

## CA 저장 사과 'Fuji'의 Shelf-life

정 헌 식 · 정 신 교 · 최 종 욱  
경북대학교 식품공학과

### Shelf-life of 'Fuji' apples after CA storage at different temperature

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

*Department of Food Science & Technology, Kyungpook National University*

#### Abstract

This study was conducted to estimate the shelf-life of 'Fuji' apples (*Malus domestica* Borkh.) after CA storage. Apples stored in 1%O<sub>2</sub>+3%CO<sub>2</sub>, 2%O<sub>2</sub>+3%CO<sub>2</sub> and 3%O<sub>2</sub>+3%CO<sub>2</sub> at 2°C and 4°C for 8 months were stored in air at 10°C, 80-85% RH for 16days. As a result of objective analysis, apples stored at 2°C were more effective in retarding the loss of weight, flesh firmness, titratable acidity and peel color than those stored at 4°C, but not the loss of soluble solid. Among storage atmospheres, 1%O<sub>2</sub>+3%CO<sub>2</sub> at 2°C was more effective in retarding the loss of flesh firmness and green color than other atmospheres. Shelf-life of apples kept at 2°C estimated above 16 days. The contents of acetaldehyde and ethanol were not observed to make large difference between storage conditions, but ethanol content of apples stored in 3%O<sub>2</sub>+3%CO<sub>2</sub> at 4°C was increased slightly for 16 days. According to sensory evaluations, apples stored at 2°C were significantly harder, juicier and more acid than those stored at 4°C. Particularly, high scores of apples stored in 1% and 2%O<sub>2</sub>+3%CO<sub>2</sub> at 2°C persisted for 16 days. Juiciness, hardness, acidity and sweetness were related to the flesh firmness and titratable acidity. Overall acceptability was closely related to juiciness and hardness.

**Key words :** *Malus domestica*, controlled atmosphere storage, shelf-life

#### 서 론

사과는 수확 직후나 저장 후 대부분 신선한 생체 상태로 유통되며, 소비 유형도 생과실이 차지하는 비율이 높기 때문에 유통 과정에서 발생하는 품질 저하를 억제시켜 고품질 유지와 저장 후 Shelf-life을 연장하는데 많은 어려움이 있다. 생과실 상태의 유통 기간은 단기간으로 제한을 받기

때문에 수확 직후 대량으로 유통시키는 것보다 일정 기간 저장을 한 후 적절한 조건으로 유통시키는 것이 수급 조절에 효율적인 방법이라 하겠다.[1]

저장 후 유통중 Shelf-life에 영향을 미치는 요인으로는 수확시 사과 자체의 특성, 저장 방법 및 유통 중 환경 조건 등이 있으며, 수확시 사과 자체의 특성은 재배 상의 문제이고, 저장 방법과 유통

통중 환경 조건은 인위적으로 조절 가능한 요인들이라 할 수 있다.

저장 후 Shelf-life와 가장 밀접한 관계가 있는 것은 저장 방법이라 할 수 있으며, 보편적으로 사용하고 있는 저온(air) 저장법은 과실의 품질 저하와 부패 현상을 장기간 억제하는데 불충분하기 때문에 여러 가지의 저장법 중 다양한 측면에서 저온 저장과 병행하여 저장고 내의 기체 조성비를 조절하면서 저장하는 CA(Controlled Atmosphere)저장법이 가장 우수한 방법으로 인정받고 있다.[2,3] 사과와 CA저장에 대한 연구로는 'Golden Delicious',[4,5] 'Delicious',[6] 'Mcintosh',[7,8] 'Cox's orange pippin',[9,10] 'Spartan',[11] 'Granny Smith'[12] 및 'Idared'[13]등 여러 품종에 관해서는 많은 연구 결과가 보고된 바 있으나 국내에서 가장 많이 생산되고 있는 Fuji품종은 정 등[14]의 보고 외에는 거의 없는 실정이다.

고품질의 사과를 장기간 유지하였다 해도 유통 조건이 부적합할 경우 Shelf-life가 단축된다. 특히 CA 저장 사과는 저장고에서 출고 후 정상적인 대기 조성 하에서 호흡 작용을 계속하므로 급격한 품질 열화를 수반할 가능성이 크다. 따라서 저장 후 유통시 환경 조건도 저장방법에 못지 않게 중요하다. 유통 과정 중 조절 가능한 조건으로는 저장 조건과 마찬가지로 기체 조성비, 온도 및 상대 습도 등이 있으나 실용적인 측면에서 온도와 상대 습도로 한정되고 있다. CA저장한 Fuji 사과의 품질 변화에 대한 연구로는 경도 변화[15]에 관한 것이 있으나 그 외의 부분에서는 아주 미비하다. 그리고 Shelf-life에 영향을 미치는 요인들에 대한 연구와 요인들 중 CA저장 조건에 따른 저장 후 유통 과정중 전반적인 품질 특성의 유지 정도를 고려한 Shelf-life 평가에 대한 연구도 거의 없는 실정이다.

이에 본 연구는 각기 다른 조건에서 CA 저장한 'Fuji' 사과를 소정의 온도와 상대 습도 하에서 저장을 하면서 품질 변화를 물리화학적인 방법과 관능검사법으로 측정하고 품질 특성 상호간에 연관성을 조사하여 Shelf-life를 평가하기 위한 목적으로 실시하였다.

