

Effect of different days of postharvest treatment and CO₂ concentrations on the quality of 'Seolhyang' strawberry during storage

Ji-Gang Kim*, Ji-Woen Choi, Me-Hea Park

Postharvest Research Team, National Institute of Horticultural and Herbal Science, Wanju 55365, Korea

수확 후 CO₂ 처리 시기 및 농도에 따른 '설향' 딸기 저장 중 품질변화

김지강* · 최지원 · 박미희

국립원예특작과학원 저장유통연구팀

Abstract

This study was conducted to determine CO₂ treatment condition to extend the shelf-life of 'Seolhyang' strawberry. Fresh strawberries with red color on 80% of the fruit surface were harvested. The samples at two different stages (on the 1st and 3rd day after harvest) were placed in a gas-tight chamber with 0, 5, 15, or 30% CO₂ concentration for 3 hours at 4°C. Then, the strawberry samples were immediately packaged in a PET tray and stored at 4°C. The carbon dioxide treatment was effective in maintaining the quality of 'Seolhyang' strawberries treated on the 1st day after harvest. These samples had higher firmness, lower redness, softening index, and decay rate compared to samples treated on the 3rd day after harvest. Treatment with both 15 and 30% of CO₂ concentration on the 1st day after harvest induced an increase of firmness of 'Seolhyang' strawberry after the treatment. Samples treated with 15 and 30% CO₂ the 1st day after harvest maintained quality for 10 days. However, samples treated with CO₂ on the 3rd day after harvest lost marketability at 10 days of storage. At the atmosphere containing 30% CO₂ on the 1st day after harvest was most effective in reducing decay rate and fruit softening, and maintaining bright red color of strawberries among different CO₂ concentrations. Therefore, a 30% CO₂ treatment within one day after harvest can be a practical postharvest technology to extend shelf-life of 'Seolhyang' strawberry.

Key words : CO₂ treatment, packaging, quality, strawberry, storage

서 론

국내에서 딸기는 2014년에 6,875 ha 재배되어 210 천톤이 생산되었고, 생산액은 약 1.3조원(1)인 대표적인 과채류로 성장하였다. 최근에 딸기는 주로 시설하우스를 이용하여 재배되면서 일반 생식용 딸기의 수확기간이 11월부터 5월 까지로 바뀌었다. 딸기 품종은 2000년대 중반 이후 국내 육성 품종이 크게 증가하였으며, 특히 '설향' 딸기는 수량성이 높고, 기형과 발생이 적으며, 산도가 낮아 기호성이 우수

하여 국내에서 가장 많이 재배되고 있다(2). 그러나 '설향' 딸기는 '매향', '금향' 등 다른 국내 육성 품종보다 경도가 낮고, 수확 후 선도유지 기간이 짧아 유통 중에 쉽게 물러지는 증상이 발생한다. 따라서 최근에 국내산 딸기에 대한 수출 요구가 높아지고 있으나 '설향' 딸기는 수출국 현지에서 물러짐과 부패가 빨라 상품성이 쉽게 저하되어 선도유지 기술이 더욱 요구되고 있다.

딸기의 품질유지를 위한 수확후관리 기술에 대해서는 예냉처리 및 포장용기에 의한 선도유지 효과(3), 수확 후 칼슘처리와 modified atmosphere(MA) 포장에 의한 저장 중 품질유지 효과(4,5) 및 이산화염소수와 UV-C 조사에 의한 선도유지 기술(6) 등이 연구되었다. 그러나 예냉과 포장용기 개선 이외의 수확 후 처리기술은 실제 국내 딸기 산업 현장에서 활용하고 있지 않아 보다 실용적인 선도유지 기술이 필요한 실정이다. 딸기 유통 중 선도유지를 위한

*Corresponding author. E-mail : kjg3@korea.kr
Phone : 82-63-238-6500, Fax : 82-63-238-6505
Received 21 September 2015; Revised 29 December 2015;
Accepted 5 January 2016.
Copyright © The Korean Society of Food Preservation. All rights reserved.

대표적인 기술 중 수확 후 CO₂ 처리는 보통 팔레트에 적재된 딸기에 밀폐가 가능한 플라스틱 커버를 이용하여 CO₂ 가스를 처리하거나 CO₂ 가스가 방출되는 패드를 이용하는 방법을 미국에서 사용하고 있다. 딸기 수확 후 CO₂ 처리는 딸기의 경도를 증가시키는 것으로 보고되었는데, 품종에 따라서 그리고 처리농도 및 시간 등에 따라서 효과가 차이 있는 것으로 보고되었다. 딸기 CO₂ 처리 후 조직이 단단해지는 직접적인 기작은 아직 구멍이 부족하나 CO₂ 처리에 의해 세포의 칼슘에 영향을 주어 펙틴 물질과 결합을 하여 수용성 펙틴 물질이 감소되며, 또한 펙틴 중간박막층(middle lamella)의 강도가 증가하는 것으로 보고되었다(7,8).

딸기 수확 후 CO₂ 처리기술 연구 초기에는 저장기간 내 연속적으로 처리하는 방법이 수행되었으나 수확 후 바로 출하해서 유통시켜야 하는 딸기에 실용적으로 적용하기가 어려웠다. 그리고 고농도 CO₂ 처리에 의한 경도 향상 결과도 보고되었으나 처리 후 딸기에 탄산가스 맛이 남아 기호성이 나빠지므로 딸기의 맛과 향에 영향을 미치지 않는 수준의 CO₂ 처리 조건이 필요하였다. 국내에서 육성된 딸기 품종이 증가하면서 '대향' 품종에 대해서는 수확시기에 따른 CO₂ 처리 효과와 수송성에 미치는 영향에 대하여 보고(9,10) 되었다. 그러나 국내에서 재배면적과 생산량이 가장 많으나, 품종 특성 상 과육의 경도가 낮아 수확 후 선도유지가 더욱 필요한 '설향' 품종에 대한 적정 CO₂ 처리조건을 구명하기 위한 연구는 부족하였다.

