

## 전해수 및 유기산처리에 의한 양상치에 오염된 *Listeria monocytogenes*의 생육저해

박부길 · 오민희 · 오덕환<sup>†</sup>  
강원대학교 바이오산업공학부

### Effect of Electrolyzed Water and Organic Acids on the Growth Inhibition of *Listeria monocytogenes* on Lettuce

Boo-Kil Park, Min-Hee Oh, Deog-Hwan Oh<sup>†</sup>

School of Biotechnology and Bioengineering, Kangwon National University, Chuncheon 200-701, Korea

#### Abstract

This study was conducted to determine the inactivation effect of electrolyzed water and organic acids either alone or in combination on *L. monocytogenes* or natural microflora on lettuce. Acidic electrolyzed water completely inactivated *L. monocytogenes* in broth system within 60 sec, but alkaline electrolyzed water caused approximate 1.7 log CFU/g reduction. However, acidic electrolyzed water reduced only 2.5 log CFU/g of *L. monocytogenes* on lettuce, and similar antimicrobial effect was observed with alkaline electrolyzed water. In the meantime, acidic and alkaline electrolyzed water caused approximately 2 log CFU/g reduction compared to control, whereas both electrolyzed water combined with 1% organic acids ranged from 2.6 to 3.7 log CFU/g reduction. Among the organic acids, both electrolyzed water combined with 1% citric acid showed the strongest synergistic antimicrobial effect to reduce *L. monocytogenes* on lettuce as well as total counts, yeast and molds. When antimicrobials, alone or in combination were treated into *L. monocytogenes* inoculated lettuce at 5°C and 15°C for designed periods, the combined alkaline electrolyzed water with 1% citric acid showed the greatest potential to inhibit growth of the bacteria. According to Scanning Electron Microscopy(SEM), the treatment of electrolyzed alkali water in combination with 1% citric acid highly reduced the growth of the *L. monocytogenes* compared to single treatment and resulted in causing the destruction of cell membrane.

Key words : electrolyzed water, organic acids, lettuce, inactivation

## 서 론

식품소비의 추세는 편의성과 더불어 건강성이 강조되고 있으며 생활수준의 향상과 더불어 특히 과일과 채소류를 단순히 세척, 박피, 제핵 및 절단 등의 처리만을 한 신선편이 채소류(fresh-cut vegetables)에 대한 소비지향이 급증하고 있다(1). 또한 신선편이 채소류 제품은 단체급식 및 편의식의 급속한 확산 추세에 따라 최근 급속하게 그 수요가 증대되고 있다. 하지만 채소류는 재배에서 섭취까지 비가열 상태로 유통되기 때문에 미생물을 비롯한 각종 오염원에 의한 오염이 문제가 되고 있으며, 특히 식중독에 관여하는 *Escherichia coli* O157:H7, *Listeria monocytogenes*에 오염될 수

있고 또한 주방의 각종 환경으로부터 교차오염을 통해 식중독균인 *Salmonella enteritidis*나 *Staphylococcus aureus* 등의 식중독 미생물 오염이 우려되고 있다(2). 이런 미생물 오염은 신선 채소류의 품질저하 뿐만 아니라 인체에 미치는 안전성의 문제가 크기 때문에 이에 대한 효율적인 성장 억제 및 저감화방법이 필요하다. 채소류의 특성상 기존의 가열살균과 같은 가혹조건에서의 살균처리가 어려울뿐만 아니라 인위적인 합성 살균제의 이용은 인체유해성 등으로 사용범위에 많은 제한을 받기 때문에 새로운 살균방법의 개발이 요구되고 있다(3). 또한 채소류는 세척하는 과정에서 대부분 물을 이용하기 때문에 원료자체에 존재하는 미생물균총을 줄이는 데는 한계가 있다. 따라서 부적절한 세척과정은 이들 제품에 대한 교차오염을 유발할 수 있기 때문에 원료의 철저한 위생화가 필수적 요건이다. 그래서 최근에는 과일과 채소의 선도에 영향을 미치지 않고 인체에 무해한 살균효과를 가지는 다양한 세정기술이 연구되고 있다. 이 중 식품가

<sup>†</sup>Corresponding author. E-mail : deoghwa@langwon.ac.kr,  
Phone : 82-33-250-6457, Fax : 82-33-250-6457

공 및 식품재배 등에 대한 전해수의 광범위한 적용이 급증하고 있는 상태이다. 전해수는 물에 소량의 NaCl을 첨가하여 전기분해에 의해 얻어지는 것으로, 양극과 음극에 각각 성질이 다른 두 가지의 물이 생성되는데, 양극에서 생성되는 물은 강산화수로 전자가 극단적으로 부족한 상태이며, 음극에서 생성되는 물은 전자가 극히 풍부한 강환원수, 즉 알칼리수로 두 종류 모두 살균력 및 세정효과가 뛰어난 기능수이다. 또한 전해수는 강한 살균력과 함께 적용범위가 넓고, 미생물, 유기물과 접촉하여 살균효과를 발휘한 다음에는 염소, 산소 등 휘발성 기체와 물로 되어 일반 화학약품과는 달리 유해한 잔유물이 생기지 않고 인체에도 전혀 해를 미치지 않는다는 장점이 있다(4-7). 따라서 본 실험에서는 뛰어난 살균력을 가진 전해수의 식품산업에의 이용 가능성을 검토하기 위하여 양상치를 대상으로 전해수와 유기산의 단독 또는 병용처리에 의한 위해미생물의 살균효과를 규명하고자 하였다.

