

ニホンナシ ‘幸水’、‘新高’ および ‘新興’ における MA 包装が果実貯蔵に及ぼす影響および貯蔵期間中の弾性指標のモニタリング

黒坂 俊・知野秀次・太田祐樹・齋藤洋太郎・坂井 優・児島清秀*

(平成22年1月12日受付)

要 約

MA 包装したニホンナシ (*Pyrus pyrifolia* Nakai) ‘幸水’、‘新高’ および ‘新興’ 果実の共鳴周波数を果実硬度測定装置 (Vp-2, 生物振動研究所) で経時的に測定した。さらに、共鳴周波数と果実重から弾性指標を算出し、貯蔵中の果実の弾性指標の経時変化を示した。収穫時の ‘幸水’ 果実の第2共鳴周波数は680 Hz であり、‘新高’ および ‘新興’ 果実の第3共鳴周波数は852 Hz および841 Hz であった。さらに、収穫時の ‘幸水’ 果実の第2共鳴周波数から算出した弾性指標は約22であり、収穫時の ‘新高’ および ‘新興’ 果実の第3共鳴周波数から算出した弾性指標は約56および49であった。3品種それぞれの弾性指標は貯蔵期間中に低下したことから、弾性指標がニホンナシ果実の新たな熟度指標となる可能性が示唆された。果実の MA 包装は果皮の黒変 (‘新高’)、貯蔵病害の発生 (‘新興’) ならびに果肉の水浸状化 (‘幸水’ および ‘新興’) を助長した。また、MA 包装によって果実の水分消失が抑制されており、弾性指標の低下も同様に抑制されていることから、ニホンナシ果実の弾性指標の低下には水分消失が関与すると示唆された。

新大農研報, 62(2):81-87, 2010

キーワード：非破壊計測、共鳴周波数、MA 包装、水分消失、低温

MA (Modified Atmosphere) 包装技術によって多くの野菜や果樹の貯蔵性は向上する (Cia *et al.*, 2006; Drake *et al.*, 2004; Sivakumar and Korsten, 2006; 鈴木と岡林, 1999)。MA 包装を行うと、果実の呼吸速度および包装に用いたフィルムの各気体に対する透過性ととのバランスにより、フィルム内の大気が低酸素・高二酸化炭素状態に変化する (Ben-Arie and Zutkhi, 1992)。この結果、呼吸の抑制、クロロフィルの分解抑制およびエチレン生成抑制などの鮮度保持効果が得られる。これを MA 効果といい、MA 効果を期待して行われる鮮度保持包装が MA 包装である (山下, 1998)。果実の品質保持のために用いることができる全ての収穫後の技術の中で、MA 包装は低コストで簡便に行うことができるという利点を持つ (Flores *et al.*, 2004)。しかしながら、ニホンナシ果実の MA 包装による鮮度保持に関する研究はほとんど報告されておらず、MA 包装によるニホンナシ果実の鮮度保持技術は十分に確立されていない。

ニホンナシ果実の熟度評価においては、外観品質である果皮色による正確な熟度評価が難しく、内部品質である果肉硬度、可溶性固形物濃度および酸度がより正確な熟度評価のために調査されており、果実の熟度は外部および内部品質から総合的に判断されている。内部品質である果肉硬度は貫入式硬度計、可溶性固形物濃度は屈折糖度計またはデジタル糖度計、酸度は簡易型の酸度計によって調査されているが、破壊を必要とする調査のため使用した果実は商品価値を失う。従って、果肉硬度の計測を非破壊で行うことができれば個々の果実の直接的な熟度評価が可能となり、また同一の果実の熟度を非破壊で継続して調査できる。

非破壊で果肉硬度を推定するレーザードップラー振動法は、振動している物体にレーザー光をあて、反射してきた光 (ドップラー効果を受けた光) を利用して物体の振動そのものを計る方法である (桜井, 2004)。この測定法は実用化に向けての研究段階であるが、キウイフルーツ (Terasaki *et al.*, 2001a, b)、

セイヨウナシ (Murayama *et al.*, 2006; Terasaki *et al.*, 2006) およびリンゴ (元村ら, 2004) の弾性指標は果肉の軟化に伴って低下することが報告されている。さらに、キウイフルーツ (Terasaki *et al.*, 2001b)、セイヨウナシ (Murayama *et al.*, 2006) およびリンゴ (元村ら, 2004) では、弾性指標と果肉硬度の間には相関が認められ、弾性指標から果肉硬度を推定できることが示されている。しかしながら、ニホンナシにおける共鳴周波数や弾性指標の計測はほとんど行われておらず、これらが硬度指標または熟度指標として用いることができるか検討されていない。

