

## Effects of combined acetic acid and UV-C irradiation treatment on the microbial growth and the quality of sedum during its storage

Ki Hyun Seong, Ji Hoon Kang, Kyung Bin Song\*

Department of Food Science and Technology, Chungnam National University, Daejeon 305-764, Korea

### Acetic acid와 UV-C 병합처리가 돌나물의 저장 중 미생물 성장과 품질에 미치는 영향

성기현 · 강지훈 · 송경빈\*

충남대학교 식품공학과

#### Abstract

With the current consumer trend toward health and wellbeing, the demand for consumption of fresh cut vegetables has been increasing. As a popular vegetable with functional components, sedum (*Sedum sarmentosum*) is widely used in Korea as a side dish that needs no cooking. In this study, to provide a hurdle technology for postharvest sedum, the effects of combined treatment of 1% acetic acid for washing and 10 kJ/m<sup>2</sup> UV-C irradiation on the microbial growth and quality of sedum were examined. After the treatment, the sedum samples were stored at 10°C for six days, and the results of their microbial analysis as well as their color, vitamin C content, and antioxidant activity were analyzed. The combined treatment with acetic acid and UV-C irradiation reduced the initial populations of the total aerobic bacteria and the yeast and molds in the sedum by 3.28 and 4.22 log CFU/g, respectively, compared to those in the control. The Hunter L, a, and b values of the sedum did not significantly differ across the treatments. In addition, the vitamin C content and the antioxidant activity decreased significantly during the storage, regardless of the treatment. These results suggest that the combined treatment with 1% acetic acid and 10 kJ/m<sup>2</sup> UV-C irradiation can be useful as a hurdle technology for retaining the microbiological safety and quality of sedum during its storage.

**Key words** : sedum, acetic acid, UV-C irradiation, antioxidant activity

#### 서 론

최근 소비자들이 편의성과 건강을 중시하게 되면서, 기능성을 갖춘 신선편이 채소의 소비가 증가하고 있는 추세이다(1). 특히, 돌나물(*Sedum sarmentosum*)은 국내에서 봄철에 많이 섭취되는 채소로써, 식욕을 촉진하며 비타민 C와 칼슘 함량이 풍부하다고 보고되었다(2). 수확 후 가공 및 조리 과정 없이 바로 섭취되는 돌나물은 유통 중에 미생물 오염 가능성이 높아 미생물학적 안전성 확보를 위해 비가열 세척 처리 등이 필요하다(3,4).

신선편이 채소류의 미생물 수 감소를 위해 사용되는 비

가열 처리에는 차아염소산나트륨, 전해수, 유기산, 이산화염소수 세척 및 UV-C, 전자선, 감마선 조사 등이 있다(5-8). 특히 화학적 처리인 유기산은 낮은 pH와 비해리된 분자 작용에 의해 미생물 증식을 억제한다(9). 또한 UV-C 조사는 대표적인 물리적 비가열 처리로써 253.7 nm의 파장으로 미생물 내 DNA에 손상을 입혀 미생물을 사멸시킴으로써(10,11), 식품 표면 살균 목적으로 사용되고 있다(10-13). 그러나 신선편이 채소류의 미생물학적 안전성 확보를 위한 단일처리 효과는 저장, 유통 중 지속되기 어려워 최근 비가열 병합처리 등 hurdle technology에 관한 연구가 수행되고 있는데(14), acetic acid와 UV-C를 병합처리한 연구는 많지 않다. 따라서 본 연구에서는 돌나물에 acetic acid와 UV-C 조사의 병합처리가 미생물 수 감소 및 품질 변화에 미치는 영향을 분석함으로써 효과적인 병합처리 기술을 개발 하고

\*Corresponding author. E-mail : kbsong@cnu.ac.kr  
Phone : 82-42-821-6723, Fax : 82-42-825-2664

자 하였다.

## 재료 및 방법

### 실험 재료

본 실험에 사용된 돌나물(*Sedum sarmentosum*)은 강원도 양구에서 재배된 것으로 대전에서 실험 당일 구입하여 사용하였다.

