

## PLANT &amp; FOREST

# Effects of ethylene treatment on postharvest quality in kiwi fruit

Byung-Seon Lim<sup>1\*</sup>, Jin-Su Lee<sup>1</sup>, Hee-Ju Park<sup>1</sup>, Soh-Young Oh<sup>2</sup>, Jong-Pil Chun<sup>3</sup><sup>1</sup>National Institute of Horticultural & Herbal Science, RDA, Wanju 55365, Korea<sup>2</sup>Research Institute of International Agriculture, Technology and information, Hankyong National University, Anseong 17579, Korea<sup>3</sup>Department of Horticultural Science, Chungnam National University, Daejeon 34134, Korea\*Corresponding author: [limbsw@rda.go.kr](mailto:limbsw@rda.go.kr)

## Abstract

The kiwi fruit (*Actinidia deliciosa* cv. 'Hayward') should be ripened at any step during postharvest handling before consumer consumption. This is essential for freshly harvested kiwi fruit. But, this requires correct temperatures and ethylene concentrations. More testing of a newly developed ethylene generator using charcoal for commercial purposes is needed. This study was conducted to investigate the optimum storage temperatures and the effect of ethylene on the postharvest quality of kiwi fruit. Three different ethylene concentrations of 10, 50, and 100  $\mu\text{L}\cdot\text{L}^{-1}$  were used on fresh kiwi fruit stored at different temperatures of 10, 15, and 20 °C. The quality changes of the fruits were assessed by sensory evaluation and by measuring firmness, soluble solids content, titratable acidity, and ethylene production. Higher storage temperatures and ethylene concentrations softened the kiwi fruit quickly and led to the rapid loss of acidity while soluble solid contents of fruit increased to a significant extent during the same storage period. Similarly, the firmness of ethylene-treated fruits stored at 20 and 15 °C dramatically decreased in the experiment while treated fruits stored at 10 °C decreased only slightly. Quality characteristics of kiwi fruits stored at 15 and 20 °C were better than those of fruits at 10 °C. With regards to the effect of temperature, fruits stored at lower temperatures took a longer time to ripen and retained their quality longer. The newly developed ethylene generator maintained the ethylene concentration in the 5 kg box at 40 - 400  $\mu\text{L}\cdot\text{L}^{-1}$ . The ethylene generator could also be used to soften persimmons.

**Keywords:** ethylene response, quality, softening, ripening, storage temperature

## Introduction

원예산물은 성숙과정 중 호흡량과 에틸렌 발생량이 급등하는 climacteric형 그리고 급등하지 않는 non-climacteric형으로 구분되며, 외생 에틸렌 처리는 내생 에틸렌과 호흡을 증가시키고 성숙과 노화를 촉진시킨다. 에틸렌의 생합성은 S-adenosylmethionine (SAM)으로부터 에틸렌의 전구물질인 ACC를 거쳐 에틸렌으로 생성되는 과정을 거치게 되는데, 외생 에틸렌은 ACC의 합성과 아울러 ACC로부터 에틸렌으로 전환하는 과정을 촉진한다(Riov and Yang, 1982).



## OPEN ACCESS

**Citation:** Lim BS, Lee JS, Park HJ, Oh SY, Chun JP. 2016. Effects of ethylene treatment on postharvest quality in kiwi fruit. Korean Journal of Agricultural Science 43:340-345.

**DOI:** <http://dx.doi.org/10.7744/kjoas.20160035>

**Editor:** Young Tae Kim, Chungnam National University, Korea

**Received:** June 21, 2016

**Revised:** August 2, 2016

**Accepted:** August 17, 2016

**Copyright:** ©2016 Korean Journal of Agricultural Science.

This is an Open-Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

에틸렌 처리는 자두 과실의 수확시기를 앞당길 수 있으며, 과실의 호흡량 및 에틸렌 생성량을 증대시키고, 색의 변화에 영향을 미친다고 하였다(Lim et al., 1996; Oh et al., 2007). 토마토 과실에 있어서도 외생 에틸렌에 의해 세포벽 분해 효소인 polygalacturonase 합성의 촉진제 역할을 함과 동시에 과실의 연화를 촉진되고(Grierson and Tucker, 1983), 또한 사과 ‘홍로’ 과실에 에틸렌을 처리할 경우 호흡량과 에틸렌 생성량이 증가 되었다(Lim et al., 2009). 키위 과실의 후숙은 온도가 높을수록 빠르게 진행되며, 경도와 산함량이 감소하여 후숙이 진행된다고 하였고(Koh et al., 2003; Park et al., 2000), 에틸렌 처리는 감 및 키위 과실의 후숙 속도를 더욱 빠르게 진행시킨다(Park et al., 2006a; Park et al., 2006b). 짧은 감은 성숙 후에도 가용성 탄닌을 함유하고 있어 탈삼 또는 연시과정이 필요한 과실이므로(Taira et al., 1990), 연화를 촉진하기 위해 에틸렌을 이용한다(Lim et al., 1993; Park et al., 1998; Park et al., 2000).

