

CA 저장 중 후지 사과의 내부 기체농도에 의한 저장조건의 적합성 판단

정현식 · 최종욱*

경북대학교 농산물가공저장유통기술연구소, *경북대학교 식품공학과

Suitability Judgment of Storage Conditions by Internal Gas Concentration of 'Fuji' Apples under CA Storage

Hun-Sik Chung and Jong-Uck Choi*

Postharvest Technology Research Institute, Kyungpook National University,

*Department of Food Science & Technology, Kyungpook National University

Abstract

This study was conducted to develop a index for the judgment of suitability of storage conditions by internal gas concentration of 'Fuji' apples under CA storage, and was examined the relationship between the levels of quality characteristics(flesh firmness, titratable acidity and surface green color) and the internal ethylene and carbon dioxide concentrations of apples. The levels of quality characteristics were not decreased for terms of storage when the internal ethylene concentration of apples was below 10 ppm, but the levels of quality characteristics were sharply decreased when it was above 10 ppm of internal ethylene. The high levels of quality characteristics were maintained by the lower internal carbon dioxide concentration of apples, especially at below 2% of internal carbon dioxide. These results showed that the suitable condition for CA storage of 'Fuji' apples was a condition for having below 10 ppm of internal ethylene and below 2% of internal carbon dioxide in apples. The internal ethylene and carbon dioxide concentrations of apples during CA storage can be used as a crucial index for the suitability judgment of storage conditions.

Key words : apple, storage, ethylene, respiration

서 론

에틸렌과 이산화탄소는 과일 자체에서도 생성되며 과일의 품질특성들의 변화와 관련이 있는 것으로 알려져 있다. 에틸렌은 메티오닌을 전구물질로 하여 합성되는 물질로 과일의 성숙과 노화를 유도 및 촉진시키는 기능을 가지고 있으며^(1,2), 이산화탄소는 체내 저장 유기물이 산화되어 에너지로 전환되는 호흡이라고 하는 대사에서 생성되는 물질이며 그 생산 정도는 품질 저하 속도에 비례하는 것으로 인식되고 있다⁽³⁾.

사과는 성숙 중 에틸렌과 이산화탄소의 생성 추이가 climacteric형을 나타내는 생리적 특성을 가지고 있어서 이를 이용하여 목적에 맞는 수확시기 판단에 대한 많은 연구 결과들이 보고되었다^(4,9). 그러나 수확 후 저장 동안은 일정한 변화 양상을 나타내는 것이 아니

고 저장조건들의 영향을 받아서 각기 다르게 변화하기 때문에 에틸렌과 이산화탄소의 생성을 적절하게 제어할 수 있는 저장기술들을 사용하는 것이 필수적이라 할 수 있다^(10,11).

저장조건이 사과의 에틸렌과 이산화탄소 생성에 미치는 영향과 에틸렌이 사과의 품질에 미치는 효과에 대한 연구로써 Meigh 등⁽¹²⁾과 Lidster 등⁽¹³⁾은 Cox's Orange Pippin 및 McIntosh 사과 저장시 환경 산소 농도가 낮을수록 에틸렌과 이산화탄소 생성이 억제되었다고 보고하였고, Liu 등⁽¹⁴⁾은 Golden Delicious 사과를 3% 산소에서 저장시 환경 이산화탄소의 농도가 높을수록 에틸렌 생성이 억제되었다고 보고하였다. 한편 Liu⁽¹⁵⁾는 McIntosh 사과 저장시 저장 환경의 에틸렌 농도가 낮을수록 과육경도와 적정산도의 손실이 적었다고 하였고, Blanpied 등⁽¹⁶⁾은 사과의 내부 에틸렌 농도가 낮을수록 높은 과육경도를 유지하였다고 보고하였다. 그러나 사과의 에틸렌과 이산화탄소의 생성을 어느 정도까지 억제하는 것이 품질 유지 측면에서 효과

Corresponding author : Jong-Uck Choi, Department of Food Science & Technology, Kyungpook National University, 1370 Sankyuk-dong, Puk-gu, Taegu 702-701, Korea

적인가에 대한 연구와 저장 중 에틸렌과 이산화탄소의 생성 정도를 이용한 품질평가에 대한 연구는 거의 보고된 바 없다.