## 재료 및 방법

### 재 료

실험에 사용한 양상치는 강원도 춘천의 대형 마트에서 구입하였다. 구입한 양상치 시료는 즉시 냉장상태에서 실험실로 운송하여 시료 포장을 제거하지 않은 채로 4°C 냉장고에 보관하면서 구입한 날로부터 24시간 이내에 실험에 사용하였다. 전해수는 (주)한국이엔에스퍼스트의 강전해수 생성장치(A2-1000)모델을 사용하여 실험실에서 제조하였으며, 산성수는 1,000 mV, 100 mV의 산화환원전위와 pH 2.42.6인 것을 사용하였고, 알칼리수는 830 mV, 850 mV의 산화환원전위와 pH 11.011.2인 것을 사용하였다.

### 사용균주 및 배양조건

전해수의 미생물에 대한 사멸효과를 알아보기 위해 사용된 병원성 식중독균은 *L. monocytogenes* (ATCC 19116, 19118)는 국립보건의원에서 분양받아 10 mL tryptic soy broth (TSB, Difco, USA)에 시험균주를 1백금이 접종하여 35°C에서 24시간 배양하였다. 전배양액 1 mL을 취해 10 mL TSB 배지에 접종하여 35°C에서 24시간 배양한 후 원심분리하여 상층액은 버리고 cell pellet을 0.1M PBS용액으로 희석하여 최종 세포농도를 10<sup>9</sup> CFU/mL로 준비하여 실험에 사용하였다.

### 시료준비 및 접종

양상치는 불가식부위는 제거하고 상처가 없는 부분을 선

별한 다음 5 cm x 5 cm씩 절단한 후 약 1.5×10<sup>9</sup> CFU/mL의 *L. monocytogenes* 배양액 1000 mL를 함유하는 비이커에 절단된 양상치 100 g을 침지한 후 살균된 거즈에 물기를 제거하여 본 실험에 시료로 사용하였다.

### 미생물 생육저해

*L. monocytogenes*균의 전해수에 대한 사멸효과를 측정하기 위하여 약 10<sup>9</sup> CFU/mL의 *L. monocytogenes* 배양액 11 mL를 각각의 산성수와 알칼리수 99mL를 함유하는 삼각플라스틱에 분주한 후 0, 15, 30, 60, 120, 180초 동안 shaking하였다. 시간별로 시료 1 mL를 취하여 0.1% 펩톤수로 단계 희석한 다음 *L. monocytogenes* 선택배지인 Oxford medium base(Difco)에 도말하여 35°C, 24시간 배양하여 계수하였다. 한편, 전해수와 유기산의 단독 또는 병용처리에 의한 *L. monocytogenes*에 오염된 양상치의 전처리 실험은 각 처리구별로 10 g씩 단독 또는 병용처리로 3분간 침지하여 탈수한 후 즉시 whirl pak에 넣어 standard plate count 방법으로 선택배지인 Oxford medium base(Difco)에 도말하여 35°C, 24시간 배양하여 측정하였다. 또한, 양상치에 존재하는 총균수와 효모 및 곰팡이는 위와 같은 방법으로 처리한 후 total counts는 plate count agar (PCA, Difco)에 도말하여 35°C, 24시간 배양하였고, Yeast and mold는 potato dextrose agar (PDA, Difco)에 도말하여 25°C, 48시간 배양하여 측정하였다.

### 저장 중 미생물 변화

전처리방법 중 품질과 미생물 저해측면에서 가장 좋은 효과를 나타낸 알칼리전해수와 1% citric acid를 선정하여 단독 또는 병용방법으로 균을 접종하지 않은 양상치와 *L. monocytogenes*를 접종한 양상치에 각각 3분간 침지 후 탈수하여 polyethylene 포장지에 밀봉한 후 처리하여 5°C에서는 0, 3, 6, 9, 12, 15일, 15°C에서는 0, 1, 2, 3, 4, 5일 동안 저장하면서 위의 방법과 같이 미생물의 생육변화를 측정하였다.

### 전해수 처리에 의한 식중독 미생물의 형태학적 변화 조사

5×5 cm 크기로 절단된 양상치를 전해수와 1% 유기산 단독 또는 병용처리한 후 1×1 mm정도의 크기로 절단하여 2% glutaraldehyde로 2시간 고정시킨 다음 0.1 M phosphate buffer solution으로 세척하였다. 1% osmium tetroxide로 재고정 시킨 다음 0.1 M phosphate buffer solution으로 세척하고 50~100% 까지 순차적으로 에탄올로 탈수하여 critical point dry로 시료 장착시키고, sputter coating하여 LV-SEM(Low vacuum-scanning electron microscope S-3500N, hitachi science systems, Korea)으로 관찰하였다.

