

복숭아의 상온유통을 위한 기능성 포장기법

박종대 · 홍석인 · 박형우 · 김동만
한국식품개발연구원

Modified Atmosphere Packaging of Peaches (*Prunus persica* L. Batsch) for Distribution at Ambient Temperature

Jong-Dae Park, Seok-In Hong, Hyung-Woo Park and Dong-Man Kim
Korea Food Research Institute

Abstract

Modified atmosphere packaging of peaches(*Prunus persica* L. Batsch) was investigated to extend their freshness during distribution. Peaches were packaged in the PE film(20LD, 40LD), the PE film modified by addition of 5%(w/w) zeolite(20CK, 40CK), and the PE film containing Purafil[®] sachet(20LP, 40LP). Quality indexes of peaches during storage at 20°C were measured in terms of weight loss, soluble solids content, pH, titratable activity, firmness, color and sensory properties. Gas composition and ethylene content in the film bags changed rapidly at the early stage of storage. Within 8 days, weight loss of the unpacked control increased upto 11.8% but those of the packaged remained below 2%. There was no significant difference in soluble solids content and pH in all the treatments. Ethanol content of peaches packed in 40LD was 12.88 mL/kg and acetaldehyde content in 40CK was 160 µL/kg for 8 days. Peaches packed in 20CK showed a good visual and sensory quality. The result suggested that active packaging treatment such as 20CK could be used for extending freshness of peaches during transport period at ambient temperature.

Key words : peach, modified atmosphere packaging, freshness

서 론

복숭아(*Prunus persica* L. Batsch)는 장미과, 자두속, *Amygdalus* 아속에 속하는 낙엽, 교목성 식물로 중국이 원산이고, 우리나라의 재배 주산지는 경북, 충남·북, 경남 순으로 성숙기 강우량이 적은 지역을 중심으로 재배되어 왔다^(1,2). 복숭아는 다른 과일에 비해 호흡량이 많으므로 온도가 높을수록 호흡작용에 의한 과실내 양분의 소모가 많아져서 신선도가 급격히 떨어지거나 쉽게 과육이 물러지므로 호흡을 최대한 억제시키는 것이 중요하다. 특히 복숭아는 고온기에 수확되므로 수확직후 호흡작용을 억제시켜야 하는데 호흡작용은 온도, 습도 등에 따라 다르나 주로 온도의 영향을 많이 받는다. 대부분 과실과 마찬가지로 전체 중량의 85~90%가 수분으로 구성되어 있는 복숭아의 경우 수분이 10% 정도 소실되면 상품가치를 잃게 된다⁽³⁾.

이러한 복숭아의 신선도 유지를 위한 연구로는 운반이나 저장중 권장되는 CA 또는 MA 조건이 0~5°C에서 1~2% O₂, 3~5% CO₂이며, 최소 O₂ 농도는 2%, 최대 CO₂ 농도는 5% 분류군으로 제시되었고⁽⁴⁾, CA 저장시 복숭아의 internal breakdown 저해와 품질유지에 효과적으로 0°C에서 6~9주 이상 저장기간을 연장시키며, 감압저장 역시 복숭아의 부패 지연에 효과적인 방법이지만 경제성이 떨어진다는 보고 등이 있다⁽⁵⁾. 그러나 국내의 경우 연구사례가 그다지 많지 않은 실정이다. 오 등⁽⁵⁾에 따르면 공기 투과도가 낮은 PVDC coating film 처리구가 PE나 방담필름(anti-fog film) 처리구에 비해 포장내 이산화탄소의 농도는 높고 산소 농도는 낮으며 에틸렌 가스의 발생 억제 효과가 뚜렷하였다. 또한 PVDC coating film 처리구는 다른 처리에 비하여 과실의 경도가 높고 수분 감모율은 낮아 과실의 선도유지에 효과적이었다고 한다.

수확 후 예냉처리된 복숭아는 저온유통으로 소비자까지 연결되어야 품질이 양호하지만, 상온유통을 할 경우에는 결로가 발생되어 과실의 품질이 떨어지므로 상

Corresponding author : Dong-Man Kim, Korea Food Research Institute, San 46-1, Baekhyun-dong, Bundang-gu, Songnam-si, Kyonggi-do 463-420, Korea

은유통시 품질저하를 최소화할 수 있는 포장방법이 절실히 요구된다. 따라서, 호흡율이 높고 에틸렌 발생량이 많으며 온도가 높은 여름철에 유통되는 열악한 조건 때문에 신선도 유지기간이 매우 짧은 복숭아의 유통 단점을 보완하기 위해 본 연구에서는 '미백' 품종 복숭아를 대상으로 기능적 특성을 가진 포장재질 및 방법을 적용하여 상온에서 품질변화를 비교 확인하였다.

재료 및 방법

시료 및 전처리

본 실험에 사용한 복숭아는 충북 음성군에서 1998년 8월 10일에 수확한 '미백' 품종으로 1개당 평균무게는 254.8 g이었고, 평균크기는 8.1(장축)×7.5(단축) cm였다. 복숭아는 수확 후 20°C 항온실로 옮기고 하룻밤 동안 방치한 다음 선별하여 사용하였다.

