

이산화염소 가스 처리 농도에 따른 수출 딸기 '매향'의 상품성 변화

김혜민⁵ · 황승재^{1,2,3,4*}

¹경상대학교 대학원 응용생명과학부, ²경상대학교 농업생명과학대학 농업식물과학과,

³경상대학교 농업생명과학연구원, ⁴경상대학교 생명과학연구원,

⁵국립원예특작과학원 시설원예연구소

Changes in Marketability of Strawberry 'Maehyang' for Export as Affected by Concentration of Gaseous Chlorine Dioxide Treatment

Hye Min Kim⁵ and Seung Jae Hwang^{1,2,3,4*}

¹Division of Applied Life Science, Graduate School of Gyeongsang National University, Jinju 52828, Korea

²Department of Agricultural Plant Science, College of Agriculture & Life Science, Gyeongsang National University, Jinju 52828, Korea

³Institute of Agriculture & Life Science, Gyeongsang National University, Jinju 52828, Korea

⁴Research Institute of Life Science, Gyeongsang National University, Jinju 52828, Korea

⁵Protected Horticulture Research Institute, National Institute of Horticultural and Herbal Science, Rural Development Administration, Haman 52054, Korea

Abstract. This study was conducted to investigate the effect of gaseous chlorine dioxide (ClO₂) concentration and treatment method for maintaining marketability in strawberries 'Maehyang' for export. After harvesting strawberry colored with 60 ± 5% of the skin, and the gaseous ClO₂ was applied as four treatments in the cold store set with 10°C which were as follows: i) non-treatment (Control), ii) 0.2 mg·L⁻¹ for 30 minutes, iii) 0.4 mg·L⁻¹ for 30 minutes, and iv) continuously exposed at 0.4 mg·L⁻¹ during the storage period. Weight loss, firmness, soluble solids content, color, incidence of gray mold, and quality grade of strawberries were investigated every 3 days during 16 days storage in cold store. The weight loss was consistently high at 0.2 mg·L⁻¹ ClO₂ treatment, and the weight loss was lower than other treatments when gaseous ClO₂ was continuously treated. Firmness was significantly higher at 0.2 and 0.4 mg·L⁻¹ ClO₂ treatment on the 13th day of storage. Soluble solids content tended to below in continuous gaseous ClO₂ treatment. The colors showed no tendency as affected by concentrations and treatment methods of gaseous ClO₂. No gray mold was observed in the continuous gaseous ClO₂ treatment until the 13th day of storage. The quality grade was lower in gaseous ClO₂ treatment group than in the control. As a result, it was possible to decrease the weight loss and the incidence of gray mold by continuously treating the gaseous ClO₂ to strawberry 'Maehyang' for export during the storage period after harvest. However, further research is needed on method to maintain quality grades of fruits.

Additional key words : firmness, incidence of gray mold, soluble solids content, weight loss

서 론

딸기는 비타민과 무기질이 풍부하고 맛과 향이 우수하며, 다양한 디저트의 데코레이션에도 어울려 소비자의 구매 선호도가 높은 과실이다(Yang 등, 2010). 하지만 과육이 연약하여 저장 기간이 다른 과실에 비해 매우 짧아, 장기 저장 또는 수송이 어렵다.

한편 경상남도 진주시 수곡면과 대평면을 중심으로 재

배되고 있는 수출 전용 딸기(*Fragaria × ananassa* Duch.) '매향' 품종은 홍콩, 싱가포르, 말레이시아로 컨테이너 항공 및 선박을 이용하여 수출되고 있다. 컨테이너 선박 수출의 경우 수확 시점부터 수출 후 수입상에게 도달까지 약 7~15일이 소요된다(Kim과 Hwang, 2016). 수출 통관절차 과정 중 급격한 온도 변화에 따른 딸기 과실의 결로로 인한 잿빛곰팡이 발생은 수출 물량 중 10% 이상으로 막대한 손실이 발생하고 있으며, 특히 온도가 급격히 높아지는 3~5월에 발생률이 증가하여 클레임의 주요인이 되고 있다. 다른 품종 역시 선별장과 도매상, 소매상을 거치면서 과육이 장기간 수송되는 과정에서 과실 호흡으로 인한 수분 손실, 연화로 인한 경도 감소,

