

후지 사과의 저산소 CA저장

정현식 · 정신교* · 최종욱*

경북대학교 농산물가공저장유통기술연구소, *경북대학교 식품공학과

Low Oxygen CA Storage of 'Fuji' Apples

Hun-Sik Chung, Shin-Kyo Chung* and Jong-Uck Choi*

Postharvest Technology Reserch Institute, Kyungpook National University,

*Department of Food Science & Technology, Kyungpook National University

Abstract

The quality changes by storage conditions were examined in order to establish the optimum CA storage conditions of unbagged and bagged 'Fuji' apples. The weight retention rate of apples was higher in CA than air storage, but there was no significant difference among CA conditions. Bagged apples had higher weight than unbagged apples under the same condition. The loss of flesh firmness, titratable acidity and green color of apples was retarded more effectively in 1% O₂ than 3% O₂ storage, and in 0°C and 3% CO₂ than 2°C and 1% CO₂ with 1% O₂. Titratable acidity tended to decrease more rapidly in bagged than unbagged apples. Soluble solid was not affected by storage conditions. Internal browning was developed within 2 months in 1% O₂ and 3% CO₂ storage, but there was no significant difference according to storage years and bagging treatment. At the sensory evaluation, unbagged apples were rated as higher quality than bagged apples after 8 months storage, and the hardness, juiciness, acidity and overall acceptability of apples stored in 1% O₂ were higher than those in 3% O₂ but those of apples stored in 1% O₂ were not affected by CO₂(1, 3%) and temperature(0, 2°C) differences. Above results suggest that the optimum CA storage condition of 'Fuji' apples is 0°C, 1% O₂+1% CO₂.

Key words: CA storage, Fuji apple, low oxygen, internal browning

서 론

사과는 세계 3대 과실로서 국내에서도 생산량이 가장 많으며 그 중 약 80%가 Fuji 품종이다. 사과는 다른 과실에 비해 저장성이 비교적 우수하고 당, 식이섬유, 칼륨 및 비타민 C 등이 풍부하여 예전부터 건강식품으로 인식되고 있으며 주로 생과 형태로 소비되고 있다⁽¹⁾. 따라서 생과실의 신선도를 장기간 유지하여 유통기간을 연장하게 하는 기술이 요구되고 있다. 이를 달성하기 위해서는 온도만 제어하는 저온(air) 저장은 한계가 있어 기체조성도 함께 제어하는 CA(controlled atmosphere) 저장이 사용되고 있다.

일반적으로 사과의 CA 저장조건 중 상대습도는 90~95%로 품종별 큰 차이가 없으나, 온도와 기체조성비는 품종, 생산지 및 재배조건 등의 요인에 따라 다양

하여 적합하게 적용할 경우는 성숙과 노화 지연 및 장해과 발생 억제 등의 저장효과를 얻을 수 있지만 그렇지 않을 경우는 오히려 생리적 장해를 유도하여 막대한 경제적 손실이 따른다⁽²⁾. 사과의 품종중 McIntosh, Delicious, Cox's Orange Pippin, Idared, Spartan, Mellose, Granny Smith 및 Jonagold 등은 1~1.5% O₂에서 저장하는 것이 3~5% O₂에서 저장 보다 과육경도, 적정산도 및 과피 녹색의 손실에 우수한 억제 효과와 일부 생리적 장해과의 발생을 억제하는 효과가 있다고 보고되었다⁽³⁻⁹⁾. 그러나 Nichols 등⁽¹⁰⁾과 Lau⁽¹¹⁾는 1% 이하의 O₂에서 저장은 과육경도와 적정산도 유지에는 우수하지만 품종별 낮은 O₂ 농도에 대한 내성의 차이로 생리적 장해가 발생한다고 보고하였고, North 등⁽¹²⁾은 O₂ 농도보다 CO₂ 농도를 높게하여 저장할 경우 과실의 내부장해가 많이 발생하였다고 보고하였다. 한편 Couey 등⁽¹³⁾은 Golden Delicious 사과에 고농도 CO₂를 처리하면 조직 연화억제에 효과가 있었다고 하였으나, Broadgagge 등⁽¹⁴⁾은 McIntosh 사과에 대한 저장 전 고

Corresponding author : Jong-Uck Choi, Department of Food Science & Technology, Kyungpook National University, 1370 Sankyuk-dong, Puk-gu, Taegu 702-701, Korea

농도 CO₂ 처리는 경도 유지에 우수하였으나 장해과실이 심하게 발생되었다고 보고하였다.

이와 같이 구미 등지에서 예전부터 널리 재배되고 있는 품종들은 O₂와 CO₂의 농도가 저장품질에 미치는 효과에 대한 광범위한 연구 결과들이 보고되었으나 Fuji 품종에 대한 연구는 국내외를 막론하고 아직 미흡한 실정이다. 특히 1% O₂ 농도가 저장성에 미치는 영향에 대한 연구는 거의 보고된 바 없다.

따라서 본 연구에서는 한국산 무대(無袋) 및 유대(有袋) Fuji 사과와 최적 CA 저장조건을 확립하기 위해 3년간 실험을 행하여 과실의 품질에 저장온도와 O₂ 및 CO₂ 농도가 미치는 영향을 조사하였다.

