J Korean Soc Food Sci Nutr
45(4), 619～624(2016)

한국식품영양과학회지
http://dx.doi.org/10.3746/jkfn.2016.45.4.619

저농도 서방형 이산화염소 가스 병합처리가 파프리카의 저장 중 미생물 성장과 품질에 미치는 영향

– 연구노트 –

강지훈[1]·박신민[1]·김현규[1]·손현정[1]·송경주[2]·조미애[2]·김종락[2]·이정용[3]·송경빈[1]

[1]충남대학교 식품공학과
[2](주)푸르고팜
[3]농업기술실용화재단

Effects of Combined Chlorine Dioxide Gas Treatment Using Low-Concentration Generating Sticks on the Microbiological Safety and Quality of Paprika during Storage

Ji Hoon Kang[1], Shin Min Park[1], Hyun Gyu Kim[1], Hyun Jung Son[1], Kyoung Ju Song[2], Miae Cho[2], Jong Rak Kim[2], Jeong Yong Lee[3], and Kyung Bin Song[1]

[1]*Department of Food Science and Technology, Chungnam National University*
[2]*Purgofarm*
[3]*Foundation of Agri. Tech. Commercialization & Transfer*

ABSTRACT Chlorine dioxide (ClO_2) gas treatment (75 ppmv, 30 min) has been suggested to improve the microbial safety of postharvest paprika in a previous study. Based on these results, in this study, an additional combined treatment using low-concentration ClO_2 gas-generating sticks (3 ppmv) in paprika samples during storage was carried out at 8°C and 90% relative humidity to further enhance the quality and reduce the decay rate of paprika for the purpose of lengthy storage. After the combined treatment, the initial populations of total aerobic bacteria as well as yeast and molds in the paprika samples decreased by 3.04 and 2.70 log CFU/g, respectively, compared with those of the control samples, and this microbial inactivation was maintained by the low-concentration ClO_2 gas-generating sticks during storage. In particular, the decay rate of samples with combined treatment was significantly lower than that of the control. Vitamin C content, hardness, and color quality parameters of paprika samples were not altered by treatment, while weight loss of the samples treated with the combined ClO_2 gas was lower than that of the control during storage. These results indicate that the combination of two different ClO_2 gas treatments is effective for retaining the quality of paprika during prolonged storage.

Key words: low-concentration ClO_2 gas stick, combined treatment, paprika, storage, quality

서 론

파프리카는 주요 수출 농산물로 1990년대부터 국내에서 재배되기 시작하여 2000년대부터 일본으로 수출되기 시작하였고(1), 최근에는 국내 파프리카 생산량 중 70%에 가까운 물량이 일본으로 수출되고 있는 실정으로(2) 더욱 다양한 국가로의 수출 모색이 필요하다(3,4). 특히 다른 국가로 파프리카를 수출하기 위해서는 장시간의 수송기간 동안 품질이 확보되어야만 한다(5). 그러나 파프리카는 저장, 유통 중 미생물학적 요인에 의해 부패하고, 또한 외관, 색, 향 등의 품질이 저하되는 것으로 알려졌다(6).

파프리카의 저장, 유통 중 품질 저하를 방지하고 저장성을 높이기 위해 다양한 연구가 수행되어 왔으며(3-6), 최근 연구에서 Kang 등(4)은 고품질 수출용 파프리카 생산을 위한 수확 후 이산화염소 가스 훈증 단일처리의 효과를 분석하여 보고한 바 있다. 본 연구에서는 파프리카의 이산화염소 가스 단일처리 효과를 분석한 이전 연구(4)에 관한 후속 연구로써, 이산화염소 가스 병합처리에 따른 효과를 분석하고자 수확 후 고농도 이산화염소 가스 처리된 파프리카에 저장 중 지속적인 이산화염소 처리를 위해 저농도 서방형 이산화염소 가스 발생제를 추가로 첨가하였다. 또한 이전 연구(4)에서는 이산화염소 처리 및 저장조건 중 상대습도가 60%지만, 본 연구에서는 실질적인 수출 시 저장조건인 상대습도 90%에서 처리, 저장하여 파프리카의 저장 중 부패율 및 품질 변화를 조사하고자 저장 중 서방형 발생제를 지속해서

