ISSN(Print) : 1738-7248, ISSN(Online) : 2287-7428
Korean J. Food Preserv.
24(6), 827-833 (2017)
https://doi.org/10.11002/kjfp.2017.24.6.827

사단법인 한국식품저장유통학회
The Korean Society of Food Preservation

Effect of commercial sanitizers on microbial quality of fresh-cut iceberg lettuce during storage

Tae-Young Hwang*
Department of Food Science and Technology, Jungwon University, Goesan 32713, Korea

세척용 시판 살균제 종류에 따른 신선편의 양상추의 저장 중 미생물 변화

황태영*
중원대학교 식품공학과

Abstract

This study was investigated the effects of various commercial sanitizers on microbial characteristics in fresh-cut iceberg lettuce during storage. For screening sanitizer, lettuce was cut and dipped in chlorine water (0.2 ml·L^{-1}), solution of organic acids such as ascorbic acid, citric acid, acetic acid, mixture of ascorbic acid and acetic acid (1-6%), and solutions of commercial sanitizers such as Formula 4^{TM} (1,3,4%), Fresh produce wash^{TM} (1,3,4%), Cleancol^{TM} (1%), Chitochol^{TM} (1%) and Natural Ca^{TM} (0.1%) for 3 min, respectively. Washing lettuce with selected sanitizers resulted in reduction of aerobic bacteria of more than 2 log CFU/g. Initial pH of lettuce was related with the pH of sanitizers. pH ranged from 4.7 to 6.1 in Formula 4 (4%, pH 1.7) and Natural Ca (0.1%, pH 12.0), respectively. Chlorine water showed consistent and significant inhibition effect in all of microorganisms except total coliform. Over 3% of Formula 4 and Fresh produce wash were found to have high bactericidal activity among sanitizers. The sanitizers of chlorine water, Fresh produce wash, Chitochol and Natural Ca were effective in reducing yeast and mould populations. As coliform and *E. coli,* Formula 4 (4%) showed the highest bactericidal activity. The bactericidal effect of commercial sanitizers during storage varied with the kinds and concentrations of tested sanitizers. Although inhibition effect was not showed during storage, these results suggest that commercial sanitizers could be an alternative to chlorine for washing fresh-cut produce.

Key words : sanitizer, commercial, fresh-cut lettuce, microbial change, alternative

서 론

최근 식품 관련 소비 추세는 건강 및 편의성 지향으로 나타나고 있으며, 이에 따라 신선 과일 및 채소를 간편하게 섭취가 가능하도록 최소한의 가공만 행하는 신선편의식품(fresh-cut)에 대한 수요가 증대되고 있다(1). 신선편의식품의 품질요소로는 외관, 조직감 및 위생안전성을 들 수 있는데, 2007년 즉석섭취 및 편의식품 관련 법적 규격이 신설된 이후부터 신선편의식품에 대한 위생안전성 관리가 강화되고 있다(2). 신선편의 가공 단계에서 세척 및 살균은 제품의 위생안전성 확보를 위해 매우 중요한데, 국내외 대부분의 신선편의 농산물 제조업체에서는 유리염소 기준 50-200 ppm정도의 농도로 염소수를 제조하여 사용하고 있다(3-5). 염소수와 같은 염소계 살균제는 범용적이며 공정비용에 부담을 주지 않고 제품의 영양성분이나 관능적 품질에 미치는 영향이 작은 장점을 가지고 있으나(6), 고농도의 염소를 사용할 경우 작업장 내 염소가스 및 유해한 소독부산물이 발생될 수 있기 때문에 이를 대체할 만한 살균제가 필요한 상황이다(7,8).

염소계 살균제 대체 관련 연구는 지속적으로 이루어지고 있는데, 화학적 살균제 중 과산화수소의 경우 살균효과가 크지만 양상추의 갈변에 영향을 미치기 때문에 신선편의제

*Corresponding author. E-mail : hty301@jwu.ac.kr
Phone : 82-43-830-8617, Fax : 82-43-830-8679
Received 2 August 2017; Revised 1 September 2017; Accepted 27 September 2017.
Copyright ⓒ The Korean Society of Food Preservation. All rights reserved.

품의 제조 시 선호되지 못하고 있다(4). 또한 ascorbic acid, citric acid 및 lactic acid와 같은 유기산을 단독으로 혹은 염소와 병용하여 세척 시 살균제로 사용하고자 하는 시도와 연구가 보고되고 있는데, 유기산은 염소수의 pH를 저하시켜 살균력은 향상되지만 기기를 부식 시키는 단점이 있다(9). 염소 대체 관련 연구들을 바탕으로 국내외적으로 상업화된 살균제들이 지속적으로 출시되고 있는데, 다수의 제품이 알코올이나 유기산 등을 주요 소재로 하고 있다. 실례로 Fresh Procuce Wash™ (Drywite, Halesowen, England) 제품은 구연산나트륨이 주요 성분이다. 한편 신선편의 제조업체 현장에서 이와 같은 상업화된 살균제를 사용하고자 하더라도, 미생물 배지에서의 항균 효과 정도만이 제공될 뿐이고, 실제 제품에 적용 시 이들의 살균효과에 대한 연구 보고는 거의 없기 때문에 사용에 어려움이 존재하고 있다.

