

‘쓰가루’ 사과의 유통용 신선도유지 MA 포장 효과

박종대 · 홍석인 · 박형우 · 김동만
한국식품개발연구원

Modified Atmosphere Packaging of ‘Tsugaru’ Apple (*Malus domestica* Borkh) for Distribution

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

Abstract

Modified atmosphere packaging(MAP) technology was applied to ‘Tsugaru’ apple (*Malus domestica* Borkh) in order to extend the shelf-life of apples during distribution. ‘Tsugaru’ apples were packed with the PE film of 40 μ m thickness (40LD), the PE film modified by the addition of 5% (w/w) zeolite (40CK), and the PE film bags containing the ethylene absorbent (40LP). Quality indices of ‘Tsugaru’ apples during storage at 10°C were measured in terms of weight loss, soluble solids content, pH, titratable acidity, flesh firmness, peel color and sensory properties. Oxygen, carbon dioxide and ethylene concentration in the film bags changed rapidly at the early stage of storage. Weight loss of the control increased up to 3.0% after 60 days storage while those of the packed apples remained less than 0.6%. No significant differences in soluble solids content and titratable acidity could be found in all the treatments, but significant differences in pH between the control and the packed apples. Higher firmness was kept in 40LD and 40LP than other treatments during storage. Color of the peel changed rapidly in control but slowly in 40LD and 40LP. ‘Tsugaru’ apples packed with packaging films showed a good visual and sensory quality. Results suggest that packaging treatment with LDPE of 40 μ m thickness and ethylene absorbent can be used for extending the shelf-life of ‘Tsugaru’ apples during distribution.

Key words : Tsugaru, *Malus domestica* Borkh, freshness, modified atmosphere packaging

서 론

‘쓰가루’는 일본 아오모리현 (靑森縣) 사과 시험장에서 1930년 ‘Golden Delicious’ 품종의 실생(實生)중에서 육성된 품종으로 1970년 계통명을 아오리 2호로 선발한 후 1974년 ‘쓰가루’로 명명되었다(1). 과중은 200~250 g 정도이며 과형은 원형이고 과피색은 녹색 바탕에 담홍색 줄무늬로 착색되나 대개의 과

실은 착색이 잘 되지 않는다. 과육은 황백색으로 치밀하고 과즙이 많은 편이며 산도가 낮고 당도가 높아 조생종 품종중 가장 인기가 높은 품종이다. 그러나 수확전 낙과가 심하여 2,4-DP(2,4-dichlorophenoxy propionic acid triethanolamin salt), 수산화칼슘 및 AVG (aminoethoxyvinylglycine) 등의 약제처리로 낙과방지를 위한 연구가 수행된 바 있으며(2-4), 수확후에는 저장성이 약하여 품질이 빠르게 저하된다는 단점이 있다(5-7). 홍 등(8)은 주요 사과 품종의 상온(20°C) 유통 및 저온(0°C) 저장 한계기간을 설정하였는데, 중생종인 ‘조나골드’나 만생종인 ‘후지’에 비하여 조생종인 ‘쓰가루’의 상온유통 한계기간은 약 10일, 저온저장

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

한계기간은 약 30일로 훨씬 짧았다. 따라서 '쓰가루'의 수확후 저장력을 증진하기 위한 연구가 다양한 방법으로 수행되었는데, 칼슘제제 처리를 이용한 방법(9,10), 피막제로 Prowax-F[®], Prolong[®] 또는 키토산이나 왁스를 코팅 처리한 방법(11-13), 그리고 '쓰가루'의 수확적기를 이용한 방법이 검토되었다(14).

한편, 과·채류의 수확후 신선도를 유지하기 위한 기술의 하나로 MAP(modified atmosphere packaging) 기술(15-17)이 많은 작물에 적용되어 그 유효 효과가 입증되었다. 특히, 사과에 적용을 위해 많은 연구가 수행된 바 있으며, '후지'(18), '국광'(19,20), 'Golden Delicious'(21), 'Cox's Orange Pippin'(22) 품종 등의 경우 MAP하여 저장함으로써 사과의 저장기간을 연장시킬 수 있었다. 수확후 '쓰가루'의 신선도를 유지하기 위한 연구로는 저온 및 CA 저장이 시도된 반면(7,23,24), 실제 유통과정에서 사용할 수 있는 MAP 기술에 대한 연구는 거의 없는 실정이다. 따라서, 본 연구에서는 '쓰가루' 품종을 대상으로 플라스틱 필름과 에틸렌흡수제를 이용한 MAP 적용에 따른 품질유지 효과를 비교하였다.

재료 및 방법

시료 및 전처리

본 실험에 사용한 사과는 경북지역에서 1998년 8월 26일에 수확한 조생종 '쓰가루' 품종으로 과피의 색상이 완전히 착색되지 않은 선명한 녹색이며 1개당 평균무게는 253 g이었고, 평균크기는 8.9 cm(장축) × 8.4 cm(단축)였다. 수확한 시료는 10°C 항온실에 옮기고 하룻밤 동안 방치한 다음 선별하여 사용하였다.