## 결과 및 고찰

### 전해수의 처리에 의한 *L. monocytogenes*의 사멸 효과

전해수에 의한 *L. monocytogenes*의 사멸효과를 Fig. 1에 나타내었다. 산성전해수의 경우 *L. monocytogenes*는 대략 60초 내에 완전히 사멸하였으나, 알칼리전해수 처리구는 약 15초에 1.7 log CFU/g 정도 감소하여 그 후부터는 더 이상의 감소가 나타나지 않았다(Fig. 1). 이와 같은 결과는 Kim 등(8)과 Park 등(9)의 보고에서도 비슷한 결과를 나타내었다. 산성전해수가 배지와 같은 균질화한 액상에서는 알칼리전해수에 비하여 현저하게 살균력이 높은 결과는 산성전해수의 낮은 pH, 높은 산화환원전위(ORP, 약 1100 mV) 및 염소이온의 존재 때문인 것으로 보고되고 있다(8). 그러나 산성전해수와 알칼리전해수는 *L. monocytogenes*를 접종한 양상치에 처리하였을 때는 산성전해수의 경우 현저하게 살균력이 감소하여 30초 침지 후 2 log CFU/g의 감소를 나타냈으며 3분 침지시 약 2.5 CFU/g의 감소를 나타내어 알칼리전해수의 살균력과 거의 차이가 없는 것으로 나타났다(Fig. 1). 지금까지 여러 종류의 식품에 대한 산성전해수의 살균효과에 관한 연구는 많이 보고되었지만 알칼리전해수에 대하여는 거의 보고가 되지 않았다. Koseki 등(10)은 양상치에 오염된 *E. coli* O157:H7과 *Salmonella*에 대한 알칼리전해수를 20°C에서 5분간 침지하였을 때 산성전해수와 거의 비슷하거나 약간 증가된 살균효과를 나타내었다고 보고하였다. 이러한 살균효과는 알칼리전해수가 surfactant로서의 역할을 하여 양상치의 소수성 특성을 저하시킴으로 양상치 조직내로 알칼리전해수의 침투를 용이하게 한 것으로 사료된다. 또한 유기산을 병용처리 할 경우 증가된 살균효과는 알칼리전해수에 의한 유기산의 조직내로 침투효과가 증가하였기 때문인 것으로 판단된다.

### 전해수 및 유기산 처리에 의한 양상치에서의 위해 미생물 저감화

*L. monocytogenes*에 오염된 양상치를 전해수와 유기산 단독 또는 병용처리 하였을 때 사멸효과를 Table 1에 나타내었다. 수돗물과 차아염소산을 대조구로 하여 3분간 처리하였을 때 무처리구에 비하여 약 0.9 및 1.4 log CFU/g의 감소를 나타내었으나 전해수의 경우, 산성 및 알칼리전해수 모두 약 2 log CFU/g 정도의 감소를 나타냈다. 반면에, 1% acetic acid, lactic acid, citric acid 및 ascorbic acid를 처리하였을 경우 각각 1.5~2.5 log CFU/g의 감소를 나타내었다. 그러나 산성전해수와 알칼리전해수에 1% 유기산을 병용처리하였을 경우 약 2.6~3.7 log CFU/g의 현저한 감소를 나타내었다. 특히 산성전해수와 알칼리전해수 모두 1% citric acid와

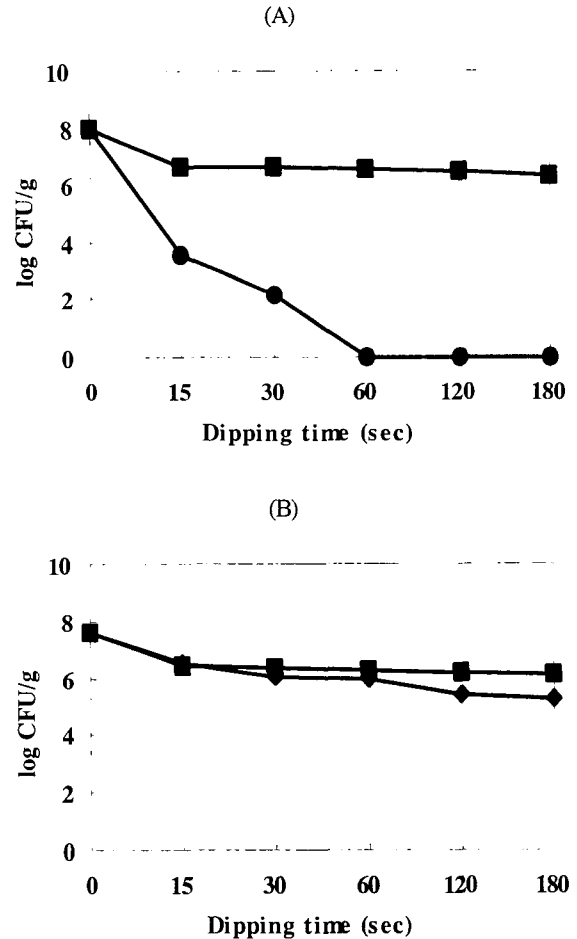


Fig. 1. Effect of electrolyzed water treatment on inactivation of *L. monocytogenes* (A: Broth system B: lettuce).

● : Acidic electrolyzed water, ■ : Alkaline electrolyzed water.

