

저온피해 단감의 대형포장 저장에 따른 품질 변화

정대성 · 배정은*

농촌진흥청 국립원예특작과학원

The Quality Change and Storage Life of 'Fuyu' Persimmon Chill-injured in Tree

Dae-Sung Chung and Jung-Eun Bae*

National Institute of Horticultural and Herbal Science, RDA, Suwon 440-706, Korea

Abstract The quality changes of 'Fuyu' persimmon fruits chill-injured on tree with different time periods were evaluated during storage of 6 weeks at 0°C. There was no significant difference among treatments in the weight loss, which increased with storage time. Firmness was found to be very important factor determining the quality level of persimmon fruit during the storage. The increased chill-injured period decreased the firmness, indicating the rapid fruit softening. While the firmness of the persimmons not exposed to chill-injured condition was not changed significantly during the storage period, the firmness of persimmon fruits chill-injured for 1, 3, and 5 days decreased from 26.7, 16.1, 10.8 N to 18.2, 12.22, and 5.8 N for 6 weeks. The total solids content and total acidity did not significantly change during the storage period. The amount of ethylene production from the chill-injured fruits was almost 2 times higher than that without low temperature injury. The results indicated that persimmon fruit injured by low temperature exposure directly affected to the changes of its ethylene production and firmness during storage.

Keywords *Dispyros Kaki* Thunb., Softening, Low-temperature

서 론

감(*Dispyros KaKi Thunb.*)은 한국, 일본, 중국 등의 동아시아가 원산지이며, 현재는 이스라엘, 뉴질랜드, 브라질, 이탈리아 등지에서 식용으로 많이 재배되고 있다. 감은 뽕은 감과 단감으로 나누어지는데, 2013년 기준으로 전체 면적 27,988 ha 중 약 45% 정도인 12,451 ha에서 단감을 재배하고 있으며, 단감의 총 생산량은 160만 톤에 이른다¹⁾. 우리나라에서 재배되는 단감의 주요품종의 82%가 '부유'이다²⁾. '부유'는 과육의 경도가 높아 아삭아삭한 저작감의 우수한 식미를 가지지만, 과육의 연화 속도가 빠르고 과육의 연화는 저작감을 떨어뜨림으로써 품질을 저하시키는 요인으로 작용한다³⁾.

일반적으로 과실은 성숙이 충분히 이루어질수록 크고 품질이 좋아지지만, 우리나라 단감 주산지인 남부지방의 경우 서리가 일찍 내리는 해에는 성숙 중인 만생종 '부유'를 빨리 수확해야 한다⁴⁾. 단감의 저온에 의한 피해는 서리해와 동해로 나눌 수 있는데, 대부분 서리해로 볼 수 있다. 된서리를 맞은 단감은 저장 중 쉽게 연화되기 때문⁵⁾에 수확 시 저온피해를 받지 않도록 수확시기를 잘 판단하여 해야 한다. 또한 동해(freezing injury)도 저온장해(냉해, chilling injury)와 마찬가지로 노출된 온도와 노출된 기간에 의한 복잡한 영향을 받는다고 한다⁶⁾.

최근 기후변화에 따른 빈번한 기상 이변으로 과실 수확기에 동해 등 저온으로 인한 피해가 증가되고 있다. 단감은 -2.1°C 이하가 되면 과실에 저온피해가 일어난다고 한다⁵⁾. 고품질 단감을 생산하기 위해 수확기에 저온피해 정도에 따라 단감의 품질의 차이가 크다. 저온피해 입은 단감은 현재 적정 포장 및 저장조건 없이 저장에 되고 있어 상품학적 가치가 상실되고 있다⁷⁾.

과실의 저장 중 동결장해 등에 대한 자료는 있으나, 수상

*Corresponding Author : Jung Eun Bae
National Institute of Horticultural and Herbal Science, RDA,
Suwon 440-706, Korea
Tel : +82-31-240-3425, Fax : +82-31-240-3668
E-mail : jebae@korea.kr

에 달려있는 과실의 동해 및 저온피해에 관한 연구는 거의 없으며, 또한 과중, 품중, 수확시기, 성숙도 등의 과실 특성 등을 고려한 저장조건 및 유통단계에 관한 연구는 없다.

본 연구에서는 기후변화에 의한 저온피해 발생으로 ‘부유’ 단감의 수확 후 저장성 구멍이 필요하여 저온피해 발생 온도 및 일수에 따라 단감의 품질변화를 조사하여 저온피해 입은 단감의 저장조건 및 유통단계 설정에 기초자료로 이용하고자 수행하였다.