포장

과실의 포장재료는 저밀도폴리에틸렌(LDPE, 한양화학) 필름(40LD)과 필름의 기체투과도를 증가시키기 위하여 자체적으로 LDPE의 resin에 zeolite(왕표화학) 미분을 5%(w/w) 혼입하여 만든 필름(40CK)을 사용하였다(25). 실험에 사용한 필름의 두께는 Digimatic Indicator (Mitutoyo, #543-515-1, Japan)로, 인장강도는 Texture analyzer (TA-XT2, England)로, 가스투과도는 quasi-isostatic 방법(26,27)으로 측정하였으며 그 결과를 Table 1에 나타내었다. 각 필름을 50 cm × 50 cm 크기로 절단한 다음 열접착하여 봉투 형태로 만들었다. LDPE 필름 봉투안에 에틸렌 흡착제인 Purafil[®] (Abzclim, Italy) 50 g을 넣은 sachet(미세천공 30 μm LDPE 7 cm × 7 cm)을 첨가한 처리구(40LP)도 비교구

로서 설정하였다. 선별한 사과는 각각의 필름봉투 안에 9개씩을 담고 열접착하여 밀봉하였으며 각각의 처리구는 기존의 대형 유통판매업체인 백화점과 할인점의 판매온도를 고려하여 10°C(85% RH) 항온실에 60일간 저장하였으며, 무포장 대조구의 사과는 44 cm × 30 cm × 13 cm의 플라스틱 바구니에 담아 동일 조건에서 저장하였다.

Table 1. Physical properties of the packaging films used in the experiments

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
40LD	39.4±1.0	2.64±0.18	1.101×10 ⁻¹	4.596×10 ⁻¹	4.1
40CK	36.3±1.0	2.16±0.12	1.902×10 ⁻¹	6.403×10 ⁻¹	3.3

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

²⁾ measured at 20°C and 76% RH.

포장내 기체조성 분석

포장 내부의 기체조성중 O₂와 CO₂ 및 에틸렌 농도는 gas-tight 주사기를 사용하여 각 포장구에서 200 μL씩을 취한 후 GC를 이용하여 분석하였다. O₂와 CO₂의 GC(Shimadzu GC-14A, Japan) 분석조건(28)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. 에틸렌의 GC(HP 5890, USA) 분석조건은 detector: FID, column: HP-PL0T 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.

이화학적 분석

중량손실율은 초기중량을 기준으로 저장 후 중량을 측정하여 얻은 중량손실을 백분율로 나타내었다. pH는 처리구 당 5개의 봉지에서 취한 사과로부터 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 0.1N NaOH 용액으로 pH 8.2까지 적정하여 소비된 량을 malic acid로 환산하여 나타내었다(29). 가용성고형분은 마쇄액의 일부를 5분간 원심분리하고 상등액을 취하여 Abbe refractometer (ATAGO N-1E, Japan)로 측정하여 °Brix로 나타내었다(30). 경도 측정은 직경 5 mm의 원통형 probe가 부착된 rheometer (Sun Co., CR-200D,

Japan)를 이용하여 측정하였다. 과일 중앙부위의 껍질을 깊이 2 mm 정도로 편편하게 깎아내고 내부쪽으로 probe를 50 mm/min 속도로 10 mm 삽입할 때 나타나는 조직의 저항값을 kgf로 나타내었다(31). 과피의 색상은 사과의 과피 일정부위를 색차계(Minolta CR-200, Japan)의 광조사 부분에 밀착시켜 Hunter L, a, b값과 color difference(ΔE)를 측정하였다(30).

외관품질 및 관능검사

각 처리구에 대한 상품적 측면의 외관품질(visual quality)은 사과 품질평가에 전문성이 있는 6명의 평가원이 사과의 외관상 변색, 부패 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(32). 또한 시험구에 대한 관능검사는 과일류 저장실험 관능평가 경험이 풍부한 연구원을 대상으로 사과의 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. 사과는 개봉직후 준비하여 외관(appearancer), 맛(taste), 조직감(texture), 종합적기호도(overall acceptability) 등을 9점 채점법으로 실시하였으며, 얻어진 결과는 one-way ANOVA 분석(p<0.05) 방법으로 통계처리하였다(30).

결과 및 고찰

포장내 기체조성 및 에틸렌 변화

PE 필름(LD)과 자체제조한 필름(CK) 그리고 PE 필름 포장에 에틸렌 흡착제인 Purafil[®]을 sachet로 첨가한 포장 처리구(LP)를 10℃에 저장하면서 저장기간 동안의 포장내 O₂와 CO₂ 그리고 에틸렌 농도를 측정 한 결과는 Fig. 1~3에 나타난 바와 같다.

저장중 O₂ 농도 변화를 보면, 저장직후 포장내의 O₂는 포장재와 에틸렌 흡착제 첨가 여부에 따라 약간씩 차이가 있기는 하지만 저장 4~6일 후까지 급격히 감소한 후 약간 증가하였으며(Fig. 1), 이후부터 저장 60일까지 다시 서서히 감소한 후 평형을 이루었다. 저장중 포장내 평형 O₂ 농도 수준은 40CK가 6.9%로 가장 높았고, 40LD와 40LP는 각각 3.5%와 3.4%로 낮은 수준을 유지하였다. 40LP는 저장 4일 후까지 포장내 O₂ 농도가 가장 빠르게 감소하여 2.6% 수준을 나타냈으며 저장 12일 후에는 4.7%로

농도가 증가하였고 저장 18일 후부터는 평형농도에 도달하였다.

