

## 신선편이 농산식품의 미생물학적 안전성 확보 방안

오 덕 환

강원대학교 바이오산업공학부

### 서 론

최근에 산업의 고도와 및 조직화, 소득증가, 핵가족의 진전, 도시화 확대, 노년층 인구의 증가, 여성의 사회 참여 확대와 가정의 식품소비를 주도하는 주부들의 교육수준이 높아지면서 편의성 추구하고 더불어 위생과 건강에 대한 관심이 급격히 증대되는 등 사회 전반적인 가치의 변화가 나타났고 이에 따라 과거 열량공급을 우선시 하던 경향에서 벗어나 점점 더 이용의 편의성과 함께 식품의 외관, 조직감, 풍미, 영양적 기능적 가치 및 위생상태 등 품질 요소를 고려하는 경향으로 바뀌어 가는 추세이다(1-2). 이러한 시대적 특성을 반영한 새로운 가공 제품류로 신선편이 과채류식품(minimally processed fruits and vegetables)이 등장하게 되었다. 이러한 최소가공 과채류는 생산단계에서 washing, peeling, slicing, grating, shredding 등의 과정을 거치기 때문에 소비자는 이러한 제품을 구입한 후에는 전처리 과정을 거치지 않고 바로 사용할 수 있는 장점이 있다. 그러나 박피, 절단 등의 공정을 거치게 됨으로써 절단 전의 세포에 비하여 호흡이 빠르고, 미생물의 침입에 대한 저항성이 약화되기 쉽다. 또한 육류 및 어패류와 달리 특별한 열처리를 하지 않고 주로 생식으로 섭취되기 때문에 미생물학적 안전성에 있

어 식중독 발병의 원인으로 문제시되고 있다.

신선편이 과채류 식품은 유럽 및 미국시장에서는 이미 1990년대 초반부터 신선편이식품의 생산 및 유통망이 체계화되어 급속히 발전되어 왔다. 미국 내 최소 신선편이식품 시장규모는 1999년 190억 달러로 5년 전 시작단계와 대비하여 3배 이상의 증가율을 보였으며, 해마다 30% 이상 증가하고 있다(3). 국내에서는 아직까지 체계적이고 전문화된 생산이 미비한 형편으로 소규모 혹은 재래적인 방법으로 세척, 박피, 절단된 채소가 유통되고 있으며, 최근에는 지역농가 및 기업을 중심으로 신선편이 과채류 식품에 대한 관심이 높아지면서 상품화가 모색되고 있다. 신선편이 과채류는 절단, 박피 등의 처리과정에 의해 조직내의 상처로 인한 호흡률 및 효소활성의 변화가 초래되며, 가공 및 유통과정을 거치면서 병원성 미생물에 대한 오염 가능성을 내재하고 있다(4). 미국의 경우 신선농산물에 의한 많은 건수의 식중독 사례가 보고되어 있는데 *E. coli* O157:H7은 1982년 미국에서 식중독을 일으키는 인체 병원균으로 최초 확인되었으며(5), 비 살균된 사과주스와 우유, 감자, 물 등에서 발견되었다(6). 1990년부터 1998년 신선농산물에 의해 발생한 식중독 사례를 보면 품목별로는 샐러드류가 35.4%로 가장 높고 다음으로 과일류 발아 채소류, 양배추, 당근 순이었고, 병원균으로는 *Salmonella*, *E. coli* O157:H7, *Shigella*,

*Campylobacter*, *B. cereus* 순이었으며, 발생건수는 꾸준히 증가하고 있고, 2003년에는 수입 과, 2004년 토마토에 의한 *Salmonella* 식중독 발생사례가 보고된 바 있으며 유통중인 칸타푸프, 메론, 벨 페퍼 등의 신선편이식품에서 *Listeria monocytogenes*가 검출되어 관련업체에 recall을 실시한 바 있다.

