

새싹 종자 소독 여부에 따른 발아율과 재배기간별 미생물 오염도

박은정 · 권중호¹ · 이연경[†]

경북대학교 식품영양학과, ¹경북대학교 식품공학과

Germination Rate and Microbial Safety during Cultivation of Disinfected Seeds

Eun-Jung Park, Joong-Ho Kwon¹ and Yeon-Kyung Lee[†]

Department of Food Science and Nutrition, Kyungpook National University, Daegu 702-701, Korea

¹Department of Food Science and Technology, Kyungpook National University, Daegu 702-701, Korea

Abstract

This study investigated the microbial safeties and germination rates of five domestic sprout species (alfalfa, broccoli, clover, red cabbage, and red radish) grown from disinfected seeds. The 48 h germination rates of all seeds were over 90%, regardless of treatment. Seed total plate count (TPC) and coliform levels were reduced significantly ($p < 0.05$) by treatment with 20,000 ppm calcium hypochlorite solution at 25°C for 15 min, following FDA recommendations. However, after germination, all sprouts regardless of treatment exhibited bacterial counts of 10^7 - 10^8 CFU/g. *Listeria monocytogenes* was detected at 10^3 - 10^4 CFU/g on germinated non-disinfected clover seeds at days 1, 2, and 5. In conclusion, although sprout germination from disinfected seeds potentially permits the growth of sprouts with lower pathogen counts, there were no significant differences in TPC or coliform levels between sprouts grown from disinfected seeds and control sprouts. Further work is needed to improve the microbial safety of cultivated sprouts and to find optimal conditions for seed germination.

Key words : sprout, alfalfa, broccoli, clover, red cabbage, red radish, disinfection, germination rate

서 론

식생활이 서구화되면서 육식위주의 식사를 선호하게 되었으나, 건강 유지와 비만, 당뇨 등과 같은 생활습관병에 대한 경각심이 사회적 이슈로 떠오르면서 웰빙(well-being) 식생활이 확산되고 있으며(1), 건강과 직결된 채식과 신선편이 식품을 선호하는 추세로 변화되고 있다.

최근 소비량이 증가하고 있는 다양한 품종의 새싹채소류는 비타민, 무기질 등의 영양가가 높고, 독특한 기능성 물질들이 함유되어 있어 현대인에게 문제가 되는 성인병 및 각종 질병 예방에 도움이 된다(2). 십자화과 식물에 속하는 새싹채소류(알팔파, 브로콜리, 양배추, 무, 숙주 등)는 비타민, 무기질, 식이섬유, 플라보노이드 등의 다양한 영양성분

들을 함유하고 있다. 특히 브로콜리의 경우에는 비타민 K, 비타민 B₂, 비타민 B₆, 엽산, β-카로틴, 루테인, 플라보노이드의 종류에 해당하는 플라보놀(퀴세틴), 이소티오시아네이트(설포라펜), 인돌 등의 다양한 식물성 유용성분(phytochemicals)들이 함유되어 있어 항산화, 해독, 면역기능 증강, 호르몬 조절작용, 노화지연, 암예방, 고혈압, 골다공증 등의 여러 질환을 예방하는데 중요한 작용을 하는 것으로 보고되었다(3). 일본에서는 무에서 당뇨병을 완화시키는 효과가 있는 것으로 알려져(4), 새싹 채소는 건강한 식이를 위해 필수적인 식품이라고 할 수 있다.

그러나 새싹채소(raw or slightly cooked sprout)에 의한 식중독 사고는 1973년부터 2006년까지 미국, 영국, 일본, 캐나다 등 선진국을 중심으로 보고되면서 식품에서 유래하는 총 식중독 사고의 40%에 이른다(5). 미국 캘리포니아에서는 오염의 근원이 종자로 추정되는 알팔파에서 *Salmonella* spp., *E. coli* O157:H7이 검출되었고, 이미 주요 선진국에서

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

는 새싹채소가 대형 식중독 사고의 원인식품으로 판명되었으며, 다양한 식중독 균이 검출되었다(6). 이와 같이 새싹채소류로 인한 식중독이 자주 발생함에 따라 미국 FDA는 새싹채소를 생식하는 것은 위험하다고 경고하였다(7). 따라서 본 연구에서는 종자의 소독여부에 따른 발아율과 새싹채소의 재배기간별 오염도를 분석하여 향후 위생적인 새싹채소 생산을 위한 기초자료로 제시하고자 하였다.

재료 및 방법

실험 재료

본 실험에서는 수입산(2007) 새싹종자 알팔파(Alfalfa, 이태리, 농우바이오), 브로콜리(Broccoli, 이태리, 아시아종묘), 클로버(Clover, 미국, 농우바이오), 적양배추(Red cabbage, 이태리, 아시아종묘), 적무(Red radish, 이태리, 농우바이오) 5종을 사용하였다.

종자 발아율 측정

종자 발아율 측정방법은 Chang 등(8), Kim 등(9) 및 Lang 등(10)의 방법을 참고하였다. 비커에 1 g의 종자를 무게 달아서 처리수(증류수, 수도수, 70% Ethanol, CaOCl₂ 20,000 ppm, 10% NaOCl 50 ppm, 100 ppm, 200 ppm) 10 mL에 15분간 침지하여 세척 및 소독한 후 살균 증류수로 행구었다. 필터페이퍼(filter paper)를 놓은 페트리 접시에 행균 종자 50립을 치상하였다. 마르지 않게 10 mL 증류수를 주어 25°C 환경에서 12, 24, 36, 48시간 씩의 총 발아정도를 확인하여 백분율(%)로 나타냈다.

