

セイヨウナシ ‘越さやか’ における追熟中の果実特性の変化ならびに フィルム包装が果実追熟に及ぼす影響

知野秀次¹・太田祐樹¹・二木明日香²・齋藤洋太郎¹・
黒坂 俊¹・大塚伸吾¹・坂井 優¹・松本辰也³・児島清秀^{1*}

¹新潟大学大学院自然科学研究科 950-2181 新潟県新潟市西区五十嵐2の町 8050

²新潟大学農学部 950-2181 新潟県新潟市西区五十嵐2の町 8050

³新潟県農業総合研究所 園芸研究センター 957-0111 新潟県北蒲原郡聖籠町真野 117

Change in Fruit Characteristics during Ripening and Effect of Film Packaging on Fruit Ripening in ‘Koshisayaka’ Pears

Shuji Chino¹, Yuuki Ohta¹, Asuka Futatsugi², Yotaro Saito¹, Syun Kurosaka¹,
Shingo Ohtsuka¹, Yu Sakai¹, Tatsuya Matsumoto³ and Kiyohide Kojima^{1*}

¹Graduate School of Science and Technology, Niigata University, Ikarashi 2-no-cho, Nishi-ku Niigata 950-2181

²Faculty of Agriculture, Niigata University, Ikarashi 2-no-cho, Nishi-ku Niigata 950-2181

³Horticultural Research Center, Niigata Agricultural Research Institute, 177 Mano, Seiro, Niigata 957-0111

Abstract

The peel color index and soluble solid concentration of ‘Koshisayaka’ pears after harvest increased during ripening at 20°C, while the flesh firmness, elasticity coefficient, viscosity coefficient and elasticity index of the fruit decreased. When the fruit reached the edible-ripeness stage 12 days after harvest, the values of those characteristics were 9.3 (peel color index), 12.7 Brix % (soluble solid concentration), 1.4 N (flesh firmness), 1.8×10^6 (elasticity coefficient) and 1.1×10^7 (viscosity coefficient). In addition, the elasticity indices that were calculated from the frequency of second resonance and the third resonance were 9.5×10^6 and 17.4×10^6 , respectively. Film packaging of the pear fruit resulted in inhibition of moisture loss, yellowing of the peel, softening of the flesh and saccharification of starch during ripening. The characteristics of the film-packaged fruit 12 days after harvest were 3.7 (peel color index), 20% (potassium iodide reaction), 12.5 N (flesh firmness), 15.0×10^6 (elasticity coefficient), 15.0×10^7 (viscosity coefficient), 29.5×10^6 (Emf_2) and 66.2×10^6 (Emf_3). These findings clarify the ripening characteristics of ‘Koshisayaka’ pear fruit and the delaying effect of film packaging on fruit ripening. The delaying effect on fruit ripening is suggested to be due to decreased level of oxygen in film. Furthermore, the possibility of a nondestructive method for estimating the ripening stage is suggested by the correlation between the elasticity index and fruit softening.

Key Words : elasticity coefficient, elasticity index, flesh firmness, resonant frequency, viscosity coefficient

キーワード : 弾性率, 弾性指標, 果肉硬度, 共鳴周波数, 粘性率

緒 言

セイヨウナシ ‘越さやか’ は、既存品種の ‘ラ・フランス’ や ‘ル・レクチェ’ よりも収穫期が早く、中生品種としては優れた品質および栽培性を有している (松本ら, 2004)。そのため、労働時間の分散、早期収穫による台風被害などの回避、ならびにニホンナシからセイヨウナシへの

接木更新が可能であり、新たな消費ニーズを開拓する可能性を持つ有望な品種と考えられる。しかしながら、完全に追熟した果実の日持ちが短く、流通の過程で水浸状果の発生や肉質の低下が問題となることがある。この品種に関しては、果実の追熟特性ならびに追熟させた果実の貯蔵性に関する報告が少なく、収穫から流通までの作業体系に関する検討がほとんどなされていないのが現状である。

一般的に、セイヨウナシ (*Pyrus communis* L.) は数日～数週間の追熟を必要とする。日本で栽培されているセイヨウナシの追熟および貯蔵特性に関する研究は、‘バートレット’ (荒木ら, 1965; 北村ら, 1981; 杉山ら, 1963), ‘マルゲリット・マリーラ’ (Murayama ら, 1998), ‘ラ・フランス’ (北村, 1987; Kondo・Takano, 2000; Kondo ら, 2004;

2009年3月15日 受付。2009年5月25日 受理。

本研究は、平成20年度新たな農林水産政策を推進する実用技術開発事業「雪室活用の西洋ナシの追熟制御と日本ナシの長期貯蔵の技術開発 (課題番号 2026)」の一環として行われた。本報告の一部は平成21年度園芸学会春季大会で発表した。

