

## 서방형 이산화염소 가스 젤팩을 이용한 딸기저장 중 주요 성분 및 항산화 활성의 변화

<sup>†</sup>이경행 · 윤예지 · 이 봄 · 봉소정 · 김현경\* · 곽일환\* · 김홍길\*\*  
한국교통대학교 식품영양학전공, \*서원대학교 식품공학과, \*\*세진이엔피(주)

### Changes in the Chemical Components and Antioxidant Activity of Strawberry by Slow-released ClO<sub>2</sub> Gas Gel-Pack during Storage

<sup>†</sup>Kyung-Haeng Lee, Ye-Ji Yoon, Bom Lee, So-Jung Bong, Hyun-Kyoung Kim\*,  
Il-Hwan Kwak\*\* and Hong-Gil Kim\*\*

*Dept. of Food and Nutrition, Korea National University of Transportation, Chungbuk 27909, Korea*

*\*Dept. of Food Science and Engineering, Seowon University, Chungbuk 28674, Korea*

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

#### Abstract

To increase the shelf-life of strawberry, samples were treated with two gel packs containing slow-released chlorine dioxide (ClO<sub>2</sub>) gas at 3~5 ppm for 6 days at room temperature and the changes in the major chemical components (ascorbic acid, polyphenols, flavonoids and anthocyanin) contents and antioxidative activities (DPPH, ABTS radical scavenging and metal chelating activity) were investigated. The content of ascorbic acid of control was 40.38 mg% and contained 35.67~44.75 mg% during 6 days. There was no tendency to increase or decrease during storage period. The contents of ascorbic acid of control and 3~5 ppm ClO<sub>2</sub> gas treated samples were not significantly different during storage period. The content of polyphenol compounds of initial stage was 111.23 mg% and contained 117.78~132.40 mg% during 6 days. The contents of polyphenol compounds of 3~5 ppm ClO<sub>2</sub> gas treated samples were 103.51~130.25 mg%. There were no significant different between them during storage. The flavonoids and anthocyanin contents were not different from the control during storage period regardless of 3~5 ppm ClO<sub>2</sub> gas treatment. Furthermore, antioxidative activities were not different among the control and ClO<sub>2</sub> gas treatments during storage.

Key words: slow-release preparation, chlorine dioxide gas, strawberry, gel pack, chemical component, antioxidative activity

#### 서 론

딸기(*Fragaria ananassa* Duch.)는 장미과(Rosaceae)에 속하는 다년초로서 향기와 색상이 우수하며, 신맛과 단맛이 조화가 잘 되어 있고, 독특한 향기를 갖고 있는 과채류이다(Lee 등 2003).

딸기에는 anthocyanins, monomere flavan-3-oles, hydroxybenzoic acid 유도체, hydroxycinnamic acid 유도체, tannins, fla-

vonols, procyanidins 등과 같은 다양한 phytochemical들을 함유하고 있으며, 이러한 물질들에 의해 항산화, 암 발현 억제, 세포증식 억제 등의 생물활성을 가진다고 알려져 있다(Sun 등 2002).

딸기의 품질유지 기간은 최적 저장조건인 0°C, 90~95%의 상대습도에서 3~7일 정도이고, 상온에서는 1~2일로 매우 짧은 편으로, 수확 후 선별, 저장 및 유통 중 부패 미생물 발생과 물리적 손상 및 조직의 연화 등을 초래한다. 또한, 활발한

<sup>†</sup> Corresponding author: Kyung-Haeng Lee, Dept. 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

호흡작용 및 지나친 증산작용으로 표피 건조, 무게 감소, 그리고 과숙으로 인한 변색 등이 일어나, 상품성 손실에 영향을 주는 등 외관의 품질 저하를 가져온다(Park 등 2012).

딸기 신선도 유지를 위한 전처리 방법으로는 예냉처리(Perez 등 1998), MAP 포장(Nielsen & Leufven 2008), 산소흡착제(Aday & Caner 2013) 및 항균성 포장(Lim 등 2010) 등 여러 가지 방법에 의해 딸기의 저장성 증진에 관한 연구를 수행하여 왔다. 그러나 아직까지는 딸기 저장성 향상을 위한 이들 방법의 활용은 잘 이루어지고 있지는 않는 편이다.

한편, 미생물 제어방법 중 하나인 이산화염소( $\text{ClO}_2$ )는 염소보다 수용성이 10배나 높고, 유기물과 반응성도 약하고, 반응부산물도 적으며, 살균력도 뛰어나 FDA(Food and Drug Administration)에서는 1995년에 과채류 등 식품에 5~450 ppm으로 허용하고 있다(Lee 등 2007).