종자 소독처리

국제 새싹 재배협회(International Sprouts Growers Association, ISGA)와 FDA(11)의 권고에 따라, 새싹종자 100 g당 25°C calcium hypochlorite (CaOCl₂) 20,000 ppm 용액에 15분간 침지하여 소독하였다. 새싹종자는 저온저장고(5°C)에 보관한 것을 사용하였으며, 20,000 ppm CaOCl₂는 100 mL 살균 증류수에 calcium hypochlorite (CaOCl₂) 용액(Olin Chemical Corporation, Norwalk, CT) 3.07 g을 넣고 용해시켜 제조하였다(10).

재배조건 및 기간

새싹종자는 15~20°C 증류수에서 4~6시간 침종시킨 뒤, 전자동 새싹 재배기(EasyGreen MikroFarm™, Pahrup, Nevada, USA)에 넣어, 증류수를 재배수로 하여 2시간에 20분가량 자동 분무되도록 하면서 실온에서 5일간 재배하였다. 이때 calcium hypochlorite (CaOCl₂) 20,000 ppm 용액으로 소독한 종자를 실험군으로 하고, 소독하지 않은 종자

를 대조군으로 하여 2대의 재배기에서 동일한 조건으로 재배하였다. 재배기간은 2007년 10월부터 2008년 3월 까지였다.

미생물 분석

소독여부에 따라 종자에서부터 재배 기간별로 키운 새싹채소의 일반세균(Total plate count), 대장균군(Coliforms), 식중독균(*Escherichia coli*, *Escherichia coli* O157:H7, *Staphylococcus aureus*, *Listeria monocytogenes*, *Bacillus cereus*, *Salmonella* spp.)의 오염도 분석은 식품공전(12)에 수록되어 있는 시험법에 근거하여 2회 반복 실시하였으며, 양성반응을 보인 시료에 대해서는 정량실험을 실시하였다.

통계처리

자료의 통계처리는 SPSS ver. 12.0을 이용하였으며, 종자별 발아율 측정시간에 따른 차이와 재배기간별 미생물 오염도 변화는 ANOVA와 Tukey-K's multiple range test(p<0.05)로 유의성을 검증하였고, 실험군과 대조군간 비교는 t-test를 실시하였다.

결과 및 고찰

새싹종자 소독처리가 발아율에 미치는 영향

새싹종자 소독제 처리에 따른 발아율 측정 결과는 Table 1과 같다. 거의 모든 종자에서 소독제 처리 여부와 관계없이 시간경과에 따라 발아율이 유의하게 증가하였다.

종자별로 살펴보면, 알팔파, 클로버, 적무 종자의 경우 48시간 후 20,000 ppm CaOCl₂ 처리를 제외한 모든 소독제 처리 시 증류수 및 수도수와 마찬가지로 90% 이상의 유의하게 높은 발아율을 나타내었다. 반면에 브로콜리와 적양배추의 경우 48시간 경과 후 소독제 처리여부와 관계없이 70~82%로 다른 새싹종자에 비해 발아율이 낮았다.

발아율에 가장 효과적인 처리제는 10% NaOCl 50 ppm으로 클로버에 처리하였을 경우 증류수 처리와 동일하게 발아율이 98%로 유의하게 높았으며(p<0.05), 적무, 적양배추 종자에서도 증류수 및 수도수와 비슷한 수준이었으며, 70% 에탄올이나 calcium hypochlorite 20,000ppm 보다 유의하게 높은 발아율을 나타냈다(p<0.05).

일반적으로 종자의 휴면타파와 발아촉진을 위해 이용되고 있는 화학물질들은 종자내부에 수분흡수를 가속화하여 단백질들의 수화 및 침윤작용을 촉진시키고 효소활력을 증대시키는 효과가 있는 것으로 알려져 있다(13).

Megan 등(10)의 연구에서 organic acid와 calcium hypochlorite를 알팔파 seed에 처리했을 때 무처리군과 별 다른 차이 없이 높은 발아율을 나타내었다(10). 본 실험에서도 알팔파,

Table 1. Germination rate of five seeds by washing and sterilization treatments¹⁾

