

서방형 이산화염소 가스 젤팩을 이용한 딸기의 저장 중 품질 변화

†이경행 · 봉소정 · 윤예지 · 이 봄 ·곽일환* · 민경훈* · 김홍길*

한국교통대학교 식품영양학전공, *세진이엔피(주)

Quality Changes of Strawberry by Slow-released ClO₂ Gas Gel-pack during Storage

†Kyung-Haeng Lee, So-Jung Bong, Ye-Ji Yoon, Bom Lee, Il-Hwan Kwak*, Kyung-Hoon Min* and Hong-Gil Kim*

Major in Food & Nutrition, Korea National University of Transportation, Chungbuk 27909, Korea

*Sejin E & P Co. Ltd., Gyeonggi 14057, Korea

Abstract

To prolong the shelf-life of strawberry, samples were treated with gel packs containing slow-released chlorine dioxide(ClO₂) gas at 3~7 ppm for 6 days at room temperature. The weight loss and decay ratio as well as changes in pH, color and texture properties of the treated samples were investigated. The weight of the control and ClO₂ gas treated samples decreased slightly, but the weight of the control changed faster than those of the ClO₂ gas treated samples during the storage period. The decay ratio of control was higher than those of the ClO₂ gas treatments since 4 days of storage. The pH and acidity in the control and in the ClO₂ gas treated samples were no differences during storage period. The lightness of strawberry decreased during storage, but there was no difference in lightness among the treatments even when storage time was extended. The redness and yellowness of the control showed higher change than those of the ClO₂ gas treatments during 6 days. The firmness of the control changed more rapidly than those of the ClO₂ gas treatments during 6 days. Especially, the samples treated 3 and 5 ppm ClO₂ gas were the least changed. And the scores for appearance, firmness and overall acceptance control and 7 ppm ClO₂ gas treatment decreased more rapidly than those of 3 and 5 ppm treatment.

Key words: slow-release preparation, chlorine dioxide gas, strawberry, gel pack, physico-chemical property

서 론

최근 들어 국민 생활수준 향상으로 인한 웰빙 문화와 더불어 건강에 대한 관심이 증가하고 있고(Lee 등 2015), 핵가족화, 1인 가구의 증가 및 여성의 사회 진출 등으로 인한 신선식품에 대한 수요가 급격히 증가하고 있으며, 이들 원료들의 오랜 신선도 유지를 선호하고 있다(Jeong 등 2006).

국내에서 생산되는 딸기(*Fragaria ananassa* Duch.)는 수확 후 급속한 생리대사와 연약한 조직 특성으로 딸기가 갖는 고유의 풍미는 사라지고 짓무름과 곰팡이 발생 등으로 생산에서 소비에 이르기까지 다른 원예 과실보다 저장 수명이 아주 짧아 선도를 유지하기 어려운 품종 중에 하나이다(Yang & Lee

1999; Lee 등 2010). 즉, 딸기는 수확시부터 선별 및 수송과정 중에 물리적 손상을 받기 쉬워 품질 열화가 빠르게 일어나게 되고, 생과로 유통되는 경우, 세균 및 곰팡이에 의해 쉽게 부패되고, 이에 따라 상온 유통시 품질 유지 기간이 약 1~2일에 불과하여, 이를 해결할 기술이 절실히 요구되고 있다(Lee 등 2010).

이에 따라 딸기의 선도를 유지시키기 위하여 예냉처리(Park 등 2012), MAP 포장(Chung 등 1998b), 방사선 조사(Chung & Yook 2003), 항균성 포장(Chung 등 1998a; Chung & Cho 2002), 열처리(García 등 1995), CO₂ 처리(Kim 등 2016), 이산화염소수 처리(Kim 등 2010) 등 여러 가지 방법을 활용하여 딸기의 저장성 증진에 관한 연구를 수행하여 왔다. 그러나 아직까지

† Corresponding author: Kyung-Haeng Lee, Major. of Food and Nutrition, Korea National University of Transportation, Chungbuk 27909, Korea. Tel: +82-43-820-5334, Fax: +82-43-820-5850, E-mail: leekh@ut.ac.kr

는 딸기 농가에서의 활용은 잘 이루어지고 있지 않다.

미생물 제어 방법 중 비가열의 살균처리 방법이 있는데, 그 중 하나인 이산화염소(ClO_2)는 기존에 사용되었던 염소보다 유기물질과의 반응성이 약하고, 반응부산물도 적게 생성될 뿐만 아니라(Kim JM 2001) 트리할로메탄과 같은 발암물질 등이 생성되지 않고, pH 변화에 무관하게 살균력을 유지할 수 있다고 보고되어 있다(Kim 등 2009). 이와 같은 이산화염소는 액상의 이산화염소의 형태보다는 가스형태일 때 투과성이 높아 신선 농산물의 저장 및 유통 중에 보다 효과적으로 미생물을 제어할 수 있다고 알려져 있다(Han 등 2001).

이산화염소 가스 생성은 주로 chlorine dioxide generator system을 이용하여 제조하거나, 아염소산염과 물을 전기화학적 반응시켜 다공성 전기분해막(MEA: multi-porous membrane electrode assembly)을 통해 제조할 수 있다. 서방형 이산화염소 가스 젤팩이란 이산화염소 발생 원료물질의 양, 농도 및 점도 등을 조절하여 일정 제형의 통기성 film에 넣어두면 일정농도의 이산화염소 가스가 일정시간 동안 지속적으로 방출될 수 있도록 한 것을 말한다.

