pISSN 1229-1153 *J. Fd Hyg. Safety*
Vol. 27, No. 2, pp. 117~126 (2012)

Journal of Food Hygiene and Safety
Available online at http://www.foodhygiene.or.kr

학교급식에 공급되는 전처리 나물류 및 가공업체에서의 공정별 미생물학적 위해요소 분석

곽수진 · 김수진 · 엔크자갈 라왁사르나이 · 윤기선*
경희대학교 식품영양학과

Analysis of Microbiological Hazards of Preprocessed Namuls in School Food Service and Processing Plant

Soo Jin Kwak, Su Jin Kim, Enkhjargal Lkhagvasarnai, and Ki Sun Yoon*
Dept. of Food & Nutrition, College of Human Ecology, Kyung Hee University
(Received December 13, 2011/Revised January 18, 2012/Accepted March 22, 2012)

ABSTRACT - This study was conducted to assess the levels of microbiological hazards of preprocessed Namuls, which were served at the school foodservice. 19 preprocessed ground or root vegetables were collected from 21 schools in May to June of 2011. Heavy contamination of aerobic plate counts (from 3.39 to 8.42 logCFU/g) and total coliform groups (from 3.16 to 7.84 logCFU/g), *enterobacteriaceaes* (from 2.53 to 7.55 logCFU/g) were detected in preprocessed Namuls. In addition, the detection rates of *Escherichia coli, Staphylococcus aureus* and *Bacillus cereus* (emetic form) were 4.3%, 11.7% and 2.1%, respectively. In addition, sanitary indicative bacterium at preprocessing steps of root vegetables (lotus root, burdock root, bellflower root) and blanched Namuls (bracken, sweet potato vine, chinamul) were analyzed. Aerobic plate counts, coliform groups, and *enterobacteriaceaes* were not effectively removed during preprocessing including washing and soaking steps. In the case of blanched Namuls (bracken, sweet potato vine, chinamul), contamination levels increased more after drying process and no significant reduction effect on the levels of microbial contamination was observed during preprocessing steps. Thus, effect of preprocessing steps on the microbiological hazards in Namuls must be reevaluated to improve the microbiological quality of preprocessed Namuls at the school foodservice and retail markets.

Key words: Microbiological analysis, Preprocessed Namuls, School foodservice, Processing plant

서 론

최근 여성들의 사회진출 증가와 건강에 대한 관심이 급증함에 따라 소비자들의 식품선택에 있어서 편익성과 안전을 고려하는 소비 형태가 증가하게 되었다[1-2]. 조리과정의 편리함과 조리인력 절감, 조리과정 단축을 목적으로 전처리 식품의 이용이 급증하고 있고[4], 그 중 농산물에 속하는 나물류는 최근 웰빙 추세와 건강식품에 대한 관심으로 일반 식품에 비해 빠른 소비추세를 나타내고 있다. 그 중에서도 학교급식과 같은 단체급식업소에서는 간편성과 효율성이라는 장점과 더불어 작업 시간의 감소 및 교차오염을 감소시키는 방안으로 전처리 나물류의 사용이 증가하고 있다[5]. 우리나라 학교급식은 1981년 학교급식법이 제정된 이후 꾸준히 성장하여 2010년에는 전체학교의 11,396개교 중 99.9%의 11,389개교에서 급식이 제공되고 있으며 급식을 제공받는 학생수는 전체학생의 98.8%인 718만명에 이르고 있기 때문에[3] 과거에 비하여 학교급식을 통한 전처리 나물류의 사용량은 점점 증가할 것으로 보인다. 그러나 학교급식의 양적 성장과 함께 식중독 발생건당 환자수가 증가하여 식중독 발생규모가 대형화되고 있고[6], 학교급식에서의 식중독 발생 원인은 조리과정 중의 관리 부재가 자주 지적되어 왔으나 최근에는 식재료의 안전성에 대한 문제가 제기되고 있다[7]. 전처리 농산물은 조리시간의 절약과 간편성이라는 장점을 가지지만 급식업체에서 대용량으로 사용되는 제품이므로 한번의 식중독균 오염으로 대형 식중독 사고를 일으킬 수 있다.

현재 식품산업에서 전처리 농산물 시장의 규모는 3,000

*Correspondence to: Ki-Sun Yoon, Department of Food and Nutrition, College of Human Ecology, Hoeki-dong Dongdaemun-Ku, Kyung Hee University, Seoul 130-701, Korea
Tel: 82-2-961-0264, Fax: 82-2-961-0261
E-mail : ksyoon@khu.ac.kr

억원~1조원 수준으로 추정되고 있고 연평균 10% 이상의 빠른 증가율을 나타내고 있다[8]. 전처리 농산물에 대한 미생물학적 오염도 및 안전성과 관련된 연구로는 대구와 경북지역을 중심으로 학교급식에 공급되는 농산물의 제조, 가공단계별 미생물을 평가한 연구[9], 보육시설과 유치원 급식의 식품 및 환경의 미생물학적 오염도를 평가한 연구[10], 채소류를 중심으로 학교급식에서 공급되는 식재료의 유통단계별 미생물을 평가한 연구[11] 등이 보고되었다. 그러나 현재 전처리 농산물에 대한 법적 기준은 마련되어 있지 않은 상태이고, 특히 대부분의 전처리 나물류 가공업체가 해당 작업장에서 발행할 수 있는 위해요소에 대해 적절히 파악하지 못하고 있고, 위해요소를 감소시킬 수 있는 적절한 공정방법을 확립할 근거가 부족한 실정이다. 따라서 본 연구에서는 학교급식에 공급되는 전처리 나물류 19종에 대한 미생물 모니터링 검사를 실시하고, 전처리 나물류 가공업체에서 외식 및 급식에 가장 많이 공급하는 세척 구근류 (연근, 우엉, 도라지)와 데친 나물류 (고사리, 고구마순, 취나물)의 공정단계를 분석하고 각각의 나물류에 대해 주요한 공정단계별 나물류의 미생물학적 위해요소를 분석하였다. 본 연구 결과는 전처리 나물류에 대한 과학적이고 근본적인 관리의 필요성을 제시하기 위한 근거자료를 제시하고자 하였다.

재료 및 방법

실험재료

본 연구에서는 학교급식에 제공되는 전처리 나물류의 미생물 모니터링 검사를 위하여 2011 5월~6월까지 서울지역을 중심으로 학교급식에 제공되는 전처리 나물류 중 데침나물 13종 (고사리, 머위, 토란대, 고구마줄기, 무시래기, 곤드레, 취나물, 비름나물, 고춧잎, 참나물, 방풍나물, 얼갈이, 깻잎나물), 박피 근채류4종 (도라지, 우엉, 연근, 더덕), 세척 나물 2종 (콩나물, 숙주나물)에 한하여 총 94품목을 수거하여 사용하였다. 전처리 나물류 가공업체에서의 공정별 미생물학적 오염도를 분석하기 위하여 2011년 8월 경기도 지역에 위치한 전처리 농산물전문 가공업체 (A업체)의 전처리 작업시간에 방문하여 작업장에서 생산되는 제품의 공정단계별 샘플을 수거하여 사용하였다. 이들에 대한 위생지표세균 검사 및 식중독균 검사를 통해 미생물 오염도 분석을 실시하였다.