병용처리 하였을 때 가장 강한 살균력을 나타내었으며 전해수간의 살균력은 차이가 나지 않는 것으로 나타났다. Carson 등(11)은 전해수가 염소수보다 살균력이 높은 이유는 전해수에 있는 ORP가 염소수보다 높기 때문이라고 보고하였다. 전해수의 높은 ORP는 세포내의 전자전달계를 변형시켜 대사의 흐름과 ATP합성을 변화시키기 때문이다. Park 등(12)은 전해산성수가 염소수보다 순수배지에서는 *C. jejuni*균에 더 강하여 훨씬 높은 살균력을 나타내었으나 닭껍질에 오염된 *C. jejuni*의 살균력은 염소수와 비슷한 결과를 나타내었으며 이러한 이유는 닭껍질의 특성과 살균수들의 제한된 침투효과에 기인하는 것으로 보고하였다. 한편, Yoo 등(13)은 신선편이 채소류를 오존 또는 유기산을 병용처리하였을 때 단독 처리구에 비해 미생물 저감화 효과가 현저하게 높았으며, 유기산 중 구연산과의 병용처리가 가장 살균력이 높다고 보고하였다.

산성 및 알칼리 전해수와 유기산의 단독 또는 병용처리에 의한 양상치의 총균수 저감화를 나타낸 결과는 Table 1과

같다. 양상치의 무처리구에서는 약 6.4 log CFU/g을 보였으며, 수돗물 처리구에서는 대조구보다 약 1.0 log CFU/g 감소를 나타내었고, 일반적으로 신선편이 과채류 세척제로 많이 사용하는 100 ppm 차아염소산 처리구는 약 1.3 log CFU/g 감소를 나타내었다. 이러한 결과는 Nascimento 등(14)이 상추를 수돗물과 200 ppm 염소수로 처리를 하였을 때 총균수를 0.8 및 2.6 log CFU/g 감소시킨 것과 유사한 결과를 보였다. 또한, 1% acetic, lactic, citric, ascorbic acid로 처리하였을 때 1.0~2.7 log CFU/g 감소를 나타내었으며 이중에서도 1% lactic acid 처리구가 2.7 log CFU/g 감소로 가장 강한 살균력을 나타내었다. 한편, 산성 및 알칼리 전해수 단독 처리구에서는 2.7 및 2.4 log CFU/g 감소를 나타내었다. 그러나 산성 전해수와 1% 유기산들의 병용처리구에서는 3.0~4.3 log CFU/g의 현저한 감소를 나타내었으며, 알칼리 전해수와 병용처리구에서는 2.3~3.5 log CFU/g의 감소를 각각 나타내었다. 산성 전해수 병용처리구에서는 1% ascorbic acid를 제외하고는 거의 비슷한 살균력을 나타내었으나 알칼리 전해수 병용처리구에서는 1% lactic acid 처리구가 3.5 log CFU/g로 가장 높은 살균력을 나타내었다. 양상치에 오염된 효모 및 곰팡이의 경우도 총균수와 비슷한 양상을 나타내었다 (Table 1). 따라서 본 연구결과 전해수와 유기산 단독처리구보다는 병용처리구가 현저하게 총균수와 효모 및 곰팡이를 저감화 시킴으로서 양상치의 전처리 살균제로서 병용처리구의 사용가능성이 매우 유용한 것으로 사료된다.

신선편이 채소류의 경우는 비가열식품이기 때문에 유통 중 미생물학적 안전성뿐만 아니라 품질확보도 매우 중요하다. 특히 신선편이 채소류는 절단면의 노출로 인하여 저장 중 조직의 연화는 물론 갈변반응이 매우 빠르게 일어나기 때문에 품질변화가 심하다. 산성 전해수의 경우, 살균력은 다소 높으나 절단 채소류를 세척한 후에는 차아염소산으로 세척한 채소류보다 갈변반응이 빨리 일어나 품질변화가 빠르게 나타났(15). 반면에, 알칼리전해수는 산성전해수와 비교하여 살균력도 거의 비슷하였으며 갈변반응도 차아염소산을 사용하는 것보다 비슷하거나 오히려 더 저해되는 것으로 나타나 품질면에서 훨씬 좋은 것으로 나타났다. 한편, 유기산의 경우, 1% acetic acid는 살균력은 어느 정도 있으나 자극적인 냄새로 인해 세척수로는 적합하지 못하였으며, 1% lactic acid는 시료에 막을 형성하므로 끈적거림과 완전한 탈수가 수행되지 않기 때문에 관능적인 면에서 볼 때 세척수로 적합하지 못하였다. 그러나 1% citric acid는 품질은 물론 관능적인 면에서도 세척제로서 우수하였으며, 특히 알칼리 전해수와 병용처리시 단독처리구에 비하여 현저한 살균력을 나타내었으며 품질면에서도 차아염소산 처리구보다 좋은 것으로 나타났다(15). 따라서 양상치를 전처리 후 저장 중 온도변화에 따른 미생물의 생육변화를 측정할 실험은 알칼리 전해수와 1% citric acid의 단독 또는 병용처리가 가장 효과적이었다.

