

신육성 사과 '홍로', '감홍' 품종의 포장재 적용과 CA 저장에 따른 품질 변화에 미치는 영향

정대성[†] · 홍윤표 · 최지원 · 이정수 · 이윤석¹
농촌진흥청 원예연구소, ¹연세대학교 패키징학과

Effects of Packaging Film Application and CA Storage on Changes of Quality Characteristics in '*Hongro*' and '*Gamhong*' Apples

Dae-Sung Chung, Yoon-Pyo Hong, Ji-Weon Choi, Jung-Soo Lee, Youn-Suk Lee¹

National Horticulture Research Institute, RDA, Suwon 440-310, Korea
¹Packaging Department, Yonsei University, Wonju 220-710, Korea

Abstract

'*Hongro*' and '*Gamhong*' apples grown at the Gochang-si in the southern part of Korea were harvested on September in 2002 for storage study. Each cultivar was divided into two groups of maturity based on the harvested date. Immature fruits were harvested 10 days early compared to fruits having proper maturity. This study was conducted to evaluate quality the change of '*Hongro*' and '*Gamhong*' apples newly bred by different storage methods with PE film package and CA conditions. A typical climacteric respiration pattern was observed in new variety '*Hongro*' and '*Gamhong*' apples stored at room temperature. The results indicated that fresh quality of the stored fruits in CA condition was better than that in other treatments during storage. Qualities of apples were least changed at CA storage of 3% CO₂ and 1% O₂. CA storage was effective in maintaining the freshness of '*Hongro*' and '*Gamhong*' for 16 weeks.

Key words : *hongro*, *gamhong*, packaging, CA

서 론

'홍로 (*Hongro*)'와 '감홍 (*Gamhong*)'은 농촌진흥청 원예 연구소에서 스페어리블레이즈에 스퍼골든 데리셔스를 교배하여 각각 1988년 및 1992년에 최종 선발한 신육성 사과 품종이다(1). 우리나라 기후 풍토에 적합하도록 육성된 두 사과 품종 모두 가지의 모양은 개장성으로 절간장이 짧고 단과지 발생이 많은 스퍼타입 품종으로 열과 및 수확 전 낙과 발생이 없어 상품과 비율이 높다. 국내 전 지역에서 홍로는 착색 및 품질이 우수한 다수성 품종으로 또한 감홍은 당도가 극히 높고, 육질이 연하고 식미가 우수한 특성을 가지고 있다(2). 현재, 홍로 및 감홍 신품종의 재배면적이

최근 증가 추세에 있고 추석 출하용으로서 농가의 소득 증대에 기여하고 있다(3). 사과 과실은 수확 전 요인 및 수확 후 저장 유통과정에서 생리적 또는 물리적 요인에 따른 품질 변화를 일으키므로 저장성 및 상품성을 증진시킬 수 있는 저장 및 유통기술의 개발이 더욱 더 요구된다. 일반적으로 사과과실은 수확기에만 집중적으로 출하되어 낮은 가격으로 판매되고, 비 수확기에는 소비자에게 고가로 공급되며, 보관방법이 낙후되어 변패되기가 쉬우므로 신선도를 연장시킬 수 있는 기술 개발이 필요하다. 저장 유통 중 과실류의 신선도를 유지하기 위하여 저온 상태에서 CA 저장을 적용한 저장성 연구(4)와 더불어 예냉처리(5), 칼슘 처리(6, 7) 및 내부 온습도나 공기조성 조절을 위한 포장재 적용에 관한 연구(8)가 국내외적으로 활발하게 진행되고 있으며 이들 기술 개발이 유통기한의 연장에 상당한 효과를 기대할 수 있다.

[†]Corresponding author. E-mail : cdsung@rda.go.kr,
Phone : 82-31-240-3652, Fax : 82-31-240-3670

국내에서 개발된 두 신육성 사과품종을 농가에 보급하는데 이에 따른 품종 특성 및 저장 특성 연구의 부족과 품종 특성상 추석 출하에 맞춘 조생종이어서 저장성이 약한 단점 및 유통 중 손실이 발생되고 신선도가 저하 되는 문제점이 있다. 따라서 저렴하고 단순한 저장기술을 개발하고 산지농가에 보급하여 활용케 함으로써 사과의 수확시기에 상관없이 연중 내내 신선도를 유지한 사과를 공급할 수 있는 기술 개발의 필요성이 점점증하고 있다. 외국의 경우에는 다양한 사과 품종별로 저장 특성에 대한 연구가 되었으나 국내 ‘홍로 (Hongro)’와 ‘감홍 (Gamhong)’ 품종의 저장성 특성에 대한 연구는 제한적이었다.

본 시험은 고품질 과실의 저장성 및 유통의 어려움을 해결하고자 먼저 각 품종들 간의 수확시기를 달리하여 저장성을 조사하였고 각각의 미숙과, 적숙과의 호흡패턴 및 저장 특성 등을 조사하여 품질 특성을 구명하여 알맞은 수확 시기 설정과 적정 저장 조건 (온도, CA 저장 및 포장재 적용)에서 얻어진 결과를 토대로 적정포장 및 CA 저장 방법을 확립하고자 연구를 시행하였다.

재료 및 방법

재 료

신육성 사과 ‘홍로’, ‘감홍’ 품종은 2002년에 경남 거창의 원예연구소 신품종 사과 재배 육성 과수원에서 과피의 색이 고르고 크기 (270-300 g)가 일정하고 상처가 없는 과실을 직접 수확한 후 연구소로 운반하여 선별하여 본 실험에 사용하였다.

