

참외 CA저장시 CO₂ 와 O₂ 농도에 따른 품질 변화

이숙희 · 김창배 · 서영진 · 김찬용 · 윤재탁

Effects of Different Carbon Dioxide and Oxygen Concentration on the Quality of Oriental Melon during CA Storage

Suk-Hee Lee, Chang-Bae Kim, Young-Jin Seo, Chan-Yong Kim and Jae-Tak Yoon

Abstract

Oriental melon was stored in controlled atmospheres(5, 10 or 15% CO₂ in combination with 3 or 10% O₂) and air as control, and was analyzed half monthly during a 45-day storage for various quality parameters. Oriental melon which stored in CA condition was lower in weight loss and decay rate than that stored in air. There was no significant difference in firmness by CO₂ or O₂ concentration during a month of storage. Fruits stored in 10% CO₂ +3% O₂ showed higher level of soluble solids, Vitamin C content and L value than other condition. And also comparatively lower endogenous ethanol accumulation and better state of quality was observed in that condition.

Key words : Oriental melon, Controlled atmosphere storage, carbon dioxide, oxygen

서 론

참외(*Curcumis melo* L.)는 맛과 향이 독특하여 생과 용으로 주로 이용되고 있으며 뛰어난 색상으로 기호도가 매우 높은 작물이다.

'95년도 전국 참외의 총 재배면적은 10,251 ha이며 (1) 최근 재배면적이 점차 확대 되고 있으며, 또한 연중생산도 가능해져 과잉생산과 홍수출하가 우려되고 있다. 참외는 수확후 저장력이 약하여 상온(25℃ 이상)에서 저장기간이 약 5일정도로 짧기 때문에 고품질 참외의 선도를 오래동안 유지할 수 있는 장기저장기술이 필요하다.

참외 저장을 위하여는 저온, MA저장 등을 들 수 있으나 저온저장에서는 과피의 변색이 우려되며, P.E film 밀봉에 의한 MA 저장시 경도가 비교적 잘 유지되고 장기저장에도 과피의 갈변이 거의 없어 외관상 품질은 우수하나 밀봉으로 인한 발효향 즉 이취의 발생으로 개선점이 필요하다고 하였다(2). 이취의 발

생은 ethylene 등의 휘발성 물질의 과다발생 및 축적에 기인된 것으로 이들의 발생을 억제하기 위한 방법으로는 CA 저장이 적절하다 할 것이다.

고농도의 CO₂ 저장은 원예작물의 호흡 및 ethylene 생성을 억제하며 저장력을 향상시키며(3) 저장기간이 경과할수록 일반 저온저장보다 부패율이 낮으며 색도유지에 효과가 있다고 알려져 있다.(4,5) 또한 O₂ 농도가 낮을수록 ethylene생성과 호흡이 억제된다는 보고(6)도 있으므로 참외CA저장시 CO₂ 농도와 함께 O₂ 농도도 함께 고려되어야 할 것이다.

본 연구는 참외 CA저장시 적정 CO₂ 와 O₂ 농도 구명을 위하여 저장기간의 경과에 따른 참외의 품질 변화를 조사하였다.

재료 및 방법

시험 재료 및 저장조건

참외는 경북 성주지방에서 생산된 '금싸라기' 품종이었으며 저장조건으로 CA기체조성은 CO₂ 농도를 5, 10, 15% 각 3수준으로 처리하였고, O₂ 농도는 3,

10% 2수준의 CA와 Air로 하였다.

저장온도 0~3℃, 습도 90~95%인 저온 저장고에 저장하면서 15일 간격으로 저장 45일까지 조사하였다.

부패과 발생율

부패과 발생율은 과피에 수침증상, 진한 적갈색 반점, 혹은 곰팡이가 조금이라도 발생되면 부패과로 보았으며 조사된 과실에 대하여 부패과를 전체 과실에 대한 백분율로 나타내었다.

중량감소율

중량감소율은 저장초기의 중량에 대한 저장 중의 감량을 백분율로 나타내었다.

