音響振動法によるカキ ‘早秋’ の果肉評価と果肉硬度保持技術の開発

鈴木哲也^{1*}・新川 猛¹・中野浩平²・神山真一³・櫻井直樹⁴

¹ 岐阜県農業技術センター 501-1152 岐阜市又丸

² 岐阜大学応用生物科学部 501-1193 岐阜市柳戸

³ 岐阜県産業技術センター 501-3716 岐阜県美濃市前野

⁴ 広島大学大学院生物圏科学研究科 739-8528 広島県東広島市鏡山

Evaluation of Flesh Texture and Development of Flesh Firmness Retention in ‘Soshu’ Persimmon Using Acoustic Resonance Measurement

Tetsuya Suzuki^{1*}, Takeshi Niikawa¹, Kohei Nakano², Shinichi Kohyama³ and Naoki Sakurai⁴

¹Gifu Prefectural Agricultural Technology Center, Gifu 501-1152

²Faculty of Applied Biological Sciences, Gifu University, Gifu 501-1193

³Industrial Technology Center Gifu Prefectural Government, Mino, Gifu 501-3716

⁴Graduate School of Biosphere Science, Hiroshima University, Higashihiroshima, Hiroshima 739-8528

Abstract

Evaluation of the flesh texture and improvement of the storability of ‘Soshu’ persimmon were studied with acoustic resonance measurement. A significant positive correlation was found between the sensory score on palatability and the elasticity index measured by the resonant frequency. When the sensory score on palatability (ranging from -2: very poor to +2: very good) was 0 or higher, the elasticity index was about $22 \times 10^6 \text{ cm}^2 \cdot \text{Hz}^2$ or higher, with the fruit immediately after harvest receiving the highest score. 1-Methylcyclopropene (1-MCP) treatment did not affect the maintenance of flesh firmness evaluated by the resonant frequency. However, the rate of softened fruit with collapsed or water-soaked tissue was kept low by 1-MCP treatment, improving the shelf-life. On the other hand, using a moisture-proof corrugated fiberboard box was found to have the effect of retaining flesh firmness. When the sensory score on palatability was 0 or higher for the fruit in the moisture-proof corrugated fiberboard box, it corresponded to the period immediately after harvest to around 10 days after, or about 4 days longer than for the fruit in the conventional corrugated fiberboard box. The weight loss of moisture-proof corrugated fiberboard box fruit was lower than that in the conventional corrugated fiberboard box, which was presumably because water loss from the fruit was suppressed.

Key Words : elasticity index, 1-methylcyclopropene, moisture-proof corrugated fiberboard box, nondestructive method

キーワード : 防湿段ボール, 弾性指標, 非破壊法, 1-メチルシクロプロペン

緒 言

果樹経営において、早晩性の異なる品種の組み合わせは労力分散、危険分散などの面から重要である。産地としても、早生品種から晩生品種まで長期間出荷することは売り場の確保、選果場の運営など大きなメリットがある。特に、早生品種はそのシーズンで最も早く出荷され、その後の価格形成に大きな影響を与えることから、非常に重要な役割を果たす。

リンゴでは ‘つがる’、ナシでは ‘幸水’、渋ガキでは ‘刀

根早生’ が有力な早生品種であるが、甘ガキでは ‘西村早生’ がその役を担っている産地が多かった。‘西村早生’ は不完全甘ガキであること、食味がやや劣ることなどから、年々市場評価が低下していた。そのような状況の中、2003年に ‘早秋’ が品種登録され、極早生の完全甘ガキとして10月初旬から収穫ができること、果皮色は赤く、良食味でへたすき果がほとんど発生しないことから（山田ら、2004）、各産地で導入が進められた。しかし、‘西村早生’ や ‘松本早生富有’ よりも日持ち性が短いこと、すなわち、果肉硬度が早く低下することが課題であった。日持ち性は品種によって異なり、晩生品種ほど長い傾向であるが（山田ら、2002）、技術的に日持ち性、特に果肉硬度を保持することは、流通段階における損失の削減に加えて、おいしいカキを長期間提供することからも重要である。

2014年5月21日 受付. 2014年9月19日 受理.

