

## 공기중에 혼합한 탄산가스농도에 따른 딸기의 저장성에 관하여

김동만 · 강훈승 · 김길환

한국과학기술원 식품공학연구소

### On the Storability of Strawberry in Air Included the Different CO<sub>2</sub> Concentrations

Dong Man Kim, Hoon Seung Kang and Kil Hwan Kim

Food Science and Technology Laboratory KAIST, Seoul

#### Abstract

Storability of strawberry in air with the different levels of CO<sub>2</sub> for CA storage were measured. The strawberries stored in air included 20% and 30% CO<sub>2</sub> for 5 weeks decayed 14% and 10%, respectively, while the decay rate of the strawberries stored in normal air for 2 weeks was 53%. Firmness and "a" value in Hunter Color Measuring Scale of the strawberries kept in the CA storage conditions were superior to those of the strawberries stored in normal air during storage. The concentrations of ethyl alcohol and acetaldehyde were increased with storage period and they were less in the strawberries in air with 30% CO<sub>2</sub> than those of the strawberries stored at the other conditions.

#### 서 론

딸기는 비타민C가 풍부한 여름철 과채류로서<sup>(1)</sup> 1983년도에는 약 6만5천여 톤이 생산되었고 생산량의 대부분은 생과로 소비되었다. 이러한 딸기는 조식이 약해 수확, 운송등의 취급시 손상과의 발생율이 높으며 저장성도 매우 낮아 생산시기에만 한정되어 유통되고 있다.

딸기의 신선도 연장을 위해서는 수확 즉시 딸기의 품온을 가능한 한 적정저장온도인 0~2.5°C 까지 신속하게 떨어뜨려야 하는데<sup>(2)</sup> 이러한 저장조건에서도 10여일 정도 밖에 상품성이 유지되지 않는 것으로 알려져 있다.<sup>(4)</sup> 저장중 딸기의 품질저하는 주로 수확직후 및 저장직전 손상된 딸기의 표면을 통한 곰팡이류의 번식에 의하는데 이들에 의한 부패양상으로는 Gray mold rot, Leather rot 및 Rizopus rot 등을 들 수 있다.

딸기의 저장성 향상을 위해서 단순냉장법 이외에 오존처리<sup>(5,6)</sup>,  $\gamma$ 선조사<sup>(7,8)</sup> 등의 시도에 관한 연구가 수행되었으며 이러한 방법을 이용할 경우 저장성을 다소 연장시킬 수 있는 것으로 보고되어 있다.

한편 딸기는 탄산가스에 대한 내성이 상당히 강한 것으로 밝혀져 있으며<sup>(9)</sup> 최근 수송도중 변질억제를 위해 CA저장방법의 적용이 시도되고 있으나<sup>(10-14)</sup> CA저장의 기본이 되는 적정환경가스의 조성이 확립되어 있

지 않은 상태에 있다.

따라서 본 연구에서는 딸기의 저장성 향상을 위한 CA저장시 기본이 되는 적정환경가스조성의 규명을 위한 기초연구로서 저장용기내의 공기중 탄산가스농도에 따른 딸기의 저장성을 비교하였다.

#### 재료 및 방법

##### 재료

저장실험에 사용된 딸기는 Ozark beauty종으로 과피가 3/4정도 붉게 되었을 때 수확하여<sup>(15)</sup> 2±0.2°C로 유지되는 저온저장고에 약 3시간 방치시킨 후 건전과만을 선별하여 시료로 사용하였다.

