

비천공 Breathable 필름이 장거리 모의 수출 조건에서 파프리카의 MA 저장중 품질과 저장수명에 미치는 영향

최인이¹ · 유태종¹ · 김일섭¹ · 이용범² · 강호민^{1,3*}

¹강원대학교 원예학과, ²서울시립대학교 환경원예학과, ³강원대학교 농업생명과학연구원

Effect of Non-Perforated Breathable Films on the Quality and Shelf Life of Paprika during MA Storage in Simulated Long Distance Export Condition

In-Lee Choi¹, Tae-Jong Yoo¹, Il Seop Kim¹, Yong Beom Lee², 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. The aim of this study was investigated long distance export condition of paprika from Korea to Canada, and evaluated the effect of non-perforated breathable films on the storability of paprika during MA storage in the simulated long distance export condition. The long distance export condition of paprika from Korea to Canada was $7 \pm 1^\circ\text{C}$ and RH 90% during shipping for 20 days, and then the temperature of that was increased to 13°C for 3 hours during transferring from refrigerated container to storage room in Canada, and decreased $3\sim 4^\circ\text{C}$ for 3 days before distributing to local markets. The temperature and relative humidity of local markets was 16°C and 60%, respectively. The packing material treatments were non-packing, as control, perforated film (6 mm diameter hole, 18 holes/m²), and 3 kind of laser treated non-perforated films (oxygen transmission rate was 5,000, 20,000 and 100,000 cc/m² · day · atm). Under the simulated long distance export condition; 7°C and RH 90% for 15 days and then 20°C and RH 55% for 7 days, the fresh weight loss of paprika was less than 1% in 3 kind of laser treated non-perforated film treatments but was more than 4% in control and perforated film treatment that showed severe deterioration of visual quality after 20 days of storage. The atmosphere of paprika packages was changed 5% oxygen and 15% carbon dioxide in 5,000 cc/m² · day · atm treatment, and 16% oxygen and 4~5% carbon dioxide in 20,000 cc/m² · day · atm treatment during room temperature storage after cold storage for 15 days. A carbon dioxide concentration of these 2 treatments was exceeded the optimal MA and CA condition. There was no significant difference in ethylene concentration among 3 kind of laser treated non-perforated film treatments. A paprika packed with 100,000 cc/m² · day · atm non-perforated film showed the highest visual quality under the simulated long distance export condition. However, the firmness and soluble solids did not show any significant difference among 3 kind of laser treated non-perforated film treatments. Therefore, we may suggest that 100,000 cc/m² · day · atm laser treated non-perforated film was the proper film for MAP of paprika under long distance export condition that was $7 \pm 1^\circ\text{C}$ and RH 90% for 15 days, and then 20°C and RH 55% for 7 days.

Key words : carbon dioxide, MAP, oxygen, oxygen transmission rate

*Corresponding author: hominkang@kangwon.ac.kr
Received June 10, 2011; Revised June 16, 2011;
Accepted June 20, 2011

서 언

파프리카는 우리나라의 대표적인 수출 작물로서 전국적으로 367ha에서 재배되고 있는데(MIFFAFF, 2009) 일본이 수출량의 99%를 차지하여 수출이 한 국가에 편중된 모습을 보이고 있다. 하지만 현재 수출 대상국인 일본의 경제와 소비심리, 농산물 허용 기준변화, 수입국의 다변화 등 일본의 국내 사정에 따라 수출이 영향을 받아 보다 안정적인 파프리카의 수출을 위해 새로운 수출국의 확보가 필요하다. 현재 일정물량 이상의 파프리카 소비가 있는 국가는 유럽과 북미의 캐나다, 미국 그리고 호주 등이 있으나 이들 국가까지의 선박수송기간은 10일 이상이며, 도착 이후 유통까지 고려하면 최소 20일이 넘는 수송 및 저장 유통이 요구된다. 기존에 캐나다를 대상으로 한 모의 수송 실험에서도 기상 등 항만 상황 때문에 지연되어 캐나다까지 수송에 23일 이상 소요되었다고 하였다(Hong 등, 2007). 기존에 유통조건이나 수송 및 유통관리에 따라 원예산물의 저장성이 달라진다는 보고는 많았다(Kang과 Park, 1998; Kang 등, 2009). 파프리카의 MA저장에 관한 연구도 많았는데, 대부분 20일 이하의 저장 수명을 보고하였다(Choi 등, 2008; Choi 등, 2010).

