

Research Report

사계성 딸기의 신선도 유지를 위한 CO₂와 ClO₂가스의 전처리 효과

박도수, 정천순*

강원대학교 원예학과

Effect of CO₂ and ClO₂ gas Pre-treatment for Maintain Shelf-life of Summer StrawberriesDo Su Park¹ and Cheon Soon Jeong^{1*}

Department of Horticulture, Kangwon National University, Chuncheon 200-701, Korea

Abstract: This study was conducted to maintain the postharvest shelf-life of summer strawberry cultivars 'Goha' and 'Flamengo' through CO₂ (90%) and ClO₂ gas (5μL·L⁻¹) pre-treatment. The respiration rate of 'Goha' and 'Flamengo' treated with CO₂ and CO₂ + ClO₂ was the lowest during storage. The weight loss with CO₂ + ClO₂ treatment was about 1% lower than the control group and 'Goha' was the lowest during storage. The pre-treatments effect on soluble solids contents was minimized. The firmness with CO₂ and CO₂ + ClO₂ treatments was only about 30% higher than ClO₂ and control. The firmness of 'Goha' was about 2.15N and 'Flamengo' was 2.37N, 15 days after storage. Decayed fruit was shown from after 6 days after storage in control. Control group lost quality 10 days after storage due to decayed fruit rate 20% of 'Goha' and 'Flamengo'. CO₂ and CO₂ + ClO₂ treatments showed the lowest decay rate during storage. Especially, 'Goha' showed around 5% decay fruit rate 10 days after storage. As a result, CO₂ + ClO₂ pre-treatment is recommended to extend the shelf-life of the summer strawberries.

Additional key words: decay rate, firmness, quality

서 언

우리나라 여름철에 생산되는 사계성 딸기의 주요 품종은 영국에서 육성된 'Flamengo'와 국내에서 육성된 'Goha' 품종이 있으며, 해발 500m 이상의 고랭지 지역에서 재배되고 있다. 고랭지 사계성 딸기는 주로 일본 수출을 목적으로 재배되고 있고, 미국산에 비해서 품질이 우수한 국내산 사계성 딸기는 일본시장으로 지속적인 수출이 예상되고 있다 (Eum et al., 2014). 사계성 딸기는 일계성 딸기에 비해 비교적 육질이 단단하나 고온기에 수확, 유통되므로 품질저하가 쉽게 일어난다. 수확 후 주로 문제가 되는 요인으로는 *Botrytis cinerea* 에 의한 잿빛곰팡이 병이 있고, 유통 과정에

서 물리적 손상 및 조직의 연화 등으로 인한 경도감소와 지나친 증산작용으로 인한 수분손실, 과숙으로 인한 변색 등 외관의 품질저하가 있다(Marquenie et al., 2003; Vicente et al., 2002). 이러한 품질저하 요인을 방지하고 선도를 유지하기 위해서는 수확 후 관리가 필요하다(Eum and Lee, 2007; Wills and Kim, 1995). 딸기의 선도를 유지하기 위한 방안으로는 수확 즉시 예냉하는 방법(Salunkhe and Desai, 1984), 부패와 호흡을 억제하고 경도를 유지시키는 고농도 CO₂ 처리(El-Kazzaz et al., 1983; Ke et al., 1991), 잿빛곰팡이병 발생억제를 위한 UV-C 처리(Marquenie et al., 2003), ClO₂ 처리(Jin et al., 2007) 등이 있다.

기존의 신선도 연장을 위한 전처리 연구는 농도 구명과

*Corresponding author: jeongcs@kangwon.ac.kr

※ Received 10 April 2015; Revised 9 June 2015; Accepted 12 June 2015. 본 연구는 농촌진흥청 공동연구사업(과제번호: PJ010507)의 지원에 의해 이루어진 것이며, 2013년도 강원대학교 학술연구조성비를 겸하여 연구하였음(과제번호-C1009748-01-01).

각각의 처리효과에 초점을 두고 있기에 본 연구에서는 국내 산 사계성 육성 품종인 ‘Goha’와 도입종인 ‘Flamengo’를 이용하여 CO₂와 ClO₂ 가스의 복합전처리 효과를 구명하고, 이에 따른 사계성 딸기 수확 후 품질유지를 위한 전처리 기술의 방향을 제시하고자 수행하였다.

