

## 신선편이 브로콜리의 품질과 미생물 성장에 영향을 주는 소성칼슘 용액 세척 및 열처리 효과

김지강<sup>1\*</sup> · Hataitip Nimitkeatkai<sup>2</sup> · 최지원<sup>1</sup> · 이상규<sup>1</sup>

<sup>1</sup>국립원예특작과학원 채소과, <sup>2</sup>University of Phayao

## The Effects of Calcinated Calcium Solution Washing and Heat Treatment on the Storage Quality and Microbial Growth of Fresh-cut Broccoli

Ji Gang Kim<sup>1\*</sup>, Hataitip Nimitkeatkai<sup>2</sup>, Ji Woen Choi<sup>1</sup>, and Sang Gyu Lee<sup>1</sup>

<sup>1</sup>*Vegatable Research Division, National Institute of Horticultural and Herbal Science, Suwon 440-706, Korea*

<sup>2</sup>*Department of Agriculture to School of Agriculture and Natural Resources,  
University of Phayao, Phayao 56000, Thailand*

**Abstract.** This study was conducted to investigate the effect of calcinated calcium (CC) alone or combination with heat treatment on storage quality and microbial growth in fresh-cut broccoli. Fresh broccoli samples were cut into small pieces and washed in normal tap water (TW), 50  $\mu\text{L} \cdot \text{L}^{-1}$  chlorinated water (pH 6.5), 1.5  $\text{g} \cdot \text{L}^{-1}$  CC, heat treatment in TW at 45°C, and CC dissolved in TW at 45°C for 2 minutes separately. Samples were then packaged in 50  $\mu\text{m}$  polyethylene bags and stored at 5°C. Results revealed that like 50  $\mu\text{L} \cdot \text{L}^{-1}$  chlorine, washing in CC at normal water temperature was effective in reducing microbial population in fresh-cut broccoli samples. Washing with CC combined with heat treatment increased an electrical conductivity of fresh-cut broccoli. Combined heat treatments with TW and CC reduced aerobic plate count on fresh-cut broccoli, only in initial period of storage. But, later on heat treatment induced injury of fresh-cut broccoli resulting more microbial population compared to non heat treatment. However, samples treated with CC alone had good quality with low off-odor at the end of storage. Results suggest that CC, an environment-friendly sanitizer could be an alternative to chlorinated water for washing of fresh-cut broccoli without affecting sensorial quality.

**Key words :** environmentally friendly, fresh-cut vegetables, heat treatment, microbial safety, sanitizer

### 서 론

신선편이 채소는 소비자에게 편이성을 제공하면서 수요가 증가하고 있으나 가공과정 중 절단, 박피 등의 물리적인 변화로 인하여 쉽게 품질이 변하거나 미생물 증식이 발생할 수 있다(Jacxsens et al., 2003). 신선편이 채소의 세척은 일반적으로 1차에는 원료 채소에 묻어 있는 먼지, 벌레 등의 이물질을 제거하고, 2차에서는 초기 미생물의 오염을 감소시키기 위한 목적으

로 주로 살균소독제를 사용하여 세척하고 있다.

신선편이 농산물 가공과정에서 사용되는 살균소독제로서 가장 많이 이용하고 있는 것은 염소인데, 미생물 제어 효과도 양호하고 비용이 저렴하여 독일 등 유럽의 일부 국가를 제외하고는 전 세계적으로 가장 널리 사용하고 있는 방법이다(Kim, 2007). 그러나 염소는 자극적인 냄새가 나고, 유기물과의 결합에 의해 건강에 해로울 수 있는 염소 부산물이 형성될 수도 있어 여러 선진국에서는 염소를 대체할 살균소독제를 찾고 있으며, 특히 유기농산물에는 우리나라뿐만 아니라 일본 및 유럽 국가 등에서도 사용할 수 없어 유기농산물의 세척을 위해서는 환경친화적인 살균소독제가 요구되고

\*Corresponding author: kjg3@korea.kr  
Received October 11, 2012; Revised November 27, 2012;  
Accepted December 6, 2012

있다.

그동안 국내에서 신선편이 채소에 적용하고 있는 환경친화적인 살균소독 세척 방법으로는 중온 열처리, 초산, 구연산 등 유기산 이용 및 식물에서 추출한 천연 물질을 사용하는 방법 등이 시도되었다(Kim, 2012). 그러나 이들 방법은 미생물 제어 효과가 높지 못하거나 경제성이 낮으며, 사용조건이 부적절한 경우 채소 조직을 연하게 하는 문제점 등이 있어 품질과 미생물 적인 안전성에 모두 효과적이며, 사용이 편리한 환경친화적인 살균소독 세척방법이 필요하였다.

소성칼슘(calcinated calcium)은 가리비조개를 200~1,000로 가열하여 만든 분말로서 *Escherichia coli*, *Salmonella typhimurium*, *Staphylococcus aureus*, *Bacillus subtilis* 등에 살균효과가 있는 것으로 보고되었다(Gandhi and Matthews, 2003; Sawai et al., 2001). 소성칼슘의 살균작용은 열처리에 의해 조개분말의 주 성분인 칼슘 탄산염(calcium carbonate,  $\text{CaCO}_3$ )으로부터 전이된 산화칼슘(calcium oxide,  $\text{CaO}$ )이 항균작용을 하는 것으로 알려져 있다(Sawai, 2003). 소성칼슘의 살균효과는 신선편이 채소에도 적용되어 오이 및 결구상추에 미생물 감소 효과가 나타난 것으로 보고되었다(Izumi, 2007; Kim et al., 2011).