경도조사

저장 중 경도의 변화는 직경 5mm의 붓을 장착한 휴대용 경도계(FHW-10)를 사용하여 과피를 약간 벗겨낸 뒤 측정하였다.

가용성 고형물(soluble solids)

가용성 고형분(SS)의 함량은 Abbe굴절당도계로 측정하였다.

Vitamin C 함량

시료 일정량을 취한 뒤 1% oxalic acid로 마쇄한 뒤 Vitamin C 함량을 indolphenolblue법(7)으로 측정하였다.

Ethanol 함량

참외 과실중의 ethanol함량은 과육 혹은 태좌부의 시료를 착즙하여 Nichols 등의 방법(8)에 따라 ethanol을 추출한 후 GC(HwelettPackard 5890 II)로 분석하였다. GC분석조건은 컬럼은 Porapak Q column(1/8"×6', sus)을, 검출기는 FID를 사용하였다.

색도

색도의 변화는 참외의 과피중 끝이 진 흰색 부분을 위주로 colorimeter(CM-1000, Minolta, Japan)로 Hunter L값을 측정하였다.

결과 및 고찰

저장중 부패과 발생율

참외의 저장중 부패과 발생율은 Fig. 1에서 보는

바와 같이 일반 저온저장에서는 저장 15일경에부패과의 발생이 4%, 저장 30일경에는 10%정도의 부패과 발생율을 보이다가 45일경에는 급격하게 높아져 100%의 부패과 발생율을 보였다. 일반 저온저장에서는 과피의 수침증상은 비교적 적게 발생하였으나 과도한 적갈색의 반점 발생으로 상품성이 극히 저하되었으며 참외 내부의 태좌부의 변화는 과피의 변화보다 적었다.

반면 CA저장 조건에서는 부패의 발생이 상당히 지연되어 저장 15일경에는 부패과의 발생없이 모두 건전하였다. 그러나 저장 30일경에는 전자장구에서 부패과가 발생되었는데 CO₂ 농도 10%와 15%에서는 부패과 발생이 다소 있었으나 5% 미만으로 미미하였는데 비해 CO₂ 농도 5%에서는 부패과의 발생이 급격히 높아져 일반저온 저장과 비슷한 10%대의 부패과 발생율을 보였다. 저장 45일경에는 CO₂ 농도 5%에서 부패과의 발생이 급격하게 높아져 100%에 달했으나 CO₂ 농도 10%와 15%에서는 부패과의 발생이 높았지만 그 발생비율이 현저하게 낮았다. 따라서 고농도의 CO₂ 를 처리함으로써 부패과의 발생을 억제할 수 있는 것으로 보인다. CA저장에서 발생한 부패과는 적갈색 반점의 발생보다는 수침증상과 45일 이상의 장기저장에는 곰팡이의 발생이 주로 차지하였으며 태좌부의 변화는 일반 저온저장에 비해 훨씬 적었다

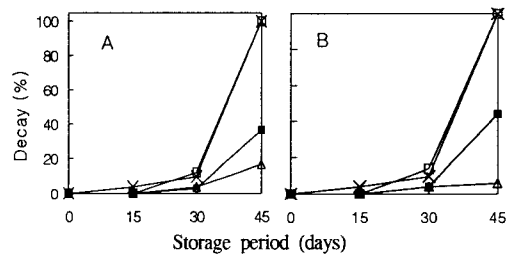


Fig. 1. Effects of gas compositions on the decay of the oriental melon during storage at 0~3°C.

Symbols : A(□:5%CO₂+3%O₂, ■:10%CO₂+3%O₂, △:15%CO₂+3%O₂, ×:air), B(□:5%CO₂+10%O₂, ■:10%CO₂+10%O₂, △:15%CO₂+10%O₂, ×:air).

