

이산화염소수 처리에 의한 방울토마토의 저장 중 품질 변화

†이경행 · 윤영태 · 라소정
한국교통대학교 식품영양학과

Quality Changes of Cherry Tomato by Aqueous Chlorine Dioxide Treatment during Storage

†Kyung-Haeng Lee, Young-Tae Yoon and So-Jung Ra

Dept. of Food and Nutrition, Korea National University of Transportation, Chungbuk 368-701, Korea

Abstract

To improve the shelf-life of cherry tomato, samples were treated with aqueous chlorine dioxide (ClO_2) at 30 ppm for 0~30 minutes and the weight loss rate as well as the changes in physico-chemical and sensory properties of treated samples were investigated. Weight change in the control and in the samples with aqueous ClO_2 treatment were decreased slightly, and there were no difference during the storage period. There were no differences in soluble solid content among the treatments and during the storage period. There were no differences in the firmness of samples among the treatments but the firmness of the aqueous ClO_2 treated samples were decreased slower than that of the control samples. No significant changes in lightness, redness and yellowness of the controls and the samples by aqueous ClO_2 treatment were observed during 4 weeks storage period. The sensory parameters including taste, flavor, color, texture and overall acceptance at the initial period did not differ among the treatments. The scores for taste, texture and overall acceptance of the control were decreased faster than those of the aqueous ClO_2 treated samples when 3 weeks reached.

Key words: cherry tomato, aqueous chlorine dioxide, physico-chemical property

서 론

최근 현대인들은 웰빙문화와 더불어 건강에 대한 관심이 급격히 증가하여 신선하고 고품질의 과채류에 대한 소비자의 선호도가 급격히 증가하고 있다(Lee 등 2012).

과채류 중 토마토는 lycopene, flavonoid, glutamic acid, carotene, vitamin C 및 E 등의 생리활성물질들을 많이 함유하고 있으며(Choi 등 2009), 또한 무기염의 함량이 높고 당, 유기산을 함유하고 있을 뿐만 아니라, 독특한 풍미와 색소를 지니고 있어서 생식용과 여러 가공식품의 원료로 이용되어지고 있다(Choi 등 2013).

식생활이 다양하게 변하고, 생식용 품종이 여러 가지 개발됨에 따라 단맛이 많고 알이 작은 방울토마토에 대한 소비자들의 선호도가 증가하여 1980년대 이후에 급속하게 보급되

기 시작하였으며, 절단 없이 간편하게 식용으로 할 수 있어 꾸준한 수요 증가로 재배하는 농가도 많아지고 있으며, 농가의 소득작물로 각광받고 있다(Yu 등 1997).

방울토마토는 비교적 기온이 낮은 10월에서 4월 사이에는 유통이 용이한 편이나, 기온이 높은 5월에서 9월 중에는 과실 조직이 쉽게 연화되고, 과숙으로 인한 품질 변화 등이 발생하여 수확과 유통, 저장 등에 어려움이 많다(Lee 등 2001; Park 등 2002). 이와 같은 이유는 토마토 내 수분 함량이 매우 높으며, 수확 후 현저한 추숙, 연화 및 노화 현상이 수반되기 때문이며, 따라서 신선도 유지가 어렵게 된다(Park 등 2004).

이러한 현상으로 수확 후 저장이나 유통하는 과정에서 호흡작용, 증산작용 등의 생리작용이 활발해지고, 곰팡이를 비롯한 미생물의 오염 및 성장에 의해 부패가 일어나게 된다. 이러한 부패는 과채류 자체의 경도가 저하되는 것뿐만 아니라,

† Corresponding author: Kyung-Haeng Lee, Dept. of Food and Nutrition, Korea National University of Transportation, Chungbuk 368-701, Korea. Tel: +82-43-820-5334, Fax: +82-43-820-5850, E-mail: leekh@ut.ac.kr

비타민, 유기산, 당분 등의 감소 등 영양학적인 변화도 함께 일어나게 된다(Park 등 2006).

또한 토마토 저장 중 수분, 색소 함량 등이 감소됨으로써 외관, 맛, 신선도가 낮아져 상품성 가치 또한 감소하게 된다(Choi 등 2009). 따라서 토마토의 저장기간을 연장시키고, 유통 중의 품질 저하가 일어나는 단점을 보완해야 한다.

이와 같이 저장성이 매우 짧은 토마토의 저장성 증진을 위한 연구를 살펴보면 Controlled Atmosphere(CA) 저장 또는 Modified Atmosphere(MA) 저장(Lee 등 2004; Diaz-Mula 등 2011), 오존처리(Zambre 등 2010), 필름을 이용한 저장성 증진 및 이산화염소 가스(Choi 등 2013)를 이용한 연구 등 여러 가지 방법들에 대한 연구가 이루어졌으나, 아직까지는 활발하게 적용되고 있지는 못하고 있다.

비열처리 방법인면서 화학적 처리방법 중의 하나인 이산화염소(ClO_2)는 기존에 널리 사용되어 왔던 염소에 비하여 보다 수용성이며 유기물질과의 반응성이 약하여 부산물도 적다(Kim JM 2001). 또한 염소와는 다르게 트리할로메탄과 같은 발암물질 등을 생성하지 않고, 높은 살균력과 pH에 관계없이 살균력이 유지되며, 식품의 풍미에도 영향을 주지 않는 것으로 알려져 있다(Kim 등 2009b). 특히 이산화염소의 살균력은 염소에 비해 매우 강한 편으로 5 ppm의 이산화염소는 34 ppm의 염소와 동등한 살균력을 가져(Benarde 등 1965; Lillard HS 1979), 신선 채소 등의 미생물학적 안전 유지를 위해 이산화염소수가 사용되어지고 있다(Keskinen 등 2009).