농산물의 살균소독 방법 중의 하나로 사용되는 열처리는 점차 건강에 대한 관심이 높아지면서 주로 사용하고 있는 화학물질 처리를 지양하기 위한 방법으로서 일부 농산물에 대해 적정 열처리 조건이 시도되어 왔는데, 미생물 및 충을 제어하는데 효과적인 것으로 보고되고 있다(Fallik, 2004). 또한 40~50°C의 중온 열처리는 상처에 기인한 phenylalanine ammonia lyase (PAL)의 활성을 억제하고 페놀물질의 축적을 지연하여 신선편이 채소의 갈변을 억제하는 역할이 있는 것으로 알려져 있다(Moreira et al., 2006). 그리고 신선 과일, 채소를 열처리한 다음 칼슘염을 침지하는 혼용처리는 열처리에 의한 병해충 제어 및 칼슘염에 의한 조직의 물성을 좋게 하여 품질을 향상시키는데 도움을 주기도 한다. 그러나 신선편이 농산물 품목에 따라서 열처리 효과가 달라 오히려 열처리에 의해 조직의 피해가 있을 수 있으며, 환경친화적인 첨가물 용액에 의한 효과도 다르게 나타날 수 있다.

본 연구에 사용된 브로콜리는 항암 및 해독작용 등의 효과를 갖는 건강에 좋은 채소로 알려지면서 소비

가 크게 증가하고 있고, 신선편이 샐러드용으로 이용이 늘어나고 있는 채소이다. 그러나 브로콜리는 수확 후 화뢰가 황화되기 쉬우며, 신선편이로 가공하는 경우 절단에 의해 노화 및 미생물 증식이 빨라져 shelf-life가 단축되게 된다(Lemoine et al., 2009). 신선편이 브로콜리의 미생물 감소를 위한 살균소독 세척방법으로는 건열처리, 건열처리와 UV조사 혼용처리, 오존수 처리 등에 관한 연구(Das and Kim, 2010)가 있었으나 살균소독을 목적으로 환경친화적인 첨가물용액을 이용한 세척 또는 중온 열처리와의 혼용처리에 대한 연구는 부족하였다.

따라서 본 연구는 신선편이 브로콜리의 품질과 미생물적인 안전성을 향상시키기 위한 환경친화적인 살균소독 세척방법으로서 소성칼슘 단독처리와 소성칼슘과 열처리와의 혼용처리에 대한 효과를 구명하고자 수행하였다.

## 재료 및 방법

### 1. 실험처리

실험재료는 강원 평창에서 브로콜리(*Brassica oleracea* L. cv. Grace)를 구입하여 수원의 실험실로 수송한 다음 5°C에서 저장한 뒤 3일 이내에 사용하였다. 브로콜리는 화뢰의 색과 크기가 균일한 것을 선별한 다음 스테인레스 칼로 절단(직경 1.5cm, 길이 3cm 수준)하였다. 절단된 샘플은 수돗물(TW), 차아염소산나트륨( $\text{NaOCl}$ )을 pH 6.5로 조절한  $50\mu\text{L} \cdot \text{L}^{-1}$  염소수(Cl) 및  $1.5\text{g} \cdot \text{L}^{-1}$  소성칼슘(Shell-Powder, Sinlinyoku LTD, 일본) 용액(CC)에 각각 2분간 세척하였다. 또한 열처리방법으로서 45°C 수돗물(TW + HT) 및 45°C 수돗물에 용해한  $1.5\text{g} \cdot \text{L}^{-1}$  소성칼슘 용액(CC + HT)에 2분간 교반하면서 세척하였다. 이 때 실험재료와 살균소독 세척수의 양은 1:10(w/v)의 비율을 사용하였다. 세척된 신선편이 브로콜리는 원심분리형 탈수기(WS 650IT, 한일, 한국)에서 1분 탈수시킨 다음, 샘플 100g을 19×12cm 크기의 50 $\mu\text{m}$  polyethylene(PE) 필름에 포장하여 5°C에서 9일간 저장하면서 품질을 조사하였다.

### 2. 품질평가

저장기간 중 신선편이 브로콜리 포장 내부의 기체조

성(O<sub>2</sub> 및 CO<sub>2</sub>)은 필름 표면에 septum을 부착한 뒤 가스분석기(Checkmate 9900, PBI Dansensor Co., 덴마크)를 이용하여 측정하였다. 전기전도도는 브로콜리를 염소수, 소성칼슘 등에 살균소독 세척처리 한 직후 및 저장기간 중 샘플 50g을 증류수 500mL에 침지시켜 20°C에서 30분 방치한 뒤 전기전도도 측정기(Model 162, Orion, 독일)를 이용하여 조사하였다.