재료 및 방법

재료

실험용 사과는 무대와 유대의 Fuji 품종을 사용하였다. 1993년부터 95년까지 각 연도별 과실의 수확시기와 생산지 등은 Table 1에 나타내었다. 유대과실은 낙화 후 30일에 봉지 씌우기를 하여 수확 전 25일에 외지를 제거하고 다시 5일 후에 내지를 제거한 과실이 었다. 수확한 과실은 외관이 건전한 중간 크기만 선별한 후 24시간 이내에 실험실로 운반하였다.

저장실험

저장조건으로 온도는 0과 2°C로 구분하고 각 온도에서 기체 조성비는 1% O₂+1% CO₂, 1% O₂+3% CO₂, 3% O₂+1% CO₂ 및 air를 적용하였다. 이때 상대습도는 CA 조건에서 90~95%, air 조건에서 80~85%로 각각 유지하였다. 이러한 조건에서 저장실험을 매년 8개월 동안 실시하였다. 저장온도는 설정 온도에서 ±0.5°C 범위로 유지 되도록 제어하였다. O₂ 농도는 paramagnetic 분석기(Fruit control Co., Model 655, Italy)를, CO₂ 농도는 infrared 분석기(Fruit control Co., Model SS305, Italy)를 각각 사용하여 측정하였다. 각 가스 농도를 측정하여 설정농도에서 ±0.3% 범위를 유지하도록 N₂, CO₂ 및 air를 주입하여 제어하였다. 저장 초기에는 저장고를 밀봉한 후 1일 이내에 설정 기

체 조성비를 조성하였으나 저장 중 분석용 시료를 채취할 경우는 개봉 후 30분 이내에 재 조성하였다. 상대습도의 측정은 저장고 내부에 센스가 부착된 습도 측정기(Vaisala CO., Model HMI 38, Finland)를 사용하였으며, 인위적인 제어는 하지 않았으나 저장고의 밀폐성으로 인해 자연적으로 일정하게 유지되었다. 실험용 저장고는 이미 보고한 것⁽¹⁵⁾과 동일한 장치를 사용하였다.

과실내부 에틸렌

내부 에틸렌 측정은 과실을 저장조건별로 취하여 20°C에서 하룻밤 방치하여 평형에 도달하게 한 후 Saltveit 법⁽¹⁶⁾으로 측정하였다. 즉 septum이 부착된 주사기 바늘(22G×1¼")을 꽃받침 부분에서 중심공극까지 삽입하고 바늘 주위를 기밀제로 밀봉한 후 가스기 밀성 주사기로 과실내부 기체 1 mL를 취하여 GC (Pyeunicam Ltd., Model series 304, England)를 사용하여 분석하였다. 이때 컬럼은 Porapak Q(80~100 mesh, glass, 1.7 m×4 mm i.d.), 검출기는 FID 그리고 운반가스는 N₂를 각각 사용하였다.

과실중량

중량측정은 저장 전에 형태와 중량이 균일한 과실을 선정하여 매번 동일한 시료의 중량을 측정하였다. 저장중 과실의 중량 변화는 초기 중량에 대한 유지 정도를 백분율로써 나타내었다.

과육경도

경도 측정은 과실을 저장조건별로 취하여 적도 부위의 음광, 양광 및 중간지점의 과피를 15~20 mm 직경의 원형으로 제거하고 penetrometer (Effegi, Model FT327, Italy)에 직경 11 mm probe를 부착하여 수직 방향으로 8 mm 깊이까지 압축하여 측정하였다.

가용성 고형물

가용성 고형물은 과육경도 측정시 penetrometer의 probe에 묻어 나오는 과즙을 Abbe refractometer (Bellingham stanley Co., Model 60/70, England)를 사용하여 측정하였다.

적정산도

시료 용액 제조는 과실을 박피한 후 착즙기로 착즙하고 여과하여 얻은 액을 일정 비율로 희석하였다. 산도 측정은 희석액 일정량을 취해 0.1 N NaOH로 pH 8.1까지 적정하여 소비된 양을 malic acid로 환산하여

Table 1. Description of plant materials

Year	Harvest date	Orchard location	Type
1993	October 28	Taegu	Unbagged
1994	November 3	Youngcheon	Unbagged
	November 5	Jeomchon	Bagged
1995	November 10	Gyongsan	Unbagged
	November 17	Jeomchon	Bagged

나타내었다.

과피색

과피색은 무대과실의 음광면인 녹색 부분을 표시하여 동일한 부위를 매번 측정하였다. 저장 전 각 시료의 L, a 및 b값을 기준색으로 보정한 chromameter (Minolta Co., Model CR-200, Japan)를 사용하여 색변화 정도를 나타내는 ΔE값을 측정하였다.

과실내부 갈변

내부갈변은 과실의 적도면을 절단한 후 육안으로 검사하여 갈변된 부분이 있는 과실을 갈변과로 취급하여 전체 조사 과실수에 대한 백분율로 나타내었다.

