

장기저장을 위한 홍고추 및 홍피망의 CA저장 효과

이귀현 · 정천순*

강원대학교 농업공학부, * 강원대학교 식물응용과학부

Effects of CA Storage of Red Peppers and Red Bell Peppers for Long-term Storage

Gwi-Hyun Lee and Cheon Soon Jeong

Division of Agricultural Engineering, Kangwon National University

*Division of Applied Plant Sciences, Kangwon National University

Abstract

Fresh red peppers and red bell peppers were stored in controlled atmosphere (CA) at six different levels of gas combinations (1, 3 or 5% O₂, 1 or 3% CO₂, and N₂ as balance gas) and air as the control. Optimum conditions of CA storage for red peppers and red bell peppers were investigated by evaluating weight loss, color change, mold emergence, and firmness. The red peppers and red bell peppers stored at O1C1N98 (O₂ 1%, CO₂ 1%, N₂ 98%) and O1C3N96 (O₂ 1%, CO₂ 3%, N₂ 96%) had only weight loss of 1.7% and 1.8% respectively. The rate of mold emergence of red pepper was 15% in O1C1N98, even though it was 60% in the control. Also, the rate of mold emergence of red bell pepper was low as stored in CA in comparison with the control. The color change of red pepper and red bell pepper was the lowest in O1C1N98. The red peppers and red bell peppers stored in CA were firmer than the control. The firmness of red peppers and red bell peppers was greater when stored in the lower concentration of O₂ among gas combinations for CA storage. In this result, we can conclude that the optimum condition of CA storage for red peppers and red bell peppers is O1C1N98.

Key words: red peppers, red bell peppers, controlled atmosphere storage, weight loss, mold

서 론

고추는 마늘과 함께 가장 중요한 양념채소로서 우리나라의 고추 주산지는 충북, 경북, 전북지역이다. 고추의 표준거래단위는 15, 20, 40 kg이며 주로 포장은 골판지상자나 합성수지대(PP)가 사용된다. 가을에 수확되는 홍고추의 대부분은 건고추 상태로 가공하여 시장에 출하하거나 장기저장 후 고춧가루 형태로 다시 가공되어 소비된다. 또한 국내의 홍피망 수요 증가와 함께 재배 면적도 크게 증가하고 있다. 최근 들어 시설하우스의 보급과 더불어 생홍고추 및 생홍피망의 주년재배가 가능하여졌으나, 난방비용의 상승으로 홍고

추 및 홍피망의 겨울철 재배는 매우 어려운 실정이다. 그러므로, 겨울동안 소비용으로 늦가을에 수확된 홍고추 및 홍피망을 장기 저장하여 겨울철에 출하함으로써 겨울철 시설재배를 위한 비용을 절감 할 수 있을 것이다. 장기저장을 위한 방법 중 CA저장은 호흡작용의 감소(Kubo *et al.*, 1990), 부패를 저하(Zong *et al.*, 1994; 이숙희 등, 1998), 노화증상 발현의 지연, 저장력의 증대(김영태 등, 1992; Kader *et al.*, 1978), 조직의 경도보존(Wang, 1977), 높은 팽윤성, 영양 및 기호적 품질의 우수성과 같은 효과가 있는 것으로 알려져 있다. 저장고내의 공기조성이 정상적인 경우 산소 20.9%, 탄산가스 0.03%, 질소 79%이며, 이에 비해 CA(controlled atmosphere)저장은 저장중 산물의 질적, 양적 손실을 최소화할 수 있는 고도의 발전된 저장방법으로 각 가스의 조성비를 인위적으로 조절한 상태를 유지하면서 산물을 저장하는 것이다(Smittle와 Miller,

Corresponding author: Gwi-Hyun Lee, Division of Agricultural Engineering, Kangwon National University, Chuncheon 200-701, Korea.

1988; Yang, 1985). 이러한 CA저장은 대체로 O₂와 CO₂ 농도를 1~5% 범위에서 조절하여 이용하고 있다 (Kim과 Hall, 1976; Salunkhe와 Wu, 1973). 본 연구의 목적은 늦가을에 수확된 생홍고추 및 생홍피망을 장기 저장하여 겨울 동안 시장에 출하 할 수 있는 장기 저장을 위한 최적 CA 저장 조건을 구명하기 위한 것이다.