가스 투과도를 달리한 포장재의 파프리카 저장성에 미치는 영향에 대한 보고가 있었으나 장거리 수출조건을 고려한 온도처리 없이 8°C의 항온조건에서 실험한 결과였다(Choi 등, 2010). 기존에는 MAP의 포장재에 투과도를 높이기 위해 미세천공처리를 주로 실시하다가 미국, 일본 등지에서 가열한 미세침(Blakistone, 1998)이나, CO₂, laser(Zeng 등, 2002) 등을 이용한 미세천공 breathable 필름이 다양한 제품의 포장재로 개발되어 상용화 되고 있다. 최근에는 국내에서 femtosecond laser 를 비천공 breathable 필름이 개발되어 농산물 MAP 포장재에 새로운 접근을 가능하게 하고 있다(Sohn 등, 2008). 이에 본 연구는 파프리카의 수출 다변화를 위해 요구되는 장거리 장기 유통에 따른 품질 저하를 줄이기 위한 MAP에 적용할 수 있는 적합한 레이저 가공 비천공 필름 선발을 위해 실시하였다.

재료 및 방법

캐나다 실제 유통 조건을 파악하기 위해 전북 김제

생산한 파프리카가 수출 냉장 컨테이너(20ft)에 상차될 때 포장 상자 내부에 온습도 자동 기록계를 넣어 수출농장에서 부산항을 거쳐 캐나다 밴쿠버 현지 판매 시장의 수송 및 유통 기간중 온습도 변화를 측정하였다. 이렇게 측정된 수송 중 온도와 습도의 기록을 기초로 하여 플라스틱 온실 압면배지에서 수경 재배된 파프리카 붉은색 계통인 ‘Magnifico’(Syngenta)품종을 수확 후 저온상태에서 실험실로 옮겨 품온을 10°C 이하로 낮춘 후 실험에 사용하였다. 포장 처리는 비포장 대조구와 실제 이용되고 있는 유공 필름(50µm 두께의 PP film을 20×24cm 크기로 잘라 6mm 직경의 구멍이 18holes/m²로 뚫어 제작), 그리고 femtosecond laser로 가공한 비천공 필름 3가지(50µm 두께의 PP film을 20×24cm 크기로 잘라 산소 투과도가 5,000과 20,000 그리고 100,000cc/m²·day·atm로 제작)로 하였다. 필름 종류별 저장성 비교 실험은 캐나다로 장거리 수송시 선박에서의 15일간과 도착 후 유통 과정인 7일의 조건을 맞춰 7°C와 상대습도 80~90%에서 15일간 저장, 상온(20°C)과 상대습도 55%에서 7일 간 저장하여 총 22일 동안 실시하였다. 저장중 생체중 감소 정도와 외관상 품질을 조사하였으며 포장재내부의 이산화탄소와 산소가스 농도를 측정하기 위해 포장재 외부에 실리콘을 접촉시켜 측정기의 바늘을 수차례 관통하여도 가스누출이 없게 처리한 후 infrared sensor (checkmate, PMB, Demark)로 측정하였다(Kang과 Kim, 2007). 저장 최종일에 포장재 내부의 에틸렌가스 농도는 gas chromatography(GC-2010, Shimadzu, Japan) (Park 등, 2000)로 측정하였고, 외관 품질은 관능검사로 조사하였는데 숙련된 5명의 연구원이 1부터 5까지의 등급으로 평가하였다. 외관품질의 등급은 저장전 가장 좋은 상태를 5점, 상품성이 유지한 상태를 3점, 완전 폐기 상태를 1점으로 하였다. 모든 실험은 4반복 이상으로 진행되었으며 통계처리는 분석치의 평균값에 대해 Microsoft Excel 2002 program을 이용하여 계산한 표준편차를 표시하거나, SPSS(IBM SPSS Statistics version 19) program을 이용하여 각 처리간의 유의성을 Duncan의 다중 범위 검증을 5% 수준에서 실시하였다.