관능검사

경북대학교 식품공학과 학생으로 남녀 각각 5명씩 10명을 관능검사 요원으로 선발하여 과실의 hardness, juiciness, acidity 및 sweetness에 대하여 9점 채점법 (1 = 극도로 약하다, 5 = 보통이다, 9 = 극도로 강하다)으로 실시하였다. 또한 overall acceptability도 9점 채점법 (1 = 최고로 싫다, 5 = 보통이다, 9 = 최고로 좋다)으로 평가하였다.

통계처리

실험결과들의 통계처리는 SAS(statistical analysis system) procedure를 이용하였다. 시료의 내부에틸렌, 중량, 과육경도, 가용성 고형물, 적정산도, 과피색의 ΔE 값 및 관능검사 결과는 실험 연도별 같은 저장조건의 평균값을 사용하였으며 저장 전의 값에 대한 유지율로써 나타내었다.

결과 및 고찰

내부에틸렌 농도의 변화

저장 동안 과실의 에틸렌 생합성 정도를 알기 위한 지표로 측정한 내부에틸렌 농도의 변화 경향은 Fig. 1에 나타난 바와 같이 저장조건에 따라서 다양하였으나 무대와 유대 과실간에는 큰 차이를 보이지 않았다. 에틸렌 생성은 1% 산소 조건에서 저장온도와 CO₂ 농도의 영향 없이 저장 초기부터 2개월 정도까지 약 1 ppm으로 감소한 후 거의 변화 없이 저장 8개월까지 지속되었다. 그러나 3% O₂+1% CO₂ 조건에서 에틸렌 생성은 저장 말기까지 완만하게 증가하는 경향이었으며, 저장 온도의 영향을 받아 0°C 보다는 2°C에서 빠른 증가속도를 나타내었다. 한편 air 저장조건중 0°C에서 에

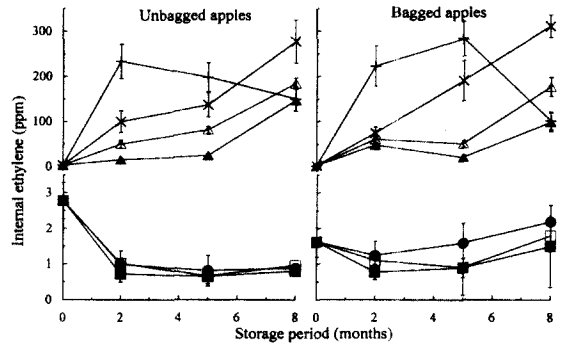


Fig. 1. Comparison of changes in internal ethylene of 'Fuji' apples during CA or air storage. Values represent the mean±S.E. ● : 0°C, 1% O₂+1% CO₂, ■ : 0°C, 1% O₂+3% CO₂, ▲ : 0°C, 3% O₂+1% CO₂, × : 0°C, air, □ : 2°C, 1% O₂+3% CO₂, △ : 2°C, 3% O₂+1% CO₂, + : 2°C, air.

틸렌 생성은 두 과실 모두 저장 초기부터 말기까지 거의 선형적인 급격한 증가를 하였으나 2°C에서 에틸렌 생성은 저장 2~5개월 사이에 최대치에 도달한 후 감소하는 경향을 나타내었다.

Meigh 등⁽¹⁷⁾은 Cox's Orange Pippin 사과 저장시 O₂ 농도가 낮을수록 에틸렌 생성이 억제되고, Liu 등⁽¹⁸⁾은 Golden Delicious 사과 저장시 3% O₂에서 CO₂ 농도의 증가는 에틸렌 생성을 억제한다고 보고 한 바 있으나, Fuji 사과의 경우 1% O₂ 농도에서는 저장온도와 CO₂ 농도 3%까지는 거의 영향을 받지 않고 과실의 에틸렌 생합성을 강력하게 억제하는 것으로 판단된다. 반면에 3% O₂의 에틸렌 생합성 억제력은 1% O₂보다는 아주 약하며 저장기간이 지남에 따라 더욱 약화되는 것으로 생각된다. 한편 air 저장동안 증가한 후 감소하는 것은 과실이 노화됨에 따라 에틸렌 생합성 체계가 손상되었기 때문인 것으로 생각된다⁽¹⁹⁾.

과실 중량의 변화

저장 중 과실의 중량 유지율은 Fig. 2에 나타내었다. 중량 유지율은 무대와 유대 과실간에 뚜렷한 차이를 나타내어 동일한 저장조건에서 유대가 무대보다 높은 중량을 유지하였다. 그러나 두 형태의 과실 모두 CA 저장조건들중 기체조성비에 따른 뚜렷한 중량 유지율의 차이는 보이지 않았다. 과실 중량 변화에 대한 저장온도의 영향은 유대 과실의 CA 저장에서는 나타나지 않아서 저장 8개월 후 약 99% 이상의 중량을 유지하였으나 무대 과실의 CA저장에서는 동일 기체조성비라도 0°C에서 과실의 중량은 약 98%, 2°C에서는 96%를 각각 유지하였다. 한편 air 저장에서는 저장온

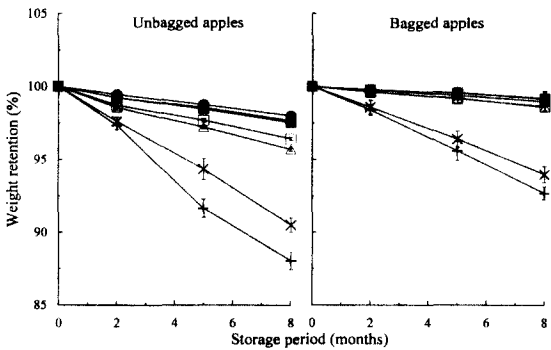


Fig. 2. Comparison of changes in weight retention of 'Fuji' apples during CA or air storage. Values represent the mean±S.E. ●, ■, ▲, ×, □, △, +: Same as Fig. 1.

