

저장기체조성이 Tsugaru 사과의 품질유지에 미치는 영향

정헌식 · 이현동 · 김성열* · 이현철* · 정혜승* · 최종욱*
경북대학교 농산물가공저장유통기술연구소, *경북대학교 식품공학과

Influence of Storage Atmosphere on Quality Preservation of 'Tsugaru' Apples

Hun-Sik Chung, Hyun-Dong Lee, Sung-Youl Kim*, Hun-Chul Lee*,
Hye-Seung Jeong* and Jong-Uck Choi*

Postharvest Technology Research Institute, Kyungpook National University
*Department of Food Science & Technology, Kyungpook National University

Abstract

The influence of storage atmosphere on ethylene production, quality attributes and storage injury of 'Tsugaru' apples was investigated. Apples were stored in 1% O₂+1% CO₂, 1% O₂+3% CO₂, 3% O₂+1% CO₂, 3% O₂+3% CO₂ and air at 0°C for 5 months. Ethylene production was more suppressed by 1% O₂ than 3% O₂ atmospheres regardless CO₂ levels. The loss of flesh firmness and the decrease of titratable acidity were not significantly different among the storage atmospheres until 3 months of storage but more retarded by 1% O₂ than 3% O₂ atmospheres thereafter. Soluble solid content was unaffected by the storage atmosphere, but the content tended to be increased until 2 months of storage and then not varied. Ethanol content increased up to a peak level followed by a gradual loss during storage in CA but increased continuously in air. In the sensory evaluation after storage for 5 months, hardness, tartness and overall acceptability of apples stored in 1% O₂ atmospheres were significantly higher than those stored in the others. There was no fruit injury or off-flavor production resulting from the 1% O₂ atmospheres. The incidence of bitter pit was reduced as storage O₂ level decreased. The results show that the optimum conditions of CA storage for 'Tsugaru' apples are 0°C and 1% O₂+1~3% CO₂.

Key words : apples, CA storage, ethylene, ethanol, bitter pit

서 론

국내 사과의 품종별 생산현황은 Tsugaru와 Fuji가 각각 12%와 77%로 주종을 이루고 있다. Tsugaru는 Fuji보다 먼저 수확되는 품종중 대표적인 것으로 독특한 풍미를 가지고 있지만 저장성과 가공성이 열악하여 주로 생과용으로 단기간 유통되고 있는 실정이다. 따라서 Tsugaru 사과의 저장기간을 연장시킬 수 있는 기술개발이 요구되고 있다.

Tsugaru 사과의 저장성 향상을 위하여 과실표면 코팅처리 효과⁽¹⁾, 수확전 칼슘처리 효과⁽²⁾, 성숙도에 따른

저온저장 효과⁽³⁾ 등에 대하여 연구되었으나 이는 단기 저장을 위한 것이었다. 또한 CA(controlled atmosphere) 저장효과도 일부 연구되었으나 단기간 또는 단순히 저온저장(air)과 비교만 하였을 뿐 기체조성간 차이에 대한 연구는 미흡하였다.

CA저장은 온도와 기체조성을 함께 조절하는 방법으로 많은 사과 품종에서 품질손실을 최소화하기 위해 사용되고 있으나 품종과 생산지 등에 따라 적합한 저장온도와 기체조성이 각각 상이하여 적용에 앞서 구체적인 검토가 행해져야 한다⁽⁴⁾. 저장기체조성이 사과 과실에 미치는 영향에 대한 연구결과로, 산소농도가 낮을수록 Fuji⁽⁵⁾, Cox's Orange Pippin⁽⁶⁾, McIntosh 및 Spartan⁽⁷⁾ 품종에서 에틸렌생성이 억제되었고, 산소 1%가 3%보다는 McIntosh⁽⁸⁾, Spartan⁽⁹⁾, Golden Delicious⁽¹⁰⁾ 및 Fuji⁽¹¹⁾ 등의 경우 과육경도와 적정산도의 유지와 일부 생리적 장애발생 억제에 효과적이었

