

새싹채소 생산현장에서 재배과정별 미생물학적 위해 평가

전소윤 · 김태훈¹ · 권중호² · 이연경[†]

경북대학교 식품영양학과, ¹대농바이오, ²경북대학교 식품공학과

Microbiological Evaluation *in situ* of Each Process in Seed Sprouting

So-Yun Jun, Tae-Hun Kim¹, Joong-Ho Kwon² and Yeon-Kyung Lee[†]

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

¹Daenongbio Agriculture Corporation, Gwangju, Gyeonggi-Do 464-863, Korea

²Department of Food Science and Technology, Kyungpook National University, Daegu 702-701, Korea

Abstract

The consumption of raw sprouts has increased in popularity worldwide because the food is natural and healthy. However, in Korea, nothing is known on the safety standards of sprout producers or changes in the microbial populations of sprouts during sprouting. We evaluated the microbial safety and quality of sprouts during each step in the sprouting process. Bacteriological analysis showed that seeds had a Total Plate Count (TPC) ranging from 3.04 - 5.21 log CFU/g and coliform counts ranging from 1.80 - 3.86 log CFU/g. TPC and coliform counts increased rapidly during the sprouting process to attain values of 6.99 - 8.26 and 3.70 - 7.15 log CFU/g, respectively, regardless of decontamination of seeds with commercial sanitizer. TPC and coliform counts were on high level after sprouts were washed. *Escherichia coli* was detected in samples of domestic radish sprouts at all stages from seed to storage, rape sprouts in the stages from soaked seed to storage, and red radish sprouts during sprouting, and no sanitizer was used in any of these processes. Untreated red radish sprouts were also positive for *Bacillus cereus* at all processing steps and *Listeria monocytogenes* after germination. However, pathogens were not detected at any sprouting stage of seeds treated with sanitizer. It is necessary to carefully control commercial sprouting, and to develop HACCP guidelines applicable to all sprouting processes, commencing at the first step in raw seed production.

Key words : seed, sprouting process, microbiological quality

서 론

최근 건강에 대한 관심과 사회전반의 웰빙(well-being) 추세에 따라 새싹채소에 대한 수요가 증가하고 있다. 새싹채소는 다양한 영양소와 기능성 성분을 함유하고 있어 건강 기능 편이식품으로서 소비가 기대된다. 새싹채소는 병원성 미생물의 오염이 용이하고, 재배과정에서 증식이 빠른 식품이므로 주요 선진국에서는 대형 식중독 사고의 원인식품으로 판명되었다(1-3). 1973년 미국의 한 가정에서 콩(soy), 크레스(cress), 겨자(mustard) 종자에서 *Bacillus cereus*가 발

견되었는데 새싹을 키우는 도구에 의한 것으로 가장 먼저 보고되었다(4). Taormina 등(1)은 종자가 발아하는 동안 *Bacillus cereus*는 $>10^7$ /g로 증식한다는 사실을 밝혀냈다. 새싹채소의 병원성미생물 오염은 주로 오염된 원료종자로부터 기인한다고 보고되어진다(5). 대표적으로 미국, 일본 시장에서의 발아채소 생산량(미국 30만 톤/1999년)은 매년 크게 신장하고 있으며, 이는 대부분 샐러드 등으로 날로 섭취됨으로써 식중독 사고를 일으킨 바 있으며(미국 1996-2004년, 1,636 cases/27건; 일본 1996-1997년, 16,126 cases/15건 등), 그 원인이 새싹용 종자인 것으로 밝혀졌다(1-3).

그러나 새싹채소의 병원성 미생물 오염은 원료종자의 표면뿐 아니라 재배수가 원인이 될 수 있으므로 염소계약제

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

가 사용되어 왔으나, 효과의 불충분과 안전성 등의 문제로 미국 FDA 및 USDA는 방사선 조사 방법을 허용하기도 하였다. 새싹채소는 조직이 연하므로 세척에 의한 재균 작업은 매우 제한적이며, 원료종자의 살균과 위생적 새싹 재배공정이 요구되는 특성을 지니고 있다. 따라서 새싹채소의 미생물학적 안전성 확보와 고품질 유통을 위해서는 생산에서부터 유통단계에 이르기까지 체계적인 연구가 필요하다.

