J Korean Soc Food Sci Nutr
39(10), 1528~1534(2010)

한국식품영양과학회지
DOI: 10.3746/jkfn.2010.39.10.1528

적무 새싹종자의 소독제 처리에 의한 발아 시 미생물 제어효과

전소윤[1] · 김윤화[1] · 성정민[2] · 정진웅[2] · 문광덕[3] · 권중호[3] · 이연경[1†]

[1]경북대학교 식품영양학과
[2]한국식품연구원
[3]경북대학교 식품공학과

Effects of Seed Decontamination Treatments on Germination of Red Radish Seeds during Presoaking

So-Yun Jun[1], Yun-Hwa Kim[1], Jung-Min Sung[2], Jin-Woong Jeong[2], Kwang-Deog Moon[3], Joong-Ho Kwon[3], and Yeon-Kyung Lee[1†]

[1]Dept. of Food Science and Nutrition, Kyungpook National University, Daegu 702-701, Korea
[2]Korea Food Research Institute, Gyeonggi 463-746, Korea
[3]Dept. of Food Science and Technology, Kyungpook National University, Daegu 702-701, Korea

Abstract

The antibacterial effects of seed decontamination during presoaking before sprouting as an intervention step for eliminating foodborne pathogens on red radish seeds were evaluated. The effect of seed decontamination on seed germination rate was also evaluated. Red radish seeds were inoculated (at a level of 3 to 4 log CFU/g) with *Listeria monocytogenes* ATCC 19111 and decontaminated with 20,000 ppm calcium hypochlorite, 50 and 100 ppm chlorinated water, acidic electrolyzed water, low-alkaline electrolyzed water, and ozonated water for 6 hours. The control seeds were immersed in distilled water. The germination rate was measured on each treatment for 48 hours. Treatments with 20,000 ppm calcium hypochlorite, acidic and low-alkaline electrolyzed water were more effective than treatments with chlorinated water and ozonated water. Immersion in 20,000 ppm calcium hypochlorite resulted in the largest microbial reduction (more than 3 logs). Treatments with acidic and low-alkaline electrolyzed water reduced APC by 3 logs and *L. monocytogenes* counts by 2 logs. After sprouting, APC and *L. monocytogenes* counts on seeds treated with 20,000 ppm calcium hypochlorite, acidic and low-alkaline electrolyzed water were significantly lower than the control. The germination rate ranged from 93.5% to 97.7% except for 20,000 ppm calcium hypochlorite (from 82.3% to 84.8%) after 48 hours. Although the treatments tested in this study will not eliminate *L. monocytogenes* on inoculated red radish seeds, the results show that rapid growth of surviving cells during sprouting could be prevented if red radish seeds are given a presoak treatment used in combination with a disinfectant treatment of irrigation water.

Key words: red radish seeds, disinfectant treatments, *L. monocytogenes*, germination

서 론

새싹채소는 단백질, 비타민, 무기질, 식이섬유 등의 많은 영양성분 뿐만 아니라 항산화성분의 약리작용으로 인하여 식품 이상의 기대를 갖게 되면서 건강식품으로서 수요와 공급이 확대되고 있다. 그중 무 싹은 phase 2 enzyme 유도능력(1)과 항암(2) 등의 작용이 보고되고 있다. 그러나 새싹채소는 종자단계에서부터 미생물에 높은 수준으로 오염되어 있거나(3) 재배과정 중 부패 및 병원성미생물의 오염이 용이하여 식중독사고의 원인이 되기도 하였다(4-6). 최근 국내에서 시판하는 새싹채소에 대한 미생물학적 위해조사에서 적무종자 및 새싹에서 *Listeria monocytogenes*가 검출되었다(7). 일본의 경우, 1998년에 무 싹에 존재하는 *E. coli* O157:H7에 의한 식중독으로 6,000명 이상의 환자가 발생하였다(8).

특히 새싹채소류의 병원성 미생물 오염은 주로 오염된 원료종자로부터 기인한다(6). 대표적으로 미국, 일본 시장에서의 새싹채소류 생산량은 매년 크게 신장하고 있으며, 이는 대부분 샐러드 등으로 날로 섭취됨으로써 식중독 사고를 일으킨 바 있으며, 그 원인이 새싹용 종자인 것으로 밝혀졌다(9-11). 새싹채소류는 조직이 매우 연하여 세척에 의한 제균작업이 매우 제한적으로 실시될 수 있으므로 원료종자의 살균과 위생적 새싹 재배공정이 요구되는 특성을 지닌다.

