

저장 환경과 숙기 정도가 파프리카 과실의 저장에 미치는 영향

최인이 · 김일섭 · 강호민*

강원대학교 원예학과

Influence of Maturity of Fruit and Storage Condition on the Storability of Sweet Pepper in MA Storage

In-Lee Choi, Il Seop Kim, and Ho-Min Kang*

Dept. of Horticulture, Kangwon National University, Chuncheon 200-701, Korea

Abstract. The sweet pepper (paprika) is one of the most important exported vegetable crops in Korea. This study evaluated the storability of sweet pepper fruits between 2 cultivars with different maturities under different storage conditions. The sweet peppers ('Special' and 'Fiesta') were grown in a rockwool hydroponic system, and harvested two different maturities: half-maturity and full-maturity levels. The sweet pepper fruits were stored in MA(non-ventilated) and non-MA(ventilated) conditions at 4 and 9°C for 20 days. The storability of sweet pepper fruit was the highest in 4°C MA conditions that remained 5% carbon dioxide and 10% oxygen during the storage. The ethylene concentration in MA condition showed 2~8 $\mu\text{l/l}$ regardless of storage temperatures, cultivars and maturities. The fruits packaged with non-ventilated film, showed lower weight loss, and higher firmness, and there was no different about decay ratio compared to the fruits packed ventilated film. The coloration of semi-matured fruit that colored 50% before storage progressed faster in non-ventilated packaging condition at 9°C, but their color did not changed as same as level of full-matured fruit. The electrolyte leakages and respiratory rate that estimated degree of chilling injury was highest in non-MA(ventilated) conditions of 'Special' full matured fruit placed at room temperature for 3 days following storage at 4°C for 20 days. It may be suggested that sweet pepper fruit packed sealed (non-ventilated) film and stored at non-chilling temperature can be maintained better quality for long term storage.

Key words : carbon dioxide, electrolyte leakage, ethylene, firmness, oxygen

서 론

신선 농산물의 수출을 주도하고 있는 파프리카는 저온기를 주재배 기간으로 하는 남부지방 작형과 고온기를 주재배 기간으로 하는 강원도 고랭지 여름 작형으로 나눌 수 있다. 이중 고랭지 여름 작형은 수출 등장기 유통을 위해 과실의 성숙도가 완숙과 보다 빠른 상태에서 수확하고 있다. 미성숙한 파프리카 과실은 상온에서는 일정기간 후에 착색이 이루어지긴 하지만, 같은 가지과 작물인 토마토나 고추보다 에테폰 등을 이용한 인위적 착색이 어려운 작물로 알려져(Krajay-

klang 등, 1999), 미숙상태의 파프리카 유통은 상품성을 떨어뜨릴 수 있다. 앞으로 국내 유통체계에서도 수출농산물을 중심으로 저온유통체계가 자리 잡아 가고 있어 숙기별 적절한 수확 후 관리가 요구된다. 또한 현재 국내에선 신선농산물의 유통 시 완전한 MAP 조건은 저온유통체계의 미흡으로 발생할 수 있는 무기호흡의 위험이 있어(Lee, 1996) 유공필름을 이용하고 있는데, 이 경우 유공필름포장은 MA의 효과(Kader, 2002)를 기대할 수 없다. 이에 본 연구는 국내에서 많이 재배되어 있던 'Special'과 'Fiesta' 두 품종을 대상으로 하여 숙기별로 수확한 과실의 MAP 저장성을 저장온도와 포장방법별로 비교하였다.