### 세척처리

예비실험 결과를 바탕으로, 돌나물 1.5 kg을 물 또는 1%의 acetic acid에 각각 1:20(w/v) 비율로 시료가 충분히 담기게 하여 10분간 침지한 후 표면의 물기를 제거하기 위해 cleanbench에서 20분간 방치시키고 세척과정을 거치지 않은 돌나물을 대조구로 사용하였다.

### UV-C 조사

UV-C 조사를 위해 제작된 UV chamber(88 cm×55 cm×47 cm)의 상, 하부에 253.7 nm 파장의 unfiltered germicidal emitting lamps(Sylvania, G15T8, Phillips, Haarlem, Netherlands)를 각각 6개씩 설치하였고, UV-C 강도는 시료 tray 상에서 UV light meter(UV-340, Lutron Electronic Co., Taipei, Taiwan)를 사용하여 3회 반복하여 측정하였다(14). 본 연구에서 사용된 UV-C 조사선량은 선행연구(14)와 예비실험 결과를 바탕으로 10 kJ/m<sup>2</sup>로 정하였고, 조사시간은 UV light meter(UV-340, Lutron Electronic Co.)로 측정하여 9.35 W/m<sup>2</sup>에서 10 kJ/m<sup>2</sup>의 조사선량을 얻기 위해 17분 50초 처리하였다.

### Acetic acid와 UV-C 병합처리

Acetic acid와 UV-C의 병합처리는 돌나물을 먼저 1% acetic acid에 10분간 침지 세척한 후 cleanbench에서 20분 동안 방치하여 표면에 남아있는 수분을 제거한 후, 10 kJ/m<sup>2</sup> 선량의 UV-C 조사를 17분 50초 동안 병합처리하였다.

### 포장 및 저장조건

비가열 처리된 돌나물 시료는 polyolefin film bag (PD951EZ, 28×15 cm, 25 μm thickness, 6,000 mL O<sub>2</sub>/m<sup>2</sup>·24h·atm at 24°C, Sealed Air Co., Gwangju, Korea)에 각각 포장한 후, 10°C에서 6일간 저장하면서 저장 중 돌나물의 미생물수와 품질 변화를 2일 간격으로 측정하였다.

### 미생물 생육 측정

돌나물 시료 20 g을 0.1% 멸균 펩톤수 180 mL와 멸균 bag에 각각 넣어 3분간 stomacher(MIX 2, AES Laboratoire, Combours, France)에서 균질화 시켰다. 균질화된 시료를

0.1% 멸균 펩톤수로 10배수 연속 희석 한 후 각각의 배지에 분주하였다. 총 호기성 세균은 plate count agar(PCA, Difco Co., Detroit, MI, USA)를 사용하여 37°C에서 2일 배양하였고, 효모와 곰팡이는 potato dextrose agar(PDA, Difco Co.)를 사용하여 25°C에서 3일 배양한 후 형성된 colony를 계수하였다. 3회 반복실험 하였으며, 검출된 미생물 수는 시료 g당 colony forming unit(CFU)로 나타내었다(15).

### 비타민 C 함량 측정

돌나물의 비타민 C 함량은 2,4-dinitrophenylhydrazine (DNP) 방법에 따라 측정하였다(16). 시료 5 g을 metaphosphoric acid 로 5분간 추출 후 5,000 rpm에서 20분간 원심 분리하여 상층액을 취하였다. 상층액 2 mL에 2, 6-dichlorophenol-indophenol을 50 μL, 2% thiourea 2 mL, 2,4-dinitrophenylhydrazine 1 mL를 차례로 넣어 혼합 후 37°C 항온수조에서 3시간 반응시켰다. 반응액에 85% 황산용액을 5 mL 가하여 1분간 냉각 혼합하고 실온에서 30분 반응시킨 후 540 nm에서 흡광도를 측정하였다(16). 표준품으로 ascorbic acid 를 이용해 총 비타민 C 함량을 계산하여 mg /100 g fresh weight(FW)로 표시하였고 3회 반복 측정하였다.