새싹종자에 대한 다양한 화학적 살균제의 침지, 분무, 열처리 등의 방법이 미생물 제어방법으로서 연구되고 있으며

†Corresponding author. E-mail: yklee@knu.ac.kr
Phone: 82-53-950-6234, Fax: 82-53-950-6229

(12-14), acetic acid(15), chlorine(16), 오존수(17,18), 전해수(19) 등에 대한 효과가 보고된 바 있다. 미국에서는 새싹채소에 의한 식중독이 지속적으로 발생함에 따라 미국 FDA는 모든 종자를 발아시키기 전에 20,000 ppm calcium hypochlorite 용액으로 살균할 것을 권고하였다(20). 새싹채소용 종자표면 제균을 위해 제안되고 있는 살균제로는 sodium 혹은 calcium hypochlorite, hydrogen peroxide, chlorine dioxide, ethanol, ozonated water, acidified sodium chlorite, organic acid/hypochlorite와 gaseous acetic acid 등이 있다(6,15,21).

새싹채소는 성장이 빠르고 조직이 부드러워 식미감이 좋으며 재배과정에서 농약을 사용하지 않는 반면, 재배 시 20~40°C의 재배온도와 높은 상대습도는 *E. coli* O157:H7, *Salmonella*, *Bacillus* 등의 병원성 미생물 생장에 최적의 조건을 제공해 준다(22). 새싹채소는 미생물이 오염되었을 경우 저장일수가 급격히 감소할 뿐만 아니라 병원성 미생물에 의하여 식중독에 감염될 가능성이 있고, 또한 유통 저장 중 품질의 변화를 초래하므로 미생물을 감소시키는 것이 중요하다. 따라서 효과적인 미생물학적 안전성 확보를 위해서는 우선적으로 초기미생물 오염수준을 안전한 수준 이하로 감소시키거나 제거하는 것이 중요하다.

국내 새싹채소 시장규모의 증가와 지속적 수요에 대응하기 위해서는 위생적 생산, 유통기술 확보와 안전관리체제의 구축이 시급하다. 이에 본 연구에서는 새싹채소류의 고품질화를 위한 효과적인 살균기술을 개발할 목적으로 국내산 적무 종자의 침지 시 온도별 다양한 소독처리에 따른 살균효과와 발아 시 미생물 증식에 미치는 영향을 조사하였다. 접종대상 미생물은 우리나라 새싹채소에서 검출되어 향후 식중독 발생 가능성이 있으며, 새싹채소의 재배특성과 저온으로 유통된다는 특성을 고려하여 저온성 식중독균으로 그람 양성균인 *L. monocytogenes*를 선정하였다.

재료 및 방법

재료

국내산 적무 종자는 대농바이오영농조합법인에서 구입한 것으로서 2007년 전라남도 나주에서 채종된 것이며, 외관이 건실한 종자를 육안으로 선별하여 사용하였다.

종자 소독처리

소독수의 처리는 적무 종자 10 g에 9배수를 첨가하여 각 5°C, 20°C에서 침지하였다. 각 처리조건은 20,000 ppm calcium hypochlorite 용액의 경우 15분간 침지하여 소독 후 증류수에 6시간 침지하였고, 염소수(50, 100 ppm NaOCl), 오존수(OZW-1001, 알카오존스, 오존농도 0.25 ppm), 전해산화수(HClO 100 ppm, ORP 1,100 mV, pH 2.76) 및 전해환원수(HClO 101.79 ppm, ORP 676 mV, pH 8.72)는 각각 6시간씩 침지하였다. 비처리 종자는 증류수에 6시간 침지하여 대조군으로 사용하였다.

사용균주 및 접종

사용균주는 *L. monocytogenes* ATCC 19111을 사용하였고, 30°C에서 24시간 배양의 방법으로 2차, 3차 배양을 거쳐 실험목적에 맞게 희석하여 사용하였다. 접종된 종자의 균수는 약 3~4 log CFU/g이었다.

총균수 및 *L. monocytogenes* 수의 측정

시료는 종자 접종 후, 침지 후 그리고 발아 24시간 후에 각각 샘플을 취해서 조사하였다. 시료 10 g에 0.85% NaCl 용액 90 mL를 첨가하여 3분간 stomaching한 후 여액을 NaCl 용액으로 연속희석한 후 tryptic soy agar(TSA)와 oxford agar에서 각각 37°C, 30°C, 24~48시간 배양 후 균수는 standard plate count(SPC) 방법으로 계산하였고, colony-forming unit(CFU)/g로 나타내었다.

종자 발아율 측정

소독제 침종에 의한 종자의 발아율을 측정하기 위하여 종자 100립씩을 취하여 각 처리수에 6시간 침종 또는 처리 후 침종하여 사용하였고 비처리 종자의 경우, 증류수에 6시간 침지하였다. 소독제 처리 및 비처리 종자는 10 cm 페트리디쉬 용기에 여과지(Whatman No.1) 1장을 깔고 증류수 10 mL을 첨가한 후 치상하여 암상태의 25°C 발아상에서 3회 이상 반복 실시하였다. 발아기간 동안 건조하지 않도록 증류수를 보충해 주었으며, 유근이 1 mm 이상 나온 것을 발아한 것으로 간주하였고 종자를 치상한 후 12시간 간격으로 2일 동안 조사하여 ISTA(23)의 발아실험법에 준하여 산출하였으며, 조사치는 5회 시험한 결과의 평균값으로 나타내었다.