本研究は、収穫後のニホンナシ果実における鮮度保持技術の開発ならびに貯蔵中のニホンナシ果実における非破壊熟度評価の基礎試験として、MA 包装したニホンナシ ‘幸水’、‘新高’ および ‘新興’ の果実の共鳴周波数をレーザードップラー振動計の原理を応用して開発された果実硬度測定装置 (Vp-2, 生物振動研究所) で経時的に測定した。さらに、共鳴周波数と果実重から弾性指標を算出し、その指標の貯蔵中の経時変化を調査した。

材料と方法

1. ニホンナシ ‘幸水’ の弾性指標のモニタリング

植物材料のニホンナシ ‘幸水’ 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22年生樹から収穫した。果実は2008年9月5日に収穫した。収穫した ‘幸水’ の果実は、3種類のガス透過率が異なる厚さ30 μm のポリプロピレンフィルムで個々に包装し、これらを3つの MA 包装区とし、透過率が低い方から A、B および C 区と定義した。フィルム包装をしない無処理の果実は対照区 (Cont) とした。各処理区の供試果実数は3果実とし、MA 包装区と無処理区の果実は常温

高湿 (温度 20℃・湿度 85%) または低温低湿条件 (温度 2℃・湿度 10%) に設定したインキュベーター内で貯蔵した。常温高湿条件では果実を 10 日間、低温低湿条件では 20 日間貯蔵した。常温高湿条件は果実の流通段階の状態を、低温低湿条件は果実が店頭での冷蔵ショーケースに陳列されている状態をそれぞれ想定した。

生重量および共鳴周波数 (非破壊硬度測定装置 Vp-2, 生物振動研究所) は、常温高湿条件の果実では 2 日おき、低温低湿条件では 5 日おきに計測した。共鳴周波数の計測では、果実の赤道部を加振部と受振部で対角線上に挟み、加振部から 100 ~ 2000 Hz の振動 (音波) を果実に与え、伝わった振動を受振部でモニターした。得られた振動を高速フーリエ変換し共鳴周波数を得た。共鳴周波数は果実の赤道部を 90°おきに 2 点計測し、平均値をその果実の共鳴周波数とした。Cooke (1972) および Terasaki *et al.* (2001b) の報告に従い、得られた第 2 共鳴周波数 (f_2) と生重量 (m) のデータから弾性指標 (Emf_2) を以下の式 [1] から算出した。

$$\text{弾性指標 } (Emf_2) = f_2^2 \cdot m^{2/3} \quad [1]$$

(Emf_2 : 弾性指標, f_2 : 第 2 共鳴周波数)

また、収穫時の果実重を基準とし、果実重の割合 (%) を以下の式 [2] から算出した。

$$\text{果実重の割合 } (\%) = (\text{調査時の果実重} / \text{収穫時の果実重}) \times 100 \quad [2]$$

2. ニホンナシ ‘新高’ の弾性指標のモニタリング

植物材料のニホンナシ ‘新高’ 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 22 年生樹から収穫した。果実は 2008 年 10 月 16 日に収穫した。収穫した ‘新高’ 果実は、5 種類のガス透過率が異なるポリプロピレンフィルムで個々に包装し、これらを 5 つの MA 包装区とし、透過率が低い方から A、B、C、D および E 区と定義した。各処理区の果実数は 3 果実とした。MA 包装区と無処理区の果実は 2℃ に設定した恒温高湿庫 (HCF-120XC, ホシザキ電機) 内で 20 日間貯蔵した。

生重量および共鳴周波数 (非破壊硬度測定装置 Vp-2, 生物振動研究所) は、10 日おきに計測した。共鳴周波数の計測は 1 と同様にを行い、得られた第 3 共鳴周波数 (f_3) と生重量 (m) のデータから弾性指標 (Emf_3) を以下の式 [3] から算出した。

$$\text{弾性指標 } (Emf_3) = f_3^2 \cdot m^{2/3} \quad [3]$$

(Emf_3 : 弾性指標, f_3 : 第 3 共鳴周波数)