재료 및 방법

본 연구에 사용된 사계성 딸기는 2013년 10월에 70% 착색과를 강원도 평창군에서 ‘Flamengo’와 강릉에서 ‘Goha’를 수확하였다. 고농도 CO₂ 처리는 active MA 포장기(KNU-IRUENG, model:IE2004-2)를 이용하여 70 μ m Nylon/EVOH/polyolephin 적층필름에 시료를 넣어 CO₂ 가스 90% 농도로 3시간 동안 상온 처리하였다. ClO₂ 가스 처리는 이산화염소 발생기(CA200, Purgofarm Co., Seoul, Korea)를 이용하여 62L chamber에 넣고 5 μ L \cdot L⁻¹ 농도로 15분 동안 상온 처리하였다. CO₂ + ClO₂ 처리는 CO₂ 처리 후, ClO₂ 가스를 처리하였다. 이후, 온도는 5°C, 습도 RH 90 \pm 5% 조건에서 15일간 저장하였고, 호흡률, 감모율, 가용성고형물(SSC), 산도, 경도, 색도변화, 부패율을 조사하였다. 호흡률은 딸기를 2L 밀폐용기에 담아 3시간 동안 가스를 포집 후 CO₂/O₂ analyzer (CheckMate 9900, PBI Dansensor, Denmark)를 이용하여 측정하였으며, mL \cdot CO₂/kg/h로 나타내었다. 감모율은 수확 직후 중량과 저장기간 동안 시료의 중량을 측정하여 두 값의 차이를 수확 직후 중량으로 환산하여 백분율로 나타냈다. 가용성고형물은 각 처리구의 시료를 착즙하여 과일 당·산도측정기(SAM-706AC, G-won Hightech Co., Seoul, Korea)를 이용하여 측정하였다. 산도는 착즙액을 당·산도측정기

(SAM-706AC, G-won Hightech Co., Seoul, Korea)로 측정하였으며, 구연산 함량을 %로 환산하여 표기하였다. 경도는 Rheometer(Model co-mpac-100, Japan)를 사용하여 측정하였다. 이때 압력은 수직방향으로 하였으며 측정조건은 진입 깊이 5mm, 진입거리 50%, table speed 60mm/min, probe는 No. 5(\varnothing 3mm)로 하였다. 색도변화는 표준백색판(L = 97.79, a = -0.38, b = -2.05)으로 보정한 colorimeter(CR-400, Minolta, Japan)를 사용하여 과피의 색도를 측정하고 그 결과를 Hunter ‘L’ 및 ‘a’ 값으로 나타냈다. 부패율은 숙련된 패널 5명이 부패과실을 육안으로 판별하여 그 개수를 전체개수에 대한 %로 환산하여 표기하였다. 각 실험 결과는 3회 반복 측정하여 그 평균값을 나타내었으며, 각 조건별 측정 결과는 SPSS statistics 21 program을 이용하여 평균과 표준편차를 구하고 일원배치분산분석(one way ANOVA)을 실시한 후, Duncan’s multiple range test를 실시하여 유의성을 검정하였다. 또한 Microsoft Excel 2007 프로그램을 이용하여 통계처리를 실시하였다.

결과 및 고찰

전처리에 따른 ‘Goha’와 ‘Flamengo’의 호흡률 변화는 Fig. 1에 나타냈다. 두 품종 모두 저장기간이 길어질수록 호흡률이 증가하는 양상을 보였다. ‘Goha’는 수확 직후 1.13mL \cdot CO₂/kg/h였는데 저장 5일에 대조구와 ClO₂ 처리구에서 약 4.82mL \cdot CO₂/kg/h로 급격히 증가한 반면, CO₂ 처리구와 CO₂ + ClO₂ 처리구는 약 2.92mL \cdot CO₂/kg/h로 낮게 나타났다. ‘Flamengo’의 경우 수확 직후 대조구는 3.66mL \cdot CO₂/kg/h에서 저장 15일에 7.72mL \cdot CO₂/kg/h까지 증가하였고, CO₂ 처