통계처리

본 실험은 독립적으로 3회 이상 반복 실시하여 실험결과를 mean±SD로 나타내었으며, SPSS(ver. 17.0)를 이용하여 분석하였다. 발아 단계별 소독제 처리 간의 미생물분석치의 변화는 ANOVA와 Tukey's multiple range test($p<0.05$)를 실시하였고, 소독제 처리군들의 발아율은 대조군과 비교하기 위하여 ANOVA와 Dunnett's multiple range test($p<0.05$)를 실시하였으며, 온도(5°C, 20°C)에 따른 미생물 분석치 및 발아율은 *t*-test로 그 유의성을 분석하였다.

결과 및 고찰

국내산 적무 종자의 온도별 소독제 침지처리에 따른 미생물 제어 효과

종자의 침지 시 온도별 다양한 소독제 처리에 따른 일반세균의 제어효과는 Table 1과 같다. 침지 전 종자의 일반세균 수는 5°C와 20°C 각각 5.46±0.04, 5.48±0.05 log CFU/g이었다. 이 결과는 새싹종자들의 일반세균 수가 3.04~6.60 log CFU/g으로 보고된 다른 연구와도 유사하다(3,24). 일반적으

Table 1. Effects of seed decontamination treatments on the sprouting of red radish seeds and APC

Treatment	Processing step		
	Seed	Soaking	Sprouting
5°C			
DW (Control)	5.46±0.04[B1)]	4.97±0.18[Ad2)]	7.72±0.04[Cd**]
$Ca(OCl)_2$ 20,000 ppm	5.46±0.04[B]	1.59±0.26[Aa]	6.95±0.03[Ca]
Chlorine 50 ppm	5.46±0.04[B]	3.48±0.03[Ab***]	7.19±0.17[Cbc]
Chlorine 100 ppm	5.46±0.04[B]	3.29±0.06[Ab***]	7.03±0.07[Cab*]
Ozonated water	5.46±0.04[B]	4.12±0.14[Ac**]	7.28±0.03[Cc]
AcEW	5.46±0.04[B]	3.17±0.12[Ab]	6.96±0.01[Ca]
Low-AlEW	5.46±0.04[B]	3.15±0.10[Ab]	6.95±0.01[Ca]
F-value (p)		155.538[***]	47.187[***]
20°C			
DW (Control)	5.48±0.05[B1)]	5.03±0.10[Ae2)]	7.95±0.06[Cd]
$Ca(OCl)_2$ 20,000 ppm	5.48±0.05[B]	1.79±0.10[Aa]	7.02±0.06[Ca]
Chlorine 50 ppm	5.48±0.05[B]	3.97±0.06[Ac]	7.30±0.15[Cbc]
Chlorine 100 ppm	5.48±0.05[B]	3.74±0.05[Ac]	7.24±0.06[Cabc]
Ozonated water	5.48±0.05[B]	4.70±0.09[Ad]	7.38±0.09[Cc]
AcEW	5.48±0.05[B]	3.26±0.10[Ab]	7.09±0.11[Cab]
Low-AlEW	5.48±0.05[B]	3.16±0.12[Ab]	7.08±0.10[Cab]
F-value (p)		419.455[***]	34.131[***]

DW: distilled water, AcEW: acidic electrolyzed water, low-AlEW: low-alkaline electrolyzed water.
Means in the same row bearing different capital letters are significantly different by Tukey's multiple range test at $p<0.05$.
Means in the same column bearing different small letters are significantly different by Tukey's multiple range test at $p<0.05$.
[*]$p<0.05$, [**]$p<0.01$, [***]$p<0.001$ by t-test.

로 종자의 일반세균 수는 종자의 생산, 저장, 취급방법에 따라 차이를 보이기 때문에 다양하게 나타난다.

종자의 침지 시 소독제 처리에 따라 차이가 나타났는데, 모든 소독제 처리종자가 처리하지 않은 종자(증류수 침지)보다 일반세균 수가 온도(5°C, 20°C)에 관계없이 유의하게 낮았다($p<0.001$). 오존수 침지 시 각 온도별로 4.12±0.14, 4.70±0.09 log CFU/g으로 나타나 약 1 log의 감소 효과를 보인 반면, calcium hypochlorite 20,000 ppm 농도에서 15분간 처리한 후 증류수에 6시간 침지시킨 종자의 일반세균 수는 온도별 각각 1.59±0.26, 1.79±0.10 log CFU/g으로 나타나 3~4 logs의 감소를 보여 소독효과가 가장 높게 나타났다. 50 ppm과 100 ppm 염소수 침지는 1~2 logs의 감소효과를 보였으며, 전해 산화수와 환원수는 2 logs 이상의 감소효과를 나타내었다.