본 연구에서는 CA (controlled atmosphere) 저장 중 Fuji 사과의 내부 기체 농도를 이용하여 간단하고 신속한 저장조건의 적합성을 판단하기 위한 지표를 얻기 위하여 과실 내부 에틸렌 및 이산화탄소의 농도에 따른 과육경도, 적정산도 및 과피 녹색의 유지정도를 조사하였다.

재료 및 방법

재료

실험 재료는 1995년 11월 3일에 경북 영천 지역과 1996년 11월 5일에 경북 안동 지역에서 각각 수확한 Fuji 사과를 외관이 건전한 중과만 선별하여 사용하였다.

저장실험

저장장치는 상업용 대형 저장고와 유사한 기능의 설비를 갖춘 금속제 캐비닛(800 mm×600 mm×800 mm)을 사용하였다. 저장조건으로 온도는 0°C로 설정하고 기체 조성비는 1% O₂+1% CO₂, 3% O₂+1% CO₂ 및 air를 적용하여 매년 8개월 동안 저장을 실시하였다. 저장온도는 설정 온도에서 ±0.5°C 범위로 유지 되도록 제어하였다. 저장장치 내부의 산소 농도는 paramagnetic 분석기(Fruit control Co., Model 655, Italy)를, 이산화탄소 농도는 infrared 분석기(Fruit control Co., Model SS305, Italy)를 각각 사용하여 측정하였다. 각 가스 농도는 설정농도에서 ±0.3% 범위를 유지하도록 질소, 이산화탄소 및 air를 주입하여 저장실 내의 기체조성을 조절하였다. 저장 초기에는 저장고를 밀봉한 후 1일 이내에 설정 기체 조성비를 조성하고 저장 중 분석용 시료를 채취할 경우는 개봉 후 30분 이내에 재 조성하였다.

내부 에틸렌 및 이산화탄소 농도 측정

사과의 내부 에틸렌과 이산화탄소 농도는 시료를 저장조건별로 취하여 20°C에서 하룻밤 방치하여 환경과 평형에 도달되게 한 후 Saltveit 법⁽¹⁷⁾으로 측정하였다. 즉 septum이 달린 주사기 바늘(22G×1¼")을 꽃받침에서 중심공극까지 삽입하고 바늘 주위를 기밀제로 밀봉한 후 septum에서 가스기밀성 주사기로 내부 기체 1 mL를 각각 취하여 GC(Pye unicam Ltd., Model series 304, England)를 사용하여 에틸렌과 이산화탄소 농도를 분석하였다. 이때 에틸렌 분석용 GC 조건으로

컬럼은 Porapak Q(80~100 mesh, glass, 1.7 m×4 mm i.d.), 컬럼 온도는 80°C, 검출기는 FID 그리고 운반가스는 질소를 사용하였다. 또한 이산화탄소 분석용 GC 조건으로 컬럼은 Porapak Q, 컬럼 온도는 70°C, 검출기는 TCD 그리고 운반기체는 헬륨을 각각 사용하였다.

품질분석

본 실험에서는 생리적 장애를 제외한 사과의 품질 특성중 CA 저장 효과를 대표적으로 나타낼 수 있는 품질특성인 과육경도, 적정산도 및 과피의 색도만을 분석하였다.

사과의 과육경도는 시료를 저장조건별로 취하여 과실 적도 부위의 음광, 양광 및 중간지점의 껍질을 15~20 mm 직경의 원형으로 제거하고 penetrometer(Effegi, Model FT327, Italy)에 직경 11 mm probe를 부착하여 수직 방향으로 8 mm 깊이까지 압축하여 측정하였다. 적정산도는 과실을 박피한 후 착즙하고 여과한 액 10 mL 취해 증류수로 10배 희석한 다음 0.1N NaOH로 pH 8.1까지 적정하여 소비된 양을 malic acid로 환산하여 나타내었다. 과피의 색도는 과실의 음광면인 녹색 부위에 일정한 표시를 하여 동일한 부위를 매번 측정하였으며, 저장 전 각 시료의 L, a 및 b값을 기준색으로 보정한 chromameter(Minolta Co., Model CR-200, Japan)를 사용하여 녹색의 변화 정도를 나타내는 ΔE값을 측정하였다.

통계처리

실험 결과의 통계처리는 SAS(statistical analysis system) procedure를 이용하였다⁽¹⁸⁾. 사과의 내부 에틸렌 및 이산화탄소 농도와 과육경도, 적정산도 및 과피 색의 ΔE값간에 상관분석을 실시하였다.