本報告の一部は平成26年園芸学会秋季大会で発表した。

* Corresponding author. E-mail: suzuki-tetsuya@pref.gifu.lg.jp

果肉硬度は果実硬度計による測定が一般的であり、果肉にプランジャを貫入した時の最大貫入力で評価する。しかし、対象物を破壊しなければならないことや、より正確な硬さの評価には難がある（大森，1998）。そのような中、非破壊および非接触法として、Muramatsu ら（1997）は果実に正弦波振動を与えた時の振動を、レーザードップラー振動計（Laser Doppler Vibrometer, LDV）で測定する方法を開発した。しかし、LDV 法による測定装置は大きく高価であるため、Kuroki ら（2006）は LDV 法を応用した音響振動法による小型測定装置を開発した。著者らは、音響振動法によって、カキ‘富有’における収穫後の果肉硬度の変化を明らかにし、食べ頃予測式を作成した。音響振動法での測定値（弾性指標）は微妙な硬さの評価が可能であり、特に収穫直後から食べ頃までの硬さについては鋭敏に評価ができる（鈴木ら，2011）。そこで、本研究においても、音響振動法によって‘早秋’果実の硬さの特性を評価した。

カキ果実の軟化にはエチレンが関わっており（板村ら，1991），Nakano ら（2001）は、水分ストレスや CO₂ ストレスがエチレン誘導に関与していると報告している。また、樽谷・真部（1960），樽谷（1960，1961）は、カキ‘富有’果実における好適な貯蔵条件を低温、果実からの水分蒸散抑制、低酸素・高二酸化炭素条件と報告している。これらのことから、果肉硬度保持方法としては、エチレン生合成・作用阻害、低温貯蔵、水分蒸散抑制、MA 貯蔵などが想定される。しかし、‘早秋’は常温下で流通されるため、常温での MA 貯蔵（プラスチックフィルム包装）はガス障害などが危惧される（久保，2002）。また、プラスチックフィルム包装は労力がかかることから、実用的ではない。

そこで、本研究では、‘早秋’における果肉硬度保持技術の開発として、エチレン作用阻害、水分蒸散抑制の面から検討した。なお、果肉硬度保持技術の開発に当たって、音響振動法による測定値（弾性指標）と官能評価におけるおいしさとの関係を明らかにした。

材料および方法

1. おいしさの評点と弾性指標との関係（実験 1）

岐阜県農業技術センター植栽の‘早秋’を供試した。2011 年 10 月 4 日に 21 果、果頂部の果皮色が‘富有’用カラーチャート（農林水産省果樹試験場監修）で 6.0 に達した果実を収穫した。果皮色の測定には色彩色差計（CR-400，コニカミノルタ（株））を使用した。新川ら（2008）の報告に準じて次式を作成し、測定した色相角度（H°）をカラーチャート値（CC 値）に変換した。CC 値 = $-9.033 \times \text{LN}(\text{H}^\circ) + 43.185$ ($r^2 = 0.986$)。その後、室温下に置き、10 月 14 日までに 7 回、1 回当たり 3 果、果肉硬度の測定と官能評価を行った。

果肉硬度は音響振動法による小型振動測定装置（（有）生物振動研究所）で測定した。果実のへたを上向きにしてスポンジ上に置き、加振器と受振器を果実の赤道部の対角

線上に軽く挟み、100～1,500 Hz の振動を与えた。第 2 共鳴周波数（ f_2 ）をスペクトルピークおよび位相から求め、Kuroki ら（2006）の報告に準じて、弾性指標（EI : Elasticity Index）を以下の式で算出した。果実直径（ d ）は加振器と受振器の挟んだ長さとした。

$$EI = d^2 \times f_2^2$$

官能評価は 5 段階評点法で、おいしさ（非常においしい：-2～非常においしい：+2）を評価した。パネルは岐阜県農業技術センター職員で構成した 6～7 人（男性 5 人・女性 2 人，30～50 歳代）とした。