Treatment		Germination rate (%)			
		Time (hr)			
		12	24	36	48
Alfalfa	Distilled water	80.0±0.0 ^{ab}	90.0±0.0 ^{aA}	90.0±2.8 ^{aA}	92.0±2.8 ^{abA}
	Tap water	62.0±2.8 ^{bcD}	74.0±2.8 ^{ac}	84.0±0.0 ^{ab}	92.0±0.0 ^{abA}
	70% Ethanol	58.0±2.8 ^{cc}	76.0±5.6 ^{ab}	80.0±0.0 ^{ab}	90.0±0.0 ^{abA}
	CaOCl ₂ 20,000 ppm	38.0±0.0 ^{db}	84.0±2.8 ^{aA}	84.0±0.0 ^{aA}	88.0±2.8 ^{ba}
	10% NaOCl 50 ppm	72.0±5.6 ^{abB}	74.0±0.0 ^{ab}	86.0±8.4 ^{aAB}	96.0±0.0 ^{aA}
	10% NaOCl 100 ppm	64.0±0.0 ^{bcB}	80.0±16.9 ^{aAB}	88.0±5.6 ^{aAB}	94.0±0.0 ^{abA}
	10% NaOCl 200 ppm	74.0±5.6 ^{abB}	84.0±5.6 ^{aAB}	86.0±0.0 ^{aAB}	94.0±2.8 ^{abA}
Broccoli	Distilled water	18.0±0.0 ^{ac}	40.0±0.0 ^{ab}	46.0±0.0 ^{bb}	80.0±0.0 ^{aA}
	Tap water	18.0±2.8 ^{ad}	34.0±5.6 ^{ac}	52.0±2.8 ^{abB}	78.0±0.0 ^{aA}
	70% Ethanol	6.0±0.0 ^{id}	30.0±0.0 ^c	50.0±2.8 ^{abB}	76.0±0.0 ^{aA}
	CaOCl ₂ 20,000 ppm	12.0±2.8 ^{bd}	44.0±5.6 ^c	56.0±0.0 ^{ab}	72.0±0.0 ^{aA}
	10% NaOCl 50 ppm	14.0±0.0 ^{abd}	36.0±0.0 ^c	54.0±2.8 ^{abB}	80.0±0.0 ^{aA}
	10% NaOCl 100 ppm	8.0±0.0 ^{cid}	40.0±0.0 ^c	58.0±2.8 ^{ab}	78.0±0.0 ^{aA}
	10% NaOCl 200 ppm	8.0±0.0 ^{cid}	36.0±5.6 ^{ac}	58.0±0.0 ^{ab}	80.0±5.6 ^{aA}
Clover	Distilled water	42.0±2.8 ^{ac}	86.0±2.8 ^{ab}	90.0±0.0 ^{ab}	98.0±0.0 ^{aA}
	Tap water	56.0±5.6 ^{ac}	64.0±0.0 ^{cb}	68.0±0.0 ^{bb}	90.0±0.0 ^{da}
	70% Ethanol	44.0±5.6 ^{abc}	76.0±2.8 ^{bb}	88.0±0.0 ^{aA}	92.0±0.0 ^{ca}
	CaOCl ₂ 20,000 ppm	44.0±0.0 ^{abb}	78.0±0.0 ^{ba}	80.0±8.4 ^{aA}	90.0±0.0 ^{da}
	10% NaOCl 50 ppm	38.0±2.8 ^{bc}	78.0±0.0 ^{bb}	80.0±0.0 ^{ab}	98.0±0.0 ^{aA}
	10% NaOCl 100 ppm	48.0±0.0 ^{abc}	90.0±2.8 ^{ab}	92.0±0.0 ^{ab}	96.0±0.0 ^{ba}
	10% NaOCl 200 ppm	36.0±5.6 ^{bc}	64.0±2.8 ^{cb}	90.0±0.0 ^{aA}	96.0±0.0 ^{ba}
Red cabbage	Distilled water	4.0±0.0 ^{bd}	24.0±2.8 ^c	38.0±0.0 ^{bb}	78.0±0.0 ^{abA}
	Tap water	8.0±2.8 ^{abd}	30.0±0.0 ^{ac}	48.0±0.0 ^{ab}	82.0±0.0 ^{aA}
	70% Ethanol	4.0±0.0 ^c	28.0±2.8 ^{bb}	32.0±0.0 ^{cb}	70.0±2.8 ^{ca}
	CaOCl ₂ 20,000 ppm	8.0±0.0 ^{abd}	22.0±0.0 ^c	30.0±2.8 ^{db}	70.0±2.8 ^{ca}
	10% NaOCl 50 ppm	12.0±2.8 ^{ad}	32.0±0.0 ^{ac}	48.0±2.8 ^{ab}	78.0±0.0 ^{abA}
	10% NaOCl 100 ppm	10.0±2.8 ^{abd}	28.0±5.6 ^c	46.0±0.0 ^{ab}	76.0±0.0 ^{ba}
	10% NaOCl 200 ppm	8.0±0.0 ^{abd}	32.0±0.0 ^{ac}	48.0±0.0 ^{ab}	76.0±0.0 ^{ba}
Red radish	Distilled water	24.0±2.8 ^{bcd}	74.0±2.8 ^{bc}	82.0±2.8 ^{ab}	94.0±0.0 ^{aA}
	Tap water	34.0±2.8 ^{ad}	84.0±0.0 ^{ac}	90.0±2.8 ^{ab}	96.0±0.0 ^{aA}
	70% Ethanol	18.0±2.8 ^{cdeD}	80.0±0.0 ^{bc}	84.0±0.0 ^{ab}	90.0±0.0 ^{ba}
	CaOCl ₂ 20,000 ppm	28.0±0.0 ^{abd}	54.0±2.8 ^{dc}	72.0±5.6 ^{cb}	86.0±0.0 ^{ca}
	10% NaOCl 50 ppm	14.0±2.8 ^{deD}	56.0±0.0 ^{bc}	74.0±0.0 ^{bc}	96.0±2.8 ^{aA}
	10% NaOCl 100 ppm	22.0±2.8 ^{bcdC}	60.0±5.6 ^{db}	62.0±0.0 ^{db}	96.0±0.0 ^{aA}
	10% NaOCl 200 ppm	12.0±0.0 ^{ec}	70.0±2.8 ^{cb}	72.0±0.0 ^{cb}	90.0±0.0 ^{ba}

¹⁾The data represent the mean±SD (n=50). Values with different capital letters within the row are significantly different and values with different small letters within the column are significantly different at the p<0.05 by Tukey-K's multiple range test.