결과 및 고찰

저장 중 내부 에틸렌 농도에 의한 저장조건의 적합성 판단

실험 연도별 저장조건에 따른 저장 2개월부터 8개월 사이에 측정된 Fuji 사과의 내부 에틸렌 농도는 Fig. 1에 나타내었다. 저장조건에 따른 내부 에틸렌 농도는 실험 연도별 큰 차이 없이 저장 환경의 산소 농도가 낮을수록 낮은 경향이었다. 이러한 결과는 Cox's Orange Pippin 사과의 경우 저장 환경의 산소 농도가 낮을수록 에틸렌 생성이 억제되었다는 보고⁽¹²⁾와 유사하였다.

저장 2개월부터 8개월까지 측정된 저장조건에 따른 사과의 과육경도와 적정산도 및 이들과 내부 에틸렌

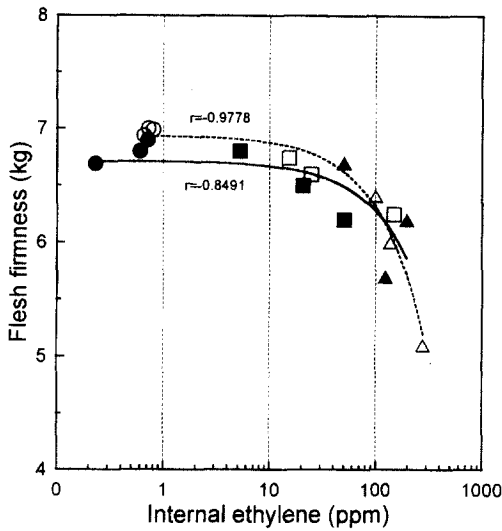


Fig. 1. Relationship between flesh firmness and internal ethylene concentration of 'Fuji' apples during 2-8 months of storage at 0°C. ○ or ● : 1% O₂+1% CO₂, □ or ■ : 3% O₂+1% CO₂, △ or ▲ : air. Open symbols and ----: 1995-96 storage, solid symbols and —: 1996-97 storage.

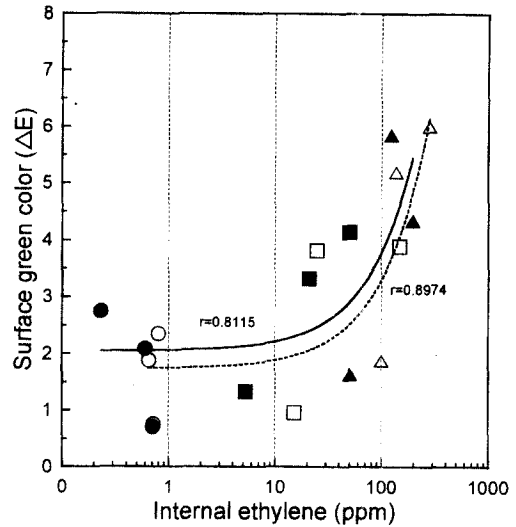


Fig. 3. Relationship between surface green color and internal ethylene concentration of 'Fuji' apples during 2-8 months of storage at 0°C. Symbols and lines are same as Fig. 1.

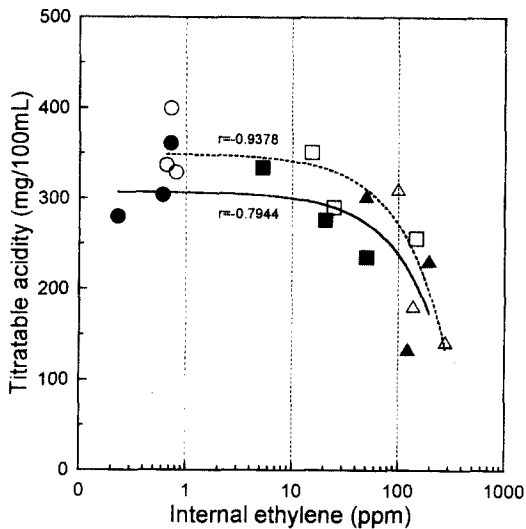


Fig. 2. Relationship between titratable acidity and internal ethylene concentration of 'Fuji' apples during 2-8 months of storage at 0°C. Symbols and lines are same as Fig. 1.