##### 저장처리

선과된 딸기 약 800g을 2l 용량의 삼각플라스크에 넣고 유리관이 꽂힌 실리콘마개로 봉하였다. 삼각플라스크내의 공기중 탄산가스 농도를 조절하기위해서 실리콘마개에 꽂힌 유리관을 통해 진공펌프로 삼각플라스크내의 공기를 제거하고 공기에 탄산가스를 10-60%씩 각각 혼합한 혼합공기를 삼각플라스크내로 주입시킨 후 유리관끝에 달린 고무관을 봉하였다. 또한 동일용량의 딸기를 삼각플라스크에 넣은 후 밀봉시키지 않은 저장구를 대조구로 하였으며 각 처리구는 2±0.2°C

의 저온저장고에 5주일간 방치시켰다. 한편 저장중 딸기의 호흡에 의한 가스조성변화를 방지하기 위해서 예비실험 결과를 토대로 저장용기내의 혼합공기를 1주일간격으로 재조절 하였다.

**중량감소율 및 부패율**

딸기를 각 저장조건에서 저장하면서 1주일 간격으로 각 구 공히 3반복씩 취하여 중량감소율과 부패율을 조사하였다. 중량감소율은 저장초기 중량에서 조사시의 중량을 감한 후 이 값을 초기 중량에 대한 백분율로 표시하였고 부패율도 저장중 발생한 부패과의 중량을 초기중량에 대한 백분율로 나타내었다.

**경도**

딸기를 각 저장구에서 임의로 10개씩 취하여 종으로 절단한 후 Texturometer (General Food, Model: GIX-2)를 경도를 측정하였으며 딸기의 저장초기 경도값에 대한 백분율로 나타내었다.

**과피의 색**

딸기과피를 stainless steel칼로 얇게 도려내어 유리판위에 고루 편 후 Hunterlab Tristimulus Colorimeter (Model: D25A-2)를 이용하여 a값만을 측정하였다.

**Ethyl alcohol 및 acetaldehyde**

딸기절편 일정량을 50 ml용량의 광구유리병에 넣고 rubber septum cap으로 밀봉하여 25°C에서 40분간 방치시킨 후 용기내의 head space vapor 4 ml를 G.C.에 주입시켜 향기성분을 분리하였다. Ethyl alcohol과 acetaldehyde의 농도는 분리된 향기성분의 전체면적에 대한 이들 각각이 차지하는 면적의 백분율로 나타내었다. 향기성분의 분석조건으로 column은 stainless steel(10' x 1/8" o.d. x 2 mm i.d.)이었고 충전물은 10% FFAP를 80-100 mesh의 chromosorb W-HP에 도포한 것이었으며 40-110°C의 온도범위에서 각 성분을 분리하여 FID로 검출하였다.

**결과 및 고찰**

**부패율 및 중량감소율**

저장용기내에 공기와 탄산가스를 일정비율로 혼합한 혼합공기를 저장용기내로 주입후 밀폐시켜 5주일간 딸기를 저장하였을 때 각 저장조건에서 발생한 딸기의

부패율 및 중량감소율은 Fig. 1과 같다.

냉장조건으로만 저장한 대조구의 경우 저장기간이 경과함에 따라 급속히 변질되어 2주후에는 저장딸기의 53%가 식용으로 불가능하게 되었으며 나머지 딸기의 경우도 과피부위가 다소 손상되었다.

CA저장구는 전 저장기간동안 대조구에 비하여 부패과가 적게 발생되었는데 공기에 탄산가스를 10% 혼합시킨 저장구의 경우 다른 CA저장구에 비하여 부패율이 높았고 다음으로는 공기에 탄산가스를 50%, 60% 및 40%씩 혼합시킨 저장구순이었다. 공기중에 탄산가스를 20% 및 30%씩 혼합시킨 저장구에서는 5주일간