신선편이 과채류는 가공공정동안 식중독균에 오염되기 쉬우며 제품자체와 제품원은 자연적으로 존재하는 미생물의 수와 종류를 구별한다. 일반적으로 최종제품은 신선편이 과채류보다도 오염이 적으나 식중독균의 오염은 가공 및 유통하는동안 발생되기 쉽기 때문에 철저한 위생조치가 각 가공공정마다 이루어져야한다(7). 최근 식품산업의 급속한 발전으로 인하여 가공과 저장방법이 보다 간단하고 경제적인 방향으로 추구되기 시작하였다. 이러한 경향 속에서 최소의 가공공정을 통해 식품의 안전성을 확보하고 품질을 높일 수 있는 방법들이 모색되면서, CA저장, MA포장, 첨가제처리, 비가열처리(초고압, 방사선, 전기과등)등이 이용되고 있다. 한편, 새로운 가공공정방법의 하나로 최근 관심을 갖게된 새로운 분야로서 hurdle technology가 있다. 이 기술은 한 개의 저해요인이 아니라 여러 가지의 저해요인이 작용할 수 있도록 다양한 조건을 혼합하여 미생물로부터 안전한 식품을 만드는 온화한 저장처리로서 식품의 품질을 높일 수 있고 병원균에 대한 안전성을 확보할 수 있으며 냉장, 냉동없이 대기온도에서도 저장할 수 있으므로 매우 경제적이다.

지금까지 살펴본 바와같이 신선편이 과채류는 최소가공을 한 후에도 자체 내에 미생물군총을 많이 지니고있는데 이중 일부는 식품의 안전성에 심각한 문제를 야기시키는 식중독균도 포함되어있다. 대부분의 신선편이 과채류는 재가열하지않고 직접 소비자가 신선한 상태로 바로 섭취하기 때문에 만약 신선편이 과채류가 이러한 식중독균에 오염되어 있다면 이는 심각한 식품 안전성의 위협이 될 수있다. 따라서 본 보고에서는 이러한 신선야채류에 대한

미생물학적인 안전성 확보방안에 대한 총괄적인 내용들을 고찰해보고자 한다.

## 본 문

### 1. 미생물군총 및 식중독균

신선편이 과채류는 다양한 종류의 미생물을 함유하고 있으며 일반적으로 105-107 CFU/g정도 오염되어 있다. 이중 80~90%정도가 그람음성 간균으로서 *Pseudomonas*, *Enterobacter* 및 *Erwinia*종이 대부분이다(8-9). 젖산균은 혼합샐러드나 당근등에서 검출되며 특히 온도변화가 클 때에 샐러드에 많이 존재한다. 한편, RTU야채류는 재가열없이 바로 섭취하기 때문에 식품안전성의 확보가 무엇보다도 중요하다. 지금까지 신선편이 과채류에 대한 식중독 발생사례가 많이 보고되었으며 대표적인 것을 Table 1에 나타내었다. 일반적으로 RTU 야채류에서 발생한 식중독 세균으로는 *Listeria monocytogenes*, *Clostridium botulinum*, *Aeromonas hydrophila*, *Salmonella*, *E. coli* O157:H7, *Yersinia enterocolitica* 및 *Campylobacter jejuni*등이 있으며 그외 Norwalk virus, *Hepatitis A virus*, *Giardia lamblia*등과 같은 균들이 검출되는 것으로 보고되었다(10). 한편, 국내에서도 신선편이 농산식품으로부터 *Listeria monocytogenes* (0.5%)나 *Yersinia enterocolitica*균(18%)이 분리되는 것으로 나타났다.

### 2. 야채류에서의 식중독발생

최초로 확인된 listeriosis의 발생은 1981년 캐나다의 Maritime지역에서 일어났으며 그중 34case가 유아에서, 7case가 성인으로부터 각각 발생하였다(11). 오염원은 *L. monocytogenes*균으로 양배추샐러드(coleslaw)가 오염된 것으로 판명되었다. Ho등(12)은

Table 1. Samples of foodborne infections linked to the consumption of raw vegetables

Microorganisms	Product suspected	Country
<i>L. monocytogenes</i>	Shredded cabbage in coleslaw	Canada
	Raw vegetables in salads	US
	Salted mushrooms	Sweden
<i>Cl. botulinum</i>	Shredded cabbage in coleslaw	US
<i>Salmonella</i>	Beansprouts	UK
<i>Enterohaemorrhagic E.coli</i>	Salads of raw vegetables	Mexico
<i>Vibrio cholerae</i>	Cabbage	Peru
<i>Virus hepatitis A</i>	Lettuce	US