재료 및 방법

재료

홍고추는 경상남도 진주시 문산읍에서 생산된 녹광고추를 사용하였으며, 홍피망은 전라남도 광주 동곡에서 생산된 뉴에이스(New Ace)를 사용하였다. 본 연구에서는 홍고추 및 홍피망의 장기저장을 위한 최적 CA저장조건을 구명하기 위해 여러 수준의 O₂, CO₂, N₂ 농도를 갖는 CA저장조건 하에서 2000년 1월 말경 실험을 수행하였다.

CA 저장을 위한 가스 조성

4.5 L의 용기에 시료를 넣고 진공펌프(MDA-015, SINKU KIKO, Japan)로 용기 내부를 진공으로 만든 후 용기에서 시료가 차지하는 체적을 빼고 나머지 체적에 대해 각 처리별 O₂, CO₂, N₂가 차지하는 체적을 산정한 후 각각의 가스를 적정 시간동안 용기 내부로 주입하여 서로 다른 6수준의 가스 조성(Table 1)을 만들었다. 여섯 수준의 가스 농도에 따른 적절한 가스주입을 위해 제작된 실험장치는 Fig. 1과 같다. 실험장치에서 실린더에 저장된 순도 99.9%의 O₂, CO₂, N₂ 가스는 출구압력을 조절하는 2-Stage 압력계를 거쳐 가스의 개폐를 용이하게 하기 위해 설치된 Ball Valve를 통해 분당 최대 20 ml의 용량을 갖는 유량계로 유입된다. 가스의 주입량은 유량계의 유량조절 밸브를 적절히 조절하여 각 처리 수준에 따라 요구되는 가스농

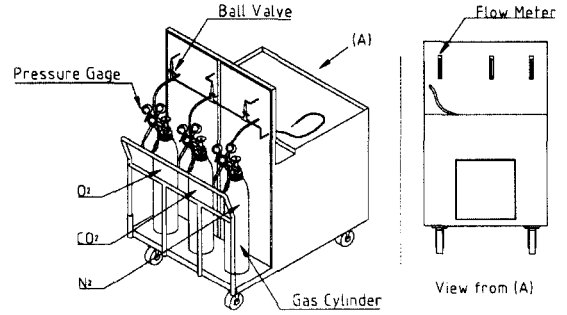


Fig. 1. Gas supplying system for CA storage.

도에 맞게 계산된 시간만큼 각 가스를 홍고추 또는 홍피망이 저장된 진공상태의 용기에 적정 시간동안 주입함으로써 서로 다른 6수준의 가스조성이 얻어질 수 있게 실험장치를 제작하였다.

처리별 CA저장에 사용된 홍고추 및 홍피망의 개체수는 각각 20개 및 6개였다. 용기에 주입될 가스의 양을 산정하기 위해 홍고추 및 홍피망이 차지하는 총 체적을, $V(\text{체적})=1/p(\text{밀도}) \times M(\text{질량})$ 의 식으로 계산하였다. 평균 크기의 홍고추 4개를 대표 시료로 선발하여 전자저울로 질량을 측정한 후 알려진 양의 물이 채워진 1,000 ml 용량의 비커에 완전히 잠기게 하여 홍고추에 의해 대체된 물의 양을 측정함으로써 홍고추의 체적을 구하였고, $\sigma=M/V$ 의 식에 의해 홍고추의 평균 밀도를 계산하였다. CA저장을 위한 처리별 홍고추가 차지하는 총 체적은 20개의 홍고추 시료 전체 질량을 측정한 후, 홍고추의 평균밀도와 함께 위에 언급한 식을 이용하여 구하였다. 홍고추의 총 체적은 평균 750 ml였으며, $V_{\text{head space}}/V_{\text{empty container}}$ 는 0.83이었다. 홍고추와 같은 방법으로 계산된 6개의 홍피망 시료 총 체적은 평균 1,319 ml였고, $V_{\text{head space}}/V_{\text{empty container}}$ 는 0.71이었다.

CA저장 및 가스의 교체

CA저장 실험은 7°C로 고정된 항온습기에서 수행하였고, 홍고추 및 홍피망이 저장된 용기내의 습도는 98%의 상대습도를 유지하였다. CA저장동안 홍고추는 10일 간격, 홍피망은 5일 간격으로 가스를 교체 주입함으로써 CA저장동안 시료로부터 자체 발생된 가스에 의해 CA 가스조성이 변하는 것을 최소화하였다. CA 저장 기간은 예비실험 결과를 기초로 하여 홍고추를 50일, 홍피망을 25일로 하였다.

