

Active MAP가 파프리카 신선편이 저장성에 미치는 영향

최인이¹ · 유태종¹ · 정현진¹ · 김일섭¹ · 강호민^{1,2*} · 이용범³
¹강원대학교 원예학과, ²강원대학교 농업생명과학연구원, ³서울시립대학교 환경원예학과

Effects of Active Modified Atmosphere Packaging on the Storability of Fresh-cut Paprika

In-Lee Choi¹, Tae-Jong Yoo¹, Hyun-Jin Jung¹, Il Seop Kim¹, Ho Min Kang^{1,2*}, and Yong Beom Lee³

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

²Agriculture and Life Science Research Institute, Kangwon Nat'l Univ., Chuncheon 200-701, Korea

³Dept. of Environmental Horticulture, Univ. of Seoul, Seoul 130-743, Korea

Abstract. The processing techniques are need to use the non-marketable paprika fruit because paprika that is difficult crop for cultivation and produced easily non-marketable fruits, such as physiological disorder fruit, malformed fruit, and small size fruit. This study was carried out to investigate the proper active modified atmosphere packaging (MAP) condition for enhancing the storability of fresh-cut paprika fruit. The fresh-cut paprika (cv 'Score', seminis) put into 7 cm × 0.7 cm size and packed them in 20 g bags. The active MAP and vacuum treated paprika fruits were packaged with LLDPE/Nylon, EVOH, Tie film, and injected partial pressures of CO₂ and O₂, and N₂ in the packages immediately after sealing to treat active MAP. The ratio of CO₂, O₂, and N₂ of active MAP conditions were 0 : 20 : 80 (air), 5 : 5 : 90, 30 : 10 : 60, 10 : 70 : 20 and vacuum treatment did not contain any gas. The passive packaging treated paprika packaged with 40 μm ceramic film. After 7 days of storage at 9°C, the fresh weight decreased less than 2% in all treatments, and showed lower in 5 : 5 : 90 (CO₂ : O₂ : N₂) active-MAP treatment and higher in vacuum treatment than other treatments. The CO₂ and O₂ concentration in packages did not change remarkably in active-MA treatments except 30 : 10 : 60 active-MAP treatment that showed sharply decreased O₂ concentration and increased CO₂ concentration at 1st day of storage at 9°C. The ethylene concentration in package was the highest in 30 : 10 : 60 active-MAP treatment and the lowest in the passive MAP treatment that packaged with gas permeable film during 9°C storage for 7 days. The 30 : 10 : 60 active-MAP treatments were not proper condition to storage fresh-cut paprika. The visual quality was maintained higher in 0 : 20 : 80 (air), 5 : 5 : 90, and 10 : 70 : 20 active MAP treatments and passive MAP treatment than others and the firmness, off-odor, and electrolyte leakage was investigated at 7th day of storage at 9°C. The 5 : 5 : 90 and 10 : 70 : 20 active-MAP treatment showed higher firmness and lower off-odor than other treatments after 7th day of storage at 9°C. In addition, the electrolyte leakage was reduced less than 20% at 0 : 20 : 80 (air), 5 : 5 : 90, 10 : 70 : 20, and passive MA treatments. Therefore, 10 : 70 : 20 (CO₂ : O₂ : N₂) and 0 : 20 : 80 (air) might be recommended for proper active MAP conditions.

Key words : carbon dioxide, ethylene, off-odor, oxygen

서 론

파프리카는 우리나라의 대표적인 수출 작물로 전국적으로 367ha에서 재배되고 있으며, 여름철 고온기 강

원도에서 97ha에 이르는 면적에서 재배되고 있다 (MIFAFF, 2009). 재배환경이 좋지 않은 여름철에는 생리장해과, 기형과, 소과 등을 포함한 비상품과 생산이 증가하여 많게는 생산에 10% 이상을 차지하며 전량 폐기되고 있다. 이에 이들 비상품과를 이용한 가공 처리된 제품 개발이 요구되는 실정이다. 신선편이는 농산물의 편이성을 극대화한 일종의 가공식품으로 근래

*Corresponding author: hominkang@kangwon.ac.kr
Received June 20, 2011; Revised July 18, 2011;
Accepted September 2, 2011

