

MA 포장기법에 의한 참외의 신선도 유지

박종대 · 홍석인 · 박형우 · 김동만
한국식품개발연구원

Extending shelf-life of Oriental Melon(*Cucumis melo* L.) by Modified Atmosphere Packaging

Jong-Dae Park, Seok-In Hong, Hyung-Woo Park and Dong-Man Kim

Korea Food Research Institute

Abstract

Modified atmosphere packaging was applied to oriental melon(*Cucumis melo* L. var. *makuwa* Mak.) to extend its freshness during distribution. Gas composition and ethylene content in the film bags changed rapidly at the early stage of storage. Within 10 days, weight loss of the unpackaged increased upto 7.68% while those of the packaged remained less than 1.0% except LDPE film modified by addition of 5%(w/w) zeolite with 20 μ m thickness(20CK, 2.38%). Firmness was effectively maintained in the LDPE film modified by addition of 5%(w/w) zeolite with 40 μ m thickness(40CK) and the LDPE film with 40 μ m thickness containing ethylene absorber sachet(40LP). Peel color of the fruit changed rapidly in control and a little in 40CK. Oriental melon packages using 40CK provided better visual and sensory quality retention compared with others. Results suggested that packaging treatment such as 40CK could be used for extending freshness of oriental melon during transport period at ambient temperature.

Key words : oriental melon, modified atmosphere packaging, freshness

서 론

참외(*Cucumis melo* L. var. *makuwa* Mak.)는 박과류에 속하는 1년생 식물로 원산지는 아프리카, 인도, 중국 등이며, 원산지로부터 유럽방향으로 전파되어 개량재배된 것이 메론, 동양으로 전래되어 분화된 것이 참외라고 알려져 있다^(1,2). 여름철에 수확되는 참외는 생육적온이 22~28°C, 최저생육온도 10~12°C로 저온에서는 생육장애를 받는 과실로서 비타민 C의 함량이 많은 고온성 작물이다^(3,4). 따라서 일반적으로 참외는 저장이 어려우며 한 여름철에 집중적으로 출하되어 유통되고 있다. 참외의 품질을 좌우하는 요소로는 맛, 육질 등 내적 형질과 색깔, 크기 및 형태 등 외적 형질로 구분할 수 있으며, 그 중 생체내 자당 축적량에 의해 영향받는 맛은 상품성을 좌우하는 가장 중요한 요

소이다⁽⁵⁻⁷⁾. 반면, 참외의 이상발효과는 맛을 떨어뜨려 상품성을 저하시키는 원인이 된다^(8,9).

한편, 참외와 같은 과에 분류되면서도 생리적 특성이 다른 멜론은 climacteric형으로 비교적 부패하기 쉬우며, 수확 후 25°C 이상의 상온에서 저장기간이 5~8일로 매우 짧아 저장 및 유통에 어려움이 있다^(3,10,11). 멜론은 7~10°C 이상에서 저온장해를 피할 수 있으며, 저온장해 현상은 과피에 반점이나 부패 등으로 나타난다⁽¹²⁾. 또한 저온저장 중에 외관상 관찰하기 어려운 태좌조직(placenta tissue, 胎座組織)에 수침현상이 일어나 상품가치가 떨어진다⁽¹³⁾. 상온(20°C)에서 멜론의 호흡량은 cantaloups가 45~65 CO₂ mg/kg·h, honeydew가 20~27 CO₂ mg/kg·h, watermelon이 17~25 CO₂ mg/kg·h이며⁽¹⁴⁾, 에틸렌 생산량은 cantaloups가 10~100 μ L/kg·h, honeydew가 1~10 μ L/kg·h, cassava, watermelon이 0.1~1.0 μ L/kg·h로 품종에 따라 다소 차이가 있다⁽³⁾. 이러한 멜론의 신선도 유지를 위해 운반이나 저장 중 권장되는 CA 또는 MA 조건이 cantaloups는 3~7°C에서 산소는 3~5%, 탄산가스는 10~15%이며, 최소 산소농도는 2%, 최대 탄산가스농도는 15%이며,

Corresponding author : Dong-Man Kim, Korea Food Research Institute, San 46-1, Baekhyun-dong, Bundang-gu, Songnam-si, Kyonggi-do 463-420, Korea
Tel : 82-342-780-9140
Fax : 82-342-780-9144
E-mail : dmkim@kfri.re.kr

Table 1. Physical properties of the packaging films

Film ¹⁾	Thickness (μm)	Tensile strength (MPa)	Gas transmission rate ²⁾ ($\text{mL/m}^2 \cdot \text{s} \cdot \text{Pa}$)		
			O ₂	CO ₂	CO ₂ /O ₂
20LD	19.0 \pm 1.2 ^{a,3)}	2.41 \pm 0.31 ^a	2.402 \times 10 ⁻⁷	9.127 \times 10 ⁻⁷	3.8
40LD	39.4 \pm 1.0 ^b	2.59 \pm 0.18 ^a	1.101 \times 10 ⁻⁷	4.596 \times 10 ⁻⁷	4.1
20CK	16.4 \pm 1.5 ^a	2.66 \pm 0.80 ^a	8.244 \times 10 ⁻⁷	17.910 \times 10 ⁻⁷	2.1
40CK	36.3 \pm 1.0 ^b	2.12 \pm 0.12 ^a	1.902 \times 10 ⁻⁷	6.403 \times 10 ⁻⁷	3.3

¹⁾20LD: 19 μm LDPE film, 40LD: 39 μm LDPE film, 20CK: 16 μm modified film by addition of 5% (w/w) zeolite, 40CK: 36 μm modified film by addition of 5% (w/w) zeolite.

²⁾measured at 20°C and 76% RH.

³⁾Means with the same letter in column are not significantly different at P<0.05 level by Duncan's multiple test.

honeydews는 10~12°C에서 산소 3~5%, 탄산가스 0%로 제시되어 있다⁽¹⁵⁾. 이와 같이 펠론의 생리 특성과 저장 등에 관한 연구는 많이 보고되어 있으나^(10,16-19), 참외에 관한 연구로는 김 등⁽²⁰⁾이 향기성분을 수증기 증류법으로 분리하고 column chromatography에 의한 분획 및 sniff GC에 의한 각 성분의 향특성을 조사하여 참외의 특징적인 향기가 주로 *n*-nonanol, *cis*-3-nonenol, *cis*-nonenol, *cis*, *cis*-3,6-nonadienol 등과 같은 탄소수 9개 화합물의 존재에 기인하는 것이라고 하였고, 생리특성에 관한 연구로는 9개 품종의 참외를 대상으로 측정되는 당 종류와 에탄올 출현 양상의 품종간 차이를 조사한 바 있으며⁽⁷⁾, 당도가 높은 참외에서 발생하는 생리적 장애에 대한 이해를 증진시키기 위하여 건전과와 장애과의 생리적 특성과 세포벽 특성을 확인한 결과 참외의 이상발효는 탄수화물 대사 이상과 세포막의 투과성 상실과 관계가 있었고 발효가 시작되는 때 좌부에서 저분자 펙틴이 정상과에 비하여 뚜렷이 증가하였다^(9,21). 이와 같이 참외는 향기성분과 생리특성에 관해 일부 보고되었을 뿐 상온 및 저온에서의 저장유통에 관한 시도는 전무한 실정이다.

