

## 이산화염소수 및 열수처리에 따른 무(*Raphanus sativus* L.) 새싹 종자의 미생물 제어 효과

박기재 · 임정호<sup>†</sup> · 김지혜 · 정진웅 · 조진호 · 정승원  
한국식품연구원

### Reduction of Microbial Load on Radish (*Raphanus sativus* L.) Seeds by Aqueous Chlorine Dioxide and Hot Water Treatments

Kee-Jai Park, Jeong-Ho Lim<sup>†</sup>, Ji-Hye Kim, Jin-Woong Jeong,  
Jin-Ho Jo and Seong-Weon Jeong  
Korea Food Research Institute, Seongnam 463-746, Korea

#### Abstract

This study was conducted to investigate the effects of treatment with aqueous chlorine dioxide and hot water on the germination of radish (*Raphanus sativus* L.) seeds, and reduction of microbial load on the seeds. Increases in treatment time and the concentration of aqueous chlorine dioxide in water resulted in increasing reductions in the counts of total aerobic microbes. Seeds treated with aqueous chlorine dioxide (100 ppm/20 min, 200ppm/20 min) showed about a 10-fold decrease in microbial loads. Germination of seeds was not adversely affected by any treatment tested, although the germination rate of seeds in the group treated at 55°C for 20 min was reduced by 10% compared to that of control. Combined treatment with hot water and aqueous chlorine dioxide yielded better outcomes in both microbial reduction and seed germination rate than did single treatments. A combined treatment with 100 ppm aqueous chlorine dioxide and hot water (45°C or 50°C) resulted in about a 100-fold decrease in microbial load whereas germination rate showed only a slight increase to 97.0~97.7%. Total aerobic microbial counts in radish seeds were decreased by aqueous chlorine dioxide and hot water treatment in the order: aqueous ClO<sub>2</sub>+ hot water > aqueous ClO<sub>2</sub> > chlorinated water > hot water > control.

**Key words :** aqueous chlorine dioxide, hot-water treatment, radish seed, germination, microbial load

#### 서 론

새싹채소는 오래전부터 소비되어 온 신선편의 식품으로서 다양한 품종의 새싹채소가 동·서양에서 다양한 형태로 소비되고 있다(1). 일반적으로 새싹채소는 생식 또는 요리에 최소가공 형태로 소비되고 있으며, 대형마트에서 새싹채소라는 이름으로 알파파(*Medicago sativa*), 브로콜리 짝 (*Brassica oleracea conar. botrytis*), 메밀짝 (*Fagopyrum esculentum*), 녹두짝(*Phaseolus aureus*), 겨자짝 (*Sinapis alba*), 무짝(*Raphanus sativus*) 등이 판매되고 있다.

새싹채소는 아미노산, 탄수화물, 미네랄, 비타민 및 폴리

페놀 등의 많은 영양성분들을 함유하고 있어 건강식품으로서 높은 관심을 받고 있다(2). 그러나 새싹채소는 신선편의 식품과 같이 병원성 미생물의 내포 가능성이 높은 식품으로서(1), 일본의 경우 1998년에 새싹채소 중 무 짝에 존재하는 *Salmonellae*와 *Escherichia coli* O157:H7, *Listeria monocytogenes*, *Staphylococcus aureus*, *Bacillus cereus*, *Aeromonas hydrophila* 등에 의해서 6,000명 이상의 식중독이 발생하였다(3).

새싹채소는 종자 단계에서부터 미생물에 의해 매우 높은 수준으로 오염되어 있어 일반적으로 *pseudomonads*, *coliforms* 및 *lactic acid bacteria* 등을 포함해서 3~6 log CFU/g의 범위를 나타낸다(4). 이는 새싹채소에 사용되는 종자의 채종 조건이 위생적이지 않고 생육조건이 20~40°C의 온도, 높은 수분활성도의 조건에서 2~7일간의 생장시간이 요구되며 이런 조건들은 미생물의 최적 생장 조건과 유사하기

<sup>†</sup>Corresponding author. E-mail : jhlim@kfri.re.kr,  
Phone : 82-31-780-9331, Fax : 82-31-780-9333