소독제 처리 시 침지온도에 따른 소독효과 차이를 보면 calcium hypochlorite 20,000 ppm 농도에서 15분간 처리한 후 증류수에 6시간 침지, 전해산화수 및 환원수 침지 시 온도변화에 따른 유의적인 차이를 보이지 않은 반면, 염소($p<0.001$)와 오존수($p<0.01$)의 처리 시 20°C보다 5°C의 온도에서 소독효과가 유의하게 높게 나타났다. 이는 염소가 휘발성이 강해 20°C 이상으로 수온이 높아지면 기체상태의 염소화합물질로 휘발되어 소독효과가 떨어지는 점과 일반세균의 성장온도대와 유사하여 소독효과가 낮게 나타난 것으로 판단된다. 이러한 결과에서 침지온도를 5°C 이하로 낮추면 종자의 살균효과를 증대시킴과 동시에 발아 후 미생물학적 안전성을 증가시킬 수 있을 것으로 사료된다.

소독처리 하지 않은 종자의 발아 후 일반세균 수는 5°C와 20°C 각각 7.73±0.04, 7.95±0.05 log CFU/g으로 유의하게 증가하였다($p<0.05$). 소독제를 처리한 경우, 염소수 100 ppm 처리군을 제외하고는 모두 온도간의 유의적인 차이를 보이지 않았으며, calcium hypochlorite 20,000 ppm, 염소수 100 ppm, 전해산화수 및 환원수 처리 후 발아된 새싹의 일반세균 수가 소독처리 하지 않은 종자의 발아 후 일반세균 수보다 1 log 정도의 감소를 보여 가장 낮은 수준을 나타내었다.

종자의 침지 시 온도별 다양한 소독제 처리에 따른 *L. monocytogenes*의 제어효과는 Table 2와 같다. 침지 전 종자의 *L. monocytogenes* 수는 5°C와 20°C 각각 3.35±0.03, 3.44±0.04 log CFU/g이었으며, 6시간 침지 후 5°C에서만 유의한 감소를 보였다($p<0.05$).

한편, calcium hypochlorite 20,000 ppm 농도에서 15분간 처리한 후 증류수에 6시간 침지시킨 종자의 *L. monocytogenes* 수는 5°C와 20°C 모두에서 1 log CFU/g 이하로 나타나 종자 표면의 우수한 소독효과를 보였다. 전해산화수와 전해환원수 침지 후 5°C와 20°C 모두에서 2 logs 정도의 감소효과를 보였으며, 50 ppm과 100 ppm 염소수 침지는 1 log 이상, 오존수는 1 log 정도의 감소효과를 나타내었다. 오존수($p<0.01$)를 제외한 모든 처리군에서 온도변화에 따른 유의적인 차이는 보이지 않았다($p<0.05$). 종자의 발아 후 *L. monocytogenes* 수도 일반세균과 유사한 결과를 나타내었다.

전해수의 경우, Park 등(25)에 의해 보고된 *L. monocytogenes*를 접종한 양상추에 전해수 처리 시 약 2 logs 감소한 결과와 유사하다. 전해수는 강력한 살균력과 잔류물이 없고, 물 자체의 오염에 따른 2차적인 오염 가능성이 없다는 이점이 있어 소독제로서의 활용이 기대된다(26).

Table 2. Effects of seed decontamination treatments on the sprouting of red radish seeds and *L. monocytogenes* counts

Treatment	Processing step		
	Seed	Soaking	Sprouting
5°C			
DW (Control)	3.35 ± 0.03^{B}	$3.27\pm0.03^{Ad*}$	5.42 ± 0.05^{Cc}
$Ca(OCl)_2$ 20,000 ppm	3.35 ± 0.03^{B}	0.23 ± 0.40^{Aa}	4.98 ± 0.03^{Ca}
Chlorine 50 ppm	3.35 ± 0.03^{B}	1.99 ± 0.09^{Ac}	5.15 ± 0.05^{Cb}
Chlorine 100 ppm	3.35 ± 0.03^{B}	1.95 ± 0.05^{Ac}	5.03 ± 0.05^{Cab}
Ozonated water	3.35 ± 0.03^{B}	$2.21\pm0.04^{Ac**}$	5.33 ± 0.07^{Cc}
AcEW	3.35 ± 0.03^{B}	1.26 ± 0.24^{Ab}	5.00 ± 0.06^{Ca}
Low-AlEW	3.35 ± 0.03^{B}	1.36 ± 0.10^{Ab}	4.99 ± 0.05^{Ca}
F-value (p)		75.428^{***}	736.728^{***}
20°C			
DW (Control)	3.44 ± 0.04^{A}	3.51 ± 0.10^{Af}	5.52 ± 0.10^{Bc}
$Ca(OCl)_2$ 20,000 ppm	3.44 ± 0.04^{B}	0.23 ± 0.40^{Aa}	5.02 ± 0.08^{Ca}
Chlorine 50 ppm	3.44 ± 0.04^{B}	2.26 ± 0.16^{Ad}	5.27 ± 0.15^{Cabc}
Chlorine 100 ppm	3.44 ± 0.04^{B}	1.99 ± 0.09^{Acd}	5.24 ± 0.14^{Cab}
Ozonated water	3.44 ± 0.04^{B}	2.87 ± 0.15^{Ae}	5.31 ± 0.05^{Cbc}
AcEW	3.44 ± 0.04^{B}	1.42 ± 0.10^{Ab}	5.05 ± 0.09^{Cab}
Low-AlEW	3.44 ± 0.04^{B}	1.46 ± 0.15^{Abc}	5.06 ± 0.06^{Cab}
F-value (p)		90.071^{***}	9.642^{***}