색도, 중량 변화 및 곰팡이 발생을 조사

실험에 사용된 홍고추 및 홍피망의 색도, 중량 변화

Table 1. Various combinations of gases (O₂, CO₂, N₂) used in CA storage

| No | O ₂ (%) | CO ₂ (%) | N ₂ (%) | Treatment code |
|----|--------------------|---------------------|--------------------|----------------|
| 1 | 1 | 1 | 98 | O1C1N98 |
| 2 | 1 | 3 | 96 | O1C3N96 |
| 3 | 3 | 1 | 96 | O3C1N96 |
| 4 | 3 | 3 | 94 | O3C3N94 |
| 5 | 5 | 1 | 94 | O5C1N94 |
| 6 | 5 | 3 | 92 | O5C3N92 |
| 7 | | Air | | Control |

및 꼭지부분의 곰팡이 발생여부를 각 각 10일 및 5일 간격으로 측정·조사하였다. 홍고추 및 홍피망의 색도 측정 부분은 과실의 중간부위였으며, 홍고추는 10개의 시료를 무작위로 선별하여 개체당 한 지점에서 측정하였고, 홍피망은 실험에 사용된 6개의 전 시료에 대해 서로 다른 위치의 두 지점에서 측정하여 평균하였다. 색도측정은 색도계(CR-200, Minolta, Japan)를 사용하여 L, a, b를 측정하였고, 색도차는 실험초기의 색도에 대한 저장 동안 측정된 색도의 차를 다음의 식에 의해 계산하였다.

$$\Delta E = \sqrt{(\Delta L)^2 + (\Delta a)^2 + (\Delta b)^2}$$

과실의 중량 변화는 처리별 실험에 사용된 전 시료에 대해 0.001 g의 정확도를 갖는 전자저울(FA300KV, Japan)을 사용하여 측정하였으며, 과실의 꼭지부분에 조금이라도 곰팡이가 발생되면 곰팡이가 발생한 것으로 간주하였고, 곰팡이 발생율은 전체 과실의 개수에 대한 곰팡이가 발생한 과실의 개수 비의 백분율로 나타내었다.

경도측정

CA저장 첫날 및 마지막 날에 홍고추 및 홍피망의 경도를 측정하였으며, 경도는 Rheo Meter(Japan, Sun Scientific Co., LTD., Compac-100)에 감압축 No 4(축경: 3 mm)를 장착하여 분당 60 mm의 속도로 압축하여 최대강도를 측정하였다. 경도의 측정 부분은 과실의 중간부위였으며, 홍고추는 무작위로 선별된 10개의 시료에 대해 경도를 측정하였고, 홍피망은 실험에 사용된 6개의 전 시료에 대해 측정하였다. 경도의 감소 정도는 실험 초기 경도값에 대한 저장실험 후에 측정된 경도값의 백분율로 나타내었다.

결과 및 고찰

중량 감소율

홍고추 및 홍피망은 과피에 왁스층이 있어 수분 손실이 비교적 적은 작물이다. 홍고추의 CA저장 동안 무게 손실을 조사한 결과 공기에 저장된 대조구의 경우 저장 50일 후 실험 전에 비해 2.5%의 무게가 감소되었으나, O1C1N98 및 O1C3N96에서 CA저장된 홍고추의 무게감소는 약 1.7%로 대조구에 비해 0.8% 낮은 것으로 나타났다(Fig. 2). 전체적으로 CA저장된 홍고추의 무게 감소율은 대조구에 비해 낮았으며, 특히 산소조성이 낮은 CA저장이 무게 손실이 적었다. 저장

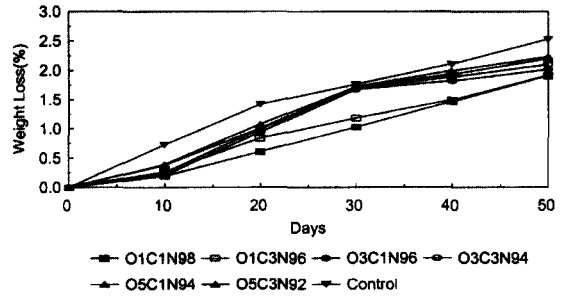


Fig. 2. Weight loss of red peppers during storage in controlled atmosphere.