때문이다(5). 새싹채소에 있어서 미생물을 효과적으로 제어하기 위한 방안으로서 critical control point의 개념(6)을 생각할 수 있으며, 그 수단으로서 방사선 조사(7), UV 살균, 전기 또는 자기장 처리, 고압처리, 열처리를 살균제 대용으로 사용하는 연구가 다수 진행되어 왔다(8). 또한, 새싹 종자에 대한 다양한 화학적 살균제의 진탕, 침지, 분무 및 훈증 등의 방법이 미생물의 제어 수단으로서 연구되고 있으며(9,10), chlorine 처리(11,12) 및 휘발성 acetic acid(13), ammonia(14), 전해산화수(15), 중온수(16), 오존수(17,18) 등에 대한 효과가 보고된 바 있다. 특히, National Advisory Committee (NACMCF)에서는 새싹 채소에 사용되는 종자에 calcium hypochlorite 20000 ppm을 처리하여 병원성미생물을 5 log cycle 감소시켰다고 보고(12)하였으나, 그 농도가 너무 높으며 20,000 ppm 이하의 농도에서는 병원성 미생물의 수를 감소시키는데 만족할만한 효과를 가지는 못하였다. 또한, 염소수를 고 농도로 새싹채소에 적용하기 위해서는 다양한 법적 규제에 의해 제한될 수 있기 때문에 물리적 또는 물리적·화학적 병행처리가 신선편이 새싹채소 제품의 안전성을 증진시킬 수 있는 대안으로서의 다양한 연구가 필요하다.

이산화염소는 오존(O<sub>3</sub>), 염소(Cl<sub>2</sub>), 자외선 이용법 등과 함께 용수를 살균·소독하는 방법의 하나로서 널리 사용되고 있다. 그 중 염소소독이 경제적인 측면에서 용수를 소독하는 가장 보편적인 방법으로 사용되어 왔으나, 염소소독은 THM (Trihalomethanes), 염화페놀 등이 생성됨에 따라(19,20) 염소 대체 처리에 대한 연구가 왔으며 이 중 이산화염소에 관한 연구가 활발히 진행되고 있다(21). 이산화염소는 비염소계 살균제 및 소독제로서 강력한 살균력을 갖고 있으며 pH 2~10 범위에서 고른 살균력을 가진다고 보고되고 있다(20). 또한, 새싹채소에 있어서 중온 열처리의 적용은 새싹 채소에 사용되어온 chlorine 및 합성 첨가물에 대한 대안으로 환경 친화적인 처리방법으로서 의미를 가지며, 합성 첨가물과의 병행 처리 시 합성 첨가물의 사용량을 감소시킬 뿐만 아니라 효과를 증대시킬 수 있을 것으로 판단된다.

따라서, 본 연구에서는 화학적 처리방법 중 하나인 이산화염소수와 물리적인 처리방법 중 열처리를 이용하여 새싹채소 중 무 종자의 발아율과 미생물학적 안전성을 증대시킬 수 있는 조건을 연구하고자 하였다.

## 재료 및 방법

### 재 료

무 종자(*Raphanus sativus* L.)는 2007년 3월에 (주)아시아농묘에서 구입한 것으로서 이탈리아산이며, 평균발아율이 80% 이상인 것 중 외관이 건전한 것만을 선별하여 사용하였다.

### 이산화염소수의 제조

이산화염소수는 chlorine dioxide generator system((주)부벽엔텍)을 사용하여 제조 하였으며 농도는 iodometry standard method를 이용하여 측정하였다(22).

### 이산화염소수 및 열수처리

이산화염소수 처리는 무 종자 10 g에 9배수를 첨가하여 상온에서 침지하였으며, 열수처리는 항온수조(VS-1205SW1, Vision scientific Co., Korea)를 이용하여 각각의 실험조건으로 침지하였다. 이산화염소수와 열처리의 혼합처리에는 이산화염소수를 항온수조에서 실험 온도로 설정한 후 각각의 처리 조건으로 침지하였다.

이산화염소수의 처리는 50, 100, 200 ppm의 농도로 조절한 후 각각 5, 10, 20분간 침지하였으며 열처리의 조건은 45, 50, 55°C의 온도로 조절한 후 5, 10, 20분간 침지 처리하였다.