따라서 본 연구에서는 양상추의 신선편의 가공에 있어 세정 시 살균제로 상업화된 살균제를 적용하고 이들의 살균효과를 비교하였다. 일정 수준 이상의 살균력을 가지는 살균제를 선정하여, 이들을 적용했을 때 신선편의 양상추의 저장 중 미생물적 품질변화를 조사하고자 한다. 이러한 결과는 상업적 살균제의 실제 살균효과에 대한 기초 정보로 활용할 수 있을 것이다.

재료 및 방법

실험재료 및 신선편의 가공

시중에서 판매중인 양상추를 실험 당일 구입하여, 구입 즉시 보냉하여 이동하였고, 구입 당일 실험에 사용하였다. 이물 제거 및 선별한 양상추를 샐러드 크기(4×4 cm)로 절단하고 증류수로 1차 세척 후 각각의 농도로 제조한 살균제 용액에 3분간 침지 후 3분간 헹굼 세척하였다. 종이타월을 이용하여 물기를 제거한 양상추는 각 100 g씩 low density polyethylene(LDPE) 필름(18×21 cm, 두께 50 μm)으로 밀봉 포장하여 10℃로 설정한 인큐베이터(Model VS-8480, Vision scientific Co, Ltd., Bucheon, Korea)에 저장하면서 미생물적 품질변화를 조사하였다. 시판 살균제의 스크리닝 실험 후 이를 통해 선정된 시판 살균제를 신선편의 양상추에 적용하고 저장 중 품질 변화를 조사하였다.

시판 살균제 및 용액 제조

시판 중인 살균제의 감균 효과를 스크리닝하기 위해 사용한 살균제 종류 및 용액의 농도는 다음의 Table 1과 같다. 즉, 염소용액은 식품첨가물급의 Y사(Seoul, Korea) 차아염소산나트륨제품(유효염소 4%)을 0.02%의 농도로 제조하여 사용하였다. ascorbic acid(1%), citric acid(1,2,3,4%) 및 acetic acid(1,3,5,6%)은 분석용 grade의 시약(Junsei Chemical Co., Ltd., Tokyo, Japan)으로 각 농도의 용액으로 제조하였고, citric acid와 acetic acid를 각각 1:1로 혼합하여 1, 2, 3%의 용액으로 제조하여 사용하였다. 시판중인 살균제 중 Formula 4(1,3,4%) 및 Fresh Produce Wash(1,3,4%)는 영국 D사의 제품을, 크린콜(1%), 키토콜(1%)은 J사(Ansan, Korea)(www.cleancohol.com) 및 천연칼슘(CaO)(0.1%)은 일본 B사의 제품을 각각 구입하여 해당 농도로 제조하여 사용하였다. 살균제 중 Formula 4와 Fresh Produce Wash는 citric acid를 함유하여 감균과 동시에 항갈변 효과를 목적으로 하는 제품이다(www.drywite.co.uk). 각 살균제의 농도는 각 살균제 업체에서 권장하고 있는 농도를 기준으로 설정하였다. 아스코르브산의 경우 원가 측면에서 다소 고가이므로 세척에 사용하기 어려운 점을 감안하여 1% 농도를 조제하여 기타 살균제와의 감균 효과 비교를 위해 적용하였다.

Table 1. pH and concentration of commercial sanitizers washing for fresh-cut lettuce

Sanitizers[1)]	Brand name	Ingredients	Solution	
			Concentration (%)	pH
CL	Sodium hypochlorite	Sodium hypochlorite (NaOCl)	0.02	9.7±0.2
F4	Formula 4	(Sulfite free) Citric acid	1.0	2.0±0.3
			3.0	1.8±0.2
			4.0	1.7±0.1
FPW	Fresh produce wash	Sucrose esters, sodium citrate, glycerin	1.0	4.2±0.2
			3.0	4.3±0.2
			4.0	4.4±0.1
CC	Cleancol	Ethyl alcohol. grapefruit seed extract	1.0	5.3±0.3
CT	Chitocol	Chitosan, glycerin, citric acid, ethyl alcohol	1.0	2.7±0.2
Ca	Natural calcium	Calcium oxide	0.1	12.0±0.1

[1)]DW, distilled water; CL, hypochlorite (NaOCl); CA, citric acid; F4, formular 4™; FPW, Fresh produce wash™; CC, Cleancol™; CT, Chitocol™; Ca, calcium oxide.

