

セイヨウナシ ‘ル・レクチュ’ における追熟中の弾性と果皮色などの経時的な変化と追熟後の糖度と酸度

石本卓也¹・長谷川悠子¹・佐野拓哉¹・甲斐慎一¹・小松優太¹・大竹佳奈¹・宮原悠里¹・児島清秀^{1*}

(平成25年9月9日受付)

要 約

セイヨウナシ ‘ル・レクチュ’ の果実をフィルムで密封して、低温貯蔵した。果実の物性の変化を、小型果実用非破壊硬度測定装置で共鳴周波数を経時的に測定してモニターした。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的変化を示した。追熟開始前の果実の弾性指標 EI ($f_{2,m}$) および EI ($f_{3,m}$) は、それぞれ25および55であり、追熟開始後73日にはそれぞれ22および43と低下した。このように、弾性指標は貯蔵期間中に有意に低下し、弾性指標が ‘ル・レクチュ’ 果実の新たな熟度指標となることを確認した。さらに、果実の破壊的測定で酸度と糖度の測定を行い、食味試験の値との相関を解析した。

新大農研報, 66(1):65-69, 2013

キーワード：追熟、共鳴周波数、弾性指数、果皮色、酸度、糖度

諸言

セイヨウナシ ‘ル・レクチュ’ は、独特の甘い香りと酸味の少ない濃厚な甘みが特徴であり、収穫後に追熟を必要とする果実である(知野ら, 2008)。追熟の進行に伴い、果肉は軟化してメルティング質になっていく(古田と浅野, 1991; Murayamaら, 1995)。また、ル・レクチュの果皮は緑色から徐々に鮮やかな黄色に変化する(知野ら, 2007; 古田と浅野, 1991)。

‘ル・レクチュ’ は、追熟して適食期に達するまでの日数のばらつきが果実間によって大きく、食べ頃で消費者に提供することが難しい果実としても知られている。現在、‘ル・レクチュ’ の果実の適食期の推定には、果皮色や収穫後の積算温度(新潟県, 2006)が有効であるとされている。しかしながら、適食期に達するまでの日数のばらつきが大きく、外観品質だけから熟度を正確に評価することが難しい。このため、生産現場では、“試し切り”(果肉の硬さや肉質、糖度の簡易食味調査)が行われている。追熟中の果実の熟度の進行は、果皮色や積算温度の結果に加え、現場での簡易食味調査の結果から総合的に判断・推定されている。しかし、調査に使用した果実は商品価値を失うため、生産者にとっては損失となってしまふ。

この食味調査による損出の削減には、非破壊計測技術による熟度の推定が有効である。近年、音響振動法を利用した非破壊計測技術(桜井, 2003; Taniwaki・Sakurai, 2010)の研究が進み、この技術を利用した農産物の熟度推定が可能になった。キウイフルーツ(Terasakiら, 2001b)、セイヨウナシ(Murayamaら, 2006b; Taniwakiら, 2009; Terasakiら, 2006)およびリンゴ(元村ら, 2004)では、レーザードップラー振動計で計測した共鳴周波数から算出した弾性指数(硬さの指標)と果肉硬度との間に高い相関が認められている。さらなる技術の発展に伴い、簡易型の振動計が開発され、カキ(神田ら, 2010)、トマト(中野ら, 2008)、メロン(Kurokiら, 2006)およびニホンナシ(門脇ら, 2010)の熟度評価に関する研究に応用されて

いる。

本研究では、ル・レクチュの果実をフィルムで包装後、15℃で低温保存し、追熟日数を基準とした弾性指数、重量、果皮色などの果実特性の経時的変化を示した。さらに、追熟後の甘味と酸味について測定値と食味試験との関係についても報告する。

材料および方法

1. 材料

緑色で追熟開始前のセイヨウナシ ‘ル・レクチュ’ を購入し、使用した。

2. 貯蔵方法

‘ル・レクチュ’ の果実をそれぞれ厚さ 30 μ m のポリビレンフィルム(Aタイプ、凸版印刷)で包装した。包装後、15℃の温度に設定した冷蔵庫で保存した。そして、約3ヶ月間、果実特性を調査した。