시료 채취 및 전처리

각 시료는 학교급식의 검수 시간 및 가공업체에서 공정이 끝나는 시점에 맞추어 수거하였으며, 아이스박스를 이용하여 샘플 수거 2시간 이내에 실험장소로 운반하여 즉시 실험에 사용하였다. 모든 시료의 전처리는 clean bench에서 무균적으로 처리하여 실험에 사용하였다. 시료 채취에 사용한 핀셋, 가위 등은 모두 고압멸균하여 사용하였으며 멸균 백에 수거하여 운반하였다. 위생지표세균 및 식중독균 분석을 위한 시료 용액은 수거한 시료 25 g을 채취하여 0.1% 멸균 펩톤수 용액 225 ml를 가하여 2분간 stomacher로 균질화시켜 사용하였다.

미생물시험

일반세균, 대장균군, 대장균, 장내세균 분석

채취된 시료에 대하여 위생지표 세균으로 일반세균과 대장균군, 대장균, 장내세균을 2011년 식품공전의 실험법[12]에 준하여 미생물학적 위해분석을 실시하였다. 일반적으로 위생지표세균 중 장내세균과 대장균군 중 한 가지로만 기준을 삼고 있지만 국내의 식품공전에는 대장균군, 선진국에서는 장내세균을 기준으로 제시하고 있으므로 이 둘에 대해 모두 분석하였다[10]. 전처리된 시료 1 ml를 취하여 0.1% 멸균 펩톤수 9 ml를 취하여 10진 희석법으로 단계희석한 후 일반세균과 대장균군, 대장균, 장내세균을 측정하기 위해 plate count agar (PCA, Difco, USA)와 desoxycholate lactose agar (DLA, Difco, USA), 3M petrifilm E.coli/Coliform Count Plate와 3M petrifilm *enterobacteriaceae* Count Plate에 각각 무균적으로 분주한 후 37ºC에서 24시간 배양하여 계수한 콜로니수를 logCFU/g(colony forming unit/g)으로 표시하였다.

Staphylococcus aureus 및 *Bacillus cereus* 분석 및 PCR

S. aureus 및 *B. cereus*의 분석을 위해 수집된 시료는 식품공전[12]에 준하여 실시하였고, 전처리된 시료를 취해 멸균 펩톤수로 10진 희석한 후 각각 baird parker agar (BPA, Acumedia. USA)와 Mannitol-egg yolk-polymyxin agar (MYP agar, Difco, USA)에 분주한 후 *S. aureus*는 37ºC에서 48시간, *B. cereus*는 30ºC에서 24시간 배양하여 계수한 콜로니수를 logCFU/g(colony forming unit/g) 값으로 표시하였다. 공정과정에서 검출된 *B. cereus* 유전인자 확인 동정을 위해 MYP agar에 나타난 집락을 선택하여 DNA를 추출하였다. NB에 전배양 하여 1 ml의 배양액을 eppendorf tube에 취하여 10,000 rpm 10분간 원심분리 하였고, 침전된 pellet을 증류수를 첨가하여 재차 원심분리하여 10분간 가열한 후 다시 12,000 rpm에서 10분간 원심분리하여 상등액을 template DNA로 사용하였다. DNA 추출물 1 μl에 *B. cereus* detection kit (JS-BC050)를 첨가하여 총 부피 25 μl가 되도록 하였다. 초기 변성은 95ºC에서 2분간 수행하였고 95ºC에서 20초, 61ºC에서 20초, 72ºC에서 20초간 반응시켰으며 이 cycle을 30회 반복한 후, final extension 과정을 72ºC에서 2분간 진행하였다. 위 과정은 2720 thermal cycler (Applied Biosystems, USA)를 통해 수행되었다. 증

폭된 PCR 생성물에 loading buffer를 5:1 비율로 넣고 반응산물을 2% agarose gel에 전기영동하여 분리한 후 ethidium bromide (10 mg/ml)로 염색하여 G BOX-chemi (Syngene, USA)를 통해 확인하였다.

통계분석

각 시료에 대한 실험 결과는 SAS program (ver. 9.1, SAS Institute Inc., Cary, NC, USA)을 이용하여 ANOVA 분석을 실시하고, 시료 간의 유의성이 있는 경우 Duncan의 다중범위 검정(Duncan's multiple range test)으로 $p < 0.05$ 수준에서 사후 검증을 실시하였다.

결과 및 고찰

학교급식에 공급되는 전처리 나물류의 미생물학적 위해요소 분석

학교급식에 공급되는 전처리 나물류의 사용횟수는 학교에 따라 차이가 있었지만 일반적으로 월 2~3회 전처리 나물류를 급식 식단에 포함시키는 것으로 나타났고, 전처리 나물류 중 고사리, 도라지, 머위, 우엉 등의 사용 비율이 가장 높은 것으로 확인되었다. 학교급식에 공급되는 전처리 나물류의 위생상태를 조사하기 위해 식품의 안전성과 위생환경을 간접적으로 측정할 수 있는 위생지표 세균으로 일반세균, 대장균군, 대장균, 장내세균을 검사한 결과는 Table 1~4과 같다. 일반세균 오염수준은 평균 6.87 logCFU/g, 범위 3.39~8.42 logCFU/g으로(Table 1), 이는 Seol 등[10]이 보육시설, 유치원 급식에 제공되는 전처리 농산물 식재료의 일반세균 오염도로 보고한 2.39~7.04로(Table 1)과 비슷한 수준으로 나타났다. 일반세균이 7 logCFU/g이상 높게 나타나면 병원성이 없는 세균이라 할지라도 이것이 원인이 되어 다른 식품과의 복합적인 작용 또는 면역기능이 약한 사람에게 식중독을 일으킬 가능성이 있다[13-14]. 본 연구에서 고사리, 도라지, 머위, 무시래기, 콩나물, 곤드레, 숙주의 경우 평균적으로 7 logCFU/g이상의 오염도를 나타내 위생관리가 필요한 것으로 나타났다.

대장균 군 오염수준 분석결과는 Table 2와 같다. 전처리 나물류의 대장균군 오염범위는 3.16~7.84 logCFU/g 으로 평균 6.07 logCFU/g를 나타내었다. 특히 도라지의 경우 단체급식에서 자주 사용하는 채소류의 미생물학적 오염도를 평가한 Kim 등[15]이 보고한 연구에서는 2.20~2.26 logCFU/g 수준을 나타내었고, HACCP 적용 학교급식을 대상으로 음식, 조리기구 및 개인위생에 대한 미생물학적 품질평가를 실시한 Jeon 등[16]의 연구에서는 3 logCFU/g로 보고된 것에 비하여 보다 높은 6.52 logCFU/g의 오염도를 보여 본 연구에서 조사한 나물류의 위생 상태를 개선해야 할 필요성을 보여주었다.

