

다양한 채소류에서 마이크로버블 및 전기분해수의 세척 살균 효과

- 연구노트 -

이운종¹ · 이창현¹ · 유재열² · 김광엽² · 장금일^{2*}

¹한국화학융합시험연구원

²충북대학교 식품공학과

Sterilization Efficacy of Washing Method Using Based on Microbubbles and Electrolyzed Water on Various Vegetables

Woon-Jong Lee¹, Chang-Hyun Lee¹, Jae Yeol Yoo², Kwang-Yup Kim², and Keum-Il Jang^{2*}

¹Korea Testing & Research Institute, Chungbuk 363-883, Korea

²Dept. of Food Science and Technology, Chungbuk National University, Chungbuk 361-763, Korea

Abstract

The sterilization efficacies of various washing solutions on the surfaces of vegetables such as sesame leaves, lettuce, and mini-cabbage were investigated. The washing solutions were tap water (TW), microbubble water (MB), electrolyzed water (EW), and microbubble electrolyzed water (MB+EW). After *Escherichia coli* and *Bacillus cereus* were artificially inoculated onto the surfaces of vegetables, each vegetable was washed for 1, 3, and 5 min with TW, MB, EW 100 (100 mg/L of available chlorine), EW 200 (200 mg/L of available chlorine), MB+EW 100, and MB+EW 200. The washing efficacy of MB was slightly higher than that of TW, and EW was more effective than MB ($p < 0.05$). In all instances, the sterilization efficacies of MB+EW 100 and MB+EW 200 were higher than those of EW 100 and EW 200 ($p < 0.05$). Thus, MB+EW offers an effective means of reducing the studied microorganisms in a short time period. The MB+EW washing method provides microbial reduction on the surfaces of various vegetables and enhances the microbiological safety of the vegetables.

Key words: vegetables, microbubbles, electrolyzed water, microbubble-electrolyzed water, sterilization effect

서 론

최근의 식품소비는 개인의 기호성 위주의 소비에서 'well-being'과 같은 건강지향성 및 편익성이 강조되고 있다(1). 이러한 추세에 따라 식품소재로 과일과 채소류는 가공제품보다는 신선한 식품에 대한 소비 경향이 급신장하고 있는 특징을 보이고 있다. 신선 과일 및 채소류가 지니고 있는 특성은 현대인의 건강과 관련하여 항암, 항산화, 면역증강 및 각종 성인병 예방에 유효한 생리활성 물질의 공급원이라는 점이 소비자층을 더욱 확대시키고 있다. 또한 과일 및 채소의 소비에 있어 변화되고 있는 또 다른 성향은 가격이나 양보다는 품질 위주로 변화하고 있으며 간편성과 합리성을 동시에 추구하고 있다는 점을 들 수 있다. 이러한 시대적 특성을 반영하여 새로운 반가공제품류인 신선편의 식품화된 과일 및 채소류(minimally processed fruits and vegetables)가 등장하게 되었으며, 이는 소비자들 요구 및 과일 및 채소류의 고부가가치성을 부여하는 미래형 식품산업이다(2).

특히 대부분의 채소류는 그대로 섭취하므로 재배에서 수확 시까지 미생물을 비롯한 각종 오염원에 의한 표면 오염의

효율적 제거가 중요하다(3). 현재 대부분의 표면 살균(surface disinfection)은 염소계(chlorine species) 소독 용액, 이산화염소 용액, 오존 수용액을 단순 침지하여 미생물을 제어하는 방식으로 이루어져 왔다(4-7). 그러나 표면 살균을 위한 대표적인 소독제인 염소계 물질을 사용할 경우 농도로 사용하여야 하는 단점을 가지고 있고(8,9) 단순 침지 살균 시에는 신선 과일과 채소가 움직임이 없이 고정되어 살균 용액과 접촉이 어려운 취약 부분에 대한 살균 효과를 기대할 수 없다.