3. 方法

(1) 弾性指標

Cooke (1972) および Terasaki ら (2001a) の報告に従い、弾性指標 (EI) を共鳴周波数 (f_n) と果実重 (m) から算出した。弾性指標の算出に利用する共鳴周波数は小型果実用非破壊硬度測定装置(生物振動研究所)を使用し、果実の赤道部分(2か所)を計測した(図1)。第2共鳴周波数 (f_2) と第3共鳴周波数 (f_3)、および果実重 (m) から算出した弾性指標は、それぞれ EI ($f_{2,m}$)、EI ($f_{3,m}$) と定義した。弾性指標 ($f_{n,m}$) は以下の式[1]から算出した。なお、各測定日には、14果を測定した。

$$EI (f_{n,m}) = f_n^2 \cdot m^{2/3} \cdot 10^{-6} \quad [1]$$

(2) 分光測色計による果皮表色の測定

‘ル・レクチュ’ の果皮色の変化は、CM-700d/600d (KONICA MINOLTA) を使用し、追熟開始後0日目、22日目、32日目、73日目に果実表色の明度と色度(色相と彩度)をそれぞれ計

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

* 代表著者: kojimaki@agr.niigata-u.ac.jp

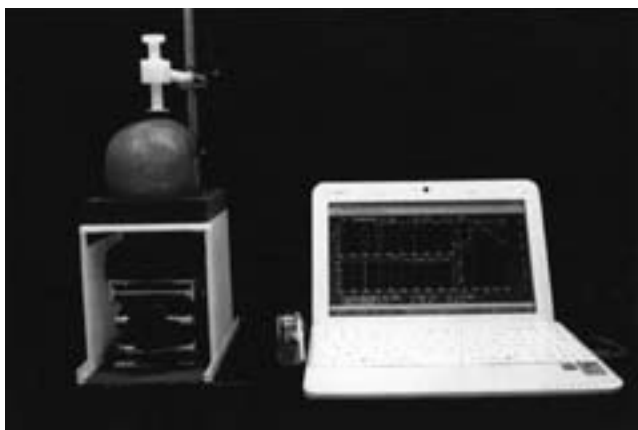


図1. 小型果実用非破壊硬度測定装置

測した。計測は、果実の赤道部4か所について包装に用いたフィルムの上から行った。測定結果は、Lab 表色系と照らし合わせて判断した。Lab 表色系は、物体の色を表すのに、あらゆる分野で最も一般的に使用されている表色系であり、明度をL、色相と彩度を示す色度をaとbで表わす。Aとbは、それぞれ色の方向を示しており、aは赤方向、-aは緑方向、そしてbは黄方向、-bは青方向を示している。数値が大きくなるに従って色鮮やかになり、中心になるに従ってくすんだ色になる。

(3) 機器測定と食味試験

材料の‘ル・レクチェ’は環境要因を考慮して3つの栽培農家から購入した。各農家あたり‘ル・レクチェ’を4サンプルずつ準備し、合計12サンプルを利用した。機器測定では酸度計、甘味計を利用しそれぞれの機器の使用法に従って測定した。

食味試験では酸味、甘味について「(酸味、甘味が)強すぎる(5)、少しありすぎる(4)、適度(3)、感じる(2)、わずかに感じる(1)、感じない(0)」(評価点)の6段階で評価した。評価は5から0点で点数をつけ、サンプルごとの平均値を求めた。なお、被験者は11名で行った。

結果および考察

(1) 弾性指標

結果を図2に示した。第2共鳴周波数(f_2)と第3共鳴周波数(f_3)および果実重(m)から算出したEI(f_2m)とEI(f_3m)は、経過日数と共に有意に低下した。

レーザードップラー振動計で計測したセイヨウナシ‘ル・レクチェ’の弾性指標は、果肉の軟化に伴って低下した(Murayamaら, 2006b; Taniwakiら, 2009; Terasakiら, 2006)。同様に、簡易計測器でモニタリングした‘ル・レクチェ’の弾性指標も追熟中に低下した(知野ら, 2009, 2010)。これらの報告では、弾性指標の低下には追熟過程でおこる果肉の軟化に加え、蒸散による果実の水分損失による弾性指標の低下が関与していることを示唆していた。