재료 및 방법

1. 실험재료

본 실험에서 사용한 단감은 ‘부유’ 품종으로 주산지인 진주의 부부농가에서 2013년 11월에 저온(-3°C)피해 1일, 3일, 5일 입은 단감을 수확하였다. 저온피해 입은 비교적 균일한 크기의 단감을 선택하여 사용하였다.

2. 저장조건

저온피해 입은 단감은 피해 즉시 바로 수확하여 10 kg씩 0.06 mm 두께의 대형 low density polyethylene(LDPE)에 담아 상자를 포장한 후 저온(0±1°C)냉장차로 국립원예특작과학원 저장유통연구팀으로 이송하여 저온저장고(0°C)에 저장하였다. 7주 저장 중 7일 간격으로 5개의 단감을 분석에 이용하였으며, 처리 당 3반복으로 시료를 분석하였다.

3. 분석방법

1) 중량 감소율

단감의 저장 중 중량 감소율은 저장 초기의 중량에 대한 감소량을 백분율로 환산하여 표시하였다.

2) 경도

감 과육의 경도는 texture analyser(TA-XT2 Stable Micro system, Haslemere, England)를 이용하여 측정하였다. 측정 조건은 sakurai 등의 방법을 참고하여 과피를 눌러 저항하는 힘을 측정하는 ‘Elasticity’(탄성도) 방법으로 직경 5 mm probe를 사용하여 5.0 mm/s 속도로 깊이 10 mm까지 관입시킬 때 얻어지는 최대값을 측정하여 N 값으로 표시하였다.

3) 가용성 고형물 함량 및 총산함량

가용성 고형물 함량은 굴절당도계(PAL-1, Atago CO., Tokyo, Japan)로 측정하여 °Brix농도로 나타내었고, 총산함량은 처리구별로 일정량을 취하여 마쇄 후 여과하여 여과액 20 mL를 취하여 pH 8.2까지 0.01 N NaOH로 적정한 후 소비된 량을 malic acid로 환산하여 백분율(%)로 계산하여 3회 반복하여 평균값으로 나타내었다.

4) Hunter ‘L, a, b’값

저장 중의 단감 표면의 색의 변화는 color meter(CR-200, Minolta Co., Osaka, Japan)를 이용하여 Hunter ‘L, a, b’ 값을 측정하였다.

5) 에틸렌(C₂H₄)측정

저장 중 단감의 C₂H₄ 가스 발생량은 1 L의 밀폐된 용기에 과실을 넣고 1시간 동안 용기 내에 축적된 C₂H₄ 가스를 각각 1 mL씩 포집하여 가스크로마토그래프(HA 6890A, HP, California, CA, USA)를 이용하여 분석하였다. C₂H₄ 가스 측정조건은 flam ionization detector로 active alumina 60~80 mesh를 이용하였고 이때 주입 온도는 110°C 그리고 검출기의 온도는 150°C로 측정하였다.

결과 및 고찰

1. 중량변화

저장 중 저온피해의 정도에 따른 단감의 중량 감소율은 Fig. 1과 같다. 모든 처리구에서 비슷한 경향으로 감소되었지만, 저장기간이 길어질수록 모든 처리구에서 중량감소를 보였다. 하지만 저온저장을 해서 처리구 당 차이는 크지 않았으며, 처리구당 0.4~0.5%의 중량감소를 나타냈다. Lee와 Yang도 단감의 저장기간이 증가할수록 중량감소가 뚜렷하게 나타난다⁸⁾는 보고와 일치하였다.

2. 경도변화

단감의 저온피해 정도에 따른 경도의 변화는 Fig. 2와 같다. 저온피해 정도에 따라 경도는 큰 차이가 났으며, 저장기

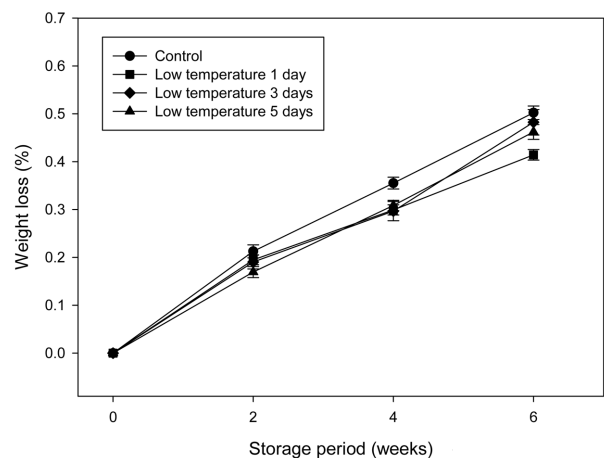


Fig. 1. Weight loss during the 0°C storage of bulk-packaged ‘Fuyu’ persimmons chilled-injured on tree. Bars represent standard errors.