따라서 본 연구는 '설향' 딸기의 CO₂ 처리효과를 구명하여 수출 등 딸기 수확후관리 산업현장에서 활용할 기술정보를 제공하고자 수확 후 CO₂ 처리시기 및 처리농도가 딸기 저장유통 중 품질유지에 미치는 영향을 조사하였다.

재료 및 방법

실험처리

경남 합천에서 2월에 수확한 착색도 70% 수준의 '설향' 딸기를 플라스틱 상자에 담아 수확 당일 수원으로 수송한 다음 4℃에 보관하여 수확 후 1일, 3일에 딸기의 착색수준이 균일하고 중량이 20±5 g인 것을 선별하여 실험에 사용하였다. 선별한 딸기 시료를 덮개가 없는 PET 용기에 담아 10 mm 두께의 아크릴로 제작한 밀폐 챔버(chamber)에 넣은 다음 CO₂ 가스를 주입하여 용기 내부의 CO₂ 농도를 0, 10±1, 20±1, 30±1%로 조정하여 3시간 동안 밀폐시켰으며, 이 때 온도는 8±1℃ 이었다. 그리고 CO₂ 처리 3시간 후 챔버를 열어 딸기 시료를 꺼낸 다음 PET 용기에 50 μm PE 필름으로 느슨하게 씌워 4℃에 저장하면서 품질을 조사하였다.

색도, 경도 및 당도 측정

딸기 저장 중 품질변화를 평가하기 위하여 딸기 외관의

색이 붉은색으로 착색이 된 과일의 중앙 부분을 Chromameter (CR-300, Minolta Co., Tokyo, Japan)를 사용하여 측정 한 뒤 Hunter L, a, b 값을 측정하였다. 그리고 딸기의 숙성에 영향을 미치는 것과 관련이 높은 명도(lightness, L) 및 적색도(redness, a) 값과 hue angle [$\text{hue} = \tan^{-1}(b/a)$]로 변환하여 나타내었다. 딸기의 경도는 시료를 세로방향으로 1/2 절단한 다음 절단면을 위로 향하게 놓고 시료의 중간 부분을 texture analyzer(TA-XT2-5, Stable Microsystems, Surrey, UK)를 이용하여 측정하였다. 이 때 탐침의 지름은 3 mm, 거리는 8 mm, 속도는 3 mm/sec의 조건을 사용하였으며, 그 결과로부터 시료의 경도(firmness)를 N으로 나타내었다. 또한 딸기의 당도는 멸균된 거즈를 이용하여 시료를 착즙한 다음 디지털 당도계(PAL-1, Atago Co., Tokyo, Japan)를 사용하여 가용성고형물함량(soluble solids content, SSC)으로 나타내었다.

물러짐 및 부패율 조사

딸기의 물러짐은 육안으로 각각의 딸기에 5단계의 점수를 부여(0=물러짐 발생 없음, 1=딸기 면적의 10% 미만 물러짐 발생, 2=딸기 면적의 10~25% 물러짐 발생, 3=딸기 면적의 25~50% 물러짐 발생, 4=딸기 면적의 50% 이상 물러짐 발생)하여, 각 샘플에 대한 점수를 합한 다음 사용된 딸기의 개수로 나누어 평가하였다. 그리고 부패율은 딸기 전체 시료 수에 대하여 표면에 곰팡이가 발생한 과일의 개수를 조사하여 그 비율(%)로 나타내었다.

이취 및 외관

딸기 저장 중 이취발생 및 외관에 대한 관능적 품질평가는 CO₂ 처리 후 각각 10일(수확 후 3일 처리), 12일(수확 후 1일 처리)간 저장된 딸기를 5명의 훈련된 평가원이 조사하였다. 딸기의 이취 발생은 Lopez-Galvez 등(11)의 방법에 의해 5단계의 점수를 부여(0=없음; 1=약간; 2=보통; 3=심함; 4=매우 심함) 하였고, 딸기 외관에 대한 관능적 품질평가는 5단계의 점수를 부여(1=매우 나쁨, 2=나쁨, 3=보통, 4=좋음, 5=매우 좋음) 하였으며, 점수 3을 상품성의 한계로 간주하였다(11,12).

통계처리

실험에서 얻어진 결과는 평균값과 표준오차로 나타내었고, 유의성 검증은 SAS(9.2, SAS Institute Inc., Cary, USA)를 사용하여 $p < 0.05$ 수준에서 Duncan's multiple range test 방법으로 검정하였다.

결과 및 고찰

색도

딸기의 색은 품질을 판정하는 중요한 지표로서 성숙되면

서 안토시아닌 함량의 증가와 함께 점차 선홍색으로 착색되는데 지나치게 숙성이 되면 붉은색이 진해지면서 신선도가 나빠지고 상품성을 상실하게 된다. 수확 후 CO₂ 처리한 ‘설향’ 딸기 저장 중 과일 표면의 명도는 모든 CO₂ 처리농도에서 저장기간이 경과하면서 감소하였다(Fig. 1 A, B).