포장

과실의 포장은 저밀도폴리에틸렌(LDPE, 한양화학) 필름(20LD, 40LD)과 자체개발한 기능성 필름(20CK, 40CK)을 사용하여 실시하였는데 기능성 필름은 폴리에틸렌 수지에 zeolite(왕표화학) 미분을 혼입하여 만든 필름이다⁶⁾. 각 필름은 30×40 cm로 절단한 다음 열접착하여 봉투 형태로 만들었다. 또한 LDPE 필름 봉투 안에 에틸렌 흡착제인 Purafil® (Abzclim, Italy) 50 g을 넣은 sachet(미세천공 30 μm LDPE 7×7 cm)을 첨가한 처리구(20LP, 40LP)도 비교구로서 실험에 사용하였다. 선별한 복숭아는 필름봉투 안에 각각 4개씩을 담고 열접착하여 밀봉한 다음 기존 유통조건을 고려하여 20°C(75% RH) 항온실에 저장하였으며, 무포장 대조구(Control)의 복숭아는 44×30×13 cm의 플라스틱 바구니에 담아 저장하였다. 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^{7,8)}으로 측정하였으며 그 결과를 Table 1

에 나타내었다.

포장내 기체조성 및 에틸렌

포장 내부의 기체조성과 에틸렌 농도는 gas-tight 주사기를 사용하여 각 포장구에서 채취한 공기를 200 μL 씩 GC에 주입한 다음 이로부터 얻은 크로마토그램으로 기체조성과 에틸렌 함량을 계산하였다. O₂와 CO₂의 GC(Shimadzu GC-14A, Japan) 분석조건⁹⁾은 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.

에탄올과 아세트알데히드

과피를 제거한 복숭아를 한 개당 1/8 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 1 회용 주사기를 사용하여 head space로부터 공기 1 mL를 채취하고 GC (SRI 8610C, USA)에 주입하여 측정하였다¹⁰⁾. 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 mL와 μL로 표시하였으며 시료 채취는 3회 반복으로 실시하였다.

이화학적 분석

중량손실율은 초기중량을 기준으로 저장 후 중량을 측정하여 얻은 중량손실을 백분율로 나타내었다. pH

Table 1. Physical properties of the packaging films

Film ¹⁾	Thickness(μm)	Tensile strength(kg/mm ²)	Gas transmission rate ²⁾ (mL/m ² ·s·Pa)		
			O ₂	CO ₂	CO ₂ /O ₂
20LD	19.0±1.2	2.46±0.31	2.402×10 ⁻⁷	9.127×10 ⁻⁷	3.8
40LD	39.4±1.0	2.64±0.18	1.101×10 ⁻⁷	4.596×10 ⁻⁷	4.1
20CK	16.4±1.5	2.71±0.82	8.244×10 ⁻⁷	17.910×10 ⁻⁷	2.1
40CK	36.3±1.0	2.16±0.12	1.902×10 ⁻⁷	6.403×10 ⁻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.

측정은 처리구 당 5개의 봉지에서 각각의 복숭아로부터 1/8 조각씩 취하여 균질기(원일산업, KWS-7000)에 넣고 완전히 마쇄한 후 착즙하여 pH meter (Metler 340, USA)를 이용하여 측정하였고, 산도는 마쇄액 20 g에 증류수 30 g을 가하여 희석한 후 0.1 N NaOH 용액으로 pH 8.2까지 적정하여 소비된 양을 malic acid로 환산하여 나타내었다⁽¹¹⁾. 가용성고형분은 마쇄액의 일부를 5분간 원심분리하고 상등액을 취하여 Abbe refractometer (ATAGO N-1E, Japan)로 측정하여 °Brix로 나타내었다⁽¹²⁾. 경도 측정은 직경 5 mm의 원통형 probe가 부착된 rheometer (Sun Co., CR-200D, Japan)를 이용하여 측정하였다. 과피의 중심부에서 깊이 2 mm 정도로 편편하게 깎아내고 과핵쪽으로 probe를 50 mm/min 속도로 10 mm 삽입할 때 나타나는 조직의 저항값을 kg로 나타내었다⁽¹³⁾. 과피의 색상은 복숭아의 가장 밝았던 일정부위를 색차계(Minolta CR-200, Japan)의 광조사 부분에 밀착시켜 Hunter L, a, b값으로 나타내었다⁽¹²⁾.

외관품질 및 관능검사

각 처리구에 대한 외관품질(visual quality)은 복숭아의 외관상 변색, 부패 등을 관찰한 후 5점척도(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⁽¹⁴⁾. 또한 시험구에 대한 관능검사는 과실의 저장실험 경험이 풍부한 13명을 선발하여 이취(off-flavor), 조직감(textureness), 풍미(flavor) 등을 고려한 종합적 품질(overall sensory quality)을 9점 채점법으로 실시하였으며, 얻어진 결과는 one-way ANOVA 분석(p < 0.05) 방법으로 통계처리하였다⁽¹²⁾.

결과 및 고찰

포장내 기체조성 및 에틸렌 변화

일반적으로 필름포장된 과채류의 저장중 기체조성은 수확후 호흡으로 인하여 저장초기에 급격히 변화하며 일정 시간이 지나면 평형에 도달한다. 특히 이러한 경향은 대부분의 과채류에서 저장온도가 높을수록 뚜렷하게 저장 초기에 기체조성이 평형에 도달하며, 이후 전체 저장기간 동안 O₂와 CO₂의 조성비가 일정하게 나타난다⁽¹⁵⁻¹⁷⁾. PE 필름과 자체개발 필름 그리고 PE 필름 포장에 Purafil[®]을 sachet으로 첨가한 포장 처리구를 20°C에 저장하면서 저장기간 동안의 포장내 기체조성과 에틸렌 농도를 측정하여 Fig. 1-3에 나타냈다. 저