*Corresponding author: hominkang@kangwon.ac.kr
Received November 11, 2008; Accepted December 5, 2008

재료 및 방법

적색계통인 ‘Special’(Enza Zaden, Netherlands)과 황색계통인 ‘Fiesta’(Enza Zaden, Netherlands) 두 품종을 플라스틱 온실에서 3월 5일부터 암면배지에서 육묘하였으며, 5월 15일에 암면 슬라브에 40×30cm 간격으로 정식하여 2줄기로 유인하였다. 양액은 유럽채소개발연구센터 표준액(EC 2.0mS·cm⁻¹, pH5.5)을 정식 전에는 EC 1.5mS·cm⁻¹의 수준으로, 정식 후에는 2.2~2.5mS·cm⁻¹ 수준으로 초세에 맞춰 공급하였다. 7월 1일 두 품종의 파프리카 과실 중 만개 후 경과일수가 65일된 완숙과와 55일된 반숙과를 수확하였다. 수확한 과실은 MAP조건을 만족시킬 수 있는 25 ceramic 필름과 현재 국내 유통에 이용되고 있는 유공 필름(개공율 5% 미만)으로 포장하여 4와 9에 저장하였다. 처리기간 중에 나타나는 외적품질의 변화를 알아보기 위해 생체중 감소정도와 외관품질을 조사하였다. 생체중 감소는 저장 전 중량을 100%로 하여 저장 중

감소정도를 백분율로 나타내었고, 외관 품질은 패널테스트를 통해 조사하였다. 또한 포장재 내부의 이산화탄소와 산소 가스 농도는 포장재 외부에 실리콘을 접착시켜 측정기의 바늘을 수차례 관통하여도 가스누출이 없게 처리한 후 infrared sensor(checkmate, PMB, Demark)로 측정하였다(Kang과 Kim, 2007a). 저장 최종일에 포장재 내부의 에틸렌가스 농도는 gas chromatography(GC-2010, Shimadzu, Japan) (Park 등, 2000)로 측정하였고, 저장전과 저장후 과실의 품질을 비교하기 위해 rheometer(compac-100, Sun scientific, Japan)로 경도를 조사하였다. 호흡속도는 4에서 20일간 저장한 ‘Special’과실을 상온(22)에 옮겨 3일간 정치한 후, 밀폐용기에 담아 호흡으로 증가된 CO₂ 농도를 infrared sensor(checkmate, PMB, Demark)로 측정하여 계산하였다(Kang 등, 2002). 저온장해 정도는 지표가 되는 전해질 용출량을 electric conductivity meter (SG3, Mettler-Toledo, Switzerland)로 측정하여, 전체 전해질 용출량에서 4시간동안 용출된 전해질량을 %로