저장조건

각각 선별된 과실은 무포장 및 PE 필름 (두께 50 μm) 포장으로 밀봉 후 상온 (20 \pm 1 $^{\circ}\text{C}$) 과 저온 저장 (1 \pm 1 $^{\circ}\text{C}$) 및 가스조성이 다른 CA 조건인 CA1: 3% CO₂ + 3% O₂; CA2: 1% CO₂ + 3% O₂; CA3: 3% CO₂ + 1% O₂ 에 각각 입고하여 저장하면서 일주일 간격으로 시료를 취하여 저장 중 품질의 변화를 관찰하였다.

품질변화측정

과실의 저장 중 품질 변화는 호흡과 에틸렌 측정, 부패율 및 중량 감소율, 색, 산도, 당도, 및 과육의 경도 등을 측정하여 비교 검토하였다. 저장 중 사과의 이산화탄소 (CO₂) 및 에틸렌 (C₂H₄) 가스 발생량은 1 L의 밀폐된 용기에 과실을 넣고 1시간 동안 용기 내에 축적된 CO₂ 와 C₂H₄ 가스를 각각 1 mL을 포집하여 가스크로마토그래프(6890, Hewlett-Packard, America) 분석법에 의해 측정하였다. CO₂ 함량분석은 thermal conductivity detector를 가진 active carbon 60-80 mesh 컬럼을 이용하였고 이때 주입 온도는 110 $^{\circ}\text{C}$,

컬럼 온도는 70 $^{\circ}\text{C}$, 검출 온도는 150 $^{\circ}\text{C}$ 로 하였고, C₂H₄ 발생량은 active alumina (60-80 mesh) 컬럼을 이용한 flame ionization detector로 측정하였는데, 이때 주입 온도는 110 $^{\circ}\text{C}$, 컬럼 온도는 70 $^{\circ}\text{C}$, 검출 온도는 250 $^{\circ}\text{C}$ 로 측정하였다. 중량 감소율은 저장 초기의 중량에 대한 감소량을 백분율로 환산하여 표시하였다. 또한 부패율은 사과 전체에 대하여 부패한 사과수를 백분율로 환산하여 표시하였다. 저장 중 사과 표면색의 변화는 색차계 (CR-200, Minolta, Japan)를 이용하여 Hunter ‘a’ 값을 측정하였다. 산도 및 당도 측정을 위해서 각 처리구의 시료를 박피하고, 착즙기로 착즙하여 얻었다. 총산은 착즙액 5 mL을 취한 다음 증류수 20 mL를 넣어서 희석한 후 이 희석액을 0.1 N NaOH 로서 pH 8.3 이 될 때까지 적정하여 소비된 NaOH 양을 구연산으로 환산하였다. 그리고 당도는 굴절당도계 (RT-101, ATAGO Co, Japan) 로 측정하여 $^{\circ}\text{Brix}$ 농도로 나타내었다. 사과 과육의 경도는 Texture analyser (TA-XT2, Stable Micro System, Haslemere, England)를 이용하여 측정하였다. 이때 측정 조건은 5 mm인 probe를 이용하여 깊이 10 mm까지 5.0 mm/s의 속도로 관입시킬 때 얻어지는 최대값을 측정하고 이를 경도로 표시하였다.

결과 및 고찰

호흡율과 에틸렌 발생을

호흡작용으로 인한 에너지 전환과정을 가지는 과실은 수확 후 저장 및 유통과정에서 체내에 축적된 저장물질이 호흡 기질의 소모로 인한 중량 감소, 색변화 및 세포조직 연화 등과 같은 이화학적 품질이 변화되고 이산화탄소 및 에틸렌 발생이 증가된다(9). 따라서 신육성 사과 ‘홍로’ 품종을 수확 시기에 따른 미숙과와 적숙과로 구분하여 저장 중 특성 결과를 조사하였다. 사과의 저장 중 호흡율 변화를 조사한 결과는 Fig. 1과 같다. 각 저장온도에서 ‘홍로’의 미숙과 및 적숙과의 경우 유사한 초기 호흡율을 가지고 있었으며 측정된 결과 수치는 저온에서 4.1 mL/kg·hr의 값 그리고 상온에서는 12.2 mL/kg·hr를 보여 주었다. 저온에서 ‘감홍’은 2.2-3.1 mL/kg·hr 및 상온에서는 6.3 mL/kg·hr 나타내었다. 미숙과와 적숙과 모두 커다란 패턴 변화 없이 저장 12일 동안 일정하게 유지되었으나 미숙과의 경우 저온에서 저장 4일 적숙과의 경우는 저온 저장 7일 경과 시 호흡이 증가하는 경향을 보였다가 떨어지는 전형적인 climacteric형 과실 패턴을 보여주었다. 신육성 사과 품종 ‘감홍’의 호흡율을 보면 홍로와는 달리 변화 양상이 과실의 호흡 특징을 크게 나타내지 못했다. 사과 신품종 감홍의 호흡 패턴도 상온에서 저장 2주에서 8주까지 완만한 감소를 보여 홍로와 같이 전형적인 climacteric형 과실패턴을 보였으나 홍로 보다 감소 폭이 적었다. ‘홍로’ 사과의 에틸