2. エチレン作用阻害剤による‘早秋’の果肉硬度保持技術の開発（実験 2）

岐阜県農業技術センター植栽の‘早秋’を供試した。2013 年 10 月 3 日に、果頂部の果皮色が‘富有’用カラーチャートで 6.0 に達した果実を収穫した。果皮色の測定は実験 1 と同様の方法で行った。エチレン作用阻害として 1-メチルシクロプロペン（以下、1-MCP）を使用した。試験区は 1-MCP 処理をした 1-MCP 処理区および無処理区とした。1-MCP は、気密性のプラスチック容器（内容積 117 L）に果実と SmartFresh™（ローム・アンド・ハース・ジャパン（株））を入れて密封し、初期濃度 1 ppm で 24 時間曝露処理した。

処理後 14 日間、有効内寸 582 mm × 392 mm × 100 mm のプラスチックコンテナに 1 段で並べて室温下に置き、1 日ごとに果重、果肉硬度および果皮色を、軟化果実の発生は毎日調査した。1-MCP 処理区は 20 果、無処理区は 30 果とした。果肉硬度の測定は実験 1 と同様の方法で行った。軟化率は、岩田ら（1969）の基準のうち、軟化度 III（指で押すと崩壊しそうになる、または果肉の一部が水浸状になっている）を軟化と判断した。なお、軟化した果実は調査から除去した。

また、別の果実を供試し、エチレン生成速度を密閉法（Fonseca ら，2002）によって毎日測定した。計量した約 2 kg（8 個）の果実を内容積 4.8 L のアクリル製の密閉容器に密封して 20°C のインキュベータに静置した。密封後、ヘッドスペースのガスを容器上部のセプタムの付いたガス採取口からマイクロシリンジにて 2.0 mL を 40 分おきに 4～6 回サンプリングし、水素炎検出器（FID）付きのガスクロマトグラフィーによりエチレン濃度を分析した。密封時間とエチレン濃度の関係を最小二乗法によって一次式にあてはめ、その傾きをエチレン生成速度に換算した。エチレン生成速度の計測が終了したら密封容器の蓋を取り外し、次の測定まで容器内を換気した。なお、軟化した果実は容器から取り除いた。

3. 水分蒸散抑制による‘早秋’の果肉硬度保持技術の開発（実験 3）

岐阜県農業技術センター植栽の‘早秋’を供試した。2013 年 10 月 7 日に果頂部の果皮色が‘富有’用カラー

チャートで6.0に達した果実を収穫した。果皮色の測定は実験1と同様の方法で行った。

水分蒸散抑制として岐阜県産業技術センターが作成した防湿段ボール箱を使用した。防湿樹脂の濃度などを変えた2種類の防湿ライナー原紙を作成し、慣行段ボール箱に貼り付けた。防湿ライナー原紙の透湿度をカップ法(JIS Z 0208: 1976 防湿包装材料の透過湿度試験方法)で測定した結果、 $130 \text{ g} \cdot \text{m}^{-2} \cdot (24 \text{ h})^{-1}$ と $15 \text{ g} \cdot \text{m}^{-2} \cdot (24 \text{ h})^{-1}$ であった(神山ら, 2014)。透湿度の高い防湿ライナー原紙を貼り付けた防湿段ボール箱A区、透湿度の低い防湿ライナー原紙を貼り付けた防湿段ボール箱B区、防湿ライナー原紙を貼り付けなかった慣行段ボール区を設定し、それぞれ粘着テープで蓋の閉める部分を留めるI貼りおよび蓋の閉める部分と角の部分を留めるH貼りで封函した(櫻村ら, 2010)。その後、室温下に置いた。各試験区36果とし、処理後14日間、1日ごとに果重、果肉硬度、果皮色および軟化果実の発生を調査した。なお、調査の度、段ボール箱を開閉した。果肉硬度の測定および軟化の判定は実験2と同様の方法で行い、軟化した果実は調査から除去した。