결과 및 고찰

우리나라 농가에서 캐나다 밴쿠버 현지 시장까지 총

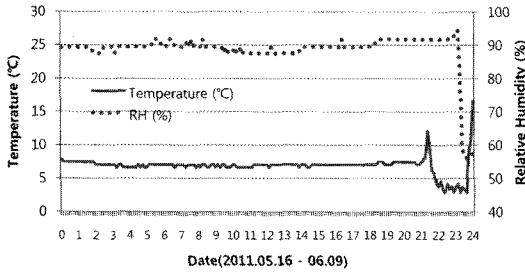


Fig. 1. Environment of inside container (20 ft) of exporting Paprika from Korea to Canada by shipment (for 20 days) and Canada domestic distribution (from 21 to 24 days).

유통기간은 23일이었는데, 부산항에서 출항이 지연되어 수확 후 4일째 선박수송이 시작되었다. 밴쿠버항까지 소요일수는 총 14일이었으나, 밴쿠버항에 주말에 도착하여 2일이 지체 되었다. 밴쿠버항에서 통관수속은 하루만에 진행되었으나, 밴쿠버 시장에 유통될 때까지 2일 동안 저장창고에 보관되었다. 유통기간중 온도와 습도변화를 살펴보면, 냉장컨테이너에 상차한 이후 통관까지 설정온도에서 크게 벗어나지 않고 7°C에 있었고, 상대습도는 90% 였다. 그러나 냉장컨테이너에서 현지 저장창고로 하차하는 3시간 동안 13°C까지 상승하였는데, 이때 상온에 노출되었던 것으로 생각된다. 이후 현지 저장창고에 입고되었는데, 저장창고의 온도가 4°C로 설정되어 파프리카 포장 상자 내부 온도는 3~4°C로 유지되었다(Fig. 1). 이후 밴쿠버 소비시장에서 판매되었는데, 대부분이 상온에 50 ± 10%의 상대습도 조건이었다. 이상의 실제 파프리카의 캐나다 선박수송 이후 현장에서 조사한 파프리카의 경도변화는 저장 전의 80% 수준을 보였으며, 부패율은 5% 수준이었다(자료 제시 없음). 부패의 경우는 수송 중 다른과실의 과정에 의해 발생한 암상부위와 과정 절단부위에 *Botrytis cinerea*로 보이는 곰팡이 발생이 대부분이었다(Snowdon, 1991). 수출업체에 의하면 이번과 같이 특별한 출항지연이 없으면 냉장컨테이너 상차 후 13일이면 밴쿠버항에 도착하며 통관이 간단하여 1~2일이면 현지에서 판매가 가능하다고 한다. 이에 수출조건에 따른 MA저장 실험은 15일의 저온(7°C)저장 후 상온에서 7일간 저장하는 조건에서 실시하였다.