에 들어 수요가 급증하고 있는 소비 제품이다. 신선편이 농산물은 비가공 농산물에 비해 호흡속도, 에틸렌 발생량 등 수확 후 생리활동이 활발하며, 절단면 등을 통한 품질 저하가 빠른 특성이 있다(Kader, 2002). MAP는 내용물에 의해 가스 조성이 형성되는 수동적 MAP와 각 내용물의 MA조건을 인위적으로 형성시키는 능동적 MAP로는 나누어지며(Zagory와 Kader, 1988), 능동적 MAP (Active MA포장)은 CA 저장과 MA 저장방법을 함께 조합한 방식으로 포장지내에 산물을 넣을 때 임의로 조절된 혼합가스를 함께 충전함으로써 호흡 및 에틸렌 억제 효과가 있어 포장에 도입 되고 있는 기술이다. 국내에서도 파프리카에 대한 Active MA(Choi 등, 2010)와 신선편이된 양상추 신선편이의 Active MA(Yun 등, 2003) 포장 효과에 대한 연구가 있었다. 이에 본 실험은 파프리카 신선편이 제품화와 품질 향상을 위해 Active MA 저장 효과를 구명하기 위해 시행되었다.

재료 및 방법

온실에서 2010년 3월에서 2010년 11월까지 온실 코코피트 배지에 유럽채소개발연구센터 표준액(EC 2.0mS·cm⁻¹, pH 5.5)를 정식 전에는 EC 1.5mS·cm⁻¹의 수준으로, 정식 후에는 2.2~2.5mS·cm⁻¹ 수준으로 초세에 맞춰 공급 하여 수경재배된 완숙과 파프리카(score, seminis)를 신선편이로 제조 20g을 14cm × 15cm 규격의 LLDPE/Nylon, EVOH, Tie film과 40µm ceramic film을 이용하여 각각(CO₂:O₂:N₂) 0:20:80%(공기조성), 5:5:90%, 10:70:20%, 30:10:60% 가스로 치환 포장처리, 진공처리, ceramic film으로 포장 처리하여 9°C에서 7일간 저장하였다. 처리구간의 저장기간에 따른 생리특성 및 품질 변화를 조사하기 위해 산소, 이산화탄소, 에틸렌 농도와 생체중 감소 정도 및 이취, 경도를 측정하였고, 저온장해 정도를 조사하기 위해 전해질 용출량을 측정하였다. 생체중 감소는 저장 전 중량에 대한 저장 중 감소 정도를 백분율로 나타내었고, 저장 후 이취 검사는 관능검사로 실시하였는데 숙련된 5명의 패널에 의해 이루어졌다. 또한 포장재내부의 산소, 이산화탄소, 에틸렌농도는 포장재 외부에 처리를 하여 측정 간 가스 누출을 없게 하여 infrared sensor(checkmate,

PBI Dansensor, Demark)와 가스크로마토그래피(GC-2010, Shimadzu, Japan)(Park 등, 2000)로 측정하였다. 전해질 용출량은 0.7g의 시료를 mannitol(C₆H₁₄O₆) 0.4Mm/1L 25ml에 침지하여 3시간동안 용출시킨 후 EC 측정기(Cyberscan PC 300, Eutech instruments, singapore)로 측정 후 2번 냉각하여 다시 측정한 총 전해질 용출량 값에 대한 백분율 하여 측정하였다(Kang과 Park, 1998) 모든 실험은 6반복으로 진행하였으며 Microsoft Excel 2007 program을 사용하여 평균과의 차이를 나타낸 표준 편차를 얻었다.

결과 및 고찰

코코피트 배지에서 수경재배한 파프리카 중 비상품 과를 신선편이로 제조하여 몇 가지 Active MA조건과 진공 및 일반 MA조건 처리 후 저장하여 저장성을 비교 하였다.

