

메밀 새싹채소의 주요 내재미생물 분석 및 염소처리에 따른 품질변화

이현희 · 홍석인* · 김동만
한국식품연구원

Microbiological Characterization and Chlorine Treatment of Buckwheat Sprouts

Hyun-Hee Lee, Seok-In Hong*, and Dongman Kim
Korea Food Research Institute

Abstract In order to secure microbiological safety and quality of commercial vegetable sprouts, buckwheat seeds and sprouts were investigated for their microbiological flora and for the effect of chlorine treatment on quality. Microbiological analyses showed that major inherent bacteria including *Enterobacter*, *Sphingomonas*, and *Klebsiella* were found in commercial buckwheat sprouts with a population size ranging from 10^5 to 10^7 CFU/g. In addition, buckwheat seeds had a similar microbial flora to sprouts. Foodborne pathogenic bacteria such as *Escherichia coli* O157:H7, *Staphylococcus aureus*, *Salmonella* Typhimurium, and *Listeria monocytogenes* were not detected in the sprout or in the seed samples. Chlorine treatment with 50-150 ppm sodium hypochlorite noticeably reduced viable bacteria cell counts of the sprouts by about 1 log. However, no significant difference was observed among the different chlorine concentrations. After storage for 7 days at 5°C, the sprouts treated with 100-150 ppm chlorine showed higher sensory scores in visual quality than the others ($p < 0.05$). The results indicated that proper pretreatment, such as dipping in chlorinated water, could confer a beneficial effect on the microbiological safety and visual quality of buckwheat sprouts.

Key words: buckwheat sprout, microbiological safety and quality, chlorinated water, postharvest treatment

서 론

종자의 싹을 틔워 생식하는 문화는 이미 10세기 초반부터 한국, 중국, 일본 등 아시아지역에서 시작되었으나 1990년대 이후 새싹채소의 영양가치가 알려지면서 서구 선진국을 포함한 여러 나라에서 그 관심과 소비가 급격히 증가하고 있다(1). 새싹채소란 발아시킨 종자를 물로만 재배하여 1주일 이내에 수확하는 본잎이 전개되지 않은 미성숙한 채소로, 완전히 성숙한 채소에 비해 비타민, 미네랄 등의 영양소 함량이 20배 이상 함유되어 있고 각종 성인병과 암을 예방할 수 있는 이상적인 well-being 식품으로 알려져 있다. 국내에서는 무, 순무, 알팔파, 셀러드, 로메인 등의 새싹채소가 주로 재배되고 있고 그 생산량은 소비자의 수요에 따라 연평균 24% 정도씩 지속적으로 증가하고 있다(2).

새싹채소류는 재배 중 농약이나 비료를 사용하지 않아 친환경 건강채소로 인식되고 있으나 별도의 미생물 제어관리가 이루어지지 않기 때문에 유통·판매 중 부패가 쉽게 일어나고 식중독 사고 또한 빈번하게 발생하고 있다(3-5). 미국의 질병관리통제센터(CDC) 발표에 따르면 미국 내 식중독 사고는 매년 7억6천만 건이 발생하여 약 5,000명이 사망한다고 하는데(3), 알팔파, 토

끼풀, 다닥냉이, 녹두, 무, 콩 등을 발아시킨 새싹채소를 섭취한 후 *Salmonella*와 *E. coli* O157:H7이 원인인 식중독 사고가 일어 나기도 한다(3,4). 이러한 식중독 사고로 인하여 미국의 식품미생물안전기준자문회의(National Advisory Committee on Microbiological Criteria for Foods)에서는 새싹채소를 안전성에 문제가 있는 특별식품으로 규정하고, 새싹종자에 병원균이나 부패균이 매우 적은 양으로 존재하더라도 적당한 온도와 수분 및 영양분이 제공되는 새싹채소 발아과정 중에서 급격히 증식할 수 있는 가능성을 제시하였다(5). 실제로 Andrew 등(6)과 Jaquette 등(7)의 보고에서도 종자에 *Salmonella*를 접종한 후 배양하였을 때 새싹채소에서 대략 3-5 log까지 생균수가 증가하였고, Stewart 등(8)은 알팔파 종자에 *E. coli* O157:H7을 접종하여 재배했을 때 1-2일 만에 3 log까지 증가하는 것을 확인하였다. 따라서 새싹채소의 식품위생 안전성을 확보하기 위해서는 원료종자의 초기 미생물을 제어하는 것이 중요한 사항이 되었고, 현재 미국 환경청(EPA)에서는 최대 20,000 mg/L 농도의 염소를 새싹채소 재배용 종자 세척에 사용하도록 허용하고 있다(9). 한편 새싹채소의 미생물은 초기 종자 미생물에 의한 오염이 가장 중요하지만 재배과정 중 물이나 공기와 같은 외부환경에서 유입될 가능성도 높기 때문에 재배용수에 살균소독제를 첨가하거나 수확 후 새싹채소를 물리적, 화학적 방법으로 살균 소독하는 것 또한 새싹채소의 위생 안전성을 확보할 수 있는 방법으로 시도되고 있다(5,10,11).