本報告においても低温貯蔵中の‘ル・レクチェ’の弾性指標は徐々に低下した。しかし、果実重のほとんど低下しなかった。このことから、水分の損失による弾性指標の低下はほとんどなく、ペクチンやヘミセルロース多糖類などの細胞壁を構成する多糖類の分解による低下が主であると考えられる。

また、追熟の後期になると標準誤差が大きくなった。この原

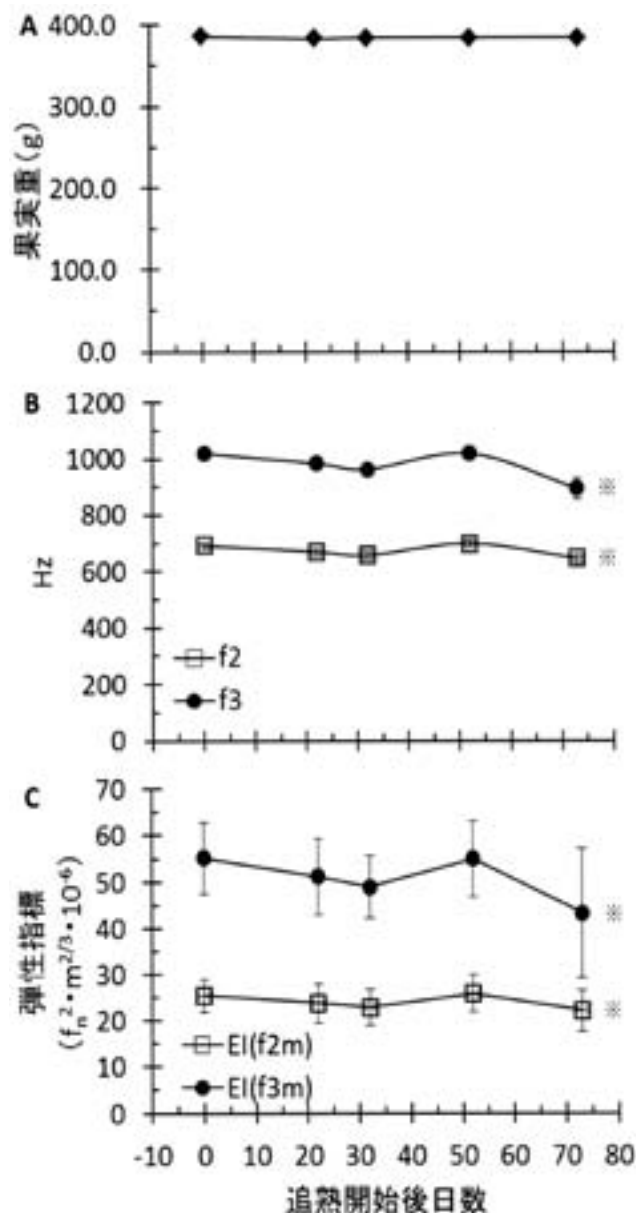


図2. 果実重、共鳴周波数、弾性指標の変化
図中の※は0日目との間に5%水準の有意差があることを示す。(Tukeyの多重検定)
垂線は標準誤差を示す。(n = 14)

因は、果実の追熟の進行の個体差が考えられる。

(2) 分光測色計による果皮色の測定

サンプルの明度、色度の平均値を図3に示した。測定日初日の明度は65.5であり、経時的に値は下がる傾向にあったが、追熟開始後73日目には68.7となり値は上昇していた。おそらく、測定部位の微妙な違いがこの差を生じさせたと考えられる。

一方、色度a、bは計測日数が経つにつれ値が大きくなり、果実の表面が緑色から‘ル・レクチェ’の特徴である黄色への変化を表している。これらの結果から‘ル・レクチェ’が追熟中の果皮色の変化が定量的に示された。

