

열처리 조건개선이 다양한 새싹채소 종자의 미생물 저감화 및 발아에 미치는 영향

윤혜정 · 박정훈 · 홍은경 · 김태훈¹ · 김세리 · 김원일 · 윤종철 · 홍무기 · 류경열*
농촌진흥청 국립농업과학원 유해생물과, ¹대농바이오

Effects of Improved Heat Treatment on Microbial Reduction and Germination in Sprout Vegetable Seeds

Hyejeong Yun, Kyeonghun Park, Eun-Kyung Hong, Tae-Hun Kim¹, Seri Kim, Wonil Kim, Jong-Chul Yun, Moo-Ki Hong, and Kyoung-Yul Ryu*

Division of Microbial Safety, National Academy of Agricultural Science, RDA
¹Daenongbio Agriculture Corporation

Abstract This study investigated the germination and reduction of microbial population in domestic (radish, Chinese cabbage, and vitamin) and imported (radish and red cabbage) sprout seeds by heat treatment (40, 50, 60, and 70°C for 15 min or 30 min). The germination ratio (define the ratio) was 45-97% at 24 h after treatment <60°C and was decreased at 70°C. In domestic radish seed, total aerobic bacteria were decrease by approximately 1.71 log CFU/g after heat treatment at 70°C for 30 min and viable coliforms were decreased to under the detection limit at temperatures over 60°C. Decrease of total aerobic bacteria and coliforms in domestic Chinese cabbage seed was 1.23-1.34 and 2.77 log CFU/g, respectively, after heat treatment over 60°C. In domestic vitamin seed, total aerobic bacteria were decreased by about 0.3 log CFU/g at 70°C for 15 min. In imported radish seed, total aerobic bacteria were decreased 2.12-2.30 log CFU/g after heat treatment over 60°C. Total aerobic bacteria in imported red cabbage seed were reduced by 0.66-0.84 log CFU/g after heat treatment over 40°C and coliforms were undetectable. In case of *Bacillus cereus*, there was no significant difference by heat treatment in any sample. *Staphylococcus aureus* and *Salmonella* sp. were not detected at the detection limit in any tested seeds at any temperature.

Keywords: Chinese cabbage, heat treatment, radish, red cabbage, sprout vegetable, vitamin

서 론

최근 생활수준의 향상으로 건강에 대한 관심과 사회전반적인 well-being trend에 따라 육식과 가공식품 보다는 채식과 자연식품을 선호하고 있다. 또한 기능성과 영양가 높은 채소에 대한 요구가 증대되어 새싹채소에 대한 수요가 확대되고 있다(1). 새싹채소는 비타민, 미네랄, 무기질 등의 영양성분과 폴리페놀 등의 기능성 성분이 함유되어 있어 성인병 및 각종 질병예방에 도움이 된다(2). 십자화과에 속하는 새싹채소류(브로콜리, 무, 양배추, 알파파, 클로버, 배추, 유채, 메밀 등)는 종자에서 싹이 트는 시기에 자신의 성장을 위해서 영양소등을 생합성하므로 단백질, 비타민, 미네랄, 효모, RNA, 바이오 플라보노이드 등이 완전히 성장한 채소나 종자에 비해 3-4배 높다(3). 특히 브로콜리, 머스타드, 컬리플라워 등의 채소에서 sulforaphane등의 성분이 다량 함

유되어 위궤양, 위암 예방 등의 약리효능을 가진다. 새싹채소는 성장이 빠르고 생산량이 많으며, 신선하고 부드러워 식미감이 좋은 특성을 가지고 있다. 재배과정에서 농약을 사용하지 않아 잔류농약의 위험이 거의 없는 무오염, 무공해 식품이다. 그러나 새싹채소는 생육조건이 20-40°C의 온도범위와 높은 수분활성도의 조건에서 3-7일간의 성장시간이 요구되는데 이는 미생물의 최적 성장조건과 유사하다(4). 따라서 원료 종자 및 재배과정 중 일반 세균, 대장균군 및 병원성 미생물(*Salmonella* sp., *E. coli* O157:H7, *Listeria monocytogenes*, *Bacillus cereus* 등)의 오염이 용이해 식중독 사고의 발생이 높아 철저한 안전관리가 필요하다. 새싹채소에 의한 식중독 사고는 1973년부터 최근까지 미국, 영국, 일본, 캐나다 등의 선진국을 중심으로 보고되고 있으며 농식품 유래 식중독 사고의 40%를 차지하고 있다(5). 미국의 경우 알파파에서 *Salmonella* sp., *E. coli* O157:H7이 검출되었고(6), 콩(soy), 크레스(cress), 겨자(mustard) 종자에서 *B. cereus*가 검출된 바 있다(7). 종자가 발아하는 동안 *B. cereus*는 10⁷ CFU/g 이상으로 증식한다고 Taormina 등(8)이 보고하였으며 새싹채소의 병원성 미생물 증식은 대부분 원료 종자에서 기인된다고 보고하였다(9).