**Table 1.** Effect of electrolyzed water and organic acid, either alone or in combined on inactivation of microorganism on lettuce

Treatments	Viable population (log <sub>10</sub> CFU/g)		
	Total counts	Yeast & mold	<i>L. monocytogenes</i>
control	6.44	6.31	8.22
water	5.22	5.29	7.33
100ppm sodium hypochlorite	5.03	5.06	6.85
1% acetic acid	4.76	4.69	6.22
1% ascorbic acid	5.46	5.28	6.94
1% citric acid	4.47	4.37	5.86
1% lactic acid	3.64	3.61	5.79
acidic electrolyzed water	3.7	5.25	6.26
alkaline electrolyzed water	4.07	4.30	6.38
AEW-1 <sup>1)</sup> + 1% acetic acid	2.14	2.79	5.21
AEW-1 + 1% ascorbic acid	3.44	3.17	5.60
AEW-1 + 1% citric acid	2.36	1.94	4.49
AEW-1 + 1% lactic acid	2.41	1.95	5.4
AEW-2 <sup>2)</sup> + 1% acetic acid	4.11	3.98	5.36
AEW-2 + 1% ascorbic acid	4.19	4.28	5.67
AEW-2 + 1% citric acid	3.77	3.83	5.02
AEW-2 + 1% lactic acid	2.88	2.97	5.42

<sup>1)</sup>AEW-1 : Acidic electrolyzed water,

<sup>2)</sup>AEW-2 : Alkaline electrolyzed water.

#### 저장 중 알칼리 전해수와 citric acid 처리에 의한 양상치에서의 위해미생물 생육변화

*L. monocytogenes*를 접종한 양상치를 알칼리전해수와 1% citric acid 단독 또는 병용처리구에 3분간 침지 후 탈수하여 포장한 후 각 온도별로 저장하면서 생육변화를 측정할 결과는 Fig. 2와 같다. 접종된 양상치를 각각의 처리구에 3분간 침지한 직후 차아염소산은 무처리구에 비하여 *L. monocytogenes*를 약 1.2 log CFU/g, 알칼리전해수 및 1% citric acid는 각각 2 log CFU/g, 병용처리구는 약 2.8 log CFU/g의 감소를 나타내었다. 5°C에서 저장하는 동안 무처리구와 수돗물처리구는 저장기간이 증가함에 따라 비슷한 경향으로 생육하기 시작하였으며, 차아염소산처리구는 무처리구에 비하여 9일까지 생육이 서서히 이루어졌으며 이러한 현상은 알칼리전해수나 1% citric acid 처리구에서 더욱 현저하게 저해되었으나 저장 15일 후에는 비슷하게 생육하였다. 그러나 병용처리구에서는 저장 15일후에도 저장초기의 대조구와 비슷하게 나타나 생육이 현저하게 저해되는 것으로 나타났다. 한편, 15°C 저장에서도 비슷한 경향을 나타냈으며 무처리구의 경우 1일부터 생육하기 시작하여 저장 5일 후에는 약 8 log CFU/g까지

증식하였으나 알칼리전해수나 1% citric acid 처리구에서는 저장 5일 후에도 대조구에 비하여 생육이 많이 억제되었다. 이러한 경향은 병용처리구에서 현저하게 생육이 저해되는 것으로 나타나 양상치를 세척시 알칼리전해수와 1% citric acid를 병용처리하면 *L. monocytogenes*에 의한 오염방지에 매우 효과적인 것으로 나타났다.

다. 또한, 병용처리구에서는 저장 12일후에도 저장초기의 대조구와 비슷하게 나타나 생육이 현저하게 저해되는 것으로 나타났다. 이러한 경향은 15°C 저장에서도 비슷하게 나타났으며 무처리구에 비하여 수돗물처리구를 제외한 모든 처리구에서 저장 4일까지 생육이 현저하게 억제되었다. 효모 및 곰팡이의 경우도 총균수와 비슷한 경향을 나타내었다(Fig. 4).

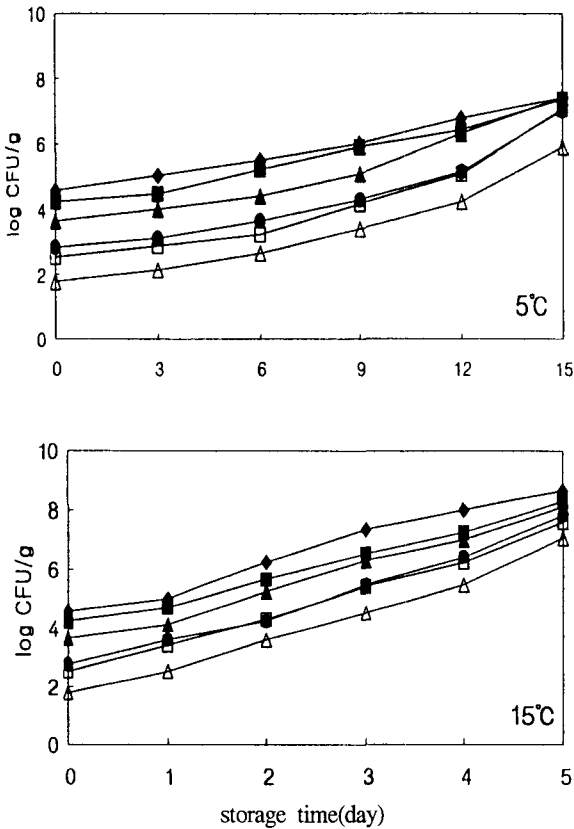


Fig. 2. Effect of alkaline electrolyzed water and 1% citric acid, either or in combination on growth of *Listeria monocytogenes* on lettuce during storage at 5°C and 15°C.