*Corresponding author: hsj@gnu.ac.kr

Received March 12, 2019; Revised April 16, 2019;

Accepted April 24, 2019

잿빛곰팡이 발생으로 인한 품질 저하가 발생하고 있다 (Prittts 등, 1987; Hwang과 Ku, 2004). 그러므로 딸기 과실을 장기간 저장하고, 잿빛곰팡이 발생률을 감소시킬 수 있는 방안이 필요하다. 딸기 과실의 장기저장은 주로 예냉방법이 이용되고 있지만(Park과 Hwang, 2010), 동남아시아 수출 과정 등에서 발생하는 일시적인 상온 노출로 인해 예냉 방법만으로는 잿빛곰팡이 발생률을 효과적으로 감소시키지 못한다(Kim과 Hwang, 2016). 이를 대체할 방법으로 이산화염소 처리 방법은 강력한 산화 효과를 가지고 있어 병원균을 사멸시키는 효과가 있다. 이제까지는 이산화염소를 액체 상태로 과실에 처리하는 방법만이 연구되어 왔다. 딸기에 액체상태의 이산화염소를 처리하여 효모균과 곰팡이의 발생을 감소시켰다는 연구가 보고되었지만, 과육이 연약한 딸기에 수분이 접촉된 상태로 방치된다면 쉽게 물러질 수 있어 이 방법은 적합하지 않을 것으로 판단된다(Jin 등, 2007). 그러므로 기체 상태의 이산화염소 처리 방법을 딸기 상품성 유지 방안으로 적용한다면 과실이 무르지 않으면서 잿빛곰팡이 발생률을 감소시켜 장기저장에 이용할 수 있을 것으로 판단된다. 또한 다양한 과실에 있어서 액체 상태의 이산화염소에 대한 적정 처리 농도에 대한 연구는 많이 보고되어 있으나(Jin 등, 2007; Wu와 Kim, 2007), 기체 상태의 이산화염소 처리 방법에 대한 연구결과는 보고되지 않아 적정 처리 농도 구명이 필요하다.

따라서 본 연구는 수출 딸기 ‘매향’의 고온기 수확 후 장기 저장과정에서 상품성 유지를 위한 방안으로 적정 이산화염소 가스의 처리 효과를 알아보고자 적정 처리 농도 및 방법을 구명하고 이에 따른 과실의 품질 변화를 관찰하고자 수행되었다.

재료 및 방법

본 연구에 사용된 딸기는 경남 진주시 수곡면 소재의 딸기 농가에서 재배한 수출 전용 ‘매향’ 품종이었고, 과피의 착색이 60±5%로 진행된 과실 중 ‘Middle’ 등급(10~15g/개)만을 사용하였다. 선별된 과실은 통기구가 천공된 플라스틱 용기에 4개씩 3열로 두 단으로 쌓아올려 포장하였으며, 단 간에는 플라스틱 재질의 완충재를 삽입하였다. 선별 직후 30분 이내에 경상대학교 원예학과 시설원예학 연구실로 운송하여 10°C로 설정된 저온저장고(KGC 175VH, Koencon Co. Ltd., Hanam, Korea)에서 포장된 상태로 이산화염소 가스 발생기(Bactericide-Mini, Sunseal Co. Ltd., Korea)를 이용하여 무처리(대조구), 0.2와 0.4mg·L⁻¹의 농도에 각각 30분간 노출시킨 처리, 저장 전 기간 동안 이산화염소 가스를 0.4mg·L⁻¹의 농도로 지속적으로 노출시킨 처리의 총 4가지 처리로 실험