살균제의 감균 효과

살균제에 대한 스크리닝 결과는 시판 살균제 각각의 감균 효과로 나타내었는데(10), 살균제 적용 전후의 일반세균수를 측정하여 그 차이를 log reduction으로 나타내었다.

pH 변화 측정

서로 다른 살균제 적용에 따른 양상추의 저장 중 pH 변화는 시료와 증류수를 1:1로 혼합하여 균질화한 다음 여과하여 pH meter(420A, Orion, Beverly, MA, USA)를 이용하여 측정하였다.

미생물의 정량적 측정

멸균 팩에 각 처리구의 신선편의 양상추 시료 10 g씩을 넣고 0.85% saline solution을 90 mL 가하여 1분간 좌우상하로 각 100회식 교반한 후, 1 mL씩 취하여 일반세균배지(Petrifilm™ aerobic count, 3M, St. Paul, MN, USA), 효모 및 곰팡이배지(Petrifilm™ yeast and mold, 3M)와 대장균군배지(Petrifilm™ coliform count, 3M)에 각각 접종하였다. 접종 후 일반세균은 35℃에서 48시간, 효모 및 곰팡이는 25-28℃에서 48시간, 대장균군은 35℃에서 24시간 동안 배양한 후 colony 수를 측정하여 log colony forming unit(CFU/g)로 나타내었다.

통계분석

실험은 3회 반복 실시하였으며, 유의성 검증을 위하여 SPSS version 12(SPSS Institute, Chicago, IL, USA)를 이용하여 ANOVA analysis와 Duncan's multiple range test로 5% 수준에서 유의성을 분석하였다.

결과 및 고찰

시판 살균제의 감균 효과 비교

시판 살균제의 감균 효과는 살균제 적용 전후의 일반세균수의 변화를 비교하여 나타내었다(Fig. 1). 증류수, 염소수 및 유기산 종류별, 시판 살균제 종류별로 그룹을 나누었을 때 각 살균제별로 유의적인 차이가 나타났다($p<0.05$). 증류수의 감균 효과를 0으로 했을 때 0.02%의 염소수가 가장 높은 수준의 감균 효과(log 3.1)을 나타내었다. 다수의 연구에서 적정 농도의 염소 계열 살균제의 감균 효과는 1-2 log 수준이 바람직하다고 한 것과 비교해 다소 높은 수준으로 나타났다(9,11). 또한 유기산 중 1%의 농도 기준 ascorbic acid는 1.3, citric acid는 0.7 log 수준의 감균 효과를 나타내었으며, acetic acid가 가장 높은 수준의 감균 효과(2.4 log)를 나타내었다. 신선편의 양상추에 ascorbic acid, acetic acid, citric acid, lactic acid를 각각 0.5, 1%로 적용했을 때 모든 처리구에서 증류수 처리구와 비교하여 1-2 log 수준(*L. monocytogenes, E. coli*)의 감균 효과를 나타낸 것과 유사하였으나, lactic 및 citric acid에서 가장 효과적으로 나타난 것은 본 연구 결과와 다소 상이하였다. 이러한 차이는 세척 과정, 용액의 pH, 대상 미생물 종류의 차이 등에서 기인한 것으로 보인다(12). 유기산은 generally recognized as

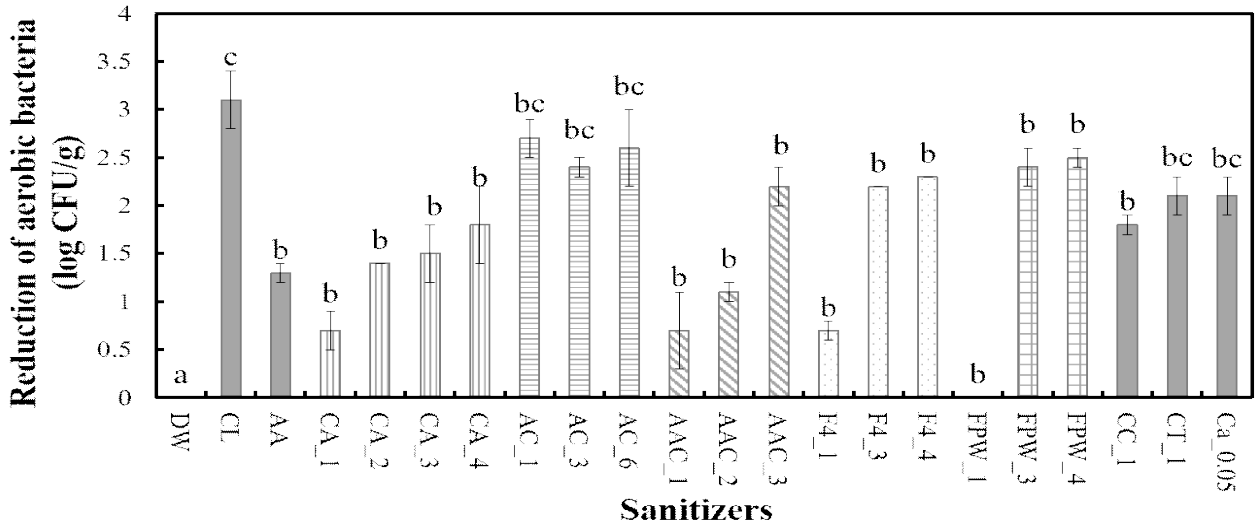

Fig. 1. Relative efficacy of various sanitizers in aerobic bacteria on fresh-cut iceberg lettuce.