샘플의 미생물 분석은 20g의 브로콜리에 180mL의 0.1% 멸균 펩톤수(pH 7.4)를 가한 뒤 균질기(Lab Stomacher 400, Seward Medical, 영국)를 이용 230rpm으로 1분간 균질하였다. 그리고 필터가 부착된 멸균백으로 여과시킨 다음 멸균 펩톤수에 연속적으로 희석한 뒤 샘플 1mL을 건조필름 배지에 접종하였다. 일반세균수는 3M Aerobic Count Plates petrifilm(3M Petrifilm-Aerobic Count Plate, 3M Microbiology, 미국)에 접종하여 35°C에서 48시간 배양하였고, 대장균군은 *E. coli*/Coliform Count Plate(3M Petrifilm *E. coli* and Coliform, 3M Microbiology, 미국)를 이용하여 35°C에서 24시간 배양하여 Petrifilm Plate Reader(3M Microbiology, 미국)를 이용하여 각 미생물 수를 측정하였다.

신선편이 브로콜리의 색은 각 샘플 bag에서 3개씩 총 9개의 화뢰 부분을 Chroma Meter(Model CR-300, Minolta Corp., 일본)를 사용하여 측정한 뒤 Hunter L, a, b 값 중 화뢰의 황화 및 암색에 영향을 미치는 것과 관련된 황색도(yellowness, b), 명도(lightness,

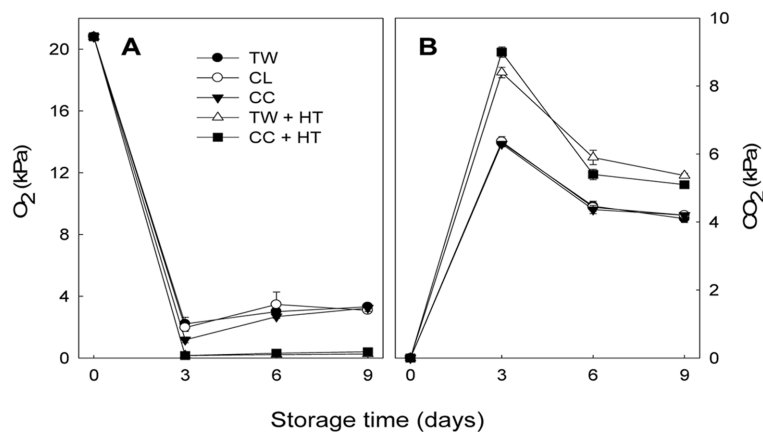
L)와 Hue angle [ $\text{hue} = \tan^{-1}(b/a)$ ]로 변환하여 나타내었다.

관능적 품질평가는 4명의 훈련된 평가원에 의해 신선편이 브로콜리의 갈변, 외관적 품질 및 이취를 평가하였다. 갈변은 저장 9일 후 브로콜리 줄기 절단부분의 변색에 대하여 5단계의 점수(0 = 없음; 1 = 약간; 2 = 보통; 3 = 심함; 4 = 매우 심함)를 부여하여 측정하였으며 점수 3을 상품성 한계로 간주하였다. 그리고 외관적 품질은 저장 9일 후 5단계 점수를 부여하여(5 = 매우 좋음; 4 = 좋음; 3 = 보통; 2 = 나쁨; 1 = 아주 나쁨) 평가하였으며, 점수 3을 상품성의 한계로 간주하였다(Loaiza and Cantwell, 1997; Lopez-Galvez et al., 1997). 또한 이취는 Lopez-Galvez et al.(1997)의 방법에 의해 5단계의 점수를 부여(0 = 없음; 1 = 약간; 2 = 보통; 3 = 심함; 4 = 매우 심함)하였으며, 점수 2를 초과하는 것은 상품성이 없는 것으로 간주하였다.

## 결과 및 고찰

### 1. 포장 내부의 기체조성

신선편이 브로콜리 저장 중 50µm PE필름 포장내부의 O<sub>2</sub> 농도는 모든 처리구에서 빠르게 감소하여 저장 3일 만에 2.2kPa 미만으로 낮아졌고(Fig. 1A), CO<sub>2</sub> 농도는 저장 3일까지 크게 증가한 다음 낮아져 저장 6일 이후 4.2~5.9kPa에서 완만하게 유지되었다(Fig.



**Fig. 1.** Oxygen (O<sub>2</sub>) (A) and carbon dioxide (CO<sub>2</sub>) (B) concentration in the head space of packaged fresh-cut broccoli stored at 5°C for 9 days. TW: tapwater, CL: chlorine, CC: calcinated calcium, TW + HT: tapwater combined with heat treatment. CC + HT: calcinated calcium combined with heat treatment. Vertical line s represent SE of the means of 3 replicates.

1B).