을 수행하였다. 일시적인 이산화염소 가스 처리 시간은 액체 상태의 이산화염소를 이용한 선행 연구 결과들을 참고하고 충분한 미생물 사멸 시간을 고려하여 설정하였다. 이산화염소 가스의 농도는 이산화염소 가스 감지기(PortaSens II, Analytical Technology Co. Ltd., PA, USA)를 이용하여 측정하였다. 처리 후 10°C의 동일한 온도로 설정된 저온저장고(KGC 175VH, Koencon Co. Ltd., Hanam, Korea)에 저장하였다. 저온저장고 내에 딸기는 난괴법 3반복으로 저장하였고, 총 16일 동안 3일 간격으로 무게 손실률, 경도, 당도, 색도, 품질 등급, 잿빛곰팡이 발생률을 조사 하였다. 무게 손실률은 전자저울(MW-330, CAS Co. Ltd., Korea)을 이용하여 처리별로 조사했으며, 경도는 과일경도계(DFT-01, Proem Co. Ltd., Seoul, Korea)를 이용하여 5mm 탐침으로 과실의 측면 중앙부를 찢어 측정하였으며, 당도(PR-201a, Atago Co. Ltd., Tokyo, Japan)는 경도를 측정한 과실의 앞쪽을 5mm 가량 잘라낸 후 측정하여 측정하였다. 색도는 색차계(CR-11, Minolta Co. Ltd., Japan)를 사용하여 밝기를 나타내는 ‘Brightness’와 채도를 나타내는 ‘Chroma’를 Munsell 값으로 나타냈고, 품질 등급은 육안으로 측정하여 15(우수)에서 1(시장성 없음)까지 나타내었으며, 잿빛곰팡이 발생 유무를 육안으로 관찰하여 백분율로 나타냈다. 시험결과는 처리당 5개의 시료를 3반복으로 하여 표준편차 값으로 유의차를 확인하였으며, 그래프는 Sigma Plot(10.0, Systat Software, Inc., Chicago, IL, USA)프로그램을 사용하여 작성하였다.

결과 및 고찰

Fig. 1은 수출 딸기 ‘매향’ 품종의 이산화염소 농도 처리에 따른 무게 손실률의 변화 과정을 나타낸 결과이다. 딸기의 무게 손실률은 시간이 경과함에 따라 모든 처리에서 증가하였으며, 이 결과는 수확된 과실의 호흡으로 인해 지속적으로 무게 손실률이 증가된다는 Thompson(2008)의 결과와 같았다. 과실의 호흡은 이산화탄소와 물을 포함한 간단한 분자들을 산화분해하여 에너지를 방출하는 과정이다(Fonseca 등, 2002). 이산화염소 가스 지속처리구에서 무게 손실률이 다른 처리들에 비해 유의적으로 가장 낮은 경향을 보였다. Robinson 등(1975)은 딸기 과실의 상품성 유지를 위해서는 무게 손실률이 6%를 넘지 않아야 된다고 보고하였다. 본 결과에서 무처리에서는 약 7일째, 이산화염소 가스 0.2mg·L⁻¹ 처리에서는 약 4일째, 0.4mg·L⁻¹ 처리와 지속적인 공급 처리에서는 약 10일째 이후로 과실 무게 손실률이 6%에 도달하여 이산화염소 가스 0.2mg·L⁻¹ 처리에서 도달시간이 가장 짧은 것을 확인할 수 있었다. 자두(*Prunus salicina* L.)에 액체 이

이산화염소를 처리했을 때 농도가 높을수록, 처리 시간이 길수록 호흡률이 낮아졌다(Chen과 Zhu, 2011). 이는 이산화염소 처리로 인해 과실의 기공이 약 50% 정도 닫혔기 때문이다(Wang 등, 2014). 본 연구 결과에서 이산화염소를 지속적으로 처리했을 때 무게 손실률이 낮은 경향을 보였는데 이러한 결과는 이산화염소로 인해 과실의 호흡률이 저하되면서 수분손실이 억제되었기 때문인 것으로 판단된다. 저장 1일째 이후로 이산화염소 가스 0.2mg·L⁻¹ 처리에서 무게 손실률이 지속적으로 높은 값을 보였고, 저장 16일째에는 무게 손실률이 유의적으로 가장 높게 나타났다. 이산화염소 가스를 0.2와 0.4mg·L⁻¹ 농도로 30분간 처리 했음에도 불구하고 지속적인 처리와 달리 대조구에 비해 수분 손실률이 높거나 유사했다. 하지만 이러한 연구결과는 보고되지 않아, 이산화염소

가스의 처리 시간에 따른 딸기 과실의 기공 개폐 정도와 수분 손실률의 상관관계에 대한 연구가 필요하며, 이를 통해 적정 이산화염소 처리 시간을 구명해야 할 것으로 판단된다. 결과적으로 이산화염소 가스를 저장 초기에 일시적으로 처리해 주는 것보다는 저장 기간 동안 지속적으로 처리해 주는 것이 딸기의 상품성을 유지하는데 긍정적인 영향을 미친다는 것을 확인하였다.

