최종보고서

원예산물의 선도유지를 위한 포장 방법 개발에 관한 연구

Development of packaging methods to maintain freshness of horticultural commodities

채소류의 MA 저장법 개발에 관한 연구

Development of MA storage for vegetables

최소가공 과채류의 적정포장재 선발과 원예산물의 신선도 유지를 위한 포장 방법에 관한 연구

On optimum packaging of minimally processed fruits and vegetables and packaging methods to maintain freshness of horticultural commodities

연 구 기 관

서 울 대 학 교

상 명 대 학 교

농 림 부

주 의

1. 이 보고서는 농림부에서 시행한 농림수산특정연구사업의 연구보고서입니다.

2. 이 보고서 내용을 발표할 때에는 반드시 농림수산부에서 시행한 농림수산특정연구사업의 연구결과임을 밝혀야 합니다.

3. 국가과학기술 기밀유지에 필요한 내용은 대외적으로 발표 또는 공개하여서는 아니됩니다.

제 출 문

농림부 장관 귀하

본 보고서를 "원예산물의 선도유지를 위한 포장방법 개발"에 관한 연구 (세부과제 "채소류의 MA 저장법 개발, 최소가공 과채류의 적정포장재 선발과 원예산물의 신선도 유지를 위한 포장 방법"에 관한 연구)의 최종보고서로 제출합니다.

1997. 11.

주관연구기관명 : 서울대학교
총괄연구책임자 : 이 승 구
연 구 원 : 유 소 영
" : 윤 상 돈
" : 최 정 희
협동연구기관명 : 상명대학교
협동연구책임자 : 양 용 준
연 구 원 : 김 종 기
" : 이 경 아
" : 박 유 미

요 약 문

I. 제 목

원예산물의 선도유지를 위한 포장방법 개발에 관한 연구

II. 연구개발의 목적 및 중요성

원예작물은 수확후에도 계속하여 물질대사를 영위하면서 체내 저장양분을 소모하며, 또한 증산을 통하여 수분을 외부로 잃어버려 적절한 조건을 부여하지 않으면 빠른 시일내 품질이 저하되거나 상품가치가 급락한다. 그러므로 호흡작용을 억제하여 시장성 및 보존기간을 연장하므로써 판매, 소비되기까지 고품질을 유지시켜 농가의 이익을 증대시키고 또한 소비자들에게도 계절적 제약없이 연중 균일하게 공급될 수 있도록 하는게 중요하다. 저장, 포장방법으로 CA 와 MA저장이 있다. 과채류 주변의 대기환경을 적절히 조절하여 저장기간을 연장하는 CA (Controlled Atmosphere)는 과채류의 신선도 유지에 우수한 효과를 갖는 저장법이지만 대기환경을 계속적으로 조절하기 위해 장치 및 시설은 물론, 저장과 수송중에도 많은 경비가 소요된다. 이에비해 플라스틱 필름을 이용하여 대기환경을 조절하는 MA (Modified Atmosphere)는 제한적 투과성 필름을 사용하여 과채류 상품 주변의 대기환경을 저농도 O_2 (<8%)와 고농도 CO_2 (>1%)로 조절 유지하는 방법으로서 상품의 개별 포장이나 소포장 또는 선적용 콘테이너에도 경제적으로 적용할 수 있다. 시중에서 주로 사용되는 필름으로는 PVC와 PE가 주로 이용되고 있으며 기능성 필름인 Bio-Ceramic, AF-OPP, Chitosan film등이 개발되고 있다. 그래서 이러한 film을 이용하면 원예산물의 선도유지를 연장시킬 수 있으리라 기대된다.

MA 포장시 문제점이 될 수 있는 것이 포장재내에 축적되는 유해가스인데 이중 과실의 성숙과 노화를 촉진하는 에틸렌 가스는 과채류에 큰 손실을 가져온다. 따라서 MA 포장시 에틸렌 가스를 효율적으로 제거하는 방법을 모색하여야 한다. 원예산물의 MA포장이나 저온 저장시 부패는 상품성을 저하시키는 커다란 요인인데 이중 잿빛곰팡이인 *Botrytis cinerea*는 아황산가스 훈증으로 효율적으로 방제될 수 있다. MA 포장 중 아황산가스를 효율적으로 처리할 수 있는 방안을 검토한다.

최소가공 과채류는 세척, 박피, 절단, 살균, 수세 등의 과정을 거쳐 가공, 포장하여 신선한 상태로 냉장유통 시키는 제품으로 소비자들에게 신선도와 함께 편의성을 부여하고 있다. 외식산업, 단체급식 시장, 햄버거나 피자 즉석식품시장, 샐러드바 등 업무용 최소가공제품을 필요로 하는 부문의 산업이 급신장하고 있으며, 취업주부를 비롯한 시판용 최소가공 과채류 제품의 수요층 역시 꾸준이 증가하고 있다. 또한 미국, 일본 등 세계시장에서 계속적으로

신장하여 미래의 과채류의 유통 및 소비체계에 중요한 역할을 할 것이다. 또한 노동력 감소와 쓰레기 처리문제를 경감시키는 효과도 기대할 수 있을 것이다. 그러나 박피, 절단 등의 처리로 조직에 손상을 가져와 여러 생리적인 변화속도가 빠르고 미생물에 대한 저항성이 떨어져 선도유지기간이 단축된다. 따라서 저장, 유통시 온전한 상추와 딸기에 비해 최소가공 상추와 딸기는 생리적 변화가 급격히 일어나므로 저장수명을 연장하기 위해서는 적절한 포장과 보존제 처리가 요구되어진다.

III. 연구개발 내용 및 범위

1. 채소류의 적정포장재 개발과 적용시 선도유지 기술개발

채소류의 MA 저장시 문제가 되는 생리장해, 손실 등을 줄일 수 있는 기능성 포장재를 이용한 연구를 바탕으로 하여 작물별 적합한 포장재를 선택한다. 또한 MA 저장중의 병해나 생리장해, 노화를 억제할 수 있는 적합한 포장법을 개발한다. 본 연구는 딸기와 버섯, 토마토, 오이에 있어 필름의 종류, 두께와 천공수에 따른 품질유지 효과를 알아보며 고농도의 CO_2에 내성이 강한 딸기에 dry ice를 처리하여 *Botrytis cinerea*나 *Rhizopus storonifer*등과 같은 곰팡이류의 침입으로 인한 부패를 억제하여 운송중 유통기간을 연장시킨다.

2. 에틸렌 축적과 부패과 억제를 위한 처리법 개발과 포도 저장시 적용

포도 저장중 부패과 발생의 주된 요인인 *Botrytis cinerea*를 방제할 수 있는 아황산가스를 처리한다. MA저장중에 아황산가스 처리를 손쉽게 할 수 있는 방법으로 sodium bisulfite를 비닐을 입힌 종이 봉투에 담아 처리하는 방법으로 거봉과 쉐리단 포도의 MA저장중에 사용하였다.

포도는 *Botrytis cinerea*라는 곰팡이 포자가 퍼져 상품성을 잃게 만들며, 이때 아황산가스를 이용하면 곰팡이를 방제할 수 있다. 이러한 아황산가스를 이용하기 위해서 사용된 방법으로는 유황을 태워 훈증하거나, 압축된 아황산가스를 가스통을 써서 이용하거나, 물에 녹인 Sodium metabisulfite 등의 시약 용액에 침지하는 방법, 그리고 SO_2 pad의 이용 등의 여러 가지가 있다. 본 연구는 포도의 저장중 발생하는 에틸렌을 제거하기 위해 $KMnO_4$ pad를 이용하였고 MA 저장시 $KMnO_4$와 SO_2 pad의 혼용 처리하여 그 효율을 검정해 본다.

3. 최소가공 채소류의 적정포장재 선발과 선도유지 효과 구명

기존필름인 PP, LDPE와 에틸렌 흡착능이 있는 zeolite를 고루 분사하여 제조한 Bio-Ceramic film과 플라스틱에 계면활성제를 처리한 것으로 필름표면이 과채류의 증산 작용에 의한 습기로 뿌옇게 흐려지는 것을 방지하는 AF-OPP film, 항균작용과 반투과성막을 형성할 수 있는 chitosan을 film에 coating 처리한 Chitosan film과 같은 기능성 포장재를 이용하여 절단 상추와 딸기에 있어서

유통시 발생되는 생리적 변화를 지연 및 억제시키고 신선도를 연장할 수 있는 포장재를 선발과 chitosan coating이 절단딸기의 유통기한연장에 미치는 효과를 알아본다.

IV. 연구개발결과 및 활용에 대한 건의

1. 딸기의 dry ice처리가 유통기간 중 선도유지에 미치는 영향

딸기는 매우 부패하기 쉬운 과실로 균류발생으로 인하여 수확후 수명이 짧다. 부패를 억제하는데 사용되는 고농도의 CO2에 대해 딸기는 내성이 강한 과실이다. 따라서 이 실험의 목적은 운송중 dry ice 처리가 딸기의 유통기간을 연장시키는지 알아보고자 실시하였다. Dry ice 5g과 10g을 처리한 딸기의 당도와 경도가 높게 유지되었으며 부패율을 감소시키는데 효과적이었다. 이는 증가된 CO2 농도로 인하여 나타난 결과라 사료된다.

2. MA저장시 나타나는 양송이의 생리현상 연구

MA 저장이 양송이의 저장중 품질유지에 미치는 효과를 구명하기 위하여 PE 필름을 이용하였으며 10일간 저장하였다. 저장후 10일째 0.03mm PE 필름을 이용할 경우 무게감소가 4% 정도인 반면 대조구에서는 10% 였다. 양송이의 저장에서 갓의 노화를 지연시키는데 0.03mm PE 필름이 대조구 비해 효과적이었다. Hunter L과 b값의 변화는 대조구에서 가장 높게 나타나 갓의 색이 포장처리에 비해 뚜렷하게 변색되었으나 포장처리간 차이는 없었다. 이산화탄소와 아세트알데하이드 발생량은 필름의 두께에 따른 차이는 없었고 포장저장의 경우 대조구에 비해서 현저히 낮은 값을 보였다.

3. 딸기의 품질유지에 관한 MAP의 효과

0.01mm, 0.02mm polyethylene (PE) 필름으로 딸기를 포장하여 밀봉처리하였다. PE film 처리간 비교에 있어서는 0.02mm PE 필름 밀봉처리구에서 무게 감량이 적었고, 처리한 천공 수가 많을수록 무게손실이 컸다. 저장기간 중 SSC(oBrix)는 모든 처리구에서 감소하였으며 0.01mm 및 0.02mm PE 필름 밀봉처리가 함량유지에 비교적 효과적이었다. 경도(Kg)는 저장 10일째 0.02mm PE 필름 밀봉처리구에서 가장 높았으며 천공처리간 비교에서는 5개 천공 처리구가 비교적 높은 경도를 유지하였는데, 비타민 C 함량은 PE 필름 처리구에 비해 대조구에서 PE 필름처리에 있어서는 천공의 수가 많을수록 그 함량이 낮게 나타났다. 관능검사 결과 대조구에서는 저장 5일째 이미 시장성을 상실한 반면, 0.01과 0.02mm PE 필름의 밀봉처리구와 0.01mm PE + 5holes 처리구에서는 저장 10일째까지 시장성이 유지되었다. 또한 PE 필름 밀봉저장시 과습으로 인해 문제가 되는 decay 발생은 천공처리에 의해 다소 억제된 것으로 사료되었다. 한편 PE 필름의 밀봉처리구보다 천공 처리구에서 비교적 높은 flavor score를 나타냈는데 이는 가스투과로 인한 이취발생 물질의 집적을 억제하였기 때문인 것으로

사료된다.

4. 수확후 딸기의 품질유지에 미치는 기능성 필름 포장 효과

AF-OPP와 chitosan film 처리구가 중량감소 지연에 가장 효과적이었다. 총 가용성 고형물함량은 저장기간이 지남에 따라 감소하는 경향을 보였으며 0.03mm와 wrap 처리구보다는 기능성 필름 처리구가 함량유지에 더 효과적이었다. 경도와 적정산도는 저장전의 값과 비교했을 때 감소되었으며 'a' 값은 증가하는 경향을 보였다. wrap와 0.03mm 처리구는 저장 10일과 13일째 각각 시장성이 저하되었음을 볼 수 있는 반면에 기능성필름 처리구는 저장 13일째까지 시장성 유지에 효과적이었다. 특히 AF-OPP와 chitosan film처리구가 시장성유지에 효과적이었다. 포장내 CO_2 농도는 저장 4일째 가장 높았으며 AF-OPP 처리구는 저장기간동안 4-6% CO_2의농도를 나타냈다. 에틸렌은 상대적으로 0.8ppm이하의 낮은 농도를 나타냈다.

5. 토마토 MA저장에 있어서 포장재료의 효과

토마토 MA 저장에 있어서 포장재료의 효과를 살펴 보기 위해서 염화비닐 필름, PE, AF-OPP, Bio-ceramic film을 사용하였다. 방담필름 (AF-OPP)과 Bio-ceramic film 처리구에서 숙성 지연의 효과가 뚜렷하였고 염화비닐 필름(랩) 처리구에서는 대조구와 차이를 보이지 않았다.

6. 수확후 오이의 선도유지를 위한 MA포장기법의 개발

대조구의 무게감소가 chitosan이나 alginic acid를 coating한 처리구에서 보다 월등히 적다는 것을 알 수 있다. 대조구인 A 그룹은 평균 48.6%를 유지한 반면 chitosan을 처리한 B그룹은 108.2g에서 30g으로 감소하여 처음의 27.8%, alginic acid를 처리한 C그룹은 105.8g에서 23.8g으로 겨우 처음 무게의 22.4%의 무게를 보엿다. 처음 1-3일 까지는 세 구룹의 무게 감소 비율이 모두 비슷하였으나 5일부터 점점 큰 차이를 보였다.

일반적으로 과실의 표면을 가식성 필름으로 coating할 경우 수분 감소가 현저히 억제되는 것으로 보고된 바 있으나, 본 실험에서는 오히려 중량감소가 촉진되었다. 이러한 실험결과는 외관상의 변화에서 뚜렷이 나타났다. A 그룹의 오이는 색깔의 변화가 거의 없고 곧은 모양을 유지하며 수분의 증발에 의해 표면이 시들었다. B그룹은 9일후부터 10개 중의 4개의 오이가 꼭지 부분에 하얀 곰팡이가 피어 번식하기 시작하였으며 색이 누렇게 변하고 표면이 몹시 쭈글어들었으며 C그룹은 그 정도가 더욱 심하여 7일 후부터 생긴 곰팡이가 하얗고 파랗게 7개의 오이에 자라고 부패하여 오이 표면에 깊은 주름이 생기고 오이가 활 모양을 구부러졌다. 이러한 결과는 실험상에 많은 오차가 있었음을 나타내는데, chitosan과 alginic acid 처리후에 완전히 건조되지 않아서 곰팡이의 번식이 심하였으며, 이로 인하여 과표면에 처리된 피막이 미생물에 의하여 손상되어 대조구

보다 훨씬 많은 수분 감소가 진행되면서 무게와 형태의 변화가 생겼을 가능성이 매우 높다고 사료된다.

7. MA 포장내에서 에틸렌 제거와 아황산가스 처리법

과실의 저장중 에틸렌은 장기 저장중의 성숙과 노화를 촉진하며 탈리과정을 발달시키는 나쁜 영향을 미친다. 그래서 에틸렌 제거는 과실의 저장에 중요하다. 에틸렌 제거는 1M $KMnO_4$ 용액을 perlite에 침투시켜 부직포 봉투에 담은 것을 이용하였다. 이 perlite에 침투시켜 부직포 봉퉁에 담은 것을 이용하였다. 이 perlite 2g을 이용하여 4*l* 상자에서 에틸렌의 농도를 대조구와 비교하여 0%까지 낮출 수 있었다.

Sodium bisulfite는 4가지 아황산가스를 발생하는 시약, sodium bisulfite, sodium metabisulfite, sodium sulfate anhydrous, sodium peroxodisulfate 중에서 가장 많은 아황산가스를 발생시켜 제일 효과적이었다. Sodium bisulfite를 비닐이 입혀진 종이에 담은 경우가 다른 포장재 봉투에 담은 경우보다 아황산가스의 발생량이 제일 많고 서서히 발생시켰다. 아황산가스 발생제 처리와 에틸렌 제거제 처리를 함께 한 경우는 단독 처리보다 아황산가스의 발생량이 작았다.

8. 포도의 MA 저장중 에틸렌 제거와 아황산가스의 처리 효과

포도는 탈리, 부패현상, 무게감소 등에 의해 저장기간이 단축된다. 이러한 문제점들은 에틸렌 제거, 아황산가스 처리와 MA 포장에 의해 각각 해결될수 있다. 거봉과 쉐리단 포도의 MA 포장은 저장중 무게 감모를 줄였는데, 대조구는 무게감모가 심했다. 에틸렌 흡착 pack은 포도의 MA 저장중 에틸렌의 농도와 탈립과의 수를 효과적으로 줄였다. 아황산가스 훈증 pack은 포도의 MA 저장중 부패과의 수를 완전히 없앴고 에틸렌 농도와 탈립과의 수를 약간 감소시켰다. 에틸렌 흡착 pack과 아황산가스 훈증 pack을 혼용 처리할 경우 부패과는 거봉과 쉐리단 포도 모두에서 나타나지 않았다. 탈립과의 수는 에틸렌 흡착 pack과 아황산가스 훈증 pack을 혼용처리할 경우 쉐리단 포도에서만 약간의 감소효과가 있었다.

9. Film 종류가 최소가공 상추와 딸기의 유통기한에 미치는 효과

기존필름인 PP, LDPE와 기능성 필름인 AF-OPP, Bio-Ceramic, Chitosan film을 이용하여 절단상추와 딸기를 5℃에서 2주간 저장하였다. AF-OPP, chitosan film의 산소투과율이 3000cc/㎡/day 이하였으며 LDPE film이 다른 포장재보다 산소투과율이 가장 높았다. 포장재내의 기체조성은 이산화탄소와 에틸렌을 측정한 결과 가스투과율이 가장 낮은 AF-OPP film 보다는 chitosan film내에서 CO_2가 가장 많이 축적되었다. 저장 6일째, 절단딸기에서는 조직의 연화가 심하게 나타났으며 총 가용성 고형물의 함량은 저장기간 동안 감소하는 경향을 보였다. 또한 chitosan film이 최소가공 상추와 딸기의 색도유지와 부패발생을 억제하는데 가장 효과적이었다. 저장 말기에 Bio-ceramic, LDPE, PP film내에서 100ppm 이상의 ethanol이 축적되었다. 이러한 반투과성 막을 형성하는 chitosan film의

ripening 지연효과는 필름의 가스투과율과 밀접한 관련이 있는 것으로 사료된다.

10. Chitosan Coating이 Slice 딸기의 Shelf Life에 미치는 효과

Chitosan coating이 절단딸기의 CO_2, C_2H_4 발생억제 및 부패발생을 지연시키는지 알아보고자 실험을 실시한 결과 1% chitosan coating이 품질유지와 부패발생을 지연시키는 데 효과적이었다. 이는 반투과성막을 형성하는 chitosan의 성질로 인하여 CO_2, C_2H_4 발생이 억제된 것이다. 따라서 chitosan이 절단딸기의 유통기한을 연장시키는데 적절한 coating 재료라 생각된다.

11. 연구성과 활용계획

딸기의 dry ice 처리에서는 온도저하 효과는 기대할 수 없었지만 유통기간중의 부패과를 줄여 선도유지 기간을 연장할 수 있을 것이다. 또한 양송이, 딸기, 토마토, 오이등의 채소류 저장시 발생되는 여러 생리적인 변화는 MA저장을 통한 AF-OPP나 Chitosan film과 같은 기능성필름을 활용하거나 chitosan, alginic acid와 같은 보존제 처리로 선도유지 기간을 연장할 수 있다.

포도의 유통과정 중 발생될 수 있는 에틸렌 축적과 부패과는 Sodium bisulfite, 에틸렌흡착 pack, 아황산가스 훈증 pack을 이용하여 억제가 가능하다.

투과성막을 형성하는 chitosan film은 뛰어난 가스 차단성으로 이산화탄소 축적과 함께 에틸렌 발생을 억제함으로써 최소가공 상추와 딸기의 유통기한을 연장하는데 적합한 포장재로 활용가능 할 것이다. 절단딸기의 chitosan coating은 반투과성 막 형성으로 인하여 CO_2와 C_2H_4 발생 억제를 통해 품질유지 및 부패발생을 억제하는 데 효과적임을 알 수 있었다. 따라서 절단딸기의 유통기한 연장에 적절한 coating 재료라 사료된다.

Summary

The general objective of the study was to develop the packaging method for freshness retention of horticultural commodities. Results of the study follow.

Strawberries are a highly perishable fruit. Their short postharvest life is due to fungal infections. Strawberries tolerate the use of CO2 enriched atmosphere in the control of decay. The objective of this study was to assess the effect of dry ice on the extension of shelf life of strawberries during transit. Strawberries treated with dry ice maintained high values of total soluble solids and hardness; the dry ice was effective in reducing decay incidence. This is due to elevated CO2 concentration.

The effects of MA storage on mushroom quality during 10 day storage are presented. Overall quality of mushroom was greatly influenced by PE film packaging compared to the not-packaged state. Postharvest weight loss of mushrooms was 10% in low temperature while it showed about 4% when packaged with 0.03mm PE films. Cap development was most retarded by 0.03mm PE film packaging. A cap color largely in not-packaged mushrooms while PE film was effective to retard the cap discoloration. The production of acetaldehyde and carbon dioxide increased more in a not-packaged state than in packaged state with PE films.

Strawberry 'Bo Gyo Cho Saeng' was packaged with 0.01mm PE film, 0.02 mm PE film and perforated 0.01mm PE film (5, 10, 20 holes) to investigate the effect of MAP on quality retention. Strawberry packaged with 0.02mm PE showed the least weight loss. As the number of perforated holes increased, the weight decreased proportionally. Firmness, soluble solids content, titratable acidity and vitamin C content tended to decline during the storage period, 0.01mm and 0.02mm seal-packaging were more effective on maintenance of these contents. Non-packaged strawberries lost their marketability after 5 days in storage whereas 0.01mm, 0.02mm seal-packaged and 0.01mm + 5 holes packaged strawberries retained marketability for up to 10 days in storage. Decay incidence and off-flavor were retarded by perforated packaging with 5 holes compared to seal-packaging.

The effect of functional films on postharvest quality retention in strawberry (*'Suhong'*). Weight loss was most retarded by antifogging-oriented polypropylene film (AF-OPP) and chitosan film (CF).

Soluble solids content tended to decline during storage; functional films were more effective on maintenance of SSC compared to 0.03mm PE film and wrap. Firmness and total acidity were decreased and Hunter 'a' value was increased compared to the initial value before storage. AF-OPP treatment showed the least change. Wrap and 0.03mm PE film treatments lost their marketability after 10 days, whereas functional film treatments still retained marketability until 13 days in storage. Especially AF-OPP and CF treatments were more effective on maintenance of marketability. The CO_2 concentration within a package attained to a maximum value 4 days in storage. In case of AF-OPP treatment, CO_2 concentration showed 4-6% during storage. Ethylene showed relatively low concentration.

Commercial plastic films for food storage were selected and employed as modified atmosphere packaging (MAP) to enhance quality of tomato, cherry tomato as well as cucumber fruit. Oriented polypropylene coated with antifogging (OPP) was most efficient to arrest color development of breaker stage of fruit for more than 2 weeks. Ripening of fruit harvested at turning stage, approximately 30 % of surface color, was also delayed significantly with OPP, which potentially provided a good practice to package vine-ripened tomato fruit. Fruit sealed with polyethylene film (PE) also exhibited some delay to ripen; however, condensing moisture onto the film seemed to be a serious drawback when used commercially.

Modified atmosphere packaging with OPP can also promise a good system to improve quality of cherry tomatoes commercially harvested at both turning and light red stage. Based on color development, sweetness, acidity and firmness of fruit, OPP extended marketability by prolonging retention of surface color as well as reducing microbial contamination.

Modified atmosphere packaging for 2 weeks reduced moisture loss of cucumber fruit, ranging 3 to 5% of fresh weight compared to 38% loss in control fruit. Among plastic films tested PP film was the most effective in preserving moisture loss, green color retention of fruit. Firmness of cucumber fruit also maintained harder in CPP and PP than LDPE and HDPE, which have been occasionally used in some commercial packaging.

Ethylene during fruit storage is injurious to long-term storage due to aging and abscission and therefore ethylene removal is important to fruit storage. Ethylene removal was achieved by perlite soaked in 1M $KMnO_4$ and contained in a nonwoven fabric bag. Two grams of this perlite reduced

100ppm ethylene concentration to 0 in a 4ℓ box. Sodium bisulfite was most effective among 4 kinds of sulfur dioxide releasing chemicals, sodium bisulfite, sodium metabisulfite, sodium sulfate anhydrous, sodium peroxodisulfate. The vinyl coated paper bag containing sodium bisulfite was the most effective in producing high SO2 for longer periods. The combined treatment of sodium bisulfite and KMnO4 produced lower sulfur dioxide than the sodium bisulfite treatment alone.

Grapes are easily subject to abscission, decay, and weight loss which limit their storage life. These problems were solved by ethylene removal, sulfur dioxide treatment, and MA packaging respectively. MA packaging reduced weight loss during storage. While non-packaging grapes lost weight rapidly. Ethylene absorption packing reduced ethylene concentration and berry abscission effectively. Sulfur dioxide fumigation packing reduced decay clearly, whereas reduced ethylene concentration and abscission slightly. Also combined treatment of ethylene absorption pack and sulfur dioxide fumigation pack reduced decay. In Sheridan grapes, combined treatment of ethylene absorption pack and sulfur dioxide fumigation pack reduced abscission slightly but did not in Kyoho grapes.

Minimally processed lettuces and strawberries were packaged in five polymeric films and stored at 5℃ for 2 weeks. Oxygen transmission rate of AF-OPP and chitosan coating film was below 3000cc/㎡/day, and that of LDPE was higher than other films. Carbon dioxide concentration within chitosan film was higher than AF-OPP film with low gas permeability. The berries stored in chitosan film maintained higher values of hardness than those in other films. After 6 days, sliced strawberries markedly showed symptoms of softening. The total soluble solids content of minimally processed lettuces and strawberries decreased during storage. Chitosan film was effective in reducing development of color and decay incidence. Most of the accumulated volatile compounds were ethanol. At the end of storage, in Bio-ceramic, LDPE, PP film, more than 100ppm of ethanol was accumulated. The effect of semipermeable chitosan films on delaying ripening appears to be related to film's gas transmission rate.

The effect of chitosan coating in extending shelf life of sliced strawberries at 5℃ was investigated. 1% chitosan coating significantly delayed weight loss, total soluble solids, soluble sugar, ascorbic acid content, hardness, and decay incidence during storage. Due to ability of chitosan to form semi-permeable film, 1% chitosan coating reduced CO_2 and C_2H_4 production. Chitosan can be use as a preservative coating to prolong the shelf life of sliced strawberries.

Contents

목 차

제 1장 서 론

제 1절 연구개발의 목적과 범위

1. 연구개발 목표

우리나라는 외국 농산물의 수입개방 압력으로 몇해전부터 농민들이 생존에 위협을 받고 있다고 해도 과언이 아니다. 값이 저렴한 수입 농산물에 경쟁이 될 수 있는 것은 신선함을 잃지 않은 고품질의 농산물이다. 유통과정 중 신선한 생산물은 보다 높은 공정한 가격을 받을 것이다. 이러한 상황에서 유통과정 중 신선하고 고품질의 과일이나 채소가 소비자에게 전달되기 위해서는 포장법 (MAP)에 대한 연구가 이루어져야 할 것이다.

Plastic film package는 포장내의 공기조성을 대기상태와는 다르게 능동적으로 유지시키고 추숙을 연장시키는 Modified Atmosphere Storage (MAP)에 속한다. Plastic film package는 포장내 산소의 농도를 감소시키고 이산화탄소의 농도를 증가시켜 작물의 호흡을 억제시킨다. 이렇게 감소된 산소나 증가된 이산화탄소는 성숙을 지연시킬 수 있고 호흡, 에틸렌 생성률과 연화를 감소시킬 수 있으며 ripening과 관련된 다양한 성분변화를 늦추어 추숙을 연장시키는데 의의가 있다고 할 수 있다. 이 때 주의해야할 점은 포장내의 산소의 농도가 너무 낮아지면 발효가 일어나 과실이 썩게 되고, 고농도의 이산화탄소는 과일과 채소에 유해하다는 것이다. 따라서 포장을 위한 이상적인 필름이란 가스교환을 적절하게 조절할 수 있는 투과성 필름을 말하며 시중에 주로 사용되는 필름에는 polyethylene과 polyvinyl chloride 등이 있다.

여러가지 저장, 포장 방법 중에서 과채류 주변의 대기환경을 적절히 조절하여 저장기간을 연장하는 CA(Controlled Atmosphere) 저장에 대해서 많은 연구가 이루어져 왔으며 최근에는 플라스틱 필름을 이용하여 대기 환경을 조절하는 MA(Modified Atmosphere) 포장에도 상당한 관심이 모아지고 있다. CA저장은 과채류의 신선도 유지에 우수한 효과를 갖는 저장법이지만 대기환경을 계속적으로 조절하기 위해 장치 및 시설은 물론, 저장과 수송 중에도 많은 경비가 소요된다. 이에 비해 MA저장은 제한적 투과성 필름을 사용하여 과채류 상품 주변의 대기환경을 저농도 O_2 (<8%)와 고농도 CO_2 (>1%)로 조절 유지하는 방법으로서 상품의 개별 포장이나 소포장 또는 선적용 콘테이너에도 경제적으로 적용할 수 있다.

MA 포장시 문제점이 될 수 있는 것이 포장재내에 축적되는 유해가스인데 이중 과실의 성숙과 노화를 촉진하는 에틸렌 가스는 과채류에 큰 손실을 가져온다. 따라서 MA 포장시 에틸렌 가스를 효율적으로 제거하는 방법을 모색하여야 한다. 원예산물의 MA포장이나 저온 저장시 부패는 상품성을 저하시키는 커다란 요인인데 이중 잿빛곰팡이인 *Botrytis cinerea*는 아황산가스 훈증으로 효율적으로 방제될 수 있다. MA 포장 중 아황산가스를 효율적으로 처리할 수 있는 방안을 검토한다.

최소가공 과채류는 세척, 박피, 절단, 살균, 수세 등의 과정을 거쳐 가공, 포장하여 신선한 상태로 냉장유통 시키는 제품으로 소비자들에게 신선도와 함께 편의성을 부여하고 있다. 외식산업, 단체급식 시장, 햄버거나 피자 즉석식품시장, 샐러드바 등 업무용 최소가공제품을 필요로 하는 부문의 산업이 급신장하고 있으며, 취업주부를 비롯한 시판용 최소가공 과채류 제품의 수요층 역시 꾸준이 증가하고 있다. 또한 미국, 일본 등 세계시장에서 계속적으로 신장하여 미래의 과채류의 유통 및 소비체계에 중요한 역할을 할 것이다. 그러나 박피, 절단 등의 처리로 조직에 손상을 가져와 여러 생리적인 변화속도가 빠르고 미생물에 대한 저항성이 떨어져 선도유지기간이 단축된다. 따라서 저장, 유통시 온전한 상추와 딸기에 비해 최소가공 상추와 딸기는 생리적 변화가 급격히 일어나므로 저장수명을 연장하기 위해서는 적절한 포장과 보존제 처리가 요구되어진다. 절단한 과채류에서 발생하는 미생물 번식과 호흡에 관련된 생리적 대사작용은 선택적 가스투과성이 있는 plastic film을 사용하여 포장재내 탄산가스 농도는 높이고 산소 농도는 적절히 낮춤으로써 억제시킬 수 있는 MA저장을 통해 선도유지연장이 가능하다. 그러나 아직까지 절단 과·채류의 포장에 관한 연구가 미진한 단계이므로 이에 대한 연구가 필요할 것이다.

따라서 본 연구의 목적은 원예산물의 품질보전을 위한 plastic film package용 필름의 선발과 과실의 추숙생리에 관한 기초자료를 얻고자 함에 있다.

2. 연구개발의 범위

가. 채소류의 적정포장재 개발과 적용시 선도유지 기술개발

채소류의 생리장해, 손실 등을 줄일 수 있는 기능성 포장재를 이용한 연구를 바탕으로 하여 작물별 적합한 포장재를 선택한다. 또한 MA 저장중의 병해나 생리장해, 노화를 억제할 수 있는 적합한 포장법을 개발한다. 본 연구는 딸기와 버섯, 토마토, 오이에 있어 필름의 종류, 두께와 천공수에 따른 품질유지 효과를 알아보며 고농도의 CO_2에 내성이 강한 딸기에 dry ice를 처리하여 *Botrytis cinerea*나 *Rhizopus stolonifer*등과 같은 곰팡이류의 침입으로 인한 부패를 억제하여 운송중 유통기간을 연장시킨다.

나. 포도 저장시 에틸렌 축적과 부패과 억제를 위한 처리법 개발

과실의 저장중 식물생장 조절물질인 에틸렌은 성숙과 노화촉진, 탈리촉진 등의 해작용을 일으키므로 이를 제거하는 것이 저장력 향상에 중요하나 실제 저온저장고에서는 에틸렌에 대한 제거 기술이 적용되어 있지 않아 원예작물의 손실량을 증가시키고 포도의 경우에는 탈리가 문제가 되어 상품성 유지에 어려움을 겪고 있다. MA 저장법은 수분손실을 막는데는 효과가 크지만 부패과의 발생, 에틸렌 축적에 의한 탈립과의 발생등이 문제점이다.

포도는 저장 중 *Botrytis cinerea*라는 곰팡이 포자가 퍼져 상품성을 잃게 만들며, 이때 아황산가스를 이용하면 곰팡이를 방제할 수 있다. 현재 농가에서 쓰고 있는 아황산가스 처리법은 유황을 태우는 방법인데 농도 조절이 어렵고 저장 중에 처리하기가 어려우며 유통 중에는 이용할 수 없는 단점이 있다. 이러한 아황산가스를 이용하기 위해서 사용된 방법으로는 유황을 태워 훈증하거나, 압축된 아황산가스를 가스통을 써서 이용하거나, 물에 녹인 Sodium metabisulfite 등의 용액에 침지하는 방법, 그리고 SO_2 pad의 이용 등 여러 가지가 있다. 본 연구는 포도의 저장 중 발생하는 에틸렌을 제거하기 위해 $KMnO_4$ pad를 이용하였고 MA 저장시 $KMnO_4$와 SO_2 pad를 혼용 처리하여 그 효율을 검정해 보았다.

다. 최소가공 채소류의 적정포장재 선발과 선도유지 효과 구명

최소가공 제품은 과채류 특유의 신선함을 유지하면서도 사용할 때 간편성을 부여하는 제품으로 가열처리하지 않은 것으로 조직의 세포가 살아있거나(fresh) 생것과 유사한(fresh-like) 특성을 가진다. 그러나 단순히 세척, 절단만하여 유통시킬 경우에는 유통기간이 불과 1 2일 정도밖에 되지 못할 것이며 유통중 절단 등으로 인해 조직의 손상에 따른 연화가 일어나며 절단면이 공기에 직접 노출됨으로 갈변이나 미생물의 감염 및 번식이 일어나 과채류의 선도유지기간이 단축된다. 따라서 유통기간과 선도유지를 연장시키기 위해 적절한 포장과 저온유통이 필수적이라 할 수 있다. Plastic film을 이용한 packaging은 포장내 탄산가스 농도를 높여주고 산소의 농도를 적절히 낮춤으로써 호흡과 생리활성을 억제시킬 수 있다. 본 연구에서는 기존필름인 PP, LDPE와 플라스틱에 계면활성제를 처리한 것으로 필름표면이 과채류의 증산 작용에 의한 습기로 뿌옇게 흐려지는 것을 방지하는 AF-OPP film, 항균작용과 반투과성막을 형성할 수 있는 chitosan을 film에 coating 처리한 Chitosan film, 에틸렌 흡착능이 있는 zeolite를 고루 분사하여 제조한 Bio-Ceramic film과 같은 기능성 포장재를 이용하여 절단 상추와 딸기에 있어서 유통시 발생되는 생리적 변화를 지연 및 억제시키고 신선도를 연장할 수 있는 포장재를 선발하여 유통기간을 연장시키며 포장재에 따른 선도유지 효과를 구명한다.

제 2절 연구개발의 필요성

근래 국내의 원예산업은 주로 수량증대와 주년생산을 위하여 꾸준히 발전되어 왔으며, 경영방식도 상업적인 영농을 추구하여 농가의 소득증대에 중요한 위

치를 차지하고 있다. 그러나 수출주도형의 공업성장 우선정책에 따른 농업의 상대적 빈곤은 균형적인 국민경제발전에 커다란 저해요인이 되고 있다. 특히 최근 국제적으로도 농산물 시장의 개방화에 즈음하여 국내의 원예산업도 자구책을 강구해야 되는 일대의 전환기에 놓여 있다. 즉 생산위주의 영농에서 부가가치를 높일 수 있는 기술의 개발이 시급히 요청되고 있으나, 원예작물의 수확후 선별, 포장, 저장 등의 수확후 처리기술은 전반적으로 낙후되어 있는 실정이다. 외국의 선진기술을 우리나라에 그대로 적용하기에는 원예산물의 특성상 어려움이 있다. 하지만 외국의 연구사례를 토대로 심화 발전시킬 수 있을 것으로 생각되며 본 과제가 성공적으로 수행되면 원예산물 뿐만 아니라 관련 식품에도 적용할 수 있어 작은 투자로 큰 경제적 효과가 기대된다. 기능성 포장재나 원예산물에 적합한 포장재의 선발을 통해서 식품 포장업체나 포장지 제조 업체에도 도움이 될 것이다.

원예작물은 수확후에도 계속하여 물질대사를 영위하면서 체내 저장양분을 소모하며, 또한 증산을 통하여 수분을 외부로 잃어버려 적절한 조건을 부여하지 않으면 빠른 시일내 품질이 저하되거나 상품가치가 급락한다. 그리하여 수많은 노력과 자본을 투자하여 생산된 산물도 수확후 처리기술의 낙후로 제 가격을 보장받기가 쉽지 않은 실정이다. 대부분의 원예작물은 성숙이 된 후에 수확, 출하되는데 함수율이 높고 모양이 다양하며 조직이 부드럽기 때문에 유통이나 저장 중 물리적인 상처나 노화로 인하여 상품가치를 잃어버린다. 따라서 수확된 원예작물의 부가가치를 높이기 위해서는 품질의 보존기술을 개발하여 규격포장된 상품으로 출하, 유통되어야 한다.