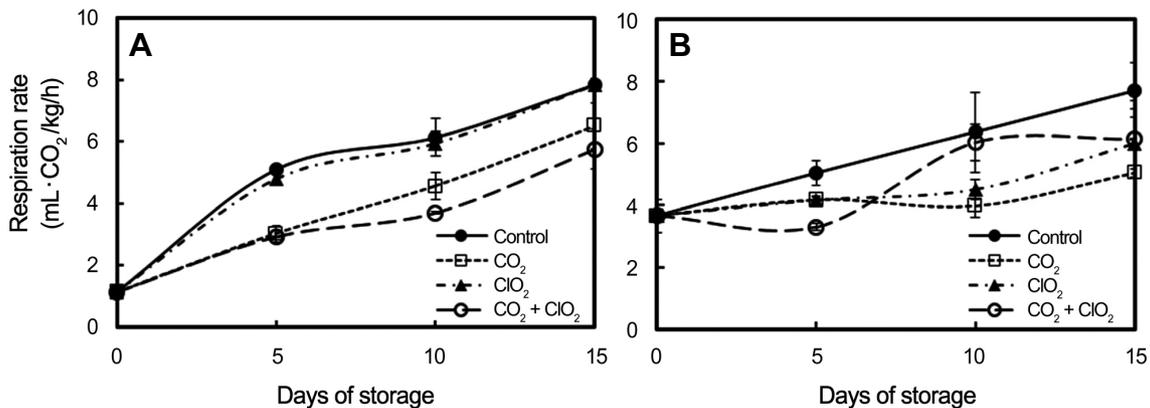


Fig. 1. Changes in respiration rate of strawberries (A, Goha; B, Flamengo) affected by CO₂ (90%), ClO₂ (5 μ L \cdot L⁻¹) and CO₂ (90%) + ClO₂ (5 μ L \cdot L⁻¹) pre-treatments during storage at 5°C. Vertical bars represent standard error of the means (n = 10).

리구는 $5.05\text{mL}\cdot\text{CO}_2/\text{kg}/\text{h}$, ClO_2 처리구는 $6.01\text{mL}\cdot\text{CO}_2/\text{kg}/\text{h}$, $\text{CO}_2 + \text{ClO}_2$ 처리구는 $6.12\text{mL}\cdot\text{CO}_2/\text{kg}/\text{h}$ 로 각각 증가하였다. 전반적으로 CO_2 및 $\text{CO}_2 + \text{ClO}_2$ 처리구가 타 처리구에 비해 낮은 호흡률을 보인 것은 CO_2 처리가 호흡을 억제하여 나타난 결과로 해석된다. Wills et al.(1979)은 몇몇 원예산물에 CO_2 처리 후 호흡률을 측정 한 결과 대조구에 비해 전반적으로 감소하는 경향이 있다고 보고하였다.

감모율은 ‘Goha’에서 저장 15일에 대조구가 2.5%로 가장 많았으며, $\text{CO}_2 + \text{ClO}_2$ 처리구가 1.6%로 가장 적게 나타났다(Fig. 2). ‘Flamengo’도 대조구에서 1.73%로 가장 많았으며, CO_2 및 $\text{CO}_2 + \text{ClO}_2$ 처리구가 약 1%로 가장 적게 나타났다. 이와 같은 결과는 CO_2 처리가 호흡으로 인한 수분손실을 제어한 결과로 판단되며, 기존의 연구에서도 유사한 결과가 보고된바 있다(Moon et al., 1990).

가용성고형물 함량의 변화는 두 품종 모두 소폭 감소하였다(Fig. 3). ‘Goha’는 수확직후 5.2°Brix 에서 저장 15일에 대조구는 4.0°Brix , ClO_2 처리구는 4.53°Brix , $\text{CO}_2 + \text{ClO}_2$ 처리구는 4.76°Brix , CO_2 처리구는 5.1°Brix 로 각각 감소했다. ‘Flamengo’의 경우 수확직후 5.26°Brix 에서 저장 15일에 약 4.15°Brix 로 감소하였고, 처리구간 유의적인 차이는 없었다. Yang(1999)에 의하면 딸기는 고농도 CO_2 조건에서도 가용성고형물 함량이 비교적 잘 유지된다고 하였다. Hwang et al.(1999)은 CO_2 처리에서 가용성고형물 함량은 큰 영향을 받지 않는다는 연구결과와 일치하였다. 한편, Aieta et al.(1986)에 의하면 ClO_2 처리는 적용산물의 풍미에 큰 영향을 주지 않는다고 하였고, 본 실험에서도 ClO_2 처리가 가용성고형물 함량에 미치는 영향은 미미한 것으로 판단된다.