웰빙식품으로서 새싹채소의 수요가 지속적으로 유지되고 있으나 새싹채소의 재배 및 유통환경에 따라 미생물학적 안전성 확보에 문제점이 지적되고 있다. 따라서 본 연구에서는 새싹채소 생산현장에서 직접 종자에서부터 새싹채소 생산 전단계의 시료를 채취하여 일반세균, 대장균군, *E. coli* 및 식중독균의 오염도를 측정, 비교함으로써 오염상태를 파악하였다.

재료 및 방법

실험재료

새싹채소 시료는 국내산 새싹종자를 직접 생산하고, 새싹 재배시설을 갖춘 D업체(경기도 광주 소재)에서 생산되는 새싹채소 중 판매량이 비교적 많은 품목인 국내산 종자 5종(배추, 무, 유채, 적무, 다채)과 수입산 종자 5종(알팔파, 브로콜리, 클로버, 적콜라비, 적무)의 샘플을 사용하였으며, 원산지는 Table 1과 같다.

Table 1. Origins of the sample seeds

Samples	Scientific name	Origin
Alfalfa	Medicago sativa	Italy
Broccoli	Brassica oleracea var. italica	Italy, United States
Chinese cabbage	Brassica campestris ssp. pekinensis	Korea
Clover	Trifolium repens	United states
Radish	Raphanus sativus	Korea
Rape	Brassica napus	Korea
Red kohlrabi	Brassica oleracea var. gongylodes	Italy
Red radish	Raphanus sativus L. var sativus	Korea, Italy
Tatsoi	Brassica rapa var. rosularis	Korea

재배조건 및 기간

새싹종자 1 kg을 9 L의 증류수에 6시간 동안 침지시킨 후, 인큐베이터드럼식 재배기(Fig. 1)에 넣어 3일동안 재배하였다. 종자 무게 당 동일한 양의 물을 공급하기 위해 30분마다 1분씩 250 mL의 물을 분사시켰다. 재배기에 넣기 전, 100 ppm chlorine(niclon; Tosoh, Japan)으로 15분간 소독한 종자를 실험군으로 하고, 소독하지 않은 종자를 대조군으

로 하여 동일한 조건으로 재배하였다. 새싹의 재배기간은 2007년 10월부터 2008년 1월 까지였고, 생산단계는 Fig. 2와 같으며, 10종 종자의 새싹 생산단계별로 시료를 채취하여 2회 반복 실험하였다.



Fig. 1. Sprouting in the drum sprouter.

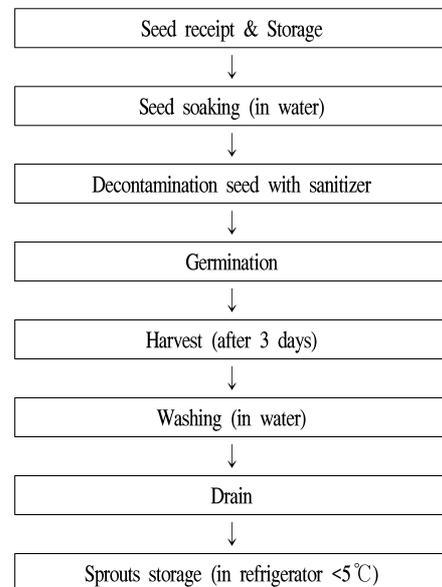


Fig. 2. The process of sprouting.

온도변화분석

온도계(id150, Korea)를 사용하여 종자의 발아기간 동안 드럼재배기 내부에서 관찰되는 온도를 측정하였다. 드럼재배기 내부 온도는 재배기 칸막이 부분에 설치하여 측정하였으며 새싹 품온은 새싹사이에 온도계를 직접 넣어 새싹의 발아 시 발열되는 온도를 측정하였다.