## 재료 및 방법

### 실험재료

경북 영천군 소재 과수원에서 'Fuji'사과를 수확하여 8개월 동안 CA 저장을 한 후 외관상 장해가 나타나지 않은 건전한 과실을 본 실험의 재료로 사용하였다. CA 저장에 사용한 저장조건은 저장 온도를 2°C와 4°C로 하고 기체조성비는 1%O<sub>2</sub>+3%CO<sub>2</sub>, 2%O<sub>2</sub>+3%CO<sub>2</sub> 및 3%O<sub>2</sub>+3%CO<sub>2</sub>로한 총6조건으로 하였으며, 상대 습도는 90-95%이었다. 저장 설비와 저장 조건 유지 방법은 정 등[14]이 보고한 것과 동일한 설비와 방법으로 실시하였다.

### 실험조건

저장 후 Shelf-life 평가를 위한 저장 조건은 10°C의 온도와 상대 습도는 80-85%, 대기 조성은 air를 사용하였다. 평가 기간은 16일 동안이었으며 4일마다 품질 변화를 측정하였다. 온도를 10°C로 선택한 이유는 상업적으로 청과물을 전시 판매하는데 사용하는 판매대의 온도가 8-12°C이기 때문에 저장 온도를 10°C로 하였다.

### 중량감소율

중량 감소율은 수확 직후 사과의 중량에서 측정시 중량을 뺀 값을 저장 전 중량에 대한 총감소 중량의 백분율로 나타내었다.

### 과육경도

과육경도는 사과 적도 부위의 음광, 양광 및 중간 지점을 선택하여 1.5-2cm 직경의 원형으로 과피를 제거한 후 직경 11mm probe가 부착된 Effegi penetrometer(Mod. FT327, Italy)를 사용하여 측정하였다.

### 적정산도

적정 산도의 측정은 과육부를 마쇄, 여과한 후 일정량을 취해 0.1N NaOH로 pH 8.1까지 적정하여 소비된 양을 Malic acid로 환산하여 나타내었다.

**가용성 고형물**

가용성 고형물은 과육을 착즙한 후 과즙을 Abbe refractometer (Bellingham Stanley Co., Mod. 60/70, U.K)를 사용하여 측정하였다.

**과피색**

과피색은 과피 중에 적색 끼가 없는 녹색 지점을 설정한 후 Chromameter (Minolta Co., Mod. CR-200, Japan)를 사용하여 Hunter color system인 a(-) 및 b(+)값을 측정하였다. 색 변화는 CA 저장 직후의 값을 기준색으로하여  $\Delta a$ 와  $\Delta b$ 로 나타내었다.

**아세트알데하이드 및 에탄올**

과육속의 아세트알데하이드와 에탄올 함량 분석은 과육부 일정량을 마쇄한 후 증류 플라스크에 넣고 증류하여 일정량의 증류액을 받아 Gas chromatography (Mod. Pye unicom series 304, U.K)를 사용하여 분석하였다. 이때 사용한 컬럼과 온도는 Porapak Q, 150°C이었고 검출기는 F.I.D.를 사용하였으며, 운반가스는 질소(30ml/min)를 사용하였다.

**관능검사**

관능검사는 경북대학교 식품공학과 학생으로 남녀 각각 4명씩 8명을 관능검사 요원으로 선발하여 Hardness, Juiciness, Acidity, Sweetness 및 Overall acceptability를 9점 채점법을 사용하여 실시하였으며 시료간에 유의성 검정을 하였다.

**통계처리**

실험 자료의 통계처리는 SPSS/PC+ Package를 이용하여 분산분석과 상관분석을 하였다.

**결과 및 고찰**

**객관적 품질 특성의 변화**

CA 저장 조건에 따른 사과의 Shelf-life를 조사하기 위해서 10°C, normal air에서 16일간 저장하면서 외관 손실의 주된 원인 중의 하나인[16] 중

량감소율을 측정한 결과는 Fig.1과 같다. CA 저장한 조건에 따라 각기 다른 중량 감소를 하였다. 전반적으로 4°C에서 저장한 사과가 2°C에서 저장한 사과보다 약간 빠른 속도로 중량 감소를 하였으며, 각 온도에서 기체 조성비에 따른 효과는 뚜렷하게 나타나지 않았다. 2°C에서 저장한 사과는 16일간 저장 후에도 수확 직후의 중량에 대한 감소가 4%이하를 유지하였으나, 4°C에서 저장한 사과는 저장 12일에서부터 4°C이상의 중량 감소를 하면서 과피에 위조 현상이 나타나는 것이 관찰되었다. 이와같은 결과로 미루어 볼 때 저장 후 유통기간중 중량변화에 저장 조건의 효과가 지속되고, 4°C보다 2°C의 저장 조건이 중량 감소의 억제에 효과적이라는 것을 알 수 있으며, 과피의 위조가 나타나는 시기를 Shelf-life의 제한점으로 하여 Shelf-life를 평가할 때 4°C에서 저장한 사과는 8-12일 정도이고 2°C에서 저장한 사과는 16일 이상으로 판단되었다.