전처리 나물류의 장내세균 오염수준 검사결과는 Table 3과 같다. 전처리 나물류의 장내세균 오염수준 범위는 2.53~7.55 logCFU/g 으로 평균 5.58 logCFU/g 를 나타내 역시 대장균 군과 같이 나물류에서 높은 오염도를 나타내었다. 이는 Abadias 등[17]이 보고한 1.0~6.0 logCFU/g보다 높은 수준으로서, 나물류의 경우 원재료의 위생상태가 그대로

Table 1. Contamination levels of total plate counts in Namuls

Samples	(log CFU/g)		
	Mean	Minimum	Maximum
Bracken	7.29	5.62	8.25
Bellflower root	7.27	6.74	7.99
Butterbur	7.20	5.34	7.96
Burdock root	5.83	4.63	8.21
Torandae	6.62	5.39	7.87
Sweet potato vine	5.34	3.39	7.57
Radish	7.45	6.19	8.42
Bean sprout	7.53	7.26	7.75
Gondre herb	7.75	7.15	8.34
Lotus root	6.74	5.33	7.50
Chinamul	6.20	5.41	7.31
Mung-bean sprout	7.81	7.68	8.02
Bireum namul	6.88	6.16	7.60
Pepper leaves	6.14	4.79	7.49
Pimpinella brachycarpa	6.83	6.78	6.88
Deodeok	6.53	5.69	7.36
Pastinaca sativa	6.49	6.49	6.49
Winter cabbage	5.74	5.74	5.74
Sesame leaf	6.34	6.34	6.34

Table 2. Contamination levels of coliform groups in Namuls

Samples	(log CFU/g)		
	Mean	Minimum	Maximum
Bracken	6.64	3.64	7.67
Bellflower root	6.52	4.59	7.36
Butterbur	6.38	4.47	7.30
Burdock root	5.26	3.75	6.78
Torandae	5.53	4.55	6.48
Sweet potato vine	4.54	3.16	6.82
Radish	6.85	4.89	7.76
Bean sprout	7.00	6.81	7.30
Gondre herb	6.34	4.53	7.84
Lotus root	5.57	4.41	7.14
Chinamul	4.83	4.41	5.65
Mung-bean sprout	7.58	7.41	7.66
Bireum namul	6.18	5.52	6.83
Pepper leaves	5.59	4.57	6.62
Pimpinella brachycarpa	6.14	5.83	6.45
Deodeok	5.86	4.85	6.87
Pastinaca sativa	5.96	5.96	5.96
Winter cabbage	5.09	5.09	5.09
Sesame leaf	5.30	5.30	5.30

전이되어 조리 후에도 미생물의 수치가 높기 때문에[18] 잠재적 위험성이 있다고 볼 수 있다. 전처리 나물류의 대장균 오염수준 검사결과는 Table 4와 같다. 전처리 나물류의 대장균 오염범위는 0~3.62 logCFU/g, 평균 0.13 logCFU/g, 검출율 4.3%(4/94)을 나타내었다. 대장균은 식품위생에서 분변오염의 지표세균으로 식품공전에서는 과채가공품인 샐러드를 음성으로 규정하고 있으나 채소 및 나물류의 원료 자체에 대한 법적인 미생물 규격은 아직까지 제정되어 있지 않다. 그러나 식품공전[12]에서 제시하고 있는 신선편의 식품에서 대장균의 허용량 기준인 1 logCFU/g에 비추어 보았을 때, 대장균이 검출된 고사리, 참나물 등 4개의 전처리 나물류 중 모든 샘플에서 기준량을 초과하여 원재료의 세척 및 탈수 등의 공정과정과 유통과정이 제대로 이루어 지지 않아 교차오염에 간접적으로 노출되었을 것으로 판단된다. 이를 예방하기 위한 공정방법의 개선이 필요하며 전처리 과정 및 유통단계에서의 온도관리가 철저히 이루어져야 할 것으로 사료된다.

Table 3. Contamination levels of *enterobacteriaceae* in Namuls

Samples	(log CFU/g)		
	Mean	Minimum	Maximum
Bracken	6.12	2.86	7.55
Bellflower root	6.06	4.29	6.96
Butterbur	6.05	4.00	6.85
Burdock root	4.40	2.56	6.43
Torandae	4.85	3.77	6.39
Sweet potato vine	3.84	2.53	6.19
Radish	6.71	5.68	7.43
Bean sprout	6.64	6.41	6.95
Gondre herb	5.84	4.11	7.55
Lotus root	5.39	4.37	6.70
Chinamul	4.29	3.21	5.25
Mung-bean sprout	7.23	6.95	7.43
Bireum namul	5.77	4.80	6.74
Pepper leaves	5.38	4.25	6.52
Pimpinella brachycarpa	5.94	5.59	6.30
Deodeok	5.33	4.07	6.59
Pastinaca sativa	5.39	5.39	5.39
Winter cabbage	4.68	4.68	4.68
Sesame leaf	4.69	4.69	4.69

Table 4. Contamination levels of *E.coli* in Namuls

Samples	(log CFU/g)		
	Mean	Minimum	Maximum
Bracken	0.55	2.29	3.62
Bellflower root root	N.D.[1)]	N.D.	N.D.
Butterbur	N.D.	N.D.	N.D.
Burdock root root	N.D.	N.D.	N.D.
Torandae	N.D.	N.D.	N.D.
Sweet potato vine	N.D.	N.D.	N.D.
Radish	N.D.	N.D.	N.D.
Bean sprout	N.D.	N.D.	N.D.
Gondre herb	N.D.	N.D.	N.D.
Lotus root	N.D.	N.D.	N.D.
Chinamul	N.D.	N.D.	N.D.
Mung-bean sprout	N.D.	N.D.	N.D.
Bireum namul	N.D.	N.D.	N.D.
Pepper leaves	N.D.	N.D.	N.D.
Pimpinella brachycarpa	1.53	N.D.	3.05
Deodeok	N.D.	N.D.	N.D.
Pastinaca sativa	N.D.	N.D.	N.D.
Winter cabbage	N.D.	N.D.	N.D.
Sesame leaf	N.D.	N.D.	N.D.