현재 새싹채소에 존재하는 위해미생물을 효과적으로 제어하기 위해 미국 FDA는 종자의 발아 전 20,000 ppm CaOCl₂(Calcium hypochlorite)용액으로 살균할 것을 권고하고 있으며(10), 이외 방사선 조사(11), acetic acid(12), ammonia(13), 전해산화수(14), 오존

*Corresponding author: Kyoung-Yul Ryu, Division of Microbial Safety, National Academy of Agricultural Science, RDA, Suwon, Gyeonggi 441-707, Korea
Tel: 82-31-290-0445
Fax: 82-31-290-0407
E-mail: kyryu@rda.go.kr
Received February 23, 2011; revised March 29, 2011;
accepted June 30, 2011

수 및 식물추출물(15,16)등에 대한 연구가 진행되고 있다. 염소소독은 용수를 살균·소독하는 방법으로 경제적인 측면과 더불어 널리 이용되고 있는 방법이나, THM(Trihalomethanes), 염화페놀 등의 물질생성으로(17,18) 인해 염소 대체 처리방법에 대한 연구가 진행되고 있다. 또한 National Advisory Committee on Microbiological Criteria for Foods(NACMCF)에서 새싹채소 종자에 20,000 ppm CaOCl_2 를 처리하여 병원성 미생물을 5 log 감소시켰으나, 20,000 ppm 이하의 처리농도에서는 병원성 미생물 감소에 효과적이지 않았다(19). 따라서 안전한 농산물을 공급 및 관리하고자 화학약품 처리 및 합성 첨가물 처리방법에 대한 개선방안으로 기존 맥류 및 새싹채소 종자에 이용되고 있는 열처리 방법을 개선함으로써 종자의 초기오염 수준을 저감화하는 친환경적 처리방법이 필요한 실정이다.

따라서 본 연구에서는 국내산 새싹채소 종자 3종(무, 배추, 다채)과 수입산 종자 2종(무, 적양배추)의 열처리 방법에 따른 발아율과 총 호기성세균, 대장균 및 대장균군, *B. cereus*, *S. aureus* 및 *Salmonella* sp.의 저감화 효과를 파악하여 경제적이고 효율적인 살균방법을 모색하고자 한다.

재료 및 방법

실험 재료

실험에 사용한 새싹채소 종자는 국내산 3종(무, 배추, 다채)과 수입산 2종(무, 적양배추)을 2011년 1월 국내 새싹재배 시설을 갖춘 D업체(경기도 광주 소재)에서 공급받아 사용하였으며 원산지는 Table 1에 나타내었다. 모든 시료는 4°C에 보관하면서 실험에 사용하였다.

열처리

상처가 없고 외부 오염물질을 제거한 후 외관이 건전한 시료를 선별하여 멸균된 비커에 20 g씩 취한 후 멸균수 180 mL을 첨가하였다. 열처리하는 온도 및 처리시간이 종자의 발아율 및 미생물 저감화에 미치는 영향을 살펴보기 위해 40, 50, 60 및 70°C에서 각각 15, 30분씩 항온수조(BW-05G, Jeitech Co., Ltd., Daejeon, Korea)에서 처리하였다. 열처리 후 시료는 냉수에 30분 동안 냉각시킨 다음 발아율과 미생물 실험에 사용하였다. 이때 열처리 조건은 선행연구를 통해 발아율에 영향을 미치지 않으면서 품질에 영향을 미치지 않는 조건으로 설정하였다. 대조군은 실온에서 동일하게 처리하였다.

발아율 측정

시료는 외부 손상이 없고 외관이 양호한 씨앗 100개를 취해 바닥에 여지를 간 petri dish에 담고 증류수 10 mL을 첨가하여 25±1°C 항온기에서 24시간 배양 후 발아율을 측정하였다. 이 때 발아의 기준은 짙은 녹색의 길이가 0.1 cm 이상인 것을 발아한 것으로 간주하여 백분율(%)로 나타내었다(20).

미생물학적 품질분석

열처리 후 시료의 미생물 검사는 일반 호기성 세균, 대장균 및 대장균군, *B. cereus*, *S. aureus* 및 *Salmonella* sp.에 대해 식품공전에 따라 실시하였다(21). 즉, 시료 20 g에 멸균된 식염수(0.85%, NaCl) 180 mL를 첨가하여 Bag mixer(Model 400, Saint Nom, Interscience, France)를 사용하여 120초 동안 혼합한 후 10진 희석법으로 희석하여 각각의 배지에 도말하였다. 일반 호기성 세균과 대장균 및 대장균군의 측정은 각각 3M Petrifilm Aerobic Count Plate (Petrifilm EC, 3M Co., St. Paul, MN, USA), 3M

Table 1. Origins of five sprout vegetable seeds used in this study

Samples	Scientific names	Origins
Radish	<i>Raphanus sativus</i>	Korea
Chinese cabbage	<i>Brassica campestris</i> ssp. <i>pekinensis</i>	Korea
Vitamin	<i>Brassica campestris</i> L.	Korea
Radish	<i>Raphanus sativus</i>	USA
Red cabbage	<i>Brassica oleracea</i> L. var. <i>capitata</i> f. <i>rubra</i> .	Italy