과의 연관성을 Fig. 1과 2에 나타내었다. 저장 중 사과의 내부 에틸렌 농도를 낮게 한 저장조건일수록 높은 과육경도와 적정산도를 유지하였다. 이는 McIntosh 사과 저장시 사과의 내부 에틸렌 농도가 낮을수록 높은 과육경도를 유지하였다는 결과와 비슷하였다⁽¹⁶⁾.

저장 중 사과의 내부 에틸렌 농도와 과육경도 및 적정산도와의 연관성을 보면, 실험 연도별 차이 없이 내부 에틸렌 농도가 10 ppm까지는 과육경도와 적정산도는 거의 변화가 없었으나 그 이상에서는 내부 에틸렌 농도가 증가함에 따라 과육경도와 적정산도가 급격하게 감소하였다. 이는 곧 Fuji 사과의 과육경도와 적정산도의 감소를 초래하는 대사활성^(19,20)의 급증을 유도하는 에틸렌 농도는, 물론 에틸렌의 작용에 미치는 환경적 요인의 영향은 있겠지만 약 10 ppm이라는 것을 의미한다고 볼 수 있다. 한편 실험 연도별 뚜렷한 차이를 나타내지 않은 것으로 보아 수확 직후의 과육경도와 적정산도는 저장 중 내부 에틸렌 농도에 따른 과육경도와 적정산도의 유지 정도에 영향을 미치지 않은 다고 판단된다.

저장 중 저장조건에 따른 과피의 ΔE값 및 이 값과 내부 에틸렌 농도와의 연관성은 Fig. 3에 나타내었다. 실험 연도별 저장조건으로 인한 사과의 내부 에틸렌 농도에 따른 ΔE값의 변화 정도는 과육경도와 적정산도의 경우와 거의 일치하는 경향을 나타내었다. 즉 내부에틸렌 농도가 10 ppm까지는 녹색 손실이 억제되어 ΔE값이 거의 변화 없었으나 그 이상의 농도에서부터는 녹색의 손실이 급격하게 일어났다.

이상과 같은 결과로부터 후지 사과의 CA 저장 동안 과육경도, 적정산도 및 과피의 녹색 손실을 효과적으로 억제할 수 있는 저장조건은 연도별 차이 없이 내

부 에틸렌 농도를 약 10 ppm 이하로 유지할 수 있는 조건으로 판단되고, 이러한 저장조건이면 Fuji 사과 내부갈변 등과 같은 생리적 장애 발생을 고려하지 않은 품질 유지에 적합한 것으로 생각된다. 따라서 비교적 쉽고 단시간에 측정이 가능한 저장 중 사과의 내부 에틸렌 농도로 저장조건의 적합성 판단과 저장조건의 유지 정도를 충분히 검사 할 수 있고, 본 실험에서 적용한 CA 저장이 아닌 다른 방법으로 Fuji 사과를 저장할 경우에도 이용 가능성이 있다고 생각된다.

저장 중 내부 이산화탄소 농도에 의한 저장조건의 적합성 판단

저장조건별 저장 2개월부터 8개월 사이에 측정된 내부 이산화탄소 농도는 Fig. 4에 나타낸 바와 같이 저장 환경의 산소 농도가 낮을수록 낮은 경향이였다. 이러한 결과는 McIntosh 사과를 저장할 때 저장 환경의 산소 농도가 낮을수록 호흡이 억제되었다는 결과와 유사한 것이었다⁽¹³⁾.

저장 2개월부터 8개월까지 측정된 저장조건별 사과의 과육경도, 적정산도 및 과피의 ΔE값과 이들과 내부 이산화탄소 농도와의 연관성을 Fig. 4, 5 및 6에 각각 나타내었다. 저장 중 사과의 내부 이산화탄소 농도를 낮게 한 저장조건일수록 높은 과육경도, 적정산도 및 과피의 녹색을 유지하였다.