LLDPE/Nylon,EVOH,Tie film과 40µm ceramic film으로 포장 Active MA 조건과 MA조건으로 9°C 저장 하였는데, 저장중 생체중 감소는 모두 0.3% 미만이었다. 각 처리구 간 진공처리가 가장 큰 감소를 보였고 특히 1일째에 큰 감소율을 보였다. 5:5:90 처리가 가장 적은 감소율을 보였으며 10:70:20, 30:10:60, 0:20:80, passive MA(ceramic film)포장은 0.1~0.2%에서 지속적인 감소를 보였으며 고농도 산소(CO₂ 10% : O₂ 70% : N 20%) 처리만이 5일째부

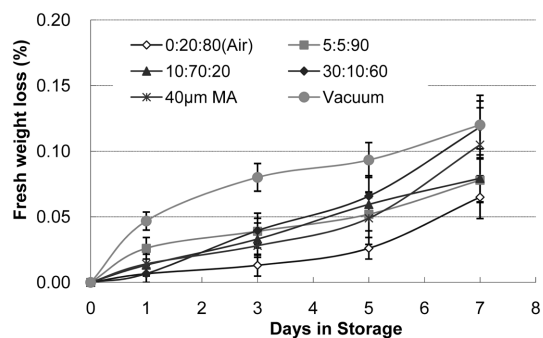


Fig. 1. The change of fresh weight loss of paprika fresh cut stored in active MA conditions (0 : 20 : 80 (air condition: CO₂ : O₂ : N₂), 5 : 5 : 90, 10 : 70 : 20, 30 : 10 : 60), passive MA condition (packed with 40µm ceramic film), and vacuum packing at 9°C. Vertical bars represent ± SE (n = 6).

Active MAP가 파프리카 신선편이 저장성에 미치는 영향

터 생체중이 유지되었다(Fig. 1). 파프리카 과실은 4.0% 이상의 수분손실로도 과피가 주글주글해져 상품성을 잃게 되는데 (Kay와 Paull, 2004), 본 실험에선 0.3% 이하의 생체중 감소를 보여 수분손실로 인한 상품성 손실은 없었던 것으로 판단된다. Active MA 처리에 의한 생체중 감소 지연효과는 토마토 신선편이 저장 실험에서도 보고되었는데, 토마토 신선편의 생체중도 투과성 필름에 비해 수증기로 포화된 MAP조건에서 생체중 감소가 적었다고 하였다(Gil 등, 2002). 산소와 이산화탄소 농도 변화는 0:20:80, 10:70:20

(CO₂:O₂:N₂), 5:5:90, 그리고 passive MA처리 경우 저장중 이산화탄소 농도는 서서히 증가하였고 산소 농도는 서서히 감소하였는데(Fig. 2, 3), 이는 포장재 내 신선편이 파프리카의 자체 호흡에 의한 것이었다 (Kader, 2002).

본 연구에서 포장재내 이산화탄소와 산소 농도가 서서히 변화한 것은 저장 전 예냉으로 신선편이 파프리카의 품온을 낮춰 호흡률을 크게 저하 시켰기 때문이라 생각된다(Kader, 2002). 그러나 30:10:60의 고농

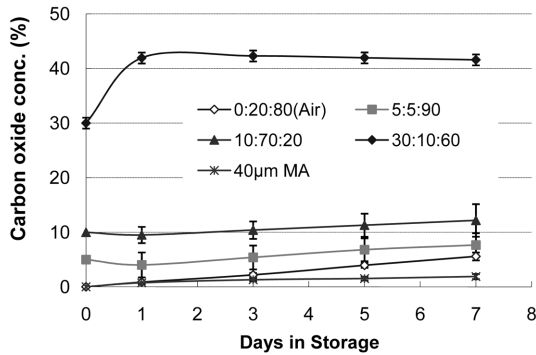


Fig. 2. The change of carbon dioxide concentration of packages with paprika fresh cut stored in active MA conditions (0:20:80 (air condition: CO₂:O₂:N₂), 5:5:90, 10:70:20, 30:10:60), passive MA condition (packed with 40 µm ceramic film), and vacuum packing at 9°C. Vertical bars represent ± SE (n = 6).