Received 8 December 2015; Accepted 16 February 2016
Corresponding author: Kyung Bin Song, Department of Food Science and Technology, Chungnam National University, Daejeon 34134, Korea
E-mail: kbsong@cnu.ac.kr, Phone: +82-42-821-6723

사용하는 이산화염소 가스 병합처리에 의한 효과를 분석하였다.

재료 및 방법

실험 재료

본 연구에서 사용한 파프리카 시료는 시로코(*Capsicum annuum* L. var. scirocco) 품종으로 전라북도 전주에서 수확하여 외관 상태가 균일한 적색의 파프리카 중 숙성도가 70~80% 진행된 시료를 사용하였다.

이산화염소 가스 병합처리와 저장조건

고농도 이산화염소 가스는 (주)푸르고팜(Hwaseong, Korea)에서 제작한 이산화염소 가스 제조기를 사용하여 만들었고, 처리 조건은 이전 연구(4)와는 다른 상대습도 90%에서 75 ppmv, 30분으로 설정하였다. 그리고 본 연구의 핵심 처리 방법인 저농도 이산화염소 가스는 (주)푸르고팜에서 제조한 서방형 발생제(팜이톡, 3 ppmv)를 사용하였다(Fig. 1). 병합처리를 위해서 먼저 파프리카에 고농도 이산화염소 가스로 훈증 처리한 후, 골판지 박스(30×40×18 cm, Sun Wellbeing, Jeonju, Korea)에 포장 시 서방형 발생제를 추가로 첨가함으로써 파프리카의 저장 중에도 이산화염소 가스의 효과가 지속해서 나타나도록 하였다. 병합처리 후 저장온도 8±1°C, 상대습도 90%에서 30일 동안 저장하면서 부패율 등 품질 변화를 측정하였으며, 이산화염소 가스를 처리하지 않은 파프리카를 대조구로 하여 실험을 수행하였다.

부패율 및 미생물 수 측정

저장 중 파프리카의 부패율은 파프리카 시료 표면의 곰팡이 발생 여부를 측정하였고, 3 반복 분석하여 전체 시료에 대한 백분율(%)로 나타내었다. 미생물 수 측정을 위해 이전 연구(4)를 참고하여 파프리카 시료 50 g을 멸균된 펩톤 수(0.1%) 200 mL와 함께 멸균 bag에 넣은 후, stomacher (MIX 2, AES Laboratoire, Combourg, France)를 이용해 3분 동안 균질화시켰다. 균질된 시료 용액은 펩톤 수(0.1%)를 이용해 10배수 연속 희석하였으며, 미생물 수는 각각의 배지에 100 μL씩 분주하여 측정하였다. Plate count agar (PCA, Difco, Detroit, MI, USA) 배지와 potato dextrose agar(PDA, Difco) 배지를 사용하여 총 호기성 세균과 효모 및 곰팡이를 각각 37°C에서 2일, 25°C에서 3일 동안 배양한 뒤 형성된 colony 수를 측정하여 log colony forming unit(CFU)/g으로 표현하였다.