저장 중 사과의 내부 이산화탄소 농도와 과육경도 및 적정산도는 전형적인 부의 상관관계를 보였고 과

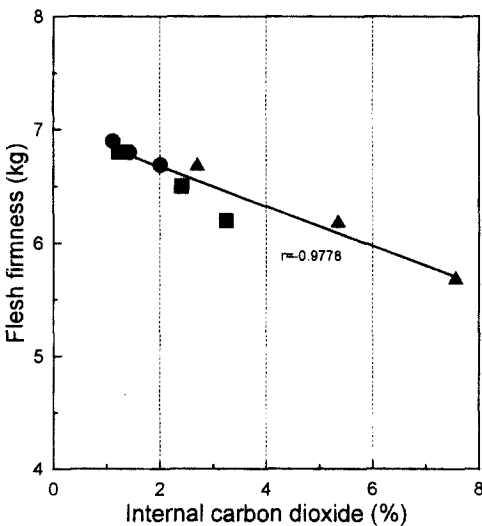


Fig. 4. Relationship between flesh firmness and internal carbon dioxide concentration of 'Fuji' apples during 2~8 months of storage at 0°C. Symbols and lines are same as Fig. 1.

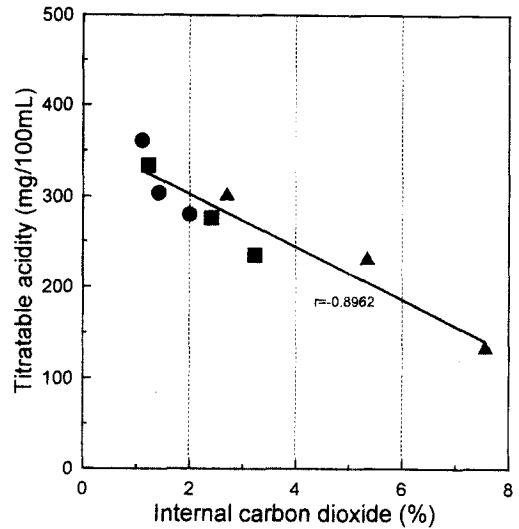


Fig. 5. Relationship between titratable acidity and internal carbon dioxide concentration of 'Fuji' apples during 2~8 months of storage at 0°C. Symbols and lines are same as Fig. 1.

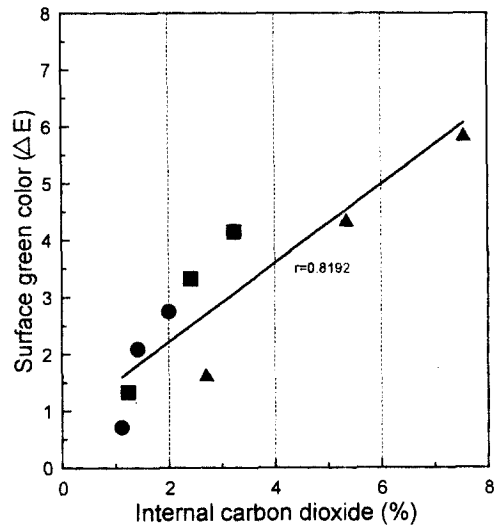


Fig. 6. Relationship between surface green color and internal carbon dioxide concentration of 'Fuji' apples during 2~8 months of storage at 0°C. Symbols and lines are same as Fig. 1.

피의 ΔE값은 정의 상관관계를 보였다. 즉 사과의 내부 이산화탄소 농도가 낮을수록 높은 과육경도, 적정산도 및 과피 녹색을 유지하였다. 이러한 내부 이산화탄소 농도와 각 품질특성들과의 관계는 내부 에틸렌 농도에서와는 달리 급격한 변화가 일어나는 농도점은 없었다. 그러나 내부 이산화탄소 농도가 약 2% 이하

인 사과에서 과육경도, 적정산도 및 과피의 녹색 손실이 효과적으로 억제되었다. 이러한 결과로부터 사과의 내부 이산화탄소 농도가 2% 이하가 되게 사과의 호흡작용을 억제할 수 있는 저장 조건이 Fuji 사과의 CA 저장조건으로 적합하다고 판단된다. 따라서 내부 에틸렌 농도와 마찬가지로 내부 이산화탄소 농도도 저장조건의 적합성 판단과 저장 중 저장조건의 유지 정도를 검사할 수 있는 지표로 사용 가능하다고 생각된다.