본 연구에서는 딸기의 저장성 증진을 위한 연구의 일환으로 딸기 용기 내에 3~7 ppm의 이산화염소 가스가 저장 기간 동안 지속적으로 방출되는 서방형의 이산화염소 가스 젤팩을 넣고 저장하면서 저장 기간에 따른 이화학적 품질 변화를 측정하였다.

재료 및 방법

1. 재료

본 실험에 사용한 딸기 품종은 '설향'으로 세종시 농가에 서 2017년 2월에 수확한 것 중 외관상 상처가 없고, 색상, 사이즈 및 형태 등이 유사한 것을 선별하여 실험에 사용하였다.

2. 이산화염소 가스 처리

딸기에의 이산화염소 가스 처리는 서방형의 이산화염소 가스 젤팩(Sejin E & P Co. Ltd., Anyang, Korea)을 사용하였다. 서방형 이산화염소 젤팩에서의 이산화염소 가스 발생은 아염소산염에 산을 첨가한 용액에 젤화제를 첨가하여 이산화

염소 가스가 발생하도록 하였다. 젤화제를 첨가한 용액은 산소투과도가 $5,000 \text{ cc/m}^2/\text{day}$ 에서 $10,000 \text{ cc/m}^2/\text{day}$ 가 되게 미세 마이크로 천공한 PE/PET, PE/PA film(LG Chemical, Lutene LB5000/7500, LDPE, Daesan, Korea)에 밀봉하였다. 이때 젤팩($8.5 \times 2.3 \text{ cm}$)에서의 방출되는 이산화염소 가스의 농도는 iodometry standard method(Korean Society of Food Science and Technology Dictionary 2008)의 방법에 따라 각각 12일 동안 3, 5, 7 ppm 정도의 양이 방출될 수 있도록 제조하였고, 이산화염소 가스 젤팩에서의 이산화염소 발생량은 Table 1과 같았으며, 12일 이상 서서히 방출이 가능하지만, 본 딸기의 유의적인 실험을 위하여 8일까지 측정하였다. 이때 방출되는 이산화염소 가스의 양은 한국 상하수도협회 수도용 약품 평가시험방법 A 110(KWWA 2008)에 의해 측정하였다.

각 농도의 이산화염소 가스 처리군(3, 5, 7 ppm)은 각각의 처리군별로 24개의 딸기를 6개의 군으로 하여 500 g 용량의 polyethylene 용기($18 \times 13 \times 7.5 \text{ cm}$, Bukwang Chemical Co., Geumsangun, Korea)에 이산화염소 가스 젤팩을 딸기 위에 넣었으며, 실온에서 6일 동안 저장하면서 실험에 사용하였고, 이산화염소 가스 젤팩을 첨가하지 않은 실험군을 대조군으로 하여 저장하면서 실험에 사용하였다.

3. 중량 및 부패율 변화

각 농도별 서방형 이산화염소 가스 젤팩을 넣은 딸기 용기를 저장하면서 저장 중 딸기의 중량 변화를 측정하기 위하여 초기 1일차를 제외하고는 6일 동안 매일 측정하였다. 부패율의 경우, 깃무름(soft rot) 현상, 곰팡이(mold) 발생이 있는 것을 육안 검사에 의해 구분하여 용기별 시료 개체수에 대한 백분율(%)로 나타내었다.

4. pH 및 산도 측정

각 농도별 서방형 이산화염소 가스 젤팩을 첨가한 딸기 용기를 저장하면서 저장 기간에 따른 딸기의 pH 변화 정도를 측정하기 위하여 딸기의 여러 부위에서 다량의 시료를 채취하고 마쇄한 후, 시료 5 g을 증류수로 10배 희석하여 homogenizer(T25 Ultra-turrax, IKA, Germany)를 이용하여 18,000 rpm으로 1분간 분쇄한 후 4,000 rpm에서 20분 동안 원심분리

Table 1. Release rate of chlorine dioxide gas in generating gel pack

Concentration of ClO_2 gas (ppm)	Storage period (day)								Total release content (ppm/8 day)
	1	2	3	4	5	6	7	8	
3	0.28	0.20	0.23	0.18	0.18	0.15	0.13	0.13	1.48
5	0.53	0.46	0.4	0.35	0.33	0.38	0.43	0.36	3.24
7	0.76	0.91	0.66	0.76	0.56	0.51	0.46	0.43	5.05

시키고 여과하여 여과액을 pH meter(Orion 520A, Thermo Electron Co., MA, USA)로 측정하였다. 산도 측정은 상기의 여과액 10 mL에 0.1% phenolphthalein 지시약을 첨가하고, 0.1 N NaOH 용액으로 적정하여, 이때 소비된 NaOH 용액의 양을 citric acid(%) 양으로 환산하였다.

5. 색도 측정

각 농도별 서방형 이산화염소 가스 젤팩을 첨가한 딸기 용기를 저장하면서 저장 기간에 따른 딸기의 색도 변화는 색차계(CR-300 Minolta Chroma Meter, Konica Minolta Sensing Inc., Tokyo, Japan)를 사용하여 Hunter L, a, b 값을 반복 측정된 뒤 평균값으로 나타내었다. 측정 부위는 딸기 외면의 적색 부분을 측정하였다. 이때 사용한 표준 백색판(standard plate)의 L^* , a^* 및 b^* 값은 각각 95.02, 0.04 및 0.26이었다.