DW, distilled water; CL, hypochlorite (NaOCl) (0.02%); AA, 1% ascorbic acid; CA_1, 1% citric acid, CA_2; 2% citric acid; CA_3, 3% citric acid; CA_4, 4% citric acid; AC_1, 1% acetic acid; AC_3, 3% acetic acid; AC_6, 6% acetic acid; AAC_1, ascorbic acid+acetic acid=1:1 (1%); AAC_2, ascorbic acid+acetic acid=1:1 (2%); AAC_3, ascorbic acid+acetic acid=1:1 (3%); F4_1, 1% formular 4™; F4_3, 3% formular 4™; F4_4, 4% formular 4™; FPW_1, 1% Fresh produce wash™; FPW_3, 3% Fresh produce wash™; FPW_4, 4% Fresh produce wash™; CC_1, 1% Cleancol™; CT_1, 1% Chitocol™; Ca_0.05, 0.05% calcium oxide.
Log10 CFU/g reduction; Log10 (distilled water)-Log10 (sanitizer).
Vertical lines represent Mean±SD (n=3).
[a-c]Mean values with different letters within a row are significantly different $p<0.05$ by Duncan's multiple range test.

safe(GRAS)로 안전성 측면이나 항균효과 측면에서 염소를 대체할 수 있는 물질군으로 알려져 있다(9,11,13). 한편 ascorbic acid와 acetic acid를 동량으로 혼합한 용액 1%에서는 citric acid 1%와 같은 0.7% 수준의 log reduction을 나타내어 혼합으로 인한 영향은 보이지 않았다. 유기산 종류간의 비교에서는 acetic acid 그룹만이 유의적인 차이를 나타내었으며, 시판중인 살균제 중 Formula 4(F4)™ 및 Fresh Produce Wash(FPW)™이 유기산과 동일한 감균 양상을 나타내었다. 알코올을 기반으로 하는 시판 살균제 중 크린콜은 자몽종자 추출물 즉, ascorbic acid를, 키토콜은 citric acid를 함유하고 있는데, 크린콜은 1.8, 키토콜은 2.1 log 수준의 감균 효과를 나타내었다. 또한 칼슘의 경우 0.05%에서 2.1 log 수준의 감균 효과를 나타내었다. 즉, 시판 살균제들은 농도별로 상이하지만 대부분 2.0 log 수준의 감균 효과를 나타내고 있었으며, acetic acid 전체 농도, ascorbic acid와 acetic acid 혼합용액 3%에서와 동일한 양상의 감균 효과를 나타내었다.

시판 살균제 적용에 따른 신선편의 양상추의 저장 중 pH 변화

다양한 살균제의 감균 효과 결과를 바탕으로 2.0 log 이상의 감균 효과를 나타내는 시판 살균제를 선정하고, 이들을 신선편의 양상추의 세척 시 살균제로 사용하였다. 저장 중 양상추의 pH 변화를 측정한 결과는 다음의 Table 2와 같았다. 모든 처리구에서 초기 pH는 4.7-6.1수준으로 F4의 농도가 3, 4%일 때의 pH만 유의적으로 낮은 수준이었다(4.7, 4.9). 이는 F4(3, 4%)용액의 pH가 가장 낮았기 때문으로 판단된다(Table 1). 이처럼 저장 초기 양상추의 pH는 살균제 용액의 pH와 관련이 있었다. 칼슘용액의 경우 용액의 pH가 12로 가장 높았는데, 양상추의 pH도 6.1로 가장 높았다. 또한 모든 처리구에서 저장에 따라 pH는 증가하는 경향을 나타내다가, 저장 후기로 갈수록 유의적으로 낮아지고 있었다(Table 2). 일반적인 신선농산물의 경우 pH가 5.8-6.5로 절단, 세척과 같은 가공이나 기체조성, 온도와 같은 저장조건에 의해 영향을 받는 것으로 보고되고 있다(14,15). 본 연구결과에서도 F4를 제외한 모든 처리구에서 유사한 결과를 나타내고 있었다.