Fig. 2는 수출 딸기 ‘매향’ 품종의 이산화염소 농도 처리에 따른 경도와 당도의 변화 과정을 나타낸 결과이다. 경도 변화는 과일의 성숙과 노화 과정에 일어나는 특징 중 하나이며, 경도 저하는 저장수명을 감소시키고 병원체로 부터의 감염을 촉진시킨다(Luo 등, 2009). 딸기의 경도는 저장 7일째까지 초기의 경도를 유지하다, 저장 10일째부터 증가하였으며, 13일째 이후에 다시 감소하였다. 저장 13일째 과실의 경도는 대조구와 지속적인 이산화염소 가스 처리에 비해 0.2와 0.4mg·L⁻¹ 처리에서 유의적으로 높게 나타났다. 당도는 뚜렷한 경향성을 보이지는 않았지만 저장기간이 경과함에 따라 감소하는 경향을 보였으며, 저장 4, 7, 10일째에 이산화염소 가스를 지속적으로 처리한 결과에서 유의적으로 낮은 값을 보였다. 본 연구 결과는 살구와 키위에 액체 이산화염소를 일시적으로 처리했을 때 대조구에 비해 높은 경도를 유지했던 결과(Zhong 등, 2006; Niu 등, 2009)와 유사하다. 하지만 이산화염소를 지속적으로 처리했을 때는 경도가 대조구와 유사하게 낮게 나타났으며, 저장 4, 7, 13일째에 타 처리구에 비해 경도가 지속적으로 낮은 경향을 보였다. Hertog 등(2004)은 이산화염소가 세포벽 성분의 효소 분해에 영향을 미쳐 과실의 연화가 억제될 수 있다고 보고하였는데, 이는 이산화염소 가스의 지속적인 처리 결과와는 달랐다. 딸기는 성숙이 진행됨에 따라 당도(가용성 당 함량)가 증가하게 되고(Salunkhe와 Desai,

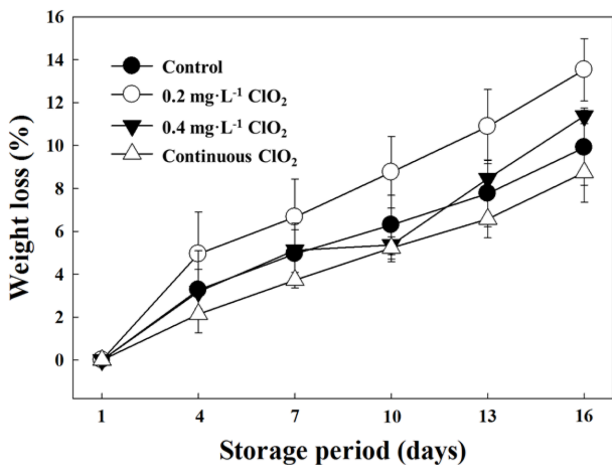


Fig. 1. Changes in weight loss of strawberry ‘Maehyang’ fruits under cold store during 16 days as affected by different gaseous chlorine dioxide concentrations. Vertical bars represent the standard deviation (n = 15).