結 果

1. おいしさの評点と弾性指標との関係(実験1)

おいしさの評点と弾性指標との間には有意な正の相関($r=0.924$)が認められた。おいしさの評点が0以上の時、弾性指標は約 $22 \times 10^6 \text{ cm}^2 \cdot \text{Hz}^2$ 以上であった(第1図)。また、弾性指標と重量減少率の間には有意な負の相関($r=-0.930$)が認められた。弾性指標が $22 \times 10^6 \text{ cm}^2 \cdot \text{Hz}^2$ の時、重量減少率は約3%であった(第2図)。

2. エチレン作用阻害剤による‘早秋’の果肉硬度保持技術の開発(実験2)

弾性指標は指数関数的に減少した。処理直後において1-MCP処理区が無処理区よりも有意に高かったが、それ以降、両区間の差は認められなかった(第3図)。重量減少率でも、1-MCP処理区と無処理区との間に有意な差は

第1図 おいしさの評点と弾性指標との関係

**は1%水準で有意であることを示す

^z5段階評点法で非常においしくない(-2)～非常においしい(+2)を評価した

認められなかった(第4図)。

軟化果実の発生について、無処理区では処理後5日に初めて認められたが、1-MCP処理区では処理後12日まで認められなかった。無処理区では、処理後11日以降、軟化

第2図 弾性指標と重量減少率との関係

**は1%水準で有意であることを示す

第3図 1-MCP処理が弾性指標に及ぼす影響

縦線は標準誤差を示す

t検定により、nsは有意差なし、***は0.1%水準で有意差あり

第4図 1-MCP処理が重量減少率に及ぼす影響

縦線は標準誤差を示す

アークサイン変換後、t検定により、nsは有意差なし、***は0.1%水準で有意差あり

第5図 1-MCP処理が軟化率に及ぼす影響

第6図 1-MCP処理がエチレン生成速度に及ぼす影響

² 1-MCP処理区は1果、無処理区は2果を除去

果実の発生が急増し、処理後14日の軟化率は35.9%であった。また、1-MCP処理区における処理後14日の軟化率は6.7%であった(第5図)。

エチレン生成速度は、1-MCP処理区、無処理区ともに処理後5日までは $0.1 \mu\text{L} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{hr}^{-1}$ 以下であり、6日以降上昇した。特に無処理区では大きく上昇し、1-MCP処理区は無処理区よりも低く推移した(第6図)。

果皮色は、1-MCP処理区と無処理区との間に差が認められなかった。処理後からほぼ直線的に上昇し、収穫後約12日にはカラーチャート値が約10になった(データ略)。なお、試験期間中の室温は平均 25.4°C ($19.6 \sim 28.6^\circ\text{C}$)であった。

3. 水分蒸散抑制による‘早秋’の果肉硬度保持技術の開発(実験3)

慣行段ボール箱区の弾性指標はほぼ直線的に減少した(第7図)。防湿段ボール箱区の弾性指標は、収穫直後から収穫後10日までは緩やかに、それ以降は大きく減少した。収穫後4～10日の間、防湿段ボール箱区の弾性指標は慣行段ボール箱区よりも有意に高く推移した。その間、防湿段ボール箱B区は防湿段ボール箱A区よりも、数値の上では高く推移したが、I貼り、H貼りともに有意な差が認められたのは収穫後6日のみであった。また、粘着テープ

第7図 防湿段ボール箱および封函方法が弾性指標に及ぼす影響

防湿DB-Aは防湿段ボール箱A区、防湿DB-Bは防湿段ボール箱B区、慣行DBは慣行段ボール箱区、(I)はI貼り、(H)はH貼りを示す

縦線は標準誤差を示す (n=15～36)