본 실험은 그린키위 과실의 안정적 공급 확대를 위하여 여러 저장온도 조건에서 키위 과실의 외부 에틸렌에 대한 생리화학적 반응을 조사하여 에틸렌 반응성 및 에틸렌 발생제의 실용적인 이용방법을 검토하고자 수행하였다.

## Materials and Methods

### 그린키위

본 실험에 이용된 키위 “Hayward”는 제주지역에서 재배되었으며 관행수확기인 2014년 12월 초에 수확하여 제주 한라골드 영농조합법인 저온저장고에서 1°C로 저장 보관한 후 2014년 12월 8일 국립원예특작과학원으로 이송, 실험에 이용하였다. 수확 직후 기형과 및 부패과실을 배제하고 선별한 후 12월 9일에 10, 15, 20°C에서 에틸렌 반응성 조사를 위한 에틸렌을 처리하였다.

### 에틸렌반응성 조사를 위한 에틸렌처리

에틸렌 처리는 각 저장온도에 30 L 플라스틱 통에 과실을 넣고 과실의 품온이 각 저장온도와 일치할 때까지 저하한 것을 확인 후 5% 에틸렌을 주사기로 주입하여 10, 50, 100  $\mu\text{L}\cdot\text{L}^{-1}$  농도를 맞추었다. 지속적인 에틸렌 농도를 유지하기 위해 매 24시간 마다 개봉하여 30분 정도 환기하고, 에틸렌 반응성 조사용 샘플을 채취한 후 에틸렌을 재처리하였다.

### 에틸렌 발생량 측정

박스 내 에틸렌 함량을 측정하기 위해 박스 상단 부에서 1 mL 가스를 취하여 분석하였다. 에틸렌 분석은 alumina 컬럼과 FID가 장착된 GC (GC, Hewlett-packard 5890, USA)를 이용하여, injection 110°C, oven 70°C로 조정하였으며, detector는 250°C로 설정하여 측정하였다. 이때 flow rate는 30 mL·min<sup>-1</sup>로 설정하였다. 에틸렌의 standard gas 농도는 10  $\mu\text{L}\cdot\text{L}^{-1}$ 를 사용하였다.

### 과실품질조사

경도는 과실의 적도부위 과피를 제거 후 Texture Analyzer (25 kg load cell, 5 mm cylindrical probe, TA-XT2, Surrey, U.K.)를 이용하여 깊이 10 mm, 속도 2 mm/sec로 과실당 적도부위 2군데를 측정하여 평균값으로 하였다.

가용성고형물은 과육에서 채취된 과즙을 Refractometer (RA-520N, Japan)를 이용 20°C로 보정하여 측정하였다.

색도는 2 등분된 과실 과육 부분의 적도면 과피를 색도계(CR-300, Minolta Corp., Japan)를 사용하여 한 과실당 두 곳을 측정 후 평균값으로 하였다.

속도에 따른 에틸렌 처리 효과의 품질조사를 위해 완전 임의 배치법 3반복으로 하였고 통계분석은 SAS 프로그램 (SAS 9.1, SAS Institute Inc., USA)을 이용하여 Duncan 다중범위검정으로 분석하였다.

## 에틸렌 발생제

숯을 이용한 에틸렌 발생제로서 국립원예특작과학원에서 자체 개발 후 기술 이전된 (주)탑푸레쉬의 제품을 이용하였으며, 시중에 유통되는 5 kg 키위 박스 무공 비닐 안에 처리한 후 그 효과를 분석하였다(Fig. 1).



Fig. 1. Photos of ethylene generator used in our experiment (A) and cardboard boxes for kiwi fruit packaged with polyethylene film (B, C).