전보(Lee 등 2017)에서는 딸기의 저장성 증진을 위하여 딸기 용기 내에 3~7 ppm의 서방형 이산화염소 가스 젤팩을 넣고 저장하면서 저장기간에 따른 이화학적 품질변화를 측정 한 결과, 대조군보다 낮은 부패율과 중량 변화를 보였으며, 이산화염소 가스 젤팩을 처리한 딸기가 높은 정도의 결과를 보였고, 기호도의 변화에서는 외관, 경도 및 종합적 기호도에서는 저장기간 중 3 및 5 ppm 이산화염소 처리군이 대조군과 7 ppm 이산화염소 가스 처리군이 높은 기호도를 보였다.

따라서 본 연구에서는 3~5 ppm의 서방형의 이산화염소 가스 젤팩 2개를 딸기 용기 내에 넣고 저장하면서 저장기간 중 딸기의 주요 화학성분들과 항산화 활성의 변화를 측정하였다.

## 재료 및 방법

### 1. 재료

본 실험에 사용한 딸기 품종은 ‘설향’으로 세종시 농가에서 2017년 3월에 수확한 것 중 외관상 상처가 없고, 색상, 사이즈 및 형태 등이 유사한 것을 선별하여 실험에 사용하였다.

### 2. 이산화염소 가스 처리

딸기에의 이산화염소 가스 처리는 전보(Lee 등 2017)와 동일한 방법으로 제조된 것을 사용하였으며, 전보의 결과를 토대로 농도를 3, 4 및 5 ppm으로 하였다.

각 농도의 이산화염소 가스 처리군은 각각의 처리군별로 24개의 딸기를 6개의 군으로 하여 500 g 용량의 polyethylene 용기(18×13×7.5 cm, Bukwang Chemical Co., Geumsangun, Korea)에 각 농도의 이산화염소 가스 젤팩을 2개씩 딸기 위에 넣었으며, 실온에서 6일 동안 저장하면서 실험에 사용하였고, 이산화염소 가스 젤팩을 첨가하지 않은 실험군을 대조군으로

하여 저장하면서 실험에 사용하였다.

### 3. Ascorbic acid 함량 변화

저장과정 중 쉽게 산화될 수 있는 ascorbic acid가 서방형의 이산화염소 가스에 의해서도 쉽게 변화하는지와 저장 중 변화 정도를 확인하기 위하여 Park 등(2008)의 방법에 따라 측정하였다.

### 4. Polyphenol 화합물 함량

각 농도별 서방형 이산화염소 가스 젤팩을 첨가한 딸기 용기를 저장하면서 저장기간에 따른 딸기의 polyphenol 화합물의 함량 변화를 A.O.A.C.법(1995)에 따라 측정하였다.

### 5. Flavonoid 화합물의 함량

농도별 서방형 이산화염소 가스 젤팩을 첨가한 딸기를 저장하면서 저장기간에 따른 flavonoid의 함량을 Ko 등(2008)의 방법에 따라 측정하였다.

### 6. Anthocyanin 함량

각 농도별 서방형 이산화염소 가스 젤팩을 첨가한 딸기 용기를 저장하면서 저장기간에 따른 딸기의 anthocyanin의 변화는 Ferreyra 등(2007)의 방법에 따라 측정하였다. 즉, 마쇄한 딸기 5 g에 0.1% HCl-methanol 용액 10 mL를 첨가하여 혼합하고, 냉장고에서 2시간 반응시켰다. 반응 후 4,000 rpm으로 30분간 원심분리한 후 여과하여 520 nm에서 흡광도를 측정하였다. 총 안토시아닌의 함량은 Kam IS(2013)의 식에 의해 계산하였다.

### 7. 항산화 활성

이산화염소 가스 젤팩을 첨가한 딸기의 저장 중 항산화 활성 변화는 DPPH 전자공여능, ABTS 라디칼 소거능 및 금속이온 제거능을 이용하여 측정하였다. 시료는 균질기로 마쇄한 딸기 10 g을 채취하여 40 mL의 물을 첨가한 후 초음파세척기에서 1시간 동안 추출하고, 4,000 rpm으로 30분 동안 원심분리시킨 후 여과하여 여액을 시료로 사용하였다.

DPPH 전자공여능은 Blois MS(1958)의 방법을 이용하여 측정하였으며, ABTS radical 소거능은 Robert 등(1999)의 방법에 따라 측정하고, Kim 등(2009)의 방법에 따라 계산하였다. 금속이온 제거능의 경우에는 Yena 등(2002)의 방법을 이용하여 측정하였다.

### 8. 통계처리

본 시험에서 얻어진 결과는 SPSS 12.0(Statistical Package for Social Sciences, SPSS Inc., Chicago, IL, USA) program을

사용하여 각 실험군간의 유의성( $p<0.05$ )을 검증한 후 Duncan's multiple range test에 의해 실험군 간의 차이를 분석하였다.