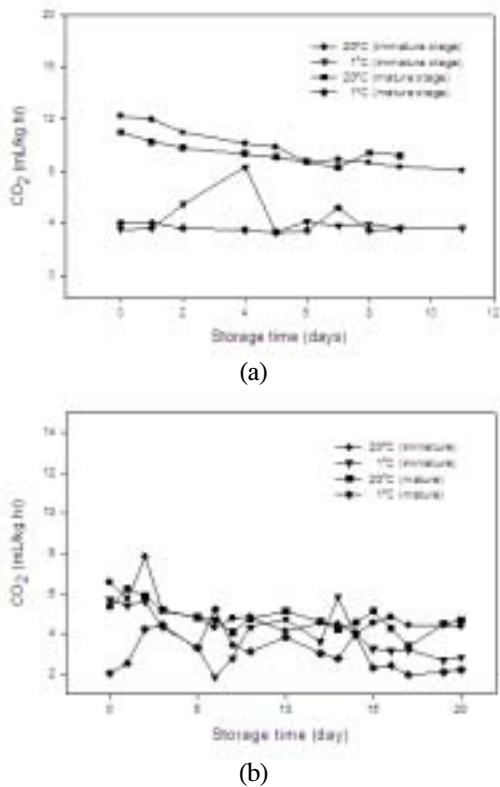


Fig. 1. Changes in respiration rate with maturities and storage temperatures of 'Hongro' (a) and 'Gamhong' (b) apples.

렌 발생율은 저온에서 0.2 $\mu\text{L}/\text{kg} \cdot \text{hr}$ 로 11일 정도 저장 기간 동안 미숙과 및 적숙과 모두 크게 변화가 없었으나, 상온의 경우 저장 전 발생율은 1 $\mu\text{L}/\text{kg} \cdot \text{hr}$ 이며 저장 6일째 되는 기간부터 1.7 $\mu\text{L}/\text{kg} \cdot \text{hr}$ 로 증가되는 경향을 보였다 (Fig 2). 과실의 식물 호르몬인 에틸렌 생성은 숙성 및 노화에 지대한 영향을 미치어 품질의 빠른 저하를 유도한다. 따라서 특히 에틸렌 생성은 climacteric형 과실인 사과 수확시기를 결정하거나 에틸렌 생성이 과실의 숙성과정과 밀접히 관련되어 있는 것으로 밝혀져 있다(10). Gussman(11)의 연구에서는 여러 사과 품종의 수확 후 저장의 에틸렌 발생율을 조사하였으며, NJ55 사과 과실은 수확 시에는 에틸렌 발생이 없었으나 저장 중 두드러진 에틸렌 발생을 보았다. 즉 저장 중 에틸렌 발생량의 경우에는 적숙과를 상온 저장 시에 약간 증가하는 경향을 보였고 다른 처리구에는 별다른 변화를 보이지 않은 것으로 미루어 미숙과의 경우에는 저장 중 에틸렌 발생량이 거의 없고 저온저장 중에는 상온저장보다 과실의 에틸렌 발생량을 감소시킨다는 것을 알 수 있었다. 그러나 '감홍' 품종의 경우 '홍로' 보다 에틸렌 발생량이 현저하게 낮아 보다 더 장기간 저장이 용이함을 알 수 있었다.

사과의 무 포장 및 PE 필름 (50 μm) 포장으로 밀봉 후 저장 기간에 따른 사과 신품중 홍로의 호흡 패턴을 조사한

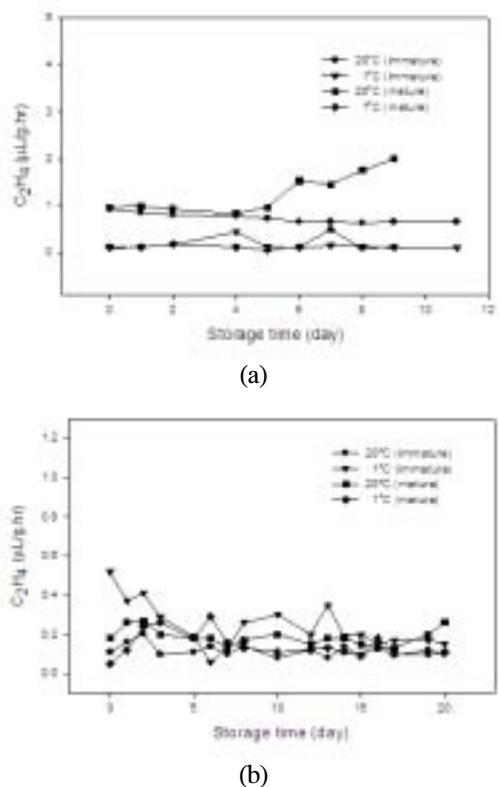


Fig. 2. Changes in ethylene production with maturities and storage temperatures of 'Hongro' (a) and 'Gamhong' (b) apples.