Petrifilm E. coli/Coliform Count Plate(Petrifilm EC, 3M Co.)를 사용하였다. *B. cereus*와 *S. aureus* 검출을 위한 배지는 각각 Mannitol Egg Yolk Polymyxin Agar(MYP, Oxoid Ltd., Cambridge, UK), Baird Parker Agar(BP, Oxoid Ltd.)를 사용하였으며 *Salmonella* sp. 의 검출은 XLD(Difco Laboratories, Sparks, MD, USA)를 사용하였다. 일반 호기성 세균, 대장균 및 대장균군, *S. aureus* 및 *Salmonella* sp. 은 37°C에서 24시간 배양하였으며 *B. cereus*은 30°C에서 24시간 배양하여 형성된 colony 수를 계수하여 1 g당 colony forming unit(CFU/g)으로 나타내었다.

통계분석

모든 실험은 3회 반복 실시하였으며, 얻어진 결과들은 SAS software(22)에서 프로그램된 general linear model procedure를 수행하고 분산분석 후 유의적인 차이가 보일 때 평균값 간 차이를 Duncan의 다중검정법을 사용하여 평가하였다($p < 0.05$).

결과 및 고찰

열처리 방법에 의한 새싹채소 종자의 발아율

열처리에 의한 국내산 및 수입산 새싹채소 종자의 발아율은 Table 2에 나타낸 바와 같이 적양배추를 제외한 3품종에서 80% 이상의 수준을 나타내었다. 국내산 무의 경우 처리시간이 각각 15, 30분, 처리온도 40-60°C 범위에서 대조군과 유의적인 차이는 나타나지 않았으며, 70°C일 때 31.5%로 발아율이 감소되었다. 배추에서는 처리시간이 15분일 때 대조군과 열처리 온도에 따른 유의적인 차이는 나타나지 않았으나, 처리시간이 30분으로 증가했을 때 70°C 조건에서 34.5%로 발아율이 감소되어 대조군에 비해 유의적으로 감소하였다. 다채의 경우 온도 및 시간의 처리조건이 각각 40-60°C 및 15분인 경우 대조군과 유의적인 차이는 없었으나 70°C로 처리온도를 증가한 경우 발아한 개체가 나타나지 않았다.

수입산 새싹 종자의 경우 무는 처리시간이 15분인 경우 70°C 처리시에도 발아율이 85%로 높게 나타나 대조군과 유의적인 차이는 나타나지 않았다. 반면 처리시간을 30분으로 증가한 경우 70°C 조건에서 발아율이 30%로 감소되었다. 적양배추는 다른 시료에 비해 온도에 따른 감수성이 큰 것으로 나타났다. 처리시간이 15분인 경우 40-50°C에서 열처리시 대조군과 시료군과의 유의적인 차이가 나타나지 않았으나, 60°C에서는 52.5%로 발아율이 감소하였고, 70°C에서는 발아가 이루어지지 않았다. 이러한 경향은 처리시간이 30분으로 증가한 경우에도 유사하게 나타났다.

Park 등(23)의 연구결과에서 알파파, 클로버, 적무 종자에 20,000 ppm CaOCl_2 용액을 처리한 경우 90% 이상의 발아율을 나타내었으나, 브로콜리와 적양배추는 소독제처리와 관계없이 70-82%로 다소 발아율이 낮게 나타났다. 무 종자는 55-62°C에서 2-8분간 열처리시 95% 이상의 발아율을 나타내었으나, 그 이상의 처리 시간에서는 발아율이 감소하였다(24). 이러한 경향은 본 연구에서

Table 2. Germination rate (%) of five sprout vegetable seeds by heat treatment

Time (min)	Temperature (°C)	Seed				
		Domestic			Imported	
		Radish	Chinese cabbage	Vitamin	Radish	Red cabbage
Control		83.00a ¹⁾	91.50	82.50a	97.00	65.50a
15	40	89.00a	95.50	83.50a	97.00	71.50a
		90.50a	92.50	85.50a	96.50	72.00a
		83.00a	90.00	77.50a	98.50	52.50b
		31.50b	82.00	0.00b	85.00	0.00c
SEM ²⁾		3.99	3.09	2.65	2.77	3.43
Control		83.00a	91.50a	82.50a	97.00a	65.50a
30	40	89.00a	86.00a	84.00a	99.00a	77.50a
		86.50a	86.50a	85.00a	98.50a	66.00a
		80.00a	86.00a	59.00b	95.50a	45.50b
		2.50b	34.50b	0.00c	31.00b	0.00c
SEM ²⁾		2.03	2.75	2.42	2.77	3.06

Values are means of triplicate experiments (n=3).

¹⁾Values with different letters (a-c) within the same column differ significantly ($p<0.05$).