6. 조직감 측정

서방형의 이산화염소 가스 젤팩을 첨가하여 저장한 딸기의 저장 기간에 따른 조직감의 변화를 측정하기 위하여 texture analyzer(TA-XT2/25, Stable Micro System Co. Ltd., Surrey, England)를 사용하여 측정하였다. 딸기를 세로방향으로 1/2 절단한 다음, 절단면을 아래로 향하게 놓고, 시료의 중간부분을 측정하였다. 이때 사용한 probe는 지름 5 mm이었으며, distance 8 mm, speed 1 mm/sec 조건으로 측정하였으며, 그 결과값을 시료의 경도(firmness)로 나타내었다. 각 처리군에서 시료 9개 이상을 2등분하여 반복 측정을 한 후 측정치의 평균값을 사용하였다.

7. 기호도 검사

서방형의 이산화염소 가스 젤팩을 첨가하여 저장한 딸기의 저장 기간에 따른 기호도 변화를 측정하기 위하여 식품영양학과 10명을 선정하여 시료의 평가 방법 및 평가 특성에 대한 교육을 실시한 후, 시료의 맛, 향, 색 및 종합적 기호도에 대하여 대단히 싫다(dislike extremely) 1점, 보통이다(neither like nor dislike)를 4점, 대단히 좋다(like extremely)를 7점으로 하는 Likert 7점 척도법에 따라 측정하였다.

8. 통계처리

본 시험에서 얻어진 결과는 SPSS 12.0(Statistical Package for Social Sciences, SPSS Inc., Chicago, IL, USA) program을 사용하여 각 실험구간의 유의성($p < 0.05$)을 ANOVA로 분석한 후, Duncan's multiple range test에 의해 실험구간의 차이를 분석하였다.

결과 및 고찰

1. 중량 및 부패율 변화

딸기의 저장성 증진을 위하여 농도별 서방형 이산화염소 가스 젤팩을 딸기 용기 내에 넣은 후 저장하면서 중량 및 부패율의 변화를 측정한 결과는 Table 2와 같다.

대조군의 경우, 저장 6일 동안 중량이 유의적으로 감소하여 초기의 중량에 비해 저장 6일에는 94.15%로 감소하였다. 농도별 서방형 이산화염소 가스 젤팩을 첨가한 실험군의 경우에는 대조군과 마찬가지로 저장 중 감소하였지만, 저장 5일까지는 대조군보다 변화의 폭이 유의적으로 적었으며, 저장 6일차에는 대조군이 중량변화가 많았지만, 이산화염소 처리군과는 유의적인 차이를 보이지는 않았으며 농도별 이산화

Table 2. Changes in weight of strawberry stored during storage 6 days after chlorine dioxide gas treatment (unit: %)

Concentration of ClO ₂ gas (ppm)	Storage period (day)							
	0	1	2	3	4	5	6	
Weight	Control	100.00±0.00 ^{aA1)}	98.73±0.12 ^{bC}	97.52±0.61 ^{cB}	96.95±0.14 ^{dB}	96.32±0.22 ^{eB}	95.27±0.07 ^{fB}	94.15±0.03 ^{gA}
	3	100.00±0.00 ^{aA}	99.18±0.05 ^{bb}	98.31±0.09 ^{cA}	97.48±0.08 ^{dA}	96.77±0.12 ^{eA}	95.79±0.20 ^{fA}	94.79±0.36 ^{gA}
	5	100.00±0.00 ^{aA}	99.20±0.03 ^{bb}	98.31±0.12 ^{cA}	97.51±0.13 ^{dA}	96.84±0.15 ^{eA}	95.75±0.07 ^{fA}	94.55±0.09 ^{gA}
	7	100.00±0.00 ^{aA}	99.35±0.16 ^{bA}	98.45±0.27 ^{cA}	97.63±0.12 ^{dA}	96.91±0.11 ^{eA}	95.65±0.20 ^{fA}	94.79±0.24 ^{gA}
Decay rate	Control	-	-	-	4.17±3.40 ^{cA}	17.71±3.99 ^{cA}	47.22±16.84 ^{bA}	70.83±5.89 ^{aA}
	3	-	-	-	3.13±3.99 ^{bA}	8.33±5.89 ^{bb}	15.28±6.36 ^{bb}	58.33±11.79 ^{aA}
	5	-	-	-	3.13±3.99 ^{bA}	5.21±5.24 ^{bb}	11.11±4.81 ^{bb}	50.00±11.79 ^{aA}
	7	-	-	-	4.17±3.40 ^{cA}	11.46±7.12 ^{cAB}	40.28±13.39 ^{bA}	58.33±5.89 ^{aA}

¹⁾ Values with different superscripts within a row (^{a-g}) and a column (^{A-C}) were significantly different ($p < 0.05$).

염소 가스 젤팩 처리군간에는 차이가 없는 것으로 나타났다.

일반적으로 농산물은 저장하는 동안 증산 작용에 의해 중량이 감소하고, 상품성이 떨어지게 되는데(Kim 등 2003), Kang 등(2016)은 파프리카, Yoon 등(2016)은 이슬송이버섯의 저장성을 증진시키기 위하여 서방형 이산화염소 가스를 처리한 결과, 저장 초기부터 대조군보다는 중량 감소율이 적었다고 하여 본 결과와 비교해 볼 때, 시료 등의 차이는 있지만 일치하는 결과였으며, 딸기 저장시 이산화염소 가스를 처리할 경우, 품질 변화가 적게 일어날 수 있을 것으로 사료되었다. Guo 등(2014)은 토마토에 이산화염소 가스 처리시 호흡량이 감소한다고 하였으며, Kang 등(2016)은 이산화염소 가스에 의해 호흡의 억제로 중량 감소를 낮출 수 있는 효과적인 기술이라고 하였다.