미생물분석

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(6)에 수

록되어 있는 시험법에 근거하여 2회 반복 실시하였으며, 양성반응을 보인 시료에 대해서는 정량실험을 실시하였다.

통계처리

자료의 통계처리는 SPSS 버전 14.0을 이용하였으며, 재배기간별 미생물 오염도 변화는 ANOVA와 Duncan's multiple range test(p<0.05)로 유의성을 검증하였고, 실험군과 대조군간 비교는 t-test를 실시하였다. 그래프는 Sigma plot 8.0을 사용하여 나타내었다.

결과 및 고찰

새싹채소 재배단계별 일반세균 및 대장균군수 분석

생산현장에서 새싹종자의 재배단계별 일반세균수와 대장균군수를 분석한 결과는 Fig. 3 및 Fig. 4와 같다.

종자의 경우, 일반세균수는 3.04~5.21 log CFU/g, 대장균군수는 1.80~3.86 log CFU/g으로서 국내산과 수입산 종자간의 차이는 보이지 않았지만, 국내산 무 종자가 가장 높은 반면 수입산 알팔파 종자가 가장 낮았다.

종자의 침종 시 소독제(chlorine 100 ppm) 처리 유무에 따른 차이를 나타내었는데, 처리하지 않은 종자가 소독처

리한 종자보다 유의하게 높았다(p<0.05). 먼저 소독제를 처리하지 않은 경우의 국내산 종자의 일반세균수는 4.00~5.01 log CFU/g, 대장균군수는 3.08~4.11 log CFU/g으로 나타났으며, 수입산 종자의 일반세균수는 3.79~5.34 log CFU/g, 대장균군수는 2.63~4.83 log CFU/g으로 나타났다. 소독제를 처리한 경우 국내산 종자의 일반세균수 3.25~4.46 log CFU/g, 대장균군수는 0.85~2.18 log CFU/g으로 나타나 1~2 logs의 감소효과를 보였으며, 수입산 종자는 일반세균수 1.48~3.39 log CFU/g, 대장균군수는 0.00~1.88 log CFU/g으로 2~3 logs의 감소를 보여 국내산 종자보다 감소효과가 더 크게 나타나 종자 침종 시 소독처리의 필요성이 시사된다.

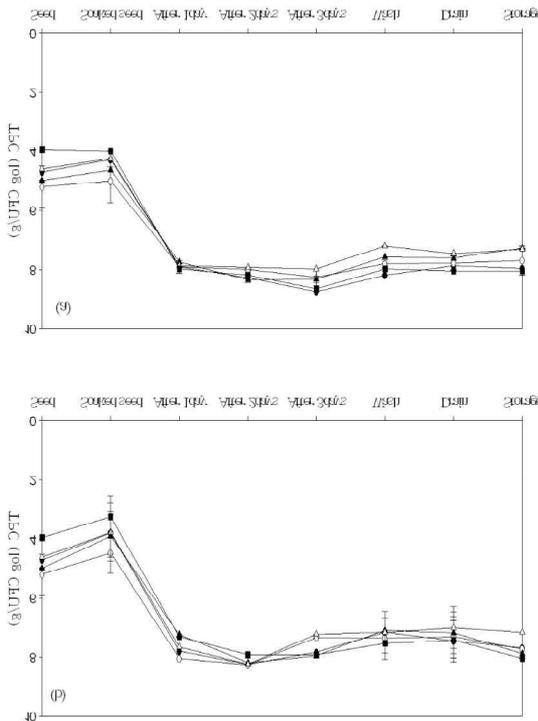


Fig. 3. The total plate count levels of step-by-step in seed sprouting.

(a) control. (b) treated with sanitizer. ●, domestic chinese cabbage; ▼, domestic radish; ■, domestic rape; ◆, domestic red radish; ▲, domestic tatsoi; ○, imported alfalfa; ▽, imported broccoli; □, imported clover; ◇, imported red kohlrabi; △, imported red radish.