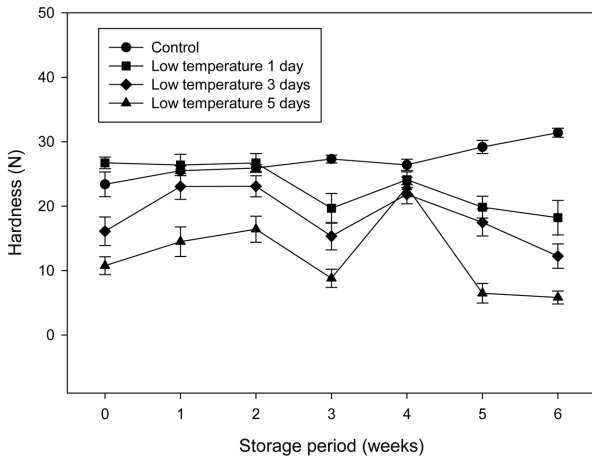


Fig. 2. Firmness changes during the 0°C storage of bulk-packaged ‘Fuyu’ persimmons chilled-injured on tree. Bars represent standard errors.

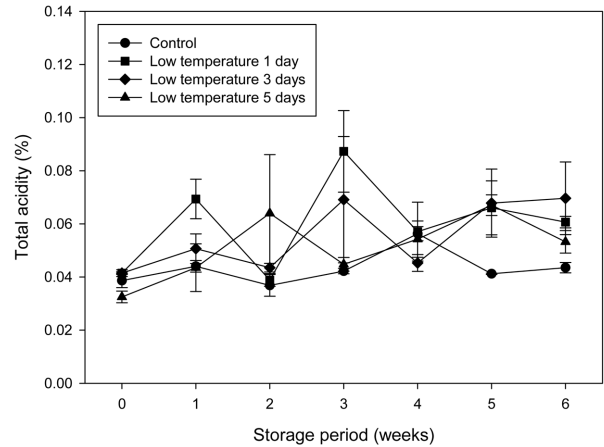


Fig. 4. Changes in fruit acidity during the 0°C storage of bulk-packaged ‘Fuyu’ persimmons chilled-injured on tree. Bars represent standard errors.

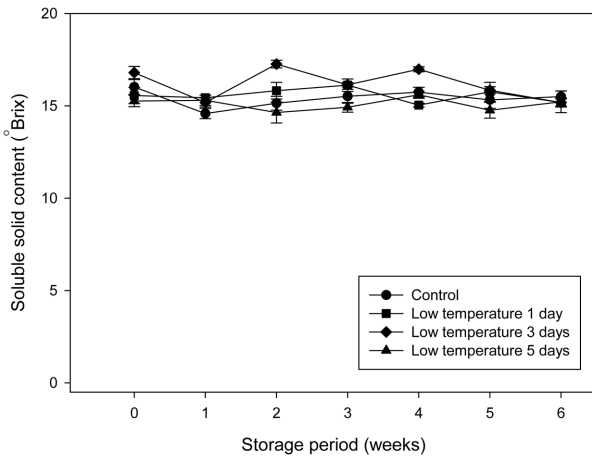


Fig. 3. Changes in fruit soluble solid during the 0°C storage of bulk-packaged ‘Fuyu’ persimmons chilled-injured on tree. Bars represent standard errors.

간이 길어질수록 경도는 감소하였다. 정상과는 초기 25.5 N에서 큰 변화는 없었다. 반면에 저온피해 1일과는 초기 26.7 N에서 점점 낮아져 18.2 N까지 낮아졌으며, 저온피해 3일과는 16.1 N에서 12.22 N으로, 저온피해 5일과는 10.8 N에서 5.8 N까지 낮아졌다. 저온피해 정도가 심해질수록 경도는 낮아지는 것을 볼 수 있었다. 저온피해과는 정상과보다 빨리 연화가 진행이 되었으며, Yang과 Gross에 따르면 연화현상은 식미를 저하시켜 상품성을 떨어뜨리는 주요한 원인이 되며, 식물 성숙과 노화를 촉진하는 에틸렌의 작용과 밀접한 관련이 있다고 한다^{9,10}. 이런 연화과정은 감 조직 중 펙틴 분해효소의 작용으로 시작되며, 이에 따라 다량의 유리당이

생성된다고 한다⁷. 저온피해과는 에틸렌 작용에 의해서 펙틴분해 효소에 의해 세포벽 구성성분의 변화가 일어나고 연화가 촉진되는 것으로 판단된다.