1979년 여름에 8개의 보스턴 병원에서 23명의 *L. monocytogenes* 감염환자가 발생하였다고 보고하였는데 원인은 생야채샐러드(샐러리, 토마토, 상추)를 섭취함으로써 발병되었다. 그러나 역학조사결과, 이 식품으로부터 원인균을 분리하지 못하였다. 플라스틱 필름을 사용한 MA포장된 버섯에서 *Cl. botulism* 식중독발생사례가 보고되었으며 양배추, 아스파라거스, 브로콜리, 토마토 및 상추 등에서 잠정적으로 보툴리눔독소가 오염된 것으로 밝혀졌다(14). 또한, 1982년부터 1994년 사이에 미국에서는 *E. coli* O157:H7에 의한 식중독이 발생하였는데 주요식품 오염원은 ground beef(약 32%)였으며 야채나 샐러드에서도 약 6%정도가 오염되었다(15). 최근에는 알파파 무순에서 커다란 식중독사고가 발생하였는데 이는 오염된 물 또는 거름에서 재배된 야채류와 부적절한 세척과정에서 기인된 것으로 밝혀졌다(14). 한편, 살모넬라균은 위장염을 유발하는 가장 빈번한 식중독을 일으키는 균으로서 야채류에서 빈번하게 식중독이 발생하였다. 1988년 영국에서는 콩나물을 섭취함으로써 커다란 살모넬라식중독에 감염된 사례가 있으며 역적인 연구결과, 토마토, 양배추샐러드등을 섭취한 환자의 분변에서도 같은 균이 분리되었다(16).

### 3. 전해수의 처리에 의한 *L. monocytogenes*의 사멸효과

산성전해수의 경우 배지내에서 *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. 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). 이같은 결과는, 산성전해수가 배지와 같은 균질화한 액상에서는 알칼리전해수에 비하여 현저하게 살균력이 높은 결과는 산성전해수의 낮은 pH, 높은 산화환원전위(ORP, 약 1100mV) 및 염소이온의 존재 때문인 것으로 보고되고 있다(17). 지금까지 여러 종류의 식품에 대한 산성전해수의 살균효과에 관한 연구는 많이 보고되었지만 알칼리전해수에 대하여는 거의 보고가 되지 않았다. Itoh 등(17)은 양상치에 오염된 *E. coli* O157:H7과 *Salmonella*에 대한 알칼리전해수를 20°C에서 5분간 침지하였을 때 산성

전해수와 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.

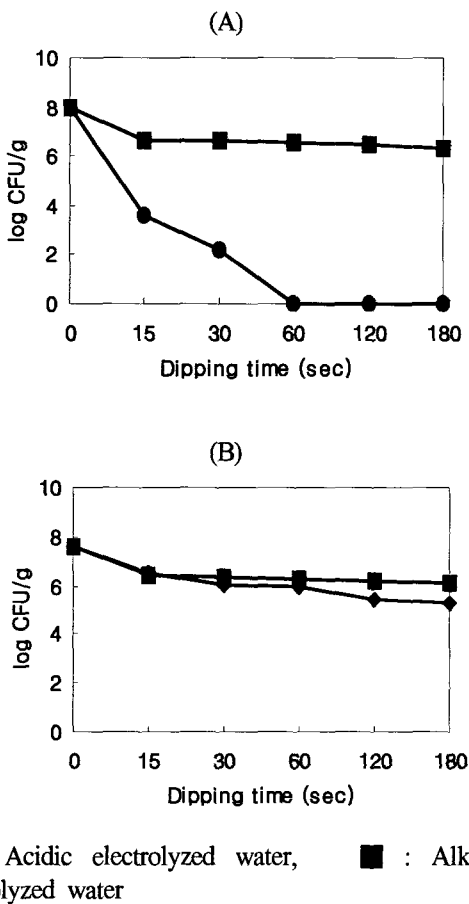


Fig. 1. Effect of electrolyzed water treatment on inactivation of *L. monocytogenes*.