## 결과 및 고찰

### 1. Ascorbic acid 함량 변화

저장과정 중 쉽게 산화될 수 있는 ascorbic acid가 서방형의 이산화염소 가스 및 저장기간에 따른 변화 정도를 알아보기 위해 측정된 결과는 Table 1과 같다.

딸기의 저장 초기 ascorbic acid의 함량은 40.38 mg%이었으며, 저장 중 변화는 대조군의 경우, 35.67~44.75 mg%로 저장기간 중 함량의 증가 또는 감소의 경향을 보이지는 않는 것으로 나타났다. 이산화염소 가스 젤팩 처리군은 농도별로 각각 30.21~45.61, 32.25~44.58 및 38.44~46.54 mg%로 대조군과 마찬가지로 저장기간에 따른 뚜렷한 변화를 보이지 않았으며, 대체적으로 처리군 간의 유의적인 차이를 보이지는 않는 것으로 나타났다.

Kang 등(2015)은 수출용 파프리카 생산을 위한 75 ppm의 이산화염소가스 훈증처리시 저장 초기에 대조군에 비하여 처리군의 ascorbic acid의 함량이 다소 적게 나타났는데, 이는 ascorbic acid가 강산화제인 이산화염소 가스 처리에 의해 대조군과 비교하여 감소하였다고 하였으나, 본 연구에서는 3~5 ppm의 서방형의 이산화염소 가스 젤팩을 사용하였으므로, 하

루에 방출되는 양이 적기 때문에 산화가 일어나지 않은 것으로 판단되었다. Jin-hua 등(2007)은 green bell pepper에 5~20 ppm의 이산화염소 가스를 처리하였을 때 10 ppm의 농도까지는 차이를 보이지 않았고, 그 이상 처리하였을 때 다소 감소하였으며 저장 40일 동안 서서히 감소하는데, 이산화염소 가스 처리군보다 대조군의 변화가 빠르다고 하여 본 결과와 비교해 보면, 본 실험에서 처리한 이산화염소 가스의 양이 적기 때문에 처리 후의 ascorbic acid의 함량 변화가 없는 것으로 보아, 유사한 결과를 나타내었으며, 저장 중 감소 유무는 실험 재료, 저장기간 및 온도 등의 차이에 의한 것으로 판단되었다.

### 2. Polyphenol 화합물 함량

서방형 이산화염소 가스 젤팩을 첨가한 딸기를 저장하면서 저장기간에 따른 polyphenol 화합물의 함량을 측정된 결과는 Table 2와 같다.

딸기의 polyphenol 화합물의 함량은 11.23 mg%였으며, 저장 중 변화는 대조군의 경우, 116.04~132.40 mg%로 저장기간 중 증가 또는 감소의 뚜렷한 경향을 보이지는 않는 것으로 나타나, 저장 중 딸기 내 polyphenol 화합물의 함량 변화는 크게 없는 것으로 나타났다. 이산화염소 가스 젤팩 처리군은 농도별로 각각 109.66~120.95, 107.51~125.11 및 103.44~130.25 mg%로 대조군과 마찬가지로 큰 차이를 보이지 않는 것으로

**Table 1. Changes in ascorbic acid contents of strawberry during storage 6 days after ClO<sub>2</sub> gas treatment**

(Unit: mg%)

Concentration of ClO <sub>2</sub> gas (ppm)	Storage period (day)					
	0	2	3	4	5	6
Control	40.38±5.87 <sup>aA1)</sup>	35.67±2.55 <sup>aA</sup>	40.58±6.34 <sup>aA</sup>	36.64±4.73 <sup>aB</sup>	38.53±3.54 <sup>aA</sup>	44.75±8.38 <sup>aA</sup>
3	40.38±5.87 <sup>aA</sup>	30.21±3.43 <sup>bA</sup>	45.61±5.55 <sup>aA</sup>	44.38±3.10 <sup>aA</sup>	36.13±6.32 <sup>abA</sup>	44.31±5.52 <sup>aA</sup>
4	40.38±5.87 <sup>abA</sup>	32.25±2.85 <sup>bA</sup>	43.65±0.64 <sup>aA</sup>	44.58±1.98 <sup>aA</sup>	35.76±6.20 <sup>abA</sup>	44.48±9.41 <sup>aA</sup>
5	40.38±5.87 <sup>aA</sup>	38.44±10.26 <sup>aA</sup>	46.54±3.58 <sup>aA</sup>	46.11±3.51 <sup>aA</sup>	40.25±2.41 <sup>aA</sup>	40.43±4.99 <sup>aA</sup>

