

몇 가지 처리가 파프리카 과실의 저온장해에 미치는 영향

최인이^{1,3} · 이용범² · 김일섭¹ · 백준필³ · 강호민^{1,3*}

¹강원대학교 원예학과, ²서울시립대학교 환경원예학과, ³강원대학교 농업생명과학연구원

Effect of Several Treatments on Chilling Injury of Paprika Fruits during Low Temperature Storage

In-Lee Choi^{1,3}, Yong Beom Lee², Il Seop Kim¹, Jun Pill Baek³, and Ho-Min Kang^{1,3*}

¹Dept. of Horticulture, Kangwon Nat'l. Univ., Chuncheon 200-701, Korea

²Dept. of Environmental Horticulture, Univ. of Seoul, Seoul 130-743, Korea

³Agriculture and Life Science Research Institute, Kangwon Nat'l Univ., Chuncheon 200-701, Korea

Abstract. Paprika fruits should be stored and distributed at above 7°C to prevent chilling injury but the small amount of paprika that transports with other horticultural products in refrigerated container by ship usually stored less than 5°C for other products. In this case, paprika fruits cannot help exposing chilling temperature, so that the paprika must be lost marketable value during a long period of transfer. This study was conducted to compare the alleviated effects of high CO₂ treatment (passive MAP), heat (hot water dipping), and UVc treatment on chilling injury of paprika fruits due to low temperature storage, and also to decide if these treatments can be used for transporting under 5°C. After each treatment the paprika were put in the low temperature storage (4°C) for 20 days and afterwards change the in room temperature (20°C) for 5 days. The fresh weight loss of all the treatments except the high CO₂ treatment showed around 7~12% after 25 days of storage and the ethylene concentration showed periodical increases and decreases as around 3 µl/l. The CO₂ concentration was rapidly increased 33% carbon dioxide in high CO₂ treatment during room temperature storage after cold storage for 20 days. The firmness which is key quality characteristics during storage and is decreasing caused by chilling injury was not significantly different among all treatments. However, the firmness of stored paprika was maintained highest in the treated with hot water dipping. Therefore, HWD and UVc treatment that showed 60% of electrolyte leakage in the 4°C control (chilling injury control) and similar level with the 7°C control (non-chilling injury control) would be effective to alleviate chilling injury in the stored paprika.

Additional key words : electrolyte leakage, ethylene, hot water dipping, firmness

서 론

파프리카(*Capsicum annuum* L.)는 호온성작물로 저장 온도가 낮아지게 되면 착색 불균일, 노화촉진, 성숙저하, 과육의 연화 증가, pitting(함몰됨), water-soaking(주름짐) 및 calyx discoloration(꽃받침 변색)등과 같은 저온장해 현상이 흔히 나타난다(Gonzalez-Aguilar, 2000; Purvis, 2002). Salunkhe와 Desai(1984)는 파프리카 수확 후 7°C이하에 저장할 경우 저온 장해를 받고 곰팡이의 2차 감염에 의해 반점성 부패현상을 보인다고 보고하였으며, Lim 등(2005)은 5°C에 파프리카를 저장하였을 때, 8°C와 12°C 저장 처리구에 비해 생체중 감

소는 적었으나, 경도가 낮았고 비상품과의 비율이 높았다고 보고 하였다. 또한 파프리카는 저온에 매우 민감한 작물로서 품종에 따라 0~10°C의 범위 안에서 저온장해 현상이 나타난다(Kader, 2002). 여러 품종의 파프리카를 가지고 저온 감응도를 비교한 결과, 7°C 저장조건에서는 90% 이상의 상품률이 저장 20일까지 유지되었고, 4°C에서는 15일까지 저장 가능하며 저온저장에 의한 water soaking(주름짐)은 4°C에서 가장 많았다고 보고하였다(Hwang 등, 2005). 저온장해 억제에 대한 연구는 고추 UV-C 처리(Ariel 등, 2005), 고추와 파프리카 열수처리(Lim과 Cho, 2009), 애호박, 오이의 고 CO₂ 처리(Lee와 Yang, 2000; Lee와 Yang, 2004) 등이 보고되어 있다.

이에 본 연구는 파프리카를 대상으로 UVc 처리, 열수처리와 고 CO₂ 처리가 저온저장으로 인해 발생하는 저온장해 현상의 억제 효과를 비교하고자 수행하였다.