CO₂ 는 노화를 지연시킨다고 많이 알려져 있으며 CO₂ 의 작용기작은 C₂H₄의 작용을 경쟁적으로 저하시키고 C₂H₄의 생합성을 조절하는 기구에도 관련되어 있다고 하였다(9). 고농도 CO₂ 에 대한 반응성은 작물마다 다른데 Kubo 등(10)에 따르면 고농도의 CO₂ 를 작물에 처리했을 때 호흡율이 감소하는 것은 복숭아, 토마토, 바나나, 브로콜리였으며 오이, 시금치, 상추 등은 호흡율이 증가하고 양파, 포도 등은 변화가 없었다고 하였다. 또한 딸기에서도 고농도 CO₂

(air+15%CO₂)를 처리한 CA저장으로 딸기의 *Botrytis cinerea*에 의한 부패발생을 억제하는데 매우 효과적이었다고 하였다(11).

저장중의 중량 감소를

참외는 과피에 wax층이 있어 수분손실이 비교적 적은 작물이다. 그림 2는 참외를 45일간 저장한 후 중량 감소율을 나타낸 것인데 중량감소율이 가장 많았던 저장구는 일반 저온저장이었지만 감소율이 저장 45일이 경과해도 5% 이하였으며 외관적 형태적 변형은 거의 없었다. CA저장에서는 일반 저장에 비해 중량감소율이 훨씬 더 작아서 1% 내외였다. 이는 CA저장고의 밀폐효과로 습도유지가 저온저장고에 비해 효과적이었던 것으로 생각된다.

Miccolis에 따르면 멜론(*Curcumis melo* L., Inodorus Group)의 6가지의 품종을 7, 12, 15°C에서 3주간 저장한 결과 대체적으로 3%이하의 중량감소를 보였으나 'Honeydew'와 'Honey Loupe'의 두 품종은 15°C에서 3주간 저장한 후에는 약 4%의 중량감소가 있었다고 하였다(12). 이는 조사품종의 특성인 것으로 보여지며, 본 연구의 일반 저온저장에서도 중량감소가 적은 것은 조사된 참외의 특성인 것으로 보여진다.

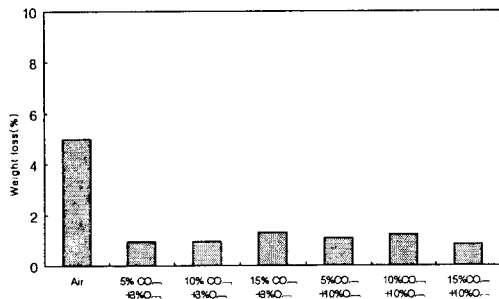


Fig. 2. Effects of gas compositions on weight loss of oriental melon after storage for 45 days at 0~3°C.

저장중의 경도변화

Fig.3은 저장중의 경도변화를 나타낸 것이다. 모든 저장구에서 저장기간이 경과함에 따라 경도의변화가 그리 큰 편은 아니었다. CA저장에서는 약간의 감소가 있었지만 저장 45일까지도 저장전과 비슷한 수준의 경도를 유지하고 있었고 일반 저온저장에서도 30일까지는 경도의 감소가 없다가 45일경에는 경도의 급격한 저하가 있었다. 이처럼 참외가 장기간의 저장에도 불구하고 경도의 변화가 극히 적은 것은 참외의 과피 부분에 wax층이 발달하여 수분 손실이 거의

없었던 결과에 기인된 것으로 보인다.

CA저장에서는 CO₂ 농도 10%일 때가 저장 45일까지도 O₂ 농도에 상관없이 경도가 가장 높은 수준을 보였다.

전반적으로 저장 30일까지는 일반 저온저장이 CA저장보다 경도가 높게 유지되었는데 이는 과피의 건조로 경도 측정에 약간의 오차가 발생한 탓으로 여겨진다.

딸기에서도 3.3°C의 저온에서 고농도의 CO₂의 처리(air+15%CO₂)로 21일간 저장해도 경도 유지가 매우 양호하였으며 저장전 경도의 95%정도의 수준을 유지하였다고 한다(11).