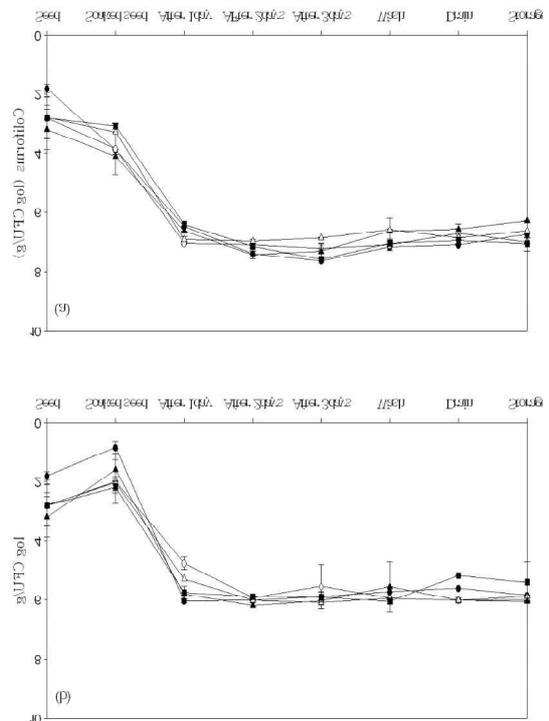


Fig. 4. The coliform count levels of step-by-step in seed sprouting.

(a) control. (b) treated with sanitizer. ●, domestic chinese cabbage; ▼, domestic radish; ■, domestic rape; ◆, domestic red radish; ▲, domestic tatsoi; ○, imported alfalfa; ▽, imported broccoli; □, imported clover; ◇, imported red kohlrabi; △, imported red radish.

종자가 발아 후 국내산은 일반세균수 7.23~8.04 log CFU/g, 대장균군수 4.60~7.06 log CFU/g으로 높게 나타났고, 수입산은 일반세균수 6.60~8.97 log CFU/g, 대장균군수 3.70~7.08 log CFU/g으로 높은 수치를 보여 발아와 함께 세균의 증식이 활발해지는 것을 알 수 있었다. 재배동안 일반세균수와 대장균군수는 6.60~8.97 log CFU/g, 3.70~7.68 log CFU/g으로 높은 수준을 유지하는 것으로 나타났다. Jaquette 등(7)도 발아과정동안 새싹채소의 미생물 수준이 유의적으로 증가한다고 보고하였다. 수확 후 새싹채소의 일반세균수와 대장균군수는 소독 유무에 관계없이 유

한 차이를 보이지 않았다. 세척과 탈수 후에도 일반세균수와 대장균군수가 6.49~8.18 log CFU/g, 5.02~7.21 log CFU/g으로 높은 오염도를 나타내는 것으로 볼 때 물로만 세척하기 보다는 적절한 소독과정을 거쳐 미생물학적 위험을 안전한 수준으로 감소 혹은 제거시킬 수 있는 방법을 모색하여야 할 것으로 사료된다. 저장동안에도 일반세균수와 대장균군수가 ≤1 logs 정도의 증가 현상을 보여 저장온도와 방법 등이 적절하게 이루어지지 않으면 저장시간의 경과에 따라 위생 상태는 더 나빠질 것으로 사료된다.

발아채소류의 미생물수준을 평가하는데 있어서 식품공전에는 생채소류에 대한 미생물 허용기준은 규정되어 있지 않으나, Solberg 등(8)은 섭취직전의 식품에 대한 미생물 안전기준치로서 총균수 5 log CFU/g 이하, 대장균군수 3 log CFU/g 이하로 제시하고 있다. 이러한 기준의 한계치와 비교하면 총균수와 대장균군수 모두 안전기준치를 초과하는 것으로 나타났다. 총균수가 7~8 log CFU/g 정도 식품에 존재할 경우에는 이것이 원인이 되어 다른 식품과의 복합적인 작용 또는 면역기능이 약한 사람에게는 병원성이 없는 세균이라 할지라도 식중독을 일으킬 가능성이 큰 것으로 예상되어질 수 있다(9,10). 높은 일반세균수를 보인 거의 모든 시료에서 대장균군수 역시 높은 수치를 보였다. 이는 발아채소의 비위생적 처리과정 및 비위생적 환경을 반영하고 있으며, 일반세균수 및 대장균군수가 발아채소의 오염 지표로 사용될 수 있음을 시사하고 있다.