살균소독제 처리에 따라서는 열처리와 복합한 처리 (TW + HT, CC + HT)에서 O<sub>2</sub> 농도가 더욱 낮아져 저장 3일 만에 0.4kPa 미만으로 나타났고, CO<sub>2</sub> 농도는 저장 3일에 8.4~9.0kPa로 상온 세척수에 살균소독제만 사용한 비열처리구 보다 높게 나타나 열처리에 의해 신선편이 브로콜리의 호흡량이 증가한 것으로 추정할 수 있었다. 신선편이 채소 저장 중 O<sub>2</sub> 농도에 대하여 Kim et al.(2005)은 유통 중 이취발생 및 낮은 O<sub>2</sub> 농도에 의한 장해 발생을 억제하기 위해서는 1% 이상의 O<sub>2</sub> 농도가 요구된다고 하였고, Lopez-Galvez et al.(1997)은 신선편이 브로콜리의 적정 O<sub>2</sub> 및 CO<sub>2</sub> 농도는 각각 1~3, 5~10kPa라고 보고하였다. 본 실험에서 열처리와 복합한 처리구에서는 적정 MA조건보다 O<sub>2</sub> 농도가 낮았으나 다른 비열처리에서는 50µm PE필름 사용이 적정 MA조건에서 크게 벗어나지 않았다.

## 2. 전기전도도

신선편이 브로콜리의 전기전도도(electrical conductivity)는 절단 가공 후 저장 3일까지 빠르게 감소하다가 완만하게 감소하거나 안정한 수준을 유지하였다(Fig. 2). 살균소독제 처리에 따라서는 처리 직 후 소성칼슘 + 열처리(CC + HT)가 33.8 µS로 가장 높게 나타났고 저장기간 내내 가장 높았으며, 수돗물 + 열처리(TW + HT)는 저장 6일 이후에 두 번째로 높게 나타났다. 그리고 상

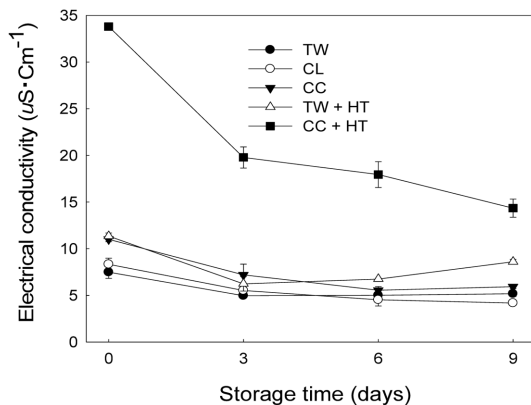


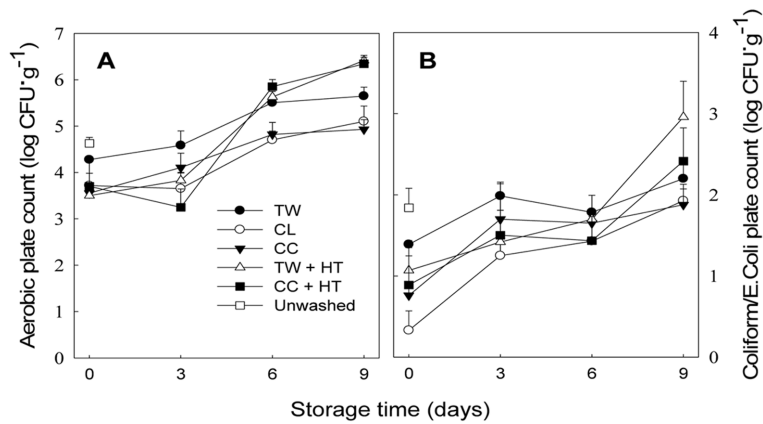
Fig. 2. Electrolyte conductivity of fresh-cut broccoli stored at 5°C for 9 days. TW: tap water, CL: chlorine, CC: calcinated calcium, TW + HT: tap water combined with heat treatment. CC + HT: calcinated calcium combined with heat treatment. Vertical lines represent SE of the means of 3 replicates.

온 세척수에서 살균소독제만 처리한 비열처리구 에서 는 처리 직 후 및 저장 3일 까지는 소성칼슘이 수돗 물과 염소보다 높게 나타났으며, 저장 6일 이후에는 염소, 수돗물, 소성칼슘 처리간의 전기전도도가 4.2~ 5.9 µS로 차이가 크게 나타나지 않았다. 따라서 CC + HT 처리는 전기전도도 증가에 영향을 미친 것으로 나타났 다. 일반적으로 electrolyte leakage는 식물의 상처 및 세포벽 붕괴의 간접적인 지표로 사용되고 있고, 신선편 이 채소 가공 중 절단에 의해 electrolyte leakage는 증가한다(Jiang et al., 2001). 식물 조직에서 electrolyte leakage 변화에 대한 정확한 기작은 아직 밝혀지지 않 았으나 반응패턴은 식물 조직이 절단에 의해 상처를 받아 급격히 증가한 뒤 피해를 받은 세포벽의 회복으 로 감소하여 완만하게 나타나다가 저장기간이 오래 지 나 품질의 부패가 관련되면 다시 증가하였다(Kim et al., 2005; Luo et al., 2004). 본 실험에서도 신선편 이 브로콜리는 절단 전 보다 절단 가공 후 증가하였 다(데이터 생략) 감소하는 전형적인 패턴을 나타냈으 나 저장 후반기에 TW + HT를 제외하고는 증가하지 않았는데 이는 신선편이 브로콜리 5°C 저장 9일은 아 직 품질의 부패가 심하지 않은 것으로 판단되었다. 그 리고 염소 등 살균소독제 처리는 신선편이 결구상추의 경우 수돗물과 비교하여 전기전도도가 높은 것으로 보 고(Das et al., 2011) 되었으나 본 실험에서는 차이가 크게 나타나지 않아 결구상추와 같이 조직이 연한 채 소와 달리 브로콜리에서는 그 영향이 적은 것으로 나 타났다.