저장 중 생체중은 대조구의 경우 7°C에서 15일후에 이미 4%까지 감소되었고, 현재 유통업체에서 많이 사용하고 있는 유공필름처리도 22일 저장 후(상온 7일

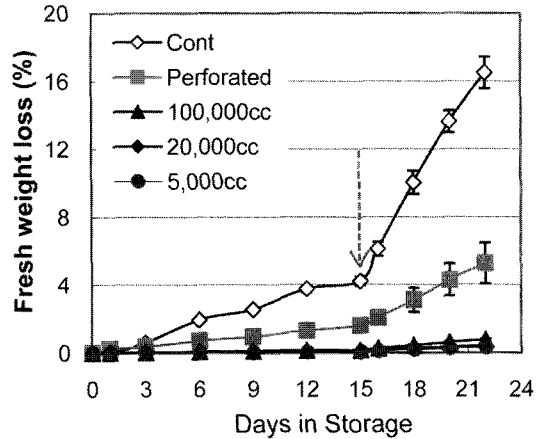


Fig. 2. Changes of fresh weight of paprika packaged perforated film and non-perforated breathable films (100,000, 20,000, 5,000 cc/m²/day) in long-distance export condition and stored at 7°C for 15 days and then transferred at 20°C (arrow) for 7 days.

후에는 6%까지 감소하여 품질이 크게 저하되었다. 그러나 비천공 필름의 경우 상온 노출 후에도 1%수준의 감소만을 보였다(Fig. 2). 파프리카의 생체중 감소 허용범위는 4% 수준으로 대조구와 유공필름에서는 수분 감소로 인한 품질 저하가 나타났던 것으로 판단되었다(Kays와 Paull, 2004).

비천공필름 처리에서만 측정된 산소와 이산화탄소 농도는 100,000와 20,000cc/m²·day·atm에서 소폭의 차이로 비슷한 형태의 변화를 보였고 5,000cc/m²·day·atm의 경우 산소 농도와 이산화 탄소 농도는 두 필름에 비해 큰 폭의 감소와 증가를 보였다(Fig. 3). 기존의 연구에서도 10,000cc/m²·day·atm의 투과도를 가진 필름의 경우 8°C 저장에서 18~19% 산소와 1% 이하의 이산화탄소 농도를 보였다고 하였다(Choi 등, 2010).

파프리카의 산소 최저 허용 농도는 3%이고 이산화탄소 최고 허용 농도는 2%로 보고되었는데(Kader, 2002), 본 실험에서 산소농도는 모든 필름처리에서 이 범위 이상으로 저산소의 피해는 없었으나, 이산화탄소의 경우 5,000cc/m²·day·atm 비천공필름처리하는 7°C 저장 1일 후부터 3% 이상을 보였으며, 20,000cc/m²·day·atm 비천공필름도 저장 16일째, 상온 이동 1일째 4% 이상의 농도를 보였다. 고이산화탄소의 피해는 조직내 acetaldehyde 축적과 이취 발생이 이외에도

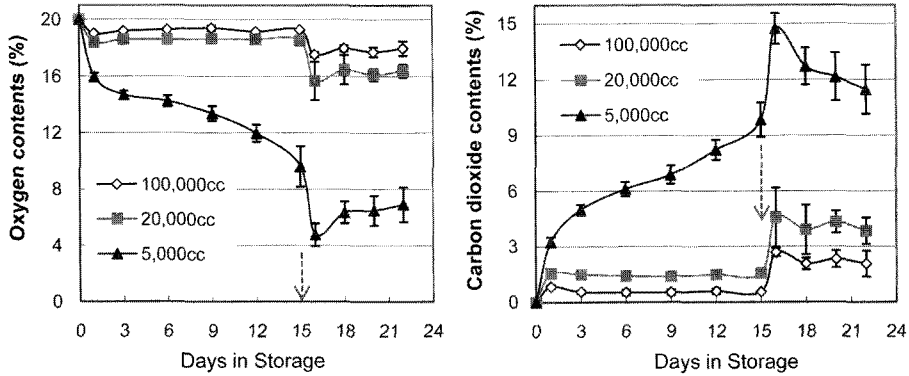


Fig. 3. Changes of Oxygen and Carbon dioxide of paprika packaged non-perforated breathable films (100,000, 20,000, 5,000 cc/m²/day) in long-distance export condition and stored at 7°C for 15 days and then transferred at 20°C (arrow) for 7 days.