시판 살균제 적용에 따른 신선편의 양상추의 저장 중 미생물적 품질 변화

시판 살균제로 세척한 양상추의 저장 중 일반세균의 변화는 다음의 Table 3과 같았다. 살균제 종류 및 저장일수에 따른 유의적 차이가 나타났으며 저장에 따라 증가하고 있었다. 염소수의 경우 현저히 낮은 일반세균수를 나타내어 저장 7일까지도 3.0 log CFU/g 수준으로 유지하였다. 이러한 결과는 고농도 처리 및 항온유지에 의한 효과로 판단된다(16). 반면 F4와 FPW의 경우 1% 농도에서 증류수 처리구와 유사한 수준으로 감균 효과가 나타나지 않았다. 한편 3, 4%의 농도에서는 저장 초기 3.4-3.7 log CFU/g 수준으로 낮게 나타났으며 저장일 경과에 따라 최대 9.5 log CFU/g까지 증식하였다. 약산의 살균작용은 세포 내부로 유입된 유기산이 세포의 pH 및 세포막 투과성을 변화시켜 기질 이동을 방해하고 전자전달 체계 이상이나 효소의 변성을 초래하여 미생물 증식에 영향을 주는 것으로 알려져 있다(17,18). 또한 세포 외부의 산도가 증가하게 되면 세포 내부로 유입되는 양성자를 제거하기 위해 더 많은 에너지를 소비하기

Table 2. Changes of pH in fresh-cut lettuce treated with different sanitizers and stored at 10℃ for 7 days

Sanitizers	Concentration (%)	Storage period (day)			
		0	1	2	7
DW[1)]	-	5.8±0.1[2)a3)bB4)]	5.8±0.2[abB]	5.8±0.1[bB]	6.0±0.2[aB]
CL	0.02	5.8±0.1[abB]	5.9±0.1[abB]	5.7±0.2[bB]	6.0±0.3[aB]
F4	1.0	5.6±0.1[abB]	5.9±0.1[abB]	6.1±0.2[bB]	5.3±0.2[aB]
	3.0	4.9±0.1[abA]	5.3±0.2[abA]	5.5±0.1[bA]	5.2±0.1[aA]
	4.0	4.7±0.1[abA]	5.0±0.1[abA]	5.2±0.13[bA]	5.1±0.2[aA]
FPW	1.0	5.8±0.2[abB]	6.2±0.2[abB]	6.4±0.1[bB]	5.7±0.1[aB]
	3.0	5.9±0.1[abB]	6.0±0.0[abB]	6.2±0.2[bB]	5.6±0.1[aB]
	4.0	6.0±0.1[abB]	5.8±0.1[abB]	5.9±0.2[bB]	5.6±0.3[aB]
CC	1.0	5.8±0.2[abB]	5.9±0.2[abB]	5.8±0.1[bB]	5.7±0.2[aB]
CT	1.0	5.8±0.1[abB]	6.0±0.2[abB]	5.7±0.2[bB]	5.1±0.4[aB]
Ca	0.1	6.1±0.1[abB]	6.1±0.4[abB]	6.1±0.1[bB]	5.2±0.2[aB]

[1)]DW, distilled water; CL, chlorine (Cl_2) hypochlorite (NaOCl); F4, formular 4™; FPW, Fresh produce wash™; CC, Cleancol™; CT, Chitocol™; Ca, calcium oxide.
[2)]Values are the means of triplicate±SD.
[3)a-b]Mean values with different letters within a row are significantly different $p<0.05$ by Duncan's multiple range test.
[4)A-B]Mean values with different letters within a column are significantly different $p<0.05$ by Duncan's multiple range test.

Table 3. Changes of aerobic bacteria in fresh-cut lettuce treated with different sanitizers and stored at 10℃ for 7 days

(log CFU/g)

Sanitizers	Concentration (%)	Storage period (day)			
		0	1	2	7
DW[1)]	-	5.9±0.2[2)a3)B4)]	4.1±0.2[aB]	7.1±0.1[bB]	9.0±0.2[cB]
CL	0.02	2.8±0.1[aA]	3.3±0.1[aA]	3.0±0.3[bA]	3.0±0.2[cA]
F4	1.0	5.1±0.1[aB]	6.9±0.1[aB]	7.0±0.2[bB]	8.7±0.2[bB]
	3.0	3.7±0.3[aAB]	4.0±0.4[aAB]	6.9±0.1[bAB]	9.3±0.1[cAB]
	4.0	3.5±0.1[aAB]	3.1±0.1[aAB]	5.2±0.2[bAB]	9.0±0.2[cAB]
FPW	1.0	5.9±0.2[aB]	7.9±0.2[aB]	8.0±0.1[bB]	8.0±0.1[cB]
	3.0	3.5±0.1[aAB]	6.1±0.3[aAB]	7.1±0.2[bAB]	9.5±0.1[cAB]
	4.0	3.4±0.1[aAB]	3.1±0.1[aAB]	3.0±0.2[bAB]	8.7±0.3[cAB]
CC	1.0	4.1±0.2[aAB]	3.9±0.2[aAB]	7.0±0.2[bAB]	8.0±0.2[cAB]
CT	1.0	3.8±0.1[aAB]	3.7±0.2[aAB]	6.9±0.2[bAB]	9.5±0.3[cAB]
Ca	0.1	3.8±0.4[aAB]	3.8±6.1[aAB]	5.2±0.2[bAB]	9.0±0.4[cAB]

[1)]DW, distilled water; CL, hypochlorite (NaOCl); F4, formular 4[TM]; FPW, Fresh produce wash[TM]; CC, Cleancol[TM]; CT, Chitocol[TM]; Ca, calcium oxide.
[2)]Values are the means of triplicate±SD.
[3)a-c]Mean values with different letters within a row are significantly different $p<0.05$ by Duncan's multiple range test.
[4)A-B]Mean values with different letters within a column are significantly different $p<0.05$ by Duncan's multiple range test.