*Corresponding author: hominkang@kangwon.ac.kr

Received November 8, 2013; Revised November 29, 2013;

Accepted December 5, 2013

재료 및 방법

경상북도 경산 지역에서 재배된 ‘Special(Enza Zaden, The Netherlands)’ 파프리카를 실험재료로 사용하였다. UVc(245nm) 처리구는 조사강도가 15kJ/m²이 될 때까지 UV-C 램프(Spectronics, ENF 240C/FE, USA)를 이용하여 10cm 아래에서 5분간 조사하였고, 열수처리는 shaking heating bath(BS-21, Jeio tech, Korea)에서 55°C 온도로 15초간 담수하였다. UVc와 열수처리(Hot Water Dipping) 된 과실은 미세천공 필름을 사용하여 포장하였고, 고 CO₂ 처리는 MAP(modified atmosphere package)로 실시하였는데, 최근 국내에서 개발된 비천공 필름인 산소투과도가 5,000cc O₂/m²·day·atm인 필름으로 포장하였다. 이상의 3가지 처리구는 모두 4°C에 저장하였다. 고 CO₂ 처리구는 저온 저장중 최고 10%까지 이산화탄소가 자연 증가 하였다. 또한 대조구는 MA 효과를 배제하기 위해 미세천공 필름으로 포장하여 각각 4°C(4°C-Cont.)와 7°C(7°C-Cont.)에 저장하였다. 모든 처리구는 한국산 파프리카 장거리 해상수송 조건(Choi 등, 2011)에 따라 각 온도에서 20일간 저장 후 상온에 5일간 저장하였다. 저장 기간 중 생체중 감소율을 측정하였고, CO₂/O₂ analyzer(CheckMate 9900, PBI Dansensor, Denmark)를 이용하여 필름내 대기조성 조건을 측정하였고, 에틸렌 발생률은 gas chromatography(GC-2010, Shimadzu, Japan)로 측정하였다(Park 등, 2000). 외관상 품질은 5명의 숙련된 패널에 의한 관능평가로 조사하였는데, 1부터 5까지 등급으로 평가하였다. 외관상 품질의 등급은 저장전 가장 좋은 상태를 5, 상품성이 유지한 상태를 3점, 그리고 완전폐기 상태를 1점으로 하였다. 저장 최종일에 호흡속도와 에틸렌 발생률을 측정하였다. 경도는 rheometer(Compac-100II, Sun scientific, Japan)를 이용하여 측정하였다(Arvanitoyannis

등, 2005). 전해질 용출량은 무게 0.7g 내외의 직경 0.7cm 디스크를 만들어 0.4M mannitol (C₆H₁₄O₆)에 침지하여 100rpm에서 3시간 동안 용출시킨 후 EC 측정기(Cyberscan PC 300, Eutech instruments, singapore)로 측정하였고, 총 전해질 용출량을 측정하기 위해 2회의 냉각과 해동 처리 후 측정하였다. 3시간 후 용출량을 총 용출량에 대한 백분율로 표시하였다(Kang과 Park, 1998). 모든 실험은 7반복으로 진행하였으며 통계처리는 Microsoft Excel 2007 program을 이용하여 표준편차로 나타내었다.

결과 및 고찰

저장 중 생체중은 7°C 대조구(비저온장해 처리구)에서 12일 후에 이미 4%까지 감소되었다. 저온장해 발생 온도인 4°C에서 저장한 처리구 중 고 CO₂ 처리구를 제외한 나머지 처리구도 저온 저장 20일 후에 약 3.5~4.0%의 감소율을 나타내었고, 상온으로 이동 직후 급격한 감소를 보였다. 저장 종료일 25일에는 UVc 처리구가 12%까지 감소하여 품질이 크게 저하되었고, 열수처리, 7°C 대조구, 그리고 4°C 대조구가 약 7.0~9.5% 수준의 감소를 보였고, 고 CO₂ 처리구가 가장 낮은 약 0.5%의 감소율을 나타냈다. Kay와 Paull(2004)는 파프리카 생체중 감소 허용범위는 4% 수준으로 보고하였는데, 고 CO₂ 처리구를 제외한 나머지 처리구에서 수분 감소로 인한 품질저하가 나타났던 것으로 판단된다.