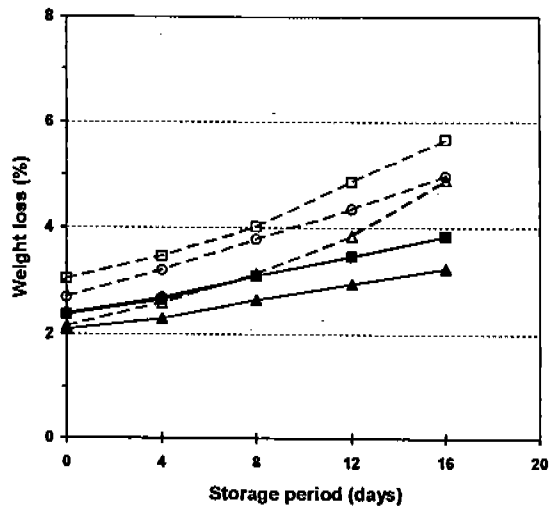


Fig. 1 Changes in weight loss of CA stored 'Fuji' apples during storage in air at 10°C  
 2°C : ●; 1%O<sub>2</sub>+3%CO<sub>2</sub>, ■; 2%O<sub>2</sub>+3%CO<sub>2</sub>, ▲; 3%O<sub>2</sub>+3%CO<sub>2</sub>  
 4°C : ○; 1%O<sub>2</sub>+3%CO<sub>2</sub>, □; 2%O<sub>2</sub>+3%CO<sub>2</sub>, △; 3%O<sub>2</sub>+3%CO<sub>2</sub>

각기 다른 저장 조건에서 저장한 사과의 과육 정도의 변화를 측정된 결과는 Fig.2와 같으며, 전

반적으로 2°C에서 저장한 사과가 4°C에서 저장한 사과보다 경도 감소율이 적었으나, 각 온도에서 기체 조성비에 따른 감소 속도의 차이는 뚜렷하게 나타나지 않았다. CA 저장 직후에 높은 과육 경도를 유지한 사과가 저장 16일 후에도 최고의 과육경도를 유지했다. 2°C, 1%O<sub>2</sub>+3%CO<sub>2</sub> 저장 조건에서 저장한 사과가 가장 높은 경도를 유지했으며, 4°C, 3%O<sub>2</sub>+3%CO<sub>2</sub>의 저장 조건이 가장 낮은 과육경도를 유지했다. 이는 저온, 저 산소 조건이 과육의 연화대사와 관계가 있는 호흡작용, 에틸렌의 생산과 작용[17] 그리고 세포벽의 분해 등과 같은 여러 가지 대사 활동을 억제하였기 때문이라 사료된다.[18,19]

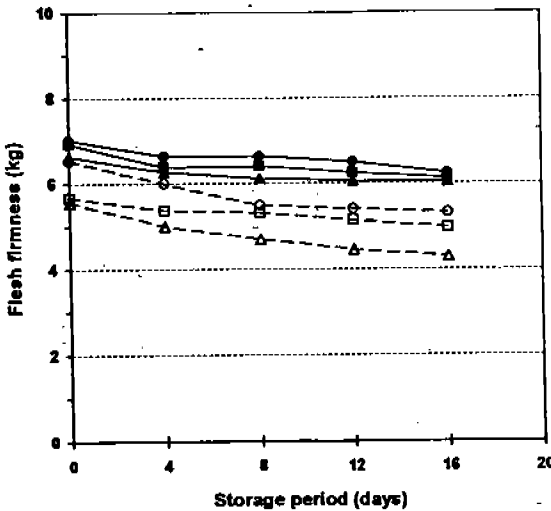


Fig. 2 Changes in flesh firmness of CA stored 'Fuji' apples during storage in air at 10°C

●, ■, ▲, ○, □, △ : Same as Fig.1

적정 산도의 변화를 측정된 결과는 Fig.3에 나타났다. 모든 저장 조건에서 저장한 사과가 시간이 지남에 따라 약간씩 감소하는 경향을 나타내었으나 저장 조건에 따른 감소 속도의 차이는 뚜렷하게 나타나지 않았다. 그러나 CA저장에 따른 잔존 효과가 지속되어 CA저장 직후에 가장 높은 적정산도를 유지한 사과가 저장 16일 후에도 역시 높은 적정산도를 유지했다. 2°C, 1,2%O<sub>2</sub>+3%CO<sub>2</sub>의 두 조건에서 저장한 것이 큰 차이없이 가

장 높은 적정산도를 유지했으며, 두 번째로 높은 적정산도를 유지한 저장조건은 2°C, 3%O<sub>2</sub>+3%CO<sub>2</sub>와 4°C, 1%O<sub>2</sub>+3%CO<sub>2</sub>이었다. 그리고 4°C, 3%O<sub>2</sub>+3%CO<sub>2</sub>에서 저장한 사과가 가장 낮았다. 이는 유기산 분해대사에 저온과 저 산소가 상호 연관하여 억제 효과를 나타냈기 때문이라 사료된다. 'Fuji'사과의 적정산도가 0.2%이하로 감소되면 현격한 식미의 저하가 따른다는 것[20]을 기준으로 Shelf-life를 평가하면 4°C, 2%O<sub>2</sub>+3%CO<sub>2</sub>조건에서 저장한 사과는 저장12일까지 이었으며, 4°C, 3%O<sub>2</sub>+3%CO<sub>2</sub>에서 저장한 사과는 저장 4일째 이미 0.2% 이하로 나타나서 Shelf-life를 상실하였다. 이외의 저장 조건에서 저장한 사과는 저장 16일 이후에도 0.2%이상을 유지했다.