### 색도 측정

돌나물의 색도는 색차계(CR-400 Minolta Chroma Meter, Konica Minolta Sensing Inc., Tokyo, Japan)를 사용하여 Hunter L\*, a\*, b\* 및 ΔE 값을 5회 반복 측정하여 평균값으로 나타내었다. L value는 0(black), +100(white), a value는 -80(greenness), +100(redness), b value는 -80(blueness), +70(yellowness)을 나타내고, 이때 사용한 표준 백판의 L\*, a\*, b\*값은 각각 L\*=96.74, a\*=-0.11, b\*=2.04 이었다(15).

### 항산화능 측정

동결 건조한 돌나물 시료 5 g을 70% ethanol 100 mL에 넣고 실온에서 12시간 동안 교반하며 추출하였다. 추출액은 여과지(Whatman No. 2)를 이용하여 여과한 후, 60°C 항온수조에서 감압 농축하고 동결 건조하였다. 1,1-diphenyl-2-picryl-hydrazyl(DPPH) radical scavenging activity, ferric reducing antioxidant power(FRAP) assay를 이용하여 돌나물의 항산화능을 측정하였다. DPPH assay 측정은 0.1 mM DPPH 1 mL에 200 μL(10 mg/mL) 시료를 첨가한 후 암소에서 30분간 반응시킨 뒤 517 nm에서 흡광도를 측정하였다. 각 실험은 3회 반복하여 수행하였고(17), DPPH radical scavenging activity(%)는 시료첨가구와 비첨가구의 흡광도 차이를 백분율로 표시하였다. FRAP assay 측정은 300 mM acetate buffer(pH 3.6), 10 mM 2,4,6-tripyridyl-s-triazine(TPTZ)/40 mM HCl:20 mM FeCl<sub>3</sub>를 10:1:1 비율로 혼합한 용액 3 mL에 100 μL(10 mg/mL) 시료를 첨가한 후 4분간 반응시킨 뒤 593 nm에서 흡광도를 측정하였다

(18). 측정된 흡광도는 trolox를 이용해 표준곡선을 작성하고 각 3회 반복하여 계산하였다.

**통계처리**

모든 실험의 통계적 분석은 SAS 프로그램(8.2, SAS Institute Inc., Cary, NC, USA)을 이용하여 각 처리구 간의 유의성을  $p < 0.05$  수준에서 Duncan's multiple range test 방법을 사용하여 검증하였다.

**결과 및 고찰**

**미생물 수 측정**

돌나물을 acetic acid에 침지 세척과 UV-C 조사로 단일 그리고 병합처리한 후 10°C에서 6일간 저장하면서 총 호기성 세균과 효모 및 곰팡이 수를 측정한 결과, 저장 초기 대조구의 총 호기성 세균 수는 6.09 log CFU/g이었고, 증류수에 침지 세척한 처리구의 경우 5.47 log CFU/g, acetic acid와 UV-C 병합처리구는 2.81 log CFU/g으로 증류수에 침지 세척한 처리구는 0.62 log CFU/g, 병합처리구는 3.28 log CFU/g의 감균 효과를 가졌다(Table 1). 한편 acetic acid와 UV-C를 단일처리 하였을 때는 각각 3.20 log CFU/g, 4.65 log CFU/g으로 2.89 log CFU/g, 1.44 log CFU/g의 감균 효과를 나타내었다. 총 호기성 세균 수 감소효과는 저장 기간 중에도 지속되었는데, 저장 2일 후 대조구의 미생물 수가 6.32 log CFU/g로 증가한 반면에 병합처리구의 미생물 수는 3.24 log CFU/g로 미생물 수 감소를 나타냈으며, 저장 6일 후 병합처리구의 총 호기성 세균 수는 5.17 log CFU/g으로 대조구와 비교하여 1.39 log CFU/g의 감소효과를 유지하였다. 이러한 결과는 Kim 등(15)이 레드 치커리와 청경채에 이산화염소수와 UV-C 병합처리 시 저장 7일 동안 총 호기성 세균 수가 대조구와 비교해 약 2.5 log CFU/g 감소하여 효과가 지속되었다는 연구결과와 유사하였다.