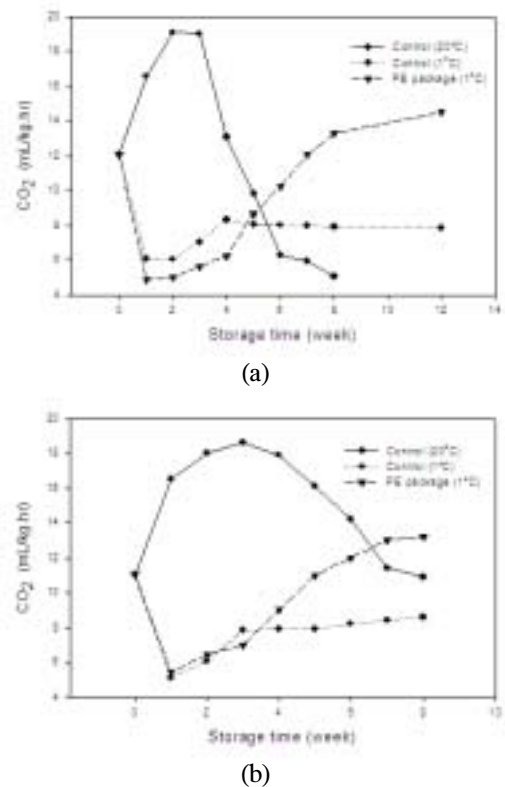


Fig. 3. Changes in respiration rate with maturities and storage temperatures of 'Hongro' (a) and 'Gamhong' (b) apples packaged in polyethylene bag.

결과는 Fig. 3과 같다. 상온에서는 저장 2주째 급상승 한 후 바로 떨어지는 경향을 보였고 저온에서는 1주까지 감소되었다가 4주째 상승하여 일정한 상태를 유지하였고 PE 밀봉구의 경우 4주 이후부터 점차 조금씩 상승하는 경향을 보였다. 에틸렌 발생도 상온 무포장구에서는 2주까지 급상승하여 그 이후 감소되는 경향을 보였고 저온에서 큰 변화가 없었으나 간이 CA 효과를 얻기 위해 50 μm PE 필름 밀봉 저장 중 개봉 후 CO_2 함량 조사 결과 4주 이후부터 점차 조금씩 상승하는 경향을 보였다. 그리고 Fig. 4와 같이 감홍 품종의 에틸렌 발생량은 홍로와 같은 경향을 보였다.

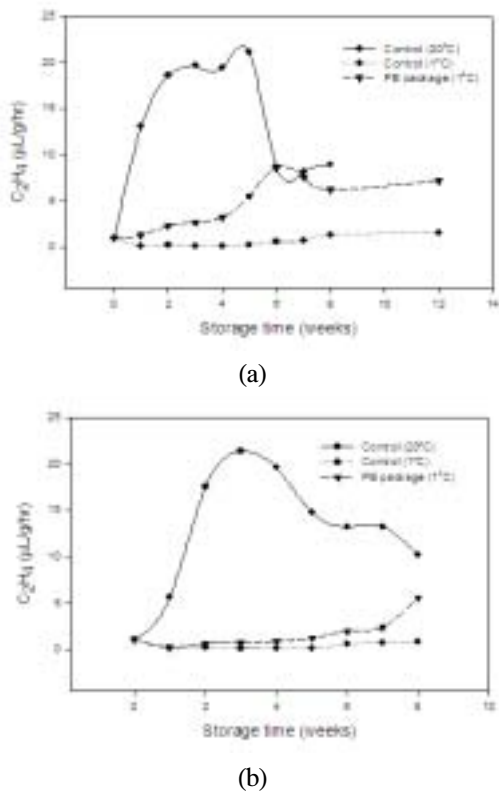


Fig. 4. Changes in ethylene production with maturities and storage temperatures of ‘Hongro’ (a) and ‘Gamhong’ (b) apples packaged in polyethylene bag.

중량 변화

사과의 저장 중 중량 감소율을 조사한 결과는 Fig. 5와 같다. 저장 30일 후 대조구 (control)는 약 3.7%와 PE 포장구는 0.3%의 중량이 감소되었다. 또 저장 50일 후 대조구에서 미숙과의 경우 4.5%와 적숙과는 약 9.5%의 중량이 감소되었다. 이 결과는 LDPE 포장구가 대조구 보다 중량 감소가 적었다고 하는 Park(8)의 보고와 비슷한 경향을 보여준다. 즉 PE 필름 밀봉한 구가 상온 및 저온 모두에서 변화량이 적었고 CA저장은 약간 변화가 보였으나 무포장 처리구의 경우에는 변화 폭이 크게 나타났다. 또한 미숙과 보다는 적숙과의 경우가 더욱 변화가 크게 나타남을 보여 주고

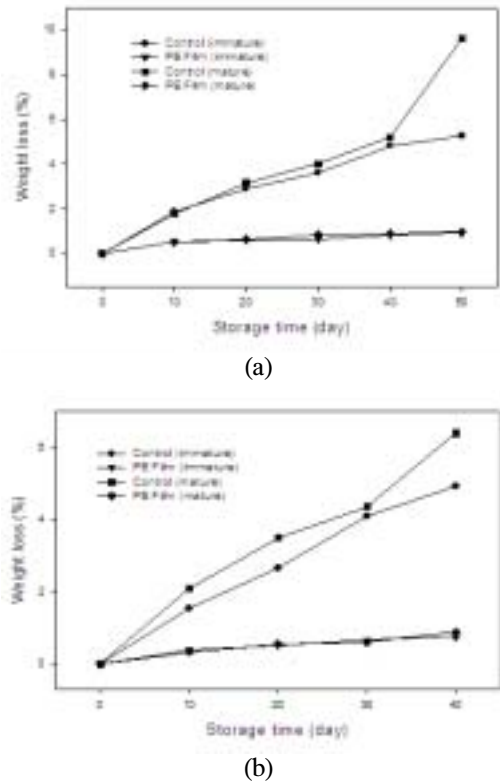


Fig. 5. Weight changes with maturities and storage temperatures of ‘Hongro’ (a) and ‘Gamhong’ (b) apples.