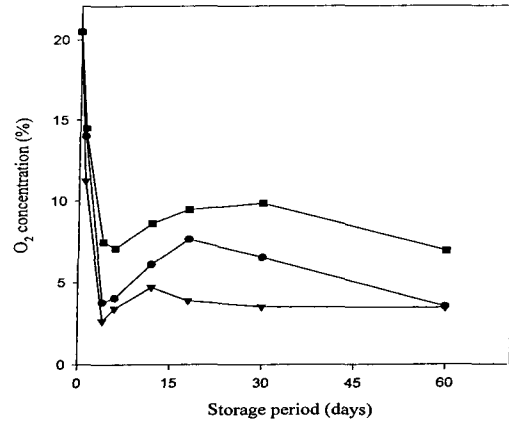


Fig. 1. Changes in oxygen concentration within the packages of 'Tsugaru' apples during storage at 10℃. -●- 40LD (39 μm PE film). -▼- 40LP (39 μm PE film + 50 g Purafil[®] sachet). -■- 40CK (36 μm PE film with 5% zeolite).

Fig. 2에 나타난 CO₂ 농도는 모든 포장조건에서 저장 초기에 급격히 증가하여 저장 4일 후 최고 농도를 나타낸 다음 12일 후까지 다시 감소하였는데 투과도가 낮은 40LD 필름의 경우 저장 4일 후의 포장내 CO₂ 농도가 8.0%까지 증가하였다. 포장내 CO₂ 농도가 평형에 도달하는 시간은 처리구별로 약간의 차이를 보였다.

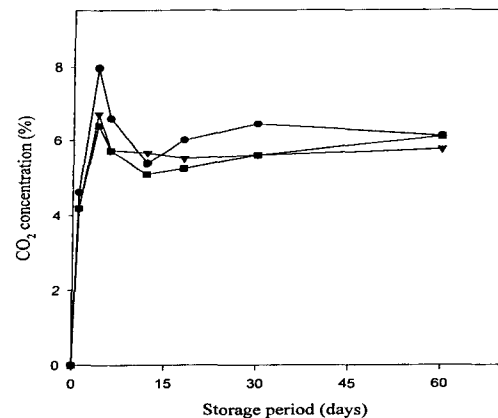


Fig. 2. Changes in carbon dioxide concentration within the packages of 'Tsugaru' apples during storage at 10℃. Symbols' description refer to Fig. 1.

한편, 포장내 에틸렌은 40LD와 40CK 처리구에서

밀봉 직후부터 급격히 증가하여 저장 4일 후 각각 2,045 ppm과 1,576 ppm으로 최고치를 나타낸 다음 저장 12일 후까지 감소하였다(Fig. 3). 이후 저장 60일까지 포장내 에틸렌은 다시 서서히 증가하는 경향을 보였다. 그러나 Purafil[®] 첨가구인 40LP는 저장 초기에는 포장내 에틸렌 증가가 거의 미미하였으나 12일 후부터 급격히 증가한 후 저장 30일 후부터는 완만한 증가 양상을 나타냈다. 이는 포장내 Purafil[®]의 에틸렌 흡착효과에 의하여 저장 초기에는 에틸렌 축적이 억제되었으나, 결과적으로 Purafil[®]의 첨가량이 적어서 저장 12일 부터는 Purafil[®]에 의한 에틸렌의 흡착능이 떨어졌기 때문으로 생각된다. 이는 첨가한 Purafil[®]이 저장초기부터 에틸렌 흡착으로 인한 산화현상으로 보라색에서 암갈색으로 변색되는 것으로도 알 수 있었는데, 저장 12일 후에는 약 50%, 18일 후에는 약 80% 이상의 Purafil[®]이 변색된 것을 확인할 수 있었다.

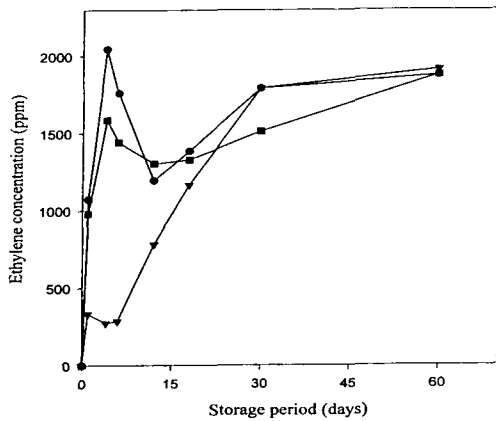


Fig. 3. Changes in ethylene concentration within the packages of 'Tsugaru' apples during storage at 10°C. Symbols description refer to Fig. 1.