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

**Table 2. Changes in polyphenols contents of strawberry during storage 6 days after ClO<sub>2</sub> gas treatment**

(Unit: mg%)

Concentration of ClO <sub>2</sub> gas (ppm)	Storage period (day)					
	0	2	3	4	5	6
Control	111.23±5.55 <sup>bA1)</sup>	117.78±10.92 <sup>abAB</sup>	125.18±3.37 <sup>abA</sup>	116.04±3.73 <sup>abA</sup>	124.76±5.32 <sup>abA</sup>	132.40±16.36 <sup>aA</sup>
3	111.23±5.55 <sup>aA</sup>	109.66±2.54 <sup>aAB</sup>	120.95±7.28 <sup>aAB</sup>	112.12±2.30 <sup>aA</sup>	118.97±5.39 <sup>aA</sup>	115.16±18.22 <sup>aA</sup>
4	111.23±5.55 <sup>bcA</sup>	107.51±5.06 <sup>cB</sup>	110.38±7.84 <sup>cBC</sup>	117.16±3.00 <sup>abcA</sup>	121.22±7.02 <sup>abA</sup>	125.11±2.54 <sup>aA</sup>
5	111.23±5.55 <sup>bcA</sup>	120.43±3.34 <sup>abA</sup>	103.44±3.28 <sup>cC</sup>	115.56±6.21 <sup>abcA</sup>	120.19±11.56 <sup>abA</sup>	130.25±12.73 <sup>aA</sup>

<sup>1)</sup> Values with different superscripts within a row (<sup>a-c</sup>) and a column (<sup>A-C</sup>) were significantly different ( $p<0.05$ ).

나타나, 이산화염소 가스에 의한 polyphenol 화합물의 변화는 없는 것으로 사료되었다.

Kang 등(2015)은 파프리카 저장 중 75 ppm의 이산화염소 가스로 훈증 처리하였을 때 총 페놀의 함량은 처리군에 상관 없이 차이를 보이지 않았으며, 이러한 경향은 저장 30일 동안 유지되었다고 하여, 본 결과와 비교해 보면, 본 실험에 사용한 양보다는 많은 양이지만 동일한 결과를 보여 실험에 사용한 이산화염소 가스는 polyphenol 화합물의 변화를 일으키지 않는 것으로 판단되었다.

Choi 등(2013)은 딸기의 성숙도, 저장온도, 저장기간에 따른 polyphenol 화합물의 함량을 측정된 결과, ‘설향’ 품종의 경우, 저장 5일까지는 유의적인 차이는 없지만 그 후에는 다소 감소한다고 하여, 본 실험에서의 저장 6일까지의 결과와 큰 차이를 보이지 않는 것으로 판단되었으며, 딸기의 polyphenol 화합물의 함량은 품종, 수확시기와 저장온도 및 저장 기간에 따라 약간의 차이는 있는 것으로 사료되었다.

### 3. Flavonoid 화합물의 함량

서방형 이산화염소가스 젤팩을 첨가한 딸기를 저장하면서 저장기간에 따른 flavonoid 화합물의 함량을 측정된 결과는 Table 3과 같다.

딸기의 flavonoid 화합물의 함량은 12.59 mg%였으며, 저장 중 변화는 저장일별로 12.88, 14.55, 14.65, 15.13 및 14.32 mg%로 수확직후보다는 다소 증가하는 경향을 보였으나, 저장기간에 따른 차이라기보다는 실험일에 채취한 시료 개체 간의 차이일 뿐 큰 차이는 아닌 것으로 판단되었다.

이산화염소가스 젤팩 처리군의 경우에는 처리농도 별 각각 13.46~15.97, 11.23~14.48 및 12.56~14.46 mg%로 대조군 및 이산화염소 젤팩 처리군간에 저장기간 내내 유사한 함량을 함유하는 것으로 나타나, 이산화염소 가스에 의한 flavonoid 함량의 변화를 가져오지는 않는 것으로 판단되었다.

Jeong HJ(2010)는 네 품종의 딸기를 성숙 단계별로 하여 flavonoid 함량을 측정된 결과, 성숙이 진행되면서 함량이 증가하였으나, 과숙시기에 증가하는 품종도 있고 감소하는 품

종도 있다고 하였으며, Lim 등(2016)은 딸기 품종 중 ‘설향’은 미숙과와 완숙과의 flavonoid 화합물의 함량은 통계적으로 유의적인 차이를 보이지 않았다고 하여, 저장 중에는 flavonoid 함량의 변화가 크지 않아 본 결과와 유사한 경향인 것으로 판단되었다. 그러나 ‘장희’ 품종에서는 미숙과가 완숙과에 비하여 flavonoid 함량이 약간 높았다고 하여, 품종, 재배 시기, 재배 지역, 수확시기 및 저장 온도 등에 따라 함량의 차이가 있는 것으로 사료되었다. 그러나 이산화염소 가스를 이용한 과채류 저장 시 flavonoid 함량 변화를 측정된 연구는 찾아볼 수 없었다.