품질 변화 측정

파프리카의 중량감소율은 저장 전 초기 중량을 측정한 뒤 저장 일수별로 중량감소를 측정하여 백분율(%)로 나타내었다. 파프리카 시료의 경도는 파프리카를 일정한 크기(1×1 cm)로 절단하여 texture analyser(5.0 mm probe, TA/XT2, Stable Microsystem Ltd., Godalming, UK)를 이용하여 측정하였으며 hardness(N)로 표현하였다. 중량감소율과 경도 변화는 10회 반복 측정하였으며, 비타민 C 함량 변화는 Kang 등(4)의 방법에 따라 분석하였다. 색도는 CR-400 Minolta Chroma Meter 색차계(Konica Minolta Sensing, Tokyo, Japan)를 이용하여 측정하였고, 10회 이상 반복 측정하여 Hunter L, a, b 값을 얻었으며, 이때 사용된 표준 백판의 L 값은 96.44, a 값은 -0.24, b 값은 2.32였다. 관능평가는 관능 지표인 시료의 색, 조직감, 신선도, 종합적 기호도에 대해 9점 기호척도법을 사용하여 훈련된 패널에 의해 평가되었다.

통계 분석

실험 결과는 Statistical Analysis System(version 9.4, SAS Institute Inc., Cary, NC, USA)을 이용하여 통계 분석 ($P<0.05$, Duncan's multiple range test)을 실시하였으며, 모든 결과는 평균값±표준편차로 나타내었다. 모든 실험은 최소 3회 이상의 반복 실험을 통해 측정되었다.

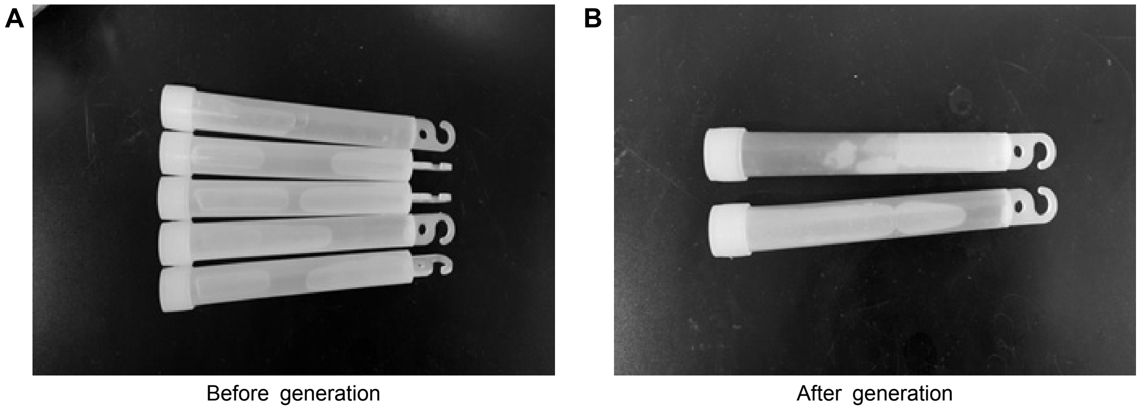

Fig. 1. Photos of low-concentration ClO_2 gas generating sticks.

결과 및 고찰

파프리카의 미생물 수와 부패율 변화

파프리카 시료에 이산화염소 가스와 서방형 발생제(팝이톡)를 병합처리한 후, 저장 온도 8±1°C, 상대습도 90%의 조건에서 저장하여 30일 동안 미생물 수 변화를 분석하였다(Fig. 2). 저장 초기 대조구의 총 호기성 세균 수는 4.84 log CFU/g이었고, 처리구의 총 호기성 세균 수는 1.80 log CFU/g으로 대조구보다 3.04 log CFU/g 감소한 미생물 수를 보였다(Fig. 2A).