## 3. 미생물

신선편이 브로콜리 저장 중 일반세균수와 대장균군 은 증가하여 저장 9일에 각각 4.93~6.41 및 1.88~ 2.96log CFU · g<sup>-1</sup>를 나타내었다(Fig. 3). 살균소독제 및 열처리는 수돗물 처리와 비교하여 신선편이 브로콜 리의 일반세균수를 감소시켰으나 저장 6일에 열처리는 수돗물과 차이가 없었고, 저장 9일에는 오히려 수돗물 보다 일반세균수가 높게 나타났다. 그리고 소성칼슘처 리는 저장 6일 이후 4.82~4.93log CFU · g<sup>-1</sup>로 염소 처리와 함께 가장 일반세균수가 낮게 나타났고, 수돗물 에 비하여 0.7log CFU · g<sup>-1</sup>의 감소효과를 나타내었다. 이는 신선편이 결구상추를 소성칼슘 용액에 침지한 결 과 수돗물 세척보다 일반세균수를 감소시키고, 50µL ·

신선편이 브로콜리의 품질과 미생물 성장에 영향을 주는 소성칼슘 용액 세척 및 열처리 효과



**Fig. 3.** Aerobic plate count (A) and coliform/*E. coli* plate count (B) of fresh-cut broccoli shreds stored at 5°C for 9 days. TW: tap water, CL: chlorine, CC: calcinated calcium, TW + HT: tap water combined with heat treatment. CC + HT: calcinated calcium combined with heat treatment. Vertical lines represent SE of the means of 6 replicates.

L<sup>-1</sup> 염소수 수준의 미생물 제어효과를 나타냈다는 Kim et al.(2011)의 보고와 유사하였다. 신선편이 브로콜리의 대장균군 변화에 있어서도 열처리와 살균소독제는 처리 직 후 수돗물 보다 낮게 나타났으나 저장 9일에는 일반세균수에서의 변화와 같이 열처리에서 대장균군이 높게 나타나는 경향이였다. 그리고 염소와 소성칼슘 단독 처리는 저장기간 중 수돗물 보다 낮았으며, 저장 9일에는 염소와 소성칼슘 처리에서 비슷한 수준으로 대장균군이 비교적 낮게 나타났다.

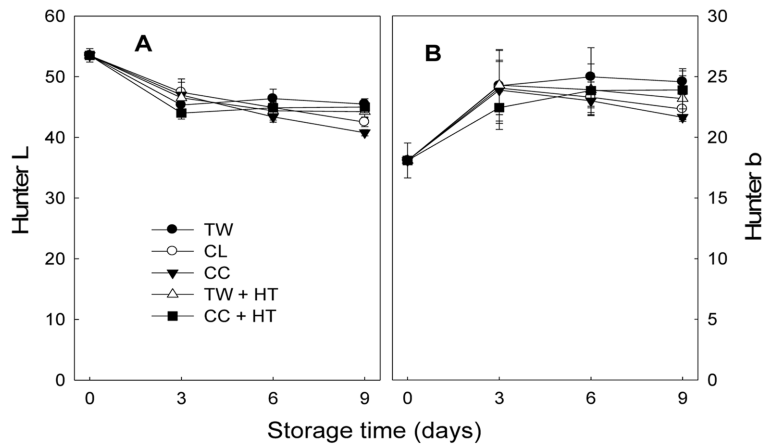
열처리와 칼슘침지를 연속적으로 혼합 사용한 처리는 신선편이 과일 미생물적인 품질을 유지하는데 효과가 있는(Encarna et al., 2008) 보고가 있으나 본 실험에서 신선편이 브로콜리 열처리는 저장 3일까지는 미생물 억제 효과를 나타냈으나 저장 6일 이후에는 효과가 나타나지 않았고 오히려 저장 9일에는 미생물수가 수돗물보다 높게 나타났다. 이는 신선편이 결국상추에 중온 열처리와 소성칼슘을 혼용 처리한 결과 저장 초반까지는 효과가 있었으나 이 후에는 오히려 품질에 나쁜 영향을 미쳤다는 Kim et al.(2011)의 보고와 유사하였다. 본 실험에서 사용한 열처리가 브로콜리 조직의 손상에 영향을 준 것으로, 열처리한 신선편이 브로콜리의 전기전도도가 높게 나타난 것(Fig. 2)과 관련하여 세포의 손상이 저장 후반기에 미생물수 증가와 관련이 깊은 것으로 판단되었다. 따라서 소성칼슘은 50μL·L<sup>-1</sup> 염소와 비슷한 수준의 일반세균수 및 대장균군 억제 효과를 나타내어 신선편이 브로콜리 살균소

독제로서 적용이 가능한 것으로 판단되었다.