また、1 と同様に果実重の割合 (%) を式 [2] から算出した。

3. ニホンナシ ‘新興’ の弾性指標のモニタリング

植物材料のニホンナシ ‘新興’ 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 22 年生樹から収穫した。果実は 2008 年 11 月 10 日に収穫した。収穫した ‘新興’ 果実は、2 種類のガス透過率が異なるポリプロピレンフィルムで個々に包装し、これらを 2 つの MA 包装区とし、透過率が低い方から A および B 区と定義した。各処理区の果実数は 5 果実とした。MA 包装区と無処理区の果実は 2℃ に設定した恒温高湿庫 (HCF-120XC, ホシザキ電機) 内で 120 日間貯蔵した。

生重量および共鳴周波数 (非破壊硬度測定装置 Vp-2, 生物振動研究所) は 10 ~ 15 日おきに計測した。共鳴周波数の計測は 1 と同様にを行い、得られた第 3 共鳴周波数 (f_3) と生重量 (m) のデータから弾性指標 (Emf_3) を式 [3] から算出した。

また、1 と同様に果実重の割合 (%) を式 [2] から算出し

た。

結果

1. ‘幸水’ 果実の弾性指標のモニタリング

常温高湿条件における貯蔵終了時の果実重の割合は、無処理区では 93.2%、MA 包装区では 99.7% (3 処理区の平均値) であった。低温低湿条件における貯蔵終了時の果実重の割合は、無処理区では 92.8%、MA 包装区では 99.9% (3 処理区の平均値) であった (図 1A, B)。

果実の第 2 共鳴周波数は、両環境条件下で貯蔵期間中に低下した (図 1C, D)。常温高湿条件下の第 2 共鳴周波数の平均値は、貯蔵開始時に 675 Hz であった。貯蔵終了時には無処理区では 430 Hz、MA 包装区では 507 Hz (3 処理区の平均値) であった。また、低温低湿条件下の第 2 共鳴周波数の平均値は、貯蔵開始時に 686 Hz であった。貯蔵終了時には無処理区では 454 Hz、MA 包装区では 660 Hz (3 処理区の平均値) であった。

第 2 共鳴周波数と果実重から算出した弾性指標 Emf_2 は両環

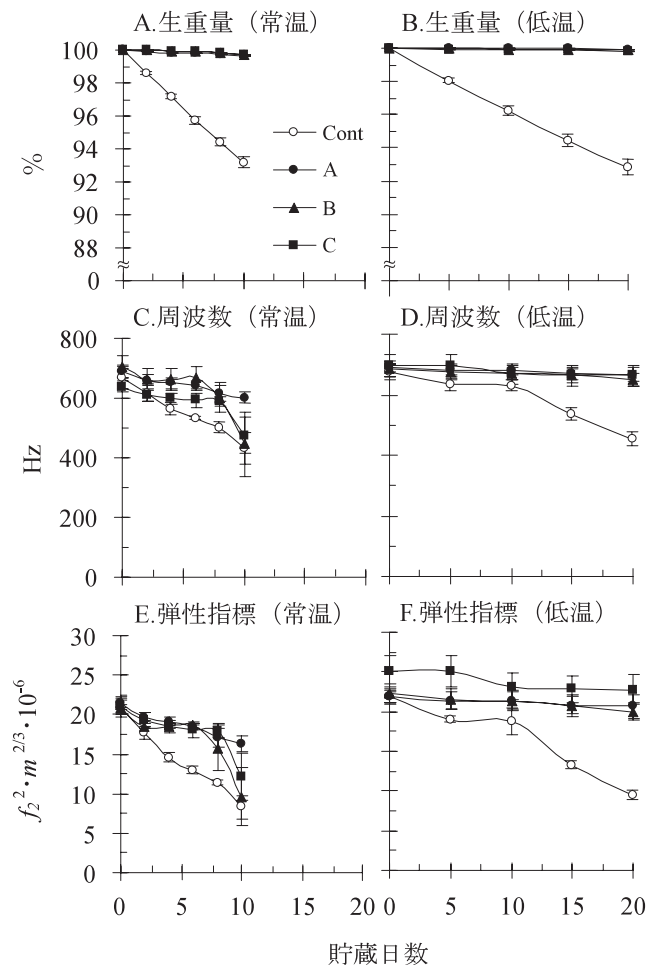


図 1. 常温高湿および低温低湿条件下で貯蔵した ‘幸水’ 果実の果実重の割合 (A, B), 第 2 共鳴周波数 (C, D) および弾性指標 Emf_2 (E, F) の変化
垂線は標準誤差を示す (n=3)