클로버, 적무의 경우 소독제 처리와 무관하게 90% 이상의 높은 발아율을 보였으므로 세척 및 화학제 소독처리가 새싹 종자의 발아율에 큰 영향을 미치지 않음을 알 수 있었다.

알팔파의 경우 소독 처리한 종자는 발아 3일 째 일반세균 (6.85×10^7)과 대장균군(3.32×10^7) 이 대조군에 비하여 유의하게 낮은 수준을 보였다($p < 0.05$). 재배기간에 따라서는 일반세균수의 경우 종자소독에 관계없이 발아 3일 째부터 종자에 비해서 유의하게 높아졌다($p < 0.05$). 대장균군수의 경우 대조군에서는 종자에서 새싹에 이르기까지 유의한 차이가 없이 높은 수준을 나타내었고, 소독제 처리군에서

재배기간별 새싹채소의 미생물 분석

새싹종자의 재배기간별 소독 여부에 따른 일반세균 및 대장균군수를 분석한 결과는 Table 2~6과 같다.

Table 2. Total plate count and coliforms during germination of alfalfa

Day	Total plate count (CFU/g)		Coliform count (CFU/g)	
	Control	Treatment	Control	Treatment
0 (seed)	$6.25 \times 10^3 \pm 4.71 \times 10^{3c}$	$8.20 \times 10^1 \pm 6.01 \times 10^{1d}$	$1.72 \times 10^3 \pm 1.52 \times 10^3$	$1.00 \times 10^1 \pm 1.10 \times 10^{1b}$
1	$6.09 \times 10^7 \pm 6.25 \times 10^{7bc}$	$7.92 \times 10^6 \pm 7.60 \times 10^{6d}$	$2.93 \times 10^7 \pm 3.37 \times 10^7$	$2.23 \times 10^6 \pm 2.26 \times 10^{6b}$
2	$1.10 \times 10^8 \pm 5.89 \times 10^{7abc}$	$2.80 \times 10^7 \pm 2.61 \times 10^{7cd}$	$2.33 \times 10^7 \pm 1.78 \times 10^7$	$2.17 \times 10^6 \pm 1.30 \times 10^{6b}$
3	$2.00 \times 10^8 \pm 9.57 \times 10^{6ab}$	$6.85 \times 10^7 \pm 9.88 \times 10^{6bc*}$	$1.30 \times 10^8 \pm 5.79 \times 10^7$	$3.32 \times 10^7 \pm 2.34 \times 10^{7ab*}$
4	$1.70 \times 10^8 \pm 1.10 \times 10^{8ab}$	$9.27 \times 10^7 \pm 3.75 \times 10^{7b}$	$1.20 \times 10^8 \pm 1.20 \times 10^8$	$4.82 \times 10^7 \pm 3.55 \times 10^{7ab}$
5 (sprout)	$2.30 \times 10^8 \pm 9.81 \times 10^{7a}$	$1.80 \times 10^8 \pm 5.22 \times 10^{7a}$	$1.30 \times 10^8 \pm 1.30 \times 10^{8NS}$	$1.10 \times 10^8 \pm 1.00 \times 10^{8a}$

Mean \pm SD.

CFU: colony forming unit.

* : $p < 0.05$ by t-test.

Values with different letters within the same column are significantly different at the $p < 0.05$ by Tukey-K's multiple range test.

Table 3. Total plate count and coliforms during germination of broccoli

Day	Total plate count (CFU/g)		Coliform count (CFU/g)	
	Control	Treatment	Control	Treatment
0 (seed)	$2.35 \times 10^4 \pm 1.22 \times 10^{4d}$	$3.00 \times 10^2 \pm 1.42 \times 10^{2c*}$	$2.06 \times 10^4 \pm 1.43 \times 10^{4b}$	ND ^{b3*}
1	$1.90 \times 10^8 \pm 1.30 \times 10^{8ab}$	$3.07 \times 10^6 \pm 2.51 \times 10^{6c}$	$1.87 \times 10^6 \pm 2.50 \times 10^{5b}$	$1.23 \times 10^5 \pm 1.40 \times 10^{5b*}$
2	$9.60 \times 10^7 \pm 1.14 \times 10^{7bcd}$	$1.50 \times 10^8 \pm 1.50 \times 10^{8abc}$	$2.27 \times 10^7 \pm 1.35 \times 10^{7ab}$	$3.52 \times 10^6 \pm 3.26 \times 10^{6b}$
3	$1.50 \times 10^8 \pm 4.46 \times 10^{7abc}$	$1.20 \times 10^8 \pm 6.33 \times 10^{7bc}$	$2.60 \times 10^7 \pm 1.62 \times 10^{7ab}$	$9.22 \times 10^6 \pm 9.01 \times 10^{6b}$
4	$6.52 \times 10^7 \pm 1.16 \times 10^{7cd}$	$2.10 \times 10^8 \pm 6.94 \times 10^{7ab*}$	$6.00 \times 10^6 \pm 4.79 \times 10^{6b}$	$8.45 \times 10^6 \pm 7.60 \times 10^{6b}$
5 (sprout)	$2.50 \times 10^8 \pm 2.06 \times 10^{7a}$	$2.90 \times 10^8 \pm 1.00 \times 10^{7a*}$	$3.62 \times 10^7 \pm 1.95 \times 10^{7a}$	$6.12 \times 10^7 \pm 8.77 \times 10^{6a}$

Mean \pm SD.