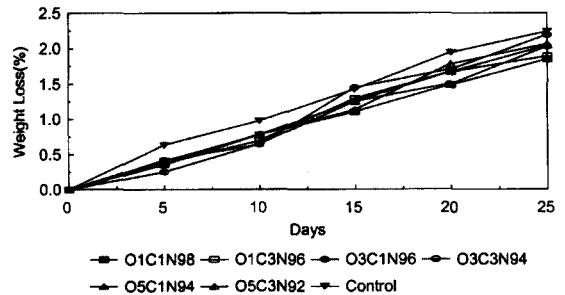


Fig. 3. Weight loss of red bell peppers during storage in controlled atmosphere.

중 홍피망의 중량은 25일의 저장기간 동안 모든 처리구에서 직선적으로 감소하였다. Fig. 3과 같이 저장 25일 후 홍피망의 무게손실은 대체로 대조구에 비해 CA저장이 작았다. 특히, 대조구의 경우 실험 전에 비해 2.2%의 무게가 손실되었으나, O1C1N98 및 O1C3N96에서 CA저장된 홍피망의 중량감소율은 약 1.8%로 대조구에 비해 0.4% 낮았다. 수분손실의 주요 원인은 과실표면과 대기의 수증기압 차에 의한 발산작용에 의해 일어나며, 수증기압 차는 공기의 온도, 압력, 상대습도에 따라 달라질 뿐만 아니라 과실의 호흡열 및 과실 주위의 공기 유동에 의한 대류에 의해서도 영향을 받는다. 또한 과실의 호흡이 무게손실의 원인이 된다. 즉, 대기에서 흡수된 O_2 로부터 만들어진 CO_2 가 호흡작용에 의해 과실로부터 대기로 방출될 때마다 과실에서 탄소원자(C)가 손실되기 때문에 호흡은 무게손실의 한 원인이 된다. CA저장된 홍고추 및 홍피망의 무게손실이 대조구에 비해 낮게 나타난 것은 Bhowmik과 Pan (1992)의 연구에서와 같이 과실의 호흡이 억제되었기 때문인 것으로 사료된다.

곰팡이 발생률

홍고추의 곰팡이는 주로 꼭지부분에서 발생하기 시작했으며, Fig. 4와 같이 대조구인 공기에 저장될 때

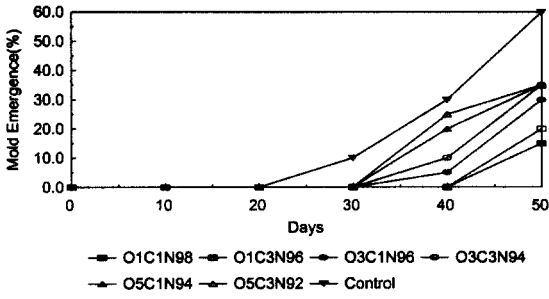


Fig. 4. Mold emergence of red pepper during CA storage.

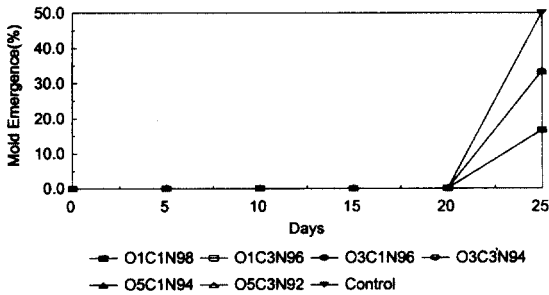


Fig. 5. Mold emergence of red bell pepper during CA storage.

는 저장 20일부터 곰팡이가 나타나기 시작했다. 그러나, CA저장인 경우는 저장 30일부터 곰팡이가 나타나기 시작하였다. 저장 50일 후 대조구의 곰팡이 발생율은 60%에 달하였으나, O1C1N98에 저장된 홍고추의 곰팡이 발생율은 단지 15%로 매우 낮았다. 꼭지부분에서 발생한 홍피망의 곰팡이 발생은 Fig. 5와 같이 저장 20일 후부터 모든 처리구에서 나타나기 시작했다. 그러나, 대조구인 경우 저장 25일 후 곰팡이 발생율이 50%였으나, O1C1N98, O1C3N96, O3C1N96에서는 20%, O3C3N94, O5C1N94, O5C3N92에서 35%로 CA저장인 경우가 곰팡이 발생율이 매우 낮았다. 이와 같은 경우로 CA저장된 참외의 부패율이 대조구에 비해 현저히 낮았으며, 특히 장기저장에서 곰팡이에 의한 부패율이 CA저장인 경우가 대조구에 비해 매우 낮았다고 보고한 한 결과(이숙희 등, 1999)와 일치하였다.