원예작물의 선도유지 및 보존성 증진을 위해서 저온저장이 이용되어 왔는데 단순한 저온저장 방법으로는 원예작물의 생리적 변화를 적절히 조절하지 못해 수분손실과 생리장해 등의 문제가 있다. 이를 해결하기 위하여 가스 환경 제어를 통한 원예작물의 선도유지를 꾀하는 저장방법이 개발되었는데 이것이 CA (Controlled Atmosphere)와 MA (Modified Atmosphere) 저장이다. CA와 MA는 산소농도를 줄이고 이산화탄소농도를 높임으로써 호흡속도와 에틸렌 생성을 낮춰 과실의 성숙을 지연시켜 선도를 유지시키는 원리를 이용한다. 그러나 CA저장은 과다한 시설비와 유지관리 비용 때문에 범용으로 쓰기에는 무리가 있고, 더구나 유통중에는 적절한 방법이 아니다. 따라서 원예작물의 포장시 포장내부 환경이 CA조건과 유사하게 변조되며 범용으로 사용될 수 있는 MA저장이 필요하다. 근래 10여년 동안 원예작물에서 CA와 MA에 대한 연구가 활발히 이루어지고 있다. 최근의 연구는 MA상태를 유지하기 위하여 어떤 종류의 플라스틱 필름을 사용하느냐에 집중되고 있다. MA필름 포장은 수분 손실을 막고 산소와 이산화탄소의 확산을 차단함으로써 적정 MA상태를 유지하여 상품가치를 오래 보존하는 데 그 목적이 있다.

근래에 무기재료 측면에 있어 Ceramics을 개질하거나, 처리하여 특성화시키는 기술이 발달하였으며, 플라스틱 복합재료의 제조, 가공기술의 발달은 무기재료인 Ceramics의 고유한 성질과 특성의 변화를 최소화하며 플라스틱과 결합시

킬 수 있도록 되었다. 이들 두 기술의 접목으로 세라믹 소재의 투과성과 흡착성, 물과의 친화력에 의한 흡습, 제습력과 농도 구배에 의한 흡, 탈착 특성을 어느 정도 플라스틱에 도입할 수 있게 되었으며, 플라스틱의 차단성과 소재의 특성이 결합된 피포장물의 신선도와 보존성을 증진시킬 수 있는 포장재료가 개발되었다. Anti-fogging film(방담 또는 방운)은 플라스틱 필름에 surface active agent (계면활성제)를 처리한 것으로 필름표면이 습기로 뿌옇게 흐려지는 것을 방지한다. Chitosan film은 항균물질인 chitosan을 필름에 압축성형 및 코팅처리한 것이다. 이러한 기능성 포장재의 개발로 기존 포장재를 이용한 MA저장방법보다 더 능동적으로 원예작물의 신선도 유지를 꾀하여 상품성을 더 오래 유지할 수 있다.

과실류는 대부분 성숙말기나 성숙이 어느정도 진전된 시기에 수확되는데 이때 과실의 크기는 더 이상 자라지 않으나 체내에서는 급격한 생리적, 구조적인 변화가 일어난다. 즉 과실 특유의 외관 색소의 발현, 환원당의 증가, 유기산의 감소, 향기성분의 생성, 조직 경도의 감소, 호흡량과 에틸렌의 급증 등이다. 이러한 변화는 수확 후 원예작물의 품질에 직접적으로 영향을 미치며, MA저장중의 이러한 변화를 아는 것이 적합한 포장재의 선택과 저장방법을 알아 내는데 필요하다.

최근에 그 중요성이 부각되고 있는 최소가공 과채류의 경우는 주로 절단채소의 경우가 많이 이용되며, 최소가공 제품의 가공과정 중 단순히 세척, 절단만하여 유통시킬 경우에는 유통가능기간이 불과 1 2일 정도밖에 되지 못할 것이며 유통중 변질에 의한 손실이 크게 발생할 것이다. 절단채소의 경우 선도 유지 기간이 극히 짧고, 변색이 되는 등의 문제가 생긴다. 이러한 문제 해결과 선도유지를 연장하기 위해서는 적절한 보존제 및 포장법을 개발하는 것이 중요하다.

제 2 장 채소류의 적정포장재 개발과 적용시 선도유지 기술개발 분야

제 1절 딸기의 dry ice 처리가 유통기간 중 선도유지에 미치는 영향

1. 서설

딸기는 표피조직과 육질이 약하여 상온에서 수확후 손상과의 발생율이 높고 저장수명이 한정되어 있는 특징을 가진 매우 부패하기 쉬운 과실이다. 딸기의 품질손실을 가져오는 요인은 높은 호흡율과 미세한 조직때문인데, 그중에서도 가장 큰 손실을 가져오는 요인은 수확한 직후 딸기의 표면을 통한 *Botrytis cinerea*나 *Rhizopus stolonifer* 등과 같은 곰팡이류의 침입이 주요인이다. 그래서 저장이나 유통기간 중 부패현상을 감소하는 일이 중요하다고 할 수 있다. 딸기의 품질유지와 부패손실을 방지하기 위한 방법으로는 높은 상대습도와 1-2℃의 저온에서 신속히 냉장하는 것이다. 또한 고농도 CO2 처리가 많은 산물에 있어서 약간의 해를 끼치기도 하지만, 수출이나 장거리 시장으로 운송하기 위한 항공수송에서 고농도의 CO2에 내성이 강한 딸기를 운송과정 중 CO2 가스를 주입한 modified atmosphere를 조성하여 딸기의 신선도 유지에 상업적으로 이용되고 있다. 따라서 본실험은 딸기의 운송과정 중 밀폐용기 안에 딸기를 넣고 dry ice를 처리하여 온도저하와 부패균의 발생을 억제시켜 유통기간과 선도유지를 연장시키고자 수행하였다.

2. 재료 및 방법

'여봉' 과 '보교조생' 두 품종의 딸기는 경기도 화성군 농가에서 시설재배된 것으로 약 80% 이상 성숙한 과실을 실험에 사용하였다. 4*l*의 밀폐용기안에 딸기를 넣고 dry ice 5g과 10g을 각각의 품종에 처리하여 상온에서 1주일간 저장하였다. 중량은 2일 간격으로 저장초 중량에 대한 저장중의 감량분을 백분율로 나타내었고 총 가용성 고형물 함량은 당도계로 측정하였다. 색도변화는 가장 빨간부위의 표피에서 Minolta CR200 colorimeter를 이용하여 'a' 값을 측정하였다. 경도는 직경 2mm plunger tip을 이용하여 Texture analyzer로 측정하였으며 곰팡이에 의한 부패발생율은 딸기의 개수를 %로 나타내었다.

3. 결과 및 고찰

저장 중 딸기의 처리별 중량변화는 두 품종 모두 저장기간이 경과함에 따라 중량 감소율이 증가하였고 처리구에 비해 무처리구가 중량감소율이 더 컸다. 이는 저장기간의 경과에 따른 딸기의 수분손실이라 사료된다(그림 1). 총 가용성 고형물 함량은 저장초기에는 처리간의 차이를 보이지 않았으나 저장 2일후에 무처리구의 값이 dry ice 처리구에 비해 더 낮게 유지되었다. dry ice 처리구에서는 5g보다 10g 처리구가 함량유지에 더 효과적임을 알 수 있었다(그림 2).

딸기의 과피색변화는 빨간색 정도를 나타내는 'a' 값을 측정한 결과 처리구와 무처리구 모두 저장기간의 경과에 따라 감소하는 경향을 보였으며, 처리간 차이

는 보이지 않았다(그림 3). 딸기의 표피조직은 매우 약하여 약간의 충격으로도 쉽게 손상을 입게 되므로 딸기의 품질유지에 있어서 경도가 중요하다 할 수 있다. 고농도의 CO_2 처리는 몇가지 품종의 경우 경도를 높게 유지시켜준다고 한다(Harris와 Harvey, 1992). 품종별 경도를 살펴본 결과 '보교조생' 품종은 무처리구가 저장 이틀째부터 조직의 연화증가로 인하여 경도가 급격히 감소되었지만 dry ice 처리구는 무처리구에 비해 경도가 단단하게 유지되었다. 그러나 dry ice 5g은 저장 5일이후에 경도가 급격히 감소하는 경향을 보였지만 10g은 저장기간 동안 경도유지에 효과적임을 볼 수 있었다. '여봉' 품종에서는 무처리구가 저장 초기부터 계속적인 감소하는 경향을 보였고 dry ice 처리구는 저장초기에 경도가 급격히 증가하였다(그림 4).

표 1은 저장기간 동안의 곰팡이에 의한 부패율을 나타낸 것이다. 상온에서 dry ice 처리에 의한 딸기의 부패율은 무처리구의 경우 저장 이틀째 거의 80%이상의 곰팡이가 발생되었음을 볼 수 있었다. Dry ice 처리구는 저장 이틀쩌까지는 부패율이 보이지 않았으나 그 이후부터 균류가 발생하기 시작하였으며 딸기의 표피조직이 물러지는 증상도 볼 수 있었다. 이는 dry ice 처리로 인한 고농도의 CO_2에 의한 장해현상이라 생각된다. 5g보다는 10g의 dry ice 처리구에서 균류발생이 지연되어 고농도 CO_2 처리가 딸기의 균류발생억제에 효과적임을 알 수 있었다. 그러나 저장말기에 10g의 dry ice 처리구에서 이취를 느낄 수 있었다. Dry ice 5g과 10g이 모두 승화되기까지 1-2℃ 정도의 온도만이 저하되었을 뿐 온도저하효과는 기대할 수 없었다.

Table 1. Percentage of diseased strawberries infected by fungi during storage at room temperature in 'Bo Gyo Cho Saeng' and 'Yo-Bong'.

Days of storage	Disease (%)					
	'Bo Gyo'			'Yo Bong'		
	control	dry ice 5g	dry ice 10g	control	dry ice 5g	dry ice 10g
0	0	0	0	0	0	0
2	50	0	0	58	0	0
4	100	33	0	92	25	16
6	100	54	33	92	58	25
7	100	83	67	100	58	50

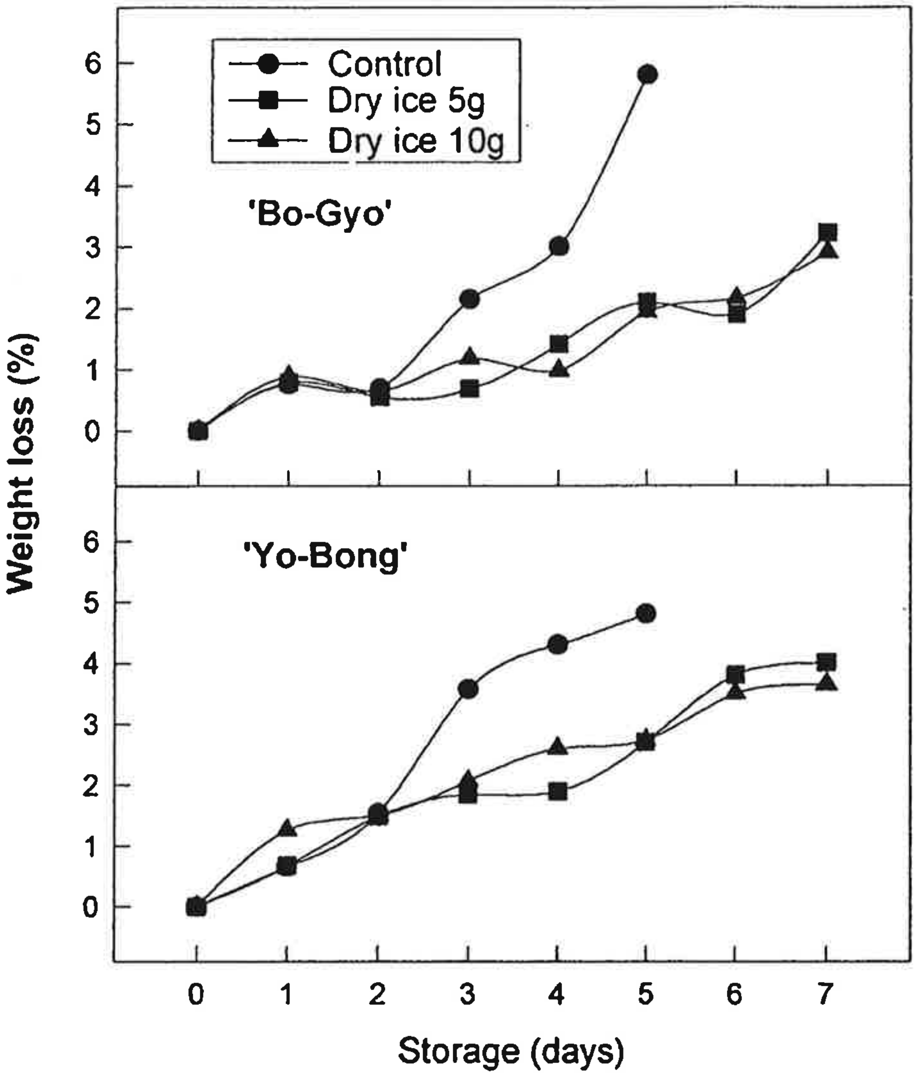

Fig. 1. Changes in weight loss of 'Bo Gyo Cho Saeng' and 'Yo Bong' strawberries during storage at room temperature.

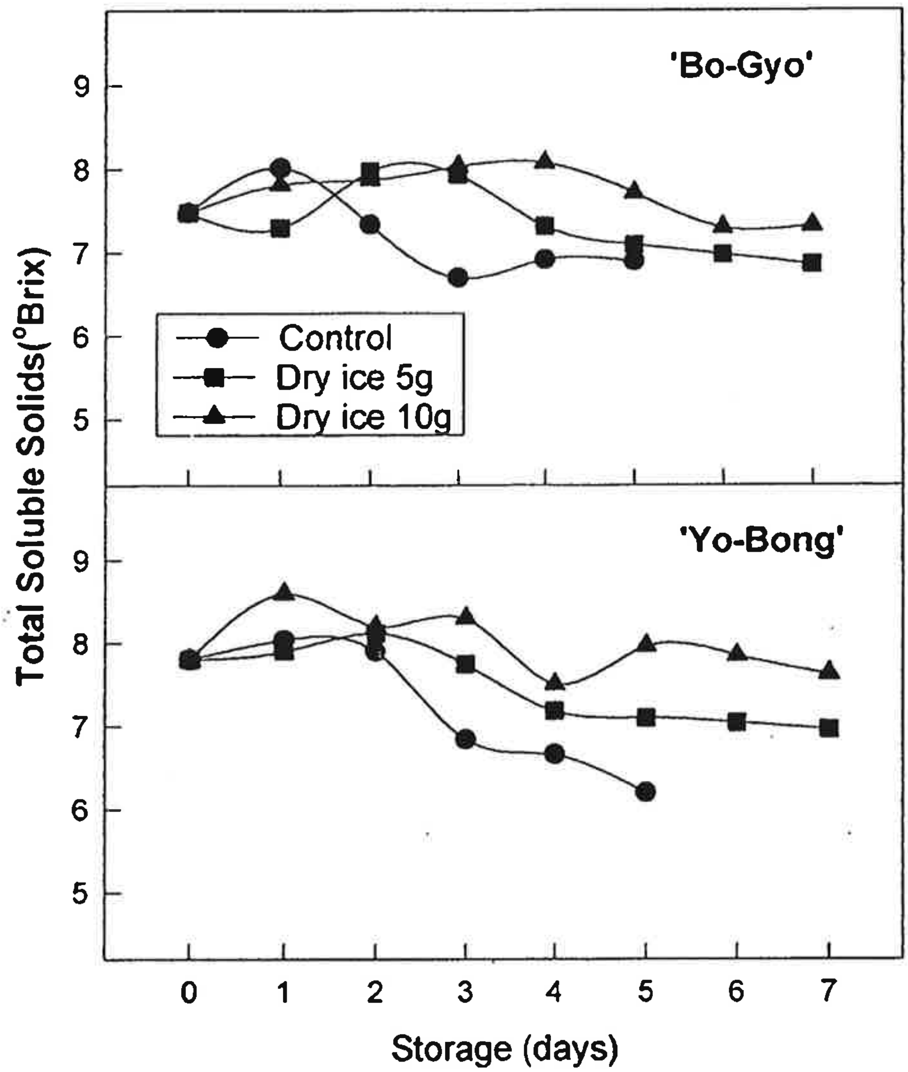

Fig. 2. Changes in total soluble solids content of 'Bo Gyo Cho -Saeng' and 'Yo Bong' strawberries during storage at room temperature.

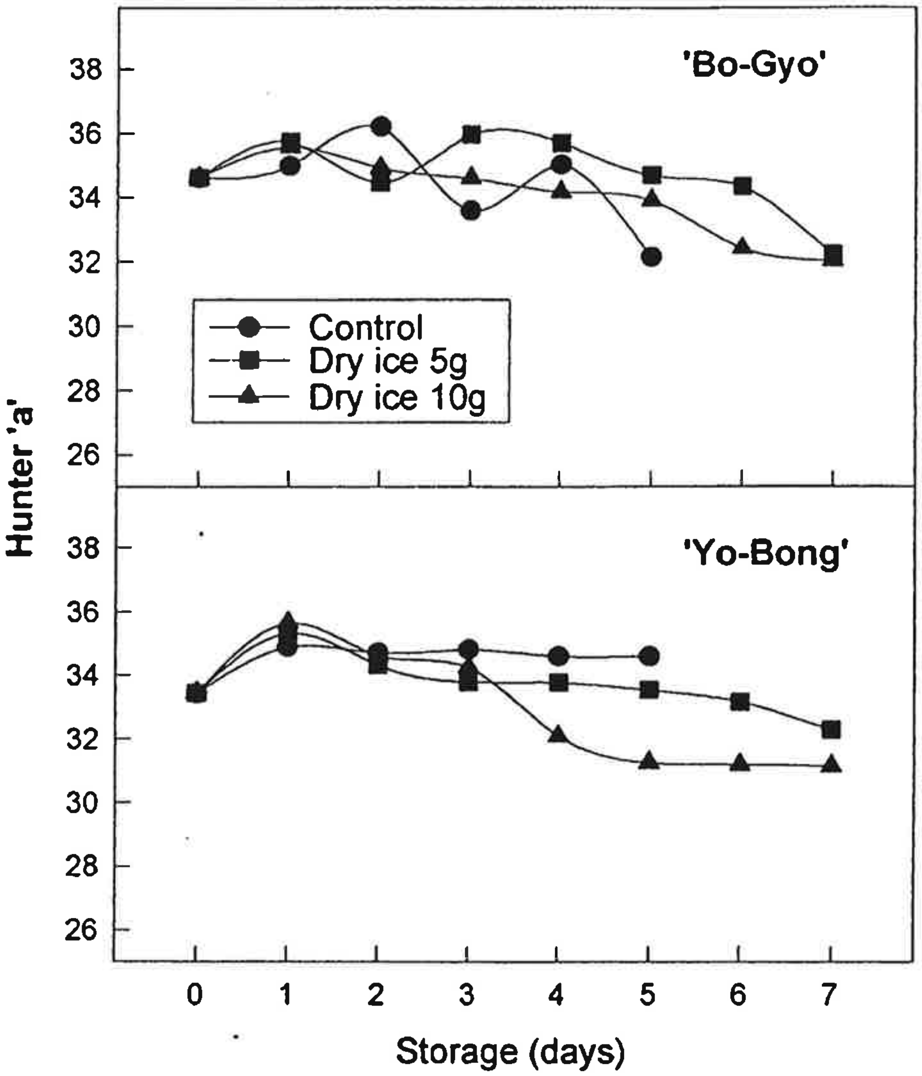

Fig. 3. Changes in Hunter 'a' value of 'Bo Gyo Cho Saeng' and 'Yo Bong' strawberries during storage at room temperature The 'a' value represents red-green.

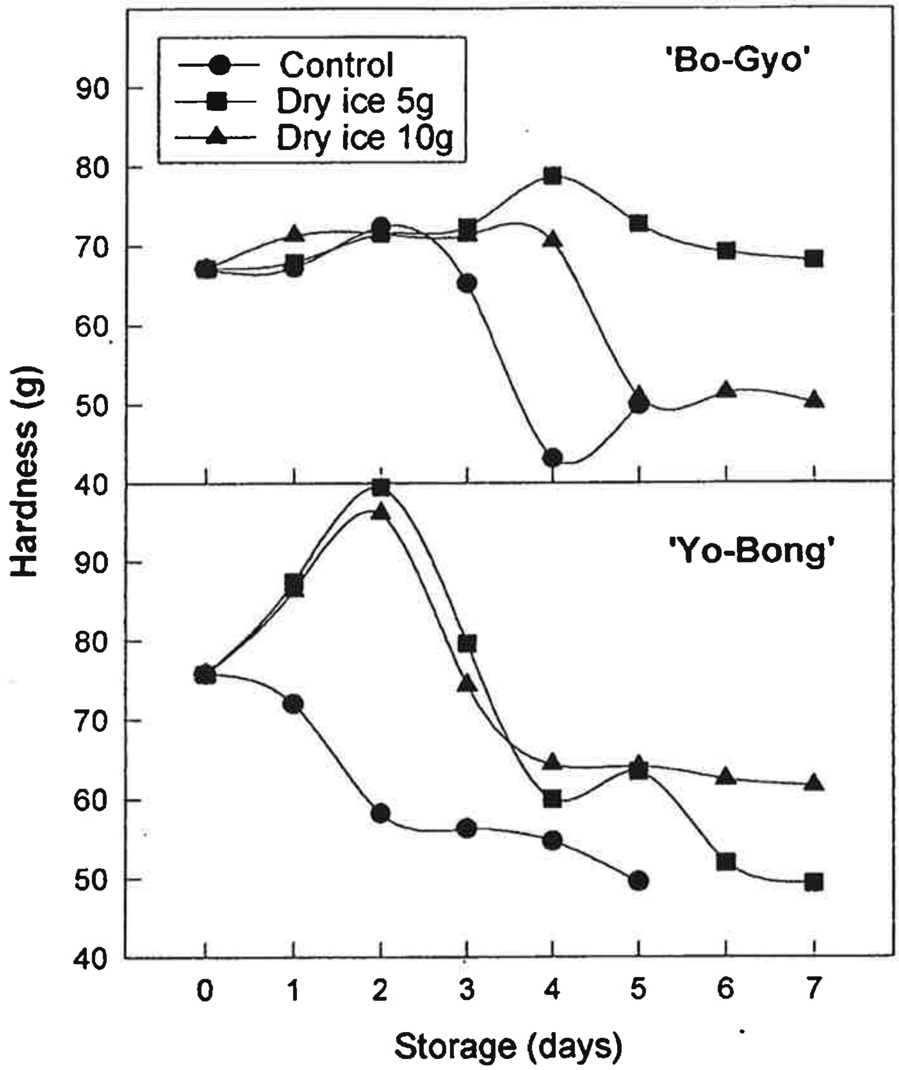

Fig. 4. Changes in hardness of 'Bo Gyo Cho Saeng' and 'Yo-Bong' strawberries during storage at room temperature

제 2 절 MA 저장시 나타나는 양송이의 생리현상 연구

1. 서설

재배되고 있는 양송이 (*Agaricus bisporus*)는 포자체를 재배중 주기적으로 생산하는데 이를 보통 갓 (flush)이라 부르고 이들의 집합체 (cap)는 식용 대상이 된다. 양송이는 국내의 신선 채소시장에서 소비가 급증하고 있으며 품질에 따라 판매량과 가격이 크게 좌우되는 작물이다. 양송이의 품질은 갓의 신선도에 의하여 좌우되는데 재배중에는 갓의 수가 많을수록 좋은 품질로 인정을 받으나 수확후에는 갓의 수가 많을수록 그만큼 물리적 상처를 받기가 쉽다. 수확후 취급과정에서 양송이가 상처를 받으면 증산이 빨리 진행되고 색깔이 변색되어 상품성을 잃어버리게 된다. 양송이의 좋은 품질을 결정짓는 요소로는 백색도 (whiteness), 청결도 (cleaness), 모양의 균일도 (uniformity), 그리고 갓의 열개정도 (closedness) 등으로 이러한 요인들은 수확후 여러 요인에 의하여 빠르게 변화된다(Berendse, 1984). 양송이는 특히 변색, 노화, 그리고 수분감소에 이은 질감의 변화로 인한 품질저하로 인해 수확후 손실이 크다. 이러한 문제를 해결하기 위한 연구로는 modified atmosphere packaging (MAP)을 이용한 방법과 예냉(Burton et al., 1987), 감마선 이용(Wahid과 Kovacs, 1980), 화학제 처리 (Guthrie and Beelman, 1989) 등으로 이는 주로 외국에서 진행되어져 왔다.

따라서 본 연구에서는 MA 저장이 양송이의 품질유지에 미치는 효과를 구명하기 위하여 PE 필름을 이용하여 수행하였다.

2. 재료 및 방법

1996년 7월 충남 보령시 성주면에서 재배 수확된 양송이를 공시재료로 이용하여 수확후 바로 실험에 이용하였다. 양송이의 선별기준으로 갓의 크기는 직경 30-50mm으로, 모양은 열개되지 않은 개체들만 선별하여 포장하였다. 실험에 이용된 포장재료는 polyethylene(PE) 재질로써 각각 0.03mm, 0.06mm 두께를 사용하였으며 양송이를 플라스틱 용기에 20개체씩 담아서 포장하였다. 대조구로는 뚜껑이 있는 플라스틱 용기에 담아 처리구 모두 1-2℃에서 10일간 저장하고 상대습도는 약 98%를 유지하였다. 각각의 분석항목은 다음과 같은 방법으로 수행되었다. 무게 (수분감소, %)는 처음무게를 기준으로 하여 백분율로 나타내었으며 갓의 열개정도는 모두 5단계 (그림2)로 구분하였다(Braun과 Noble, 1993). Color difference meter (CR300, MINOLTA/JAPAN)을 이용하여 갓부분의 색도를 Hunter L과 b값으로 표시하였고, 이산화탄소와 아세트알데하이드 발생량은 GC (Schmadzu/FID Model, Japan)를 이용하여 분석하였다.

3. 결과 및 고찰

수확후 품질열화가 급속히 진행되는 엽채류의 무게감량을 억제하기 위해서는 일반적으로 PE 필름처리가 효과적이라 보고되었는데(Yang, 등 1990), 양송이를

이용한 본 실험결과 저장후 10일째 0.03mm PE 필름을 이용할 경우 무게감소가 4% 정도인 반면 대조구에서는 10%로 나타났다(그림 1). PE필름 두께의 비교에서 0.03mm PE가 0.06mm 보다 약간 효과적인 것으로 나타났으나 처리간 통계적인 차이는 없었다. 양송이의 저장에서 갓의 노화를 지연시키는데 0.03mm PE 필름이 대조구에 비해 효과적이었는데 저장 10일째 열개정도의 기준에서 지수 1 정도의 차이였다(그림 2). 그러나 갓의 열개정도는 저장 5일후부터 지수 2이상을 나타내어 저장성이 제한되는 것으로 나타났다.

양송이의 품질평가는 주관적인 판단이 중요하나 갓의 변색은 기계적 분석으로 측정하는 것이 일반적이다. 갓부분의 변색정도를 나타낸 Hunter L과 b값의 변화는 대조구에서 가장 높게 나타나 갓의 색변화가 포장처리에 비해 뚜렸하였지만 포장처리간 차이는 없었다(그림 3, 4). 이러한 Hunter 값의 변화는 품질평가시 Burton 등 (1987)의 조사에서도 같은 결과였다.

이산화탄소와 아세트알데하이드 발생량은 필름의 두께에 따른 차이는 없었고 포장저장의 경우 대조구에 비해서 현저히 낮은 값을 보였다(그림 5, 6). 대조구에서 이산화탄소 발생량의 증가는 실험에 이용한 용기가 플라스틱 재질로 완전 밀폐하였기 때문으로 이와 반대로 PE 필름에서의 낮은 이산화탄소의 발생은 필름의 투과성에 기인하는 것으로 이해된다.

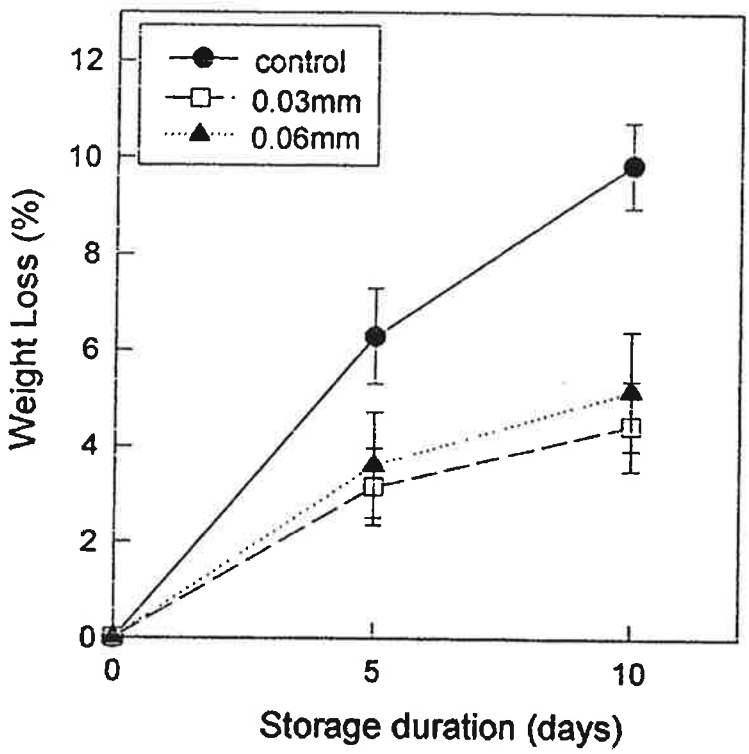

Fig .1. Effect of PE film thickness (mm) on weight loss(%) of mushrooms stored at 1-2°C. Bars indicate SD and four replication.

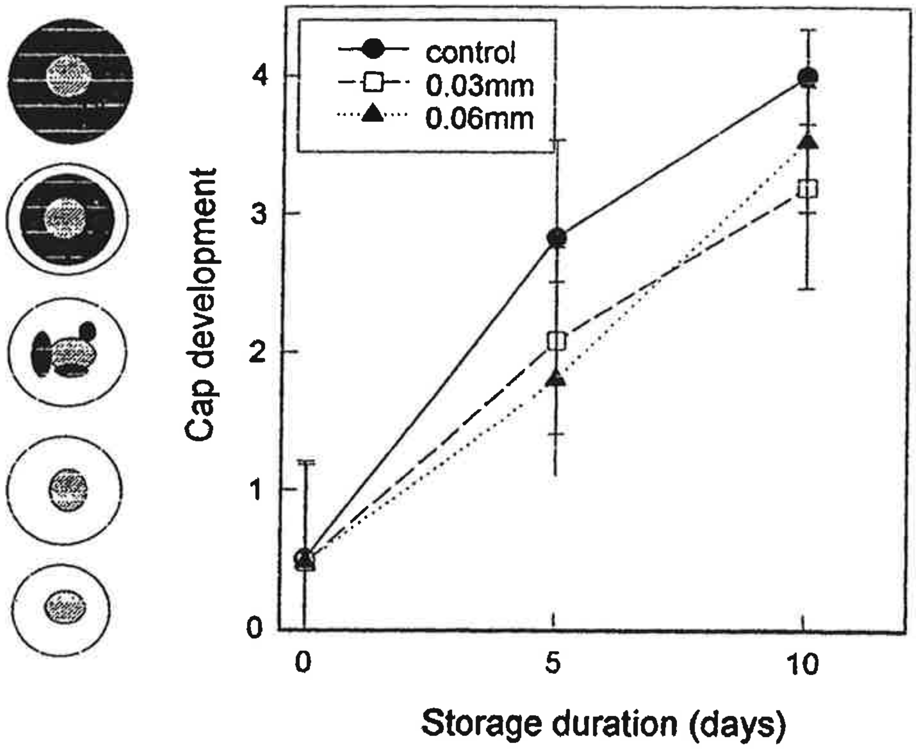

Fig .2. Effect of PE film thickness (mm) on cap development of mushrooms stored at 1-2°C. Bars indicate SD and four replication.

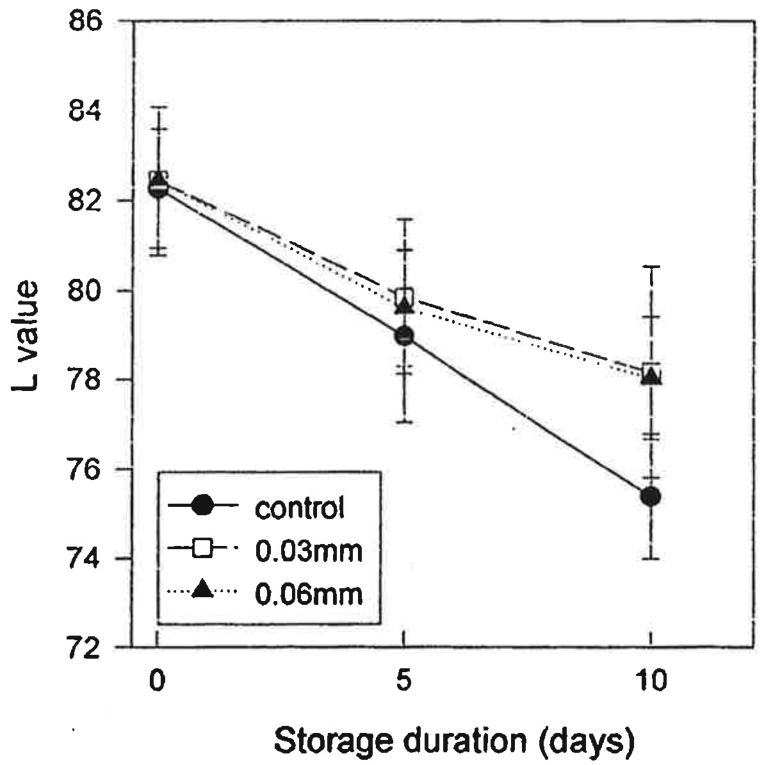

Fig .3. Effect of PE film thickness on L value of mushrooms stroed at 1-2°C. Bars indicate SD and four replication

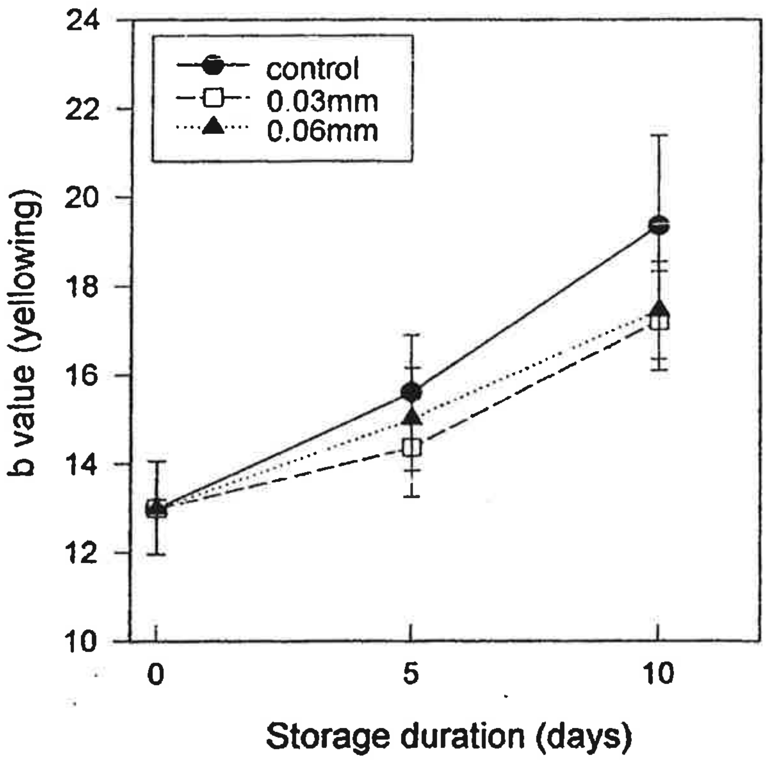

Fig .4. Effect of PE film thickness (mm) on b value of mushrooms stroed at 1-2°C. Bars indicate SD and four replication.

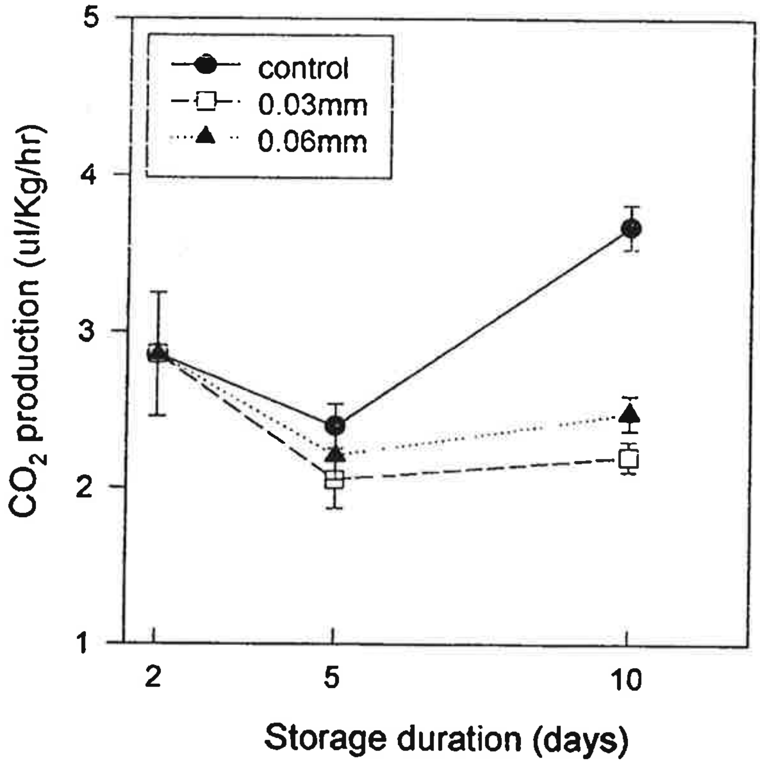

Fig .5. Effect of PE film Thickness (mm) on CO_2 production (ul/Kg/hr) of mushrooms stored at 1-2°C.
Bars indicate SD and four reolications.