Hypochloride : Sodium hypochlorite, AEW-2 : Alkaline electrolyzed water

◆ Control, ■ Water, ▲ 100ppm hypochloride, ● 1% Citric acid, □ AEW-2, △ AEW-2+1% Citric acid

Fig. 3은 양상치를 저장하는 동안 총균수의 변화를 나타내었는데, 저장초기의 경우, 무처리구에 비하여 수돗물과 차아염소산처리구는 약 0.912 log CFU/g 정도 감소효과를 나타냈으나, 알칼리수와 1% citric acid 단독처리구는 약 1.9 log CFU/g 정도 저해하였으며, 병용처리구는 약 2.5 log CFU/g 저해효과를 나타내었다. 5°C에서 저장시 무처리구와 수돗물 및 차아염소산처리구는 저장 12일까지 같은 경향으로 생육이 증가하였으나, 알칼리전해수나 1% citric acid 처리구에는 생육이 저장 12일까지 대조구에 비하여 현저하게 저해되었

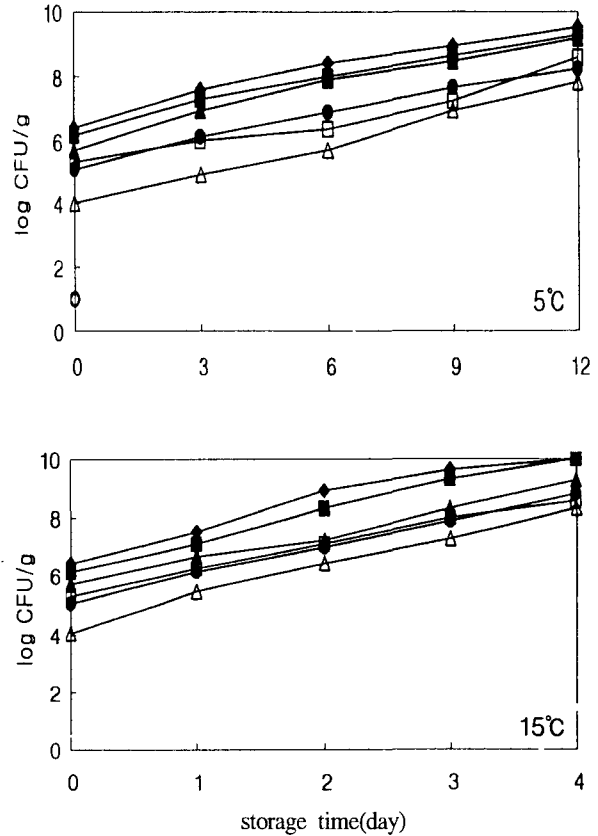


Fig. 3. Effect of alkaline electrolyzed water and 1% citric acid, either or in combination on growth of total counts on lettuce during storage at 5°C and 15°C.

Hypochloride : Sodium hypochlorite, AEW-2 : Alkaline electrolyzed water

◆ Control, ■ Water, ▲ 100ppm hypochloride, ● 1% Citric acid, □ AEW-2, △ AEW-2+1% Citric acid

총균수는 미생물 오염의 index로 활용할 수 있다. 일반적으로 식품에서 총균수가  $10^7$  CFU/g 이상이 되면 부패가 시작되는 것으로 간주한다. 소독제로 가장 많이 사용되고 있는 염소 화합물의 경우 박피 및 절단 전후 세척액에 100~200 mg/L의 농도로 첨가하는 것이 제품의 유통기한을 연장하는데 효과적이라고 알려져 있다(16). 그러나 수용액이나 가공장비의 오염 미생물을 불활성화시키는데 염소 화합물이 매우 효과적임에도 불구하고, 원료 채소에서 발견되는 미생물에 대해 동일한 효과가 있는지에 대해서는 상반된 결과가

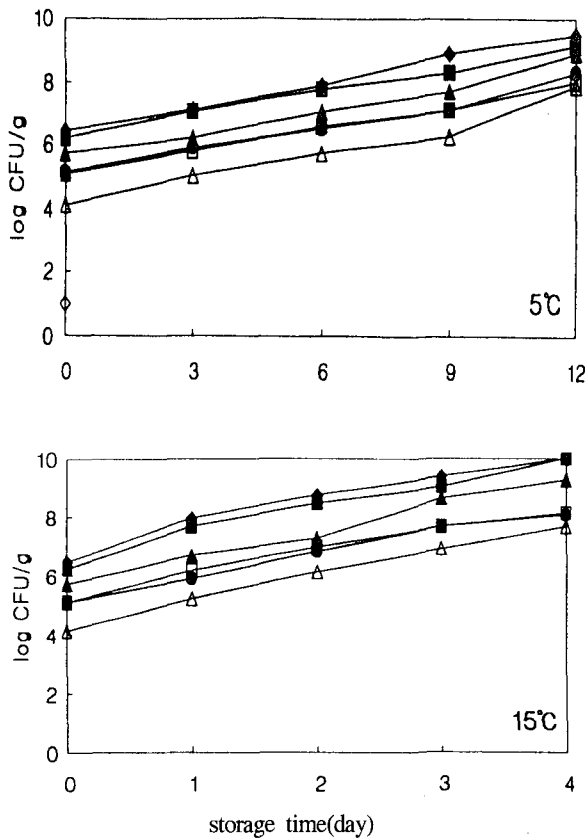


Fig. 4. Effect of alkaline electrolyzed water and 1% citric acid, either or in combination on growth of yeast and mold on lettuce during storage at 5°C and 15°C.