## Results and Discussion

### 에틸렌 반응성

키위 “Hayward” 과실의 저장온도 및 에틸렌농도( $10, 50, 100 \mu\text{L}\cdot\text{L}^{-1}$ )에 따른 과실의 품질변화를 조사한 결과는 다음과 같다. 무처리 과실의 후숙은 저장온도에 관계 없이 시험기간 동안 비슷한 경도를 유지하면서 후숙이 되지 않았다. 반면, 에틸렌 처리구는 경도가 빠르게 감소하였으며 특히, 온도가 높을 수록 경도 저하 속도가 빨랐다(Fig. 2). 또한, 에틸렌 농도가 높을수록 경도 저하 즉 키위과실의 후숙을 더욱 빠르게 진행시켰다. 이는 높은 농도의 에틸렌이 키위 과실의 후숙에 더욱 영향을 미친다는 결과를 보여주고 있다. 반면  $10^\circ\text{C}$  처리구에서는 에틸렌처리가 경도 저하에 영향을 미치긴 하지만 에틸렌농도에 따른 경도저하의 차이를 볼 수 없었다. 이는 저온에서의 후숙에 관여하는 생리 대사 억제 에틸렌 감응성이 둔감하게 작용하기 때문인 것으로 생각된다(Fig. 2). 반대로, 가용성 고형물의 변화는 경도 저하와 반대로, 처리 온도가 높을 수록 무처리 과실에 비해 가용성 고형물의 증가 속도가 빨랐으며,  $15, 20^\circ\text{C}$  무처리 과실은 처리 187시간 후에도 가용성 고형물의 증가가 미미하였다. 반면  $10^\circ\text{C}$ 에서는  $15, 20^\circ\text{C}$  처리구에 비해 에틸렌 처리로 인한 가용성 고형물의 증가가 상대적으로 낮음을 보였는데 이는 에틸렌처리에 의해 경도가 상대적으로 낮았고(Fig. 1), 가용성 고형물에 관여하는 생리작용이 저온  $10^\circ\text{C}$ 로 인해 억제되었을 것으로 생각된다(Fig. 3). 아울러, 에틸렌 농도에 따른 가용성고형물의 차이는 뚜렷한 경향을 볼 수 없었다.

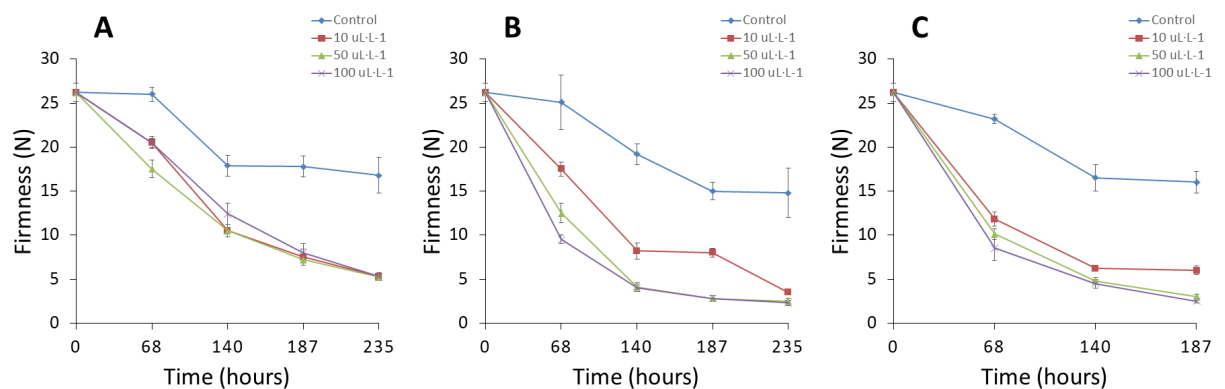
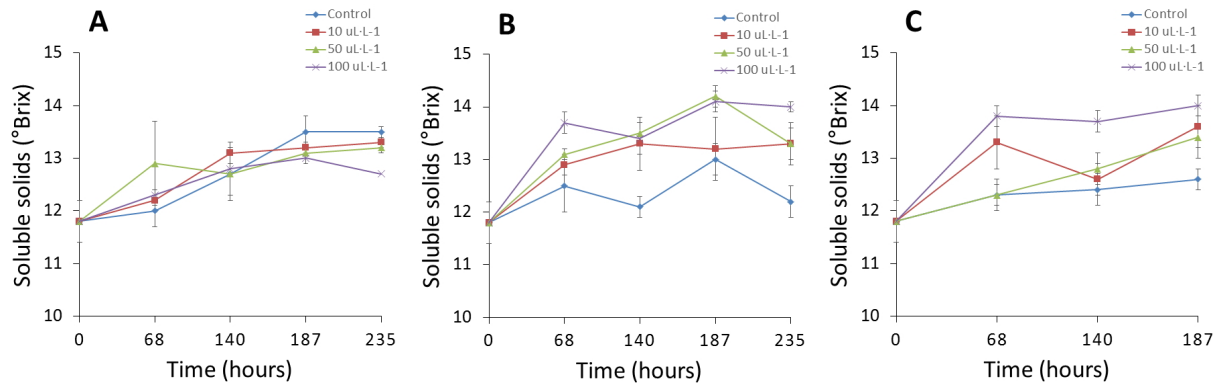
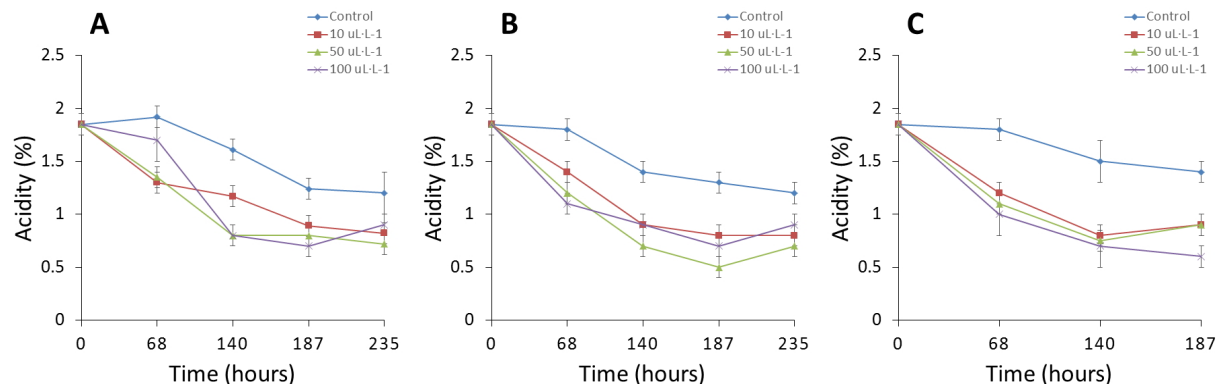