작물별로 다양한 생리장해가 보고되었는데, bell pepper는 내부 갈변이 발생하는 것으로 알려졌다(Kays와 Paull, 2004). 본 실험에서는 5,000cc/m²·day·atm 비천공필름처리에서는 과피의 일부가 함몰되기도 하였다.

에틸렌의 경우 필름 모두 저장기간 동안 증가 후 감소하는 형태 15일까지 반복하여 보이는데 15일 상온 노출 후 급격히 증가하였다 감소하는 형태를 보였다. 그러나 이산화탄소나 산소와는 달리 포장내 에틸렌 가스 농도는 필름 종류별로 큰 차이를 보이지 않았다(Fig. 4). 에틸렌은 식물의 성숙 및 노화 촉진 호르몬으로 엽록소 및 경도 감소 등을 유발하거나 가

속화시켜 제거 대상이다(Kader, 1980; Watada, 1986). 그러나 파프리카는 에틸렌 발생량이 0.1~1.0µL/kg·hr 로 낮은 수준이며 에틸렌에 대한 반응이 적은 non-climacteric 형 과실인 관계로(Kader, 2002) 에틸렌에 의한 특별한 품질 저하는 보고되지 않고 있다. 본 실험에서도 에틸렌 농도가 높았던 처리구에서 경도나 당도 등의 특별한 품질 변화가 나타나지 않았다(Table 1).

저장기간 동안의 외관 품질은 생체중 감소가 컸던 대조구와 유공처리구에서 크게 저하되었고, 상온 이동 후 12% 이상의 이산화탄소농도를 보인 5,000cc/

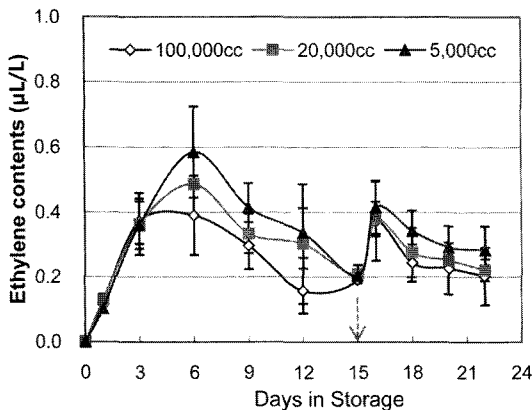


Fig. 4. Changes of Ethylene of paprika packaged non-perforated breathable films (100,000, 20,000, 5,000 cc/m²/day) in long-distance export condition and stored at 7°C for 15 days and then transferred at 20°C (arrow) for 7 days.

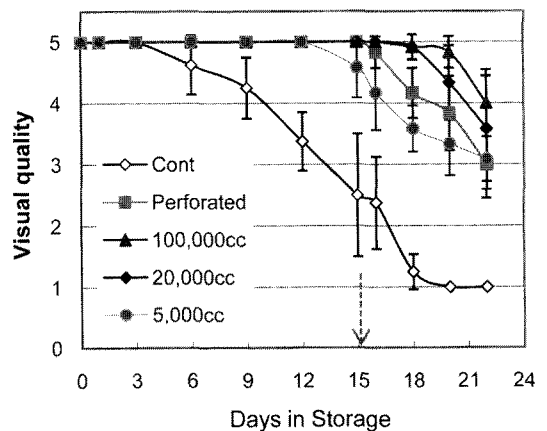


Fig. 5. Changes of visual quality of paprika packaged perforated film and non-perforated breathable films (100,000, 20,000, 5,000 cc/m²/day) in long-distance export condition and stored at 7°C for 15 days and then transferred at 20°C (arrow) for 7 days. Visual quality was evaluated on a 1~5 scale (1 = worst, 3 = moderate, 5 = excellent).

