

Effects of heat treatments on the microbial reduction and germination rates of red radish sprout seeds (*Raphanus sativus*)

So-Yun Jun, Yeon-Kyung Lee*

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

열처리 방법이 적무 새싹종자(*Raphanus sativus*)의 미생물 저감화 및 발아율에 미치는 영향

전소윤, 이연경*

경북대학교 식품영양학과

Abstract

This study was conducted to investigate the effects of various heat treatments on the microbial reduction and germination of red radish seeds for the development of effective and economical sterilization methods of improving microbial safety without reducing the germination rate. Hydrothermal treatment was conducted at 60, 65, 70, 75, 80, and 90°C for 30 and 60 seconds, and dry heat treatment was performed at 70, 80, 90, and 100°C for 5 minutes. In the seeds that underwent the hydrothermal treatment, time had little effect on the microbial reduction. There was no significant microbial reduction over time. However, there was significant microbial reduction as temperatures increased ($p < 0.001$). The total plate count (TPC) was reduced by more than 3 logs, and *Listeria monocytogenes* was not detected at temperatures above 70°C. In the seeds that were subjected to the dry heat treatment, the TPC and the population of the *L. monocytogenes* were significantly reduced as the temperatures increased ($p < 0.001$). After treatment at 100°C for 5 minutes, the TPC and the *L. monocytogenes* were reduced by 3 logs. As with the microbial reduction, time had little effect on the germination. There were no significant changes in the germination after the hydrothermal treatment over time; but at the temperatures above 75°C, the germination rate significantly decreased as the temperature increased ($p < 0.001$). When the seeds were soaked after the hydrothermal treatment, their germination was stimulated. The dry heat treatment at temperatures of 80°C and higher significantly decreased the germination rate as the temperature increased ($p < 0.001$). Dry heat treatment before the germination of the seeds soaked in distilled water for three hours significantly decreased the germination at temperatures greater than 90°C ($p < 0.05$). This study showed that appropriate heat treatments can increase the microbiological safety and germination of red radish seeds.

Key words : microbial reduction, germination rate, heat treatment, *Listeria monocytogenes*, red radish sprout seeds

서 론

새싹채소는 성장이 빠르고 조직이 부드러워 식미감이 좋으며 재배과정에서 농약을 사용하지 않는 반면에, 재배 시 20~40°C의 재배온도와 높은 상대습도는 미생물 생장에 최적의 조건을 제공해 준다(1). 따라서 원료 종자단계에서부터 미생물에 높은 수준으로 오염되어 있거나(2) 재배과정

중 부패 및 병원성 미생물의 오염이 용이하여 식중독 사고의 원인이 되기 때문에 철저한 안전관리가 필요하다(3). 특히 종자오염은 1차 오염원으로 작용하기 때문에 종자소독은 필수적이다.

종자의 처리는 크게 화학적 처리인 살균소독제 처리와 물리적 처리인 온도처리로 대분할 수 있다. 화학적 처리는 주로 유기살균제를 이용하여 침지처리, 도말처리 등을 사용하고 있다. 물리적 처리로는 온도처리가 주를 이루고 있다.

최근에는 환경오염과 건강에 대한 염려가 강조되면서

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

화학제의 사용이 기피되고 있는 시장 요구에 대한 대안으로서 환경 친화적인 미생물 제어 수단인 열처리 방법이 다시 각광 받고 있는데, 열처리 방법으로는 열수처리, 건열처리, 가열증기처리 등이 있다. 이 중 열수처리는 다른 열처리 방법에 비해 효과적인 것으로 보고되고 있다(4). 열수처리는 모든 병원균을 제거할 수 있는 것은 아니지만 대부분의 중요 병원균을 효과적으로 억제할 수 있어 유기농업에서 활용가치가 매우 높은 종자소독 방법이다(5,6). 열수처리는 종자발아와 생장에 영향을 미치지 않으면서 종자전염성 병원균을 사멸시키거나 불활성화시킬 수 있는 최적온도와 처리시간을 설정하는 것으로 채소 종자별로 처리조건은 다소 다르다(7). 종자소독제로 널리 사용되는 차아염소산 나트륨(NaClO)과 같은 화학약품은 종자 표면에 존재하는 병원균의 사멸효과가 높으나 침투이행성이 없어 종자 내부에 감염된 병원균을 사멸시키지 못하는 반면, 열수처리는 종자내부까지 열이 침투되어 종자 내부에 감염된 *Xanthomonas campestris* pv. *vesicatoria*, *Clavibacter michiganensis* pv. *michiganensis*, *X. campestris* pv. *campestris* 등을 효과적으로 살균할 수 있는 장점이 있는 것으로 보고되고 있다(5,6,8).