### 총 균수 측정

시료 10 g에 9배수의 0.85% 식염수를 첨가하여 분쇄한 후 여액을 식염수로 희석하여 배지에 분주·배양하고 형성된 colony를 계수하여 시료 당 colony forming unit(CFU)의 수치로 나타내었다. 본 실험에 사용된 선택 배지는 총 균으로 plate count agar(PCA, Difco Co., Detroit, MI, USA)를 사용하여 37°C에서 48시간 후에 조사하였다.

### 발아율 측정

발아율은 10~12 g의 종자를 소독한 후 5점의 cheese cotton을 놓은 페트리접시에 각각 분주하여 10 mL의 증류수를 주어 25°C에서 24시간 후 싹의 발아정도를 확인하여 백분율로 나타내었다.

### 통계처리

본 실험은 독립적으로 3회 이상 반복 실시하여 실험결과를 평균±표준편차로 나타내었다. 실험군간의 유의성을 검정하기 위하여 SAS 9.0 for windows program을 이용하여 ANOVA test를 실시한 후, p<0.05수준에서 Duncan's multiple range test를 실시하였다.

## 결과 및 고찰

### 이산화염소수와 열수처리에 의한 총 균수의 영향

염소수의 농도 및 침지시간에 따른 무 종자의 미생물 제어효과는 Table 1에 나타내었다. 총 균수는 대조구인 물로 세척한 경우가 4.42 log CFU/g 으로서 무 처리구의 4.34 log CFU/g와 유사한 값을 나타내었다(결과 생략). 무 종자를 염소수로 처리 한 직후 총 균수를 측정 한 결과 침지

농도에 대한 영향은 크게 나타나지 않았으나 침지 시간에 따라 감소하는 경향을 나타내었다. 염소수 200 ppm의 농도에서 20분간 처리한 경우 3.61 log CFU/g 으로서 대조구에 비하여 약 1 log cycle의 감소효과를 나타내었으며 100 ppm에서 20분간 처리한 구는 3.77 log CFU/g 으로서 200 ppm과 유사한 결과를 나타내었다. 무 종자를 이산화염소수로 처리 한 후 총 균수를 측정된 결과 침지시간의 증가에 따라 총 균수는 감소하는 경향을 나타내었다(Table 1). 침지시간에 따른 총 균수의 제어효과는 침지시간 5분에서 200 ppm 처리구가 4.03 log CFU/g 으로 낮은 제어효과를 보였으나, 침지시간 10분 이상에서는 모든 처리구의 총 균수가 1 log cycle 이상 감소하는 경향을 나타내어 이산화염소수 50,

100, 200 ppm에서 각각 3.54, 3.36, 3.53 log CFU/g을 나타내었다. 이산화염소수 처리에 의해 100 ppm/20분, 200 ppm/20분 처리구가 각각 3.26 log CFU/g, 3.33 log CFU/g으로 나타나 전반적으로 이산화염소수의 처리효과는 염소수의 처리효과보다 우수한 것으로 나타났다. 이는 Singh 등(23)이 alfalfa 종자에 50 ppm의 이산화염소수를 처리 하여 약 1 log cycle이 감소효과를 보고하였고 Taormina 등(24)은 alfalfa 종자에 3분 동안 500 ppm의 이산화염소수를 처리하여 E. coli O157:H7을 2 log cycle 감소시켰다고 보고한 것과 유사한 결과를 나타내었다.

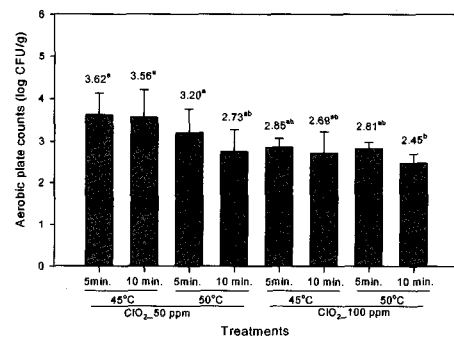
무 종자를 45~55°C 범위에서 열수처리한 후 총 균수를 측정된 결과(Table 1), 처리 범위의 온도에서 5분간 침지한 경우 대조구와 유사한 총 균수를 나타내어 55°C/5분 처리구가 4.12 log CFU/g을 나타내었으며, 10분이상의 처리구에서는 총 균수의 감소를 나타내어 55°C/20분 처리구가 3.72 log CFU/g을 나타내었으나 총 균수의 감소는 1 log cycle을 넘지 못하였다. Alexander 등(25)은 58~62°C의 열처리 온도에서 8분간 처리 시 발아율이 95%이상으로 유지되었으며, alfalfa에 접종시킨 *Salmonella*. spp.가 5 log cycle 감소효과를 나타내었다고 보고하였다.