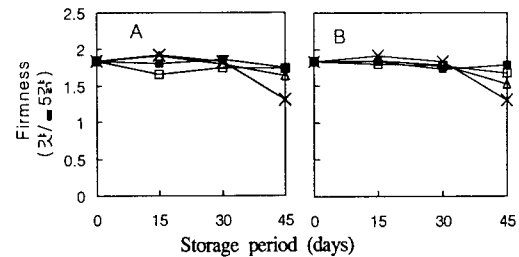


Fig. 3. Effects of gas compositions air on the flesh firmness of the oriental melon during storage at 0~3°C. Symbols : A(□:5%CO₂+3%O₂, ■:10%CO₂+3%O₂, △:15%CO₂+3%O₂, ×:air), B(□:5%CO₂+10%O₂, ■:10%CO₂+10%O₂, △:15%CO₂+10%O₂, ×:air).

저장중 가용성 고형물의 변화

Fig. 4는 참외의 저장에 따른 과육중의 가용성 고형물(SS)의 함량 변화를 나타낸 것이다. 저장일수가 경과할수록 저장전의 함량보다 감소하는 경향이나 급격한 변화 없이 저장전과 비슷한 수준이었다.

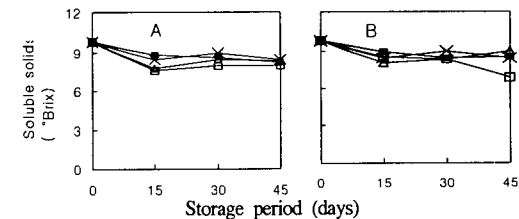


Fig. 4. Effects of gas compositions on the soluble solids(SS) contents of oriental melon flesh during storage at 0~3°C. Symbols : A(□:5%CO₂+3%O₂, ■:10%CO₂+3%O₂, △:15%CO₂+3%O₂, ×:air), B(□:5%CO₂+10%O₂, ■:10%CO₂+10%O₂, △:15%CO₂+10%O₂, ×:air).

일반 저온저장이 CA저장보다 가용성 고형물함량이 높게 유지되었는데 이는 수분 손실에 따른 가용성 고형물의 농축에 기인한 것이라고 할 수 있다. 용(13)

에 따르면 생체중의 수분감소가 호흡속도보다 빠르면 당함량이 높아진다고 하였으며 머스크멜론을 상대습도 90±5%에서 저장할 때 저장초기에는 수분손실속도가 호흡속도보다 높아 결과적으로 당이 과실에 농축되어 과실내 수분장력이 낮아져 상대적으로 당함량이 높아졌다고 하였다. 따라서 이러한 결과는 증량감소가 컸던 참외의 일반저온저장에서 가용성 고형물함량이 높다는 사실과도 일치한다.

참외 태좌부중의 가용성 고형물함량의 변화를 그림 5에 나타내었다. 태좌부의 가용성 고형물변화는 과육중의 가용성 고형물과는 다른 양상을 보였다. CA저장에서는 태좌부의 가용성 고형물이 크게 변하지 않고 저장 45일 동안 저장전과 비슷한 상태를 유지하였으며 CO₂ 10%+O₂ 3%농도에서 저장한 것이 CA저장중에서는 가장 높은 수준을 유지하였다. 일반저온저장에서는 15일경에는 가용성 고형물이 급격히 감소하였다가 저장 30일경에는 다시 증가하였으며 45일경에는 약간 감소하였다. 이는 참외의 노화에 따라 태좌부의 당의 감소가 급격하게 이루어졌고 저장 30일경에는 앞서의 부패과육의 급격한 증가에 따른 것이라 보여진다.

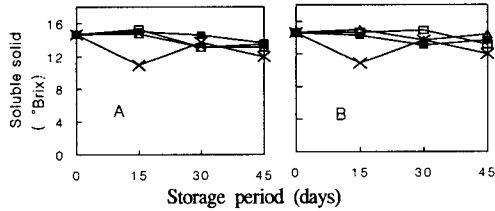


Fig. 5. Effects of gas compositions on the soluble solids contents of oriental melon placenta during storage at 0~3°C.