관능평가한 외관상 품질은 저온 저장 20일 후 고 CO₂ 처리구에서 가장 높게 유지되었고, 7°C 대조구가 가장 낮았으나, 상온 이동 후 저장 종료일인 25일에는 모든 처리구의 통계적 유의성은 없었다(Fig. 1). 이는 비천공 필름에 저장하였던 고 CO₂ 처리구의 MA 효과인 것으로 판단되는데, Kader(2002)에 의하면 적정저장 온도에

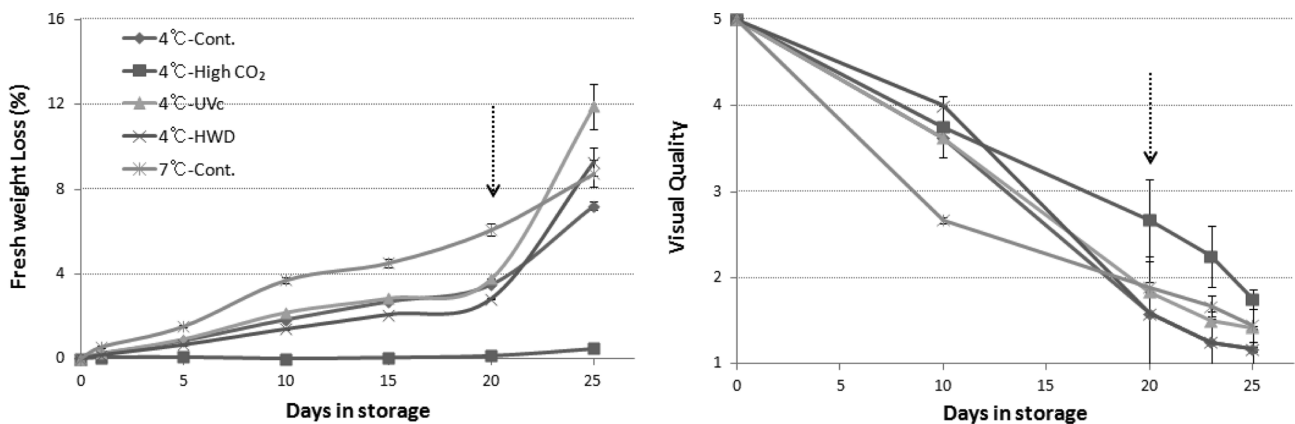


Fig. 1. Change of fresh weight and visual quality of paprika fruits treated five different treatments (4°C/7°C-cont, High CO₂, UVc, and HWD (hot water dipping)) and stored at 4°C and 7°C for 20 days and the transferred at 20°C (arrow) for 5 days for in long-distance export condition. Vertical bars represent ± SD of the means (n = 7).

몇 가지 처리가 파프리카 과실의 저온장해에 미치는 영향

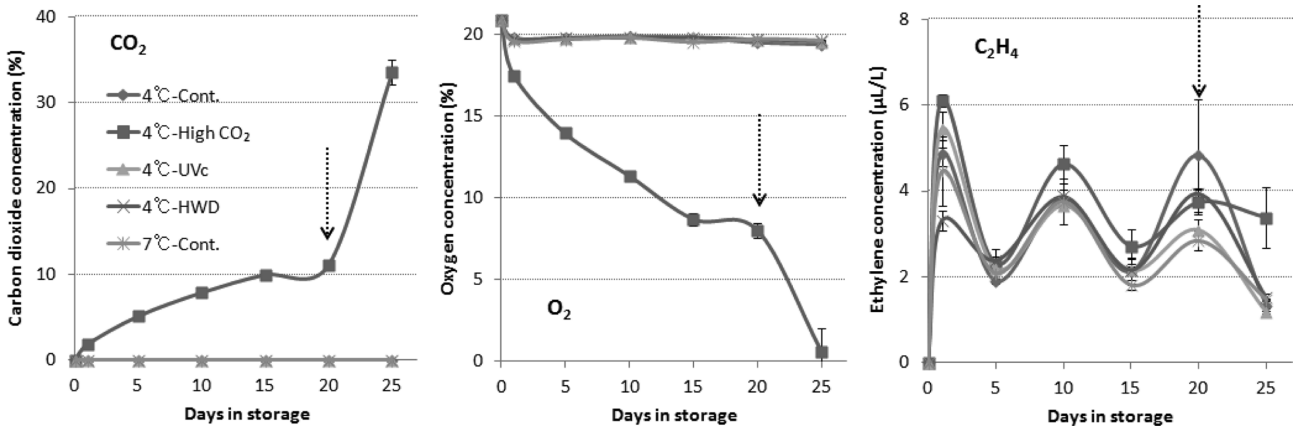


Fig. 2. Change of CO₂, O₂, and C₂H₄ of paprika paprika fruits treated five different treatments (4°C/7°C-cont, High CO₂, UVc, and HWD (hot water dipping)) and stored at 4°C and 7°C for 20 days and the transferred at 20°C (arrow) for 5 days for in long-distance export condition. Vertical bars represent ± SD of the means (n = 7).