새싹채소 재배동안 온도 변화 분석

새싹채소의 재배동안 재배실 내부 온도는 평균 22.6°C였으며, 드럼재배기는 23.6~25.8°C를 유지하였다(Fig. 5). 드럼재배기내의 새싹의 품온은 24.7~31.0°C로 새싹이 자람에 따라 일반세균 및 대장균군수와 함께 유의하게 증가하

였다(p<0.05). 종자에서 싹이 나서 새싹채소로 자라기 위해서는 고온다습한 조건을 맞춰 주어야 하는데, 이러한 새싹채소의 재배환경은 미생물이 번식하기 좋은 최적의 성장조건으로 제시한 연구결과와 같이 일반세균과 대장균군수의 높은 수준뿐만 아니라 종자내부의 오염, 재배환경의 외부적 오염에 의해 식중독균의 급속한 번식까지 초래하게 된다.

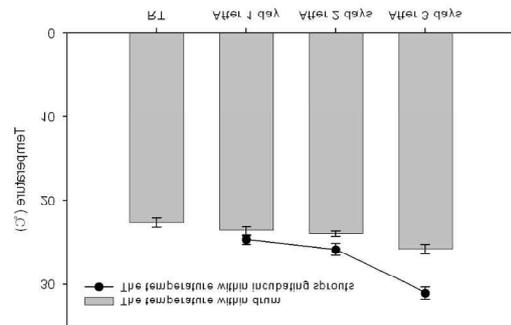


Fig. 5. Temperatures observed in the sprouter during germination of seeds.

새싹채소 재배단계별 병원성 미생물 분석

생산현장에서 새싹종자의 재배단계별 병원성 미생물에 대한 분석결과는 Table 2와 같다. 소독한 종자들의 전 생산 단계에서 *E. coli*는 물론 *E. coli* O157:H7, *Salmonella* spp., *Listeria monocytogenes*, *Staphylococcus aureus*, *Vibrio parahaemolyticus*와 *Bacillus cereus*가 검출되지 않았다(결과 미 제시). 이는 종자소독으로 식중독균의 제거가 가능함을 시사해주는 결과이다. 반면, 소독처리를 하지 않은 국내산 무(1.00~3.70 log CFU/g), 유채(1.00~2.90 log CFU/g), 적무(2.30~3.00 log CFU/g) 종자의 발아 후 과정에서 *E. coli*가 검출이 되었다. *E. coli*는 미생물 검출 시 식품위생상

Table 2. Microbiological evaluation during the sprouting process of untreated seeds

	Seed	Soaked seed	Sprouting after 1day	Sprouting after 2days	Sprouting after 3days	Wash	Drain	Storage
Chinese cabbage	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
Radish	<i>E. coli</i>	<i>E. coli</i>	<i>E. coli</i>	<i>E. coli</i>	<i>E. coli</i>	<i>E. coli</i>	<i>E. coli</i>	<i>E. coli</i>
Rape	ND	<i>E. coli</i>	<i>E. coli</i>	<i>E. coli</i>	<i>E. coli</i>	<i>E. coli</i>	<i>E. coli</i>	<i>E. coli</i>
Domestic	Red radish	ND	<i>E. coli</i>	<i>E. coli</i>	<i>E. coli</i>	ND	ND	ND
		<i>B. cereus</i>	<i>B. cereus</i>	<i>B. cereus</i>	<i>B. cereus</i>	<i>B. cereus</i>	<i>B. cereus</i>	<i>B. cereus</i>
		ND	<i>L. monocytogenes</i>					
	Tatsoi	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
	Alfalfa	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
	Broccoli	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
Imported	Clover	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
	Red kohlrabi	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
	Red radish	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND

ND : Not detected.