과실과 채소류의 MAP는 내용물의 호흡에 의해 포장내 가스조성이 형성되는 수동적 MA와 포장초기부터 각 내용물의 최적 MA 조건을 형성하기 위해 포장내에 진공이나 적절한 가스조성을 주입하는 능동적 MA로 나뉜다(33). 본 연구에서는 내용물에 의해 가스조성이 형성된 수동적 MA system이 적용되어 10°C에 저장시 약 60일 후 평형 O₂ 농도 수준은 3.4~6.9%, 약 18일~60일 후 평형 CO₂ 농도 수준은 5.5~6.1%였다. Church 등(34)에 따르면 과실과 채소류의 MAP 적용은 내용물의 호흡율과 필름의 투과율에 크

게 좌우된다고 하였으며, 또한 호흡율은 각각의 내용물에 따라 달라지고, 동일한 내용물일지라도 품종, 숙성 정도, 가공방법에 따라서도 다르다. 그리고 저장온도가 10°C 증가할 때마다 호흡율은 2~3배 증가한다고 하였다. 김 등(35)은 포장내 가스조성이 과실 무게당 필름면적에 따라 달라지므로 일정 두께의 필름 포장에 내용물의 수를 증가시키던가 또는 일정 내용물에 필름 두께를 변화시키면 포장내 가스농도를 조절할 수 있을 것이라고 하였다. 사과와 신선도 유지를 위해 운반이나 저장중 권장되는 CA 또는 MA 조건은 0~5°C에서 산소는 1~3%, 탄산가스는 1~5%이다(38). 그러나 전술한 바와 같이 품종에 따라 이러한 조건은 달라질 수 있으며 '쓰가루'에 대한 최적 가스조성은 아직까지 보고된 바 없다. 본 실험에 사용한 필름은 '쓰가루'의 MA 포장에 적용가능성이 있을 것으로 고려되나, 고농도의 에틸렌이 포장내에 축적된 결과로 미루어 보아 Purafil[®]의 첨가량을 증가시킨 연구가 요망된다.

이화학적 품질변화

'쓰가루' 사과의 저장중 이화학적 품질변화를 Table 2에 나타내었다. 품질변화 결과중 먼저 중량손실을 보면, 대조구의 손실율이 빠르게 증가하여 약 60일 후에는 3.0% 이상의 중량손실을 나타냈으나 포장구는 전체 저장기간 동안 0.6% 이하의 낮은 중량손실율을 보였다. 특히 필름의 투과율이 낮은 40LD가 손실율이 가장 적었다. 이는 포장 필름의 수증기 투과속도에 따라 상대적으로 포장내에 높은 습도를 유지한 것에서 비롯된 것으로 생각된다. 포장구는 '쓰가루'의 증산 및 호흡작용 억제로 저장기간중 대조구에 비해 현저히 낮은 중량손실을 보였다. 과실과 채소류의 저장중 중량감소율은 저장효과를 판단하는 중요한 지표중 하나로, 일반적으로 감소율이 5% 이상을 초과하면 상품성을 잃은 것으로 판단되고 있다. '쓰가루' 사과의 초기 가용성고형분 함량은 12.57 'Brix'로 전체 저장기간 동안 약간 감소하였고 처리구간의 차이는 없었다. 일반적으로 과실의 저장중 가용성고형분 함량은 수확후 후숙중 전분 등 고분자물질의 분해로 인하여 저장초기에 증가후 감소한다고 알려져 있으나, 본 실험에서는 가용성고형분 함량이 증가하지는 않았다. 박 등(14)은 수확시기별로 '쓰가루'를 저온저장하면서 품질변화를 측정된 결과 당도와 산도는 전반적으로 저장중 감소한다고 하였다.

Table 2. Changes in quality attributes of ‘Tsugaru’ apples packed with different packages during storage at 10°C

Attributes	Day	Treatment ¹⁾			
		Control	40LD	40LP	40CK
Weight loss(%)	0	0.00±0.00 ²⁾	0.00±0.00	0.00±0.00	0.00±0.00
	18	1.42±0.34	0.15±0.09	0.30±0.10	0.19±0.09
	30	2.12±0.29	0.19±0.09	0.39±0.10	0.32±0.10
	60	3.21±0.89	0.36±0.11	0.58±0.13	0.56±0.10
Soluble solids(°Brix)	0	12.57±0.40	12.57±0.40	12.57±0.40	12.57±0.40
	18	11.90±0.35	11.53±0.25	12.40±0.17	12.07±0.31
	30	11.63±0.46	12.33±0.31	12.30±0.20	12.03±0.06
	60	12.10±0.14	11.80±0.28	12.18±0.14	11.75±0.21
pH	0	3.96±0.06	3.96±0.06	3.96±0.06	3.96±0.06
	18	4.05±0.02	3.97±0.03	4.00±0.08	4.01±0.06
	30	4.10±0.03	3.94±0.00	4.01±0.06	3.98±0.04
	60	4.13±0.04	4.02±0.07	4.03±0.01	4.05±0.01
Titratable acidity (%)	0	0.28±0.00	0.28±0.00	0.28±0.00	0.28±0.00
	18	0.25±0.01	0.27±0.01	0.26±0.04	0.27±0.05
	30	0.25±0.01	0.25±0.01	0.26±0.01	0.25±0.01
	60	0.22±0.01	0.24±0.01	0.24±0.01	0.23±0.01
Firmness(kg)	0	1.22±0.27	1.22±0.27	1.22±0.27	1.22±0.27
	18	0.50±0.14	0.66±0.18	0.64±0.16	0.67±0.12
	30	0.47±0.14	0.58±0.09	0.55±0.18	0.56±0.12
	60	0.44±0.18	0.54±0.12	0.57±0.18	0.48±0.13

¹⁾ Destinations are same as Table 1.