DW: distilled water, AcEW: acidic electrolyzed water, low-AlEW: low-alkaline electrolyzed water.
Means in the same row bearing different capital letters are significantly different by Tukey's multiple range test at $p<0.05$.
Means in the same column bearing different small letters are significantly different by Tukey's multiple range test at $p<0.05$.
$^{*}p<0.05$, $^{**}p<0.01$, $^{***}p<0.001$ by t-test.

차아염소산나트륨을 비롯한 염소수를 이용한 다른 연구자들의 결과에 의하면 이들의 처리에 의한 균의 감소효과가 거의 없었다는 결과뿐만 아니라 매우 효과적이었다는 서로 상반되는 결과가 있었다. Park 등(27)은 무 종자에 100 ppm 염소수로 10분 동안 처리한 결과 총 균수가 1 log 이하 감소하였고, Kim과 Kim(28)의 연구에서 100 ppm의 염소수를 사용하여 침지시간에 따른 샐러드의 총 균수를 측정한 결과, 침지시간에 상관없이 모두 1 log의 감소를 보였다고 보고하였으며, Weissinger 등(29)은 *Salmonella baildon*이 접종된 양상추와 토마토에 120 ppm과 200 ppm 염소수로 40초 동안 처리한 결과 1 log 이하의 감소를 보고하였고, Rolando 등(30)은 *E. coli* O157 : H7을 접종한 당근에 200 ppm 염소로 2분 동안 처리한 결과 1 log 이하 감소하였다고 발표하여 염소소독의 낮은 저해 효과를 보여주었다. 한편, Kwon(31)은 치커리의 표면 살균처리 중 100 ppm과 200 ppm 염소수로 3분간 처리한 경우 3 logs 정도의 일반세균과 대장균군 수가 감소되는 살균효과를 나타내었고, Kim 등(32)은 배추를 50~70 ppm 염소수에 5분간 침지하고 3회 세척하였을 때 일반세균과 대장균군 수가 각각 약 3 logs, 4 logs 정도 감소되었다고 보고하였다. 이처럼 염소수 처리에 의한 상이한 결과가 나는 것은 활성염소의 생체 유기물과의 접촉으로 인한 불활성화로 그 농도가 감소되었기 때문일 수 있다(33).

오존수의 경우 가장 낮은 살균효과를 보였는데, 이는 Mohammad와 Habibi(34)가 보고한 *S. aureus*가 접종된 건조과실류에 대해서 1 ppm과 5 ppm의 오존수를 처리한 결과, 시간과 농도에 상관없이 1 log 이하의 차이를 보인 결과와 유사하며 또한 Serdar 등(35)도 말린 무화과에서 병원성미생물을 오존수(1~10 ppm)로 처리한 결과, 오존수의 농도가 살균력에 영향을 미치지 않는다고 하였다.

한편, National Advisory Committee(NACMCF)에서는 새싹채소에 사용되는 종자에 calcium hypochlorite 20,000 ppm을 처리하여 병원성미생물을 5 logs 감소시켰다고 보고하였으나(13), 20,000 ppm 이하의 농도에서는 병원성미생물의 수를 감소시키는데 만족할 만한 효과를 가지지는 못하였다(27). 또한 염소수를 고농도로 새싹채소에 적용하기 위해서는 다양한 법적규제에 의해 제한될 수 있기 때문에 물리적·화학적 병행처리가 신선편이 새싹채소 제품의 안전성을 증진시킬 수 있는 대안으로서의 다양한 연구가 필요하겠다.

국내산 적무 종자의 소독처리가 발아율에 미치는 영향

발아채소는 3~5일 정도의 짧은 기간 동안 재배하는 특징을 가지므로 일반적으로 24시간 내에 싹을 틔워야 한다. 따라서 종자를 5°C와 20°C의 온도에서 6시간 침지시킨 후 12시간 간격으로 최대 48시간까지의 발아율을 조사하였으며, 생산 효율적 측면에서 48시간 내의 발아율 90% 이상으로 품질 안전성을 판단하였다.