3. 가용성 고형물 함량 변화

저온피해 정도에 따른 가용성 고형물 함량은 처리구간의 유의관계를 나타내지 않았으며, 단감의 가용성 고형물 함량의 변화는 Fig. 3과 같다. 정상과는 저장 초기 16.0 °Brix에서 15.5 °Brix로 변화였고, 저온피해 1일과는 15.6 °Brix에서 15.2 °Brix로, 저온피해 3일과는 16.8 °Brix에서 15.3 °Brix로, 저온피해 5일과는 15.3 °Brix에서 15.2 °Brix로 약간 감소하였다. 이는 저장기간이 길어질수록 단감 저장 중 가용성 고형물 함량이 감소한다¹¹는 보고와 일치하였다.

4. 총산함량 변화

저장 중 저온피해의 정도에 따른 총산함량의 변화는 Fig. 4와 같으며, 저온피해 처리구간에 유의관계는 없었다. 정상과의 총산함량은 저장초기 0.04%에서 저온저장 6주까지 0.04%를 유지하였다. 저온피해 1일과는 저장초기에 0.04%에서 0.06%로 약간 상승하였고, 저온피해 3일과는 0.04%에서 0.07%로, 저온피해 5일과는 0.03%에서 0.05%로 변화였다. 저온피해과는 저장 중 약간씩 감소하는 경향을 보였다.

5. 색도변화

저온피해에 따른 저장 중 색도의 변화는 Fig. 5와 같다. Hunter ‘a’의 값은 전체적으로 피해를 많이 받을수록 초기값이 낮았다. 정상과는 57.5에서 55.4로 변화였고, 저온피해 1일과는 49.8에서 43.9로, 저온피해 3일과는 49.6에서 43.5로, 저온피해 5일과는 53.1에서 49.8로 약간씩 감소하였다. 저온

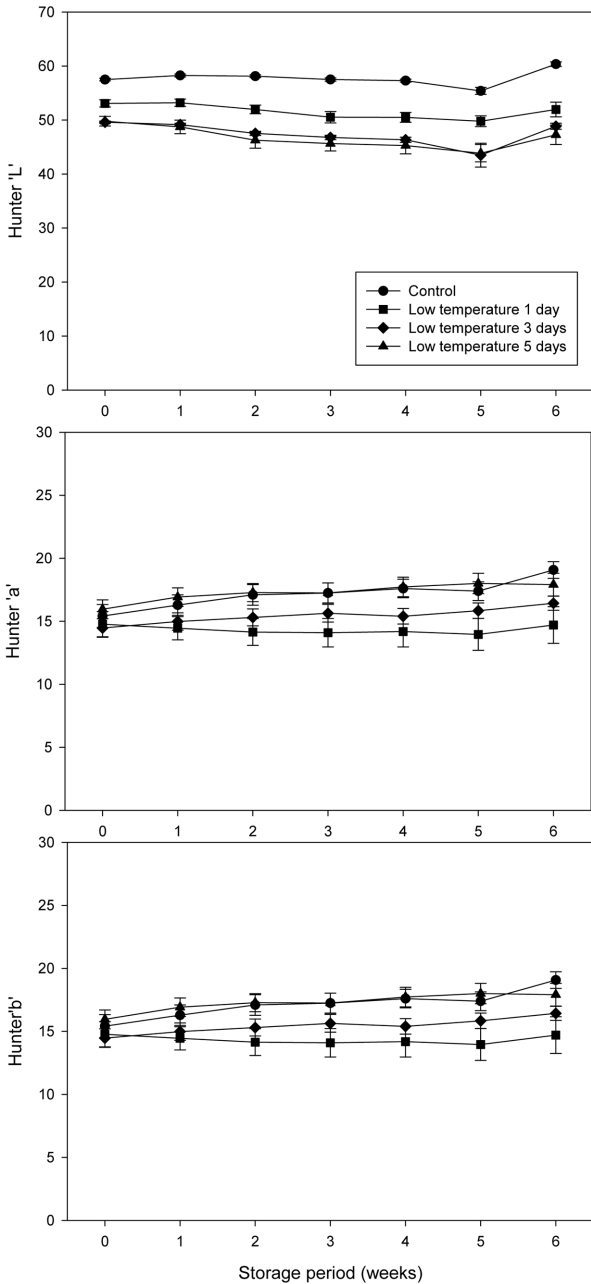


Fig. 5. Changes in fruit skin color during the 0°C storage of bulk-packaged 'Fuyu' persimmons chilled-injured on tree. Bars represent standard errors.