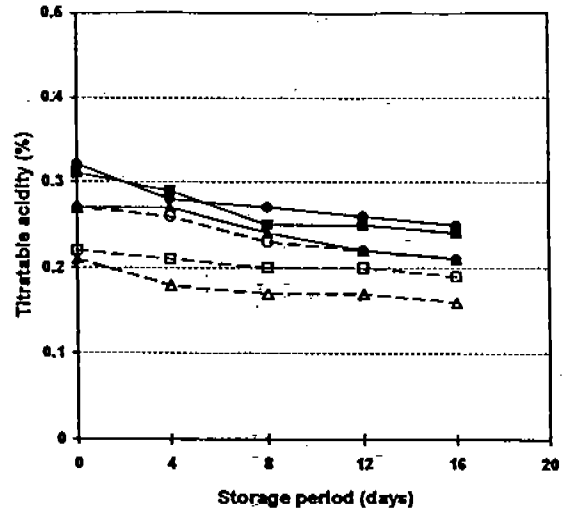


Fig. 3 Changes in titratable acidity of CA stored 'Fuji' apples during storage in air at 10°C

●, ■, ▲, ○, □, △ : Same as Fig.1

과실의 가용성 고형물의 함량은 저장 동안 호흡 기질로 사용되어 소실되기도 한다고 하지만 [21], 본 실험에서는 저장 기간이 경과함에 따라 Fig.4와 같이 저장한 조건 별로 뚜렷한 변화 경향을 나타내지 않았다. 모든 CA 저장 조건에서 저장한 사과의 가용성 고형물의 함량은 16일간 저장 동안 약 13.3-14.3%를 유지했다.

작용이 억제되었고[23] 이러한 효과가 CA저장 후에도 지속되었기 때문이라 생각된다.

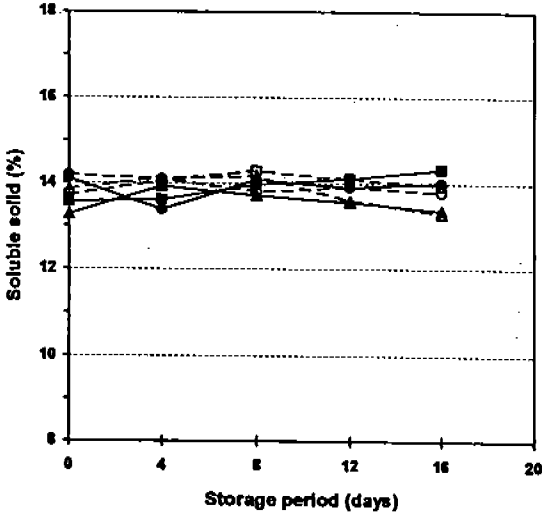


Fig. 4 Changes in soluble solid of CA stored 'Fuji' apples during storage in air at 10°C

●, ■, ▲, ○, □, △ : Same as Fig.1

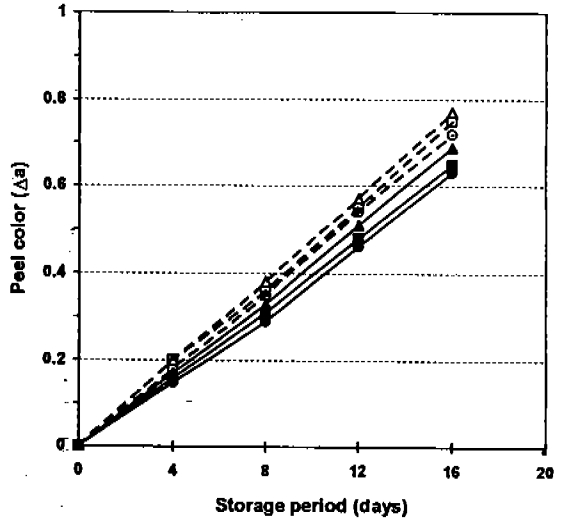


Fig. 5 Changes in peel color(Δa) of CA stored 'Fuji' apples during storage in air at 10°C

●, ■, ▲, ○, □, △ : Same as Fig.1

과피색 중 chlorophyll의 손실 정도와 관계가 있는 green color[22]를 나타내는 a(-)값의 변화는 Fig.5에 나타냈다. 모든 저장 조건에서 저장한 사과가 저장 일수가 길어짐에 따라 거의 선형적으로 증가 하였다. 저장한 온도에 따라 비교하면 4°C에서 저장한 사과가 2°C에서 저장한 사과보다 약간 많은 증가를 했다. Yellow color의 변화를 나타내는 b(+ )값의 변화는 Fig.6과 같으며, 저장한 온도간의 차이는 2°C보다 4°C에서 저장한 사과가 많은 증가를 하였다. 4°C에서 저장한 사과의 증가폭은 저장12일째까지 2°C에서 저장한 사과보다 약 2배정도 많이 증가하였으며 저장 8일에서 12일까지는 거의 비슷하게 증가하다가 12일 이후부터는 증가폭이 현격하게 줄어들어 2°C에서 저장한 사과의 증가폭보다 오히려 적었다. 각 온도에서 기체 조성비에 따른 차이는 산소의 농도가 가장 낮은 1%에서 저장한 것이 b값의 증가폭이 가장 적었다. CA저장 조건중 저장 후 a와 b값의 변화를 가장 적게 하는 조건은 2°C, 1%O<sub>2</sub>+3%CO<sub>2</sub>이었으며, 이러한 저장 조건에서 저장한 사과가 과피의 녹색의 변화가 최소인 것은 CA저장 동안 엽록소의 분해에 영향이 있는 에틸렌의 생성과