전기분해수 살균기술은 속효성의 살균력과 물 자체의 오염에 따른 2차적 오염 가능성이 없으며(10) 선도에 영향을 미치지 않고 살균 효과를 나타내면서 최종식품에서 제거하는 사용기준으로 식품첨가물공전에서 과실류 및 채소류에 사용이 허가되었으며(11), 이에 세정 매체로 한 표면살균 처리 및 세정 기술에 대한 연구가 진행되고 있다(12). 전기분해수(electrolyzed water, EW)의 종류에는 염산을 이용한 미산성차아염소산수(slightly acidic electrolyzed water)와 식염수를 전기분해한 차아염소산나트륨수(sodium hypochlorite electrolyzed water)가 있는데, 차아염소산나트륨수는 유효

*Corresponding author. E-mail: jangki@chungbuk.ac.kr
Phone: 82-43-261-2569, Fax: 82-43-271-4412

염소 농도가 100~200 ppm 범위 내에 함유하여야 한다(13-15). Jung 등(16)은 배추, 케일, 상치와 같은 신선채소류를 대상으로 전기 산화수를 처리 시 위해 미생물에 대한 표면세정 및 살균 효과가 있음을 보고하였고, Jeong 등(14)은 다양한 전기분해수 세정처리에 따른 깻잎의 저장 중 품질특성 비교에서 미생물에 살균 효과가 있음을 보고하였다. 또한 전해인자에 따른 전기분해수에 대한 연구도 보고되었다(10).

마이크로버블은 마이크로미터 단위의 작은 기포로 50 μm 이하의 미세한기포를 말하며 마이크로 버블은 수면 위로 천천히 상승하며 파열하게 된다. 마이크로버블 발생 원리는 마이너스 이온을 함유한 물에 0.1 mm의 거품을 대량 넣어 강한 압력을 가하여 나팔 모양의 구멍을 통과시키면 작은 버블이 나오는 원리이다. 마이크로 버블의 살균 세정 메커니즘을 살펴보면 처리 대상을 부유시킨 후 음전하를 띤 마이크로버블의 정전기력으로 양전하를 띤 박테리아가 이끌려서 물리적 충격이나 자체 파괴에 의해 하이드록실 라디칼이 순간적으로 발생할 때 생성되는 에너지를 이용하여 살균 세정 효과를 발생시킨다(17). 마이크로 버블 기술은 일본에서 활발히 진행되고 있는 분야로 환경정화, 수산양식, 전자, 식품분야 등의 범위에서 사용되고 있다. 그러나 국내에서는 마이크로버블 장치와 적용기술의 개념정립 단계로 피부미용을 위한 목욕기용, 수질정화, 세탁용으로 사용되고 있는 실정이다. 이러한 마이크로버블을 이용한 연구동향으로는 Ikeura 등(18)이 마이크로 버블이 처리된 오존수를 이용한 채소류의 잔류물 제거 효과 등을 보고하였고 국내에서는 Lee 등(19)이 마이크로 버블을 처리한 상추의 저장 중 품질변화에 대해 보고하였지만 아직까지는 세척, 살균에 대한 연구는 미비한 실정이다.

따라서 본 연구에서는 표면 살균 효과가 낮은 채소류에 대하여 수도수, 마이크로 버블, 전기분해수 및 마이크로버블-전기분해수의 세척수를 이용한 표면 세척 살균 효과를 비교 분석하고자 한다.

재료 및 방법

재료

본 시험에 사용한 채소류는 깻잎(sesame leaves), 상추(lettuce), 미니배추(mini-cabbage)를 이용하였으며 각각 청주농수산물시장에서 구매하여 사용하였다. 전기분해수 제조에 사용된 sodium chloride(NaCl)는 Junsei Chemical Co.(Tokyo, Japan)에서 구입하여 사용했다.

사용 균주

채소에서 세척방법에 의한 살균 효과를 분석하기 위해 한국생명공학연구원 생물자원센터에서 *Escherichia coli* KCTC 1467, *Bacillus cereus* KCTC 3674를 분양받아 사용하였으며, 각각의 균주를 NB(Nutrient broth, Difco, Sparks, MD, USA) 배지에서 37°C, 24 hr 배양한 후 4°C에서 보관하였다. 실험에 사용된 균주는 각각 NB 배지에서 37°C 24 hr 동안 3회 계대 배양하여 사용하였다.

채소류의 전처리

본 연구에 사용된 채소류는 수도수가 18 L/min의 속도로 분사되는 Φ 0.7 mL의 노즐 108개를 통해 수도수를 1분간 분사 수세 후 clean beach(BC-11, Jeio Tech, Daejeon, Korea)에 풍건시켰다. 건조 후 NB배지에 배양된 초기 균이 10⁵~10⁶ CFU/g인 *E. coli*와 *B. cereus*를 각각 시료의 표면에 인위적으로 100 μL씩 dropping한 후 다시 clean beach에서 풍건한 후 사용하였다. 시험 균주가 접종된 각 시료의 표면 부분은 Fig. 1에 나타내었다.