* Corresponding author. E-mail: kojimaki@agr.niigata-u.ac.jp

Murayama ら, 1998, 2002, 2006a; 佐藤ら, 1993), ‘ル・レクチェ’ (知野ら, 2007; 古田・浅野, 1991; Murayama ら, 1995) で積極的に行われてきた. 収穫後の ‘Anjou’ 果実へのエチレン処理は追熟を促進することが知られている (Wang ら, 1972). エチレン処理による追熟の促進効果は ‘ラ・フランス’ (北村, 1987) および ‘ル・レクチェ’ (古田・浅野, 1991) でも認められている. さらに, 収穫後のセイヨウナシ果実への低温処理も追熟を促進し (杉山ら, 1963; Blankenship・Richardson, 1985; 古田・浅野, 1991; 佐藤ら, 1993), その技術は生産現場で実用化されている. また, 完全に追熟した果実の貯蔵技術である低温貯蔵 (古田ら, 1994) およびフィルム包装 (Furuta ら, 1992; 古田ら, 1994; 木村ら, 1995) に関しては生産, 流通や販売の現場で実用化されているセイヨウナシ品種もある. しかしながら, ‘越さやか’ では低温貯蔵やフィルム包装技術, ならびに追熟の進行を遅らせる技術などは検討されていない.

本研究は, セイヨウナシ果実の追熟制御および貯蔵技術の開発の基礎試験ならびにセイヨウナシ ‘越さやか’ の追熟特性の解明を目的として, 追熟中の ‘越さやか’ 果実の共鳴周波数, 弾性指標, 果皮色, 果肉硬度および可溶性固形物濃度の経時的变化を示した. さらに, MA 包装技術を応用し, フィルム包装による果実の追熟抑制を試みた.

材料および方法

1. 追熟中の果実特性の変化 (試験 1)

試験材料の ‘越さやか’ の果実は, 新潟県加茂市の生産者の圃場に植栽されている 6 年生樹から採取した. 果実の採取は収穫適期である 2008 年 9 月 17 日に行った. 採取した果実は, 20°C に設定したインキュベーター内で追熟させた. インキュベーター内の湿度は, 水を入れたプラスチックトレイを置き, 80% 以上に維持した.

追熟中の, 果皮色, 果肉硬度, 弾性率, 粘性率, 可溶性固形物濃度, ヨードカリデンブ反応, 共鳴周波数および弾性指標は収穫後 0 日 (収穫時), 6 日, 9 日および 12 日に調査した.

弾性指標の算出に利用する共鳴周波数の計測には非破壊硬度測定装置 (生物振動研究所) を使用し, 果実の赤道部の 2 か所を計測した (第 1 図). Cooke (1972) および Terasaki

ら (2001a) の報告に従い, 弾性指標 (Emf_x) は共鳴周波数 (f_x) と果実重 (m) から算出した. 本研究では, 第 2 共鳴周波数 (f_2) から算出した弾性指標を弾性指標 Emf_2 , 第 3 共鳴周波数 (f_3) から算出した弾性指標を弾性指標 Emf_3 ならびに第 4 共鳴周波数 (f_4) から算出した弾性指標を弾性指標 Emf_4 と定義した. 弾性指標 (Emf_x) は以下の式 [1] から算出した.

$$Emf_x = f_x^2 \cdot m^{2/3} \quad [1]$$

果皮色は ‘ル・レクチェ’ カラーチャート (新潟大学農業情報工学研究室および新潟県園芸研究センター) を基準とし, 果実の赤道部の 4 か所を測定した (第 1 図).

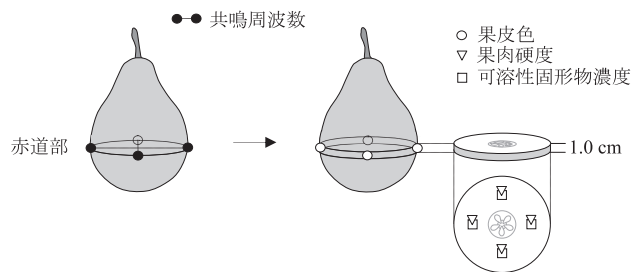
果肉硬度, 弾性率および粘性率は FUDOH レオメーター (RT-1002A・D, レオテック) で測定し, 測定方法は Kojima ら (1992, 1994) の方法を一部変更して行った. 果実の赤道部から 10 mm の果肉切片を切り出し, 果皮と外果皮 (果心線) の中央部の果肉の 4 か所を測定した (第 1 図). レオメーターには 60° の円錐型のプランジャーを取り付け, 貫入速度は $10 \text{ cm} \cdot \text{min}^{-1}$ とした. プランジャーの貫入深度 (圧縮距離) は 4.3 mm とし, その時の最大応力を果肉硬度とした. その後, プランジャーを 4.3 mm の貫入深度で停止させ, 弾性率および粘性率を算出するために減衰応力を 10 秒間計測した.