²⁾ Standard deviation values of three replicates.

본 실험에 사용한 사과의 pH는 3.96이었으며, 저장 중에 전반적으로 점차 증가하는 경향이였다. 포장구에 비해 대조구의 pH가 저장 초기부터 많은 증가를 보여 저장 60일 후에는 4.13을 나타내었다. 이에 반해 포장구의 pH는 저장 60일까지 pH 4.02~4.05 수준을 유지하였으며 40LD와 40LP의 pH 증가가 적었다. 초기 산도가 0.28%이었던 ‘쓰가루’ 사과는 저장중 약간씩 감소하는 경향이였으며 저장 30일 후 부터는 대조구의 산도가 포장구와 차이가 나기 시작했다. 저장 30일 후 40LP에서 산도가 가장 적게 감소했으며, 60일 후에는 40LD와 40LP의 산도 변화가 작았다. 과실과 채소류의 신맛을 나타내는 지표로 pH와 산도가 일반적으로 사용되며, ‘쓰가루’ 사과의 산도는 ‘후지’ 사과(7)의 0.43%, 뉴질랜드산 ‘Granny Smith’ 사과(37)의 0.45% 산도보다 상대적으로 낮고, 가용성고형분 함량은 높아서 식미에 영향을 주는 당산비(°Brix/Acidity ratio)가 높다.

저장기간중 과육의 연화정도를 나타내는 경도는 초기 1.22 kgf였으며 저장 18일 후까지 급격히 감소하여 대조구가 0.50 kgf이었고 포장구는 0.64~0.67 kgf였다. 저장 18일 이후에는 모든 처리구의 경도 감소가 미미하였으며, 특히 40LD와 40LP는 저장 60일

후 경도가 높게 유지되었다. 저장초 급격한 경도 감소는 이 등(12)의 보고와 일치하는 경향이었고, 왁스 및 고분자 키토산(평균분자량 500,000) 처리시에는 에틸렌을 제거해 준 환경에서 경도유지에 효과적이라고 하였다(13). 지금까지의 연구보고에 의하면 과실의 연화는 세포벽 분해효소에 의한 효소적 변화와 펙틴간의 결합력 감소와 같은 비효소적 변화에 기인한다. 비효소적 변화에는 세포벽에 존재하는 칼슘함량이 크게 관여하는 것으로 알려지고 있으며 주요 세포벽 분해효소로는 polygalacturonase(PG), β-galactosidase, pectinmethylesterase(PME) 등이 알려져 있다(5). 김(38)은 PE와 38°C 열처리한 ‘후지’ 사과가 UV나 UV+wax 처리구보다 경도가 높게 유지되었고 ‘신고’ 배도 PE 필름 포장구가 대조구에 비해 연화가 지연되었다고 하였다(35). 그리고 식물체에서 펙틴물질과 함께 과육의 골격물질로 알려져 있는 섬유소의 가수분해효소 활성증가와 경도감소 사이에는 밀접한 역의 상관관계가 있다고 하였다. 또한 변 등(5)은 사과의 성숙과 저장중 품종별 펙틴질 함량과 세포벽 분해효소 활성을 측정하였는데, 연화속도가 빠른 ‘쓰가루’가 중생종인 ‘조나골드’나 만생종인 ‘후지’에 비해 불용성 펙틴의 감소 및 수용성 펙틴의 증가가 현저하고 β-galactosidase의 활성이 높으며 또한 활성이 오랫동안 지속되었다고 하였다. 본 연구에서도 포장구에 관계없이 저장초기 급격한 경도감소가 일어났는데, 향후 이를 방지하기 위한 적정 전처리가 병용되어야 할 것으로 생각된다.

저장중 사과 과피의 색변화를 색차계로 측정하여 L, a, b 및 ΔE값으로 나타낸 결과는 Fig. 4와 같다. 저장직전 ‘쓰가루’의 과피 색도는 L=68.27, a=-21.04 및 b=43.24로 완전히 착색이 되지 않은 선명한 녹색계통을 나타내었다. 저장중 ‘쓰가루’의 과피는 chlorophyll 색소의 분해로 이해되는 퇴색과정이 빠르게 진행되었으며, 이는 L, a 및 b값의 증가로 표시되었다. 즉, L값은 저장 30일 후까지 급속하게 증가하였으며, a값과 b값도 저장중 점차적으로 증가하였다. 포장구에 비해 대조구가 저장중 L, a 및 b값의 증가가 빠르게 진행되었으며, 특히 a값의 증가는 저장 직후부터 포장구와 상당한 차이를 보였다. 포장구중에서는 40CK 보다는 40LD와 40LP 처리구에서 과피 변색이 억제되었다. 따라서 Hunter 색체계에서 초기색과의 차이를 나타내는 ΔE는 전반적으로 저장중 증가하는 경향을 보였다. 특히 대조구는 저장중 색변화가 가장 크게 나타났으며 저장 30일 후까지 빠르게 진행되었고, 포장구는 보다 느린 속도로 저장 60일 후까지 색변화가 진행되었다. 40LP는 색변화가 저장 18일 후