境条件下で貯蔵日数が進むにつれ低下した (図 1E, F)。常温高湿条件下において、弾性指標 Emf_2 の平均値は、貯蔵開始時に約 $21 f_2^2 \cdot m^{2/3} \cdot 10^6$ であり、貯蔵終了時には無処理区では $8.3 f_2^2 \cdot m^{2/3} \cdot 10^6$ 、MA 包装区では $13 f_2^2 \cdot m^{2/3} \cdot 10^6$ (3 処理区の平均値) であった (図 1E)。低温低湿条件下において、弾性指標 Emf_2 の平均値は貯蔵開始時に約 $23 f_2^2 \cdot m^{2/3} \cdot 10^6$ であり、貯蔵終了時には無処理区では $9.4 f_2^2 \cdot m^{2/3} \cdot 10^6$ 、MA 包装区では $21 f_2^2 \cdot m^{2/3} \cdot 10^6$ (3 処理区の平均値) であった (図 1F)。貯蔵開始 10 日後には常温高湿条件の無処理区の果実は腐敗していた (データ略)。

2. '新高' 果実の弾性指標のモニタリング

貯蔵終了時の果実重の割合は、無処理区では 97.2%、MA 包装区では 99.9% (5 処理区の平均値) であった (図 2A)。果実の第 3 共鳴周波数は、貯蔵期間中に緩やかに低下した (図 2B)。第 3 共鳴周波数の平均値は、貯蔵開始時に 852 Hz であった。貯蔵終了時には無処理区では 783 Hz、MA 包装区では 852 Hz (5 処理区の平均値) であった。

第 3 共鳴周波数と果実重から算出した弾性指標 Emf_3 は、貯

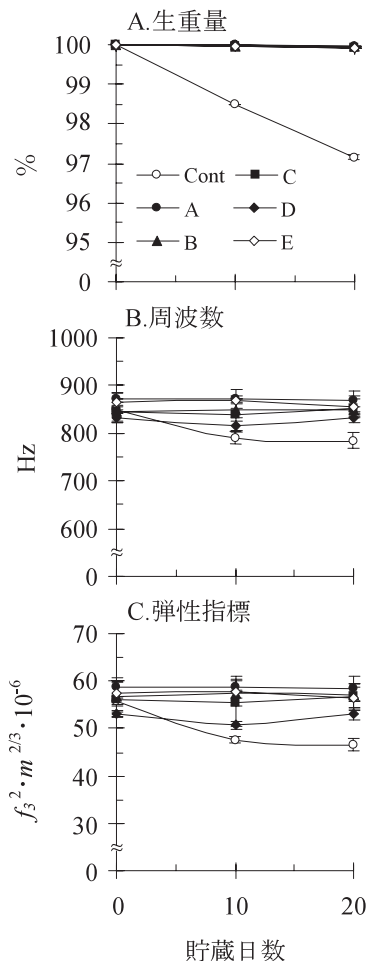


図 2. MA 包装した '新高' 果実における貯蔵中の果実重の割合 (A)、第 3 共鳴周波数 (B) および弾性指標 Emf_3 (C) の変化
垂線は標準誤差を示す (n = 3)

蔵日数が進むにつれ低下した (図 2C)。弾性指標 Emf_3 の平均値は、貯蔵開始時に約 $56 f_3^2 \cdot m^{2/3} \cdot 10^6$ であり、貯蔵終了時には無処理区では $47 f_3^2 \cdot m^{2/3} \cdot 10^6$ 、MA 包装区では $56 f_3^2 \cdot m^{2/3} \cdot 10^6$ (5 処理区の平均値) であった。

試験終了後の外観品質調査において、MA 包装区の一部の果実に生理障害とみられる果皮の変色 (黒変色) が確認された (図 3)。



図 3. MA 包装した '新高' 果実にみられた果皮黒変果

3. '新興' 果実の弾性指標のモニタリング

貯蔵終了時の果実重の割合は、無処理区では 92.2%、MA 包装区では 99.5% (2 処理区の平均値) であった (図 4A)。果実の第 3 共鳴周波数は、貯蔵期間中に緩やかに低下した (図 4B)。第 3 共鳴周波数の平均値は、貯蔵開始時に 841 Hz であった。貯蔵終了時には無処理区では 662 Hz、MA 包装区 A では 742 Hz、MA 包装区 E では 748 Hz であった。