돌나물의 효모 및 곰팡이 수의 경우에도 총 호기성 세균의 결과와 비슷한 경향을 나타내었다(Table 1). 저장 초기

대조구가 5.37 log CFU/g이었는데 반하여 acetic acid 단일 처리구는 2.00 log CFU/g, UV-C 조사 처리구는 4.57 log CFU/g, acetic acid와 UV-C 병합처리구는 1.15 log CFU/g으로 유의적인 미생물 수 감소를 보였다. 또한 저장 기간 중 효모 및 곰팡이 수 감소효과는 계속 지속되었는데, 저장 6일 후 대조구의 효모 및 곰팡이 수가 5.81 log CFU/g로 증가한 반면에 병합 처리구는 4.57 log CFU/g이었다. 이와 같은 연구 결과는 샐러리와 체리에 이산화염소수와 UV-C 병합처리(19)나 플라멩고 딸기에 UV-C와 이산화염소수 또는 푸마르산 병합처리(20)가 효모 및 곰팡이 수를 감소시킨 결과와 유사하다.

본 연구에서 저장 기간 중 대조구의 미생물 수 증가와 비교하여 병합처리 후 미생물이 다소 높게 증가하였는데, 이는 대조구의 경우 이미 저장 초기 미생물 수가 포화된 상태여서 그 증가폭이 낮았다고 생각되며, 병합처리의 경우 초기 높은 감소율을 확보하였으나 UV-C 처리 후 DNA에 손상을 입은 미생물이 사멸하지 않고 존재하여 cell repair system으로 회복하였기 때문이라고 판단된다(21). 또한 냉장저장 온도인 4°C가 아닌 실제 유통 조건인 10°C에서 저장하였기 때문에 사멸되지 않은 미생물들의 증식 속도가 높아졌다고 판단된다(22). 그러나 본 연구에서 사용된 비가열 병합 처리는 초기에 높은 미생물 감소 효과를 확보할 수 있고, 또한 저장 6일 후 대조구와 비교하여 총 호기성 세균은 1.39 log CFU/g, 효모 및 곰팡이는 1.24 log CFU/g의 미생물 수 감소를 유지할 수 있기 때문에 저장 중 돌나물의 미생물학적 안전성을 확보할 수 있는 효과적인 방법이라고 판단된다.

**색도 변화**

Acetic acid와 UV-C 병합처리된 돌나물의 색도를 색차계를 이용하여 저장기간 동안 Hunter L, a, b value 및 ΔE value를 측정 한 결과, 병합처리 후 대조구와 처리구 간의 Hunter L, a, b value는 큰 차이를 나타내지 않았으며, 저장기간 동안에도 차이를 보이지 않았다(Table 2). 이러한 결과는 치콘에 이산화염소수와 UV-C 병합처리 후 색도를 측정 한

**Table 1. Change in the populations of total aerobic bacteria and yeast and molds of non-thermal treated sedum during storage at 10°C**

Microorganism	Treatment	Storage time (day)			
		0	2	4	6
Total aerobic bacteria	Control	6.09±0.15 <sup>Ae2)</sup>	6.32±0.01 <sup>Ab</sup>	6.45±0.04 <sup>Ab</sup>	6.56±0.07 <sup>Aa</sup>
	Water	5.47±0.01 <sup>Bc</sup>	5.62±0.12 <sup>Bbc</sup>	5.83±0.04 <sup>Bb</sup>	6.19±0.13 <sup>Ba</sup>
	Combined <sup>1)</sup>	2.81±0.06 <sup>Cd</sup>	3.24±0.05 <sup>Cc</sup>	4.03±0.04 <sup>Cb</sup>	5.17±0.08 <sup>Ca</sup>
Yeast and molds	Control	5.37±0.06 <sup>Ac</sup>	5.52±0.03 <sup>Ab</sup>	5.74±0.08 <sup>Aa</sup>	5.81±0.05 <sup>Aa</sup>
	Water	4.38±0.13 <sup>Bc</sup>	5.21±0.06 <sup>Bb</sup>	5.45±0.21 <sup>Ab</sup>	5.65±0.16 <sup>Aa</sup>
	Combined	1.15±0.21 <sup>Cd</sup>	1.84±0.06 <sup>Cc</sup>	3.30±0.05 <sup>Bb</sup>	4.57±0.07 <sup>Ba</sup>

<sup>1)</sup>Treatment of 1% acetic acid and 10 kJ/m<sup>2</sup> UV-C irradiation.