²⁾Standard errors of the mean (n=15)

와 같이 열처리 온도가 60°C 이상의 조건에서 처리시 발아율이 대조군에 비해 유의적으로 감소하는 경향과 일치하였다. 일반적으로 종자의 휴면타파와 발아촉진을 위해 사용되는 화학물질들은 종자내부에 수분흡수를 가속화하여 단백질의 수화 및 침윤작용을 촉진시키고 효소활력을 증대시키는 효과가 있다. 이외에 저선량 방사선, 자기장 및 온도 처리 등과 같은 물리적 처리방법은 종자의 휴면타파, 발아율 증가, 발아촉진 및 생육 촉진 등의 효과를 가진다(25). 본 연구결과와 같이 종자의 적절한 열처리 방법은 새싹종자의 수분흡수를 더욱 가속화시켜 단백질의 수화 및 침윤작용을 촉진시켜 발아율을 증가시켜 생산성을 증가시키는 것으로 판단된다.

열처리 방법에 의한 새싹채소 종자의 미생물 저감화

열처리에 의한 국내산 및 수입산 새싹채소 종자의 오염지표세균 및 병원성 미생물의 저감화에 대한 영향을 Table 3-7에 나타

내었다. 본 실험에 사용된 5종의 새싹종자에서 대장균, *S. aureus* 및 *Salmonella* sp.는 검출되지 않았다. 국내산 무 종자의 경우 초기 총 호기성세균의 오염도는 4.69 log CFU/g수준이었으나 40°C, 30분 또는 50°C, 15분 동안 열처리시 각각 1.10, 1.13 log CFU/g 감소하였으며, 70°C에서 30분간 열처리한 경우 1.71 log CFU/g 감소하는 효과를 나타내었다. 대장균군은 검출한계 이하의 수준으로 나타났다. *B. cereus*는 초기 오염도에 비해 50°C, 30분 처리한 경우 0.26 log CFU/g 감소하였으며, 60°C, 30분 이상의 조건으로 처리시 최대 1.69 log CFU/g 감소되었다(Table 3). 국내산 배추 종자에서 총 호기성 세균은 열처리 온도 및 시간에 따라 대조군에 비해 유의적으로 감소하는 경향을 나타내었다. 특히 50°C 조건에서 처리시간을 15분에서 30분으로 증가한 경우 0.67-1.05 log CFU/g 수준으로 총 호기성 세균이 감소되었으며 60°C 이상의 조건에서는 1.23-1.34 log CFU/g 감소되었다. 대장균군은 초기 밀도가 2.77 log CFU/g 수준이었으나 60°C 이상으로 열처리시 검

Table 3. Reduction of total aerobic bacteria and pathogenic bacteria (log CFU/g) in domestic radish seed by heat treatment

Time (min)	Temperature (°C)	Total aerobic bacteria	<i>E. coli</i>	Coliform	<i>B. cereus</i>	<i>S. aureus</i>	<i>Salmonella</i> sp.
Control		4.69a ¹⁾	ND ²⁾	2.87a	1.69	ND	ND
15	40	4.98a	ND	2.67b	2.00	ND	ND
		3.56b	ND	NDc	2.00	ND	ND
		3.61b	ND	NDc	1.33	ND	ND
		3.20b	ND	NDc	0.77	ND	ND
SEM ³⁾		0.160	-	0.04	0.59	-	-
Control		4.69a	ND	2.87a	1.69	ND	ND
30	40	3.59b	ND	2.48b	1.69	ND	ND
		3.60b	ND	NDc	1.43	ND	ND
		3.19c	ND	NDc	ND	ND	ND
		2.98d	ND	NDc	ND	ND	ND
SEM ³⁾		0.05	-	0.07	0.63	-	-

Values are means of triplicate experiments (n=3).

¹⁾Values with different letters (a-d) within the same column differ significantly ($p<0.05$).

²⁾ND: Viable cell was not detected with detection limit at $<10^1$.

³⁾Standard errors of the mean (n=15)

Table 4. Reduction of total aerobic bacteria and pathogenic bacteria (log CFU/g) in domestic chinese cabbage seed by heat treatment

Time (min)	Temperature (°C)	Total aerobic bacteria	<i>E. coli</i>	Coliform	<i>B. cereus</i>	<i>S. aureus</i>	<i>Salmonella</i> sp.
Control		5.15a ¹⁾	ND ²⁾	2.77b	2.50a	ND	ND
15	40	4.88b	ND	3.26a	2.00b	ND	ND
	50	4.48c	ND	3.16a	2.00b	ND	ND
	60	3.92d	ND	NDc	2.00b	ND	ND
	70	3.81d	ND	NDc	2.10b	ND	ND
SEM ³⁾		0.044	-	0.09	0.06	-	-
Control		5.15a	ND	2.77b	2.50	ND	ND
30	40	4.62b	ND	3.46a	2.26	ND	ND
	50	4.10c	ND	3.46a	2.64	ND	ND
	60	3.91c	ND	NDc	2.20	ND	ND
	70	3.82c	ND	NDc	2.26	ND	ND
SEM ³⁾		0.07	-	0.02	0.15	-	-

Values are means of triplicate experiments (n=3).

¹⁾Values with different letters (a-d) within the same column differ significantly ($p < 0.05$).

²⁾ND: Viable cell was not detected with detection limit at $< 10^1$.