(A: Broth system B: lettuce)

#### 4. 전해수 및 유기산 병용처리에 의한 양상치에서의 위해미생물 저감화

*L. monocytogenes*에 오염된 양상치에 수돗물과 차

아염소산을 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 1.52.5 log CFU/g의 감소를 나타내었다. 그러나 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 나타내었으며 전해수간의 살균력은 차이가 나지 않는 것으로 나타났다(Table 2). Carson 등(18)은 전해수가 염소수보다 살균력이 높은 이유는 전해수에 있는 ORP가 염소수보다 높기 때문이라고 보고하였다. 전해수의 높은 ORP는 세포내의 전자전달계를 변형시켜 대사의 흐름과 ATP합성을 변화시키기 때문이다.

한편, 산성 및 알칼리 전해수와 유기산의 단독 또는 병용처리에 의한 양상치의 총균수 저감화를 나타낸 결과는 Table 2와 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 100ppm 차아염소산 처리구는 약 1.3 log CFU/g 감소를 나타내었다. 이러한 결과는 Nascimento 등(19)이 상추를 수돗물과 200ppm 염소수로 처리하였을 때 총균수를 0.8 및 2.6 log CFU/g 감소시킨 것과 유사한 결과를 보였다. 또한, 1% acetic, lactic, citric, ascorbic acid로 처리하였을 때 1.02.7 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 3.04.3 log CFU/g의 현저한 감소를 나타내었으며, 알칼리 전해수와와의 병용처리구에서는

Table 2. 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.

2.33.5 log CFU/g의 감소를 각각 나타내었다. 산성 전해수 병용처리구에서는 1% ascorbic acid를 제외하고는 거의 비슷한 살균력을 나타내었으나 알칼리 전해수 병용처리구에서는 1% lactic acid처리구가 3.5 log CFU/g로 가장 높은 살균력을 나타내었다. 양상치에 오염된 효모 및 곰팡이의 경우도 총균수와 비슷한 양상을 나타내었다(Table 2). 따라서 본 연구결과 전해수와 유기산 단독처리구보다는 병용

처리구가 현저하게 총균수와 효모 및 곰팡이를 저감화 시킴으로서 양상치의 전처리 살균제로서 병용처리구의 사용가능성이 매우 유용한 것으로 사료된다.

### 결론

최근 소비자들이 건강에 대한 인식이 높아지고

간편성과 편리성에 대한 욕구가 많아짐에 따라 신선편이 과채류에 대한 선호도가 급격히 증가하고 있다. 그러나 신선편이 과채류는 자체 내에 미생물 균총을 많이 지니고있는데 이중 일부는 식품의 안전성에 심각한 문제를 야기시키는 식중독균도 포함되어있으므로 식품 안전성의 위협이 될 수 있다. 최근 식중독 원인균의 증식억제 및 제거 방법으로, 과채류의 선도에 영향을 미치지 않고 인체에 무해한 살균효과를 가지는 살균기술의 개발이 요구되고 있을 뿐만 아니라 보다 실용적이면서 효과적인 세정·살균기술의 개발의 필요성이 대두됨에 따라 다양한 세정기술이 연구되고 있다. 최근까지 신선편이 과채류의 초기 위생기술은 샐러드 재료용 신선과채류 형태로써 대부분 염소세척/침지(chloriantion)법에 국한되어 있었다. 하지만 염소침지법물에 대한 안전성 확보수단으로는 매우 미약하며, 과다 사용시 작업환경의 악화, 잔류악취, 잔류염소 등과 채소조직의 과도한 손상을 초래할 수 있으며, 또한 신선편이식품 섭취에 따른 병원성 세균에 의한 식중독 사고의 발병보고는 대체기술의 모색을 가속화하였다. 이와 관련하여 potassium sorbate, benzoic acid, citric acid, acetic acid, lactic acid 등의 organic acid와 같은 sanitizer와 같은 화학적 방법과 물과 관련하여 기존의 1차 용수로서의 단순한 기능뿐만 아니라 전해수와 같은 항균기능이 부여된 기능수 그리고 CA 저장, MA포장, 첨가제처리 및 비가열처리(초고압, 방사선, 전기파등)등을 이용한 물리적 방법이 활용되고 있다. 한편, 온화한 저장기술중 특히, 냉장과 MA포장은 신선편이 과채류의 안전성과 품질을 확보하는데 매우 중요한 저장방법이다. 그러나 이 방법을 신선편이 과채류에 사용할 경우 *L. monocytogenes*, *Cl. botulinum*, *Y. enterocolitica*같은 저온성세균 및 통성혐기성병원균들이 생육할 수 있기 때문에 신선편이 과채류에 대한 미생물의 안전성확보에 대하여는 지금까지 많은 논란의 여지가 있다. 따라서 재배지부터 철저한 GAP 시스템을 도입하여 안전성을 확