부패율의 경우, 대조군 및 이산화염소 가스 처리군 모두 저장 2일까지는 변질된 것이 보이지 않았다. 그러나 저장 3일 이후부터는 모든 실험군에서 약간의 곰팡이 또는 짓무름이 있는 딸기가 발견되기 시작하였다. 저장 4일부터는 대조군의 경우에는 급격히 부패된 딸기들이 증가하였고, 저장 6일에는 70% 이상의 딸기가 부패된 것으로 나타났다. 그러나 이산화염소 가스 처리군의 경우에는 모두 대조군보다 낮은 부패율을 보였으며 특히 3 ppm과 5 ppm 처리군은 저장 5일까지는 매우 낮은 부패율을 보였다. 저장 6일차의 경우, 이산화염소 가스 처리군의 부패율은 대조군보다 낮은 값을 보이는 하

였지만, 유의적인 차이를 보이지는 않았다. 중량 변화 및 부패율의 변화를 볼 때 딸기 저장시 이산화염소 가스 처리시 품질 변화를 줄일 수 있을 것으로 판단되었다.

2. pH 변화

각 농도별 서방형 이산화염소 가스 젤팩을 딸기 용기 내에 첨가하여 저장하면서 저장 기간에 따른 pH의 변화를 측정 한 결과는 Table 3과 같다.

대조군의 경우, 초기에는 pH가 3.62에서 저장 기간이 증가할수록 각각 3.90, 3.67, 3.64, 3.77, 3.70으로 초기보다는 약간 증가하는 경향을 보였다. 3~7 ppm의 서방형 이산화염소 가스 젤팩 처리군의 경우, 대조군과 마찬가지로 대체적으로 저장 중 pH가 증가하는 경향을 보였으며 처리군간의 차이는 없는 것으로 나타나, 이산화염소 가스에 의한 pH 변화는 없는 것으로 판단되었다.

Choi 등(2013)은 방울토마토에 이산화염소 가스를 처리하였을 때 방울토마토의 pH 값에는 영향을 끼치지 않는다고 하여, 본 결과와 시료 및 이산화염소 가스 처리 방법은 다르지만 동일한 결과를 나타내었다.

각 농도별 서방형 이산화염소 가스 젤팩을 딸기 용기 내에 첨가하여 저장하면서 저장 기간에 따른 산도의 변화를 측정 한 결과는 Table 4와 같다.

수확 후의 산도는 0.78%였으며, 대조군의 산도는 저장 중

Table 3. Changes in pH of strawberry stored during storage 6 days after chlorine dioxide gas treatment

Concentration of ClO ₂ gas (ppm)	Storage period (day)					
	0	2	3	4	5	6
Control	3.62±0.07 ^{aA1)}	3.90±0.17 ^{aA}	3.67±0.20 ^{aA}	3.64±0.08 ^{aA}	3.77±0.29 ^{aA}	3.70±0.36 ^{aA}
3	3.62±0.07 ^{bA}	3.67±0.04 ^{bB}	3.68±0.13 ^{bA}	3.67±0.08 ^{bA}	3.35±0.20 ^{cA}	4.12±0.10 ^{aA}
5	3.62±0.07 ^{aA}	3.69±0.08 ^{aB}	3.65±0.13 ^{aA}	3.72±0.19 ^{aA}	3.58±0.51 ^{aA}	3.78±0.32 ^{aA}
7	3.62±0.07 ^{bA}	3.63±0.02 ^{bB}	3.73±0.10 ^{abA}	3.79±0.20 ^{abA}	3.63±0.03 ^{bA}	4.05±0.48 ^{bA}

¹⁾ Values with different superscripts within a row (^{a-c}) and a column(^{A,B}) were significantly different ($p < 0.05$).

Table 4. Changes in acidity of strawberry stored during storage 6 days after chlorine dioxide gas treatment (unit: %)

Concentration of ClO ₂ gas (ppm)	Storage period (day)					
	0	2	3	4	5	6
Control	0.78±0.03 ^{a1)}	0.75±0.03 ^a	0.72±0.05 ^b	0.74±0.03 ^{ab}	0.70±0.02 ^b	0.71±0.07 ^b
3	0.78±0.03 ^a	0.73±0.06 ^{ab}	0.74±0.04 ^{ab}	0.73±0.05 ^{ab}	0.71±0.05 ^{ab}	0.70±0.03 ^b
5	0.78±0.03 ^a	0.75±0.03 ^{ab}	0.75±0.02 ^{ab}	0.72±0.02 ^{bc}	0.72±0.02 ^{bc}	0.69±0.02 ^c
7	0.78±0.03 ^a	0.75±0.02 ^{ab}	0.72±0.02 ^{bc}	0.73±0.02 ^{bc}	0.72±0.01 ^{bc}	0.70±0.03 ^c

¹⁾ Values with different superscripts within a row (^{a-c}) was significantly different ($p < 0.10$).

서서히 감소하여 0.70~0.71% 정도의 값을 보였다. 이산화염소 가스 처리군의 경우에도 대조군과 마찬가지로 저장 중 서서히 감소하였으며, 저장 기간 내내 유의적인 차이를 보이지 않았다.

Shin 등(2012)은 이산화염소수를 이용한 딸기 품종 Goha의 저장 중 산도를 측정된 결과, 처리군간에 저장 중 점차 감소하였으며, 처리군간에는 유의적인 차이를 보이지 않는다고 하여 본 결과와 사용한 상(phase)은 다르지만 일치하는 결과를 나타내었다.

3. 색도 변화

각 농도별 서방형 이산화염소 가스 젤팩을 첨가한 딸기 용기를 저장하면서 저장 기간에 따른 딸기 외면의 색도 변화를 측정된 결과는 Table 5와 같다.