第 3 共鳴周波数と果実重から算出した弾性指標 Emf_3 は、貯蔵日数が進むにつれ低下した (図 4C)。収穫時の弾性指標 Emf_3 の平均値は約 $49 f_3^2 \cdot m^{2/3} \cdot 10^6$ であり、貯蔵終了時には無処理区では $28 f_3^2 \cdot m^{2/3} \cdot 10^6$ 、MA 包装区 A では $38 f_3^2 \cdot m^{2/3} \cdot 10^6$ 、MA 包装区 E で $40 f_3^2 \cdot m^{2/3} \cdot 10^6$ であった。

図 5 に貯蔵終了後の '新興' の果実の外観および内部品質を示した。無処理区の果実は果皮面にしわが生じ、光沢が失われていた。一方、MA 包装区では果皮面にしわはなく、果皮の光沢は収穫時のまま維持されていた。しかしながら、一部の果実には貯蔵病害と推定される病斑が発生しており、特に MA 包装区 A でその発生が顕著であった (図 5A)。また、内部品質は全ての区の果実が水浸状の果肉となり、特に MA 包装区で顕著であった (図 5B)。

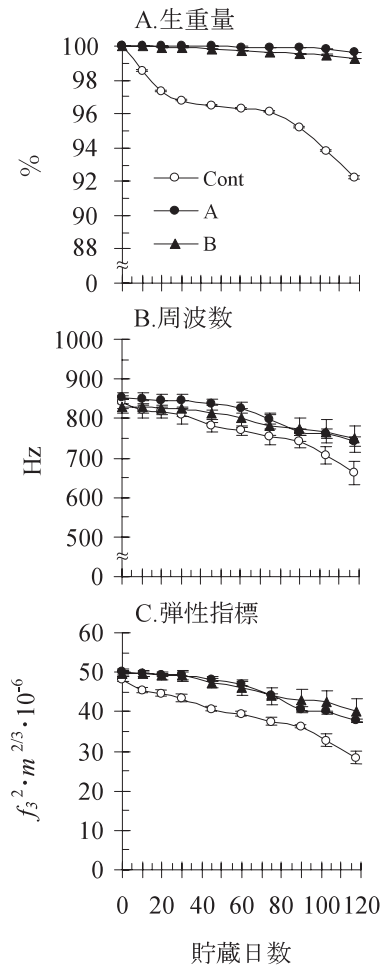


図4. MA包装した‘新興’果実における貯蔵中の果実重の割合 (A), 第3共鳴周波数 (B) および弾性指標 Emf_3 (C) の変化
垂線は標準誤差を示す (n = 5)

考察

非破壊硬度測定装置 (Vp-2, 生物振動研究所) によりニホンナシ ‘幸水’、‘新高’ および ‘新興’ の果実の共鳴周波数が測定でき、同一果実の弾性指標のモニタリングが可能であることが示された。さらに、果実の共鳴周波数は貯蔵日数の経過とともに低下した。収穫後の果実の共鳴周波数の低下は、追熟中のキウイフルーツ (Terasaki *et al.*, 2001a, b)、セイヨウナシ (Murayama *et al.*, 2006; Taniwaki *et al.*, 2009; Terasaki *et al.*, 2006) において認められている。さらに、セイヨウナシ (Murayama *et al.*, 2006) では、弾性指標と果肉硬度の間には高い相関が認められ、弾性指標から果肉硬度を推定できることが示されている。本試験では弾性指標と果肉硬度の関係を調査していないが、本試験で使用した果実の弾性指標が以前の報告と同様に低下したことから、弾性指標がニホンナシ果実の新たな熟度指標となる可能性が示唆された。今後、弾性指標によるニホンナシ果実の非破壊熟度評価法が確立されることで、資材や果実の廃棄量が削減されるものと推定される。しかしながら、