Corresponding author : Jong-Uck Choi, Department of Food Science & Technology, Kyungpook National University, 1370 Sankyuk-dong, Puk-gu, Taegu 702-701, Korea
Tel : 82-53-950-5776
Fax : 82-53-950-6772
E-mail : juchoi@knu.ac.kr

다는 보고가 있다. 한편 Lau는⁽¹²⁾ 저장산소농도가 품종에 따른 내성이하일 경우에 장해과실이 발생한다고 하였고, Little 등⁽¹³⁾은 이산화탄소농도가 내성이상일 경우 장해과실의 발생이 증가한다고 보고하였다. 이처럼 다양한 품종에 대한 연구가 수행되었으나 Tsugaru에 대한 연구는 미미한 실정이다.

따라서 본 연구에서는 Tsugaru 사과에 적합한 CA저장조건을 규명하기 위하여 저장기체조성이 과실의 내부 에틸렌, 과육경도, 적정산도, 가용성 고형물, 에탄올, 관능적 품질특성 및 생리적 장해발생에 미치는 영향을 조사하였다.

재료 및 방법

재료

Tsugaru 사과는 8월 21일에 경북 군위군 소재 과수원에서 수확하여 외관이 전전한 중과만 선별하여 사용하였다. 선별한 사과는 실험실로 운반하여 0°C에서 1일간 보관한 후 저장실험을 수행하였다.

저장조건

저장조건으로 온도와 상대습도는 $0 \pm 0.5^\circ\text{C}$ 와 90~95%로 각각 설정하고 기체조성은 1% O_2 + 1% CO_2 , 1% O_2 + 3% CO_2 , 3% O_2 + 1% CO_2 , 3% O_2 + 3% CO_2 및 air를 적용하여 5개월 동안 저장을 실시하였다. 저장장치 내부의 산소 농도는 paramagnetic 분석기(Model 655, Fruit control Co., Italy)를, 이산화탄소 농도는 infrared 분석기(Model SS305, Fruit control Co., Italy)를 각각 사용하여 측정하였다. 설정 기체농도는 $\pm 0.3\%$ 범위를 유지하도록 질소, 이산화탄소 및 air를 주입하여 조절하였다. 저장장치는 상업용 대형 저장고와 유사한 기능의 설비를 갖춘 금속제 캐비닛(800 mm×600 mm×800 mm)을 사용하였다.

사과의 내부 에틸렌농도 측정

내부 에틸렌농도는 사과를 취하여 20°C에서 하룻밤 방치한 후 Saltveit 방법⁽¹⁴⁾으로 측정하였다. 즉 septum이 달린 주사기 바늘(22G×1¼")을 사과의 꽃받침에서 중심공극까지 삽입하고 바늘 주위를 기밀제로 밀봉한 후 septum에서 주사기로 내부 기체 1 mL를 취하여 GC(Model 6200, Donam, Korea)를 사용하여 에틸렌농도를 측정하였다. 이때 분석조건으로 column은 CTR 1(Alltech, U.S.A.), detector는 FID 그리고 carrier gas는 헬륨(58 mL/min)을 사용하였고, column 온도는 35°C, injector와 detector 온도는 각각 40°C와 250°C로

하였다.

과육경도 측정

과육경도는 사과 적도부위의 과피를 15~20 mm 직경의 원형으로 제거하고 Effegi penetrometer(Model FT327, Italy)에 직경 11 mm probe를 부착하여 수직 방향으로 8 mm 깊이까지 압축하여 측정하였다.

적정산도 측정

적정산도는 사과를 박피한 후 착즙하고 여과한 액 10 mL를 취해 증류수로 10배 희석한 다음 0.1 N NaOH로 pH 8.1까지 적정하여 소비된 양을 malic acid로 환산하여 나타내었다.

