 1967, 1980）。

脱渋程度の調査のための官能検査は4人のパネラーで行い、4果を用いて4反復とした。「渋味を感じる」をスコア2、「わずかな渋味を感じる」をスコア0.5、「渋味を感じない」をスコア0の3つの基準により脱渋の程度を判定した。

可溶性タンニン含量の測定には毎回4果を供試し、果実赤道部付近の中果皮からエタノール抽出した後フォーリン・デニス法（Swain・Hillis, 1959）により測定した。

実験5. 低温貯蔵期間の長さがエチレン処理による果実の熟柿化に及ぼす影響

実験には、収穫適期の10月下旬に採取し、0°Cで2、4、6および8週間貯蔵した‘西条’果実を供試した。果実は20°Cで6時間静置した後、実験1と同様の方法でエチレン処理を行った。処理が終了した果実は、実験4と同様の方法でインキュベーター内に静置し脱渋の程度を調査した。4、6、8週間貯蔵区では、熟柿完成までの間に側面の果皮および果肉の裂開が見られ、これらの果実は調査の時に取り除いた。

脱渋の程度は処理開始後5、6、7日にそれぞれ裂果していない6個の果実について官能検査により調査した。官能検査は実験2と同様4人のパネラーで行い、「渋味を感じる」をスコア1、「渋味を感じない」をスコア0として実験1と同様に脱渋果率を算出した。

結 果

実験1. エチレン処理濃度と時間が低温貯蔵果の熟柿化に及ぼす影響

エチレン濃度20および100 ppmの48時間処理では、処理開始後6日で果実は齊一に熟柿となったが、100 ppmの24時間処理では6日後にも渋味を感じる果実が認められた（第1表）。

実験2. 脂肪酸と大豆油処理が低温貯蔵果の軟化に及ぼす影響

無処理に比べて、リノレン酸処理では軟化開始が有意に7.5日早くなった。一方、大豆油とオレイン酸処理では、有意ではないものの、軟化が幾分早くなった（第2表）。

実験3. リノレン酸とエチレン処理が低温貯蔵果の熟柿化に及ぼす影響

リノレン酸、エチレン処理および無処理区における軟化開始までの平均日数は、それぞれ16.3、3.0、22.7日であり、これらのいずれの2つの処理間にも有意な差が認められた。無処理とリノレン酸処理では軟化開始日までの日数にバラツキが見られたが、エチレン処理では齊一で3日であった（第3表）。

第1表 エチレン処理濃度と時間がエチレン処理‘西条’果実の熟柿化に及ぼす影響

| 濃度, 時間 | 熟柿化率 ^z (%) | | |
|----------------|-----------------------|------|-----|
| | 5日 ^y | 6日 | 7日 |
| 100 ppm, 48 時間 | 0 | 100 | 100 |
| 100 ppm, 24 時間 | 0 | 83.3 | 100 |
| 20 ppm, 48 時間 | 0 | 100 | 100 |

^z「渋味を感じない」と評価された果実の割合 (n = 12)

^yエチレン処理開始後日数

第2表 オレイン酸と大豆油, リノレン酸処理が‘西条’果実の軟化開始日に及ぼす影響

| 処理 | 処理開始から軟化開始までの日数 (日) |
|-------|----------------------------|
| オレイン酸 | 21.6 ± 4.5 ab ^z |
| 大豆油 | 20.3 ± 4.5 ab |
| リノレン酸 | 16.9 ± 8.0 a |
| 無処理 | 24.4 ± 6.4 b |

^z同一カラムの異なる文字間には 5%水準で有意差が認められる (Tukey HSD test)

第3表 リノレン酸とエチレン処理が‘西条’果実の軟化開始日に及ぼす影響

| 処理 | 処理開始から軟化開始までの日数 (日) |
|-------|---------------------------|
| リノレン酸 | 16.3 ± 6.3 b ^z |
| エチレン | 3.0 ± 0.0 a |
| 無処理 | 22.7 ± 6.7 c |

^z同一カラムの異なる文字間には 5%水準で有意差が認められる (Tukey HSD test)

一方, 果実単位で見るとき, 軟化開始から熟柿完成までの日数は, いずれの処理区においても3日であり, 処理間で差は認められなかった (データ省略).