이산화염소수와 열수처리의 복합조건에 의한 총 균수의 제어효과는 Fig. 1에 나타내었다. 무 종자의 이산화염소수와 열수처리의 복합처리는 단독처리에 비하여 총 호기성 세균수의 제어효과가 우수한 것으로 나타났으며, 이산화염소수 100 ppm 농도와의 복합처리가 50 ppm 농도와의 복합처리에 비하여 상대적으로 우수한 제어효과를 나타내었다.

**Table 1. Effect of aqueous chlorine dioxide and hot water treatment on aerobic counts (log CFU/g) and germination rate in radish seeds**

Treatment	Condition	Treatment time (min)	Aerobic counts (log CFU/g) <sup>a</sup> after treatment	Germination (%) <sup>b</sup>	
Control	-	20	4.42 ± 0.12 <sup>a</sup>	94.79 ± 1.61 <sup>abc</sup>	
Chlorine water (ppm)	100	5	4.59 ± 0.58 <sup>a</sup>	93.80 ± 1.00 <sup>abc</sup>	
		10	4.03 ± 0.72 <sup>ab</sup>	92.28 ± 1.68 <sup>bc</sup>	
		20	3.78 ± 0.18 <sup>bc</sup>	94.20 ± 1.11 <sup>abc</sup>	
	200	5	4.30 ± 0.30 <sup>ab</sup>	95.93 ± 1.08 <sup>abc</sup>	
		10	4.10 ± 0.31 <sup>ab</sup>	95.66 ± 0.56 <sup>abc</sup>	
		20	3.61 ± 0.29 <sup>bc</sup>	91.62 ± 1.65 <sup>cd</sup>	
Hot water (°C)	45	5	4.45 ± 0.25 <sup>a</sup>	95.78 ± 0.94 <sup>abc</sup>	
		10	3.78 ± 0.25 <sup>b</sup>	96.43 ± 0.91 <sup>ab</sup>	
		20	3.92 ± 0.05 <sup>b</sup>	97.09 ± 0.55 <sup>a</sup>	
	50	5	4.40 ± 0.56 <sup>a</sup>	94.87 ± 0.71 <sup>abc</sup>	
		10	3.96 ± 0.11 <sup>ab</sup>	96.46 ± 1.36 <sup>ab</sup>	
		20	3.82 ± 0.11 <sup>b</sup>	93.66 ± 0.94 <sup>abc</sup>	
	55	5	4.12 ± 0.18 <sup>ab</sup>	92.55 ± 2.27 <sup>bc</sup>	
		10	3.83 ± 0.15 <sup>b</sup>	87.62 ± 1.02 <sup>c</sup>	
		20	3.72 ± 0.15 <sup>bc</sup>	84.97 ± 1.87 <sup>c</sup>	
	Aqueous ClO <sub>2</sub> (ppm)	50	5	4.29 ± 0.69 <sup>a</sup>	92.21 ± 1.66 <sup>bc</sup>
			10	3.54 ± 0.06 <sup>bc</sup>	94.99 ± 0.68 <sup>abc</sup>
			20	3.51 ± 0.46 <sup>bc</sup>	92.73 ± 0.21 <sup>bc</sup>
100		5	4.26 ± 0.39 <sup>a</sup>	91.65 ± 3.30 <sup>dc</sup>	
		10	3.37 ± 0.21 <sup>c</sup>	96.36 ± 1.29 <sup>ab</sup>	
		20	3.26 ± 0.50 <sup>bc</sup>	94.79 ± 0.94 <sup>abc</sup>	
200		5	4.03 ± 0.56 <sup>ab</sup>	92.86 ± 2.04 <sup>abc</sup>	
		10	3.53 ± 0.34 <sup>bc</sup>	94.41 ± 1.88 <sup>abc</sup>	
		20	3.33 ± 0.01 <sup>c</sup>	94.87 ± 1.49 <sup>abc</sup>	

<sup>a</sup>Value are means ± SD (n=3). Values in the column sharing a common letter are not significantly different (p≤0.05).  
<sup>b</sup>Percent of seeds capable of germination after treatments.