피해를 받을수록 단감의 명도는 감소하며 원상태로 다시 회복이 불가능했다. Hunter 'a'의 값은 저온저장 초기 정상과는 15.4에서 17.4로, 저온피해 1일과는 14.8에서 14.0으로 저온피해 3일과는 14.6에서 15.8로, 저온피해 5일과는 16.0에서 18.0으로 저장후기가 되어서 높아졌다. 단감의 Hunter 'a'의 값은 저장 초기에 비하여 후기에 증가한다^{8,12)}는 보고와 일치하는 경향을 보였다. 정상과에서 Hunter 'b'의 값은

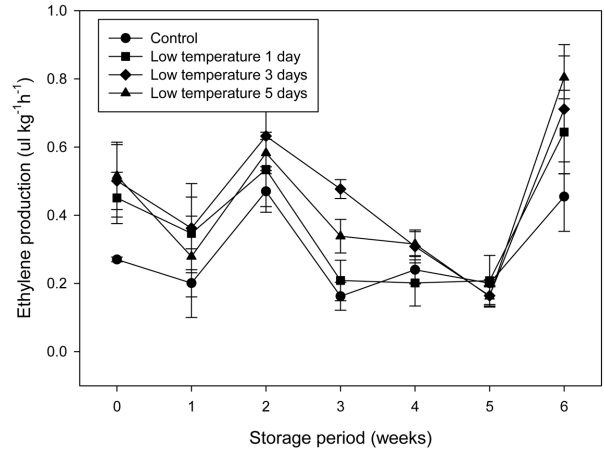


Fig. 6. Ethylene production during the 0°C storage of bulk-packaged 'Fuyu' persimmons chilled-injured on tree. Bars represent standard errors.

저장초기 33.2에서 34.6으로, 저온피해 1일과는 27.1에서 23.1로, 저온피해 3일과는 27.1에서 24.7로, 저온피해 5일과는 30.0에서 27.4로 감소하였다. 이는 단감이 저온피해를 받을수록 빨리 성숙과 노화되어 연화가 일어나면서 단감의果皮 변색 속도가 빨라져 일어난 결과라고 판단되어진다.

6. 에틸렌 변화

단감 저온저장 중 저온피해에 따른 에틸렌 변화는 Fig. 6과 같다. 정상과의 에틸렌은 초기에 $0.2 \mu\text{l} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{h}^{-1}$ 수준에서 시작하여서 저장 2주째 약간 증가하였다가 다시 감소하다가 저장 6주째에 $0.4 \mu\text{l} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{h}^{-1}$ 수준까지 증가하였다. 저온피해 1일과는 $0.4 \mu\text{l} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{h}^{-1}$ 에서 저장 6주째에는 $0.6 \mu\text{l} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{h}^{-1}$ 로 상승하였고, 저온피해 3일과는 $0.4 \mu\text{l} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{h}^{-1}$ 에서 $0.7 \mu\text{l} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{h}^{-1}$ 로, 저온피해 5일과는 $0.4 \mu\text{l} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{h}^{-1}$ 에서 $0.8 \mu\text{l} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{h}^{-1}$ 로 정상과의 두 배의 에틸렌을 발생하였다. 에틸렌의 발생은 단감의 경도와도 관계가 있는데 에틸렌이 많이 발생할수록 경도는 낮아지는 것으로 나타났다. 감에서 과육의 연화는 에틸렌 생성의 climacteric 증가 시점에 급속하게 진행되는 점^{13,14)}에서 볼 때, 저온피해를 받으면 저장초기부터 에틸렌이 많이 발생이 되어 단감 과육의 연화를 앞당긴다. 그로인해 상품성이 없어서 장기저장이 불가능할 것으로 판단되어진다.