[1)]N.D.: not detected

학교급식에 공급되는 전처리 나물류의 병원성 미생물 분석

학교급식에 제공되는 전처리 나물류를 대상으로 *S. aureus* 및 *B. cereus*에 대한 오염도를 분석한 결과는 Table 5와 같다. *S. aureus*는 전체 시료 중 고사리, 도라지, 머위, 우엉, 고구마줄기, 무시래기, 연근, 취나물, 더덕 등 총 11가지 샘플서 검출되어 검출률 11.7%를 나타내었고, 1.24~3.82 log CFU/g의 오염수준을 나타내었다. 데친나물에서 포도상구균이 검출된 것은 데친 과정이 이 균을 사멸시키기에 부적절했거나 또는 데친 이후에 포장, 보관 온도를 통한 재오염 가능성을 보여준다[18]. *B. cereus*는 토란대와 비름나물에서 각각 4.72 logCFU/g, 2.02 logCFU/g 오염된 것으로 나타나 검출률 2.1%(2/94)로 나타냈다. 전처리 나물류의

Table 5. Detection rates of food borne pathogen in Namuls

Samples	No. of samples	No. of positive samples (%)	
		Staphylococcus aureus	*Bacillus cereus*
Bracken	16	1 (6.3)	N.D. (0)
Bellflower root root	10	2 (20.0)	N.D. (0)
Butterbur	10	1 (10.0)	N.D. (0)
Burdock root root	9	1 (11.1)	N.D. (0)
Torandae	8	N.D.[1)] (0)	1 (12.5)
Sweet potato vine	7	1 (14.3)	N.D. (0)
Radish	6	1 (16.7)	N.D. (0)
Bean sprout	4	N.D. (0)	N.D. (0)
Gondre herb	4	N.D. (0)	N.D. (0)
Lotus root	3	1 (33.3)	N.D. (0)
Chinamul	3	1 (33.3)	N.D. (0)
Mung-bean sprout	3	N.D. (0)	N.D. (0)
Bireum namul	2	N.D. (0)	1 (50.0)
Pepper leaves	2	N.D. (0)	N.D. (0)
Pimpinella brachycarpa	2	N.D. (0)	N.D. (0)
Deodeok	2	2 (100.0)	N.D. (0)
Pastinaca sativa	1	N.D. (0)	N.D. (0)
Winter cabbage	1	N.D. (0)	N.D. (0)
Sesame leaf	1	N.D. (0)	N.D. (0)

[1)]N.D.: not detected

경우 세척, 데침 등의 전처리를 한 후 유통됨에도 불구하고 병원성 미생물에 오염된 것으로 보아 나물원료의 전처리 과정이 개선되어야 하며 보관 및 유통단계에서도 온도관리를 철저히 하여 최종 유통단계에 이르기까지 증식을 방지하고 안전한 전처리 나물류가 보급될 수 있는 방안이 연구되어야 할 것으로 사료된다.

전처리 나물류 가공업체의 가공 공정

A가공업체의 전처리 나물 가공 공정도는 Fig. 1과 2와 같다. 일반 세척과정을 거치는 연근, 우엉, 도라지의 경우 원물을 저장, 선별, 절단, 1차 세척, 2차 세척, 탈수, 진공포장, 금속검출, 포장, 저온저장, 완제품 출시 단계의 과정을 거치는데(Fig. 1) 그 중 미생물 오염 가능성이 있는 원물, 선별, 1차 세척, 2차 세척, 탈수, 포장, 완제품에서의 미생물학적 오염도를 비교분석하였다. 데침 과정을 거치는 고사리, 고구마순, 취나물의 경우 원물을 저장한 후 데침, 침지, 세척, 탈수, 선별, 진공포장, 금속검출, 포장, 저온저장을 거쳐 완제품이 출고되는데(Fig. 2) 그 중 데침, 침지, 세척, 탈수, 완제품에서의 미생물 오염도를 분석하였다. A가공업체에서는 완제품에서의 소독제 잔류 등의 이유로 침지, 세척 등의 과정에서 첨가물이나 소독제를 사용하지

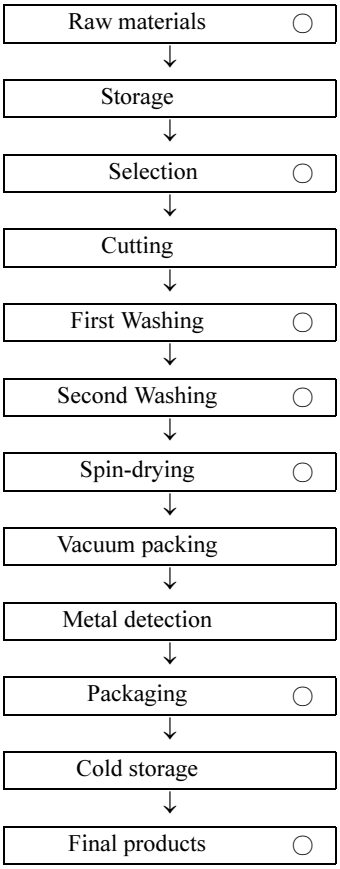


Fig. 1. Flow chart of preparation of washed root Namuls (○ indicates sampling point).

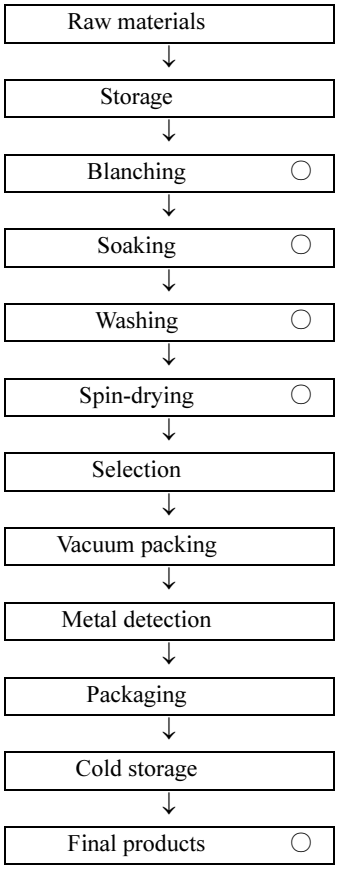


Fig. 2. Flow chart of preparation of blanched Namuls (○ indicates sampling point).

않았고, 버블냉각수(10°C)를 이용하여 세척을 하였다.

전처리 나물류 가공업체에서 세척 구근류의 공정별 미생물학적 오염도 분석

전처리 나물류 A가공업체에서 가장 많이 납품되는 세척 구근류 3종류 (연근, 우엉, 도라지)의 미생물학적 오염도를 조사한 결과는 Fig. 3과 Table 6과 같다. 연근 원물의 일반세균수는 7.16 logCFU/g, 완제품에서의 오염도는 6.88 logCFU/g으로 공정과정에 따른 유의적인 차이가 나타나지 않았고 모든 공정단계과정에서 6 logCFU/g이상의 높은 오염도를 나타내었다. 대장균 군 역시 원물 오염도가 6.76 logCFU/g를 나타내었으나 모든 공정이 끝난 후 완제품에서의 오염도가 6.85 logCFU/g를 보여 공정 전 후의 유의적인 차이를 나타내지 않았다(Fig. 3).