지는 빠르게 진행되었으나 그 후 저장기간 동안은 과피변색을 억제하였다. 40LP는 저장중 다른 처리구와 b값은 크게 차이가 나지 않았지만 L값과 a값은 저장 30일 후부터 현저하게 차이가 났으며, 이는 색차값의 차이로 나타났다. 이러한 저장중 사과외 과피색 변화는 소비자의 구매욕구를 결정하는 주요한 외관적 상품가치 판별기준의 하나로 가격결정에 크게 영향을 미칠 수 있다. 과피색의 구성성분은 저장중 점차 분해되어 상품성의 저하를 일으키는데 MAP의 적용으로 이를 어느정도 억제할 수 있다고 한다(39). 한편, 임 등(11)은 과실 피막제인 Prowax-F[®]를 '쓰가루'에 처리하여 품질변화를 조사한 결과, 상온(15~20°C)에서는 대조구에 비해 Prowax-F[®] 처리구가 chlorophyll 분해 억제에 효과적으로 작용하였으나 저온(2°C)에서는 저장 24일 후까지 처리구간에 과피색이 비슷한 경향이었다고 하였다.

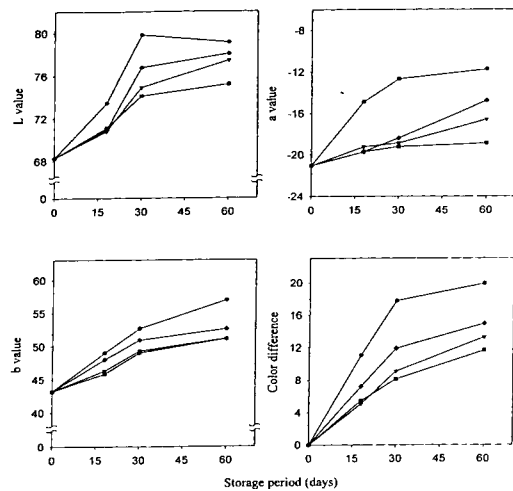


Fig. 4. Changes in L, a, b value and color difference(ΔE) of 'Tsugaru' apples during storage at 10°C.
 -●- Control (unpacked). -▽- 40LD (39 μ m PE film). -■- 40LP (39 μ m PE film + 50 g Purafil[®] sachet). -◆- 40CK (36 μ m PE film with 5% zeolite).

외관품질 및 관능검사

외관품질은 Fig. 5에 나타난 바와 같이 저장 30일 후부터 대조구와 포장구간에 뚜렷한 차이가 나타났으며, 저장 60일 후에는 포장구간에도 차이가 있었으며 대조구는 이미 상품성이 손실되었다. 대조구는 저장 약 50일 이전에 상품성의 한계시기가 나타났지만 포장구는 60일 이상 저장이 가능하였다. 특히 40LP는 처리구중 외관품질이 가장 높게 유지되어 MAP와 첨가한 에틸렌 흡착제에 의해 효과적으로 사과의 선도를

를 연장할 수 있는 것으로 보인다.

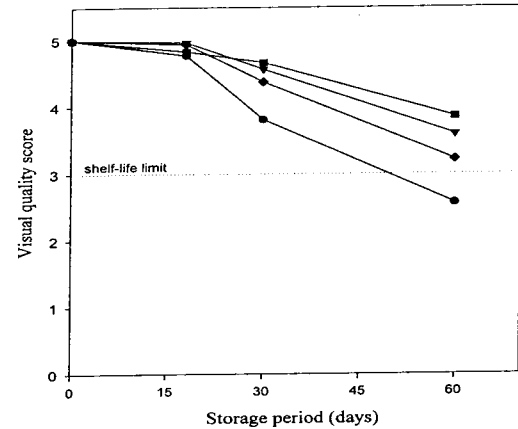


Fig. 5. Changes in visual quality of 'Tsugaru' apples during storage at 10°C.
 Symbols' description refer to Fig. 4.

한편, 사과를 저장한 후 외관품질 측면에서 상품성이 상실되기 전후인 저장 60일 후에 관능적 품질검사를 실시하였던 바, Table 3에서와 같이 외관(appearance)은 대조구와 포장구간에 유의차가 인정될 만큼 상당한 점수차를 보였으나, 맛(taste)과 조직감(texture)은 처리구간에 유의적인 차이가 없었고, 전반적인 기호도는 대조구가 유의적으로 가장 낮은 평가를 보였다.

Table 3. Sensory qualities¹⁾ of 'Tsugaru' apples after MA storage at 10°C for 60 days

Treatment	Item			
	Appearance	Taste	Texture	Overall acceptability
Control	4.50 ^{b,2)}	4.25 ^b	4.50 ^b	4.75 ^b
40LD	7.00 ^a	6.00 ^a	6.25 ^a	7.00 ^a
40LP	7.70 ^a	6.20 ^a	6.50 ^a	7.45 ^a
40CK	6.75 ^a	5.00 ^a	5.00 ^a	6.00 ^{ab}

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

²⁾ Means in a column followed by the same letter are not significantly different by a Duncan's test ($P < 0.05$).