가용성 고형물 측정

가용성 고형물은 사과를 박피한 후 착즙하고 여과한 액을 취해 Atago digital refractometer(Model PR-101, Japan)를 사용하여 측정하였다.

에탄올함량 측정

에탄올함량은 과즙 10 mL에 증류수 30 mL를 가하고 증류한 다음 증류액 5 µL 취해 GC(Model 6200, Donam, Korea)를 사용하여 분석하였다. 분석조건으로 column은 10% Carbowax 20M(Supelco, U.S.A.), detector는 FID 그리고 carrier gas는 질소(30 mL/min)를 사용하였고, column 온도는 105°C, injector와 detector 온도는 각각 220°C와 280°C로 하였다.

관능검사

관능검사는 10명의 요원을 선발하여 사과의 flavor, hardness, juiciness, tartness, sweetness 및 overall acceptability에 대하여 9점 채점법(1 = extremely weak or dislike, 9 = extremely strong or like)으로 실시하였다.

Bitter pit 발생률

Bitter pit은 사과의 외관을 육안으로 검사하여 약간의 갈색반점이 있는 것을 발병과로 취급하여 전체 조사 과실수에 대한 백분율로 나타내었다.

통계처리

실험결과의 통계처리는 SAS(statistical analysis system) package를 이용하여 분산분석과 Duncan's multiple range test를 실시하였다.

Table 1. Influence of storage atmosphere on internal ethylene concentrations of 'Tsugaru' apples stored at 0°C

Storage atmosphere	Internal ethylene (ppm)				
	Months in storage				
	Initial	1	2	3	5
1%O ₂ +1%CO ₂	2.5	22.0 ^c	38.8 ^c	50.5 ^c	36.0 ^c
1%O ₂ +3%CO ₂	2.5	15.8 ^c	46.4 ^c	42.6 ^c	37.3 ^c
3%O ₂ +1%CO ₂	2.5	40.7 ^b	95.8 ^b	97.8 ^b	87.0 ^b
3%O ₂ +3%CO ₂	2.5	40.8 ^b	90.9 ^b	91.9 ^b	83.0 ^b
air	2.5	68.7 ^a	186.4 ^a	231.2 ^a	101.8 ^a

^{a-c}Means in each column with different letters are significantly different at the 5% level.

결과 및 고찰

저장기체가 에틸렌 생성에 미치는 영향

에틸렌은 식물체에서 생합성되며 성숙과 노화 촉진에 관여하는 호르몬으로서 작용하기 때문에 이의 생성과 작용을 억제하는 것이 과실과 채소류의 수확 후 관리에 중요한 역할을 담당한다⁽¹⁵⁾. 사과에서 내부 에틸렌농도는 과실에서 방출되는 에틸렌량과 비례 관계가 있는 것으로 알려져^(5,16,17) 이 농도를 과육의 에틸렌 생성량의 척도로 사용하였다. Tsugaru 사과를 0°C의 각기 다른 기체조성에서 5개월간 저장하면서 측정된 내부 에틸렌농도는 Table 1에 나타내었다. 저장 중 내부 에틸렌의 전반적인 변화경향은 CA와 air 조건간에 뚜렷한 차이를 보여 CA 조건에서는 저장 2개월까지 증가한 후 5개월 후에 약간 감소하였으나 air 조건에서는 저장초기부터 급속히 증가하여 저장 3개월에 최고점에 도달한 후 감소하였다. 저장기체조성별 내부 에틸렌농도는 저장 1개월부터 이산화탄소농도에 무관하게 1% 산소조건에서 유의적으로 가장 낮게 유지되었으며 그 다음으로 3% 산소조건, air조건 순이었다. 이와 같이 저장 산소농도가 낮을수록 에틸렌생성이 억제된 것은 Cox's Orange Pippin⁽⁶⁾, McIntosh 및 Spartan⁽⁷⁾ 품종에서 보고된 것과 유사하였으며, 이는 저농도 산소가 에틸렌 생합성 단계중 1-aminocyclopropane-1-carboxylic acid(ACC)에서 에틸렌으로 전환되는데 관여하는 ACC oxidase 활성을 저해하기 때문에 생긴 결과로 생각된다⁽¹⁸⁾. 한편 산소 1%의 에틸렌생성 억제효과는 전보한 Fuji⁽⁵⁾ 품종에 비해 아주 약하였다. 이는 품종의 특이성에 기인된 것으로 생각된다.