구연산 함량의 변화는 Fig. 4에 나타났다. ‘Goha’는 수확

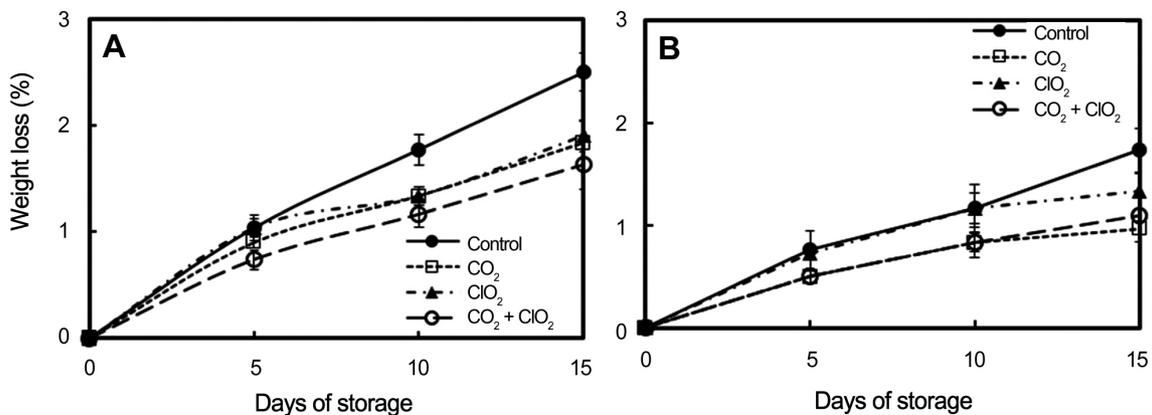


Fig. 2. Changes in weight loss of strawberries (A, Goha; B, Flamengo) affected by CO_2 (90%), ClO_2 ($5\ \mu\text{L}\cdot\text{L}^{-1}$) and CO_2 (90%) + ClO_2 ($5\ \mu\text{L}\cdot\text{L}^{-1}$) pre-treatments during storage at 5°C . Vertical bars represent standard error of the means ($n = 10$).

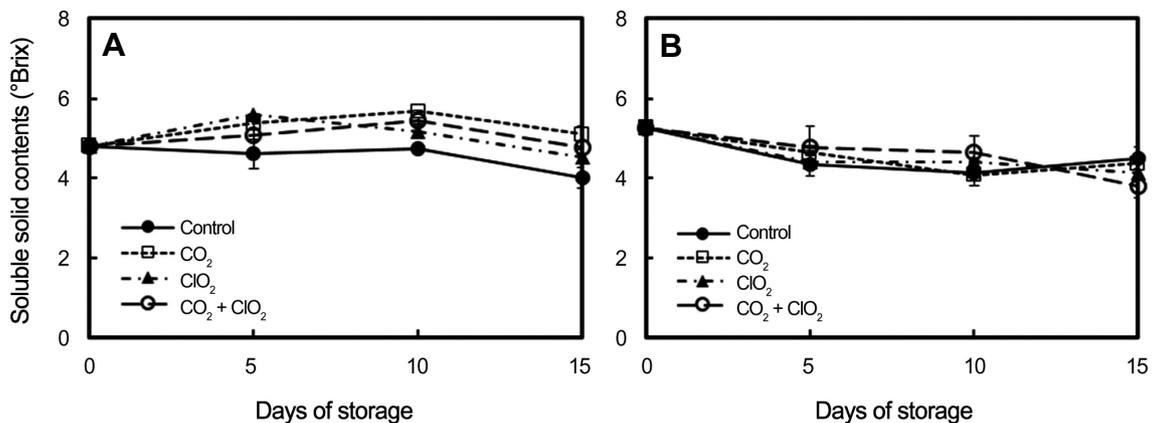


Fig. 3. Changes in soluble solid contents of strawberries (A, Goha; B, Flamengo) affected by CO_2 (90%), ClO_2 ($5\ \mu\text{L}\cdot\text{L}^{-1}$) and CO_2 (90%) + ClO_2 ($5\ \mu\text{L}\cdot\text{L}^{-1}$) pre-treatments during storage at 5°C . Vertical bars represent standard error of the means ($n = 10$).

직후 0.55%로 나타났다. 저장 10일에 CO₂ 처리구가 0.85%, CO₂ + ClO₂ 처리구가 0.76%, 대조구가 0.74%, ClO₂ 처리구가 0.7%로 각각 증가하였다. ‘Flamengo’는 수확직후 0.56%에서 저장 5일에 약 0.72%까지 증가한 후 감소하는 양상을 보였다. 구연산 함량은 ‘Goha’와 ‘Flamengo’ 모두 CO₂ 처리구와 CO₂ + ClO₂ 복합처리구가 저장기간 동안 다소 높게 나타났다. 이와 같은 결과는 고농도 CO₂ 처리시 비타민 C 함량이 증가된다는 보고(Kimberly and Kader, 1997)와 관련이 있으며 CO₂ 처리에 의해 딸기의 신선도가 대조구에 비해 높게 유지되었기 때문으로 생각된다.

복합전처리에 따른 과실의 경도 변화는 Fig. 5에 나타났다. ‘Goha’의 경우, 수확직후 1.77N에서 저장 15일에 대조구는 1.64N, ClO₂ 처리구는 1.50N으로 각각 감소하였다. 반면, CO₂와 CO₂ + ClO₂ 처리구는 저장 5일에 약 2.10N으로 증가한 뒤 저장 15일에 2.15N으로 경도를 유지하였다.

‘Flamengo’의 경우 수확직후 2.01N에서 저장 15일 대조구는 1.90N, ClO₂ 처리구는 1.79N으로 감소하였고, CO₂ 및 CO₂ + ClO₂ 복합처리구는 약 2.30N으로 수확직후에 비해 높은 경도를 나타냈다. 일반적으로 딸기에 CO₂ 처리를 하면 경도가 유지되고(Ptochanski, 1982; Smith and Skog, 1992), CO₂ 처리 시 세포와 세포 사이 응집력이 증가되었기 때문에 경도가 유지된다고 하였다(Harker et al., 2000). 저온으로 인한 일시적인 경도증가와와는 달리(Werner and Frenkel, 1978; Werner et al, 1978) CO₂ 처리에 의한 경도증가는 일정기간 유지된다(Goto et al., 1995; Watkins et al., 1999; Harker et al., 2000)는 연구결과와 일치하였다.