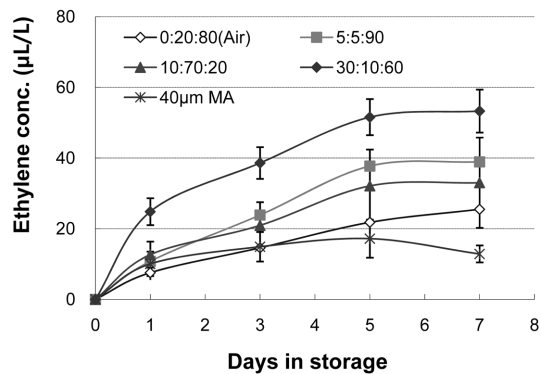


Fig. 4. The change of ethylene concentration of packages with paprika fresh cut stored in active MA conditions (0:20:80 (air condition: CO₂:O₂:N₂), 5:5:90, 10:70:20, 30:10:60), passive MA condition (packed with 40 µm ceramic film), and vacuum packing at 9°C. Vertical bars represent ± SE (n = 6).

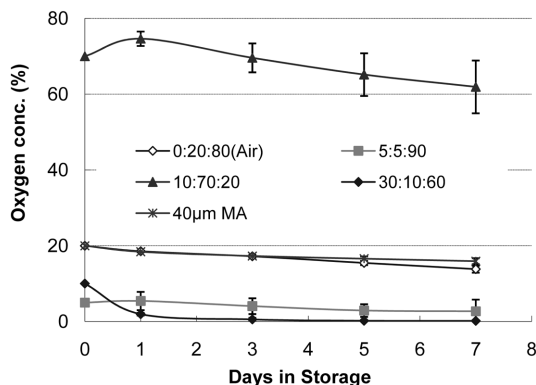


Fig. 3. The change of oxygen concentration of packages with paprika fresh cut stored in active MA conditions ((0:20:80 (air condition: CO₂:O₂:N₂), 5:5:90, 10:70:20, 30:10:60), passive MA condition (packed with 40 µm ceramic film), and vacuum packing at 9°C. Vertical bars represent ± SE (n = 6).

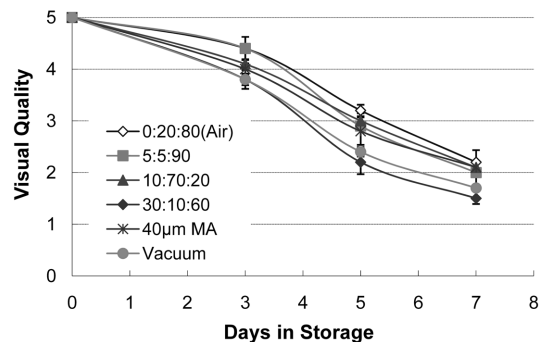


Fig. 5. The change of visual quality of packages with paprika fresh cut stored in active MA conditions (0:20:80 (air condition: CO₂:O₂:N₂), 5:5:90, 10:70:20, 30:10:60), passive MA condition (packed with 40 µm ceramic film), and vacuum packing at 9°C. The score of visual quality was 1: very bad, 2: bad, 3: good and marketable, 4: very good, 5: excellent condition. Vertical bars represent ± SE (n = 6).

도 이산화탄소 처리시에는 1일차에 급격한 이산화탄소 농도 증가와 산소 감소가 발견되는데 이는 15%, 20%의 고이산화탄소 처리시 호흡률이 증가된다는 보고(Wills와 Wimalasiri, 1979)와 일치하였다.

에틸렌 농도는 30:10:60에서 가장 높고, 5:5:90, 10:70:20, 0:20:80의 active MA순서였다. 최종일에 30:10:60 처리와 0:20:80 처리간의 농도 차이는 5배에 달했다. MA 포장은 산물의 호흡 및 포장 필름의 가스 투과율에 의해 저농도 산소 및 고농도 이산화탄소 조건이 형성되어 상품성 연장효과를 가지게 된다는 보고가 있지만(Jacxsens 등, 1999) 고농도 이산화탄소 단기 처리시 호흡량 증가가 가능하다는 보고(Kubo, 1989)도 있다. 본 실험에서 passive MA 포장과 active MA 포장의 포장 film의 차이로 Active MA 고농도 이산화탄소 조건의 에틸렌 농도가 가장 크게 측정된 것이라 판단된다. 특히 본 실험에서 Active MA에 사용한 LLDPE/Nylon, EVOH, Tie film은 가스 투과가 거의 이루어지지 않은 반면, MA 저장에 40 μ m ceramic film은 가스 투과율이 CO₂ 19.96cc/m²·day·atm, 그리고 O₂ 10.16cc/m²·day·atm 였다(Park 등, 1999) 저장 최종일에 경도는 진공포장과 30:10:60 가장 낮았고 0:20:80, 5:5:90, 10:70:20 처리에서 높게 나타났으며 그 중에 처리간의 큰 차이는 없었으며, 10:70:20 처리가 가장 높게 유지되었다(Fig. 6).