Fig. 2. Changes in firmness of kiwi fruit according to different storage temperatures and ethylene concentrations (A,  $10^\circ\text{C}$ ; B,  $15^\circ\text{C}$ ; C,  $20^\circ\text{C}$ ). Vertical error bars represent the standard errors ( $n = 3$ ).



**Fig. 3.** Changes in soluble solids contents of kiwi fruit according to the different storage temperatures and ethylene concentrations (A, 10°C; B, 15°C; C, 20°C). Vertical error bars represent the standard errors (n = 3).



**Fig. 4.** Changes in acidity of kiwi fruit according to the different storage temperatures and ethylene concentrations (A, 10°C; B, 15°C; C, 20°C). Vertical error bars represent the standard errors (n = 3).

무처리 과실의 산의 함량 변화는 저장온도에 관계 없이 시험기간 동안 비슷한 경향을 유지하면서 감소되지 않았다. 반면, 에틸렌처리에 의해 산 함량이 빠르게 감소하였는데 온도가 높고 에틸렌 농도가 높을수록 에틸렌 농도에 따른 산 함량 저하속도가 빨랐다(Fig. 4). 반면 10°C에서는 15, 20°C 처리구에 비해 에틸렌 처리로 인한 산함량의 감소가 상대적으로 낮았고, 에틸렌 농도에 따른 뚜렷한 차이를 볼 수 없었는데 이는, 산의 함량 저하에 관여하는 생리작용이 저온 10°C로 인해 억제되었을 것으로 생각된다(Fig. 3).

상기의 결과는 온도가 높을수록 과실 호흡의 증가와 함께 에틸렌 처리로 가역적인후숙 생리가 진행되면서 일반적으로 나타나는 경도 및 산의 함량 저하와 함께 당의 증가로 이어진 것으로 생각된다.

키위 후숙을 위한 에틸렌처리 필요시간은 50 L·L<sup>-1</sup>의 농도로 기준하여 24시간이 필요한 것으로 조사되었고, 후숙에 필요한 소요기간은 10, 15, 20°C 각 온도 별 4-5, 3-4, 3일이 소요되었다(Fig. 5). 또한 10, 15°C의 온도에서도 20°C 처리구와 동일하였다(데이터 미제시).