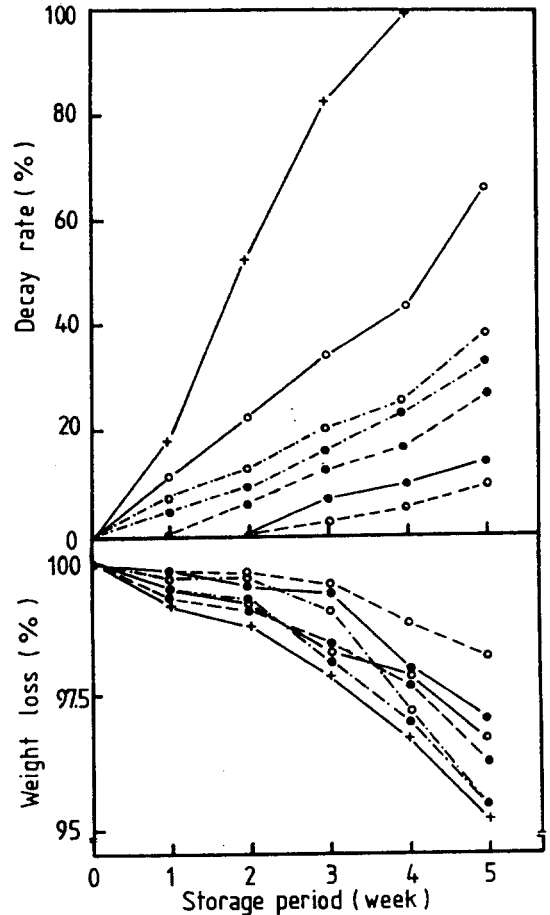


Fig. 1. Decay rates and weight losses of strawberries in the different CA storage conditions

- + — + : air
- — ● : 20% CO<sub>2</sub> in air
- — ○ : 40% CO<sub>2</sub> in air
- — ● : 60% CO<sub>2</sub> in air
- — ○ : 10% CO<sub>2</sub> in air
- — ○ : 30% CO<sub>2</sub> in air
- — ○ : 50% CO<sub>2</sub> in air

저장후에도 각각 14%와 10%의 낮은 부패율이 발생되었다.

한편 저장중 딸기의 중량이 6%이상 감소되면 상품적 가치가 손실되는 것으로 보고되어 있는데<sup>(3)</sup> 본 실험에서는 5주일간 저장시 대조구와 공기중에 탄산가스를 50% 및 60%씩을 혼합시킨 저장구의 딸기가 4.5-4.8% 범위로 다른 저장구에 비하여 비교적 높은 중량감소율은 보였으나 이 저장기간동안에는 중량감소에 의한 품질저하는 문제되지 않을 것으로 사료되며 공기중에 탄산가스를 30% 혼합시킨 CA저장구의 경우 5주 저장후 1.7%만 감소되어 중량감소의 억제효과가 다른 저장구에 비하여 우수한 것으로 나타났다.

경도

딸기의 조직은 매우 약하여 약간의 충격으로도 쉽게 손상되는데 손상부위를 통하여 미생물의 번식이 왕성하여지고 이에 따라 미생물이 분비하는 세포벽 분해효소 및 딸기 자체의 자가분해효소 등에 의하여 조직의 붕괴가 가속된다.<sup>(16)</sup>

Fig. 2는 각 저장조건에 따른 딸기의 경도변화를 나타낸 것으로 저장기간이 경과함에 따라 직선적으로 감

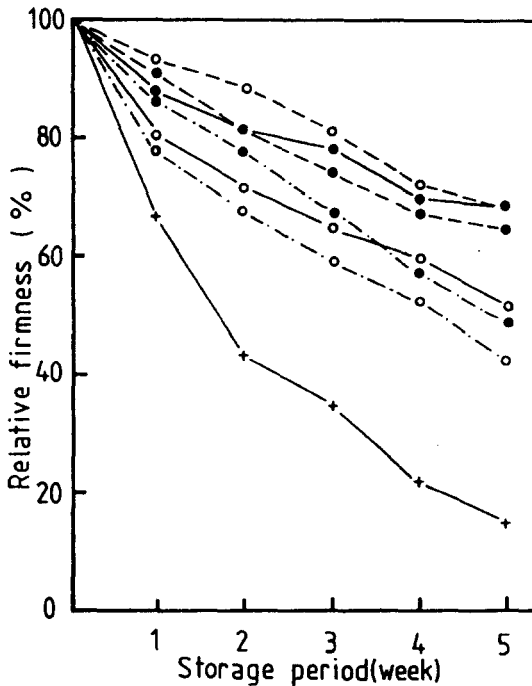


Fig. 2. Changes in firmness of strawberries in the different CA storage conditions

\*The symbols in Fig. are same as in Fig. 1

소되었는데 대조구는 저장후 2주일이내에 초기 경도값의 50% 이상이 감소되었다.