³⁾Standard errors of the mean (n=15)

Table 5. Reduction of total aerobic bacteria and pathogenic bacteria (log CFU/g) in domestic vitamin seed by heat treatment

Time (min)	Temperature (°C)	Total aerobic bacteria	<i>E. coli</i>	Coliform	<i>B. cereus</i>	<i>S. aureus</i>	<i>Salmonella</i> sp.
Control		3.48a ¹⁾	ND ²⁾	ND	2.26	ND	ND
15	40	3.45a	ND	ND	2.16	ND	ND
	50	3.33ab	ND	ND	2.10	ND	ND
	60	3.27ab	ND	ND	2.10	ND	ND
	70	3.18b	ND	ND	2.00	ND	ND
SEM ³⁾		0.06	-	-	0.11	-	-
Control		3.48	ND	ND	2.26b	ND	ND
30	40	3.26	ND	ND	2.10b	ND	ND
	50	3.28	ND	ND	2.56a	ND	ND
	60	3.53	ND	ND	2.00b	ND	ND
	70	3.24	ND	ND	NDc	ND	ND
SEM ³⁾		0.06	-	-	0.08	-	-

Values are means of triplicate experiments (n=3).

¹⁾Values with different letters (a-c) within the same column differ significantly ($p < 0.05$).

²⁾ND: Viable cell was not detected with detection limit at $< 10^1$.

³⁾Standard errors of the mean (n=15)

출한게 이하로 감소되었다. 또한 배추 종자의 경우 열처리 방법은 *B. cereus*의 저감화에 큰 영향을 미치지 않았다(Table 4). 국내산 다채 종자는 초기 총 호기성세균의 오염도에 비해 70°C, 15분간 열처리시 시료간의 유의적인 차이는 나타났으나, 0.3 log CFU/g 수준으로 미비한 감소효과를 나타내었다(Table 5). 이외에 모든 처리군에서 대장균군은 검출한계 이하의 수준으로 검출되지 않았으며, *B. cereus*는 70°C, 30분간 열처리시 검출되지 않았다.

수입산 무 종자는 50°C 조건에서 처리시간을 15, 30분으로 증가한 경우 총 호기성세균이 대조군에 비해 각각 0.68, 0.92 log CFU/g 감소하였으며, 60°C 이상으로 열처리를 실시할 때 2.12-2.30 log CFU/g 감소하여 유의적인 차이를 나타내었다. 대장균군의 경우 60°C 이상의 조건으로 열처리시 3.40 log CFU/g 감소하는 효과를 나타내었다(Table 6). 수입산 적양배추 종자는 열처리에 의해 총 호기성 세균이 유의적으로 저감화되는 경향을 나타내었으며 이때 0.59-0.84 log CFU/g 감소되었다. 그러나 *B. cereus*는 열처리 시간 및 온도에 따른 미생물 저감화 효과는 나타나지

않았다(Table 7).

최근 새싹채소 종자의 미생물 제어에 관한 연구 중 화학적 약품을 사용한 미생물 저감화에 대한 연구결과가 발표되고 있다. 무 종자에 인위적으로 *S. typhimurium*을 접종시킨 후 이산화염소수(CIO₂)와 citric acid를 농도별로 처리한 후 *S. typhimurium*의 저감화를 살펴본 결과 이산화염소수 100 ppm 이상, citric acid 2.0% 처리조건에서 대조군에 비해 각각 0.55-1.08, 2.89 log CFU/g 감소하는 효과를 나타내었다(26). 이외에 100 ppm chlorine을 15분간 처리한 국내산 새싹종자(배추, 무, 유채, 적무, 다채)의 경우 일반세균과 대장균군은 1-2 log CFU/g, 수입산 종자(알파파, 브로콜리, 클로버, 적콜라비, 적무)의 경우 2-3 log CFU/g 감소하였다(27). 반면 소독제로 20,000 ppm calcium hypochlorite(CaCl₂)를 알파파, 클로버, 적무 종자에 48시간 처리시 소독 직후 대조군에 비해 세균수가 감소하였으나 발아 후 소독여부와 상관없이 유의적인 차이를 나타내지 않았다(23). 이외 물리적 방법으로 방사선과 전자선을 이용하여 새싹종자(무, 적양배추)의 미생물 저감화

Table 6. Reduction of total aerobic bacteria and pathogenic bacteria (log CFU/g) in imported radish seed by heat treatment

Time (min)	Temperature (°C)	Total aerobic bacteria	<i>E. coli</i>	Coliform	<i>B. cereus</i>	<i>S. aureus</i>	<i>Salmonella</i> sp.
Control		5.39a ¹⁾	ND ²⁾	3.40c	ND	ND	ND
15	40	5.37a	ND	3.87a	ND	ND	ND
	50	4.71b	ND	3.66b	ND	ND	ND
	60	3.20c	ND	NDd	ND	ND	ND
	70	3.09c	ND	NDd	ND	ND	ND
SEM ³⁾		0.06	-	0.02	-	-	-
Control		5.39a	ND	3.40b	ND	ND	ND
30	40	5.40a	ND	3.97a	ND	ND	ND
	50	4.47b	ND	3.40b	ND	ND	ND
	60	3.27c	ND	NDc	ND	ND	ND
	70	3.15c	ND	NDc	ND	ND	ND
SEM ³⁾		0.06	-	0.01	-	-	-

Values are means of triplicate experiments (n=3).