따라서 본 연구에서는 이산화염소 가스보다 더 쉽게 사용할 수 있는 이산화염소수의 이용가능성을 확인하기 위하여 방울토마토에 처리하고, 저장 중 품질 변화를 측정하였다.

재료 및 방법

1. 재료

본 실험에 사용한 방울토마토는 2014년 6월부터 10월까지 청주농수산물센터에서 그날 입고된 것을 구매하여 외관상 상처가 없고 색상, 사이즈 및 형태가 유사한 것을 선별하여 실험에 사용하였다.

2. 이산화염소수 처리

방울토마토의 저장성 향상에 이산화염소수의 효능을 확인하기 위하여 30 ppm의 농도로 조절된 이산화염소수(Cloe F+, Chemopia Korea)를 수조에 넣은 후 선별한 방울토마토를 침지시켜 5, 10, 20분 및 30분씩을 각각 처리하였다. 처리한 방울토마토는 clean bench에서 air-dried 상태로 표면에 남아 있는 수분을 1시간 동안 처리하여 제거하였다. 각 시간별로 처리된 방울토마토는 마켓에서 흔히 볼 수 있는 형태의 PET

box 용기에 담아 실온에서 4주 동안 저장하면서 실험에 사용하였다.

3. 중량 변화

방울토마토를 30 ppm의 이산화염소수에 각 시간별로 처리를 하고, 실온에서 저장하면서 저장 중 중량 변화를 측정하기 위하여 각각 처리된 방울토마토를 정해진 포장용기에 넣고, 저장기간에 따른 변화를 일주일 간격으로 측정하였다.

4. 가용성 고형물 함량 측정

방울토마토의 가용성 고형물 함량은 마쇄한 방울토마토즙 원액을 굴절당도계(PAL-2, ATAGO, Japan)를 이용하여 측정하였다.

5. 경도 측정

방울토마토의 경도는 texture analyzer(TA-XT2/25, Stable Micro System Co. Ltd., Surrey, England)를 사용하여 측정하였다. 지름 5 mm의 plunger를 이용하여 firmness를 측정하였으며, 분석조건은 pre test speed: 2.0 mm/sec, test speed: 1.0 mm/sec, post test speed: 2.0 mm/sec, strain: 20%로 방울토마토의 여러 부위를 여러 번 측정하였다(Kim 등 2009a).

6. 색도 측정

이산화염소수를 처리한 방울토마토의 색도는 색차계(CR-300 Minolta Chroma Meter, Konica Minolta Sensing Inc., Tokyo, Japan)를 사용하여 Hunter L, a, b 값을 반복 측정한 뒤 평균값으로 나타내었다.

7. Ascorbic acid 함량

이산화염소수를 처리한 방울토마토 내 ascorbic acid의 함량은 Park 등(2008)의 방법에 따라 측정하였다. 시료 추출은 방울토마토에 metaphosphoric acid를 이용하여 추출하였다. 즉, 추출물 0.2 mL에 10% TCA 용액 0.8 mL를 넣어 3,000 rpm에서 5분 동안 원심분리하고(VS-550, Vision Scientific Co., Daejeon, Korea), 상등액 0.5 mL, 증류수 1.5 mL 및 10% folin phenol reagent 0.2 mL를 차례대로 넣은 후 혼합하고, 실온에서 10분간 방치하며, 760 nm(UVIKON xs, Northstar Scientific Co., Leeds, UK)에서 흡광도를 측정하여 ascorbic acid의 함량을 측정하였다. 표준물질로는 L-ascorbic acid(Sigma Chemical Co., St. Louis, MO, USA)를 사용하였다.

8. 관능검사

이산화염소수를 처리한 방울토마토의 저장 중 관능적 변화를 측정하기 위하여 식품영양학과 학생 10명을 선정하여

시료의 평가 방법 및 평가 특성에 대한 교육을 실시한 후, 세 자리 난수를 써놓은 시료를 무작위로 배열하고 나눠준 뒤 시료의 맛, 향, 색, 조직감 및 종합적 기호도에 대하여 대단히 싫다(dislike extremely) 1점, 보통이다(neither like nor dislike)를 3점, 대단히 좋다(like extremely)를 5점으로 하는 Likert 5점 척도법에 따라 측정하였다.

9. 통계처리

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

결과 및 고찰

1. 중량 변화

이산화염소수 처리가 방울토마토의 저장성을 증진시킬 수 있는지를 확인하기 위하여 30 ppm의 이산화염소수를 0~30분 동안 침지시킨 후 건조시키고, 실온에서 저장하면서 저장기간에 따른 무게 변화를 측정하였으며, 그 결과는 Table 1과 같다.