수도수 및 마이크로버블수 세척 효과

시험 균주를 접종시킨 깻잎, 상추, 미니배추를 수도수 50 L가 들어있는 세척조(2700×700×850 mm)에 침지시킨 후 각각의 채소류를 1, 3, 5분 동안 세척하였다. 그리고 마이크로버블수는 동일한 세척조에 수도수를 넣고 마이크로버블기(TW-E-0201, Techwin, Cheongju, Korea)를 이용하여

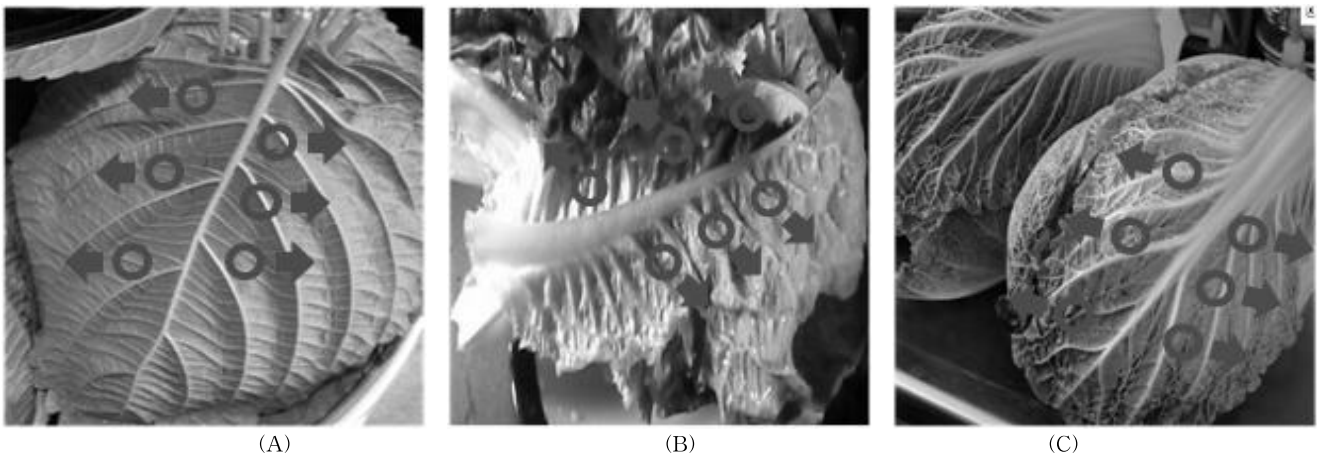


Fig. 1. Inoculation areas (arrow) for *E. coli* and *B. cereus* on surface of various vegetables such as (A) sesame leaves, (B) lettuce and (C) mini-cabbage.

마이크로버블을 발생시킨 다음 각 1, 3, 5분 동안 세척하였다. 수도수와 마이크로버블수의 세척 효과는 수도수 및 마이크로버블수로 세척된 채소류의 미생물 분포를 비교하여 분석하였다.

전기분해수 세척 효과

깻잎, 상추, 미니배추 세척을 위한 전기분해수(차아염소산나트륨수)는 전기분해수-마이크로버블기(TW-E-0201, Techwin)를 이용하여 제조하였다. 차아염소산나트륨수는 3% 소금물을 전해질로 중화시켜 전기분해시켜 유효염소량이 100 mg/L(EW 100)과 200 mg/L(EW 200)로 되도록 제조한 후 50 L 세척조에 넣고 각각의 채소류를 1, 3, 5분 동안 세척하고, 각각의 채소류를 다시 풍건한 후 사용하였으며, 비교 분석을 위한 대조구로는 무처리구를 사용하였다. 그리고 세척 시간 동안 전기분해수의 물리화학적 특성 변화를 측정하기 위해 pH는 pH meter(Orion 4 STAR, Thermo Scientific, Beverly, MA, USA)를 사용하여 25°C에서 측정하였으며, 산화 환원 전위값의 측정은 ORP meter(Orion 4 STAR Triode™ 9180BN, Thermo Scientific)로 측정하였고, 유효염소는 전해수 50 mL에 요오드화칼륨 2 g, 초산 10 mL과 전분 지시약 0.5 mL 가하여 흑갈색이 되도록 한 후 치오황산나트륨 용액으로 흑갈색의 용액이 투명해질 때까지 적정하여 구하였다(13). 제조된 전기 분해수의 물리화학적 특성은 Table 1에 나타내었다.