**Fig. 1. Effect on combined treatment of aqueous chlorine dioxide and hot water on aerobic counts (log CFU/g) in radish seeds.**

All value presents the mean ± SD of triplicate determinations.  
<sup>a,b</sup>Value with same letter are not significantly different (p≤0.05).

특히, 이산화염소수 100 ppm 농도에서는 대조구에 비하여 약 2 log cycle의 총 균수의 감소효과를 나타내었으며, 50 ppm 농도에서는 온도와 시간이 증가할수록 총 균수의 감소효과가 높아 50 ppm/45°C/5분 처리에서 3.62 log CFU/g 으로서 대조구에 비하여 1 log cycle 이상을 감소시키는 것으로 나타났다. 또한, 50 ppm/50°C/10분 처리구와 100 ppm/5

0°C/10분 처리구는 각각 2.73 log CFU/g, 2.45 log CFU/g으로 대조구에 비하여 각각 39%, 45%의 감균효과를 나타내었다. 본 실험에서 열수 단독 처리에 의한 총 균수의 직접적인 제거효과는 크게 나타나지 않는 것으로 나타난 반면, 이산화염소수와 복합처리 시 총 균수의 제거효과가 증가하는 것은 이산화염소수의 ClO<sub>2</sub>가 비교적 다양한 조건에서 안정하여 미생물 제어에 상승효과를 나타낸 것으로 판단된다. 이와 아울러, 이와 같은 미생물 제어 조건은 다양한 신선편이 식품의 미생물제어에 효과적으로 사용될 수 있을 것으로 판단된다.

#### 이산화염소수와 열수처리에 의한 발아율의 영향

무 종자의 염소수 처리에 따른 발아율의 변화를 조사한 결과는 Table 1에 나타내었다. 무 종자를 증류수로 처리한 직후의 발아율은 94.78% 수준이었으나 염소수를 처리한 후 발아율이 91.61~95.92%를 나타내어 염소수 처리에 따른 발아율의 변화를 보이지 않았다. 또한, 이산화염소수 50~200 ppm 농도 범위에서 발아율은 92.21~96.36% 범위로서 대조구와 유사한 값을 나타내어(Table 1), 염소수와 이산화염소수의 처리에 의한 발아율의 변화는 나타나지 않았다. 일반적으로 종자의 휴면타파와 발아촉진을 위해 이용되고 있는 화학물질들은 종자내부에 수분흡수를 가속화하여 단백질의 수화 및 침윤작용을 촉진시키고 효소활력을 증대시키는 효과가 있는 것으로 알려져 있어(26), 저선량 방사선, 자기장 및 온도처리 등과 같은 물리적 처리는 휴면타파, 발아율 증가, 발아촉진 및 생육 촉진 등의 효과가 있는 것으로 보고되고 있다(27-29).

화학적 처리와는 달리 45°C~50°C 열수처리 후 발아율은 93.65~97.08%로 나타나 대조구에 비하여 다소 증가하는 경향을 보였다(Table 1). 반면, 55°C 열수처리의 경우 처리 시간의 증가에 의해서 감소하는 경향을 보여 55°C/20분 처리 시 84.96%로서 대조구에 비하여 약 10%의 감소를 나타내었다. 이산화염소수와 열처리의 복합처리에 의한 발아율은 97.07~98.95%로서 대조구에 비하여 발아율이 다소 증가하는 경향을 나타내었다(Fig. 2). 이러한 경향은 무 종자의 55~62°C/2~8분간 열처리 시 95%이상의 발아율을 나타내었으나, 그 이상의 처리 시간에서는 발아율이 감소하였다는 Alexander 등(25)의 보고와 유사한 경향을 나타내었다. 또한, Weiss 등(16)도 콩나물에 55~80°C/2~20분간 열처리를 한 결과 80°C의 온도에서는 발아율이 감소한다고 보고하였다. 본 실험에서 이산화염소수 및 열수의 단독 처리에 비하여 이산화염소수와 열수의 복합 처리가 새싹 종자의 수분흡수를 더욱 가속화시켜 단백질의 수화 및 침윤작용을 촉진시켜 발아율을 다소 증가시키는 것으로 판단된다. 이러한 결과에서 이산화염소수와 열수의 복합 처리가 새싹채소의 미생물적 안전성을 증가시키고 동시에 생산성을 유지시키기 위한 방안으로 활용될 수 있을 것으로 판단된다.