저장 초기 미생물 수 감소는 고농도 이산화염소 가스 처리에 의한 것으로, 이러한 결과는 기존 Kang 등(4)의 연구에서 이산화염소 가스 단순 처리 후 저장 초기 파프리카의 총 호기성 세균 수가 대조구와 비교해 1.62 log CFU/g 감소하였다는 분석 결과와는 차이를 보였다. 이와 같은 차이는 본 연구에서 사용된 고농도 이산화염소 가스가 상대습도 90% 조건에서 처리됐지만, Kang 등(4)의 이전 연구에서는 60%의 상대습도 조건에서 처리되었기 때문이라고 판단된다. 기존 연구보고(7,8)에 따르면 농산물에 같은 농도의 이산화염소 가스 처리 시 상대습도에 따라 미생물 감소 효과가 다르게 나타나며, 특히 상대습도가 높을 때 미생물 제어 효과가 높게 나타난다고 알려졌다. 따라서 본 연구 결과로부터 파프리카의 저장 초기 효과적인 미생물 감소 효과를 얻기 위해서는 90% 상대습도에서의 이산화염소 가스 처리가 상대습도 60%보다 더 유리한 조건이라고 판단된다. 또한, 저농도 서방형 발생제를 이용한 병합처리에 의한 총 호기성 세균의 제어 효과가 저장 중 지속되었으며, 특히 저장 20일까지는 저장 초기보다 낮은 수준의 미생물 수가 검출되어 포장 시 첨가한 서방형 발생제의 효과가 작용한 것이라고 판단된다. 대조구의 경우 미생물 수가 계속 증가해 저장 30일 후 저장 초기와 비교하여 1 log CFU/g 증가한 5.84 log CFU/g으로 측정됐지만, 이산화염소 병합처리구는 대조구보다 3.85 log CFU/g 감소한 1.99 log CFU/g이었다. 따라서 이러한 결과로부터 파프리카의 이산화염소 가스 훈증처리 후 포장 시 저농도 서방형 이산화염소 가스 발생제를 첨가하여 병합처리 하는 것이 이전 연구(4)에서의 단일 훈증처리보다 파프리카의 미생물 생육을 더 효과적으로 제어할 수 있는 처리 기술이라고 판단된다.

저장 중 파프리카의 효모와 곰팡이 수 변화에서도 총 호기성 세균 수의 변화와 비슷한 경향을 나타내었다(Fig. 2B). 저장 초 대조구의 효모와 곰팡이 수는 4.18 log CFU/g이었으나, 이산화염소 가스 병합처리구의 경우에는 1.48 log CFU/g으로 2.70 log CFU/g의 미생물 수가 감소하였다. 또한, 병합처리에 의한 효모 및 곰팡이 수 감소 효과는 총 호기성 세균 결과와 비슷하게 저장 20일까지 높게 유지되어 대조구와 비교하여 3.03 log CFU/g 감소한 1.61 log CFU/g으로 검출되었으나, 저장 25일부터는 증가하기 시작하여 저장 중 서방형 이산화염소 가스 발생제 병합처리에 의한 미생물 저해 효과는 효모 및 곰팡이보다 총 호기성 세균에 더 높게 작용한 것으로 판단된다.

저장 중 파프리카의 부패율과 관련해서 처리구 모두 저장 5일까지는 부패가 일어나지 않았으나 저장 10일차부터 대조구에서 부패가 발생하기 시작하였으며, 저장 30일 후에는 69% 이상의 부패율을 보였다(Fig. 3). 대조구와는 다르게 이산화염소 가스 병합처리구의 경우에는 저장 20일까지 부패가 발생하지 않았으며, 저장 30일 후에도 단지 19%의 부패율을 나타내었다. 이러한 결과는 저장 중 미생물 수 변화