따라서, 온도가 높은 여름철에 유통되는 열악한 조건 때문에 신선도 유지기간이 매우 짧은 참외의 유통 단점을 보완하기 위해 본 연구에서는 '금싸라기' 품종을 대상으로 상온에서 기능적 특성을 가진 포장재질 및 방법의 적용에 따른 품질유지 효과를 비교하였다.

재료 및 방법

시료 및 전처리

본 실험에 사용한 참외는 경북 성주군에서 1998년 8월 30일에 수확한 '금싸라기' 품종으로 1개당 평균무게는 423.3 g이었고, 평균크기는 12.1(장축) \times 7.4(단축) cm였다. 참외는 수확 후 20°C 항온실로 옮기고 하룻밤 동안 방치한 다음 선별하여 사용하였다.

포장

과실의 포장재료는 저밀도폴리에틸렌(LDPE, 한양화학) 필름(20 μm : 20LD, 40 μm : 40LD)과 자체제조한 기능성 필름(20 μm : 20CK, 40 μm : 40CK)을 사용하였는데 기능성 필름은 폴리에틸렌 수지에 zeolite 미분(100 mesh, 왕표화학)을 혼입하여 만든 필름이다. 실험에 사용한 필름의 물리적 특성을 확인하기 위하여 두께는 Digimatic Indicator(Mitutoyo, #543-515-1, Japan)로, 인장강도는 Texture analyzer(TA-XT2, England)로, 가스투과도는 quasi-isostatic 방법⁽²²⁾을 수정하여 측정하였으며, 그 결과를 Table 1에 나타내었다. 수정된 필름의 가스투과도 측정은 유리로 제작한 원통형 cell에 측정하고자 하는 필름을 부착하고 30% 농도의 CO₂ 표준가스를 주입한 후 septum으로 밀봉하였다. 그리고 필름을 통하여 투과되는 원통형 cell 내부의 가스조성 변화를 시간별로 GC로 측정하여 투과율을 계산하였다⁽²³⁾. 각 필름은 30 \times 40 cm로 절단한 다음 열접착하여 봉투 형태로 만들었다. 또한 LDPE 필름 봉투안에 에틸렌 흡착제인 Purafil®(Abzactim, Italy) 50 g을 넣은 sachet을 첨가한 처리구(20 μm : 20LP, 40 μm : 40LP)도 비교구로 설정하였다. 선별한 참외는 필름봉투 안에 각각 4개씩을 담고 열접착하여 밀봉한 다음 기존 유통 조건을 고려하여 20°C(75% RH) 항온실에 저장하였으며, 무포장구(Control)의 참외는 44 \times 30 \times 13 cm의 플라스틱 바구니에 담아 저장하였다.

포장내 기체조성 및 에틸렌

포장 내부의 기체조성과 에틸렌 농도는 gas-tight 주사기를 사용하여 각 포장구에서 공기를 200 μL 씩 채취한 후 GC에 주입한 다음 이로부터 얻은 크로마토그램으로 기체조성과 에틸렌 함량을 계산하였다. O₂와 CO₂의 GC(Shimadzu GC-14A, Japan) 분석조건은 detector: TCD, column: CTR-I(Alltech Co.), column temp.: 35°C, injector temp.: 60°C, detector temp.:

60°C, carrier gas: He(50 mL/min)이었다. C₂H₄의 GC (HP 5890, USA) 분석조건은 detector: FID, column: HP-PLOT 5(HP Co.), column temp.: 170°C, injector temp.: 200°C, detector temp.: 210°C, carrier gas: He(10 mL/min), split ratio는 10 : 1로 하였다⁽²⁴⁾.

에탄올과 아세트알데히드

과피를 제거한 참외를 개체당 1/4 조각씩 취하고 소형 균질기(원일산업, KWS-7000)로 완전히 마쇄하여 얻어진 즙액 20 g을 38 mL 용량의 serum vial(Wheaton Co., USA)에 넣은 후 실리콘 septum을 이용하여 밀봉하였다. 이를 60°C 항온기에 60분간 방치한 후 1회용 주사기를 사용하여 head space로부터 공기 1 mL를 채취하고 GC(SRI 8610C, USA)에 주입하여 측정하였다. 이때 사용한 GC의 분석조건은 detector: FID, column: EC-Wax(Alltech Co.), column temp.: 40°C, injector temp.: 200°C, detector temp.: 220°C, carrier gas: He(10 mL/min)로 하였다. 에탄올과 아세트알데히드 함량은 표준곡선을 구한 후, 시료를 GC에 주입하여 얻어진 크로마토그램의 면적을 표준곡선에 적용하여 생체중량 kg당 µL로 표시하였으며 시료 채취는 3회 반복하여 실시하였다⁽²⁵⁾.

품질변화 측정

중량손실율은 초기중량을 기준으로 저장 후 중량을 측정하여 얻은 중량손실을 백분율로 나타내었다. pH 측정은 처리구 당 5개의 봉지에서 각각의 참외로부터 1/4 조각씩 취하여 균질기(원일산업, KWS-7000)에 넣고 완전히 마쇄하여 착즙한 후 pH meter(Metler 340, USA)를 이용하여 측정하였고, 산도는 마쇄액 20 g에 중류수 30 g을 가하여 희석한 후 0.1 N NaOH 용액으로 pH 8.2까지 적정하여 소비된 량을 malic acid로 환산하여 나타내었다⁽²⁶⁾. 가용성고형분은 마쇄액의 일부를 5분간 원심분리하고 상등액을 취하여 Abbe refractometer(ATAGO N-1E, Japan)로 측정하여 °Brix로 나타내었다⁽²⁷⁾. 경도 측정은 직경 5 mm의 원통형 probe가 부착된 rheometer(Sun Co., CR-200D, Japan)를 이용하여 측정하였다. 과일 중앙부위의 점질을 깊이 2 mm 정도로 편편하게 깎아내고 내부쪽으로 probe를 50 mm/min 속도로 10 mm 삽입할 때 나타나는 조직의 저항값을 kg로 나타내었다⁽²⁸⁾. 과피의 색상은 참외의 고유한 노란색이 가장 선명한 일정부위를 색차계(Minolta CR-200, Japan)의 광조사 부분에 밀착시켜 Hunter L값(lightness), a값(redness), b값(yellowness)을 측정하고 색차인 ΔE를 계산하였다⁽²⁷⁾. 이때 사용된 표준백색판의

L값은 97.80, a값은 -5.55, b값은 7.20이었다.