한편 CA저장구에 있어서는 공기중에 탄산가스를 10%, 50%, 및 60%씩 각각 혼합한 저장구에서 비교적 신속하게 경도가 저하되었으나 저장 4주후에도 초기 경도값의 55%이상이 유지되었다. 나머지 CA저장구의 경우는 저장 5주후에도 초기 경도값의 65%이상 이 보존되었다.

과피의 색

Fig. 3은 저장중 딸기과피의 색변화를 Hunter color measuring scale 중 붉은 색의 정도를 나타내는 a값으로 나타낸 결과이다.

대조구에서는 저장기간이 경과함에 따라 과피의 색이 급속히 퇴색되었는데 저장 2주후에는 초기 a값의 62%만이 보존되었다. 한편 CA저장구에서는 공기중에 탄산가스를 20% 혼합시킨 구의 a값은 저장 5주후에도 초기의 a값과 유사한 수준이 유지되었으며 공기중에 탄산가스를 30%이상 혼합시킨 CA저장구에서는 저장기간이 경과함에 따라 a값이 다소 증가하는 경향을 보였다.

딸기의 붉은색을 띠는 색소는 주로 anthocyanin류인데 대조구의 경우 딸기 cell sap의 pH가 저장중 증가

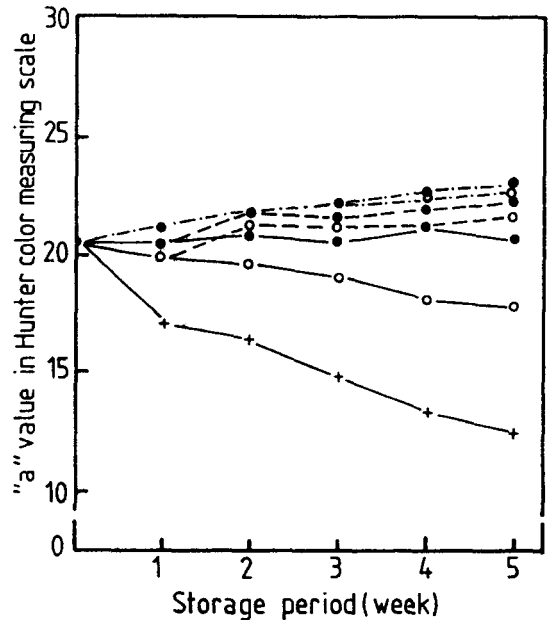


Fig. 3. Changes in "a" value of strawberries in the different CA storage conditions

\*Symbols in Fig. are same as in Fig. 1

함에 따라 anthocyanin 중 적색을 띠는 flavylium cation이 무색의 carbinol pseudo-base와 chalcone으로 변화되었기 때문<sup>(17)</sup>으로 판단되며 CA저장구의 경우 저장중 pH는 증가하였지만 공기중에 혼합된 탄산가스에 의한 산소농도저하로 anthocyanin의 안정성<sup>(18)</sup> 및 강도가 증대되었길 때문으로 사료된다.

**Ethyl alcohol과 acetaldehyde**

Ethyl alcohol과 acetaldehyde는 과실의 향기성분중 소량 함유되어있고 저장중 과실의 향기성분중에 어느정도 이상으로 축적되면 과실의 독특한 향기를 차폐시켜 상품적 가치가 종로되는 것으로 밝혀져있다.<sup>(19)</sup> Fig. 4는 저장조건에 따라 딸기의 향기성분중 ethyl alcohol과 acetaldehyde가 차지하는 비율의 변화를 나타낸 것으로 저장직전에는 분리된 향기성분의 총면적중 5%미만이 각각 함유되어 있었다.