딸기 CO₂ 처리시기에 따라서는 수확 후 1일에 30% CO₂ 처리에서 저장 10일까지 명도가 가장 높은 경향을 보였으나 수확 후 3일 처리에서는 CO₂ 농도에 따른 차이가 발생하지 않아 수확 3일 후 CO₂ 처리는 색에 미치는 영향이 없는 것으로 나타났다. 이는 수확 후 딸기의 명도는 저장기

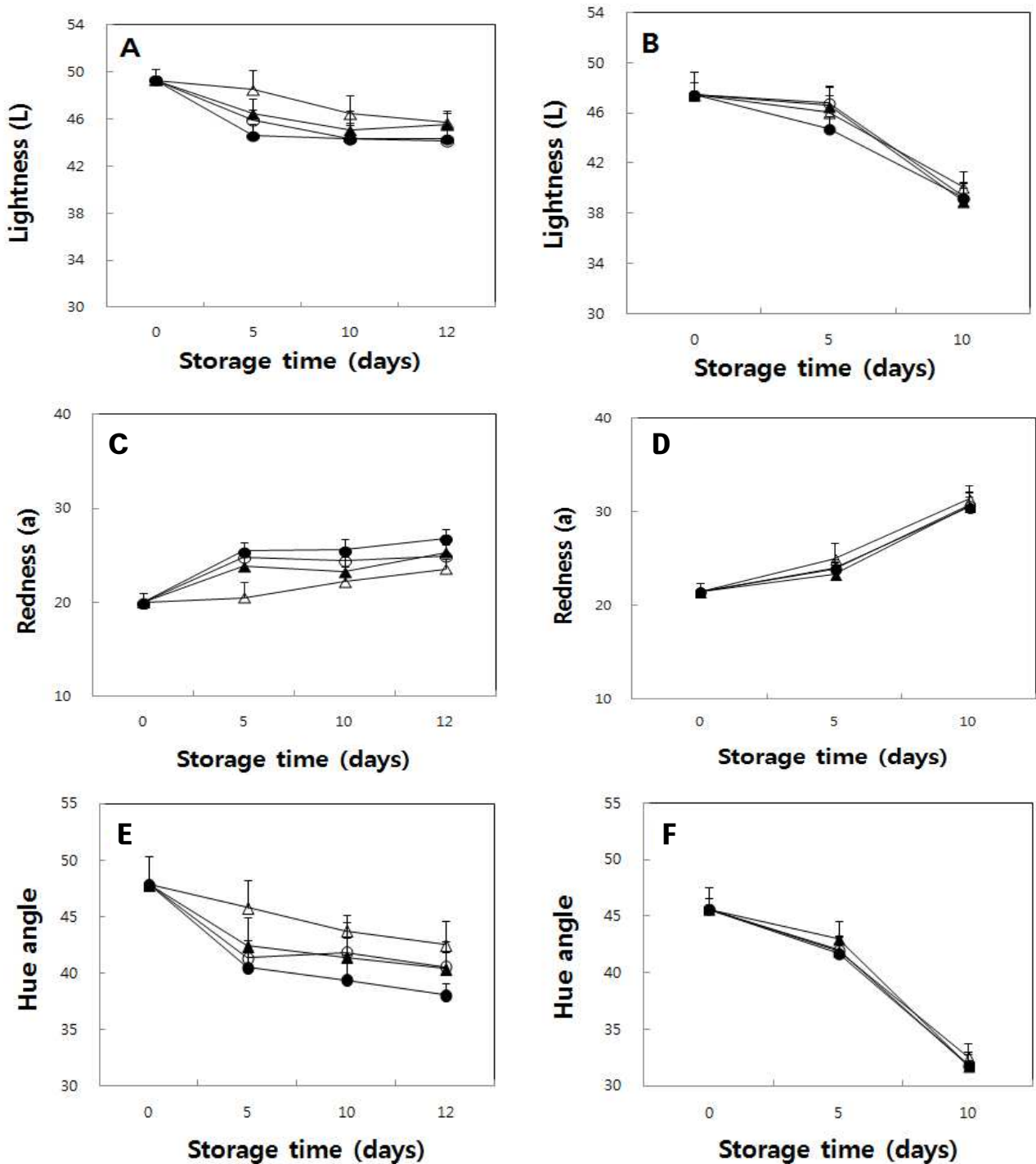


Fig. 1. Changes in lightness (A, B), redness (C, D), and hue angle (E, F) of strawberry samples treated with different CO₂ concentrations on different days (A, C, E: 1st day after harvest, B, D, F: 3rd day after harvest) during storage at 4°C.

Each symbol is the mean of 15 replicate measurements, vertical lines represent SE. ●, 0% CO₂; ○, 5% CO₂; ▲, 15% CO₂; △, 30% CO₂.

간에 영향을 받아 오래 저장될수록 감소하였다는 결과 (3,13)와 일치하였다. 그러나 수확 후 1일에 CO₂ 처리한 시료의 저장 12일에는 처리 간에 차이가 나타나지 않았는데, 이때에는 CO₂ 처리한 딸기에서도 성숙이 급격히 진행된 것이 영향을 준 것으로 판단되었다.