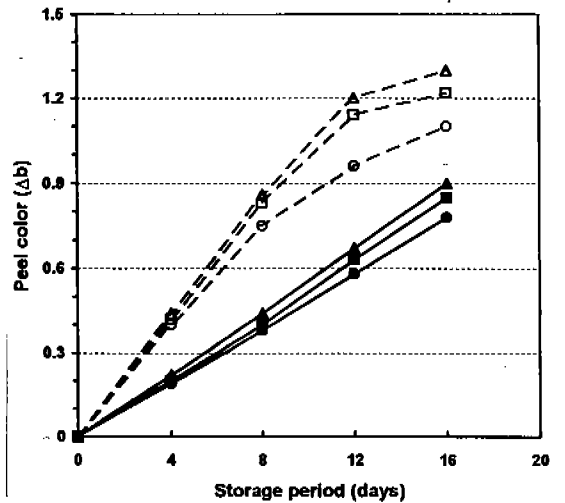


Fig. 6 Changes in peel color(Δb) of CA stored 'Fuji' apples during storage in air at 10°C

●, ■, ▲, ○, □, △ : Same as Fig.1

저장 8일과 16일에 과육속의 아세트알데하이드 및 에탄올의 함량을 측정한 결과는 Fig.7과 같다. 적량이 축적될 경우 사과 조직에 장해를 일으키는 것으로[24] 알려진 아세트알데하이드의 함량은 저장한 조건과 저장 기간에 따른 큰 차이와 변화를 나타내지 않았고 이로 인한 어떠한 장해 현상도 나타나지 않았다. 에탄올의 함량은 저장 8

일째까지는 모든 사과가 큰 차이를 나타내지 않았으나, 저장16일에는 대부분의 저장 조건에서 저장한 사과는 큰 변화가 없었으나, 4°C, 3%O<sub>2</sub>+3%CO<sub>2</sub> 저장 조건에서 저장한 사과만이 8일 보다 약 3.5배정도 증가한 것으로 나타났다. 이처럼 에탄올의 함량이 증가한 것은 노화에 의한 부패과정이 시작되었기 때문이라고 생각된다.

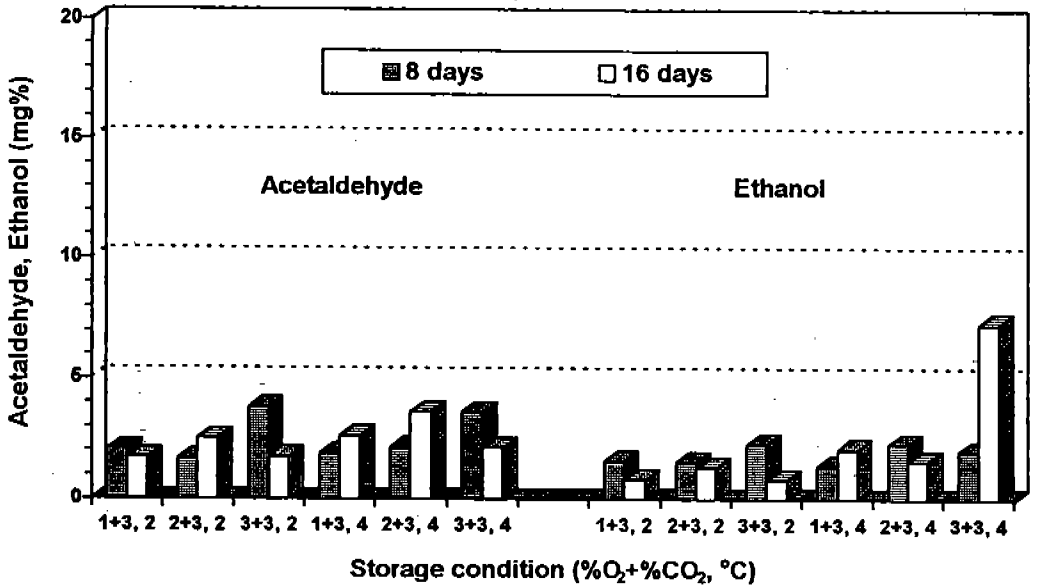


Fig. 7 Changes in acetaldehyde and ethanol contents of CA stored 'Fuji' apples during storage in air at 10°C

관능적 특성의 변화

CA 저장 조건이 저장 후 관능적 특성에 미치는 영향과 Shelf-life를 조사하기 위해 CA 저장 직후와 10°C, air에서 저장16일 후에 사과의 hardness, juiciness, acidity, sweetness, 및 전체적인 기호도에 대해서 실시한 관능검사와 유의성 검정을 한 결과는 Table 1과 같다. CA 저장 직후의 hardness는 2°C에서 저장한 사과는 기체 조성비 간에 유의적인 차이 없이 '좋다'이상으로 평가되었지만, 4°C에서 저장한 사과는 기체 조성비 간에 유의적인 차이를 나타내면서 '약간좋다'이하로 평가되었다. 특히 4°C, 3%O<sub>2</sub>+3%CO<sub>2</sub>에서 저장한 사과는 '약간 나쁘다'이하로 평가되었다. 저장16일 후의 hardness도 CA 저장 직후와 큰 차이를 나타내지 않았다. 이러한 결과는 CA 저장 조건이 저장 후에도

관능적 특성인 hardness의 유지에 영향을 미쳤기 때문이라 생각된다.

CA 저장 직후와 저장16일 후의 juiciness는 hardness에 대한 평가와 비슷하게 2°C에서 저장한 사과는 저장 기간에 따른 변화와 기체 조성비 간에 유의적인 차이 없이 '좋다'로 평가되었고, 4°C에서 저장한 사과는 산소농도 1%와 2%는 유의적인 차이가 없었으나 3%는 유의적인 차이를 나타내면서 '약간 나쁘다'로 평가되었다.