적무 종자의 여러 조건의 소독 처리에 따른 발아율의 변화를 조사한 결과는 Table 3과 같다. 5°C와 20°C의 증류수 침지 후 발아율은 36시간 후 각각 91.75±2.87%, 93.00±2.71%였으며 48시간 후에는 95.25±3.77%, 97.00±1.41% 수준이었으나, calcium hypochlorite 20,000 ppm에서 15분 동안 처리한 후 증류수에 6시간 침지시킨 후의 발아율은 48시간 후에도 5°C와 20°C에서 각각 82.33±3.06%, 84.80±2.50%로 나타나 대조군에 비하여 약 13%의 감소를 보였다. 식중독균 제

Table 3. Effect of seed decontamination on the germination rate of red radish seeds

Treatment	Germination rate (%)			
	12 hr	24 hr	36 hr	48 hr
5°C				
DW (Control)	30.00±4.58	77.50±2.65	91.75±2.87	95.25±3.77
$Ca(OCl)_2$ 20,000 ppm	8.00±2.65**	39.00±14.42***	70.67±3.79***	82.33±3.06***
Chlorine 50 ppm	30.00±3.00NS	84.00±1.73NS	92.67±1.15NS	95.50±3.79NS
Chlorine 100 ppm	30.00±2.52NS	84.67±4.93NS	92.33±4.04NS	95.25±3.59NS
Ozonated water	32.00±6.00NS	84.33±6.11NS	92.67±2.08NS	95.67±1.53NS
AcEW	13.50±6.86*	75.25±7.09NS	85.00±1.00*	94.50±3.42NS
Low-AlEW	13.00±7.39*	71.00±3.61NS	80.67±2.52***	93.50±4.20NS
F-value (p)	12.019***	16.934***	28.991***	5.809***
20°C				
DW (Control)	33.00±4.76	83.00±8.68	93.00±2.71	97.00±1.41
$Ca(OCl)_2$ 20,000 ppm	11.50±4.73***	56.17±7.40***	79.33±2.12***	84.80±2.50***
Chlorine 50 ppm	61.00±6.56***	94.00±1.00NS	95.67±0.58NS	97.67±0.58NS
Chlorine 100 ppm	66.80±1.92***	91.80±1.30NS	96.60±1.14NS	97.40±1.67NS
Ozonated water	56.50±11.03**	86.25±7.85NS	95.00±1.00NS	97.75±1.50NS
AcEW	46.00±10.58NS	82.40±8.44NS	89.50±2.08NS	95.20±3.27NS
Low-AlEW	25.33±6.43NS	74.00±13.25NS	84.25±4.92**	94.25±2.87NS
F-value (p)	34.617***	12.918***	18.885***	21.159***
t-value (p)	-4.744***	-1.296	-1.893	-0.788

DW: distilled water, AcEW: acidic electrolyzed water, low-AlEW: low-alkaline electrolyzed water.
*$p<0.05$, **$p<0.01$, ***$p<0.001$ by Dunnet's multiple range test.
NS: not significant.

어를 위해 미국 FDA에서 권장하고 있는 calcium hypochlorite 20,000 ppm 농도에서 15분간 처리 시 가장 낮은 발아율을 나타내었다.

한편 염소수 50 ppm, 100 ppm 농도에서의 발아율은 5°C에서 36시간 후 각각 92.67±1.15%, 92.33±4.04%였으며, 20°C에서는 24시간 후 각각 94.00±1.00%, 91.80±1.30% 수준으로 침지온도의 상승이 발아시간을 다소 단축시키는 것으로 나타났다. 48시간 후 대조군과도 유의적인 차이를 보이지 않았다. 또한 오존수의 경우도 48시간 후 5°C와 20°C에서 각각 95.67±1.53%, 97.75±1.50%로 나타나 대조군과 유의적인 차이를 보이지 않았으며, 침지시간에 따른 발아율도 24시간 후에는 온도간의 유의적인 차이를 보이지 않았다. 염소수와 오존수 처리군의 발아율은 24시간 후에는 대조군과의 유의적인 차이를 나타내지 않았지만, 그 이전에는 온도의 증가에 따라 유의적으로 높게 나타나 염소수와 오존수의 처리가 발아시간을 다소 단축시키는 것으로 판단된다.

5°C의 전해수 처리 시 12시간 후 산화수와 환원수 각각 발아율이 13.50%, 13.00%로 대조군과 유의한 차이를 보였지만, 20°C에서는 대조군과 유의한 차이를 보이지 않았으며, 침지온도의 증가가 짧은 시간 내에 발아를 유의하게 촉진시키는 효과가 있는 것으로 나타났다($p<0.001$). 그러나 24시간 이후에는 calcium hypochlorite 20,000 ppm 농도에서 15분간 처리한 경우를 제외하고는 실험군 모두 대조군과의 발아율에서 유의한 차이를 보이지 않았으며, 온도 간 차이도 없었다.