메밀(*Fagopyrum esculentum* Moench)은 오래전부터 식품과 의약품으로 사용되어 온 곡물로 우리나라에서는 가루로 만들어 국수나 떡의 재료로 이용되었고 껍질은 벼갯속을 채워 넣는 재료로 쓰여 왔다. 메밀에는 단백질, 아미노산, 미네랄 등의 성분이

*Corresponding author: Seok-In Hong, Korea Food Research Institute, Seongnam, Gyeonggi 463-746, Korea
Tel: 82-31-780-9053
Fax: 82-31-709-9876
E-mail: sihong@kfri.re.kr, hsikfri@chollian.net
Received March 18, 2009; revised May 13, 2009;
accepted June 15, 2009

풍부하게 들어있고, 특히 혈관의 기능을 개선시켜 부종, 출혈성 질환, 고혈압 등의 혈관계 질환을 예방하는 rutin이 함유되어 있다(12). 메밀 종자를 7일간 발아시킨 메밀 새싹은 그 모양이 숙주나물과 유사하나 더 길고 가늘며 자라난 새싹은 꽃 봉우리처럼 말려있고 고유의 향을 지니고 있다(13). 영양적으로는 아미노산 함량이 종실에 비해 4배 이상 높아 lysine, *r*-amino-*n*-butyric acid(GABA), 황함유 아미노산의 훌륭한 급원식품이 되고 불포화 지방산의 함량이 총 지방산 중 83% 이상 차지하고 있다(12). 특히 rutin 함량이 종자보다 35배나 높아 탄수화물 급원개념으로 이용된 종자보다는 영양적, 약리적인 면에서 더 긍정적으로 평가되고 있다(12,14,15). 그러나 현재까지 메밀 종자나 새싹의 유용성분들이 연구된 것에 비해 건강을 위협할 수 있는 위해 미생물이나 유통 중 상품성에 불이익을 줄 수 있는 부패 미생물에 대한 연구는 이루어진 바가 거의 없다.

이에 본 연구에서는 메밀 종자와 새싹채소에 존재하는 주요 내재미생물을 확인하여 식중독 사고에 대한 잠재적인 위험성을 살펴보고, 일반적으로 신선편이 채소류의 미생물 제어에 널리 사용하고 있는 차아염소산염을 살균소독제 전처리 용액으로 적용하여 수확 후 메밀 새싹채소의 미생물 감균 및 외관품질에 미치는 영향을 살펴보고자 하였다.

재료 및 방법

새싹채소

메밀 새싹은 2007년 7월부터 9월까지 생산한 것으로(ChamhanSak Inc., Paju, Korea), 메밀 종자의 싹을 틔운 후 재배판에 이식한 다음 하루 4시간 간격으로 약 90초간 여과된 지하수를 분무하면서 7일간 재배하였다. 살균소독수로 재배한 시료는 여과된 지하수 대신 약 100 ppm 농도의 차아염소산염 용액을 분무하면서 동일하게 재배하였다. 시료는 실험당일 오전에 수확한 것을 사용하였고 발포 폴리스틸렌(EPS) 상자에 보냉재를 넣고 포장하여 운송한 후 실험에 사용하였다. 메밀 종자는 새싹 재배에 사용한 것과 동일한 것을 시료로 채취하였으며, 동일한 방법으로 생산업체에서 수거한 후 실험에 사용하였다.

차아염소산염 용액 제조

메밀 새싹의 살균소독 처리에 사용할 차아염소산염 용액은 락스(Yuhanclorox Co., Seoul, Korea)를 실험에 필요한 적정 농도로 희석하여 사용하였으며, 이러한 염소용액의 농도는 표준 요오드 환원적정법(16)을 이용하여 측정하였다.

미생물 분석용 배지

메밀 종자와 새싹의 내재미생물을 확인하기 위해 Plate count agar(Merck, Darmstadt, Germany), Chromocult agar(Merck), Sorbitol MacConkey agar(Merck), Baird-Parker medium(Oxoid, Cambridge, UK), Oxford Listeria selective agar(Merck), XLT4 agar(Merck)를 사용하여 증온성 호기세균, 대장균과 *E. coli*, *E. coli* O157:H7, *Staphylococcus aureus*, *Listeria monocytogenes*, *Salmonella* Typhimurium의 생균수를 측정하였고, 각 선택배지에서 목적하는 균체와 다른 성장으로 증식된 colony는 각각을 독립적으로 분리하여 Tryptic soy agar(TSA, Merck)에서 단일 colony로 순수분리 배양하였다.