명도(lightness)의 경우, 초기에는 31.96이었지만, 저장 중 서서히 감소하는 경향을 보여 딸기 저장 시 색도 변화가 있음을 확인할 수 있었다. 이산화염소 가스 젤팩 처리군의 경우, 대조군과 마찬가지로 약간씩 감소하는 경향이었으며, 각 처리군간에 큰 차이를 보이지는 않는 것으로 판단되었다.

적색도(redness)의 변화에서는 대조군의 경우, 초기 34.68이었으며, 저장 4일까지는 약간 증가한 후 다시 감소하는 경향을 보였다. 이산화염소 처리군 중 3 및 5 ppm 처리군은 저장 5일까지 약간 증가한 후 저장 6일차에 감소하는 경향이었

으며, 7 ppm 처리군은 저장 기간 내내 큰 변화를 보이지 않는 것으로 나타났다.

황색도(yellowness)의 변화는 대조군의 경우, 15.72에서 저장 중 감소하는 경향을 보였으며, 이산화염소 가스 처리군도 대조군과 마찬가지로 서서히 감소하는 경향을 보였으며, 저장 4일차까지는 모든 실험군이 유의적인 차이를 보이지 않았지만, 저장 5일차에는 대조군이, 6일차에는 3 ppm 처리군이 다소 낮은 값을 보였다. 이상의 색도 결과를 종합하여 보면 저장하는 동안 미약하지만 대조군에서의 변화가 다소 크고, 이산화염소 가스 처리시 색상의 변화가 적은 것으로 판단되었다.

Park & Jeong(2015)은 사계성 딸기의 신선도 유지를 위한 CO₂와 ClO₂ 가스 처리가 대조군에 비해 높은 명도를 보여 본 결과와 유사한 경향을 보였으며, Flamengo 품종의 적색도 변화에서는 모든 처리군이 저장 중 증가하다가 감소한다고 하여 본 결과와 일치하는 결과를 나타내었다. 또한 Mahmoud 등(2007)은 딸기에 0.5, 1, 1.5, 3, 5 mg/L의 각각 다른 농도로 이산화염소 가스를 처리하였을 때, 색도에 큰 영향은 주지 않으면서 유통기한을 연장시켰다고 하였다.

4. 조직감 측정

딸기 저장 시 서방형의 이산화염소 가스 젤팩을 첨가하고 저장 기간에 따른 조직감을 측정된 결과는 Table 6과 같다.

대조군은 초기에 0.2157 kg이었으나, 저장 기간이 증가할수록 감소하여 저장 6일에는 0.1644 kg으로 감소하는 것으로 나타나 점차 물러짐을 알 수 있었다. 이산화염소 가스 젤팩

Table 5. Changes in Hunter's color values of strawberry stored during storage 6 days after chlorine dioxide gas treatment

Concentration of ClO ₂ gas (ppm)	Storage period (day)						
	0	2	3	4	5	6	
L	Control	31.96±3.07 ^{aA1)}	31.68±3.56 ^{aA}	31.21±3.16 ^{aA}	31.63±2.80 ^{aA}	30.27±3.00 ^{bcB}	29.24±3.91 ^{cA}
	3	31.96±3.07 ^{aA}	31.37±3.33 ^{abA}	30.33±3.22 ^{bA}	32.47±3.53 ^{aA}	31.37±2.90 ^{abAB}	28.90±3.28 ^{cA}
	5	31.96±3.07 ^{aA}	30.63±2.94 ^{bcA}	30.28±3.02 ^{cdA}	31.64±3.06 ^{abA}	31.70±2.92 ^{abA}	29.35±3.15 ^{dA}
	7	31.96±3.07 ^{aA}	31.68±3.46 ^{aA}	30.29±3.00 ^{bA}	32.03±4.05 ^{aA}	31.05±2.66 ^{abAB}	30.03±3.20 ^{bA}
a	Control	34.68±2.18 ^{bA}	35.83±1.84 ^{aA}	35.02±2.02 ^{bAB}	35.13±1.80 ^{abA}	33.85±2.05 ^{cb}	33.07±2.24 ^{dB}
	3	34.68±2.18 ^{bA}	35.85±1.74 ^{aA}	35.15±1.72 ^{abAB}	35.54±1.83 ^{abA}	35.36±2.29 ^{abA}	33.25±3.53 ^{cb}
	5	34.68±2.18 ^{bcA}	35.23±1.85 ^{abAB}	35.61±1.86 ^{aA}	35.09±2.26 ^{abA}	35.03±2.75 ^{abA}	33.89±2.70 ^{cbAB}
	7	34.68±2.18 ^{aA}	34.84±2.08 ^{ab}	34.10±4.34 ^{bB}	34.82±2.12 ^{aA}	34.05±2.08 ^{abB}	34.42±2.24 ^{aA}
b	Control	15.72±2.39 ^{aA}	15.29±2.57 ^{abA}	14.53±2.32 ^{bA}	13.21±2.55 ^{ca}	11.77±2.41 ^{dB}	13.14±2.29 ^{cbAB}
	3	15.72±2.39 ^{aA}	15.29±2.49 ^{aA}	14.07±2.49 ^{bA}	14.33±3.08 ^{bA}	13.10±2.32 ^{ca}	12.70±2.71 ^{cb}
	5	15.72±2.39 ^{aA}	14.78±2.40 ^{bA}	14.27±2.51 ^{bcA}	13.40±2.65 ^{cdA}	13.46±2.55 ^{cdA}	13.23±2.41 ^{dAB}
	7	15.72±2.39 ^{aA}	15.04±2.64 ^{aA}	13.84±2.42 ^{bA}	13.51±3.22 ^{bcA}	12.80±2.06 ^{ca}	13.66±2.48 ^{bcA}

1) Values with different superscripts within a row (^{a-d}) and a column(^{A,B}) were significantly different ($p < 0.05$).