Table 1. Changes in weight of cherry tomato stored for 4 weeks after aqueous chlorine dioxide treatment

30 ppm ClO ₂ treatment time (min)	Storage period (week)				
	0	1	2	3	4
Control	100.0	97.3	93.0	89.9	88.1
5	100.0	98.3	93.5	92.4	90.7
10	100.0	97.9	94.3	91.7	89.9
20	100.0	98.1	95.5	92.7	90.8
30	100.0	98.4	95.2	92.9	90.7

¹⁾ No spoilage

Table 2. Changes in soluble solid content (°brix) of cherry tomato stored for 4 weeks after aqueous chlorine dioxide treatment

30 ppm ClO ₂ treatment time (min)	Storage period (week)				
	0	1	2	3	4
Control	7.30±0.58 ^{A1)}	7.00±0.20 ^A	7.20±0.29 ^A	7.00±0.36 ^A	7.30±1.15 ^A
5	8.00±0.26 ^A	7.67±0.58 ^{AB}	7.00±0.56 ^{BC}	7.33±0.29 ^{ABC}	6.67±0.29 ^C
10	7.67±0.58 ^A	7.33±0.58 ^A	6.83±0.76 ^A	7.33±0.29 ^A	7.17±0.76 ^A
20	7.67±0.58 ^A	7.33±0.58 ^A	7.50±0.50 ^A	7.00±0.17 ^A	6.83±0.29 ^A
30	7.83±0.76 ^A	6.67±0.58 ^B	6.97±0.32 ^{AB}	7.00±0.40 ^{AB}	7.50±0.50 ^{AB}

¹⁾ Values with different superscripts within a row (A-C) were significantly different ($p < 0.05$).

일반적으로 저장기간 중 신선 농산물은 증산작용이 활발 해지면서 중량이 감소하게 되며(Park 등 2004), 포피 수축으로 인해 외관이 변형되어 과채류의 품질에 직접적인 영향을 준다(Choi 등 2012).

방울토마토의 중량 변화는 4주 동안 대조군 및 이산화염소수 처리군 모두 천천히 중량이 감소하는 것으로 나타났고, 그 중 대조군의 변화가 약간 더 변화되었지만 아주 큰 차이는 아닌 것으로 판단되었다.

Choi 등(2013)은 방울토마토에 이산화염소 가스를 처리하고, 저장 중 중량 감소율을 측정된 결과, 이산화염소 가스 처리에 따른 차이를 보이지 않고 저장시의 온도 조건에 따라 차이가 있다고 하여 가스의 형태가 아닌 이산화염소수를 이용한 본 실험과 살균시의 상(phase)은 다르지만 동일한 결과인 것으로 판단되었다. Lee 등(2014)은 복숭아의 저장성 증진을 위하여 이산화염소수를 처리하고, 저장하면서 중량 감소율을 측정된 결과에서도 이산화염소수 무처리군과 비교하였을 때 중량 감소율에 영향을 미치지 않는다고 하였으며, Chun 등(2013)은 블루베리 시료에 이산화염소수를 처리하였을 때 중량 감소율이 각 처리군 간에 유의적인 차이를 보이지 않는다고 하여 본 결과와 유사한 경향인 것으로 사료되었다.

2. 가용성 고형물의 함량 변화

방울토마토의 저장성 증진을 위해 이산화염소수를 처리하고, 저장하면서 가용성 고형물의 함량 변화를 측정된 결과는 Table 2와 같다.

이산화염소수를 처리한 직후의 가용성 고형분 함량은 대조군은 7.30 °brix였으며, 이산화염소수 처리군은 7.67~8.00 °brix로 대조군보다는 약간 높은 값을 가졌지만, 방울토마토마다 가용성 고형분 함량에 차이가 있어 이산화염소수 처리에 의한 유의적인 차이는 없는 것으로 판단되었다.

저장기간에 따른 변화에서는 대조군의 경우, 7.00~7.30 °brix로 저장기간 내내 비슷한 경향을 보였고, 이산화염소수 처리군은 처리군별로 각각 6.67~7.67, 6.83~7.33, 6.83~7.50, 6.67~7.50

으로 초기에 비하여 대체적으로 감소하는 경향이었으나, 각 방울토마토의 가용성 고형물의 함량 간 차이로 이산화염소수 및 저장기간에 따른 유의적인 차이는 없는 것으로 나타났다.

Choi 등(2013)은 방울토마토에 이산화염소 가스를 처리하고, 가용성 고형물의 함량 변화를 측정된 결과, 이산화염소 가스 처리가 방울토마토의 당성분 함량을 유지하는데 효과적이지만, 이산화염소 처리방법에 따른 당성분 함량은 유의적인 차이가 없다고 하였으며, Choi 등(2009)은 저장 중 방울토마토의 가용성 고형물 함량을 측정된 결과, 가용성 고형물의 함량은 서서히 감소하는 경향이라고 하여 본 결과와 비교할 때 본 결과와 유사한 경향이였다.

3. 경도의 변화

수확한 방울토마토의 저장성 증진을 위하여 30 ppm의 이산화염소수를 5~30분간 각각 처리하고, 저장하면서 저장기간에 따른 경도의 변화를 측정된 결과는 Table 3과 같다.

대조군의 경도는 5.72 N 이었으며, 30 ppm의 이산화염소수를 5~30분 처리한 경우는 각각 5.95, 5.84, 5.88 및 5.92 N으로 대조군과 비교할 때 유의적인 차이를 보이지 않아, 방울토마토에 이산화염소수의 처리는 물성 변화를 가져오지 않고 또한 처리시간에도 영향이 없는 것으로 판단되었다.