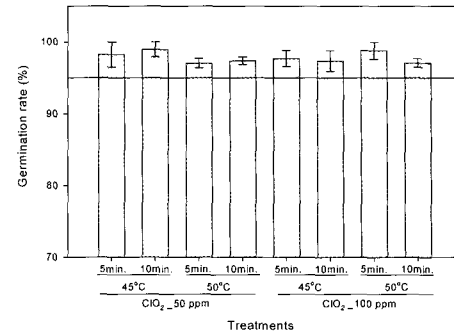


Fig. 2. Effect on combined treatment of aqueous chlorine dioxide and hot water on germination rate in radish seeds.

All value presents the mean  $\pm$  SD of triplicate determinations.  
\*Value with same letter are not significantly different ( $p \leq 0.05$ ).

## 요 약

새싹 채소 중 무순의 위생적인 재배 조건을 위한 종자에 대한 이산화염소수와 열수처리 효과를 조사하였다. 이산화염소수와 열처리를 단독처리 또는 복합처리를 통하여 무 종자의 발아율과 미생물의 감소를 조사한 결과, 단독처리 시 100 ppm 농도 이상의 이산화염소수로 10분 이상 처리 시 대조구와 비교하여 1 log cycle 이상 감소하였으나, 열수처리 온도 45°C~55°C에서는 미생물의 감소가 1 log cycle 이하의 미미한 감소효과를 나타내었다. 발아율은 이산화염소수의 처리에 의한 영향은 없었으며 열처리 온도 45°C~50°C에서는 열처리에 의한 발아율이 증가한 반면, 55°C/10분 이상 처리구에서 발아율이 감소하여 55°C/20분 처리 시 대조구에 비하여 발아율 약 10% 이상 감소하였다. 이산화염소수 50 ppm, 100 ppm과 열수 온도 45°C, 50°C간의 복합처리는 발아율의 증가와 미생물의 감소효과를 나타내었으며, 특히, 100 ppm의 농도에서 병행 처리 시 약 2 log cycle의 미생물 감소효과와 발아율이 97.07~97.72%로 증가하는 경향을 나타내었다. 결론적으로, 이산화염소수와 열수의 복합처리는 무 새싹채소의 종자에 미생물적 안전성을 증가시키고 동시에 발아율을 증가시키는 것으로 판단된다.

## 참고문헌

- Lucy, J.R., Gro, S.J., Bjorn, K.G. and Semir, L. (2002) Microbiological analysis of seed sprouts in Norway. *Int. J. Food Microbiol.*, 75, 119-126
- Feng, P. (1997) A summary of background information and foodborne illness associated with the consumption of sprouts. Center for Food Safety and Applied Nutrition, Washington, DC
- Yoshiyuki, W., Kotaro, O., Jonathan, H.M., Patricia, M.G., Kazushige, M., Shinsaku, I. and Tadashi, S. (1999) Factory outbreak of *Escherichia coli* O157:H7 infection