<sup>2)</sup>Any means in the same column (A-C) or row (a-d) followed by different letters are significantly ( $p < 0.05$ ) different.

결과, 저장기간 중 Hunter L, a, b 값의 차이가 나타나지 않았다는 이전 연구결과와 유사하다(23). 이러한 결과로부터 acetic acid와 UV-C 병합처리가 돌나물의 색도에 부정적인 영향을 끼치지 않는다고 판단된다.

#### 비타민C 함량 변화

저장기간 동안 돌나물의 비타민 C 함량을 측정한 결과, 저장 초기 대조구의 비타민 C 함량이 18.76 mg/100 g에서 6일 후 16.76 mg/100 g, 병합처리구는 저장 초기 17.70

**Table 2. Change in color of non-thermal treated sedum during storage at 10°C**

Color	Treatment	Storage time (day)			
		0	2	4	6
L*	Control	35.16±0.52 <sup>Aa2)</sup>	35.25±0.99 <sup>ABa</sup>	35.32±0.65 <sup>Ba</sup>	35.63±0.94 <sup>Ba</sup>
	Water	35.20±0.97 <sup>Ab</sup>	35.70±0.35 <sup>Ab</sup>	36.51±0.40 <sup>Aa</sup>	36.84±0.13 <sup>Aa</sup>
	Combined <sup>1)</sup>	34.19±0.89 <sup>Ab</sup>	34.62±0.52 <sup>Bab</sup>	34.84±0.64 <sup>Bab</sup>	35.23±0.67 <sup>Ba</sup>
a*	Control	-9.15±0.58 <sup>Aa</sup>	-9.29±0.23 <sup>Aa</sup>	-9.49±0.35 <sup>Aa</sup>	-9.59±0.47 <sup>Aa</sup>
	Water	-9.15±0.61 <sup>Aa</sup>	-9.23±0.97 <sup>Aa</sup>	-9.61±0.53 <sup>Aa</sup>	-9.93±0.36 <sup>Aa</sup>
	Combined	-8.81±0.44 <sup>Aa</sup>	-9.24±0.57 <sup>Ab</sup>	-9.48±0.38 <sup>Ab</sup>	-9.72±0.20 <sup>Ab</sup>
b*	Control	14.03±0.25 <sup>Aa</sup>	14.01±0.24 <sup>Aa</sup>	13.69±0.29 <sup>Aa</sup>	13.58±0.59 <sup>Aa</sup>
	Water	14.34±0.57 <sup>Aa</sup>	14.15±0.47 <sup>Aa</sup>	14.01±0.39 <sup>Aa</sup>	13.78±0.42 <sup>Aa</sup>
	Combined	13.93±0.55 <sup>Aa</sup>	13.82±0.60 <sup>Aa</sup>	13.63±0.30 <sup>Aa</sup>	13.45±0.44 <sup>Aa</sup>
ΔE	Control		0.91±0.49 <sup>Aa</sup>	1.07±0.70 <sup>Aa</sup>	1.14±0.57 <sup>Aa</sup>
	Water	1.22±0.49 <sup>Aa</sup>	1.25±0.98 <sup>Aa</sup>	1.66±0.73 <sup>Aa</sup>	1.64±0.34 <sup>Aa</sup>
	Combined	1.29±0.84 <sup>Aa</sup>	1.20±0.44 <sup>Aa</sup>	1.22±0.63 <sup>Aa</sup>	1.30±0.33 <sup>Aa</sup>

<sup>1)</sup>Treatment of 1% acetic acid and 10 kJ/m<sup>2</sup> UV-C irradiation.