저장기간에 따른 변화에서는 대조군은 저장 1주일까지는 대조군과 5분과 10분 처리군 간에는 저장 초기와 유의적인 차이가 없었으며, 20분 이상 처리한 방울토마토는 처리 직후보다는 다소 낮은 경도를 보였지만, 처리군 간에는 유의적인 차이를 보이지 않는 것으로 나타났다. 저장 2주부터는 초기보다 점점 시간이 경과할수록 경도가 감소하는 경향이었고, 저장 4주에는 가장 낮은 경도를 보여 저장 중 물리지는 것으로 나타나, 방울토마토의 경도 변화는 이산화염소수에 의한 차이보다는 저장 중 변화에 좌우되는 것으로 판단되었다. 한편, 저장 3주차의 경우를 살펴보면 대조군과 이산화염소수 처리군 간에 유의적인 차이를 보이지는 않았지만, 모든 이산화염소수 처리군이 다소 높은 경도를 보이는 것으로 판단되었다.

Park & Kang(2015)은 토마토에 위생화를 위하여 이산화염

소 가스와 aerosol화 된 peracetic acid를 처리한 결과, 7일간 저장하는 동안 처리 유무에 상관없이 유의적인 차이를 보이지 않았다고 하여 본 실험 결과와 비교하여 볼 때 본 실험보다 저장일이 짧았지만 같은 경향이였으며 저장일이 증가할수록 조직감은 다소 감소하기는 하지만, 처리군간 차이는 없는 것으로 나타나 본 결과와 대체적으로 유사한 것으로 나타났다.

Chen & Zhu(2011)는 자두에, Aday & Caner(2014)는 딸기에 저장성을 위하여 이산화염소수를 처리하였을 때 처리 직후에는 대조군과 차이가 없었지만, 저장 중의 경도 변화는 대조군에 비하여 이산화염소수 처리군이 미미하지만 서서히 일어나고, 처리시간 및 처리량이 많을수록 경도 변화가 적었다고 하여 유의적인 차이가 없었던 본 결과와 비교하면 다소의 차이는 보이지만 경향은 유사한 것으로 판단되었으며, 과일 또는 채소들의 후숙 과정 등이 다르기 때문에 이에 대한 지속적인 연구가 필요할 것으로 사료되었다.

4. 색도 변화

국내산 방울토마토의 저장성 증진 가능성을 확인하기 위하여 30 ppm의 이산화염소수를 처리한 후 저장하면서 색도의 변화를 측정된 결과는 Table 4와 같다.

방울토마토 과육의 명도(L)는 대조군의 경우, 35.74이었으며, 이산화염소수 처리군은 35.82~36.90으로 대조군과 유의적인 차이를 보이지 않는 것으로 나타나, 이산화염소수 처리 시 방울토마토의 명도 변화는 없었으며, 저장기간에 따른 명도값의 변화는 초기의 값과도 큰 차이를 보이지 않는 것으로 나타나, 이산화염소수 및 저장에 따른 명도의 변화는 없는 것으로 사료되었다.

방울토마토의 적색도(a)의 변화에서는 대조군은 17.46의 값을 보였고, 이산화염소수 처리군은 13.33~16.88로 대조군보다 다소 낮은 값을 나타내었지만 유의적인 차이를 보이지는 않았다. 저장기간에 따른 변화에서는 대조군 및 이산화염소수 처리군 모두 저장기간에 따른 적색도의 뚜렷한 증감을 보이고 있지는 않는 것으로 나타나, 이산화염소수 처리에 의한 적색도의 변화는 없는 것으로 판단되었다.

Table 3. Changes in firmness of cherry tomato stored for 4 weeks after aqueous chlorine dioxide treatment (Unit: N)

30 ppm ClO ₂ treatment time (min)	Storage period (week)				
	0	1	2	3	4
Control	5.72±0.59 ^{A1)}	5.74±0.57 ^A	5.45±0.51 ^{AB}	4.94±0.76 ^{AB}	4.31±0.55 ^B
5	5.95±0.41 ^A	6.07±0.51 ^A	5.68±0.59 ^A	5.41±0.51 ^{AB}	4.53±0.61 ^B
10	5.84±0.79 ^{AB}	6.17±0.69 ^A	5.47±0.69 ^{AB}	5.31±0.59 ^{AB}	4.54±0.60 ^B
20	5.88±0.66 ^A	5.57±0.54 ^{AB}	5.35±0.62 ^{AB}	5.24±0.62 ^{AB}	4.45±0.54 ^B
30	5.92±0.69 ^A	5.56±0.40 ^{AB}	5.46±0.65 ^{AB}	5.31±0.61 ^{AB}	4.65±0.70 ^B

¹⁾ Values with different superscripts within a row (A, B) were significantly different ($p < 0.05$).

Table 4. Changes in Hunter's color values of cherry tomato stored for 4 weeks after aqueous chlorine dioxide treatment