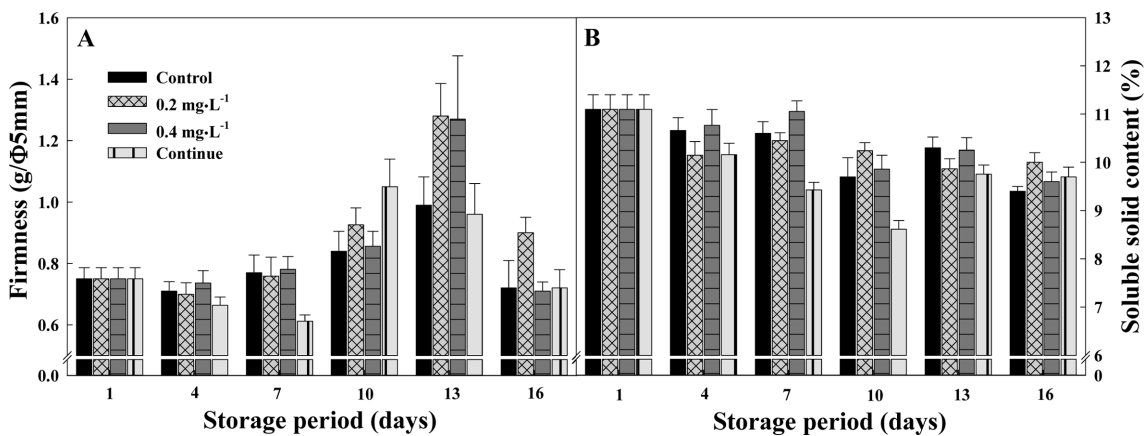


Fig. 2. Changes in firmness (A) and soluble solids content (B) of strawberry ‘Maehyang’ fruits under cold store during 16 days as affected by different gaseous chlorine dioxide concentrations. Vertical bars represent the standard deviation (n = 15).

이산화염소 가스 처리 농도에 따른 수출 딸기 '매향'의 상품성 변화

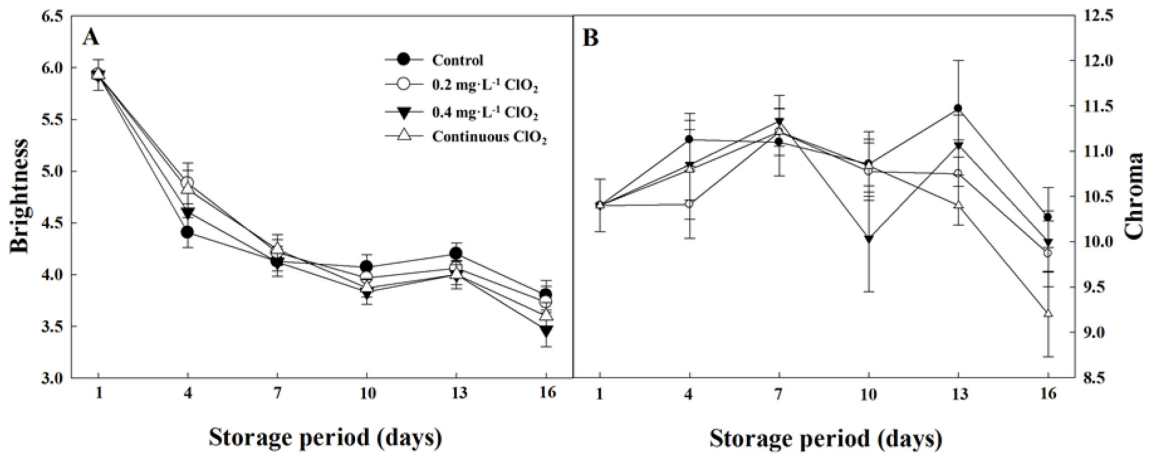


Fig. 3. Changes in brightness (A) and chroma (B) of strawberry 'Maehyang' fruits under cold store during 16 days as affected by different gaseous chlorine dioxide concentrations. Vertical bars represent the standard deviation (n = 15).

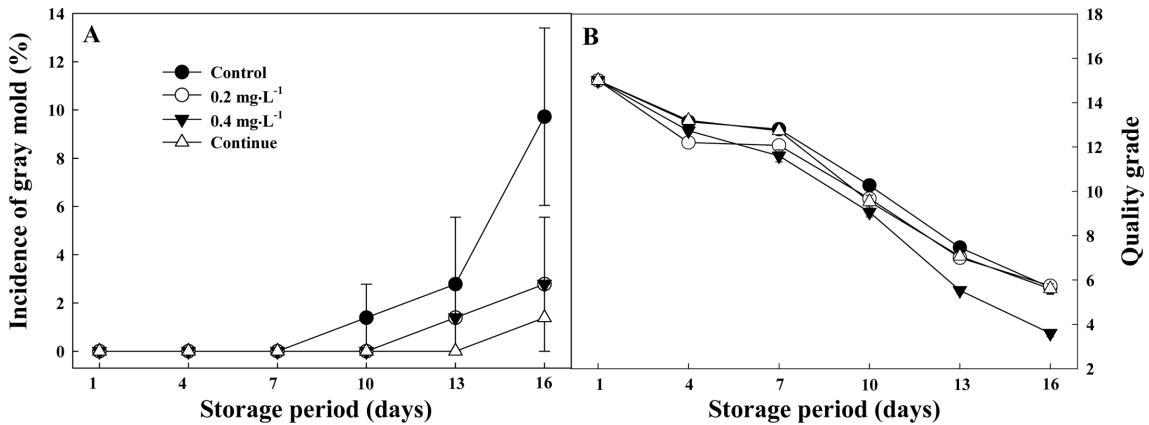


Fig. 4. Changes in incidence of gray mold (A) and quality grade (B) of strawberry 'Maehyang' fruits under cold store during 16 days as affected by different gaseous chlorine dioxide concentrations. Vertical bars represent the standard deviation (n = 15).