마이크로버블 전기분해수 세척 효과

깻잎, 상추, 미니배추 세척을 위한 마이크로버블-전기분해수(차아염소산나트륨수)는 전기분해수 마이크로버블기(TW-E-0201, Techwin)를 이용하여 제조하였는데, 전기분해수(차아염소산나트륨수) 제조 방법과 동일한 방법으로 제조된 전기분해수를 50 L 세척조에 넣고, 마이크로버블을 발생시켜 마이크로버블-전기분해수를 제조하였다. 제조된 마이크로버블-전기분해수에 시험 균주를 접종시킨 깻잎, 상추, 미니배추를 침지시킨 후 각 1, 3, 5분 동안 세척하였고, 세척된 채소류는 다시 풍건한 후 사용하였다. 마이크로버블 전기분해수의 물리화학적 특성 측정을 위해 pH는 pH meter(Orion 4 STAR, Thermo Scientific)를 사용하여 25°C에서 측정하였으며, 산화 환원 전위값의 측정은 ORP meter(Orion 4 STAR Triode™ 9180BN, Thermo Scientific)로 측정하였

고 유효 염소는 전해수 50 mL에 요오드화칼륨 2 g, 초산 10 mL과 전분 지시약 0.5 mL 가하여 흑갈색이 되도록 한 후 치오황산나트륨 용액으로 흑갈색의 용액이 투명해질 때까지 적정하여 구하였다(13). 제조된 마이크로버블-전기분해수의 물리화학적 특성은 Table 1에 나타내었으며, 비교 분석을 위한 대조구로는 무처리구를 사용하였다.

미생물 측정

세척수에 따른 살균 효과를 분석하기 위해 각각의 세척된 채소류내의 균수를 측정하였다. 각각의 균수는 채취된 시료를 멸균 생리식염수를 10배(w/v) 가하여 stomacher(Stomacher 400, Laboratory Blender, Seward)로 균질화하고 멸균생리식염수로 십진 단계 희석하여 NA(Nutrient agar, Difco) 배지에서 37°C 24시간 배양 후 plate count method로 분석하였다. 각각의 균수는 colony forming unit(CFU/g)로 표시하였다(19).

통계분석

통계분석은 SPSS 통계프로그램(Statistical Package for the Social Science, Ver. 12.0 SPSS Inc., Chicago, IL, USA)을 이용하여 각 측정군의 평균과 표준편차를 산출하고 처리간의 차이 유무를 one-way ANOVA(Analysis of Variation)로 분석한 뒤 Duncan's multiple range test를 이용하여 $p < 0.05$ 수준에서 유의성을 검정하였다(20).

결과 및 고찰

수도수와 마이크로 버블 수 세척에 의한 표면 살균 효과 수도수(tap water, TW)와 마이크로버블수(microbubble water, MB)를 이용하여 깻잎, 상추, 미니배추를 세척한 후 각 채소류의 표면 살균을 분석하였다(Table 2). 먼저 *E. coli* 살균 효과를 보면, 무처리(control)는 5.90~6.30 log CFU/g의 범위를 나타내었는데, 수도수는 세척시간이 경과함에 따라 3.75~5.43 log CFU/g로 감소하였고, 마이크로버블수는 3.37~5.32 log CFU/g으로 감소하였다($p < 0.05$). *B. cereus*에 대한 세척 효과의 경우 무처리(control)는 5.27~5.49 log CFU/g의 범위를 나타내었으나 수도수는 세척시간이 경과함에 따라 4.18~4.69 log CFU/g으로 감소하였고, 마이크로버블수는 3.54~4.60 log CFU/g으로 감소하였다($p < 0.05$).

Table 1. Physicochemical properties of electrolyzed and microbubble-electrolyzed water

	EW 100 ¹⁾	EW 200 ²⁾	MB+EW 100 ³⁾	MB+EW 200 ⁴⁾
ACC ⁵⁾ (mg/L)	99±0.02 ⁶⁾	200±0.02	100±0.02	203±0.01
pH	8.50±0.01	8.89±0.00	8.50±0.00	8.91±0.00
ORP (mV)	768.1±0.00	744.5±0.00	769.5±0.00	743.3±0.00

¹⁾EW 100: electrolyzed water at 100 mg/L of available chlorine.

²⁾EW 200: electrolyzed water at 200 mg/L of available chlorine.

³⁾MB+EW 100: microbubble-electrolyzed water with EW 100.

⁴⁾MB+EW 200: microbubble-electrolyzed water with EW 200.

⁵⁾ACC: available chlorine concentration.

⁶⁾Mean±SD (n=3).