30 ppm ClO ₂ treatment time (min)	Storage period (week)				
	0	1	2	3	4
Control	35.74±0.44 ^{AB1)}	37.37±1.20 ^{bA}	36.30±1.40 ^{AB}	35.41±1.86 ^B	35.98±0.95 ^{AB}
5	36.90±1.38 ^{AB}	37.38±1.26 ^{bA}	35.94±1.15 ^{BC}	35.52±0.57 ^C	35.39±0.37 ^C
L 10	36.21±1.46 ^B	38.61±1.17 ^{aA}	34.89±0.78 ^C	35.20±0.8 ^{BC}	35.14±1.82 ^{BC}
20	36.60±1.82 ^B	37.92±1.00 ^{abA}	35.84±0.90 ^B	35.69±1.54 ^B	35.66±0.90 ^B
30	35.82±1.17 ^B	38.23±0.71 ^{abA}	36.01±2.12 ^B	34.80±0.92 ^B	35.43±1.69 ^B
Control	17.46±0.94 ^A	13.67±2.04 ^B	15.58±3.29 ^{AB}	14.93±2.41 ^{AB}	17.53±3.00 ^{aA}
5	13.33±3.79 ^A	14.38±3.64 ^A	15.51±3.31 ^A	14.18±3.17 ^A	15.90±2.97 ^{abA}
a 10	16.88±2.65 ^A	15.52±3.22 ^{AB}	13.01±1.32 ^B	16.16±3.09 ^A	14.71±2.35 ^{bAB}
20	16.77±5.11 ^A	14.85±1.86 ^{AB}	13.33±3.19 ^B	15.85±1.66 ^{AB}	15.45±1.67 ^{abAB}
30	14.37±3.05 ^A	15.58±2.48 ^A	15.56±2.38 ^A	15.41±2.39 ^A	15.22±1.55 ^{abA}
Control	21.32±1.20 ^{abA}	16.56±1.18 ^B	19.04±2.66 ^{aAB}	17.94±2.54 ^B	18.80±2.00 ^{AB}
5	19.68±1.66 ^{bA}	16.31±1.94 ^B	19.50±1.22 ^{aA}	16.88±1.33 ^B	17.21±0.58 ^B
b 10	20.62±1.82 ^{abA}	18.09±1.83 ^{BC}	16.92±1.48 ^{bC}	17.14±1.57 ^C	19.03±2.48 ^{AB}
20	23.00±3.05 ^{aA}	17.91±2.49 ^B	18.20±1.78 ^{abB}	18.08±2.05 ^B	18.29±1.69 ^B
30	19.54±1.96 ^{bA}	17.50±1.03 ^{BC}	18.91±1.94 ^{aAB}	16.88±0.89 ^C	18.55±2.24 ^{ABC}

1) Values with different superscripts within a column (a, b) and a row (A-C) were significantly different ($p<0.05$).

방울토마토의 황색도(b)의 변화에서는 대조군은 21.32이었으며, 이산화염소수 처리군은 19.54-23.00으로 30 ppm의 이산화염소수를 20분 동안 처리하였을 때 가장 높은 황색도를 보이지만, 30분 처리 시에는 오히려 값이 감소하는 것으로 보아 이산화염소수에 의한 차이라기보다는 시료 자체간의 차이가 때문인 것으로 판단되었다. 저장기간에 따른 변화에서는 모든 실험군에서 증감의 경향을 보이지 않는 것으로 나타났다. 이와 같은 결과로 보아 방울토마토의 저장성 증진을 위하여 이산화염소수의 처리는 방울토마토 색상의 변화와는 무관한 것으로 판단되었다.

Han JE(2009)은 과채류가 이산화염소수에 의해 표백될 수 있기 때문에, 이산화염소 가스의 처리가 제품의 갈변반응 또는 표백으로 인하여 관능적 품질을 떨어뜨릴 수 있다고 하여 본 결과와는 상이한 결과를 보였지만, Choi 등(2013)은 방울토마

토에 이산화염소 가스를 처리하였을 때 방울토마토의 색도에 큰 영향을 끼치지 않으며, 방울토마토의 탈색현상도 보이지 않았다고 하였고, Mahmoud 등(2007)은 딸기에 이산화염소 가스를 처리하였을 때 색도에는 영향을 미치지 않는다고 하여 본 결과와 동일하였으며, 처리한 이산화염소의 형태가 가스 상태와 액상으로 다르지만 이산화염소에 의한 색상의 변화는 없는 것으로 판단되었다.

5. Ascorbic acid의 함량

방울토마토의 저장성 증진을 위하여 이산화염소수를 처리하고 저장하면서 저장기간에 따른 ascorbic acid의 함량 변화를 측정된 결과는 Table 5와 같다.

대조군의 경우, 33.26 mg%의 ascorbic acid의 함량을 나타

Table 5. Changes in ascorbic acid contents of cherry tomato stored for 4 weeks after aqueous chlorine dioxide treatment (Unit: mg%)

Ascorbic acid	Storage period (week)				
	0	1	2	3	4
Control	33.26±2.22 ^{BB1)}	34.47±1.17 ^{bAB}	37.96±2.22 ^A	36.96±1.36 ^{AB}	37.62±2.63 ^A
5	35.68±2.03 ^{abA}	37.86±1.10 ^{aA}	35.22±1.36 ^A	35.02±1.48 ^A	37.09±1.19 ^A
10	38.29±0.65 ^{aA}	34.74±0.86 ^{bB}	38.58±2.82 ^A	37.02±1.61 ^{AB}	37.91±1.08 ^A
20	32.79±1.38 ^{bA}	33.34±0.20 ^{bA}	34.57±1.95 ^A	34.37±2.61 ^A	35.26±1.66 ^A
30	34.24±2.28 ^{BB}	37.10±1.30 ^{aAB}	38.50±1.42 ^A	37.09±2.09 ^{AB}	36.74±1.20 ^{AB}

1) Values with different superscripts within a column (a, b) and a row (A, B) were significantly different ($p<0.05$).