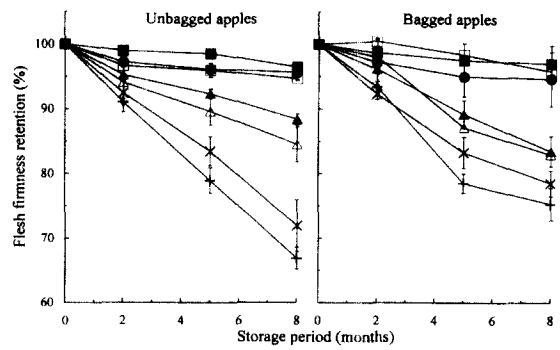


Fig. 3. Comparison of changes in flesh firmness retention of 'Fuji' apples during CA or air storage. Values represent the mean±S.E. ●, ■, ▲, ×, □, △, +: Same as Fig. 1.

도에 따른 중량 유지율의 차이가 두 형태의 과실에서 모두 뚜렷하여 0°C가 높았다.

과실의 중량 감소는 조직내의 수분이 외부로 증산되어 손실되는 것이 주원인이고 그 이외 호흡에 의한 유기물의 분해 등도 하나의 원인이라 할 수 있다⁽²⁰⁾. 동일한 저장조건의 유대 과실이 무대 과실보다 중량 감소가 적은 것은 성숙 중 봉지 씌우기 또는 성숙도에 기인된 증산 속도에 영향을 미치는 과실 조직구조의 차이 때문인 것으로 생각된다. 공기유속과 대기압을 일정하게 유지한 본 실험에서 CA 저장이 air 저장보다 중량감소가 상당히 적은 것은 환경 기체의 영향보다는 저장 중 높게 조절된 상대습도로 인한 과실 내외의 수증기압 차이가 작아 사과 내부의 수분이 외기로 증산되는 것이 억제되었기 때문이라 여겨진다⁽²¹⁾.

과육경도의 변화

실험 연도별 저장 전 과실의 과육경도, 적정산도 및 가용성 고형물은 Table 2에 나타낸 바와 같이 연도별 약간의 차이는 있었으나 무대과실이 유대과실 보다 높았다. 무대와 유대과실의 과육경도는 각각 7 kg 이상과 이하였다. 무대와 유대 과실을 저장하면서 조사한 과육경도 유지율은 Fig. 3에 나타내었다. CA 저장에서 저장온도와 기체조성비에 따른 경도의 변화는 두 형태의 과실간에 약간 차이가 있었다. 즉 무대과실은 같

은 기체 조성비의 2°C 보다는 0°C에서 유지율이 높았으나 유대의 경우는 이러한 양상을 보이지 않았다. 반면에 두 형태의 과실 모두 1% O₂에서는 CO₂ 농도가 1% 보다는 3% 조건인 경우에 높은 경도를 유지하였다. 각 조건에서 과육경도의 유지율을 살펴보면 1% O₂ 조건들은 저장 8개월 후에도 약 95% 이상을 유지하였으나, 3% O₂ 조건에서 무대과실은 저장 8개월 후 90%이하를 유대과실은 저장 5개월 후부터 90% 이하를 유지하였다. Air 저장에서의 과육경도는 저장온도 2°C 보다는 0°C에서 높은 유지율을 나타냈다.

과실 연화의 주원인은 펙틴 물질의 가용화와 세포벽 성분들의 변화 등을 들 수 있으며, 이러한 현상들은 polygalacturonase, β-galactosidase, pectinesterase 및 cellulase 등과 같은 효소들의 작용에 의해 유발되며, 이들 효소의 활성화에는 에틸렌과 산소의 농도가 영향을 미친다고 알려져 있다^(22,24). 내부에틸렌 농도에는 1% O₂에서 CO₂ 1, 3%의 영향을 받지 않았으나 과육경도는 1% CO₂ 보다는 3% CO₂에서 높게 유지된 것은 에틸렌 생성과는 다른 기작인 에틸렌의 작용 억제에 기인한 것으로 볼 수 있다.