미생물 생균수 측정 및 동정

메밀 새싹채소에 존재하는 균총을 확인하고 살균소독수 사용

후 균총의 변화를 살펴보기 위해 각 처리구의 미생물 colony를 Vitek® 2 compact(BioMérieux, Inc., Marcy-l'Étoile, France)를 이용하여 생화학적 시험검사를 실시하였다. 여과된 지하수로만 재배한 통상적인 새싹과 약 100 ppm의 차아염소산염용액을 재배수로 하여 키운 새싹 각 30 g씩을 멸균백(Whirl Pak® B01195, Nasco Co., Fort Atkinson, USA)에 무균적으로 채취한 후 0.85% 멸균 식염수 60 mL과 혼합한 다음 균질기(BagMixer® 400, Interscience, Brette, France)로 1분간 분쇄하였다. 이후 선택배지에 10⁰-10⁵의 희석 단계별로 균체액을 0.1 mL씩 분주하여 도말한 다음 36°C에서 48시간 배양하였고, 배지위에 형성된 집락을 계수하여 CFU/g으로 표시하였다. 메밀 종자의 경우 물에 침지하지 않은 무처리구와 100 ppm 차아염소산염용액에 1분간 침지한 염소처리구로 구분하여 메밀 새싹과 동일한 방법으로 미생물을 배양하였다.

각 선택배지에서 균집을 형성한 미생물은 colony의 성장에 따라 구분하여 TSA 배지에서 단일 colony로 배양한 후 0.45% 멸균 식염수에 약 0.55-0.65 McF(McFarland: 0.5 McF는 균체농도 약 10⁸ CFU/mL) 농도가 되도록 현탁하였고, 이 현탁액에 Vitek II ID-GNI 또는 GPI(BioMérieux, Inc.)를 연결한 후 Vitek에서 16 시간 동안 분석하였다. 동정확률(identification probability)로 나타나는 Vitek 분석결과에서 특정균주로 규명될 확률이 낮은 경우 unidentifed, 또는 low discrimination으로 구분되며, 이들은 본 실험결과에 포함시키지 않았다. 미생물 동정은 2회 반복하였으며, 매회 4 plates의 결과를 측정하였다.

메밀 새싹의 수확 후 염소처리

충분히 생장된 메밀 새싹에 존재하는 부패 및 위해 미생물수를 감소시키기 위해 단순여과 지하수로 재배한 메밀 새싹 30 g을 50, 100, 150 ppm의 차아염소산염 용액 500 mL에 1분간 침지한 후, 종이타월로 물기를 제거한 다음 멸균 시료봉투에 밀봉 포장하였다. 염소수처리 시료는 처리 직후와 5°C에서 7일간 저장한 후 새싹의 미생물 생균수를 각각의 선택배지에서 확인하여 CFU/g로 표시하였다. 전체 저장실험 및 미생물 분석은 각기 3회 이상 반복하였으며, 결과는 반복실험의 평균값과 표준편차로 나타내었다.

관능평가

새싹시료의 관능평가는 신선 채소류의 외관품질 평가에 경험이 많고 잘 훈련된 관능평가요원 8-10명을 대상으로 5°C에서 7일간 저장한 메밀 새싹채소의 변색(discoloration), 시듦(wilting), 부패(decay), 외관품질(visual quality) 항목에 대해 9점 척도의 차이 식별 검사를 실시하였다. 이때 변색, 시듦, 부패 항목은 평가점수가 클수록 변화정도가 심한 것을 의미하며, 외관품질 항목은 점수가 낮아질수록 품질이 저하된 것을 의미한다. 관능평가 결과는 통계 프로그램(SAS Institute Inc., Ver. 9.1, Cary, USA)의 ANOVA(Duncan's multiple range test) 분산분석으로 처리하여 평균값의 유의차($p < 0.05$)를 검증하였다.

결과 및 고찰

메밀 종자와 새싹의 내재미생물

새싹채소의 미생물은 종자에서 유래되는 것이 일반적이지만, 새싹 재배용 종자는 다른 곡물과 마찬가지로 환경오염에 노출된 채 경작되면서도 그 이용이 한정적이어서 별도의 수확 후 관리를 받지 않고 있다(5). 따라서 종자에 존재하는 초기 미생물 균총을 규명하여 새싹채소의 잠재적 미생물 위험성을 확인하는 것은 매우 의미 있는 일로 판단된다. 메밀 종자와 새싹에 대해 미

Table 1. Populations (CFU/g)¹⁾ of inherent microorganisms in buckwheat seeds and sprouts with or without chlorine treatment²⁾