본 실험에서는 적무 새싹종자에 대한 침지 동안의 소독효과와 발아율만을 보았기 때문에 향후 침종 시 기계적 교반 또는 재배동안 온도관리 및 소독수 사용, 재배 후 세척 시 살균소독 등에 관한 연구가 추가된다면 새싹채소의 안전성 증진 및 부가가치 향상에 크게 기여할 수 있을 것으로 판단된다.

요 약

건강웰빙식품의 하나로서 수요가 증가하고 있는 새싹채소는 미생물학적 관점에서 안전성 확보방안이 요구되고 있다. 따라서 새싹채소의 병원성 미생물을 제거하기 위해 적무 종자의 발아 전 침지동안 종자 소독처리에 따른 미생물 제어 효과와 발아율을 평가하였다. *L. monocytogenes* ATCC 19111가 3~4 log CFU/g의 농도로 접종된 적무 종자는 20,000 ppm calcium hypochlorite, 50 ppm과 100 ppm 염소수, 오존수, 전해산화수 및 전해환원수로 처리하였으며, 증류수에 침지시킨 종자를 대조군과 비교하였다. 발아율은 각 처리군에 대해 48시간 동안 조사하였다. 일반세균과 *L. monocytogenes* 모두 20,000 ppm calcium hypochlorite에 침지 후 3 logs 이상의 가장 큰 감소효과를 보였고, 염소수, 전해산화수와 전해환원수 침지 후 일반세균과 *L. monocytogenes* 수는 각각 3 logs와 2 logs 감소되었으며, 염소수와 오존수를 제외하고는 온도변화에 따른 유의적인 차이는 없었다. 종자 발아 후 일반세균 수는 모든 처리군에서, *L. monocytogenes* 수는 염소수 50 ppm과 오존수를 제외한 모든 처리군에서 대조군보다 유의하게 낮았으며, 염소수 100 ppm을 제외하고는 온도변화에 따른 유의적인 차이는 없었다. 발아율은 48시간 후 calcium hypochlorite(82.3~84.8%)

를 제외하고 다른 모든 소독제 처리 시 93.5~97.7%로 나타났으며 대조군과 유의한 차이가 없었다. 이 연구에서 사용된 소독제 처리가 적무 종자에 접종된 *L. monocytogenes*를 완전히 사멸시키지는 못했지만, 발아 동안 재배수의 소독처리가 추가 병행된다면 생존한 균의 급속한 성장을 지연시킬 수 있을 것으로 사료된다.

감사의 글

본 연구는 농림기술개발사업(과제번호: 107053-1)에 의해 수행된 연구결과로 지원에 감사드립니다.