ヨードカリデンブ反応は染色面積比率で示し, その比率は果樹指導指針 (新潟県, 2006) を基準とした. 可溶性固形物濃度はデジタル糖度計 (APAL-1, AS ONE) で測定した. 測定部位は果肉硬度を測定した果肉とし, 4 つの果肉ブロック (約 1.0 cm^3) を調整し, それぞれの果汁の可溶性固形物濃度を測定した (第 1 図).

2. フィルム包装した果実の追熟特性 (試験 2)

試験材料の ‘越さやか’ の果実は, 試験 1 と同様に新潟県加茂市の生産者の圃場に植栽されている 6 年生樹から採取した (2008 年 9 月 17 日). 採取した果実は, 無処理区, 果実を厚さ $30 \mu\text{m}$ のポリプロピレンフィルム (A タイプ, 凸版印刷) に包んだフィルム区および果実と炭酸ガス吸収剤 (エージレス C タイプ, 三菱ガス化学) をフィルムで包んだフィルム + 吸収剤区の 3 区に分け, その後, 20°C に設定したインキュベーター内で追熟させた. インキュベーター内の湿度は, 水を入れたプラスチックトレイを置き, 80% 以上に維持した.

果実重, 果皮色, 果肉硬度, 弾性率, 粘性率, 可溶性固形物濃度, ヨードカリデンブ反応, 共鳴周波数および弾性指標は収穫後 12 日に調査し, 果実重および果皮色以外の果実特性の測定方法は試験 1 と同様に行った. 果実重については以前の報告 (知野ら, 2009) に従い, 収穫時の果実重に対する調査時の果実重の割合 (%) で示した. 果皮色については, ‘ル・レクチェ’ カラーチャートに加え, 分光測色計 (CM-600d, コニカミノルタ) で測定した. 分光測色計の測定条件は SCI 法とし, 光源は蛍光ランプの演色



第 1 図 共鳴周波数, 果皮色, 果肉硬度および可溶性固形物濃度の測定部位 (模式図)

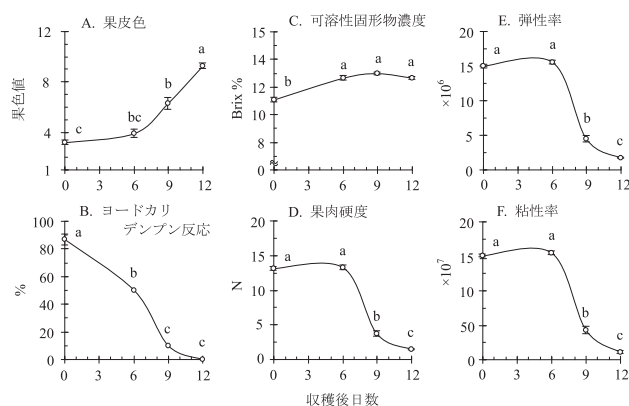
AAA 昼白色 (F6) とし, 測定値は $L^*a^*b^*$ 表色系で示した. さらに, フィルム包装区およびフィルム包装 + 吸収剤区については, フィルム内の酸素および二酸化炭素濃度を食品包装ヘッドスペース用 O_2/CO_2 分析計 (Check Mate II, PBI Dansensor) により計測した.

結 果

1. 追熟中の果実特性の変化 (試験 1)

追熟期間中には腐敗果や内部褐変は認められず, 果実は収穫後 12 日に適食状態となった. 収穫時の果色値は 3.2 であり, 6 日後まで変化しなかった (第 2 図 A). その後, 果色値は直線的に増加し, 12 日目の値は 9.3 であった. ヨードカリデンブンプン反応の値は追熟中に有意に減少し (第 2 図 B), 可溶性固形物濃度は追熟期間中に 1.6% 増加した (第 2 図 C). 0 ~ 6 日目間の果肉硬度は果皮色と同様にほとんど変化がみられなかったが, その後, 6 ~ 9 日目にかけて急激に低下した (第 2 図 D). 12 日目の硬度は 1.4 N であった. 弾性率および粘性率は果肉硬度と同様の低下パターンを示した (第 2 図 E, F). 12 日目の弾性率および粘性率は 1.8×10^6 および 1.1×10^7 であった.