Tukey-Kramerの多重検定により、同一収穫後日数における同一英小文字間には5%水準で有意差は認められない

第8図 防湿段ボール箱および封函方法が重量減少率に及ぼす影響

防湿DB-Aは防湿段ボール箱A区、防湿DB-Bは防湿段ボール箱B区、慣行DBは慣行段ボール箱区、(I)はI貼り、(H)はH貼りを示す

縦線は標準誤差を示す (n=15～36)

アークサイン変換後、Tukey-Kramerの多重検定により、同一収穫後日数における同一英小文字間には5%水準で有意差は認められない

の貼り方による弾性指標の差は認められなかった。重量減少率は、防湿段ボール箱B区、防湿段ボール箱A区、慣行段ボール箱区の順で有意に低く推移した(第8図)。粘着テープの貼り方によって、防湿段ボール箱A区では収穫後8日以降、H貼りがI貼りより有意に低く推移したが、防湿段ボール箱B区および慣行段ボール箱区では差が認められなかった。

第9図 防湿段ボール箱および封函方法が軟化率に及ぼす影響
防湿 DB-A は防湿段ボール箱 A 区, 防湿 DB-B は防湿段ボール箱 B 区, 慣行 DB は慣行段ボール箱区, (I) は I 貼り, (H) は H 貼りを示す

軟化率は、収穫後 12 日以降、各試験区とも一様に増加し、明確な差が認められなかった（第 9 図）。収穫後 14 日の軟化率は、防湿段ボール B 区の I 貼り、H 貼りともに約 86%、防湿段ボール A 区の H 貼りで約 81%、I 貼りで約 78%、慣行段ボール区の I 貼りで約 67%、H 貼りで約 53%であった。

果皮色は、収穫後 8 日に一部試験区で有意な差が認められたが、その他の日には差は認められなかった。処理後からほぼ直線的に上昇し、収穫後約 12 日にはカラーチャート値が約 10 になった（データ略）。なお、試験期間中における段ボール箱内の温度は、封函方法に関係なく、慣行段ボール箱で 24.2°C、防湿段ボール箱 A で 25.0°C、防湿段ボール箱 B で 26.0°C であり、大きな差は認められなかった。一方、湿度は慣行段ボール箱の I 貼りを除いてほぼ 99% RH であった。慣行段ボール箱の I 貼りは約 95% RH であった。

考 察

1. おいしさの評点と弾性指標との関係

著者らは、音響振動法によって‘富有’果実の肉質を評価し、収穫後の果実の弾性指標は指数関数的に低下すること、おいしさの評点が 0 以上の期間は収穫後約 4～14 日であることを明らかにした（鈴木ら, 2011）。本研究の‘早秋’においても、収穫後の果実の弾性指標は‘富有’と同様のパターンで指数関数的に減少した。しかし、‘富有’の収穫直後の果実は硬すぎておいしさの評点が 0 以下であったが、‘早秋’は弾性指標が高いほどおいしさの評点も高く、収穫直後の果実の評点が最も高かった（第 1 図）。このことから、‘早秋’においては収穫直後の果肉硬度を保持することが重要であり、エチレン作用阻害や水分蒸散抑制の面から果肉硬度保持について検討した。

カキ果実の食味構成要素は主に、肉質の粗密、硬度、粉

質の有無、果汁の多さ、糖度によって構成されている（佐藤, 2013）。前述の‘富有’と‘早秋’の間における収穫直後の弾性指標とおいしさの評点とのずれは、果肉硬度に加え肉質の粗密の違い（山田ら, 2004）も影響していると考えられた。