외관품질 및 관능검사

각 처리구에 대한 외관품질(visual quality)은 참외의 외관상 변색, 부패, 이취 등을 관찰한 후 5점 척도(5 = very good, 4 = good, 3 = fair, 2 = poor, 1 = very poor)로 평가하였으며, 평가점수 3점까지를 저장수명의 한계선으로 설정하여 그 이하는 상품성이 상실된 것으로 판정하였다⁽²⁹⁾. 또한 시험구에 대한 관능검사는 과일류 저장실험 관능평가 경험이 풍부한 연구원을 대상으로 참외의 예비 관능검사를 실시하여 평가요원으로 선발하였다. 이들을 대상으로 본 실험의 취지를 충분히 인지시키고 2~3차례의 반복 훈련을 거쳐 최종 평가요원으로 13명을 결정한 후 관능검사에 임하게 하였다. 참외는 개봉직후 준비하여 외관(appearance), 냄새(odor), 맛(sweetness) 그리고 이들을 고려한 종합적 기호도(overall acceptability)를 9점 채점법으로 평가하였으며, 얻어진 결과는 one-way ANOVA 분석(p<0.05) 방법으로 통계처리하였다⁽²⁹⁾.

결과 및 고찰

포장내 기체조성 및 에틸렌 변화

PE 필름과 자체개발 필름 그리고 PE 필름 포장에 Purafil®을 sachet로 첨가한 포장 처리구를 20°C에 저장하면서 저장기간 동안의 포장내 기체조성과 에틸렌 농도를 측정한 결과 Fig. 1~3에 나타낸 바와 같다. 저장 중 O₂ 농도 변화를 보면, 참외는 저장 후 포장내의 O₂는 포장재에 따라 약간씩 차이가 있기는 하지만 저장 1일 후까지 급격히 감소한 후 평형을 이루었다. 저장 중 포장내 O₂ 농도 수준은 20CK를 제외하고는 20LD가 포장구간에 약간 높고, 40LP가 가장 낮은 수준을 유지하였다. 포장내 O₂를 급속히 소비한 저장 1일 후 20LD는 6.2%였고 40LP는 2.1%였다. 그러나 기체투과도가 높은 20CK는 저장 중 O₂ 농도가 저장 0.5일(12시간) 후에 18.7%로 약간 감소한 후 저장 중 약 18.0% 정도의 높은 O₂ 농도를 나타내었다.

이에 반해 Fig. 2에 나타낸 CO₂ 농도는 저장 초기에 급격히 증가한 후 처리구 중 대부분이 저장 1일 후 평형에 도달하였다. 그러나 필름의 가스투과도가 높은 20CK는 저장 0.5일(12시간) 후에 1.8%로 증가한 후 서서히 평형을 이루었다. 그리고 40LP는 다른 처리구에 비해 저장초기 CO₂ 증가속도가 완만하였다. 이러한 현상은 저장 3일 후 7.2%까지 증가한 후 거의 평형에 도달하여 6일 후에는 7.5%를 나타내었다. 저장 중 CO₂

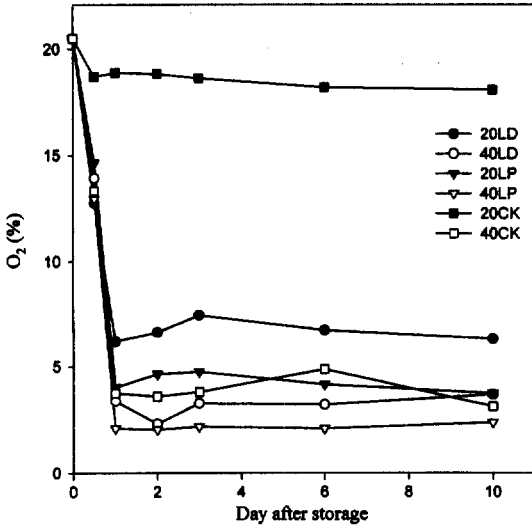


Fig. 1. Changes in oxygen concentration in the packages of oriental melon during MA storage at 20°C. 20LD(19 μm PE film), 40LD(39 μm PE film), 20LP(19 μm PE film+50 g Purafil sachet), 40LP(39 μm PE film+50 g Purafil sachet), 20CK(16 μm PE film with 5% zeolite), 40CK(36 μm PE film with 5% zeolite)

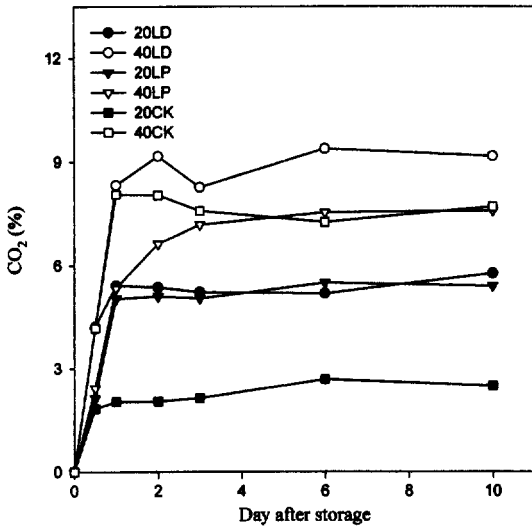


Fig. 2. Changes in carbon dioxide concentrations in the packages of oriental melon during MA storage at 20°C. Symbols' description refer to Fig. 1.

농도가 가장 높게 나타난 40LD는 급속히 증가하여 저장 1일 후 8.3%를 나타내고 저장 2일 후는 9.2%를 나타낸 후 약간 약간 감소하여 평형을 이루었다. 포장내 에틸렌 흡착제인 Purafil®을 처리한 20LP와 40LP는 동일한 두께인 20LD와 40LD에 비해 저장초기 0.5일, 1일 후에 더 낮은 수준의 CO₂ 농도를 나타냈다. 또한

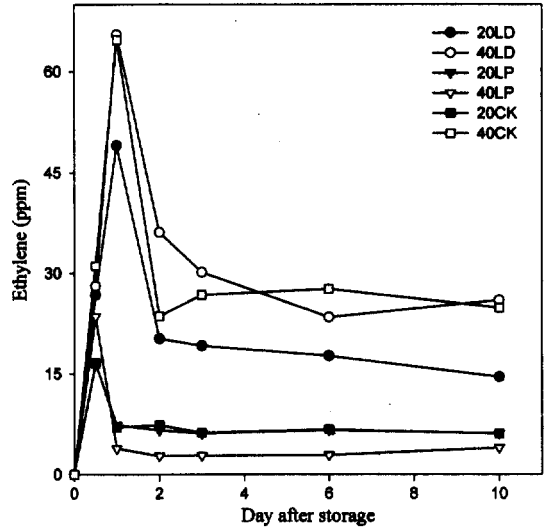


Fig. 3. Changes in ethylene content in the packages of oriental melon during MA storage at 20°C. Symbols' description refer to Fig. 1.