収穫時の第 2 共鳴周波数 (f_2), 第 3 共鳴周波数 (f_3) および第 4 共鳴周波数 (f_4) は 943, 1,395 および 1,763 Hz であり, その後, それらの共鳴周波数は追熟の進行とともに有意に低下した (第 3 図 A, C, E). 12 日目の果実において, f_4 は確認することができなかった. 収穫時の果実における f_2, f_3 および f_4 から算出した弾性指標は 35×10^6 (Emf_2), 77×10^6 (Emf_3) および 123×10^6 (Emf_4) であった (第 3 図 B, D, F). その後, 各弾性指標は追熟期間中に有意に低下し, 12 日目の Emf_2 および Emf_3 は 9.5×10^6 および 17.4×10^6 であった.

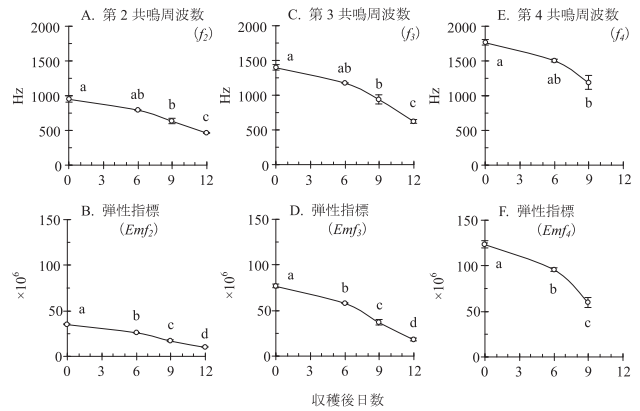


第 2 図 追熟中の‘越さやか’の果実特性の変化

それぞれの果実特性のグラフは 20°C で追熟させた果実の測定値の推移を示す

異なるアルファベット間には 5% 水準の有意差があることを示す (Tukey 検定)

垂線は標準誤差を示す (n = 3)



第 3 図 追熟中の‘越さやか’の共鳴周波数および弾性指標の変化

それぞれの果実特性のグラフは 20°C で追熟させた果実の測定値の推移を示す

Emf_2 , Emf_3 および Emf_4 は第 2 共鳴周波数, 第 3 共鳴周波数および第 4 共鳴周波数から算出した弾性指標を示す異なるアルファベット間には 5% 水準の有意差があることを示す (Tukey 検定)

垂線は標準誤差を示す (n = 3)

2. フィルム包装した果実の追熟特性 (試験 2)

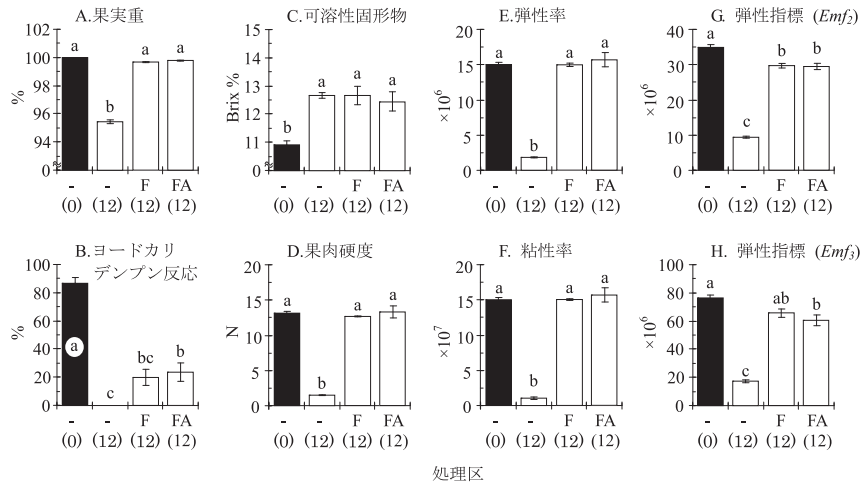
試験 2 の無処理区の果実特性については試験 1 の測定結果を引用した. 12 日目における果実重は収穫時の 95.4% (無処理区), 99.8% (フィルム区) および 99.6% (フィルム + 吸収剤区) であり, フィルム区ならびフィルム + 吸収剤区の果実重の維持程度は無処理区よりも有意に高かった (第 4 図 A).

12 日目の果実におけるヨードカリデンブンプン反応の染色率は収穫時よりも有意に低下していた (第 4 図 B). また, 12 日目の果実の染色率は 0% (無処理区), 20% (フィルム区) および 23% (フィルム + 吸収剤区) であり, フィルム区ならびフィルム + 吸収剤区の染色率は無処理区よりも有意に高かった (第 4 図 B).

12 日目の果実の可溶性固形物濃度は 12.7% (無処理区), 12.5% (フィルム区) および 12.7% (フィルム + 吸収剤区) であり, 収穫時の果実よりも有意に高かった (第 4 図 C). しかしながら, 12 日目の果実では処理間で有意な差が認められなかった (第 4 図 C).