### 4. Anthocyanin 함량

서방형의 이산화염소가스 젤팩을 첨가한 딸기를 저장하면서 anthocyanin의 함량 변화를 측정된 결과는 Table 4와 같다.

딸기의 anthocyanin 함량은 16.44 mg%였으며, 저장 중 변화는 대조군의 경우, 12.31~18.92 mg%로 저장 중 약간 증가하다가 저장 6일차에는 감소하는 경향이었는데, 이는 실험에 사용한 시료 개체 간 차이로 수확직후와 저장 6일 동안의 큰 차이를 보이지는 않는 것으로 판단되었다.

이산화염소가스 젤팩 처리군의 경우에는 농도별로 각각 13.60~16.44, 12.73~17.91 및 12.36~19.35 mg%로 대조군 및 처리농도 간 저장 중 큰 차이를 보이지는 않는 것으로 판단되었다.

Lim 등(2016)은 미숙과보다는 착색이 완료된 성숙과일 때 anthocyanin의 함량이 높다고 하여 본 결과와 비교하여 볼 때, 본 연구에 사용한 딸기는 성숙된 딸기를 사용하였기 때문에 저장 중 큰 차이를 보이지 않는 것으로 사료되었다. Choi 등(2013)은 딸기 품종의 성숙도, 저장온도 및 저장기간에 따른 anthocyanin의 함량을 측정된 결과, 미숙과에서는 저장 중 증가하는 경향을 보여 anthocyanin의 함량은 성숙됨에 따라 증가하지만, 완숙과에서는 온도 및 품종에 따라 다르다고 하였다.

### 5. 항산화 활성

서방형의 이산화염소가스 젤팩을 첨가한 딸기를 저장하면

Table 3. Changes in flavonoids contents of strawberry during storage 6 days after ClO<sub>2</sub> gas treatment

(Unit: mg%)

Concentration of ClO <sub>2</sub> gas (ppm)	Storage period (day)					
	0	2	3	4	5	6
Control	12.59±0.42 <sup>cA1)</sup>	12.88±0.60 <sup>bcA</sup>	14.55±1.07 <sup>abA</sup>	14.65±1.43 <sup>aAB</sup>	15.13±0.82 <sup>aA</sup>	14.32±0.70 <sup>abA</sup>
3	12.59±0.42 <sup>bA</sup>	14.04±1.08 <sup>abA</sup>	14.79±0.3 <sup>abA</sup>	15.97±1.22 <sup>aA</sup>	14.01±0.72 <sup>abAB</sup>	13.46±2.48 <sup>bA</sup>
4	12.59±0.42 <sup>bcA</sup>	13.00±0.78 <sup>abA</sup>	13.59±0.87 <sup>abAB</sup>	14.29±0.60 <sup>aAB</sup>	11.23±0.56 <sup>cC</sup>	14.48±1.52 <sup>aA</sup>
5	12.59±0.42 <sup>bA</sup>	14.10±1.19 <sup>abA</sup>	12.56±0.58 <sup>bbB</sup>	13.67±0.70 <sup>abB</sup>	12.63±1.67 <sup>bbBC</sup>	14.46±0.58 <sup>aA</sup>

1) Values with different superscripts within a row (<sup>a-c</sup>) and a column (<sup>A-C</sup>) were significantly different ( $p < 0.05$ ).

**Table 4. Changes in anthocyanin contents of strawberry during storage 6 days after ClO<sub>2</sub> gas treatment**

(Unit: mg%)

Concentration of ClO <sub>2</sub> gas (ppm)	Storage period (day)					
	0	2	3	4	5	6
Control	16.44±1.50 <sup>abA1)</sup>	15.53±2.14 <sup>abAB</sup>	16.46±2.86 <sup>aA</sup>	18.92±1.91 <sup>aA</sup>	18.39±2.02 <sup>aA</sup>	12.31±1.43 <sup>bB</sup>
3	16.44±1.50 <sup>aA</sup>	16.29±0.67 <sup>aAB</sup>	13.60±3.15 <sup>aA</sup>	14.03±3.10 <sup>aA</sup>	16.37±5.25 <sup>aA</sup>	16.20±3.30 <sup>aAB</sup>
4	16.44±1.50 <sup>aA</sup>	17.91±2.59 <sup>aA</sup>	16.21±3.13 <sup>aA</sup>	16.51±4.81 <sup>aA</sup>	12.73±4.93 <sup>aA</sup>	15.05±5.02 <sup>aAB</sup>
5	16.44±1.50 <sup>abA</sup>	12.50±3.28 <sup>bB</sup>	17.66±2.69 <sup>abA</sup>	19.24±1.72 <sup>aA</sup>	12.36±5.40 <sup>bA</sup>	19.35±2.48 <sup>aA</sup>

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

서 DPPH 전자공여능, ABTS 라디칼 소거능 및 금속이온 제거능을 측정된 결과는 Table 5와 같다.