¹⁾Values with different letters (a-d) within the same column differ significantly ($p<0.05$).

²⁾ND: Viable cell was not detected with detection limit at $<10^1$.

³⁾Standard errors of the mean (n=15)

Table 7. Reduction of total aerobic bacteria and pathogenic bacteria (log CFU/g) in imported red cabbage seed by heat treatment

Time (min)	Temperature (°C)	Total aerobic bacteria	<i>E. coli</i>	Coliform	<i>B. cereus</i>	<i>S. aureus</i>	<i>Salmonella</i> sp.
Control		4.37a ¹⁾	ND ²⁾	ND	2.00	ND	ND
15	40	3.71b	ND	ND	2.00	ND	ND
	50	3.63b	ND	ND	2.00	ND	ND
	60	3.60b	ND	ND	2.00	ND	ND
	70	3.53b	ND	ND	2.10	ND	ND
SEM ³⁾		0.16	-	-	0.04	-	-
Control		4.37a	ND	ND	2.10	ND	ND
30	40	3.61b	ND	ND	2.20	ND	ND
	50	3.67b	ND	ND	2.10	ND	ND
	60	3.78b	ND	ND	2.00	ND	ND
	70	3.57b	ND	ND	ND	ND	ND
SEM ³⁾		0.16	-	-	0.07	-	-

Values are means of triplicate experiments (n=3).

¹⁾Values with different letters (a-b) within the same column differ significantly ($p<0.05$).

²⁾ND: Viable cell was not detected with detection limit at $<10^1$.

³⁾Standard errors of the mean (n=15)

에 대한 연구(28)에서 1-5 kGy 방사선 조사시 일반세균은 1-2 log CFU/g 감소하였고 대장균군은 5 kGy선량에서는 검출되지 않아 일반세균의 저감화 보다 특정 미생물의 사멸에 효과적으로 나타났다. 이외에 열처리에 의한 새싹종자의 미생물 저감화에 관한 연구로 Alexander 등(24)은 열처리 온도를 58-62°C에서 8분간 처리시 알파파에 접종시킨 *Salmonella* sp.가 5 log 감소되며 이때 95% 이상의 발아율을 나타내었다. 무 종자의 미생물 총 호기성 미생물의 제어효과에 관한 연구결과 45, 50, 55°C에서 각각 5, 10, 20분 동안 열처리를 실시한 경우 온도와 시간이 증가할수록 대조군에 비해 총 호기성세균이 1 log CFU/g 감소되는 경향을 나타내었다(29). Bang 등(30)은 무 종자에 55°C에서 6, 12, 24, 36, 48시간 동안 열처리 한 결과 총 호기성세균은 초기에 비해 6시간 처리시 1 log 수준 감소하였으며, 12시간 이상 처리시 2 log 감소하는 효과를 나타내었다. 이외에 알파파 종자에 50-60°C에서 7시간 열처리를 실시한 경우 *Salmonella*와 *E. coli* O157:H7이 1.5 log 수준 감소하였으나, 70-80°C로 온도를 높일 경우 3 log 이상

의 미생물 저감화 효과를 나타내었다(31). 이러한 결과는 본 연구결과와 유사한 경향을 나타내었으며 국내산 종자 3종과 수입산 종자 2종의 시료에서 종자별 열처리에 의한 미생물 저감화 효과가 다른 경향을 나타내었다. 특히 국내산 배추와 수입산 무는 60°C에서 15분 처리시 초기 오염수준에 비해 총 호기성 세균과 대장균군을 각각 2, 2-3 log 감소하는 경향을 나타내어 기존의 열처리 조건(29,30)에 의한 새싹종자 살균방법 보다 처리시간을 단축시키고 미생물 저감화 효과가 증진되어 새싹종자 살균방법으로 효과적인 것으로 판단된다. 본 실험에서 열처리에 의한 위해 세균의 저감화 효과가 새싹채소 종자에 따라 다르게 나타난 것은 종자의 크기, 내·외피 두께 및 열 저항성에 기인하는 것으로 판단된다. 특히 *B. cereus*는 열처리시 미미한 감소효과를 나타내었는데 이는 *B. cereus*가 endospore를 형성하여 열처리 과정에서 완전히 사멸되지 않으며 이때 생존한 포자는 일정 조건이 지나면 다시 증식하는 특성에 의한 것으로 사료된다. *B. cereus*의 내열성에 대한 연구결과로 *B. cereus* 포자의 D value는 75, 80,