의 분변 오염의 지표세균으로서 식품에 검출이 되지 않아야 하는 균이다(10). 적무의 경우 세척을 통해 제거된 점을 본다면 침종 시 소독제 처리를 통한 1차적 관리와 수확 후 철저한 세척을 통한 2차적 위생관리가 병행되어야 할 것으로 사료된다.

한편, 분석된 10종의 모든 시료에서 침종 시 소독제 처리 유무와 관계없이 전 생산단계에서 *E. coli* O157:H7, *Salmonella* spp., *Staphylococcus aureus* 와 *Vibrio parahaemolyticus*는 전혀 검출되지 않았다. 그러나 *Bacillus cereus*(2.00~2.40 log CFU/g)와 *Listeria monocytogenes* (2.30~3.78 log CFU/g)가 침종 시 소독제를 처리 하지 않은 국내산 적무의 발아와 그 이후 단계에서 양성반응을 나타내어 새싹채소에서 야기되어 발생할 수 있는 식중독을 예방하기 위해 침종 시 소독제 처리의 필요성이 더욱 강조된다. Magnuson 등(11)과 Marchetti 등(12)의 연구에 의하면 전처리가 끝난 사용직전의 채소류에서도 많은 종류의 미생물이 있을 수 있고 $10^5 \sim 10^7$ 의 총균을 가지며 *Salmonella*, *E. coli* O157:H7, *Listeria monocytogenes* 등의 식중독균이 발견되었다. Ready-to-use 채소류에서 *Listeria monocytogenes*균의 안전성 기준은 독일의 경우 10^2 CFU/g 미만까지는 허용하며 미국, 영국에서는 25 g의 즉석섭취식품에 대하여 *Listeria monocytogenes*가 zero tolerance를 규정하여 엄격하게 관리하고 있다(12,13). 다른 나라의 경우처럼 신선채소류에서 야기되어 발생할 수 있는 식중독을 예방하기 위해서는 생채소류에 대한 *Listeria monocytogenes*의 엄격한 규정과 기준이 필요할 것으로 판단되어진다(10).

새싹채소를 포함한 신선편이 농산물의 안전성은 생산업체의 영세성과 유통구조의 복잡성 등으로 인해 가격에 비하여 품질이 낮은 제품이 유통됨에 따라 소비자의 인식에 악영향을 미치며, 특히 단체급식의 경우 식사기피 및 위생 사고 발생 등에 대한 불안감 등이 높아지고 있다(14,15). 이같이 새싹채소는 영양적, 기능적 우수성에도 불구하고 미생물학적 안전성에 대한 우려 때문에 활발한 소비가 이루어지지 못하고 있는 실정이다. 따라서 신선편이 식품의 수요가 증가되고 있는 시점에서 웰빙식품으로 다소비되고 있는 새싹채소의 안전성 확보와 고품질 유통을 위한 선도유지, 포장 및 상품화 기술 개발은 시급히 추진되어야 한다. 새싹채소의 병원성 미생물 오염은 주로 오염된 원료종자의 사용과 재배생산 과정 중 수질과 재배환경에서 비롯되므로 조식이 극히 연약한 새싹채소를 효과적으로 세척하는데 한계가 있다. 그러므로 향후 새싹채소의 미생물학적 위해에 대한 정량적 분석과 소독방법에 대한 연구가 체계적으로 지속되어야 할 것이다. 또한 새싹채소를 통한 식중독을 미연에 방지하기 위해서는 원료측면에서 종자생산에 대한 우수농산물관리제도(Good Agricultural Practices, GAP)와 새싹채소의 위생과 안전성 확보를 위한 HACCP 가이드라인 등의 개발 및 현장적용이 시급한 것으로 사료된다.