Table 6. Changes in firmness of strawberry stored during storage 6 days after chlorine dioxide gas treatment (unit: kg)

Concentration of ClO ₂ gas (ppm)	Storage period (day)					
	0	2	3	4	5	6
Control	0.2157±0.0479 ^{aA1)}	0.2042±0.0353 ^{abA}	0.1927±0.0345 ^{bcA}	0.1852±0.0435 ^{bcA}	0.1742±0.0438 ^{cdB}	0.1644±0.0536 ^{dB}
3	0.2157±0.0479 ^{aA}	0.2004±0.0377 ^{abA}	0.1971±0.0416 ^{bcA}	0.1794±0.0334 ^{cA}	0.1905±0.035b ^{cAB}	0.1945±0.0415 ^{bcA}
5	0.2157±0.0479 ^{aA}	0.1979±0.042 ^{ba}	0.1921±0.0362 ^{ba}	0.1869±0.0329 ^{ba}	0.1984±0.0405 ^{ba}	0.1874±0.0329 ^{ba}
7	0.2157±0.0479 ^{aA}	0.1967±0.047 ^{bcA}	0.1949±0.0386 ^{bcA}	0.1883±0.0212 ^{cA}	0.2065±0.0361 ^{abA}	0.1857±0.0351 ^{cA}

¹⁾ Values with different superscripts within a row (^{a~d}) and a column(^{A,B}) were significantly different ($p<0.05$).

처리군은 저장 4일까지는 대조군과 유의적인 차이를 보이지 않았다. 그러나 저장 5일 이후에는 대조군이 가장 큰 변화를 보였으며, 이산화염소 가스 처리군의 변화가 적은 것으로 나타났다. 저장 6일차에는 3, 5, 7 ppm 처리군의 순으로 딸기 저장시 이산화염소 가스 처리가 딸기의 경도를 어느 정도 유지시킬 수 있을 것으로 판단되었다.

Mehmet & Cengiz(2014)는 이산화염소수 처리한 딸기의 저장 중 경도를 측정된 결과, 대조군보다 이산화염소수 처리군이 저장 기간 내내 높은 경도를 보인다고 하여 본 결과와 비교해 보면, 비록 처리한 상(phase)은 다르지만 동일한 결과를

보이는 것으로 나타났으며, Kang 등(2016)은 서방형 이산화염소 가스 처리로 호흡률이 낮아진다고 하였으며, Yoon 등 (2016)은 버섯에의 서방형의 이산화염소 가스를 처리하였을 때 저장 중 조직감 변화가 적었다고 하여 본 결과와 비교해 보면 시료는 다르지만 일치하는 결과를 나타내었다.

5. 기호도 검사

딸기 저장 시 서방형의 이산화염소 가스 젤팩을 첨가하고, 저장 기간에 따른 외관, 경도, 향 및 종합적 기호도를 측정된 결과는 Table 7과 같다.

Table 7. Changes in sensory evaluation of strawberry stored during storage 6 days after chlorine dioxide gas treatment

Concentration of ClO ₂ gas (ppm)	Storage period (day)						
	0	2	3	4	5	6	
Appearance	Control	6.4±0.4 ^{aA1)}	6.3±0.4 ^{aA}	5.9±0.5 ^{ba}	4.3±0.5 ^{cb}	3.4±0.3 ^{db}	2.7±0.4 ^{eb}
	3	6.4±0.4 ^{aA}	6.4±0.3 ^{aA}	5.9±0.5 ^{ba}	4.8±0.4 ^{cA}	4.1±0.3 ^{dA}	3.3±0.2 ^{eA}
	5	6.4±0.4 ^{aA}	6.3±0.3 ^{aA}	5.9±0.5 ^{ba}	4.8±0.4 ^{cA}	4.0±0.5 ^{dA}	3.5±0.3 ^{eA}
	7	6.4±0.4 ^{aA}	6.4±0.3 ^{aA}	5.8±0.4 ^{ba}	4.2±0.4 ^{cb}	3.6±0.3 ^{db}	2.9±0.3 ^{eb}
Firmness	Control	6.5±0.3 ^{aA}	6.4±0.4 ^{aA}	6.1±0.2 ^{ba}	5.0±0.3 ^{cA}	3.7±0.2 ^{db}	2.9±0.4 ^{eb}
	3	6.5±0.3 ^{aA}	6.4±0.4 ^{aA}	6.1±0.3 ^{ba}	5.1±0.4 ^{cA}	4.1±0.4 ^{dA}	3.5±0.3 ^{eA}
	5	6.5±0.3 ^{aA}	6.3±0.4 ^{abA}	6.0±0.4 ^{ba}	5.3±0.4 ^{cA}	4.2±0.3 ^{dA}	3.5±0.3 ^{eA}
	7	6.5±0.3 ^{aA}	6.4±0.3 ^{abA}	6.1±0.4 ^{ba}	5.2±0.5 ^{cA}	4.1±0.3 ^{dA}	3.4±0.3 ^{eA}
Flavor	Control	6.2±0.4 ^{aA}	6.1±0.3 ^{aA}	5.6±0.4 ^{ba}	4.3±0.4 ^{cA}	3.8±0.3 ^{dA}	2.8±0.4 ^{eA}
	3	6.2±0.4 ^{aA}	6.0±0.4 ^{abA}	5.8±0.5 ^{ba}	4.5±0.4 ^{cA}	3.9±0.4 ^{dA}	3.0±0.4 ^{eA}
	5	6.2±0.4 ^{aA}	6.0±0.5 ^{abA}	5.7±0.6 ^{ba}	4.6±0.5 ^{cA}	4.0±0.3 ^{dA}	3.0±0.4 ^{eA}
	7	6.2±0.4 ^{aA}	5.9±0.4 ^{abA}	5.7±0.4 ^{ba}	4.4±0.5 ^{cA}	3.8±0.4 ^{dA}	2.9±0.4 ^{eA}
Overall acceptance	Control	6.4±0.4 ^{aA}	6.2±0.3 ^{abA}	5.9±0.5 ^{ba}	4.4±0.5 ^{cC}	3.5±0.3 ^{dB}	2.8±0.4 ^{cC}
	3	6.4±0.4 ^{aA}	6.2±0.3 ^{aA}	5.8±0.4 ^{ba}	4.9±0.4 ^{cAB}	4.2±0.3 ^{dA}	3.3±0.3 ^{eAB}
	5	6.4±0.4 ^{aA}	6.0±0.4 ^{ba}	5.9±0.3 ^{ba}	5.1±0.4 ^{cA}	4.4±0.4 ^{dA}	3.4±0.3 ^{eA}
	7	6.4±0.4 ^{aA}	6.1±0.4 ^{abA}	6.0±0.4 ^{ba}	4.6±0.5 ^{cb}	3.6±0.4 ^{dB}	3.0±0.4 ^{eBC}