<sup>2)</sup>Any means in the same column (A-B) or row (a-b) followed by different letters are significantly (p<0.05) different by Duncan's multiple range test.

**Table 3. Change in vitamin C content (mg/ 100 g fresh weight) of non-thermal treated sedum during storage at 10°C**

Treatment	Storage time (day)			
	0	2	4	6
Control	18.76±0.09 <sup>Aa2)</sup>	18.53±0.03 <sup>Aa</sup>	17.77±0.06 <sup>Ab</sup>	16.79±0.26 <sup>Ac</sup>
Water	17.04±0.06 <sup>Ca</sup>	16.96±0.09 <sup>Ca</sup>	15.42±0.13 <sup>Cb</sup>	15.02±0.26 <sup>Bc</sup>
Combined <sup>1)</sup>	17.70±0.23 <sup>Ba</sup>	17.26±0.06 <sup>Bb</sup>	15.88±0.31 <sup>Bc</sup>	15.00±0.09 <sup>Bb</sup>

<sup>1)</sup>Treatment of 1% acetic acid and 10 kJ/m<sup>2</sup> UV-C irradiation.

<sup>2)</sup>Any means in the same column (A-C) or row (a-c) followed by different letters are significantly (p<0.05) different.

**Table 4. Change in antioxidant activities of non-thermal treated sedum during storage at 10°C**

Treatment	Storage time (day)				
	0	2	4	6	
DPPH <sup>3)</sup> (%)	Control	78.96±0.08 <sup>Aa2)</sup>	78.38±0.14 <sup>Ab</sup>	76.69±0.17 <sup>Ac</sup>	75.28±0.21 <sup>Ac</sup>
	Water	78.98±0.25 <sup>Aa</sup>	78.16±0.39 <sup>Ab</sup>	77.19±0.37 <sup>Ac</sup>	76.47±0.22 <sup>Ad</sup>
	Combined <sup>1)</sup>	78.96±0.08 <sup>Aa</sup>	78.38±0.14 <sup>Ab</sup>	76.69±0.17 <sup>Ac</sup>	75.28±0.21 <sup>Ad</sup>
FRAP <sup>4)</sup> (Trolox, mg/mL)	Control	2.28±0.03 <sup>Ba</sup>	2.20±0.02 <sup>Ab</sup>	2.11±0.02 <sup>Ac</sup>	1.99±0.02 <sup>Ad</sup>
	Water	2.32±0.01 <sup>Aa</sup>	2.18±0.03 <sup>Ab</sup>	2.10±0.02 <sup>Ac</sup>	2.00±0.01 <sup>Ad</sup>
	Combined	2.25±0.02 <sup>Ba</sup>	2.17±0.01 <sup>Ab</sup>	2.11±0.03 <sup>Ac</sup>	1.97±0.01 <sup>Bd</sup>

<sup>1)</sup>Treatment of 1% acetic acid and 10 kJ/m<sup>2</sup> UV-C irradiation.

<sup>2)</sup>Any means in the same column (A-B) or row (a-d) followed by different letters are significantly (p<0.05) different.

<sup>3)</sup>DPPH radical scavenging activity (%)

<sup>4)</sup>Ferric reducing antioxidant power activity

mg/100 g에서 15.00 mg/100 g으로 저장기간 동안 총 비타민 C 함량이 처리구간에 상관없이 감소하였다(Table 3). Choi와 Han(24)은 깻잎 저장 중 비타민 C 함량이 유의적으로 감소하였다고 보고하였고, Shin 등(25) 또한 땅두릅잎 김치의 비타민 C 함량이 저장기간이 길어질수록 감소한다고 보고하였는데, 이러한 결과는 돌나물의 비타민 C 함량이 저장기간 동안 감소되는 결과와 유사하였다. 또한, 저장 초기 대조구와 침지 세척처리구의 비타민 C 함량에 있어서 차이를 보였는데, 이는 Oh 등(26)이 케일에 침지처리 후 비타민 C 함량 감소를 보고한 연구결과와 유사하였으며, 이러한 차이는 수용성 물질인 비타민 C가 침지처리로 소량 손실되었기 때문이라고 판단된다.