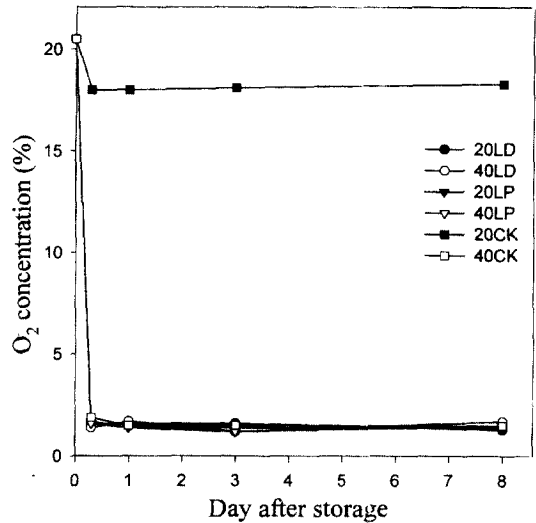


Fig. 1. Changes in oxygen concentration in the packages of peaches during MA storage at 20°C. 20LD (19 µm PE film), 40LD (39 µm PE film), 20LP (19 µm PE film+50 g Purafil sachet), 40LP (39 µm PE film+50 g Purafil sachet), 20CK (16 µm PE film with 5% zeolite), 40CK (36 µm PE film with 5% zeolite).

장중 O₂ 농도 변화를 보면, 복숭아는 저장 후 수시간 이내에 포장내의 O₂를 급격히 소비하였다(Fig. 1). 포장내 잔여 O₂량에 약간씩 차이가 있기는 하지만 저장 7시간(약 0.3일)까지 급격히 O₂가 감소하다가 농도가 2% 이하에 이르자 평형을 이루었다. 그러나 기체투과도가 높은 20CK는 저장중 O₂ 농도가 초기에 18%로 약간 감소할 뿐, 더 이상의 감소는 나타나지 않았다. 저장중 포장내 O₂ 농도 수준은 20CK를 제외하고는 포장구간에 차이가 없었다. 이에 반해 CO₂ 농도는 저장기간 초기에 급격히 증가하다가 서서히 증가속도가 감소하였다(Fig. 2). 저장 7시간 후에 20LD는 14.5%, 40LD는 15.2%로 다른 처리구에 비해 CO₂ 농도가 높게 나타났으며, 이때 40CK는 11.6%, 20CK는 3.8%였다. 포장내 에틸렌 흡착제인 Purafil[®]을 처리한 20LP와 40LP는 동일한 두께인 20LD와 40LD에 비해 각각 8.7%와 6.9%로 훨씬 낮은 CO₂ 농도를 나타냈다. 그러나 Purafil[®]첨가구도 저장기간이 경과하면서 CO₂ 농도도 증가하여 저장 3일 후에는 동일 두께의 20LD와 40LD의 CO₂ 농도와 유사한 수준을 나타내었다. 포장내 기체조성중 O₂의 경우 저장초 수시간내에 평형에 도달하였으나 CO₂는 저장 3일후에 평형에 도달하는 차이를 보였다. 오 등⁽⁵⁾은 4°C 저온에서 '유명' 복숭아를 필름포장하여 저장한 결과에서, 20 µm PE 필름 포장구는 저장 42일후에 O₂ 농도가 5.3%를 나타냈고

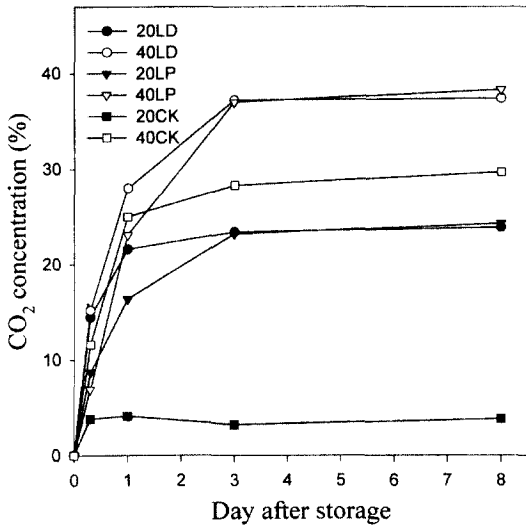


Fig. 2. Changes in carbon dioxide concentration in the packages of peaches during MA storage at 20°C. 20LD (19 µm PE film), 40LD (39 µm PE film), 20LP (19 µm PE film+50 g Purafil sachet), 40LP (39 µm PE film+50 g Purafil sachet), 20CK (16 µm PE film with 5% zeolite), 40CK (36 µm PE film with 5% zeolite).

CO₂ 농도는 26.4%를 나타냈으며 저장중 완만한 변화 양상을 보였다고 하였는데, 본 시험의 결과와 비교해서 기체조성 양상이 차이가 나는 것은 복숭아의 품종 차이도 있겠지만 저장온도가 높았기 때문인 것으로 판단된다. 한편, 20CK는 높은 가스투과도로 인하여 저장중 O₂ 농도는 18.0~18.3%, CO₂ 농도는 3.2~4.1%를 유지하였다. 이러한 결과는 O₂ 농도가 다소 높기는 하나 일정한 CO₂ 농도를 유지하여 복숭아 품질유지에 도움이 되는 것으로 생각되었다.

한편, 포장내 에틸렌은 밀봉 직후 급격히 증가하여 최고치를 나타낸 다음 저장 1일 후에는 다시 감소하였다(Fig. 3). 40LD는 저장 7시간 후 64.2 ppm까지 증가하였으며 40CK는 59.1 ppm까지 증가하였다. 반면에 에틸렌 흡착제인 Purafil®을 첨가한 20LP와 40LP는 동일 두께의 필름 포장구보다 현저히 적은 양인 8.2 ppm, 8.7 ppm이 각각 검출되었다. 또한 20LP와 40LP는 저장 3일 후 부터는 에틸렌이 검출되지 않았다. 이는 포장구 안에 첨가한 Purafil®이 복숭아에서 생성된 에틸렌을 충분히 흡착할 수 있었기 때문인 것으로 생각된다. 포장구에서 점차 감소한 에틸렌은 저장 3일 후에는 소량만이 검출되었지만 40LD가 14.3 ppm으로 높았다.