40LP는 저장기간중 포장내 형성된 CO₂ 평형농도의 수준인 동일두께 필름 처리구인 40LD보다 낮았다. 그러나 20LP는 20LD와 저장 중 CO₂ 농도가 유사한 수준을 나타내었다. 과채류의 MAP(modified atmosphere packaging)는 내용물에 의해 포장내 가스조성이 형성되는 수동적(passive) MA와 각 내용물의 최적 MA 조건을 형성하기 위해 포장내에 진공이나 적절한 가스 조성을 주입하여 가스조성을 형성시키는 능동적(active) MA로 나뉜다⁽³⁰⁾. 본 연구에서 참외는 내용물에 의해 가스조성이 형성된 수동적 MA였지만, 저장온도가 높은 관계로 저장초기 급격한 가스조성의 변화가 가능하였다. Yahia 등⁽¹⁷⁾은 KMnO₄와 KMnO₄+NaCl을 첨가한 포장구가 동일 두께 처리구보다 더 낮은 CO₂ 농도를 나타낸다고 하여 본 실험의 결과와 일치하였으며, 이때의 CO₂ 농도 수준은 멜론의 품질에 영향을 미치지 않았다고 하였다. 과채류의 MA 저장은 대기중에 방치하는 것보다 선도유지에 효과적이며 아보카도나 오크라 등 일부 품목에서는 MA 저장으로 저온저해를 방지할 수 있다⁽¹⁵⁾. 이는 포장내 내용물에 의해 형성된 저농도 O₂와 고농도 CO₂ 조성이 숙성 지연, 호흡율과 에틸렌발생 감소, 에틸렌에 대한 민감성의 저하, 연화 지연 등으로 생체내 여러 가지 구성성분들의 변화를 억제하기 때문이다.

한편, 포장내 에틸렌은 밀봉 직후 급격히 증가하여 최고치를 나타낸 다음 저장 0.5일과 1일 후에는 다시 감소하였다. 저장 중 에틸렌이 최고치를 나타낸 시간

은 처리구별로 차이가 있었는데, 20LP, 20CK, 40LP는 저장 0.5일 후 각각 16.5, 16.6, 23.5 ppm이었고 20LD, 40LD, 40CK는 저장 1일 후 각각 49.0, 65.5, 64.7 ppm로 최고치를 보였다. 40LP는 저장기간중 포장내 가장 낮은 에틸렌 함량을 나타내었다. 20LP도 Purafil®의 에틸렌 흡착효과에 의하여 20LD에 비해 현저히 적은 에틸렌이 검출되었다. KMnO₄을 이용하여 에틸렌을 흡착, 제거하여 과채류의 신선도를 유지하기 위한 시도는 사과, 포도 등에서도 시행된 바 있으며, 실험 결과 대조구보다 선도가 연장되었다⁽³¹⁻³³⁾. 특히 첨가한 Purafil®은 에틸렌 흡착으로 인하여 저장초기부터 산화로 인하여 보라색에서 암갈색으로 변색되었는데 저장 1일 후에는 약 30%, 3일 후에는 약 60% 이상의 변색을 관찰할 수 있었다. 한편, 40LD와 40CK는 저장 1일 후에 최고치를 나타낸 후 감소하였는데 저장 중 두 처리구간에는 크게 차이가 없었다. Muskmelon의 경우 저장 중 에틸렌 발생도 저장초기 급격히 증가하여 65~95 ppm까지 증가하였으며, 저장 4주 후에는 4 ppm까지 감소하여 본 연구결과와 동일한 경향을 나타내었다⁽¹⁷⁾.

품질변화 측정

참외의 저장 중 품질변화를 Table 2에 나타내었다. 품질변화 측정에서 가용성고형분 함량, pH, 산도는 처리구간에 큰 차이가 없었으나, 중량손실율과 경도는 대조구와 포장구간에 차이가 있었다. 품질변화 결과 중 먼저 중량손실율을 보면, 대조구의 손실율이 빠르게 증가하였으며, 포장구 중에서는 20CK가 손실율이 높았다. 대조구는 저장초기 3일 후 3.94%로 많은 중량손실이 있었으며 이후 약간 증가하다 저장 6일 후부터 다시 중량손실율이 높아졌다. 이는 저장초기에 참외의 높은 호흡율로 인하여 수분증발과 채내 구성분의 분해로 인하여 빠르게 중량이 감소된 것으로 생각된다. 많은 중량손실은 과채류의 표피조직에 위조, 찌그러짐, 조직감 저하, 변색 등을 일으켜 상품성을 떨어뜨린다⁽³⁴⁾. 이에 반해 포장구는 MA 포장으로 인한 참외의 증산 및 호흡작용 억제로 저장 중 대조구에 비해 현저히 낮은 중량손실을 보였으며, 포장구 중 중량손실율이 가장 높은 20CK 역시 저장 10일 후 2.38%를 나타내어 7.68%를 나타낸 대조구와는 큰 차이를 보였다. 과채류의 저장 중 중량감소율은 저장효과를 판단하는 중요한 지표중 하나로, 일반적으로 감소율이 5% 이상을 초과하면 상품성을 잃은 것으로 판단되고 있다. 참외의 초기 가용성고형분 함량은 11.07 °Brix로

Table 2. Changes in quality attributes of oriental melon packed in different films during storage at 20°C

Attributes	Day	Treatment						
		Control ¹⁾	20LD	20LP	20CK	40LD	40LP	40CK
Weight loss (%)	0	0.00±0.00 ²⁾	0.00±0.00	0.00±0.00	0.00±0.00	0.00±0.00	0.00±0.00	0.00±0.00
	3	3.94±1.06	0.50±0.22	0.36±0.11	0.49±0.09	0.50±0.28	0.45±0.15	0.41±0.17
	6	4.24±0.93	0.55±0.18	0.51±0.24	0.79±0.24	0.54±0.26	0.56±0.19	0.46±0.15
	10	7.68±1.39	0.69±0.00	0.74±0.09	2.38±0.00	0.70±0.12	0.94±0.26	0.66±0.25
	0	11.07±0.12	11.07±0.12	11.07±0.12	11.07±0.12	11.07±0.12	11.07±0.12	11.07±0.12
Soluble solids (°Brix)	3	10.40±1.13	9.70±0.42	11.70±0.42	11.65±0.07	11.75±0.64	10.10±0.14	10.15±0.07
	6	9.80±0.28	9.50±0.71	10.60±0.57	11.70±0.99	9.35±0.49	9.30±1.84	9.50±1.12
	10	12.00±0.28	10.00±0.28	10.80±0.35	11.40±0.14	9.40±0.59	11.60±0.21	10.00±0.64
	0	5.79±0.04	5.79±0.04	5.79±0.04	5.79±0.04	5.79±0.04	5.79±0.04	5.79±0.04
pH	3	5.93±0.01	5.90±0.10	5.86±0.01	5.95±0.01	5.95±0.07	6.00±0.01	5.87±0.09
	6	6.02±0.02	5.94±0.04	6.04±0.01	5.98±0.06	6.01±0.13	6.04±0.06	6.01±0.18
	10	6.06±0.01	5.98±0.21	6.08±0.00	6.05±0.10	6.05±0.16	6.07±0.14	6.03±0.01
	0	0.24±0.02	0.24±0.02	0.24±0.02	0.24±0.02	0.24±0.02	0.24±0.02	0.24±0.02
Titratable acidity as malic acid (%)	3	0.22±0.00	0.19±0.00	0.22±0.01	0.20±0.00	0.19±0.00	0.19±0.00	0.21±0.00
	6	0.18±0.01	0.18±0.00	0.19±0.00	0.19±0.01	0.16±0.01	0.18±0.02	0.18±0.04
	10	0.15±0.00	0.16±0.00	0.19±0.00	0.18±0.00	0.18±0.00	0.17±0.00	0.17±0.00
	0	1.41±0.49	1.41±0.49	1.41±0.49	1.41±0.49	1.41±0.49	1.41±0.49	1.41±0.49
Firmness (kg _f)	3	0.84±0.20	0.99±0.31	0.99±0.37	0.89±0.44	0.97±0.20	1.22±0.20	1.32±0.20
	6	0.80±0.46	0.89±0.29	0.93±0.26	0.75±0.25	0.86±0.20	0.92±0.22	1.13±0.33
	10	0.70±0.81	0.83±0.22	0.78±0.02	0.73±0.00	0.80±0.68	0.84±0.40	0.87±0.06