85 및 90°C에서 각각 40.3, 8.8, 3.3 및 1.1분으로 나타났으며 가열처리 과정 중 90°C에서 10분 이상 가열시에도 완전히 사멸하지 않았다(32). 새싹종자에 오염된 *B. cereus* 저감화를 위해서는 본 연구에서 적용한 온도 및 시간 보다 높은 처리조건이 요구될 것으로 판단된다. 전반적으로 열처리에 의한 새싹종자의 발아율에는 영향을 미치지 않으며, 위해미생물 저감화에 효과적인 열처리 조건은 새싹종자의 크기, 특성에 따라 다른 양상을 나타내었다. 국내산 및 수입산 새싹종자의 열처리 조건에 따른 발아율과 미생물 저감화 효과의 상관관계를 살펴보면 국내산 종자인 무, 배추, 다채는 각각 0.423, 0.396, 0.195로 나타났고, 수입산 종자인 무, 적양배추는 0.464, 0.231을 나타내어 정의 상관관계를 나타내었다. 새싹종자별 적절한 열처리 조건은 국내산 무 종자는 50-60°C에서 15분 또는 40-60°C에서 30분, 국내산 배추는 40-60°C에서 각각 15-30분, 수입산 무 종자는 50-70°C에서 15분, 50-60°C에서 30분, 마지막으로 수입산 적양배추는 40-50°C에서 15-30분 처리시 경제성을 유지하는 발아율을 가지고 미생물 저감화에 효과적인 것으로 판단된다.

열처리 방법은 기타 화학약품을 처리하는 방법과 달리 약품 잔류성과 환경오염에 대한 염려가 없어 경제적이며 효율성이 큰 방법이다. 또한 국내산 종자의 이용효율을 높이며 생산공정에서 미생물 증식을 최소화 할 수 있어 이용가치가 클 것으로 판단된다. 이에 따라 발아율 향상과 새싹종자의 위해미생물 저감화를 위해 종자별 적절한 열처리 온도와 처리시간을 설정할 수 있으며 이를 생산현장에 적용시 경제성과 안전성을 증진시키는 효과적인 방법인 것으로 판단된다.

요 약

본 연구는 열처리 방법에 의한 국내산 새싹채소 종자 3종(무, 배추, 다채)과 수입산 2종(무, 적양배추)의 발아율과 총 호기성세균 및 병원성 미생물의 저감화에 대해 실시하였다. 열처리는 40, 50, 60, 70°C의 온도조건에서 각각 15, 30분 동안 실시하였다. 발아율은 60°C 이하 조건에서 열처리 후 배양 24시간 후 45-97%로 나타났으며, 대부분 70°C 이상의 조건에서 발아율이 감소하였다. 열처리에 의한 미생물 저감화 효과는 국내산 무 종자의 경우 총 호기성세균은 70°C, 30분 열처리 조건에서 1.71 log CFU/g 감소하였으며 대장균군은 60°C 이상의 조건에서 검출한계이하로 나타났다. 국내산 배추 종자는 60°C 이상의 조건에서 총 호기성 세균과 대장균군은 각각 1.23-1.34, 2.77 log CFU/g 감소하였다. 국내산 다채 종자는 70°C, 15분 열처리시 0.3 log CFU/g 감소되었다. 수입산 무 종자는 60°C 이상의 조건에서 2.12-2.30 log CFU/g 감소하였다. 수입산 적양배추 종자는 40°C 이상의 조건에서 0.66-0.84 log CFU/g 감소하였으며 대장균군은 검출한계 이하의 수준으로 검출되지 않았다. 대부분의 시료에서 *B. cereus*는 열처리에 의한 유의적인 차이가 나타나지 않았으며, 대장균, *S. aureus* 및 *Salmonella* sp.는 검출한계 수준에서 검출되지 않았다.

감사의 글

본 논문은 2010년도 농촌진흥청 국립농업과학원 박사후연수과정 지원사업에 의해 이루어진 연구결과이며 지원에 감사드립니다.