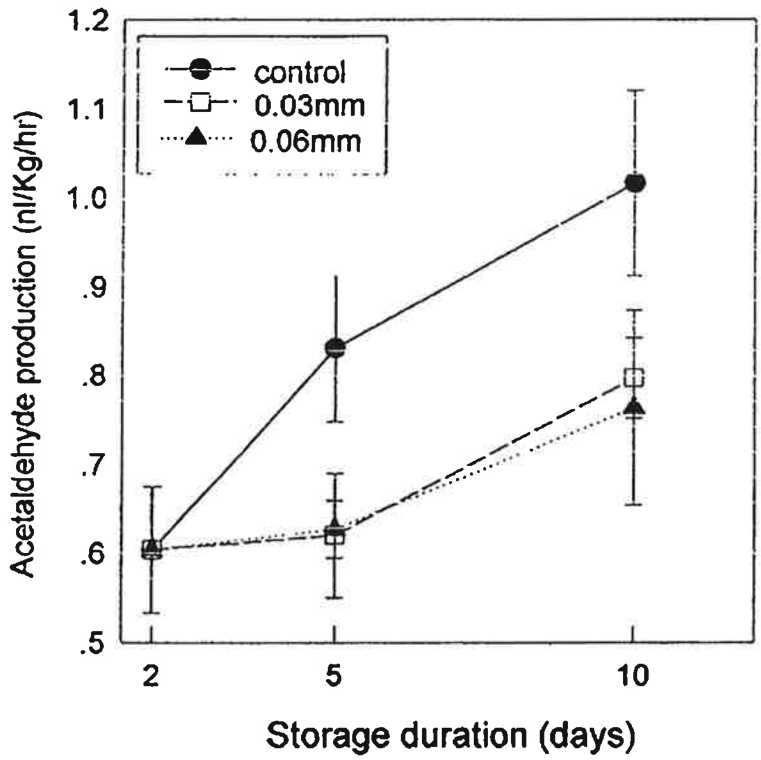

Fig .6. Effect of PE film thickness (mm) on acetaldehyde production (nl/Kg/hr) of mushroom stored at 1-2°C Bars indicate SD and four replications.

제 3절 딸기의 품질 유지에 관한 MAP(modified atmosphere packaging)의 효과

1. 서설

딸기는 수확 후 품질열화가 급속히 일어나는 작물로서 호흡량이 매우 높고 곰팡이에 의한 부패와 육질의 연화로 선도 유지가 매우 어려운 것으로 알려져 있다. 근래에 와서 국민 소득 수준이 높아지고 식생활이 개선됨에 따라 재배면적의 증가와 함께 딸기에 대한 수요도는 더욱 증가하고 있는 실정이다. 이러한 특징 때문에 딸기의 품질유지를 위한 연구가 활발히 진행되고 있으며 최근에는 새로운 포장재의 개발(Geong 등, 1995)이나 CA 저장(Smith 등, 1992; Li와 Kader, 1989), 강제순환식 예냉법(Wirth, 1994) 등을 딸기에 적용하려는 시도가 있다. 그러나 이러한 방법들은 시설비와 유지비 때문에 범용으로 이용하기에는 한계가 있어 최근의 이러한 연구 동향과 더불어 저장 비용이 저렴하고 손쉽게 관리가 가능하다는 측면에서 여러 작물에서 오래전 부터 이용되고 있는 MA 포장법의 개발로 그 효과를 개선하려는 연구가 행해지고 있다. MA 포장법으로는 개별 포장이나 소포장 단위가 주종을 이루고 있으며 이러한 MAP로 포장내 이산화탄소를 축적하여 과실의 호흡량을 억제, 대사 기질의 분해를 지연시키며 부패균의 생장을 억제시킴으로써 저장수명의 연장을 기대할 수 있다(Ben과 Zutkhi, 1992). 따라서 본 연구의 목적은 polyethylene film을 사용, 딸기의 품질 유지에 미치는 MAP저장의 효과를 알아보기 위해 수행되었다

2. 재료 및 방법

딸기 품종은 논산지역의 하우스에서 촉성재배된 보교조생으로 수확 당일 실험처리하였다. 저장온도는 0-1℃였으며 10일간 저장하였다. 저장용기는 가로×세로가 10×15cm인 플라스틱 스티로폴 제품이었으며 한 용기당 평균 20개체의 딸기를 담았다. 이것을 각각 0.01mm, 0.02mm polyethylene 필름으로 밀봉처리하였다. 또한 PE 필름 내부에 가스 투과 효과를 부여하기 위하여 0.01mm PE 필름으로 밀봉한 후 cork-borer를 이용하여 5mm 직경의 천공을 각각 5, 10, 20개씩 처리하였다. 각 처리당 3반복하였으며 PE 필름을 밀봉하지 않고 용기에 담은 처리구를 대조구로 하였다. 무게감량, 경도, 당도, 적정산도, 경도, 비타민 C 함량등을 저장 5일째와 10일째에 분석하였으며 관능검사를 실시하여 외부 및 내부품질 요인의 변화를 관찰하였다.

3. 결과 및 고찰

수확 후 작물의 무게 감량을 억제하기 위해서는 일반적으로 PE 필름 처리가 효과적이라고 보고되고 있는데 (Yang 등, 1990), 딸기를 이용한 본 실험에 있어서도 전체 저장기간 중 무게감량은 PE 필름 처리구에 비해 대조구에서 가장 크게 나타났으며 이는 저장환경내 상대습도 차이에 기인하는 것으로 사료된다(그

림 1). PE 필름 처리간 비교에 있어서는 0.02mm PE 필름 밀봉처리구에서 가장 적은 무게 감량을 나타냈고, 처리한 천공수가 많을수록 무게 감량은 크게 나타났다. 경도는 저장 10일째 0.02mm PE 필름 밀봉처리구에서 가장 높게 나타났으며 천공처리간 비교에서는 5개 천공 처리구가 비교적 높은 경도를 유지하였는데, 이러한 조건에서 경도가 비교적 높게 유지되었던 것은 필름 내부에 적절한 농도의 CO_2 축적과 함께 천공을 통한 가스 투과가 이루어져 에틸렌 제거에 의한 연화 억제 때문인 것으로 사료된다(그림 2).

저장기간 중 당도는 모든 처리구에서 감소하는 경향을 나타내었으며 0.01mm 및 0.02mm PE 필름 밀봉처리가 당 함량 유지에 비교적 효과적인 것으로 나타났다(그림 3). 적정 산도는 PE 필름 처리구가 대조구에 비해 더 높게 유지되었다(그림 4). MA 저장시 호흡속도 등을 감소시켜 효과적으로 작물의 저장 수명을 연장시킬 수 있다고 보고된 바 있는데(Cohen 등, 1990) 본 실험에서 PE 필름 처리구의 산도가 높게 유지되었던 것은 포장내에 적절한 MA 조건이 형성되어 호흡으로 인한 기질의 소모가 억제되었기 때문이라고 사료되었다. 비타민 C 함량은 PE 필름 처리구에 비해 대조구에서, PE 필름처리에 있어서는 천공의 수가 많을수록 그 함량이 낮게 나타났다(그림 5). 관능 검사 결과 대조구에서는 저장 5일째 이미 시장성을 상실한 반면, 0.01, 0.02mm PE 필름 밀봉처리구와 0.01mm PE + 5 holes 처리구에서는 저장 10일째까지 시장성이 남아 있었다(표 1). 또한 PE 필름 밀봉저장시 과습으로 인해 문제가 되는 decay 발생은 천공처리에 의해 다소 억제된 것으로 사료되었다(표 2). 한편 MA 저장시 필름내부의 부적절한 이산화탄소와 산소 농도로 인한 이취발생의 사례가 보고된 바 있다(Li와 Kader, 1989). 본 실험에서는 PE 필름 밀봉처리구보다 천공 처리구에서 비교적 높은 flavour score를 나타냈는데 이는 적절한 가스투과로 인한 이취발생 물질의 집적을 억제하였기 때문인 것으로 사료된다(표 2).

Table 1. Effect of packaging methods on external quality of strawberry during storage at 1C for 10 days.

Storage Duration	Packaging Method	External Quality Color	Decay	Appearance	Marketability
0		3.5Z	5.0	4.7	3.7
5	0.01mmPE	3.2	4.7	3.0	3.3
	0.02mmPE	3.3	4.8	3.3	3.4
	0.01mmPE+ 5holes	3.3	5.0	3.0	3.5
	0.01mmPE+10holes	3.2	4.8	3.0	3.2
	0.01mmPE+20holes	3.0	4.8	2.9	3.0
	control	2.9	4.7	2.4	2.5
10	0.01mmPE	2.8	3.9	2.8	3.0
	0.02mmPE	2.9	3.8	2.9	3.0
	0.01mmPE+ 5holes	3.0	4.3	2.9	3.1
	0.01mmPE+10holes	2.7	3.9	2.3	2.1
	0.01mmPE+20holes	2.5	4.0	2.5	2.1
	control	2.4	4.0	1.7	1.3

Z5=excellent, 4=good, 3=fair, 2=poor, 1=very poor.

Table 2. Effect of packaging methods on internal quality of strawberry during storage at 1C for 10 days.

Storage Duration	Packaging Method	Internal Quality			
		Firmness	Flavor	Juiciness	Sweetness
0		4.0Z	3.5	3.4	3.2
5	0.01mmPE	3.1	3.0	3.3	3.4
	0.02mmPE	3.3	3.0	3.3	3.3
	0.01mmPE+ 5holes	3.3	3.1	3.1	3.2
	0.01mmPE+10holes	3.0	3.0	2.8	3.1
	0.01mmPE+20holes	2.9	3.0	2.5	2.9
	control	2.5	2.9	2.5	3.0
10	0.01mmPE	2.8	2.6	2.9	2.5
	0.02mmPE	2.9	2.5	3.0	2.6
	0.01mmPE+ 5holes	3.0	2.8	3.0	2.6
	0.01mmPE+10holes	2.7	2.5	2.5	2.3
	0.01mmPE+20holes	2.5	2.5	2.3	2.1
	control	2.2	2.4	2.1	2.0

Z5=excellent, 4=good, 3=fair, 2=poor, 1=very poor.

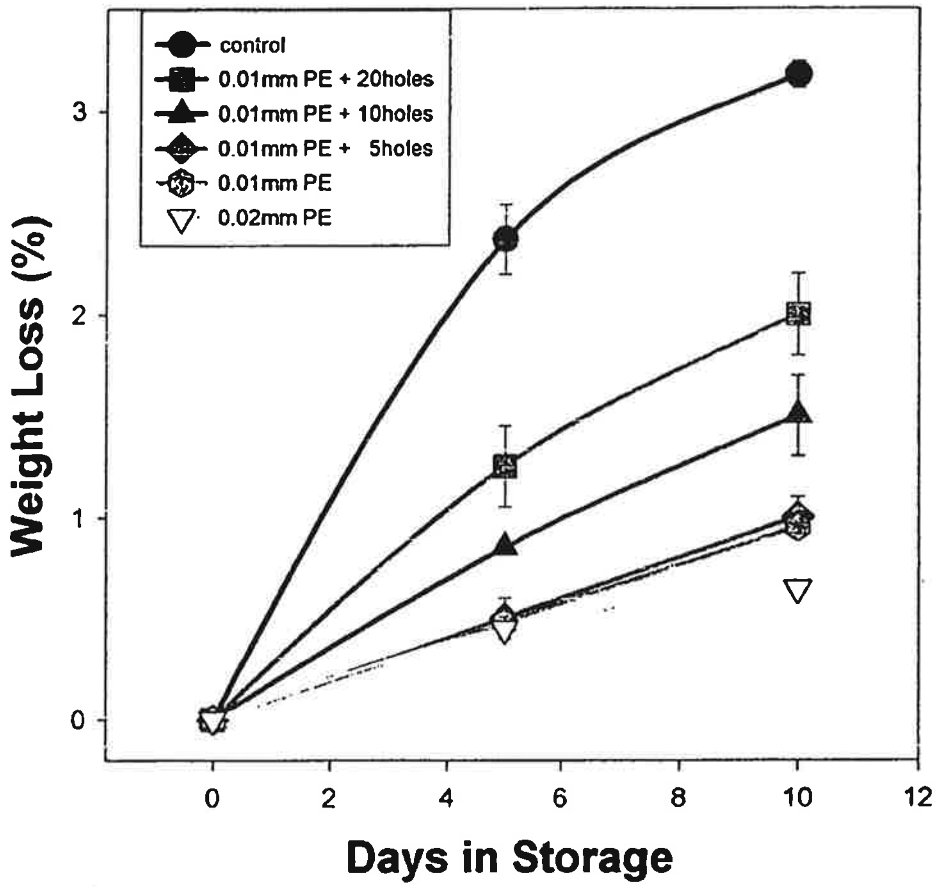

Fig.1.Changes of weight loss in strawberry treated with different packaging methods using PE film during storage at 0-1C for 10 days. Vertical bars represent standard deviation.

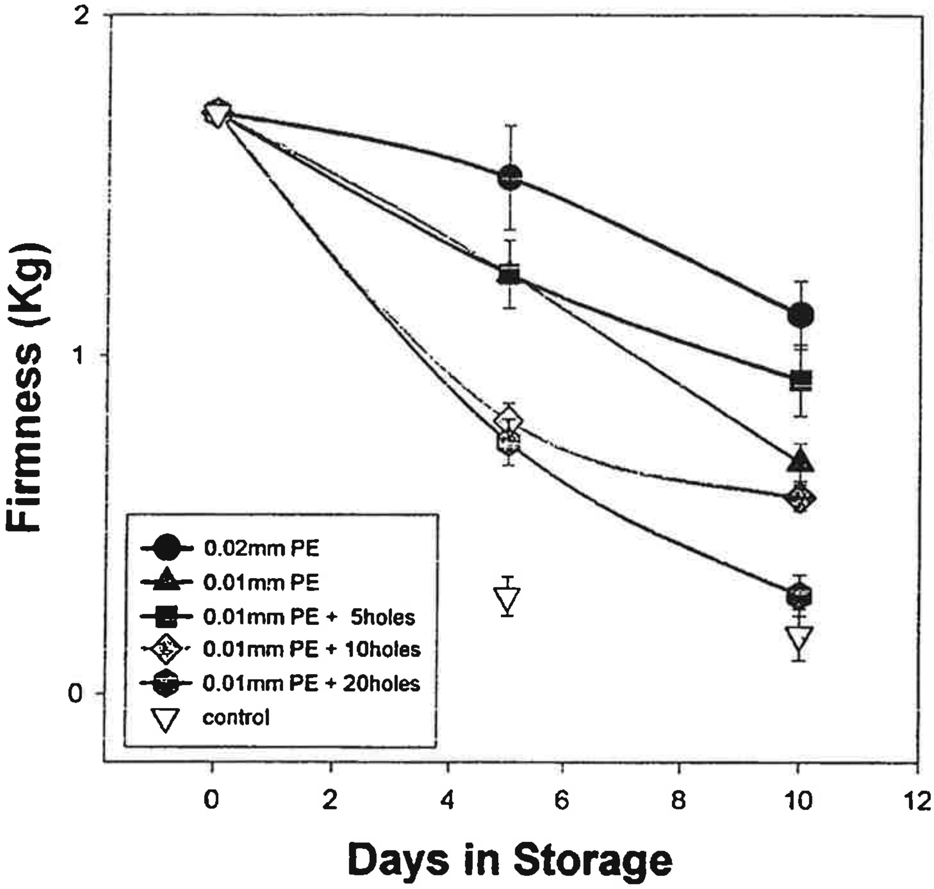

Fig.2. Changes of firmness in strawberry treated with different packaging methods using PE film during storage at 0-1C for 10 days. Vertical bars represent standard deviation.

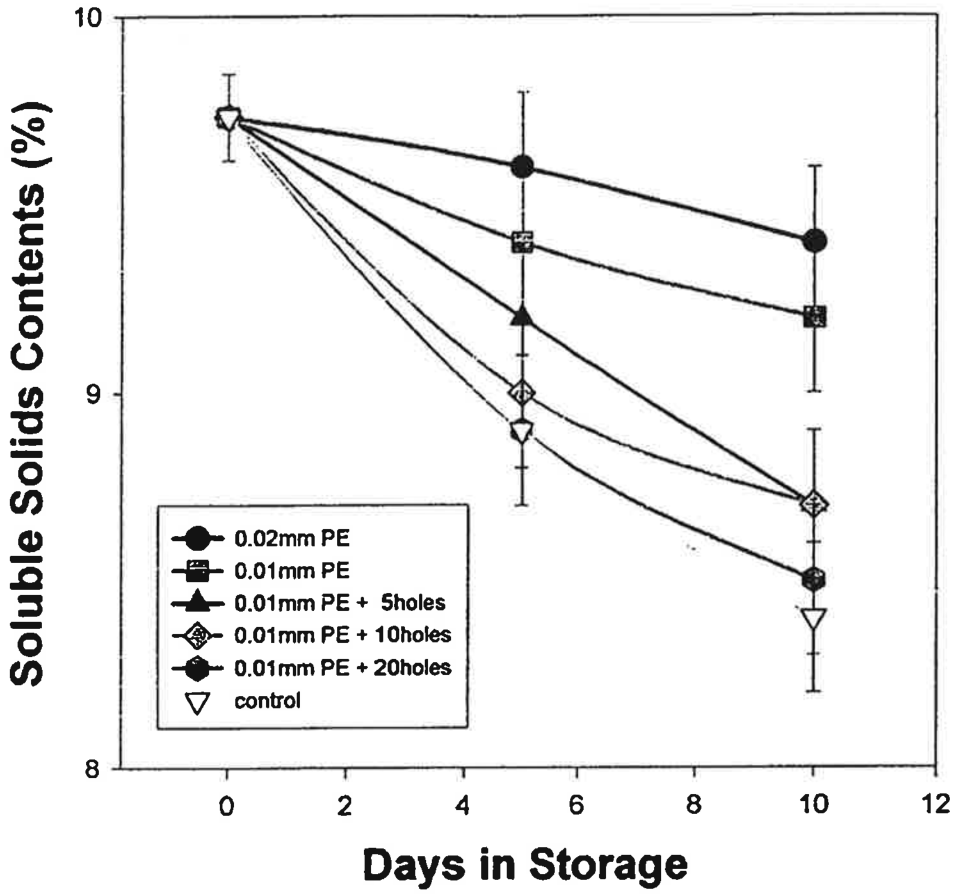

Fig.3. Changes in soluble solids contents in strawberry treated with different packaging methods using PE film during storage at 0-1C for 10 days. Vertical bars represent standard deviation.

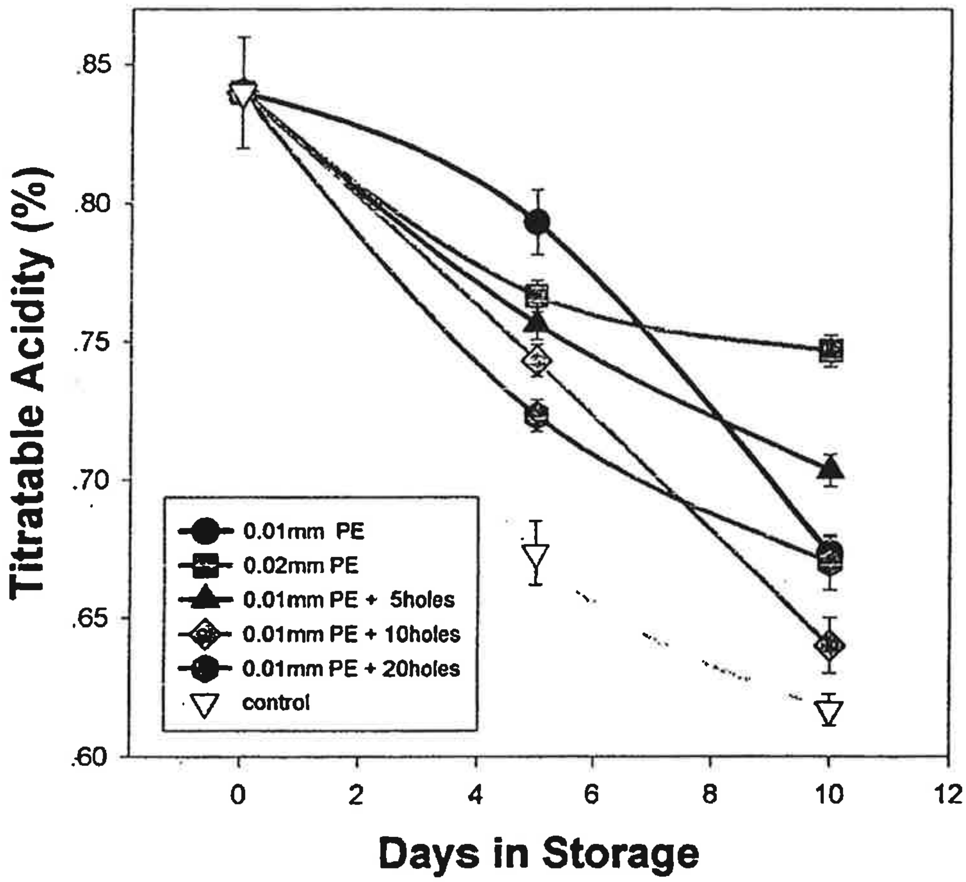

Fig.4. Changes in titratable acidity in strawberry treated with different packaging methods using PE film during storage at 0-1C for 10 days. Vertical bars represent standard deviation.

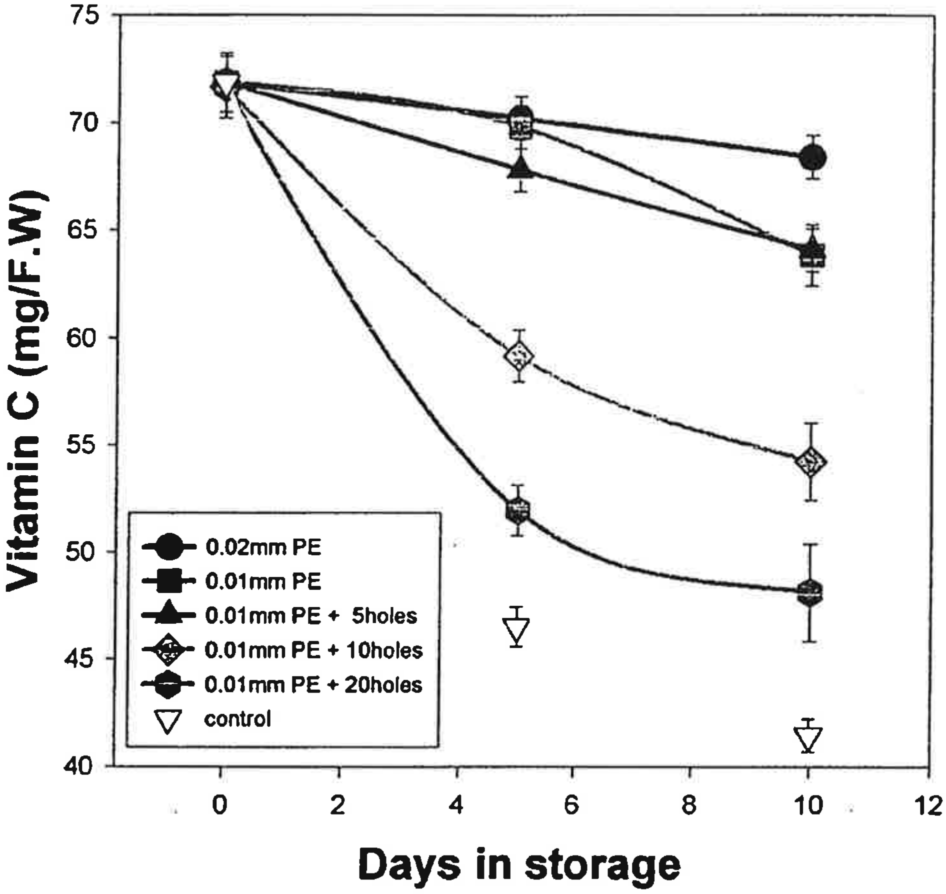

Fig.5. Changes of Vitamin C contents in strawberry treated with different packaging methods using PE film during storage at 0-1C for 10 days. Vertical bars represent standard deviation

제 4 절 수확 후 딸기의 품질 유지에 미치는 기능성 필름 포장 효과

1. 서설

Modified atmosphere (MA) 포장 내부의 대기환경은 작물 개체의 호흡과 포장재를 통한 가스의 투과가 서로 작용하여 유지된다(Ben-Arie과 Zutkhi, 1992). 이렇게 조절된 대기 환경은 호흡속도, 에틸렌 생성, 색깔과 조직감의 변화, 병원균에 의한 부패발생 등을 감소시켜 효과적으로 작물의 저장 수명을 연장시킬 수 있다(Cohen 등, 1990; Yang 등, 1990). 그러나 각각의 작물은 선도 유지에 적합한 가스 농도가 다르고 만일 부적절한 가스 환경이 조성될 경우 여러 가지 생리적인 장해가 발생, 이취를 비롯한 품질 저하를 초래하게 된다(Li와 Kader, 1989). 또한 포장내부의 과습상태로 인하여 수분이 응축되면 이로인해 부패과의 발생이 일어나기 쉽다(Ben, 1987, Van 등, 1977). 최근에는 이러한 MA 저장시 필요한 제반 조건을 고려하여 물질 투과성과 흡착성, 흡습력과 제습력에 차이가 있는 여러 가지 기능성 포장재를 작물의 저장에 도입함으로써 기존 포장재를 이용한 MA 저장 방법보다 더 효과적으로 원예작물의 선도유지를 도모할 수 있게 되었다. 따라서 본 실험은 딸기의 품질 유지에 미치는 여러 가지 기능성 필름의 효과를 알아보고 적합한 포장재의 선별을 위한 기초자료로 활용하고자 수행되었다.

2. 재료 및 방법

공시재료로 이용된 딸기 품종은 논산지역에서 억제재배된 '수홍'으로 수확 당일 실험실로 옮겨와 선별작업 후 실험처리하였다. 저장온도는 0-1℃였으며 13일간 저장하였다. 저장용기는 가로×세로가 10×15cm인 플라스틱 스티로폴 제품을 사용하였으며 한 용기당 평균 600-700g의 딸기를 담았다. 이것을 각각 0.03mm polyethylene film, antifogging-oriented polypropylene film, chitosan film, Bio-ceramic film을 사용하여 밀봉처리하였다. 또한 이들 처리구의 대조구로서 wrap을 사용하였으며 각각의 처리당 5반복하였다. 저장중 품질변화 및 생리적 변화를 알아보기 위하여 저장 4, 7, 10, 13일째 무게감량, 당도, Hunter 값, 경도, 산함량을 분석하였으며, 필름내부의 이산화탄소 함량, 에틸렌 함량을 조사하였다. 또한 관능검사를 실시하여 외부 및 내부품질 요인의 변화를 관찰하였다

3. 결과 및 고찰

전체 저장기간 중 무게감량은 증가하는 경향을 나타냈으며 저장 13일째 필름처리간 비교에 있어서 wrap과 0.03mm PE 필름 처리구에 비해 기능성 필름 처리구, 특히 방담 필름과 chitosan 필름 처리구에서 중량 변화가 적게 나타났다(표 1). 저장기간 중 당도는 모든 처리구에서 감소하는 경향을 나타내었으며 기능성 필름 포장처리가 wrap 및 0.03mm PE 필름처리에 비해 당 함량 유지에 비

교적 효과적인 것으로 나타났다. 그러나 기능성 필름간의 뚜렷한 당함량 차이는 나타나지 않았다(표 2). 경도는 저장 13일째 방담필름>Bioceramic, chitosan> wrap, 0.03mm PE 순으로 유지되었는데 이러한 조건에서 기능성 필름 처리구의 경도가 비교적 높게 유지되었던 것은 기능성 필름 내부에 적절한 가스투과가 이루어져 에틸렌 집적 등으로 인한 연화 작용이 억제되었기 때문인 것으로 사료된다(그림 1). Citric acid로 환산한 총 산함량은 전체 저장기간을 통하여 방담필름 처리구에서 가장 높게 나타났으며 wrap 처리구에서 가장 낮은 함량을 나타내었다(그림 2). 이는 방담 필름 포장 내에 보다 적절한 MA 조건이 형성되어 호흡과 이에 따른 기질의 소모가 억제되었기 때문이라고 사료되었다.

Hunter 'a'값은 수확시에 비하여 모든 처리구에서 증가하여 전체적으로 과피의 착색이 진행되었음을 알수 있었고 wrap과 0.03mm PE필름에 비해 기능성 필름이 착색 지연 효과가 있음을 알수 있었다(표 3). 필름내부의 이산화탄소 함량은 저장 4일째 가장 높게 나타났으며 전체 저장 기간을 통하여 chitosan 필름 처리구에서 약 5.3%-7.2% 정도로 유지되어 처리구중 가장 높은 함량을 나타내었다(그림 3). 한편 본 실험에서 딸기의 품질 유지에 비교적 효과적인 필름으로 사료되었던 방담 필름 처리구의 경우 필름내부의 이산화탄소 함량은 4-6% 정도로 나타나 딸기의 저장에 이 범위의 이산화탄소 농도를 도입하는 것이 좋을 것이라 사료되었다. 한편 에틸렌 함량의 경우 전체 처리구에서 1.1 ppm 이하의 낮은 농도를 나타내었고 wrap과 0.03 mm PE 필름 처리구에서 비교적 높은 에틸렌 함량을 나타내었다(그림 4). 관능 검사 결과 wrap 처리구에서는 저장 10일째 이미 시장성을 상실하였고 0.03 mm PE 필름 처리구의 경우 저장 13일째 시장성을 상실하였다(표 4). 한편 기능성 필름 처리구의 경우 저장 13일째까지 시장성이 남아 있었는데 특히 방담 필름 처리구와 chitosan film 처리구의 시장성이 높게 유지되었다. 저장 13일째 decay 발생은 항균 필름인 chitosan 필름 처리구에서 비교적 적게 나타났다. 이취 발생을 조사한 결과 기능성 필름의 flavor score가 비교적 높게 나타났으며 이는 필름의 적절한 가스투과로 인한 이취발생물질의 집적을 억제하였기 때문인 것으로 사료된다(표 5).

Table 1. Changes in weight loss (%) of strawberry treated with different packaging film during storage at 0±1℃ for 13 days.

Days in storage	Kinds of film[z]				
	Wrap	PE	AF-OPP	CF	BC
4	2.0a[y]	1.8a	0.4b	0.5b	0.9b
7	2.9a	2.6a	0.8b	1.1b	1.3b
10	3.1a	2.9a	1.2b	1.4b	1.7b
13	4.1a	3.8a	1.4b	1.8b	2.5ab

[z]PE; Polyethylene film, AF-OPP; Antifogging-Oriented Polypropylene film, CF; Chitosan film, BC; Bioceramic film.
[y]Means separation within treatments by Duncan's multiple range test at 5% level.

Table 2. Changes in soluble solids contents(%) of strawberry treated with different packaging film during storage at 0±1℃ for 13 days.

Days in storage	Kinds of film[z]				
	Wrap	PE	AF-OPP	CF	BC
0	9.2				
4	7.8b[y]	8.2ab	9.3a	9.1a	8.7a
7	7.4b	7.7b	8.7a	8.7a	8.5a
10	7.1b	7.5b	8.3a	8.4a	8.1a
13	6.7b	7.1b	8.2a	8.0a	8.0a

[z]PE; Polyethylene film, AF-OPP; Antifogging-Oriented Polypropylene film, CF; Chitosan film, BC; Bioceramic film
[y]Means separation within treatments by Duncan's multiple range test at 5% level.

Table 3. Changes in Hunter 'a' value of strawberry treated with different packaging film during storage at 0±1℃ for 13 days.

Days in storage	Kinds of film[Z]				
	Wrap	PE	AF-OPP	CF	BC
0	32.9				
4	38.2a[y]	36.9ab	34.0b	35.3b	36.2ab
7	40.0a	39.2a	36.7b	37.0b	38.4ab
10	41.0a	40.3a	37.1b	38.6ab	39.5a
13	42.3a	41.1a	38.4b	39.2ab	40.0ab

[Z]PE; Polyethylene film, AF-OPP; Antifogging-Oriented Polypropylene film, CF; Chitosan film, BC; Bioceramic film.

[y]Means separation within treatments by Duncan's multiple range test at 5% level.

Table 4. Effect of different packaging films on external quality of strawberry during storage at 0±1℃ for 13 days.

Days in storage	Kinds of film	External Quality			
		Color	Decay	Appearance	Marketability
0		3.6Z	5.0	4.6	4.5
4	Wrap	3.5	4.3	3.8	3.8
	PE	3.5	4.5	4.0	4.1
	AF-OPP	3.5	5.0	4.5	4.4
	CF	3.5	5.0	4.5	4.4
	BC	3.5	4.8	4.3	4.3
7	Wrap	3.1	3.8	3.3	3.2
	PE	3.2	4.0	3.5	3.5
	AF-OPP	3.5	4.9	4.3	4.3
	CF	3.4	4.9	4.3	4.3
	BC	3.4	4.5	4.1	4.2
10	Wrap	2.9	3.2	2.9	2.5
	PE	3.0	3.7	3.1	3.0
	AF-OPP	3.4	4.7	4.2	4.1
	CF	3.3	4.7	4.2	4.1
	BC	3.3	4.2	3.7	3.8
13	Wrap	2.4	2.5	2.5	2.2
	PE	2.8	3.4	2.7	2.6
	AF-OPP	3.3	4.5	4.0	3.9
	CF	3.3	4.6	4.0	3.8
	BC	3.1	4.0	3.5	3.6

Z5=excellent, 4=good, 3=fair, 2=poor, 1=very poor.

Table 5. Effect of different packaging films on internal quality of strawberry during storage at 0±1℃ for 13 days.

Days in storage	Kinds of film	Internal Quality			
		Firmness	Flavor	Juiciness	Sweetness
0		4.5Z	4.9	4.8	4.7
	Wrap	4.2	4.5	4.5	4.4
	PE	4.3	4.5	4.5	4.5
4	AF-OPP	4.4	4.8	4.7	4.6
	CF	4.4	4.8	4.7	4.5
	BC	4.3	4.7	4.6	4.5
	Wrap	3.5	3.7	3.8	3.6
	PE	3.9	4.0	4.2	4.1
7	AF-OPP	4.2	4.6	4.5	4.4
	CF	4.1	4.6	4.4	4.3
	BC	4.0	4.4	4.4	4.3
	Wrap	3.0	3.2	3.1	3.2
	PE	3.2	3.6	3.5	3.6
10	AF-OPP	4.0	4.4	4.3	4.1
	CF	3.9	4.3	4.0	4.0
	BC	3.8	4.1	3.7	3.8
	Wrap	2.6	2.9	2.8	2.8
	PE	2.8	3.0	3.2	3.3
13	AF-OPP	3.6	4.2	4.0	3.9
	CF	3.5	4.0	3.8	3.8
	BC	3.2	3.8	3.8	3.5

Z5=excellent, 4=good, 3=fair, 2=poor, 1=very poor.

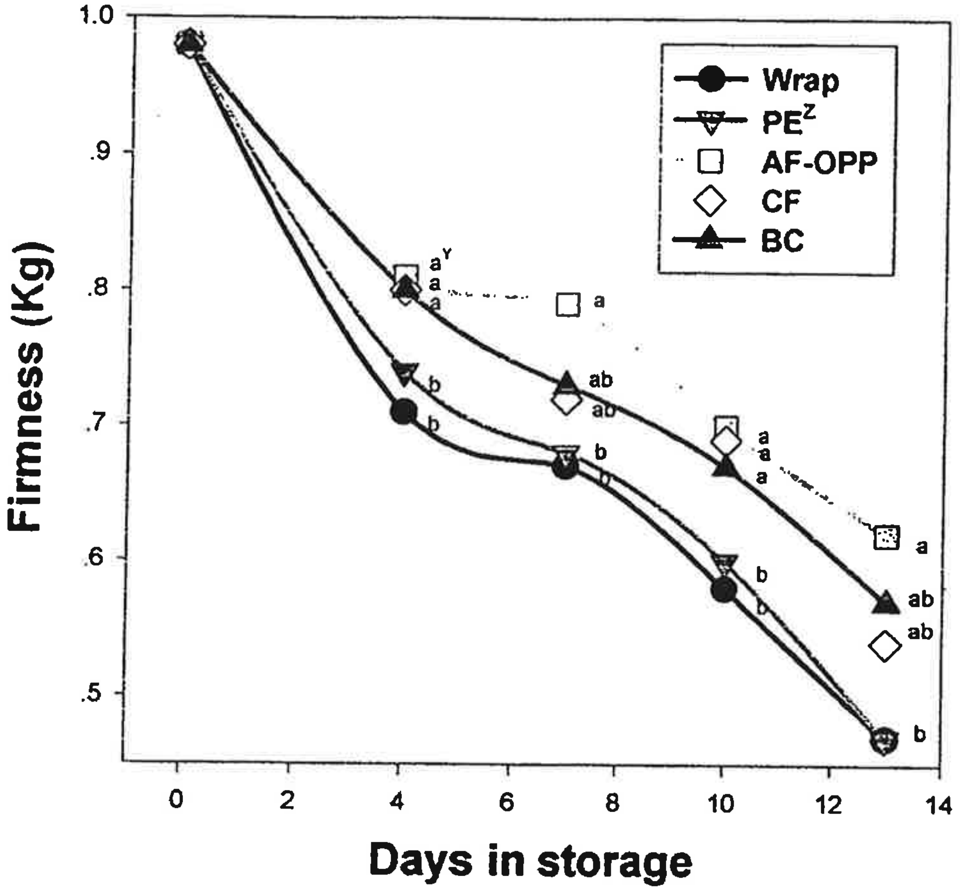

Fig.1. Changes in firmness of strawberry treated with different packaging films during storage 0-1C for 13 days.