색도 변화

CA저장 중 홍고추의 적색도는 대체로 저장초기에 크게 감소하였으나, 저장 10일 후부터는 완만한 감소를 나타내었다(Fig. 6). CA저장 처리구 중에서도 O1C1N98에 저장된 홍고추의 적색도 감소가 가장 낮았으며, O1C3N96는 두 번째로 낮은 적색도 감소를 나타내었다. 홍피망의 CA저장 중 적색도 감소는

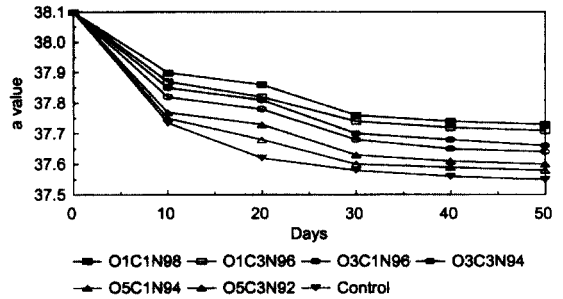


Fig. 6. Changes of color in a-value of red pepper during CA storage.

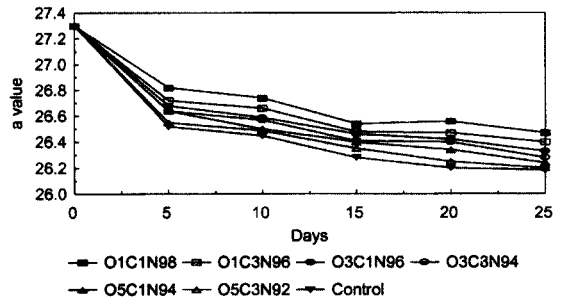


Fig. 7. Changes of color in a-value of red bell pepper during CA storage.

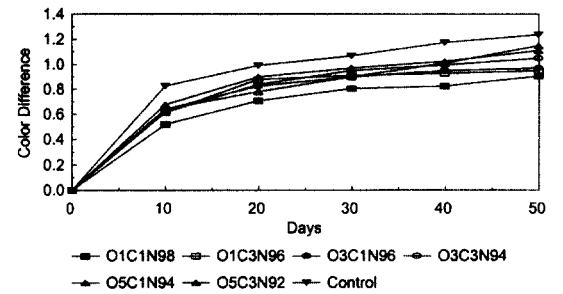


Fig. 8. Changes in color difference (ΔE) of red pepper during CA storage.

홍고추의 경우와 같이 저장 초기에 큰 감소율을 보였으나, 저장 5일 후부터는 완만한 감소를 나타내었다(Fig. 7). 대조구에 비해 대체로 CA저장된 홍피망의 적색도 감소가 작았으며, O1C1N98 처리구가 가장 낮은 적색도 감소를 나타내었다.

저장 초기에 비해 홍고추의 색도 변화는 Fig. 8에서와 같이 모든 처리구에서 대체로 저장 10일 동안 급격히 증가하였으나, 그 이후부터는 색도 변화율이 작았다. 대체로 CA저장된 홍고추의 색도 변화가 대조구에 비해 작았음을 나타내었다. 특히, CA저장 중 O1C1N98에서 저장된 홍고추의 색도변화가 가장 작음

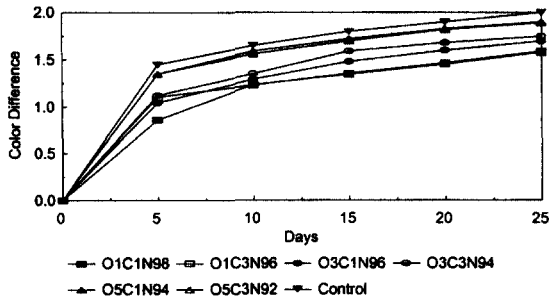


Fig. 9. Changes in color difference (ΔE) of red bell pepper during CA storage.