Symbols : A(□:5%CO₂+3%O₂, ■:10%CO₂+3%O₂, △:15%CO₂+3%O₂, ×:air), B(□:5%CO₂+10%O₂, ■:10%CO₂+10%O₂, △:15%CO₂+10%O₂, ×:air).

저장중 vitamin C함량의 변화

Fig. 6은 저장중 참외 과육중의 Vitamin C의 함량 변화를 본 것이다. 전반적으로 Vitamin C는 저장기간이 경과할수록 감소하는 경향이 뚜렷하였지만 과육중의 Vitamin C는 일반 저온 저장과 CA저장간에는 뚜렷한 차이가 없었다. 다만 O₂ 농도 10%일때가 3%보다 높은 경향을 보였으며 O₂ 농도 3%일때도 저장 후반기에서는 일반 저온저장보다 높은 수준을 보여서 CA효과가 있는 것으로 보였다. CA조건 중에서는 CO₂ 10%+O₂ 3%에서 저장한 참외의 과육중의 Vitamin C가 전 저장기간에 걸쳐 비교적 높은 수준으로 유지

되었다.

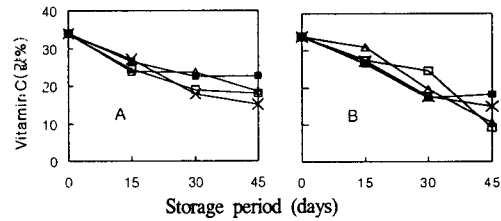


Fig. 6. Effects of gas compositions on the vitamin C(V.C) contents of oriental melon flesh during storage at 0~3°C.

Symbols : A(□:5%CO₂+3%O₂, ■:10%CO₂+3%O₂, △:15%CO₂+3%O₂, ×:air), B(□:5%CO₂+10%O₂, ■:10%CO₂+10%O₂, △:15%CO₂+10%O₂, ×:air).

Fig. 7에서는 참외 태좌부중의 vitamin C의 함량의 변화를 보인 것인데 전반적으로 과육보다는 함량이 낮았으며 저장기간이 경과함에 따라 감소하는 경향이 뚜렷하였으며 태좌부에서는 일반 저온저장보다는 CA 조건하에서 저장된 참외가 Vitamin C함량이 현저히 더 높았다. 이는 앞서의 가용성 고형물함량과 비슷한 경향을 보였다. CA조건중에서는 CO₂ 10%+O₂ 3%가 저장 45일까지 비교적 높은 함량을 보였다.

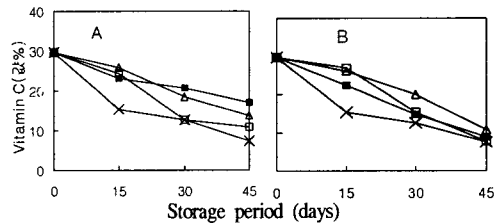


Fig. 7. Effects of gas compositions on the vitamin C(V.C) contents of oriental melon placenta during storage at 0~3°C.

Symbols : A(□:5%CO₂+3%O₂, ■:10%CO₂+3%O₂, △:15%CO₂+3%O₂, ×:air), B(□:5%CO₂+10%O₂, ■:10%CO₂+10%O₂, △:15%CO₂+10%O₂, ×:air).

저장중 ethanol함량의 변화

과실중의 ethanol은 과실의 특유한 향기의 발현에 필수적인 성분이며 수확시기, 저장방법, 노화정도에 따라 그 함량을 달리 한다

Fig. 8에서는 일반 저온저장과 여러 가지 CA조건에서 참외를 저장했을 때 저장 30일경의 과육과 태좌부중의 ethanol함량을 본 것이다. 그 결과 과육중의 ethanol함량은 태좌부보다 낮았고 과육에서는 CA조건중 CO₂ 의농도가 낮을수록 O₂ 는 높을수록 과육내의 ethanol축적량이 적었다. 태좌부에서는 CO₂ 농도

와는 큰 영향이 없었고 O₂ 농도가 낮을수록 ethanol 축적이 현저히 많았다. 과육과 태좌부의 ethanol 함량이 일반 저온저장에 비해 낮은 수준의 CA조건은 CO₂ 10%+O₂ 3%, CO₂ 5%+O₂ 10% 조건이었다.