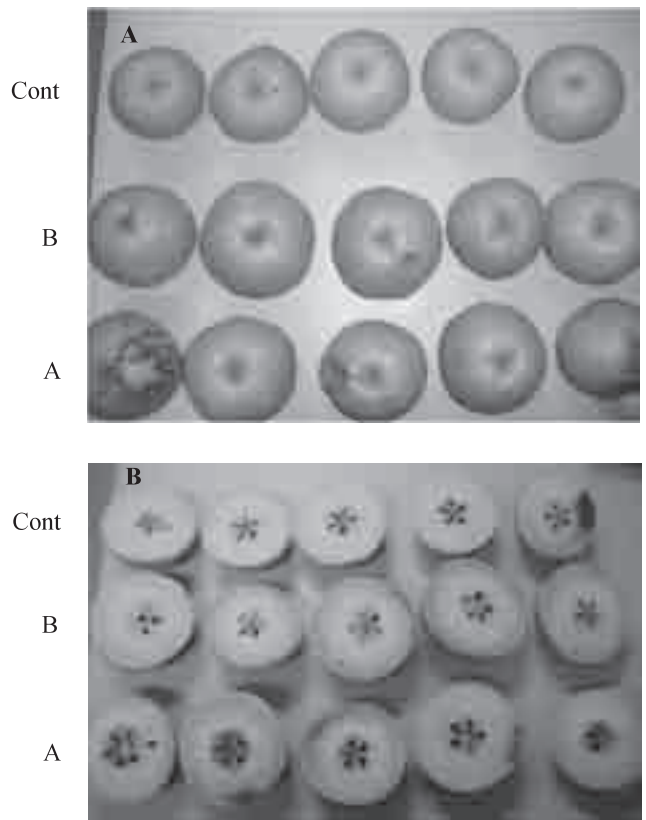


図5. MA包装した‘新興’果実における貯蔵終了後の外観 (A) および内部品質 (B)
果実の位置関係は2つの写真で同様

今後弾性指標を熟度指標として利用するためには、果肉硬度と弾性指標の関係を明らかにする必要がある。

全試験区において、生重量は無処理区の果実に比べMA包装された果実では維持されていた (図1A, B, 図2A, 図4A)。従って、MA包装が果実の水分消失を抑制し、生重量を維持することが明らかとなった。水分は全ての果実の主要な構成物質であり、水分損失を制御することは収穫後の品質を維持するために重要な条件である (Jiang and Fu, 1999)。MA包装により、貯蔵中の果実の水分消失が抑制されたことは品質維持の観点から意義深いことである。

‘幸水’の常温高湿条件下での試験を除く全試験区において、無処理区に比べMA包装区では弾性指標の貯蔵期間中の低下が抑制され、MA包装区の果実の間で弾性指標に大きな差は認められなかった (図1F, 図2C, 図4C)。知野ら (2009) は、追熟期間中のセイヨウナシ ‘ル・レクチュ’ の弾性指標が果肉硬度より果実の果実重の割合との相関が高いことを報告し、弾性指標は果肉の軟化よりも水分消失の影響を強く受けることを示唆した。従って、本試験の‘新高’および‘新興’の無処理区の果実においても、貯蔵中の水分消失による果実重の減少が顕著であったため弾性指標が低下したものと推定された。一方、MA包装区では果実重の減少が抑制されたため、弾性指標の低下が認められなかったものと考えられる。さらに、‘新高’および‘新興’では、どのガス透過率のフィルムを用いた場合でも果実重の割合の減少パターンに差がみられなかったことか

ら、MA 包装区の処理区間では弾性指標に差は生じなかったと考えられる。一方、‘幸水’では、室温高温条件下で MA 包装した果実の弾性指標が大きく低下したが（図 1E）、果実重の割合はほとんど低下しなかったことから（図 1A）、MA 包装により果実からの水分消失は抑制されていたと考えられる。従って、弾性指標の低下は水分消失ではなく果肉硬度の低下に起因するものと考えられる。従って、果実の水分消失が抑えられた環境下で弾性指標を計測することができれば、水分の影響を受けずにより高い精度で果肉硬度を推定できることが示唆された。