그리고 딸기 CO₂ 처리 후 저장 중 과실 표면의 적색도 (redness)는 수확 후 1일, 3일에 CO₂ 처리 전 초기 값인 각각 19.9, 21.4보다 모든 처리구에서 저장기간 내내 증가하였고, CO₂ 처리시기에 따라서는 수확 3일 처리가 수확 1일 처리 보다 저장기간 내내 높게 나타났다(Fig. 1 C, D). 딸기 CO₂ 처리 농도에 따른 적색도는 수확 후 1일 딸기의 30% 처리에서 저장 10일 까지 가장 낮게 나타나는 경향을 보였으며, 수확 후 3일 처리에서는 CO₂ 농도에 따른 차이가 나타나지 않았다. 또한 색상을 나타내는 hue 값은 수확 후 1, 3일에 CO₂ 처리 전에 각각 47.8, 45.6이었던 것이 저장기간 내내 감소하였다(Fig. 1 E, F) 이는 딸기의 색상이 점차 적색으로 변함을 알 수 있었는데, CO₂ 처리시기 간에는 수확 후 3일 처리가 수확 후 1일 처리보다 hue 값이 낮게 나타나 수확 후 2일이 더 경과한 딸기 시료에 CO₂ 처리를 한 것이 성숙이 빨리 진행된 것으로 여겨졌다. 딸기의 hue 값이 CO₂ 농도에 따라서는 수확 후 1일 처리에서는 30% 처리구에서 높게 나타났으며, 5, 15% 처리에서도 저장 10, 12일에 0% 처리보다 높게 나타나 CO₂ 처리가 딸기의 성숙을 지연시켜 색상 변화에도 영향을 미친 것으로 여겨졌다. 이 결과는 5% O₂ 와 15% CO₂ 농도를 갖는 저장조건이 일반 대기조건에서 저장한 딸기보다 hue 값이 높았다는 보고(14)와 관련이 있다. 딸기에 있어서 적색도가 높아지고 hue 값이 낮아진다는 것은 성숙이 진행되었다라고 간주할 수 있는데, 수확 후 3일에 CO₂ 처리한 딸기에서 수확 후 1일 CO₂ 처리보다 빨리 진행되는 것으로 나타났다. 이는

미숙된 상태에서 수확된 '설향' 딸기가 저장기간 중에 성숙되면서 과육의 적색도가 일정기간 증가한 것으로 수확 후 3일 CO₂ 처리에서 수확 후 1일 처리보다 빨리 낮아져 더 빠르게 성숙되는 것으로 여겨졌다. 따라서 딸기의 성숙을 지연시키기 위한 CO₂ 처리는 수확 후 1일 이내가 수확 후 3일에 처리하는 것보다 적합한 것으로 나타났다.

경도

딸기의 경도는 수확 후 1일 CO₂ 처리에서는 15% 및 30% CO₂ 농도로 처리한 시료에서 증가하여 저장 초기에는 수확 당일 보다 경도가 높게 유지하였다가 저장 후반기에는 감소하였다. 그러나 CO₂ 처리되지 않거나 농도가 비교적 낮은 0% 및 5% 처리에서는 저장기간 내내 계속 감소하였다(Fig. 2 A). 이 결과는 Hwang 등(15)의 보고에서 수확 후 20% CO₂ 처리한 '여봉' 딸기의 경도를 저장 4일까지는 증가되었다는 결과와 유사하였다. 그리고 수확 후 3일 CO₂ 처리에서도 15% 및 30% 처리구에서 저장 5일까지는 다소 증가하다 이 후 크게 감소하였으며, CO₂ 농도 0% 및 5%에서는 경도 증가가 없이 저장 중에 계속 감소하였다(Fig. 2 B). 딸기는 수확 후 CO₂ 처리에 의해 대조구 보다 경도가 단단해져 부패를 지연시키는데 도움을 주고 있으나 품종과 숙도에 따라서 그 효과는 차이가 있다(7,15). 수확 후 CO₂ 처리가 딸기 조직의 경도 증가에 대한 기작은 완전히 구명되지는 못하였지만 CO₂ 처리 후 딸기에서 수용성 펙틴이 감소하였고, chelator soluble 펙틴이 증가하였다(16). 일반적으로 과일의 단단함은 세포와 세포의 결속력, cell fragility 등에 의해서 달라지는데, 과실의 저장성은 조직의 연화 속도와 밀접한 관련이 있다. 과실의 연화는 세포벽의 건전성 상실로 세포간의 결속력이 약화되면서 나타나고(16), 과실에서 경도 저하와 수용성 펙틴이 반비례적인 관계를 나타내어

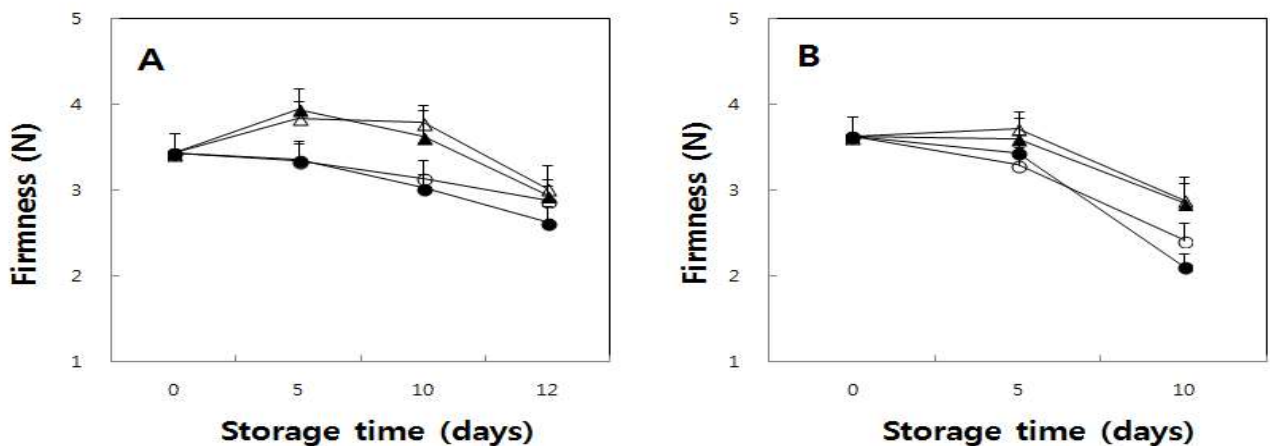


Fig. 2. Changes in firmness of strawberry samples treated with different CO₂ concentrations on different days (A: 1st day after harvest, B: 3rd day after harvest) during storage at 4°C.