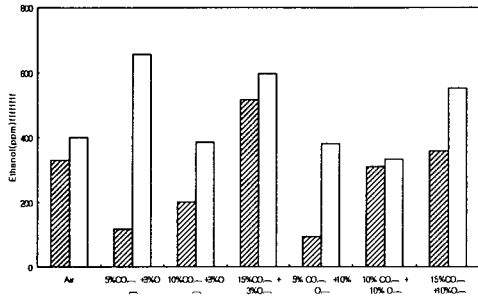


Fig. 8. Effects of gas compositions on the ethanol accumulation of oriental melon during storage at 0~3°C.
Symbol : ▨ flesh, □ placenta.

Nichols와 Patterson에 따르면 저장기간이 길어짐에 따라 ethanol축적량이 많아지고 산소농도와 ethanol함량이 반비례적이었다고 했다(8). 저장기간이 경과함에 따라 ethanol이 지나치게 많이 축적되면 호흡이 상당히 진행된 것으로 추정할 수 있으며 노화의 정도를 파악할 수 있는 지표가 되므로 품질판정의 하나의 기준이 될 수도 있을 것이다.

색도 변화

Fig. 9는 참외의 색도 변화를 나타낸 것이다. 참외는 수확후 시간이 경과함에 따라 과피에 적갈색 내지는 갈색의 크고 작은 반점들이 생겨나게 된다. 특히 풀이 진 흰색부분에서 가장 증상이 먼저 나타난다. 이 부분의 Hunter L값의 변화를 본 결과 CA저장한 참외는 산소농도 3%, 10% 모두 일반 저온저장보다 L값이 높아 CA효과가 있는 것으로 보였으며 산소농도 3%에서 더욱 높은 값을 보였다. 저장 30일까지는 CO₂ 10%+O₂ 3%와 CO₂ 5%+O₂ 10%의 CA조건에서 저장한 참외의 과피의 색도가 가장 좋았으나 저장 45일경에는 CO₂ 5%+O₂ 10%의 CA조건에서 저장한 참외의 L값이 현저히 저하된 양상을 보여 주었다. 따라서 참외의 CA저장에는 CO₂ 10%+O₂ 3%의 조건이 색도유지에 효과적이라고 생각된다.

Melon을 2주간 15°C에서 저장했을 때는 일반 저온저장과 CA저장과는 비슷한 수준의 색도를 보였으나 3주간 저장했을 때 일반 저온저장과 CA저장간에는 색도유지에 현저한 차이가 났는데 O₂ 농도 2.5%에서

CO₂ 농도는 2.5% 혹은 5%의 CA조건에서 색도유지가 가장 좋았다고 하였다(4).

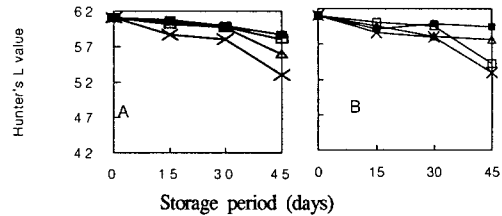


Fig. 9. Effects of gas compositions on Hunter's L value of oriental melon placenta during storage at 0~3°C.
Symbols : A(□:5%CO₂+3%O₂, ■:10%CO₂+3%O₂, △:15%CO₂+3%O₂, ×:air). B(□:5%CO₂+10%O₂, ■:10%CO₂+10%O₂, △:15%CO₂+10%O₂, ×:air).