¹⁾ Values with different superscripts within a row (^{a~e}) and a column(^{A~C}) were significantly different ($p<0.05$).

외관의 경우, 6.4의 기호도에서 시작하여 저장 기간이 증가할수록 감소하여 6일차에는 2.7의 낮은 기호도를 보였다. 이산화염소 가스 젤팩 처리군의 경우에는 저장 3일차까지는 대조군과 유의적인 차이를 보이지 않았지만, 3 및 5 ppm 처리군은 저장 4일 이후부터는 대조군보다 유의적으로 높은 기호도를 보였다. 반면, 7 ppm 처리군은 대조군과 저장 기간 내내 차이를 보이지 않았다. 경도에서는 모든 처리군이 저장 4일까지는 차이를 보이지 않았지만 저장 5일 이후에는 대조군이 가장 빠르게 변화하였으며, 이산화염소 가스 처리군은 대조군보다 높은 기호도를 나타내었다. 향의 경우, 저장 기간 중 모든 처리군에서 기호도는 감소하였으며, 저장 6일 동안 차이를 보이지는 않았다. 종합적 기호도에서는 저장 3일까지는 모든 처리군이 유의적인 차이를 보이지 않았지만, 저장 4일 이후에는 3 및 5 ppm 이산화염소 가스 젤팩 처리군이 높은 기호도를 보이는 것으로 나타났다.

Kang 등(2015)은 파프리카에 이산화염소 가스를 훈증처리한 후 기호도를 분석한 결과, 외관, 신선도 및 종합적 기호도 측면에서 대조군보다 높은 기호도를 보였다고 하여 시료는 다르지만 본 결과와 일치하였다.

이상의 결과를 종합하여 보면 딸기 저장시 용기에의 서방형 이산화염소 가스 젤팩의 첨가는 중량 감소율, 부패율, 조직감 및 기호도 면에서 품질 변화를 줄일 수 있을 것으로 판단되었다.

요약 및 결론

딸기의 저장성 향상을 위한 연구의 일환으로 3~7 ppm의 이산화염소 가스가 지속적으로 용출되어도도록 제조한 서방형의 젤팩을 딸기 용기에 첨가한 후, 실온에서 6일 동안 저장하면서 저장 기간에 따른 중량 감소율, 부패율, pH, 산도, 색도 및 조직감 등의 이화학적 품질 변화를 측정하였다. 중량 감소율의 경우, 실험군간에 큰 차이를 보이지는 않았지만, 저장 기간 내내 대조군이 가장 변화가 많았으며, 이산화염소 가스 처리군의 변화는 대조군보다는 적었다. 부패율에서는 저장 4일 이후부터 대조군이 이산화염소 가스 처리군보다 빠르게 변화되었다. pH 및 산도의 변화에서는 대조군 및 이산화염소 가스 처리군 모두 저장 중 저장 중 증가하는 경향이었으며, 처리군간 유의적인 차이를 보이지는 않았다. 색도 변화에서는 저장 중 명도는 서서히 감소하였지만, 처리군간에 유의적인 차이를 보이지 않았지만, 적색도와 황색도에서는 이산화염소 가스 처리군의 변화가 대조군에 비해 적게 변화되었다. 경도에서는 저장하는 동안 대조군이 이산화염소 가스 처리군에 비하여 빠르게 감소하였다. 특히 3 및 5 ppm의 이산화염소 가스 처리군의 경도 변화가 가장 적은 것으로 나타났다. 외관, 경도 및 종합적 기호도에서는 저장 기간 중 대조군

과 7 ppm 이산화염소 가스 처리군이 빠르게 변화하였다.

감사의 글

본 연구는 2016년도 농림수산식품기술기획평가원의 농식품 창업·벤처지원 R&D 바우처 시범사업과제(IPET, Project No. 116146-01)의 지원을 받아 수행된 것으로 이에 감사드립니다.