Each symbol is the mean of 15 replicate measurements, vertical lines represent SE. ●, 0% CO₂; ○, 5% CO₂; ▲, 15% CO₂; △, 30% CO₂.

(7,8) CO₂ 처리에 의해 딸기의 경도와 펙틴의 질적인 또는 구조적인 변화가 있는 것으로 판단된다. 본 실험에서 사용된 ‘설향’ 딸기에서는 수확 후 1일에 CO₂ 농도 15, 30% 처리에서 경도가 증가하였고 처리 후 저장 10일 까지는 대조구에 비하여 높게 유지하였으나 이 후에는 경도가 크게 낮아지면서 저장 12일에는 대조구와 차이가 나타나지 않았다. 수확 후 3일에 CO₂ 처리한 딸기에서도 저장 10일 까지는 수확 후 1일 처리와 같이 15% 및 30%의 CO₂ 농도에서 경도가 비교적 높게 유지되었으나 저장 5일 후에는 급격히 경도가 감소하였다. 따라서 수확 후 CO₂ 처리시기가 다르지만 모두 시료를 수확한지 13일이 되는 수확 후 1일에 CO₂ 처리하여 저장 12일이 된 딸기와 수확 후 3일에 CO₂ 처리하여 10일간 저장한 딸기를 비교하면 수확 후 1일에 CO₂ 처리한 딸기가 3일에 처리한 것 보다 높게 나타났다. 이 결과로 ‘설향’ 딸기 유통기간 중 높은 경도를 유지하기 위해서는 수확 후 1일 이내에 CO₂ 처리하는 것이 바람직한 것으로 여겨졌다.

당 도

딸기의 당도는 수확 후 1일 30% CO₂ 처리를 제외하고 다른 처리에서는 모두 저장 10일까지는 증가하였다가 감소하였고, 수확 후 3일 CO₂ 처리에서는 모든 처리에서 당도가 증가하였다가 완만하게 감소하거나 유지하는 경향을 나타냈다(Fig. 3). 저장 전 딸기의 당도는 수확 후 1일, 3일된 시료가 각각 10.5, 11.4 °Brix로 수확 후 3일 된 시료에서 높았는데, 수확 1일 후 30% CO₂ 처리한 딸기는 저장 기간 중 계속 증가하여 저장 12일에는 12.0 °Brix까지 증가하였으나 다른 처리에서는 저장 10일 까지 증가하다 감소하였다. 그리고 수확 3일 후 CO₂ 처리한 딸기는 저장 5일에는 증가하였다가 10일에는 감소하였으며, CO₂ 처리농도에 따라서는 차이 없이 11.5~11.8 °Brix를 나타내었다. 딸기 저장 중

당도가 증가하였다가 감소하는 것은 수확 후에도 성숙이 진행되다가 연화되면서 당도가 감소하는 품질 변화가 발생한 것으로 여겨졌다. 이 결과는 50% 수준의 성숙도를 갖는 딸기를 4℃에서 10일 간 저장 시 과당과 포도당의 증가로 딸기의 당도가 증가하였다는 보고(17)와 유사하였다. 그러나 Park과 Hwang (18)의 결과에서는 저장 초기에 당도가 완만하게 높아졌다가 4일 이후 감소하였고, Moon 등(19)의 결과에서는 저장기간 내내 당도가 감소하였으나 포장내부에 CO₂ 처리 시 당도 감소가 억제되었다고 보고하였다. 이렇게 딸기 수확 후 당도의 차이는 실험에 사용된 딸기의 숙도에 따라서 저장 중에 당도 변화가 차이가 있는 것으로 판단되었다.

물러짐 및 부패율

과일은 성숙이 진행되면서 점차 연화되고 물러지는 증상이 나타나는데 딸기는 수확 후 육안으로 쉽게 판단할 수 있는 물러짐이 발생하여 상품성을 상실하게 된다. 딸기의 물러짐 지수는 저장기간이 경과하면 할수록 높아지는데 수확 후 1일 CO₂ 처리에서는 저장 12일에 물러짐 지수가 1.4~2.1을 나타내었으며, CO₂ 농도에 따라서는 30% 처리구에서 1.4로 가장 낮게 나타났고 대조구에서 2.1로 가장 높게 나타났다(Fig. 4 A). 그리고 수확 후 3일 CO₂ 처리에서는 저장 10일에 물러짐 지수가 1.8~2.2를 나타내었는데, CO₂ 처리 농도에 따라서 차이가 없었다. 딸기 CO₂ 처리시기에 따라서는 시료 수확한지 13일이 되는 수확 후 1일 CO₂ 처리하여 저장 12일이 된 딸기에서 수확 후 3일 처리 후 저장 10일된 딸기 보다 물러짐이 낮게 나타났다. 이 결과로 딸기 CO₂ 처리에 의한 물러짐 억제 효과는 수확 후 1일에 처리한 딸기에서 높게 나타났고 수확 후 3일에 CO₂ 처리한 것은 저장 10일 후에는 그 효과가 나타나지 않았다.