*S. aureus*의 경우 원물에서 2.60 logCFU/g, 선별과정에서 2.94 logCFU/g의 오염도를 보였지만 선별과정 이후의 공정과정에서는 검출되지 않았고, 대장균과 *B. cereus*는 모든 공정과정에서 검출되지 않았다(Table 6). 보육시설 급식에서 제공되는 식품의 미생물 오염도를 평가한 Seol 등의 연구[10]에서 전처리 연근의 미생물학적 오염도는 일반세균 5.60 logCFU/g, 대장균 군 3.88 logCFU/g, 장내세균

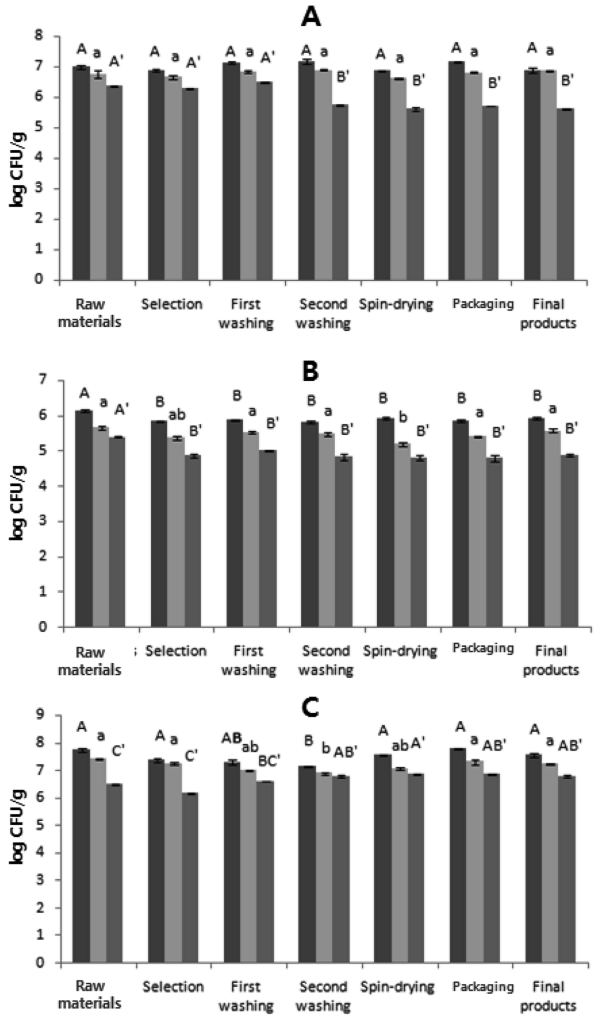


Fig. 3. Microbiological contamination levels of lotus root (A), burdock root (B), bellflower root (C) during preprocessing
■ : Total plate counts, ■ : Coliform groups, ■ : *Enterobacteriaceae*
A~B(a~b, A'~C')Means within bar graphs with different superscripts are significantly different at the $p < 0.05$ level.

5.25 logCFU/g으로 나타난 것과 비교했을 때 보다 본 연구의 시료가 더 높은 오염도를 나타낸 것을 확인할 수 있었고, 또한 장내세균을 제외한 일반세균, 대장균 군에서 공정과정 단계별 유의적인 감소가 나타나지 않은 것을 볼 때 전처리 공정 과정에서 미생물 오염이나 증식을 방지하기 위한 방안이 강구되어야 할 것으로 사료된다. 우엉에서의 공정 과정별 오염도를 살펴보면 일반세균의 경우 원물이 6.16 logCFU/g의 오염도를 나타냈지만 선별 이후 1차 세척에서 완제품까지 6 logCFU/g 이하의 오염도를 나타내 원물에 비하여 유의적으로 감소하였지만 선별과정 이후 완제품까지 공정과정에서의 효과가 나타나지 않았고, 대장균 군의 경우 1차 세척 이후 유의적으로 감소하였지만 탈수과정을 거치고 포장단계에서 다시 대장균 군의 오염도가 원물 수준으로 높게 나타나 공정과정의 개선이 필요한 것으로 나타났다. *S. aureus*는 선별과정에서 2.50 logCFU/g, 탈수과정에서 *B. cereus*가 2.38 logCFU/g 오염되었지만 그 외의 공정과정 및 완제품에서는 검출되지 않았다(Table 6). 현재 A 가공업체에서는 따로 살균 소독제를 사용하지 않고 지하수를 사용하여 bubble기능을 통한 세척 방법을 사용하고 있는데, 쌈채소의 세척방법에 따른 미생물의 제거 효과를 연구한 Oh 등[19] 의 결과를 보면 대장균 군의 경우 세척을 하지 않은 control 그룹에 비하여 Chlorine, Ultra Sonic, Ozone water로 처리한 소독 세척제 그룹은 3 log CFU/g 이상의 감소 효과를 나타냈지만 Tap water로 처리한 그룹은 control 그룹과 유의적인 차이가 나타나지 않았다는 연구결과 등을 볼 때 소독 세척제의 단점을 보완하면서 제품의 품질 안전성을 확보할 수 있는 추가 연구가 필요할 것으로 사료된다.

도라지의 경우 일반세균은 원물에서 7.73 logCFU/g로 높은 오염도를 나타냈지만 1, 2차 세척 과정을 거치며 각각 7.36, 7.31 logCFU/g 로 감소하였다. 그러나 탈수, 내포장하는 과정에서 다시 유의적으로 증가하여 결과적으로 원물과 완제품에서의 유의적인 차이는 나타나지 않았다. 대장균군의 경우 역시 원물에 비해 2차 세척과정에서 유의적으로 감소하였지만 탈수과정에서 유의적으로 증가하여 원물과 비슷한 수준의 오염도를 나타내었으며, 장내세균 역시 원물에서의 6.50 logCFU/g 오염도에 비하여 2차 세척

Table 6. Microbial counts of washed root Namuls at the preprocessing stage

Processing stages	(log CFU/g)								
	Lotus root			Burdock root			Bellflower root		
	E.coli	*S.aureus*	*B.cereus*	*E.coli*	*S.aureus*	*B.cereus*	*E.coli*	*S.aureus*	*B.cereus*
Raw materials	N.D.[1)]	2.60	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	2.68	N.D.
Selection	N.D.	2.94	N.D.	N.D.	2.50	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
First washing	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
Second washing	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
Spin-drying	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	2.38	N.D.	N.D.	N.D.
Packaging	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
Final product	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.

[1)]N.D.: not detected

이후에 유의적으로 증가하여 완제품에서는 6.79 logCFU/g 오염도를 나타내 원물에서보다 유의적으로 높은 오염도를 나타냈다($p < 0.05$)(Fig. 3). 대학급식에서 제공되는 도라지 무침의 미생물학적 위해요소를 분석한 Ryu 등의 연구[18]에서 도라지 전처리 과정에서의 미생물학적 오염도를 살펴보면 검수를 마친 통도라지의 경우 일반세균 6.51 logCFU/g의 오염도를 나타내었고 세척, 설탕물 침지, 탈수과정에서 각각 6.53, 6.30, 6.90 logCFU/g의 오염도를 나타내 전처리 과정에서의 효과가 나타나지 않았고, 대장균 군 역시 검수, 세척 단계에서 3.04 logCFU/g, 침지, 탈수과정에서 1.45, 2.32 logCFU/g의 오염도를 나타내 본 연구에서 보다 낮은 오염도를 나타냈지만 탈수과정에서 오염도가 증가하여 본 연구와 같은 경향을 확인할 수 있었다. 따라서 열처리 과정이 없는 생 채류의 경우 원재료의 위생상태가 매우 중요함은 물론 전처리 과정, 특히 탈수과정에서 위생관리를 할 수 있는 방안이 제시되어야 할 것으로 사료된다.