때문에 증식이 억제 된다고 한다(19). 특히 citric acid의 경우 세포 내부로 유입되는 양보다는 세포 내부에서 해리되는 능력이 뛰어나기 때문에 세포 내부의 산성화를 유도하고, 미생물 성장에 필수적인 polyvalent cation과 킬레이팅하여 증식억제효과를 나타낸다고 보고되고 있다(20). 알코올을 주원료로 한 크린콜, 키토콜의 경우 각 1%의 농도에서 저장 초기 3.8-4.1 log CFU/g수준으로 감균 되며 저장일 경과에 따라 증가하는 경향을 나타내었다. 에탄올은 peptidoglycan의 가교결합을 저해하여 살균하는 것으로 보고되고 있으며(21), 유기산과 함께 사용할 경우 오히려 유기산의 활성이 저하되어 감균 효과가 낮아질 수 있다(22).

시판 살균제를 사용하여 세척한 양상추의 저장 중 효모의 변화는 Table 4와 같았으며, 곰팡이의 경우 전체 처리구에서 검출되지 않았다. 효모의 경우 저장일 경과에 따른

Table 4. Changes of yeasts in fresh-cut lettuce treated with different sanitizers and stored at 10℃ for 7 days

(log CFU/g)

Sanitizers	Concentration (%)	Storage period (day)			
		0	1	2	7
DW[1)]	-	3.5±0.2[2)b3)c]	2.0±0.3[bc]	5.0±0.2[bc]	2.2±0.1[bc]
CL	0.02	ND[4)a]	ND[a]	ND[a]	ND[a]
F4	1.0	4.8±0.3[c]	4.0±0.2[c]	ND[c]	7.7±0.4[c]
	3.0	1.0±0.3[abc]	ND[abc]	2.6±0.4[abc]	4.1±0.3[abc]
	4.0	ND[abc]	1.0±0.3[abc]	ND[abc]	7.0±0.5[abc]
FPW	1.0	4.2±0.2[c]	5.0±0.4[c]	ND[c]	8.3±0.2[c]
	3.0	ND[a]	ND[a]	ND[a]	ND[a]
	4.0	ND[a]	ND[a]	ND[a]	ND[a]
CC	1.0	1.0±0.2[ab]	ND[ab]	ND[ab]	1.0±0.2[ab]
CT	1.0	ND[a]	ND[a]	ND[a]	NDa
Ca	0.1	ND[a]	ND[a]	ND[a]	ND[a]

[1)]DW, distilled water; CL, hypochlorite (NaOCl); F4, formular 4[TM]; FPW, Fresh produce wash[TM]; CC, Cleancol[TM]; CT, Chitocol[TM]; Ca, calcium oxide.
[2)]Values are the means of triplicate±SD.
[3)a-c]Mean values with different letters within a column are significantly different $p<0.05$ by Duncan's multiple range test.
[4)]ND, not detected.

유의차는 발견되지 않았으나, 살균제에 따른 유의차는 나타났다($p<0.05$). 일반세균 결과와 유사하게 염소수, FPW(3,4%), 키토콜, 칼슘제제가 동일한 경향의 감균 효과를 나타내고 있었다. F4의 경우 감균 효과보다는 항갈변 효과에 중점을 둔 제품으로, 효모 저해 효과도 여타 살균제에 비해 낮았다. 유기산중 acetic acid나 citric acid는 전통적으로 곰팡이 저해제로 활용되고 있으며 citric acid ($C_3H_5O(COOH)_3$)와 같은 유기산의 곰팡이 저해 효과는 구조적으로 하나 이상의 카르복시기를 가지고 있기 때문으로 보고되고 있다(23).

살균제 종류에 따른 양상추에서 저장 중 대장균은 발견되지 않았으며(데이터 미기재), 대장균군의 변화는 다음의 Table 5와 같다. 저장에 따른 유의차는 발견되지 않았으나 살균제에 따른 유의차는 나타나고 있었다($p<0.05$). 염소수 처리의 경우 일반세균, 효모 및 곰팡이의 경우와 달리, 대장균군은 저장 1일경부터 1.0-2.8 log CFU/g 수준으로 증식하여 저해 효과가 크지 않았다. 가장 낮은 효과는 칼슘제제의 경우로 저장 7일경 대장균은 가장 높은 수준(7.1 log CFU/g)으로 나타나고 있었다. 대장균군의 저해는 F4에서 효과적으로 나타나 4% 수준에서는 저장 중 검출되지 않았다. 유기산의 대장균에 대한 저해 효과는 균주에 대한 감수성 차이 등으로 인해 일치하지는 않으나, 특히 acetic acid는 대장균 및 *Salmonella typhimurium, Listeria monocytogenes* 에 대한 우수한 저해 효과를 가지는 것으로 보고되고 있다(13,17).