내었고, 이산화염소수 처리군은 32.79~38.29 mg%로 이산화염소수를 처리하였다고 하여 ascorbic acid의 함량 차이를 보이지는 않는 것으로 나타났다. 저장기간에 따른 ascorbic acid의 함량 변화에서는 대조군은 34.47~37.96 mg%로 초기의 값에 비하여 약간 ascorbic acid 함량이 증가하는 것으로 나타났다. 이산화염소수 처리군의 경우도 대조군과 마찬가지로 초기의 값과 비교하여 대체적으로 유사하거나 약간 증가하는 경향이였다.

Islam 등(2012)은 유통 중 온도관리가 방울토마토의 품질과 저장성에 영향을 미치는 연구에서 저장 초기에는 ascorbic acid의 함량이 다소 감소하다가 그 후에는 방울토마토가 숙성됨에 따라 ascorbic acid의 함량이 증가하고, 숙성 후기가 되면 약간 감소한다고 하여 본 결과와 수확시기에 따른 차이일 뿐 경향은 유사한 것으로 판단되었다. Erip-Roberts 등(2002)은 과일이 숙성되는 과정에서 ascorbic acid의 함량은 증가하고, 후

숙기에는 다시 감소한다고 하여 본 실험에 사용하였던 방울토마토는 후숙기에 들지는 않는 것으로 판단되었다. Du 등(2007)은 green bell pepper에 이산화염소 가스를 사용하였을 때 ascorbic acid의 함량 변화는 없었다고 하여 사용한 상(phase)의 형태는 다른지만, 결과는 같은 경향으로 판단되었다.

6. 관능검사

방울토마토의 저장성 증진을 위하여 수확 후 이산화염소수를 처리하고, 3주 동안 저장하면서 저장기간에 따른 맛, 향, 색, 조직감 및 종합적 기호도를 측정된 결과는 Table 6과 같다.

맛의 경우, 대조군 및 이산화염소수 처리군 모두 처리 직후에는 유의적인 차이를 보이지 않는 것으로 나타나, 이산화염소수 처리에 의한 맛의 변화는 없는 것으로 나타났다. 저장 중 맛의 변화에서는 대조군은 저장 3주 동안 꾸준히 맛에 대

Table 6. Changes in sensory evaluation of cherry tomato stored for 4 weeks after aqueous chlorine dioxide treatment

30 ppm ClO ₂ treatment time (min)	Storage period (day)				
	0	1	2	3	
Taste	Control	4.2±0.2 ^{A1)}	3.8±0.3 ^B	3.3±0.3 ^C	2.9±0.4 ^{bd}
	5	4.1±0.4 ^A	3.8±0.3 ^A	3.5±0.2 ^B	3.2±0.3 ^{ab}
	10	4.1±0.3 ^A	3.8±0.3 ^B	3.4±0.2 ^C	3.4±0.4 ^{ac}
	20	4.0±0.3 ^A	3.7±0.3 ^B	3.3±0.2 ^C	3.4±0.4 ^{ac}
	30	4.1±0.3 ^A	3.7±0.4 ^B	3.4±0.3 ^C	3.3±0.4 ^{ac}
Flavor	Control	3.9±0.4 ^A	3.7±0.3 ^A	3.6±0.3 ^A	3.3±0.3 ^B
	5	3.9±0.3 ^A	3.8±0.3 ^A	3.7±0.4 ^{AB}	3.5±0.3 ^B
	10	4.0±0.3 ^A	3.8±0.4 ^{AB}	3.7±0.4 ^{AB}	3.4±0.4 ^B
	20	3.9±0.4 ^A	3.8±0.4 ^A	3.6±0.5 ^{AB}	3.3±0.3 ^B
	30	4.0±0.4 ^A	3.9±0.3 ^A	3.6±0.4 ^{AB}	3.4±0.4 ^B
Color	Control	4.2±0.3 ^A	4.1±0.4 ^A	3.7±0.4 ^B	3.5±0.4 ^B
	5	4.1±0.4 ^A	3.9±0.3 ^{AB}	3.7±0.4 ^{BC}	3.5±0.3 ^C
	10	4.0±0.4 ^A	4.0±0.3 ^A	3.6±0.5 ^{AB}	3.4±0.5 ^B
	20	4.0±0.5 ^A	3.8±0.3 ^A	3.5±0.4 ^B	3.4±0.5 ^B
	30	4.0±0.4 ^A	3.9±0.3 ^A	3.7±0.4 ^{AB}	3.5±0.3 ^B
Texture	Control	4.1±0.3 ^A	3.7±0.4 ^B	3.3±0.3 ^C	2.8±0.3 ^{bd}
	5	4.0±0.3 ^A	3.7±0.3 ^{AB}	3.5±0.4 ^{BC}	3.3±0.3 ^{ac}
	10	4.0±0.3 ^A	3.8±0.3 ^{AB}	3.6±0.3 ^{BC}	3.4±0.5 ^{ac}
	20	4.1±0.3 ^A	3.7±0.3 ^B	3.5±0.4 ^B	3.1±0.4 ^{ac}
	30	4.0±0.3 ^A	3.6±0.3 ^B	3.5±0.4 ^{BC}	3.2±0.4 ^{ac}
Overall acceptance	Control	4.0±0.3 ^A	3.6±0.4 ^B	3.4±0.3 ^B	3.0±0.4 ^C
	5	3.9±0.4 ^A	3.6±0.3 ^{AB}	3.6±0.4 ^{AB}	3.3±0.3 ^B
	10	4.1±0.3 ^A	3.8±0.3 ^B	3.6±0.3 ^{BC}	3.4±0.3 ^C
	20	4.0±0.2 ^A	3.7±0.3 ^{AB}	3.5±0.3 ^{BC}	3.3±0.3 ^C
	30	4.0±0.4 ^A	3.7±0.4 ^{AB}	3.5±0.4 ^B	3.3±0.4 ^B

¹⁾ Values with different superscripts within a column (a, b) and a row (A~D) were significantly different ($p < 0.05$).