DPPH 전자공여능의 경우, 대조군은 66.01%에서 저장 4일차를 제외하고는 대체적으로 서서히 감소하는 경향을 보였다. 이산화염소 가스 젤팩을 처리한 실험군의 경우도 3 및 4 ppm 처리군은 저장 5일차에, 5 ppm 처리군은 대조군과 마찬가지로 저장 4일차에 가장 높은 값을 보였고, 그 후에는 서서히 감소하는 경향을 나타내었으며, 대체적으로 이산화염소 가스처리에 의한 DPPH 전자공여능의 차이는 없는 것으로 판단되었다. Jeong HJ(2010)는 성숙 정도별로 전자공여능의 차이는 크지 않았으나, 성숙이 진행될수록 미세하게 감소하는 경향을 보인다고 하여 본 결과와 유사한 경향인 것으로 판단되었다.

ABTS 라디칼 소거능에서는 대조군의 경우, 초기에는 98.43%이었으며, 저장 중에는 97.80~98.50%로 큰 증가 또는 감소의 경향을 보이지 않는 것으로 나타나, ABTS 라디칼 소거능

은 저장 중 큰 변화를 보이지 않는 것으로 나타났다. 이산화염소가스 젤팩 처리군의 경우, 농도별로 각각 97.89~98.18, 97.98~98.39 및 97.88~98.33%로 대조군과 비교하여 큰 차이를 보이지 않아, 이산화염소 가스 처리 및 저장 중 변화는 없는 것으로 나타났다.

금속이온 제거능의 경우, 딸기의 금속이온 제거능은 11.28%로 높지는 않았으며, 5 ppm의 저장 6일차 결과를 제외하고는 모든 실험군에서 유의적인 차이를 보이지는 않는 것으로 나타나, 딸기에의 이산화염소 가스 처리 및 저장 중 금속이온 제거능의 변화는 크게 없는 것으로 판단되었다.

Chomkitichai 등(2014)은 'Daw' 품종의 용안의 저장성 향상을 위하여 10 mg/L의 이산화염소 가스를 10분 동안 훈증처리하고, DPPH 전자공여능, ABTS 라디칼 소거능 및 금속이온 제거능을 측정된 결과, 저장 중 대조군 및 이산화염소 가스 처리군 모두 서서히 감소하지만, 저장기간 내내 대조군에 비해 높은 항산화활성을 보였다고 하여 본 결과와 비교해 보