¹⁾Control: unpackaged, 20LD: 19 µm LDPE film, 40LD: 39 µm LDPE film, 20CK: 16 µm modified film by addition of 5% (w/w) zeolite, 40CK: 36 µm modified film by addition of 5% (w/w) zeolite, 20LP: 19 µm PE film+50 g Purafil sachet, 40LP: 39 µm PE film+50 g Purafil sachet

²⁾Mean values and standard deviations of three or five replications.

저장 중 큰 변화는 없었으며 처리구간에도 차이가 없었다. 대조구는 저장기간중 초기에는 고형분 함량이 감소하다가 증량감소가 심하였던 저장 10일 후에는 12.00 °Brix로 다시 증가하였다. 20LP, 20CK, 40LD는 저장 3일 후 약간 증가 후 점차적으로 감소하는 경향을 보였다. 일반적으로 과일의 저장 중 가용성고형분 함량은 수확후 후숙중 고분자물질의 분해로 인하여 저장 초기에 증가후 감소한다고 알려져 있으나, 본 실험에서는 처리구별로 약간씩 차이가 있었다. 용 등⁽¹⁰⁾은 멜론의 수확직후 가용성고형분은 14 °Brix로 참외보다 높고 그 함량은 저장초기 증가후 감소한다고 하였다. 특히 25°C 저장 멜론이 4°C 저장 멜론보다 가용성고형분의 감소가 빠르다고 하였는데, 이는 가용성 당이 연화가 진행됨에 따라 다른 물질로 변형되거나 호흡에 의한 손실이라고 하였다.

본 실험에 사용한 참외의 pH는 5.79였으며, 저장 중에 전반적으로 점차 증가하여 10일 후에는 pH 5.98~6.08 범위였다. pH의 변화는 처리구간에 거의 차이가 나지 않았으며 대조구와 포장구간에도 차이가 없었다. 그러나 20LP와 40CK는 저장 3일 후 각각 pH 5.86과 5.87로 저장초기에 pH 변화가 적음을 알 수 있었다. 저장 중 참외의 산도는 약간씩 감소하는 경향이 있었으며 저장 10일 후에는 산도가 0.15~0.19%로 처리구에 따른 차이가 미미하였다. 과채류의 신맛을 나타내는 지표로 pH와 산도가 사용되며, Wang 등⁽¹⁸⁾은 개화 후 시기별로 멜론의 pH와 성숙정도와와의 관계를 조

사한 바 있다.

과육의 단단한 정도를 나타내는 경도는 초기 1.41 kg였으며 저장 중 점차 감소하여 저장 10일 후에는 0.70 ~0.87 kg 범위였다. 대조구는 저장초기부터 가장 심한 정도 감소를 보였으며 20CK도 저장 3일 후 0.89 kg로 경도가 낮았던 반면에, 40CK와 40LP는 저장 3일 후 각각 1.32 kg와 1.22 kg로 높은 값을 보였으며 전체 저장기간중 다른 처리구에 비해 높은 정도 값을 유지하였다. 저장 중 정도감소는 세포벽 다당류가 polygalacturonase 등의 효소에 의해 가용성 pectin으로 전환되어 조직의 연화가 촉진되기 때문으로⁽³⁴⁾, apricot의 MA 저장은 ACC(1-aminocyclopropane-1-carboxylic acid)와 EFE(ethylene forming enzyme) 활성을 억제하여 정도감소를 효율적으로 제어하였으며, 필름의 투과도가 낮은 포장구일수록 경도가 높게 유지되었다는 보고⁽³⁵⁾는 본 연구결과와 잘 일치하였다.

저장 중 참외 과피의 색변화를 색차계로 측정하여 L, a, b 및 ΔE값으로 나타낸 결과는 Table 3과 같다. Hunter 색체계에서 초기색과의 차이를 나타내는 ΔE는 전반적으로 저장 중 증가하는 경향을 보였다. 저장직 전 과피의 색도는 L = 74.82, a = -7.99, b = 57.59였으며 색 이외의 품질변화가 빠르게 진행되었던 저장 3일 후에 대조구와 40LD에서 색변화가 크게 나타났다. 이는 황색도를 나타내는 b값이 저장초기에 감소하면서 색변화에 영향을 미친 것으로 판단되었다. 그러나 40CK는 저장 3일 후 ΔE가 3.33으로 색변화가 가장 적었는데,

Table 3. Changes in Hunter L, a, b values and E of oriental melon packed in different films during storage at 20°C

Color	Day	Treatment						
		Control ¹⁾	20LD	20LP	20CK	40LD	40LP	40CK
L0		74.82±1.26 ²⁾	74.82±1.26	74.82±1.26	74.82±1.26	74.82±1.26	74.82±1.26	74.82±1.26
	3	75.41±1.03	76.14±1.69	74.78±1.55	75.85±1.81	76.03±1.94	76.25±2.56	75.35±1.31
	6	75.64±2.67	75.65±1.37	76.01±1.20	74.92±1.64	77.42±2.07	75.11±2.21	77.11±1.25
	10	73.65±1.63	76.95±0.97	75.07±0.50	77.62±1.07	77.95±1.15	73.67±1.15	76.91±0.52
a	0	-7.99±1.95	-7.99±1.95	-7.99±1.95	-7.99±1.95	-7.99±1.95	-7.99±1.95	-7.99±1.95
	3	-8.51±0.85	-7.64±1.95	-6.85±1.59	-7.12±1.06	-7.87±1.19	-7.94±1.59	-7.27±0.91
	6	-8.65±2.32	-8.49±1.45	-8.48±0.99	-6.73±0.96	-8.84±1.75	-6.78±1.87	-7.82±1.38
	10	-8.68±0.06	-8.25±0.44	-8.17±0.07	-7.79±0.51	-8.08±1.08	-5.57±0.33	-7.77±0.10
b	0	57.59±3.37	57.59±3.37	57.59±3.37	57.59±3.37	57.59±3.37	57.59±3.37	57.59±3.37
	3	52.63±2.01	54.21±1.49	54.94±3.21	55.83±2.73	54.05±7.21	54.59±2.01	56.66±3.31
	6	51.29±1.13	54.14±1.83	53.95±1.23	53.59±1.40	55.52±1.66	53.37±1.29	56.58±3.12
	10	50.36±0.11	52.06±1.21	49.67±0.11	52.00±0.40	51.68±0.01	52.05±0.02	53.06±0.52
E ³⁾	0	0.00±0.00	0.00±0.00	0.00±0.00	0.00±0.00	0.00±0.00	0.00±0.00	0.00±0.00
	3	5.16±2.02	4.33±1.44	4.27±1.68	4.28±1.83	5.50±6.07	4.30±1.97	3.33±1.30
	6	7.08±1.43	4.11±1.50	4.09±1.30	4.50±1.42	4.31±1.25	5.11±1.29	3.93±1.34
	10	7.45±0.15	5.96±1.45	7.94±0.09	6.26±0.00	6.44±0.41	5.64±0.02	4.86±0.67

¹⁾Destinations are same as Table 2.