이화학적 품질변화

복숭아의 저장중 이화학적 품질변화는 Table 2에 나

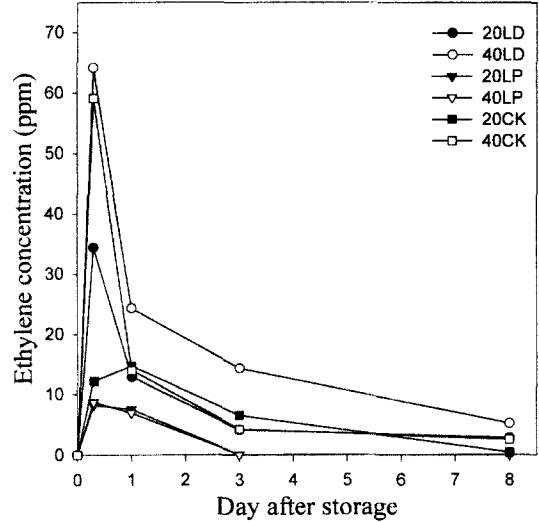


Fig. 3. Changes in ethylene concentration in the packages of peaches during MA storage at 20°C. 20LD (19 µm PE film), 40LD (39 µm PE film), 20LP (19 µm PE film+50 g Purafil sachet), 40LP (39 µm PE film+50 g Purafil sachet), 20CK (16 µm PE film with 5% zeolite), 40CK (36 µm PE film with 5% zeolite).

타내었다. 중량손실율은 대조구가 저장 2일 후 3.88%였으며, 포장구는 이에 반해 저장중 중량손실이 매우 적었는데 가스투과성이 높은 20CK 처리구도 손실이 미미하였다. 대조구는 저장기간중 중량이 점차 감소하여 저장 8일 후에는 11.8%의 손실율을 보여 외관상으로 뚜렷이 상품성이 저하되어 보였다.

복숭아의 초기 가용성고형분 함량은 8.73°Brix였으며 저장중 큰 변화는 없었다. 대조구는 저장기간중 초기치와 비슷한 고형분 함량을 보였으나 중량감소가 심하였던 저장 8일 후에는 9.80°Brix로 약간 증가하였다. 20LP, 20CK, 40CK는 저장 2일 후 약간 증가 후 다시 감소하였다. 그러나 20LD, 40LD, 40LP는 저장 2일 후 감소하였으며 40LP는 더욱 감소하여 저장 8일 후에는 7.45°Brix로 가장 낮았다. 일반적으로 과일의 저장중 가용성고형분 함량은 수확후 후숙중 고분자물질의 분해로 인하여 저장초기에 증가후 감소한다고 알려져 있으나, 본 실험에서는 처리구별로 약간씩 차이가 있었다.

저장중에 전반적으로 pH는 점차 증가하였는데 대조구는 저장기간중 pH가 다른 처리구에 비해 낮았다. 20CK도 저장기간중 pH 변화가 적었으며 저장 8일 후에도 pH가 4.76이었다. 저장중 복숭아의 산도는 약간씩 감소하였으며 저장 8일 후에는 산도가 0.17~0.25%로 처리구에 따라 약간씩 차이가 있었다. 전반적으로

Table 2. Changes in quality attributes of peaches 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	0.0 ± 0.00	0.00 ± 0.00	0.00 ± 0.00	0.00 ± 0.00	0.00 ± 0.00
	2	3.88 ± 0.63	0.42 ± 0.19	0.90 ± 0.27	0.66 ± 0.22	0.78 ± 0.19	0.86 ± 0.15	1.14 ± 0.38
	5	9.00 ± 1.96	1.34 ± 0.22	1.25 ± 0.24	0.89 ± 0.25	1.28 ± 0.34	1.61 ± 0.39	1.27 ± 0.32
	8	11.80 ± 1.53	1.71 ± 0.36	1.42 ± 0.21	0.92 ± 0.33	1.64 ± 0.38	1.82 ± 0.26	2.09 ± 0.18
Soluble solids (°Brix)	0	8.73 ± 0.31	8.73 ± 0.31	8.73 ± 0.31	8.73 ± 0.31	8.73 ± 0.31	8.73 ± 0.31	8.73 ± 0.31
	2	8.80 ± 0.00	8.20 ± 0.00	9.00 ± 0.00	10.00 ± 0.00	7.60 ± 0.00	8.20 ± 0.00	9.00 ± 0.00
	5	8.45 ± 0.07	8.80 ± 0.00	7.80 ± 0.00	9.55 ± 0.78	8.20 ± 0.00	8.05 ± 0.35	7.75 ± 0.35
	8	9.80 ± 0.28	8.80 ± 0.28	9.95 ± 0.35	8.90 ± 0.14	7.90 ± 0.99	7.45 ± 0.21	8.35 ± 0.64
pH	0	4.63 ± 0.01	4.63 ± 0.01	4.63 ± 0.01	4.63 ± 0.01	4.63 ± 0.01	4.63 ± 0.01	4.63 ± 0.01
	2	4.62 ± 0.00	4.68 ± 0.00	4.65 ± 0.00	4.60 ± 0.00	4.63 ± 0.00	4.70 ± 0.00	4.74 ± 0.00
	5	4.72 ± 0.15	4.91 ± 0.01	4.72 ± 0.01	4.63 ± 0.11	4.79 ± 0.03	4.78 ± 0.01	4.77 ± 0.18
	8	4.73 ± 0.01	5.03 ± 0.21	4.75 ± 0.00	4.76 ± 0.10	5.34 ± 0.16	5.40 ± 0.14	5.49 ± 0.01
Titratable acidity as malic acid (%)	0	0.30 ± 0.01	0.30 ± 0.01	0.30 ± 0.01	0.30 ± 0.01	0.30 ± 0.01	0.30 ± 0.01	0.30 ± 0.01
	2	0.25 ± 0.00	0.24 ± 0.00	0.22 ± 0.00	0.27 ± 0.00	0.29 ± 0.00	0.25 ± 0.00	0.28 ± 0.00
	5	0.22 ± 0.07	0.24 ± 0.05	0.26 ± 0.01	0.28 ± 0.01	0.23 ± 0.00	0.23 ± 0.01	0.21 ± 0.07
	8	0.22 ± 0.03	0.21 ± 0.04	0.22 ± 0.00	0.25 ± 0.01	0.18 ± 0.02	0.19 ± 0.03	0.17 ± 0.04
Firmness (kg _f)	0	0.23 ± 0.05	0.23 ± 0.05	0.23 ± 0.05	0.23 ± 0.05	0.23 ± 0.05	0.23 ± 0.05	0.23 ± 0.05
	2	0.20 ± 0.04	0.22 ± 0.06	0.20 ± 0.03	0.21 ± 0.04	0.21 ± 0.01	0.19 ± 0.04	0.22 ± 0.10
	5	0.15 ± 0.03	0.16 ± 0.04	0.20 ± 0.07	0.19 ± 0.04	0.17 ± 0.07	0.14 ± 0.03	0.14 ± 0.02
	8	0.10 ± 0.03	0.14 ± 0.01	0.18 ± 0.06	0.17 ± 0.03	0.12 ± 0.02	0.12 ± 0.02	0.13 ± 0.06