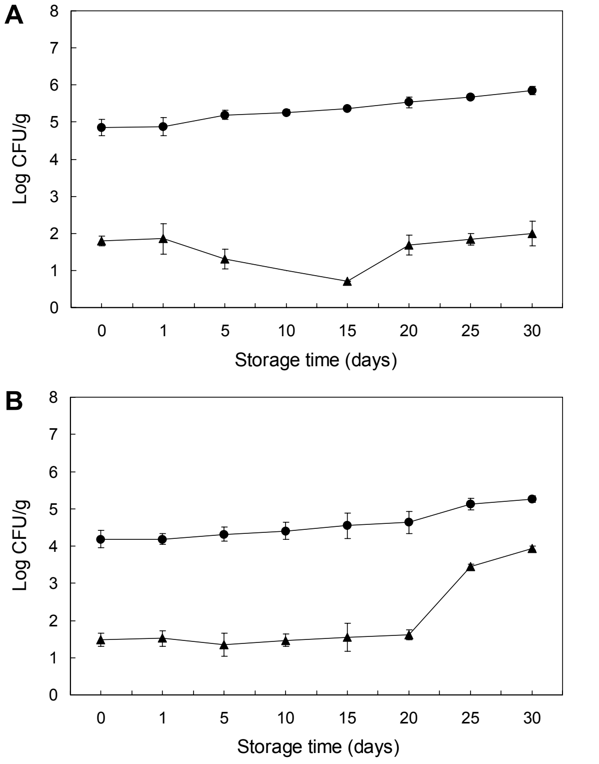

Fig. 2. Change in the populations of total aerobic bacteria (A) and yeast and molds (B) in paprika samples during storage at 8°C and 90% relative humidity. ●: Control, ▲: High ClO_2 gas+low ClO_2 gas sticks. The bars represent standard deviation.

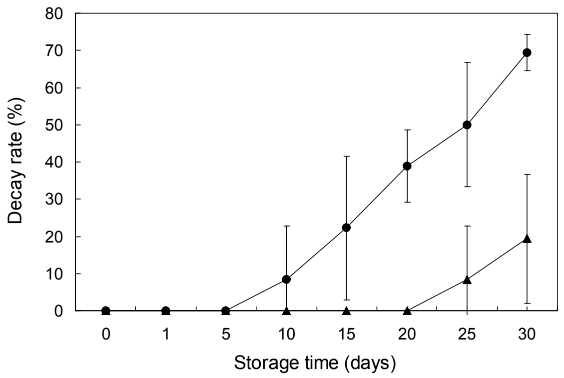

Fig. 3. Change in the decay rate of paprika samples during storage at 8°C and 90% relative humidity. ●: Control, ▲: High ClO_2 gas+low ClO_2 gas sticks. The bars represent standard deviation.

결과와 부합하는 결과로, Lee와 Kwak(9)의 연구에 따르면 파프리카의 저장 중 부패 발생은 세균과 곰팡이가 모두 관여하는 현상으로 곰팡이에 의해 일차적으로 부패가 시작되고, 세균이 이차적으로 부패를 가속한다고 보고한 바 있다. 본 연구에서도 총 호기성 세균과 비교하여 이산화염소 가스 병합처리구의 효모와 곰팡이 수가 저장 25일부터 더 많이 증가하는 경향을 보였으며, 이로 인해 부패가 발생하기 시작한 것으로 생각한다. 그러나 본 연구에서 서방형 이산화염소 가스 발생제 병합처리를 통해 저장 20일까지는 미생물 성장이 제어되어 대조구와는 다르게 부패가 전혀 발생하지 않았기에, 파프리카의 병합처리에 의한 최적 저장 기간은 20일이라고 판단된다.

파프리카의 품질 변화

이산화염소 가스 병합처리에 따른 저장 기간 중 파프리카의 품질 변화를 분석하였다(Table 1). 중량감소율을 제외한 비타민 C 함량 및 경도는 저장 30일까지 대조구와 처리구 사이에 차이가 발생하지 않았는데, 이러한 결과는 Kang 등(4)의 선행 연구 결과와 동일한 결과로 지속적인 서방형 저농도 이산화염소 가스 병합처리 또한 저장 중 파프리카의 품질에 부정적인 영향을 미치지 않는다고 생각된다. 비타민 C 함량은 저장 초기 약 129 mg ascorbic acid equivalent (AAE)/100 g에서 저장 10일까지 대략 11 mg AAE/100 g 증가하여 약 140 mg AAE/100 g의 수치를 보였다가 저장 20일부터는 다시 감소하여 저장 30일에 약 131 mg AAE/100 g으로 측정되었다. 경도의 경우에도 저장 초기에 약 92 N에서 저장 중 증가하기 시작해 저장 10일차에는 109 N으로 측정되었으며, 이후 저장 30일까지는 감소하여 최종적으로 약 89 N으로 측정되었다. 이는 기존 Kang 등(4)의 연구와는 다른 결과로, 본 연구에서의 파프리카 저장조건 중 상대습도가 기존 연구의 60%가 아닌 90%인 차이와 또한 실험에 사용된 파프리카 시료의 숙성도 차이에 의한 것으로 생각한다.