Z PE; Polyethylene film, AF-OPP; Antifogging-Oriented Polypropylene film, BC; Bioceramic film

Y separation within treatment by Duncan's multiple range test at 5% level

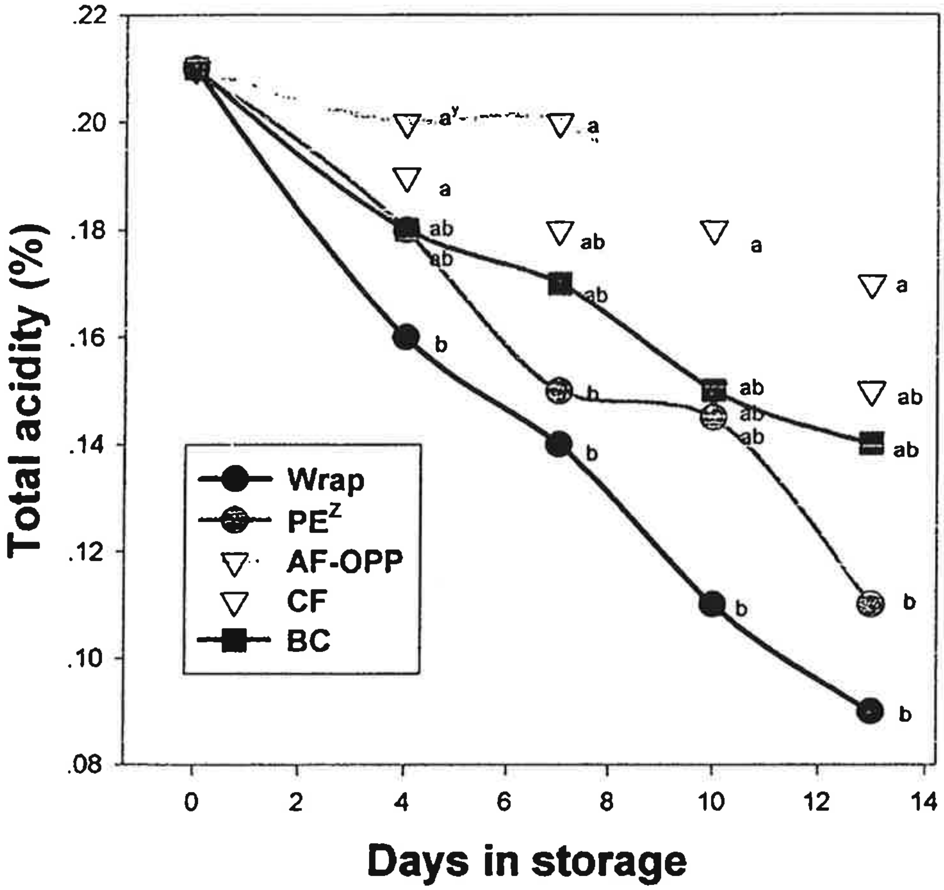

Fig.2. Changes in total acidity of strawberry treated with different packaging films during storage 0-1C for 13 days.

Z PE; Polyethylene film, AF-OPP; Antifogging-oriented Polypropylene film, BC; Bioceramic film

Y separation within treatments by Duncan's multiple ranges test at 5% level

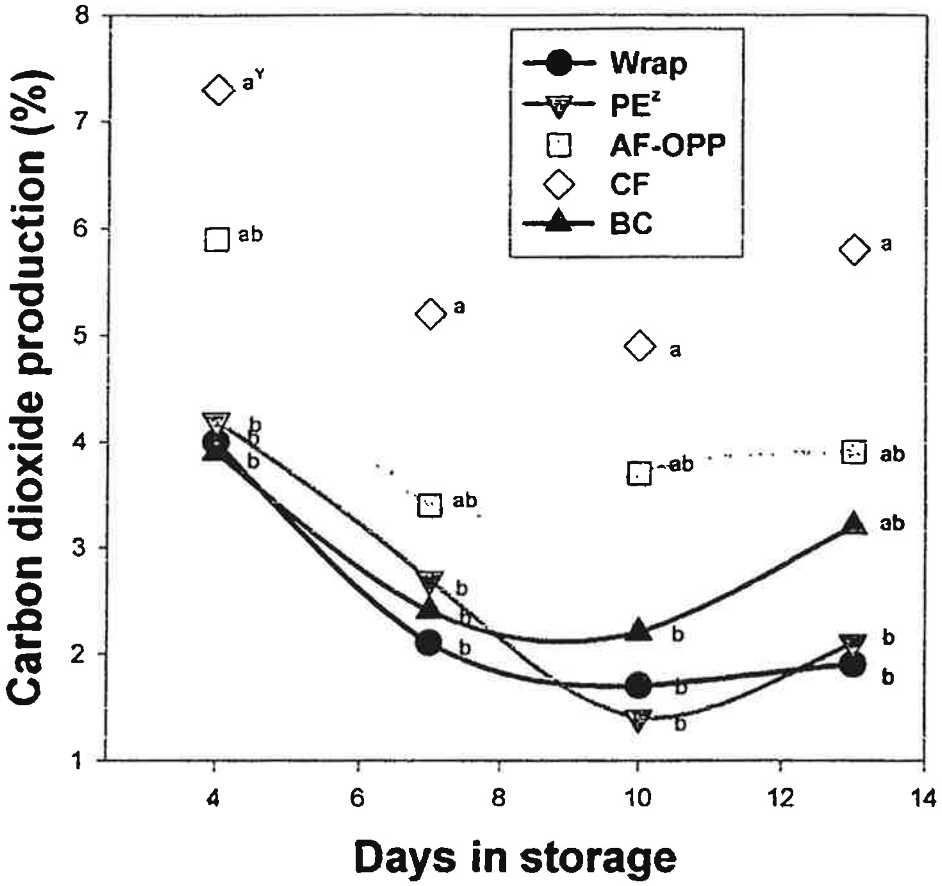

Fig.3. Changes in carbon dioxide production of strawberry treated with different packaging films during storage 0-1C for 13 days.

Z PE; Polyethylene film, AF-OPP; Antifogging-Oriented polypropylene film, BC; Bioceramic film

Y separation within treatment by Duncan's multiple range test at 5% level

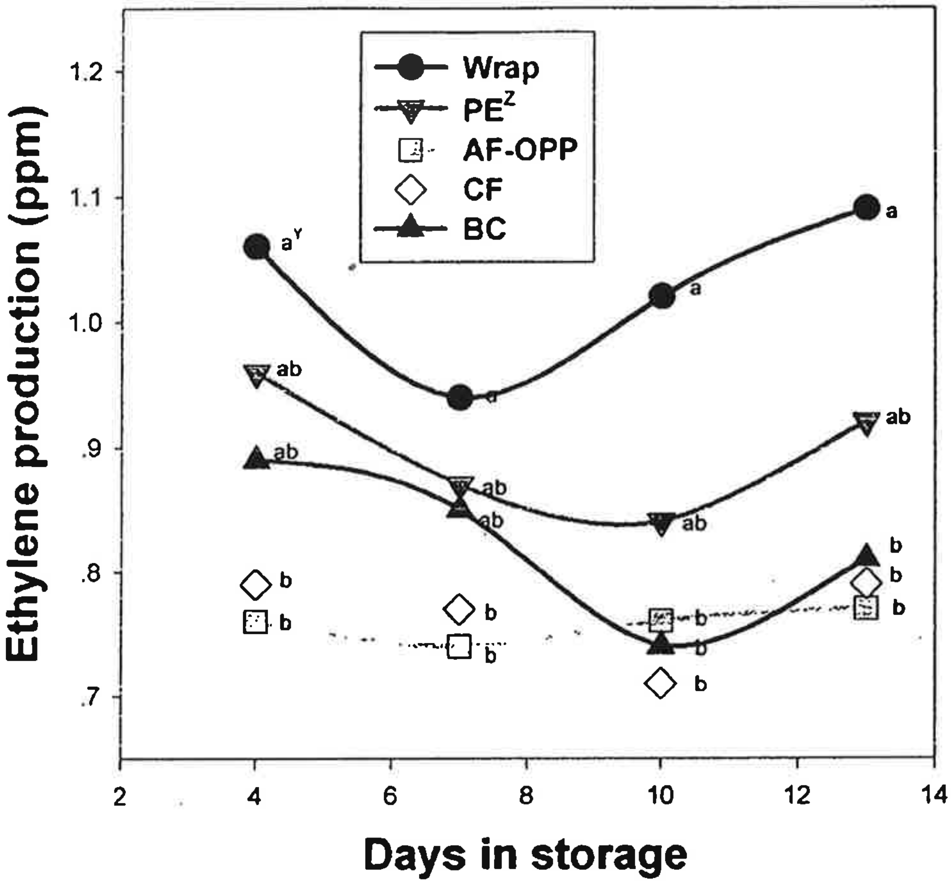

Fig.4. Changes in ethylene production of strawberry treated with different packaging films during storage 0-1C for 13 days.

[Z] PE; Polyethylene film, AF-OPP; Antifogging-Oriented Polypropylene film, BC; Bioceramic film

[Y] separation within treatment by Duncan's multiple range test at 5% level

제 5절 토마토와 오이의 선도유지를 위한 포장재료의 효과 및 MA포장법 개발

1. 서설

오이의 저장 중에 상품가치를 손실하는 가장 큰 원인은 과실의 부패 및 중량감소에 있다. 증발에 의한 수분감소는 과실의 위조와 연화의 원인이 될 뿐만 아니라, 상품가치의 하락을 가속화시킨다. 증산작용에 의한 중량감소 및 저온장해는 polyethylene film으로 과실을 개별포장 하거나, 가식성 필름(Edible film coating)에 의해 상당히 방지할 수 있다.

가식성 필름으로 coating 하면 청과물의 선도유지와 노화를 지연시켜 저장기간을 연장하는데 효과적이다. 갑각류나 곤충의 표피를 구성하는 물질인 Chitosan은 반투성 film을 형성하는 능력과 함께 항균작용이 있다고 알려져 있으며, 병원미생물이 침입하면 미생물의 세포벽을 분해하는 효소의 생성을 유도한다고 보고된 바 있다. Chitosan은 식물의 세포벽을 구성하는 셀룰로스와 구조가 흡사한데, 단지 글루코스마다 아미노기(N-glucosamine)가 연결되어 있는 점이 다르다. 포장필름내부의 공기조성은 필름의 가스투과성과 저장되는 청과물의 호흡량에 의해 달라진다. 일반적으로 원예작물의 포장에 이용되고 있는 필름은 표 1과 같이 제작 원료나 제작과정에 따라 매우 다양한 물리, 화학적 특성을 나타낸다. 그리고 청과물 또한 생육단계, 수확전 처리, 저장온도 등에 의해서도 호흡량은 상당히 다르다. 그러므로 저장대상 작물에 적합한 필름의 선발은 작물의 생리특성을 반드시 고려해야 할 사항이다. 본 연구는 토마토, 방울토마토, 그리고 오이의 상품성 향상을 위하여 시판중인 필름을 대상으로 MAP에 적합한 필름을 선발하고자 수행되었다.

Table 1. Physical characteristics of fruits and vegetables packaging films.

Kinds of film	Gravity (g/CC)	water transmission (g/24hrs/m2)	Gas permeability (CC/25.4μℓ/m2/24hrs)	
			O2	CO2
Cellulose Acetate	1.25-1.35	Very high	1800- 3100	7700-52000
BOPPz	0.91	4	2400	8400
CPPy	0.88-0.90	8-10	1300- 6400	7700- 2100
HDPEx	0.91-0.93	18	3900-13000	7700-77000
MDPE	0.93-0.94	8-15	2600- 5200	7700-13000
LDPEw	0.94-0.97	5-10	520- 3900	3900-10000
PVCv	1.23-1.37	8<	77- 7510	-
PETu	1.35-1.39	15-30	52- 130	180 - 390

zBOPP: Biaxially-oriented polypropylene.
yCPP: Coextruded Polypropylene.
xHDPE: High density proethylene.
wLDPE: Low density proethylene.
vPVC: Polyvinyl chloride.
uPET: Polyester.

2. 재료 및 방법

가. 토마토 포장실험

토마토 과실은 안성군 농가에서 수경재배된 서광 102호 품종의 병해가 없고 비교적 균일한 크기 및 녹숙토마토를 수확하여 실험실로 옮겼다. 과실을 증류수로 깨끗이 씻은 다음 건조후 실험을 실시하였다. 실험에 사용된 필름은 polyethylene film(PE), OPP(oriented polypropylene), PE incorporated with zeolite 필름을 가로 세로 25cm씩 잘라서 bag을 만들고 중앙에 고무마개를 부착하여 주사기를 이용 gas를 포집할 수 있도록 고안하였다. 공시된 필름의 특성은 다음과 같다.

Zeolite - 광물성 재질로 된 필름

Polyethylene - 범용 플라스틱으로 값이 싸서 잡화용, 포장용, 농업용 등 대량으로 사용

Oriented Polypropylene (OPP) - 엔지니어링 플라스틱으로 상당한 강도와 강성을 가짐.

Polyvinyl chloride- 가정용 랩필름

색도측정은 포장재를 씌워 sealing 하기 전에 색도 측정기로 12개의 과실 모두 한 곳의 색을 1회 측정하였다. 그리고 실험 마지막 날 포장재를 모두 벗기고 1회 측정하였다. 색도측정은 Color Difference Meter (Hunter ab, CQ 1200X)를 사용하였고 L(Lightness factor), a, b(chromaticity coordiantes)값 중에서 'a'를 표시하였다.

a. Hunter Color Difference Meter. Value a.

b. 숙성단계의 육안측정

- Br : 1
- Tr : 2
- P : 3.4
- LR : 5
- RR : 6

포장내부의 O_2와 CO_2 농도는 GC (Young-In Scientific Co. LTD. M680D)로 분석하였다. 경도측정은 토마토의 적도 부근에서 cork borer로 찍어 과육을 취한 후 껍질을 얇게 벗겨 경도측정기 (Universal testing instrument)를 이용하여 shear force를 측정하여 나타난 수치로 비교, 분석하였다. 당도 및 pH 측정은 토마토를 각각 믹서기에 잘라 넣어 갈은 다음, 그 즙으로 간이 굴절당도계를 이용하여 당도를 측정하였고 pH meter기를 이용하여 pH를 측정하였다.

나. 방울토마토 MAP 포장

경기도 안성군의 시설재배 농가에서 양액재배한 Mini-Carol 품종 중 Turning stage와 Red stage의 과실을 구입하여 공시재료로 사용하였다. 구입한 방울토마토는 시판중인 chlorax(4.0%)를 0.5%로 희석해서 열과를 방지하기 위해 10초간 순간 침지하여 소독한 후, 처리별로 5개의 과실을 가로×세로(12×12cm) 크기의 백색의 플라스틱 접시에 담은 후 각각의 필름으로 포장하였다. 포장된 필름은 공기가 새지 않도록 sealer(Model, HI-300 Lovero Hi-com sealer)를 이용하여 밀봉한 후 25℃ 상온에 저장하였다. 본 시험에 사용된 필름의 종류 및 물리적 특성은 표 2에 나타낸 바와 같다.

Table 2. Kinds of plastic fims used cherry tomatoes packaging.

	Kinds of film	Thickness (μm)
LDPE	Low density polyethylene	30
HDPE	High density polyethylene	30
PP	Polypropylene	30
BOPP	Biaxially-oriented polypropylene	30
CPP	Coextruded Polypropylene	30
PET	Polyester	30
PVC	Polyvinyl chloride	60
CA	Cellulose acetate	60
H1	Polyethylene-based film	20
H2	Polyethylene-based film	30

다. 오이의 선도유지 및 포장시험

(1) **기능성 포장재의 적용**

가식성 기능성 포장재료로서는 갑각류의 표피에서 추출되는 chitosan**과 해조류의 고분자 탄수화물인** alginic acid**를 이용하였다. 경기도 안성군 농가에서 하우스 재배한 반백다다기 오이**(Cucumis sativus L.)**를 수확하여 외관상 상처부위가 없고 색깔과 크기가 비슷한 것으로** 30**개를 선발하여 증류수로** 2**차례 세척하여 실험에 사용하였다. 각 처리구는 표** 3**에 나타냈다.** Chitosan(Sigma Co.)**은 유발에서 잘게 갈아서** 20mesh **체로 걸른 후** 0.2N **초산으로 녹인 후, 용액의** pH**를** 5.5**로 조정하였으며,** alginic acid(Sigma Co.; high viscosity)**는 온수에 녹였다. 각용액에 전착제를 첨가하여** 0.2%**로 조성하였다. 각 처리마다** 10**개의 오이를 임의로 선발하여 붓으로** coating**한 후,** 90**분간** 60C dry oven**에서 건조시켰다. 표면이 완전히 마른후 각 처리별로 통기가 되는** plastic **용기에 담아** 25℃**에 저장한 후, 매** 2**일마다 생체중을 조사하였다.**

Table 3. Edible film coating of cucumber.

Treatment	Coating material	Concentration
A	None	-
B	Chitosan(Sigma C3646)	1.5%
C	Alginic acid(Sigma A7128)	1.0%

(2) Chitosan 농도별 표면처리의 저장성 비교

수용성 chitosan(Sigma C3646)을 0.5, 1, 1.5, 2%의 농도로 만들어 각 농도의 용액을 10개의 오이의 표면에 coating 하였다.

(3) 포장재의 선발

시중에서 구입한 오이를 시판중인 chlorax(4.0%)를 0.5%로 희석해서 열과를 방지하기 위해 10초간 순간 침지하여 소독한 후, 처리별로 3개의 과실을 가로×세로(20×30cm) 크기의 백색의 스티로폼 접시에 담은 후 각각의 필름으로 포장하였다. 포장된 필름은 공기가 새지 않도록 band sealer(Model, HI-300 Lovero Hi-com sealer)를 이용하여 가열·가압 방식으로 밀봉한 후 25℃ 상온에서 저장하였다. 공시된 필름의 종류 및 제원은 방울토마토 시험과 동일하였다.

(4) 저장 중 오이의 품질검사

오이의 생체중을 매 1일마다 조사하였고, 과피의 색도는 Color different Meter(Minolta 300)를 이용하여 과피의 세부분을 측정한 후 평균을 내었다. 색도는 Hunter 'L', 'a', 'b' 값을 조사하였고 'a/b' 값을 계산하였다. 육안으로 시들은 정도를 매 1일마다 조사하였다.

3. 결과 및 고찰

가. 토마토의 포장재에 의한 품질평가

토마토는 전형적인 클라이맥터릭 과실로서 ripening이 진행되기 위해서는 에틸렌이 계속 필요하다고 알려져 있다. 따라서 모식물체에서 30% 정도 착색이 진행된 과실을 수확하여 MAP를 도입하게 되면, 이미 시작된 ripening이 지연되면서 추숙기간이 연장된다. 또한 필름에 따라 가스의 투과성이 다르므로 토마토 과실에 적합한 필름의 선택이 중요하며, 동시에 취급이 용이해야 한다. 다음은 그러한 점을 고려해 공시한 몇가지 필름으로 저장한 실험의 결과이다. 추숙에 따른 토마토의 중량변화는 표 1과 같다.

Table 1. Change in fresh weight of tomato fruit during modified atmosphere packaging with breaker stage of fruit.

	Days in storage						
Films	0	1	2	3	4	5	6
Control	568±48	562±41	553±38	557±42	553±67	543±65	507±111
OPP	553±17	568±19	553±21	550±8	558±13	561±16	555±10
HDPE	613±13	625±13	608±15	613±12	618±17	618±17	610±10
PVC (wrap)	535±44	540±40	525±44	533±39	538±42	530±47	520±40

Fruit were harvested at breaker stage(Average±SD).

Table 2. Change in fresh weight of tomato fruit during modified atmosphere packaging with turning stage of fruit.

	Days in storage						
Films	0	1	2	3	4	5	6
Control	493±36	-	480±42	498±41	503±43	480±42	473±49
OPP	408±9	-	405±10	417±6	418±13	410±0	410±10
HDPE	423±40	-	420±43	417±15	410±10	407±12	403±15
PVC (wrap)	416±30	-	410±27	427±23	418±33	408±32	410±27

표 1, 2에서 보는 바와 같이 토마토 과실은 추숙이 진행됨에 따라 중량이 감소하는 경향이나, 통계적인 유의차는 없었다. 대조구인 무포장구의 중량감소가 가장 심하였다. Plastic film 종류에 따른 추숙연장의 효과가 얼마나 있는지 알아보기 위해 대조구와 필름종류에 따라 육안을 통해 그리고 Hunter Color Difference meter로 과실의 착색을 측정하였다.

Table 3. Color change of tomato fruit during modified atmosphere packaging at the end of storage.

Plastic film	Color rating	Hunter 'a' value
Control	6.0±0.0	28.1±2.3
OPP	2.9±0.3	16.9±2.9
HDPE	4.9±0.3	27.0±6.3
Wrap(PVC)	6.0±0.0	29.9±1.4

추숙연장의 효과는 방담필름 > 고밀도필름 > 염화비닐 > 대조구 순이었다. 그러나 색도측정을 통해본 추숙연장의 효과는 방담필름과 고밀도 필름에서는 확실히 나타났으나 염화비닐의 효과는 대조구와 차이를 보이지 않았다. 토마토 숙성단계별로는 Turning**단계에서 포장을 실시하면,** Breaker**단계에서의 필름포장보다 추숙지연에는 효과가 적었으나, 과실의 당도 등의 품질은 양호할 것으로 사료되었다. 여러 가지** Plastic film**에** Breaker**단계와** Turning**단계의 토마토를 포장하여 추숙의 연장효과와 변화과정을 살펴보았다. 과피색의 변화는 대조구가** Red Ripe**상태가 되었을 때** Hunter Color Difference Meter**와 육안판정을 비교하였다. 방담필름과 고밀도 폴리에틸렌 필름에 의한 포장은 토마토의** Ripening **속도를 현저하게 늦춤으로써 추숙연장의 높은 효과를 보였다.**

Table 4. Effect of plastic film packageing on color development of tomato fruit.

Film / Expt	Zeolite		PE		OPP		Control	
	Beginning	End	Beginning	End	Beginning	End	Beginning	End
1	- 1.18	17.12	0.91	25.36	0.77	20.83	3.87	29.08
2	- 3.94	4.22	- 3.28	27.92	2.02	23.69	2.59	31.96
3	- 6.57	30.56	- 1.37	30.23	- 4.79	23.57	0.99	31.91
Mean	- 3.90	17.30	- 1.30	27.8	- 2.0	22.7	2.5	31.0

Table 5. Quality comparison of tomato fruit packaged with different films.

Films	Zeolite	PE	OPP	Control
Firmness(N/M2)	25.3	13.5	19.4	21.3
Sweetness	5.2	5.3	5.1	5.3
pH	4.40	4.38	4.38	4.35

이상의 결과를 요약하면, 토마토의 MAP**용 필름은** OPP**계가 적합하며 방담처리된 것이 상품성 유지가 가장 우수한 것으로 나타났다. 이 필름은 취급이 용이하며, 열봉합성도 우수하여 생산현장에서 사용하기에 소정의 투자만으로 쉽게 적용할 수 있다고 판단된다.**

나. 포장필름의 종류에 따른 방울 토마토 과실의 품질

방울토마토 재배농가의 과실 수확은 농가마다 다소 차이는 있었지만, 대개 반숙상태인 Turning 시기부터 늦게는 완숙과 직전인 Light red 단계에서 이루어진다. 따라서 본 실험에서는 Turning단계와 Light red단계의 과실을 수확하여 성숙단계별로 MAP 저장 실험을 실시하여 각 수확단계에 적합한 MAP 저장용 필름을 선발하고자 하였다

(1) Turning 단계 과실의 포장시험

방울토마토 과피의 약 30% 정도 착색된 Turning 단계의 과실을 포장필름별로 MAP저장 후 10일이 지나자 무처리구 과실에서 후숙이 완료되었다고 판단되어 포장필름간 과실의 품질을 비교하였다. 무처리구에서의 과실은 착색의 진행이 급격히 일어나 저장 4-5일 경에는 필름 처리구에 비해 육안으로 확연한 차이를 보였다. 저장 7일경에는 과피에 주름이 지는 과가 발생하였는데 호흡 발생에 따라 환원당이 감소하고 수분이 증발했기 때문일 것으로 사료된다. 이는 23℃에서 녹숙과의 방울토마토를 후숙시켰을 때 급격한 환원당 감소에 따른 생체중 감소가 있었다는 Picha(1986) 등의 보고와 일치하였다.

표 1은 방울토마토 과실을 포장 필름별로 MAP저장 전후의 Hunter 'L', 'a', 'b', 'a/b'값을 측정 비교한 것이다. 과피의 선명도를 보여주는 'L'값은 모든 처리구에서 저장기간 동안 감소하였다. 대조구에 비해 모든 처리구에서는 'L'값의 감소가 적었다. 처리구 내에서는 CA필름이 가장 선명했고, PE 계통의 필름보다는 PP계통의 필름인 PP, OPP, CPP에서 'L'값의 감소가 적었다. 'a'값과 'a/b'값은 저장기간이 지남에 따라 증가하였으며, 과실의 적색도를 나타내는 'a'값은 HDPE 필름이 가장 높은 반면, PP필름이 가장 낮았다. 'a/b'값도 PP필름이 가장 낮았으며 대조구가 가장 높았다. 'b'값은 감소하였는데, CA필름이 20.9로 가장 높았으며 대조구는 10으로 가장 낮았다. 토마토는 숙성단계의 진행에 따라 엽록소 함량이 감소하고 antocyanin과 lycopene의 생성량이 증가하며, 적색도를 나타내는 'a'값은 증가하고 'b'값은 Turning 단계까지 증가하다 감소한다는 결과와 잘 일치하고 있었다(Kader, 1986). 즉 무포장구의 과실이 정상적으로 착색이 진전되는 동안 필름포장구의 과실은 착색이 억제되었으며, 이는 과실의 호흡 및 숙성에 관여하는 호르몬인 에틸렌의 발생 등이 감소되어 과실의 숙성이 지연되었으리라 판단된다. 처리구에서도 PP 및 CA 포장구에서 색발현이 현저하게 억제되었다. 과실과 채소의 고형물은 유기산, 아미노산, 펙틴 등의 수용성 성분도 포함되어 있지만 대부분이 당류이므로 SSC로 당도를 표시할 수 있다. 저장후 과실의 당도는 처리간 통계적인 유의성은 나타났으나 LDPE 필름이 7.2로 가장 높았으며 PP필름이 5.1로 가장 낮아 포장용 필름에 따라 당도의 차이가 컸다(표 2). 과실의 산도는 H1필름이 5.0으로 가장 높았고 CA필름은 4.3으로 가장 낮았다. 대과종 토마토의 경우 적정산도는 Breaker 단계에서 가장 높으며 이후로는 감소한다는 보고가 있다(Dalal 1965, Winsor 1962). 경도는 성숙될수록 낮아지고, 품종간에 유의차가 나타났다. PVC필름으로 포장된 과실의 경도가 가장 단단한

반면 PP 필름처리구가 가장 낮았다.

본 실험에 사용된 PE 필름은 필름의 투명도가 낮아 시각적인 효과가 떨어졌고, CA 필름은 두께가 0.06mm으로 실용적으로 사용하기에 곤란하였으며, PP는 필름내부에 수분이 응결되는 단점이 있었다. 동일한 소재인 BOPP는 수분의 결로를 방지하는 처리가 되어 있어 저장성도 높았으며, 투명성 또한 매우 양호하였다.

Table 1. Skin color of cherry tomatoes in different packaging films.

Kinds of film	Color (Hunter value)							
	Beginning				End			
	'L'	'a'	'b'	'a/b'	'L'	'a'	'b'	'a/b'
Control	44.1z	5.2	26.6	0.2	31.4d	18.7ab	10.0e	2.0a
H1	43.4	8.1	25.0	0.3	33.0bcd	19.0ab	12.4de	1.6a
H2	42.3	8.4	23.8	0.4	32.4cd	18.1ab	11.5e	1.6a
LDPE	43.3	6.0	23.1	0.3	32.9bcd	17.8ab	12.8cde	1.4a
HDPE	43.0	6.7	23.5	0.3	32.6cd	19.6a	12.5de	1.6a
PP	44.0	6.3	24.5	0.3	36.6a	10.3d	18.1ab	0.6a
OPP	41.8	9.0	23.2	0.4	34.8abc	14.8bc	15.4bcd	1.0a
CPP	43.6	6.6	24.2	0.3	35.5ab	16.6ab	16.3b	1.0a
PET	42.3	8.7	23.3	0.4	33.2bcd	17.7ab	12.5de	1.5a
PVC	43.4	6.8	24.0	0.3	35.0abc	17.3ab	16.0bc	1.1a
CA	44.0	6.1	23.9	0.3	37.2a	12.4cd	20.9a	0.9a

zMean separation within columns at DMRT 5% level.

Table 2. Soluble solids content, pH, compressibility of cherry tomatoes in different packaging films.

Kinds of film	Quality		
	SSC (Brix)	pH	Compressibility (10^3 • N/m^2)
Control	6.4abz	4.5ab	38.5ab
H1	5.3b	5.0a	35.7ab
H2	6.0ab	4.5ab	34.1bc
LDPE	7.2a	4.4b	37.3ab
HDPE	5.9ab	4.4b	35.2ab
PP	5.1b	4.8ab	21.9d
OPP	6.0ab	4.5ab	34.2bc
CPP	6.0ab	4.5ab	35.6ab
PET	6.5ab	4.4b	37.7ab
PVC	6.5ab	4.4b	44.8a
CA	5.9ab	4.3b	25.2cd

zMean separation within columns at DMRT 5% level.

(2) Light red **단계 과실의 포장실험**

방울토마토 과피 전체가 밝은 선홍색으로 착색되어진 Light red**단계의 과실을 포장필름별로** 7**일간 후숙시킨후 대조구와 처리구간의 과실의 품질을 비교하였다**. **육안 관찰시 대조구의 과실은 저장** 3-4**일경 과피에 주름이 지는 과가 발생하였으며 저장 종료시에는 과피의 주름의 정도가 심해져 과실의 상품성이 현저히 떨어져 있었다**. **그러나 처리구의 과실은 저장 종료시까지 과실의 품질유지에 효과적이었다**.

표 3**은 방울토마토 과실을 포장 필름별로** MAP**저장 후의** Hunter 'L', 'a', 'b', 'a/b'**값을 측정 비교한 것이다**. **과피의 선명도를 보여주는** 'L'**값은 저장 종료후** PP**와** LDPE**가** 31.4**로 가장 높은 수치를 보였으며** 'L'**값이** 30.4**인 대조구에 비해 유의차를 보였다**. 'a'**값은 모든 처리에서 저장 종료후 증가하였으며 처리간 통계적 유의성은 없었다**. **수치상으로는** CA**가** 13.8, PP**가** 13.7**로** 12.9**의** 'a'**값을 보인 대조구보다 높은 수치를 나타내었으며** H2**가** 1.3**으로 가장 낮은 수치를 보였다**. Hunter 'a/b'**값은 무처리가** 1.5**로 가장 높았으며 필름 처리간에는 수치상으로도 차이를 보이지 않았으며 통계적 유의차는 없었다**. Hunter 'L'**값이나** 'a/b'**값에서 좋은 효과를 보였던** PP**나** CA**의** Hunter 'a'**값이 대조구에 비해 높은 수치를 보여 과실 숙성에 따라** 'a'**값이 증가한다는** Kader**의 보고와는 다른 경향을 보여주었다**. **그러나 방울토마토는 품종에 따라** Hunter 'a'**값이** Light red**단계와** Red**단계에서 최정점을 보인다는 보고가 있었고 공시품종인 미니캐롤의 경우도** Light red**단계에서 최고수치를 보이다** Red**단계로 진행될수록 낮아지는 경향을 보인다**

는 보고가 있었다.(서, 김 1996) 따라서 PP와 CA의 경우 Hunter 'a'값이 다른 필름처리에 비해 높은 수치를 보였지만 저장초기에 과실이 Light red 단계였음을 감안한다면 후숙의 진행속도가 다른 품종에 비해 완만함을 알 수 있다. 즉 다른 품종은 최정점의 'a'값을 지나 감소하는 단계까지 후숙되었으나 두 처리구에서만은 최정점의 단계까지만 후숙이 진행되었거나, 최정점을 지났더라도 Light red 단계에서 많은 진행을 하지 않았다고 판단할 수 있다. MAP저장 종료후 처리 필름별 과실의 가용성 고형물의 함량(SSC)과 pH, 경도의 비교는 표 4와 같다. 당도는 대조구가 7.2로 가장 높았고 필름 중에서는 LDPE필름이 6.4로 높았으며 포장필름별로는 큰 차이를 나타내지 않았다. 과실의 산도 포장 필름별로 큰 차이를 나타내지 않았다. 과실의 경도는 PP를 제외한 모든 필름처리구에서 대조구보다 낮았으며, 특히 OPP, H2, PET, CPP 필름등이 더욱 낮았다. 과실의 경도는 과실의 표피가 터질 때까지의 압착력으로 평가하였는데, 필름포장에 의해 표피가 연해져서 수송성은 저하되지만, 저작감은 오히려 향상되는 것으로 판단된다. 이러한 결과는 본 실험의 최종목표인 상품성 유지기간의 증대라는 면에서는 긍정적인 효과라고 사료된다.

Table 3. Skin color of cherry tomatoes in different packaging films.

Kind of films	Color			
	'L'	'a'	'b'	'a/b'
Control	30.4abz	12.9	8.3	1.5a
H1	30.4ab	12.2	8.3	1.5a
H2	30.3ab	11.3	8.9	1.3a
LDPE	31.4a	12.5	9.3	1.3a
HDPE	30.8ab	12.4	9.9	1.3a
PP	31.4a	13.7	9.4	1.4a
OPP	30.9ab	12.7	9.2	1.4a
CPP	31.2a	11.8	9.3	1.3a
PET	29.7b	13.2	9.9	1.3a
PVC	30.8ab	12.1	9.0	1.4a
CA	31.1ab	13.8	10.2	1.4a

zMean separation within columns at DMRT 5% level.

Table 4. Soluble solids content, pH, compressibility of cherry tomatoes in different packaging films.

Kinds of film	Red stage		
	SSC	pH	Compressibility(10^3・N/m^2)
Control	7.2az	4.4a	30.8
H1	6.1a	4.6a	25.5
H2	6.2a	4.5a	21.9
LDPE	6.4a	4.6a	25.6
HDPE	6.0a	4.6a	28.9
PP	5.3a	4.5a	32.9
OPP	6.0a	4.6a	21.6
CPP	6.3a	4.5a	22.4
PET	6.0a	4.6a	21.7
PVC	6.1a	4.5a	27.6
CA	5.5a	4.6a	25.3

zMean separation within columns at DMRT 5% level.

(3) MAP 저장시 포장내부의 공기조성

MAP 저장 중 포장내부의 공기조성은 방울토마토 과실이 호흡을 하면서 O_2를 소모하고 CO_2를 발생하여, O_2의 농도는 낮아지고 CO_2의 농도가 높아진다. 또한 필름의 gas 투과성에 따라 포장내부의 공기조성에 변화가 생기며, 과실의 호흡량 역시 포장내 공기조성의 변수로 작용한다. 이상과 같이 포장내부의 저산소 고이산화탄소 조건이 성립되면 과실의 호흡이 억제되고 ripening이 지연되어 방울토마토의 저장력이 증가하게 된다.

산소농도의 변화는 모든 처리에서 공기중의 산소농도인 21%에 비해 크게 감소하였음을 알 수 있다(그림 1). 저장 1일째 H1은 7.66%로 가장 낮은 산소농도를 보였으며 OPP가 14.80%로 가장 높은 농도를 보였다. 포장내의 CO_2 농도의 변화는 모든 처리에서 공기중의 이산화탄소 농도인 0.03%에 비해 크게 증가하였음을 알 수 있다. 저장 1일째 이미 H1은 6.97%의 농도를 보여 최고 수치를 보였으며 H2가 3.64%로 가장 낮은 수치를 보였다.

(4) 포장 필름별 MAP 저장 후 과실의 품질비교

방울 토마토 과실이 숙성됨에 따라 모든 품종에서 선명도를 나타내는 Hunter 'L'값은 감소, 'a' 값은 증가, 'b'값은 감소, 'a/b'값은 증가하는 전형적인 방울토마토의 숙성경향을 보였다(표 5). Hunter 'L' 값의 경우는 H1이 가장 높은 수치를 보였으며 대조구가 가장 낮은 수치를 보여 포장처리구의 저장력이 좋았음을 알 수 있었다. 'a'값의 경우는 H1이 가장 낮았으며 OPP가 가장 높은 수치를 보였다. 'b'값의 경우는 H1이 가장 높은 수치를 보였고 대조구가 가장 낮은 수치를 보였다. 'a/b'값은 H1이 가장 낮은 수치를 보였고 대조구가 가장 높은 수치를 보였다. 색도의 변화를 종합하여 보면 대조구에 비해 필름 처리구가 저장력이 좋았다. 필름처리구 간에는 H1이 모든 수치에서 가장 좋은 저장력을 보여주었으며 OPP, HDPE, H2 간에는 차이가 없었다. 그림 2는 MAP 저장 후 처리별 경도를 비교한 것이다. 색도에서 가장 좋은 결과를 보였던 H1이 역시 경도도 가장 높은 수치를 보여 저장력이 좋음을 보여주었다. 나머지 처리구간에는 차이가 없었다. 그림 3은 MAP 저장 후 당도 및 pH의 측정결과를 나타낸 것이다. 당도는 대조구가 가장 높은 수치를 보였으며 필름 처리구 간에는 별 차이가 없었다. 필름 처리구의 당도가 낮았던 것은 과실의 숙성이 지연되며 유기산의 분해속도가 완만해지고 환원당의 생성 역시 호흡의 감소로 인해 억제되었기 때문으로 사료되며 대조구의 경우 과실의 수분이 감소하며 상대적으로 당의 농도가 높아진 것으로 사료된다. 과실의 산도는 대조구와 필름 처리구 모두 pH 4 정도의 산성을 나타내었고 처리 간 차이는 보이지 않았다.

(5) MAP 저장후 과실의 당함량 변화 비교

표 6은 MAP 저장후 과실의 당함량을 비교한 것이다. Fructose, glucose 함량은 H1이 가장 높은 수치를 보였으며 H2가 가장 낮은 수치를 보였다. 그러나 H1을 제외한 다른 필름처리 간에는 유의차를 볼수 없었고 수치상으로도 차이를 보이지 않았다.

Table. 5. Changes in skin color of cherry tomatoes in different packaging films during MA storage.