종자의 건열처리는 종자에 높은 열을 가함으로써 열에 불안정한 바이러스를 포함하여 다양한 식중독균을 사멸 또는 불활성화시키는 기술이다. 채소종자의 건열처리는 일 본을 중심으로 구체화되고 실용화되고 있다. 일반 다른 처리에 비해 건열처리가 부가가치가 높은 채소류의 고가 종자에 더 많이 이용되고 있는데, 이는 위해성 화학제를 첨가하지 않으면서, 그리고 종자를 액체 등에 침지하지 않으면서도 이미 채종된 종자에 대하여 효과적으로 적용할 수 있는 기술이기 때문이다. 현재까지의 어느 방법보다도 안정적인 고 상당수의 바이러스를 포함한 세균 및 진균류 등의 제거에 효과적임이 입증되고 있으나, 처리기술이 확고하게 개발되어 있지 않고 처리여부를 확증할 효과적인 방법도 아직은 없는 실정이다(7).

최근 종자의 국제간의 교역물량이 급증하고 새싹채소 종자의 해외채종이 급증함에 따라 다양한 종자전염병이 세계적으로 확산되면서 이에 대한 대책 수립이 시급한 실정이다. 이에 본 연구에서는 환경 친화적인 새싹채소류의 고품질화를 위한 경제적이고 효율적인 살균기술을 개발할 목적으로 국내산 적무 종자(*Raphanus sativus*)의 다양한 열처리 방법에 따른 발아율과 미생물 저감효과를 조사하였다.

재료 및 방법

실험재료

본 실험에서 사용한 종자는 적무(*Raphanus sativus*)의 일반 품종인 'Suzy'로, 대농바이오영농조합법인에서 구입하

였다. 이는 2007년 전라남도 나주에서 채종된 것이며, 외관이 건실한 종자를 육안으로 선별하여 사용하였다.

종자 열처리

열수처리는 적무 종자 10 g에 9배수의 증류수를 첨가하여 항온수조(SW-90MW, Sangwoo Scientific Co., Seoul, Korea)에서 각 60, 65, 70, 75, 80, 90°C의 온도로 30, 60초간 침지하였다. 건열처리는 적무 종자 10 g을 항온기(GW-90D, Daegu Lab Service Co., Daegu, Korea)에서 각 70, 80, 90, 100°C의 온도로 5분간 처리 후 증류수에 6시간 침지하였으며, 비처리 종자는 증류수에만 6시간 침지하였다.

사용균주 및 접종

접종 대상 미생물로는 우리나라 새싹채소에서 검출되어 향후 식중독 발생 가능성이 있으며, 새싹채소의 재배특성과 저온으로 유통된다는 특성을 고려하여 저온성 식중독균으로 그람 양성균인 *L. monocytogenes*를 선정하였다. 사용균주는 *L. monocytogenes* ATCC 19111을 사용하였고, 균의 콜로니를 취하여 TSB 10 mL에 넣어서 150 rpm으로 30°C에서 24시간 교반시켰다. 교반된 배양액을 0.5 mL 취하여 TSB 50 mL에 넣어서 회전교반기(SW-90R, Sangwoo Scientific Co., Seoul, Korea)에서 150 rpm으로 30°C에서 18시간 배양시켰으며 2차, 3차 배양을 거쳐 실험목적에 맞게 희석하여 사용하였다. 침지법에 따라 균을 접종한 후 실온에서 20시간 건조시킨 다음 접종한 액이 완전히 마른 후 실험하였다. 접종된 종자의 균수는 약 3~4 log CFU/g이었다.

총세균수 및 *L. monocytogenes* 수의 측정

시료는 종자 접종 후, 침지 후 그리고 열처리 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, Oxoid, Basingstoke, UK)와 oxford agar(Oxoid, Basingstoke, UK)에서 각각 37°C와 30°C에서 24~48시간 동안 배양 후 균수는 standard plate count(SPC)방법으로 계산하였고, log CFU/g로 나타내었다.