문 헌

1. Lee SO, Lee IS. 2006. Induction of quinone reductase, the phase 2 anticarcinogenic marker enzyme, in Hepa1c1c7 cells by radish sprouts, *Raphanus sativus* L. *J Food Sci* 71: 144-148.
2. O'Hare TJ, Wong LS, Force LE, Gurung CB, Irving DE, Wiliams DJ. 2008. Glucosinolate composition and anti-cancer potential of daikon and radish sprouts. *ISHS Acta Hort* 765: 237-244.
3. Jun SY, Kim TH, Kwon JH, Lee YK. 2009. Microbiological evaluation *in situ* of each process in seed sprouting. *Korean J Food Preserv* 16: 971-976.
4. US FDA. 2000. *Consumers advised of risks associated with raw sprouts*. Department of Health and Human Services, Washington, DC, USA. Vol 9, p 99-113.
5. Montville R, Schaffner D. 2005. Monte carlo simulation of pathogen behavior during the sprout production process. *Appl Environ Microbiol* 71: 746-753.
6. NACMCF. 1999. Microbiological safety evaluations and recommendations on fresh produce. *Food Control* 10: 117-143.
7. Waje CK, Jun SY, Lee YK, Kim BN, Han DH, Jo C, Kwon JH. 2009. Microbial quality assessment and pathogen inactivation by electron beam and gamma irradiation of commercial seed sprouts. *Food Control* 20: 200-204.
8. Yoshoyuki W, Kotaro O, Jonathan HM, Patricia MG, Kazushige M, Shinsaku I, Tadashi S. 1999. Factory outbreak of *Escherichia coli* O157:H7 infection in Japan. *Emerg Infect Dis* 5: 424-428.
9. Taormina PJ, Beuchat LR, Slutsker L. 1999. Infections associated with eating seed sprouts: an international concern. *J Emerg Infect Dis* 5: 626-634.
10. Thayer DW, Rajkowski KT. 1999. Developments in irradiation of fresh fruits and vegetables. *J Food Technol* 53: 62-65.
11. Watanabe Y, Ozasa K, Mermin JH, Griffin PM, Masuda K, Imashuku S, Sawada T. 1999. Factory outbreak of *Escherichia coli* O157:H7 infection in Japan. *J Emerg Infect Dis* 5: 424-428.
12. Taormina PJ, Beuchat LR. 1999. Behavior of enterohemorrhagic *Escherichia coli* O157:H7 on alfalfa sprouts during the sprouting process as influenced by treatments with various chemicals. *J Food Prot* 62: 850-856.
13. NACMCF. 1999. Microbiological safety evaluations and recommendations on sprouted seeds. *Int J Food Microbiol* 52: 123-153.
14. Weiss A, Hammes WP. 2003. Thermal seed treatment to improve the food safety status of sprouts. *J Appl Bot* 77: 152-155.
15. Delaquis PJ, Sholberg PL, Stanich K. 1999. Disinfection of mung bean seed with gaseous acetic acid. *J Food Prot* 62: 953-957.
16. Fett WF. 2002. Reduction of *Escherichia coli* O157:H7 and *Salmonella* spp. on laboratory inoculated mung bean seed by chlorine treatment. *J Food Prot* 65: 848-852.
17. Kim ID, Kim SD. 2001. Changes in quality of soybean sprouts grown by ozone water treatment during storage. *Korean J Food Preserv* 8: 279-384.
18. Kim ID, Park MJ, Cho JW, Soe SS, Kim MK, Lee JB, Lee SK, Kim SD. 2001. Effect of ozone treatment on the quality of soybean sprouts. *Korean J Food Preserv* 5: 177-185.
19. Kim C, Hung YC, Brackett RE, Lin CS. 2003. Efficacy of electrolyzed oxidizing water in inactivating *Salmonella* on alfalfa seeds and sprouts. *J Food Prot* 66: 208-214.
20. US FDA. 1999. Guidance for industry: reducing microbial food safety hazards for sprouted seeds and guidance for industry: sampling and microbial testing of spent irrigation water during sprout reduction. *Fed Register* 64: 57893-57902.
21. Lang MM, Ingham BH, Ingham SC. 2000. Efficacy of novel organic acid and hypochlorite treatments for eliminating *Escherichia coli* O157:H7 from alfalfa seeds prior to sprouting. *Int J Food Microbiol* 58: 73-82.
22. Fu T, Stewart D, Reineke K, Ulaszek J, Schlesser J, Tortorello M. 2001. Use of spent irrigation water for microbiological analysis of alfalfa sprouts. *J Food Prot* 64: 802-806.
23. ISTA. 1996. Proceedings of the international rules for seed testing. *Seed Sci Technol* 21: 25-30.
24. Prokopowich D, Blank G. 1991. Microbiological evaluation of vegetable sprouts and seeds. *J Food Prot* 54: 560-562.
25. Park BK, Oh MH, Oh DH. 2004. Effect of electrolyzed water and organic acids on the growth inhibition of *Listeria monocytogenes* on lettuce. *Korean J Food Preserv* 11: 530-537.
26. Kim C, Hung YC, Brackett RE. 2000. Roles of oxidation-reduction potential electrolyzed oxidizing and chemically modified water for the inactivation of food related pathogen. *J Food Prot* 63: 19-24.
27. Park KJ, Lim JH, Kim JH, Jung JW, Jo JH, Jung SW. 2007. Reduction of microbial load on radish (*Raphanussativus* L.) seeds by aqueous chlorine dioxide and hot water treatments. *Korean J Food Preserv* 14: 487-491.
28. Kim JW, Kim SH. 2005 Establishment of washing conditions for salad to reduce the microbial hazard. *Korean J Food Cookery Sci* 21: 703-708.
29. Weissinger WR, Beuchat LR, Chantarapanont W. 2000. Survival and growth of *Salmonella baildon* in shredded lettuce and iced tomatoes, and effectiveness of chlorinated water as a sanitizer. *Food Microbiol* 62: 123-131.
30. Rolando JG, Yaguang L, Saul RC, James LM. 2004. Efficacy of sanitizers to inactivate *Escherichia coli* O157:H7 on fresh-cut carrot shreds under simulated process water conditions. *J Food Prot* 67: 2375-2380.
31. Kwon JY. 2004. Effect of surface sterilization and various washing on the minimally processed chicory (*Cichorium intybus* L. var. *foliosum*). *MS Thesis*. Duksung Women's University, Seoul, Korea.
32. Kim HY, Jeong JW, Kim JY, Lim YI. 2004. A study on the quality depending on sanitization method of raw vegetables in foodservice operations. *Korean J Soc Food Cookery Sci* 20: 123-132.
33. Adams MR, Hartley AD, Cox LJ. 1989. Factors affecting

the efficacy of washing procedures used in the production of prepared salads. *Food Microbiol* 6: 69-77.
34. Mohammad B, Habibi N. 2008. Efficacy of ozone to reduce microbial populations in date fruits. *Food Control* 20: 27-30.
35. Serdar, Blent Z, Kiroglu ZF. 2006. Effect of ozone treatment on microflora of dried figs. *J Food Eng* 75: 396-399.

(2010년 3월 5일 접수; 2010년 9월 8일 채택)