Hypochloride : Sodium hypochlorite, AEW-2 : Electrolyzed alkali water

◆ Control, ■ Water, ▲ 100ppm hypochlorite,  
● 1% Citric acid, □ AEW-2, △ AEW-2+1% Citric acid

보고되었다(17). Torriani와 Massa(18)는 절단당근을 20 mg free chlorine/L 농도의 염소수로 세척했을 때 coliform은 현저하게 줄지만 호기성 세균수는 그다지 영향받지 않음을 확인한 바 있다. 또한 Park과 Lee(19)는 염소처리는 단기저장에만 유효하며 고농도 염소수로 처리할 경우 장기저장 후 오히려 미생물 증식이 더 왕성해질 수 있다고 하였다. 결과적으로 염소 화합물의 처리는 대상 품목과 처리 농도에 따라서 미생물 감소효과가 다른 것으로 이해된다. 본 연구 결과에 의하면, 5°C와 15°C에서 저장하는 동안 대조구에 비하여 알칼리전해수와 1% citric acid 병용처리구가 현저하게 미생물의 생육을 억제하기 때문에 양상치의 경우 세척시 이를 사용하여 초기 균수의 오염을 현저하게 줄이면 미생물학적 안전성을 확보하면서 선도유지 기간을 연장할 수 있을 것으로 사료된다.

#### 전해수 처리에 의한 *L. monocytogenes*의 형태학적 변화

병원성 식중독균인 *L. monocytogenes*를 접종한 양상치에 알칼리수와 1% citric acid의 단독 또는 병용처리로 인한 형태학적 변화를 Fig. 5에 나타내었다. 무처리구의 경우, *L. monocytogenes*가 많이 오염되었으나 알칼리수와 1% citric acid의 단독 처리구에서는 현저하게 감소하였으며 일부 손상된 세포가 관찰되었으나, 병용처리구에서는 현저하게 세포막이 파괴되어 세포가 사멸하는 것으로 나타났다. Kiura 등(20)은 전해되지않은 0.3% NaCl용액을 *Pseudomonas aeruginosa*균에 처리하였을 때에는 세포가 손상되지 않았으나 산성전해수를 처리하였을 때는 현저하게 세포막이 파괴되었으며, 유리염소이온농도가 많을수록 세포막의 파괴가 증가한다고 보고하였다.

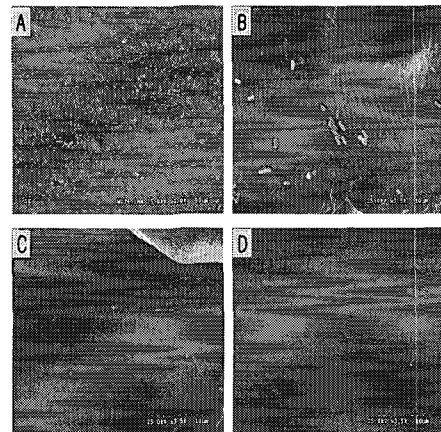


Fig. 5. Morphology of *L. monocytogenes* on lettuce after treatment with alkaline electrolyzed water and 1% citric acid either alone or in combination using Scanning Electron Microscopy.

A : *L. monocytogenes* inoculated into lettuce, B : Alkaline electrolyzed water treatment, C : 1% Citric acid treatment, D : Alkaline electrolyzed water + 1% Citric acid treatment.

#### 요 약

본 연구는 신선편이 양상치를 대상으로 전해수와 유기산의 단독 또는 병용처리에 의한 위해미생물의 살균효과를 조사하였다. 산성전해수는 액상배지에서 *L. monocytogenes*를 60 초 내에 완전히 사멸하였으나, 알칼리전해수는 약 1.7 log CFU/g 정도 감소하였다. 그러나 *L. monocytogenes*를 접종한 양상치에서 산성전해수는 현저하게 살균력이 감소하여 3분 침지시 약 2.5 CFU/g의 감소를 나타내었으나 알칼리전해수는 산성전해수와 거의 살균력의 차이가 없었다. 한편, *L.*

*monocytogenes*에 오염된 양상치를 전해수와 유기산 단독 또는 병용처리 하였을 때 무처리구에 비하여 산성전해수와 알칼리전해수는 약 2 log CFU/g 정도의 감소를 나타냈으며, 1% acetic acid, lactic acid, citric acid 및 ascorbic acid를 처리 하였을 경우 각각 1.52.5 log CFU/g의 감소를 나타냈으나, 산성전해수와 알칼리전해수에 1% 유기산을 병용처리 하였을 경우 약 2.63.7 log CFU/g의 현저한 감소를 나타내었다. 특히 산성전해수와 알칼리전해수 모두 1% citric acid와 병용처리 하였을 때 가장 강한 살균력을 나타내었다. 양상치에 오염된 총균수, 효모 및 곰팡이의 경우도 *L. monocytogenes*에 오염된 양상치의 살균력과 비슷한 경향을 나타내었다. 또한, *L. monocytogenes*를 접종한 양상치를 전해수 처리한 후 온도별로 저장하면서 생육변화를 측정 한 결과, 병용처리구에서 현저하게 생육이 저해되는 것으로 나타나 양상치를 세척시 알칼리전해수와 1% citric acid를 병용처리하면 총균수는 물론 *L. monocytogenes*에 의한 오염방지에 매우 효과적이었다. 한편, SEM 결과, 양상치에 오염된 *L. monocytogenes*는 알칼리수와 1% citric acid의 병용처리구에서는 현저하게 세포막이 파괴되어 세포가 사멸하는 것으로 나타났다.