서도 MA 저장에서 저장수명이 25% 연장된다고 하였다. 고 CO₂ 처리구의 포장내 이산화탄소 농도는 저온 저장 중에도 꾸준히 높아져 저장 15일에 약 10%를 나타내었고, 상온에 이동 후 급격히 증가하여 저장 종료일인 25일에는 약 33%까지 증가하였다. 이를 제외한 나머지 처리구는 미세친공 필름으로 포장하였기 때문에 1% 미만만을 보였다. 파프리카의 이산화탄소 최대허용범위가 2%, 적정 CA조건도 O₂:2-5%, CO₂:2-5%로 알려져 있어 (Kader, 2002), 저장 15일 후부터는 고 CO₂ 장애가 우려되었다.

에틸렌 농도는 주기적으로 증가와 감소를 반복하며 3 μl/l 내외의 수치를 보였으며, 그 중 저온장해를 입지 않은 7°C 대조구에서 가장 낮게 유지되었고, UVc와 열수 처리구가 이와 비슷한 농도를 나타냈다(Fig. 2).

저온장해 정도의 지표가 되는 이온 용출량의 경우 UVc와 열수 처리에서 4°C 대조구의 60%수준을 보였으

며, 7°C 대조구와 유사한 수준을 보였다. 그러나 고 CO₂ 처리구의 이온 용출량은 4°C 대조구보다 약 1.5배의 높은 수준이었다(Fig. 3). Kang 등(2005)과 Lee와 Yang(2000)은 저온 저장중 저온장해를 받은 미성숙 토마토와 애호박에서 호흡률과 에틸렌 발생률이 증가한다고 보고하였는데, 본 실험에서 호흡률의 경우 열수 처리구가 4°C 대조구의 84%, 에틸렌 발생률은 UVc 처리구가 4°C 대조구의 44% 수준을 나타내어 저온장해 억제 효과가 나타난 것으로 판단된다. 그러나 Lee와 Yang (2000)은 고 CO₂ 처리로 인해 애호박의 저온장해가 억제되었는데, 1.5% 처리가 10% 처리보다 높은 억제 효과를 보였다고 보고하였으며, 이 수준은 적정 MA 및 CA조건과 유사하였다. 그러나 본 연구에서는 고 CO₂ 처리가 파프리카 적정 MA 및 CA조건에 비해 7배나 높아 오히려 고 CO₂ 장애가 발생한 것을 판단된다(Fig. 4, 5). 또한 저장중 주요 품질 특성이면서 동시에 저온장해

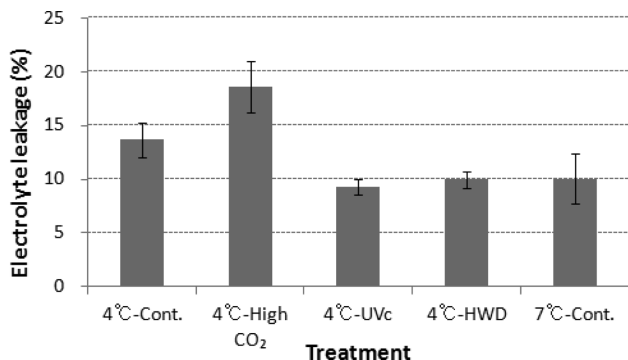


Fig. 3. The electrolyte leakage paprika fruits treated five different treatments (4°C/7°C-cont, High CO₂, UVc, and HWD (hot water dipping)) and stored at 4°C and 7°C for 20 days and the transferred at 20°C for 5 days for in long-distance export condition. Vertical bars represent ± SD of the means (n = 7).