12 日目の果肉硬度は 1.4 N (無処理区), 12.5 N (フィルム区) および 13.2 N (フィルム + 吸収剤区) であった (第 4 図 D). フィルム区ならびフィルム + 吸収剤区の果肉硬度の値は無処理区よりも有意に高く, 収穫時の果実とほぼ同様であった.

弾性率 (第 4 図 E) および粘性率 (第 4 図 F) は果肉硬度と同様の傾向を示した. 12 日目の果実における弾性率は 1.8×10^6 (無処理区), 15.0×10^6 (フィルム区) および 15.6×10^6 (フィルム + 吸収剤区) であり, 粘性率は 1.1×10^7 (無処理区), 15.0×10^7 (フィルム区) および 15.6×10^7 (フィルム + 吸収剤区) であった. 12 日目の弾性率および粘性率

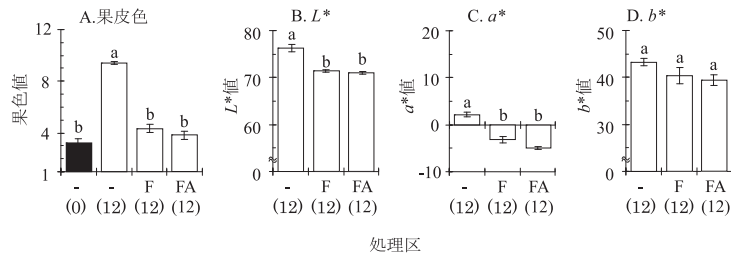


第4図 フィルム包装と炭酸ガス吸収剤が‘越さやか’の果実特性に及ぼす影響

「-」, 「F」および「FA」は、無処理区、フィルム区およびフィルム+吸収剤区を示す

収穫後の果実は20°Cで追熟させ、それぞれの棒グラフは収穫時(0)または12日目(12)の測定値を示す異なるアルファベット間には5%水準の有意差があることを示す(Tukey検定)

垂線は標準誤差を示す(n=3)



第5図 フィルム包装が‘越さやか’の果皮色に及ぼす影響

「A. 果皮色」は‘ル・レクチュエ’カラーチャート, 「B. L^* 」, 「C. a^* 」および「D. b^* 」は分光色測計の測定値を示す

「-」, 「F」および「FA」は、無処理区、フィルム区およびフィルム+吸収剤区を示す

収穫後の果実は20°Cで追熟させ、それぞれの棒グラフは収穫時(0)または12日目(12)の測定値を示す異なるアルファベット間には5%水準の有意差があることを示す(Tukey検定)

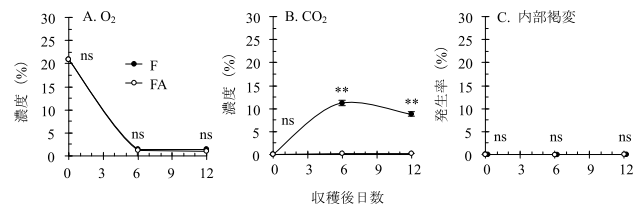
垂線は標準誤差を示す(n=3)

のフィルム区ならびフィルム+吸収剤区の値は無処理区よりも有意に高く、収穫時の果実とはほぼ同様であった。

12日目の果実における弾性指標(Emf_2)は 9.5×10^6 (無処理区), 29.5×10^6 (フィルム区)および 29.3×10^6 (フィルム+吸収剤区)であり、フィルム区ならびフィルム+吸収剤区の指標は無処理区よりも有意に高かった(第4図G). 弾性指標(Emf_3)は Emf_2 と同様の傾向が認められ、フィルム区ならびフィルム+吸収剤区の指標が有意に高かった(第4図H).

12日目の果実におけるカラーチャートを基準とした果皮色値は9.3(無処理区), 3.7(フィルム区)および3.1(フィルム+吸収剤区)であり、無処理区の値が有意に高かった(第5図A). また、分光測色計の L^* 値および a^* 値においても同様の傾向が認められた(第5図B, C). しかしながら、 b^* 値は処理間で有意な差が認められなかった(第5図D).