요약

수확후 품질이 급속히 저하되어 저장력이 약한 단점 때문에 유통기간이 매우 짧은 '쓰가루' 사과를 대상으로 플라스틱 필름과 에틸렌 흡착제 첨가에 따른 MAP(modified atmosphere packaging)의 품질유지 효과

를 비교하였다. 필름 포장내의 O₂와 CO₂ 함량은 포장 후 4~6일 후 까지 급격히 변화하였고, 에틸렌 농도도 밀봉 직후 급격히 증가하여 저장 4일 후 40 μm 두께의 LDPE 필름 포장구(40LD)에서 2,045 ppm까지 증가한 후 감소하였다. 저장중 품질변화 측정에서 대조구의 증량손실은 저장 60일 후 3.0% 이상이었으나 포장구는 저장 60일 후에도 0.6% 이하의 수준이었다. 저장중 적정산도 및 가용성고형분 함량 변화는 처리구간 유의적인 차이가 없었으나, pH는 대조구와 포장구간에 차이가 있었다. ‘쓰가루’의 저장중 경도는 저장초기 18일까지 급속히 감소하였으며, 40LD와 40 μm 두께의 에틸렌 흡착제 첨가 포장구(40LP)는 저장 60일 후 경도가 높게 유지되었다. 저장중 과피색 변화는 색소 분해로 인한 퇴색이 빠르게 진행되었으며, 저장 30일 이후부터 40LP가 저장중 변색이 가장 억제되었다. 외관품질은 저장 30일 후부터 대조구와 포장구가 차이가 났다. 관능검사에서도 대조구에 비해 포장구가 외관과 종합적기호도에서 유의적으로 우수함을 보였다. 이와 같은 결과를 종합해 볼 때 조생종 사과인 ‘쓰가루’의 유통중 신선도 유지를 위한 포장재료로 40 μm 두께의 LDPE 필름의 사용가능성이 있으며 에틸렌 흡착제를 필름안에 같이 처리하면 더욱 효과가 있을 것으로 판단되었다.

참고문헌

1. 김성봉, 김점국, 신건철 (1989) 왜성사과 재배 신기술. 오성출판사, 서울, p. 73-74
2. 변재균, 최성용 (1988) 2,4-DP 및 수산화칼슘 처리가 사과 ‘쓰가루’ 품종의 수확전 낙과방지와 과실 연화억제에 미치는 영향. 한국원예학회지, 29(3), 201-207
3. 이재창, 천종필, 유명상, 박 훈 (1993) 사과 ‘쓰가루’ 과실에 있어서 칼슘급원이 Dichloroprop에 의한 성숙 및 연화촉진 경감에 미치는 영향. 한국원예학회지, 34(4), 285-293
4. 천종필, 박명선, 황용수, 이재창 (1997) AVG 처리가 ‘쓰가루’ 사과의 수확전 낙과 및 과실품질에 미치는 영향. 한국원예학회지, 38(2), 147-152
5. 변재균, 허진수, 장경호, 강인규 (1993) 사과 과실 성숙과 저장중 펙틴질 및 세포벽 분해효소의 변화. 한국원예학회지, 34(1), 46-53
6. 권현중, 김호열, 류언하, 변재균 (1998) CA 및 저온 저장후 ‘쓰가루’ 과실의 품질변화. 한국원예학회지, 39(4), 449-453
7. 홍윤표, 최성진, 김영배 (1994) 저온 및 CA 저장중 사과의 품종별 저장 특성에 관한 연구. 한국원예학회 논문발표 요지, 12(1), p. 90-91
8. 홍윤표, 홍성식, 정대성, 김영배 (1996) 사과 주요 품종의 상온유통 기간 및 저온저장 한계기 설정. 한국원예학회 논문발표 요지, 14(1), p. 154-155
9. 류명상, 이재창, 황용수 (1986) 초산칼슘 가용 Fenoprop 및 Daminozide 처리가 사과 성숙 및 저장력에 미치는 영향. 한국원예학회지, 27(3), 261-268
10. 장경호, 변재균 (1991) 수확후 칼슘 공급방법에 따른 사과 과실저장성의 품종간 차이. 한국원예학회지, 32(3), 335-339
11. 임병선, 최선태, 이종석, 김영배, 문병우 (1998) 피막제 Prowax-F 처리가 상온 및 저온저장중 사과 쓰가루의 품질, CO₂ 및 ethylene 발생에 미치는 영향. 원예논문집, 40(1), 96-101
12. 이재창, 권오원, 류명상 (1986) 피막제 Prolong 처리가 사과 쓰가루의 저장력 및 ethylene 관련물질의 변화에 관한 연구. 한국원예학회지, 27(4), 347-352
13. 황용수, 김요안, 이재창 (1998) 수확후 키토산 및 왁스처리와 에틸렌제거가 ‘쓰가루’ 사과의 저장중 품질에 미치는 영향. 한국원예학회지, 39(5), 579-582
14. 박홍섭, 임형택, 박윤문 (1994) ‘쓰가루’ 사과의 저장력 증진을 위한 수확적기 결정 및 유통중 품질 관리를 위한 연구. 한국원예학회지, 35(6), 593-598
15. Kader, A.A., Zagory, D. and Kerbel, E.L. (1989) Modified atmosphere packaging of fruits and vegetables. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 28, 1-30
16. Kader, A.A. (1986) Biochemical and physiological basis for effects of controlled and modified atmospheres on fruits and vegetables. *Food Technol.*, 40(5), 99-104
17. Giese, J. (1997) How food technology covered modified atmosphere packaging over the years. *Food Technol.*, 51(6), 76-77
18. 김종천, 손기철, 고재영 (1995) 필름종류와 LCA 조성제가 ‘후지’ 사과의 단기저장중 가스조성 및 품질에 미치는 영향. 한국원예학회지, 36(1), 74-82
19. Okamoto, T., Horitsu, K. and Harata, J. (1961) Studies on the use of polyethylene film to extend storage life of apple fruits(Part I) (in Japanese). *The Report on Agriculture of Koudai University*. 7, 23-28
20. Okamoto, T., Horitsu, K. and Harata, J. (1962) Studies on the use of polyethylene film to extend