Treat.	Hunter color value							
	'L'		'a'		'b'		'a/b'	
	Days after treatment							
	0	7	0	7	0	7	0	7
Control	42.0±2.1	30.9±0.2	8.2±2.2	15.4±1.8	25.1±2.7	9.6±0.7	0.3±0.1	1.4±0.6
HDPE	43.3±2.6	31.6±0.3	8.6±3.6	17.0±1.3	25.9±3.2	10.7±0.5	0.3±0.2	1.3±0.7
OPP	40.7±2.1	31.9±0.9	8.0±2.7	17.1±0.6	23.1±1.6	11.1±1.2	0.4±0.1	1.2±0.7
H1	43.0±4.0	38.0±2.6	7.6±3.6	15.2±1.0	25.8±3.6	19.0±3.5	0.3±0.2	0.7±0.3
H2	42.3±4.6	32.7±1.5	8.6±3.8	16.8±1.6	25.0±4.3	11.7±1.9	0.4±0.2	1.3±0.5

Table 6. Fructose, glucose content of cherry tomatoes after MA storage (μg/gfw).

Treatment	Fructose	Glucose
Control	23.6±0.40	15.2±1.2
HDPE	17.6±0.85	14.4±0.5
OPP	18.1±3.9	13.8±1.7
H1	26.0±3.0	19.0±6.0
H2	16.9±3.0	13.3±2.7

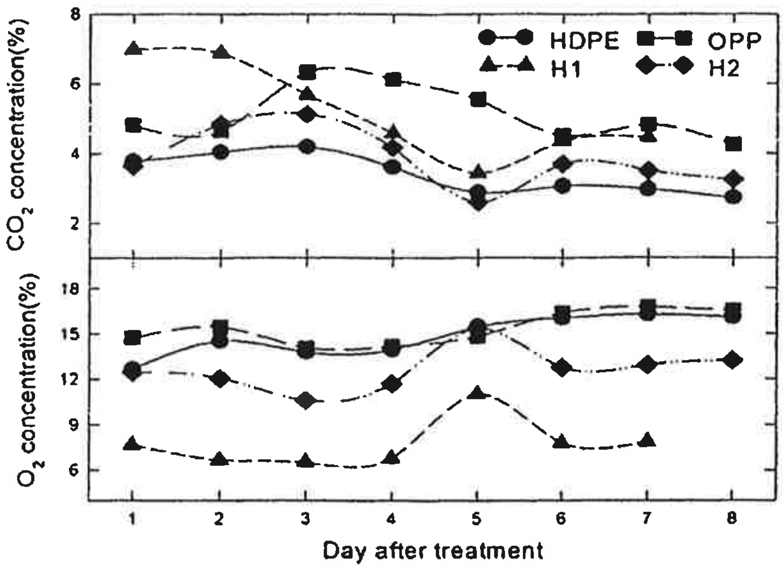

Fig. 1. Changes in CO_2 and O_2 concentration of cherry tomatoes in different packaging films during storage.

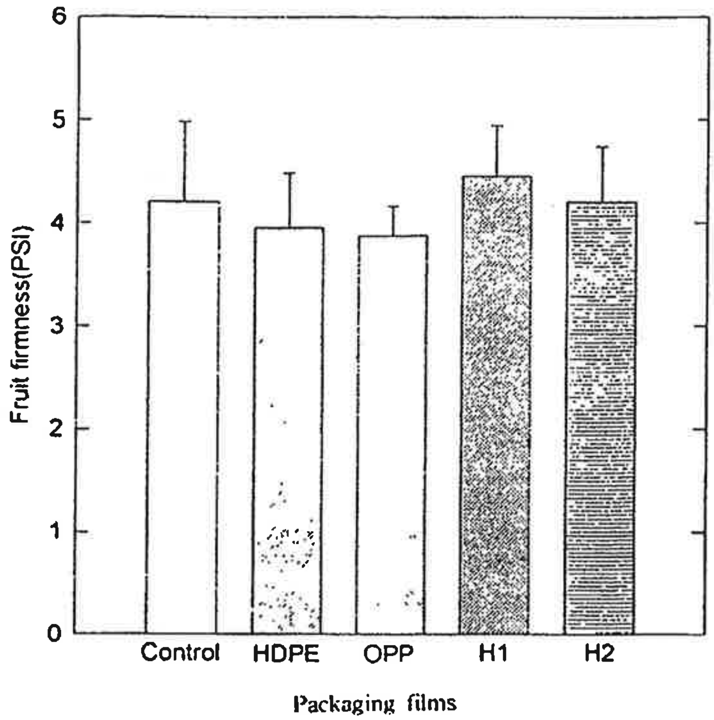

Fig. 2. Comparison of firmness of cherry tomatoes in different packaging films during storage.

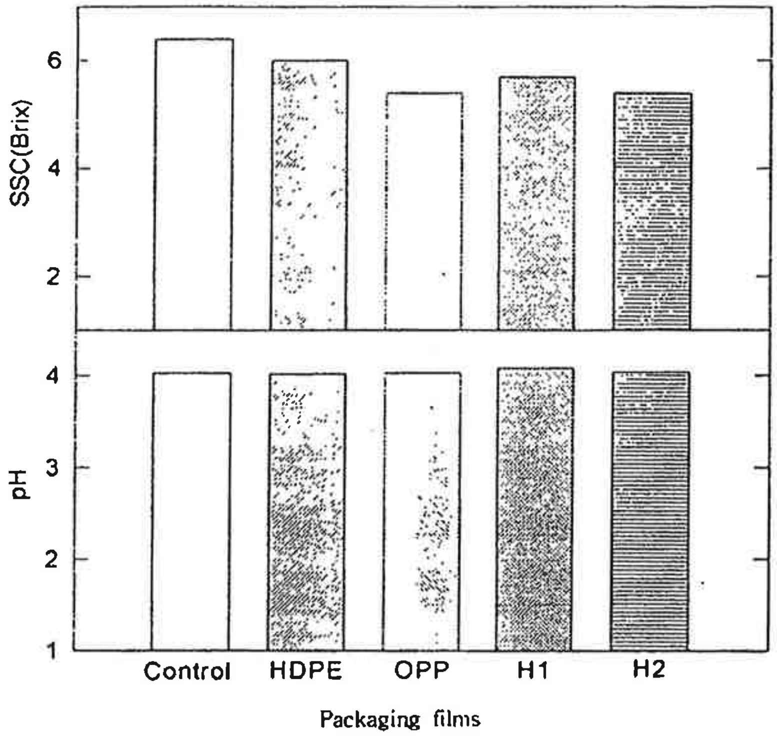

Fig. 3. Comparison of soluble solids and pH of cherry tomatoes in different packaging films during storage.

다. 오이의 선도유지 및 상품성 향상을 위한 포장 실험

경기 및 서울 지역의 경매상에서 조사한 오이의 유통실태를 보면 품질 등급기준이 표준화되어 있지 않았으며, 포장기법 또한 표준화되어 있지 않았다. 조사한 지역 대부분 골판지상자 내부의 중량단위로 포장되어 있었으며, 완전히 밀폐되어 부패의 우려가 높았다. 또한, 폴리에틸렌으로 포장한 채 유통되는 오이는 포장 내부 및 과실표면에 수분이 응결되어 있어 단시일내 부패할 가능성이 농후하였다. 저장기간 동안에 오이의 무게 감소는 각각의 그룹간에 다르게 나타났다(그림 1). 대조구의 무게감소가 chitosan이나 alginic acid를 coating한 처리구에서 보다 월등히 적다는 것을 알 수 있다. 대조구는 평균 48.6%를 유지한 반면 chitosan 처리구는 108.2g에서 30g으로 감소하여 처음의 27.8%, alginic acid를 처리한 구는 105.8g에서 23.8g으로 겨우 처음 무게의 22.4%의 무게를 보였다.

일반적으로 과실의 표면을 가식성 필름으로 coating할 경우 수분 감소가 현저히 억제되는 것으로 보고된 바 있으나, 본 실험에서는 오히려 중량감소가 촉진되었으며 외관상의 변화에서도 뚜렷이 나타났다. A 그룹의 오이는 색깔의 변화가 거의 없고 곧은 모양을 유지하며 수분의 증발에 의해 표면이 시들었다. B그룹은 9일후부터 10개 중 4개 오이가 꼭지 부분에 하얀 곰팡이가 피어 번식하기 시작하였으며 색이 누렇게 변하고 표면이 몹시 쭈글어들었으며 C그룹은 그 정도가 더욱 심하여 7일 후부터 생긴 곰팡이가 하얗고 파랗게 7개의 오이에 발생하여 오이 표면에 깊은 주름이 생기고 오이가 활 모양으로 구부러졌다. 일반적으로 chitosan coating은 무게감소를 현저하게 줄일 수 있으며, 피만에서는 chitosan의 농도가 1.5%까지 증가하면 상당한 무게유지의 효과를 가져온다고 보고된 바 있다. 또한 chitosan을 오이, 피망, 토마토에 coating하면 호흡률의 감소와 함께 색깔 변화의 속도를 지연할 수가 있다. Coating이 오이의 저장력에 미치는 효과는 무게 감소, 호흡률, ethylene 생성, 외관상의 변화 등을 총괄하여 검토함으로써 측정할 수 있다. 본실험 결과는 실험상에 많은 오차가 있었음을 나타내는데, chitosan과 alginic acid 처리후에 완전히 건조되지 않아서 곰팡이의 번식이 심하였으며, 이로 인하여 과표면에 처리된 피막이 미생물에 의하여 손상되어 대조구보다 휠씬 많은 수분 감소가 진행되면서 무게와 형태의 변화가 생겼을 가능성이 매우 높다고 사료된다.

Table 1. Effect of chitosan coating on fruit deterioration of cucumber fruit.

Treatment	Days in storage			Percent (%) spoilage
	6	7	Total	
Control (0%)			0	0
CHI* 0.5%		1	1	10
CHI 1%		2	2	20
CHI 1.5%	2	3	5	50
CHI 2.0%	1	2	3	30

* CHI: Chitosan

시중에서 구할 수 있는 여러 종류의 필름으로 오이를 저장하였을 때 과실 색상의 변화를 표 2, 3, 4에 나타냈다. 색상중에서 신선도를 ‘a‘ 및 'b'로 비교하였다. 'a' 값이 낮을수록 과피에 녹색이 많이 남아 있으며, 'b' 치가 낮을수록 과피의 색상이 적게 황화되었음을 뜻한다. 대조구에 비하여 OPP, CPP 및 PP 처리구가 녹색이 많이 존재하였으며, 특히 CPP와 PP는 황색도의 발달도 억제하여 노화가 지연되었다. 플라스틱에 의한 포장중의 중량의 감소율은 무포장구보다 현저하게 억제되었는데, 대조구는 25C 에서 2주 저장기간동안 38%나 중량이 감소하였지만, 플라스틱 필름 처리구는 6%이하를 보였다. 그중에서도 특히 PP계 필름포장에 의해서 3%만 감소하여 효과가 가장 높았다(그림 3). 또한, 저장후의 과실의 경도는 LDPE 및 HDPE 처리구보다 CPP, PP, H1, H2가 높았다(그림4). 따라서 오이의 수확후 출하 유통시에는 PP계 필름을 사용하는 것이 선도 유지 및 품질보전에 상당한 효과가 있어 향후 유통현장에로의 적용이 권장된다.

Table 2. Comparison of Hunter 'L' value in cucumber fruit during the MAP storage for two weeks at 25℃.

Treatment	Hunter 'L' value		Hunter Δ'L' value*
	Beginning	End	
Control	56.0±15.3	54.6±14.6	- 1.40
HDPE	55.7±12.2	60.2±12.2	4.49
LDPE	54.7±17.7	59.5±11.9	4.82
H1	56.0±17.3	57.5±13.9	1.48
H2	56.1±15.2	57.1±15.0	0.99
OPP	54.2±17.3	57.4±10.3	3.26
CPP	54.1±16.9	53.3±14.2	- 0.88
PP	55.8±13.2	55.5±10.8	- 0.31
PVC	56.7±12.9	57.4±10.7	0.70
PET	54.3±15.3	59.3±11.4	5.09
Cellulose acetate	54.0±14.5	58.7±11.2	4.78

* Hunter Δ value= Hunter value of (Ending point- Starting point).
* Data obtained from the average and SE of the fruit head and tail of six fruits.

Table 3. Comparison of Hunter 'a' value in cucumber fruit during the MAP storage for two weeks at 25℃.

Treatment	Hunter 'a' value		Hunter Δ 'a' value*
	0	Storage for 2 weeks	
Control	- 5.20±0.94	7.32±3.39	12.52
HDPE	- 4.62±0.99	2.48±2.64	7.10
LDPE	- 4.23±0.54	0.75±1.42	4.98
H1	- 4.27±0.78	- 0.39±2.68	3.88
H2	- 4.73±0.32	2.44±4.32	7.17
OPP	- 4.13±0.50	0.17±4.32	4.30
CPP	- 4.53±0.44	- 2.68±0.92	1.85
PP	- 4.52±0.24	- 3.09±0.83	1.43
PVC	- 4.71±0.28	- 0.63±3.21	4.08
PET	- 4.28±0.98	3.16±5.05	7.44
Cellulose acetate	- 4.66±0.48	- 0.53±0.93	4.13

* See the table 2

Table 4. Comparison of Hunter 'b' value in cucumber fruit during the MAP storage for two weeks at 25℃.

Treatment	Hunter 'b' value		Hunter Δ 'b' value*
	0	Storage for 2 weeks	
Control	27.14±5.00	39.88±13.20	12.74
HDPE	28.11±2.90	44.68± 7.44	16.57
LDPE	24.60±4.81	39.63± 2.33	15.03
H1	23.93±3.49	31.63± 6.49	7.70
H2	30.77±6.87	39.36±14.71	8.59
OPP	24.58±4.56	38.37± 7.27	13.79
CPP	25.16±6.99	28.20± 5.24	3.04
PP	29.66±3.14	34.07± 3.31	4.41
PVC	28.44±4.67	39.06± 6.16	10.62
PET	24.80±3.63	40.19± 6.68	15.39
Cellulose acetate	26.53±4.58	37.83± 3.22	11.30

* See the table 2

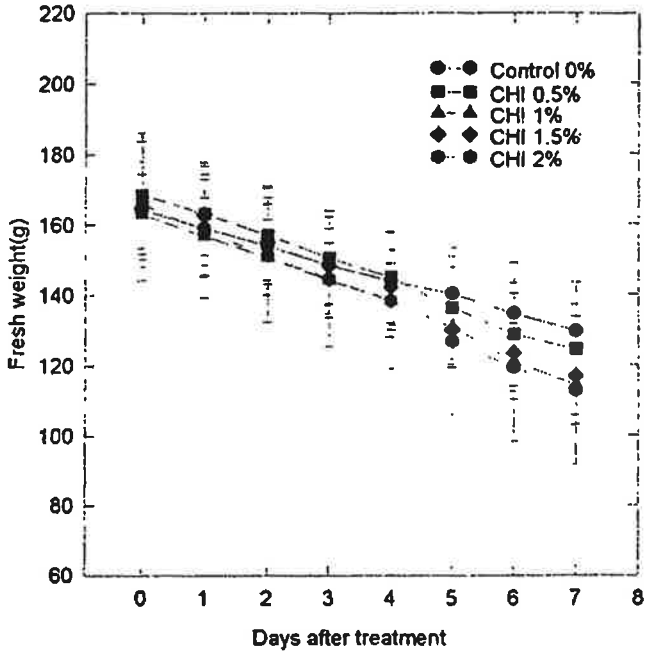

Fig. 1. Effect of chitosan coating on weight of cucumber during storage.

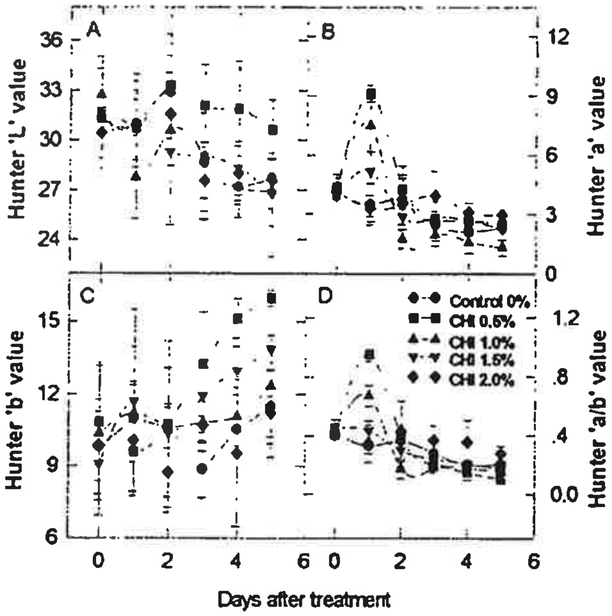

Fig. 2. Comparison of color change in cucumber fruits coated with chitosan solutions during storage at 25C.

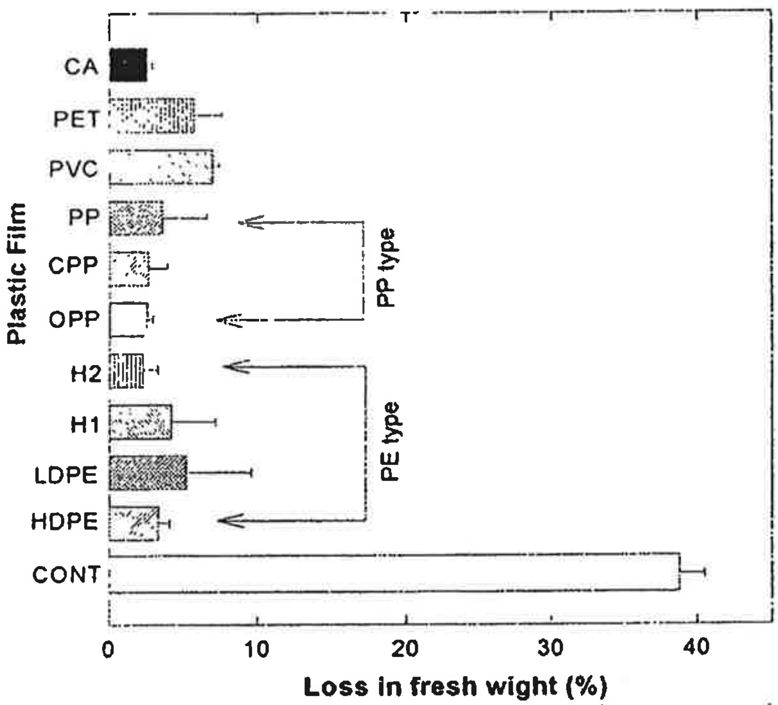

Fig. 3. Comparison of relative ratio of fresh weight loss in cucumber fruit during the MAP storage for 2 weeks at 25℃. The data obtained from the average 6 measurement and horizontal bars represent SE of the mean.

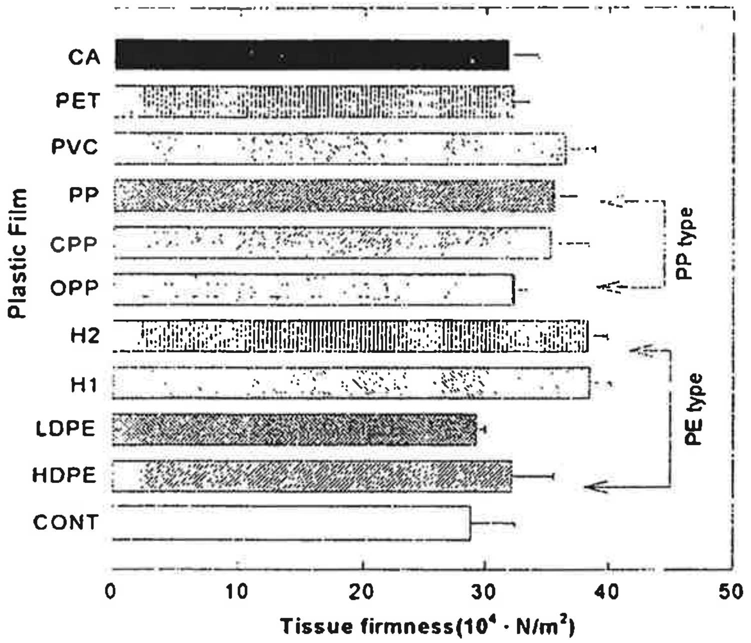

Fig. 4. Comparison of tissue firmness of cucmber fruits after MAP storage for 2 weeks at 25℃. The data obtained from the average of 6 measurement and horizontal bars represent SE of the mean.

제 3 장 에틸렌축적과 부패과 억제를 위한 처리법 개발과 포도 저장시 적용분야

제 1절 MA 포장내에서 에틸렌 제거와 아황산가스 처리법

1. 서설

과실의 저장중 식물 생장조절물질인 에틸렌은 성숙과 노화촉진, 탈리촉진등의 해작용을 일으키므로 이를 제거하는 것이 저장력 향상에 중요하다. 하지만 실제 저온 저장고에서는 에틸렌에 대한 제거기술이 적용되고 있지 않아 원예작물의 손실량을 증가시키고 포도의 경우에는 탈리가 문제가 되어 상품성 유지에 어려움을 겪고 있다. CA저장의 경우는 에틸렌을 제거하는 기계를 사용하고 있으나 이 기계가 기업이 아닌 농가에서 쓰이기에는 지나치게 비싸 경제적인 에틸렌 제거제의 사용이 요구된다. 에틸렌 제거를 위한 방법중 촉매 제거 방법은 고가의 기계가 있어야 하므로 대규모의 CA저장에서나 가능하며 쉬운 이용 방법으로 $KMnO_4$를 이용하는 방법이 있다. $KMnO_4$를 어떤 방법으로 MA포장 안에 넣으며, 그리고 이때의 에틸렌 제거 효율을 아는 것이 중요하다. MA포장 안에 에틸렌 제거제인 $KMnO_4$를 넣을 때에는 과실의 표면에 직접 닿지 않게 해야한다. 왜냐하면 $KMnO_4$의 강한 산화력에 의해 과실표면이 변색되는 등의 해를 입기 때문이다. 이때 어떤 재질의 봉투에 넣느냐에 따라 가스 흡착 속도와 지속시간이 다르다. 과실의 저장 환경에서 에틸렌은 potassium permanganate를 여러가지 지지 물질에 흡수시켜 반응시킴으로써 제거된다. 지지물질은 celite (diatomaceous earth), vermiculite, silica gel과 aluminium oxide(Al_2O_3)를 이용한 상업적으로 판매되는 Purafil(Circul-Aire, St. Laurent, Quebec)과 Ethysorb(Botel chemicals, Montreal, Quebec)등이 있다. 이러한 에틸렌 제거제는 적용시 교환시기를 알기 위해서 주기적인 관찰이 필요하다.

원예산물 저장시 가장 문제가 되는 것은 병균의 감염으로 인한 부패현상으로 인해 상품성의 감소가 야기되는 것이다. 특히 포도의 저장에서는 *Botrytis cinerea* 곰팡이가 퍼져 상품성을 잃게 만들며, 이때 아황산가스를 이용하면 곰팡이를 방제할 수 있다. 현재 농가에서 쓰고 있는 아황산가스 처리법은 유황을 태우는 방법인데 농도 조절이 어렵고 저장중에 처리하기가 어려우며 유통 중에는 이용할 수 없는 단점이 있다. 이러한 아황산가스를 이용하기 위해서 사용된 방법으로는 유황을 태워 훈증하거나, 압축된 아황산가스를 가스통에 넣어 이용하거나, 물에 녹인 sodium metabisulfite등의 시약 용액에 침지하는 방법, 그리고 SO_2 pad의 이용 등의 여러 가지가 있다.

1986년에 FDA는 SO_2기체를 GRAS(generally recognized as safe) 목록에서 제외시켰고, 그 해에 EPA(Environmental Protection Agency)에서는 생식용 포도에서의 sulfite의 잔류 허용량을 10ppm으로 규정하였다. 이는 특히 sulfite에

민감하게 allergy 반응을 나타내는 사람을 위한 것이라고 하였다. 이러한 제한때문에 적은 농도의 SO_2 기체를 발생시켜 최대의 효과를 올릴 수 있는 SO_2 발생장치의 필요성이 생기며, 또한 이 발생장치는 유통 과정 중에도 손쉽게 이용하여 상품성을 유지시킬 수 있어야 한다. 이미 미국에서는 포도 저장용으로 SO_2 pad가 개발되어 Grape Guard Sheets라는 상품명으로 시판되고 있다. 이러한 pad의 효용성은 이미 많은 연구자들에 의해서 포도 저장용으로 적합하다고 알려져 있다. 하지만 다른 작물에 대한 적용은 이루어지지 않았고, 이 pad를 수입해서 쓰는 것 보다 국산화하면 더 싼 가격으로 농가에 보급할 수 있을 것이다.

본 실험은 아황산 가스의 훈증을 손쉽게하기 위하여 아황산가스를 발생하는 여러 가지 화학물질을 시험하고 이를 종이에 입히는 경우와 봉투에 담는 경우 등의 효율을 시험하였다.

2. 재료 및 방법

가. 에틸렌 흡착제 시험: 1M $KMnO_4$ 100ml와 먼지를 제거한 perlite 1ℓ를 잘 섞어서 말린 후 1g, 2g을 각각 4.7×6.2cm 부직포 봉투에 담아 4ℓ 아크릴 밀폐상자에 넣고 에틸렌을 주입하여 초기 농도가 약 100ppm이 되게 한 후 0, 5, 20, 40시간 후에 에틸렌 농도를 측정하여 대조구와 비교하여 상대적 에틸렌 농도를 표시하였다. 에틸렌의 농도는 Gas Chromatograph(G3000, Hitachi), FID detector를 이용하여 측정하였다.

나. 아황산 가스 발생제 선발 시험: 아황산가스 발생 효율을 알기 위해서 sodium metabisulfite, sodium bisulfite, sodium peroxodisulfate, sodium sulfate anhydrous의 4가지 시약을 20% 용액으로 만들어 11cm Whatman #2 여지에 흡수시켜 10ℓ와 4ℓ 아크릴 밀폐상자에 넣고 습도를 약 90%로 유지시켜 발생되는 아황산가스의 농도를 SO_2 detector(G816 model, Gesellschaft für Gerätebau, W. Germany)를 사용하여 측정하였다. Sodium bisulfite 2.5g을 보통 종이, wiper(Kimwipes), 비닐이 입혀진 종이(약봉투)의 4.7×6.2cm 봉투에 넣어 봉투의 재질에 따른 효율을 측정하였다.

다. 포도 저장 중 에틸렌 흡착제와 아황산가스 발생제 시험: Sodium bisulfite 2.5g을 비닐이 입혀진 종이 봉투에 담아 'Sheridan' 포도의 MA 저장 중에 넣어 아황산가스 발생량을 측정하였다. Sodium bisulfite 2.5g을 비닐이 입혀진 종이봉투에 담은 것과 1M $KMnO_4$ 용액과 perlite 1ℓ를 잘 섞은 것 2g을 부직포 봉투에 담은 것을 같이 'Sheridan' 포도의 MA 저장 중에 넣어 아황산가스 발생량과 에틸렌 농도를 측정하였다.

3. 결과 및 고찰

가. 에틸렌 흡착제 시험: $KMnO_4$를 흡수한 perlite를 부직포에 넣어 효과적으로 에틸렌을 제거시켰다. 이 부직포는 열 접착성이 좋아 밀봉하기에 편리하고 가스투과도가 크고 수분에 잘 젖지 않아 에틸렌 제거제를 담는 용기로 적합하였다. $KMnO_4$를 흡수한 perlite 1g 처리에 40시간 후 에틸렌은 대조구 농도의 10%

만 남으며 2g 이면 40시간만에 에틸렌을 대조구와 비교하여 0%까지 제거할 수 있어서 효율적이었다. 이때 초기 농도가 약 100ppm 이었고 40시간 후의 농도는 0.3ppm이었다(표 1). Saltveit, Jr.는 1 Kg의 $KMnO_4$로 8 Kg의 에틸렌 제거제를 만들 수 있고 이만한 양이면 78ℓ의 순수 에틸렌을 에틸렌 글라이콜로 산화시킬 수 있다고 하였다. 8 Kg의 에틸렌 제거제는 35 × 35 × 6.4 m 저장고내의 10ppm 에틸렌을 제거시킬 수 있는 양이며 10ppm 에틸렌 농도의 유속 1㎖/min인 공기에서 15년간 에틸렌을 제거할 수 있는 양이다. 하지만 다른 휘발성 물질의 산화는 에틸렌 제거제의 수명을 많이 줄였고, 대부분의 저장고는 높은 습도를 유지하고 있는데 이것이 에틸렌 제거제의 활성을 높였다.

$KMnO_4$를 흡수한 perlite의 에틸렌 제거 활성은 유한하므로 주기적인 관찰이 필요하였다. 활성의 정도는 색깔의 변화로 나타나는데 진한 자주색에서 흐린 붉은 색으로 변하며 이후 잿빛으로 변하였다. 이는 MnO_4^-가 MnO_2로 환원되면서 나타난다. Lidster등은 에틸렌 제거 효율이 온도에 비례하여 증가하였고 에틸렌 제거제로 진입하는 저장고내의 공기를 미리 가열하여 에틸렌 제거 효율을 증대시킨 후 제거제를 떠난 공기를 다시 냉각시키는 방법을 씀으로서 제거제의 효율을 증대시킬 수 있었다고 하였다.

나. 아황산 가스 발생제 선발 시험: 4가지 종류의 아황산가스 발생 시약, sodium metabisulfite, sodium bisulfite, sodium peroxodisulfate, sodium sulfate anhydrous중 sodium bisulfite가 가장 아황산 가스 발생량이 많고 지속적이어서 효과적임을 알 수 있었다(표 2, 3). 이 시약은 수분과 만나 아황산 가스를 발생시켰다. Sodium bisulfite를 여지에 침투시킨 것과 상업적으로 시판된 Grape Guard Sheets (Uvas Quality Packaging Inc.)를 비교 시험해보았을 때 처리 2일 후 아황산가스의 농도는 sodium bisulfite를 여과지에 침투시킨 경우가 더 높았고 12일 째에는 Grape Guard Sheets의 경우가 더 높았고 16일째에는 그 농도가 비슷했다. Grape Guard Sheets는 종이에 시약을 침투시킨 것과 봉투에 담은 것의 이중효과를 나타내도록 설계되어 있어서 그 지속시간이 길어 12일째에 농도가 높은 것으로 생각되었다(표 3). 20% sodium bisulfite용액을 여과지에 침투시킨 경우는 아황산 가스의 발생량은 많으나 단기간에 발생하는 단점이 있었다(표 3). 봉투에 담았을 때는 비닐을 입힌 종이 봉투를 썼을 때 아황산가스의 발생량이 제일 많고 오랜 시간 동안 서서히 아황산가스를 발생시켜 제일 효과가 좋은 것으로 생각되었다(표 4). 보통 용지로 만든 봉투를 썼을 경우에는 수분이 침투하여 시약이 서로 엉겨 붙어 발생량이 많지 않고 지속적이지 않았다. Grape Guard Sheets와 비닐을 입힌 봉투에 sodium bisulfite 2.5g을 넣은 경우를 비교하면 후자가 지속성이 더 나아 좋았다(표 4, 5). 비닐을 입힌 봉투는 약국에서 조제약을 담을 때 쓰는 봉투를 썼는데 이는 값 싼 재료이며, 수분에 쉽게 젖지 않으며 수분을 투과시켜 아황산가스를 천천히 지속적으로 발생케 하며, 발생된 아황산가스가 봉투를 투과해서 발산되게 하는 효과가 있어 아황산가스 발생시약을 담는 용기로 적합하였다.

다. 포도 저장중 에틸렌 흡착제와 아황산가스 발생제 시험: Sheridan 포도를

0.05mm PE film으로 MA저장 할 때 비닐을 입힌 봉투에 담은 sodium bisulfite를 넣어서 아황산가스의 발생 농도를 조사하였다. 이때 40일 까지 10ppm정도를 유지하여 좋은 성적을 내었다. 실제 포도저장시 아황산가스의 발생량이 앞의 실험에서의 아황산가스 발생량보다 작은 것은 발생된 아황산가스가 포도에 흡수되어 적은 농도가 감지되며, 아황산가스가 PE film을 투과하기 때문으로 여겨졌다. 실제 포도 저장시 아황산가스의 적정 농도는 6∽10ppm정도이며 이보다 높을 시에는 표백현상이 나타나는 등의 부작용이 있었다고 보고하였는바, 본 실험에서의 농도는 적정 농도이며 sodium bisulfite 2.5g이 적정한 아황산가스를 발생시킬 수 있는 양임을 알 수 있었다. 아황산 가스 발생제와 에틸렌 제거제인 $KMnO_4$를 같이 넣었을 때는 아황산가스 농도가 낮아 $KMnO_4$와 아황산가스 발생제의 공용시 유의해야 할 사항으로 생각되었다(표 5). 이는 발생된 아황산 가스가 에틸렌 산화 제거제에 의해 산화되어 소모되는 것으로 생각되었고 또한 에틸렌 제거 활성도 역시 감소하였다 (자료 미제시).

Table 1. Changes in relative ethylene concentration as influenced by quantity of perlite soaked in 1M $KMnO_4$.

Hours after treatment	Relative ethylene concentration (%)Z	
	1gY	2g
0	100 aX	100 a
5	56 b	45 b
20	23 c	6 c
40	10 d	0 d

ZPercentage of ethylene concentration devided by control ethylene concentration.
YQuantity of perlite soaked in 1M saturated $KMnO_4$.
XMeans separation in columns by Duncan's multiple range test, P = 0.05.

Table 2. Changes in sulfur dioxide concentration as influenced by SO2 pads in a 10ℓ box with moisturized air flow.

Hours after treatment	SO2 Concentration (ppm)			
	SMS[Z]	SBS[Y]	SSA[X]	SPD[W]
3	3 a[V]	7 a	0 ab	0 a
48	3 a	5 ab	1 a	0 a
120	2 ab			
168	0 b	0 c	0 ab	0 a

Soaked in filter paper (Whatman #2, diameter 11cm) with 20% [Z]sodium metabisulfite, [Y]sodium bisulfite, [X]sodium sulfate anhydrous, and [W]sodium peroxodisulfate solutions.
[V]Means separation in columns by Duncan's multiple range test, P = 0.05.

Table 3. Changes in sulfur dioxide concentration as influenced by SO2 pads in a 4ℓ box with moisturized air.

Hours after treatment	SO2 Concentration (ppm)		
	Commercial[Z]	SMS[Y]	SBS[X]
6			7 d
48	140 a[W]	130 a	350 a
288	104 b	20 b	58 b
384	26 c	20 b	24 c

[Z]Commercial sulfur dioxide pad, Grape guard sheets (Dual type, Uvas Quality Packaging Inc., 10×20cm).
Soaked in filter paper (Whatman #2, diameter 11cm) with 20% [Y]sodium metabisulfite [X]sodium bisulfite solution.
[W]Means separation in columns by Duncan's multiple

range test, P = 0.05.

Table 4. Changes in sulfur dioxide concentration as influenced by bags with 2.5g sodium bisulfite in a 4ℓ box with moisturized air.

Days after treatment	SO2 Concentration (ppm)		
	Wiper[Z]	Common paper[Y]	Vinyl coated paper[X]
3	9 b[W]	11 c	1318 a
7	160 a	200 a	1306 a
18	152 a	100 b	
38			976 b
57			638 c
92			176 d

[Z]Laboratory wiper (Kimwipes) bag, 4.7×6.2cm.
[Y]Common paper (Copy paper) bag, 4.7×6.2cm.
[X]Vinyl coated paper bag (medicinal use), 4.7×6.2cm.
[W]Means separation in columns by Duncan's multiple range test, P = 0.05.

Table 5. Differences of sulfur dioxide concentration between SBS and SBS + $KMnO_4$ treatments during MA storage of 'Sheridan' grapes.

Storage days	SO_2 Concentration (ppm)	
	SBS[z]	SBS + $KMnO_4$[y]
0	6 bc[x]	1 ab
20	8 ab	
40	10 a	2 a
60	3 d	
80	3 d	0 bc
100	1 de	

[z]2.5g of sodium bisulfite in vinyl coated paper bag.
[y]2.5g of sodium bisulfite in vinyl coated paper bag with 2g of 1M $KMnO_4$ soaked perlite
[x]Means separation in columns by Duncan's multiple range test, $P = 0.05$.

제 2절 포도의 MA 저장중 에틸렌 제거와 아황산가스 처리의 효과

1. 서설

포도는 수확후 손실이 큰 과실중의 하나이며 이 손실은 주로 수분 손실에 의한 외관상의 변화, 곰팡이 감염에 의한 부패과의 발생, 이층 형성에 의한 탈립현상등에 의해 야기된다. 이를 해결하기 위해 수확후 저장 방법으로 CA 저장이 연구되었지만 고가의 시설비와 유지비에 의한 문제와 포도 CA 저장의 효과가 극명하게 나타나지 않아 널리 쓰이지 못하고 있다. 이에 비해 MA 저장법은 수분손실을 막는데는 효과가 크지만 부패과의 발생, 에틸렌 축적에 의한 탈립과의 발생등이 문제점이다. 이를 해결하기 위하여 포도 저장중 부패과 발생의 주된 요인인 *Botrytis cinerea*를 방제할 수 있는 아황산가스를 처리하고 있다. MA저장중에 아황산가스 처리를 손쉽게 할 수 있는 방법으로 SO2 pad를 이용하는 방법이 있다. 아황산가스의 농도는 10ppm 정도가 적당하며 그 이상의 농도에서는 탈색될 수 있고, 고농도의 아황산가스를 처리할 경우 sulfite 잔여물이 남아 좋지 않다. SO2 pad 사용시 2.5g의 sodium bisulfite를 약봉투에 담아 처리하였을때 40일 경과후 아황산가스의 농도는 10ppm으로 적정 농도를 유지하였다.