Table 2. Viable cell counts on the surface of various vegetables after washing with tap water and microbubble water

	Washing solution	Soaking time (min)	Viable cell counts (Log CFU/g)		
			Sesame leaves	Lettuce	Mini-cabbage
<i>E. coli</i> KCTC 1467	Control ¹⁾	0	6.04±0.02 ^{4)ds)}	5.51±0.03 ^c	6.30±0.01 ^e
	TW ²⁾	1	4.27±0.02 ^c	4.27±0.08 ^b	5.43±0.01 ^d
		3	3.81±0.04 ^b	4.22±0.01 ^b	5.38±0.01 ^{cd}
		5	3.75±0.02 ^b	4.11±0.04 ^b	4.79±0.03 ^a
	MB ³⁾	1	4.17±0.04 ^c	4.20±0.01 ^b	5.32±0.01 ^{bcd}
		3	3.98±0.03 ^{bc}	4.04±0.01 ^b	5.07±0.06 ^{abc}
5		3.37±0.05 ^a	3.64±0.02 ^a	5.02±0.02 ^{ab}	
<i>B. cereus</i> KCTC 3467	Control	0	5.18±0.03 ^b	5.83±0.03 ^d	5.64±0.05 ^b
	TW	1	4.06±0.03 ^a	4.69±0.01 ^c	4.58±0.01 ^a
		3	3.75±0.03 ^a	4.59±0.02 ^{bc}	4.57±0.02 ^a
		5	3.69±0.03 ^a	4.54±0.03 ^{bc}	4.30±0.05 ^a
	MB	1	3.72±0.09 ^a	4.60±0.03 ^{bc}	4.67±0.08 ^a
		3	3.63±0.08 ^a	4.37±0.01 ^a	4.52±0.08 ^a
5		3.54±0.07 ^a	4.18±0.03 ^a	4.20±0.07 ^a	

¹⁾Control: without washing. ²⁾TW: tap water. ³⁾MB: microbubble water. ⁴⁾Mean±SD (n=3).

⁵⁾Means in the same column with the different superscripts are significantly different (p<0.05) by Duncan's multiple range test.

이는 Nascimento 등(21)이 보고한 수도수 처리한 상추의 총균수가 0.8 log CFU/g의 감소 효과를 나타낸다는 실험 결과와 유사하며, Kown 등(22)이 보고한 수도수 세정을 한 경우 잔존 미생물이 0.6~1.0 log CFU/g의 감소효과를 나타냈다는 결과와 비슷하였다. 이와 같은 결과에서 수도수 및 마이크로버블수 세척은 *E. coli*와 *B. cereus* 모두 무처리에 비하여 1~2 log CFU/g의 감소 효과를 나타내었으며, 마이크로버블수 세척이 수도수 세척보다 조금 높은 세척 효과를 나타낼 수 있었다. 따라서 세척효율이 높은 세척수와 함께 마이크로버블을 적용하면 표면 세척 및 살균 효과가 낮은 채소류에 대하여 세척 효과를 향상시킬 수 있는 가능성이 있을 것으로 사료된다.

전기분해수 세척에 의한 표면 살균 효과

전기분해수(electrolyzed water, EW) 세척은 유효 염소 농도가 각각 100 및 200 mg/L 농도인 차아염소산나트륨수를 이용하여 깻잎, 상추, 미니배추를 세척한 후 각 채소류의 표면 살균 효과를 분석하였다(Table 3). 유효 염소 농도가 100 mg/L인 전기분해수(EW 100) 세척에 의한 *E. coli* 살균 효과를 살펴보면, 무처리(control)는 6.30~5.51 log CFU/g의 범위를 나타내었는데, 전기분해수 세척한 깻잎의 경우 1분 만에 *E. coli*가 검출되지 않았고, 상추는 5분간 세척 후 검출되지 않은 반면, 미니배추의 경우 5분간 세척 후에도 잔존 균수가 존재하여 5 log CFU/g의 감소 경향을 나타내었다(p<0.05). *B. cereus*에 대한 전기분해수 세척의 경우, 무처

Table 3. Viable cell counts on the surface of various vegetables after washing with electrolyzed water