CFU: colony forming unit.

* : $p < 0.05$ by t-test.

Values with different letters within the same column are significantly different at the $p < 0.05$ by Tukey-K's multiple range test.

Table 4. Total plate count and coliforms during germination of clover

Day	Total plate count (CFU/g)		Coliform count (CFU/g)	
	Control	Treatment	Control	Treatment
0 (seed)	$2.83 \times 10^5 \pm 2.62 \times 10^{5b}$	$1.80 \times 10^3 \pm 1.81 \times 10^{3b}$	$2.24 \times 10^5 \pm 2.55 \times 10^5$	$1.53 \times 10^3 \pm 1.52 \times 10^{3b}$
1	$3.23 \times 10^7 \pm 2.78 \times 10^{7ab}$	$2.69 \times 10^7 \pm 2.54 \times 10^{7ab}$	$8.15 \times 10^6 \pm 2.75 \times 10^6$	$5.30 \times 10^6 \pm 6.32 \times 10^{5ab}$
2	$7.80 \times 10^7 \pm 4.85 \times 10^{7ab}$	$5.72 \times 10^7 \pm 4.07 \times 10^{7ab}$	$4.15 \times 10^7 \pm 2.77 \times 10^7$	$3.61 \times 10^7 \pm 3.12 \times 10^{7a}$
3	$9.30 \times 10^7 \pm 6.02 \times 10^{7a}$	$6.85 \times 10^7 \pm 4.43 \times 10^{6a}$	$2.72 \times 10^7 \pm 1.12 \times 10^7$	$2.52 \times 10^7 \pm 1.50 \times 10^{6ab}$
4	$9.95 \times 10^7 \pm 2.37 \times 10^{7a}$	$5.60 \times 10^7 \pm 4.33 \times 10^{7ab}$	$3.60 \times 10^7 \pm 2.02 \times 10^7$	$2.40 \times 10^7 \pm 1.38 \times 10^{7ab}$
5 (sprout)	$7.47 \times 10^7 \pm 3.46 \times 10^{7ab}$	$2.70 \times 10^7 \pm 8.08 \times 10^{6ab}$	$4.25 \times 10^7 \pm 3.00 \times 10^{7NS}$	$1.86 \times 10^7 \pm 1.55 \times 10^{7ab}$

Mean \pm SD.

CFU: colony forming unit.

* : $p < 0.05$ by t-test.

Values with different letters within the same column are significantly different at the $p < 0.05$ by Tukey-K's multiple range test.

Table 5. Total plate count and coliforms during germination of red cabbage

Day	Total plate count (CFU/g)		Coliform count (CFU/g)	
	Control	Treatment	Control	Treatment
0 (seed)	$3.45 \times 10^4 \pm 1.50 \times 10^{db}$	$5.70 \times 10^1 \pm 5.00 \times 10^{1c*}$	$1.40 \times 10^4 \pm 2.44 \times 10^{3b}$	$5.00 \times 10^0 \pm 5.00 \times 10^{0b*}$
1	$1.47 \times 10^7 \pm 4.42 \times 10^{6ab}$	$3.45 \times 10^6 \pm 5.74 \times 10^{5bc*}$	$1.20 \times 10^7 \pm 4.54 \times 10^{6ab}$	$1.35 \times 10^6 \pm 2.38 \times 10^{5b*}$
2	$1.37 \times 10^7 \pm 3.77 \times 10^{6ab}$	$5.72 \times 10^6 \pm 2.63 \times 10^{6bc*}$	$1.15 \times 10^7 \pm 3.48 \times 10^{6ab}$	$1.82 \times 10^6 \pm 3.77 \times 10^{5b*}$
3	$3.65 \times 10^7 \pm 1.91 \times 10^{6ab}$	$1.77 \times 10^7 \pm 1.01 \times 10^{7abc*}$	$1.80 \times 10^7 \pm 9.17 \times 10^{6ab}$	$3.95 \times 10^6 \pm 2.95 \times 10^{6b*}$
4	$4.57 \times 10^7 \pm 3.90 \times 10^{7a}$	$2.12 \times 10^7 \pm 9.60 \times 10^{6ab}$	$4.62 \times 10^7 \pm 3.59 \times 10^{7a}$	$5.22 \times 10^6 \pm 3.09 \times 10^{6b}$
5 (sprout)	$4.57 \times 10^7 \pm 2.45 \times 10^{7a}$	$3.17 \times 10^7 \pm 1.58 \times 10^{7a}$	$3.11 \times 10^7 \pm 3.16 \times 10^{7ab}$	$1.99 \times 10^7 \pm 1.45 \times 10^{7a}$

Mean \pm SD.