Table 1. The firmness, soluble solide content, and incidence rate of fungi of paprika packaged 4 different films and stored at 7°C for 15 day and then transferred at 20°C for 7 days.

	Firmness (N)	Soluble solids (°Brix)	Incidence rate of fungi (%)
Initial	0.98a ²	8.33a	-
Cont	0.23c	7.57b	0
Perforated	0.62b	6.65c	41.7
100,000 cc	0.98a	6.62c	66.7
20,000 cc	1.03a	6.15c	33.3
5,000 cc	0.95a	6.30c	41.7

²Mean separation within columns by DMRT at 5%.

m² · day · atm의 비천공필름처리하는 과피의 일부가 함몰되는 등 품질저하가 컸다(Fig. 5). 저장 최종일에 측정된 경도는 초기값에 비해 대조구와 유공처리구에서 낮았으며 3가지 비천공필름처리구는 초기값과 차이를 보이지 않았다. 당도는 저장 후 모든 처리구가 감소하였는데 필름 처리구간 차이에 유의성이 없었으며, 오히려 비포장한 대조구에서 높게 유지되었는데 이는 과도한 수분손실에 의한 희석효과인 것으로 판단된다(Park, 1983). 곰팡이는 과피에서는 발생하지 않았고 주로 과경 절단부에서만 발견되었다(Table 1). 또한 실제 캐나다 수출과정에서 23일 경과후에 곰팡이 발생으로 나타난 부패율이 5%을 보인 반면 모의유통조건의 경우 33~67%에서 곰팡이가 발생되어 살균 세척 등의 예방연구가 필요하리라 판단되었다.

이상의 결과로 보아 유통과정이 완벽한 cold chain이 유지될 경우 산소투과도 20,000cc/m² · day · atm의 필름이 낮은 곰팡이 발생과 높은 경도 그리고 2%의 이산화탄소 농도를 보여 파프리카 장기 유통에 적합한 MA포장재로 보여졌다. 그러나 본 연구에서 현지 유통과정처럼 상온 노출이 있는 장거리 수출에서는 생체중 유지, 경도, 외관상 품질 등에서 우수하고, 이산화탄소가 적정 수준으로 유지될 수 있는 100,000cc/m² · day · atm 이하의 산소투과성을 가진 필름이 파프리카 장거리 해상 수송용 MA포장재로 적합한 것으로 판단되었다.

적 요

캐나다까지 장거리 수출조건은 선적 후 통관까지 20일 동안은 7 ± 1°C와 90% 상대습도가 유지되었고, 이

후 저장창고 이송전에 3시간만에 13°C까지 상승한 후 저장창고 이송후 3일간 3~4°C와 90% 상대습도를 나타내었다. 이 후 상온조건의 판매소에서는 16°C에 60% 이하의 상대습도를 나타내었다. 이상의 유통조건을 기초로 7°C, 90% 상대습도에서 15일간 저장한 후 20°C, 55% 상대습도에서 7일간 저장하는 조건에서 MA저장 실험을 실시하였다. 포장방법에는 무처리와 기존의 유공포장(6mm 직경의 구멍이 18holes/m²) 그리고 레이저로 가공한 3가지 비천공 필름 (산소 투과도 5,000과 20,000 그리고 100,000cc/m² · day · atm)로 하였다 저장 중 생체중 감소는 3가지 비천공 필름처리구에서는 1% 이하였으나, 유공처리과 무처리는 4% 이상으로 품질 저하가 나타났다. 상온으로 이동한 저장 15일 후 포장재내 대기조성이 5,000cc/m² · day · atm 비천공필름처리하는 산소 5%, 이산화탄소 15%를 나타내었고, 20,000cc/m² · day · atm 비천공필름처리하는 산소 16%, 이산화탄소 4~5%를 나타내어, 이들처리에서는 이산화탄소 농도가 파프리카의 적정 범위를 상회하였다. 포장재내 에틸렌 농도는 처리간 큰차이가 없었다. 저장 중 외관상 품질은 이산화탄소 농도가 적절하게 유지되었던 100,000cc/m² · day · atm 비천공필름처리에서 가장 높게 유지되었으며, 경도와 당도는 비천공 필름간 차이에 통계적 유의성은 없었다. 이상의 결과로 보아 20일 이상의 장기 유통 중 판매가 상온에서 이루어질 경우 포장내 이산화탄소 농도가 3% 이하로 유지될 수 있는 100,000cc/m² · day · atm의 통기성을 가진 포장재가 파프리카 MAP에 적합하다고 사료된다.