	Washing solution	Soaking time (min)	Viable cell counts (Log CFU/g)		
			Sesame leaves	Lettuce	Mini-cabbage
<i>E. coli</i> KCTC 1467	Control ¹⁾	0	6.04±0.02 ⁴⁾	5.51±0.03 ^{6b)}	6.30±0.01 ^c
	EW 100 ²⁾	1	ND ⁵⁾	2.80±0.02 ^a	3.00±0.08 ^c
		3	ND	2.58±0.03 ^a	2.74±0.27 ^c
		5	ND	ND	1.24±0.04 ^a
	EW 200 ³⁾	1	ND	ND	2.09±0.02 ^b
		3	ND	ND	ND
5		ND	ND	ND	
<i>B. cereus</i> KCTC 3467	Control	0	5.18±0.03 ^c	5.83±0.03 ^b	5.64±0.05 ^b
	EW 100	1	1.98±0.02 ^b	1.15±0.19 ^a	1.85±0.04 ^a
		3	1.90±0.04 ^b	1.15±0.19 ^a	1.7±0.10 ^a
		5	1.15±0.19 ^a	ND	ND
	EW 200	1	ND	ND	ND
		3	ND	ND	ND
5		ND	ND	ND	

¹⁾Control: without washing.

²⁾W 100: electrolyzed water at 100 mg/L of available chlorine.

³⁾W 200: electrolyzed water at 200 mg/L of available chlorine.

⁴⁾Mean±SD (n=3).

⁵⁾ND: not detected.

⁶⁾Means in the same column with the different superscripts are significantly different (p<0.05) by Duncan's multiple range test.

리(control)는 5.83~5.18 log CFU/g의 범위를 나타내었는데, 깻잎의 경우 세척시간이 경과함에 따라 감소하는 경향을 나타내었고 5분간 세척 후에도 1.15 log CFU/g의 균수가 존재하였다($p < 0.05$). 그러나 상추와 미니배추는 5분간 세척 후에 *B. cereus*가 검출되지 않았다. 유효 염소 농도가 200 mg/L인 전기분해수(EW 200) 세척에 의한 *E. coli*에 대한 살균 효과는 깻잎과 상추에서는 세척 시간 1분 만에 검출되지 않았고, 미니배추의 경우 3분간 세척 후 검출되지 않아 높은 살균 효과를 나타내었다. 이는 Lee 등(23)이 보고한 새싹 채소류에 100 ppm 염소수에서 5분간 처리했을 때 *E. coli*가 검출되지 않거나 3~4 log CFU/g이 감소되었다는 결과와 유사했으며, Park 등(24)이 딸기를 100 ppm에서 5분간 처리했을 때 2~3 log CFU/g 감소한 결과와도 비슷한 결과를 나타내었다. 따라서 채소류에 대하여 전기분해수 세척 방법이 일반 수도수에 비하여 매우 효과적인 살균 효과를 나타냄을 확인할 수 있었으나, 채소의 종류에 따라 살균 효과 차이가 존재하기 때문에 보다 다양한 채소류에 적용하기 위해서 전기분해수에 마이크로버블 기술을 이용하면 보다 효율적인 세척 효과를 유도할 수 있을 것으로 생각된다.

마이크로버블-전기분해수 세척에 의한 표면 살균 효과

마이크로버블-전기분해수 세척에 의한 채소류의 살균 효과는 유효 염소 농도가 각각 100 및 200 mg/L 농도인 전기분해수에 마이크로버블을 부가한 마이크로버블-전기분해수(microbubble-electrolyzed water, MB+EW)를 제조하여 *E. coli*와 *B. cereus*를 오염시킨 깻잎, 상추, 미니배추를 세척한 후 잔존하는 균수를 측정하여 분석하였다(Table 4). 유효 염소 농도가 100 mg/L인 마이크로버블-전기분해수(MB+

EW 100)의 세척에 의한 *E. coli* 살균 효과를 살펴보면, 무처리(control)는 6.30~5.51 log CFU/g의 범위를 나타낸 반면, 마이크로버블-전기분해수는 깻잎과 상추의 경우 1분간 세척 후에 검출되지 않았고, 미니배추는 5분간 세척 후 검출되지 않았다($p < 0.05$). 또한 채소류에서 *B. cereus*에 대한 살균 효과의 경우, 무처리(control)는 5.83~5.18 log CFU/g의 범위를 나타낸 반면, 마이크로버블-전기분해수는 상추 깻잎, 미니배추 모두 1분간 세척 후에 *B. cereus*가 검출되지 않았다. 그리고 유효 염소 농도가 200 mg/L인 마이크로버블-전기분해수(MB+EW 200) 세척에서는 깻잎, 상추, 미니배추에서 *E. coli*와 *B. cereus* 모두 1분간 세척 후에 검출되지 않았다($p < 0.05$). 이와 같은 결과에서 채소류의 종류에 따라 살균 효과가 상이한 전기분해수 세척 효과보다 마이크로버블-전기분해수 세척방법이 높은 살균 효과를 나타냄을 확인할 수 있었다. Lee 등(19)은 마이크로버블장치를 통해 생성된 마이크로버블은 50 μm 이하의 미세한 기포로 수면위로 천천히 상승하면서 파열되는데, 상추와 같은 주름이 많은 채소류의 부위별로 반응하여 이물질 및 잔류농약의 세척 효과가 매우 효과적이라고 보고하였다. 따라서 마이크로버블-전기분해수 세척방법의 높은 살균 효과는 전기분해수의 살균 효과와 마이크로버블의 세척 효과가 상호작용하여 전기분해수의 살균 효과를 향상시킬 수 있었기 때문으로 생각된다.