- in Japan. Emerg. Infect. Dis., 5, 424-428
4. Matos, A., Garland, J.L. and Fett, W.F. (2002) Composition and physiological profiling of sprout-associated microbial communities. J. Food Prot., 65, 1903-1908
  5. Fu, T., Stewart, D., Reineke, K., Ulaszek, J., Schlessler, J. and Tortorello, M. (2001) Use of spent irrigation water for microbiological analysis of alfalfa sprouts. J. Food Prot., 64, 802-806
  6. Anonymous 1993 Codex Alimentarius Commission, Alinorm 93/13, Appendix II
  7. Bari, M.L., Nazuka, E., Sabina, Y., Todoriki, S. and Isshiki, K. (2003) Chemical and irradiation treatments for killing *Escherichia coli* O157:H7 on alfalfa, Radish, and mung bean seeds. J. Food Prot., 66, 767-774
  8. Roy, G., Lester, M., Ray, A. and Marcus, K. (2001) Analysis and evaluation of preventive control measure for the control and reduction/elimination of microbial hazards on fresh and fresh cut produce. US Food and Drug Administration, IFT/FDA Contract No. 223-98-2333
  9. Montville, R. and Schaffner, D.W. (2004) Analysis of published sprout seed sanitization studies shows treatments are highly variable. J. Food Prot., 67, 758-765
  10. Taormina, P.J. and Beuchat, L.R. (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
  11. Fett, W.F. (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
  12. National Advisory Committee on Microbiological Criteria for Foods (NACMCF) (1999) Microbiological safety evaluations and recommendations on sprouted seeds. Int. J. Food Microbiol., 52, 123-153
  13. Delaquis, P.J., Sholberg, P.L. and Stanich, K. (1999) Disinfection of Mung bean seed with gaseous acetic acid. J. Food Prot., 62, 953-957
  14. Himathongkham, S., Nuanualsuwan, S., Riemann, H. and Cliver, D.O. (2001) Reduction of *Escherichia coli* O157:H7 and *Salmonella typhimurium* in artificially contaminated alfalfa seeds and mung beans by fumigation with ammonia. J. Food Prot., 64, 1817-1819
  15. Kim, C., Hung, Y.C., Brackett, R.E. and Lin, C.S. (2003) Efficacy of electrolyzed oxidizing water in inactivating *Salmonella* on alfalfa seeds and sprouts. J. Food Prot., 66, 208-214
  16. Weiss, A. and Hammes, W.P. (2003) Thermal seed treatment to improve the food safety status of sprouts. J. Appl. Bot., 77, 152-155
  17. Kim, I.D. and Kim, S.D. (2001) Changes in quality of soybean sprouts grown by ozone water treatment during storage. Korean J. Food Preserv., 8, 279-384
  18. Kim, I.D., Park, M.J., Cho, J.W., Soe, S.S., Kim, M.K., Lee, J.B., Lee, S.K. and Kim, S.D. (1998) Effect of ozone treatment on the quality of soybean sprouts. Korean J. Food Preserv., 5, 177-185
  19. Kraybill, H.F. (1978) Origin, classification and distribution of chemicals in drinking water with an assessment of their carcinogenic potential. Vol. 1, pp. 211-228. In: Water chlorination. Jolly RL (ed). Ann Arbor Science, Ann Arbor, MI, USA
  20. Moore, G.S., Calabrese, E.J., DiNardi, S.R. and Tuthill, R.W. (1978) Potential health effect of chlorine dioxide as a disinfectant in potable water supplies. Med. Hypotheses, 4, 481-496
  21. Kim, J.M. (2001) Use of chlorine dioxide as a biocide in the food industry. Food Ind. Nutr., 6, 33-39
  22. APHA. (1995) Standard methods for the examination of water and wastewater. 19th ed. DPD Method. American Public Health Association, Washington DC, USA, p. 4-76
  23. Singh, N., Singh, R.K. and Bhumia, A.K. (2003) Sequential disinfection of *Escherichia coli* O157:H7 inoculated alfalfa seeds before and during sprouting using aqueous chlorine dioxide, ozonated water, and thyme essential oil. Lebensm.-Wiss. U.-Technol., 36, 235-243
  24. Taormina, P.J. and Beuchat, L.R. (1999) Comparison of chemical treatment to eliminate enterohemorrhagic *Escherichia coli* O157:H7 on alfalfa seeds. J. Food Prot., 62, 318-324
  25. Alexander, W. and Walter P.H. (2005) Efficacy of heat treatment in the reduction of *Salmonellae* and *Escherichia coli* O157:H- on alfalfa, mung bean and radish seeds used for sprout production. Eur. Food Res. Technol., 221, 187-191
  26. Roberto, L.B., Sanchez, R.A., Forcella, F., Kruk, B.C. and Ghera, C.M. (2000) Environmental control of dormancy in wood seed banks in soil. Field Crop. Res., 67, 105-122
  27. Moon, J.D., and Chung, H.S. (2000) Acceleration of germination rate of tomato seed by applying AC electric and magnetic fields. J. Electrostat., 48, 103-114
  28. Kim, J.S. and Lee, Y.B. (1998) Ionizing radiation hormesis in crops. Korean J. Environ. Agric., 17, 75-85
  29. Park, C.S., Lee, D.S., Kim, J.T., Kim, S.H., Kim, B.T., Bahng, G.W. and Lee, S.M. (2000) The effect of magnetic field on the plant seed sprout. J. Kor. Soc. Jungshin Sci., 4, 17-22