¹⁾Destinations are same as Fig. 4.

²⁾Standard deviation values of three replicates.

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

Color	Day	Treatment						
		Control ¹⁾	20LD	20LP	20CK	40LD	40LP	40CK
L	0	81.45 ± 1.30 ²⁾	81.45 ± 1.30	81.45 ± 1.30	81.45 ± 1.30	81.45 ± 1.30	81.45 ± 1.30	81.45 ± 1.30
	2	79.71 ± 1.96	81.57 ± 1.82	78.10 ± 2.28	80.24 ± 0.81	79.07 ± 2.25	80.46 ± 2.84	77.75 ± 0.51
	5	78.72 ± 3.06	77.17 ± 1.57	77.35 ± 2.09	78.92 ± 2.36	76.90 ± 1.43	76.48 ± 2.34	76.61 ± 1.82
	8	71.60 ± 1.04	70.33 ± 5.54	71.79 ± 2.34	73.64 ± 2.07	65.35 ± 2.69	66.18 ± 3.12	66.59 ± 2.44
a	0	-7.14 ± 0.86	-7.14 ± 0.86	-7.14 ± 0.86	-7.14 ± 0.86	-7.14 ± 0.86	-7.14 ± 0.86	-7.14 ± 0.86
	2	-8.53 ± 1.03	-8.53 ± 1.14	-8.39 ± 0.43	-7.64 ± 1.00	-8.49 ± 0.22	-9.47 ± 1.05	-8.18 ± 0.45
	5	-7.63 ± 0.50	-7.81 ± 0.83	-7.94 ± 0.51	-8.02 ± 0.40	-7.77 ± 0.28	-7.63 ± 0.43	-8.00 ± 0.42
	8	-5.88 ± 0.66	-5.14 ± 2.16	-6.73 ± 1.16	-6.79 ± 0.51	-2.24 ± 1.70	-3.27 ± 1.48	-2.84 ± 0.96
b	0	31.73 ± 2.12	31.73 ± 2.12	31.73 ± 2.12	31.73 ± 2.12	31.73 ± 2.12	31.73 ± 2.12	31.73 ± 2.12
	2	31.33 ± 1.56	28.10 ± 0.78	29.24 ± 1.48	27.94 ± 1.37	29.00 ± 1.43	30.14 ± 1.13	25.32 ± 1.51
	5	35.11 ± 1.25	26.99 ± 1.75	29.64 ± 2.17	32.30 ± 2.27	28.52 ± 1.42	27.89 ± 1.87	27.89 ± 2.43
	8	31.85 ± 1.47	24.37 ± 3.62	32.98 ± 2.41	31.51 ± 2.40	21.54 ± 1.74	21.85 ± 1.69	20.87 ± 0.71

¹⁾Destinations are same as Fig. 4.

²⁾Standard deviation values of three replicates.

필름의 두께가 얇은 포장구의 산도가 높게 유지되었으며, 특히 20CK는 저장 8일 후에도 산도가 0.25%로 가장 높게 유지되었다.

과육의 단단한 정도를 나타내는 초기 경도는 0.23 kg_f였으며 저장중 점차 감소하여 저장 8일 후에는 0.10~0.18 kg_f 범위였다. 대조구는 가장 심한 정도 감소를 보였으며 40 μm 필름 처리구도 경도가 낮았다. 그러나 20LP와 20CK는 저장중 감소가 적었으며 저장 8일 후에는 각각 0.18와 0.17 kg_f로 경도가 높게 유지되었다.