Buckwheat Seed			
Control		Chlorine treatment	
Mesophilic bacteria	(1.2±0.1)×10 ⁶	Mesophilic bacteria	(1.4±0.3)×10 ⁶
Coliforms	(7.9±1.4)×10 ⁵	Coliforms	(7.6±1.6)×10 ⁵
<i>Sphingomonas paucimobilis</i>	≈10 ⁴	<i>Pseudomonas oryzihabitans</i>	≈10 ⁴
<i>Pantoea agglomerans</i>	≈10 ⁴	<i>Pantoea spp</i>	≈10 ⁴
<i>Pantoea spp</i>	≈10 ⁴	<i>Kocuria rosea</i>	≈10 ³
<i>Pseudomonas oryzihabitans</i>	≈10 ⁴	<i>Sphingomonas paucimobilis</i>	≈10 ³
<i>Staphylococcus lentus</i>	≈10 ²	<i>Pantoea agglomerans</i>	≈10 ²
<i>Enterobacter cancerogenus</i>	≈10 ¹	<i>Acinetobacter haemolyticus</i>	≈10 ²
<i>Enterobacter cloacae</i>	≈10 ¹	<i>Enterobacter cloacae</i>	≈10 ¹
<i>Streptococcus thoralensis</i>	≈10 ¹	<i>Enterobacter cancerogenus</i>	≈10 ¹
Buckwheat Sprout			
Control		Chlorine treatment	
Mesophilic bacteria	(1.2±0.1)×10 ⁷	Mesophilic bacteria	(5.2±1.1)×10 ⁷
Coliforms	(1.1±0.1)×10 ⁷	Coliforms	(3.6±0.3)×10 ⁷
<i>Enterobacter intermedius</i>	≈10 ⁷	<i>Klebsiella pneumoniae ssp. pneumoniae</i>	≈10 ⁷
<i>Raoultella ornithinolytica</i>	≈10 ⁷	<i>Pantoea spp</i>	≈10 ⁶
<i>Sphingomonas paucimobilis</i>	≈10 ⁶	<i>Sphingomonas paucimobilis</i>	≈10 ⁶
<i>Klebsiella pneumoniae ssp pneumoniae</i>	≈10 ⁶	<i>Enterobacter intermedius</i>	≈10 ⁵
<i>Pseudomonas aeruginosa</i>	≈10 ⁵	<i>Raoultella ornithinolytica</i>	≈10 ²
<i>Enterobacter sakazakii</i>	≈10 ⁵		
<i>Pseudomonas fluorescens</i>	≈10 ⁵		
<i>Enterobacter cloacae</i>	≈10 ⁵		
<i>Kluyvera cryocrescens</i>	≈10 ⁵		
<i>Staphylococcus lentus</i>	≈10 ³		

¹⁾Values represent means and standard deviations of two independent experiments. Four replicates were done in each experiment.

²⁾Buckwheat seed and sprout samples were dipped into the sodium hypochlorite solution of 100 ppm at approximately 15°C for 1 min.

생물 생균수 수준 및 균종을 확인한 결과(Table 1), 메밀 종자의 증온성 호기세균 생균수는 약 (1.2±0.1)×10⁶ CFU/g이고 대장균군은 (7.9±1.4)×10⁵ CFU/g이었으며, 발아 종자를 25-30°C에서 7일간 재배한 메밀 새싹의 경우 각각 (1.2±0.1)×10⁷ CFU/g, (1.1±0.1)×10⁷ CFU/g 수준으로 재배과정 중 1-2 log cycle 정도 생균수가 증가하는 것을 알 수 있었다. 녹두(6,17)의 경우에도 초기 종자의 총균수가 10⁵-10⁷ CFU/g이었지만 2일간 재배한 후 10⁸ CFU/g까지 증식하였고, 알파파(18)의 경우 10⁴ CFU/g의 종자 생균수가 4일간 재배 후 약 10⁸ CFU/g으로 증가하여 대부분 종자에서 새싹채소로 재배되는 동안 약 2-4 log 이상 미생물 생균수가 증가하는 것을 확인할 수 있었다. 따라서 본 연구의 10⁷ CFU/g에 이르는 증온성 호기세균의 생균수는 새싹채소에서 증식할 수 있는 일반적인 총균수 수준과 유사하였다(17). 메밀 종자와 새싹 모두 이전에 보고된 알파파, 콩, 무 새싹의 결과(1,17,19)와 비슷하게 각각의 선택배지 상에서 *E. coli* O157:H7, *Sal. Typhimurium*, *L. monocytogenes*, *S. aureus* 등의 병원균은 검출되지 않았다.

한편 동일한 배지에서 다른 성장으로 증식한 colony의 균종을 분석한 결과(Table 1), Enterobacteriaceae가 대부분의 균종을 이루고 있었다. 구체적으로 메밀 종자에서는 *Sphingomonas paucimobilis*, Enterobacter속의 일종인 *Pantoea agglomerans*와 *Pantoea spp.*, 그리고 *Pseudomonas oryzihabitans*가 약 10⁴ CFU/g 수준, 그 외에 *Staphylococcus lentus*, *Enterobacter cancerogenus*, *Enterobacter cloacae*, *Streptococcus thoralensis* 등은 10¹-10² CFU/g 수준으로 존재하였다. 메밀 새싹에서는 *Raoultella ornithinolytica*,