저장기체가 품질특성에 미치는 영향

Tsugaru 사과를 0°C의 CA 또는 air 조건에서 저장하면서 저장기체가 과육경도, 가용성 고형물, 적정산도, 에탄올 및 관능적 품질특성에 미치는 영향을 조사

Table 2. Influence of storage atmosphere on flesh firmness of 'Tsugaru' apples stored at 0°C

Storage atmosphere	Flesh firmness (kg)				
	Months in storage				
	Initial	1	2	3	5
1%O ₂ +1%CO ₂	6.6	6.1 ^a	5.8 ^a	6.0 ^a	5.7 ^a
1%O ₂ +3%CO ₂	6.6	6.1 ^a	6.1 ^a	5.9 ^a	5.7 ^a
3%O ₂ +1%CO ₂	6.6	6.3 ^a	6.0 ^a	6.1 ^a	4.6 ^b
3%O ₂ +3%CO ₂	6.6	6.0 ^a	5.9 ^a	6.0 ^a	4.8 ^b
air	6.6	5.8 ^a	5.2 ^b	4.9 ^b	3.5 ^c

^{a-c}Means in each column with different letters are significantly different at the 5% level.

Table 3. Influence of storage atmosphere on titratable acidity of 'Tsugaru' apples stored at 0°C

Storage atmosphere	Titratable acidity (mg/100mL)				
	Months in storage				
	Initial	1	2	3	5
1%O ₂ +1%CO ₂	348	282 ^a	277 ^a	271 ^a	260 ^a
1%O ₂ +3%CO ₂	348	303 ^a	282 ^a	267 ^a	267 ^a
3%O ₂ +1%CO ₂	348	290 ^a	265 ^a	265 ^a	222 ^b
3%O ₂ +3%CO ₂	348	296 ^a	261 ^a	262 ^a	213 ^b
air	348	284 ^a	198 ^b	167 ^b	98 ^c

^{a-c}Means in each column with different letters are significantly different at the 5% level.

하였다.

저장 중 사과의 과육경도는 Table 2에 나타난 바와 같이 모든 기체조성조건에서 저장기간이 경과함에 따라 감소하는 경향을 보였으나 CA 조건이 air 조건보다 감소를 억제하였다. CA 조건에서의 과육경도는 저장 3개월까지는 기체조성에 따른 유의적인 차이 없이 초기과육경도의 약 91%를 유지하였으나 저장 5개월 후에는 이산화탄소농도의 영향 없이 1% 산소조건에서는 86%, 3% 산소조건에서는 약 72%를 각각 유지하였다. 한편 저장 5개월 후 air 조건에서는 53%를 유지하였다. 이처럼 저장산소농도가 낮을수록 높은 과육경도를 유지한 것은 앞서 언급한 바와 같이 저농도 산소가 에틸렌의 생성을 억제하는 작용과 더불어 에틸렌이 과육연화의 주된 요인으로 알려져 있는 세포벽 분해효소^(19,20)의 활성에 영향을 미치는 것을 저해한 것이 원인의 일부로 생각된다.