## 감사의 글

이 논문은 2003년도 강원대학교 기성회 일반연구과제에 의하여 연구되었으며 이에 감사를 드립니다.

## 참고문헌

- Kim, G.H. and Bang, H.Y. (1998) A survey on consumption pattern of minimally processed fruits and vegetables. Korean J. Dietary Culture, 13, 267-274
- Acker, M., Mahon, B., Leathy, E., Damrow, T., Hutwagner, L., Barrett, T., Bibb, W. and Hayes, P. (1996) An outbreak of *Escherichia coli* O157:H7 infections associated with leaf lettuce consumption. Western Montana, p.258. In 36th Interscience Conference on Antimicrobial Agents and Chemotherapy. New Orleans, La. p.258
- Jung, S.W., Park, K.J., Park, B.I., Kim, Y.H. (1996) Surface sterilization effect of electrolyzed acid water on vegetable. Korean J Food Sci Technol. 28. 1045-1051
- Kim, C., Hung, Y.C. and Brackett, R.E. (2000) Roles of oxidation-reduction potential in electrolyzed oxidizing and chemically modified water for the inactivation of food related pathogen. J. Food Prot., 63, 19-24
- Park, K.J., Jung, S.W., Park, B.I., Kim, Y.H. and Jung, J.W. (1996) Initial control of microorganism in Kimchi by the modified preparation method of seasoning mixture and the pretreatment of electrolyzed acid-water. Korean J. Food Sci. Technol., 28, 1104-1110
- Hotta, K. (1997) Acidic electrolyzed saline solution : Its antimicrobial activity and factors, and practical applications. International symposium on biotechnology current status & prospects, Korea University, p.3-9
- Venkitanarayanan, K.S., Ezeike, G.O., Hung, Y.C. and Doyle, M.P. (1999) Efficacy of electrolyzed oxidizing water for inactivating *Escherichia coli* O157:H7, *Salmonella enteritidis*, and *Listeria monocytogenes*. Applied and environmental microbiology, 65, 4276-4279
- Kim, C., Hung, Y.C. and Brackett, R.E. (2000) Efficacy of electrolyzed oxidizing (EO) and chemically modified water on different types of foodborne pathogens. Int. J. Food Microbiol. 61, 199-207
- Park, H., Hung, Y.C. and Chung D.H. (2003) Effects of chlorine and pH on efficacy of electrolyzed water for inactivating *Escherichia coli* O157:H7 and *Listeria monocytogenes*. J. Food Microbiol., 91, 13-18
- Koseki, S., Yoshida, K., Kamitani, Y., Isobe, S. and Itoh, K. (2004) Effect of mild heat pre-treatment with alkaline electrolyzed water on the efficacy of acidic electrolyzed water against *Escherichia coli* O157:H7 and *Salmonella* on Lettuce. Food Microbiol., 21, 559-566
- Carson, S. (1991) Fundamentals of water disinfection. J. water SRT-Aqua 40, 346-356
- Park, H, Hung, Y.C. and Brackett, R.E. (2002) Antimicrobial effect of electrolyzed water for inactivating *Campylobacter jejuni* during poultry washing. J. Food Microbiol. 72, 77-83
- Yoo, Mi-Young, Yun, Jae-Won et al. (2002) Effects of single or combined treatments of ozone and organic acids on the inactivation of microorganism in enoki mushroom. J Korean Soc Food Sci Nutr. November 9, wonkwang university, Jeonbuk, Korea, p.73
- Nascimento, M.S., Silva, N., Catanozi, M. and Silva, K.C. (2003) Effects of different disinfection treatments on the natural microbiota of lettuce. J. Food Prot., 66, 1697-1700
- Oh, M.H., Uhm, Y.R., Chu, H.J., Park, B.K. and Oh, D.H. (2004) Antimicrobial effect of electrolyzed water combined with organic acids on the inactivation of microorganisms in minimally processed vegetables. 2004 Annual Meeting and International Symposium. J Korean Soc Food Sci Nutr, November 17-19, Ramada Plaza Jeju Hotel, Jeju Island, Korea, p.381
- Wiley, R.C. (1994) Preservation methods for minimally

- processed refrigerated fruits and vegetables, Minimally processed refrigerated fruits and vegetables. Wiley, R.C.(ed). Chapman & Hall, New York, USA, p.66-134
17. Brackett, R.E. (1994) Microbiological spoilage and pathogens in minimally processed refrigerated fruits and vegetables, Minimally processed refrigerated fruits and vegetables. Wiley, R.C.(ed). Chapman & Hall, New York, USA, p.269-312
18. Torriani, S. and Massa, S. (1994) Bacteriological survey on ready-to-use sliced carrots. *Lebensm. Wiss. Technol.*, 27, 487-490
19. Park, W.P. and Lee, D.S. (1995) Effect of chlorine treatment on cut watercress and onion. *J. Food Qual.*, 18, 415-424
20. Kiura, H., Sano, K., Morimatsu, S., Naakano, T., Morita, C., Yamaguchi, M., Maeda, T. and Katsuoka, Y. (2002) Bactericidal activity of electrolyzed acid water from solution containing sodium chloride at low concentration, in comparison with that at high concentration. *J. Microbiological methods.*, 49, 285-293.
- 
- (접수 2004년 10월 21일, 채택 2004년 11월 29일)