Enterobacter intermedius, *Sphingomonas paucimobilis*, *Klebsiella pneumoniae ssp. pneumoniae*가 10⁶-10⁷ CFU/g 가량 존재하였고, *Pseudomonas aeruginosa*, *Enterobacter sakazakii*, *Pseudomonas fluorescens*, *Enterobacter cloacae*, *Kluyvera cryocrescens*가 약 10⁵ CFU/g 수준으로 존재하였다. 메밀 종자에서는 전반적으로 장내 세균의 하나인 *P. agglomerans*, *Pantoea spp.*가 우점종이었으며, 균체량이 높지는 않았지만 오물이나 하수, 토양에서 오염되는 *Klebsiella*의 하나인 *E. cloacae*도 검출되었다(20). 특이하게 메밀 종자에서는 메밀 새싹에서 발견되었던 *K. pneumoniae* 균주가 검출되지 않았는데, 이는 다른 우점균주에 가려져 검출이 제대로 되지 않았거나 재배과정 중 용수나 외부환경으로부터 유입되어 메밀 새싹에서 증식한 것으로 여겨진다. 마찬가지로 메밀 새싹에서도 대부분 Enterobacteriaceae가 우점종을 이루고 있었다. Robertson 등(1)도 녹두와 알파파 새싹의 미생물 균종이 *Enterobacter spp.*나 *Klebsiella spp.*임을 보고하였는데, 자연환경에서 항상 존재하는 이들은 특정 상황에서만 질병을 유발하기 때문에 식품위생 지표균주로 간주되지 않는다. 메밀 새싹의 균주는 대부분 원료인 종자로부터 유래된 것으로 판단되며, 실제로 메밀 종자에서 검출된 각 미생물의 생균수는 전반적으로 10⁴ CFU/g 정도로 새싹의 10⁶-10⁷ CFU/g에 비해 낮은 수준이지만 균체 종류는 상당 부분에서 일치하는 것으로 나타났다(Table 1). 그 예로 *S. paucimobilis*, *E. cloacae*, *S. lentus* 등은 메밀 종자와 새싹에서 모두 존재하는 것을 확인할 수 있었다. 그러나 종자에서 검출되지 않은 *K. pneumoniae*와 *E. sakazakii*가 새싹에서 검출되어 일부 병원성 균

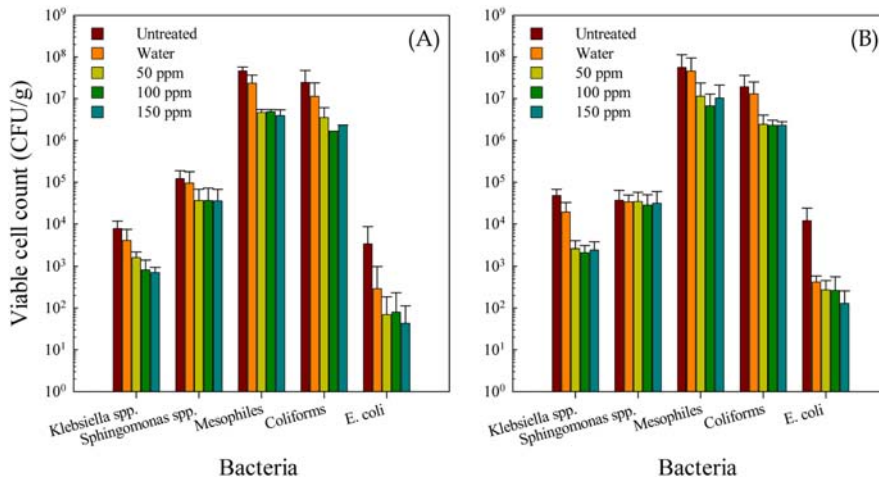


Fig. 1. Effect of chlorine treatments (50-150 ppm for 1 min) on viable cell counts of major inherent microorganisms in buckwheat sprouts. (A) just after chlorine treatment, (B) after 7-day storage at 5°C.

주의 존재가 확인되었다. *K. pneumoniae*는 면역력이 약한 사람에게 폐렴을 일으키고 소 유방염의 원인균으로 알려져 있으며(20,21), *E. sakazakii*는 신생아의 뇌수막염을 유발하는 원인균으로 보고되어 있어(22), 이들 균주로 인해 메밀 새싹채소가 섭취자의 건강에 위협이 될 가능성도 있다고 판단된다.

새싹 재배를 위해 꼭 필요한 적정 온도와 수분은 그 자체가 미생물의 증식을 촉진시키므로 새싹 생육과정에서 식물체에는 영향을 미치지 않으면서도 오염 미생물을 효과적으로 감소시킬 필요가 있다. 이에 초기 미생물 생균수를 감소시키기 위해 100 ppm 차아염소산염 용액에 1분간 침지한 종자와, 살균소독 처리를 하지 않은 종자를 가지고 재배수에 일정량(약 100 ppm)의 차아염소산염을 첨가하여 재배한 메밀 새싹에 대해 미생물 균총을 확인하였다(Table 1). 그 결과, 메밀 종자의 경우 미생물 균총과 생균수는 염소처리 전후가 거의 동일하였고, 메밀 새싹에서도 대조구의 증온성 호기세균과 대장균군 생균수는 모두 10⁷ CFU/g 수준으로 염소수 재배처리구와의 유의적인 차이를 확인할 수 없었다. 그러나 대조구 메밀 새싹에서 10⁵ CFU/g 수준으로 존재하였던 *Pseudomonas* spp., *Enterobacter* spp., *Staphylococcus* spp. 등은 염소수 재배처리구에서 대부분 제거되었다. 결과적으로 신선 식품의 살균소독 용도로 널리 사용되는 100 ppm 수준의 염소수 처리는 메밀 종자의 초기 미생물 제어나 새싹 재배 중 미생물 증식억제에 그다지 효과적이지 못하였다.