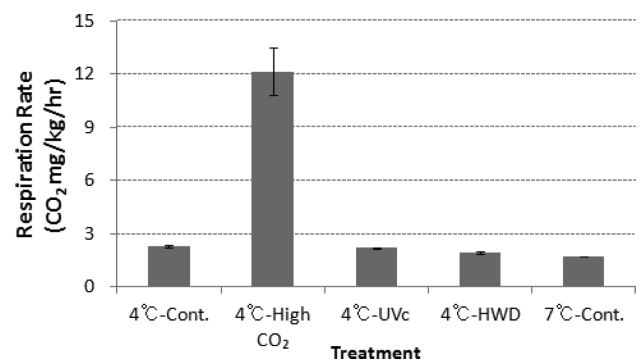


Fig. 4. The respiration rate paprika fruits treated five different treatments (4°C/7°C-cont, High CO₂, UVc, and HWD (hot water dipping)) and stored at 4°C and 7°C for 20 days and the transferred at 20°C for 5 days for in long-distance export condition. Vertical bars represent ± SD of the means (n = 7).

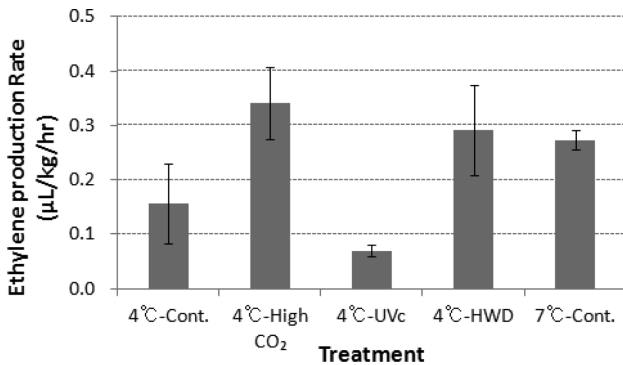


Fig. 5. The ethylene production rate paprika fruits treated five different treatments (4°C/7°C-cont, High CO₂, UVc, and HWD (hot water dipping)) and stored at 4°C and 7°C for 20 days and the transferred at 20°C for 5 days for in long-distance export condition. Vertical bars represent ± SD of the means (n = 7).

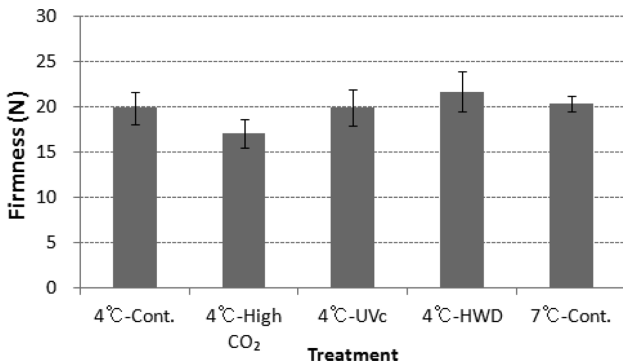


Fig. 6. The firmness paprika fruits treated five different treatments (4°C/7°C-cont, High CO₂, UVc, and HWD (hot water dipping)) and stored at 4°C and 7°C for 20 days and the transferred at 20°C for 5 days for in long-distance export condition. Vertical bars represent ± SD of the means (n = 7).

시 감소하는 경도는 비록 통계적 유의성은 없었으나 고 CO₂ 처리구에서 가장 낮았고 열수처리에서 높게 유지되었다(Fig. 6). 이상의 결과로 보아 파프리카 저온장해 완화에는 이온 용출량이 4°C 대조구의 60% 수준이며, 7°C 대조구와 유사한 수준을 보인 열수처리와 UVc처리가 효과적인 것으로 판단된다.

적 요

본 연구는 UVc 처리, 열수처리와 고 CO₂ 처리가 저온저장으로 인해 발생하는 저온장해 현상에 미치는 영향을 비교하고, 소량으로 다른 작물과 혼합 선적할 때 유지되는 5°C 이하의 저장 유통에 적용할 수 있는지 알아 보기 위해 수행하였다. 각각의 처리 후 20일간 저온저장 후 상온에 5일간 저장하였다. 생체중은 MAP 조건이었던 고 CO₂ 처리구를 제외한 나머지 처리구에서 상온 저

장후 급격히 감소하였으며, 에틸렌은 주기적으로 3% 내외의 수치를 보였다. 고 CO₂ 처리구는 저장 종료일인 25일에는 약 33%의 고 CO₂ 농도를 나타냈다. 저장 최종일에 측정된 경도는 통계적 유의성은 없었으나, 저온장해 현상이 완화되었던 열수처리에서 높았다. 저온장해 정도의 지표가 되는 전해질 용출량은 저온장해 발생 온도인 4°C에서는 고 CO₂ 처리구에서 가장 높았으며, 열수처리와 UVc처리구에서 가장 낮았는데, 비저온장해 대조구(7°C)와 유사한 수준이었다. 또한 저장최종일에 측정된 호흡률에서는 열수처리가 가장 낮아 저온장해가 완화되었음을 알 수 있었다. 이상의 결과로 보아 저온장해 완화 효과를 보인 열수처리와 UVc 처리는 소량으로 다른 작물과 혼합 선적할 때 유지되는 5°C 이하의 저장 유통에 적용할 수 있을 것으로 판단되었다.