일반세척과정을 거치는 전처리 농산물의 경향을 살펴보면 Buckalew 등[20]은 조리하지 않은 식품의 안전 기준치로 일반세균 6 logCFU/g, 대장균군수 3 logCFU/g 이하로 제시하였는데 A 가공업체에서 출고되는 연근, 우엉, 도라지의 경우 우엉의 일반세균 오염도를 제외한 모든 시료에서 Buckalew 등[20]이 제시한 안전기준을 초과하는 것으로 조사되었다. 단체급식 생채소에 대한 Kim 등의 연구[21] 에서는 도라지의 오염도가 일반세균 6.96 logCFU/g, 대장균군 5.24 logCFU/g 로 보고되었다. 또한 서울지역 초등학교에 납품되는 원부재료의 미생물학적 오염도를 조사한 Yoo 등의 연구에서[22] 전처리된 도라지의 검수시점의 오염도는 일반세균, 대장균군이 각각 7.71, 6.00 logCFU/g으로 조사되어 Buckalew 등[20]이 제시한 기준을 초과한 것으로 본 연구결과와 같은 결과를 나타내었다. 최근 외식, 급식에서 전처리 구근류에 대한 요구량이 증가하고 일반대형 마트에서도 전처리 구근류의 판매가 이루어지는 것을 고려할 때 연근, 우엉, 도리지와 같은 구근류의 전처리 가공 및 유통단계에서의 미생물 오염이나 증식을 방지하기 위한 방안이 강구되어야 할 것으로 사료된다.

전처리 나물류 가공업체에서 데침 나물류의 공정별 미생물학적 오염도 분석

경기도에 위치한 A가공업체에서 가장 많이 납품되는 데침 나물류 3종류 (고사리, 고구마순, 취나물)의 미생물학적 오염도를 조사한 결과는 Fig. 4와 Table 7과 같다 고사리에서의 일반세균 오염도를 살펴보면 데침 과정 직후의 샘플에서는 3.82 logCFU/g의 낮은 오염도를 나타냈지만 침지과정에서 7.62 logCFU/g로 급증하여 세척, 탈수, 포장하는 과정까지 모두 7.5 logCFU/g이상의 오염도를 나타내어 유의적으로 높은 오염도를 나타내었다($p < 0.05$). 대장균군 역시 데침 과정 이후 2.2 logCFU/g 의 낮은 값을 나타냈지만 침지 이후 6.83 logCFU/g로 증가하여 침지공정 후 유의적으로 증가하는 것으로 보아 침지물에 의한 교차오염에 기인한 것으로 사료된다(Fig. 4). 현재 신선편이 농식품에 대한 연구를 시작한 것은 10년 이내로 아직 기술개발이 부족한 실정이며 산업체의 기술수준, 방법이 업체간에 큰 차이가 있는 실정이다. 전처리 농산물 A 가공업체에서 데침 과정 직후의 공정과정인 침지 과정은 신선편이 원료에 흙이나 이물질 등이 묻어 있는 경우 1차적인 세척 방법으로 자주 사용되는 방법으로, 침지 과정은 정체된 물에 담았다가 꺼내는 방식이기 때문에 물을 교체하지 않고 계속 사용하거나 물 자체의 오염으로 인하여 미생물이 포화되어 세척효과를 나타내지 못하거나 세척시간의 증가로 인한 교차오염이 생길 수 있어 그에 따른 규제가 필요할 것으로 사료된다[23].

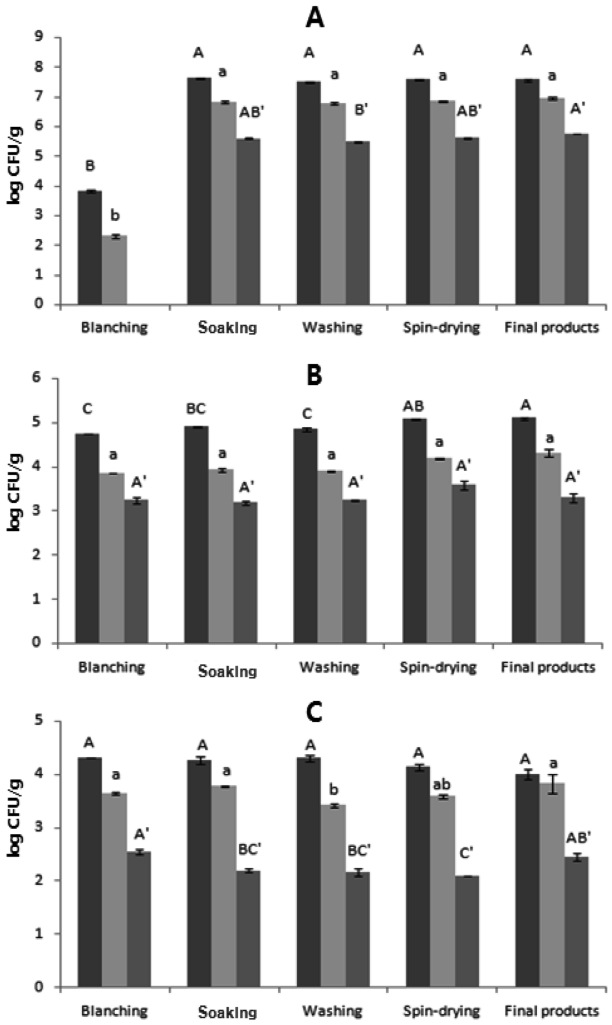


Fig. 4. Microbiological contamination levels of bracken (A), sweet potato vine (B), chinamul (C) during preprocessing
■ : Total plate counts, ■ : Coliform groups, ■ : *Enterobacteriaceae*
A~C(a~b, A'~C')Means within bar graphs with different superscripts are significantly different at the $p < 0.05$ level.

Table 7. Microbial counts of blanched Namuls at the preprocessing stages

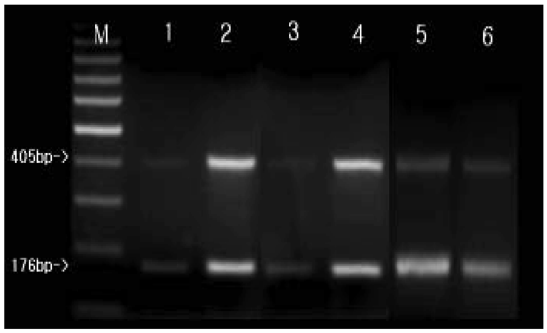
Processing stages	(log CFU/g)								
	Bracken			Sweet potato vine			Chinamul		
	E.coli	*S.aureus*	*B.cereus*	*E.coli*	*S.aureus*	*B.cereus*	*E.coli*	*S.aureus*	*B.cereus*
Blanching	N.D.[1)]	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
Soaking	N.D.	N.D.	2.38	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
Washing	N.D.	N.D.	2.38	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
Spin-drying	N.D.	N.D.	2.94	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	2.50
Final product	N.D.	N.D.	2.85	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.