Acidity도 CA 저장 직후에서부터 저장 16일까지 큰 변동 없이 2°C에서 저장한 사과는 기체 조성비 간에 유의적인 차이 없이 '약간 좋다'이상으로 평가되었고, 4°C에서 저장한 사과는 조건별 약간의 유의적인 차이를 보이면서 '보통이다'이하로 평가되었다. Sweetness는 CA 저장 직후와 저장 16일에

모든 저장한 조건간에 뚜렷한 차이가 없었다.

전체적인 기호로도 CA저장 직후에는 2°C, 2% O<sub>2</sub>+3%CO<sub>2</sub>에서 저장한 사과가 가장 좋게 평가되었으나 16일 후에는 2°C, 1%O<sub>2</sub>+3CO<sub>2</sub>에서 저장한 사과가 가장 좋게 평가되었다.

전반적인 관능적 특성이 4°C보다 2°C에서 저장한 사과가 우수하게 평가되었으며, 특히 1%O<sub>2</sub>+3

%CO<sub>2</sub>와 2%O<sub>2</sub>+3%CO<sub>2</sub>의 기체 조성비가 다른 저장 조건과 유의적인 차이를 나타내면서 우수하게 평가되었다. 이러한 조건에서 저장한 사과는 10°C에서 16일 동안 저장해도 급격한 품질저하 없이 고품질을 유지하면서 Shelf-life는 16일 이상으로 연장될 수 있다고 판단된다.

Table 1. Sensory evaluation scores of CA stored 'Fuji' apples during storage at 10°C

| Storage Condition |   |   | Hardness                        |                   | Juiciness        |                   | Sweetness         |                    | Acidity           |                   | Overall. <sup>1)</sup> |                   |
|-------------------|---|---|---------------------------------|-------------------|------------------|-------------------|-------------------|--------------------|-------------------|-------------------|------------------------|-------------------|
| Temp. (°C)        | Gas composition (%O <sub>2</sub> + %CO <sub>2</sub> ) |   | Storage period (days)           |                   |                  |                   |                   |                    |                   |                   |                        |                   |
|                   |   |   | 0                               | 16                | 0                | 16                | 0                 | 16                 | 0                 | 16                | 0                      | 16                |
| 2                 | 1   | 3 | <sup>2)</sup> 2.7 <sup>ab</sup> | 2.8 <sup>a</sup>  | 2.8 <sup>a</sup> | 2.9 <sup>a</sup>  | 3.8 <sup>ab</sup> | 3.8 <sup>a</sup>   | 3.6 <sup>a</sup>  | 3.3 <sup>a</sup>  | 3.4 <sup>ab</sup>      | 3.3 <sup>a</sup>  |
|                   | 2   | 3 | 2.7 <sup>a</sup>                | 2.9 <sup>a</sup>  | 2.9 <sup>a</sup> | 2.9 <sup>a</sup>  | 3.1 <sup>a</sup>  | 3.6 <sup>a</sup>   | 3.1 <sup>a</sup>  | 3.3 <sup>a</sup>  | 2.6 <sup>a</sup>       | 4.1 <sup>ab</sup> |
|                   | 3   | 3 | 2.8 <sup>a</sup>                | 3.7 <sup>ab</sup> | 3.2 <sup>a</sup> | 3.4 <sup>ab</sup> | 4.3 <sup>ab</sup> | 4.0 <sup>ab</sup>  | 3.4 <sup>a</sup>  | 4.1 <sup>ab</sup> | 3.9 <sup>b</sup>       | 3.8 <sup>a</sup>  |
| 4                 | 1   | 3 | 5.3 <sup>c</sup>                | 4.2 <sup>b</sup>  | 4.4 <sup>b</sup> | 4.1 <sup>bc</sup> | 5.1 <sup>bc</sup> | 4.5 <sup>ab</sup>  | 5.6 <sup>bc</sup> | 4.5 <sup>b</sup>  | 4.4 <sup>b</sup>       | 4.1 <sup>ab</sup> |
|                   | 2   | 3 | 4.0 <sup>b</sup>                | 4.1 <sup>b</sup>  | 5.1 <sup>b</sup> | 4.6 <sup>c</sup>  | 4.8 <sup>bc</sup> | 4.2 <sup>ab</sup>  | 4.6 <sup>b</sup>  | 4.9 <sup>bc</sup> | 3.6 <sup>ab</sup>      | 4.3 <sup>ab</sup> |
|                   | 3   | 3 | 6.4 <sup>d</sup>                | 5.8 <sup>c</sup>  | 6.4 <sup>c</sup> | 5.6 <sup>d</sup>  | 5.7 <sup>c</sup>  | 4.6 <sup>abc</sup> | 6.1 <sup>cd</sup> | 5.8 <sup>c</sup>  | 5.8 <sup>c</sup>       | 5.3 <sup>b</sup>  |

<sup>1)</sup> Overall acceptability.

<sup>2)</sup> Each value represents the mean of the ratings by 8 judges using a 9-point scale(1=extremely like, 9=extremely dislike).

<sup>3)</sup> Means in a column followed by the same letter are not significantly different(P<0.05) by Duncan's test.