이러한 에틸렌의 효과는 에테폰 단용 또는 KOH와 혼용하여 에틸렌을 발생시켜 짧은감에 처리하면 홍시를 제조할 수 있었다는 이전의 결과와 일치한다(Lim et al., 1993; Park et al., 1998; Park et al., 2000).

에틸렌 처리에 의한 식미도를 조사한 결과 온도가 높고 에틸렌 농도가 높을수록 식미가 양호하였다(Table 1). 수확 후 품질이 우수한 키위를 제조하기 위해서는 품질을 감안하여 에틸렌의 농도가 50  $\mu\text{L}\cdot\text{L}^{-1}$  이상이 유지되도록 포장한 후 낮은 저온 보다는 비교적 높은 15°C 이상의 온도에서 처리하는 것이 신맛 제거와 후숙 과일 제조에 효과적이었다. 이는 에틸렌을 이용한 짧은감 및 자두과실의 연화촉진을 위해서는 낮은 저온 보다는 높은 온도에서 더욱 효과

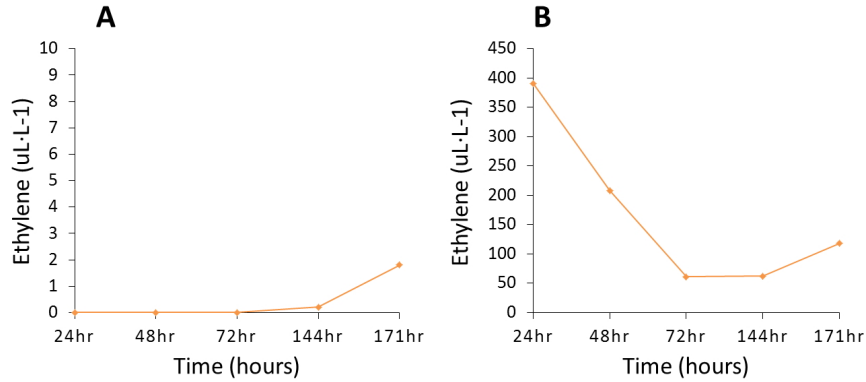


Fig. 5. Ethylene concentration in the kiwi fruit box (A, control; B, ethylene generator treatment).

Table 1. The quality of softened kiwi fruit according to storage temperature and ethylene concentration.

Ethylene ( $\mu\text{L} \cdot \text{L}^{-1}$ )	Sourness <sup>x</sup>			Sweetness <sup>y</sup>			Overall taste <sup>z</sup>		
	10°C	15°C	20°C	10°C	15°C	20°C	10°C	15°C	20°C
10	++++	++++	+++	++	++	++	++	++	++
50	++++	+++	++	++	+++	+++	++	++	+++
100	++++	++	+	++	++++	++++	++	+++	++++

<sup>x</sup>Sourness: +++++ very strong, + very low.

<sup>y</sup>Sweetness: +++++ very strong, + very low.

<sup>z</sup>Overall taste: +++++ very good, + very bad.

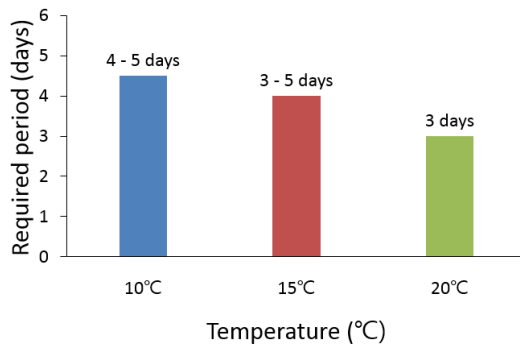


Fig. 6. The required softening period (days) of kiwi fruit after ethylene treatment ( $50 \mu\text{L} \cdot \text{L}^{-1}$ ) for 24 h held at the different storage temperatures (10°C; 15°C; 20°C).



Fig. 7. Photos of softened kiwi fruit after at 15°C according to ethylene treatments.

가 있었다는 이전의 결과와 일치한다(Lee and Young, 1984; Lim et al., 1996). 반면, 에틸렌처리에 의한 과피 및 과육 색의 뚜렷한 변화를 관찰할 수 없었다(Fig. 7).