2. ‘早秋’の果肉硬度保持技術の開発

前述から、本研究の目的は収穫直後の硬い果肉硬度を保持することである。1-MCP はエチレン作用を強力に阻害し（Sisler・Serek, 1997）、カキにおいても多くの軟化抑制効果の報告がある（Harima ら, 2003; 新川ら, 2005）。しかし、実験 2 において、1-MCP 処理による‘早秋’の硬い果肉硬度の保持効果は認められなかった（第 3 図）。処理後 5 日までのエチレン生成速度は、1-MCP 処理区、無処理区ともに $0.1 \mu\text{L} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{hr}^{-1}$ 以下であったことから（第 6 図）、収穫後半における果実軟化を伴わない果肉硬度の低下は、エチレンとは関係がないと考えられた。

1-MCP 処理によって、軟化率は低く抑えられ、日持ちは向上した（第 5 図）。これは、千々和ら（2005）の‘伊豆’果実における結果と同様であった。処理後 6 日以降、1-MCP 処理区のエチレン生成速度は無処理区よりも低く推移した（第 6 図）。1-MCP はエチレン作用を阻害し、結果として成熟に伴う自己触媒的なエチレン生成を抑制することから（Nakano ら, 2002）、軟化果実の発生を抑えたと考えられた。

なお、実験 2 の無処理区において、処理後 11 日以降、軟化率は増加したが（第 5 図）、弾性指標は大きく低下しなかった（第 3 図）。これは、軟化した果実をその都度除去したこと、弾性指標は指数関数的に低下するため、果実の軟化が進むと変化の幅が小さくなること、軟化度は果実に触れて調査するが、弾性指標の第 2 共鳴周波数は果実の中心部を測定しているため（Akimoto ら, 2012）、両測定値間に軟化の進行する時間的なずれが生じていることなどが要因と考えられた。

播磨ら（2002）は、ハウス栽培‘刀根早生’果実の実験で、透湿度を抑えた段ボール箱による水分蒸散抑制効果を報告している。実験 3 において、防湿段ボール箱による‘早秋’の果肉硬度保持効果が認められた。おいしさの評点が 0 以上の時の弾性指標は約 $22 \times 10^6 \text{ cm}^2 \cdot \text{Hz}^2$ 以上であり、その期間は、慣行段ボール箱区が収穫直後から収穫後約 6 日、防湿段ボール箱区が収穫直後から収穫後約 10 日と、防湿段ボール箱区が約 4 日長かった（第 7 図）。防湿段ボール箱区の重量減少率は慣行段ボール箱区の重量減少率より低く推移し、果実からの水分蒸散が抑制されたことが要因と考えられた（第 8 図）。このことから、実験 2 において、1-MCP 処理による‘早秋’の果肉硬度保持効果が認められなかったのは、果実からの水分蒸散が抑制されなかったことが要因と考えられた。

透湿度（防湿段ボール箱 A 区と B 区）の違いによって、重量減少率の差は認められたが（第 8 図）、弾性指標の差は

一部を除いて明確に認められなかった(第7図)．粘着テープの貼り方(I貼りとH貼り)の違いによって、重量減少率の差は防湿段ボール箱A区において認められたが(第8図)、弾性指標の差は認められなかった(第7図)．これらの結果から、果肉硬度保持効果、コストおよび労力などから考慮すると、防湿段ボール箱A区のI貼りが最も実用的な方法と考えられた．

中野ら(2001)は、ハウス栽培‘刀根早生’果実の実験で、有孔ポリ包装の水分蒸散抑制によって水ストレス誘導エチレン生成を抑制し、その結果、果実軟化を抑制すると報告している．また、播磨ら(2002)も、透湿度を抑えた段ボール箱において同様の報告をしている．しかし、本実験における‘早秋’では、収穫後5日までエチレン生成速度が非常に低く推移したため(第6図)、収穫直後のストレス誘導性エチレンの生成は認められなかったと考えられた．このことから、防湿段ボール箱の水分蒸散抑制によるストレス性誘導エチレンの生成抑制については判断できなかった．