#### 객관적 품질 특성과 관능적 특성의 상관관계

'Fuji'사과를 CA저장한 후 10°C에서 16일 동안 저장하면서 측정된 객관적 품질 특성과 관능적 특성간의 상호 연관성을 보기 위해 상관분석을 하여 얻은 상관계수는 Table 2와 같다. 관능적 특성과 상관성을 가지는 객관적 특성은 과육경도와 적정산도뿐이었다. 과육경도는 조직감을 의미하는 hardness와 juiciness[25], 그리고 acidity와 1%수준에서 상관관계를 나타내었고, 적정산도는 juici-

ness, hardness, acidity 및 sweetness와 1%수준에서 상관성이 있었다. 그 외의 상관계수가 낮은 특성들은 상호 연관해서 어떠한 관능적 풍미에 영향을 미쳤다고 생각된다. Air저장에 비해 CA저장이 가지는 장점 중에 하나가 객관적 특성인 과육경도와 적정 산도의 감소를 억제하는 것이기 때문에, 장기간 CA저장 후에 유통시키는 것은 소비자들의 기호 충족에도 효과적이라고 사료된다.

Table 2. Correlation coefficients between objective quality characteristics and sensory characteristics of CA stored 'Fuji' apples

| Objective characteristics | Sensory characteristics |           |          |           |
|---------------------------|-------------------------|-----------|----------|-----------|
|                           | Hardness                | Juiciness | Acidity  | Sweetness |
| Flesh firmness            | 0.6536**                | 0.6783**  | 0.6406** | 0.4578*   |
| Titrateable acidity       | 0.6408**                | 0.6730**  | 0.6238** | 0.4761**  |
| Soluble solid             | 0.1434                  | 0.1252    | 0.2538   | 0.1222    |
| Weight loss               | 0.2057                  | 0.1774    | 0.1515   | 0.0414    |

\* : Significant at 5% level

\*\* : Significant at 1% level

전체적인 기호도와 각 품질 특성간의 상관관계는 Table 3과 같으며, 객관적 특성 중에서는 적정 산도가 가장 높은 상관관계를 나타내었으며 그 다음으로 과육경도 이었다. 가용성고형물과 중량 감소는 거의 상관관계를 나타내지 않았다. 그리고

관능적 특성 중에서는 juiciness, hardness, sweetness, acidity순으로 상관관계를 나타내었다. 전 품질특성중 전체적인 기호도와 비교적 밀접한 관계를 가지는 것은 juiciness와 hardness이었다.

Table 3. Correlation coefficients between overall acceptability and quality characteristics of CA stored 'Fuji' apples

| Characteristics    | Overall acceptability |
|--------------------|-----------------------|
| Flesh firmness     | 0.5986*               |
| Titratable acidity | 0.6691**              |
| Soluble solid      | 0.0218                |
| Weight loss        | 0.1969                |
| Hardness           | 0.8065**              |
| Juiciness          | 0.8267**              |
| Acidity            | 0.7586**              |
| Sweetness          | 0.7610**              |

\* : Significant at 1% level

\*\* : Significant at 0.1% level

이상의 모든 실험 결과를 종합해 볼 때, CA저장 조건이 저장 후의 Shelf-life유지에 아주 중요한 요인으로 확인되었다. 즉, 최적의 저장 조건은 저장 중의 품질유지만 아니라 저장 후의 품질 유지에도 영향을 미쳐 Shelf-life를 연장시킬 수 있는 것으로 생각된다. 그리고 CA저장 조건과 무관한 상태에서는 저장 후의 온도와 상대 습도가 Shelf-life유지에 영향을 미칠 것이라 생각되지만, 본 실험에서는 온도 10°C, 상대 습도 80-85%로 고정하였기 때문에 다른 조건과의 비교는 할 수 없었다. 'Fuji'사과의 저장 후 Shelf-life를 연장하기 위해서는 최적의 CA저장 조건 확립과 유통 환경 조건에 대한 보다 광범위한 연구가 필요하다고 생각된다.

## 요 약

CA저장한 'Fuji'사과의 Shelf-life를 조사하기 위

해 저장 온도 2°C와 4°C에 기체 조성비는 이산화탄소를 3%로 고정시키고 산소의 농도를 1%, 2% 및 3%로 구분하여 8개월 동안 저장한 사과를 온도 10°C, 상대습도 80-85%에서 16일간 저장을 하면서 객관적 품질 특성과 관능적 특성의 변화와 품질 특성 상호간에 연관성을 조사하였다. 품질 유지 정도는 CA저장에 사용한 저장 조건에 따라 차이가 있었으며, 전반적으로 4°C보다 2°C가 저장 후 사과의 품질 손실을 억제하는 효과가 좋았으며, 각 온도에서 기체 조성비에 의한 차이는 산소의 농도가 낮은 상태에서 저장한 것일수록 고품질을 유지하였다. 객관적인 품질 특성 중에는 중량, 과육경도, 적정산도 및 과피의 푸른색의 손실 억제에 효과적이었으나, 가용성 고형물에는 효과가 없었다. 중량 감소에 따른 Shelf-life는 4°C에서 저장한 사과는 8-12일로 2°C에서 저장한 사과는 16일 이상으로 평가되었고, 적정산도에 의한 평가는 4°C, 2, 3%O<sub>2</sub>+3%CO<sub>2</sub>조건을 제외한 다른 저장조건에서 저장한 사과는 16일 이상이었다. 아세



트알데하이드 및 에탄올의 함량은 저장한 조건에 따른 뚜렷한 차이를 나타내지 않았으며, 4%, 3% O<sub>2</sub>+3%CO<sub>2</sub>조건에서 저장한 사과만이 16일에 에탄올의 함량이 약간 증가하였다. 관능적 특성중 hardness, juiciness, acidity가 2°C에서 산소 농도 1%와 2%로 하여 저장한 사과가 타조건에서 저장한 사과와 유의적인 차이를 보이며 높게 평가되며 16일 동안 지속되었다. 관능적 특성과 상관관계가 있는 객관적 특성은 과육경도와 적정산도이었고, 전체적인 기호도는 juiciness, hardness, sweetness, acidity, 적정산도 및 과육경도 순으로 높은 상관성을 나타냈다.