저장기체조성에 따른 저장 중 사과의 적정산도 변화는 Table 3에 나타내었다. 적정산도는 모든 기체조성조건에서 저장기간이 경과함에 따라 과육경도보다 비교적 빠르게 감소하는 경향이었으나 CA 조건이 air 조건보다는 감소를 억제하였다. 즉 CA 조건에서의 적정산도는 저장 3개월까지는 산소와 이산화탄소 농도의 영향 없이 초기치에 대하여 약 77%를 유지하였으나

Table 4. Influence of storage atmosphere on soluble solid content of 'Tsugaru' apples stored at 0°C

Storage atmosphere	Soluble solid (°Brix)				
	Months in storage				
	Initial	1	2	3	5
1%O ₂ +1%CO ₂	10.7	10.9 ¹⁾	12.0	12.0	12.0
1%O ₂ +3%CO ₂	10.7	11.0	11.9	11.9	12.0
3%O ₂ +1%CO ₂	10.7	11.0	11.9	11.9	12.0
3%O ₂ +3%CO ₂	10.7	10.9	11.9	12.0	12.1
air	10.7	10.8	11.9	11.9	11.9

¹⁾Means in each column are not significantly different at the 5% level.

저장 5개월 후에는 산소농도의 영향을 받아 1% 산소 조건에서는 76%를, 3% 산소조건에서는 63%를 각각 유지하였다. 한편 air 조건에서의 적정산도는 저장 1개월 후부터 CA 조건과 현격한 차이를 보이면서 빠르게 감소하여 저장 5개월 후에 28%를 유지하였다.

이상의 결과에서 얻은 저농도 산소조건에 의한 Tsugaru 사과의 과육경도와 적정산도 감소억제효과는 McIntosh⁽⁸⁾, Spartan⁽⁹⁾, Golden Delicious⁽¹⁰⁾ 및 Fuji⁽¹¹⁾ 등의 품종에서 보고된 결과와 유사하였다.

저장 중 사과의 가용성 고형물은 Table 4에 나타난 바와 같이 저장 산소와 이산화탄소 농도에 따른 유의적인 차이 없이 모든 기체조성조건에서 저장 2개월까지 초기치보다 10% 정도 증가한 다음 나머지 저장기간 동안 큰 변화 없이 거의 일정하게 유지되었다. 이러한 가용성 고형물 함량의 증가현상은 전분의 분해에 기인된 것으로 생각된다⁽²¹⁾.

저장기체조성이 사과의 에탄올함량에 미치는 영향은 Table 5에 나타내었다. CA 조건에서의 에탄올함량은 산소와 이산화탄소 농도에 따른 뚜렷한 차이 없이 저장 2개월에서 3개월 사이에 32.5~48.0 mg/L에 도달한 후 감소하는 경향을 보였다. 반면에 air 조건에서의 에탄올함량은 저장기간이 경과함에 따라 조금씩 증가하여 저장 5개월 후에는 CA 조건보다 높았다. CA 조건에서 에탄올함량이 일시 증가한 현상은 저온과 저농

Table 5. Influence of storage atmosphere on ethanol content of 'Tsugaru' apples stored at 0°C

Storage atmosphere	Ethanol (mg/L)				
	Months in storage				
	Initial	1	2	3	5
1%O ₂ +1%CO ₂	2.1	4.5 ^b	16.0 ^b	48.0 ^a	6.2 ^b
1%O ₂ +3%CO ₂	2.1	12.0 ^a	43.4 ^a	29.7 ^b	7.6 ^b
3%O ₂ +1%CO ₂	2.1	2.0 ^b	13.6 ^b	32.5 ^b	8.6 ^b
3%O ₂ +3%CO ₂	2.1	1.6 ^b	12.5 ^b	36.0 ^b	8.9 ^b
air	2.1	3.1 ^b	5.1 ^c	8.7 ^c	20.8 ^a

^{a-c}Means in each column with different letters are significantly different at the 5% level.