종자 발아율 측정

열수처리에 의한 종자의 발아율을 측정하기 위하여 종자 100립씩을 취하여 각 온도별 처리수에 6시간 침지하였고, 건열처리의 경우 각 온도별 처리 후 증류수에 6시간 침지하여 사용하였다. 비처리 종자의 경우, 증류수에 6시간 침지하였다. 열처리 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(9)의 발아실험법에 준하여 산출하였으며, 조사치는 5회 시험한 결과의 평균값으로 나타내었다.

통계처리

본 실험은 독립적으로 3회 이상 반복 실시하여 실험결과를 mean±SD로 나타내었으며, SPSS(17.0, IBM, New York, NY, USA)을 이용하여 분석하였다. 열처리군들의 미생물 분석치 및 발아율은 대조군과 비교하기 위하여 ANOVA와 Dunnett's multiple range test(p<0.05)를 실시하였으며, 30초와 60초간의 시간에 따른 미생물 분석치 및 발아율은 t-test로 유의성을 분석하였다.

결과 및 고찰

열처리에 따른 미생물 제어 효과

종자 열처리의 최적조건을 위해 30~50℃의 온도는 미생물이 번식하기 좋은 온도이기 때문에 60℃ 이상의 온도를 설정하였고, 현장에서의 생산효율성을 고려하여 시간을 설정하였다.

열수처리에 따른 적무 종자의 미생물 제어효과는 Table 1과 같다. 적무 종자를 다양한 온도의 증류수에 처리하여

Table 1. Effect of hot water treatment on TPC and population of *L. monocytogenes* inoculated on red radish seeds

Soaking time (sec)	Treatment temp. (°C)	Microbial population (log CFU/g)	
		TPC	<i>L. monocytogenes</i>
	Control	4.95±0.11	3.95±0.16
30	60	2.93±0.07***	0.88±0.68***
	65	1.92±0.12***	0.20±0.45***
	70	1.67±0.26***	0.02±0.14***
	75	1.25±0.35***	0.00±0.00***
	80	0.98±0.73***	0.00±0.00***
	90	0.15±0.38***	0.00±0.00***
F-value (p)		89.760***	91.932***
60	60	2.78±0.04***	0.43±0.58***
	65	1.61±0.21***	0.11±0.33***
	70	1.43±0.34***	0.00±0.00***
	75	1.19±0.21***	0.00±0.00***
	80	0.68±0.66***	0.00±0.00***
	90	0.05±0.23***	0.00±0.00***
F-value (p)		169.621***	41.585***
t-value (p)		1.318	-0.646

*** significant at p<0.001.

총세균과 *L. monocytogenes* 수의 변화를 조사하였으며, *L. monocytogenes* 미검출을 미생물적 안전성으로 판단하였다.

열수처리를 하기 전 적무 종자의 총세균과 *L. monocytogenes* 수는 각각 4.95±0.11, 3.95±0.16 log CFU/g이었다. 60℃에서 30초와 60초간 처리한 후 총세균수는 각각 2.93±0.07, 2.78±0.04 log CFU/g으로 2 logs 이상의 감소를 보였고, *L. monocytogenes* 수는 각각 0.88±0.68, 0.43±0.58 log CFU/g으로 3 logs 이상의 감소를 보여 총 세균보다 더 큰 제어효과를 나타내었다. 70℃에서 60초간 처리한 후 총세균수는 1.43±0.34 log CFU/g으로 3 logs 이상의 감소를 보인 반면 *L. monocytogenes*는 검출되지 않았으며, 그 이상의 온도에서도 *L. monocytogenes*가 검출되지 않았다. 한편, 75℃에서는 30초간 처리한 후 총세균수는 1.25±0.35 log CFU/g으로 3 logs 이상의 감소를 보인 반면 *L. monocytogenes*는 검출되지 않았으며, 마찬가지로 75℃ 이상의 온도에서는 *L. monocytogenes*가 검출되지 않았다. 열수 처리에 따른 미생물의 제어효과는 시간에 따른 유의적인 차이는 보이지 않았으나, 온도변화에 따른 유의적인 차이를 나타내었다 (p<0.001). Lee 등(7)의 연구에서는 무 종자를 50℃에서 25분간 열수처리한 후 발아율과 생장은 무처리와 비슷하거나 촉진되었고, *Alternaria*, *Aspergillus*, *Renicillium*, *Mucor* 등의 종자감염 곰팡이는 90% 이상 억제되었다. 한편, Miller 등(8)이 제안한 무 종자의 최적 열수처리 조건은 50℃의 온도에서 15분간이었다. 열수처리가 모든 유해 미생물을 제거할 수는 없으나 이들을 효과적으로 억제할 수 있는 기술로 친환경 및 유기농업에서 유용하게 활용할 수 있을 것으로 판단된다.