収穫後12日以降、段ボール箱の種類に関わらず弾性指標は大きく低下し(第7図)、軟化が増加した(第9図)．また、おいしさの評点が0以上の時の重量減少率は約3%であり(第1, 2図)、その時の収穫後日数は、慣行段ボール箱区が約6日、防湿段ボール箱A区が約10～12日、防湿段ボール箱B区が14日以降であった(第8図)．慣行段ボール箱区と防湿段ボール箱A区は、弾性指標が約 $22 \times 10^6 \text{ cm}^2 \cdot \text{Hz}^2$ になった日と重量減少率が3%になった日がほぼ同じであったが、防湿段ボール箱B区では重量減少率が3%になる前に果実が軟化した．防湿段ボール箱の水分蒸散抑制は成熟に伴う自己触媒型エチレンの生成を抑制しないため、自己触媒型エチレン生成によって軟化の増加、重量減少率の上昇よりも早い軟化の発生が生じたと考えられた．

実験3は、調査の度、段ボール箱を開閉しており、実際の流通とは異なる条件であった．また、段ボール箱内のエチレン濃度やガス組成を測定していない．今後、防湿段ボール箱の実用化を図っていく中、実際の流通を想定し、途中で開封しない試験区を設定するとともに開封後の果実における経時的な弾性指標の測定、段ボール箱内のエチレン濃度やガス組成などの測定を行う必要がある．

摘 要

音響振動法によって、‘早秋’の果肉評価と果肉硬度保持技術の開発について検討した．‘早秋’果実において、おいしさの評点(非常においしくない: -2～非常においしい: +2)と弾性指標との間には有意な正の相関が認められた．おいしさの評点が0以上の時の弾性指標は約 $22 \times 10^6 \text{ cm}^2 \cdot \text{Hz}^2$ 以上であり、収穫直後の果実の評点が最も高かった．1-メチルシクロプロペン(1-MCP)処理によって、音響振動法で計測した果肉硬度の保持効果は認められな

かった．しかし、指で押すと崩壊しそうになる、または果肉の一部が水浸状になっている果実を軟化したと判断すると、1-MCP処理により軟化率は低く抑えられ、日持ち性は向上した．一方、防湿段ボール箱による果肉硬度保持効果は認められた．防湿段ボール箱区におけるおいしさの評点が0以上の時は収穫直後から収穫後約10日であり、慣行段ボール箱区より約4日長くなった．防湿段ボール箱区の重量減少率は慣行段ボール箱区の重量減少率より低く推移し、果実からの水分蒸散が抑制されたことが要因と考えられた．

引用文献

- Akimoto, H., K. Nagai and N. Sakurai. 2012. Viscosity measurement by the free vibrations of homogeneous viscoelastic sphere. *J. Appl. Mech.* 79: 41002-1-41002-8.
- 千々和浩幸・平川信之・浦 広幸. 2005. 1-MCP処理がカキ‘伊豆’の軟化抑制と果実品質に及ぼす影響. *園学雑*. 74(別2): 242.
- Fonseca, S. C., F. A. R. Oliveira and J. K. Brecht. 2002. Modelling respiration rate of fresh fruits and vegetables for modified atmosphere packages: a review. *J. Food Eng.* 52: 99-119.
- Harima, S., R. Nakano, S. Yamauchi, Y. Kitano, Y. Yamamoto, A. Inaba and Y. Kubo. 2003. Extending shelf-life of astringent persimmon (*Diospyros kaki* Thunb.) fruit by 1-MCP. *Postharvest Biol. Technol.* 29: 319-324.
- 播磨真志・中野龍平・山内 勲・久保康隆・稲葉昭次・北野欣信. 2002. カキ‘刀根早生’促成栽培果実の出荷容器の改善による軟化抑制. *園学雑*. 71: 583-587.
- 板村裕之・北村利夫・平 智・原田 久・伊藤教善・高橋芳浩・福嶋忠昭. 1991. カキ‘平核無’果実の軟化とエチレン生成および呼吸の関係. *園学雑*. 60: 695-701.
- 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). *園学雑*. 38: 194-201.
- 樫村芳記・羽山裕子・阪本大輔・中村ゆり. 2010. MA包装用段ボール箱を利用したニホンナシおよびリンゴの1-メチルシクロプロペン処理. *日食保蔵誌*. 36: 165-171.
- 神山真一・河瀬 剛・佐藤幸泰・鈴木哲也・新川 猛. 2014. カキにおける輸出用長期貯蔵技術および品質保持技術の確立—柿用防湿段ボールの作製に関する研究—. *岐阜県産業技術センター研究報告*. 8: 56-58.
- 久保康隆. 2002. 収穫後の果実の取り扱い. p. 195-217. 水谷房雄ほか著. 最新果樹園芸学. 朝倉書店. 東京.
- Kuroki, S., M. Tohro and N. Sakurai. 2006. Monitoring of the elasticity index of melon fruit in a greenhouse. *J. Japan. Soc. Hort. Sci.* 75: 415-420.
- Muramatsu, N., N. Sakurai, N. Wada, R. Yamamoto, K. Tanaka,