딸기의 부패율은 수확 후 1일에 처리한 딸기에서는 저장

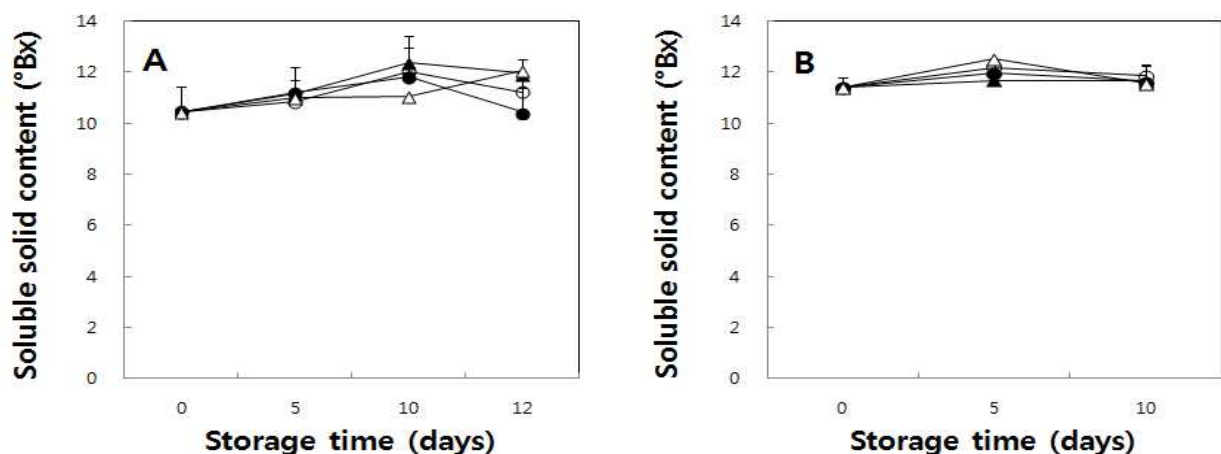


Fig. 3. Changes in soluble solid content of strawberry samples treated with different CO₂ concentrations on different days (A: 1st day after harvest, B: 3rd day after harvest) during storage at 4°C.

Each symbol is the mean of 6 replicate measurements, vertical lines represent SE. ●, 0% CO₂; ○, 5% CO₂; ▲, 15% CO₂; △, 30% CO₂.

12일에 8.6~24.6%를 나타내었고 CO₂ 처리 농도가 높을수록 부패율이 적게 나타났다. 그러나 수확 후 3일 CO₂ 처리에서는 저장 10일에 23.5~25.8%를 나타내었고 CO₂ 처리농도에 관계없이 차이가 나타나지 않았다(Fig. 4 B). 이 결과로 딸기의 부패율은 물러짐과도 관련이 높은 것으로 나타났는데, 물러짐이 적었던 수확 후 1일 CO₂ 처리에서 부패율이 낮게 나타났고, 특히 30% CO₂ 처리에서 부패 발생이 가장 낮아 CO₂ 처리는 '설향' 딸기의 부패 발생 억제에도 영향을 미치는 것으로 나타났다. 그러나 딸기 수확 후 3일에 CO₂ 처리한 것은 물러짐이나 부패 발생 억제 효과가 나타나지 않아 '설향' 딸기의 CO₂ 처리는 수확 후 1일 이내에 처리하는 것이 바람직하였다.

관능평가

'설향' 딸기 저장 및 유통 중에 이취 발생은 수확 후 1일 CO₂ 처리에서는 저장 12일, 수확 후 3일 CO₂ 처리에서는 저장 10일에 각각 0.63~0.87, 0.55~0.89 수준으로 나타났다(Fig. 5 A). 딸기의 CO₂ 처리시기에 따라서 이취 발생이 차이가 나타나 수확 후 1일 CO₂ 처리가 수확 후 3일 처리보다 이취 지수가 낮게 나타났다. 수확 후 1일에 CO₂ 처리한 딸기에서는 30% CO₂ 농도 처리에서 이취 지수가 0.63점으로 가장 낮게 나타났으며, 이는 상품성에 영향을 주지 않는 미미한 수준이었다. 그러나 수확 후 3일 처리는 CO₂ 농도에 관계없이 수확 후 1일 처리보다 높게 나타났다. 채소류 수확 후 이취 발생은 저장 유통 중에 포장 내부의 기체조성이