**항산화능 변화**

DPPH와 FRAP assay에 의한 항산화능을 측정한 결과, 처리구 간 돌나물 시료의 항산화능에는 거의 영향을 끼치지 않았으나, 저장 중에는 항산화능이 모든 처리구에서 감소하였다(Table 4). 이러한 결과는 돌나물에 존재하는 대표적인 항산화 물질인 비타민 C 함량이 저장 중 지속적으로 감소하는 추세를 보이는 것과 관련이 있다고 판단된다(24,25). 따라서 본 연구에서 수행된 비가열 처리 방법인 acetic acid와 UV-C 병합처리는 돌나물의 항산화능에는 영향을 미치지 않는다고 판단된다.

**요 약**

수확 후 돌나물의 미생물학적 안전성 확보를 위해 1% acetic acid 침지 세척과 10 kJ/m<sup>2</sup> UV-C 조사를 병합처리하여 10°C에서 6일간 저장하면서 미생물 수, 색도, 비타민 C 함량, 항산화능을 측정하였다. 돌나물에 병합처리 후 총 호기성 세균 수는 대조구와 비교하여 3.28 log CFU/g, 효모 및 곰팡이에서는 4.22 log CFU/g 감균 효과를 보였으며, 이러한 효과는 저장 6일 동안 유지되었다. Acetic acid와 UV-C 병합처리는 대조구와 비교하여 돌나물의 저장 중 Hunter 색도 값에 부정적인 영향을 끼치지 않았다. 또한 비타민 C 함량과 항산화능은 저장기간 동안 처리구와 대조구 모두 감소하였으나, 처리에 의한 차이는 없는 것으로 나타났다. 따라서 본 연구 결과 acetic acid와 UV-C 병합처리가 수확 후 돌나물의 저장, 유통 시 미생물학적 안전성을 확보하고 품질 유지에 효과적인 hurdle technology라고 판단된다.

**References**

1. Kim HK, Lee HT, Kim JH, Lee SS (2008) Analysis of

microbiological contamination in ready-to-eat foods. *J Fd Hg Safety*, 23, 285-290

2. Kim HJ, Lee SY (2007) Genetic relationships based on morphological characteristics in Korean native *Sedum sarmentosum*. *Korean J Hort Sci*, 25, 103-109

3. Kim MH, Kim HJ, Kim KS, Song YB, Seo WJ, Song KB (2009) Microbial changes in hot peppers, ginger, and carrots treated with aqueous chlorine dioxide or fumaric acid. *Korean J Food Preserv*, 16, 1013-1017

4. Gómez-López VM, Devlieghere F, Ragaert P, Debevere J (2007) Self-life extension of minimally processed carrots by gaseous chlorine dioxide. *Int J Food Microbiol*, 116, 221-227

5. Mukhopadhyay S, Ukuku, DO, Juneja V, Fan X (2014) Effects of UV-C treatment on inactivation of *Salmonella enterica* and *Escherichia coli* O157: H7 on grape tomato surface and stem scars, microbial loads, and quality. *Food Control*, 44, 110-117

6. Kim YS, Kim HJ, Yoon Y, Shin MG, Kim CJ, Shin MH, Lee JW (2010) Antimicrobial effects of retort and gamma irradiation on bacterial populations in spicy chicken sauce. *Korean J Food Sci An*, 30, 141-147

7. Cho SK, Park JH (2012) Bacterial biocontrol of sprouts through ethanol and organic acids. *Korean J Food Nutr*, 25, 149-155

8. Teng H, Kim YH, Lee WY (2013) Sterilization effect of electrolyzed water and chlorine dioxide on *Rubus coreanus* Miquel. *Korean J Food Preserv*, 20, 459-466

9. 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

10. Perkins-Veazie P, Collins JK, Howard L (2008) Blueberry fruit response to postharvest application of ultraviolet radiation. *Postharvest Biol Tec*, 47, 280-285