결론적으로 깻잎, 상추, 미니배추를 수도수, 마이크로버블수, 전기분해수 및 마이크로버블-전기분해수로 세척한 결과 마이크로버블-전기분해수 세척방법이 가장 효율적으로 나타났으며, 표면 살균 효과가 낮은 채소류 및 신선편의 식품의 미생물학적 위험을 감소시키기 위한 세척방법으로 마이크로버블-전기분해수 세척방법이 매우 효과적일 것으로 생각된다.

Table 4. Viable cell counts on the surface of various vegetables after washing with microbubble-electrolyzed water

	Washing solution	Soaking time (min)	Viable cell counts (Log CFU/g)		
			Sesame leaves	Lettuce	Mini-cabbage
<i>E. coli</i> KCTC 1467	Control ¹⁾	0	6.04±0.02 ⁴⁾	5.51±0.03	6.30±0.01 ⁶⁾
	MB+EW 100 ²⁾	1	ND ⁵⁾	ND	2.46±0.18 ^{a)}
		3	ND	ND	1.91±0.10 ^{a)}
		5	ND	ND	ND
	MB+EW 200 ³⁾	1	ND	ND	ND
		3	ND	ND	ND
5		ND	ND	ND	
<i>B. cereus</i> KCTC 3467	Control	0	5.18±0.03	5.83±0.03	5.64±0.05
	MB+EW 100	1	ND	ND	ND
		3	ND	ND	ND
		5	ND	ND	ND
	MB+EW 200	1	ND	ND	ND
		3	ND	ND	ND
5		ND	ND	ND	

¹⁾Control: without washing.

²⁾MB+EW 100: microbubble-electrolyzed water with EW 100.

³⁾MB+EW 200: microbubble-electrolyzed water with EW 200.

⁴⁾Mean±SD (n=3).

⁵⁾ND: not detected.

⁶⁾Means in the same column with the different superscripts are significantly different ($p < 0.05$) by Duncan's multiple range test.

요 약

본 연구에서는 채소류의 표면에 인위적으로 균을 오염시킨 후 수도수, 마이크로버블수, 전기분해수 및 마이크로버블-전기분해수 세척에 의한 미생물 살균 효과를 알아보았다. 우선 수도수와 마이크로버블수 세척에 의한 살균 효과를 비교한 결과, 수도수와 마이크로버블수 사이에 살균력 차이는 미세하게 마이크로버블수가 높게 나타났다. 유효 염소 농도별 전기분해수와 마이크로버블-전기분해수 세척에 의한 살균 효과를 비교한 결과, 유효염소 농도가 100 mg/L인 전기분해수는 5분간 세척 후 채소류의 종류에 따라 미생물이 잔존하였지만, 100 mg/L인 마이크로버블-전기분해수는 5분간 세척 후 모든 채소류에서 균이 검출되지 않았고, 200 mg/L인 마이크로버블-전기분해수에서는 1분간 세척 후에 모든 채소류에 미생물이 검출되지 않았다. 따라서 각 유효 염소 농도별 마이크로버블-전기분해수가 전기분해수에 비해 짧은 세척시간에 효과적인 살균이 된 것으로 나타났다. 종합적으로 마이크로버블-전기분해수 세척 기술이 미생물학적 위험은 감소시키면서 표면 살균 효과가 낮은 채소류와 같은 신선편의 식품에 적합한 살균 기술로 생각된다.

감사의 글

본 연구는 농림수산식품부의 농림기술개발과제(과제번호: 109070-02-2-SB010)의 지원에 의하여 이루어졌으며 이에 감사드립니다.