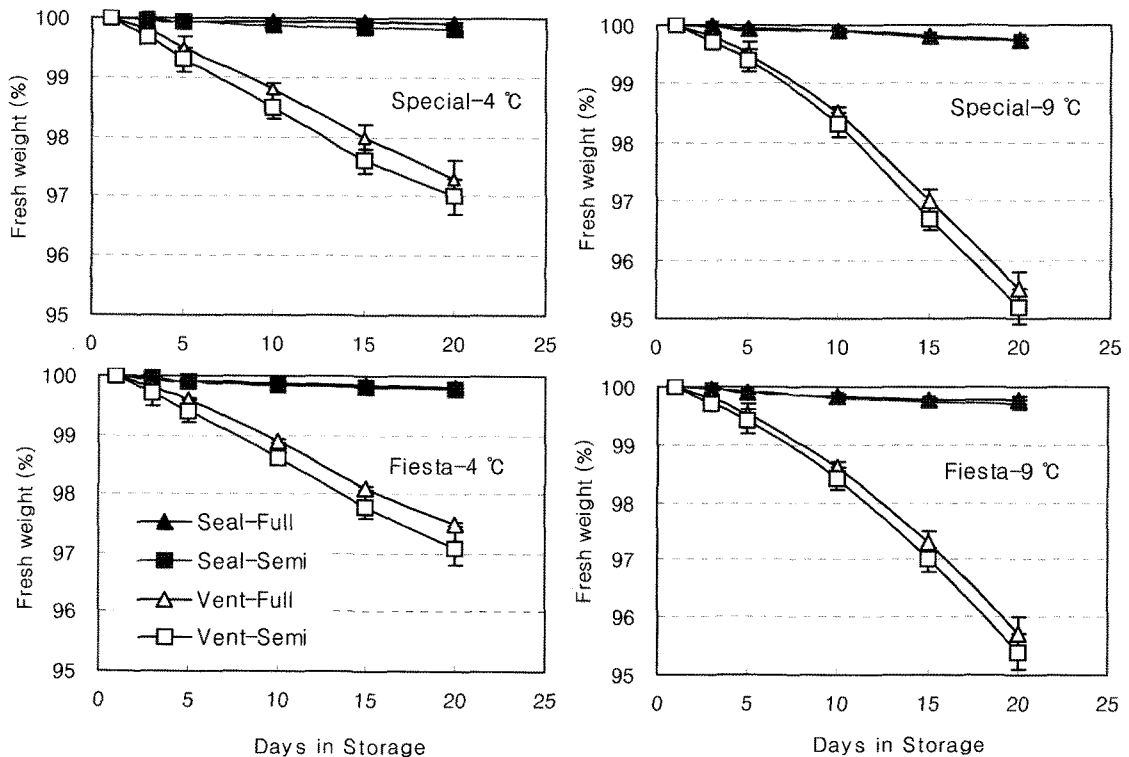


Fig. 1. The change of fresh weight between full- and semi-maturity fruits of two cultivars(‘Special’ and ‘Fiesta’) under storage conditions packaged with ventilated film and sealed film at 4 and 9°C. The vertical bars represent standard deviation(n=4).

저장 환경과 숙기 정도가 파프리카 과실의 저장에 미치는 영향

나타내었다(Kang 등, 2003). 모든 실험은 완전 임의 배치하여 4반복으로 수행하였으며, 통계분석은 SAS (SAS Institute, 1985) program을 이용한 Duncan의 다중검정과 Microsoft Excel 2002 program을 사용하여 평균과의 차이를 나타낸 표준 편차로 실시하였다.

결과 및 고찰

저장 중 파프리카 과실의 생체중 변화를 조사한 결과, 무공 MAP와 4°C와 9°C 저장조건에서는 20일 동안 0.5% 미만의 감소를 보여, 생체중 감소로 인한 품질저하는 없었으나(Kays, 1991), 유공 MAP의 경우

4°C와 9°C에서 각각 3%와 5% 수준의 감소를 보였으며, 저장후기로 갈수록 과실의 표면이 변형되는 수분손실 증상이 나타났다. Kay와 Paul(2004)에 의하면 피망의 경우 수분손실 4.0%가 주굴거림 없이 상품성이 유지되는 zero 수준이라고 하였다. 그러나 과실의 성숙 정도와 품종은 생체중 감소에 영향을 미치지 않았다.

저장 중 포장재내 대기조성은 저장온도와 포장재에 영향을 받았는데, 유공필름처리는 대기와 같은 수준이었다. 이에 반해 무공필름처리의 이산화탄소 농도는 4°C에서 2% 수준과 9°C에서 4% 수준을, 산소 농도는 4°C에서 14% 수준과 9°C에서는 11% 수준을 보여 기존의 보고(Cho 등, 2008)와 유사하였다(Fig. 2).