문 헌

1. Choi JW, Park SY, Yeon JH, Lee MJ, Chung DH, Lee KH, Kim

- MG, Lee DH, Kim KS, Ha SD. Microbial contamination levels of fresh vegetables distributed in markets. *J. Fd. Hyg. Safety* 20: 43-47 (2005)
2. Park KJ, Lim JH, Kim JH, Jeong JW, Jo JH, Jeong SW. Reduction of microbial load on radish (*Raphanus sativus* L.) seeds by aqueous chlorine dioxide and hot water treatment. *Korean J. Food Preserv.* 5: 487-491 (2007)
3. Kurtzweil P. Questions keep sprouting about sprouts. *FDA Consum.* 33: 18-22 (1999)
4. Fu T, Stewart D, Reineke K, Ulasze KJ, Schlessner J, Tort orello M. Use of spent irrigation water for microbiological analysis of alfalfa sprouts. *J. Food Protect.* 674: 802-806 (2001)
5. Waje CK, Kwon JH. Improving the food safety of seed sprouts through irradiation treatment. *Food Sci. Biotechnol.* 16: 171-176 (2007)
6. Scouten AJ, Beuchat LR. Combined effects *Salmonella* spp. and *E. coli* O157:H7 on alfalfa seeds. *J. Appl. Microbiol.* 92: 668-674 (2002)
7. Portnoy BL, Goepfert JM, Harmon SM. An outbreak of *Bacillus cereus* food poisoning resulting from contaminated vegetable sprouts. *Am. J. Epidemiol.* 103: 589-594 (1976)
8. Taormina PJ, Beuchat LR, Slutskert L. Infection associated with eating seed sprouts: an international concern. *J. Emerg. Infect. Dis.* 5: 626-634 (1999)
9. National Advisory Committee on Microbiological Criteria for Foods. Microbiological Safety Evaluations and Recommendations on Fresh Produce. *Food Control* 10: 117-143 (1999)
10. Rajkowski KT, Thayer DW. Alfalfa seed germination and yield ratio and alfalfa sprout microbial keeping quality following irradiation of seeds and sprouts. *J. Food Protect.* 64: 1988-1995 (2001)
11. Bari ML, Nazuka E, Sabina Y, Todoriki S, Isshiki K. Chemical and irradiation treatments for killing *Escherichia coli* O157:H7 on alfalfa, radish, and mung bean seeds. *J. Food Protect.* 66: 767-774 (2003)
12. Delaquis PJ, Sholberg PL, Stanich K. Disinfection of mung bean seed with gaseous acetic acid. *J. Food Protect.* 62: 953-957 (1999)
13. Himathongkham S, Nuanualsuwan S, Riemann H, Cliver DO. Reduction of *Escherichia coli* O157:H7 and *Salmonella* Typhimurium in artificially contaminated alfalfa seeds and mung beans by fumigation with ammonia. *J. Food Protect.* 64: 1817-1819 (2001)
14. Kim C, Hung YC, Brackett RE, Lin CS. Efficacy of electrolyzed oxidizing water in inactivating *Salmonella* on alfalfa seeds and sprouts. *J. Food Protect.* 66: 208-214 (2003)
15. Kim ID, Kim SD. Changes in quality of soybean sprouts grown by ozone water treatment during storage. *Korean J. Food Preserv.* 8: 279-384 (2001)
16. Kim ID, Park MJ, Cho JW, Soe SS, Kim MK, Lee JB, Lee SK, Kim SD. Effect of ozone treatment on the quality of soybean sprouts. *Korean J. Food Preserv.* 5: 177-185 (1998)
17. Kraybill HF. 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 (1978)
18. Moore GS, Calabrese EJ, DiNard SR, Tuthill RW. Potential health effect of chlorine dioxide as a disinfectant in potable water supplies. *Med. Hypotheses* 4: 481-496 (1978)
19. National Advisory Committee on Microbiological Criteria for Foods (NACMCF) Microbiological safety evaluations and recommendations on sprouted seeds. *Int. J. Food Microbiol.* 52: 123-153 (1999)
20. Fan X, Thayer DW, Sokorai K. Changes in growth and antioxidant status of alfalfa sprouts sprouting as affected by gamma irradiation of seeds. *J. Food Protect.* 67: 561-566 (2004)
21. KFDA. Food Standard Code. Korea Food & Drug Administration, Seoul, Korea (2005)
22. Statistical Analysis Systems Institute, SAS Institute, Inc. Cary, NC, USA
23. Park EJ, Kwon JH, Lee YK. Germination rate and microbial safety during cultivation of disinfected seeds. *Korean J. Food Preserv.* 16: 292-298 (2009)
24. Alexander W, Walter PH. Efficacy of heat treatment in the reduc-

- tion of *Salmonella* and *Escherichia coli* O157:H7 on alfalfa, mung bean, and radish seeds used for sprout production. *Eur. Food Res. Technol.* 221: 187-191 (2005)
25. Roberto LB, Sanchez RA, Forcella F, Kruk BC, Ghera CM. Environmental control of dormancy in wood seed banks in soil. *Field Crop. Res.* 67: 105-122 (2000)
26. Park KJ, Lim JH, Kim BK, Kim JC, Jeong JW, Jeong SW. Effect of aqueous chlorine dioxide and citric acid on reduction of *Salmonella* Typhimurium on sprouting radish seeds. *Korean J. Food Preserv.* 15: 754-759 (2008)
27. Jun SY, Kim TH, Kwon JH, Lee YK. Microbiological evaluation *in situ* of each process in seed sprouting. *Korean J. Food Preserv.* 16: 971-976 (2009)
28. Park JH, Kim GR, Kwon JH. Microbiological and physiological qualities of electron-beam and gamma-ray irradiated sprout seeds (radish, red cabbage) during germination. *Korean J. Food Preserv.* 16: 186-191 (2009)
29. Park KJ, Lim JH, Kim JH, Jeong JW, Jo JH, Jeong SW. Reduction of microbial load on radish (*Raphanus sativus* L.) seeds by aqueous chlorine dioxide and hot water treatments. *Korean J. Food Preserv.* 14: 487-491 (2007)
30. Bang J, Kim H, Kim H, Beuchat L, Ryu J. Combined effects of chlorine dioxide, drying, and dry heat treatments in inactivating microorganism on radish seeds. *Food Microbiol.* 28: 114-118 (2011)
31. Beuchat LR, Scouten AJ. Combined effects of water activity, temperature, and chemical treatments on the survival of *Salmonella* and *Escherichia coli* O157:H7 on alfalfa seeds. *J. Appl. Microbiol.* 92: 382-395 (2002)
32. Cho YS, Jung EY, Lee MK, Yang CY, Shin DB. Survival, isolation and characterization of *Bacillus cereus* from Sunshik. *J. Fd. Hyg. Safety* 23: 343-347 (2008)