#### 4. 색(Hunter L, b, hue angle)

신선편이 채소에서 변색은 매우 중요한 품질변화 요인 중의 하나로 브로콜리의 경우 저장유통 중에 chlorophyll이 분해되고, 화퇴 표면에 황화(yellowing) 현상이 나타나면 품질을 상실하는 것으로 여겨지고 있다. 살균소독 세척처리별 신선편이 브로콜리 저장 중 명도를 나타내는 Hunter L값은 저장 3일 이후 완만히 감소하는 경향을 보였으며(Fig. 3A) 황색도와 관련된 Hunter b값은 저장 3일 이후 완만히 증가하였다(Fig. 3B). 그리고 hue angle은 저장 9일간 변화 없이 238~241 내에서 유지되었다(데이터 생략).

이 결과로 신선편이 브로콜리 저장 중 색은 어두우면서 황색이 조금씩 증가한 것으로 나타났으나 살균소독 방법간에는 저장 9일 동안 L값 및 b값 차이가 없어 본 실험에서 사용한 살균소독제 및 열처리가 브로콜리 화퇴의 색에는 영향을 주지 못한 것으로 나타났다. 이는 Das and Kim(2010)이 오존수 등 살균소독제와 세척시간이 신선편이 브로콜리의 색에 영향을 주지 못한 결과와 유사하게 나타났다. 브로콜리 화퇴의 황화현상은 수확기에 이미 과숙되었거나 저장온도가 높은 경우 또는 에틸렌에 노출된 경우 발생하며 고유의 녹색을 잃고 노랗게 변색하다가 갈색 또는 흑갈색으로 변하며(Choi 등, 2011) 클로로필 함량의 감소와도 관련이 있다(Serrano et al., 2006). 또한 브로



**Fig. 4.** Hunter L (A) and b (B) value of fresh-cut broccoli treated with different sanitation and stored at 5°C for 9 days. TW: tap water, CL: chlorine, CC: calcinated calcium, TW + HT: tap water combined with heat treatment. CC + HT: calcinated calcium combined with heat treatment. Vertical lines represent SE of the means of 9 replicates.

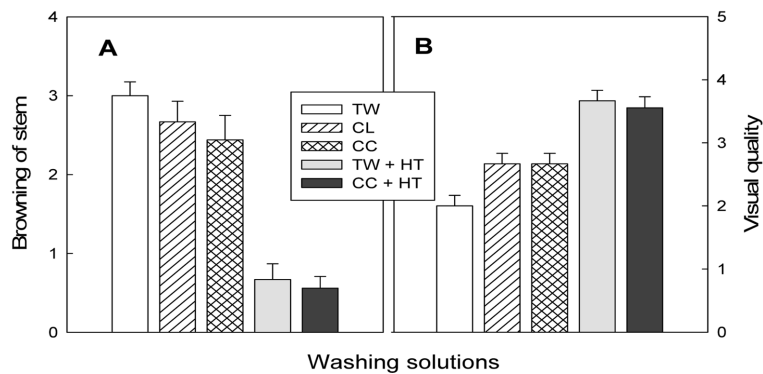
콜리 저장 시 오래 저온에 노출되면 안토시아닌 축적으로 화뢰가 어두운 보라색으로 변색하게 되며(Choi 등, 2011), 신선편이 브로콜리인 경우 절단면의 명도가 저장 중 낮아지면서 점차 어두운 색을 나타낸다(Olarte et al., 2009). Lemoine et al.(2009)의 연구에서 신선편이 브로콜리 화뢰의 명도는 저장 2주까지 차이가 없는 것으로 나타났는데 이는 저장온도가 0°C로 본 실험에서 사용한 5°C보다 낮은 온도가 브로콜리의 색 유지에 영향을 미친 것으로 여겨졌다.

### 5. 관능평가

신선편이 브로콜리 저장 9일 후 절단면의 갈변 및 외관적인 품질은 Fig. 5와 같다. 브로콜리 줄기 절단

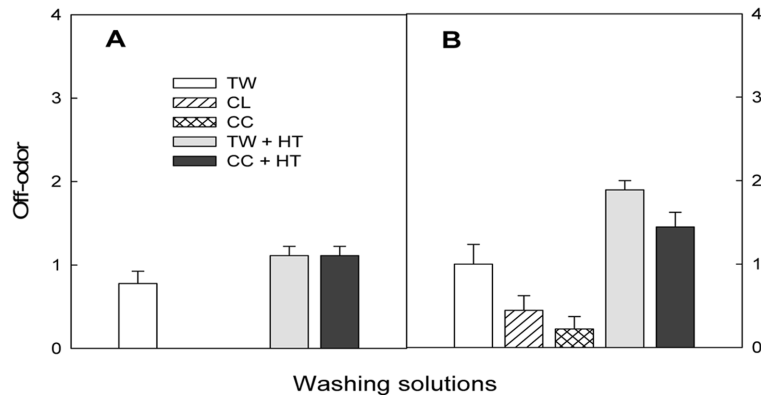
면의 갈변은 열처리구를 제외하고는 모두 2.4~3.0점으로 변색이 보통-심함에 해당되어 상품성을 거의 상실하는 수준이었다. 이 결과는 외관적인 품질과 관련이 깊어 낮은 변색 점수를 얻은 열처리구가 외관에 대한 관능적 품질평가에서 높은 점수를 얻는데 영향을 미친 것으로 나타났다. 이는 열처리가 브로콜리의 황화를 억제하고(Ansorena et al., 2011), 클로로필 함량 유지에 비열처리 보다 높은 경향을 나타낸다(Lemoine et al., 2009)는 결과와 관련이 있는 것으로 여겨졌다. 비열처리구에서 소성칼슘과 염소 처리는 열처리구보다는 외관적 품질이 낮았으나 수돗물 세척보다는 높아 외관적 품질유지에 도움을 주는 것으로 나타났다.