과실의 저장중 식물생장 조절물질인 에틸렌은 성숙과 노화촉진, 탈리촉진등의 해작용을 일으키므로 이를 제거하는 것이 저장력 향상에 중요하다. 하지만 실제 저온 저장고에서는 에틸렌에 대한 제거 기술이 적용되어 있지 않아 원예작물의 손실량을 증가시키고 포도의 경우에는 탈리가 문제가 되어 상품성 유지에 어려움을 겪고 있다. CA 저장을 하는 경우에는 에틸렌을 제거하는 기계를 사용하고 있으나 이 기계가 기업이 아닌 농가에서 쓰기에는 지나치게 비싸 경제적인 에틸렌 제거제의 사용이 요구된다. 에틸렌 제거를 위한 방법중 촉매분해 제거 방법은 고가의 기계가 있어야 하므로 대규모의 CA 저장에서나 가능하며 쉬운 이용 방법으로 KMnO4를 이용하는 방법이 있다. 이를 어떤 방법으로 MA 포장안에 넣어야 하며 이때의 에틸렌 제거 효율을 아는 것이 중요하다. 또한 에틸렌 제거제인 KMnO4를 어떤 재질의 봉투에 담아 넣느냐에 따라 그 효율이 다르다. 과실의 저장에서 에틸렌은 KMnO4를 여러가지 지지 물질에 흡수시켜 반응시킴으로써 제거되었다. 본 연구에서는 저장중 발생하는 에틸렌을 제거하기 위해 KMnO4 pad를 이용하였고 MA저장시 KMnO4와 SO2 pad 의 혼용 처리하여 그 효율을 검정해 보았다.

2. 재료 및 방법

공시품종으로 거봉은 9월말에, 그리고 쉐리단은 10월 중순에 경기도 안성에서 각각 수확하였다. 이 재료를 0.05mm PE film을 이용하여 MA 저장하였다. 아황산가스 처리구는 아황산가스 훈증제인 sodium bisulfite 2.5g을 약봉투 (4.7×6.2 ㎝, 약국에서 가루약을 담는데 쓰는 봉투)에 담아 넣고 열접착하여, 이것을 MA 포장안에 넣고 밀봉하였다. 에틸렌 제거 처리구는 1M KMnO4 100ml와 먼지를

제거한 perlite 1ℓ를 잘 섞어서 말린후 2g을 4.7×6.2Cm 부직포 봉투에 담아 열접착하여, 이것을 MA포장안에 넣고 밀봉하였다. 위의 에틸렌 제거제와 아황산가스 훈증제를 같이 처리한 실험구, MA대조구, 저온 대조구를 각각 5반복으로 설치하였다. 포도 저장중 무게 감모율은 MA 포장 상태에서 무게 감소율을 경시적으로 조사하였다. 포장내 에틸렌의 농도는 Gas Chromatograph (G3000, Hitachi)를 이용하여 측정하였다. 부패과 발생수는 과방당 부패한 과립의 수를 5 반복구에서 조사하였다. 탈립수는 과방당 소화경에서 떨어진 과립의 수를 5반복 조사하였다.

3. 결과 및 고찰

무게 감모율의 경우 거봉과 shridan 공히 MA포장을 한 경우 감모가 거의 일어나지 않았으나 저온 대조구의 경우에는 저장 60일 후 10~15% 의 무게감소를 나타내어 포도의 저장은 MA저장을 하거나 저온 저장시 수분 손실에 의한 무게 감소를 줄여야 할 것으로 생각되었다(그림 1). 에틸렌 제거제 처리를 한 경우 거봉과 쉐리단 포도 모두에서 다른 처리구에 비해 에틸렌 축적량이 작아 효과가 있었고 특히 거봉 포도의 경우는 처리 45일 까지 에틸렌의 축적이 없었다(그림 2, 3). 거봉의 경우 탈립된 포도알의 수도 5송이에서 합산한 값이 저장 84일 후에 2알(0.4/송이)로 다른 처리구에 비해 적어 탈립방지 효과가 있었다(표 1). 쉐리단에서도 저장 84일 후에 3알(0.6/송이)로 효과가 있었다(표 2). 아황산가스 훈증제 처리를 한 경우 쉐리단과 거봉 포도의 5반복 모두에서 곰팡이 포자가 발생하지 않아 뚜렷한 효과가 있었다(표 1, 2). 아황산가스 훈증제 처리를 한 경우 에틸렌의 양은 대조구에 비해 작았는데 이것은 곰팡이 발생량이 작아 곰팡이에 의한 에틸렌 축적이 없었기 때문으로 생각되었다(그림 2, 3). 에틸렌 제거제 처리와 아황산가스 훈증제 처리를 같이 한 실험구에서는 에틸렌 축적률이 초기에는 낮으나 후기에는 대조구와 같은 수준으로 높아졌다(그림 2, 3). 이는 발생된 아황산 가스가 에틸렌 제거제에 의해 산화되어 에틸렌 제거효율을 낮추는 것으로 생각되었다. 두 처리를 혼용한 실험구에서는 거봉 포도의 경우 초기 약 1달까지는 대조구에 비해 탈립과가 적었으나 2주째 부터는 탈립과의 수가 대조구와 유사했고 쉐리단 포도의 경우는 좀 더 뚜렷하게 효과가 나타났다(표 1, 2). 에틸렌 제거제 처리와 아황산가스 훈증제 처리를 같이 한 실험구에서 부패과는 거봉과 쉐리단 포도 모두에서 5 반복구 모두 발생치 않아 곰팡이 확산 억제에 효과가 있었다(표 1, 2). 윤 등의 보고에 의하면 에틸렌 제거제 처리와 아황산가스 훈증제 처리를 혼용한 실험구에서는 에틸렌 제거 효율과 아황산가스 발생량이 모두 작았지만 곰팡이가 억제되었으므로 본 실험에서 곰팡이 포자 확산 억제를 위한 농도로는 충분한 것으로 생각되었다. sodium bisulfite 2.5g과 $KMnO_4$-perlite 2g을 함께 처리할 경우 쉐리단 포도에서는 부패과와 탈립과의 수를 크게 줄임으로써 상품성을 유지시켜 혼용처리가 효과적임을 알 수 있었다. 거봉 포도는 sodium bisulfite 2.5g과 $KMnO_4$-perlite 2g을 혼용 처리할 경우 부패과는 대조구에 비해 작았지만, 탈립과의 수는 대조구와 같은 수준이어서 에틸

렌 제거 효율이 적어져 거봉의 탈립을 억제하지 못하는 것으로 생각되었다. 쉐리단 포도의 경우와 다른 것은 포도 품종에 따라 이층형성에 대한 에틸렌의 농도별 감응성이 다르기 때문으로 생각되었다.

Table 1. Number of berries abscissed and decayed in a cluster of 'Kyoho' grapes during storage at 0C.

Treatment	Storage Days							
	8	16	24	35	42	56	73	84
	Abscission							
Control	0.2a[W]	0.2a	0.4a	0.4a	0.6a	0.8a	0.8ab	1.2a
MA[Z]	0.0b	0.0b	0.0c	0.0b	0.2c	0.2b	0.8ab	0.8bc
MA+KMn[Y]	0.0b	0.0b	0.0c	0.2ab	0.2c	0.2b	0.4c	0.4d
MA+Sul[X]	0.0b	0.0b	0.2b	0.4a	0.6a	0.6ab	0.6bc	0.6cd
MA+KMn+Sul	0.0b	0.0b	0.0c	0.4a	0.4b	0.6ab	1.0a	1.0b
	Decay							
Control	0.0a	0.0a	0.2a	0.2a	0.4a	0.6a	0.8a	1.8a
MA	0.0a	0.0a	0.0b	0.0b	0.0b	0.0c	0.0c	0.4c
MA+KMn	0.0a	0.0a	0.0b	0.2a	0.4a	0.4ab	0.6ab	1.0b
MA+Sul	0.0a	0.0a	0.0b	0.0b	0.0b	0.0c	0.0c	0.0d
MA+KMn+Sul	0.0a	0.0a	0.0b	0.0b	0.0b	0.0c	0.0c	0.0d

[Z]Modified Atmosphere storage.
[Y]$KMnO_4$, ethylene absorption treatment.
[X]Sulfur dioxide treatment.
[W]Means separation in columns by Duncan's multiple range test, P = 0.05.

Table 2. Number of berries abscissed and decayed in a cluster of 'Sheridan' grape during storage at 0C.

Treatment	Storage Days					
	8	16	24	35	68	84
			Abscission			
Control	0.2a[W]	0.4a	0.4a	0.6a	0.8a	- -[V]
MA[Z]	0.0b	0.0b	0.2bc	0.2bc	0.8a	1.8a
MA+KMn[Y]	0.0b	0.0b	0.2bc	0.2bc	0.4bc	0.4d
MA+Sul[X]	0.0b	0.0b	0.0c	0.0c	0.2c	1.0b
MA+KMn+Sul	0.0b	0.0b	0.0c	0.2bc	0.2c	0.6cd
			Decay			
Control	0.0a	0.0a	0.0a	0.0a	0.0a	- -
MA	0.0a	0.0a	0.0a	0.0a	0.0a	0.4a
MA+KMn	0.0a	0.0a	0.0a	0.0a	0.0a	0.4a
MA+Sul	0.0a	0.0a	0.0a	0.0a	0.0a	0.0b
MA+KMn+Sul	0.0a	0.0a	0.0a	0.0a	0.0a	0.0b

[Z]Modified Atmosphere storage.

[Y]$KMnO_4$, ethylene absorption treatment.

[X]Sulfur dioxide treatment.

[W]Means separation in columns by Duncan's multiple range test, P = 0.05.

[V]Not evaluated because of inadequate marketability.

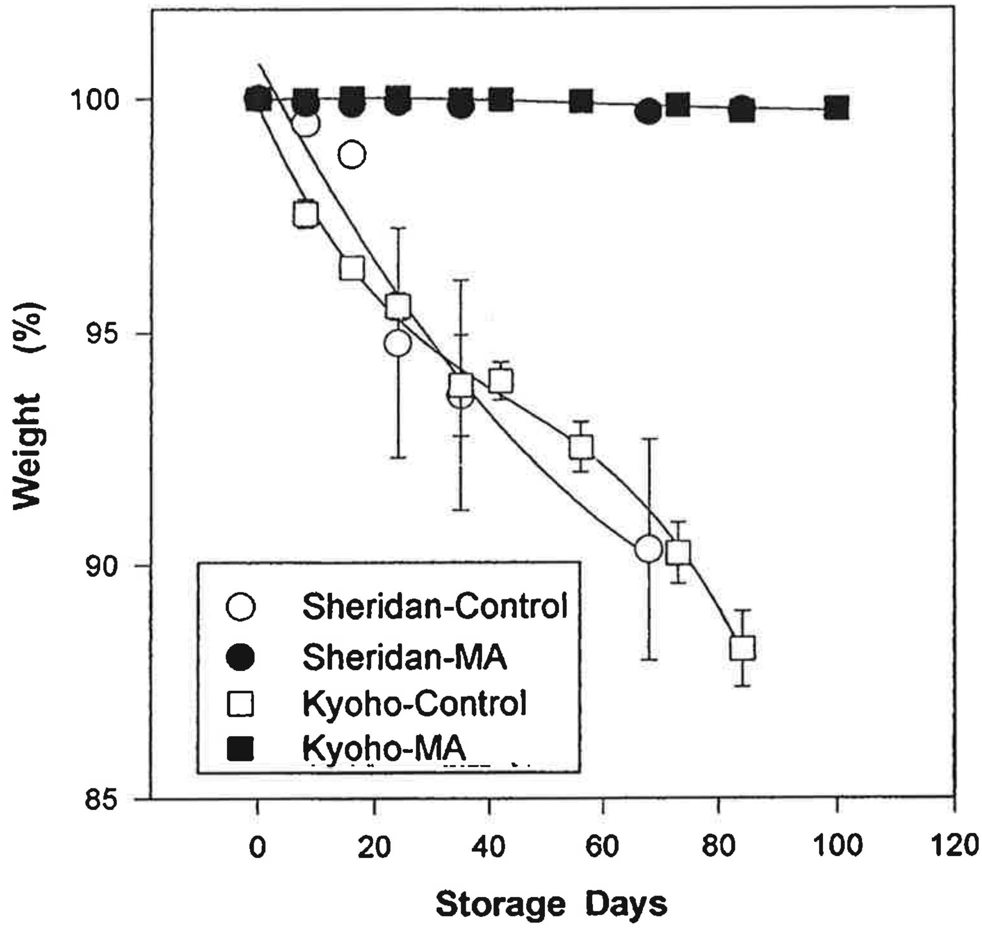

Fig. 1. Changes in weight of grapes during storage at 0C.
Vertical bars show ± SE.

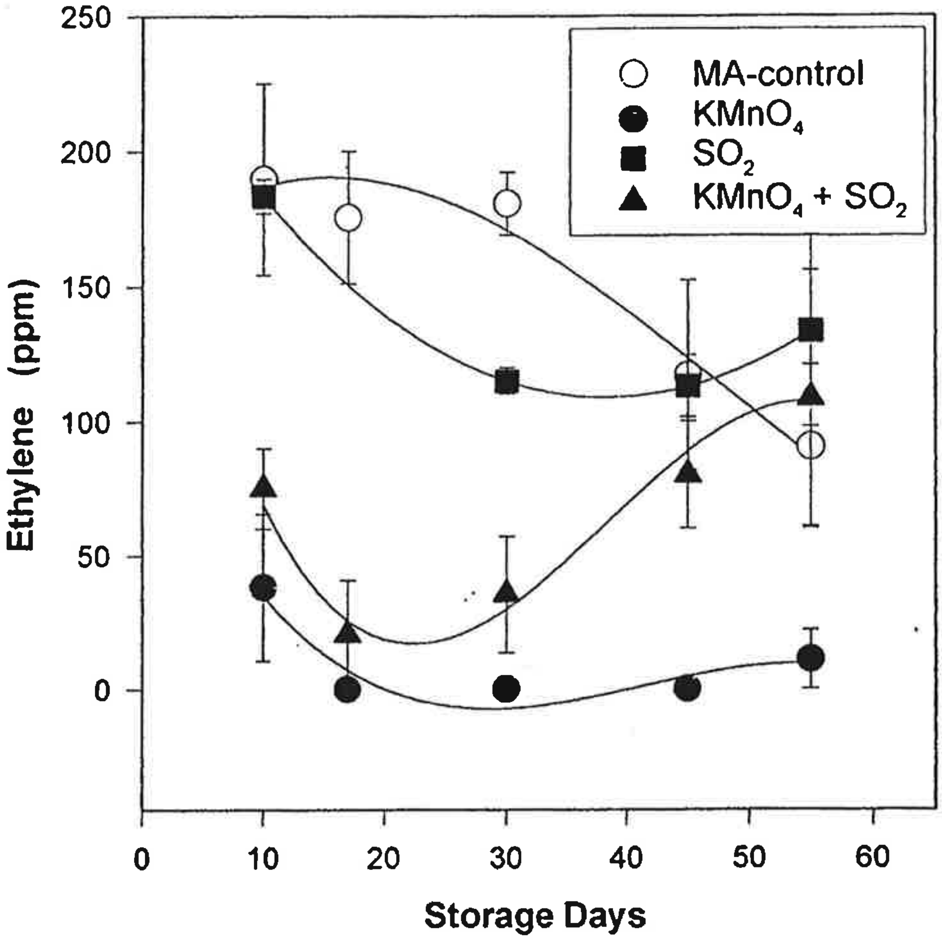

Fig. 2. Ethylene accumulation in MA package of Kyoho grapes at 0C. Vertical bars show ± SE.

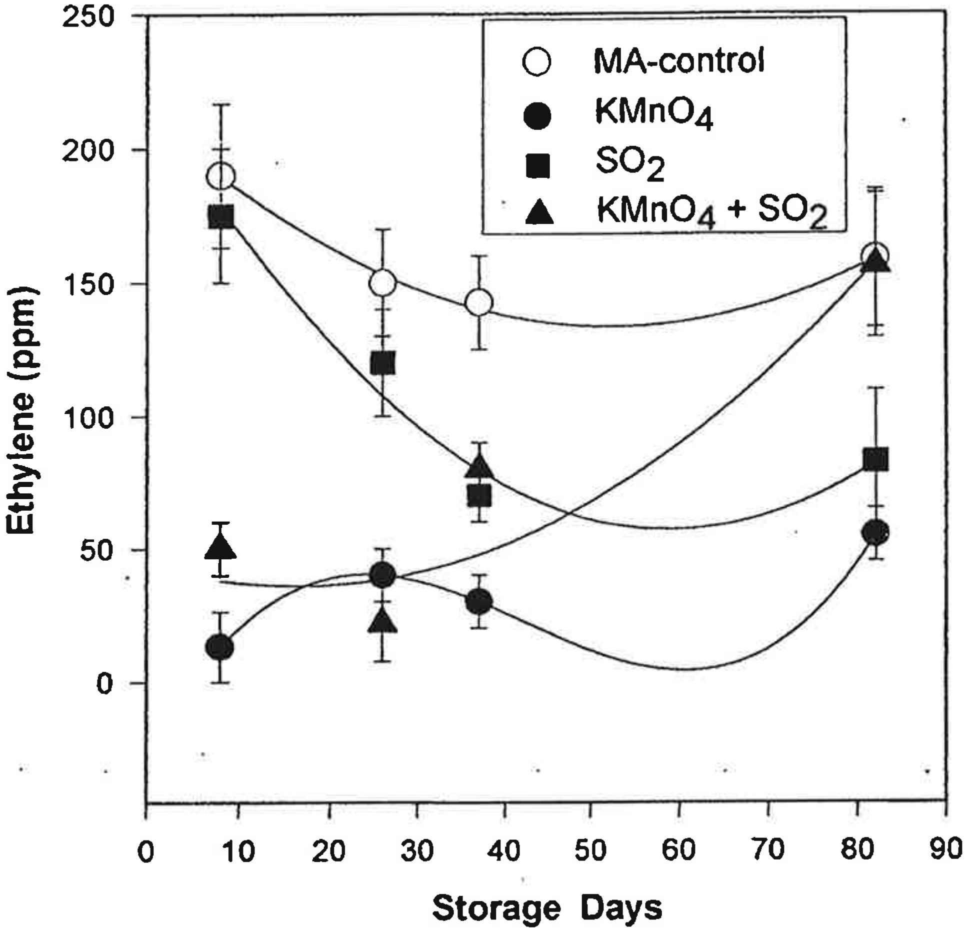

Fig. 3. Ethylene accumulation in MA package of Sheridan grapes at 0C. Vertical bars show ± SE.

제 4 장 최소가공채소류의 적정포장재 선발과 선도유지 효과 구명분야

제 1절 Film 종류가 최소가공 상추와 딸기의 유통기한에 미치는 효과

1. 서설

절단상추와 딸기 등의 최소가공과채류는 세척, 박피, 절단, 살균, 수세 등의 과정을 거쳐 가공, 포장하여 신선한 상태로 냉장유통시키는 제품으로 소비자들에게 신선도와 함께 편의성을 부여하고 있다. 외식산업, 단체급식 시장, 햄버거나 피자 즉석식품시장, 샐러드바 등 업무용 최소가공제품을 필요로 하는 부문의 산업이 급신장하고 있으며, 취업주부를 비롯한 시판용 최소가공 과채류제품의 수요층 역시 꾸준이 증가하고 있다. 또한 미국, 일본 등 세계시장에서 계속적으로 신장하여 미래의 과채류의 유통 및 소비체계에 중요한 역할을 할 것이다. 그러나 박피, 절단 등의 처리로 조직에 손상을 가져와 여러 생리적인 변화속도가 빠르고 미생물에 대한 저항성이 떨어져 선도유지기간이 단축된다.

딸기는 표피조직이 약해 수확후 손상과의 발생율이 높아 저장수명이 한정되는 특징을 가진 매우 부패하기 쉬운 과실이다. 절단시 과피에 손상을 가져오고 온전한 딸기과실에 비해 수명이 단축되며 특히 *Botrytis cinerea*나 *Rhizopus stolonifer*등과 같은 곰팡이가 발생하기 쉽다. 상추는 절단조직의 세포파괴로 인하여 급격한 생리, 생화학적 변화가 시작되고, 절단부위 조직에서 갈변현상이 일어나게 된다(Watada 등, 1990). 따라서 저장, 유통시 온전한 상추와 딸기에 비해 최소가공 상추와 딸기는 생리적 변화가 급격히 일어나므로 저장수명을 연장하기 위해서는 적절한 포장과 보존제 처리가 요구되어진다.

절단한 과·채류의 발생하는 미생물 번식과 호흡에 관련된 생리적 대사작용은 선택적 가스투과성이 있는 plastic film을 사용하여 포장재내 탄산가스 농도는 높이고 산소 농도는 적절히 낮춤으로써 억제시킬 수 있는 MA저장을 통해 선도유지연장이 가능하다. 그러나 아직까지 절단 과·채류의 포장에 관한 연구가 미진한 단계이므로 이에 대한 연구가 필요할 것이다.

기존의 플라스틱 필름인 LDPE (Low density polyethylene), PP (Polypropylene), 기능성 플라스틱 필름으로는 플라스틱 필름에 surface active agent(계면활성제)를 처리함으로써 필름표면이 과채류의 증산작용에 의한 습기로 뿌옇게 흐려지는 것을 방지하는 Anti-fogging film(방담 또는 방운 필름), PE film에 에틸렌 흡착능이 있는 Zeolite를 고루 분사하여 제조한 Bio-ceramic film, 항균물질인 chitosan을 필름에 압축성형 및 코팅처리한 Chitosan film을 사용하였다. 따라서 본 연구는 최소가공 상추와 딸기의 유통기한 연장을 위하여 먼저 포장재 종류별 포장에 따른 적절한 포장재를 선발하고 또한 그 효과를 구명하며, 부패 및 갈변발생을 억제하고 품질에 미치는 영향을 살펴보고자 실시하였

다.

2. 재료 및 방법

본 연구에 사용된 딸기는 '보교조생'으로 경기도 화성에서 시설재배 된 것이며 상추는 경기도 수원시 농산물 도매시장에서 구입한 '뚝섬청축면' 품종의 상추를 구입한 후 2℃ 저장고에 24시간 동안 예냉시켜 실험에 사용하였다.

날카로운 stainless steel 칼을 사용하여 딸기는 화탁을 제거하고 1/4 조각으로 절단하였다. 상추는 head 부분을 절단하고 약 5×5cm 크기로 주맥을 따라 수직으로 절단한 후 1차로는 수돗물로 세척을 하고 2차로 100ppm의 NaClO로 세정하였다. 표면수분을 제거하기 위해 20℃에서 열풍건조시켰다.

사용된 포장재는 산소, 이산화탄소, 수분 투과성이 각기 다른 film을 사용하였고 두께는 모두 0.03mm를 사용하였다.

Packaging film: AF-OPP (Antifogging-oriented polypropylene)
Chitosan film (3% chitosan coating film)
Bio-Ceramic film
LDPE (Low density polyethylene)
PP (Polypropylene)

약 200g의 딸기와 상추를 각각의 Polystylene tray에 담아 25×20cm의 포장재에 포장한 후 열봉합하여 5℃에서 2주간 저장하였다.

2일 간격으로 밀봉된 각 포장 처리구의 포장재내의 이산화탄소는 영인 600D Gas Chromatography로, 에틸렌과 휘발성 성분은 Hitachi G-3000 Gas Chromatography로 분석하였다.

저장 중인 최소가공 상추와 딸기의 무게변화는 2일 간격으로 무게를 측정하여 저장초 중량에 대한 저장 중의 감량분을 백분율로 나타내었다.

색도변환느 Minolta CR200 colorimeter를 이용하여 절단딸기는 가장 빨간 부분의 과피를 측정하여 greeness-redness(a)를, 절단상추는 절단부위의 가장자리를 측정하여 lightness(L), blueness-yellowness(b)로 표시하였다.

Total soluble solids content 측정은 절단딸기와 상추의 sample을 각각 분쇄하여 얻은 즙을 이용하여 refractometer로 측정하였다. Ascorbic acid 분석은 DNP 발색시약을 이용하여 540nm 파장에서 Shimadzu UV-1601 spectrophotometer로 흡광도를 측정하였다. 경도는 직경 2mm tip을 사용하여 texture analyzer로 절단딸기의 가장 단단한 부분의 과피를 과육의 50%까지 뚫어 경도로 나타내었다. Soluble sugars 함량 분석은 절단딸기 과육 10g에 95% 메탄올 10ml을 넣어 분쇄하여 추출하였다. whatman #2 여지로 여과하여 추출액을 받고 0.45㎛ membrane filter와 sep-pak cartridge를 이용하여

여과한 후 20㎕를 HPLC에 주입하여 분석하였다.

Browning intensity 측정은 절단상추 10g에 증류수 10ml을 넣고 분쇄한 후 whatman #2 여지로 여과하여 7000rpm에서 30분간 원심분리하여 얻은 상층액을 20배 희석하여 340nm 파장에서 Shimadzu UV-1601 spectrophotometer로 흡광도를 측정하여 나타내었다. 부패발생율은 포장재에 따른 발병율은 곰팡이에 감염된 절단상추와 딸기의 개수를 %로 나타내었다.

3. 결과 및 고찰

저장기간 동안 최소가공 상추와 딸기의 포장재내 기체조성은 CO_2와 C_2H_4의 농도 변화를 측정하여 나타내었다. 절단상추에서는 chitosan film 처리구가 다른 포장 처리구에 비해 저장기간 동안 높은 수준의 CO_2 축적율을 나타내었으며(그림 1) 절단딸기에서도 저장하는 동안 chitosan film 처리구에서 가장 높은 농도의 CO_2가 축적되어 호흡억제에 효과적일 것으로 사료되었다(그림 2). 이는 chitosan이 semi-permeable film을 형성할 수 있는 능력이 있어 film에 coating 처리시 가스를 차단하는 효과를 나타내기 때문으로 생각된다. Muzzarelli (1977)는 chitosan film이 가스를 차단하는 효과가 매우 우수하다고 보고한 바 있으며 또한 Dominic 등 (1992)은 chitosan film의 구조를 조사한 결과 이러한 성질은 film의 구조가 꽉 짜여있고 공극이나 틈 발생 없이 부드러운 필름 표면으로 구성되어 있어 가스 투과가 억제되었기 때문이라고 보고하였다. 표 1에서 산소투과율을 측정한 결과 AF-OPP film이 가장 낮은 산소투과율을 보였으며 그 다음이 chitosan film이었다. 이는 chitosan film이 CO_2보다는 O_2를 선택적으로 더 많이 투과시키는 성질로 인하여 나타난 결과라 사료된다.

에틸렌 발생량을 조사한 결과 저장기간 동안 절단상추는 0.5ppm 정도의 낮은 수준을 보였으며(자료 미제시) 절단딸기는 1.5ppm 이하의 에틸렌이 발생되었는데(그림 3) 이는 두 작물 모두 non-climacteric형에 속하기 때문이라 판단된다. 포장처리구에서는 LDPE film이 1ppm 이상의 에틸렌 발생량을 보인 반면에 chitosan film은 1ppm 이하의 낮은 수준을 보여 ripening을 지연시키는 데 더 효과적이었다. 온전한 상추, 딸기에 비해 절단상추와 딸기에서 CO_2와 C_2H_4 발생량의 증가는 절단함으로써 생기는 조직의 상처로 인해 나타나는 전형적인 결과라 할 수 있다. Abeles (1973)와 Laties (1978)는 상처를 입지 않은 조직에 비해 상처 받은 조직에서 호흡과 에틸렌 발생이 더 증가되었다고 보고하였다.

저장기간 중 포장재내의 절단상추와 딸기의 중량변화를 조사하였다(그림 4). 중량변화는 수분증발에 의한 것이 대부분이며 수축으로 인한 외관의 변형과 조직감 변화를 가져와 상품가치를 하락시키는 요인이 되고 있다. 모든 포장 처리구에서 저장기간이 지남에 따라 중량이 모두 감소하는 경향을 나타내었고 특히 절단상추에 비해 절단딸기에서 표피조직이 물러지는 현상과 부패발생으로 인해 표피가 갈색으로 변하는 등의 품질변화가 일어났으며, 저장말기에 중량이 급격히 감소하였다. 그러나 총 중량감모율이 1% 범위를 넘지 않아 실제로는 중량감

소가 적었다고 할 수 있다.

Andre 등 (1977)은 polyethylene bag에 상추를 넣어 1 2℃에 저장시 저장 42일 후에도 중량감소가 적었다고 하였으며 양 등 (1991)도 잎상추 저장 중 생체 중량은 모든 처리구에서 포장처리에 의해 뚜렷이 중량감소가 억제되었다고 하였는데 이는 포장처리에 의해 포장재내에 MA (modified atmosphere) 조건이 형성되어 증산 및 호흡이 억제되었기 때문이라 사료된다. Yehoshua 등 (1979)도 저장 중 HDPE 필름포장에 의해 생체 중량감소의 지연을 보고한 바 있다.

AF-OPP film을 제외한 나머지 포장 처리구에서는 큰 차이를 보이지 않았다. AF-OPP film내에서 절단상추와 딸기의 중량감소가 가장 적게 일어났는데 이는 AF-OPP film이 가장 낮은 수분투과율을 보였기 때문이라 사료되며 필름표면에 물방울이 맺혀있는 것을 볼 수 있었다. Bio-Ceramic, LDPE와 PP film은 과채류의 증산작용으로 필름표면이 습기로 뿌옇게 흐려지지만 AF-OPP film은 계면활성제 처리로 필름표면이 흐려지는 것을 방지하므로 소비자 구매시 포장재내 내용물을 쉽게 확인 할 수 있다. 중량감소율은 표 1의 수분투과율에 비례하여 나타난 결과라 할 수 있었다.

절단상추의 색변화는 절단한 잎의 가장자리 부위에서 밝기를 통해 갈변정도를 나타내는 'L' 값과 노란색 정도를 나타내는 'b' 값을 측정하여 나타내었다(그림 5). 저장기간 동안 'L' 값은 절단 부위의 잎 가장자리 부분에서 browning이 발생하여 색깔이 어두워져 감소한 결과를 나타냈다. 저장초기에는 포장 처리가 차이를 보이지 않다가 저장 8일 이후에 LDPE film에서 'L' 값이 급격히 감소하여 browning이 많이 발생되었음을 알 수 있었다. 'b' 값의 증가는 노란색의 증가를 뜻하는 것으로 저장기간이 증가할수록 절단부위의 가장자리 잎이 노랗게 변하는 황화현상이 발생되었는데 엽록소 손실로 에 의한 것으로 사료된다.

저장중 절단딸기의 표피 색 변화는 빨간색 정도를 나타내는 'a' 값을 측정하여 나타내었다(그림 6). 포장재 처리구간에는 chitosan film 처리구가 저장기간 동안 'a' 값을 유지하는데 가장 효과적이었으며 LDPE와 PP film은 저장 6일 후에 딸기의 표피조직이 물러지고 그부분의 표피색깔이 옅은 분홍색으로 탈색되는 현상이 일어났으며 심한 경우에는 저장말기에 부패발생으로 인하여 표피가 빨간색에서 갈색으로 변하여 'a' 값의 급격한 감소를 보여 품질유지에 좋지 않은 결과를 가져왔다.

그림 7은 저장기간 중 총 가용성 고형물의 함량변화를 나타낸 결과이다. 모든 포장재 처리구에서 전반적으로 감소하는 경향을 나타내었는데, 이는 호흡의 증가로 인해 당이 기질로 소모되어 당이 감소된 결과라 추측된다. 포장 처리구간에는 뚜렷한 차이는 보이지 않았으나 절단상추와 딸기 모두 chitosan film내에서 약간 높은 함량이 유지되었다. 이는 chitosan film의 가스 차단 효과로 최소가공 상추와 딸기의 호흡이 억제되어 당의 기질소모가 지연되어 나타난 결과라 생각된다. 그림 8은 절단딸기의 soluble sugar 함량변화를 조사한 결과이다. 과실내의 유리당으로는 sucrose, glucose, fructose가 다량 함유되어 있다. 절단상추는 soluble sugar의 함량을 분석한 결과 그양이 극히 적었으며 3가지 당 중 glucose

가 가장 많은 함량을 차지하고 있어 상추의 주요 당임을 알수 있었다(자료 미제시). Bolin과 Huxsoll (1991)은 상추에서 3가지 주요당의 조성은 glucose 47%, fructose 42%와 sucrose 11% 라고 보고하였다.

절단딸기에서는 sucrose 함량이 0.4mg/g 이하로 가장 적었으며 fructose 함량은 평균 2.5mg/g 정도로 가장 많은 것으로 보아 딸기의 주요 당임을 알 수 있었다. Sucrose와 fructose는 저장기간 동안 전반적으로 감소하는 경향을 보였으며, glucose는 저장 중반에 약간 증가함을 보이다가 감소함을 나타냈는데 이는 sucrose가 fructose와 glucose로 분해되기 때문이라 판단된다. 포장처리구중에서는 chitosan film이 가장 많은 함량을 유지하였다.

5℃에서 2주간 저장하는 동안 절단상추와 딸기의 ascorbic acid 함량변화를 조사하였다(그림 9). 딸기는 Vitamim C의 풍부한 공급원이다. Kader (1991)는 'Selva' 품종의 딸기에서 total ascorbic acid 함량이 5mg/100g 에서 66-78mg/100g 정도를 함유하고 있다고 보고한 바 있다. 이 실험에 사용된 '보교조생' 품종의 절단딸기의 ascorbic acid는 34-40mg/g 정도의 함량을 나타내었으며 절단상추는 평균 8mg/g 정도로 딸기에 비해 낮은 함량을 보였다. 저장기간 동안 ascorbic acid 함량은 감소하였는데 양 등 (1991)도 상추 청치마 품종을 0.01mm 두께의 HDPE에 포장하여 5℃에 저장시 저장 10일 후, vitamin C 함량은 초기 25.3에서 11.3mg/100g FW으로 저하되었다고 하였다. 또 저장 20일 이후에는 5.4mg/100g FW으로 저하되었는데 이와같이 감소가 심한 것은 사용한 필름의 두께가 너무 얇기 때문에 포장재에 의한 MA 또는 CA효과가 거의 유지되지 않아 생리대사가 억제되지 않았기 때문이라 하였다. 특히 저장말기에는 미생물에 의한 부패 등으로 인하여 ascorbic acid 함량이 저하되는 것으로 생각된다. 포장 처리구간에는 chitosan film내의 최소가공상추와 딸기가 가장 많은 함량을 유지하었다. 이는 chitosan film내의 많은 이산화탄소의 축적으로 호흡작용이 억제되어 양분의 소실이 적었기 때문에 나타난 결과라 사료된다.

딸기 조직은 매우 약하여 약간의 충격으로도 쉽게 손상되는데 이러한 손상부위를 통해 미생물의 번식이 왕성해지고 이에 따라 미생물이 분비하는 세포벽 분해효소 및 딸기 자체의 자가 분해 효소 등에 의해 조직의 붕괴가 가속된다. 따라서 딸기의 경도유지는 품질유지에 가장 결정적인 역할을 한다고 볼 수 있다(Smith, 1992). 절단딸기의 저장기간 중 경도변화는 모든 포장 처리구에서 감소하는 경향을 나타내었다(그림 10). 저장기간이 증가됨에 따라 딸기의 표피조직이 물러지는 현상과 함께 soluble pectin의 증가 및 PG와 같은 세포벽 분해 효소의 활성증가로 조직의 연화가 일어난 것으로 사료된다. 포장 처리구에서는 이산화탄소의 축적이 가장 많은 chitosan film이 절단딸기의 연화를 지연시키는데 가장 효과적이었다. 이러한 효과는 절단딸기의 경도를 향상시키는 것보다는 경도가 단단하게 유지되었기 때문에 나타난 결과라 할 수 있다. Smith 등 (1992)은 이산화탄소가 몇몇 품종의 딸기과실의 경도를 단단하게 유지시켰다는 보고를 한 바 있고 Rosen 등 (1989)은 'G-3' 품종의 절단딸기가 12% CO_2와 2% O_2 농도에서 경도유지에 효과적이었다고 하였다.

절단상추는 저장기간 동안 포장재내에서 휘발성 성분이 거의 발생되지 않았다. Plastic bag에 포장된 절단상추에서 CO_2 농도가 20% 이상일 때 이취가 발생되었다고 보고한 바 있다(McDonald 등, 1990). 포장재내 절단딸기에서 발생된 휘발성 성분을 조사한 결과 acetaldehyde나 methanol은 거의 발견되지 않았으며 주로 ethanol만이 축적되었다(그림 11). 포장 처리구간에 chitosan film이 60ppm 정도의 가장 낮은 농도를 나타낸 반면 Bio-ceramic, LDPE, PP film에서는 100ppm 이상의 ethanol이 축적되어 저장말기에 포장재를 개봉하였을 때 이취가 발생되어 품질유지에 좋지 않은 결과를 가져왔다. Shaw (1969)의 보고에 따르면 휘발성 성분의 축적은 딸기에서 off-flavor의 발생을 야기시킨다고 하였으며, Ke (1991)등은 고농도의 CO_2를 처리한 딸기에서 ethanol이 많이 축적되어 이취가 발생되었으며 ethanol의 축적은 이취발생과 밀접한 상관관계가 있다고 보고한 바 있어 위의 결과와 일치하였다.

포장재에 따른 발병율은 부패 및 곰팡이에 감염된 최소가공 상추와 딸기의 개수를 %로 나타내었다(표 2). Chitosan film내의 절단상추는 저장초기와 비슷한 품질을 보여 신선도가 저장말기까지 유지되었으며 절단딸기는 표피조직이 약간 무르는 정도로 곰팡이에 의한 부패율은 거의 발생되지 않았다. 이러한 chitosan film의 효과는 곰팡이 발생을 억제하는 chitosan의 항균작용과 함께 뛰어난 가스 차단성으로 CO_2가 많이 축적되어 포장재내에서 곰팡이에 의한 부패발생이 지연된 것으로 사료된다. 절단상추는 저장 8일째 chitosan film을 제외한 나머지 포장 처리구에서 부패가 발생되기 시작하였으며 절단딸기는 저장 6일째부터 *Botrytis cinerea*에 의한 곰팡이 발생과 심한 경우에는 부패로 인해 표피조직이 갈색으로 변하고 물이 나오는 등의 현상을 보여 상품성이 크게 저하되었다. 이상의 결과로 보면 포장재 종류별 최소가공 상추와 딸기의 shelf life 연장에 적합한 포장재는 chitosan film이며 반투과성막을 형성하는 chitosan film의 ripening 지연효과는 뛰어난 가스 차단성으로 인해 이산화탄소 축적과 함께 에틸렌 발생을 억제함으로써 나타난 결과라 사료된다.

Table 1. Gas permeability and water transmission rate of various packaging films.