요 약

참외 CA저장시 적정 CO₂ 농도 및 O₂ 농도를 구명하기 위해 경북 성주산 참외 금싸라기 품종을 공시하여 CO₂ 농도를 5, 10, 15%로 하였고 O₂ 농도는 3, 10%로 하여 15일, 30일, 45일 동안 각각 저장하여 실험한 결과는 다음과 같았다.

참외 저장후의 부패과율은 CO₂ 농도가 높을수록 낮았으며, 중량감소율은 저장 45일까지도 일반저온저장에서 5.01%, CA저장에서는 1.0%내외로 낮았다. 과육의 경도는 저장 30일까지는 일반저온저장, CA저장 모두 저장전과 비슷한 수준으로 유지되다가 저장 45일경에는 일반저온저장에서 경도가 현저히 감소하였다. 가용성 고형물과 Vitamin C는 CO₂ 10%+O₂ 3%의 CA조건에서 저장한 참외가 다른 조건에서 저장한 참외보다 과육, 태좌부 모두 다소 높은 수준을 보였다. 저장 30일경의 과육중의 ethanol함량은 CO₂ 농도가 높을수록 많았으며 태좌부에서는 CO₂ 농도에 큰 영향이 없었으며 O₂ 농도가 낮을수록 ethanol함량이 많았으며 CO₂ 10%+O₂ 3%와 CO₂ 5%+O₂ 10%의 CA조건에서 ethanol축적이 비교적 적었다. Hunter L값은 CO₂ 10%+O₂ 3%의 CA조건에서 저장한 참외에서 저장초기의 상태를 가장 잘 유지되었다.

참고문헌

1. 농림부 (1996) '95채소생산실적. p.90
2. 서영진, 이무호, 홍석영 (1995) 수출용 참외 선적 수송시 선도 유지 연구. 경상북도 농촌진흥원 농사시험연구보고서, 608-614
3. 김영태, Kubo, Y., Inaba, A. and Nakamura, R.

- (1992) 저농도 O₂ 또는 고농도 CO₂ 가 딸기와 토마토 품질에 미치는 생리적 반응 연구. 농시논문문집(원예편), 34(2), 57-61
4. Zong, R., Morris, L. and Cantwell, M. (1994) Postharvest physiology and quality of bitter melon (*Momordica charantia* L.). *Postharvest Biology and Technology*, 6, 65-72
 5. 이숙희, 서영진, 박선도, 정은호 (1998) 복숭아 CA 저장시 CO₂ 농도의 영향. 원예논문집, 40(1), 134-139
 6. Yang, S.F. (1985) Biosynthesis and action of ethylene. *Hort. Science*, 21(1), 41-45
 7. 한국생화학회 (1973) 실험생화학, p.216
 8. Nichols, W.C. and Patterson, M.E. (1987) Ethanol accumulation and poststorage quality of Delicious apples during short-term, low-O₂, CA storage. *Hort. Science*, 22(1), 89-92
 9. Burg, S.P. and Burg, E.A. (1967) Molecular requirements for the biological activity of ethylene. *Plant Physiol.*, 42, 144-152
 10. Kubo Y, Inaba, A. and Nakamura, R. (1990) Respiration and C₂H₄ production in various harvested crops held in CO₂ -enriched atmospheres. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.*, 115(6), 975-978
 11. El-Kazzaz, M.K., Sommer, N.F. and Fortlage, R.J. (1983) Effect of different atmospheres on postharvest decay and quality of fresh strawberries. *Phytopathology*, 73, 282-285
 12. Miccolis, V. and Saltveit, M.E. (1995) Influence of storage period and temperature on the postharvest characteristics of six melon (*Cucumis melo* L., Inodorus Group) cultivars. *Postharvest Biology and Technology*, 5, 211-219
 13. 용영록, 정천순, 김학기 (1996) 저장온도와 기간이 머스크멜론의 당도와 품질에 미치는 영향. 한국원예학회지, 37(2), 252-256

(1999년 8월 16일 접수)