CFU: colony forming unit

* : p<0.05 by t-test

Values with different letters within the same column are significantly different at the p<0.05 by Tukey-K's multiple range test.

Table 6. Total plate count and coliforms during germination of red radish

Day	Total plate count (CFU/g)		Coliform count (CFU/g)	
	Control	Treatment	Control	Treatment
0 (seed)	$1.85 \times 10^4 \pm 6.40 \times 10^3$	$9.20 \times 10^1 \pm 9.00 \times 10^{1b*}$	$1.38 \times 10^4 \pm 6.51 \times 10^{3c}$	$1.50 \times 10^1 \pm 1.70 \times 10^{1c*}$
1	$8.67 \times 10^6 \pm 6.14 \times 10^6$	$2.00 \times 10^6 \pm 2.18 \times 10^{6b}$	$1.82 \times 10^6 \pm 6.07 \times 10^{5c}$	$2.45 \times 10^4 \pm 2.76 \times 10^{4c*}$
2	$1.40 \times 10^7 \pm 8.16 \times 10^5$	$1.08 \times 10^7 \pm 1.35 \times 10^{6b*}$	$4.75 \times 10^6 \pm 1.47 \times 10^{6bc}$	$2.22 \times 10^6 \pm 9.46 \times 10^{5bc*}$
3	$7.00 \times 10^7 \pm 2.44 \times 10^6$	$1.88 \times 10^7 \pm 1.29 \times 10^{7b*}$	$8.22 \times 10^6 \pm 5.51 \times 10^{6bc}$	$3.30 \times 10^6 \pm 3.36 \times 10^{5bc}$
4	$1.30 \times 10^8 \pm 1.30 \times 10^8$	$1.90 \times 10^7 \pm 1.82 \times 10^{6b}$	$3.05 \times 10^7 \pm 1.59 \times 10^{7a}$	$1.11 \times 10^7 \pm 7.93 \times 10^{6ab}$
5 (sprout)	$1.10 \times 10^8 \pm 9.16 \times 10^{7NS}$	$4.37 \times 10^7 \pm 2.11 \times 10^{7a}$	$1.82 \times 10^7 \pm 3.20 \times 10^{6ab}$	$1.36 \times 10^7 \pm 7.89 \times 10^{6a}$

Mean \pm SD.

CFU: colony forming unit.

* : p<0.05 by t-test.

Values with different letters within the same column are significantly different at the p<0.05 by Tukey-K's multiple range test.

는 종자에 비해서 발아 5일 제 유의하게 균수가 증가하였다 (p<0.05).

브로콜리의 경우 소독제 처리한 종자는 대조군에 비하여 유의하게 낮은 일반세균수를 보였으며(p<0.05), 대장균군의 경우 검출되지 않아 대조군과 유의한 차이를 나타내었다 (p<0.05). 또한 소독한 종자의 경우 발아한지 4, 5일 제의 일반세균수와 발아한지 1일 제 대장균군수는 대조군에 비하여 유의하게 낮았다(p<0.05). 재배기간에 따라서는 일반세균수의 경우 대조군에서는 종자에 비해서 발아 1, 3, 5일 제 유의하게 높았으며(p<0.05), 소독제 처리군에서는 발아 4일 제부터 유의하게 높아졌다(p<0.05). 대장균군수의 경우 대조군과 소독제 처리군에서는 종자에 비해서 발아 5일 제 유의하게 높아졌다(p<0.05).

클로버의 경우 소독한 종자에서 일반세균수와 대장균군수가 대조군에 비해 낮았으나, 소독처리 여부에 따른 유의한 차이를 나타내지 않았다. 종자가 발아한 순간부터 새싹 채소에 이르기까지 소독처리와 관계없이 일반세균, 대장균군은 높은 오염수준을 나타내었다. 재배기간에 따라서는 일반세균수의 경우 대조군에서는 종자에 비해서 발아 3,

4일 제 유의하게 높아졌으며, 소독제 처리군에서는 발아 3일제 유의하게 높아졌다(p<0.05). 대장균군수의 경우 대조군에서는 종자에서 새싹에 이르기까지 유의한 차이가 없이 높은 수준을 나타내었고, 소독제 처리군에서는 종자에 비해서 발아 2일 제 유의하게 높아졌다(p<0.05).

적양배추의 경우 일반세균과 대장균군 모두 소독한 종자에서 발아한지 1, 2, 3일 제 대조군과 비교 시 유의하게 낮았다(p<0.05). 재배기간에 따라서 일반세균수의 경우 종자 소독 여부에 관계없이 종자에 비해서 발아 4일 제부터 유의하게 높아졌다(p<0.05). 대장균군수의 경우 대조군에서는 종자에 비해서 발아 4일 제 유의하게 높아졌으며, 소독제 처리군에서는 발아 5일 제 유의하게 높아졌다(p<0.05).

적무에서는 종자를 소독한 경우 대조군에 비해 일반세균과 대장균군이 10^1 CFU/g 수준으로 유의하게 낮았다 (p<0.05). 재배기간에 따라서 일반세균수의 경우 대조군에서는 종자에 비해서 발아 4, 5일제 유의하게 높아졌으며, 소독제 처리군에서는 발아 5일 제가 종자에 비해서 유의하게 높아졌다(p<0.05). 대장균군수의 경우 종자소독에 관계없이 발아 4일 제부터 유의하게 높아졌다(p<0.05).