이산화염소 가스 병합처리에 의한 파프리카의 저장 중 중량감소율은 저장 기간 대조구보다 병합처리구가 낮은 수치를 유지하여 Kang 등(4)의 이전 연구 결과와 유사한 경향을 나타내었으나 경향에 있어 다소 차이를 보였다. Kang 등(4)의 연구에서는 대조구와 처리구 모두 저장 5일까지 동일한 중량감소율을 보이다가 저장 10일 후부터 차이가 발생하기 시작하였다고 보고한 반면, 본 연구에서는 저장 초기부터 차이가 나타났고 저장 10일 후에는 약 0.5%의 차이를 보였으며, 저장 20일부터는 약 1%의 차이가 발생하여 저장 30일 후에는 병합처리구와 대조구가 각각 5.71, 6.71%였다(Table 1). 이러한 결과는 병합처리를 위해 사용한 서방형 발생제로부터 지속적인 이산화염소 가스 처리 효과가 발생하여 파프리카의 호흡률이 저장 초기부터 낮아졌기 때문이라고 생각된다(10). 따라서 본 연구에서 적용된 이산화염소 가스 병합처리는 단일처리보다 저장 중 지속적인 호흡 억제를 통해 중량감소를 낮출 수 있는 효과적인 처리 기술이라고 판단된다.

저장 중 파프리카의 색도 변화와 관련해서 대조구와 이산화염소 가스 병합처리구 사이의 Hunter L, a, b 값은 차이를

Table 1. Quality change of paprika during storage at 8°C and 90% relative humidity

Quality parameter	Treatment[1)]	Storage times (days)				
		0	5	10	20	30
Vitamin C content (mg AAE/100 g)	Control	129.86±2.38[Ac2)]	132.14±0.81[Abc]	138.04±2.08[Aa]	133.70±1.55[Ab]	130.52±1.68[Ac]
	Combined treatment	128.64±1.58[Ac]	133.77±1.77[Ab]	140.44±1.03[Aa]	134.02±0.75[Ab]	131.03±4.23[Abc]
Hardness (N)	Control	92.56±7.38[Ab]	104.29±7.32[Aa]	109.27±9.54[Aa]	94.56±7.00[Ab]	88.33±7.07[Ab]
	Combined treatment	92.42±6.29[Ab]	103.54±8.57[Aa]	108.73±9.44[Aa]	95.29±7.82[Ab]	89.04±5.58[Ab]
Weight loss (%)	Control	–	2.19±0.20[Ad]	3.00±0.23[Ac]	5.16±0.48[Ab]	6.71±0.48[Aa]
	Combined treatment	–	1.48±0.25[Bd]	2.54±0.24[Bc]	4.20±0.47[Bb]	5.71±0.63[Ba]

1)Control, no treatment; Combined treatment, 75 ppmv chlorine dioxide gas+low-concentration ClO_2 gas sticks.
2)Means with different letters in each column (A,B) or row (a-d) are significantly (P<0.05) different.