1984), 당도는 세포벽에 존재하는 다당류가 분해되면서 증가되므로 이는 경도와 밀접한 관련이 있다(Fenemma, 1985). 하지만 이산화염소 가스의 지속적인 처리에서는 경도와 같이 당도 또한 낮게 나타났고, 이는 딸기 과실의 상품성을 저하시켰다. 이산화염소 가스를 과실에 지속적으로 처리한 결과는 보고되어 있지 않다. 본 연구 결과에서 이산화염소의 지속적인 처리가 딸기 '매향'의 경도와 당도를 저하시켜 과실의 상품성에 부정적인 영향을 미친다는 결과가 도출되었다.

Fig. 3은 수출 딸기 '매향' 품종의 이산화염소 농도 처리에 따른 색도의 변화 과정을 나타낸 결과이다. 명도는 저장시간이 경과함에 따라 모든 처리구에서 감소하는 경향을 보였으며 저장 7일째까지 급격히 낮아졌다(Fig. 3A). 저장 7일째까지는 대조구가 이산화염소 가스 처리구보다 낮은 경향을 보였으나 7일째 이후에는 처리구보

다 높은 경향을 보였다. 이산화염소 가스 처리구 간에 명도 변화는 유의적인 차이를 보이지 않았다. 채도를 표현하는 Chroma 값은 처리에 따른 뚜렷한 경향성을 보이지 않았다. 과실의 색도는 이산화염소 처리에 의해 상품성을 저하시킬 정도의 영향을 받지 않은 것으로 판단된다. Lee 등(2010)의 연구에서 딸기 '설향'에 이산화염소 가스를 0.2mg·L⁻¹를 20분간 25°C에서 처리하였을 때 과피가 탈색되었다고 보고하였는데, 우리의 결과에서는 이러한 현상을 보이지 않았다. 이러한 이유는 농도와 처리시간은 유사하였지만 처리 온도가 달랐거나 딸기 품종의 차이 때문이라고 판단된다.

Fig. 4는 수출 딸기 '매향' 품종의 이산화염소 가스 농도 처리에 따른 잿빛곰팡이 발생률과 품질 등급의 변화 과정을 나타낸 결과이다. 잿빛곰팡이는 모든 처리에서 저장 7일째 이후부터 발생하였다(Fig. 4A). 저장 13일째

이후에는 무처리에서 이산화염소 가스 처리구와 차이를 보였으며, 이산화염소 가스의 지속적인 처리에서 저장 13일째까지는 잿빛곰팡이가 발생하지 않았다가, 그 이후에 발생하였으나 이산화염소 가스 처리구간에는 유의적인 차이를 보이지 않았다. 이산화염소는 강력한 산화제로서 포자, 바이러스, 조류, 진균, 일부 바실러스 균 등을 사멸 시키는 효과가 있다(Beuchat, 1998). 잿빛곰팡이 발생 억제 효과를 나타낸 본 연구 결과에서도 무화과, 방울토마토, 딸기, 상추, 사과를 수확 후에 가스나 액체 이산화염소 처리하였을 때 미생물이나 곰팡이가 감소하였다는 보고와 같았다(Lee 등, 2004; Jin 등, 2007; Kim 등, 2007; Karabulut 등, 2009; Song 등, 2011; Kim과 Hwang, 2016). 육안으로 관찰된 품질 등급은 저장 7일째 이후로 이산화염소 가스 $0.4\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$ 처리에서 유의적으로 낮은 경향을 보였으며 저장 10일째와 13일째에는 대조구에서 유의적으로 우수한 경향을 보였다(Fig. 4B). 이산화염소에 의한 과실의 품질 저하는 따로 보고된 결과가 없었으나 본 연구 결과에서 이산화염소 가스 처리는 처리하지 않은 것에 비해 경미하게 품질이 저하된 것을 확인 할 수 있었다. 그러므로 과실 외관의 품질을 유지하면서 상품성을 유지시킬 수 있는 방법에 대한 추가적인 연구가 필요하다.