추가 주제어 : 경도, 에틸렌, 열수처리, 이온 용출량

사 사

본 연구는 농림수산식품기술기획평가원의 과채류수출사업단 연구과제 지원에 의해 수행되었습니다.

Literature Cited

Ariel, R.V., P. Carlos, L. Laura, M.C. Pedro, A.M. Gustavo, and R.C. Alicia. 2005. UV-C treatments reduce decay, retain quality and alleviate chilling injury in pepper. *Postharvest Biology and Technology* 35:69-78.

Arvanitoyannis, I.S., E.M. Khah, E.C. Christakou, and F.A. Bletsos. 2005. Effect of grafting and modified atmosphere packaging on eggplant quality parameters during storage. *International Journal of Food Science and Technology* 40: 311-322.

Choi, I.L., T.J. Yoo, I.S. Kim, Y.B. Lee, and H.M. Kang. 2011. Effect of non-perforated breathable films on the quality and shelf life of paprika during MA storage in simulated long distance export condition. *Journal of Bio-Environment Control*. 20(2):150-155 (in Korean).

Gonzalez-Aguilar, G.A., L. Gayosso, R. Cruz, J. Fortiz, R. Baez, and C.Y. Wang. 2000. Polyamines induced by hot water treatments reduce chilling injury and decay in pepper fruit. *Postharvest Biol. Technol.* 18:19-26.

Hwang, H.J., C.G. An, J.S. Sim, B.M. Chong, C.W. Rho, G.W. Song, C.S. Lim, J.M. Lim, and J.L. Cho. 2005. Comparison of storage life of several sweet pepper varieties. *Proceeding of Kor. J. Hort. Sci. Technol.* 23:68 (in Korean).

Kader, A.A. 2002. *Postharvest technology of horticultural crops*. 3rd ed. University of California, Division of Agriculture and Natural Resources. USA.

Kang, H.M. and K.W. Park. 1998. Changes in composition of

- free acids in relation to ethylene production during the ripening of tomato fruits. *Kor. Soc. Hort. Sci.* 39:385-390 (in Korean).
- Kang, H.M., I.S. Kim, and K.W. Park. 2005. Relationship of chilling injury and CO₂ production in immature tomato fruit. *Kor. J. Hort. Sci. Technol.* 23:67 (in Korean).
- Kays J. Stanley and Paull E. Robert. 2004. *Postharvest Biology*. Exon Press, Athens, GA.
- Lee, K.A. and Y.J. Yang. 2000. Role of elevated carbon dioxide on postharvest chilling susceptibility in squash (*Cucurbita moschata*). *Kor. J. Hort. Sci. & Technol.* 18(5):691 (in Korean).
- Lee, K.A. and Y.J. Yang. 2004. Effect of methyl jasmonate and elevated carbon dioxide on postharvest chilling susceptibility and quality in cucumber (*Cucumis sativus* L.). *Kor. J. Hort. Sci. Technol.* 22(3):298-301 (in Korean).
- Lim, C.S. and J.L. Cho. 2009. Different Susceptibility of Sweet and Hot Pepper Fruits (*Capsicum Annum* L.) to Surface Pitting during Storage. *Kor. J. Hort. Sci. Technol.* 27(2):244-249.
- Lim, C.S., J.M. Lim, B.S. Kim, S.M. Kang, and J.L. Cho. 2005. Changes in fruit quality of two paprika (*Capsicum annum* L.) cultivars in response to storage temperatures. *J. Kor. Soc. Hort. Sci.* 46:369-374.
- Park, K.W., H.M. Kang, and C.H. Kim. 2000. Comparison of storability on film sources and storage temperature for fresh Japanese mint in MA storage. *J. Bio. Env. Con.* 9(1):40-46 (in Korean).
- Purvis, A.C. 2002. Diphenylamine reduces chilling injury of green bell pepper fruit. *Postharvest Biol. Technol.* 25:41-48.
- Salunkhe, D.K. and B.B. Desai. 1984. *Postharvest biotechnology of vegetables*. Vol. CRC. p. 49-58.