새싹채소의 미생물 생균수를 저하시키기 위해서는 원료 종자나 재배단계, 그리고 수확한 새싹채소에 대해 감균처리를 실시할 수 있다(5). 통상적으로 종자의 살균소독 처리는 종자 표면의 틈새나 내부에 존재하는 미생물에게까지 영향을 주지 못하고(23), 재배 중 환경미생물이나 수중미생물의 오염으로 그 효과가 지속되기 힘들다(18). 또한 재배과정 단계 중 재배수나 분무수에 살균소독제를 첨가한 경우에도 그다지 효과적이지 못하다는 것이 밝혀지고 있다. 예로서 Soylemez 등(18)은 알파파 종자 100 g을 200 ppm 염소용액 6 L에 6시간 동안 침지한 후 재배한 결과, 침지 직후에는 염소처리구의 총균수가 단순 수세처리구에 비해 1 log cycle 정도 감소하였지만, 이를 4일간 키운 알파파 새싹에서는 염소처리구와 단순 수세처리구간의 생균수 차이를 볼 수 없었다. 또한 Fett(11)은 20,000 mg/L 농도의 염소수로 세척한 알파파 종자를 일반 물에서 재배하였을 때 새싹채소의 미생물 생균수가 무처리구와 비교하여 전혀 차이 없었으며, 동일한 방법으로 세척한

종자를 가지고 H₂O₂, peroxyacetic acid와 H₂O₂ 혼합제(Tsunami 100™), NaClO₂(Aquatize™), 산성화 NaClO₂, EDTA, Na₃PO₄, NaOCl과 같은 살균소독물질을 첨가한 재배수에서 키웠을 때에도 새싹채소의 미생물 생균수가 무처리구와 차이 없다는 것을 입증하였다. 이와 같이 새싹채소를 재배하는 과정 중에 살균소독수를 처리하는 것이 효과적이지 못한 것은 이미 증식한 미생물들에 의해 자체적으로 만들어진 biofilm이 살균소독제가 접촉하지 못하도록 방어막으로 작용하기 때문으로, biofilm 안에 둘러싸여져 있는 미생물은 부유생물체 형태보다 500배 이상 항균작용에 견딜 수 있는 것으로 알려져 있다(24). 따라서 판매용 새싹채소의 수확 후 감균처리는 종자나 재배과정 단계에서 실시하는 살균소독처리보다 더 중요하며, 유통판매 중 부패균에 의한 품질저하 및 병원균에 의한 식중독 발생에 크게 영향을 미칠 수 있다.

메밀 새싹의 수확 후 염소수처리 효과

일반적으로 새싹채소의 미생물은 종자에서 유래되지만, 외부환경에 노출된 채 적당한 온도가 유지되는 생육재배조건과 새싹 자체의 풍부한 영양분으로 인해 새싹채소의 균총은 종자에 비해 다양해지고 생균수도 높아지게 된다(25). 본 연구에서도 종자에서는 발견되지 않은 균체 종류가 새싹채소에서 검출되거나 잠재적 위해균주의 종류가 더 많은 것을 확인할 수 있었다(Table 1). 따라서 새싹채소의 미생물 안전성을 확보할 수 있는 가장 바람직한 방법은 적절한 살균소독제를 사용하여 수확 후 새싹채소의 생균수를 가급적 낮게 조절하는 것이다. 염소수는 사용이 간편하고 가격이 저렴하여 식품업계에서 가장 널리 사용되고 있는 살균소독 세척제이다(26). 미국의 경우 과일과 채소의 수확 후 미생물 안전성을 유지하기 위하여 통상 50-200 ppm의 농도로 사용하고 있고, 대부분의 증온성 세균을 1-2 log cycles 이상 감균시킨다(27,28). 본 실험에서도 메밀 새싹의 미생물 제어방법으로서 차아염소산염의 농도를 50, 100, 150 ppm으로 구분하여 침지처리하고 5°C에서 7일간 저장한 결과, 50 ppm 이상의 염소처리 직후 무처리 대조구에 비해 약 1 log cycle 이상의 생균수가 감소하였다(Fig. 1). 구체적으로 증온성 호기균의 생균수는 초기 (4.6±1.1)×10⁷ CFU/g에서 50 ppm 이상의 염소수처리로 (4.9-3.9)×10⁶ CFU/g으로 감소하였고 7일간 저장한 후에는 6.7×10⁶-1.2×10⁷ CFU/g으로 다소 증가하였다. 대장균군의 경우에도 초기 (2.5±2.3)×10⁷ CFU/g에서 염소수 처리로 (2.8-3.6)×10⁶ CFU/g으로 감소하였고 저장 7일

Table 2. Sensory characteristics¹⁾ of buckwheat sprouts with chlorine treatments after 7 days storage at 5°C

Treatment ²⁾	Discoloration	Wilting	Decay	Visual quality
Control	4.6 ^{ab}	4.7 ^a	4.5 ^a	4.6 ^b
50 ppm	5.4 ^a	4.6 ^a	4.5 ^a	4.9 ^b
100 ppm	5.5 ^a	4.6 ^a	3.9 ^{ab}	5.4 ^b
150 ppm	4.1 ^b	3.2 ^b	2.8 ^b	6.8 ^a

¹⁾Values are means of eight replicates at least. Means followed by the same letter within cells are not significantly different ($p < 0.05$, Duncan's test). As the value increases from 1 to 9, the intensity of sensory characteristics increases. Samples were scored on a 1-9 scale, where 1=none, 3=slight, 5=moderate, 7=severe, 9=extremely severe, for discoloration, wilting and decay evaluation. Visual quality was scored on a hedonic scale of 9=excellent and 1=unacceptable.