문 헌

- King Jr AD, Bolin HR. 1989. Physical and microbiological storage stability of minimally processed fruits and vegetables. *Food Technol* 43: 132-135.
- Kim DM. 1995. Minimal processing of fruits and vegetables. *Food Technol* 8: 85-87.
- Choi OJ, Jung HS, Ko MS, Kim YD, Kang SK, Lee HC. 1999. Variation of retrogradation and preference of bread with added flour of *Angelica keiskei* Koidz during the storage. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 28: 126-131.
- Greene AK, Few BK, Serafini JC. 1993. A comparison of ozonation and chlorination for the disinfection of stainless steel surfaces. *J Dairy Sci* 76: 3617-3620.
- Roner AB, Wong ACL. 1993. Biofilm development and sanitizer inactivation of *Listeria monocytogenes* and *Salmonella typhimurium* on stainless steel and buna-n rubber. *J Food Prot* 56: 750-758.
- Andrews S, Pardoel D, Harun A, Treloar T. 1997. Chlorine inactivation of fungal spores on cereal grains. *Int J Food Microbiol* 35: 153-162.
- Foschino R, Nevegna I, Motta A, Galli A. 1998. Bactericidal activity of chlorine dioxide against *Escherichia coli* in water and on hard surfaces. *J Food Prot* 62: 668-672.
- Cho M, Chung H, Yoon J. 2003. Quantitative evaluation of the synergistic sequential inactivation of *Bacillus subtilis* spores with ozone followed by chlorine. *Environ Sci Technol* 37: 2134-2138.
- Cho M, Kim J, Yoon J. 2006. Investigating synergism during sequential inactivation of *Bacillus subtilis* spores with several disinfectants. *Water Res* 40: 2911-2920.
- Kim MH, Jeong JW, Cho YJ. 2004. Comparison of characteristics on electrolyzed water manufactured by various electrolytic factors. *Korean J Food Sci Technol* 36: 422-426.
- KFDA. 2011. *Korea Food Additives Code*. Korea Food and Drug Administration, Cheongju, Korea. p 2059-2062.
- Cho SY, Joo DS, Kim OS, Choi YS. 2003. Sanitation of seafood processing equipments by the prepared acidic electrolyzed water. *Food Ind Nutr* 8: 45-49.
- Kim MH, Jeong JW, Cho YJ. 2004. Cleaning and storage effect of electrolyzed water manufactured by various electrolytic diaphragm. *Korean J Food Preserv* 11: 160-169.
- Jeong JW, Kim JH, Kwon KH. 2005. Comparison of quality characteristics of sesame leaf cleaned with various electrolyzed water during storage. *Korean J Food Preserv* 12: 558-564.
- Jeong JW, Park KJ, Sung JM, Kim JH, Kwon KH. 2006. Comparison of quality of peeled lotus roots stored in various immersion liquids during storage. *Korean J Food Sci Technol* 38: 526-533.
- Jung SW, Park KJ, Park BI, Kim YH. 1996. Surface sterilization effect of electrolyzed acid water on vegetable. *Korean J Food Sci Technol* 28: 1045-1051.
- Cha HS. 2009. Present state and future prospect for micro-bubble technology. *Bulletin of Food Technol* 22: 544-552.
- Ikeura H, Kobayashi F, Tamaki M. 2011. Removal of residual pesticide, fenitrothion, in vegetables by using ozone microbubbles generated by different methods. *J Food Eng* 103: 345-349.
- Lee SA, Youn AR, Kwon KH, Kim BS. 2009. Washing effect of micro-bubbles and changes in quality of lettuce (*Lactuca sativa* L.) during storage. *Korean J Food Preserv* 16: 321-326.
- Lee SH, Hwang IG, Kim HY, Lee HK, Lee SH, Woo SH, Lee JS, Jeong HS. 2010. Starch properties of daehak waxy corn with different harvest times. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 39: 573-579.
- Nascimento MS, Sliva N, Catanozi MPLM, Sliva KC. 2003. Effects of different disinfection treatments on the natural microbiota of lettuce. *J Food Prot* 66: 1697-1700.
- Kwon JY, Kim BS, Kim GH. 2006. Effect of washing methods and surface sterilization on quality of fresh-cut chicory (*Clchorium intybus* L. var. *foliosum*). *Korean J Food Sci Technol* 38: 28-34.
- Lee KA, Lee YA, Park IH. 2009. Sanitation effect of sprouts by chlorine water. *J Life Sci* 19: 751-755.
- Park JS, Nam ES, Park SI. 2008. Anti-microbial effects of washing and chlorine treatments on fresh fruits. *Korean J Food Nutr* 21: 176-183.

(2011년 4월 6일 접수; 2011년 5월 30일 채택)