- storage life of apple fruits(Part II) (in Japanese). *The Report on Agriculture of Koudai University*, 8, 29-39
21. Lau, O.L. and Yastremski, R. (1991) Retention of quality of 'Golden Delicious' apples by controlled- and modified-atmosphere storage. *HortScience*, 26(5), 564-566
 22. Hewett, E.W. and Thompson, C.J. (1989) Modified atmospheres during storage and transport for bitter pit reduction in 'Cox's Orange Pippin' apple. *New Zealand Journal of Crop and Horticultural Science*, 17, 275-282
 23. 권헌중, 김호열, 류언하, 변재균 (1996) CA 및 저온저장이 '쓰가루' 사과에 에틸렌 및 호흡에 미치는 영향. *한국원예학회 논문발표 요지*, 14(1), p. 372-373
 24. 권헌중, 김호열, 류언하, 변재균 (1996) CA 및 저온저장이 '쓰가루' 사과의 저장성에 미치는 영향. *한국원예학회 논문발표 요지*, 14(1), p. 374-375
 25. 박형우 (1993) 과실, 채소류의 Modified Atmosphere 포장재 개발에 관한 연구. 고려대학교대학원 박사학위논문
 26. Lee, K.S., Woo, K.L. and Lee, D.S. (1994) Modified atmosphere packaging for green chili peppers. *Packaging Technology and Science*, 7, 51-58
 27. Karel, M., Issenberg, P., Ronsivalli, L. and Jurin, V. (1963) Application of gas chromatography to measurement of gas permeability of packaging materials. *Food Technol.*, 17(3), 91-94
 28. 홍석인, 차환수, 박종대, 조재선 (1998) 온도 및 수확시기에 따른 청매실의 호흡특성 변화. *산업식품공학*, 2(3), 178-182
 29. A.O.A.C. (1995) Official Methods of Analysis, 16th ed., *Association of Official Analytical Chemists*, Virginia, Chapter 37, p.10-11
 30. Robert, L.S. (1993) Measuring quality and maturity. In *Postharvest Handling*, Robert, L.S. and Stanley, E.P. (eds.), Academic Press, Inc., San Diego, p. 99-124
 31. Mohsenin, N.N. (1986) Rheology and texture of food materials. In *Physical properties of plant and animal materials*, Gordon and Breach Sci. Pub. New York, p. 383-480
 32. 홍석인, 김윤지, 박노현 (1993) 잎상치의 MA 포장. *한국식품과학회지*, 25(3), 270-276
 33. Zagory, D. and Kader, A.A. (1988) Modified atmosphere packaging of fresh produce. *Food Technol.*, 42(9), 70-77
 34. Church, I.J. and Parsons, A.L. (1995) Modified atmosphere packaging technology : a review. *J. Sci. Food Agric.*, 67, 143-152
 35. 김영명, 한대석, 오태광, 박관화, 신현경 (1986) 폴리에틸렌 필름을 사용한 '신고' 배의 Modified Atmosphere 저장. *한국식품과학회지*, 18(2), 130-136
 36. Kader, A.A. (1992) Modified atmosphere during transport and storage. In *Postharvest Technology of Horticultural Crops*. 2nd ed., Adel A. Kader (ed.), University of California, p.85-95
 37. Watkins, C.B., Mcmath, K.L., Bowen, J.H., Brennan, C.J., Mcmillan and Billing, D.P. (1991) Controlled atmosphere storage of 'Granny Smith' apples. *New Zealand Journal of Crop and Horticultural Science*, 19, 61-68
 38. 김중천 (1997) 열, UV 및 에틸렌 흡수제 처리가 '후지' 사과의 저장성에 미치는 영향. *한국원예학회지*, 38(2), 153-156
 39. Powrie, W.D. and Skura, B.J. (1991) Modified atmosphere packaging of fruits and vegetables. In *Modified atmosphere packaging of food*. B. Ooraikul and M.E. Stiles (eds.), Ellis Horwood, p.169-245

(1999년 7월 12일 접수)