フィルム内の酸素濃度はフィルム区とフィルム+吸収剤区の両区で追熟中に減少したが、各調査日における処理間



第6図 追熟中の‘越さやか’におけるフィルム内の酸素および二酸化炭素の濃度、ならびに内部褐変の発生率の変化果実は20°Cで追熟させ、「F」および「FA」はフィルム区およびフィルム+吸収剤区を示す

「**」は1%水準の有意な差を示し、「ns」は有意な差がないことを示す(t-検定)

垂線は標準誤差を示す(n=3)

の有意な差は認められなかった(第6図A). 一方、フィルム内の二酸化炭素濃度は、フィルム区では濃度が上昇したが、フィルム+吸収剤区ではほとんど変化しなかった(第6図B). 収穫後6日および12日の二酸化炭素濃度は処理

間で1%水準の有意な差が認められた。追熟中の果実の内部褐変は両処理区で認められなかった(第6図C)。

考 察

試験1において、20°Cで追熟させた果実は収穫後12日で適食状態に達し、追熟日数は松本ら(2004)の報告とほぼ一致していた。‘越さやか’果実の品種特性ならびに追熟特性については以前に松本ら(2004)によって報告されているが、本試験は果実特性の経時的变化を明らかにした。さらに、‘ル・レクチェ’カラーチャートを基準とした果皮色の变化、レオメーターで測定した果肉硬度、弾性率および粘性率の変化、ならびに非破壊硬度測定装置で計測した共鳴周波数および弾性指標の変化を新たに明らかにした。これらの結果は、‘越さやか’果実の追熟特性の基礎的な知見、ならびに生産現場における計画出荷のための実用的な知見になると考えられる。

‘越さやか’の弾性指標は‘ラ・フランス’(Murayamaら, 2006b; 桜井, 2004; Taniwakiら, 2009; Terasakiら, 2006)や‘ル・レクチェ’(知野ら, 2009)のように果肉の軟化とともに低下した。キウイフルーツ(Terasakiら, 2001b)、セイヨウナシ(Murayamaら, 2006b)およびリンゴ(元村ら, 2004)の弾性指標と果肉硬度との間には有意な相関が認められていることから、‘越さやか’の弾性指標と果肉硬度との間にも有意な相関が予想される。今後、実用的なデータとするために調査個体を増やし、果肉硬度、弾性率、粘性率や可溶性固形物濃度などの果実特性と弾性指標との関係をさらに詳細に調査する必要がある。

果肉硬度は収穫後6~9日に急激に低下し(第2図D)、弾性指標の低下パターンと一致しない部分があった(第3図B, D, F)。この不一致の原因の詳細は不明であるが、果肉硬度の測定部位に問題があるかもしれない。キウイフルーツの弾性指標と果肉硬度との相関係数は硬度の測定部位によって異なることがTerasakiら(2001b)によって報告されている。収穫後6~9日の‘越さやか’の果肉硬度が部位によって異なると仮定すると、弾性指標と果肉硬度との不一致の説明が可能となる。果肉硬度の測定部位と弾性指標との関係については、今後、検証する必要がある。また、第3共鳴周波数および第4共鳴周波数も果実の物性に関する情報を持つことから、各共鳴周波数から算出した弾性指標と果肉硬度との関係の解明によって、不一致の原因の解明ならびに果肉硬度の推定精度の向上につながると考えられる。

試験2のフィルム包装した果実の追熟特性において、12日目のフィルム包装した果実のヨードカリデンブレン反応は収穫時のレベルより低下し(第4図B)、可溶性固形物濃度の上昇が認められた(第4図C)。一方、果実重、果肉硬度、弾性率、粘性率、および果皮色は収穫時と同レベルで維持されており、フィルム包装は水分消失、果肉の軟化ならびに果皮の黄化を抑制した(第4, 5図)。フィルム内は酸素濃度が低下し、二酸化炭素濃度が上昇した状態となっ

ており、この状態が果実の追熟抑制効果をもたらしたと考えられる。さらに、二酸化炭素濃度の上昇を抑えたフィルム+吸収剤の区においても、同様な追熟抑制効果が得られたことから、‘越さやか’果実の追熟抑制にはフィルム内の酸素濃度が重要であることが示唆された。

フィルム包装による追熟抑制効果は古田ら(1994)の‘ル・レクチェ’のフィルム包装ならびに飯野ら(1972)の‘パートレット’のCA貯蔵の結果と一致しており、フィルム包装技術を使用した酸素濃度の調整によって‘越さやか’の追熟を抑制できることが明らかになった。しかしながら、このフィルムで包装した果実が適食状態に達するかは不明であり、今後、さらに長期的な実験計画を組むとともに、酸素透過率の異なるフィルムを利用した追熟の検討を行うことも必要である。