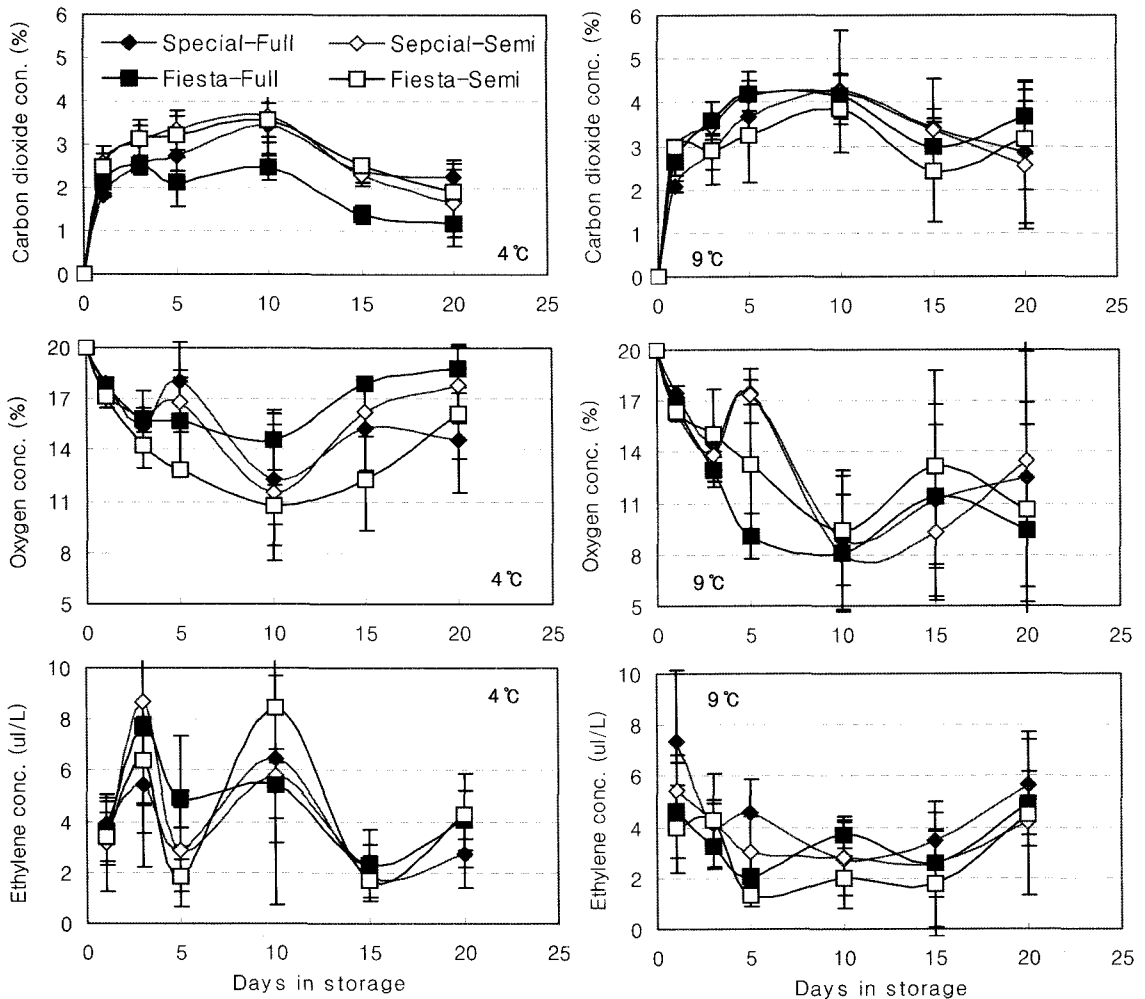


Fig. 2. The change of carbon dioxide, oxygen, and ethylene concentration in sealed film(25 μm ceramic film) contained full- and semi-maturity fruits of two cultivars(‘Special’ and ‘Fiesta’) at 4 and 9°C. The vertical bars represent standard deviation(n=4).

Table 1. The firmness, decay ratio, and coloration between two cultivars sweet peppers classified by maturities under storage condition, packaged with ventilated film and sealed film at 4 and 9.

Cultivar	Maturity	Storage temp.	MAP condition	Firmness (N)		Coloration ²		Decay ratio (%)
				Initial	20days	Initial	20days	
Special	Full	4°C	Ventilated	3.25 b ²	2.45 ab	33.2 a	34.6 a	0
			Sealed		2.50 ab		34.3 a	
	-matured	9°C	Ventilated	2.40 b	33.7 a	33		
			Sealed	2.78 a	33.1 a	33		
		4°C	Ventilated	3.51 a	2.30 b	14.9 b	18.7 c	0
			Sealed		2.73 a	21.4 c	0	
9°C	Ventilated	2.28 b	25.1 bc	10				
	Sealed	2.27 b	29.9 b	10				
Fiesta	Full	4°C	Ventilated	2.70 b	1.71 c	54.4 a	52.4 b	0
			Sealed		2.03 a		57.7 ab	
	-matured	9°C	Ventilated	1.70 c	55.9 b	50		
			Sealed	1.89 b	61.3 a	75		
		4°C	Ventilated	2.95 a	1.65 c	23.9 b	25.9 d	0
			Sealed		1.78 bc	29.7 cd	0	
	9°C	Ventilated	1.78 bc	32.4 cd	50			
		Sealed	1.80 bc	36.1 c	50			