가용성 고형물의 변화

저장 전 가용성 고형물의 함량은 Table 2에 나타낸 바와 같이 무대가 유대과실 보다 약 3% 높았다. 두

Table 2. Flesh firmness, soluble solid and titratable acidity of 'Fuji' apples before storage

Storage year	Type	Flesh firmness (kg)	Soluble solid (%)	Titratable acidity (mg/100 mL)
1993~94	Unbagged	7.35	15.50	385
1994~95	Unbagged	7.21	16.06	425
	Bagged	6.24	12.75	301
1995~96	Unbagged	7.09	15.07	380
	Bagged	6.74	12.42	341

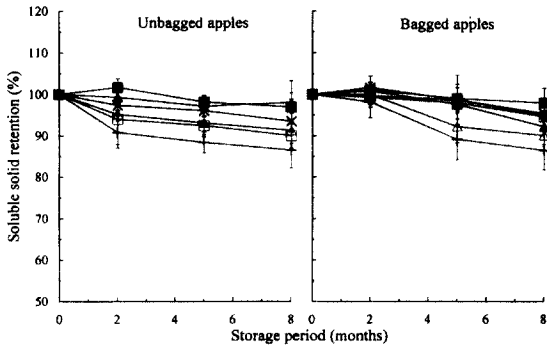


Fig. 4. Comparison of changes in soluble solid retention of 'Fuji' apples during CA or air storage. Values represent the mean±S.E. ●, ■, ▲, ×, □, △, +: Same as Fig. 1.

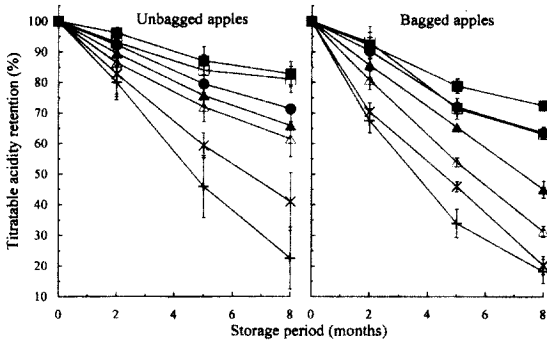


Fig. 5. Comparison of changes in titratable acidity retention of 'Fuji' apples during CA or air storage. Values represent the mean±S.E. ●, ■, ▲, ×, □, △, +: Same as Fig. 1.

형태 과일의 저장 중 가용성 고형물의 변화는 Fig. 4와 같이 저장조건에 따른 유의적인 차이는 보이지 않았다. 즉 가용성 고형물은 저장 기간의 경과에 따라 전반적으로 거의 변화 없거나 약간 감소하는 경향이 있었으며 저장 8개월 후 모든 조건에서 초기치에 대하여 90% 이상을 유지하고 있었다. 따라서 생 과일의 가용성 고형물 유지에는 낮은 산소 농도의 영향이 거의 없는 것으로 판단된다.

적정산도의 변화

실험 연도별 Table 2와 같은 적정산도를 가지는 과실을 각기 다른 조건에서 저장하면서 유지율을 조사한 결과는 Fig. 5에 나타내었다. 적정산도의 변화는 저장기간이 지남에 따라 무대와 유대 과실 모두 다른 품질 특성들 보다 빠르게 감소하는 경향이 있었으며, 동일한 저장조건에서 무대보다 유대과실의 산도 감소 속도가 더욱 빨랐다. 저장조건중 저장온도의 영향으로는

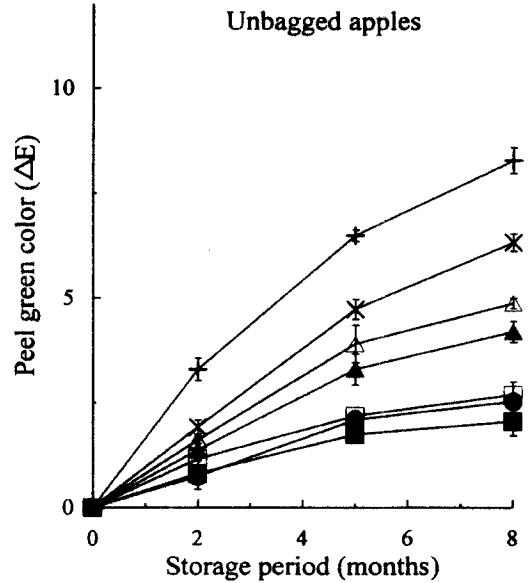


Fig. 6. Comparison of changes in peel green color of 'Fuji' apples during CA or air storage. Values represent the mean±S.E. ●, ■, ▲, ×, □, △, +: Same as Fig. 1.

같은 기체 조성비의 2°C 보다는 0°C에서 높은 산도를 유지하였으며, 이러한 차이는 유대가 무대과실 보다 크게 나타났다. 그리고 기체 조성비의 영향으로는 3%보다 1% O₂에서 월등히 높은 적정산도 유지효과를 가졌으며, 1% O₂에서도 CO₂ 농도에 따른 차이가 있어서 1% 보다는 3%에서 높게 유지되었다. 이와 같은 저장조건들의 영향은 저장기간이 길어짐에 따라 더욱 크게 나타났으며, 저장 8개월 후 0°C의 1% O₂+3 CO₂에서 저장한 과실 중 무대과실은 83% 유대과실은 73%의 적정산도를 각각 유지하였다.

저농도 산소 조건에 의한 Fuji 사과의 과육경도와 적정산도의 감소 억제효과는 McIntosh, Delicious, Cox's Orange Pippin, Idared, Spartan, Mellose, Granny Smith 및 Jonagold 품종^(3,9)에서 연구된 결과와 유사하였다.