요 약

건강 웰빙식품의 하나로서 수요가 증가하고 있는 새싹채소류는 미생물학적 관점에서 생산단계별 위해분석과 안전성 기준이 부재한 실정이다. 본 연구에서는 생산현장에서 새싹채소의 재배공정별 미생물학적 오염도를 분석 평가하였다. 새싹채소 종자의 일반세균수 및 대장균군수는 각각 3.04~5.21 log CFU/g, 1.80~3.86 log CFU/g의 범위로 나타났으며, 소독유무에 관계없이 재배기간 동안 일반세균(6.99~8.26 log CFU/g) 및 대장균군수(3.70~7.15 log CFU/g)는 증가하였고, 최종 새싹채소에서도 높은 수치를 나타내었다. 소독된 종자의 발아 후 전 단계에서는 식중독균이 검출되지 않았으나, 종자소독을 하지 않은 국내산 무와 유채에서 *E. coli*가 검출되었고, 국내산 적무에서 *E. coli*와 식중독균인 *Bacillus cereus* 및 *Listeria monocytogenes*가 검출되었다. 따라서 종자생산에서부터 새싹채소의 생산 전 단계에 걸친 HACCP 가이드라인을 마련하여 중점적으로 관리하는 것이 필요하다.

감사의 말씀

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

참고문헌

1. Taormina, P.J., Beuchat, L.R. and Slutskert, L. (1999) Infections associated with eating seed sprouts: an international concern. *J. Emerg. Infect. Dis.*, 5, 626-634
2. Thayer, D.W. and Rajkowski, K.T. (1999) Developments in irradiation of fresh fruits and vegetables. *J. Food Technol.*, 53, 62-65
3. Watanabe, Y., Ozasa, K., Mermin, J.H., Griffin, P.M., Masuda, K., Imashuku, S. and Sawada, T. (1999) Factory outbreak of *Escherichia coli* O157:H7 infection in Japan. *J. Emerg. Infect. Dis.*, 5, 424-428
4. Portnoy, B.L., Goepfert, J.M. and Harmon, S.M. (1976) An outbreak of *Bacillus cereus* food poisoning resulting from contaminated vegetable sprouts. *Am. J. Epidemiol.*, 103, 589-594
5. NACMCF (1999) National Advisory Committee on Microbiological Criteria for foods.
6. KFDA (2005) Food Standard Code. Korea Food and Drug Administration, p.78-115
7. Jaquette, C.B., Beuchat, L.R. and Mahon, B.E. (1996)

- Efficacy of chlorine and heat treatment in killing *Salmonella* Stanley inoculated onto alfalfa seeds and growth and survival of the pathogen during sprouting and storage. *Appl. Environ. Microbiol.*, 62, 2212-2215
8. Solberg, M., Buckalew, J.J., Dhen, C.M., Schaffner, D.W., O'Neil, K., McDowell, J., Post, L.S. and Boderck, M. (1990) Microbiological safety assurance system for food service facilities. *J. Food Technol.*, 44, 68-73
 9. Donnelly, C.W. and Briggs, E.H. (1986) Psychrotropic growth and thermal inactivation of *Listeria monocytogenes* as a function of milk composition. *J. Food Protect.*, 49, 994-998
 10. Choi, J.W., Park, S.Y., Yeon, J.H., Lee, M.J., Chung, D.H., Lee, K.H., Kim, M.G., Lee, D.H., Kim, K.S. and Ha, S.D. (2005) Microbial contamination levels of fresh vegetables distributed in markets. *J. Food Hyg. Safety*, 20, 43-47
 11. Magnuson, J.A., King, A.D. and Torok, T. (1990) Microflora of partially processed lettuce. *Appl. Environ. Microbiol.*, 56, 3851-3854
 12. Marchetti, R., Casadei, M.A. and Guerzoni, M.E. (1992) Microbial population dynamics in ready-to-use vegetable salads. *Italian J. Food Sci.*, 4, 97-108
 13. Lund, B.M. (1993) The microbiological safety of prepared salad vegetables. *Food Technol. Int. Eur.* p.196-200
 14. Oh, D.H. (1999) Microbiological safety of minimally processed vegetables. *J. Korean Soc. Food Sci. Nutr.*, 4, 48-54
 15. NAQS (2005) The status analysis of fresh-cut vegetables preprocessing facilities. 12, 7

(접수 2009년 7월 2일, 채택 2009년 11월 13일)