セイヨウナシの追熟において、果実の内部褐変の発生は商品価値を低下させるため、生産、流通および販売の現場において重大な問題となる。‘ル・レクチェ’における内部褐変の発生の原因は二酸化炭素の影響であることが古田ら(1994)によって示されており、フィルム包装したセイヨウナシ果実の追熟および貯蔵では炭酸ガス吸収剤の利用が有効であることが報告されている。さらに、貯蔵中の‘ル・レクチェ’果実の内部褐変は5%以上の二酸化炭素濃度で発生することが明らかにされている(古田ら, 1994)。しかしながら、本試験の炭酸ガス吸収剤を使用しないフィルム区ではフィルム内の二酸化炭素濃度が10%まで上昇したにも関わらず、内部褐変は認められなかった。このことから、‘越さやか’は内部褐変がおこりにくい品種であることが示唆された。

以上のことから、‘越さやか’の追熟中の果実特性ならびに適食期の果実品質が明らかになった。さらに、追熟中の‘越さやか’の弾性指標が果肉の軟化とともに低下したことから、非破壊計測技術による熟度推定の可能性が示唆された。また、フィルム包装による追熟の抑制効果が認められたことから、酸素透過率の異なるフィルムの使用による適食期の分散の可能性が示唆された。

摘 要

‘越さやか’の果色値および可溶性固形物濃度は追熟中に上昇し、果肉硬度、弾性率、粘性率および弾性指標は低下した。果実が収穫後12日に適食状態に達した時の果実特性の値は、9.3(果色値)、12.7 Brix% (可溶性固形物濃度)、1.4 N(果肉硬度)、 1.8×10^6 (弾性率)および 1.1×10^7 (粘性率)であった。さらに、 f_2 および f_3 から算出した弾性指標は 9.5×10^6 (Emf_2)および 17.4×10^6 (Emf_3)であった。一方、収穫後の果実へのフィルム包装は水分消失、果皮の黄化、果肉の軟化、ならびにデンプンの糖化を抑制した。収穫後12日におけるフィルム包装した果実の果実特性は、3.7(果色値)、20%(ヨードカリデンブレン反応)、12.5 N(果肉硬度)、 15.0×10^6 (弾性率)、 15.0×10^7 (粘性率)、 29.5×10^6

(Emf_2) および 66.2×10^6 (Emf_3) であった。以上の結果から、'越さやか' 果実の追熟特性ならびにフィルム包装による果実の追熟抑制効果が明らかになった。この追熟抑制効果はフィルム内の酸素濃度の低下によることが示唆された。また、'越さやか' の弾性指標が果肉の軟化とともに低下したことから、非破壊計測技術による熟度推定の可能性が示唆された。