References

- Choi WS, Ahn BJ, Kim YS, Kang HM, Lee JS, Lee YS. 2013. Quality changes of cherry tomato with different chlorine dioxide(ClO₂) gas treatments during storage. *Korean J Packaging Sci Tech* 19:17-27
- Chung SK, Cho SH, Lee DS. 1998a. Effect of antimicrobial packaging films on the keeping quality of strawberries. *Food Engineering Progress* 2:157-161
- Chung SK, Cho SH, Lee DS. 1998b. Modified atmosphere packaging of fresh strawberries by antimicrobial plastic films. *Korean J Food Sci Technol* 30:1140-1145
- Chung SK, Cho SH. 2002. Preservation of strawberries and cucumbers packaged by low density polyethylene film impregnated with antimicrobial agent, *Scutellariae baicalensis* extract. *Korean J Food Preserv* 9:271-276
- Chung YJ, Yook HS. 2003. Effects of gamma irradiation and cooking methods on the contents of thiamin in chicken breast and vitamin C in strawberry and mandarin orange. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 32:864-869
- García JM, Aquilera C, Albi MA. 1995. Postharvest heat treatment on spanish strawberry(*Fragaria xananassa* cv. Tudla). *J Agric Food Chem* 43:1489-1492
- Guo Q, Wu B, Peng X, Wang J, Li Q, Jin J, Ha Y. 2014. Effects of chlorine dioxide treatment on respiration rate and ethylene synthesis of postharvest tomato fruit. *Postharvest Biol Tec* 93:9-14
- Han Y, Linton RH, Nielsen SS, Nelson PE. 2001. Reduction of *Listeria monocytogenes* on green peppers (*Capsicum annum* L.) by gaseous and aqueous chlorine dioxide and water washing and its growth at 7°C. *J Food Prot* 64:1730-1738
- Jeong JW, Kim JH, Kwon KH, Park KJ. 2006. Disinfection effects of electrolyzed water strawberry and quality changes during storage. *Korean J Food Preserv* 13:316-321
- Kang JH, Park SM, Kim HG, Son HJ, Song KJ, Cho M, Kim

- JR, Lee JY, Song KB. 2015. Gaseous chlorine dioxide treatment to produce high quality paprika for export. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 44:1072-1078
- Kang JH, Park SM, Kim HG, Son HJ, Song KJ, Cho M, Kim JR, Lee JY, Song KB. 2016. Effects of combined chlorine dioxide gas treatment using low-concentration generating sticks on the microbiological safety and quality of paprika during storage. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 45:619-624
- Kim BS, Lee HJ, Park HW, Cha HS. 2003. Effect of respiration and transpiration rates on the weight loss of various fruit (peach, apple, pear, persimmon, mandarin). *Korean J Food Preserv* 10:142-146
- Kim JG, Choi JW, Park MH. 2016. Effect of different days of postharvest treatment and CO₂ concentrations on the quality of 'Seolhyang' strawberry during storage. *Korean J Food Preserv* 23:12-19
- Kim JM. 2001. Use of chlorine dioxide as a biocide in the food industry. *Food Indust & Nutr* 6:33-39
- Kim JU, Kim HJ, Lim GO, Jang SA, Song KB. 2010. Effect of combined treatment of ultraviolet-C with aqueous chlorine dioxide of fumaric acid on the postharvest quality of strawberry fruit "Flamengo" during storage. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 39:138-145
- Kim YJ, Kim MH, Song KB. 2009. Efficacy of aqueous chlorine dioxide and fumaric acid for inactivating pre-existing microorganisms and *Escherichia coli* O157:H7, *Salmonella typhimurium*, and *Listeria monocytogenes* on broccoli sprouts. *Food Control* 20:1002-1005
- Korea Water and Wastewater Works Association. 2008. Evaluation and analysis method of chemicals for drinking water treatment A 110. Seoul
- Korean Society of Food Science and Technology. 2008. Food Science and Technology Dictionary. Kwangil Publishing Co. Ltd
- Lee HJ, Seo JA, Choi JH, Lee KA, Jeong MC. 2010. Effect of plastic container vent ratio on strawberry quality during pre-cooling and storage. *Korean J Food Preserv* 17:581-585
- Lee KH, Yoon YT, Ra SJ. 2015. Quality changes of cherry tomato by aqueous chlorine dioxide treatment during storage. *Korean J Food Nutr* 28:396-403
- Mahmoud BS, Bhagat AR, Linton RH. 2007. Inactivation kinetics of inoculated *Escherichia coli* O157:H7, *Listeria monocytogenes* and *Salmonella enterica* on strawberries by chlorine dioxide gas. *Food Microbiol* 24:736-744
- Mehmet SA, Cengiz C. 2014. Individual and combined effects of ultrasound, ozone and chlorine dioxide on strawberry storage life. *LWT-Food Sci Technol* 57:344-351
- Park DW, Jeong CH. 2015. Effect of CO₂ and ClO₂ gas pre-treatment for maintain shelf-life of summer strawberries. *Kor J Hort Sci Technol* 33:705-711
- 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
- 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 of 'Goha' strawberries. *J Food Engineering* 113:374-379
- Yang YJ, Lee KA. 1999. The changes of acetaldehyde, ethanol and firmness during CA storage of strawberries. *J Korean Soc Hort Sci* 40:303-305
- Yoon YT, Nong SJ, Kang HS, Yoon YJ, Kim HG, Min KH, Lee KH. 2016. Quality changes of *Lentinula edodes* GNA01 mushroom by chlorine dioxide gas treatment during storage. *Korean J Food Nutr* 29:499-505

Received 08 March, 2017

Revised 30 March, 2017

Accepted 02 June, 2017