²⁾Mean values and standard deviations of five replications.

³⁾ΔE = (ΔL² + Δa² + Δb²)^{1/2}

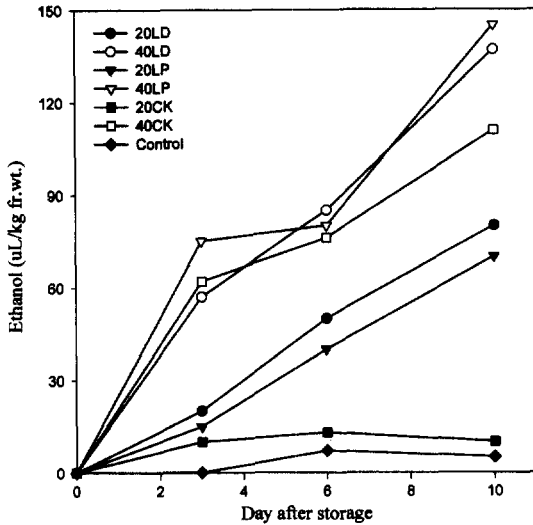


Fig. 4. Changes in ethanol content in the packages of oriental melon during storage at 20°C. 20LD(19 µm PE film), 40LD(39 µm PE film), 20LP(19 µm PE film+50 g Purafil sachet), 40LP(39 µm PE film+50 g Purafil sachet), 20CK(16 µm PE film with 5% zeolite), 40CK(36 µm PE film with 5% zeolite), Control (unpacked)

이는 역시 참외의 황색도가 가장 적게 감소했기 때문이다. 40CK는 이후에도 저장 전 기간에 걸쳐 색변화가 가장 적었다. 이러한 과피 색변화는 소비자의 구매 욕구를 결정하는 주요한 외관적 상품가치 판별기준의 하나로 가격결정에 크게 영향을 미칠 수 있다. 과피색의 구성성분은 저장 중 점차 분해되어 상품성의 저하를 일으키는데 MAP로 이를 억제할 수 있다⁽³⁴⁾. 멜론의 경우는 과피의 chlorophyll이 저장 중 분해되므로 b 값을 측정하여 품질판정의 지표로 사용한다⁽¹⁹⁾.

에탄올과 아세트알데히드

저장 중 참외 과육의 에탄올과 아세트알데히드 함량 변화를 Fig. 4와 5에 각각 나타냈다. 에탄올 함량은 전반적으로 증가하였는데, 그 중 40 µm 필름 처리구는 직선적으로 증가하였다. 20LD와 20LP도 40 µm 필름 처리구보다는 적은 수준이지만 저장 중 에탄올 함량이 증가하였다. 그러나 대조구와 필름의 기체투과율이 높은 20CK는 저장 중 에탄올 함량이 적었다. 저장초기 3일 후에는 40LP가 75 µL/kg로 가장 빠른 생성율을 나타냈으며, 저장 10일 후에는 40LP와 40LD가 각각 145 µL/kg와 137 µL/kg로 많은 에탄올이 검출되었다. 이에 반해 40CK는 111 µL/kg로 동일 두께 필름 중 가장 낮았다. 포장구 중 20CK는 저장 6일 후

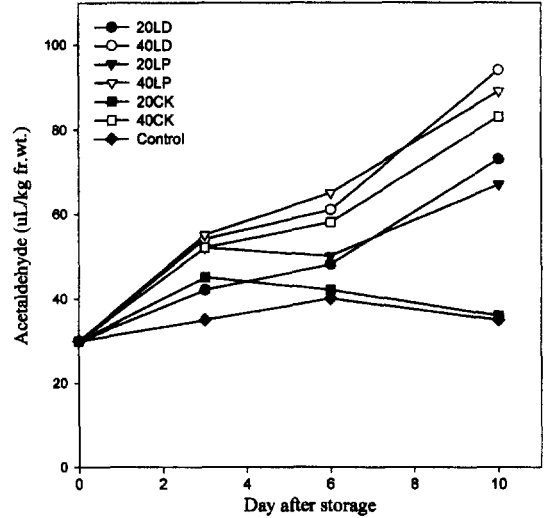


Fig. 5. Changes in acetaldehyde content in the packages of oriental melon during storage at 20°C. Symbols' description refer to Fig. 4.

13 µL/kg가 검출되었으나 이후 점차 감소하는 경향을 보여 포장 필름의 높은 기체투과율에 의해 포장내 발생하는 CO₂와 함께 에탄올도 외기로 방출되는 것으로 생각된다. 대조구의 경우 에탄올이 거의 축적이 되지 않았는데, 이러한 결과는 포장구와 달리 무포장구는 혐기적 호흡이 일어나지 않았으며, 실록 일어난다 하더라도 참외에서 생성된 에탄올이 외부로 비산되어 생체내에 축적이 이루어지지 않기 때문인 것으로 판단된다.

아세트알데히드 함량도 Fig. 5에 나타난 바와 같이 전반적으로 저장 중 증가하는 경향이 있지만 대조구와 20CK는 증가 후 감소하였다. 저장전 참외의 초기 아세트알데히드 함량은 30 µL/kg였으며 저장 10일 후 40LD는 94 µL/kg로 최고치를 나타냈다. 아세트알데히드도 에탄올과 같이 40 µm 필름 처리구에서 높은 함량이 검출되었다. 즉, 40LD, 40LP, 40CK는 저장 10일 후 각각 94, 89, 83 µL/kg까지 지속적으로 증가하였다. 그러나 포장구중 20CK는 36 µL/kg로 대조구와 유사한 수준이었다. 아세트알데히드 역시 필름의 높은 기체투과율 때문에 20CK 참외는 함량이 낮게 검출되는 것으로 판단된다.