‘新高’での MA 包装区の一部の果実において、貯蔵期間中に生理障害とみられる果皮の黒変が確認された（図 3）。この症状と極めて類似した果皮の黒変は、フィルム包装した‘新高’果実において西本（1998）によって報告されている。ニホンナシの果皮の黒変果については、‘奥三吉’（緒方ら、1981）、‘新水’（山崎ら、1988）、‘新雪’（馬場ら、1990）および‘新高’（Hong *et al.*, 2008）の果実においても発生が報告されている。これら果実の果皮の黒変は糸状菌や細菌などの繁殖が原因ではなく、低温や炭酸ガス障害などの環境ストレスに起因する生理障害とされ、本試験の果皮の黒変の原因も、MA 包装によるフィルム内部の二酸化炭素濃度の上昇に起因する炭酸ガス障害であると推定される。この果皮の黒変防止には炭酸ガス吸収剤をフィルム内に封入するなどの対策を講じることが有効であると考えられるが、果皮の黒変についての生理的機構は十分に解明されておらず、さらなる研究が必要である。

‘新興’果実の果皮には貯蔵期間中に貯蔵病害が発生し、特にガス透過率が低いフィルム包装区でその発生が顕著であった（図 5A）。ガス透過率の低いフィルムで包装したことにより、果実から放出された水蒸気がフィルム内に蓄積し、フィルム内が極端な過湿状態となり果皮の菌の繁殖が助長されたものと推定された。フィルム内の過湿状態を改善するためには、水蒸気が透過しやすいフィルムを用いることや、低温および乾燥予措を行うことが有効であると考えられる。また、貯蔵終了後の‘新興’の内部品質において、MA 包装区で果肉の水浸状化が観察された（図 5B）。MA 包装によって発生した低酸素・高二酸化炭素状態により発生が助長された可能性があり、MA 包装によってフィルム内に生成した大気中のガス組成を含む、‘新興’の貯蔵に適する環境条件について今後詳しく調査する必要がある。また、果皮の黒変は確認されなかったため、‘新興’は‘新高’果実よりも生理的に果皮黒変果の発生しにくい品種であることが示唆された。しかしながら、緒方ら（1981）は‘新興’においても果皮の黒変を報告しており、貯蔵環境条件によっては発生する可能性があるとして示唆される。

収穫後のニホンナシ果実における鮮度保持技術の開発を目的として、MA 包装技術を利用した果実貯蔵技術を試みたが、果皮の黒変（‘新高’）、貯蔵病害の発生（‘新興’）ならびに果肉の水浸状化（‘幸水’および‘新興’）などの問題点が明らかとなった。しかしながら、貯蔵温度、ガス組成やフィルムの素材を検討することによって上記の問題を解消できる可能性があり、今後さらなる検討が必要である。

ニホンナシ果実における熟度の非破壊評価の基礎試験として、‘幸水’、‘新高’および‘新興’の果実の共鳴周波数を果実硬度測定装置（Vp-2, 生物振動研究所）で測定し、弾性指標の経時的変化を示した。本試験で使用した果実の共鳴周波数が貯蔵中に低下したことから、弾性指標がニホンナシ果実の新たな熟度指標となる可能性が示唆された。