²Color measured by colorimeter, represented numbers that were a' value in 'Special' cultivar and b' value in 'Fiesta' cultivar
³Mean separation within columns of cultivars by Duncan's multiple range test at 5% level.

피망의 권장 CA 조건은 이산화탄소 5%, 산소 10% 인데(Kader, 2002), 본 실험에서 MA저장 중 9°C에서 이산화탄소와 산소 농도는 이 범위에 근접하였다. 원예 작물은 수확 후에도 일정 범위 내에서는 온도가 높을 수록 호흡속도가 증가하는데(Lee, 1996), 이로 인해 9°C 저장한 파프리카 과실이 4°C 저장 과실보다 호흡 속도가 상승하여 포장재내 높은 이산화탄소와 낮은 산소 농도가 조성되었다. 파프리카는 비호흡급등(non-climacteric rise) 과실로(Kader, 2002), 에틸렌 발생량도 비호흡급등과의 특성대로 미숙, 반숙, 완숙과에서 차이를 보이지 않았으며(Kang과 Kim, 2007b), 발생량도 0.3~0.4µl/kg/hr 수준으로 높지 않다(Cantwell, 1998; Hardenberg 등, 1990). 본 실험에서도 미숙과와 완숙과의 포장재내 에틸렌 농도의 차이는 없었으며, 저장 중 농도가 편차는 있었으나 큰 변화 없이 유지되었다. 에틸렌 발생량의 경우도 온도가 높을수록 증가하는데(Kays, 1991), 본 실험에서는 4°C와 9°C에서 차이가 없었으며 오히려 4에서 다소 높은 수준을 보였는데 이는 저온 장애의 증상이라고 생각된다. 많은 작물에서 저온장애가 발생하면 에틸렌 발생량이 증가한다는 보고가 있었다(Kang 등, 1999; Kang 등, 2002;

Kang 등, 2005).

파프리카 과실의 경도는 수확 등 장기 유통 과정에서 중요한 품질 요소의 하나인데, 유공 필름 포장에 비해 무공 필름에서 4°C와 9°C 모두에서 높게 유지되었다. 기존의 보고에서도 파프리카의 경도가 MAP 조건에서 높게 유지 되었다고 하였다(Yang 등, 2004). 저장온도와 포장방법을 무시하고 품종과 성숙 정도별로 경도 감소를 비교해 보면 'Fiesta'의 미숙과가 59.4%로 가장 컸고, 다음으로 'Fiesta'의 완숙과가 67.9% 'Special' 미숙과가 68.1%를 보였고 'Special' 완숙과가 77.9%도 가장 작은 경도 감소를 보였다. 따라서 품종으로는 'Special'이 성숙정도로는 '완숙과'의 경도가 저장 중 높게 유지되었다.

저장 온도별로는 4°C가 67.9%로 68.8%의 감소를 보인 9°C보다 오히려 경도 감소가 컸는데, 일반적으로 저온일수록 저장 중 과실의 경도는 높게 유지되나(Lee, 1996), 저온 장애가 발생하는 작물의 경우 오히려 저온에서 경도 감소가 크다고 한다(Kang 등, 1999; Kang 등, 2002; Kang 등, 2005). 앞에서 언급한 숙기별 경도 감소에서도 미숙과의 경도 감소가 더 컸던 것도 이러한 저온장애 현상으로 설명할 수