과채류의 저장 중 조직세포에 정상적인 호흡대사를 위한 O₂가 부족하면 혐기호흡 즉, 발효가 일어나기 시작하는데, 생체내에 존재하는 당은 EMP경로를 거쳐 pyruvate가 되고 이는 다시 젖산 또는 아세트알데히드와 에탄올로 대사되어 이취를 생성한다⁽³⁶⁾. 따라서 아세트알데히드와 에탄올은 혐기호흡의 지표로 사용되기

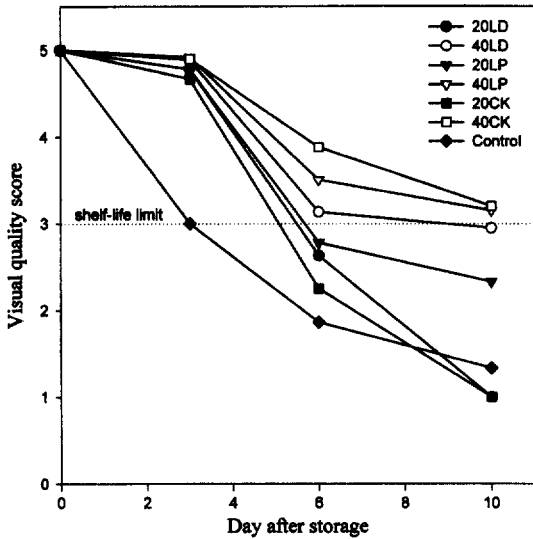


Fig. 6. Changes in visual quality of oriental melon during storage at 20°C.

Symbols' description refer to Fig. 4.

도 한다^(8,9). 그러나 멜론 미숙과의 주요 향성분은 에탄올, 성숙과는 에틸아세테이트이며 참외의 중요 휘발 성분은 알콜류 등을 비롯한 탄소수 9개의 화합물이라는 보고도 있다^(18,20).

외관품질 및 관능검사

참외의 외관품질은 Fig. 6에 나타난 바와 같이 저장 3일 후에는 대조구와 포장구간에 뚜렷한 차이가 나타났으며, 저장 6일 후에는 포장구중 40 μ m 필름 처리구는 양호하였으나 20 μ m 필름 처리구는 상품성이 손실되었으며 저장 10일 후에는 40CK와 40LP 처리구만이 상품성을 유지하였다. 포장구는 대조구에 비해 저장초기에 상품성이 높게 유지되어 수확직후 참외의 품질 저하에 관련된 생리활동을 MAP 기법에 의해 효과적

으로 억제할 수 있는 것으로 보인다. 저장초기 상품가치가 크게 저하된 대조구는 전술한 바와 같이 중량손실율의 증가, 경도감소, 과피색의 변화(yellowness의 감소) 등으로 인하여 외관품질이 크게 저하된 것으로 나타났다. 실제로 참외를 길이 방향으로 절단한 후 태좌부의 분리나 갈변 등을 확인한 바, 대조구는 태좌부 분리가 심하게 진행되었고, 일부는 갈변도 관찰되었다. 그러나 이에 반해 포장구는 참외의 속이 전실하였으며, 특히 40CK는 태좌부가 전혀 분리되지 않고 갈변도 없어 가장 높은 평가를 받았다.

한편, 참외를 저장한 후 외관품질 측면에서 상품성이 상실되기 전후인 저장 6일 후에 관능적 품질검사를 실시하였던 바, Table 4에서와 같이 참외 외관(appearance)은 대조구와 포장구간에 유의차가 인정될 만큼 상당한 점수차를 보였으나 냄새(odor)와 맛(sweetness)에서는 큰 차이가 없었다. 따라서 전반적인 기호도는 유의적인 차이를 나타내며 대조구가 가장 낮은 평가를 보였고, 포장구 중에서는 20LD와 40CK가 높은 평가를 받았다.

요 약

여름철에 생산되는 '금싸라기' 품종 참외의 기존 유통조건을 고려하여 20°C에 저장하면서 기능성 MA 포장기법의 적용효과를 확인하였다. 필름 포장내의 O₂와 CO₂ 함량은 포장 후 1일 후까지 급격히 변화하였고, 에틸렌 함량도 밀봉 직후 급격히 증가하여 40 μ m 두께의 LDPE 필름 포장구(40LD)가 65.5 ppm까지 증가하였다. 저장 중 품질변화 측정에서 대조구의 중량손실은 저장 10일 후 7.68%였으나 포장구는 20 μ m 두께의 기능성 소재처리 포장구(20CK)를 제외하고 1.0% 이하의 수준이었다. 가용성고형분, pH, 산도 등에서는 처리구간에 유의적인 차이가 나타나지 않았으나, 경도

Table 4. Sensory quality evaluation¹⁾ of oriental melon after MA storage at 20°C for 6 days

Treatment	Item			
	Appearance	Odor	Sweetness	Overall acceptability
Control ²⁾	4.20±0.84 ^{b,3)}	5.40±1.52 ^{abc}	4.00±1.58 ^a	4.20±0.84 ^d
20LD	6.80±1.14 ^a	6.60±0.45 ^a	6.00±1.48 ^a	6.60±0.71 ^a
20LP	6.60±0.55 ^a	6.00±0.71 ^{ab}	5.80±1.34 ^a	5.80±0.84 ^{ab}
20CK	7.20±1.10 ^a	5.00±0.71 ^{bc}	4.40±1.52 ^a	5.00±0.71 ^{bcd}
40LD	7.00±1.14 ^a	6.00±0.71 ^{bc}	4.40±1.54 ^a	5.40±0.89 ^{bc}
40LP	6.60±0.89 ^a	4.40±0.89 ^c	4.60±1.67 ^a	4.60±0.55 ^{cd}
40CK	6.80±0.84 ^a	5.60±0.96 ^{abc}	5.20±1.22 ^a	6.00±1.50 ^{ab}

¹⁾Each value represents mean of the ratings evaluated by 13 judges using a 9-point scale (1 = minimum, 5 = borderline, 9 = maximum degree of approval).

²⁾Destinations are same as Table 2.

³⁾Means with the same letter in column are not significantly different at P<0.05 level by Duncan's multiple test.

는 저장 3일 후 40 μm 두께의 기능성 소재처리 포장구(40CK)와 40 μm 두께의 에틸렌흡착제 첨가 포장구(40LP)가 높게 유지되었다. 저장 중 과피색 변화는 대조구가 저장초기부터 급격하였으며, 40CK가 가장 완만한 색변화를 보였다. 혐기호흡으로 생성되는 아세트알데히드와 에탄올은 40 μm 필름 처리구에서 높았으며, 20CK는 필름의 높은 투과율로 인하여 낮은 수준을 유지하였다. 외관 및 관능적 품질에서 대조구과 포장구간에 유의적인 차이가 인정되었으며, 특히 40CK는 전반적으로 높은 평가를 받아서 상품성 유지에 효과적인 것으로 나타났다. 이와 같은 결과를 종합해 볼 때 여름철 참외의 유통을 위한 포장처리구중 40CK 포장구가 상품성이 높게 유지되어 단기간 상온유통용 포장방법으로 적용이 가능하다고 판단되었다.