있다. 더욱이 Fig. 5의 결과에서 보는 바와 같이 무포장구가 포장 및 CA 저장구보다 감소 폭이 크게 나타났으며 오히려 미숙과보다 적숙과가 중량감소 폭이 크게 나타남을 알 수 있었다. 홍로의 중량 감소율은 저장 8주째 비교해보면 상온 무포장구가 저온구들 보다 높았고 저온구 중에도 무포장구가 PE 및 CA 저장구에 비하여 높았다. 감홍 품종의 중량 감소율은 경도와 마찬가지로 저장 8주 경과시 상온 무포장구에서 가장 높았고 저온 PE 밀봉구가 약 0.17% 감소되었는데 비하여 CA구들은 0.04~0.06%로 높게 유지되었다.

경도변화

사과의 경도변화를 상온, 저온, 및 CA에 저장하면서 관찰한 결과는 Fig. 6과 같다. 홍로의 경우 경도의 변화는 저장 시 18.4N의 경도를 보였던 것이 상온 무포장구에서는 계속 경도가 저하되어 8주째 8.7N의 경도로 상품성을 손실하였고 저온에서는 무포장구가 PE 밀봉 포장구 보다 경도 값의 감소를 보였다. 이 결과는 Park(8)도 LDPE 포장구가 무포장 대조구 보다 저장 중 경도가 더 높게 유지되었다는 보고와 일치한다. 감홍의 경우 경도의 변화는 저장 시 약 16.8N인 것이 상온 무포장구에서는 4주 이후부터 급격하게 감소를 보였다. 홍로 및 감홍 사과의 저장 기간 중 모두 저온 CA 저장이 저온 PE 밀봉 저장 보다 경도가 더 높게 되는 유지되는 결과를 보았으며 또한 저온 저장구 중에서는

3% CO₂ 와 1% O₂ 가스 조성을 가진 CA3구가 감소 폭이 적었다.

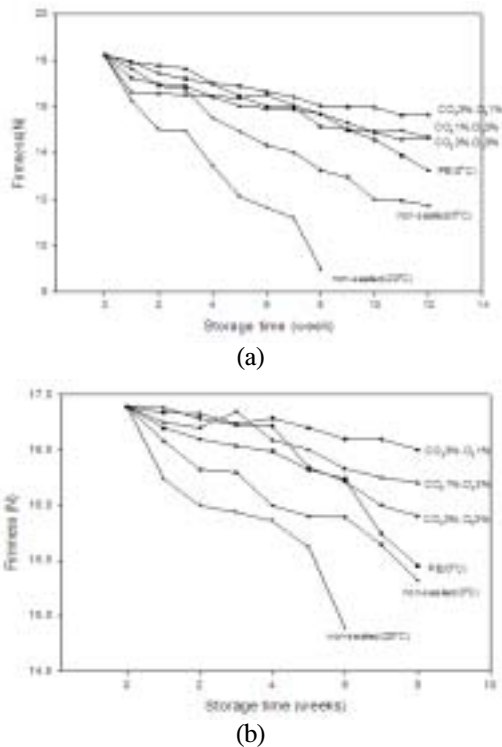


Fig. 6. Changes in firmness of 'Hongro' (a) and 'Gamhong' (b) apples during storage (CA1: 3% CO₂ + 3% O₂; CA2: 1% CO₂, + 3% O₂; CA3: 3% CO₂ + 1% O₂).

산도변화

Fig. 7은 저장기간에 따른 사과 과실의 산도 변화를 나타내었다. 홍로 사과의 총산 변화는 저장 시 0.21%였던 것이 상온 무포장의 경우 10일 및 저온 PE 밀봉 포장구의 경우 8주 저장 경과 후에 모두 0.16% 감소되어 신맛을 잃었다. 그러나 CA 저장구의 산도는 저온 PE 밀봉 포장구보다 산도가 높게 유지되고 있었으며 다른 가스조성인 CA 저장구간에는 큰 차이를 나타내지 않았다. 일반적으로 과실의 산도는 숙성이 일어나는 동안 호흡 중 기질이 소모되거나 당으로 전환되기 때문에 감소한다(12). 따라서 Fig. 7의 결과는 CA 저장구가 저온 PE 밀봉 포장구보다 숙성대사 진행 속도가 늦어진다고 판단된다. 산도 변화에 얻어진 결과는 Fig. 6의 경도 실험에서 얻어진 결과의 숙성 진행 경향이 일치함을 보였다. 또한 감홍 사과의 총산 변화도 저장 시 0.37%였던 것이 상온 무포장의 급격한 산도 값의 감소를 제외하고는 저온 및 CA 저장구 모두 0.32%로 서서히 감소하였다. 이 결과는 CA 조건에서 90일 저장 후 '뉴우톤' 사과의 산도가 0.32%라고 보고한 Allen(13)의 자료와 유사한 값을 나타내고 있다. 반면 Hong(14)의 실험에서 3% CO₂과 1% O₂의 가스조성인 CA 조건을 가진 '홍로' 사과의 3달 동안의 저장에서 0.19%의 유기산을 나타냈다고 보고되었다.