저장기간중 ethyl alcohol의 경우 공기중에 탄산가스를 60% 혼합시킨 CA저장구에서는 저장 1주후 총향기성분 면적의 13%에 달하였으며 관능적으로도 이취를 감지할 수 있을 정도였다. 공기중에 탄산가스를 40% 및 50%씩 혼합시킨 저장구에서는 저장 2주후에 공기중에 탄산가스를 60% 혼합시킨 구와 유사한 수준을 보였다. 대조구와 공기중에 탄산가스를 10% 혼합시킨 CA저장구는 저장 3주후 ethyl alcohol이 급속히 증가되어 다른 구에 비하여 훨씬 많은 양이 검출되었으나 공기중에 탄산가스를 20% 및 30%씩 혼합시킨 CA저장구는 저장기간이 경과함에 따라 ethyl alcohol의 농도가 서서히 증가되었다.

한편 acetaldehyde는 대조구의 경우 저장 1주후 매우 급격히 증가하여 분리된 향기성분의 총면적중 63%를 차지하였고 저장 2주후까지 약간의 증가추세를 보이다가 그 이후는 급격히 감소하였다. 이는 저장 2주후 부터 딸기의 품질이 저하되면서 acetaldehyde가 ethyl alcohol로 신속히 변환되었기 때문으로 사료된다. CA저장구의 경우 acetaldehyde의 강도가 저장기간이 경과함에 따라 지속적으로 증가되었는데 저장 5주후에는 공기중에 탄산가스를 60% 혼합시킨 구에서는 분리된 향기성분의 총면적중 35%를 차지하여 다른 구에 비하여 높은 강도를 나타냈고 공기중에 탄산가스를 30% 혼합시킨 저장구가 약 7%정도로 가장 낮은 강도를 보였다.

딸기의 향기성분중 ethyl alcohol과 이의 전구물질인 acetaldehyde가 증가된 것은 저장기간이 경과함에 따라 딸기 조직내에서 호기적인 호흡능을 저하되고 혐기

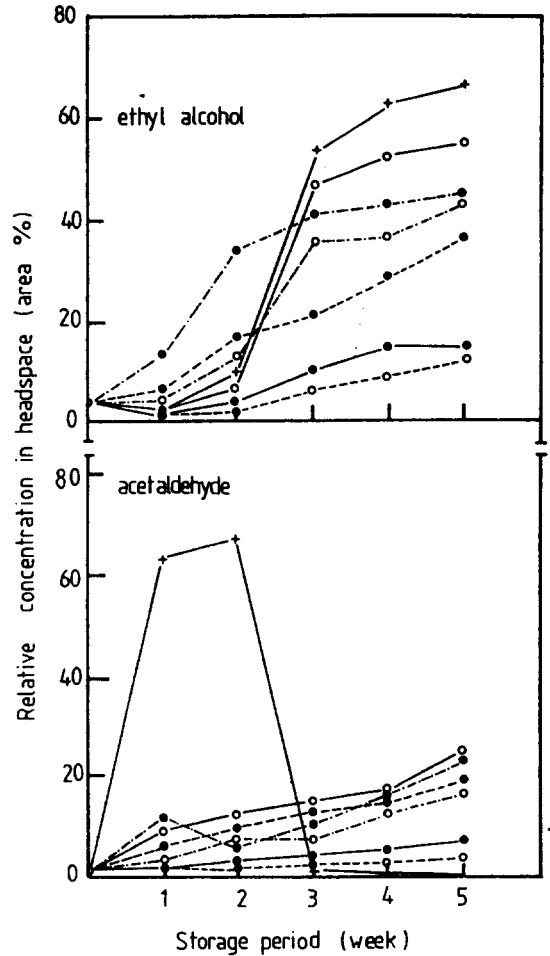


Fig. 4. Changes in ethyl alcohol and acetaldehyde concentrations of strawberries in the different CA storage conditions