(3) 機器測定と食味試験

機器測定と食味試験の結果をもとに、機器測定値と食味試験値の2つの要素の相関を図4、図5にそれぞれ示した。横軸が機器測定値、縦軸が食味試験値（酸味スコア、甘味スコア）である。

機器測定では酸味については pH3.7～4.6 の範囲であった。甘味は 15.5～18.5 度の範囲であった。食味試験ではサンプルの酸度スコアが 0.4～1.3 で「感じない」や「わずかに感じる」

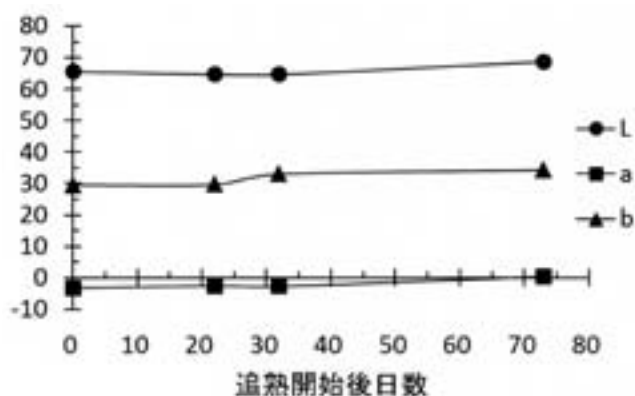


図3. 追熟開始後日数別の明度・色度の変化

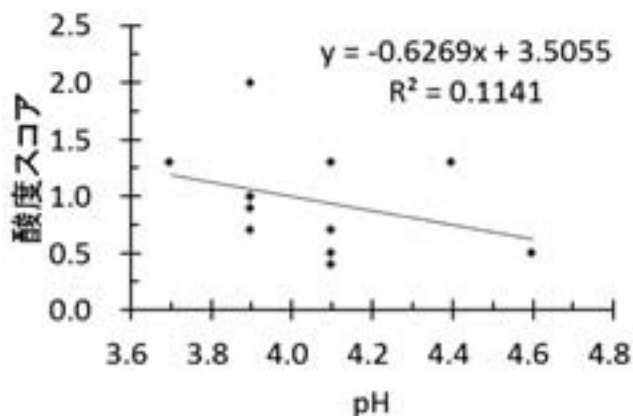


図4. 酸味のスコアと酸度の相関

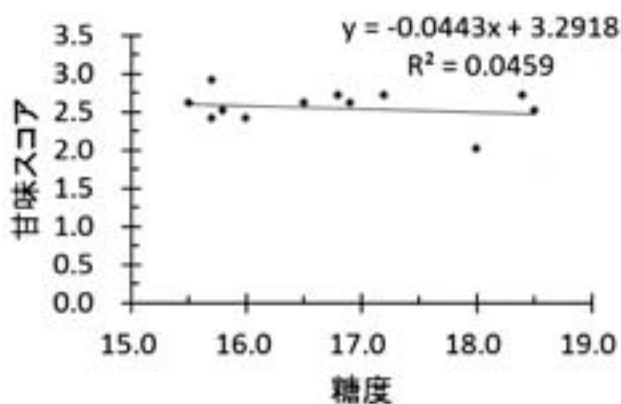


図5. 甘味のスコアと糖度の相関

であった。この結果から、酸味は食味試験ではほとんど感じられないことが分かった。甘味については甘味スコアが全サンプルで 2.0～2.9 の「適度」に感じるや「感じる」の範囲であり酸味に対して感じやすいことが分かった。

謝辞

本研究は、平成 24 年秋から平成 25 年春において、新潟大学院自然科学研究科で取り組んでいる「食づくり実践型農と食のスペシャリスト養成プログラム」の研究費により、セイヨウナシ「ル・レクチュ」をテーマに集まった院生によって行われた。実施にあたり、試験機器の操作方法を指導して頂いた新潟大学農学部園芸学研究室の学部生の松川健太氏に深く御礼申し上げます。