외관상 품질 변화는 0:20:80, 5:5:90, 그리고 10:70:20의 active MA와 passive MA에서 높게 유지되었으며, 30:10:60의 고이산화탄소 active MA와 진공

포장 조건에서 낮았는데, 이는 생체중 감소의 역순과 유사한 경향이였다. Guevara 등(2003)도 선인장 열매의 active MA저장에서 생체중 감소가 외관품질과 깊은 연관성을 보고한 바 있다. 또한 이러한 외관상 품질 변화는 포장재내 에틸렌 농도의 역순과도 유사하였는데, 포장재내 고농도 에틸렌이 저장중인 파프리카의 품질 열화를 촉진하였기 때문이라 생각된다. 파프리카는 비록 non-climacteric 과실로 분류되지만(Kader, 2002) 고농도 에틸렌 농도에서는 품질저하가 발생하였을 것으로 판단된다.

이취 발생은 숙련된 패널에 의해 이루어졌는데 0:20:80, 10:70:20, 처리가 이취 발생량이 가장 적게 평가 되었으며 진공, 30:10:60 처리가 이취 발생량이 많았는데 이중 30:10:60 처리가 이취 발생이 가장 많다고 평가 되었다. 이는 이산화탄소 농도가 15% 이상 될 때 호흡과정 중 pyruvate가 TCA Cycle로 연결되지 못하고 알코올 발효화로 아세트알데히드가 증가한다는 보고와(Kays, 1991) 신선편이 양상 추를 20% CO₂ 처리한 결과 이취가 발생했으며 이는 에탄올 및 아세트알데히드 농도의 증가와 관련이 있다는 보고(Mateosa, 1993)와 같이 고농도 CO₂가 이취 발생에 원인이라 생각된다.

고추는 상대적으로 저온에 민감한 작물로서 품종에 따라 0~10°C에서 저온장해 현상이 나타난다(Kader, 1992)고 알려져 있으나, 풋고추를 CA 저장을 하면 4°C에서 저장하여도 저온장해 없이 품질이 유지되었다는 보고 되었다(Yang과 Lee, 1997). 전해질 용출량의 경우 흔히 저온장해의 정도를 파악하기 위해 측정되어 왔으나(Wang, 1990; Kang 등, 2002), 그 수

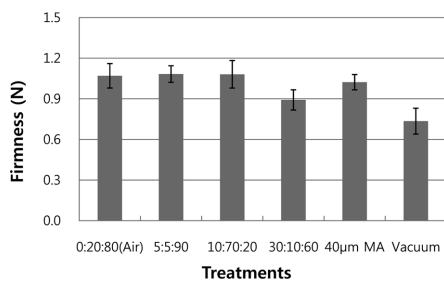


Fig. 6. The firmness of paprika fresh cut stored in active MA conditions (air, 5:5:90 (CO₂:O₂:N₂), 10:70:20, 30:10:60), passive MA condition (packed with 40 μ m ceramic film), and vacuum packing at 9°C for 7 days. Vertical bars represent \pm SE (n = 6).

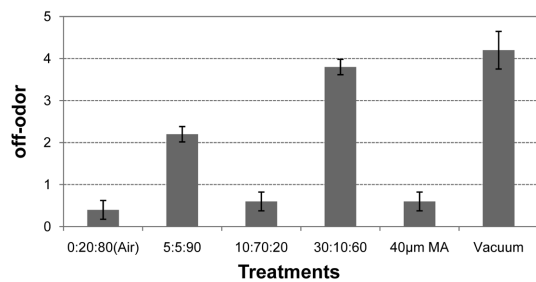


Fig. 7. The off-odor of paprika fresh cut stored in active MA conditions (air, 5:5:90 (CO₂:O₂:N₂), 10:70:20, 30:10:60), passive MA condition (packed with 40 μ m ceramic film), and vacuum packing at 9°C for 7 days. The score of off-odor was 1: none-odor, 2: slight, 3: moderate, 5: strong. Vertical bars represent \pm SD (n = 6).