実験4. エチレン処理した低温貯蔵果の熟柿化にともなう果皮色, 果実硬度, 脱渋の程度およびタンニン含量の変化

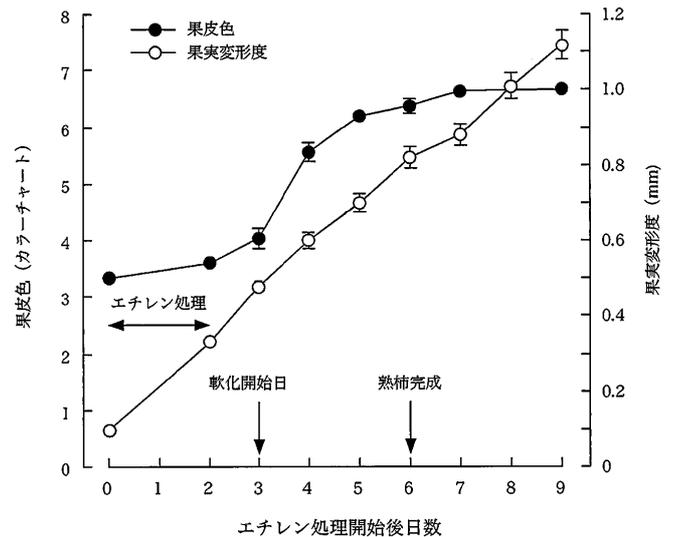
果皮色は, 処理開始から熟柿完成に至る6日間に, カラーチャート値にして3程度増加し, 7日以降はほとんど変化しなかった (第1図).

果実変形度は, エチレン処理終了時には処理開始時よりも増加しており, その後も直線的に増加し, 熟柿完成後もまだ増加は続いた. このことからエチレン処理期間中に軟化が進行し, その後熟柿完成時を経ても直線的に軟化が続いたことが明らかになった.

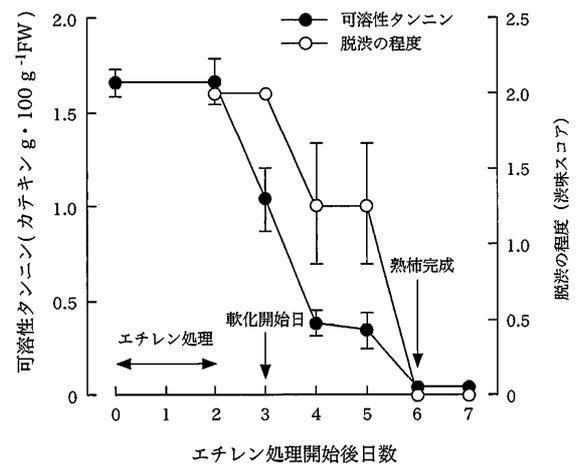
可溶性タンニン含量は, 処理開始後3日すなわち軟化開始日の直前から急激に減少し, 6日には極めて少なくなった. 官能検査による渋味も, タンニン含量よりやや遅れて減少を始めたが, 6日には完全に脱渋した (第2図).

実験5. 低温貯蔵期間の長さがエチレン処理による果実の熟柿化に及ぼす影響

貯蔵期間8週間の果実では, 処理開始後5日に一部の果



第1図 エチレン処理したカキ‘西条’果実の熟柿化にともなう果皮色および果実変形度の変化
果実変形度は, 値が大きいくほど果実の軟化程度が大きいことを示す
図中の縦線は標準誤差 (n = 20) を表す



第2図 エチレン処理したカキ‘西条’果実の熟柿化にともなう可溶性タンニンおよび脱渋の程度の変化
図中の縦線は標準誤差 (n = 4) を表す

第4表 低温貯蔵期間の長さの違いが‘西条’果実の熟柿化に及ぼす影響

| 貯蔵期間 (週) | 熟柿化率 ^z (%) | | | 裂果率 (%) |
|----------|-----------------------|-----|-----|---------------|
| | 5日 ^y | 6日 | 7日 | |
| 2 | 0 | 100 | 100 | 0.0 (n = 24) |
| 4 | 0 | 100 | 100 | 4.2 (n = 24) |
| 6 | 0 | 100 | 100 | 25.0 (n = 24) |
| 8 | 4.2 | 100 | 100 | 33.3 (n = 36) |

^z「渋味を感じない」と評価された果実の割合

^yエチレン処理開始後日数

実が熟柿になった. いずれの貯蔵期間においても, 処理開始開始後6日には全ての果実が完全に脱渋し熟柿が完成した. なお, 貯蔵期間4, 6および8週間の果実では裂果が見られた (第4表).

考 察

本研究において、エチレンの20および100 ppmの48時間処理では処理開始後6日に果実を齊一に熟柿にしたが、100 ppmの24時間処理では齊一性に欠けることが明らかとなった。従って収穫時期や低温期間、収穫から貯蔵までの日数の異なる果実を用いることを考慮したとき、より高いエチレン濃度のほうが適用範囲が広いと考え、本研究のその他の実験では100 ppm 48時間処理をエチレンの標準処理方法とした。

一方、エチレン以外に二重結合の多い不飽和脂肪酸ではカキ果実のエチレン含量を高めることが認められている(平田ら, 1966)。本実験でも二重結合の多いリノレン酸が有意ではなかったもののオレイン酸や大豆油よりも軟化を促進したが、これはリノレン酸がエチレン生成を促進したためかもしれない。