Table 7. Food-borne pathogens during germination of clover

Day	<i>E. coli</i> (CFU ² /g)	<i>E. coli</i> O157:H7 (CFU/g)	<i>Staphylococcus aureus</i> (CFU/g)	<i>Listeria monocytogenes</i> (CFU/g)		<i>Bacillus cereus</i> (CFU/g)	<i>Salmonella</i> spp. (CFU/g)
0 (seed)	-	-	-	-	-	-	-
1	-	-	-	1.0×10 ⁴	1.2×10 ⁴	-	-
2	-	-	-	8.5×10 ³	8.5×10 ³	-	-
3	-	-	-	-	-	-	-
4	-	-	-	-	-	-	-
5 (sprout)	-	-	-	1.5×10 ⁴	1.8×10 ⁴	-	-

Mean ± SD.
CFU: colony forming unit.

전반적으로 소독 후 종자에서는 대조군에 비해 세균수가 유의하게 낮았으나 발아 후에는 소독여부에 관계없이 균수가 모두 증가하였다. 이 같은 결과는 재배기간 동안 재배수, 재배기 내부 및 외부 환경 등을 통한 직·간접적 오염에 기인하는 것으로 추측된다. 새싹채소의 생육조건이 20~40℃의 온도, 높은 수분활성도의 조건에서 2~7일간의 생장기간이 요구되어 미생물이 생육하기 좋은 최적의 생장 조건으로 오염 가능성이 충분히 높은 것으로 사료된다(14). 본 연구에서 재배한 새싹채소의 경우 일반세균수 및 대장균군수가 Solberg(15) 등의 위생적 안전성 확보를 위한 기준인 일반세균수 10⁵ CFU/g, 대장균군수 10³ CFU/g 를 초과한 수준이었다.

Jun(16)의 연구에 의하면, 대형매장과 인터넷 매장으로 부터 유통·판매되고 있는 새싹채소 14종 (메밀, 무, 배추, 브로콜리, 비트, 숙주, 순무, 알팔파, 유채, 적무, 적채, 청경채, 케일, 콩나물)에 대해 미생물 분석 결과 일반세균은 10⁶ CFU/g 이상, 대장균군은 숙주에서 4.1×10⁴ CFU/g 를 제외하고 모두 10⁵ CFU/g 이상 높게 나타났다. 따라서 유통·판매되고 있는 새싹채소의 오염 상태와 비교 시 본 연구에서 재배기를 이용하여 직접 재배한 새싹채소의 일반세균, 대장균군의 오염 수준이 비슷하였다.

미국 FDA에서는 새싹종자를 calcium hypochlorite (CaOCl₂) 20,000 ppm 용액으로 소독하는 것을 현재 권고하고 있다. 그러나 종자에서는 소독처리로 인해 미생물의 개체수가 감소하더라도, 발아하는 과정에서 급격히 증가하는 것으로 나타났다. 따라서 종자에서 보다 발아하는 과정 중 새싹채소에 소독제를 처리하거나 재배수를 달리하는 것이 미생물의 오염 수준을 낮출 수 있고, 균의 치사율을 더 높일 수 있을 것이다(10). 총균수가 10⁷~10⁸ CFU/g이 식품에 존재할 경우 이것이 원인이 되어 다른 식품과의 복합적인 작용 또는 면역기능이 약한 사람에게는 병원성이 없는 세균이라 할지라도 식중독을 일으킬 가능성이 큰 것으로 예상된다(17).

새싹채소 발아과정 중 세균성 식중독균의 오염도 분석

결과는 Table 7과 같다. 소독한 종자 5종에서는 발아과정 중 식중독균이 검출되지 않았으나 소독하지 않은 5종 종자 중 클로버에서는 발아한지 1, 2, 5일째 새싹채소에서 *Listeria monocytogenes* 가 10³~10⁴ CFU/g 검출되었다. *Listeria monocytogenes* 는 병원균의 증식이 억제되는 것으로 생각되는 4℃ 정도의 냉장온도에서도 증식이 가능하므로 저온저장의 신선야채류를 매개체로 사람에게 *Listeriosis* 를 일으킬 수 있다(18). 1981년 3월에서 9월 사이에 캐나다 Maritime Provinces에서 양배추 식품인 Coleslaw를 통해 41명의 환자가 발생하여 그 중 17명이 사망한 사건이 *Listeria monocytogenes* 오염으로 인한 것으로 밝혀졌다(19). 채소류에서 *Listeria monocytogenes* 균의 안전성 판정기준으로 독일에서는 10² CFU/g 미만까지는 허용하며 미국이나 영국에서는 25 g의 즉석섭취 식품에 대하여 *Listeria monocytogenes* 는 zero tolerance(검출되어서는 안됨)를 규정하여 엄격하게 관리하고 있다(20).

이상의 결과로 볼 때 종자를 소독한 경우에도 발아하면서 새싹채소의 일반세균, 대장균군 수는 높아졌으나, 재배기간별 식중독균의 검출은 막을 수 있을 것으로 사료된다.