引用文献

- 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・レクチュ」の追熟過程に及ぼす影響. *園学研*, 6: 295-299.
- 知野秀次・大石智美・徳田美佳子・小式澤一博・太田祐樹・松本辰也・児島清秀. 2008. 追熟前のセイヨウナシ「ル・レクチュ」における弾性指標と果肉硬度の関係. *園学研*, 7(別1): 109-455.
- 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.
- 知野秀次・太田祐樹・黒坂俊・齋藤洋太郎・大塚伸吾・坂井優・二木明日香・児島清秀. 2010. ニホンナシ「幸水」におけるポリプロピレンフィルムが共鳴周波数の計測に及ぼす影響. *新大農研報*, 62(2): 89-95.
- 知野秀次・松本辰也・児島清秀. 2010. エチレンあるいは低温処理がセイヨウナシ「ル・レクチュ」の追熟過程に及ぼす影響. *園学研*, 6: 295-299.
- Cooke, J. R. 1972. An interpretation of the resonant behavior of intact fruit and vegetables. *Trans. ASAE*, 15: 1075-1080.
- 門脇稔・永島進・櫻井直樹. 2010. 振動法を応用した日本なし「幸水」芯腐れ症果実の非破壊判定法. *園学研*, 9(別1): 234.
- 神田巳樹夫・谷脇満・櫻井直樹. 2010. 形態型振動硬度計によるカキ「西条」の収穫適期予測法. *園学研*, 9(別1): 233.
- Kuroki, S., M. Tohiro and N. Sakurai. 2006. Monitoring of the elasticity index of melon fruit in a greenhouse. *J. Japan. Soc. Hort. Sci.* 75: 415-420.
- 黒坂俊・知野秀次・太田祐樹・齋藤洋太郎・坂井優・児島清秀. 2010. 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. *新大農研報*, 62(2): 81-87.
- 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. *食科工誌*, 51: 483-490.
- 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., 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.
- 中野有加・桜井直樹・藤路陽・堀江秀樹・中野明正・鈴木克己. 2008. 弾性指標を用いたスライストマトの果肉硬度の非破壊評価. *園学研*, 7: 543-547.
- 新潟県. 2006. 3 西洋ナシ. p. 149-178. 新潟県農林水産部農産園芸課編. 果樹指導指針. 新潟県農林水産部農産園芸課. 新潟.
- 桜井直樹. 2003. レーザードップラー装置による果実の非破壊的粘弾性測定. *日本バイオレオロジー学会誌*, 17: 92-97.
- 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. 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.
- 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.
- Taniwaki, M., T. Hanada, M. Tohiro and N. Sakurai. 2009. Nondestructive determination of the optimum eating ripeness of pears and their texture measurements using acoustical vibration techniques. *Postharvest Biol. Technol.*, 51: 305-310.
- Taniwaki, M. and N. Sakurai. 2010. Evaluation of the internal quality of agricultural products using acoustic vibration techniques. *J. Japan. Soc. Hort. Sci.*, 79: 113-128.

Changes of elasticity and rind color during ripening and sugar content and acidity after ripening of fruits of pear 'Le Lectier'

Takuya Ishimoto¹, Yuko Hasegawa¹, Takuya Sano¹, Shinichi Kai¹,
Yuta Komatsu¹, Kana Ohtake¹, Yuri Miyahara¹, Kiyohide Kojima^{1*}

(Received September 9, 2013)

Summary

Fruits of pear 'Le Lectier' were sealed with a film, and stored in low temperature. The changes of properties of the fruits were monitored by measuring the resonance frequency with non-destructive hardness measuring equipment. Furthermore, an elastic index was calculated from the resonance frequency and fruit weight and, the elastic index of fruits was showed during storage. Those were 25 and 55 of elastic index EI (f2m) and EI (f3m) before ripening and decreased to 22 and 43 on 73 days after ripening. In this way, the elastic index significantly decreased during storage, and it was confirmed that an elastic index became a new degree of ripeness index of 'Le Lectier' fruits. Furthermore, acidity and the sugar content were measured by the destructive measurement of fruits and, analyzed the correlation with the value of the eating examination.

Bull.Facul.Agric.Niigata Univ., 66(1):65-69, 2013

Key words : ripening, resonance frequency, elastic index, rind of a fruit color, the acidity, sugar content

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