색도변화는 ‘Goha’의 경우 Hunter ‘L’ 값이 수확직후 43.76으로 나타났다(Fig. 6). 저장기간이 길어질수록 모든 처리구가 감소하였고, 대조구가 가장 많은 감소를 나타내 저장 15일에 38.61로 나타났다. ‘Flamengo’도 이와 유사하였으며,

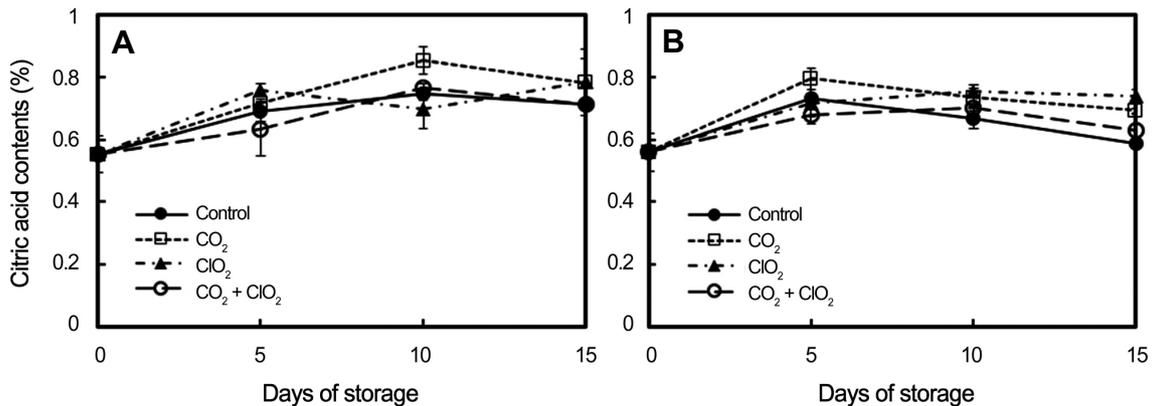


Fig. 4. Changes in citric acid contents of strawberries (A, Goha; B, Flamengo) affected by CO₂ (90%), ClO₂ (5 µL·L⁻¹) and CO₂ (90%) + ClO₂ (5 µL·L⁻¹) pre-treatments during storage at 5°C. Vertical bars represent standard error of the means (n = 10).

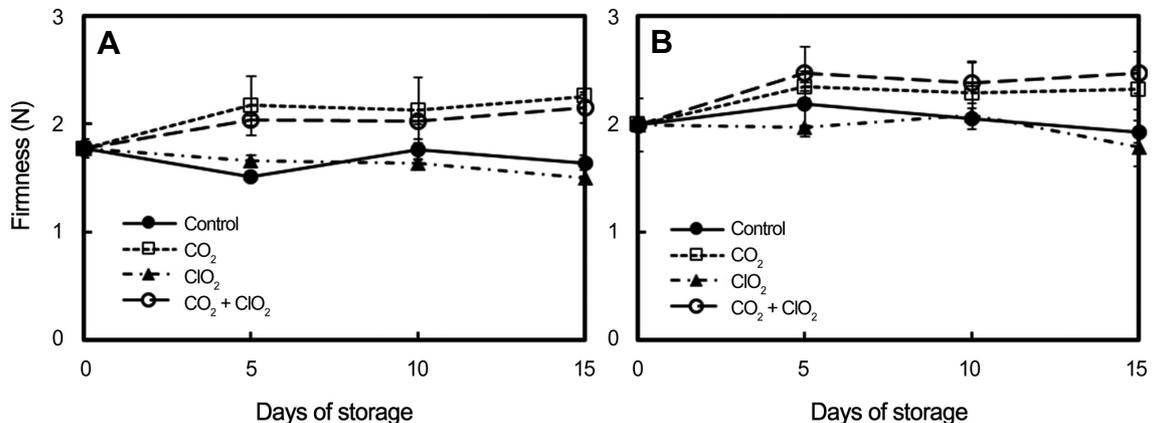


Fig. 5. Changes in firmness of strawberries (A, Goha; B, Flamengo) affected by CO₂ (90%), ClO₂ (5 µL·L⁻¹) and CO₂ (90%) + ClO₂ (5 µL·L⁻¹) pre-treatments during storage at 5°C. Vertical bars represent standard error of the means (n = 10).