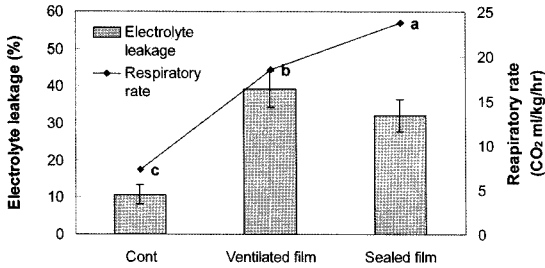


Fig. 3. The electrolyte leakage and respiration rate of matured sweet pepper ('Special') packaged with ventilated film and sealed film at 22°C for 3 days following storage at 4°C for 20 days. The control was not exposed low temperature and at 1 days after harvest. The vertical bars represent standard deviation(n=4).

있는데, 토마토의 경우 미숙과가 완숙과에 비해 저온장해에 더욱 민감한 것으로 알려져 있다(Wang, 1990; Kang 등, 1999). 파프리카는 일반적으로 완숙과 상태로 수확 유통되지만, 여름 작형이나 장기 유통 기간이 요구되는 경우 70% 착색된 반숙과 상태에서 수확 유통되기도 한다. 두 품종의 반숙과의 저온 저장 중 착색정도를 보면, 4°C보다 9°C에서 많이 진전되었으며, 포장 방법에서는 무공처리가 다소 높게 나타났다(Table 1). 이는 무공 포장내 축적된 에틸렌 가스의 효과라고 생각되는데, 파프리카가 비호흡 급등과로 분류되지만 에틸렌 처리에 의해 착색이 유도된다는 보고(Lim 등, 2005)도 있었다. 그러나 두 품종 모두 저장 20일까지 착색이 완전히 진행되지는 못하였는데, 파프리카의 경우 미숙과 상태에서는 착색유도가 원활하지 않은 것으로 생각된다.

저장 20일 후 부패율을 조사한 결과, 4°C에서는 부패가 없었으나, 9°C에서는 'Special'보다 'Fiesta'가, 성숙도에서는 미숙과 보다 완숙과가 높은 부패율을 보였으며, 포장별로는 유의한 차이를 보이지 않았다. 앞에서 포장재내 에틸렌 농도와 과실의 경도에서 저온장해의 영향이 있었을 것이라고 설명하였는데, 실제로 4°C에 20일간 저장하였던 'Special'과실을 수확 후 1일이 지난 저온에 노출되지 않았던 대조구와 비교해 볼 때 호흡속도는 3배, 전해질 용출량은 3.3배 증가하여 4°C 20일 저장에서 저온장해가 발생한 것을 확인할 수 있었다. 호흡속도 증가와 전해질 용출량 증가는 저온장해의 전형적으로 증상으로 알려져 있다(Wang 1991; Kang 등, 2002). 포장방법을 달리한 'Special'의 호흡속도와 전해질 용출량은 유공 필름 처리보다

무공 필름 처리에서 적었는데, 이는 포장내 고이산화탄소와 저산소의 영향이라고 생각된다. Wang 등 (1991)은 저온 장해가 발생하는 원에 작물 중 메론 등은 CA조건에서 저온 장해 증상이 억제된다고 하였다.

적 요

우리나라 수출 작물로 가장 큰 비중을 차지하는 파프리카의 두 품종을 성숙 정도와 저장 조건을 달리하여 저장성을 비교하였다. 국내에서 많이 재배되는 'Special'과 'Fiesta' 두 품종을 수경재배하여 미숙과와 완숙과 상태로 수확한 후 무공 필름과 유공 필름으로 포장하여 4°C와 9°C에 저장하였다. 가장 긴 저장 수명을 보인 저장 조건을 4°C에 포장 내 5%의 이산화탄소와 10%의 산소 농도를 보인 무공처리였다. 무공 처리의 경우 저장온도, 품종, 숙기정도에 관계없이 3~9 μ l/l의 에틸렌 농도를 보였으나 경도와 생체중 유지에 효과적이었으며 유공처리와 비교해서 부패율에도 차이가 크지 않았다. 50% 착색된 반숙과의 과피색은 9°C와 무공 필름 처리에서 많이 착색되었으나, 완숙과 수준까지 진전되지는 못하였다. 4°C에서 20일간 저장한 후 상온에서 3일간 정지한 완숙 'Special'의 저온장해 정도를 전해질 용출량과 호흡 속도로 비교한 결과, 무공필름 포장에서 가장 효과적으로 억제되었다. 따라서 파프리카의 장기 유통 및 저장을 위해서는 적절한 무공 필름 포장과 저온장해가 발생하지 않는 범위의 저장장이 필요하리라 생각된다.