과피색의 변화

저장 동안 무대과실의 음광면인 녹색부분의 색 변화 정도를 ΔE로써 표현한 결과는 Fig. 6과 같다. 과피색의 변화는 모든 저장조건들에서 저장 5개월까지는 거의 선형적인 증가를 하였으나 그 후부터는 약간 완만하게 증가하는 경향이 있었다. 색 변화는 2°C보다 0°C에서 3% O₂ 보다 1% O₂ 저장조건에서 적었다.

사과 과실은 숙성(ripening)됨에 따라 chlorophyll이

Table 3. Internal browning of 'Fuji' apples after 2 months storage

Storage year	Type	Internal browning (%)						
		Storage conditions (°C, %O ₂ +%CO ₂)						
		0, 1+1	0, 1+3	0, 3+1	0, air	2, 1+3	2, 3+1	2, air
1993~94	Unbagged	0	31	0	0	7	0	0
1994~95	Unbagged	0	0	0	0	10	0	0
	Bagged	0	0	0	0	0	0	0
1995~96	Unbagged	0	3	0	0	-	-	-
	Bagged	0	33	0	0	-	-	-

분해되는데 이러한 현상을 에틸렌은 촉진하지만 CA 저장은 억제한다고 하였다⁽²⁵⁾. 한편 Barmore 등⁽²⁶⁾은 citrus 과실에서 에틸렌은 chlorophyll 분해효소인 chlorophyllase 활성을 증가시킨다고 보고하였다. Fuji 사과에 있어서도 0°C와 1% O₂ 및 3% CO₂로 인한 에틸렌 생합성과 작용의 저해효과 때문에 색 변화 즉 녹색 손실이 억제되었다고 생각된다.

내부갈변과실의 발생률

본 실험에서 1% O₂로 인한 무기호흡의 징후나 장해 증상들은 저장 말기까지 보이지 않았으며, 연도별 저장 2개월 후 내부갈변과실의 발생율을 조사한 결과는 Table 3에 나타내었다. 저장 2개월 이후는 갈변과실이 발생하지 않았기 때문에 결과를 나타내지 않았다. 1993~94년도 실험에서 무대과실의 내부 갈변은 0°C와 2°C의 1% O₂+3% CO₂ 저장조건에서만 발생하여서 0°C에서는 31%, 2°C에서는 7%를 각각 나타내었다. 1994~95년도 실험에서 무대과실의 내부 갈변은 2°C의 1% O₂+3% CO₂ 조건에서만 10% 발생하였으나 유대과실에서는 전혀 발생되지 않았다. 1994~95년도 실험에서 무대와 유대과실의 내부 갈변은 0°C의 1% O₂+3% CO₂ 조건에서만 각각 3%와 33% 발생하였다.

이상과 같은 결과로 미루어 볼 때 Fuji 사과의 내부 갈변은 저장 개시 2개월 이내에 발생하며 봉지 석유기 유무에 따른 차이가 인정되지 않았고 내부갈변을 유발하는 CO₂ 농도는 생산지와 수확시기 등과 같은 요인들에 의한 차이는 있겠지만⁽²⁷⁾ 저장 O₂ 농도가 1%인 경우 약 3% 정도이며 저장온도 2°C 차이의 영향은 없는 것으로 판단된다.

Fuji 사과의 저장에서 품질 특성들의 유지에 가장 우수했던 저장조건인 1% O₂+3% CO₂를 저장 초기부터 적용하는 것은 내부갈변과실의 발생 위험성이 상당히 큰 것으로 생각된다. 또한 Golden Delicious⁽¹³⁾와 McIntosh⁽¹⁴⁾ 사과에서 저장 전 고농도 CO₂ 처리는 경

도 유지에 효과적이라는 보고가 있으나 본 실험에서 저장 초기부터 2개월 이내에 내부갈변이 발생하는 것으로 보아 Fuji 사과를 고농도 CO₂ 처리하는 것은 불가능한 것으로 판단된다.

관능검사

저장 8개월 후 무대와 유대과실의 hardness, juiciness, acidity, sweetness 및 overall acceptability에 대하여 관능적으로 평가한 결과는 Fig. 7에 나타내었다. 모든 평가 항목에서 무대가 유대과실 보다 우수하게 평가되었다. 유대과실의 sweetness를 제외한 관능적 품질 특성이 3% O₂ 저장 과실 보다 1% O₂ 저장 과실이 높게 평가되었으며 그 차이는 무대과실에서 크게 나타났다. 동일 기체조성비에서 저장온도에 따른 차이는 크지 않았다. 각 저장조건별 저장 8개월 후 품질 특성의 평가 정도를 살펴보면 1% O₂ 조건에서 저장한 무대과실의 hardness, juiciness 및 acidity는 7점 이상으로 평가되었으나 유대과실의 hardness와 juiciness는 약 6.5점, acidity는 약 5.5점으로 평가되었다. 한편 3% O₂ 조

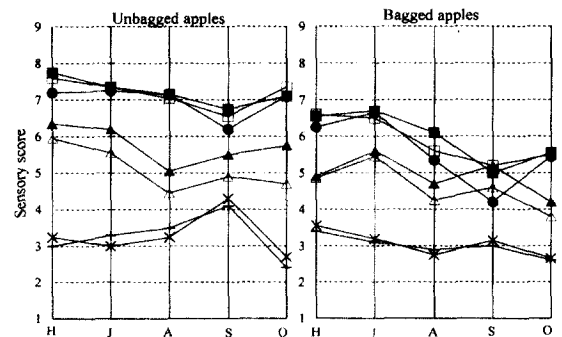


Fig. 7. Score in sensory test of 'Fuji' apples after 8 months of CA or air storage. Values represent the mean±S.E. ●, ■, ▲, ×, □, △, +: Same as Fig. 1. Sensory score: 1=extremely weak or dislike, 9=extremely strong or like. H: Hardness, J: Juiciness, A: Acidity, S: Sweetness, O: Overall acceptability.