두 품종 모두 처리구가 대조구에 비해 높은 값을 유지하였다. ‘Goha’의 Hunter ‘a’ 값은 수확직후 31.32에서 저장 15일에 대조구는 33.32, CO₂ 처리구는 32.32, ClO₂ 처리구는

31.61, CO₂ + ClO₂ 복합처리구는 33.42로 저장기간 동안 변화는 미미한 수준이었다. ‘Flamengo’는 수확직후 28.49로 조사되었으며, 모든 처리구가 저장 5일까지 증가한 후 감소

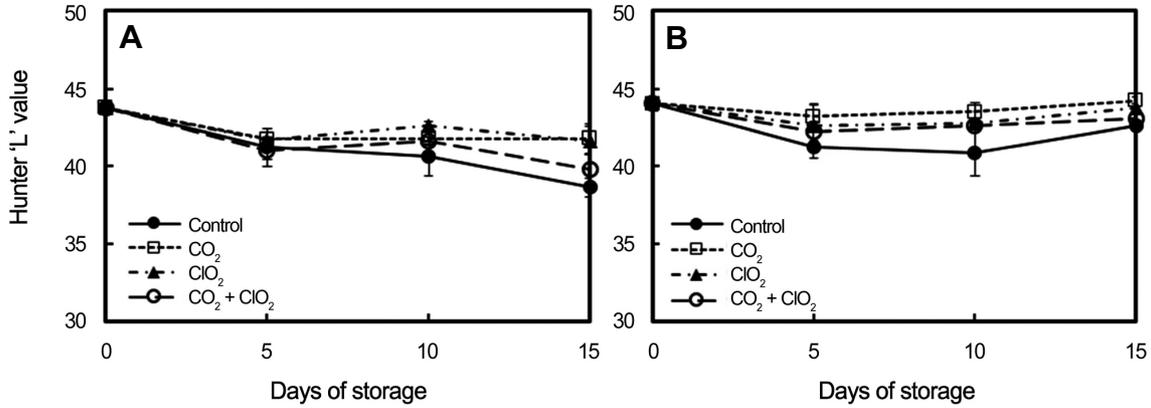


Fig. 6. Changes in Hunter ‘L’ value of strawberries (A, Goha; B, Flamengo) affected by CO₂ (90%), ClO₂ (5 µL·L⁻¹) and CO₂ (90%) + ClO₂ (5 µL·L⁻¹) pre-treatments during storage at 5°C. Vertical bars represent standard error of the means (n = 10).

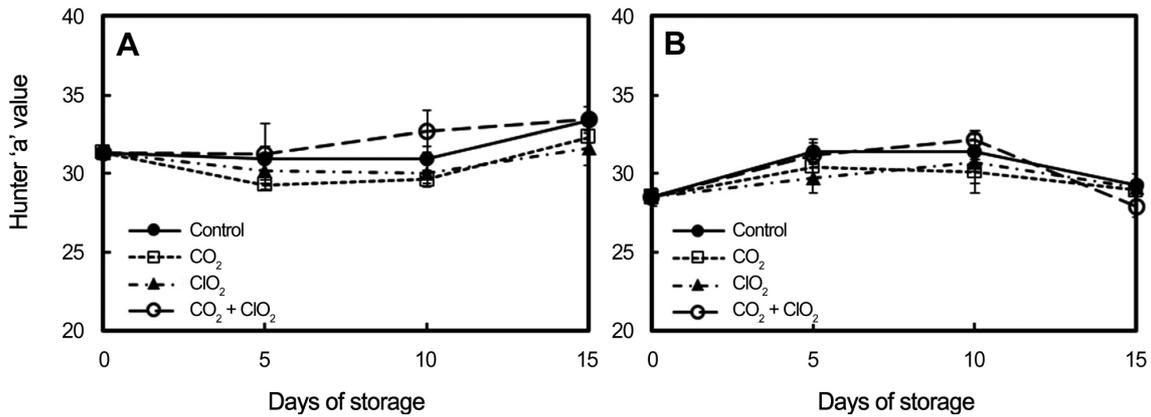


Fig. 7. Changes in Hunter ‘a’ value of strawberries (A, Goha; B, Flamengo) affected by CO₂ (90%), ClO₂ (5 µL·L⁻¹) and CO₂ (90%) + ClO₂ (5 µL·L⁻¹) pre-treatments during storage at 5°C. Vertical bars represent standard error of the means (n = 10).