신선편이 브로콜리 저장 중 이취는 대조구와 열처리



**Fig. 5.** Browning index (A) and visual quality (B) of fresh-cut broccoli samples after 9 days storage at 5°C. TW: tap water, CL: chlorine, CC: calcinated calcium, TW + HT: tap water combined with heat treatment. CC + HT: calcinated calcium combined with heat treatment. Vertical lines represent SE of the means of 9 replicates.

신선편이 브로콜리의 품질과 미생물 성장에 영향을 주는 소성칼슘 용액 세척 및 열처리 효과



**Fig. 6.** Off-odor development of packaged fresh-cut broccoli samples after 6 days (A) and 9 days (B) storage at 5°C. TW: tap water, CL: chlorine, CC: calcinated calcium, TW + HT: tap water combined with heat treatment. CC + HT: calcinated calcium combined with heat treatment. Vertical lines represent SE of the means of 12 replicates.

구에서는 저장 6일부터 감지되어 저장 9일에는 증가하였고 다른 처리구에서도 저장 9일에 모두 나타났다 (Fig. 6). 살균소독 세척방법별 이취 발생은 염소수와 소성칼슘처리에서 저장 6일에는 나타나지 않았고, 저장 9일에 감지되었으나 이취 지수가 각각 0.4 및 0.3으로 상품성에 영향을 미치지 못하는 수준으로 이취 억제에 효과적이었다. 그러나 수돗물 + 열처리구는 저장 9일에 이취 지수 2에 도달하여 상품성 한계수준을 나타냈다. 신선편이 채소에서 이취 발생은 제품 포장 내부의 낮은 O<sub>2</sub> 및 높은 CO<sub>2</sub> 농도에 의한 혐기적 호흡과정의 산물이다(Cameron et al., 1995). 본 실험에서 염소수와 소성칼슘 처리는 이취 발생의 정도를 지연시켰는데 이는 저장기간 중 상대적으로 CO<sub>2</sub> 농도의 축적이 낮았던 것이 원인으로 여겨졌다.

### 적 요

환경친화적인 농산물 살균소독 세척방법으로 소성칼슘 및 열처리에 의한 신선편이 브로콜리 저장 중 품질 및 미생물적인 안전성 향상 효과를 구명하기 위하여 본 연구를 수행하였다. 브로콜리를 절단한 뒤 수돗물, 50μL·L<sup>-1</sup> 염소수 및 1.5g·L<sup>-1</sup> 소성칼슘 용액과 45°C의 수돗물 열처리, 열처리와 살균소독제를 혼합한 45°C의 1.5g·L<sup>-1</sup> 소성칼슘 용액에서 각각 2분 세척하였다. 그리고 신선편이 브로콜리를 50μm PE 필름에 포장하여 5°C에서 9일 저장하면서 기체조성, 전기전도도, 미생물수, 색 및 관능적인 품질을 조사하였다. 포

장내부의 기체조성은 열처리에서 O<sub>2</sub> 농도가 낮고, CO<sub>2</sub> 농도는 높았으나 비열처리구에서는 살균소독 방법 간에 차이가 없었다. 소성칼슘 및 염소수 살균소독처리는 수돗물 처리보다 신선편이 브로콜리의 미생물 감소에 효과적이었고 열처리는 저장 3일까지는 효과가 있었으나 6일 이후에는 나타나지 않았다. 전기전도도는 소성칼슘 + 열처리에서 높게 나타났고, 색은 저장기간이 지나면서 명도가 낮아지고 황색도는 증가하였으나 살균소독 처리간에는 차이가 나타나지 않았다.

신선편이 브로콜리 저장 중 미생물수는 소성칼슘 단독처리가 염소수와 비슷한 수준으로 저장 9일 동안 일 반세균수 제어효과를 나타냈고, 대장균군도 수돗물 처리보다 저장기간 내내 적게 나타났다. 또한 브로콜리 절단면의 변색 억제에는 열처리가 효과적이었으나 이취는 높게 나타났으며, 비열처리구에서 소성칼슘 용액 처리는 염소수와 같이 수돗물보다 외관이 우수하고, 이취가 적게 나타났다. 따라서 소성칼슘 처리는 환경친화적인 방법으로서 신선편이 브로콜리의 염소 살균소독 세척을 대체할 수 있는 방법으로 판단되었다.