[1)]N.D.: not detected

병원성 식중독균의 경우 고사리에서 *S. aureus*는 검출되지 않았지만 *B. cereus*의 경우 침지, 세척, 탈수, 완제품에서 3 logCFU/g이하의 오염도를 보였다(Table 7). *B. cereus*의 경우 현재 *B. thuringiensis*와의 구별법이 명확하지 않아 *B. thuringiensis*도 *B. cereus*로 검출되는 경우가 있어 *B. cereus*의 정확한 검출량을 확인하기 어렵다. 따라서 본 연구에서는 *B. cereus*(설사형, 구토형)와 *B. thuringiensis*을 구분할 수 있는 PCR kit와 전기영동을 이용하여 공정과정에서 검출된 *B. cereus*의 유전인자를 확인해 본 결과 *B. cereus* 구토형 유전자인 groEL(176bp)와 ces(405bp)를 타겟으로 한 실험에서 모든 *B. cereus*에서 176bp, 405bp에서 band가 형성되어 본 연구 공정과정에서 나타난 *B. cereus*의 경우 모두 *B. cereus* 구토형임을 확인할 수 있었다(Fig. 5). *B. cereus*의 경우 식중독을 일으키기 위해서는 5 logCFU/g 이상이 필요하다고 알려져 있으나, *B. cereus*는 대표적인 포자형성 균으로서 포자를 형성하면 저온저장, 고온 가열 등에도 파괴되지 않아 원재료의 높은 오염이 공정과정에서 감소되지 않을수도 있으므로 각별한 주의가 필요할 것으로 보인다.

고구마순의 일반세균 오염도는 데침, 침지, 세척 과정을 거치는 과정에서 5 logCFU/g 이하의 오염도를 나타내 공정단계에 따른 유의적인 차이가 나타나지 않았으나 탈수하는 과정에서 오염도가 증가하여 포장과정에서 5.09 log CFU/g를 나타냈다(Fig. 4). Seol 등[10)]의 연구에 따르면 보육시설에서 제공되는 급식의 원료 중 데친 고구마순의 오염도는 일반세균 3.42 logCFU/g, 대장균군 2.95 logCFU/g, 장내세균 3.22 logCFU/g를 나타냈고, 노인회관의 급식시설에 공급되는 고구마순의 미생물학적 위해요소를 분석한 Kim 등의 연구에서는[24)] 고구마순을 데치고 물기를 제거하는 동안 일반세균 4.13 logCFU/g, 대장균군 3.17 logCFU/g만큼 검출되어 본 연구결과보다 낮은 값을 나타냈다. 그러나 검수과정에 비하여 오염도가 일반세균에서 4배, 대장균 군에서 3배 증가한 결과를 보여[24)] 본 연구에서 일반세균이 데침 과정 이후 유의적으로 증가하는 것과 유사한 결과를 보였다. 이러한 결과는 물기를 제거하는 단계에서 탈수기나 조리원의 손이 재료에 직접 닿으면서 교차오염에 의한 것으로 생각되며 그에 따른 해결 방안이 필요할 것으로 보인다. 취나물의 경우 데침, 침지, 세척, 탈수, 포장에 이르는 공정과정 동안 일반세균의 경우 유의적인 차이가 나타나지 않았고, 장내세균의 경우 데침 과정 이후 침지, 세척, 탈수하는 과정에서 유의적으로 낮은 오염도를 나타내었지만 포장하는 과정에서 오염도가 증가하였으나 데침 과정 이후와 비교했을 때 유의적인 차이가 나타나지 않았다(Fig. 4).

또한 대장균, *S. aureus*의 경우 모든 공정과정에서 검출되지 않았고 *B. cereus*의 경우 탈수과정에서 2.50 logCFU/g의 오염도를 보였다(Table 7). 데침 과정이 포함되는 전처리 농산물의 경향을 살펴보면 데침 과정 이후 침지나 탈수, 포장 과정에서 미생물 오염도가 더욱 증가하거나 공정단계의 유의적인 차이가 나타나지 않는 것을 확인할 수 있



line	Target gene		
	cry1	groEL	ces
1	-	+	+
2	-	+	+
3	-	+	+
4	-	+	+
5	-	+	+
6	-	+	+

Fig. 5. PCR assay for detection of *B.cereus* and *B.thuringiensis* in preprocessing Namuls. M:marker (100bp DNA ladder), 1:Bracken (Soaking), 2:Bracken (Washing), 3:Bracken (Spin-drying), 4:Bracken (Final product), 5:Burdock (Spin-drying), 6: Chinamul (Spin-drying).

었다. 전처리 농산물은 제조단계에서 박피 또는 절단 후의 세척 과정은 표면에 부착되어 있는 미생물이나 세포 조직액의 제거를 통하여 가공 이후의 저장 유통과정 중 미생물의 생육과 효소적 산화를 감소시키는 역할을 하므로 공정과정에서의 초기 균수를 낮추는 것은 매우 중요한 역할을 한다[25-26]. 현재 A 가공업체에서 사용하는 데침나물의 공정과정에 따른 미생물 오염도를 살펴보면 데침 과정 이후 침지, 세척 등의 공정과정을 통과함에 따라 미생물이 오히려 증식하는 경향을 나타내어 공정방법의 개선이 필요한 것으로 나타났다. 또한 전처리 나물 공정과정에서 세척제나 소독제를 이용하면 미생물의 증식을 억제시킬 수 있지만 완제품에서의 이취발생, 자연적인 식품을 소비하고자 하는 소비자들의 요구가 많아지는 추세에 따라 A 가공업체에서는 현재 세척제를 이용하지 않은 전처리 공정방법을 사용하고 있었다. 따라서 A 가공업체에서 공정 중 데침 과정은 미생물을 제어하는데 가장 중요한 단계로 데침 과정 이후의 공정과정 및 시간이 길어질수록 교차오염 등에 의하여 미생물 증식이 빠르게 나타날 수 있다. 따라서 현재의 공정방법의 개선책으로 원재료로 사용되는 건나물을 불리는데 이용하는 침지과정을 데침 과정 전에 실시하고 데침 직후 나물의 온도를 낮추기 위하여 냉각수로 세척과정을 거치는 순서로 진행한다면 데침 과정 이후 공정과정이 간소화되어 미생물의 교차오염을 방지할 수 있을 것으로 사료된다. 또한 기존의 공정과정에 비하여 공정과정이 간소화되기 때문에 전처리 과정의 비용 및 시간의 절약이 가능할 것이다.