Packaging film[z]	O_2 permeability[y] (cc/m2/day)	Water transmission rate[x] (gm/m2/day)
AF-OPP[w]	1750	6.15
Chitosan film[v]	2580	11.10
Polypropylene film	3040	11.65
Bio-Ceramic	6180	11.37
LDPE[u]	7180	28.08

[z]Thickness of all kinds of films is 30㎛.
[y]Oxygen permeability was analyzed by the ASTM method.
[x]Water transmission rate was analyzed by the ASTM method.
[w]AF-OPP : Antifogging-oriented polypropylene.
[v]Chitosan film : 3% Chitosan coating film.
[u]LDPE : Low density polyethylene film.

Table. 2. Percentage of disease by fungi of shredded lettuces in different packaging films during storage at 5℃.

Packaging films[z]	Disease (%)					
	Storage (days)					
	2	4	6	8	10	12
AF-OPP[y]	0	0	0	13	20	35
Chitosan[x]	0	0	0	0	0	10
Bio-Ceramic	0	0	0	15	25	40
LDPE[w]	0	0	0	20	38	60
PP[v]	0	0	0	20	30	58

[z]Thickness of all kinds of films is 30㎛.
[y]AF-OPP: Antifogging-oriented polypropylene.
[x]Chitosan film: 3% Chitosan coating film.
[w]LDPE: Low density polyethylene.
[v]PP: Polypropylene.

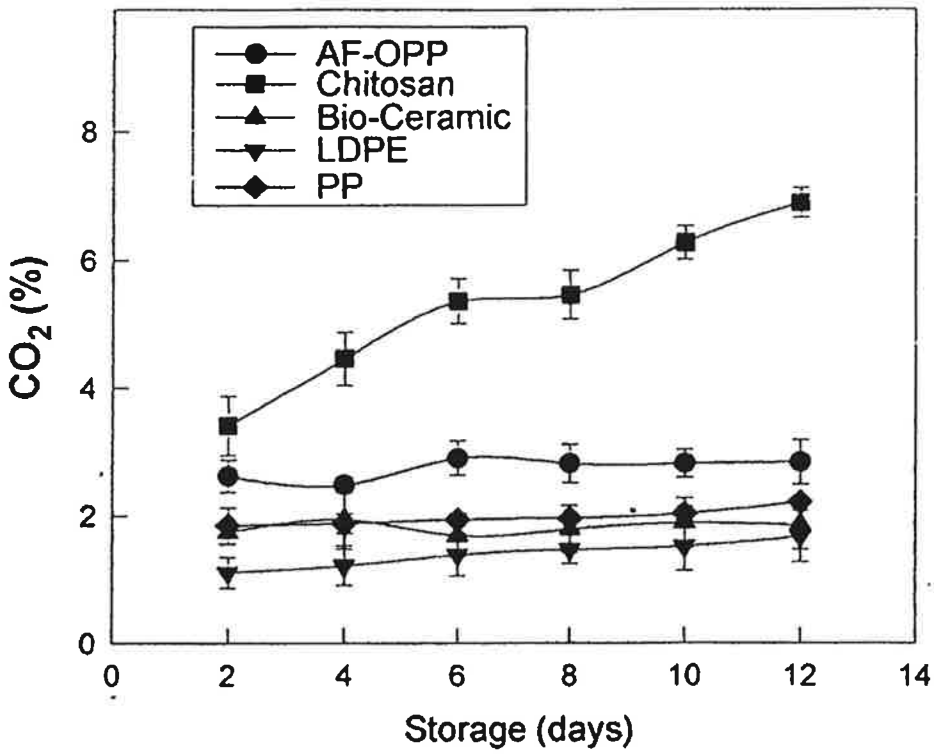

Fig. 1. Changes in carbon dioxide concentration of shredded lettuces in different packaging films during storage at 5°C.

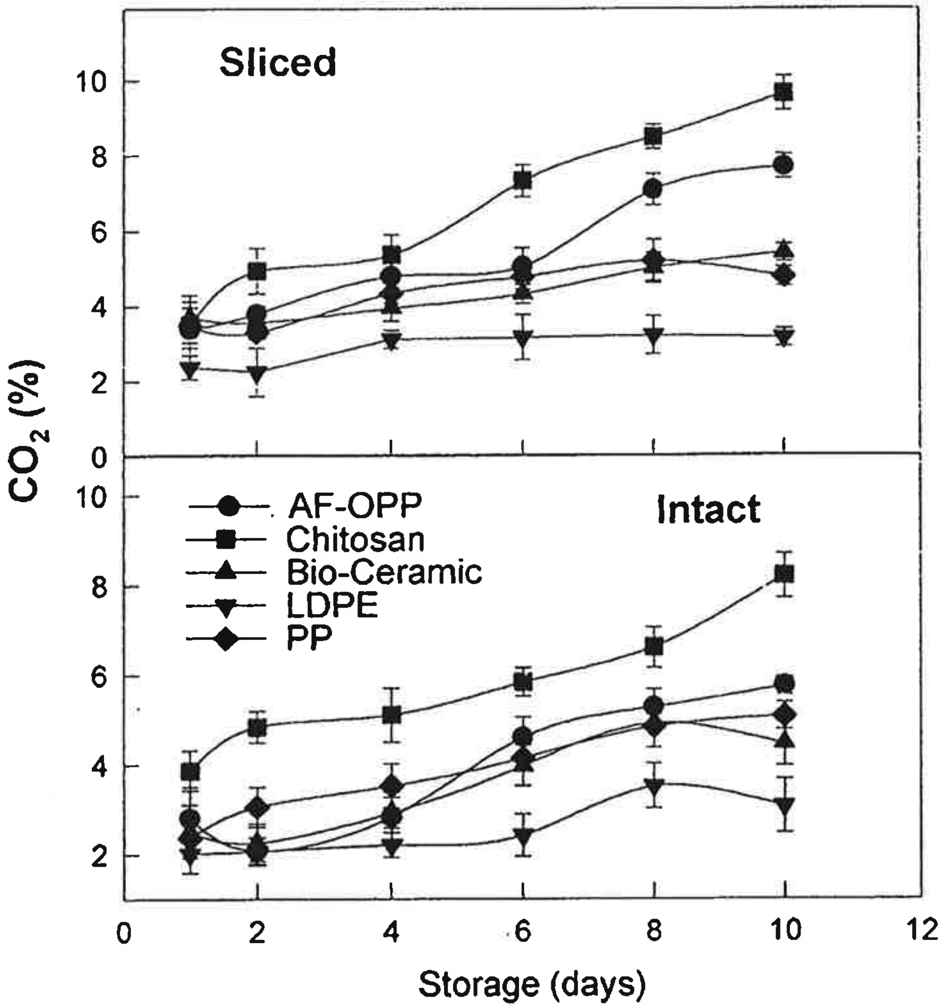

Fig. 2. Changes in carbon dioxide concentration of strawberries in different packaging films during storage at 5°C.

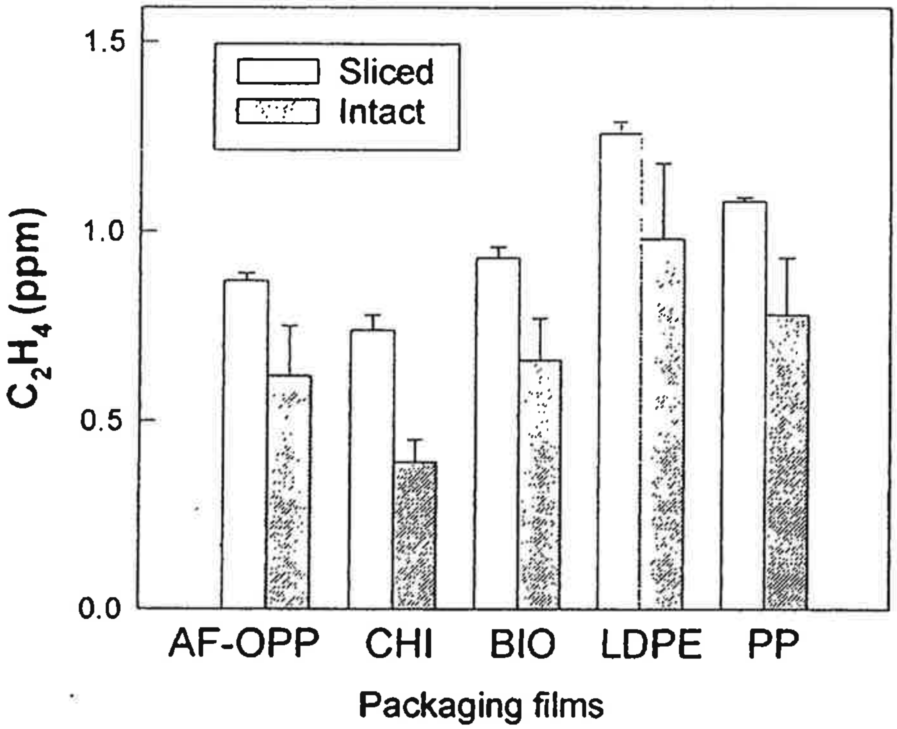

Fig. 3. Ethylene concentration of strawberries in different packaging films during storage at 5°C.

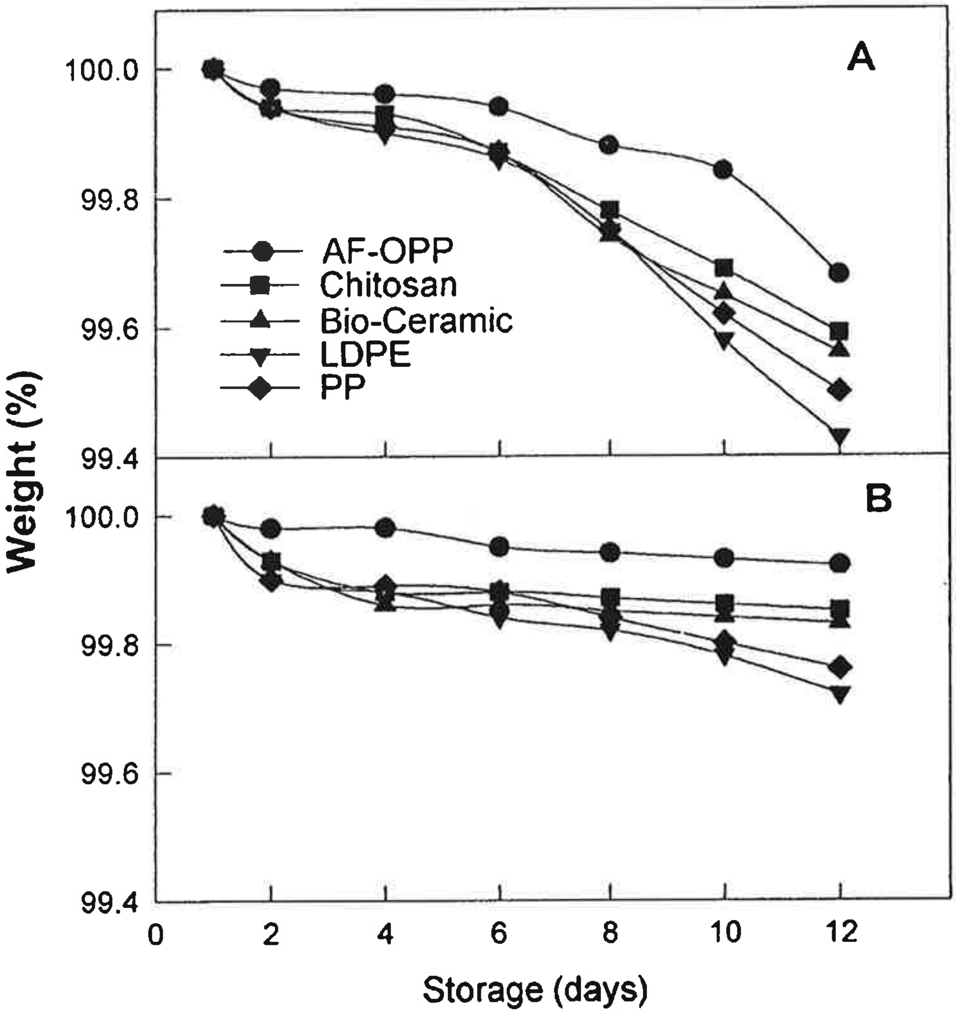

Fig. 4. Changes in weight of sliced strawberries (A) and shredded lettuces (B) in different packaging films during storage at 5°C.

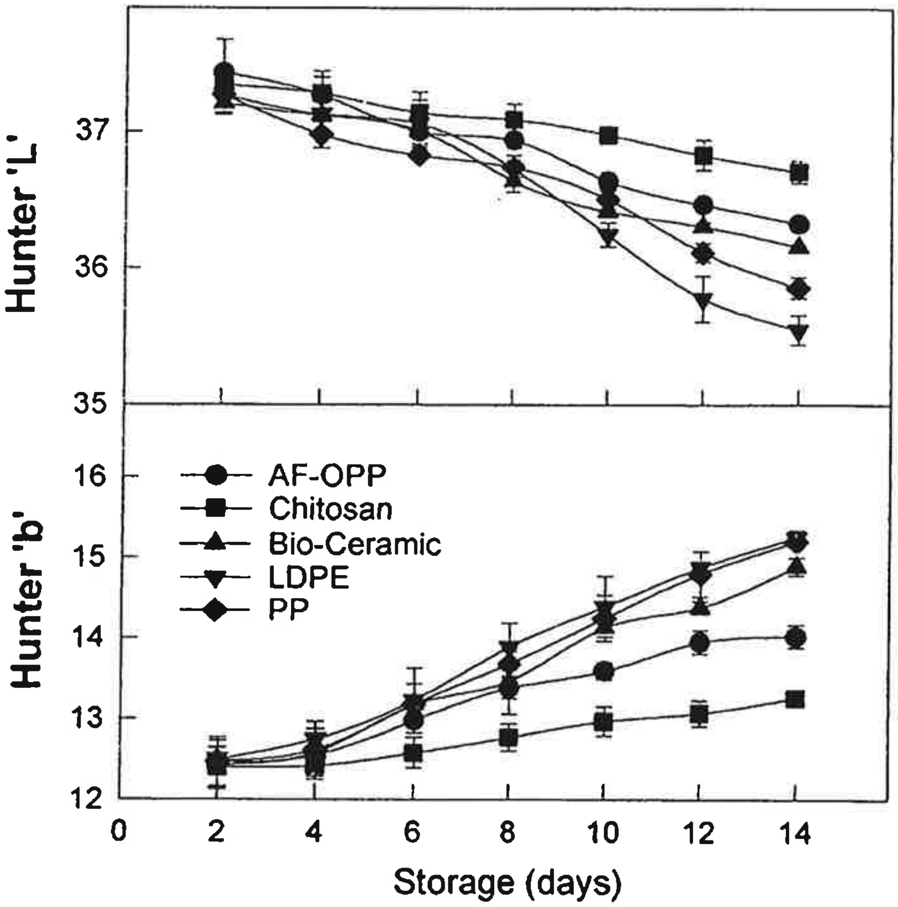

Fig. 5. Changes in Hunter 'L' and 'b' value of shredded lettuces in different packaging films during storage at 5°C.

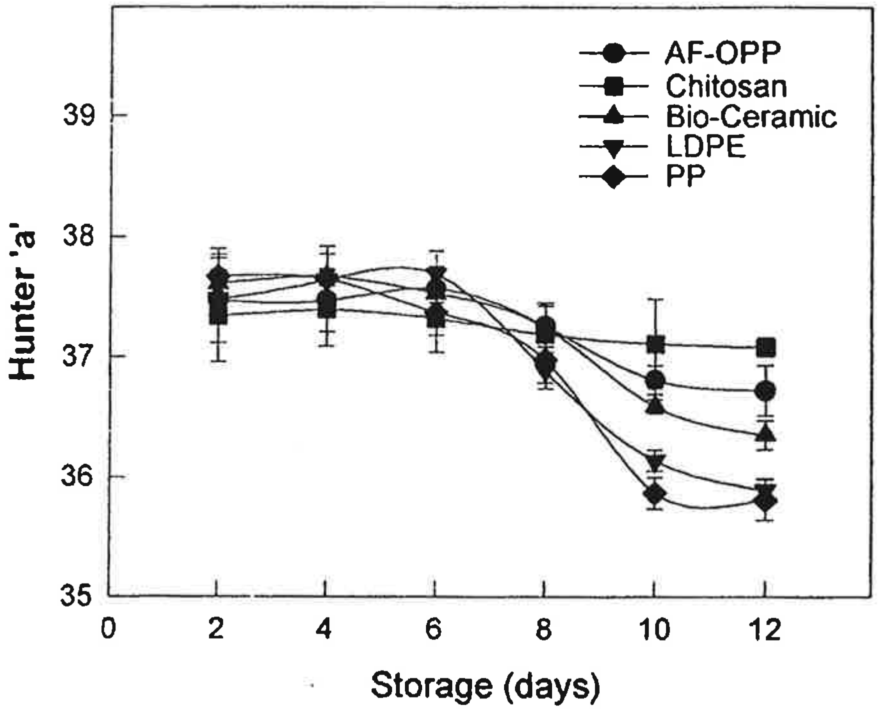

Fig. 6. Changes in Hunter 'a' value of sliced strawberries in different packaging films during storage at 5°C.

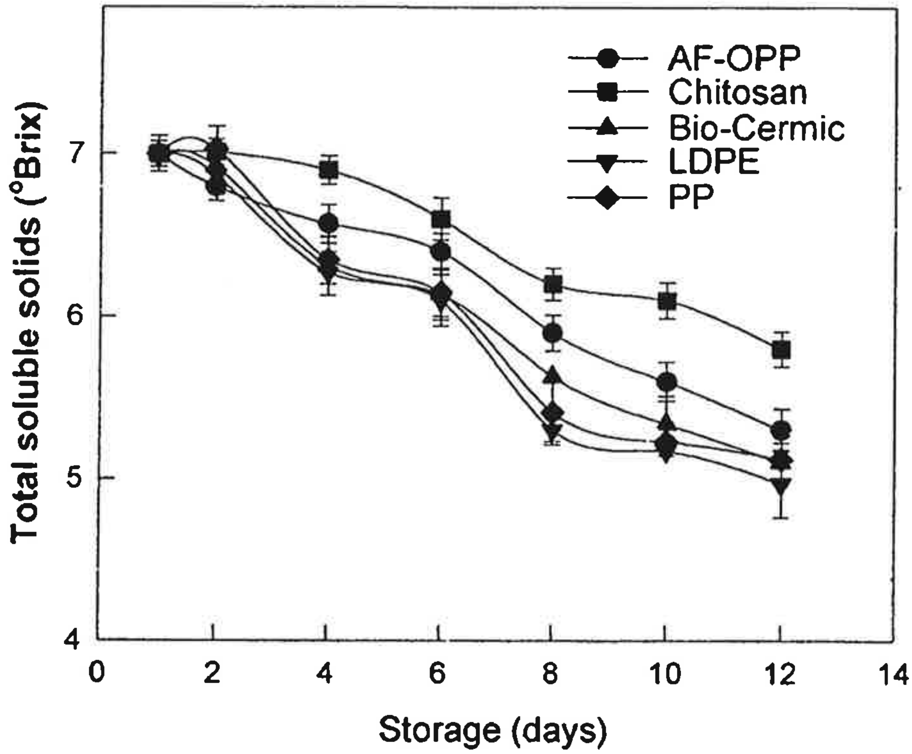

Fig. 7. Changes in total soluble solids content of sliced strawberries in different packaging films during storage at 5°C.

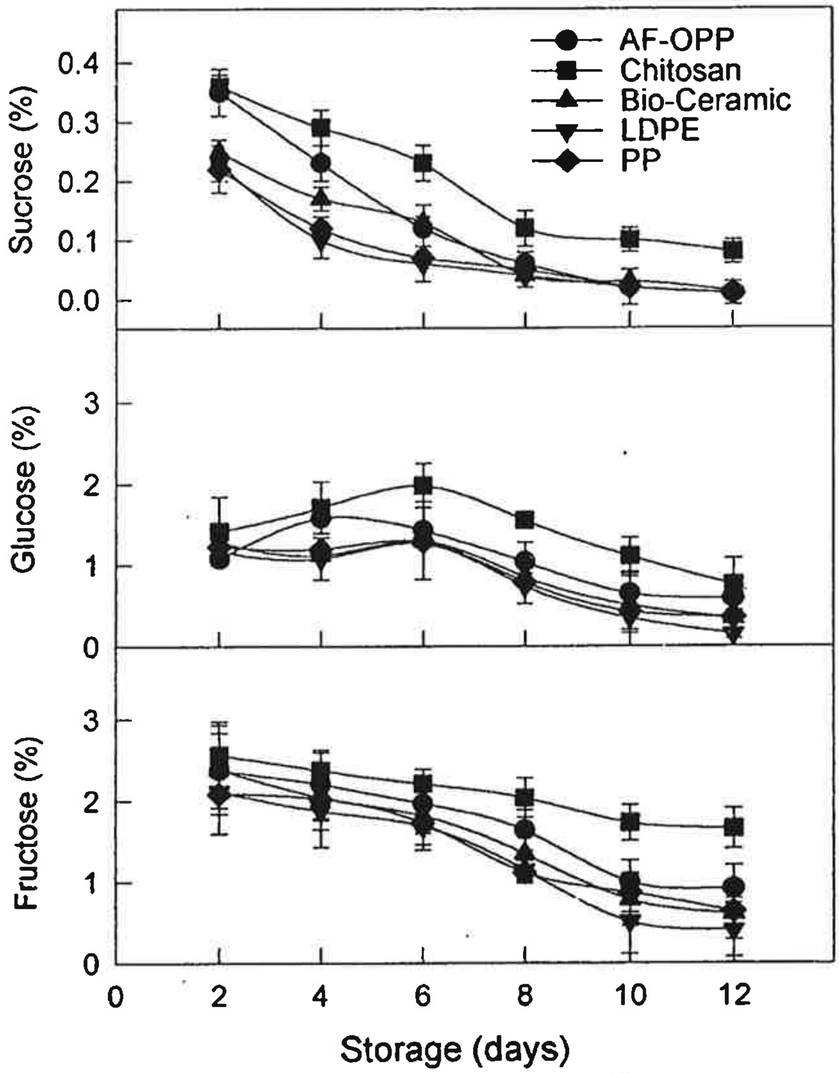

Fig. 8. Changes in sucrose, glucose, fructose content of sliced strawberries in different packaging films during storage at 5°C.

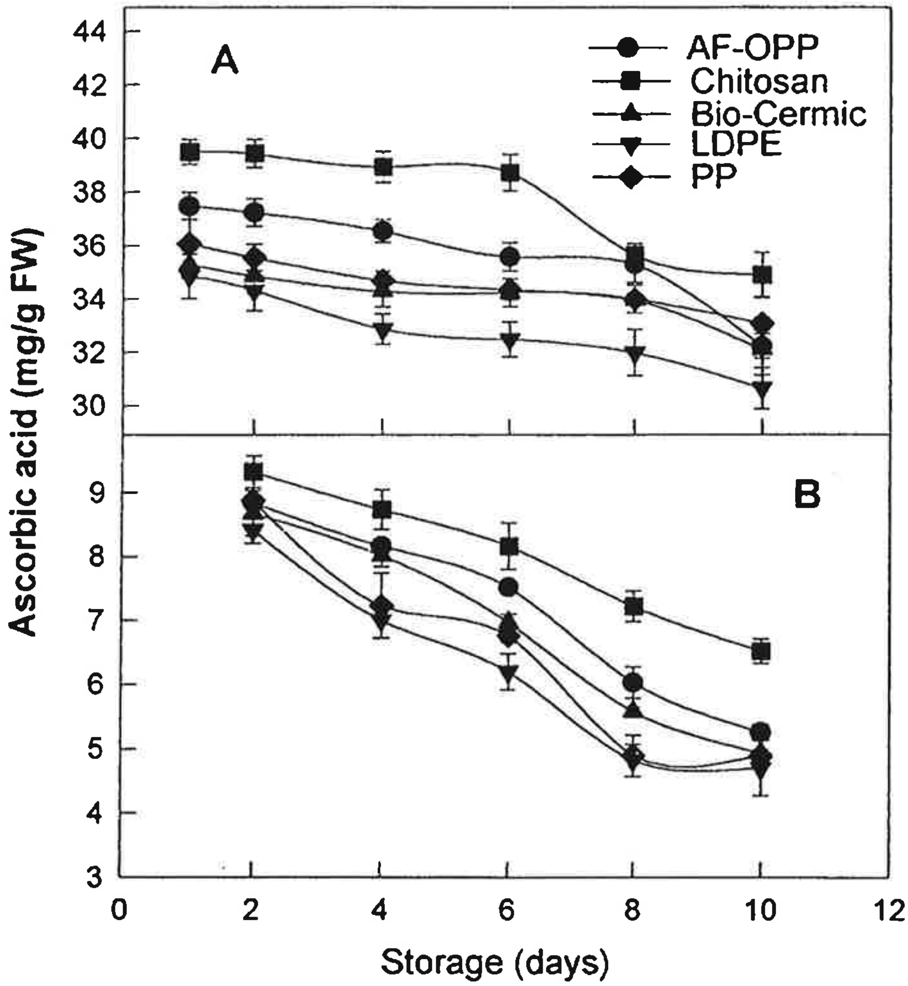

Fig. 9. Changes in ascorbic acid content of sliced strawberries (A) and shredded lettuces (B) in different packaging films during storage at 5°C.

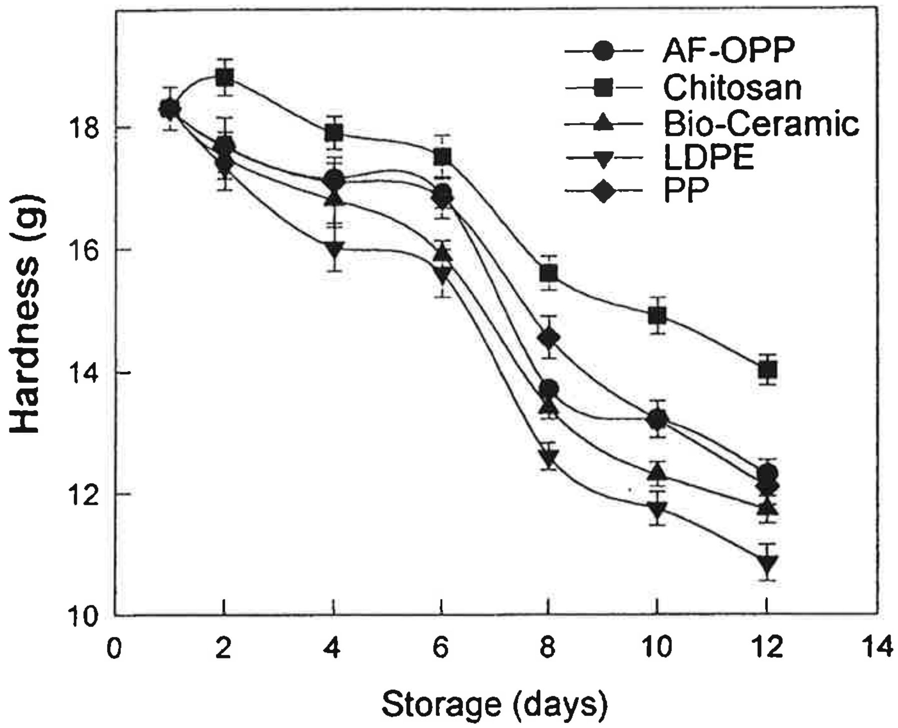

Fig. 10. Changes in fruit hardness of sliced strawberries in different packaging films during storage at 5°C.

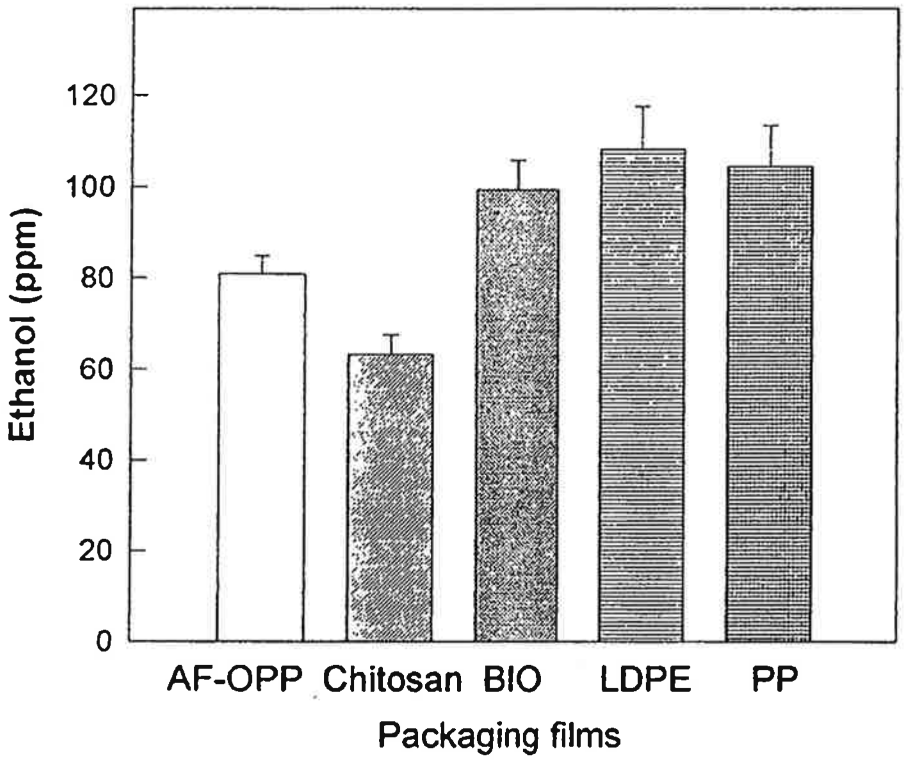

Fig. 11. Ethanol content of sliced strawberries in different packaging films during storage at 5°C.

제 2절 Chitosan Coating이 Slice 딸기의 유통기한에 미치는 효과

1. 서설

최소가공제품은 수확당시 과·채류의 신선도를 최대한 유지한 상태로 세척, 박피, 절단, 살균, 수세 등의 과정을 거친 후 적당한 용기에 포장하여 저장, 유통하여 신선한 상태로 소비자에게 전달되어 가정에서 바로 조리, 또는 소비하도록 편의성을 부여하는 제품이다(김동만, 1995). 이러한 제품은 우선 소비의 편의성을 제공하지만 과·채류를 절단하므로써 조직의 손상에 따른 wound respiration과 에틸렌 발생이 급증된다고 보고된 바 있으며 (Abeles, 1973; Lieberman, 1979) 세포벽 붕괴와 관련된 polygalacturonase (PG)등의 효소 활성 증가로 인한 조직의 연화 (Bangerth 등, 1972), polyphenol oxidase에 의한 갈변 (Hyodo 등, 1978; Ke와 Saltveit, 1986, 1988, 1989a) 등 생리, 생화학적 변화가 빠르게 진행된다. 따라서 최소가공 과·채류의 품질보존 기간을 연장하기 위하여 여러 가지 방법들이 국내외에서 다각도로 연구가 진행되고 있다.

딸기는 표피조직과 육질이 약하여 손상과의 발생율이 높으며 Botrytis cinerea와 Rhizopus stolonifer 등에 의한 균류발생으로 인하여 저장수명이 한정되어 있다. 딸기의 품질유지 및 부패발생을 억제할 수 있는 방법으로는 수확 즉시 예냉시키거나, 저장온도를 적정온도인 0-2℃까지 신속히 낮추어 저장할 수 있다. 그러나 수송중 효과적인 온도조절이 어렵다. CO_2에 대해 내성이 강한 딸기를 고농도의 CO2 하에서 저장하게 되면 부패발생을 억제시킬 수 있으나 이취가 발생이 되는 문제점이 있다. 따라서 저장수명을 연장시킬수 있는 다른 방법이 필요하다.

Chitosan은 2-amino-2-deoxy-D-glucose가 β-1,4 결합을 한 화학구조를 하고 있는 다당류로 갑각류의 껍질, 곤충류의 cuticle 층에 함유된 chitin을 탈아세틸화하여 제조한 동물성 식이섬유의 일종이다. Chitosan은 몇가지 fungi의 생장을 억제시키는 항균작용과 chitinase와 β-1, 3-glucanase, phytoalexin과 같은 곰팡이 세포벽을 붕괴하는 효소를 유도해 내는 성질을 가진다. 또한 semi-permeable film을 형성하는 성질이 있어 chitosan coating시 내부 대기 조성을 변화시킬 수 있어 ripening 지연과 저장수명 연장이 가능하다고 알려져 있다. 따라서 본 연구에서는 slice 딸기에 chitosan coating을 하여 부패억제와 품질유지를 통한 slice 딸기의 shelf life를 연장시키고자 수행하였다.

2. 재료 및 방법

본 연구에 사용된 딸기는 '보교조생'으로 경기도 화성에서 시설재배된 것으로 구입한 후 2℃ 저장고에 24시간 동안 예냉시켜 실험에 사용하였다.

절단방법은 날카로운 stainless steel 칼을 사용하여 딸기는 화탁을 제거하고 1/4 조각으로 절단한 후 수돗물에 세척하였다. 표면수분을 제거하기 위해 20℃에

서 열풍건조시켰다. Chitosan coating은 2.5ml의 10N HCl을 포함한 80ml의 증류수에 1g의 chitosan을 녹였다. 습윤성 향상시키기 위해 0.1ml의 Tween 80 전착제를 첨가한 후 총 100ml가 될 때까지 증류수를 채워 1.0% chitosan 용액을 만들었다. pH는 1N NaOH로 pH 5.6으로 조정하였다. 이 용액에 절단한 딸기를 침지하여 coating 처리하였다. 사용된 포장재는 산소, 이산화탄소, 수분 투과성이 각기 다르고 두께는 모두 30㎛인 LDPE (Low density polyethylene)와 PP (Polypropylene) film을 사용하여 포장한 후 5℃에서 2주간 저장하였다.

품질평가 및 분석방법으로 먼저 포장재내의 기체조성은 2일 간격으로 밀봉된 각 포장 처리구의 포장재내의 이산화탄소는 영인 600D Gas Chromatography로, 에틸렌과 휘발성 성분은 Hitachi G-3000 Gas Chromatography로 분석하였다.

무게감소는 저장 중인 최소가공 상추와 딸기의 무게변화는 2일 간격으로 무게를 측정하여 저장초 중량에 대한 저장 중의 감량분을 백분율로 나타내었다.

표피색상은 Minolta CR200 colorimeter를 이용하여 절단딸기는 가장 빨간부분의 과피를 측정하여 greeness-redness(a)로 표시하였다.

Total soluble solids content 측정은 절단딸기의 sample을 분쇄하여 얻은 즙을 이용하여 refractometer로 측정하였다. Ascorbic acid 분석은 DNP 발색시약을 이용하여 Shimadzu UV-1601 spectrophotometer로 540nm의 흡광도에서 측정하였다. 경도측정은 직경 2mm tip을 사용하여 texture analyzer로 절단딸기의 가장 단단한 부분의 과피를 과육의 50%까지 뚫어 경도로 나타내었으며 각 처리당 5 반복하였다. Soluble sugars 함량은 HPLC로 분석하였다. 부패발생율은 포장재에 따른 발병율은 곰팡이에 감염된 절단딸기의 개수를 %로 나타내었다.

3. 결과 및 고찰

절단딸기의 포장재내 CO_2와 C_2H_4의 발생량은 저장기간 동안 증가하는 경향을 보였다(그림 1). 무처리구에 비해 1.0% chitosan을 처리한 구에서 더 낮은 CO2 발생량을 보였다. 저장기간 동안 C_2H_4의 발생량을 보면 절단딸기는 1.0% chitosan 처리구에서 낮은 에틸렌 발생량을 보였다(그림 2). 이러한 chitosan의 CO_2와 C_2H_4의 발생 억제효과는 chitosan이 가식성 막을 형성함으로써 딸기의 호흡이 억제되어 저장수명을 연장시킬수 있는 효과를 가져오기 때문인 것으로 사료된다. Lowings과 Cutts (1982)는 반투과성막으로 코팅한 과실은 내생 CO_2, O2와 C_2H_4의 변화를 가져와 일반적으로 ripening이 억제된다고 보고하였다. chitosan coating에 따른 호흡율 감소와 에틸렌 발생 억제효과는 바나나(Banks, 1984), 사과, 배 (Meheriuk와 Lau, 1988)와 토마토 (Nisperos 와 Baldwin, 1988), 딸기 (El Ghaouth 등, 1991)에서도 보고된 바 있다.

Chitosan 처리에 따른 절단딸기의 중량변화를 살펴 보았다(그림 3). 포장 처리간에는 뚜렷한 차이를 나타내지 않았다. 대조구에 비해 1.0% chitosan 처리구에서 중량감소가 적게 일어났다. El Ghaouth 등 (1991)의 보고에 따르면 고추와 오이에 1.0%와 1.5%의 chitosan을 처리하여 13℃와 20℃에 저장한 결과 더 높은

농도의 chitosan 처리가 중량감소를 지연시키는 데 효과적이었으며 온도처리에서는 13℃에서 중량감소가 지연되었다고 하였다. Du 등 (1997)은 chitosan coating이 'Shinko' 품종의 일본 배와 키위에서 외관변화와 식물독성을 야기시키지 않았다고 하였다.

절단딸기의 'a' 값을 측정한 결과 대조구는 저장초기 'a' 값의 증가를 보이다가 저장말기에 감소하는 경향을 나타냈는데 이는 안토시아닌 색소 합성으로 인하여 증가함을 보이다가 저장말기에 탈색과 부패현상으로 딸기표피조직이 갈색으로 변하여 'a' 값의 감소를 나타낸 것으로 사료된다(그림 4). 이에 비해 1.0% chitosan 처리는 저장초기의 'a' 값을 저장기간 동안 유지하는 데 효과적이었는데 이는 chitosan이 안토시아닌 합성을 지연시켜 나타난 결과라 사료된다. El Ghaouth 등 (1991)도 1.0%와 1.5% chitosan coating이 딸기의 안토시아닌 합성을 지연시켰다고 보고하였다.