Active MAP가 파프리카 신선편이 저장성에 미치는 영향

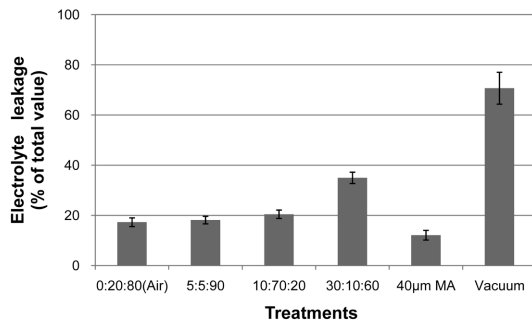


Fig. 8. The electrolyte leakage (% of total value) of paprika fresh cut stored in active MA conditions (air, 5 : 5 : 90 (CO₂ : O₂ : N₂), 10 : 70 : 20, 30 : 10 : 60), passive MA condition (packed with 40 µm ceramic film), and vacuum packing at 9°C for 7 days. Vertical bars represent ± SE (n = 6).

치는 식물 조직의 저장성과 미생물에 대한 안정성을 비교할 수도 있다. Wardowski와 Grierson 등(1973)은 전해질 용출이 많을 경우 세포조직의 손상으로부터 세포질 유동액의 삼출물을 배지로 삼아 병원균이 증식하기 때문에 곰팡이가 발생하게 된다고 보고하였다. 본 연구에서는 저온장해현상을 최소화 할 수 있는 9°C 저장하였기 때문에 저온장해 가능성은 적었는데, 전해질 용출량 정도가 이취와 외관상 품질 저하가 가장 컸던 진공처리와 30 : 10 : 60 처리에서 가장 높게 나타났다.

이상의 결과로 볼 때, 진공처리와 고농도 이산화탄소 처리는 파프리카 신선편이 포장 처리에 적합하지 않으며 Active MA 처리시 10 : 70 : 20(CO₂ : O₂ : N₂)와 0 : 20 : 80이 가장 적합하다고 사료된다. 그러나 passive MA 처리가 이들 active MA처리와 유사한 수준의 이취, 전해질 용출량, 경도, 외관상 품질 변화를 보여 파프리카 신선편이에 있어 active MA 처리 효과는 그리 크지 않음을 알 수 있었다.

사 사

본 연구는 농림수산식품부 농림기술개발사업의 지원에 의해 이루어진 것임.

적 요

파프리카 신선편이 제품화 및 품질과 저장성 향상을 위해 Active MA 조건을 비교 규명 하였다. Active

MA 처리구와 진공처리, 일반 MA 포장 처리를 하였으며 생체중, 산소, 이산화탄소, 에틸렌 농도와 경도, 이취 전해질 누출량을 측정하였다. 생체중은 진공처리가 가장 큰 감소를 보였고 5 : 5 : 90(CO₂ : O₂ : N₂), 가장 낮은 감소 보였으며 다른 처리에서는 처리간의 큰 차이를 보이지 않았다. 산소, 이산화 탄소, 에틸렌 농도 변화는 30 : 10 : 60(CO₂ : O₂ : N₂) 처리가 산소 감소율과 이산화 탄소 증가율이 가장 크게 측정되었으며 그 외 처리는 감소율과 증가율에서 특별한 특징을 나타내지는 않았다. 에틸렌 농도는 30 : 10 : 60 처리 조건이 가장 크게 측정 되었으며 MA 조건이 가장 적은 농도로 측정 되었다. 경도는 진공처리 조건이 가장 낮게 측정되었으며 이취의 경우 30 : 10 : 60 처리 조건과 진공 포장 처리구의 이취 발생량이 가장 많은 것으로 평가 되었다. 전해질 용출량은 진공조건 처리가 70%로 가장 많았고 30 : 10 : 60 처리가 35%로 Active MA 조건에서 가장 많은 누출을 보였다. 이상의 결과로 볼 때, 진공처리와 고농도 이산화탄소 처리는 파프리카 신선편이 포장 처리에 적합하지 않으며 Active MA 처리시 10 : 70 : 20(CO₂ : O₂ : N₂)와 0 : 20 : 80이 가장 적합하다고 사료된다.