リノレン酸およびエチレン処理のいずれも無処理に比べ有意に軟化開始日までの日数を短縮したが、その効果はエチレン処理の方が大きかった。また、オレイン酸、大豆油、リノレン酸処理および無処理では軟化開始までの日数に果実間でばらつきがあったのに対し、エチレン処理では処理開始後3日には軟化開始を誘導した。

いずれの処理においても軟化開始から3日後には齊一に熟柿となったことから、本研究の‘西条’の熟柿化の指標として用いたヘタ近傍の軟化は汎用性および信頼性があると思われた。このように、いずれの処理でも熟柿形成に効果があったが、実用性の観点からみると、熟柿完成日数の齊一性や大量処理が可能であることから、エチレン処理が最も優れていた。

‘西条’をエチレン処理により熟柿にすることにより果皮の赤味が増加し、カラーチャート値にして3程度の改善が見られたことは、果皮の赤味が不足しがちな‘西条’にとって好ましい結果といえよう。なお、リノレン酸処理および無処理の果実でも同様の果皮色改善が観察された(データ省略)。

熟柿の食べ方については、ヘタとその上の果肉部分を1 cm含んで切り落とし、種子をよけて縦半分に切ったものを横にして器に入れ、果肉をスプーンですくって食べるスタイルを提唱したいと考えている。この食べ方を考慮するとエチレン処理開始後6日の熟柿は、果実を切ったり果肉をすくい取ったりしても果実が容易に崩れないという点で最も優れていた。

熟柿の材料として、6, 8週間という比較的長期の貯蔵果実を用いた場合、裂果の発生は処理果実全体の4分の1から3分の1に達した。裂果した果実は熟柿として販売できないため、この歩留まりの低さは熟柿の安定生産における大きな障害となる。今後裂果と貯蔵期間との関係を詳しく調査するとともに、裂果防止の方法についても検討する必要があると思われる。

摘 要

低温貯蔵したカキ‘西条’果実を材料として、熟柿を安定して製造する方法の確立を目指し実験を行った。果実の軟化はヘタ近傍から始まった。この軟化開始は無処理とγ-リノレン酸 100 μL, エチレン 100 ppm 48時間処理果で、それぞれ23と16, 3日後に認められた。いずれの処理においても、果実は軟化開始後3日ですべて完全脱渋し熟柿となった。エチレン処理によりすべての果実は処理後6日で齊一に熟柿となった。エチレン処理は熟柿化に要する期間が最短で最も信頼できる方法と思われた。

エチレン処理により果皮の着色は改善し、果実硬度は処理後直線的に低下した。また、可溶性タンニン含量は処理開始後3日から減少が始まり、6日で完全脱渋した。0°Cで2から8週間貯蔵した果実はいずれもエチレン処理開始後6日に熟柿になったが、4週間以上貯蔵した場合には裂果が見られた。

引用文献

- Bourne, M. C. 1967. Deformation testing of foods. 1. A precise technique for performing the deformation test. *J. Food Sci.* 32: 601-605.
- Bourne, M. C. 1980. Changes in grape firmness during maturation. *J. Texture Studies* 11: 162-171.
- 平田尚美・黒岡 浩・新城勝文. 1966. カキ果実の発育生理に関する研究(第7報) 油脂および脂肪酸, グリセリン処理による平核無果実の樹上脱渋とその機構について. *園学要旨*. 昭和41秋: 63-64.
- 広島県果樹試験場. 1979. 昭和53年度種苗特性分類調査報告書(カキ). p. 164. 広島県果樹試験場.
- 板村裕之. 2006. カキ果実の成熟および脱渋後の軟化に関する研究. *日本食品保蔵科学会誌*. 32: 81-88.
- 倉橋孝夫・松本敏一・板村裕之. 2005. 1-methylcyclopropene (1-MCP) 処理とエチレン吸着剤処理が収穫時期の異なるカキ‘西条’果実のドライアイス脱渋後の軟化と日持ち性に及ぼす影響. *園学雑*. 74: 63-67.
- Nakano, R., S. Harima, E. Ogura, S. Inoue, Y. Kubo and A. Inaba. 2001. Involvement of stress induced ethylene biosynthesis in fruit softening of ‘Saijo’ persimmon. *J. Japan. Soc. Hort. Sci.* 70: 581-585.
- Swain, T. and W. E. Hillis. 1959. The phenolic constituents of *Prunus domestica*. 1. The quantitative analysis of phenolic constituents. *J. Sci. Food. Agric.* 10: 63-68.
- 許 昌国・中務 明・加納弘光・板村裕之. 2003. カキ‘西条’果実の急速な軟化に伴うエチレン生成と軟化および細胞壁分解酵素活性の変化. *園学雑*. 72: 460-462.
- 許 昌国・中務 明・板村裕之. 2004. 1-methylcyclopropene (1-MCP) 処理がカキ‘西条’ドライアイス脱渋果のエチレン生成と軟化および細胞壁分解酵素活性に及ぼす影響. *園学雑*. 73: 184-188.