결과적으로 수출 딸기 ‘매향’ 품종을 수확 후 저장기간 동안 지속적으로 이산화염소 가스를 처리하면 무게 손실률과 잿빛곰팡이 발생률을 유의적으로 감소시킬 수 있었지만, 육안으로 관찰된 품질 등급에서는 저조한 결과를 얻었다. 그러므로 딸기의 품질 등급을 저하시키지 않고 상품성을 유지할 수 있는 방법을 구명할 추가적인 연구가 필요하다. 이 결과는 딸기 생산 농가 및 딸기 선별장에서와 유통 및 판매 시 적용하여 저장성을 향상시키고 잿빛곰팡이 발생을 억제시켜 수익 및 수출을 증대시킬 수 있을 것으로 판단된다.

적 요

본 연구는 수출 딸기 ‘매향’의 상품성 유지를 위한 이산화염소 가스 농도 및 처리 효과를 구명하고자 수행되었다. 과피의 착색이 $60\pm 5\%$ 로 진행된 딸기를 수확한 후 10°C 로 설정된 저온저장고에서 이산화염소 가스를 무처리(대조구), 0.2 와 $0.4\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$ 의 농도에 각각 30분간 노출시킨 처리, 저장기간 동안 이산화염소 가스를 $0.4\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$ 의 농도로 지속적으로 노출시킨 처리로 총 4가지 처리를 수행하였다. 딸기의 무게 손실률, 정도, 당도, 색도, 잿빛곰팡이 발생률, 품질 등급을 저온저장고에 저장하면서 16일간 3일 간격으로 조사하였다. 무게 손실률은 이산화염소 가스 $0.2\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$ 처리에서 지속적으로 높았고,

이산화염소 가스가 지속적으로 처리됐을 때 무게 손실률은 다른 처리들에 비해 낮은 경향을 보였다. 정도는 저장 13일째 이산화염소 가스 0.2 와 $0.4\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$ 처리에서 유의적으로 높았다. 당도는 지속적인 이산화염소 가스 처리에서 낮은 경향을 보였다. 색도는 이산화염소 가스 농도 및 처리 방법에 따른 경향성을 보이지 않았다. 지속적인 이산화염소 가스 처리에서 저장 13일째까지는 잿빛곰팡이가 발생하지 않았다. 품질 등급은 이산화염소 처리구에서 대조구에 비해 낮은 경향을 보였다. 결과적으로 수확 후 저장기간 동안 수출 딸기 ‘매향’에 이산화염소 가스를 지속적으로 처리함으로써 무게 손실률과 잿빛곰팡이 발생률을 감소시킬 수 있었다. 하지만 과실의 품질 등급을 유지시킬 수 있는 방안에 대한 추가적인 연구가 필요하다.

추가 주제어: 정도, 잿빛곰팡이 발생률, 당도, 무게 손실률

사 사

본 연구는 농림축산식품부 농생명산업기술개발사업(과제번호 315004-5)의 지원에 의해 수행되었음.

Literature Cited

- Beuchat, J.R. 1998. Surface decontamination of fruit and vegetables eaten raw. *J. Food Safety* 18:101-112.
- Chen, Z. and C. Zhu. 2011. Combined effects of aqueous chlorine dioxide and ultrasonic treatments on postharvest storage quality of plum fruit (*Prunus salicina* L.). *Postharvest Biol. Technol.* 61:117-123.
- Fenemma, O.R. 1985. *Food Chemistry*. 2nd ed. Marcel Dekker, New York.
- Fonseca, S.C., F.A. Oliveira, and J.K. Brecht. 2002. Modeling respiration rate of fresh fruits and vegetables for modified atmosphere packages: a review. *J. food engineering* 52:99-119.
- Hertog, M.L.A.T.M., S.E. Nicholson, and P.B. Jeffery. 2004. The effect of modified atmospheres on the rate of firmness change of ‘Hayward’ kiwifruit. *Postharvest Biol. Technol.* 31:251-261.
- Hwang, Y.S. and J.H. Ku. 2004. Effect of high molecular weight chitosan on the quality and decay of strawberry fruits. *J. Agr. Sci.* 31:77-86.
- Jin, Y.Y., Y.J. Kim, K. Chung, M. 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.
- Karabulut, O.A., K. Ilhan, U. Arslan, and C. Vardar. 2009. Evaluation of the use of chlorine dioxide by fogging for decreasing postharvest decay of fig. *Postharvest Biol. Technol.* 52:313-315.