전에서 무대과실의 hardness와 juiciness는 약 6점, acidity는 약 5점이었고, 유대과실은 세 항목에서 약 5점으로 평가되었다. 반면에 air 저장 과실은 무대와 유대 모두 유의적인 차이 없이 약 3점으로 평가되었다. 무대과실의 sweetness는 저장조건의 영향을 받아서 1% O₂ 조건에서 약 6.5점, 3% O₂ 조건에서 약 5점 그리고 air 조건에서 약 4점으로 각각 평가되었으나, 유대 과실의 sweetness는 CA 조건간에 유의적인 차이를 보이지 않았다. 이러한 관능적 품질 특성들의 평가에 있어서 검사원들은 1% O₂ 저장으로 인한 이미, 이취와 같은 이상 징후를 인지하지 못하였다.

저장 8개월 후 무대과실의 overall acceptability는 1% O₂ 조건들에서는 상호 유의적인 차이 없이 '좋다'로 평가되었고 3% O₂의 0°C에서는 '약간 좋다', 2°C에서는 '보통이다'로 평가되었다. 한편 유대과실의 overall acceptability는 1% O₂ 조건에서 '보통이다' 이상으로 3% O₂ 조건에서는 '약간 나쁘다'로 각각 평가되었다. Air 저장한 무대와 유대과실은 모두 '나쁘다' 이하로 평가되었다. 이러한 결과로 미루어 볼 때 무대과실을 0°C와 2°C의 1% O₂ 농도에서 8개월간 저장은 충분히 고품질을 유지할 수 있는 것으로 판단되나 유대과실은 저장 전부터 낮은 식미적 특성으로 인해 장기간 고품질유지가 불가능한 것으로 판단된다.

이상의 결과들을 종합해 보면 본 실험에서 측정한 객관적 품질 특성들의 유지에는 대체적으로 0°C의 1% O₂+3% CO₂ 조건이 가장 우수하였으나, 주관적 품질 특성들 유지에는 0°C와 2°C의 1% O₂+3% CO₂ 및 1% O₂+1% CO₂ 조건이 상호 유의적인 차이 없이 우수하였다. 그러나 각 온도의 1% O₂+3% CO₂ 조건은 저장 초기 내부갈변과실이 발생하여 저장조건으로 부적합하다고 판단된다. 따라서 Fuji 사과의 CA 저장조건으로 1% O₂+1% CO₂ 조건이 적합하다고 생각된다.

요 약

무대 및 유대 Fuji 사과의 최적 CA 저장조건을 확립하기 위하여 저장조건에 따른 품질 특성들을 조사하였다. 저장 동안 중량 유지율은 CA저장이 air저장보다 높았으나 CA조건간에는 큰 차이가 없었고, 동일한 저장조건에서 유대가 무대과실 보다 높았다. 과육경도 및 적정산도는 1% O₂ 조건이 3% O₂ 조건 보다 높게 유지하였으며 1% O₂에서는 3% CO₂가 1% CO₂보다 높게 유지하였다. 저장온도 2°C 보다는 0°C에서 높은 과육경도와 적정산도를 유지하였으며, 적정산도의 감소는 유대가 무대과실 보다 빨랐다. 가용성 고형

물의 변화는 무대와 유대과실 및 저장조건에 따른 유의적인 차이가 없었다. 과피색중 ΔE 값은 2°C보다는 0°C에서 3% O₂ 보다는 1% O₂ 조건에서 변화가 적었다. 내부갈변과는 1% O₂일 때 3% CO₂에서 저장 2개월 이내에 발생하였으며 실험년도 및 무대와 유대과실에 따른 뚜렷한 경향은 없었다. 관능검사 결과 모든 평가 항목에서 무대가 유대과실 보다 우수하게 평가되었다. 과실의 hardness, juiciness, acidity 및 overall acceptability는 1% O₂ 저장 과실이 3% O₂ 저장 과실 보다 우수하였으며 1% O₂에서는 0°C와 2°C의 온도차, 1%와 3%의 CO₂에 따른 차이가 없었다. 객관적 품질 특성 유지에 0°C의 1% O₂+3% CO₂가 가장 효과적이었으나 내부갈변과실이 발생할 가능성이 있어서 관능적 품질 평가에서 구별되지 않은 1% O₂+1% CO₂가 Fuji 사과의 CA저장에 적합한 저장조건으로 판단된다.