요 약

본 연구는 학교급식에 유통되는 전처리 나물류의 오염도를 조사하기 위하여 서울지역의 초, 중, 고등학교에 납품되는 전처리 나물류 19가지 종류의 총 94개 샘플을 대상으로 일반세균, 대장균군, 대장균, 장내세균, *S. aureus* 및 *B. cereus*의 미생물 오염도를 분석하였다. 일반세균의 오염수준은 3.39~8.42 logCFU/g, 대장균군의 오염수준은 3.16~7.84 logCFU/g, 대장균 0~3.62 logCFU/g, 장내세균 2.53~7.55 logCFU/g, *S. aureus* 0~3.82 logCFU/g, *B. cereus* 0~4.72 log CFU/g 으로 결론적으로 전처리 나물류의 경우 세척, 데침 등의 전처리를 한 후 유통됨에도 불구하고 공정의 효과가 없이 높은 오염수준을 나타냈다. 6가지 전처리 나물류의 공정과정별 미생물학적 오염도를 확인한 본 연구에서는 나물종류, 균 종류에 따라 차이가 있었지만 침지, 세척과정에서의 미생물 감소 효과가 많이 나타나지 않았고 특히 탈수과정에서 오히려 증가하는 경향을 나타내 세척 공정과정에서의 방법 설정 및 위생관리에 대한 추가 연구가 필요할 것으로 사료된다. 따라서 나물원료의 전처리 과정에 대한 공정방법 및 과정을 재검토하고 보관 및 유통단계에서의 냉장온도 관리를 철저히 하여 최종 유통단계에 이르기까지 안전을 위한 총체적인 위생관리 방안의 수립이 필요할 것으로 사료된다.

감사의 글

본 연구는 농촌진흥청 2011년 용역연구개발사업의 부분 지원에의해 수행된 연구로써(PJ006966) 지원에 감사드립니다.

참고문헌

1. Yoon, A.R., Kim, B.S., Kim, S.H., Kwon, K.H., Cha, H.S. : Quality evaluation and residual pesticides of lettuce during growth after transplanting. *Korean J. Food Preserv*, **14**, 124-130 (2007).
2. Kim, S.J., Sun, S.H., Min, K.J., Yoon, K.S.: Microbiological Hazard Analysis and Verification of Critical Control Point (CCP) in a Fresh-Cut Produce Processing Plant. *J East Asian Soc Dietary Life*, **21**, 392-400 (2011).
3. Ministry of Education, Science and Technology. 2010년도 학교급식 실시현황. Available from http://www.mest.go.kr/newsearch/search.jsp (2011).
4. Yun, H.J., Chang, H.J.: Effectiveness of the Preprocessed Foods on Productivity and Satisfaction in School Foodservices. *J. Korean Diet. Assoc.*, **15**, 262-277 (2009).
5. Lee, M.J.: A feasibility study of using preprocessed and fresh-cut vegetables for school foodservices in GyeongGi province. *MS Thesis* Dankook University. Seoul. pp. 5-6.
6. Park, S.H., Lim, Y.H.: A Study on the Sanitary Management of School Foodservice Operations in Daejeon and Chungnam. *Korean J Community Nutr.*, **10**, 234-243 (2005).
7. Lee, K.M., Ryu, K.: Field assessment of sanitation management for school foodservice suppliers in the Seoul area. *Korean J. Food Cookery Sci.*, **23**, 650-663 (2007).
8. National Institute of Horticultural and Herbal Science, Rural development administration. Understanding of Fresh-cut. (2007).
9. Kim, Y.H., Ryu, K., Lee, Y.K.: Microbiological Safety During Processing of Food Ingredients Supplied to Elementary School Food Services in Daegu and Gyeongbuk Provinces. *J Korean Diet Assoc*, **13**, 152-167 (2009).
10. Seol, H.R., Park, H.S., Park, K.H., Park, A.K., Ryu, K.: Microbiological Evaluation of Foods and Kitchen Environments in Childcare Center and Kindergarten Foodservice Operations. *J Korean Soc Food Sci Nutr.*, **38**, 252-260 (2009).
11. Kim, Y.H., Jun, S.Y., Ryu, K., Lee, Y.K.: Microbiological Quality and Safety During Delivery of Food Ingredients Supplied to Elementary Schools. *Korean J. Food Preserv.*, **17**, 586-594 (2010).
12. Korean Food and Drug Administration. Food Code, KFDA, Seoul (2011).
13. Seo, K.Y., Lee, M.J., Yeon, J.H., Kim, I.J., Ha, J.H., Ha, S.D.: Microbiological Contamination Levels of in Salad and

Side Dishes Distributed in Markets. *J. Fd Hyg. Safety*, **21**, 263-268 (2006).
14. Hajime, S.: Increase in host resistance by lactic acid bacteria. 9th International academic symposium-lactic acid bacteria and health. *Korean Public Health Association*, pp. 31-48 (1995).
15. Kim, S.H., Chung, S.Y.: Effect of Pre-preparation with Vinegar against Microorganisms on Vegetables in Foodservice Operations. *J Korean Soc Food Sci Nutr*, **32**, 230-237 (2003).
16. Jeon, I.K., Lee, Y.K.: Verification of the HACCP System in school Foodservice Operations -Focus on the Microbiological Quality of Foods in Non-Heating Process-. *J Korean Soc Food Sci Nutr*, **33**, 1154-1161 (2004).
17. Abadias, M., Usall, J., Anguera, M., Solsona, C., Vinas, I.: Microbiological quality of fresh, minimally-processed fruit and vegetables, and sprouts from retail establishments. *Int J Food Microbiol.,* **123**, 121-129 (2008).
18. Ryu, K.: Safety Management of Food Commodity in Foodservice Operations. *J Food Sci Nutr,* **11**, 30-34 (2006)**.**
19. Oh, S.Y., Choi, S.T., Kim, J.G., Lim, C.I.: Removal Effects of Washing Treatments on Pesticide Residues and Microorganisms in Leafy Vegetables. *Kor. J. Hort. Sci. Technol*. **23**, 250-255 (2005).
20. Buckalew, J.J., Schaffer, D.W., Solberg, M.: Surface sanitation and microbiological food quality of a university foodservice operation. *J of Foodservice Systems.* **9**, 25-35 (1996).
21. Kim, H.Y., Cha, J.M.: A study for the quality vegetable dishes without heat treatment in foodservice establishments. *Korean J Soc Food Cookery sci*. **18**, 309-318 (2002).
22. Yoo, W.C., Park, H.K., Kim, K.L.: Microbiological hazard analysis for prepared foods and raw materials of foodservice operation. *Korean J Dietary Culture.* **15**, 123-137 (2000).
23. 김지강 (2007) 신선편이(fresh-cut) 농식품 산업 및 품질관리.
24. Kim, H.Y., Park, J.H.: Microbiological Hazard Analysis for Seasoned Sweet Potato Stems in a Free Meal service Operation for the Elderly in Sungnam. *Korean J. Food Cookery Sci*. **23**, 378-387 (2007).
25. Hong, S.I., Jo, M.N., Kim, D.N.: Quality attributes of fresh-cut green onions as affected by rinsing and packaging. *Korean J. Food Sci. Technol.,* **32**, 659-667 (2000).
26. Kim, Y.H., Jun, S.Y., Ryu, K., Lee, Y.K.: Microbiological Quality and Safety During Delivery of Food Ingredients Supplied to Elementary Schools. *Korean J. Food Preserv.* **17**, 586-594 (2010).