- T. Asakura, Y. Ishikawa-Takano and D. J. Nevins. 1997. Critical comparison of an accelerometer and a laser Doppler vibrometer for measuring fruit firmness. *HortTechnology* 7: 434–438.
- 中野龍平・播磨真志・久保康隆・稲葉昭次. 2001. 有孔ポリエチレン包装によるカキ‘刀根早生’ハウス促成栽培果実の軟化抑制. *園学雑*. 70: 385–392.
- 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.
- Nakano, R., S. Inoue, Y. Kubo and A. Inaba. 2002. Water stress-induced ethylene in the calyx triggers autocatalytic ethylene production and fruit softening in ‘Tonewase’ persimmon grown in a heated plastichouse. *Postharvest Biol. Technol.* 25: 293–300.
- 新川 猛・稲荷妙子・尾関 健・三井萬丈. 2005. 1-メチルシクロプロペン処理による完全甘ガキの果肉硬度保持. *食科工誌*. 52: 68–73.
- 新川 猛・尾関 健・加藤雅也・生駒吉織. 2008. 収穫後の高温処理によるカキ‘富有’果肉中のカロテノイド含量の増強. *園学研*. 7: 123–128.
- 大森定夫. 1998. 果実の硬度計測. *農機誌*. 60: 134–136.
- 佐藤明彦. 2013. 特集・カキ産業の現状と展開方向 カキの品種～最近の動向～. p. 34–38. 浦田 勝. 果実日本. 日本園芸農業協同組合. 東京.
- Sisler, E. C. and M. Serek. 1997. Inhibitors of ethylene responses in plants at the receptor level: recent developments. *Physiol. Plant.* 100: 577–582.
- 鈴木哲也・新川 猛・櫻井直樹. 2011. 収穫後のカキ‘富有’果実における肉質評価と食べ頃予測. *園学研*. 10: 421–427.
- 樽谷隆之. 1960. カキ果実の利用に関する研究（第4報）富有の冷蔵における包装の効果. *園学雑*. 29: 212–218.
- 樽谷隆之. 1961. カキ果実の利用に関する研究（第5報）富有の冷蔵におけるガス条件について. *園学雑*. 30: 95–102.
- 樽谷隆之・真部正敏. 1960. カキ果実の利用に関する研究（第3報）カキ果の貯蔵温度について. *園学雑*. 29: 114–120.
- 山田昌彦・玉井啓之・井上良子・佐藤明彦・板村裕之. 2002. 20°C・相対湿度80%の条件下におけるカキの日持ち性の品種・系統間差異. *園学雑*. 71(別2): 468.
- 山田昌彦・山根弘康・佐藤明彦・岩波 宏・平川信之・吉永勝一・小澤俊治・中島育子. 2004. カキ新品種‘早秋’. *果樹研報*. 3: 53–66.