도 산소 충격으로 인한 것으로 Delicious 품종에서 보고된 바와 유사하였다⁽²²⁾. 한편 Delicious⁽²²⁾와 Cox's Orange Pippin⁽²³⁾ 사과의 경우 저농도 산소조건에서 조 직내 축적된 에탄올은 대기중으로 옮겨졌을 때 빠르게 소실되지만 그 함량이 2,000~2,500 mg/L에 달하면 장애가 발생하였다는 것을 고려하면 Tsugaru 사과는 0°C의 1% 산소에 대한 내성이 있어 품질손실을 일으킬 정도의 과도한 에탄올 축적은 되지 않는 것으로 여겨진다.

각기 다른 저장기체조성에서 5개월 동안 저장한 사과의 flavor, hardness, juiciness, sweetness, tartness 및 overall acceptability에 대하여 관능검사를 실시한 결과는 Table 6에 나타내었다. Flavor는 CA저장 사과가 저장기체조성에 관계없이 air저장 사과보다 좋게 평가되었다. 이로써 저농도 산소로 인한 이취의 발생이 없었다는 것이 확인되었고, 오히려 air저장에서 flavor가 나쁘게 평가된 것은 과도한 노화 때문인 것으로 생각된다. Hardness와 tartness는 저장 이산화탄소농도에 관계 없이 산소농도에 따라 유의적으로 구분되어 1% 산소 조건에서 가장 좋게 평가되었고 다음으로 3% 산소조건, air조건 순이었다. 이러한 경향은 객관적인 방법으로 측정된 과육경도와 적정산도의 결과와 거의 일치하였다. Juiciness와 sweetness는 CA저장 사과가 air저장 사과보다 좋게 평가되었으나 CA 조건간에는 유의

Table 6. Influence of storage atmosphere on sensory characteristics of 'Tsugaru' apples stored for 5 months at 0°C

Storage atmosphere	Sensory characteristics					
	Flavor ¹⁾	Hardness	Juiciness	Sweetness	Tartness	Overall ²⁾
1%O ₂ +1%CO ₂	6.3 ^a	7.4 ^a	6.9 ^a	5.5 ^a	6.6 ^a	6.4 ^a
1%O ₂ +3%CO ₂	5.5 ^a	7.3 ^a	6.1 ^a	5.4 ^a	6.9 ^a	6.6 ^a
3%O ₂ +1%CO ₂	5.4 ^a	5.5 ^b	6.1 ^a	5.5 ^a	5.3 ^b	5.0 ^b
3%O ₂ +3%CO ₂	5.1 ^a	5.6 ^b	6.0 ^a	5.0 ^a	5.3 ^b	5.0 ^b
air	3.8 ^b	3.4 ^c	4.4 ^b	3.0 ^b	2.8 ^c	2.6 ^c

¹⁾Rating scale: 1 = extremely weak or dislike, 9 = extremely strong or like.

²⁾Overall acceptability.

^{a-c}Means in each column with different letters are significantly different at the 5% level.

Fig. 1. Incidence of bitter pit in 'Tsugaru' apples stored for 5 months at 0°C.

적인 차이를 보이지 않았다. 여기서 CA저장 사과에 비해 가용성 고형물의 함량이 낮지 않았던 air저장 사과의 sweetness가 나쁘게 평가된 것은 상대적으로 아주 낮은 유기산함량의 영향 때문인 것으로 생각된다. 저장 5개월 후 사과의 overall acceptability는 저장 산소농도가 낮을수록 좋게 평가되어 1% 산소조건에서 저장한 사과는 '약간 좋다' 이상으로, 3% 산소 저장사과는 '보통이다'로, air저장 사과는 '보통으로 싫다' 이하로 각각 평가되었다. 이상과 같은 관능검사 결과를 기준으로 5개월간 저장한 Tsugaru 사과의 상품성을 판단해 보면 CA저장 사과는 생과로써 상품성이 있지만 air저장 사과는 없는 것으로 판단된다. CA저장 사과간의 상품성은 3% 산소조건보다 1% 산소조건에서 저장한 사과가 더욱 우수한 것으로 판단된다.