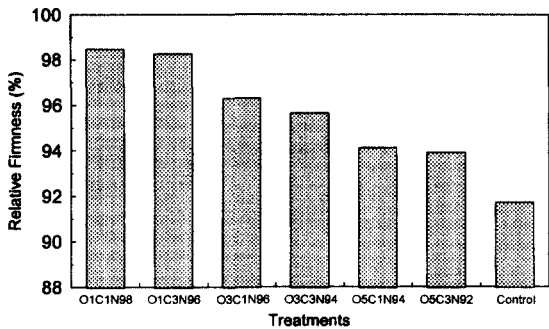


Fig. 10. Firmness change of red pepper during CA

을 나타내었다. Fig. 9과 같이 저장 초기에 비해 홍피망의 색도 변화는 모든 처리구에서 대체로 저장 5일 동안 급격히 증가하였으나, 그 이후부터는 색도 변화율이 작았다. 대조구에 비해 CA저장된 홍피망의 색도 변화가 작았으며, 특히, 산소 농도 1%, 3%, 5%에 저장된 순서로 색도 변화가 작았다. 이와 같은 경우로 토마토에 있어 CA저장이 색도 발달을 지연시키는데 큰 효과가 있는 것으로 알려져 있다. 특히, CA저장에 있어 산소농도가 낮을수록(1~3% O₂) 색도 발달을 지연시키는데 큰 효과가 있다고 하였다(Kim과 Hall, 1976).

경도변화

CA저장 50일 후 홍고추 경도는 대조구에 있어 저장 초기에 비해 8.3%가 낮아졌으나, O1C1N98 및 O1C3N96의 경우 경도의 감소는 저장 초기에 비해 단지 2% 이내였다(Fig. 10). 대체로 대조구에 비해 CA저장이 홍고추의 경도 유지에 효과적이었으나, CA저장 중에서도 산소의 농도가 낮을수록 경도의 감소가 작았다. CA저장 25일 후 홍피망의 경도는 Fig. 11에 나타난 것과 같이 대조구가 저장 초기에 비해 7.3% 감소하였다. 그러나, O1C1N98 및 O1C3N96의 경우 경

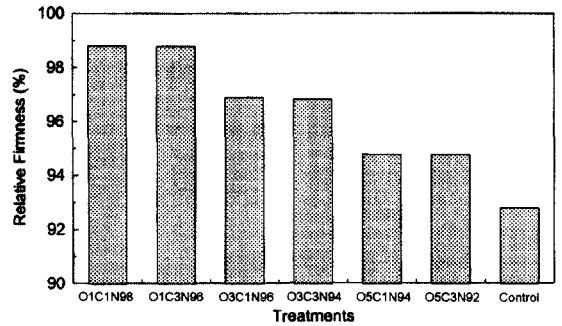


Fig. 11. Firmness change of red bell pepper during CA storage.

도 감소는 저장 초기에 비해 단지 1.5% 이내였다. CA저장이 대조구에 비해 홍피망의 경도 유지에 효과적이었으나, 홍고추와 같이 CA저장 처리구 중에서도 산소의 농도가 낮을수록 경도의 감소가 작았다. CA저장은 과일의 불용성 펙틴이 가용성 형태로 변화되는 것을 지연시키는데 큰 효과가 있기 때문에 경도 유지에 효과가 있는 것으로 알려져 있다(Brecht, 1980).