引用文献

- 馬場紀子・鶴 暁子・茨木俊行・平野稔彦. 1990. 晩生ナシの黒あざ症防止法. 第 1 報 ‘新雪’における黒あざ症発生要因と防止法. *福岡農総試研報*, **B-10**: 77-80.
- Ben-Arie, R and Y. Zutkhi. 1992. Extending the storage life of ‘Fuyu’ persimmon by modified-atmosphere packaging. *HortScience*, **27**: 811-813.
- 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・レクチュ’における非破壊法による果実特性の評価. *園学研*, **8**: 109-114.
- Cia, P., E. A. Benato, J.M.M. Sigrist, C. Sarantopoulos, L. M. Oliveira and M. Padula. 2006. Modified atmosphere packaging for extending the storage life of ‘Fuyu’ persimmon. *Postharvest Biol. Technol.*, **42**: 228-234.
- Cooke, J. R. 1972. An interpretation of the resonant behavior of intact fruit and vegetables. *Trans. ASAE*, **15**: 1075-1080.
- Drake, S. R., D. C. Elfving, S. L. Drake and D. B. Visser. 2004. Quality of modified atmosphere packaged “Bartlett” pears as influenced by time and type of storage. *J. Food Process. Preservation*, **28**: 348-358.
- Flores, F. B., M. C. Martínez-Madrid, M. B. Amor, J. C. Pech, A. Latché and F. Romojaro. 2004. Modified atmosphere packaging confers additional chilling tolerance on ethylene-inhibited cantaloupe Charentais melon fruit. *Eur. Food Res. Technol.*, **219**: 614-619.
- Hong, Y. P., S. K. Lee, Y. M. Park and H. S. Park. 2008. Developmental anatomy and features of the exocarp as related with fruit skin disorders in ‘Niitaka’ pear fruit. *J. Japan. Soc. Hort. Sci.*, **77**: 382-387.
- Jiang, Y. M. and J. R. Fu. 1999. Postharvest browning of litchi fruit by water loss and its prevention by controlled atmosphere storage at high relative humidity. *Lebensm.-Wiss. u.-Technol.*, **32**: 278-283.
- 元村佳恵・長尾多実子・桜井直樹. 2004. 6 品種のリング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., I. Konno, S. Terasaki, R. Yamamoto and N. Sakurai. 2006. Nondestructive method for measuring fruit ripening of ‘La France’ pears using a laser Doppler vibrometer. *J. Japan. Soc. Hort. Sci.*, **75**: 79-84.
- 西本年伸. 1998. 果樹研究最前線 81. 日本ナシ・新高の短期貯蔵技術. *果実日本*, **53**: 70-72.
- 緒方俊雄・古原剛二・姫野周二・中尾茂夫. 1981. ナシ「奥三吉」果面の黒あざ症の発生要因について. *大分農技七研報*, **11**: 61-72.
- 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.
- Sivakumar, D and L. Korsten. 2006. Influence of modified atmosphere packaging and postharvest treatments on quality retention of litchi cv. Mauritius. *Postharvest Biol. Technol.*, **41**: 135-142.
- 鈴木芳孝・岡林秀典. 1999. ニラの鮮度に及ぼす微細孔フィルム個包装の影響. *高知農技七研報*, **8**: 39-45.
- Taniwaki, M., T. Hanada, M. Tohiro 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. *Transactions of ASAE*, **44**: 81–87.
- 山下市二. 1998. 野菜の MA 包装における機能性フィルムの利用. *食科工*, **45**: 711–718.
- 山崎利彦・鈴木勝征・山本昭平. 1988. ニホンナシ '新水' 果皮の黒変に伴う生理的变化と温度及び化学物質による制御. *園学雑*, **56**: 382–390.

Influence of Modified Atmosphere Packaging on Fruit Storage and Monitoring of Elasticity Index during Storage in Japanese Pear ‘Kosui’, ‘Niitaka’ and ‘Shinko’

Shun KUROSAKA, Shuji CHINO, Yuuki OHTA, Yotaro SAITO, Yu SAKAI and Kiyohide KOJIMA*

(Received January 12, 2010)

Summary

We monitored the resonant frequencies of modified atmosphere packaged Japanese pear (*Pyrus pyrifolia* Nakai) ‘Kosui’, ‘Niitaka’ and ‘Shinko’ fruits after harvest with a nondestructive measurement device (Vp-2, Applied Vibro-Acoustics, Inc.) with time. Moreover, we calculated the elasticity indexes from resonant frequencies and fruit weights and, showed the time-course change in the elasticity index of fruits during storage. The second resonant frequency of ‘Kosui’ fruits at harvest was 680 Hz and the third resonant frequencies of ‘Niitaka’ and ‘Shinko’ fruits at harvest were 852 Hz and 841 Hz, respectively. Moreover, the elasticity index calculated from the second resonant frequency of ‘Kosui’ fruit at harvest was approximately 22 and the elasticity indexes calculated from the third resonant frequencies of ‘Niitaka’ and ‘Shinko’ fruit at harvest were approximately 56 and 49, respectively. From the results that the elasticity indexes of these three cultivars decreased during storage, the possibility was suggested that the elasticity index could be used as a new maturity indicator of Japanese pear fruits. Modified atmosphere packaging of fruits helped the development of skin blackening (‘Niitaka’), diseases attributed to storage (‘Shinko’), and core breakdown (‘Kosui’ and ‘Shinko’). However, the water loss from fruits was prohibited by modified atmosphere packaging, and the decrease of elasticity index was also prohibited. From these results, it was suggested that decrease of the elasticity index in Japanese pear fruit is related to the water loss.

Bull. Facul. Agric. Niigata Univ., 62(2):81-87, 2010

Key words : Low temperature, Modified atmosphere packaging, Nondestructive measurement, Resonant frequency, Water loss