주제어 : 산소, 산소 투과도, 이산화탄소, MAP

사 사

이 논문은 2011년 농림수산물부(농림수산물기술평가원)의 과제유수출사업단 과제의 일환으로 지원으로 수행되었습니다.

인 용 문 헌

1. Blakistone, B.A. 1998. Principles and applications of modified atmosphere packaging of foods. An aspen publication. New York, USA.
2. Choi I.L., I.S. Kim, and H.M. Kang. 2008. Influence

- of maturity of fruit and storage condition on the storability of sweet pepper in MA storage. *J. Bio-Environ. Cont.* 17:319-324(in Korean).
3. 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(in Korean).
 4. Hong, Y.P., M.A. Cho, and D.H. Pae. 2007. Studies on quality control and monitoring during shipment exporting for expanded export of Paprika. *Kor. J. Hort. Sci. Technol.* 25 (SUPPL. 1): 48.
 5. Kader, A.A. 1980. Prevention for ripening in fruits by use of controlled atmospheres. *Food Technol.* 34:51-54.
 6. Kader, A.A. 2002. Postharvest technology of horticultural crops. 3rd ed. University of California, Division of Agriculture and Natural Resources. USA.
 7. Kang, H.M., I.L. Choi, and I.S. Kim. 2009. Comparison of storability of radish sprouts according to simulated distribution temperature conditions. *Journal of Bio-Environment Control.* 18(2):166-170.
 8. Kang, H.M. and I.S. Kim. 2007. Comparison of storability of some sprout vegetables in MA storage. *J. Bio-Environ. Cont.* 16:415-419(in Korean).
 9. Kang, H.M. and K.W. Park. 1998. Effects of Packaging methods and handling temperatures on postharvest quality during storage of cucumber. *J. Kor. Soc. Hort. Sci.* 40:9-12(in Korean).
 10. Kays, S.J. and R.E. Paull. 2004. *Postharvest Biology*, Exon Press, Athens. USA.
 11. Ministry for food, agriculture, forestry and fisheries (MIFAFF) Korea. 2009. *Crop production statistics*. Seoul, Korea.
 12. Park, K.W. 1983. Effects of fertilization, irrigation and harvesting period on the quality of vegetable crops. *J. Kor. Soc. Hort. Sci.* 24:325-337.
 13. 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-Environ. Cont.* 9:40-46(in Korean).
 14. Snowdon, A.L. 1991. *A colour atlas of post-harvest diseases & disorders of fruits & vegetables. Vol 2: vegetables.* Wolfe Scientific Ltd, London, England.
 15. Sohn, I.B., Y.C. Noh, S.C. Choi, D.K. Ko, J. Lee, and Y.J. Choi. 2008. Femtosecond laser ablation of polypropylene for breathable film. *Applied Surface Science* 254:4919-4924
 16. Watada, A.E. 1986. Effects of ethylene on the quality of fruits and vegetables. *Food Technol.* 40:82-85.
 17. Zeng, D.W., K.C. Yung, and C.S. Xie. 2002. XPS investigation of the chemical characteristics of Kapton films ablated by a pulsed TEA CO₂ laser. *Surface and Coatings Technology* 153:210-216.