**주제어 :** 미생물안전성, 살균소독제, 신선편이채소, 염소세척, 환경친화적

### 인 용 문 헌

1. Ansorena, M.R., N.E. Marcovich, and S.I. Roura. 2011. Impact of edible coatings and mild heat shocks on quality of minimally processed broccoli (*Brassica*

- oleracea* L.) during refrigerated storage. Postharvest Biol. Technol. 59:53-63.
2. Cameron, A.C., P.C. Talasila, and D.W. Joles. 1995. Predicting film permeability needs for modified atmosphere packaging of lightly processed fruits and vegetables. HortScience 30:25-34.
  3. Choi, J.W., W.M. Lee, J.H. Kwak, W.B. Kim, J.G. Kim, S.K. Lee, and M.A. Cho. 2011. Recent research status of postharvest management of broccoli. Korean J. Intl. Agri. 23:497-502 (in Korean).
  4. Das, B.K. and J.G. Kim. 2010. Microbial quality and safety of fresh-cut broccoli with different sanitizers and contact times. J. Microbiol. Biotechnol. 20: 363-369.
  5. Das, B.K., J.G. Kim, and J.W. Choi. 2011. Edge browning and microbial quality of fresh-cut Iceberg lettuce with different sanitizers and contact times. Bulgarian J. Agri. Sci. 17:55-62.
  6. Encarna, A., H.E. Victor, and A. Francisco. 2008. Effect of hot water treatment and various calcium salts on quality of fresh-cut 'Amarillo' melon. Postharvest Biol. Technol. 47:397-406.
  7. Fallik, E. 2004. Prestorage hot water treatments (immersion, rinsing and brushing) Postharvest Biol. Technol. 32:125-134.
  8. Gandhi, M. and K.R. Matthews. 2003. Efficacy of chlorine and calcinated calcium treatments of alfalfa seeds and sprouts to eliminate Salmonella. Intl. J. Food Microbiol. 87:301-306.
  9. Izumi, H. 2007. Current status of the fresh-cut produce industry and sanitizing technology in Japan. Acta Hort. 746:45-52
  10. Jacxsens, L., F. Devlieghere, P. Ragaert, E. Vanneste, and J. Debevere. 2003. Relation between microbiological quality, metabolite production and sensory quality of equilibrium modified atmosphere packaged fresh-cut produce. Intl J. Food Microbiol. 83:263-280.
  11. Jiang, Y., T. Shina, N. Nakamura, and A. Nakahara. 2001. Electrical conductivity evaluation of postharvest strawberry damage. J. Food Sci. 66:1392-1395.
  12. Kim, J.G. 2007. Fresh-cut produce industry and quality management. Semyeong Press, Suwon, Korea (in Korean).
  13. Kim, J.G. 2012. Environmental friendly sanitation to improve quality and microbial safety of fresh-cut vegetables, p. 173-196. In: Biotechnology-molecular studies and novel applications for improved quality of human life. Intech, Croatia.
  14. Kim, J.G., H. Nimitkeatkai, J.W. Choi, and S.R. Cheong. 2011. Calcinated calcium and mild heat treatment on storage quality and microbial reduction of fresh-cut iceberg lettuce. Hort. Environ. Biotechnol. 52:408-412.
  15. Kim, J.G., Y. Luo, R.A. Saftner, and K.C. Gross. 2005. Delayed modified atmosphere packaging of fresh-cut Romaine lettuce: Effects on quality maintenance and shelf-life. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 130:116-123.
  16. Lemoine, M.L., P. Civello, A. Chaves, and G. Martines. 2009. Hot air treatment delays senescence and maintains quality of fresh-cut broccoli florets during refrigerated storage. LWT Food. Sci. Technol. 42: 1076-1081.
  17. Loaiza, J. and M. Cantwell. 1997. Postharvest physiology and quality of cilantro (*Coriandrum sativum* L.). HortScience 32:104-107.
  18. Lopez-Galvez, G., G. Peiser, X. Nie, and M. Cantwell. 1997. Quality changes in packaged salad products during storage. Zeithschrift Lebensmittel - Untersuchung Forschung. 205:64-72.
  19. Luo, Y., J.L. McEvoy, M.R. Wachtel, J.G. Kim, and Y. Huang. 2004. Package atmosphere affects postharvest biology and quality of fresh-cut cilantro leaves. HortScience 39:567-570
  20. Moreira, M.R., A.G. Ponce, C.E. Valle, and S.I. Roura. 2006. Ascorbic acid retention, microbial growth, and sensory acceptability of lettuce leaves, subjected to mild heat shocks. J. Food Sci. 71:S188-S192.
  21. Olarte, C., S. Sanzz, J.F. Echavari, and P. Ayala. 2009. Effect of plastic permeability of minimally processed broccoli and cauliflower. LWT Food Sci. Technol. 42: 402-411.
  22. Sawai, J. 2003. Quantitative evaluation of antibacterial activities of metallic oxide powders (ZnO, MgO and CaO) by conductimetric assay. J. Microbiological Methods 54:177-182.
  23. Sawai, J., H. Shiga, and H. Kojima. 2001. Kinetic analysis of the bactericidal action of heated scallop-shell powder. Intl. J. Food Microbiol. 71:211-218.
  24. Serrano, M., D. Martinez-Romero, F. Guillen, S. Castillo, and D. Valero. 2006. Maintenance of broccoli quality and functional properties during cold storage as affected by modified atmosphere packaging. Postharvest Biol. Technol. 39:61-68.