시판 살균제 중 염소수를 대체하기 위한 제품들은 대부분 유기산 및 알코올을 중심으로 한 혼합물 형태이며, 이들의 항미생물 작용에 의한 미생물 저해 효과를 가지는 것으로 판단된다. 염소수의 원가 경쟁력 및 강력한 항균 효과에도 불구하고 작업장 안전 및 각종 위해성 부산물을 고려한다면 이를 대체할 만한 살균제의 적용 및 추가 검토가 지속적으로 이루어져야 할 것이다. 또한 초기 미생물 저해 효과가 큰 시판 살균제와 함께 공정관리 및 포장, 온도관리 등의 hurdle을 추가한다면 저장 후기까지 그 효과를 지속시켜 실제 현장에서 적용할 수 있을 것으로 판단된다.

요 약

시판 살균제의 실제 적용 시 감균 효과를 조사하기 위해 양상추를 신선편의 가공하고, 세척 시 살균제로 이들을 적용한 후 저장 중 pH 및 일반세균, 효모, 곰팡이, 대장균, 대장균군의 변화를 조사하였다.

살균제 스크리닝 결과, 0.02%의 염소수 처리 시 3.1 log 감소를, 1% 농도에서 acetic acid는 2.4 log, ascorbic acid는 1.3, citric acid는 0.7 log의 감균 효과를 나타내었다. 시판 중인 살균제 대부분에서 2 log 의 감균 효과를 나타내어, 이들을 신선편의 양상추에 적용하고 10℃에 저장하면서 양상추의 pH 변화 및 미생물의 변화를 조사하였다. 저장 초기 양상추의 pH는 살균제 용액의 pH에 따라 변화하고 있었는데, 용액의 pH가 가장 높은 칼슘제제(12.0)가 6.1, 가장 낮은 Formula 4(4%, pH 1.7)에서 가장 낮은 pH(4.7)로 나타났으며 저장일 경과에 따라 pH는 유의적으로 증가하고 있었다. 대장균군을 제외하고 0.02%의 염소수가 가장높은 수준의 미생물 저해 효과를 나타내었다. 반면 Formula 4, Fresh produce wash 모두 3% 이상에서 미생물 저해 효과가 나타나고 있었다. 특히 Formula 4는 대장균 및 대장

Table 5. Changes of total coliforms in fresh-cut lettuce treated with different sanitizers and stored at 10℃ for 7 days (log CFU/g)

Sanitizers	Concentration (%)	Storage period (day)			
		0	1	2	7
DW[1)]	-	2.8±0.2[2)b3)c]	3.8±0.3[bc]	3.1±0.1[bc]	2.5±0.2[bc]
CL	0.02	ND[4)a]	1.0±0.2[a]	2.8±0.2[a]	2.8±0.3[a]
F4	1.0	ND[abc]	3.3±0.3[abc]	4.3±0.4[abc]	3.2±0.3[abc]
	3.0	ND[abc]	ND[abc]	4.0±0.2[abc]	4.0±0.3[abc]
	4.0	ND[a]	ND[a]	ND[a]	ND[a]
FPW	1.0	ND[ab]	1.3±0.2[ab]	ND[ab]	ND[ab]
	3.0	ND[c]	4.0±0.3[c]	4.0±0.2[c]	6.5±0.5[c]
	4.0	1.3±0.3[abc]	2.8±0.2[abc]	ND[abc]	2.1±0.2[abc]
CC	1.0	2.0±0.2[abc]	3.0±0.4[abc]	ND[abc]	ND[abc]
CT	1.0	1.0±0.1[abc]	1.5±0.5[abc]	ND[abc]	2.3±0.2[abc]
Ca	0.1	2.8±0.2[c]	ND[c]	5.2±0.2[c]	7.1±0.4[c]

[1)]DW, distilled water; CL, hypochlorite (NaOCl); F4, formular 4™; FPW, Fresh produce wash™; CC, Cleancol™; CT, Chitocol™; Ca, calcium oxide.
[2)]Values are the means of triplicate±SD.
[3)a-c]Mean values with different letters within a column are significantly different $p<0.05$ by Duncan's multiple range test.
[4)]ND, not detected.