건열처리에 따른 적무 종자의 미생물 제어효과는 Table 2와 같다. 건열처리를 하기 전 적무 종자의 총세균과 *L. monocytogenes* 수는 각각 4.88±0.12, 3.65±0.17 log CFU/g이었다. 80℃에서 5분간 처리한 후 총세균과 *L. monocytogenes* 수는 각각 2.89±0.12, 1.76±0.15 log CFU/g으로 2 logs의 감소를 보였다. 100℃에서 5분간 처리한 후 총세균과 *L. monocytogenes* 수는 각각 2.14±0.14, 0.90±0.62 log CFU/g으로 3logs 이하의 감소를 나타내었다. 건열처리는 온도변

Table 2. Effect of heat treatment on TPC and population of *L. monocytogenes* inoculated on red radish seeds

Soaking time (min)	Treatment temp. (°C)	Microbial population (log CFU/g)	
		TPC	<i>L. monocytogenes</i>
	Control	4.88±0.12	3.65±0.17
5	70	3.02±0.15***	1.93±0.14***
	80	2.89±0.12***	1.76±0.15***
	90	2.48±0.26***	1.02±0.68***
	100	2.14±0.14***	0.90±0.62***
F-value (p)		159.356***	26.377***

*** significant at p<0.001.

화에 따른 유의적인 차이를 나타내었다($p<0.001$).

건열처리시 완전한 미생물 제어를 위해 온도와 시간을 증가시키면 극심한 온도 stress를 주어 종자에 붙어있는 다양한 병원이나 바이러스를 죽이는 과정에서 종자자체도 많은 스트레스를 받아서 그 피해가 종자발아와 생육에 큰 영향을 미칠 수 있다. 향후 다양한 고온한계온도에서의 지속시간을 달리하여 이를 구명할 필요성이 있다.

실제로 수많은 종류의 병원성 미생물이 종자에 오염되므로 건열처리 하나만으로 기존의 물리화학적 처리를 완전 대체할 수는 없다. 아울러 최근에는 프라이밍(priming)이나 펠렛팅(pelleting), 그리고 다양한 길항세균의 이용 등이 확대되면서 건열처리를 마친 종자에 대하여도 이들 첨대 종자 처리기술의 혼용 또는 병용이 필수적이라고 판단된다. 또한 세균에서의 검역이나 현재 해외 채종 현장에서의 선적과정에서도 최소한의 살균제 첨가는 보편적으로 실시되고 있으며, 종자의 탈종 및 정선과정에서도 다양한 화학물질의 사용이 증가하고 있어 향후 건열처리와 타처리와의 혼용 처리가 확대될 것으로 예상된다. 따라서 이러한 처리에 대한 가능성을 검토하는 것도 중요한 과제로 판단된다.

열처리가 발아율에 미치는 영향

적무 종자의 열수처리에 따른 발아율의 변화를 조사한 결과는 Table 3과 같다. 적무 종자를 다양한 온도의 증류수에

Table 3. Effect of hot water treatment on the germination rate of red radish seeds

Soaking time (sec)	Treatment temp. (°C)	Germination rate (%)	
		No treatment	Treatment
Control		92.8±2.3	94.8±5.1
30	60	94.7±3.1 ^{NS}	96.7±2.3 ^{NS}
	65	92.3±2.1 ^{NS}	94.8±2.9 ^{NS}
	70	87.4±5.3 ^{NS}	89.7±8.2 ^{NS}
	75	76.3±11.4 ^{**}	78.0±5.9 ^{***}
	80	13.2±11.2 ^{***}	24.8±11.0 ^{***}
	90	2.4±1.5 ^{***}	3.7±1.9 ^{***}
F-value (p)		160.869 ^{***}	236.852 ^{***}
60	60	92.8±6.5 ^{NS}	97.3±2.0 ^{NS}
	65	87.3±10.4 ^{NS}	90.6±5.1 ^{NS}
	70	82.0±4.7 ^{NS}	85.2±9.0 ^{NS}
	75	67.3±10.8 ^{***}	68.7±15.5 ^{***}
	80	9.3±5.0 ^{***}	13.5±6.0 ^{***}
	90	0.5±0.7 ^{***}	1.0±0.7 ^{***}
F-value (p)		148.943 ^{***}	163.960 ^{***}
t-value (p)		-0.111	0.484