문헌

1. Song, J.T., Jeong, H.B., Kim, B.W. and Gin, H.S. *Cucurbitaceae*. pp. 264-268. In: Thesaurus of Korean Resources Plants(the 2nd volume), Heungil, Korea (1989)
2. The Korean Society for Horticultural Science. The name of horticultural crops. pp. 191-283. In: Horticultural Science Glossary. Hyangmunsa, Korea (1993)
3. Kader, A.A. Modified atmosphere during transport and storage. pp. 15-19. In: Postharvest Biology and Technology: An Overview, 2nd ed., Adel A. Kader (ed.). University of California, USA (1992)
4. Rural Development Administration. <http://www.rda.go.kr/sub3.htm>
5. Eguchi, R. and Fujieda, K. Chromatographic analysis of sugar accumulation in fruits of *Cucumis melo* L. *Bull. Hort. Res. St., Jap. D.* 6: 49-56 (1970)
6. Miyazaki, T. and Cokubo, M. Effects of maturity and postharvest techniques on keeping quality of melons. *J. Jap. Soc. Hort. Sci.* 58(2): 361-368 (1989)
7. Yoo, K.C., Song, Y.N., Jeong, C.S. and Sin, G.Y. Varietal differences in sugar accumulation and kind of sugars in *Cucumis melo* L. *J. Kor. Soc. Hort. Sci.* 30(1): 1-6 (1989)
8. Sin, G.Y., Jeong, C.S. and Yoo, K.C. Effects of temperature, light intensity and fruit setting position on sugar accumulation and fermentation in oriental melon. *J. Kor. Soc. Hort. Sci.* 32(4): 440-446 (1991)
9. Hwang, Y.S. and Lee, J.C. Physiological characteristics of abnormal fermentation in melon fruit. *J. Kor. Soc. Hort. Sci.* 34(5): 339-343 (1993)
10. Yeoung, Y.R., Jeong, C.S. and Kim, H.K. Effects of storage temperature and duration on sugar and fruit quality of muskmelon. *J. Kor. Soc. Hort. Sci.* 37(2): 252-256 (1996)
11. Weichmann, J. *Fruits*. pp. 527-540. In: Postharvest Physiology of Vegetables. Marcel Dekker, Inc., New York, USA (1987)
12. Robert, E.H., Alley, E.W. and Chien, Y.W. Melons. pp. 61-62. In: The Commercial Storage of Fruits, Vegetables, and Florist and Nursery Stocks, 2nd ed., USDA, USA (1990)
13. Pratt, H.K. Melons. pp. 207-209. In: The Biochemistry of Fruits and Their Products. A.C. Hulme (ed.). Academic Press, New York, USA (1971)
14. Robert, E.H., Alley, E.W. and Chien, Y.W. Respiration rates, heat evolution, and refrigeration. pp. 9-18. In: The Commercial Storage of Fruits, Vegetables, and Florist and Nursery Stocks. 2nd ed., USDA, USA (1990)
15. Kader, A.A. Modified atmosphere during transport and storage. pp. 85-95. In: Postharvest Technology of Horticultural Crops. 2nd ed., Adel A. Kader (ed.). University of California, USA (1992)
16. Mayberry, K.S. and Hartz, T.K. Extension of muskmelon storage life through the use of hot water treatment and polyethylene wraps. *HortScience*. 27(4): 324-326 (1992)
17. Yahia, E.M. and Rivera, M. Modified atmosphere packaging of muskmelon. *Lebensm. Wiss. u. Technol.* 25: 38-42 (1992)
18. Wang, Y., Wyllie, S.G. and Leach, D.N. Chemical changes during the development and ripening of the fruit of *Cucumis melo* (cv. Makdimon). *J. Agric. Food Chem.* 44: 210-216 (1996)
19. Aggelis, A., John, I. and Grierson, D. Analysis of physiological and molecular changes in melon (*Cucumis melo* L.) varieties with different rates of ripening. *J. Experimental Botany.* 48(308): 769-778 (1997)
20. Kim, S.K., Park, H.B., Kim, Y.H., Kim, D.Y. and Kim, M.K. Volatile flavor components of oriental melon. *J. Kor. Soc. Hort. Sci.* 38(1): 33-38 (1997)
21. Hwang, Y.S. Characteristics of cell walls in melon fruits affected by abnormal fermentation. *J. Kor. Soc. Hort. Sci.* 34(4): 273-278 (1993)
22. Karel, M., Issenberg, P., Ronsivalli, L. and Jurin, V. Application of gas chromatography to measurement of gas permeability of packaging materials. *Food Technol.* 17(3): 91-94 (1963)
23. Lee, K.S., Woo, K.L. and Lee, D.S. Modified atmosphere packaging for green chilli peppers. *Packaging Technology and Science.* 7: 51-58 (1994)
24. Hong, S.I., Cha, H.S., Park, J.D. and Jo, J.S. Respiratory characteristics of japanese apricot (*Prunus mume* Sieb. et Zucc) fruit as influenced by storage temperature and harvesting period. *Food Engineering Progress* 2(3): 178-182 (1998)
25. Mattheis, J.P., Buchanan, D.A. and Fellman, J.K. Changes in apple fruit volatiles after storage in atmospheres inducing anaerobic metabolism. *J. Agric. Food Chem.* 39: 1601-1605 (1991)
26. A.O.A.C. Official Methods of Analysis. 16th ed. Association of Official Analytical Chemists, Virginia, USA (1995)
27. Robert, L.S. Measuring quality and maturity. pp. 99-124. In: Postharvest Handling, Robert, L.S. and Stanley, E.P. (eds.). Academic Press, Inc., San Diego, USA

- (1993)
28. Mohsenin, N.N. Rheology and texture of food materials. pp. 383-480. In: Physical Properties of Plant and Animal Materials. Gordon and Breach Sci. Pub. New York, USA (1986)
 29. Robert, L.S. Measuring quality and maturity. pp. 99-124. In: Postharvest Handling, Robert, L.S. and Stanley, E.P. (eds.). Academic Press, Inc., San Diego, USA (1993)
 30. Zagory, D. and Kader, A.A. Modified atmosphere packaging of fresh produce. Food Technol. 42(9): 70-77 (1988)
 31. Yun, S.D. and Lee, S.K. Effect of ethylene removal and sulfur dioxide fumigation on grape quality during MA storage. J. Kor. Soc. Hort. Sci. 37(5): 696-699 (1996)
 32. Kim, C.C. Influence of heat, ultraviolet and ethylene absorber treatments on storage life in "Fuji" apples. J. Kor. Soc. Hort. Sci. 38(2): 153-156 (1996)
 33. Jayaraman, K.S. and Raju, P.S. Development and evaluation of a permanganate-based ethylene scrubber for extending the shelf life of fresh fruits and vegetables. J. Food Sci. Technol. 29(2): 77-83 (1992)
 34. Powrie, W.D. and Skura, B.J. Modified atmosphere packaging of fruits and vegetables. pp. 169-245. In: Modified Atmosphere Packaging of Food. B. Ooraikul and M.E. Stiles (eds.). Ellis Horwood Limited, West Sussex, England (1991)
 35. Pretel, M.T., Serrano, M., Martinez, G., Riquelme, F. and Romojaro, F. Influence of films of different synthesis and ripening of MA-packaged apricots. Lebensm. Wiss. u. Technol. 26: 8-13 (1993)
 36. Wills, R.B.H., Lee, T.H., Graham, D., Mcglasson, W.B. and Hall, E.G. Physiology and biochemistry. pp. 17-37. In: Postharvest, Avi, USA (1981)

(1999년 4월 20일 접수)