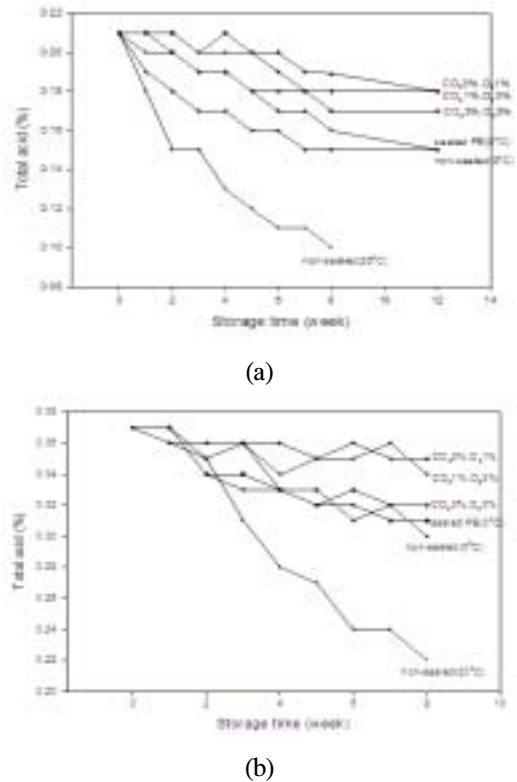


Fig. 7. Changes in total acid of 'Hongro' (a) and 'Gamhong' (b) apples during storage (CA1: 3% CO₂ + 3% O₂; CA2: 1% CO₂, + 3% O₂; CA3: 3% CO₂ + 1% O₂).

당도변화

저장 기간별 측정된 사과 과실의 당도변화는 Table 1에 나타내었다. 사과의 당도 또한 품질의 가치를 좌우하는 중요한 요인으로 산물이 성숙함에 따라 당도가 증가되지만 수확 후에는 호흡기질에 사용되어 감소하는 경향이 있다 (12). 홍로의 당도의 변화는 저장 초기 13.9 °Brix를 나타냈으며 저장 28일 후 상온 저장은 13.4 °Brix, 저온 PE 포장구

Table 1. Changes in soluble solid content of 'Hongro' (a) and 'Gamhong' (b) apples during storage

(unit: °Brix)

Storage methods	Storage (week)						
	'Hongro' apples				'Gamhong' apples		
	0	4	8	12	0	4	8
Control ^R	13.9	13.5	13.4	-	14.8	13.9	13.8
Control ^L	13.9	13.6	13.5	13.5	14.8	14.5	14.3
PE package ^L	13.9	13.9	13.7	13.6	14.8	14.6	14.5
CA 1 ^{**}	13.9	13.9	13.8	13.7	14.8	14.7	14.3
CA 2 ^{**}	13.9	13.7	13.7	13.6	14.8	14.6	14.5
CA 3 ^{**}	13.9	13.9	13.8	13.8	14.8	14.7	14.6

^Rand^L indicated the storage temperatures of 20 and 1°C.
^{**}CA1: 3%, CO₂, 3% O₂ ; CA2: 1% CO₂, 3% O₂ ; CA3: 3% CO₂, 1% O₂.

는 13.9 °Brix, 3% CO₂과 1% O₂의 CA 저장구는 13.9 °Brix를 각기 나타냈다. 따라서 상온 무포장이 조금 감소된 것을 제외하고는 다른 처리구 간에는 차이가 없었다. 감홍의 당도 변화는 저장 시 14.8 °Brix였던 것이 저장 중 상온 저장구를 제외한 저온 저장구의 경우는 거의 변화가 없었다. Hong (14)의 보고 결과에서도 ‘홍로’ 사과의 3개월 동안 CA 및 저온저장 실험에서 당 함량의 중요한 변화 차이가 없었다는 유사한 결과를 나타냈다.

색 변화

사과의 저장기간에 따른 색도 변화를 Hunter “a” 값으로 비교해 보았다. 저장 중 색 변화를 조사한 것은 Table 2와 같다. ‘홍로’ 사과의 색도 변화는 저온에서는 저장기간에 따른 큰 색도 변화를 볼 수 없었으며 저장 시 a 값이 39.64였던 것이 상온 무포장구를 제외하고는 저장해 감에 따라 서서히 감소하였다. 8주의 저장 기간동안 저온저장의 a 값은 38.02 및 PE 밀봉 포장구는 a 값이 36.09와 CA 저장구에서 3% CO₂ + 3% O₂ 가스조성을 가진 CA1는 38.94의 a 값, 1% CO₂ + 3% O₂ CA2는 36.92, 및 3% CO₂ + 1% O₂ CA3 저장에서 39.14의 a 값을 각각 나타냈으며 색도 변화에서 중요한 차이를 가지지 않았다. 그러나 Hong (14)의 ‘홍로’ 사과에 대한 다른 가스조성의 CA 저장 비교에서는 일반 저온저장이 CA 저장의 사과보다 훨씬 높은 a 값을 나타내는 중요한 차이를 보였다. ‘감홍’ 사과의 색도 변화는 Hunter “a” 값으로 볼 때 저장 시 28.12로 모든 처리구에서 다소 감소하였으나 저장 기간동안 저온저장, PE 밀봉 포장구, 및 CA 저장 구간의 비교에서는 색도 변화에서 중요한 차이를 가지지 않았다.