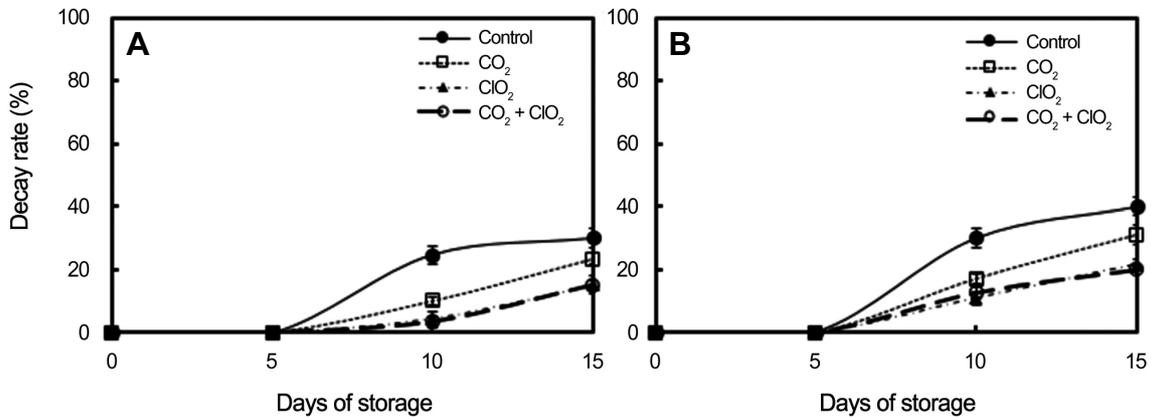


Fig. 8. Incidence of decayed fruit of strawberries (A, Goha; B, Flamengo) affected by CO₂ (90%), ClO₂ (5 µL·L⁻¹) and CO₂ (90%) + ClO₂ (5 µL·L⁻¹) pre-treatments during storage at 5°C. Vertical bars represent standard error of the means (n = 10).

인용문헌

하는 경향을 나타냈다(Fig. 7). 두 품종 모두 대조구에 비해 CO₂ 및 CO₂ + ClO₂ 처리구는 다소 낮은 Hunter 'a' 값을 보였다. Ke et al. (1991)은 고농도 CO₂ 단기처리 시 대조구에 비해 처리구의 Hunter 'a' 값이 낮았다고 보고했다. 본 연구에서도 이와 유사한 결과를 볼 수 있었고, CO₂ 처리가 딸기 과실의 착색을 지연시킨 것으로 사료된다.

부패율은 두 품종 모두 저장 6일부터 나타나기 시작했으며, ClO₂ 및 CO₂ + ClO₂ 처리구에서 낮은 부패율을 보였다(Fig. 8). 두 품종 모두 대조구는 저장 10일에 부패율이 20%를 넘어서 상품성을 상실하였으며, 'Goha'는 CO₂ 처리구가 10%, ClO₂ 및 CO₂ + ClO₂ 복합처리구가 약 4%로 나타났다. 'Flamenco'는 CO₂ 처리구가 17%, ClO₂ 및 CO₂ + ClO₂ 복합처리구 약 11%로 품종 간 전처리 효과 차이가 있었으며, ClO₂ 가스 처리가 부패경감에 효과가 있음을 확인할 수 있었다.

초 록

본 연구는 여름철에 사계성 딸기품종인 'Goha'와 'Flamenco'의 수확 후 신선도 유지를 위해 CO₂(90%)와 ClO₂ 가스(5 μ L·L⁻¹)의 복합전처리를 통한 신선도 연장 기술의 방향을 제시하고자 수행하였다. CO₂ 및 CO₂ + ClO₂ 처리구에서 'Goha'와 'Flamenco' 2 품종 모두 저장기간 동안 비교적 낮은 호흡률을 보였다. 수분손실률의 경우 CO₂ + ClO₂ 처리구가 대조구에 비해 1% 가량 낮았으며, 'Goha'의 경우 저장기간 동안 가장 적은 수분손실을 보였다. CO₂ + ClO₂ 복합전처리가 당도에 미치는 영향은 미미한 수준이었다. 과실 경도는 CO₂ 및 CO₂ + ClO₂ 처리구에서 'Goha'는 저장 15일 약 2.15N, 'Flamenco'는 2.37N으로 나타나서 타 처리구에 비해 약 30% 가량 높게 유지되었다. 부패과는 저장 6일부터 관찰되기 시작했으며, 대조구에서는 두 품종 모두 저장 10일째 부패과 발생율이 20%를 상회하였다. 그러나, ClO₂ 처리 및 CO₂ + ClO₂ 처리구는 저장기간 동안 가장 낮은 부패율을 나타냈으며, 특히 'Goha'에서 저장 10일까지 5% 내외의 부패율을 보여 품종간에 차이가 있었다. 사계성 딸기의 신선도 연장을 위해서는 CO₂ + ClO₂ 복합전처리를 하는 것이 유리할 것으로 판단된다.