저장중 복숭아 과피의 색변화를 색차계로 측정하여 L, a 및 b값으로 나타낸 결과는 Table 3과 같다. 저장 직전 복숭아 과피의 색도는 L = 81.45, a = -7.14, b = 31.73였으며 저장 초기에는 과피 색변화가 적었으나 상품성이 저하되는 저장 5일 후 부터는 색변화가 뚜렷했다. '미백' 품종은 저장전 밝은 아이보리 색을 나타냈으나 처리구에 관계없이 저장 기간중에 L값이 점차 감소하였다. 또한 a값은 저장 5일 후부터 급격한 증가 현상을 보였다. 특히 상대적으로 두께가 두꺼운

필름 처리구인 40LD, 40LP, 40CK 처리구에서 L, a값의 변화가 뚜렷했다. 저장 5일 후 부터 L값의 현저한 감소는 밝은 과피색이 탁하고 어두운 색이 되어 육안으로도 식별이 가능하였다. 이러한 과피 색변화는 복숭아의 외관적 상품가치를 하락시켜 소비자의 구매 욕구를 떨어뜨리는 주요한 원인이 될 수 있다. 20CK 처리구는 저장중 L값이 다른 처리구에 비해 높았으며 저장 8일 후는 71.79였다. 저장중 a값은 감소 후 증가하는 경향을 보였으며 저장 5일 전까지는 처리구간에 큰 차이가 없었으나 5일 후에는 40LD, 40LP, 40CK가 높은 a값을 보여 과피 색변화가 컸으며 b값은 8일 후 무포장 대조구와 20LP, 20CK가 높았으며 20LD, 40LD, 40LP, 40CK는 상대적으로 낮았다.

에탄올과 아세트알데히드

에탄올과 아세트알데히드는 과실류가 생체에 지니고 있는 고유 향기성분의 일종이기도 하지만 과실류의 과숙과 열화과정중에 발생하며, MA 저장중에는 저산소 환경하에서 혐기호흡으로 상당량이 생성될 수 있다. 따라서 필름포장후 포장내 저산소증으로 인하여 이취 등이 발생할 수 있음을 예측할 수 있는 지표가 되기도 한다⁽¹⁸⁾. 저장중 복숭아 과육의 에탄올과 아세트알데히드 함량 변화는 Fig. 4와 5에 각각 나타냈다. 에탄올 함량은 전반적으로 증가하였는데, 40LP는 저장 5일 후

까지는 높은 에탄올 증가율을 보였으나 저장 5일 이후부터 증가가 완만해져 저장 8일 후 10.76 mL/kg을 나타냈고, 40LD는 직선적으로 증가하여 저장 8일 후 12.88 mL/kg을 나타냈다. 20LD와 20LP는 두꺼운 필름 포장구보다는 적은 양의 에탄올이 생성되었다. 그러나 포장구중 20CK는 저장 5일 후 1.58 mL/kg으로 약간 증가하였으며 그 후 거의 유사한 수준을 유지하였다. 대조구의 경우 에탄올이 거의 축적이 되지 않았는데, 이러한 결과는 포장구와 달리 무포장구는 혐기적 호흡이 일어나지 않았으며, 설혹 일어난다 하더라도 복숭아에서 생성된 에탄올이 외부로 비산되어 생체내에 축적이 이루어지지 않기 때문으로 생각된다. 과실 저장중 에탄올 발생은 혐기호흡의 결과로 생성되며 관능적 품질의 저하를 일으키는데, 주로 O₂ 농도 2% 이하의 조건하에서 pyruvic acid가 혐기호흡으로 인하여 최종산물로서 lactic acid와 함께 에탄올과 아세트알데히드를 생성하여 이취가 발생한다⁽¹⁹⁾. 특히 포장구에서 과실은 변형된 기체조성과 외부 대기에 대한 필름의 낮은 가스투과율 때문에 생체내에 에탄올이 축적되어 개봉시 이취 등의 발생으로 인하여 품질이 저하될 수 있다. 따라서 포장의 장점을 살리면서 이러한 문제점을 보완하기 위해서는 적절한 투과율과 에틸렌을 제거할 수 있는 포장재의 사용이 요구된다.

아세트알데히드 함량도 Fig. 5에 나타난 바와 같이

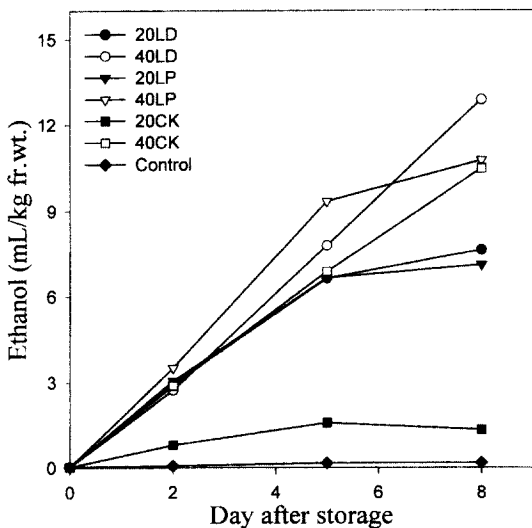


Fig. 4. Changes in ethanol content in the packages of peaches during storage at 20°C. 20LD (19 um PE film), 40LD (39 um PE film), 20LP (19 um PE film+50 g Purafil sachet), 40LP (39 um PE film+50 g Purafil sachet), 20CK (16 um PE film with 5% zeolite), 40CK (36 um PE film with 5% zeolite), Control (unpackaged).