저장기간 중 chitosan 처리에 따른 절단딸기의 총 가용성 고형물의 함량 변화를 조사하였다(그림 5). 저장기간이 증가함에 따라 감소하는 경향을 보였다. 저장초기에 대조구와 1.0% chitosan 처리구간에 차이를 보이지 않다가 대조구는 저장 6일째부터 급격한 감소를 보였으며 1.0% chitosan 처리구에서 저장말까지 함량 유지에 효과적이었다. Du 등 (1997)도 2% chitosan을 처리한 복숭아의 총 가용성 고형물의 함량이 더 낮은 호흡작용으로 인해 저장기간 동안 높은 함량을 유지하였다고 하였다. 절단딸기의 soluble sugar 함량변화는 무처리구에 비해 1.0% chitosan 처리가 저장기간 동안 높은 함량을 유지하였다(그림 6). 이러한 효과는 chitosan coating으로 딸기의 호흡이 억제되어 당의 기질소모가 적었기 때문에 나타난 결과일 것이다.

Ascorbic acid 함량은 대조구에 비해 1.0% chitosan 처리가 저장기간 동안 꾸준히 높은 함량을 유지하였다(그림 7). 이러한 결과는 chitosan coating에 따른 두 작물의 호흡이 억제되어 대조구에 비해 대사작용 억제로 인하여 양분의 소실이 적게 발생되어 나타난 결과라 사료된다. 포장처리간에는 차이가 없었다.

그림 8은 절단딸기에서 무처리구와 1.0% chitosan 처리간의 경도를 비교한 것이다. 무처리구는 저장말기에 딸기의 표피조직이 물러지는 현상으로 인하여 경도감소를 가져와 전반적으로 저장기간 동안 감소하는 경향을 나타내었다. 이에 비해 1.0% chitosan을 처리한 절단딸기의 경도는 저장초 대조구에 비해 약간 높은 수치를 나타냈으며 저장말기까지 경도를 단단하게 유지시켜는 데 효과적이었다. El Ghaouth 등 (1991)도 1.0%와 1.5% chitosan 처리가 딸기의 경도를 단단하게 유지시켜 연화억제에 효과적이었다고 보고하여 위의 결과를 뒷받침해 주었다. 포장처리간에는 차이를 보이지 않았다.

PP와 LDPE film으로 포장된 절단딸기에서 축적된 휘발성 성분은 acetaldehyde와 methanol은 극소량이었으며 주로 ethanol이 많이 축적되었다(그림 9). 포장 처리간에는 차이가 없었고 1.0% chitosan 처리에서 저장기간 동안 60ppm 정도로 낮은 수준의 ethanol이 발생된 반면 무처리구는 100ppm 이상의 함량을 보여 두 필름 모두 저장말기에 포장 개봉시 이취가 발생되었다.

표 1은 절단딸기에서 나타난 부패율을 조사한 결과 포장 처리간에는 큰 차이를 보이지 않았다. 절단딸기의 곰팡이에 의한 부패율은 대조구에서 저장 6일째부터 발생하기 시작하여 저장말기에는 50% 이상의 감염율을 나타냈으며 1.0 chitosan 처리구는 저장 8일째 LDPE film에서 8% 정도의 낮은 부패율을 보였다. El Ghaouth 등 (1991, 1992)은 chitosan coating이 *Botrytis cinerea*와 *Rizopus stolonifer*의 포자발아와 발아관 신장을 억제하여 딸기의 부패를 감소시켰다고 보고한 바 있다. 이러한 chitosan coating에 따른 딸기의 부패 억제효과는 chitinase, chitosanase와 β-1, 3-glucanase와 같은 방어 효소를 야기시키는 성질보다는 오히려 항균적인 성질과 더 관련있는 것이라고 보고하였다. Du 등 1(1997)도 2.0% chitosan coating이 복숭아와 배의 부패 지연 및 *Botrytis cinerea*에 의해 야기되는 키위의 ripe fruit rot을 억제하는데 효과적이었다고 하였다. 이상의 결과 절단딸기의 chitosan coating은 반투과성 막형성으로 인하여 CO_2와 C_2H_4 발생 억제를 통해 품질유지 및 부패발생을 억제하는 데 효과적임을 알 수 있었다. 따라서 절단딸기의 유통기한 연장에 적절한 coating 재료라 사료된다.

Table 1. Percentage of disease by fungi of control and 1.0% chitosan-coated sliced strawberries in different packaging films during storage at 5℃.

Packaging films[z]	Treatment	Disease (%)				
		Storage (days)				
		2	4	6	8	10
PP[y]	0% CHI	0	0	15	35	58
	1.0% CHI	0	0	0	0	15
LDPE[x]	0% CHI	0	0	15	48	60
	1.0% CHI	0	0	0	8	20

[z]Thickness of all kinds of films is 30㎛.
[y]PP: Polypropylene.
[x]LDPE: Low density polyethylene.

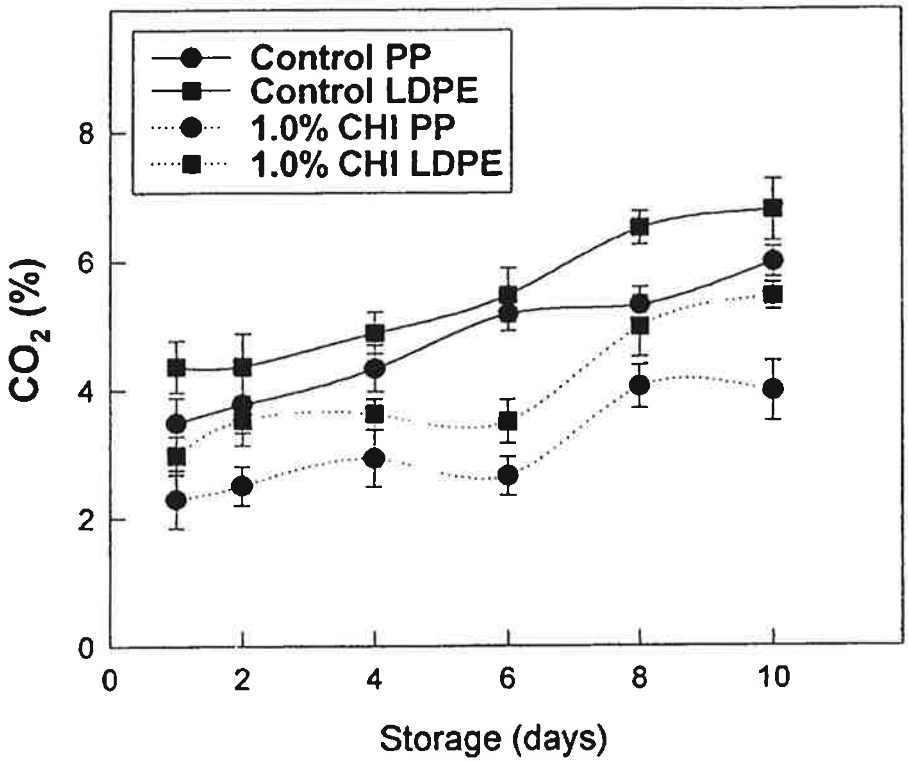

Fig. 1. Changes in carbon dioxide concentration of control and 1.0% chitosan-coated sliced strawberries in different packaging films during storage at 5°C.

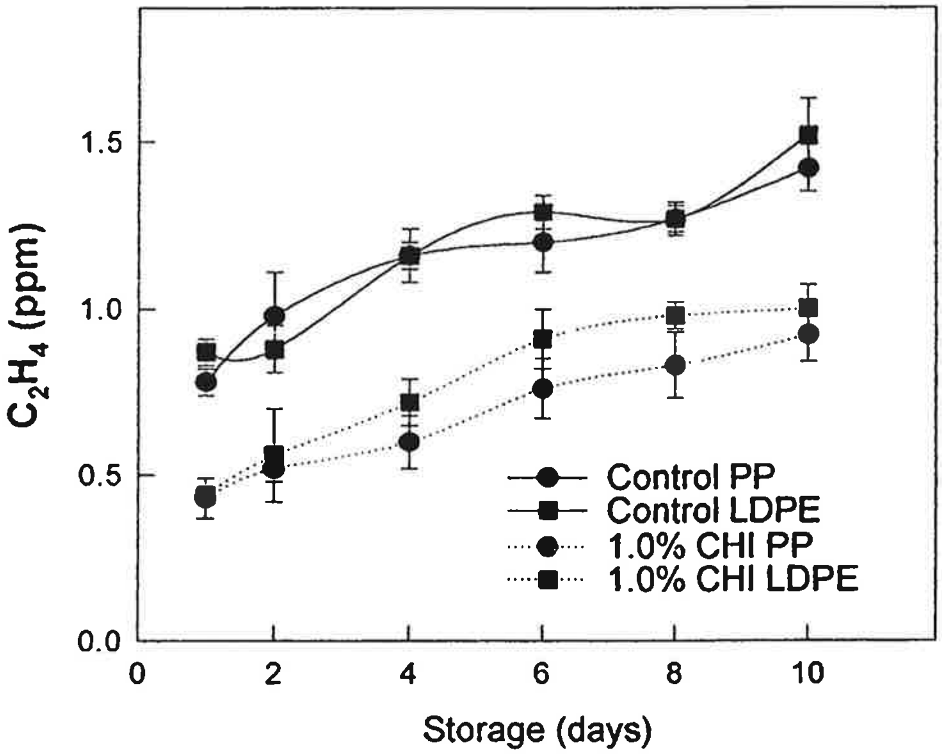

Fig. 2. Changes in ethylene concentration of control and 1.0% chitosan-coated sliced strawberries in different packaging films during storage at 5°C.

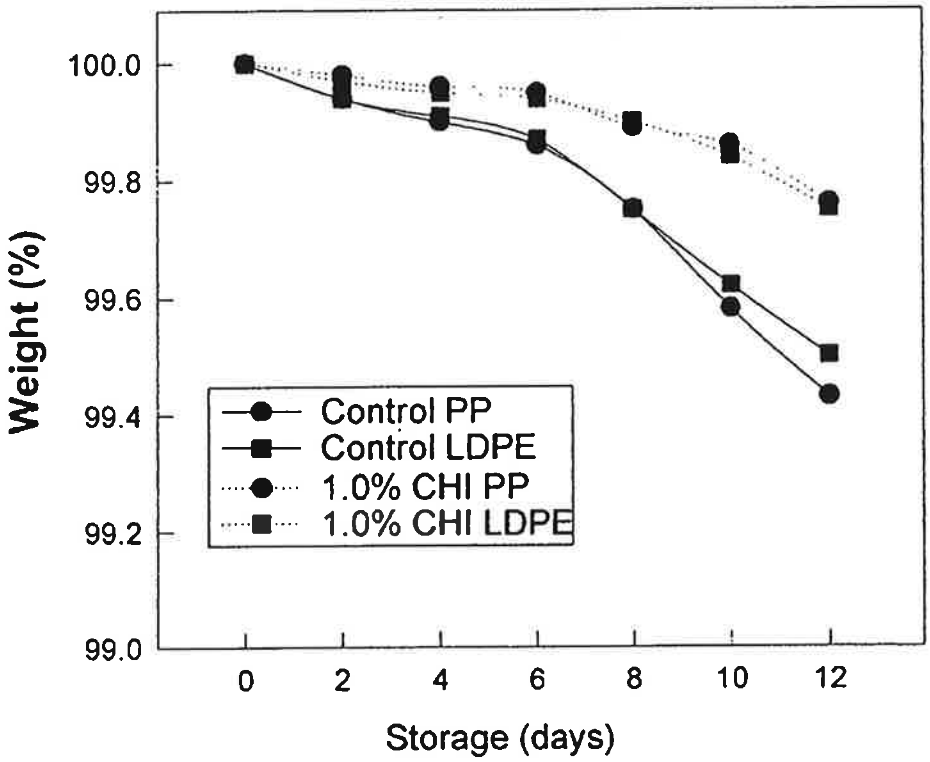

Fig. 3. Changes in weight of control and 1.0% chitosan-coated sliced strawberries in different packaging films during storage at 5°C.

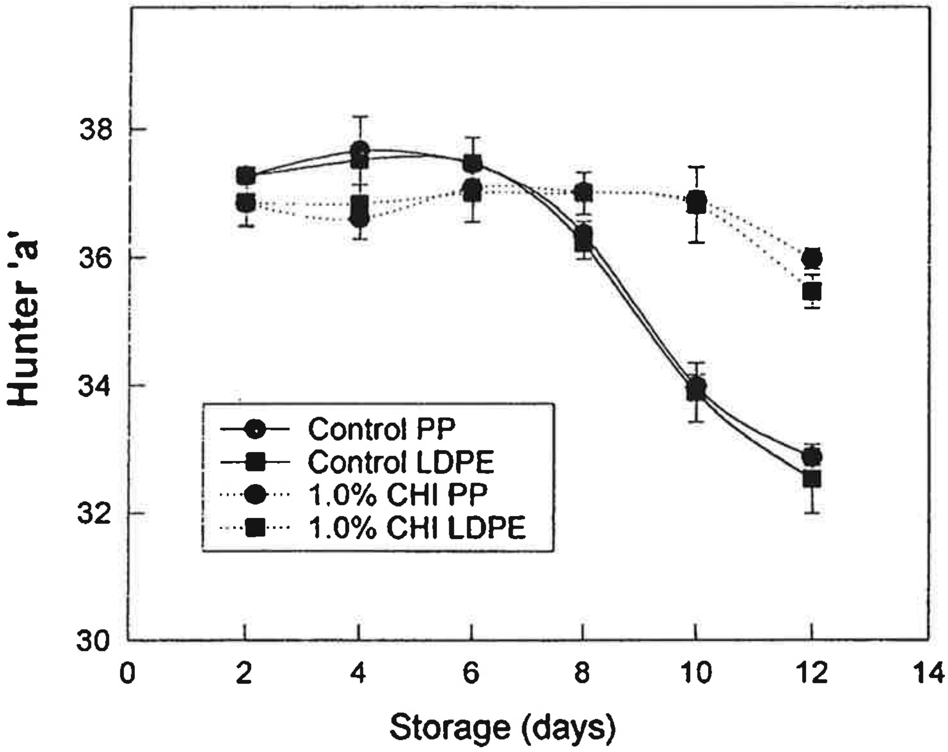

Fig. 4. Changes in Hunter 'a' value of control and 1.0% chitosan-coated sliced strawberries in different packaging films during storage at 5°C.

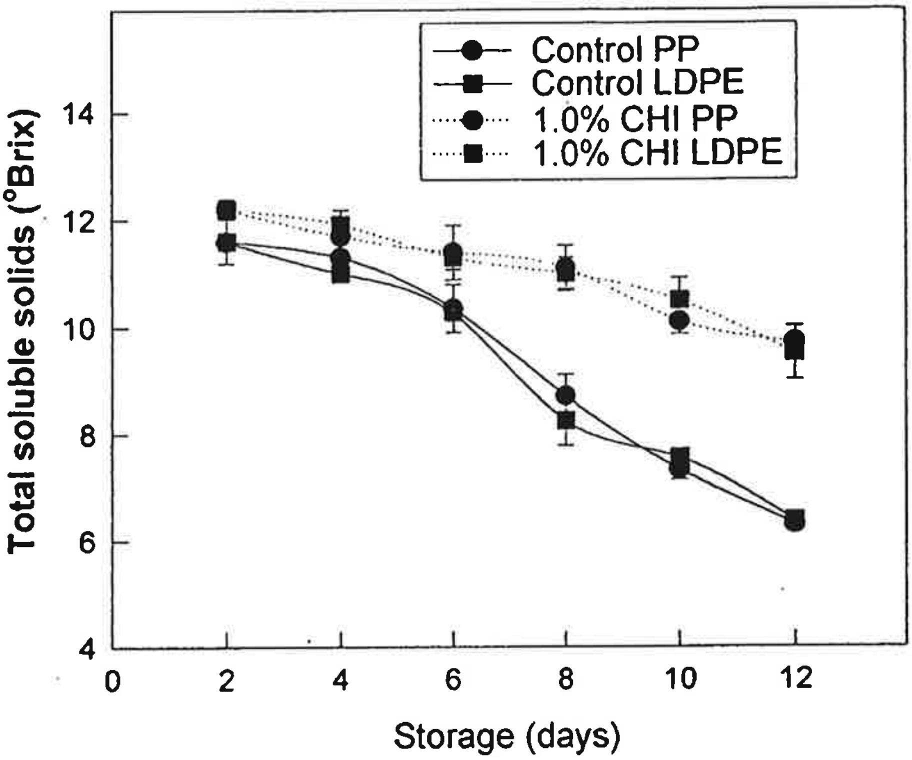

Fig. 5. Changes in total soluble solids content of control and 1.0% chitosan-coated sliced strawberries in different packaging films during storage at 5°C.

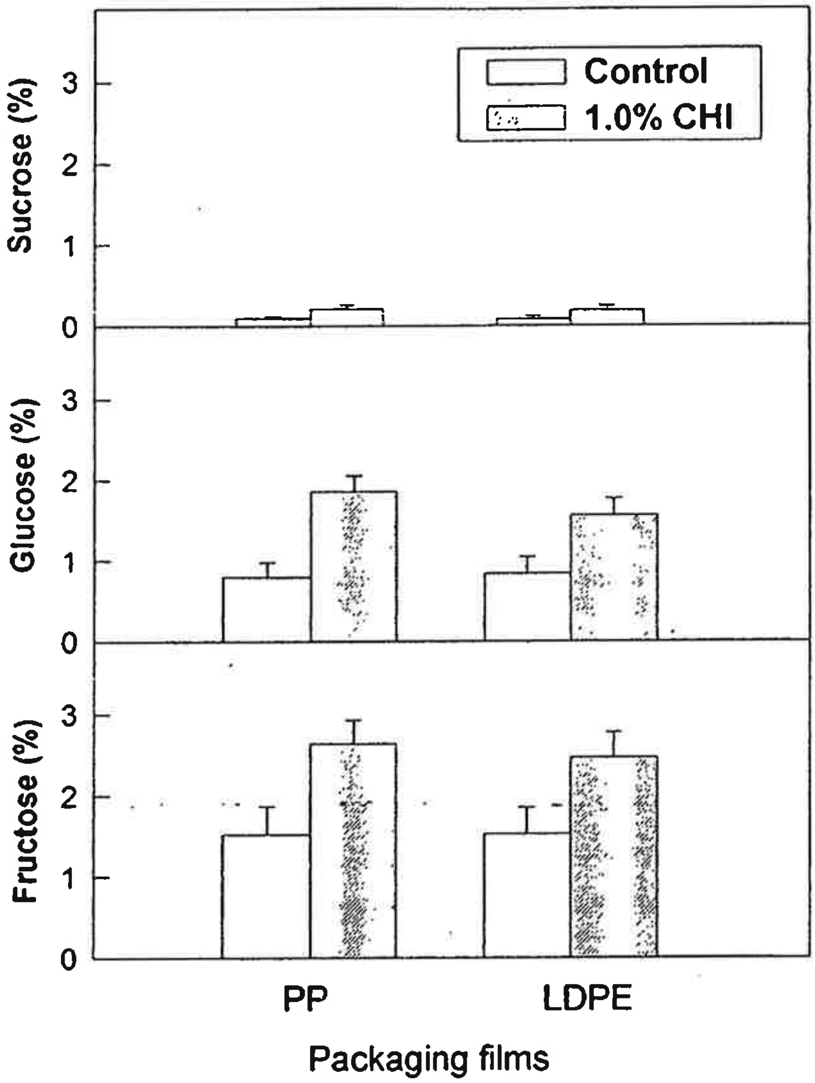

Fig. 6. Sucrose, glucose, fructose content of control and 1.0% chitosan-coated sliced strawberries in different packaging films during storage at 5°C.

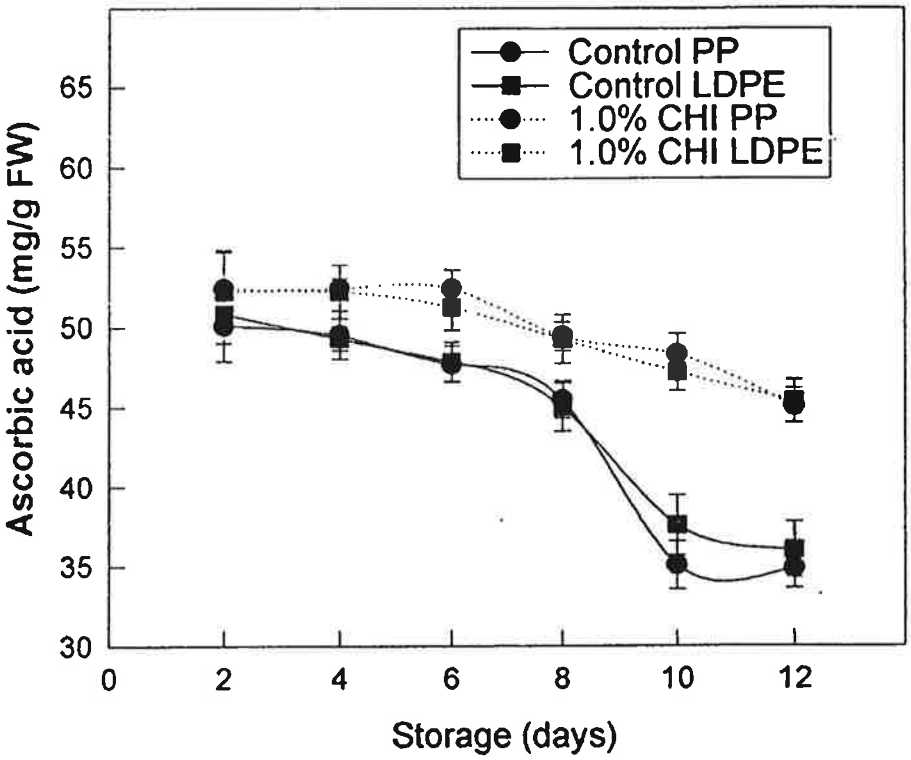

Fig. 7. Changes in ascorbic acid content of control and 1.0% chitosan-coated sliced strawberries in different packaging films during storage at 5°C.

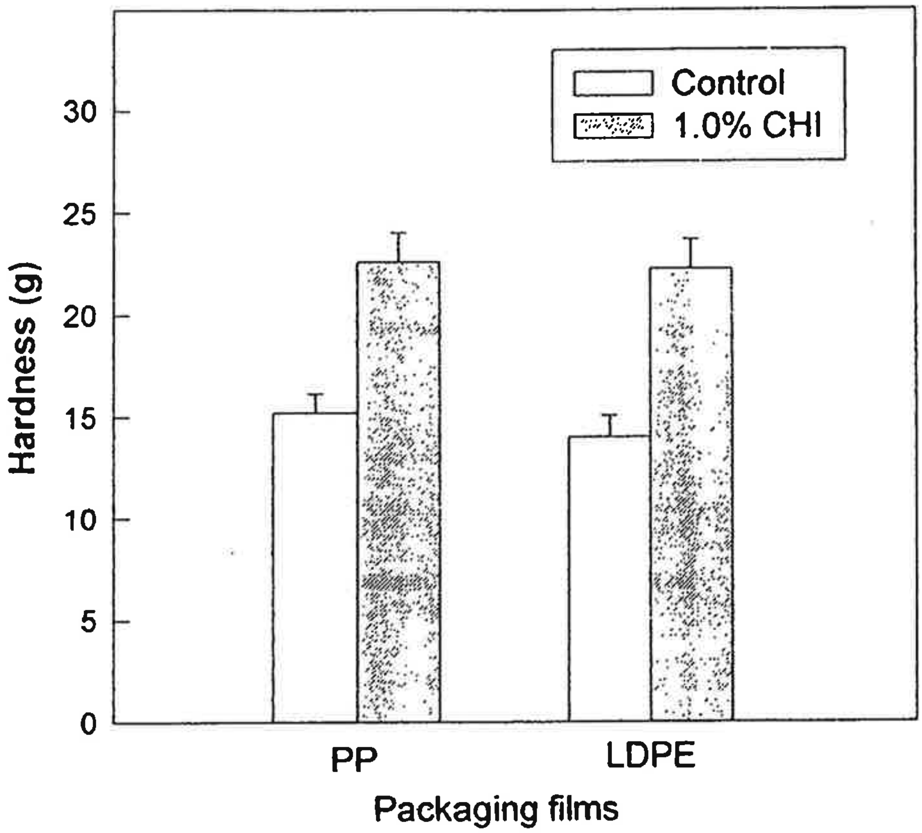

Fig. 8. Hardness of control and 1.0% chitosan-coated sliced strawberries in different packaging films during storage at 5°C.

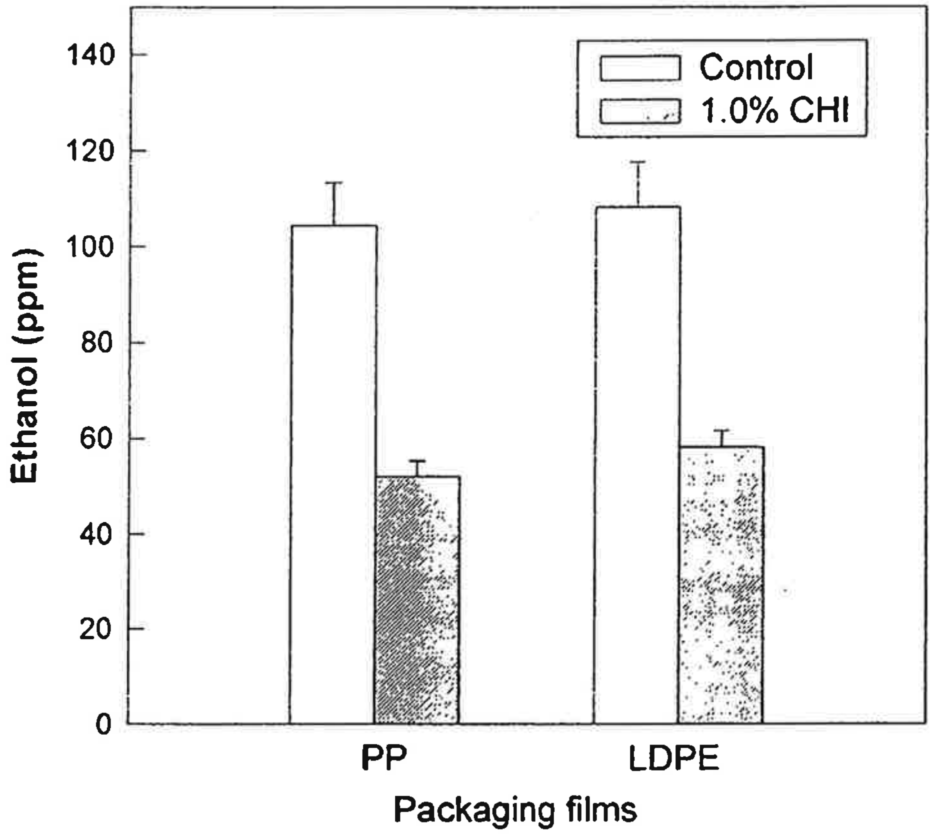

Fig. 9. Ethanol content of control and 1.0% chitosan-coated sliced strawberries in different packaging films during storage at 5°C.

제 5 장 인 용 문 헌

Abeles, F.B., P.W. Morgan, and M.E. Saltveit, Jr. 1992. Ethylene in plant biology. Academic Press, New York.

Allan, C.R. and L.A. Hadwiger. 1979. The fungicidal effect of chitosan on fungi of varying cell wall composition. Exp. Mycol. 3:285-287.

Bai, R.K., M.Y. Huang, and Y.Y. Jiang. 1988. Selective permeabilities of chitosan-acetic acid complex membrane and chitosan-polymer complex membrane for oxygen and carbon dioxide. Polym Bull. 20:80

Ballinger, W.E. and W.B. Nesbitt. 1982. Quality of muscadine grapes after storage with sulfur dioxide generators. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 107(5):827-830.

Ballinger, W.E. and W.B. Nesbitt. 1984. Quality of *Euvitis* hybrid bunch grapes after low temperature storage with sulfur dioxide generators. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 109(6):831-834.

Ballinger, W.E., E.P. Maness, and W.B. Nesbitt. 1985. Sulfur dioxide for long-term low temperature storage of *Euvitis* hybrid bunch grapes. HortScience 20(5):916-918.

Bank, N.H. 1984. Some effects of TAL pro-long coating on ripening bananas, J. Expt. Bot. 35:127-137.

Bartnicki-Garcia, S. 1968. Cell wall chemistry, morphogenesis, and taxonomy of fungi. Ann. Rev. Microbiol. 22:87-108.

Ben-Arie, R. and Y. Zutkhi. 1992. Extending the storage life 'Fuyu' persimmon by modified atmosphere packaging. HortScience 27(7):811-813.

Ben-Yehoshua, S. 1985. Individual seal-packging of fruit and vegetables in plastic film-a new postharvest technique. HortScience 20:32.

Ben-Yehoshua. S. 1987. Transpiration, water stress, and gas exchange. pp. 113-115. In Weichmann, J. (ed.). in Postharvest physiology of vegetables.

marcel Dekker, Inc.

Bolin, H.R. and C.C. Huxsoll. 1991. Control of minimally processed carrot (*Daucus carota*) surface discoloration caused by abrasion peeling. J. Food Sci. 56(2):416-418.

Burton, K.S. and R. Noble 1993. The influence of flush number, bruising and storage temperature on mushroom quality. Postharvest Biology and Technology 3:29-47.

Burton, K.S., C.E. Frost, and R. Nichols 1987. A combination plastic permeable film system for controlling post-harvest mushroom quality. Biotechnol. Lett. 9:529-534.

Cohen, E., S. Lurie, B. Shapiro, S. Ben-yehoshua, Y. Shalom, and L. Rosenberger. 1990. Prolonged storage of lemon using indivisual seal-packaging. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 115(2):251-255.

Dominic, W.S., F.A. Wong, K.S. Gastineau, S.J. Tillin, and A.E. Pavlath. 1992. Chitosan-lipid films: Microstructure and surface energy. J. Agric. Food Chem. 40:540-544.

Du, J., H. Gemma and S. Iwahori. 1997. Effects of chitosan coating on the storage of peach, Japanese pear, and kiwifruit. J. Japan. Soc. Hort. Sci. 66(1):15-22.

El Ghaouth, A., J. Arul, J. Grenier, and A. Asselin. 1992. Antifungal activity of chitosan on two postharvest pathogens of strawberry fruits. Phytopathology 82:398-402.

El Ghaouth, A., J. Arul, R. Ponnampalam, and M. Boulet. 1991. Chitosan coating effect on storability and quality of fresh strawberries. J. Food Sci. 56(6):1618-1620.

El-Ghaouth A., A. Joseph, and R. Ponnampalam. 1991. Use of chitosan coating to reduce water loss and maintain quality of cucumber and bell pepper fruits. J. Food Proce. and Preserv. 15:359-368.

Federal Registry. 1989. Pesticide tolerance for sulfur dioxide. Federal Registry

54:20125- 20126.

Forsyth, F.R., C.A. Eaves, and C.L. Lockhart. 1967. Controlling ethylene levels in the atmosphere of small containers of apples. Can. J. Plant Sci. 47:717- 718.

Gong, S. and K.A. Corey. 1992. Rapid tesing of films for modified atmosphere packages using an active modification technique. HortTechnology. 2(3):358.

Guthrie, B.D. and R.B. Beelman 1989. Control of bacterial deterioration in fresh washed mushrooms. Mushroom Sci. 13:689- 700.

Hale, C.R., B.G. Coombe, and J.S. Hawker. 1970. Effects of ethylene and 2- chloroethylphosphonic acid on the ripening of grapes. Plant Physiol. 45:620- 623.

Harvey, K.M., C.M. Harris, and H.M. Couey. 1968. Export of california strawberries to europe via air freight in 1966 to 1967: factors affecting market quality on arrival. USDA Mktg. Res. Rep. 810:10.

Hardenburg, R.E., A.E. Watada, and C.Y. Wang. 1986. The Commercial storage of fruits, vegetables, florist and nursery stocks. Agricultural Handbook 66, U.S.D.A., Washington. D.C.

Hintlian, C.B. and J.H. Hotchkiss. 1986. The safety of modified atmosphere packaging :a review. Food Technol. 40(12):70.

Iseberg, M. F. R. 1979. Controlled atmospheres storage of vegetables. Hortic. Rev. 1:337.

Kader, A.A. 1980. Prevention of ripening in fruits by use of controlled atmospheres. Food Technol. 34(3):51.

Kader, A.A. 1986. Biochemical and physiological basis for effects of controlled and modified atmospheres on fruits and vegetables. Food Technol. 40(5):99.

Kader, A.A. 1991. Quality and its maintenance in relation to the postharvest physiology of strawberry. pp145-152. In: A.Dale and J.J. Luby(ed.). The strawberry into the 21st century. Timber Press, Potland, OR.

Kato-Noguchi, H. and A.E. Watada. 1997. Citric acid reduces the respiration of fresh-cut carrots. HortScience 32(1):136.

Ke, D., L. Goldstein, M. O'Mahony, and A.A. Kader. 1991. Effects of short-term exposure to low O_2 and high CO_2 atmospheres on quality attributes of strawberries. J. Food Sci. 56(1):50-54.

Knorr, D. 1984. Use of chitinous polymers in food. Food Technol. 38:85-97.

Laties, G. 1978. The development of control of respiratory pathways in slices of plant storage organs. p.421. In Kahl, G. (Ed.). Biochemistry of wounded plant tissues. Walter de Gruyter and Co., Berlin.

Li, C. and A.A. Kader. 1989. Residual effects of controlled atmospheres on postharvest physiology and quality of strawberries. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 114(4):629-634.

Lidster, P.D., R.A. Lawrence, G.D. Blenpied, and K.B. McRae. 1984. Laboratory evaluation of potassium permanganate for ethylene removal from CA apple storages. Trans. Amer. Soc. Agr. Eng. 28:331-339.

Lieberman, M. 1979. Biosynthesis and action of ethylene. Ann. Rev. Plant Physiol. 30:533.

Lower, E.S. 1984. Polymers from the sea chitin and chitosan (II). Manufacturing Chemist. 55:47-52.

McDonald, R.E. and A.R. Lawrence. 1990. Bagging chopped lettuce in selected permeability films. HortScience 25(6):671-673.

Meheriuk, M. and O.L. Lau. 1988. Effect of two polymeric coatings on fruit quality of 'Bartlett' and 'd' Anjou' pears. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 113:222-226.

Morris, J.R. and D.L. Cawthon. 1981. Effects of ethephon on maturation and postharvest quality of 'Concord' grapes. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 106(3):293-295.

Muzzarelli, R. A. 1977. Chitin. Pergamon press, Oxford, U.K., 71.

Nelson, K.E. and H.B. Richardson. 1967. Storage temperature and sulfur dioxide treatment in relation to decay and bleaching of stored table grapes. Phytopathology 57:950-955.

Nisperos, M.O. and E.A. Baldwin. 1988. Effect of two types of deible films on tomato fruit ripening. Proc. Fla. State Hort. Soc. 101:217-220.

Phillips, D.J., R.K. Austin, D.C. Fouse, and D.A. Margo. 1984. The quality of early-season table grapes fumigated with methyl bromide and sulfur dioxide. HortScience 19(1):92-93.

Ponting, J.D., R. Jackson, and G. Walters. 1972. Refrigerated apple slices: preservative effects of ascorbic acid, calcium and sulfites. J. Food Sci. 37:434.

Rosen, J.C. and A.A. Kader. 1989. Postharvest physiology and quality maintenance of sliced pear and strawberry fruits. J. Food Sci. 54(3):656-659.

Saltveit, Jr., M.E. 1980. An inexpensive chemical scrubber for oxidizing volatile organic contaminants in gases and storage room atmospheres. HortScience 15(6):759-760.

Shewfelt, R. L. 1986. Postharvest treatment for extending the shelf life of fruits and vegetables, Food Technol. 40(5):70.

Smith, R. B. 1992. Controlled atmosphere storage of 'redcoat' strawberry fruit. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 117(2):260-264.

Smith, R.B. and L.J. Skog. 1992. Postharvest carbon dioxide treatment enhances firmness of several cultivars of strawberry. HortScience 27(5):420-421.

Smith, S., J. Greeson, and J. Stow, 1987. Production of modified atmospheres in deciduous fruits by the use of films and coatings. HortScience 22:772.

Sommer, N.F., F.J. Fortlage, F.G. Mitchell, and E.C. Maxie. 1973. Reduction term exposure to low O2 and high CO2 atmospheres on quality attributes of strawberries. J. Food Sci. 56(1):50-54.

Van den Berg, L. and C.P. Lentz, 1977. Effect of relative humidity on storage life of vegetables. Acta Horti. 62:197-206.

Wahid, M. and E. Kovacs 1980. Shelf life extention of mushrooms (*Agaricus bisporus*) by gamma irradiation. Acta Alimentaria 9:357-366.

Wells, J.W. 1970. Modified atmosphere, chemical, and heat treatments to control postharvest decay of California strawberries. Plant Dis. Reptr. 54:431.

Weichman, J. 1986. The effect of controlled atmosphere storage on the sensory and nutritional quality of fruits and vegetables. Hortic Rev. 8:101.

Yang, Y.J., J.C. Jeong, and K. W. Park 1990. Influence of packaging with high-density polyethylene film on the quality of leaf lettuce (*Lactuca sativa* L. cv. Cheongchima) during low temperature storage. J. Kor. Soc. Hort. Sci. 31(3):219-225.

김광옥, 문형아, 전동원. 1995. 저분자 chitosan이 배추김치 모델시스템의 보존성에 미치는 영향. 한국식품과학회지 27:420.

김동만. 1995. 과실 및 채소류의 최소가공. 식품기술 8(1):85-92.

손유미, 김광옥, 전동원, 경규항. 1996. Chitosan과 다른 보존제 첨가에 따른 김치의 저장성 향상. 한국식품과학회지 28(5):888-896.

윤상돈, 이승구, 고광출. 1995. 포도 저장성에 미치는 품종 및 저장방법의 영향. 한원지 36(2):224-230.

윤상돈, 이승구. 1996. MA 포장내에서 에틸렌 제거와 아황산가스 처리법. 한원지. 37(2):345-348.

장현주, 전향숙, 이서래. 1996. Chitosan 가수분해물의 *in vitro* 항돌연변이 활성. 한국식품과학회지 28(6):1065-1070.

전향숙, 장현주, 이종미. Chitosan의 *in vitro* 돌연변이 억제효과 및 세포내 작용특성. 한국식품과학회지 28(6):1059-1064.