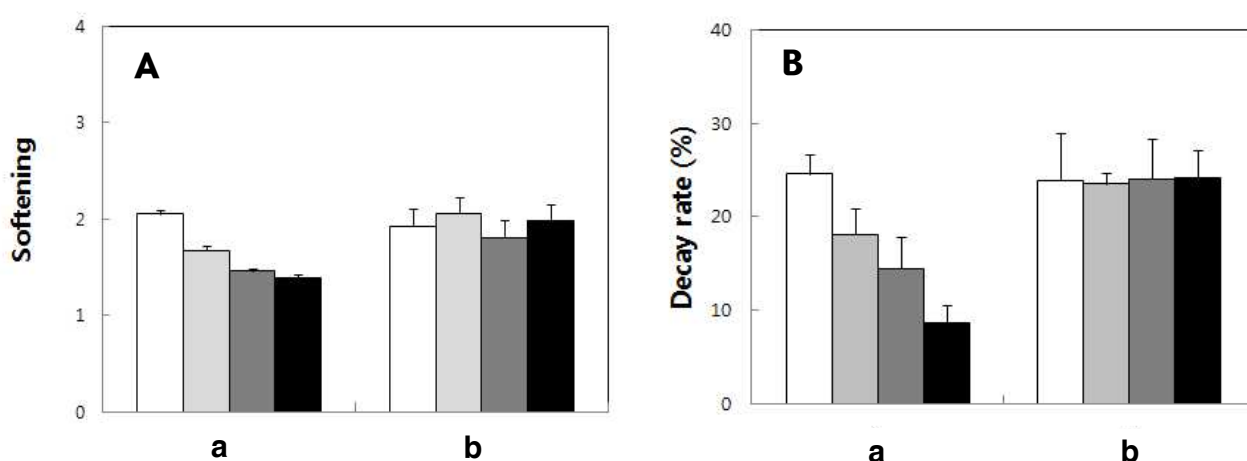


Fig. 4. Softening index and decay rate of strawberry samples treated with different CO₂ concentrations on different days (A: 1st day after harvest, B: 3rd day after harvest) after 12 days (a) and 10 days (b) of storage, respectively at 4°C.

Vertical lines represent SE. □, 0% CO₂; ▒, 5% CO₂; ▓, 15% CO₂; ■, 30% CO₂.

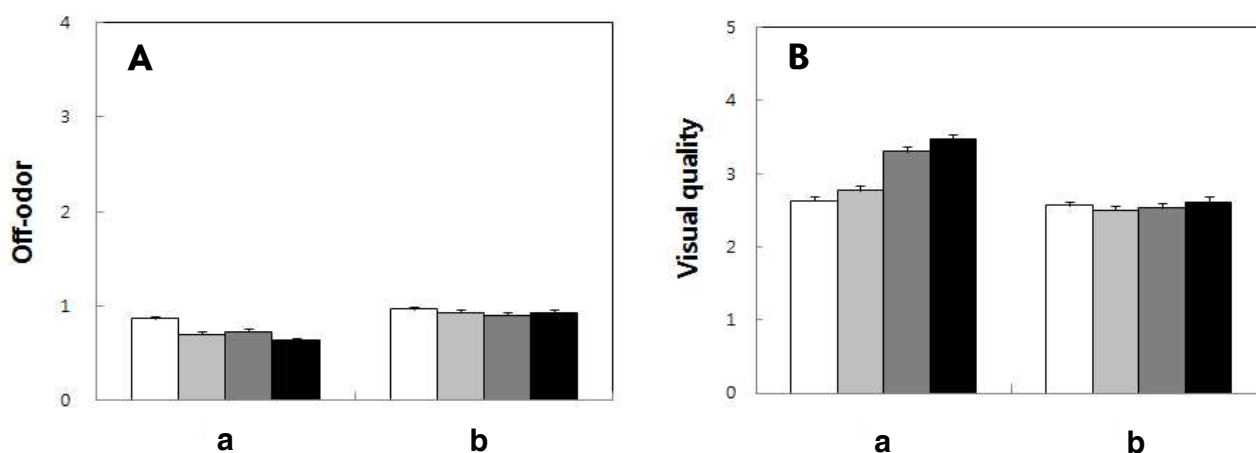


Fig. 5. Off-odor and visual quality scores of strawberry samples treated with different CO₂ concentrations on different days (1st day after harvest, B: 3rd day after harvest) after 12 days (a) and 10 days (b) of storage, respectively at 5°C.

Vertical lines represent SE. □, 0% CO₂; ▒, 5% CO₂; ▓, 15% CO₂; ■, 30% CO₂.

O₂ 농도는 낮아지고 CO₂ 농도가 높아지면서 조성되는 혐기적 호흡과정의 산물이다(12,20). 그러나 본 실험에서는 구멍이 있는 포장용기를 사용하여 포장 내부의 기체 조성은 대기중의 기체 환경과 크게 차이가 없어 알콜취에 의한 이취라기보다는 부패발생에 의한 이취 발생으로 여겨졌다. 이 결과는 결국 부패발생과도 관계가 있어 부패율이 높은 수확 후 3일 CO₂ 처리에서 1일 CO₂ 처리보다 이취가 높게 나타났다.

저장기간 중 딸기의 외관적 품질을 평가한 결과 수확 후 1일에 CO₂ 처리하여 12일 저장된 것과, 수확 후 3일에 처리하여 10일 저장한 딸기에서 각각 2.6~3.5, 2.5~2.6을 나타내어 수확 후 1일 CO₂ 처리에서 수확 후 3일보다 높게 나타났다(Fig. 5 B). 딸기의 CO₂ 처리농도에 따라서는 수확 후 1일 처리에서는 CO₂ 농도가 높아질수록 외관이 우수하여, 30% CO₂ 처리가 가장 높은 3.47점을 나타내어 상품성을 유지하였으나 다른 처리에서는 모두 3점 미만으로 상품성을 상실하였다. 그러나 수확 3일 후 CO₂ 처리에서는 CO₂ 농도와 관계없이 효과가 나타나지 못하였다.

이상의 결과로 ‘설향’ 딸기는 수확 후 CO₂ 처리가 품질유지에 효과적이며, 처리 시기와 농도는 수확 후 1일 이내에 30% CO₂ 농도로 3시간 처리하는 것이 유통 중에 신선도를 유지하는데 도움을 주는 것으로 나타났다.