균균 저해 효과가 매우 좋았다. 모든 처리구에서 곰팡이는 검출되지 않았으며 효모의 경우 염소수와 Fresh produce wash 및 알코올 살균제 중 키토콜과 칼슘 제제 처리구가 효과적으로 저해하고 있었다. 시판 살균제에 따라 미생물 저해 효과는 다르게 나타나고 있었으나 염소수와 비교했을 때 초기 미생물 저해 효과는 존재하고 있기 때문에 부가적인 hurdle technology 및 공정관리를 통해 저장 중 항미생물 효과를 지속시킨다면 실제 적용이 가능할 것으로 판단된다.

References

1. Hwang TY, Moon KD (2005) Technical trend and prospect of minimal processing fruits and vegetables industry. Food Science and Industry, 38, 120-130
2. KFDA (2007) Notification No. 2007-63, Korea Food and Drug Administration, Seoul, Korea, p 29-31
3. Gil MI, Selma MV, Lopez-Galvez F, Allende A (2009) Fresh-cut product sanitation and wash water disinfection: Problems and solutions. Int J Food Microbiol, 134, 37-45
4. Rico D, Martin-Diana AB, Barat JM, Barry-Ryan C (2007) Extending and measuring the quality of fresh-cut fruit and vegetables: A review. Trends Food Sci Technol, 18, 373-386
5. Francis GA, Thomas C, O'beirne D (1999) The microbiological safety of minimally processed vegetables. Int J Food Sci Technol, 34, 1-22
6. Nou XW, Luo YG (2010) Whole-leaf wash improves chlorine efficacy for microbial reduction and prevents pathogen cross-contamination during fresh-cut lettuce processing. J Food Sci, 75, 283-290
7. Van Haute S, Sampers I, Holvoet K, Uyttendaele M (2013) Physicochemical quality and chemical safety of chlorine as a reconditioning agent and wash water disinfectant for fresh-cut lettuce washing. Appl Environ Microbiol, 79, 2850-2861
8. Ongeng D, Devlieghere F, Coosemans J, Ryckeboer J (2006) The efficacy of electrolysed oxidising water for inactivating spoilage microorganisms in process water and on minimally processed vegetables. Int J Food Microbiol, 109, 187-197
9. Zhang S, Farber JM (1996) The effects of various disinfectants against *Listeria monocytogenes* on fresh-cut vegetables. Food Microbiol, 13, 311-321
10. Petri E, Rodriguez M, Garcia S (2015) Evaluation of combined disinfection methods for reducing *Escherichia coli* O157:H7 population on fresh-cut vegetables. Int J Environ Res Public Health, 12, 8678-8690
11. Akbas MY, Olmez H (2007) Inactivation of *Escherichia coli* and *Listeria monocytogenes* on iceberg lettuce by dip wash treatments with organic acids. Lett Appl Microbiol, 44, 619-624
12. Breidt Jr F, Hayes JS, McFeeters RF (2004) Independent effects of acetic acid and pH on survival of *Escherichia coli* in simulated acidified pickle products. J Food prot, 67, 12-18
13. Dickson JS (1992) Acetic acid action on beef tissue surfaces contaminated with *Salmonella typhimurium*. J Food Sci, 57, 297-301
14. Ahvenainen R (1996) New approaches in improving the shelf life of minimally processed fruit and vegetables. Trends Food Sci Technol, 7, 179-187
15. Ke D, Mateos M, Siriphanich J, Li C, Kader AA (1993) Carbon dioxide action on metabolism of organic and amino acids in crisphead lettuce. Postharvest Biol Technol, 3, 235-247
16. Tirpanalan O, Zunabovic M, Domig KJ, Kneifel W (2011) Mini review: Antimicrobial strategies in the production of fresh-cut lettuce products. In: Science against microbial pathogens: Communicating current research and technological advances, Mendez-Vilas A (Editor), Formatex Research Center, Bodajoz, Spain, p 176-188
17. Ita PS, Hutkins RW (1991) Intracellular pH and survival of *Listeria monocytogenes* Scott A in tryptic soy broth containing acetic, lactic, citric, and hydrochloric acids. J Food Prot, 54, 15-19
18. Booth IR (1985) Regulation of cytoplasmic pH in bacteria. Microbiol Rev, 49, 359-378
19. Ouattara B, Simard RE, Holley RA, Piette GJP, Begin A (1997) Inhibitory effect of organic acids upon meat spoilage bacteria. J Food Prot, 60, 246-253
20. Young KM, Foegeding PM (1993) Acetic, lactic, and citric acids and pH inhibition of *Listeria monocytogenes* Scott A and the effect on intracellular pH. J Appl Bacteriol, 74, 515-520
21. Ingram LO (1981) Mechanism of lysis of *Escherichia coli* by ethanol and other chaotpic agents. J Bacteriol, 146, 331-336
22. Tamblyn KC, Conner DE (1997) Bactericidal activity of organic acids in combination with transdermal compounds against *Salmonella typhimurium* attached to broiler skin. Food Microbiol, 14, 477-484
23. Hassan R, El-Kadi S, Sand M (2015) Effect of some organic acids on some fungal growth and their toxins production. Int J Adv Biol, 2, 1-11