Table 2. Hunter color values of paprika during storage at 8°C and 90% relative humidity

Hunter color value	Treatment[1)]	Storage times (days)				
		0	5	10	20	30
L	Control	28.49±0.69[A2)]	28.54±0.45[A]	28.53±0.30[A]	28.52±0.64[A]	28.54±0.54[A]
	Combined treatment	28.65±0.65[A]	28.54±0.73[A]	28.54±0.78[A]	28.55±0.38[A]	28.59±0.72[A]
a	Control	15.33±3.56[A]	21.82±3.18[A]	22.10±3.75[A]	21.47±2.18[A]	21.05±1.33[A]
	Combined treatment	15.62±3.56[A]	22.57±3.58[A]	22.69±2.93[A]	22.52±0.75[A]	22.40±0.65[A]
b	Control	9.26±1.32[A]	10.57±0.59[A]	10.47±0.83[A]	10.54±0.48[A]	10.51±0.77[A]
	Combined treatment	9.05±1.28[A]	10.45±0.71[A]	10.43±1.12[A]	10.47±0.50[A]	10.50±0.55[A]

1)Control, no treatment; Combined treatment, 75 ppmv chlorine dioxide gas+low-concentration ClO_2 gas sticks.
2)Means with same letters in each column (A) are not significantly (P<0.05) different.

Table 3. Sensory parameters of paprika during storage at 8°C and 90% relative humidity

Sensory parameter	Treatment[1)]	Storage times (days)				
		0	5	10	15	20
Color	Control	9.00±0.00[Aa2)]	9.00±0.00[Aa]	8.80±0.40[Ab]	8.37±0.52[Ac]	–
	Combined treatment	9.00±0.00[Aa]	9.00±0.00[Aa]	8.95±0.21[Aa]	8.38±0.49[Ab]	8.15±0.36[c]
Firmness	Control	9.00±0.00[Aa]	8.98±0.16[Aa]	8.60±0.49[Bb]	7.42±0.77[Bc]	–
	Combined treatment	9.00±0.00[Aa]	9.00±0.00[Aa]	8.85±0.36[Aa]	8.23±0.84[Ab]	7.65±0.98[c]
Freshness	Control	9.00±0.00[Aa]	9.00±0.00[Aa]	8.81±0.39[Bb]	8.01±0.52[Bc]	–
	Combined treatment	9.00±0.00[Aa]	9.00±0.00[Aa]	9.00±0.00[Aa]	8.23±0.70[Ab]	6.95±0.91[c]
Overall acceptability	Control	9.00±0.00[Aa]	9.00±0.00[Aa]	8.78±0.41[Bb]	6.95±1.22[Bc]	–
	Combined treatment	9.00±0.00[Aa]	9.00±0.00[Aa]	8.97±0.17[Aa]	7.97±0.17[Ab]	7.38±0.49[c]

[1)]Control, no treatment; Combined treatment, 75 ppmv chlorine dioxide gas+low-concentration ClO_2 gas sticks.
[2)]Means with different letters in each column (A,B) or row (a-c) are significantly (P<0.05) different.

보이지 않았다(Table 2). Kang 등(4)의 선행 연구 결과에서도 이산화염소 가스 단일처리에 따른 파프리카의 색도 변화는 발생하지 않았다. 또한, 병합처리에 따른 저장 중 파프리카의 관능적 품질 변화를 평가한 결과(Table 3), 저장 초기 관능점수는 모든 평가 항목에서 큰 차이를 보이지 않았지만, 저장 10일부터는 차이가 나타나기 시작하였다. 저장 15일 후 이산화염소 가스 병합처리구의 색, 조직감, 신선도 및 종합적 기호도 항목의 관능점수는 각각 8.38, 8.23, 8.23, 7.97로 대조구의 8.37, 7.42, 8.01, 6.95와 비교하여 색도에서는 차이가 없었지만 모든 관능 지표상에서 이산화염소 가스 병합처리구가 대조구보다 관능적 품질이 더 우수한 것으로 나타났다. 특히 대조구의 경우 저장 20일차부터 약 40%의 부패가 발생하여 관능평가를 수행할 수 없었다. 반면, 이산화염소 가스 병합처리구는 저장 20일까지도 부패가 발생하지 않았고, 또한 모든 관능평가 항목에서 약 7~8점 이상의 높은 점수를 나타냄으로써 이산화염소 가스 병합처리를 하지 않은 대조구에 비해 저장 중 파프리카의 관능적 품질을 유지하였다.