²⁾Buckwheat sprout samples were dipped into sodium hypochlorite solutions of varied concentrations at approximately 15°C for 1 min. Control: tap water dipping alone.

후에도 초기 감소량을 유지하였다. *E. coli*의 경우 염소수처리로 초기 $(3.3 \pm 5.3) \times 10^3$ CFU/g의 생균수가 $(4.3-8.0) \times 10^1$ CFU/g까지 감소하였으며 7일 후에는 모든 처리구에서 초기에 비해 1 log cycle 정도 증가하였다. *Sphingomonas* spp.는 초기 $(1.2 \pm 0.7) \times 10^5$ CFU/g 수준이었으나 모든 염소수 처리구에서는 $(3.5-3.6) \times 10^4$ CFU/g으로 감소하였고 7일 후에도 크게 변하지 않았다. *Klebsiella* spp. 또한 $(7.8 \pm 3.9) \times 10^3$ CFU/g의 초기균수에서 염소수 농도에 비례하여 순차적으로 감소하였으나 7일 저장 후에는 각 처리구의 초기 생균수에 비해 1 log cycle 정도 증가하였다. 전반적으로 염소농도에 따른 미생물 감균 차이를 구분하기는 어려웠으며, 저장 7일 후에도 미생물 생균수의 감소량은 초기와 크게 다르지 않았다. 결과적으로 50 ppm 이상의 염소농도에서 1 log cycle 정도의 생균수 감소를 확인할 수 있었는데, 실제 생산과정에서는 살균소독수를 반복적으로 사용하는 것을 감안하여 유효 염소농도 100 ppm을 유지하는 것이 바람직하다고 판단된다. 또한 수확 후 메밀 새싹채소의 미생물 감균에 효과가 있는 일정 농도의 염소처리가 새싹 외관품질에 영향을 미치는지를 살펴보기 위하여 5°C에서 7일간 저장 후 변색, 시듦, 부패, 외관품질 항목에 대해 관능평가를 실시하였다(Table 2). 그 결과, 150 ppm 염소수 처리구가 변색항목에서 가장 낮은 4.1점을 얻었으며, 시듦, 부패의 항목에서도 다른 처리구에 비해 유의적으로 변화가 적었다. 외관품질의 경우, 평가점수 5.0을 기준으로 상품성의 한계를 가정할 때 100 ppm 처리구에서는 5.4, 150 ppm 처리구에서는 6.8의 높은 점수를 얻었다. 결론적으로 100-150 ppm 이상의 염소처리가 메밀 새싹의 부패 억제 및 외관 품질을 비교적 잘 유지하는 것으로 나타나 메밀 새싹채소의 수확 후 미생물 안전관리와 품질유지에 적합하다고 판단되었다.

요 약

친환경 기능성 채소로서 시장수요가 증가하고 있는 고품질 새싹채소의 수확 후 미생물 안전관리와 품질유지 유통기술을 개발하고자 메밀 새싹의 내재미생물을 검지하고 살균소독제로서 차아염소산나트륨의 적용 농도별 미생물 억제효과를 살펴보았다. 그 결과, 메밀 새싹의 주요 내재미생물 균종은 *Enterobacter*, *Sphingomonas*, *Klebsiella* 등이 대부분으로 10^5-10^7 CFU/g 수준이었으며, 그 종류는 종자 자체의 내재미생물과 유사하였고, *E. coli* O157:H7, *Sal. Typhimurium*, *L. monocytogenes* 등의 병원균은 검출되지 않았다. 50-150 ppm의 차아염소산염 용액으로 처리한 메

밀 새싹의 생균수는 무처리구에 비해 약 1 log cycle 이상 감소하였으나 적용농도에 따른 차이는 유의적이지 않았다. 저온저장 7일 후 관능평가에서 100 ppm 이상의 염소수처리 새싹이 상대적으로 우수하게 평가되어 적정 농도의 염소수처리가 메밀 새싹채소의 미생물 억제 및 외관품질 유지에 긍정적인 효과를 나타내는 것으로 확인되었다.

감사의 글

본 연구는 농림수산식품부 농림기술개발사업의 지원에 의해 이루어진 연구결과물의 일부이며, 이에 감사드립니다.