문 헌

1. Macrae, R., Robinson, R.K. and Sadler, M.J. Apples, Vol. 1, pp. 242-247. In: Encyclopaedia of food science, food technology and nutrition, Academic Press, New York, USA (1993)
2. Kader, A.A. Modified atmospheres during transport and storage. Publication 3311, p. 85-92. In: Postharvest technology of horticultural crops. Kader, A.A. (eds.). Division of agriculture and natural resources, University of California, USA (1992)
3. Lidster, P.D., McRae, K.B. and Sanford, K.A. Responses of 'McIntosh' apples to low oxygen storage. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 106: 159-162 (1981)
4. Chen, P.M., Olsen, K.L. and Meheriuk, M. Effect of low oxygen atmosphere on storage scald and quality preservation of 'Delicious' apples. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 110: 16-20 (1985)
5. Sharples, R.O. Effects of ultra-low oxygen conditions on the storage quality of English Cox's Orange Pippin apples, pp. 131-138. Proceedings of National CA Res. Conf., Oregon State Univ., Corvallis, Oregon, USA (1982)
6. Johnson, D.S. and Ertan, U. Interaction of temperature and oxygen level on the respiration rate and storage quality of Idared apples. J. Hort. Sci. 58: 527-533 (1983)
7. Lange, E. and Fica, J. Storage of Spartan, Melrose and Idared apples in ultra-low oxygen controlled atmospheres. Fruit Science Reports 9: 123-131 (1982)
8. Little, C.R. and Taylor, H.J. Orchard locality and storage factors affecting the commercial quality of Australian 'Granny Smith' apples. J. Hort. Sci. 56: 323-329 (1981)
9. Lau, O.L. Harvest indices, dessert quality, and storability of 'Jonagold' apples in air and controlled atmosphere storage. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 113: 564-569 (1988)

10. Nichols, W.C. and Patterson, M.E. Ethanol accumulation and poststorage quality of 'Delicious' apples during short-term, low-O₂, CA storage. *HortScience* 22: 89-92 (1987)
11. Lau, O.L. Tolerance of three apple cultivars to ultra-low levels of oxygen. *HortScience* 25: 1412-1414 (1990)
12. North, C.J. and Cockburn, J.T. Effects of increase in concentration of carbon dioxide on the storage of 'Cox's Pippin' apples in 1% oxygen. *Rpt. E. Malling Res. Sta.* p. 147 (1977)
13. Couey, H.M. and Olsen, K.L. Storage response of 'Golden Delicious' apples after high-carbon dioxide treatment. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 100: 148-150 (1975)
14. Bramlage, W.J., Bareford, P.H., Blanpied, G.D., Dewey, D.H., Taylor, S., Porritt, S.W., Loughheed, E.C., Smith, W.H. and McNicholas, F.S. Carbon dioxide treatments for 'McIntosh' apples before CA storage. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 102: 658-662 (1977)
15. Chung, H.S., Chung, S.K., Sohn, T.H. and Choi, J.U. Determination on the optimal harvest date of apples for CA storage. *Korean J. Postharvest Sci. Technol.* 1: 29-36 (1994)
16. Saltveit, Jr. M.E. Procedures for extracting and analyzing internal gas samples from plant tissues by gas chromatography. *HortScience* 17: 878-881 (1982)
17. Meigh, D.E. and Reynolds, J. Effect of low concentrations of oxygen on the production of ethylene and on other ripening changes in apple fruit. *J. Sci. Food. Agric.* 20: 225-228. (1969)
18. Liu, Y., Wu, Y.M. and Hua, X. Effects of storage conditions on ethylene biosynthesis in apple fruits. *Hort-science* 26: 696 (1991)
19. Makhlof, J., Willemot, C., Arul, J., Castaigne, F. and Emond, J.P. Regulation of ethylene biosynthesis in broccoli flower buds in controlled atmospheres. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 114: 955-958 (1989)
20. Kader, A.A. Biochemical and physiological basis for effects of controlled and modified atmospheres on fruits and vegetables. *Food Technol.* 40: 99-104 (1986)
21. Sastry, S.K., Baird, C.D. and Buffington, D.E. Transpiration rates of certain fruits and vegetable. *ASHRAE Transactions* 84: 237-255 (1978).
22. Wu, Q., Szakacs-Dobozi, M., Hemmat, M. and Hrazdina, G. Endopolygalacturonases in apple (*malus domestica*) and its expression during fruit ripening. *Plant Physiol.* 102: 219-225 (1993)
23. Yoshioka, H., Aoba, K. and Kashimura, Y. Molecular weight and degree of methoxylation in cell wall polyuronide during softening in pear and apple fruit. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 117: 600-606 (1992)
24. Wallner, S.J. Apple fruit β -galactosidase and softening in storage. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 103: 364-366 (1978)
25. Yamauchi, N. and Watada, A.E. Pigment changes in parsley leaves during storage in controlled or ethylene containing atmosphere. *J. Food Sci.* 58: 616-619. (1993)
26. Barmore, C.R. Effect of ethylene on chlorophyllase activity and chlorophyll content in calamondin rind tissue. *Hortscience* 10: 595-598 (1975)
27. Meheriuk, M., Prange, R.K., Lidster, P.D. and Porritt, S.W. Postharvest disorders of apples and pears. pp. 18. *Agriculture Canada Publication, Canada* (1994)

(1999년 5월 26일 접수)