한 기호도가 감소하는 것으로 나타났다. 이산화염소수 처리군의 경우도 마찬가지로 저장 중 기호도는 감소하였는데, 저장 3주에 대조군이 가장 낮았고, 이산화염소수 처리군은 대조군보다는 유의적인 차이를 보이는 것으로 나타났는데, 이는 대조군의 토마토 경도가 다소 낮았기 때문에 맛에 대한 기호도 또한 감소한 것으로 판단되었다.

향의 경우, 맛의 관능검사 결과와 마찬가지로 모든 처리군에서 유의적인 차이를 보이지 않았다. 저장기간에 따른 변화에서는 대조군의 경우, 저장기간이 증가할수록 지속적으로 감소하였으며, 이산화염소수 처리군의 경우에도 저장 중 계속적으로 감소하였으며, 처리군 간에 향에 대한 차이를 보이지 않았다.

방울토마토의 색에 대한 관능검사 결과에서는 향과 마찬가지로 대조군과 이산화염소수 처리군 모두 유의적인 차이를 보이지는 않았다. 대조군의 저장 중 색에 대한 기호도 변화는 저장 1주차까지 유지되는 것으로 나타났으나, 그 후에는 다소 기호도가 감소하는 것으로 나타났다. 이산화염소수 처리군의 저장 중 변화에서도 대조군과 마찬가지로 저장 1주차까지는 대부분 유의적인 차이를 보이지 않았지만, 저장 중 색에 대한 기호도는 서서히 감소하는 것으로 나타났다.

방울토마토의 조직감에 대한 관능검사 결과는 대조군과 이산화염소수 처리군 모두 유의적인 차이를 보이지는 않았다. 저장 중 조직감의 변화는 대조군에서 1주차부터 조직감이 지속적으로 감소하였고, 저장 3주차에서의 조직감 기호도는 2.8로 가장 낮은 값을 보였다. 이산화염소수 처리군의 경우, 대조군과 마찬가지로 저장 중 지속적으로 기호도가 낮았으며, 저장 2주까지는 대조군과 유의적인 차이를 보이지 않았으나, 저장 3주차의 결과에서는 이산화염소수 처리군이 대조군보다 유의적으로 높은 기호도를 보였다. 이는 앞서의 경도 결과에서와 유사한 경향인 것으로 판단되었다.

종합적 기호도의 변화에서는 대조군 및 이산화염소수 처리군 모두 저장 기간 내내 차이를 보이지 않았으나, 저장 3주차에서의 값은 유의적인 차이는 없었지만 이산화염소수 처리군에 비하여 다소 낮은 기호도를 보였다.

이상의 결과로 보아 방울토마토는 저장과정 중 조직감, 맛, 색상 등의 품질이 변화하고 이산화염소수를 처리할 경우, 조직감 및 맛 등의 변화를 다소 줄일 수 있어 방울토마토의 저장성을 증진시킬 수 있을 것으로 판단된다. 또한 방울토마토의 저장성을 최대 증진시키기 위해서는 처리시의 온도조건, 시간, 수확시기, 가스저장 또는 포장 등의 타 방법과의 병용처리 등 다양한 각도에서 연구해야 할 것으로 판단되었다.

요 약

방울토마토의 저장성 증진을 위하여 30 ppm의 이산화염소

수를 0~30분 동안 처리한 후 표면의 수분을 건조시킨 후 저장기간에 따른 중량 변화, 이화학적 변화 및 기호도의 변화를 측정하였다. 대조군의 경우, 중량 변화의 경우, 4주 동안 대조군 및 이산화염소수 처리군 모두 천천히 중량이 감소하는 것으로 나타났고, 그 중 대조군의 변화가 약간 더 변화되었지만 아주 큰 차이는 아닌 것으로 판단되었다. 가용성 고형분의 함량 변화에서는 이산화염소수 처리에 의한 차이를 보이지 않았으며, 저장 중에도 큰 변화를 보이지 않았다. 경도의 변화에서는 이산화염소수 처리에 의한 차이는 없었으나, 저장기간에 따른 변화에서는 대조군보다 이산화염소수 처리군이 약간 높은 경도를 보였다. 명도, 적색도 및 황색도의 변화에서는 대조군 및 이산화염소수 처리군 모두 처리 직후와 저장 중 차이를 보이지 않았다. 맛, 향, 색 및 종합적 기호도의 변화에서는 이산화염소수 처리 직후에는 대조군과 유의적인 차이가 없었다. 그러나 저장 중 대조군의 맛, 조직감 및 종합적 기호도 변화가 이산화염소수 처리군에 비해 큰 것으로 나타났다.

감사의 글

2014년도 한국교통대학교 교내학술연구 지원을 받아 수행한 연구로 이에 감사드립니다.