## 에틸렌 발생제 이용효과

그린키위 후숙을 위해 필요한 숯을 이용한 에틸렌 발생제를 시중에 유통되는 키위박스에 처리하여 내부 에틸렌을 분석한 결과 24시간 후  $400 \mu\text{L}\cdot\text{L}^{-1}$  정도의 높은 에틸렌 농도를 나타냈으며 이후 최소  $50 \mu\text{L}\cdot\text{L}^{-1}$  이상으로 높게 유지되었고(Fig. 6), 키위 후숙이 양호하게 나타났다. 또한, 에틸렌발생제가 처리된 박스 안의 에틸렌 농도가 실험기간 후반에 다소 증가하는 경향을 보였는데, 이는 키위 과실 자체에서 발생하는 에틸렌에 의한 결과로 생각한다. 이러한 결과는 무처리 박스에서 실험기간 후반에 에틸렌 농도가 높아지는 결과와 부합한다(Fig. 6).

이러한 결과는 상기에서 적당한 후숙을 위해  $50 \mu\text{L}\cdot\text{L}^{-1}$  이상의 에틸렌으로 24시간 처리가 필요하다는 결과(Table 1, Fig. 5)와 일치함으로써 숯을 이용한 에틸렌 발생제가 실용적으로 유용하다는 결과를 제시하였다.

## Acknowledgements

본 논문은 농촌진흥청 공동연구사업(PJ0102342016)의 지원에 의해 이루어진 것임.

## References

- Grierson D, Tucker GA. 1983. Timing of ethylene and polygalacturonase synthesis in relation to the control of tomato fruit ripening. *Planta* 157:174-179.
- Koh YJ, Lee JG, Hur JS, Jung JS. 2003. Effect of ripening temperatures on incidences of postharvest fruit rots of kiwifruits. *Research in Plant Disease* 9:201-204.
- Lee SK, Young RE. 1984. Temperature sensitivity of avocado fruit in relation to ethylene treatment. *Journal of the American Society of Horticultural Science* 109: 689-692.
- Lim BS, Lee CS, Choi ST, Kim YB, Lee JC, Hwang YS. 1996. Effect of ethephon treatment on the maturation of plum fruits (*Prunus salicina* L.) and changes of the quality as affected by storage conditions. *Korean Journal of Food Preservation* 3:155-170. [in Korean]
- Lim BS, Lee CS, Choi YH, Kim YB, Song NH. 1993. Effects of plant growth regulator ethephon application on the astringent persimmon (*Diospyros kaki* Thunb.). *RDA Journal of the Agricultural Science*. 35:800-805. [in Korean]
- Lim BS, Park YM, Hwang YS, Do GR, Kim KH. 2009. Influence of ethylene and 1-methylcyclopropene treatment on the storage quality of 'Hongro' apples. *Korean Journal of Horticultural Science and Technology* 27:607-611. [in Korean]
- Oh SY, Lim BS, Lee JW, Do KR. 2007. 1-Methylcyclopropene increases the shelf-life of 'Ooishiwase' plum (*Prunus salicina* L.). *Korean Journal of Horticultural Science and Technology* 25:369-374. [in Korean]
- Park SJ, Chung DS, Hong SS, Kim YB. 1998. Application of a simple ethylene generating kit for removal of astringency and softening of persimmon (*Diospyros kaki* Thunb.). *Journal of the Korean Society Horticultural Science*. 39:727-731. [in Korean]
- Park SJ, Hong SS, Lee CS. 2000. Softening of astringent persimmon (*Diospyros Kaki* Thunb.) as affected by harvest time, temperature, and ethephon treatment. *Korean Journal of Horticultural Science and Technology* 18:395-398. [in Korean]
- Park YM, Lee YJ. 2006a. Ripening responses and quality changes of 'Fuyu' persimmon fruit as influenced by exogenous ethylene and subsequent short-term storage temperature. *Korean Journal of Horticultural Science and Technology* 24:216-221. [in Korean]
- Park YS, Jung ST, Gorinstein S. 2006b. Ethylene treatment of 'Hayward' kiwifruits (*Actinidia deliciosa*) during ripening and its influence on ethylene biosynthesis and antioxidant activity. *Scientia Horticulturae* 108:22-28.
- Riov J, Yang SF. 1982. Effects of exogenous ethylene on ethylene production in citrus leaf tissue. *Plant Physiology* 70:136-141.
- Taira S, Itamura H, Abe K, Ooi K, Watanabe S. 1990. Effect of harvest maturity on removal of astringency in Japanese persimmon (*Diospyros Kaki* Thunb.), 'Hiratanenashi' fruits. *Journal of Japan Society Horticultural Science* 58:813-818.