謝 辞 本研究の実施にあたり、凸版印刷株式会社よりフィルムを提供して頂いた。ここに記して深く感謝の意を表します。

引用文献

- 荒木忠治・青木章平・鈴木勝芳・小曾戸和夫・薮 花雄. 1965. 洋梨の冷蔵・追熟に関する研究 (第1報) 冷蔵と予冷の影響. 食科工. 12: 20-26.
- Blankenship, S. M. and D. G. Richardson. 1985. Development of ethylene biosynthesis and ethylene-induced ripening in 'd'Anjou' pears during the cold requirement for ripening. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 110: 520-523.
- 知野秀次・松本辰也・児島清秀. 2007. エチレンあるいは低温処理がセイヨウナシ 'ル・レクチェ' の追熟過程に及ぼす影響. 園学研. 6: 295-299.
- 知野秀次・松本辰也・太田祐樹・児島清秀. 2009. 追熟中のセイヨウナシ 'ル・レクチェ' における非破壊法による果実特性の評価. 園学研. 8: 109-114.
- Cooke, J. R. 1972. An interpretation of the resonant behavior of intact fruit and vegetables. Trans. ASAE 15: 1075-1080.
- Furuta, M., S. Asano and S. Imai. 1992. Prevention of browning of the peel of pears by polyethylene film packaging. Packaging Technol. Sci. 5: 91-100.
- 古田道夫・浅野 聡. 1991. 西洋ナシ (ル・レクチェ) の追熟特性. 新潟食研報. 26: 1-5.
- 古田道夫・浅野 聡・今井誠一. 1994. 二酸化炭素吸収剤利用による西洋ナシのフィルム包装貯蔵. 日本包装学会誌. 3: 102-111.
- 飯野久栄・伊坂 孝・溝延正夫・薮 花雄. 1972. 洋ナシ・パートレットのCA (Controlled Atmosphere) の効果 (第1報) 貯蔵性に及ぼすCAの効果. 食糧研報. 27: 70-76.
- 木村 剛・笹邊幸男・依田征四. 1995. 収穫時期、貯蔵温度および包装方法の相違がセイヨウナシ 'パス・クラサン' 果実の貯蔵性に及ぼす影響. 岡山農試研報. 13: 25-29.
- 北村利夫. 1987. セイヨウナシ 'ラ・フランス' の追熟生理及び品質における収穫日、追熟温度及びエチレン処理の影響. 園学雑. 56: 229-235.
- 北村利夫・岩田 隆・福島忠昭・古川良茂・石黒運弥. 1981. 果実・野菜の成熟生理と貯蔵に関する研究 (第2報). 園学雑. 49: 608-616.
- Kojima, K., N. Sakurai and S. Kuraishi. 1994. Fruit softening in banana: correlation among stress-relaxation parameters, cell wall components and starch during ripening. *Physiol. Plant.* 90: 772-778.
- Kojima, K., N. Sakurai, S. Kuraishi, R. Yamamoto and A. Inaba. 1992. Physical measurement of firmness of banana fruit pulp: determination of optimum conditions for measurement. *Postharvest Biol. Technol.* 2: 41-49.
- Kondo, S., K. Settsu and A. Jitratham. 2004. How application times of 2,4-DP influence the ripening capacity of 'La France' pears. *HortScience* 39: 101-104.
- Kondo, S. and Y. Takano. 2000. Cell wall metabolism and induction of ripening capacity in 'La France' pears as influenced by 2,4-DP. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 125: 242-247.
- 松本辰也・大竹 智・熊木 茂・塩原孝一・渡邊信吾. 2004. セイヨウナシ新品種「越さやか」. 新潟農総研研報. 6: 7-14.
- 元村佳恵・長尾多実子・桜井直樹. 2004. 6品種のリンゴ果実硬度のレーザー・ドップラー法による非破壊・非接触測定. 食科工. 51: 483-490.
- Murayama, H., T. Katsumata, H. Endou, T. Fukushima and N. Sakurai. 2006a. Effect of storage period on the molecular-mass distribution profile of pectic and hemicellulosic polysaccharides on pears. *Postharvest Biol. Technol.* 40: 141-148.
- Murayama, H., T. Katsumata, O. Horiuchi and T. Fukushima. 2002. Relationship between fruit softening and cell wall polysaccharides in pears after different storage periods. *Postharvest Biol. Technol.* 26: 15-21.
- Murayama, H., I. Konno, S. Terasaki, R. Yamamoto and N. Sakurai. 2006b. Nondestructive method for measuring fruit ripening of 'La France' pears using a laser Doppler vibrometer. *J. Japan. Soc. Hort. Sci.* 75: 79-84.
- Murayama, H., D. Satoh, Y. Ohta and T. Fukushima. 1995. Effect of relative humidity on ripening of 'Le Lectier' pear fruit. *Acta Hort.* 398: 187-193.
- Murayama, H., T. Takahashi, R. Honda and T. Fukushima. 1998. Cell wall changes in pear fruit softening on and off the tree. *Postharvest Biol. Technol.* 14: 143-149.
- 新潟県. 2006. 果樹指導指針. 149-178. 新潟県農林水産部農産園芸課. 新潟.
- 桜井直樹. 2004. 果実の硬さで食べ頃・取り頃を知る技術. 農及園. 17: 1286-1292.
- 佐藤康一・野口協一・佐竹正行・工藤郁也・高瀬紘一. 1993. セイヨウナシ 'ラ・フランス' の予冷方法と追熟温度. 山形園試研報. 10: 23-41.
- 杉山直儀・岩田正利・高橋和彦・崎山亮三. 1963. 洋ナシパートレットの追熟について (第1報) 追熟温度と冷蔵処理の影響. 園学雑. 32: 247-255.

- Taniwaki, M., T. Hanada, M. Tohro and N. Sakurai. 2009. Non-destructive determination of the optimum eating ripeness of pears and their texture measurements using acoustical vibration techniques. *Postharvest Biol. Technol.* 51: 305–310.
- Terasaki, S., N. Sakurai, R. Yamamoto N. Wada and D. J. Nevins. 2001a. Changes in cell wall polysaccharides of kiwifruit and the visco-elastic properties detected by a laser Doppler method. *J. Japan. Soc. Hort. Sci.* 70: 572–580.
- Terasaki, S., N. Sakurai, J. Zebrowski, H. Murayama, R. Yamamoto and D. J. Nevins. 2006. Laser Doppler vibrometer analysis of changes in elastic properties of ripening ‘La France’ pears after postharvest storage. *Postharvest Biol. Technol.* 42: 198–207.
- Terasaki, S., N. Wada, N. Sakurai, N. Muramatsu, R. Yamamoto and D. J. Nevins. 2001b. Nondestructive measurement of kiwifruit ripeness using a laser doppler vibrometer. *Trans. ASAE* 44: 81–87.
- Wang, C. Y., W. M. Mellenthin and E. Hansen. 1972. Maturation of ‘Anjou’ pears in relation to chemical composition and reaction to ethylene. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 97: 9–12.