보하고 식품공급체계와 관련된 모든 부분에서 철저한 GMP, SSOP 및 HACCP를 시행하며 그리고 재배자, 농민, 종사자, 유통업자, 소비자등을 교육을 통하여 신선편이 과채류에 대한 미생물의 안전성확보를 이룩할 수 있도록 노력을 하여야 하겠다.

### 참고 문헌

1. Sakai, S.(1995) Application and development of electrolyzed oxidizing water. Food Industry, 4, 35-41
2. Beuchat, L.R. and Golden, D.A. 1985. Antimicrobials occurring naturally in foods. Food Technol. 43: 134-142
3. Garret, E. 1994. Challenges and opportunities in marketing fresh-cut produce. p. 31-34. In: A.L. Brody(ed.). Modified Atmosphere Food Packaging. Institute of Packaging Professionals, Herndon, VA, USA
4. Kunimoto, H. 1997. Acidic electrolyzed saline solution: Its antimicrobial activity and factors, and practical application. Korea Univ. 3-9
5. Riley, L.W., Remis, R.S., Helgerson, D.D., Mcgee, H.B. 1983. Hemorrhagic colitis associated with a rare *Escherichia coli* serotype. N. Engl. J. Med. 308: 681-685
6. Sato H, Maehara N, Ikawa F, Saito Y, Achiwa N, Matsui H, Komiyama K. 2000. Efficacy of electrolyzed water for kitchen disinfection. Japanese J Chemotherapy 48: 768-774
7. Manvell, P. M. and Ackland, M. R. : Rapid detection of microbial growth in vegetable salads at chill and abuse temperatures. Food Microbiology, 3, 59-65(1986)

8. Brocklehurst, T. F., Zaman-Wong, C. M., Salvaggio, L. and Albano, A. : A note on the microbiology of retail packs of prepared salad vegetables. *Journal of Applied Bacteriology*, 63, 409-415(1987)
9. Marchetti, R., Casadei, M. A. and Guerzoni, M. E. : Microbial population dynamics in ready-to-use vegetable salads. *Italian Journal of Food Science*, 4, 97-108(1992)
10. Francis, G. A., Thomas, C. and O'Beirne, D. O. : The microbiological safety of minimally processed vegetables. *International Journal of Food Science and Technology*, 34, 1-22(1999)
11. Schlech, W. F., Lavigne, P. M., Bortolussi, R. A., Allen, A. C., Haldane, E. V., Wort, A. J., Hightower, A. W. et al. : Epidemic listeriosis-evidence for transmission by food. *New England Journal of Medicine*, 308, 203-206 (1983)
12. Sugiyama, H. and Yang, K. H. : Growth potential of *Cl. botulinum* in fresh mushrooms packaged in semipermeable plastic film. *Applied Microbiology*, 30, 964-969(1975)
13. Doyle, M. P. : Fruit and vegetable safety-microbiologicals. *Hortscience*, 25, 1478-1481 (1990)
14. O'Mahony, M. Cowden, J. Smyth, B., Lynch, D., Hall, M., Rowe, B., Teare, E. L. et al. : An outbreak of *Salmonella saintpaul* infection associated with beansprouts. *Epidemiological Infections*, 104, 229-235(1990)
15. Wood, R. C., Hedberg, C. and White, K. : A multistate outbreak of *Salmonella javana* infections associated with raw tomatoes. In: *CDC Epidemic Intelligence Service 40th Annual Conference. Abstracts*. Pp. 69. Atlanta: Centers for Disease Control(1991)
16. Kim, C., Hung, Y.C., 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
17. Shigenobu Koseki et al. (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
18. Carson, S. (1991) Fundamentals of water disinfection. *J. water SRT-Aqua* 40, 3.46-3.56
19. Nascimento MS, Silva N, Catanozi MPLM, Silva KC. (2003) Effects of different disinfection treatments on the natural microbiota of lettuce. *J. Food Prot.* 66, 1697-1700