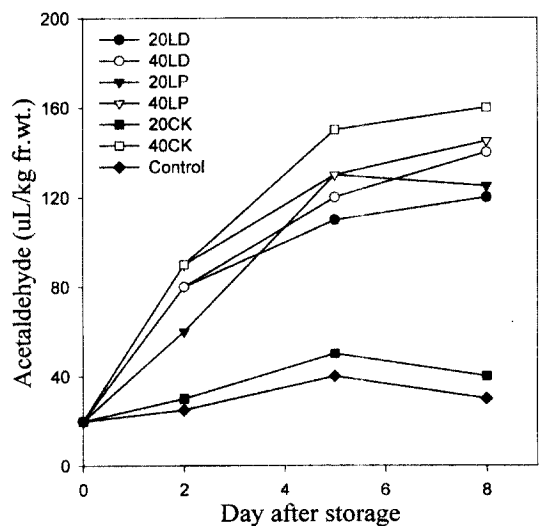


Fig. 5. Changes in acetaldehyde content in the packages of peaches during storage at 20°C. 20LD (19 um PE film), 40LD (39 um PE film), 20LP (19 um PE film+50 g Purafil sachet), 40LP (39 um PE film+50 g Purafil sachet), 20CK (16 um PE film with 5% zeolite), 40CK (36 um PE film with 5% zeolite), Control (unpackaged).

저장중 증가하였다. 저장전 초기 함량은 20 $\mu\text{L}/\text{kg}$ 였으며 저장 8일 후 40CK는 160 $\mu\text{L}/\text{kg}$ 로 최고치를 나타냈다. 20CK는 에탄올과 함께 아세트알데히드 함량도 현저히 낮은 수준을 유지하였다. 저장 5일 후는 50 $\mu\text{L}/\text{kg}$ 였으며 8일 후는 약간 감소하여 40 $\mu\text{L}/\text{kg}$ 였다. 이러한 결과는 높은 투과율로 인하여 외부 산소가 포장내로 원활히 통기되었기 때문이라고 생각된다. 김 등⁽²⁰⁾은 딸기의 CA 저장에서 CO₂ 20% 처리구에서 관능적인 이취발생 정도가 높게 나타난다고 하여 저장중 일정농도 이상의 CO₂는 과실의 관능적 품질을 저하시킬 수 있었다.

외관품질 및 관능검사

복숭아의 외관품질은 저장 5일까지는 비교적 양호한 것으로 나타났으나 그 이후에는 급격히 상품적 가치가 손실되었다(Fig. 6). 저장 8일 후에는 대부분의 처리구가 상품성이 상실되었으나 20CK 처리구만은 상품성이 유지된 것으로 평가되었다. 특히 대부분 포장 처리구의 복숭아는 대부분 과피변색을 일으켜 상품성이 떨어졌는데, 20CK는 다른 포장구에 비하여 변색정도가 심하지 않아서 외관검사서 높은 평가를 받은 것으로 생각되며 이러한 결과는 전술한 과피의 Hunter value 측정결과와도 일치한다. 복숭아를 저장한 후 외관품질 측면에서 상품성이 상실되기 직전인 저장 5일

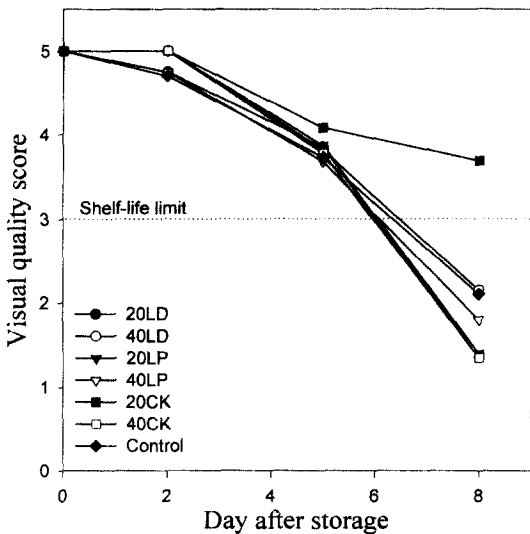


Fig. 6. Changes in visual quality of peaches during storage at 20°C. 20LD (19 μm PE film), 40LD (39 μm PE film), 20LP (19 μm PE film+50g Purafil sachet), 40LP (39 μm PE film+50g Purafil sachet), 20CK (16 μm PE film with 5% zeolite), 40CK (36 μm PE film with 5% zeolite), Control (unpackaged).

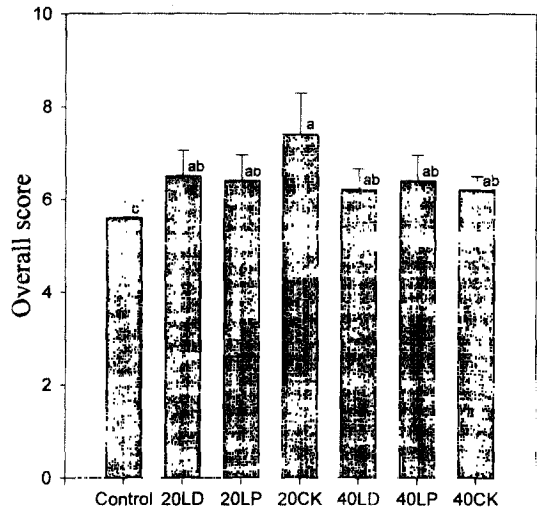


Fig. 7. Overall acceptability of peaches after MA storage at 20°C for 5 days. 20LD (19 μm PE film), 40LD (39 μm PE film), 20LP (19 μm PE film+50 g Purafil sachet), 40LP (39 μm PE film+50 g Purafil sachet), 20CK (16 μm PE film with 5% zeolite), 40CK (36 μm PE film with 5% zeolite), Control (unpackaged). Each overall score represents means of the ratings evaluated by 13 judges using a 9-point scale (1=minimum, 5=borderline, 9=maximum degree of approval). Means of the same letter are not significantly different by Duncan's test ($P < 0.05$).