**Table 5. Changes in antioxidant activities of strawberry during storage 6 days after ClO<sub>2</sub> gas treatment**

	Concentration of ClO <sub>2</sub> gas (ppm)	Storage period (day)					
		0	2	3	4	5	6
DPPH radical scavenging activity (%)	Control	66.01±1.66 <sup>abA1)</sup>	62.85±1.52 <sup>bA</sup>	56.80±4.09 <sup>cA</sup>	69.48±2.45 <sup>aA</sup>	64.14±2.27 <sup>bB</sup>	60.92±3.40 <sup>bcA</sup>
	3	66.01±1.66 <sup>aA</sup>	63.06±3.60 <sup>abA</sup>	52.75±8.93 <sup>cA</sup>	66.67±1.44 <sup>aA</sup>	70.75±2.08 <sup>aA</sup>	56.81±5.35 <sup>bcA</sup>
	4	66.01±1.66 <sup>aA</sup>	61.23±5.08 <sup>aA</sup>	59.73±3.33 <sup>aA</sup>	62.78±8.59 <sup>aA</sup>	67.48±3.38 <sup>aAB</sup>	60.54±3.07 <sup>aA</sup>
	5	66.01±1.66 <sup>abA</sup>	52.94±4.43 <sup>cB</sup>	60.52±1.79 <sup>bA</sup>	68.30±5.59 <sup>aA</sup>	66.68±1.02 <sup>aAB</sup>	62.76±1.93 <sup>abA</sup>
	Control	98.43±0.12 <sup>abA</sup>	98.50±0.23 <sup>aA</sup>	97.80±0.13 <sup>cB</sup>	98.17±0.16 <sup>cabcA</sup>	98.05±0.11 <sup>abcA</sup>	97.97±0.59 <sup>bcA</sup>
ABTS radical scavenging activity (%)	3	98.43±0.12 <sup>abA</sup>	98.47±0.12 <sup>aA</sup>	97.89±0.28 <sup>cAB</sup>	98.18±0.11 <sup>abcA</sup>	98.00±0.12 <sup>cA</sup>	98.10±0.29 <sup>bcA</sup>
	4	98.43±0.12 <sup>aA</sup>	98.39±0.19 <sup>aA</sup>	98.12±0.24 <sup>abAB</sup>	98.32±0.21 <sup>abA</sup>	98.10±0.12 <sup>abA</sup>	97.98±0.27 <sup>bA</sup>
	5	98.43±0.12 <sup>aA</sup>	98.27±0.13 <sup>aA</sup>	98.22±0.10 <sup>aA</sup>	98.33±0.10 <sup>aA</sup>	97.90±0.19 <sup>aA</sup>	97.88±0.10 <sup>aA</sup>
	Control	11.28±2.08 <sup>aA</sup>	12.43±0.43 <sup>aA</sup>	13.56±0.72 <sup>aA</sup>	11.81±0.70 <sup>aA</sup>	11.92±1.52 <sup>aA</sup>	11.33±2.46 <sup>aB</sup>
	3	11.28±2.08 <sup>aA</sup>	13.23±1.17 <sup>aA</sup>	10.68±1.65 <sup>aA</sup>	13.41±0.74 <sup>aA</sup>	13.23±0.58 <sup>aA</sup>	13.33±1.54 <sup>aAB</sup>
Metal chelating activity (%)	4	11.28±2.08 <sup>aA</sup>	11.85±1.19 <sup>aA</sup>	13.96±4.17 <sup>aA</sup>	9.58±6.16 <sup>aA</sup>	10.45±1.63 <sup>aA</sup>	14.42±2.85 <sup>aAB</sup>
	5	11.28±2.08 <sup>aA</sup>	12.19±0.70 <sup>aA</sup>	14.89±6.18 <sup>aA</sup>	10.16±1.24 <sup>aA</sup>	12.37±5.69 <sup>aA</sup>	16.50±2.45 <sup>aA</sup>

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

면, 시료 및 처리 방법에서의 차이는 있지만 실험에 사용한 이산화염소 가스가 항산화 활성의 변화를 주지는 않는 것으로 판단되었다.

이상의 결과를 종합하여 보면 딸기 저장성 향상을 위하여 서방형의 이산화염소 가스 젤팩을 이용할 경우, 부패율, 경도 및 기호도의 변화가 적지만(Lee 등 2017), ascorbic acid를 비롯한 화학성분 및 항산화 활성의 변화는 보이지 않는 것으로 나타나, 딸기의 저장성 증진을 위하여 3~5 ppm의 서방형 이산화염소 가스 젤팩 첨가가 효과적일 것으로 판단되었다.

## 요약 및 결론

급속한 생리대사와 연약한 조직 특성을 갖는 딸기의 저장성 향상을 위하여 3~5 ppm의 이산화염소 가스가 지속적으로 용출되어지도록 제조한 서방형의 젤팩을 딸기 용기에 2개씩을 첨가한 후 실온에서 6일 동안 저장하면서 저장기간에 따른 ascorbic acid, polyphenol, flavonoid 화합물 및 anthocyanin의 함량과 DPPH 전자공여능, 금속이온 제거능 및 ABTS 라디칼 소거능 등의 항산화 활성이 변화하는지를 측정하였다. Ascorbic acid의 함량은 40.38 mg%였으며, 저장 중 변화는 35.67~44.75 mg%로 저장 중 증가 또는 감소의 경향보다는 시료간 차이로 나타났다. 3~5 ppm 이산화염소 가스 젤팩 처리군도 대조군과 마찬가지로 저장 중 처리농도에 의한 차이는 없는 것으로 나타났다. Polyphenol 화합물의 경우, 초기의 함량은 111.23 mg%였으며, 저장 중 함량은 117.78~132.40 mg%를 나타내었다. 이산화염소 가스 젤팩 처리군은 103.51~130.25 mg%로 저장 중 대조군과 각 처리군간 차이를 보이지 않았다. Flavonoid 화합물 및 anthocyanin의 함량에서도 대조군 및 이산화염소 가스 젤팩 처리군 모두 저장하는 동안 특정한 경향을 보이지 않고 차이가 없는 것으로 나타났다. 딸기의 DPPH 전자공여능, ABTS 라디칼 소거능 및 금속이온 제거능 등의 항산화 활성의 변화에서도 처리군 간 모두 큰 차이를 보이지 않아, 딸기 저장 시 3~5 ppm의 이산화염소 가스 젤팩 처리는 저장 중 주요 화학성분 및 항산화 활성의 변화가 없는 것으로 나타났다.