요 약

본 연구에서는 새싹종자 소독처리 여부에 따른 재배기간별 미생물 오염도 수준을 파악하고, 종자소독이 발아율에 미치는 영향을 분석하였다. 수입산 새싹종자 알팔파(alfalfa), 브로콜리(broccoli), 클로버(clover), 적양배추(red cabbage), 적무(red radish) 5종에 대하여 소독제 처리 여부에 따른 발아율과 재배기간별 미생물 분석을 실시하였다. 소독제 종류에 관계없이 새싹종자(알팔파, 클로버, 적무)는 48시간 후 90% 이상 높은 발아율을 보였다. 종자 소독 시 식중독균은 검출되지 않았고, 대조군에 비하여 유의하게 낮은 미생물 수준을 보였으나, 발아과정에서 일반세균, 대장균군 모두 10⁷-10⁸ CFU/g으로 종자소독 여부에 관계없이

종자에 비하여 유의하게 높은 오염 수준을 나타내었다 ($p < 0.05$). 또한 종자 소독하지 않은 클로버에서 *Listeria monocytogenes* 이 검출되었다. 따라서 새싹채소의 위생적인 안전성을 개선하기 위하여 미국 FDA 권고에 따라 재배 전 종자의 소독이 필요하며, 발아과정의 HACCP 관리계획을 마련하여 중점적으로 관리하는 것이 필요하겠다.

감사의 말씀

본 논문은 농림기술개발사업에 의해 수행된 연구의 결과이며 지원에 감사드립니다.

참고문헌

- Lee, Y.E. (2005) Bioactive Compounds in vegetables: Their role in the prevention of disease. Korean J. Food Cookery Sci., 3, 380-398
- Park, K.J., Lim, J.H., Kim, J.H., Jeong, J.W., Jo, J.H. and Jeong, S.W. (2007) Reduction of microbial load on radish (*Raphanus sativus* L.) seeds by aqueous chlorine dioxide and hot water treatments. Korean J. Food Preserv., 5, 487-491
- Matusheski, N.V., Juvik, J.A. and Jeffery, E.H. (2004) Heating decreases epithiospecifier protein activity and increases sulforaphane formation in broccoli. Phytochemistry, 65, 1273-1281
- Taniguchi, H., Kobayashi-Hattori, K., Tenmyo, C., Kamei, T., Uda, Y., Sugita-Konishi, Y., Oishi, Y. and Takita, T. (2006) Effect of Japanese radish (*Raphanus sativus*) sprout (Kaiware-daikon) on carbohydrate and lipid metabolism in normal and Streptozotocin-induced diabetic rats. Phytotherapy Research, 20, 274-278
- Waje, C.K. and Kwon, J.H. (2007) Improving the food safety of seed sprouts through irradiation treatment. Food Sci. Biotechnol., 16, 171-176
- Scouten, A.J. and Beuchat, L.R. (2002) Combined effects of chemical, heat and ultrasound treatments to kill *Salmonella* spp. and *E. coli* O157:H7 on alfalfa seeds. J. Appl. Microbiol., 92, 668-674
- US Dept. Health and Human Services. (1999) Consumers advised of risks associated with raw sprouts. Press Release, 99-113
- Chang, S.W., Jeon, D.H., Kim, H.D., Yi, E.S. and Park, K.J. (2000) Effects of seed disinfectant and soaking time on germination and disease occurrence of Adlay, Coix lacryma - job L. var. ma - yuen Stepf. Korean J. Medicinal Crop Sci., 3, 259-265
- Kim, H.S., Kim, H.S., Kim, K.H., Oh, Y.J., Suh, S.K. and Park, H.K. (2005) Water absorption and germination ratio of sprout-soybean varieties affected by different planting date. Korean J. Crop Sci., 1, 132-135
- Lang, M.M., Ingham, B.H. and Ingham, S.C. (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
- 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
- KFDA (2005) Food Standard Code. Korea Food and Drug Administration, p.78-115
- Roberto, L.B., Sanchez, R.A., Forcella, F., Kruk, B.C. and Ghersa, C.M. (2000) Environmental control of dormancy in wood seed banks in soil. Field Crop. Res., 67, 105-122
- 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
- Solberg, M., Buckalwe, J.J., Clean, C.M., Schaffner, D.W., O'neil, K., McDowell, J., Post, L.S. and Boderch, M. (1990) Microbiological safety assurance system for food service facilities. Food Technol., 44, 68-73
- Jun, S.Y. (2006) Microbial assessment of sprouts and comparison of the effects of sanitizers. Degree of Master of Science, Kyungpook National University
- Donnelly, C.W. and Briggs, E.H. (1986) Psychrotrophic growth and thermal inactivation of *Listeria monocytogenes* as a function of milk composition. J. Food Prot., 49, 994-998
- Beuchat, L.R., Brackett, R.E., Hao, D.Y.Y. and Conner, D.E. (1986) Growth and thermal inactivation of *Listeria monocytogenes* in cabbage and cabbage juice. Can. J. Microbiol., 32, 791-795
- Schlech, W.F. III., Lavigne, P.M., Bortolussi, R.A., Allen, A.C., Haldene, E.V., Wort, A.J., Hightower, A.W., Johnson, S.E., King, S.H., Nicholls, E.S. and Broome, C.V. (1983) Epidemic listeriosis-evidence for transmission by food. New Engl. J. Med., 308, 203-206
- Lund, B.M. (1993) The microbiological safety of prepared salad vegetables. Food Technology International, Europe. 1993, 196-200