추가 주요어 : 부패율, 경도, 품질

- Aieta, E.M. and J.D. Berg. 1986. A review of chlorine dioxide in drinking water treatment. J. Am. Water Work Assoc. 78:62-72.
- El-Kazzaz, M.K., N.F. Sommer, and R.J. Fortlage. 1983. Effect of different atmosphere on postharvest decay and quality of fresh strawberries. Phytopathology 73:282-285.
- Eum, H.L., S.J. Bae, D.K. Hwang, Y.R. Yeung, and S.J. Hong. 2014. Effects of shipping temperature and precooling treatment of everbearing strawberry cultivars 'Goha' and 'Flamenco' grown on highland through export simulation. Kor. J. Hort. Sci. Technol. 32:202-209.
- Eum, H.L. and S.K. Lee. 2007. The responses of 'Yukbo' strawberry (*Fragaria* × *ananassa* Duch.) fruit to nitric oxide. Food Sci. Biotechnol. 16:123-126.
- Goto, T., M. Goto, K. Chachin, and T. Iwata. 1995. Effect of high carbon dioxide with short-term treatment on quality of strawberry fruits. J. Jpn. Soc. Hortic. Sci. 42:176-182.
- Harker, F.R., H.J. Elgar, C. B. Watkins, P.J. Jackson, and I.C. Hallett. 2000. Physical and mechanical changes in strawberry fruit after high carbon dioxide treatment. Postharvest Biol. Technol. 19:139-146.
- Hwang, Y.S., Y.A. Kim, and W.S. Lee. 1999. Effect of postharvest CO₂ application time on the flesh firmness and quality in 'Nyoho' strawberries. J. Kor. Soc. Hort. Sci. 40:179-182.
- Jin, Y.Y., Y.J. Kim, K.S. Chung, M.S. Won, and K.B. Song. 2007. Effect of aqueous chlorine dioxide treatment on the microbial growth and qualities of strawberries during storage. Food Sci. Biotechnol. 16:1018-1022.
- Ke, D., L. Goldstein, M. O'Mahony, and A.A. Kader. 1991. Effects of short-term exposure to low O₂ and high CO₂ atmospheres on quality attributes of strawberries. J. Food Sci. 56:50-54.
- Kimberly, P.W. and A.A. Kader. 1997. Effect of slicing and controlled-atmosphere storage on the ascorbate content and quality of strawberries and persimmons. Postharvest Biol. Technol. 10:39-48.
- Marquenie, D., C.W. Michiels, J.F. van Impe, E. Schrevels, and B.N. Nicolai. 2003. Pulsed white light in combination with UV-C and heat to reduce storage rot of strawberry. Postharvest Biol. Technol. 28:455-461.
- Moon, K.D., J.K. Kim, and T.H. Sohn. 1990. The effect of CO₂ Pretreatment on quality of strawberry during storage. Agric. Res. Bull. Kyungpook Natl. Univ. 8:83-88.
- Ptochanski, W. 1982. Strawberries - Quality of fruit, their storage life and suitability for processing: Part III. Firmness and pectic

- substance changes of strawberries stored under normal and controlled atmosphere conditions. *Fruit Sci. Rep.* 9:111-122.
- Salunkhe, D.K. and B.B. Desai. 1984. *Postharvest biotechnology of fruits*, Vol. 1. CRC Press, Boca Raton.
- Smith, R.B. and L.J. Skog. 1992. Postharvest carbon dioxide treatment enhances firmness of several cultivars of strawberry. *HortScience* 27:420-421.
- Vicente, A.R., G.A. Martínez, P.M. Civello, and A.R. Chaves. 2002. Quality of heat-treated strawberry fruit during refrigerated storage. *Postharvest Biol. Technol.* 25:59-71.
- Watkins, C.B., J.E. Manzano-mendez, J.F. Nock, J. Zhang, and K.E. Maloney. 1999. Cultivar variation in response of strawberry fruit to high carbon dioxide treatments. *J. Sci. Food Agric.* 79:886-890.
- Werner, R.A., and C. Frenkel. 1978. Rapid changes in the firmness of peaches as influenced by temperature. *HortScience* 13:470-471.
- Werner, R.A., L.F. Hough, and C. Frenker, 1978. Rehardening of peach fruit in cold storage. *J. Am. Soc. Hortic. Sci.* 103:90-91.
- Wills, R.B.H., P. Wimalasiri, and K.J. Scott. 1979. Short pre-storage exposure to high carbon dioxide of low oxygen atmospheres for the storage of some vegetables. *HortScience* 14:528-530.
- Wills, R.B.H. and G.H. Kim. 1995. Effect of ethylene on postharvest life of strawberries. *Postharvest Biol. Technol.* 6:249-255.
- Yang, Y.J. 1999. Effect of high carbon dioxide on storage quality in strawberry fruit. *Industrial Science. Res. Sangmyung. Univ.* 7:5-11.