## 참 고 문 헌

1. 박무현(1994) 과실 채소류의 저장유통현황. 농산물저장유통학회지, 1, 67-79.
2. Sharples, R.O. and J. R. Stow (1982) Recommended conditions for the storage of apples and pears: Rpt. E.Malling Res. Sta. 1981, p.199-202.
3. A. B. Truter, G. J. Eksteen and Anna J. M. Vanderwesthuizen (1982) Controlled atmosphere storage of apples. The deciduous fruit grower, June. 226-237.
4. O. L. Lau (1985) Storage procedures, low oxygen, and low carbon dioxide atmospheres on storage quality of 'Golden Delicious' and 'Delicious' apples. J. Amer. Soc. Hort. Sci., 110, 541-547.
5. O. L. Lau, N. E. Looney (1982) Improvement of fruit firmness and acidity in controlled-atmosphere stored 'Golden Delicious' apples by a Rapid O<sub>2</sub> reduction procedure. J. Amer. Soc. Hort. Sci., 107, 531-534.
6. P. M. Chen, K. L. Olsen and M. Meheriuk (1985) Effect of low oxygen atmosphere on storage scald and quality preservation of 'Delicious' apples. J. Amer. Soc. Hort. Sci., 110, 16-20.
7. P. D. Lidster, K. B. McRae and Katherine A. Sanford : (1981) Responses of 'Mcintosh' apples to low oxygen storage. J. Amer. Soc. Hort. Sci., 106, 159-162.
8. O. L. Lau, R. Yastremski and M. Meheriuk (1987) Influence of maturity, storage procedure, temperature, and oxygen concentration on quality and disorders of 'Mcintosh' apples, J. Amer. Soc. Hort. Sci., 111, 93-99.
9. Sharples, R. O. (1982) Effects of ultra-low oxygen conditions on the storage quality of English Cox's orange pippin apples. Proceedings of 1981 National C.A. Research Conference, Oregon State Univ., Corvallis, Oregon, USA, p.131-138
10. S. M. Smith (1984) Improvement of aroma of Cox's orange pippin apples stored in low oxygen atmospheres. J. Hort. Sci., 59, 515-522.
11. O. L. Lau (1983) Effects of storage procedures and low oxygen and carbon dioxide atmospheres on storage quality of 'Spartan' apples. J. Amer. Soc. Hort. Sci., 108, 953-957.
12. C. R. Little, J. D. Faragher and H. J. Taylor (1982) Effects of initial oxygen modified atmosphere storage of 'Granny Smith' apples. J. Amer. Soc. Hort. Sci., 107, 320-323.
13. D. S. Johnson, U. Ertan (1983) Interaction of temperature and oxygen level on the respiration rate and storage quality of Idared apples. J. Hort. Sci., 58, 527-533.
14. 정현식, 정신교, 손태화, 최종욱 (1994) CA저장을 위한 사과의 최적 수확시기 결정. 농산물저장유통학회지, 1, 29-36.
15. Dong-Man Kim and Hyun-Kyung Shin (1986) Changes in firmness of apples during exposure to room temperature after CA storage. J. Korean Soc. Food Nutr., 15, 9-10.
16. Adel A, kader (1986) Biochemical and Physiological basis for effects of controlled and modified atmospheres on fruits and vegetables. Food Tech., May., 99-104.
17. O. L. Lau, Y. Liu and S. F. Yang (1984) Influence of storage atmospheres and procedures on 1-aminocyclopropane-1-carboxylic acid concen-

- tration in relation to flesh firmness in 'Golden delicious' apple. Hort. Science, 19, 425-426.
18. Stephen J. Wallner (1978) Apples fruit  $\beta$ -galactosidase and softening in storage. J. Amer. Soc. Hort. Sci., 103, 364-366.
  19. M. L. Arpaia, J. M. Labavitch, C. Greve, and A. A. Kader (1987) Changes in the cell wall components of kiwifruit during storage in air or controlled atmosphere. J. Amer. Soc. Hort. Sci., 112, 474-481.
  20. 農林水産省食品総合研究所(1985) 果實の品質評價法. 日本, p.1.
  21. Jorg Ackermann, Monica Fischer, and Renato Amado (1992) Changes in sugars, acids, and amino acids during ripening and storage of apples(Cv. Glockenapfel). J. Agric. Food Chem., 40, 1131-1134.
  22. Wang, S. S., Haerd, N. F., and Dimarco, G. R., (1971) Chlorophyll degradation during controlled-atmosphere storage of asparagus. J. Food Sci., 36, 657.
  23. J. R. Stow (1989) Effects of oxygen concentration on ethylene synthesis and action in stored apple fruits. Acta Hort., 258, 97-106.
  24. Fidler, J.C. (1968) The metabolism of acetaldehyde by plant tissues. J. Exp. Bot., 19, 41.
  25. Alley E. Watada, Judith A. Abbott, and Robert E.Hardenburg (1980) Sensory Characteristics of apple fruit. J. Amer. Soc. Hort. Sci., 105, 371-375.