요 약

이전 연구에서 이산화염소 가스 훈증처리가 수확 후 파프리카의 미생물학적 안전성을 향상할 수 있다고 보고한 바 있다. 이에 관한 후속 연구로써 본 연구에서는 파프리카의 장기 저장성 확보를 목적으로 저장 중 품질 유지와 부패 감소를 위해 고농도 이산화염소 가스 처리된 파프리카를 8±1 °C, 상대습도 90%의 조건에서 저장하면서 저농도 서방형 이산화염소 가스 발생제(팜이톡, 3 ppmv)를 이용한 추가적인 병합처리를 수행하였다. 저장 초기 이산화염소 가스 병합처리구의 총 호기성 세균은 대조구와 비교하여 3.04 log CFU/g의 감소를 했고, 효모와 곰팡이는 2.70 log CFU/g의 감소를 나타내었으며, 이러한 이산화염소 가스 병합처리의 미생물 저감 효과는 저농도 서방형 이산화염소 가스 발생제 처리로 저장 기간 유지되었다. 특히, 부패율에서 병합처리구가 대조구보다 유의적으로 낮았다. 파프리카의 품질 변화 지표(비타민 C 함량, 경도, 색도)와 관련하여 이산화염소 가스 병합처리구와 대조구 모두 저장 기간 차이를 나타내지 않았으나, 저장 중 중량감소율은 병합처리구가 대조구보다 낮은 수준을 유지하였다. 따라서 본 연구 결과, 수확 후 파프리카에 두 가지 형태의 이산화염소 가스를 병합처리 하는 것이 단일처리보다 저장과 유통과정 중 파프리카의 품질을 유지하면서 부패율을 낮출 수 있는 더 효과적인 처리 방법이라고 판단된다.

감사의 글

본 연구는 농림수산식품기술기획평가원(project, 114094-2)의 지원에 의해 수행되었습니다.

REFERENCES

1. Park HW, Kim SH, Lee SA. 2011. Freshness of paprika packed with PLA films. *Korean J Packag Sci Technol* 17: 7-11.
2. Kim HE, Hwang MR, Eom JH, Choi HG, Kang NJ. 2014. Effects of methyl jasmonate on shelf life of paprika. *J Agric Life Sci* 48: 19-25.
3. Choi IL, Yoo TJ, Kim IS, Lee YB, Kang HM. 2011. Effect of non-perforated breathable films on the quality and shelf life of paprika during MA storage in simulated long distance export condition. *J Bio-Environ Control* 20: 150-155.
4. Kang JH, Park SM, Kim HG, Son HJ, Song KJ, Cho MA, 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.
5. Choi IL, Lee YB, Kim IS, Kang HM. 2012. A comparison of the storability in MA storage and the quality of paprika fruit among cultivars. *J Bio-Environ Control* 21: 252-260.
6. Hong HJ, Kim AJ, Park HR, Shin JK. 2013. Changes in physicochemical properties of paprika by intense pulsed light treatment. *Korean J Food Sci Technol* 45: 339-344.
7. Park SH, Kang DH. 2015. Antimicrobial effect of chlorine dioxide gas against foodborne pathogens under differing conditions of relative humidity. *LWT－Food Sci Technol* 60: 186-191.
8. Gómez-López VM, Rajkovic A, Ragaert P, Smigic N, Devlieghere F. 2009. Chlorine dioxide for minimally processed

produce preservation: a review. *Trends Food Sci Tech* 20: 17-26.

9. Lee JH, Kwak YS. 2013. The microflora and pathogenicity investigation related paprika postharvest disease. *J Agric Life Sci* 47: 55-60.

10. 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.