Table 2. Changes in skin colour of ‘Hongro’ (a) and ‘Gamhong’ (b) apples during storage

Storage methods	Storage (week)							
	‘Hongro’ apples				‘Gamhong’ apples			
	0	4	8	12	0	4	8	
Control ^R	39.64	38.94	34.21	-	28.12	27.24	26.28	
Control ^L	39.64	39.24	38.02	35.21	28.12	27.95	27.64	
PE package ^L	39.64	38.21	36.09	34.51	28.12	27.61	27.03	
CA 1 ^{**}	39.64	39.60	38.94	37.54	28.12	28.10	28.06	
CA 2 ^{**}	39.64	38.95	36.92	36.50	28.12	27.12	27.06	
CA 3 ^{**}	39.64	39.55	39.14	38.92	28.12	27.09	27.15	

^Rand^L indicated the storage temperatures of 20 and 1°C.
^{**}CA1: 3%, CO₂, 3% O₂ ; CA2: 1% CO₂, 3% O₂ ; CA3: 3% CO₂, 1% O₂.

부패율

저장기간 중 ‘홍로’ 및 ‘감홍’ 사과의 부패율은 Table 3과 같다. 홍로의 부패율은 보면 대조구인 상온 무포장구는 4주

Table 3. Decay ratio (%) of ‘Hongro’ and ‘Gamhong’ apples during storage

Storage methods	Storage (week)							
	‘Hongro’ apples				‘Gamhong’ apples			
	0	4	8	12	0	4	8	
Control ^R	0	8.4	12.8	-	0	3.6	8.0	
Control ^L	0	0	0	8.4	0	0	4.8	
PE package ^L	0	0	0	4.8	0	0	0	
CA 1 ^{**}	0	0	0	0	0	0	0	
CA 2 ^{**}	0	0	0	0	0	0	0	
CA 3 ^{**}	0	0	0	0	0	0	0	

*CA1, CA2, and CA3 represent the storage conditions with 3% CO₂ and 3% O₂ ; 1% CO₂ and 3% O₂ ; 3% CO₂ and 1% O₂.

째 8.4%로 나타났으며, 저온 무포장구는 12주째 부패율이 8.4%로 증가한 반면 저온저장 PE 밀봉구는 4.8%로 낮은 부패율을 보였으며 CA저장구의 경우에는 12주까지 부패율이 발생하지 않았다. Hong (14)의 저온저장 및 CA 저장 중 ‘홍로’ 사과의 3개월 저장기간 후 부패율에서 저온저장이 19.5%로 나타났으며 CA 저장구의 경우 부패율이 보이지 않았다고 보고하였다. 감홍의 부패율을 보면 저장 8주째 상온저장구의 경우 부패율 8.0%로 상품성이 떨어진 반면 저온 PE 밀봉구 및 CA 저장구의 경우에는 8주까지 부패율이 나타나지 않았다. Park (8)의 저장 중 ‘후지’사과 외관조사에서의 부패율을 조사한 보고에서 저장 40일 후 상온저장의 대조구는 상품성이 없을 정도로 부패율이 높았으나 LDPE 포장구에는 부패과가 발생하지 않았다고 보고하였다. 따라서 본 실험에서 ‘홍로’ 사과의 저장 중 저온 무포장과 비교해서 PE 밀봉 포장구에서 부패율이 낮은 것을 확인할 수 있었으며, CA 저장은 다른 저장조건보다 부패율 발생기간 연장에 있어서 뛰어나다고 볼 수 있었다.

신선도

저장기간 중 ‘홍로’ 와 ‘감홍’ 사과의 신선도는 Table 4와 같다. 홍로의 선도 점수를 볼 때 상온 무포장구는 4주째부터 선도저하가 뚜렷하게 나타나서 상품적 가치를 잃었으나 저온 무포장구는 12주 후부터 선도가 저하되었으며 저온 PE 밀봉구 및 CA저장구의 경우는 12주 이상 선도유지가 가능한 것으로 나타났다. 감홍의 선도 점수를 볼 때 상온 무포장구는 4주에 선도가 급격히 떨어져 쭈글쭈글해지는 현상을 보이고 반면 저온 PE 밀봉구는 8주까지 저장 가능하고 CA 저장구는 가스 농도별 처리 구분 없이 8주 이상 저장 가능하였다. 신육성 품종 ‘홍로’ 과실의 상온 저장력은 30-40일 정도로 약하였다. 이는 다른 품종보다 과피가 미끌 미끌해져서 수분 손실율은 적으나 상온에서 신선도가 떨어지고 이러한 상온 저장성이 떨어지는 ‘홍로’ 품종을 적정

Table 4. Score of freshness in 'Hongro' and 'Gamhong' apples during storage

Storage methods	(unit: level of freshness)							
	Storage (week)							
	'Hongro' apples				'Gamhong' apples			
	0	4	8	12	0	4	8	
Control ^R	10	4	2	-	10	6	2	
Control ^L	10	6	6	4	10	8	6	
PE package ^L	10	10	8	6	10	8	8	
CA 1 ^{**}	10	10	8	8	10	10	8	
CA 2 ^{**}	10	10	8	8	10	10	8	
CA 3 ^{**}	10	10	8	8	10	10	8	

*CA1, CA2, and CA3 represent the storage conditions with 3% CO₂ and 3% O₂; 1% CO₂ and 3% O₂; 3% CO₂ and 1% O₂.