저장기체가 bitter pit 발생에 미치는 영향

Tsugaru 사과를 0°C의 각기 다른 저장기체조성에서 5개월간 저장한 후 과실 표면에 갈색 반점이 생기는 생리적 장애인 bitter pit의 발생율을 조사한 결과는 Fig. 1에 나타내었다. Bitter pit 발생은 air 조건보다는 CA 조건에서 상당히 억제되었고, CA 조건중에는 산소농도가 낮은 기체조성에서 더욱 억제되었으나 이산화탄소농도의 영향은 거의 보이지 않았다. 즉 1% 산소에서 저장한 사과는 2.8~3.0%, 3% 산소에서 저장한 사과는 11.1~11.3% 그리고 air저장 사과는 30.1%의 발생율을 각각 나타내었다. 일반적으로 bitter pit은 과실의 낮은 칼슘함량과 상대적으로 높은 칼륨과 마그네

슘함량으로 인해 발생하는 것으로 알려져 있으며^(24,25), Cox's Orange Pippin 사과의 경우 CA저장에 의해 이 장애의 발생이 감소되었다고 한다⁽²⁶⁾. Tsugaru 사과에서도 CA저장에 의해 bitter pit의 발생이 감소되었으며, 3% 산소보다는 1% 산소에서 더욱 억제되었다.

이상의 결과들을 종합해 보면, Tsugaru 사과를 0°C에서 저장시 이산화탄소농도가 1~3%이고 산소농도가 1%일 때 사과의 에틸렌생성과 bitter pit 발생 억제와 저장 3개월 이후의 과육경도, 적정산도 및 관능적 품질특성 유지에 우수한 효과를 나타내었다. 따라서 Tsugaru 사과의 장기 CA저장에 적합한 기체조성은 1% 산소와 1~3% 이산화탄소라고 판단된다.

요 약

Tsugaru 사과의 품질을 장기간 유지시킬 수 있는 CA 저장조건을 규명하기 위하여 사과를 0°C에서 1% O₂+1% CO₂, 1% O₂+3% CO₂, 3% O₂+1% CO₂, 3% O₂+3% CO₂ 및 air 조건하에 5개월간 저장하면서 저장기체조성이 사과의 에틸렌생성, 품질특성 및 저장장애에 미치는 영향을 조사하였다. 에틸렌생성은 이산화탄소농도의 영향 없이 3% 산소보다 1% 산소조건에서 더욱 억제되었다. 과육경도와 적정산도는 저장 3개월까지는 CA 조건간에 유의적인 차이가 없었으나 이후부터는 이산화탄소농도에 관계없이 3% 산소보다 1% 산소조건에서 높게 유지되었다. 가용성 고형물 함량은 저장기체조성의 영향 없이 저장 2개월까지 약간 증가한 후 일정하게 유지되는 경향이였다. 에탄올 함량은 CA 조건에서는 저장중 일시 증가한 후 감소하였으나 품질에 나쁜 영향은 없었고 air 조건에서는 계속적으로 조금씩 증가를 하였다. 저장 5개월 후 관능검사서 1% 산소저장 사과가 hardness, tartness 및 overall acceptability 등의 항목에서 가장 우수하게 평가되었다. Bitter pit 장애의 발생은 산소농도가 낮을수록 감소되었다. 이상의 결과로 볼 때 Tsugaru 사과의 CA저장에 적합한 조건은 0°C와 1% O₂+1~3% CO₂인 것으로 판단된다.