후에 9점 채점법으로 관능적 품질검사를 실시하였던 바, Fig. 7에서와 같이 20CK가 다른 처리구와 유의적인 차이를 나타낼 수 있었다. 20CK는 이취나 조직감 등에서 식별이 가능할 정도로 다른 포장구와 차이가 현저하였다. 대조구의 경우 색상은 양호하였으나 부패과가 많고 과육내 수분증발로 인한 과피의 위조가 심하여 유의적인 차이를 보이며 가장 낮게 평가되었으며 다른 포장처리구간에는 유의차를 보이지 않았다.

요 약

여름철에 생산되는 '미백' 품종 복숭아의 기존 유통조건을 고려하여 20°C에 저장하면서 기능성 MA 포장기법의 적용효과를 실험하였다. 필름 포장내의 O₂와 CO₂ 함량은 포장 후 7시간까지 급격히 변화하였으며 에틸렌도 밀봉 직후 급격히 증가하여 40LD 포장구가 64.2 ppm까지 증가하였다. 저장중 품질변화 측정에서 대조구의 중량손실은 저장 8일 후 11.8%였으나 포장구는 2.0% 이하의 수준이었다. 가용성고형분, pH 등에서는 처리구간에 유의적인 차이가 나타나지 않았으나, 산도는 20CK 포장구가 저장 8일 후 0.25%로 가

장 높게 유지되었고 경도 역시 20CK가 20LP 포장구와 더불어 높게 유지되었다. 과피색은 20CK의 복숭아가 Hunter 'L' 값을 높게 유지하였다. 저장 중 혐기 호흡으로 생성되는 아세트알데히드와 에탄올은 각각 40LD와 40CK 포장구가 높았으며 20CK는 포장구중 가장 낮은 수준을 유지하였다. 20CK 포장구는 외관 및 관능적 품질에서도 높은 평가를 받아서 상품성 유지에 효과적인 것으로 나타났다. 결과적으로 여름철 복숭아의 유통을 위한 포장처리구중 20CK 포장구가 종합적인 품질 측면에서 상품성이 높게 유지되어 단기간 상온유통용 포장방법으로 적용이 가능하다고 판단되었다.

문 헌

1. Song, J.T., Jeong, H.B., Kim, B.W. and Gin, H.S. *Cucurbitaceae*. p. 492. In: Thesaurus of Korean Resources Plants (the 2nd volume), Heungil, Korea (1989)
2. Ministry of Agriculture & Forestry. Stastical Yearbook of Agriculture & Forestry, pp. 72-111. Korea (1997)
3. Robert, E.H., Alley, E.W. and Chien, Y.W. Peaches and nectarines. pp. 46-47. In: The Commercial Storage of Fruits, Vegetables, and Florist and Nursery Stocks, 2nd ed., DA, USA (1990)
4. Kader, A.A. Modified atmosphere during transport and storage. pp. 85-95 In: Postharvest Technology of Horticultural Crops, 2nd ed., Kader, A.A. (ed.), University of California, USA (1992)
5. Oh, S.Y., Shin, S.S., Kim, C.C. and Lim, Y.J. Effect of packaging films and freshness keeping agents on fruit quality of 'Yumyung' peaches during MA storage. J. Kor. Soc. Hort. Sci. 37(6): 781-786 (1996)
6. Park, H.W. Studies on the development of modified atmosphere packaging films for fruits and vegetables. Ph.D. thesis, Korea Univ., Korea (1993)
7. Lee, K.S., Woo, K.L. and Lee, D.S. Modified atmosphere packaging for green chili peppers. Packaging Technol. and Sci. 7: 51-58 (1994)
8. 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)
9. 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)
10. 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)
11. A.O.A.C. Official Methods of Analysis. 16th ed. Association of Official Analytical Chemists, Virginia, USA (1995)
12. 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)
13. 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)
14. Hong, S.I., Kim, Y.J. and Park, N.H. Modified atmosphere packaging of leaf lettuce. Korean J. Food Sci. Technol. 25(3): 270-276 (1993)
15. Lee, B.Y., Yoon, I.H., Kim, Y.B., Han, P.J. and Lee, C.M. Studies on storing chest-nut(*Castanea crenata* var. *dulcis* Nakai) sealing with polyethylene film. Korean J. Food Sci. Technol. 17(5): 331-335 (1985)
16. Kim, Y.B., Kubo, Y., Inaba, A. and Nakamura, R. Effect of storage temperature on keeping quality of tomato and strawberry fruits. J. Kor. Soc. Hort. Sci., 37(4): 526-532 (1996)
17. Nakhasi, S., Schlimme, D. and Solomos, T. Storage potential of tomatoes harvested at the breaker stage using modified atmosphere packaging. J. Food Sci. 56(1): 55-59 (1991)
18. Nichols, W.C. and Patterson, M.E. Ethanol accumulation and poststorage quality of 'Delicious' apples during short-term, low-O₂, CA storage. HortScience. 22(1): 89-92 (1987)
19. Stiles, M.E. Scientific principles of controlled/modified atmosphere packaging. pp. 18-25. In: Modified Atmosphere Packaging of Food. B. Ooraikul and M.E. Stiles (eds.). Ellis Horwood Limited, West Sussex, England (1991)
20. Kim, J.G., Hong, S.S. and Jeong, S.T. Quality changes of "Yeobong" strawberry with CA storage conditions. Korean J. Food Sci. Technol. 30(4): 871-876 (1998)

(1999년 3월 5일 접수)