## 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

- A.O.A.C. 1995. Official Methods of Analysis 16th ed., Association of Official Analytical Chemist, Washington, D.C
- Aday MS, Caner C. 2013. The shelf life extension of fresh strawberries using an oxygen absorber in the biobased package. *LWT Food Sci Technol* 52:102-109
- Blois MS. 1958. Antioxidant activity determination by the use of a stable free radical. *Nature* 181:1199-1200
- Choi HG, Kang NJ, Moon BY, Kwon JK, Rho IR, Park KS, Lee SY. 2013. Changes in fruit quality and antioxidant activity depending on ripening levels, storage temperature, and storage periods in strawberry cultivars. *Kor J Hort Sci Technol* 31:194-202
- Chomkitichai W, Faiyue B, Rachtanapun P, Uthaitutra J, Saengnil K. 2014. Enhancement of the antioxidant defense system of post-harvested 'Daw' longan fruit by chlorine dioxide fumigation. *Sci Horti* 178:138-144
- Ferreira RM, Vina SZ, Mugridge A, Chaves AR. 2007. Growth and ripening season effects on antioxidant capacity of strawberry cultivar Selva. *Sci Horti* 112:27-32
- Jeong HJ. 2010. Changes in content of major components by cultivar, harvest time and fruit maturity on strawberries. Ph.D. Thesis, Kyungpook National Univ. Daegu, Korea
- Jin-hua DU, Mao-run FU, Miao-miao LI, Wei XIA. 2007. Effects of chlorine dioxide gas on postharvest physiology and storage quality of green bell pepper(*Capsicum frutescens* L. var. Longrum). *Agricultural Sciences in China* 6:214-219
- Kam IS. 2013. Effect of heat treatment on the antioxidant activities and quality characteristics of strawberries. M.S. Thesis, Gyeongsang National Univ. Jinju. Korea
- 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
- Kim YE, Yang JW, Lee CH, Kwon EK. 2009. ABTS radical scavenging and anti-tumor effects of *Tricholoma matsutake* Sing. (pine mushroom). *J Korean Soc Food Sci Nutr* 38: 555-560
- Ko SH, Kim SI, Han YS. 2008. The quality characteristics of yogurt and supplemented with low grade dried-persimmon extracts. *Korean J Food Cook Sci* 24:735-741
- Lee JM, Kim Sk, Lee GD. 2003. Monitoring on alcohol fermentation characteristics of strawberry. *J Korea Soc Food Sci Nutr* 32:679-683
- Lee KH, Bong SJ, Yoon YJ, Lee B, Kwak IH, Min KH, Kim

- HG. 2017. Quality changes of strawberry by slow-released ClO<sub>2</sub> gas gel-pack during storage. *Korean J Food Nutr* 30:591-598
- Lee SH, Shin HY, Ku KJ, Jin YY, Jeon SJ, Chae HS, Song KB. 2007. Quality change of red meat by chlorine dioxide treatment during storage. *Korea J Food Sci Technol* 39:222-227
- Lim SJ, Hwang HS, Shin YJ. 2016. Physicochemical properties and antioxidant activities of 'Seolhyang' and 'Janghee' strawberries from different ripening stages grown in Korea. *J East Asian Soc Dietary Life* 26:80-87
- Lim GO, Jang SA, Kim HY, Kim HJ, Song KB. 2010. Use of a gelatin film containing grapefruit seed extract in the packaging of strawberry. *Korean J Food Preserv* 17:196-201
- Nielsen T, Leufven A. 2008. The effect of modified atmosphere packaging on the quality of Honeoye and Korona strawberries. *Food Chem* 107:1053-1063
- 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
- Park JE, Kim, HM, Hwang SJ. 2012. Effect of harvest time, precooling, and storage temperature for keeping the freshness of "Maehyang" strawberry for export. *Bio-Environment Control* 21:404-410
- Perez AG, Olias R, Olias JM, Sanz C. 1998. Strawberry quality as a function of the "high pressure fast cooling" design. *Food Chem* 62:161-168
- Robert R, Nicoletta P, Anna P, Ananth P, Ananth P, Min Y, Catherine RE. 1999. Antioxidant activity applying an improved ABTS radical cation decolorization assay. *Free Radic Biol Med* 26:1231-1237
- Sun J, Chu YF, Wu X, Liu RH. 2002. Antioxidant and anti-proliferative activities of common fruits. *J Agric Food Chem* 50:7449-7454
- Yena GC, Duhb PD, Tsaia L. 2002. Antioxidant and prooxidant properties of ascorbic acid and gallic acid. *Food Chem* 79:307-313

---

Received 12 July, 2017

Revised 19 July, 2017

Accepted 27 July, 2017