문 헌

1. Lee, J.C., Kwon, O.W. and Ryou, M.S. Effects of Prolong on keeping quality and ethylene evolution in 'Tsugaru' apple fruits. *J. Kor. Soc. Hort. Sci.* 27: 347-352 (1986)
2. Byun, J.K. and Choi, S.Y. Effect of 2,4-DP and calcium hydroxide on the control of preharvest drop and

- fruit softening in 'Tsugaru' apples. *J. Kor. Soc. Hort. Sci.* 29: 201-207 (1988)
3. Park, H.S., Lim, H.T. and Park, Y.M. Effect of fruit maturity on the quality of 'Tsugaru' apples during cold storage and simulated marketing. *J. Kor. Soc. Hort. Sci.* 35: 593-598 (1994)
 4. Kupferman, E. Controlled atmosphere storage of apples. *Proc. 7th Int. CA Res. Conf., Davis, CA, USA* 2: 1-30 (1997)
 5. Chung, H.S. and Choi, J.U. Production of ethylene and carbon dioxide in apples during CA storage. *Korean J. Postharvest Sci. Technol.* 6: 153-160 (1999)
 6. Meigh, D.F. 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)
 7. Lidster, P.D., Loughheed, E.C. and McRae, K.B. Effects of sequential low-oxygen and standard controlled atmosphere storage regimens on apple quality. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 112: 787-793 (1987)
 8. Lidster, P.O., Forsyth, R.F. and Lightfoot, H.J. Low oxygen and carbon dioxide atmospheres for storage of 'McIntosh' apples. *Can. J. Plant Sci.* 60: 299-303 (1980)
 9. Lau, O.L. 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 (1983)
 10. Lau, O.L. 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 (1985)
 11. Chung, H.S., Chung, S.K. and Choi, J.U. Low oxygen CA storage of 'Fuji' apples. *Korean J. Food Sci. Technol.* 31: 1275-1282 (1999)
 12. Lau, O.L. Tolerance of three apple cultivars to ultra-low levels of oxygen. *HortScience* 25: 1412-1414 (1990)
 13. Little, C.R. and Pegg, I.D. Storage injury of pome fruit caused by stress levels of oxygen, carbon dioxide, temperature, and ethylene. *HortScience* 22: 783-789 (1987)
 14. Saltveit, M.E. Procedures for extracting and analyzing internal gas samples from plant tissues by gas chromatography. *HortScience* 17: 878-881 (1982)
 15. Reid, M.S. Ethylene in postharvest technology, pp. 97-108. In: *Postharvest technology of horticulture crops*. Kader A.A. (ed.) Division of agriculture and natural resources, University of California Davis, USA (1992)
 16. Kneee, M., Smith, S.M. and Johnson, D.S. Comparison of methods for estimating the onset of the respiration climacteric in unpicked apples. *J. Hort. Sci.* 58: 521-526 (1983)
 17. Blanpied G.D. and Samaan, L.G. Internal ethylene concentrations of 'McIntosh' apples after harvest. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 107: 91-93 (1982)
 18. Yang, S.F. Regulation of ethylene biosynthesis. *HortScience* 15: 238-243 (1980)
 19. Wallner, S.J. Apple fruit β -galactosidase and softening in storage. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 103: 364-366 (1978)
 20. Huber, D.J. The role of cell wall hydrolases in fruit softening. *Hort. Rev.* 5: 169-219 (1983)
 21. Brookfield, P., Murphy, P., Harker, R. and MacRae, E. Starch degradation and starch pattern indices; interpretation and relationship to maturity. *Postharvest Biol. Technol.* 11: 23-30 (1997)
 22. 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)
 23. Fidler, J.C. and North, C.J. The effect of periods of anaerobiosis on the storage of apples. *J. Hort. Sci.* 46: 213-221 (1971)
 24. Bramlage, W.J. Drake, M. and Baker, J.H. Relationships of calcium content to respiration and postharvest condition of apples. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 99: 376-378 (1974)
 25. Perring, M.A. Incidence of bitter pit in relation to the calcium content of apples: problems and paradoxes, a review. *J. Sci. Food Agric.* 37: 591-606 (1986)
 26. Hewett, E.W. Bitter pit reduction in 'Cox's Orange Pippin' apples by controlled and modified atmosphere storage. *Scientia Horticulturae* 23: 59-66 (1984)

(2000년 3월 15일 접수)