문 헌

- Robertson LJ, Johannessen GS, Gjerde BK, Loncarevic SL. Microbiological analysis of seed sprouts in Norway. *Int. J. Food Microbiol.* 75: 119-126 (2002)
- Kim YJ, Park HT, Han HS. A study on the production and marketing of sprouts and leaf vegetables. Research Report of Korea Rural Economic Institute (C2006-26), Suwon, Korea. pp. 84-87 (2006)
- Mead PS, Slutsker L, Dietz V. Food related illness and death in the United States. *Emerg. Infect. Dis.* 5: 607-625 (1999)
- Taormina PJ, Beuchat LR, Slutsker L. Infections associated with eating seed sprouts: and international concern. *Emerg. Infect. Dis.* 5: 626-634 (1999)
- NACMCF (National Advisory Committee on Microbiological Criteria for Foods). Microbiological safety evaluations and recommendations on sprouted seeds. *Int. J. Food Microbiol.* 52: 123-153 (1999)
- Andrew WH, Mislivec PB, Wilson CR, Bruce VR, Poelma PL, Gibson R, Trucksess MW, Young K. Microbial hazards associated with bean sprouting. *J. Assoc. Off. Anal. Chem.* 65: 241-248 (1982)
- Jaquette CB, Beuchat LR, Mahon BE. Efficacy of chlorine and heat treatment in killing *Salmonella stanley* inoculated onto alfalfa seeds and storage. *Appl. Environ. Microbiol.* 62: 2212-2215 (1996)
- Stewart D, Reineke K, Ulaszek J, Fu T, Tortorello M. Growth of *Escherichia coli* O157:H7 during sprouting of alfalfa seeds. *Lett. Appl. Microbiol.* 33: 95-99 (2001)
- FDA. Reducing microbial food safety hazards for sprouted seeds. Available from: <http://vm.cfsan.fda.gov/~dms/sprougd1.html>. Accessed on Feb. 8, 2009.
- Taormina PJ, Beuchat LR. 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 (1999)
- Fett WF. Reduction of the native microflora on alfalfa sprouts during propagation by addition of antimicrobial compounds to the irrigation water. *Int. J. Food Microbiol.* 72: 13-18 (2002)
- Kim SL, Kim SK, Park CH. Introduction and nutritional evaluation of buckwheat sprouts as a new vegetable. *Food Res. Int.* 37: 319-327 (2004)
- Lee EY. Studies on biological activities of buckwheat sprout. MS thesis, Gangwon National University, Chuncheon, Korea (2003)
- Lin LY, Peng CC, Yang YL, Peng RY. Optimization of bioactive compounds in buckwheat sprouts and their effect on blood cholesterol in hamsters. *J. Agr. Food Chem.* 56: 1216-1223 (2008)
- Kim YS, Kim JG, Lee YS, Kang JJ. Comparison of the chemical components of buckwheat seed and sprout. *J. Korean Soc. Food Sci. Nutr.* 34: 81-86 (2005)
- APHA. Standard methods for the examination of water and wastewater. 19th ed. 28. Iodometric Method I. American Public Health Association, Washington, DC, USA (1995)
- Spittstoesser DF, Queale DT, Andaloro BW. The microbiology of vegetable sprouts during commercial production. *J. Food Saf.* 5: 79-86 (1983)

18. Soylemez G, Brashears MM, Smith DA, Cuppett SL. Microbial quality of alfalfa seeds and sprouts after chlorine treatment and packaging modifications. *J. Food Sci.* 66: 153-357 (2001)
19. Patterson JE, Woodburn MJ. *Klebsiella* and other bacteria on alfalfa and bean sprouts at the retail level. *J. Food Sci.* 45: 492-495 (1980)
20. Brown C, Seidler RJ. Potential pathogens in the environment: *Klebsiella pneumoniae*, a taxonomic and ecological enigma. *Appl. Microbiol.* 25: 900-904 (1973)
21. Bagley ST, Seidler RJ. Significance of fecal coliform-positive *Klebsiella*. *Appl. Environ. Microbiol.* 33: 1141-1148 (1977)
22. Buedette JH, Santos C. *Enterobacter sakazakii* brain abscess in the neonate: The important of neuroradiologic imaging. *Pediatr. Radiol.* 30: 33-34 (2000)
23. Taormina PJ, Beuchat LR. Comparison of chemical treatment to eliminate enterohemorrhagic *Escherichia coli* O157:H7 on alfalfa seeds. *J. Food Prot.* 62: 318-324 (1999)
24. Costerton JW, Lewandowski Z, Caldwell DE, Korber DR, Lappin-Scott HM. Microbial biofilms. *Annu. Rev. Microbiol.* 49: 711-745 (1995)
25. Kylen AM, McCready RM. Nutrients in seeds, and sprouts of alfalfa, lentils, mung beans and soybeans. *J. Food Sci.* 40: 1008-1009 (1975)
26. Kang KJ. Korean disinfectants/sanitizers for food safety. *Food Sci. Indus.* 38: 99-106 (2005)
27. Suslow T. Postharvest chlorination: Basic properties and key points for effective disinfection. Available from: <http://dancrcs.ucdavis.edu>. Accessed on Feb. 2, 2009.
28. Kim JK. Safety technology for fresh-cut fruits and vegetables. *Food Preserv. Proc. Ind.* 4: 18-25 (2005)