요 약

본 연구에서는 생홍고추 및 생홍피망의 장기저장을 위한 최적 CA저장조건을 구명하기 위해 6수준의 서로 다른 O₂, CO₂, N₂ 농도를 갖는 CA저장 및 대조구 저장실험을 수행하였다. 저장기간 동안 주기적으로 색도, 중량 변화 및 곰팡이 발생율을 조사하였고, 저장 마지막 날에는 경도를 측정하였다. 대조구의 경우 홍고추는 저장 50일 후에 2.5%, 홍피망은 저장 25일 후에 2.2%의 무게가 감소하였다. CA저장 처리구 중 O1C1N98 및 O1C3N96에서 저장된 홍고추 및 홍피망의 무게감소는 각각 약 1.7% 및 1.8%로 대조구에 비해 매우 낮았다. 저장 50일 후 대조구의 곰팡이 발생율은 60%까지 증가하였으나, O1C1N98에서 저장된 홍고추의 곰팡이 발생율은 단지 15%로 매우 낮았다. 홍피망은 저장 25일 후 대조구의 곰팡이 발생율이 50%였으나, O1C1N98, O1C3N96, O3C1N96에서는 20%, O3C3N94, O5C1N94, O5C3N92에서 35%로 CA저장인 경우가 곰팡이 발생율이 매우 낮았다. CA저장 중 O1C1N98에서 저장된 홍고추의 색도변화가 가장 작음을 나타내었다. 대조구에 비해 CA저장된 홍피망의 색도 변화가 작았으며, 특히, 산소 농도 1%, 3%, 5%에 저장된 순서로 색도 변화가 작았다. 홍고추의 경도는 대조구의 경우 저장 초기에 비해 8.3%가 낮아졌으나, CA저장 중 O1C1N98 및 O1C3N96의 경우 경도의 감

소는 저장 초기에 비해 2% 이내였다. CA저장 25일 후 홍피망의 경도는 대조구가 저장 초기에 비해 7.3% 감소하였으나, O1C1N98 및 O1C3N96에 저장된 경우 경도 감소는 저장 초기에 비해 단지 1.5% 이내였다. 홍고추 및 홍피망 모두 CA저장 처리구 중에서도 산소의 농도가 낮을수록 경도의 감소가 작았다. 이러한 연구 결과로 볼 때 홍고추 및 홍피망의 CA 저장 중 색도변화, 중량감소, 곰팡이 발생율, 경도변화와 같은 품질열화를 최소화 할 수 있는 가스조성비는 O₂ 1%, CO₂ 1%, N₂ 98%인 것으로 나타났다.

감사의 글

본 연구는 1998년도 농림부에서 시행한 농림기술개발사업의 연구결과 중 일부이며, 연구비 지원에 감사드립니다.

문헌

- 김영태, Y. Kubo, A. Inaba and R. Nakamura. 1992. 저농도 O₂ 또는 CO₂가 딸기와 토마토 품질에 미치는 생리적 반응 연구. 농시논문집(원예편) **34**(2): 57-61.
- 이숙희, 김창배, 서영진, 김찬용, 윤재탁. 1999. 참외 CA저장 시 CO₂와 O₂ 농도에 따른 품질 변화. 농산물저장유통학회지 **6**(4): 386-391.
- 이숙희, 서영진, 박선도, 정은호. 1998. 복숭아 CA 저장시 CO₂ 농도의 영향. 원예논문집 **40**(1): 134-139.
- Bhowmik, S. R. and J. C. Pan. 1992. Self life of mature green tomatoes stored in controlled atmosphere and high humidity. *J. Food. Sci.* **57**(4): 948-953.
- Brecht, P. E. 1980. Use of controlled atmosphere to retard deterioration of produce. *Food Technol.* **34**: 45.
- Kader, A. A., L. L. Morris, M. A. Stevens and M. Albright-Holton. 1978. Composition and flavor quality of fresh market tomatoes as influenced by some postharvest handling procedures. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* **103**(1): 6.
- Kim, B. D. and C. B. Hall. 1976. Firmness of tomato fruit subjected to low concentrations of oxygen. *Hort. Science* **11**: 466.
- Kubo, Y., A. Inaba and R. Nakamura. 1990. Respiration and C₂H₄ production in various harvested crops held in CO₂-enriched atmospheres. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* **115**(6): 975-978.
- Salunkhe, D. K. and M. T. Wu. 1973. Effects of low oxygen atmosphere storage on ripening and associated biochemical changes in tomato fruits. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* **98**: 12-14.
- Smittle, D. A. and W. R. Miller. 1988. Rabbit eye blueberry storage life and fruit quality in controlled atmospheres and air storage. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* **113**(5): 723-728.
- Wang, C. Y. 1977. Effect of CO₂ treatment on storage and self life of sweet peppers. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* **102**: 808.
- Yang, S. F. 1985. Biosynthesis and action of ethylene. *Hort. Science* **21**(1): 41-45.
- Zong, R., L. Morris and M. Cantwell. 1994. Postharvest physiology and quality of bitter melon (*Momordica charantia* L.). *Postharvest Biology and Technology* **6**: 65-72.