References

- Aday MS, Caner C. 2014. Individual and combined effects of ultrasound, ozone and chlorine dioxide on strawberry storage life. *LWT - Food Science and Technology* 57:344-351
- Benarde MA, Israel BM, Oliveru VP, Granstrom ML. 1965. Efficiency of chlorine dioxide as a bactericide. *Appl Microbiol* 13:776-780
- Chen Z, Zhu C. 2011. Combined effects of aqueous chlorine dioxide and ultrasonic treatments on postharvest storage quality of plum fruit (*Prunus salicina* L.). *Postharvest Biology and Technology* 61:117-123
- Choi DJ, Lee YJ, Kim YK, Kim MH, Choi SR, Park IS, Cha HS, Youn AR. 2012. Quality changes of minimally processed sliced deodeok (*Cndonopsis lanceolata*) during storage by packaging method. *Korean J Food Preserv* 19:626-632
- 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 & Technol* 19:17-27
- Choi WS, Hwang KT, Kim KM. 2009. Prolongation of cherry tomato shelf-life using perforated film packaging. *Korean J*

- Food Preserv* 16:139-146
- Chun HH, Park SH, Choi SR, Song KB, Park SJ, Lee SH. 2013. Development of washing system for improving microbiological quality of blueberry after postharvest. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 42:1886-1891
- Diaz-Mula HM, Zapata PJ, Guillen F, Valverde JM, Valero D, Serrano M. 2011. Modified atmosphere packaging of yellow and purple plum cultivars. 2. Effect on bioactive compounds and antioxidant activity. *Postharvest Biol Technol* 61:110-116
- Du J, Fu M, Li M, Xia W. 2007. Effects of chlorine dioxide gas on postharvest physiology and storage quality of green bell pepper (*Capsicum frutescens* L. var. *longrum*). *Agric Sci China* 6:214-219
- Erip-Roberts B, Moraleja A, Oleite B. 2002. Effect of storage temperature on ripening and post harvest quality of grape and mini-pear tomato. *LWT J Food Sci Technol* 43:33-38
- Han JE. 2009. Chlorine dioxide for minimally processed produce preservation. *Bulletin of Food Technology* 23:445-461
- Islam MZ, Kim YS, Kang HM. 2012. Effect of temperature on the quality and storability of cherry tomato during commercial handling condition. *J Bio-Environment Control* 21:88-94
- Keskinen LA, Burke A, Annous BA. 2009. Efficacy of chlorine, acidic electrolyzed water and aqueous chlorine dioxide solutions to decontaminated *Escherichia coli* O157:H7 from lettuce leaves. *Int J Food Microbiol* 132:134-140
- Kim JM. 2001. Use of chlorine dioxide as a biocide in the food industry. *Food Indust & Nutr* 6:33-39
- Kim MS, Kim KH, Yook HS. 2009a. The effects of gamma irradiation on the microbiological, physicochemical and sensory quality of peach (*Prunus persica* L. Batsch cv Dan-geumdo). *J Korean Soc Food Sci Nutr* 38:364-371
- Kim YJ, Kim MH, Song KB. 2009b. 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
- Lee CY, Lee WG, Song JE, Kim KY, Shim WB, Yoon YH, Kim YS, Chung DH. 2012. Hazard analysis for the cultivation stage of strawberry farms for securing preliminary data to establish the good agricultural practices. *J Agric Life Sci* 46:97-108
- Lee HD, Yoon HS, Choi JU. 2001. Changes of quality characteristics on the cherry tomatoes during the CA storage. *Korean J Postharvest Sci Technol* 8:239-243
- Lee SH, Lee MS, Lee, YW, Yeom HJ, Sun NK, Song KB. 2004. Effect of packaging material and storage temperature on the quality of tomato and plum fruits. *Korean J Food Preserv* 11:135-141
- Lee, KH, Choi JH, Ra SJ, Min HI, Park YI. 2014. Changes of peach (*Prunus persica* L. Batsch) quality during storage after treatment with aqueous chlorine dioxide. *Korean J Food & Nutr* 27:881-887
- Lillard HS. 1979. Levels of chlorine dioxide of equivalent bactericidal effect in poultry processing water. *J Food Sci* 44:1594-1597
- 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
- Park SH, Kang DH. 2015. Combination treatment of chlorine dioxide gas and aerosolized sanitizer for inactivating foodborne pathogens on spinach leaves and tomatoes. *Int J Food Microbiol*, in press
- Park WP, Cho SH, Kim CH. 2002. Changes in quality characteristics of cherry tomato packaged with different films. *Korean J Food Preserv* 9:121-125
- Park WP, Cho SH, Kim CH. 2004. Quality characteristics of cherry tomatoes packaged with paper bag incorporated with antimicrobial agents. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 33:1381-1384
- Park WP, Kim CH, Cho SH. 2006. Quality characteristics of cherry tomato and unshiu orange packaged with box incorporated with antimicrobial agents. *Korean J Food Preserv* 13:273-278
- Park YK, Kim SH, Choi SH, Han JG, Chung HG. 2008. Changes of antioxidant capacity, total phenolics and vitamin C contents during *Rubus coreanus* fruit ripening. *Food Sci Biotechnol* 17:251-256
- Yu YM, Suh HD, Kim JK, Kang NK, Son KC. 1997. Fruit characteristics and quality of vine-ripened and room ripened fruit in several cherry tomato cultivars. *J Kor Soc Hort Sci* 38:453-458
- Zambre SS, Venkatesh KV, Shah NG. 2010. Tomato redness for assessing ozone treatment to extend the shelf life. *J Food Eng* 96:463-468

Received 1 June, 2015
 Revised 8 June, 2015
 Accepted 10 June, 2015