- Kim H.M. and S.J. Hwang. 2016. Effect of chlorine dioxide on freshness of ‘Maehyang’ strawberries during export. *Kor. J. Hort. Sci. Technol.* 34:626-633.
- Kim, Y.J., S.H. Lee, K.B. Song. 2007. Effect of aqueous chlorine dioxide treatment on the microbial growth and qualities of iceberg lettuce during storage. *J. App. Biological Chem.* 50:239-243.
- Lee, H.E., J.W. Choi, and J.G. Kim. 2010. Determination of chlorine dioxide gas treatment in strawberry. *Kor. J. Hort. Sci. Technol.* 28:64. (Abstr.)
- Lee, S.Y., P.M. Gray, R.H. Dougherty, and D.H. Kang. 2004. The use of chlorine dioxide to control *Alicyclobasillus acidoferrestris* spores in aqueous suspension and on apples. *Food Microbiol.* 92:121-127.
- Luo, Z., J. Xie, T. Xu, and L. Zhang. 2009. Delay ripening of ‘Qingnai’ plum (*Prunus salicina* Lindl.) with 1-methylcyclopropene. *Plant Sci.* 177:705-709.
- Niu, R.X., W.C.X. Hui, Y.H. Tu, and H. Jin. 2009. Effects of chlorine dioxide (ClO₂) treatment on fresh-keeping and storage quality of Qinmei kiwi fruit. *Sci. Technol. Food Industry.* 1.
- Park, J.E., S.J. Hwang. 2010. Effect of precooling and storage temperatures on the post-harvest management of the fruits in ‘Maehyang’ and ‘Soogyong’ strawberry for export. *Protected Hortic. Plant Fac.* 19:366-371.
- Pritts, M.P., J.A. Bartsch, K.A. Worden, and M.C. Jorgensen. 1987. Factors influencing quality and shelf life of strawberry cultivars in the eastern United States. *Advance Strawberry Productions* 6:14-17.
- Robinson, J.E., K.M. Browne, and W.G. Burton. 1975. Storage characteristics of some vegetables and soft fruits. *Ann. Appl. Biol.* 36:355-360.
- Salunkhe, D.K. and B.B. Desai. 1984. Strawberries. In: *Post-harvest Biotechnology of Fruits*. Vol 1. C.R.C. Press, Boca Raton.
- Song, H.J., D.W. Choi, and K.B. Song. 2011. Effect of aqueous chlorine dioxide and UV-C treatment on the microbial reduction and color of cherry tomatoes. *Hort. Environ. Biotechnol.* 52:488-493.
- Thompson, K. 2008. *Fruit and vegetables: harvesting, handling and storage*. John Wiley & Sons, West Sussex, UK, p. 100-460.
- Wang, Z., J. Narciso, A. Biotteau, A. Plotto, E. Baldwin, and J. Bai. 2014. Improving storability of fresh strawberries with controlled release chlorine dioxide in perforated clamshell packaging. *Food bioprocess technol.* 7:3516-3524.
- Wu, V.C. and B. Kim. 2007. Effect of a simple chlorine dioxide method for controlling five foodborne pathogens, yeasts and molds on blueberries. *Food Microbiol.* 24:794-800.
- Yang, F.M., H.M. Li, F. Li, Z.H. Xin, Y.H. Zhao, and Q.H. Hu. 2010. Effect of nano-packing on preservation quality of fresh strawberry (*Fragaria ananassa* Duch. cv Fengxiang) during storage at 4°C. *J. Food Sci.* 75:C236-C240.
- Zhong, M., B. Wu, J.D. Wang, J.M. Wu, and L.H. Wei. 2006. Effect of chlorine dioxide on ripening of ‘Xiaobai’ apricots. *European Food Research Technol.* 223:791-795.