주제어 : 경도, 산소, 에틸렌, 이산화탄소, 전해질 용출량

사 사

본 연구는 농촌진흥청 특화작목컨설팅사업의 현장에
로연구개발과제에 의해 수행되었음.

인 용 문 헌

1. Cantwell, M. 1998. Bell peppers. Fresh produce facts website at <http://postharvest.ucdavis.edu>.
2. Hardenberg, R.E., A.E. Watada, and C.Y. Wang. 1990. The commercial storage of fruits, vegetables and florist and nursery stocks. USDA handbook No. 66.

3. Kader, A.A. 2002. Postharvest technology of horticultural crops. 3rd ed. University of California, Division of Agriculture and Natural Resources. USA.
4. Kang, H.M. and I.S. Kim. 2007a. Comparison of storability of some sprout vegetables in MA storage. *Bio-Environ. Cont.* 16:415-419 (in Korean).
5. Kang, H.M. and I.S. Kim. 2007b. Comparison of post-harvest physiological characteristics and quality of paprika fruit classified by cultivars or maturity. *J. Agr. Sci.* 18: 61-66. *Inst. Agr. Sci., Kangwon Nat'l. Univ* (in Korean).
6. Kang, H.M. and K.W. Park. 1999. Chilling stress alleviation effect of pre-harvest heat treatment during cultivation of mature green tomato at low temperature storage. *J. Kor. Soc. Hort. Sci.* 40:647-651 (in Korean).
7. Kang, H.M., K.W. Park, and M.E. Saltveit. 2002. Elevated growing temperatures during the day improve the postharvest chilling tolerance of greenhouse-grown cucumber (*Cucumis sativus*) fruit. *Postharvest Biology and Technology* 24:49-57.
8. Kang, H.M., K.W. Park, I.S. Kim, and J.H. Won. 2005. Effects of postharvest heat treatment on alleviation chilling injury and improvement storability of oriental melon. *J. Bio. Env. Con.* 14(3): 137-143 (In Korean).
9. Kays, S.J. and R.E. Paull. 2004. *Postharvest biology.* Exon press, Athens. USA.
10. Krajayklang, M., A. Klieber, R.B.H. Wills, and P.R. Dry. 1999. Effects of ethephon on fruit yield, colour and pungency of cayenne and paprika peppers. *Australian Journal of Experimental Agriculture* 39:81-86.
11. Lee, S.K. 1996. *Postharvest physiology of horticultural crops.* Sungkunsu, Suwon. Korea (in Korean).
12. Lim, C.S., J.M. Kim, B.S. Kim, J.L. Cho, S.M. Kang, H.J. Hwang, and C.G. An. 2005. Ethephon and temperature treatment improve the coloration of irregularly colored paprika(*capsicum annum cv.*). *Kor. J. Hort. Sci. Technol.* 23(suppl. 1): 70.
13. SAS. 1985. *SAS/STAT User's Guide,* SAS Institute, Inc., Cary, North Carolina.
14. Yang, Y.J. 2004. Changes in elasticity, firmness, vitamin C, and carbohydrate during controlled atmosphere storage of sweet pepper fruit. *Kor. J. Hort. Sci. Technol.* 22:305-309 (in Korean).
15. Wang, C.Y. 1990. *Chilling injury of horticultural crops.* CRC press, Boca Raton. USA.