11. Allende A, Artés F (2003) UV-C radiation as a novel technique for keeping quality of fresh processed 'Lollo Rosso' lettuce. *Food Res Int*, 36, 739-746

12. Allende A, McEvoy JL, Luo Y, Artes F, Wang CY (2006) Effectiveness of two-sided UV-C treatments in inhibiting natural microflora and extending the shelf-life of minimally processed 'Red Oak Leaf' lettuce. *Food Microbiol*, 23, 241-249

13. Obande MA, Tucker GA, Shama G (2011) Effect of preharvest UV-C treatment of tomatoes (*Solanum*

- Lycopersicon* Mill.) on ripening and pathogen resistance. *Postharvest Biol Tec*, 62, 188-192
14. Kim JY, Kim HJ, Lim GO, Jang SA, Song KB (2010) The effects of aqueous chlorine dioxide or fumaric acid treatment combined with UV-C on postharvest quality of 'Maehyang' strawberries. *Postharvest Biol Tec*, 56, 254-256
  15. Kim HJ, Song HJ, Song KB (2011) Effect of combined treatment of aqueous chlorine dioxide with ultraviolet-C on the quality of red chicory and pak choi during storage. *J Korean Soc Food Sci Nutr*, 40, 245-252
  16. Terada M, Watanabe Y, Kunitomo M, Hayashi E (1978) Differential rapid analysis of ascorbic acid and ascorbic acid 2-sulfate by dinitrophenylhydrazine method. *Anal Biochem*, 84, 604-608
  17. Kim SJ, Cho AR, Han J (2013) Antioxidant and antimicrobial activities of leafy green vegetable extracts and their applications to meat product preservation. *Food Control*, 29, 112-120
  18. Benzie IF, Strai, JJ (1996) The ferric reducing ability of plasma (FRAP) as a measure of "antioxidant power": the FRAP assay. *Anal Biochem*, 239, 70-76
  19. Song HJ, Chun HH, Jo WS, Song KB (2012) Effects of aqueous chlorine dioxide and UV-C irradiation on decontamination and growth of microbes during chilled storage of celery and cherries. *J Korean Soc Food Sci Nutr*, 41, 402-407
  20. Kim JY, Kim HJ, Lim GO, Jang SA, Song KB (2010) Effect of combined treatment of ultraviolet-C with aqueous chlorine dioxide or fumaric acid on the postharvest quality of strawberry fruit "Flamengo" during storage. *J Korean Soc Food Sci Nutr*, 39, 138-145
  21. Nag R, Kyriss M, Smerdon JW, Wyrick JJ, Smerdon MJ (2010) A cassette of N-terminal amino acids of histone H2B are required for efficient cell survival, DNA repair and Swi/Snf binding in UV irradiated yeast. *Nucleic Acids Res*, 38, 1450-1460
  22. Tian JQ, Bae YM, Choi NY, Kang DH, Heu S, Lee SY (2012) Survival and growth of foodborne pathogens in minimally processed vegetables at 4 and 15°C. *J Food Sci*, 77, 48-50
  23. Kang JH, Park JY, Oh DH, Song KB (2012) Effects of combined treatment of aqueous chlorine dioxide and UV-C or electron beam irradiation on microbial growth and quality in chicon during storage. *J Korean Soc Food Sci Nutr*, 41, 1632-1638
  24. Choi YH, Han JS (2001) Vitamin C and mineral contents in perilla leaves by leaf age and storage conditions. *Korean J Food Cookery Sci*, 17, 583-588
  25. Shin DS, Kim MH, Han GJ (2012) Change in the chemical characteristics of *Aralia continentalis* Kitagawa leaf-kimchi during storage periods. *Korean J Food Cookery Sci*, 28, 159-165
  26. Oh SY, Choi ST, Kim JG, Lim CI (2005) Removal effects of washing treatments on pesticide residues and microorganisms in leafy vegetables. *Korean J Hort Sci Technol*, 23, 250-255

---

(접수 2014년 6월 3일 수정 2014년 6월 28일 채택 2014년 7월 2일)