요 약

단감을 저온피해 정도에 따라 저온저장하여 품질변화를 조사하였다. 중량감모율은 모든 처리구간에 큰 차이는 없었지만, 저온피해 정도와 저장기간이 길어질수록 모든 처리구에서 중량감소를 보였다. 경도의 경우는 단감의 품질을 좌

우리는 중요한 요소로 저온피해가 길어질수록 경도가 낮아지면서 연화가 빨리 진행되었다. 정상과는 25.5 N에서 큰 변화는 없었다. 반면에 저온피해 1일과는 26.7 N에서 점점 낮아져 18.2 N까지 낮아졌으며, 저온피해 3일과는 16.1 N에서 12.22 N으로, 저온피해 5일과는 10.8 N에서 5.8 N까지 낮아졌다. 가용성 고형물 함량과 총산함량은 처리구간에 유의적인 차이는 없었다. 에틸렌은 정상과보다 2배의 에틸렌을 생성하였다. 저온피해가 심해질수록 에틸렌의 발생량은 증가하였고, 경도변화와의 관련됨을 알 수 있었다.

감사의 글

본 연구는 농촌진흥청 기관 고유연구사업(과제번호: PJ009138)의 지원으로 수행되었으며, 이에 감사드립니다.

참고문헌

1. Korean Statistical Information Service (KOSIS) 2013. The investigation of agriculture area: The planted area of open filed fruit tree http://kosis.kr/statHtml/statHtml.do?orgId=101&tblId=DT_1ET0014&conn=path=12
2. Sakurai, N., Iwatani, S., Terasaki, S. and Yamamoto, R. 2005. Evaluation of 'Fuyu' persimmon texture by a new parameter, 'Sharpness index'. J. Japan Soc. Hort. Sci. Technol. 74: 150.
3. Choi, S.J. 2010. The change of ethylene production, respiration, and flesh firmness as influenced by treatment with aminoethoxyvinylglycine and 1-methycyclopropene in 'Fuyu' persimmon fruit stored at low temperature. Kor. Hort. Sci. Technol. 28: 242-247.
4. Choi, S.T., Park, D.S., Son, J.Y., Park, Y.O., Hong, K.P. and Cho, K.S. 2013. Climate-related changes in fruit growth of 'Fuyu' persimmon during the harvest season. Kor. Hort. Sci. Technol. 31: 32-37.
5. Lin, B.S., Chung, D.S., Yun, H.K. Hwang, Y.S. and Chun, J. P. 2005. Symptoms of freezing and mechanical injury-induced fruit rot in 'Niitaka' pear fruit (*Pyrus pyrifolia* Nakai) during low temperature storage. Kor. Hort. Sci. Technol. 23: 282-286.
6. Rural Development Administration (RDA) 2013. A guide of agriculture technology 24: the persimmon cultivation p. 191-216.
7. Hong, J.H., Lee, G.M. and Hur, S.H. 1996. Production of vinegar using deteriorated destringent persimmons during low temperature storage. J. Korea Soc. Food Nutr. 25: 123-128.
8. Lee, E.J. and Yang, Y.J. 1997. Postharvest physiology and storage disorders affected by temperature and PE film thickness in 'Fuyu' persimmon fruit. Korea J. Soc. Hort. Sci. Technol. 38: 516-519.
9. Yang, S.F. 1985. Biosynthesis and action of ethylene. Hort. Sci. 20: 41-45.
10. Gross, K.C. 1985. Promotion of ethylene evolution and ripening of tomato fruit by galactoses. Plant Physiol. 79: 306-307.
11. Lee, Y.J., Lee, Y.M., Kwon, O.C., Jeong, S.J., Lee, Y.B. Cho, Y.S., Park, Y.M. and T.C. Kim. 2000. Effect of fruit size and PE film area on skin blackening and flesh browning discoloration in MA storage of 'Fuyu' persimmon fruit. J. Kor. Soc. Hort. Sci. 41: 71-74.
12. Yang, Y.J., Choi, S.J. and Lee, C.H. 1999. Effect of exposure to elevated CO₂ atmospheres on fruit discoloration during cold storage of 'Fuyu' persimmon. J. Kor. Soc. Hort. Sci. 40: 352-354.
13. Itamura, H., Kitamura, S., Taira, H., Harada, N., Ito, Y., Takahashi, and T. Fukushima. 1991. Relationship between fruit softening, ethylene production and respiration in Japanese persimmon 'Hiratanenashi'. J. Japan. Soc. Hort. Sci. 60: 695-701.
14. Nakano, R., Inoue, S., Kubo, Y. and A. Inaba. 2002. Water stress induced ethylene in calyx triggers autocatalytic ethylene production and fruit softening in forcing-cultured 'Tonewase' persimmon. Postharvest. Biol. Technol. 25: 293-300.