^{NS, **, ***} significant at $p<0.01$, and $p<0.001$, respectively

에 처리하여 48시간 내의 발아율을 조사하였으며, 발아율 80% 이상으로 품질안정성을 판단하였다.

침지 전 종자의 발아율은 92.8%였고, 증류수에 3시간 침지 후 94.8%로 증가하였다. 70°C에서 30초, 60초간 처리한 종자의 발아율은 각각 87.4%, 82.0%였고, 처리 후 증류수에 3시간 침지시킨 종자의 발아율은 각각 89.7%, 85.2%로 나타나 70°C 이하의 온도에서는 발아율이 대조군과 유의적인 차이를 나타내지 않았다. 열수처리에 따른 발아율의 변화는 처리 전과 후 모두 시간에 따른 유의적인 차이는 보이지 않았으나, 75°C 이상의 온도에서 온도 증가에 따라 유의적으로 감소하는 경향을 나타내었다($p<0.001$). 한편, 열수처리 후 침지시킨 종자에서 발아가 더 촉진되는 것으로 나타났다. 적정조건의 열수처리는 발아율을 증진시키는 결과를 나타내는데 그 이유는 종자의 프라이밍(priming) 효과와 종자에 오염되어 있던 유해 미생물이 제거되기 때문일 것으로 판단된다.

적무 종자의 건열처리에 따른 발아율의 변화를 조사한 결과는 Table 4와 같다. 침지 전 종자의 발아율은 88.0%였고, 증류수에 3시간 침지 후 90.0%로 증가하였다. 70°C에서 5분간 처리시킨 종자의 발아율은 75.0%로 대조군과 유의한 차이를 보였으며($p<0.01$), 80°C 이상의 온도에서도 온도 증가에 따라 유의적으로 감소하는 경향을 나타내었다($p<0.001$). 80°C에서 5분간 건열처리한 후 증류수에 3시간 침지시킨 종자의 발아율은 85.0%로 대조군과 유의적인 차이를 보이지 않았지만, 90°C 이상의 온도에서는 유의적으로 감소하는 경향을 나타내었다($p<0.05$). Alexander와 Walter(10)의 연구에서는 무 종자를 55~62°C에서 2~8분간 열수처리시 95% 이상의 발아율을 나타내었으나, 그 이상의 처리시간에서는 발아율이 감소하였다. 이와 같은 결과는 동일한 작물이더라도 품종과 종자의 건전성 정도에 따라 온도에 대한 반응이 다를 수 있고 처리온도의 편차가 $\pm 1\sim 2$ °C 정도인 것을 감안하면 유사한 결과라고 할 수 있을 것이다. 한편, Park 등(11)의 연구에서는 무 종자를 45~50°C에서 열수처리한 경우 발아율이 증가한 반면, 55°C에서 10분 이상 처리시 발아율이 감소하여 55°C에서 20분간 처리시 대조

Table 4. Effect of dry heat treatment on the germination rate of red radish seeds

Soaking time (min)	Treatment temp. (°C)	Germination rate (%)	
		No soaking	Soaking
Control		88.0±3.5	90.0±4.1
5	70	75.0±4.6 ^{**}	90.2±3.4 ^{NS}
	80	69.7±2.5 ^{***}	85.0±6.2 ^{NS}
	90	67.3±5.3 ^{***}	76.4±5.9 [°]
	100	59.5±4.4 ^{***}	66.0±8.3 ^{***}
F-value (p)		29.065 ^{***}	11.387 ^{***}

^{NS, **, ***} significant at $p<0.05$, $p<0.01$, and $p<0.001$, respectively

군에 비하여 발아율이 약 10% 이상 감소하였다. 본 연구결과와 같이 종자의 적절한 열처리 방법은 새싹종자의 수분흡수를 더욱 가속화시켜 단백질의 수화 및 침윤작용을 촉진시킴으로써 발아율을 증가시켜 생산성의 증대를 초래할 것으로 판단된다.