주제어 : 산소, 에틸렌, 이산화탄소, 이취

인 용 문 헌

1. Choi, J.W., H.E. Lee, W.M. Lee, M.A. Cho, and Y.P. Hon. 2010. Effect of MA and Active MA on the quality Maintenance of Bell Pepper during Cold Storage. *Kor. J. Hort. Sci. Technol.* 28(SUPPL. 1):74-75.
2. Gil, M.I., M.A. Conesa, and F. Arte's. 2002. Quality changes in fresh cut tomato as affected by modified atmosphere packaging. *Postharvest Biology and Technology* 25:199-207.
3. Guevara, J.C., E.M. Yahia, E. Brito de la Fuente, and S.P. Biserka. 2003. Effects of elevated concentrations of CO₂ in modified atmosphere packaging on the quality of prickly pear cactus stems (*Opuntia* spp.). *Postharvest Biology and Technology* 29:167-176
4. Jaxsens, L., F. Devlieghere, and J. Debever. 1999. Spoilage and safety of fresh-cut vegetables packaged under equilibrium modified atmosphere: A case study of mixed lettuce followed through the distribution chain. *MEDEDELINGEN- FACULTE IT LANDBOUWKUNDIGE EN TOEGEPASTE BIOLOGISCHE WETENSCHAPPEN* 64:493-498.

5. Kader, A.A. 1992. Postharvest technology of horticultural crops. Univ. of California, CA, USA.
6. Kader, A.A. 2002. Postharvest technology of horticultural crops. 3rd edition. University of California, Division of Agriculture and Natural Resources. USA.
7. 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.
8. 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.
9. Kays J. Stanley and Paull E. Robert. 2004. Postharvest Biology. Exon Press, Athens, GA.
10. Kays, S.J. 1991. Extension physiology of perishable plant products AVI publishing. New York.
11. Kubo, Y., A. India, and R Nakamura. 1989. Effects of high CO₂ on respiration in various horticultural crops. J. Jaoan. Soc. Hort. Sci. 58:731-736.
12. Mateosa, M., D. Kea, M. Cantwillb, and A.A. Kadera. 1993. Phenolic metabolism and ethanolic fermentation of intact and cut lettuce exposed to CO₂-enriched atmospheres. Postharvest Biol. Technol. 3:225-233.
13. MIFAFF (minister for food, agriculture, forestry and fisheries) 2009. 2008 Status of protected vegetables and production of vegetables in Korea <http://ebook.maf.go.kr/17628>.
14. Park, K.W., H.M. Kang, D.M. Kim, and H.W. Park. 1999. Effects of the packaging films and storage temperature on modified atmosphere storage of ripe tomato. J. Kor. Soc. Hort. Sci. 40:643-646 (in Korean).
15. 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. 9:40-46 (in Korean).
16. Yang, Y.J. and K.A. Lee. 1997. Physiological characteristics of chilling and CA effect on its reduction during cold storage of pepper fruit. J. Kor. Soc. Hort. Sci. 38:478-482.
17. Wang, C.Y. 1990. Chilling injury of horticultural crops. CRC press, Boca Raton. USA.
18. Wardowski, W.F., W. Grierson, and G.J. Edwards. 1973. Chilling injury of stored limes and grapefruit as affected by differentially permeable packaging films. HortScience 8:173-175.
19. Wills, R.B.H. and P. Wimaladiri. 1979. Short pre-storage exposures to high carbon dioxide of low oxygen atmospheres for the storage of some vegetables. Hort-science 14:528-530.
20. Yun, I.J., M.Y. Lee, D.S. Chung, and C.S. Jeong. 2003. Effects of MA Active Packaging for shelf-life of Fresh-cut Head Lettuce. Kor. J. Hort. Sci. Technol. 21 (SUPPL. II):56.
21. Zagory, D. and A.A. Kader. 1988. Modified atmosphere packaging of fresh produce. Food Technol. 42:70-77.