요 약

‘설향’ 딸기 수확 후 CO₂ 처리에 의한 선도유지 효과 및 적정 처리조건을 구명하고자 연구를 수행하였다. 착색도 70% 수준의 ‘설향’ 딸기를 수확 후 1, 3일 후에 CO₂ 농도 0, 5, 15 및 30%에서 3시간 처리한 다음 4℃에서 각각 12일, 10일 저장(수확 후 13일) 하였다. 수확 후 1일에 CO₂ 처리한 ‘설향’ 딸기는 15% 및 30% CO₂ 처리에서 과실의 경도를 증가시켜, 저장 10일까지 저장 전 보다 경도가 높게 유지되었고, CO₂ 농도가 높아질수록 물러짐 발생이 적게 나타났으며, 부패과율도 낮게 나타났다. 특히 30% CO₂ 처리한 딸기의 색은 적색도(Hunter a값)가 가장 낮았고, 외관에 대한 관능점수는 가장 높게 나타났다. 그러나 수확 후 3일에 CO₂ 처리한 딸기는 CO₂ 농도에 관계없이 딸기 저장 중 품질에 영향을 미치지 않았고, 물러짐 발생이 수확 후 1일 CO₂ 처리보다 높았으며, 이취 및 부패과율이 높아 품질이 나쁜 것으로 나타났다. 따라서 ‘설향’ 딸기를 수확 후 1일 이내에 15% 및 30% CO₂ 처리하면 선도유지에 효과적인 것으로 나타났으며, 특히 30% CO₂ 농도 3시간 처리는 수확 후 10일 까지 ‘설향’ 딸기의 품질을 유지할 수 있었다.

감사의 글

본 연구는 농촌진흥청 공동연구사업(과제번호: PJ01050701)

의 지원으로 수행되었으며, 이에 감사드립니다.

References

1. Ministry of Agriculture, Food and Rural Affairs (2013) Agriculture, food, and rural affairs statistics yearbook, Sejong, Korea, p 103-104, 350-351
2. Rural Development Administration (2010) Strawberry, Suwon, Korea, p 123-131
3. Park JE, Kim HM, Hwang SJ (2012) Qualitative changes in precooling and storage temperatures on the post-harvest management of the fruits in strawberry for export, J Agri Life Sci, 46, 67-74
4. Guan J, Park HW, Kim YH, Kim SH, Park HR (2008) Effects on quality of strawberry fruit by dipping of calcium solution and MA packaging. Korean J Food Preserv, 13, 13-17
5. Nielsen T, Leufven A (2008) The effect of modified atmosphere packaging on the quality of Honeoye and Korona strawberries, Food Chem, 107, 1053-1063
6. Shin YJ, Song HY, Song KB (2012) Effect of a combined treatment of rice bran protein film packaging with aqueous chlorine dioxide washing and ultraviolet-C irradiation on the postharvest quality, J Food Eng, 113, 374-379
7. Harker FR, Elgar HJ, Watkins CB, Jackson PJ, Hallett IC (2000) Physical and mechanical changes in strawberry fruit after high carbon dioxide treatments, Postharvest Biol Technol, 19, 139-146
8. Hwang YS, Min JH, Kim DY, Kim JG, Huber DJ (2012) Potential mechanism associated with strawberry fruit firmness increases mediated by elevated pCO₂. Hort Environ Biotechnol, 53, 41-48
9. Lee HJ, Kim KC, Lim JH, Bae JU, Hwang YS (2001) Influence of CO₂ treatment on quality and simulated transport of harvested strawberry, Korean J Hort Sci Technol, 19 (Suppl. 2), p 55
10. Lim JH, Piao YL, Hwang YS (2003) Comparisons of strawberry fruit quality and response of CO₂ treatment between harvest seasons, Korean J Hort Sci Technol, 21 (Suppl. 1), p 52
11. Lopez-Galvez G, Peiser G, Nie X, Cantwell M (1997) Quality changes in packaged salad products during storage. Zeithschrift Lebensmittel - Untersuchung Forschung, 205, 64-72
12. Kim JG, Choi JW, Cho MA (2014), Quality changes

- of fresh-cut winter squash treated with different postharvest ripening periods and packaging methods. *Korean J Food Preserv*, 21, 17-24
13. Aday MS, Temizkan R, Buyukcan MB, Caner C (2013), An innovative technique for extending shelf life of strawberry: ultrasound. *LWT-Food Sci Technol*, 52, 93-101
 14. Nunes MCN, Morais AMMB (2002) Fruit maturity and storage temperature influences response of strawberries to controlled atmospheres. *J Amer Soc Hort Sci*, 127, 836-842
 15. Hwang YS, Kim YA, Lee WS (1999) Effect of postharvest CO₂ application time on the flesh firmness and quality in 'Nyoho' strawberries. *J Korean Soc Hort Sci*, 40, 172-182
 16. Brummell, DA (2006) Cell wall disassembly in ripening fruit. *Funct Plant Biol*. 33, 103-119
 17. Choi HG, Kang NJ, Moon BY, Kwon JK, Rho IR, Park KS, Lee SY, (2013) Changes in fruit quality and antioxidant activity depending on ripening levels, storage temperature, and storage periods in strawberry cultivars. *Korean J Hort Sci Technol*, 31, 194-202
 18. Park JE, Hwang SJ (2010) Effect of precooling and storage temperatures on the post-harvest management of the fruits in 'Maehyang' and 'Soogyong' strawberries for export. *J Bio-Environ Control*, 19, 366-371
 19. Moon KD, Kim JK, Sohn TW (1990) The effect of CO₂ pretreatment on quality of strawberry during storage. *Agric Res Bull*, Kyungpook National University, 8, 83-88
 20. Cameron AC, Talasila PC, Joles DW (1995) Predicting film permeability needs for modified atmosphere packaging of lightly processed fruits and vegetables. *HortScience*, 30, 25-34