따라서 새싹채소는 친환경적이며 무농약, 유기농으로 많이 재배가 되고 있어, 종자 살균 및 발아 시 미생물의 증식억제를 위해서는 75°C, 30분 이상의 열처리 방법이 효과적일 것으로 판단된다.

요 약

본 연구는 환경 친화적인 새싹채소류의 고품질화를 위한 경제적이고 효율적인 살균기술을 개발할 목적으로 국내산 적무 종자의 다양한 열처리 방법에 따른 발아율과 미생물 저감효과를 조사하였다. 열수처리는 60, 65, 70, 75, 80, 90°C에서 각각 30, 60초간 실시하였고, 건열처리는 70, 80, 90, 100°C에서 5분간 실시하였다. 열수 처리에 따른 미생물의 제어효과는 시간에 따른 유의적인 차이는 보이지 않았으나, 온도변화에 따른 유의적인 차이를 나타내었다 ($p < 0.001$). 70°C 이상의 온도에서 총세균수는 3 logs 이상의 감소를 보였으며, *L. monocytogenes*는 검출되지 않았다. 건열처리는 온도변화에 따른 유의적인 차이를 나타내었다 ($p < 0.001$). 100°C에서 5분간 처리한 후 총세균과 *L. monocytogenes* 수는 3 logs 이하 감소하였다. 열수처리에 따른 발아율의 변화는 처리 전과 후 모두 시간에 따른 유의적인 차이는 보이지 않았으나, 75°C 이상의 온도에서 온도 증가에 따라 유의적으로 감소하였다 ($p < 0.001$). 한편, 열수 처리 후 침지시킨 종자에서 발아가 더 촉진되는 것으로 나타났다. 건열처리에 따른 발아율은 80°C 이상의 온도에서 온도 증가에 따라 유의적으로 감소하였다 ($p < 0.001$). 건열처리한 후 증류수에 3시간 침지시킨 종자의 발아율은 90°C 이상의 온도에서 유의적으로 감소하였다 ($p < 0.05$). 결론적으로 적절한 열처리는 75°C, 30분 이상의 열수처리하는 방법으로, 적무 새싹채소의 종자의 미생물학적 안전성을 증가시킴과 동시에 발아율을 증가시키는 것으로 판단된다.

감사의 글

본 연구는 농림기술관리센터(ARPC)의 지원에 의해 수행된 연구결과(과제번호:107053-1)로 이에 감사드립니다.

References

1. Fu TD, Stewart KR, Ulasze KJ, Schlessner J, Tort M (2001) Use of spent irrigation water for microbiological analysis of alfalfa sprouts. *J Food Prot*, 64, 802-806
2. 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
3. U.S. FDA (2000) Consumers advised of risks associated with raw sprouts. DHHS. Washington, DC, USA, 9, 99-113
4. Fallik E (2004) Prestorage hot water treatments: immersion, rinsing and brushing. *Postharvest Biol Technol*, 32, 125-134
5. Nega ER, Ulrich SW, Jahn M (2003) Hot water treatment of vegetable seed - an alternative seed treatment method to control seed-borne pathogens in organic farming. *J Plant Dis Protect*, 110, 220-234
6. Nesmith W (2004) Seed treatments for commercial vegetables in Kentucky. Kentucky Univ, fact sheet, PPF5-VG-09
7. Lee JH, Shen SS, Park YJ, Ryu KY, Jee HJ (2007) Evaluation of hot water treatment for disinfection of vegetable seeds for organic farming. *Res Plant Dis*, 13, 157-163
8. Miller SA, Melanie L, Lewis I (2005) Hot water and chlorine treatment of vegetable seeds to eradicate bacterial plant pathogens. Ohio State Univ, extension fact sheet, HYG-3085-05
9. ISTA (1996) Proceedings of the international rules for seed testing. *Seed Sci Technol*, 21, 25-30
10. Alexander W, Walter PH (2005) Efficacy of heat treatment in the reduction 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
11. Park KJ, Lim JH, Kim JH, Jeong JW, Jo JH, Jeong SW (2007) 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

(접수 2014년 2월 12일 수정 2014년 5월 26일 채택 2014년 6월 2일)