\*Symbols in Fig. are same as in Fig. 1

적인 대사가 신속히 진행되었기 때문으로 판단되며 저장용기내 공기의 20~30%를 탄산가스로 치환시키는 것이 딸기의 품질 보존에 효과적인 것으로 사료된다.

**요 약**

딸기의 CA저장시 저장용기내의 탄산가스 농도에 따른 품질변화를 조사하였다.

냉장조건으로만 저장한 딸기는 2주후 53%가 식용으로 불가능하게 되었으나 공기중에 탄산가스를 20% 및 30%씩 혼합시킨 CA저장구에서는 5주 저장후 10-14%만이 변질되었다. 중량감소율은 5주저장후에도 모든 저장구 공히 5% 미만이었었는데 특히 공기중에 탄산가

스물 30% 혼합한 CA저장구가 1.7%로 가장 낮았다. 경도 및 적색도(a value)는 전 CA저장구가 대조구에 비하여 현저하게 높은 값을 보였다. 한편 향기성분중 이취의 원인이 되는 ethyl alcohol 및 acetaldehyde는 저장기간이 경과함에 따라 증가하였는데 공기중에 탄산가스를 20% 및 30%씩 혼합한 저장구가 다른 저장구에 비하여 전 저장기간동안 낮게 유지되었다.

## 문 헌

1. 농촌진흥청 농촌영양개선 연구원 : 식품분석표, 제 2개정판(1981)
2. 농촌경제연구원 : 식품수급표(1984)
3. Robinson, J.E., Browne, K.M. and Burton, W.G.: *Ann. Appl. Biol.*, **81**, 399 (1975)
4. Mitchell, F.G., Maxie, E.C. and Greathead, A.S.: *Calif. Agr. Expt. Sta. Circ.*, 527 (1964)
5. Frazier, W.C. and Westhoff, D.C. *Food Microbiology*, p. 209, Published by McGraw hill Book Co.
6. 서 광수, 하 남선 : 삼육대 논문집, **10**, 141 (1979)
7. Herregods, M.: *Fruit Belge*, **45** (378), 134 (1977)
8. 김형수, 최영락, 변시명 : 원자력연구논문집, **9** (1), 111 (1969)
9. Kader, A.A. and Morris, L.L.: *Michigan State Univ. Hort. Rept.*, **28**, 197 (1977)
10. Schmid, P.: *Mitteilung; Rebe, Wein, Obstbau und Fruchteverwertung*, **25** (3), 211 (1975)
11. Bleinroth, E.W. and Hansen, H.A.: *Coletanea do Instituto de Tecnologia de Alimentos*, **41**, 15 (1973)
12. Meyers, A.H.: *United State Patent* 4 055 931 (1977)
13. Harvey, J.M. and Harris, C.M.: *Bulletin de l'Institute International du Froid*, 1976-1, 559 (1976)
14. Pratella, G.C., Tonini, G. and Cimino, A.: *Fruticulture*, **42** (6), 51 (1980)
15. International Organization for Standardization: *International Standard*, ISO 6665-1983, 3 (1983)
16. Davis, A.M.C. and Dennis, C.: *Food Chemistry*, **12** (4), 219 (1983)
17. Walford, J.: *Developments in Food Colours-1*, p. 116, Applied Science Publisher Co. (1980)
18. Brouillard, R. and Dubois, J.E.: *J. Am. Chem. Soc.*, **99**, 1359 (1977)
19. Kohman, E.F. and Sanborn, N.H.: *Ind. Eng. Chem.* **26**, 703 (1934)

(1985년 12월 16일 접수)