**Score of freshness (10: very fresh; 8: fresh; 6: normal; 4: less fresh; 2: unmarketable level).

저장 온도 0°C에서 무포장으로 보관할 경우에는 왁스층이 발달되지 않은 상품적인 과일로 8주간 저장할 수 있었고 이보다는 0°C 저장 온도의 MA저장방법 중 한가지인 50 μm 두께를 가진 PE 밀봉시에 12주까지 과피의 왁스층이 생기지 않아 소비자에게 상품으로써 판매될 수 있었다. 최근 선진국에서 많이 실용화 되어지고 있는 CA저장의 조건을 확립하기 위하여 여러 가스 농도별 저장 실험한 결과 저장 온도 0°C의 3% CO₂ + 1% O₂ 조건에서 가장 저장성이 좋아 다른 처리구보다 저장 기간을 20주 이상으로 선도 유지가 가능한 것으로 나타났고 이는 후지 품종보다 가스 내성이 높은 것으로 나타났다. 한편 신육성 품종중 하나인 '감홍'의 저장 특성은 '홍로'와는 달리 과피의 왁스층은 발달이 심하지 않고 상온 저장시 과피의 상품성인 자연 중량 감소에 의한 과피가 쭈글쭈글한 현상이 심하여 상품성이 떨어지는 단점이 있었다. 역시 '감홍'품종을 적정 저장 온도 0°C에서 무포장으로 보관할 경우에도 MA저장이나 CA저장에 비하여 과피의 쭈글 현상이 심해져 신선도면에서나 상품적인 면에서 저장성이 떨어짐을 알 수 있었다. 이보다는 0°C 저장 온도를 가진 MA저장방법 중 한가지인 50 μm PE 밀봉 시에 홍로와 마찬가지로 12주까지는 상품성이 유지되었으나 과피의 쭈글거리는 현상보다 50 μm PE 밀봉 내부의 가스 축적으로 고탄산 가스 장애인 과육의 갈변이 발생하여 더 이상 저장이 불가능하였다. '감홍' 역시 CA저장의 조건을 확립하기 위하여 가스 농도별 저장 실험 한 결과 0°C 저장 온도 내에 3% CO₂와 1% O₂ 조건에서 가장 저장성이 좋아 가스 장애로 인한 내부 갈변도 발생하지 않아 저장 기간을 16주 이상으로 연장하여 수확 후 이듬해 까지 저장이 가능함을 알 수 있었다.

요 약

홍로 (*Hongro*)와 '감홍 (*Gamhong*)' 고품질 사과 품종의 저장 특성을 조사하기 위하여 미숙과와 적숙과에 대한 알맞은 수확시기 설정과 적정 저장온도, 저장방법 등에 따라 과실의 품질 변화에 미치는 영향에 대하여 수행하였다. 신육성 '홍로 및 감홍'은 상온 저장 상태에서 climacteric 호흡 경향을 보여 주었다. CA 저장이 실험한 저장 방법 중 선도 유지에 가장 우수하다는 결과를 얻었다. 3% CO₂ 와 1% O₂의 CA 저장에 보관한 사과가 가장 적은 품질변화를 나타냈다. '홍로 및 감홍'의 신선도는 상온 저장에서 3주, PE 필름 저장은 12주, 그리고 CA 저장은 16주까지 각각 유지되었다.

참고 문헌

1. 전세창 (2003) 최신 과실 생산이론과 기술. 경기도 농업기술원, p.136-144
2. 사과 사랑 동호회 (2002) 사과 품종 선택의 길잡이. 농촌진흥청 대구사과 연구소, p. 30-43
3. 신용억, 김휘천, 강상조, 문종열, 김정호 (1989) 사과 추석기 출하용우량품종 '홍로' 육성. 농시 논문집 (원예편), 31, 53-61
4. 정현식, 최종목 (1999) 사과의 CA 저장 중 에틸렌 및 이산화탄소 생성. 한국농산물저장유통학회지, 8, 345-350
5. 김병삼, 현남억, 남궁배 (1999) 수확후 예냉처리가 쓰가루 사과의 저장중 품질에 미치는 영향. 한국농산물저장유통학회지, 6, 371-375
6. Dris, R., and Niskanen, R. (1999) Calcium chloride sprays decrease physiological disorders following long-term cold storage of apple Plant Foods for Human Nutrition 54, 159-171
7. Beavers, W.B., Sams, C.E., Conway, W.S., and Brown, G.A. (1994) Calcium source affects calcium content, firmness, and degree of injury of apples during storage. HortScience 29, 1520-1523
8. Park, H.W., Park, J.D., Kim, D.M., and J.S. Choi, 2001. Freshness extension of 'Fuji' apples to packaging materials. Korean J. Postharvest Sci. Technol., 8, 345-350
9. Kays, S.J. (1991) Postharvest physiology of perishable plant products. AVI, New York, p.75-94
10. Yang, S.F. and Hoffman, N.E. (1984) Ethylene biosynthesis and its regulation in higher plants. Ann. Rev. Plant Physiol., 35, 155-189
11. Gussman, C.D., Goffreda, J.C., and Gianfagna, T.J.

- (1993) Ethylene production and fruit softening rates in several apples fruit ripening variants. HortScience 28, 135-137
12. 이승구 (1996) 원예작물의 수확후 생리. 성균사, 수원, p.49-156
13. Allen, F.W., McKinnon, L.R. (1985) Storage of yellow newton apples in chambers supplied with artificial atmosphere, Amer. Soc. Hort. Sci., 32, 146-151
14. Hong, Y.P., Lee, S.K. (2003) Optimum CA condition for four apple cultivars grown in Korea. Kor. J. Hort. Sci. Technol., 21, 316-320

(접수 2005년 6월 17일, 채택 2005년 9월 30일)