요 약

CA 저장 중 후지 사과의 내부 기체 농도에 의한 저장 조건의 적합성을 신속하게 판단하기 위한 지표를 얻기 위하여 과실 내부 에틸렌과 이산화탄소의 농도에 따른 과육경도, 적정산도 및 과피 녹색의 유지정도를 조사하였다. 저장 중 사과의 내부 에틸렌 농도가 10 ppm 이하에서는 과육경도, 적정산도 및 과피의 녹색이 거의 손실되지 않았으나 약 10 ppm 이상에서는 급격하게 손실되었다. 저장 중 사과의 내부 이산화탄소 농도는 낮을수록 높은 과육경도, 적정산도 및 과피의 녹색을 유지하였는데 특히 내부 이산화탄소 농도가 2% 이하인 사과에서 높은 품질특성을 유지하였다. 따라서 후지 사과의 CA 저장에 적합한 저장조건은 사과의 내부 에틸렌과 이산화탄소 농도를 각각 약 10 ppm과 약 2% 이하로 유지할 수 있는 조건으로 판단되고, 사과의 내부 에틸렌과 이산화탄소 농도는 저장조건의 적합성을 판단하는 지표로 사용 가능하였다.

문 헌

1. Yang, S.F. Biosynthesis and action of ethylene. *Hort-Science* 20: 41-45 (1985)
2. McGlasson, W.B. Ethylene and fruit ripening. *Hort-Science* 20: 51-54 (1985)
3. Kays, S.J. Metabolic processes in harvested products. pp. 75-94. In: *Postharvest physiology of perishable plant products*. AVI, New York, USA (1991)
4. Chung, H.S., Chung, S.K., Sohn, T.H. and Choi, J.U. Determination on the optimal harvest date of apples for CA storage. *Korean J. Postharvest Sci. Technol.* 1: 29-36 (1994)
5. Knee, M., Smith, S.M. and Johnson, D.S. Comparison of methods for estimating the onset of the respiration climacteric in unpicked apples. *J. Hort. Sci.* 58: 521-526 (1983)
6. Blanpied, G.D. A study of the relationship between fruit internal ethylene concentration at harvest and post-storage fruit quality of cv Empire apples. *J. Hort. Sci.* 61: 465-470 (1986)
7. Blankenship, S.M. and Unrath, C.R. Use of ethylene production for harvest-date prediction of apples for immediate fresh market. *HortScience* 22: 1298-1300 (1987)
8. Blankenship, S.M. and Unrath, C.R. Internal ethylene levels and maturity of 'Delicious' and 'Golden Delicious' apples destined for prompt consumption. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 113: 88-91 (1988)
9. Chu, C.L. Internal ethylene concentration of 'Mcintosh', 'Northern Spy', 'Empire', 'Mutsu', and 'Idared' apples during the harvest season. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 113: 226-229 (1988)
10. Brecht, P.E. Use of controlled atmospheres to retard deterioration of produce. *Food Technol.* 34: 45-50 (1980)
11. Shewfelt, R.L. Postharvest treatment for extending the shelf life of fruits and vegetables. *Food Technol.* 40: 70-80 (1986)
12. Meigh, D.E. and Reynolds, J. Effect of low concentrations of oxygen on the production of ethylene and on other ripening changes in apple fruit. *J. Sci. Fd. Agric.* 20: 225-228 (1969)
13. Lidster, P.D., Loughheed, E.C. and McRae, K.B. Effects of sequential low-oxygen and standard controlled atmosphere storage regimens on apple quality. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 112, 787-793 (1987)
14. Liu, Y., Wu, Y.M. and Hua, X. Effects of storage conditions on ethylene biosynthesis in apple fruits. *Hort-science* 26: 696 (1991)
15. Liu, F.W. Effects of harvest date and ethylene concentration in controlled atmosphere storage on the quality of 'McIntosh' apples. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 103: 388-392 (1978)
16. Blanpied, G.D. and Samaan, L.G. Internal ethylene concentrations of 'McIntosh' apples after harvest. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 107: 91-93 (1982)
17. Saltveit, Jr. M.E. Procedures for extracting and analyzing internal gas samples from plant tissues by gas chromatography. *HortScience* 17: 878-881 (1982)
18. SAS: SAS User's Guide, Statistics, 6th edition, SAS Institute Inc., Cary, NC, U.S.A. (1988)
19. Yoshioka, H., Aoba, K. and Kashimura, Y. Molecular weight and degree of methoxylation in cell wall polyuronide during softening in pear and apple fruit. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 117: 600-606 (1992)
20. Wallner, S.J. Apple fruit β -galactosidase and softening in storage. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 103: 364-366 (1978)