

농산물우수관리제도(GAP system) 적용을 위한 깻잎의 수확 후 관리시설(APC)에 대한 미생물학적 안전성 평가

김경열 · 남민지 · 이효원 · 심원보¹ · 윤요한² · 김세리³ · 김두호³ · 류재기³ · 홍무기³ · 유오종⁴ · 정덕화*
경상대학교 응용생명과학부 (BK 21 program), ¹경상대학교 농업생명과학연구원, ²한국원자력연구원 방사선과학연구소
방사선식품생명공학연구소, ³농촌진흥청 국립농업과학원 농산물안전성부, ⁴농촌진흥청 농자재관리과

Microbiological Safety Assessment of a Perilla Leaf Postharvest Facility for Application of a Good Agricultural Practices (GAP) System

Kyeongyeol Kim, Minji Nam, Hyowon Lee, Won-Bo Shim¹, Yohan Yoon², Se-Ri Kim³, Doo-Ho Kim³,
Jae-Gee Ryu³, Moo-Ki Hong³, Oh-Jong You⁴, and Duck-Hwa Chung*

Division of Applied Life Science (BK 21 program), Graduate School, Institute of Agriculture and Life Science,
Gyeongsang National University

¹Institute of Agriculture and Life Science, Gyeongsang National University

²Team for Radiation Food Science and Biotechnology, Advanced Radiation Technology Institute,
Korea Atomic Energy Research Institute

³Microbial Safety Division, National Academy of Agricultural Science, Rural Development Administration

⁴Agromaterial Management Division, National Academy of Agricultural Science, Rural Development Administration

Abstract This study identified risk factors of cross-contamination of foodborne pathogens and established a good agricultural practice (GAP) system for an agricultural products processing center (APC) for perilla leaves. All samples were collected before and after a standard work shift at the APC, while perilla leaves were also collected after each step in the APC. In addition, the workers and their surroundings were sampled by swabbing. The total plate count (TPC) and coliform count in the water samples increased significantly ($p < 0.05$) to 3.36 and 1.73 log CFU/mL after work, respectively. However, no *Escherichia coli* and *Listeria monocytogenes* were detected. The bacterial populations of the workers and their surroundings did not differ significantly ($p \geq 0.05$) before and after work. However, *Staphylococcus aureus* (< 1.66 log CFU) was detected at a high rate (13-50%) in the basket, packing table, gloves and cloth. Although perilla leaves passed through the washing steps, the TPC and coliform bacterial populations on the final products were higher ($p \geq 0.05$) than those of unwashed perilla leaves, which indicates that the washing system was not functioning properly. Accordingly, a GAP system with a better washing system should be employed at this facility.

Key words: good agricultural practices, agricultural products processing center, perilla leaf, safety

서 론

엽채류인 깻잎은 대부분 가열하지 않고 바로 섭취할 수 있는 신선편이채소류(ready-to-eat vegetable)로, 인체에 필요한 비타민 및 미네랄 등의 영양소를 공급할 뿐만 아니라 식이섬유도 풍부하여 인체의 세포재생 및 혈액순환을 원활하게 하는 효능이 높아 소비율도 지속적으로 증가하고 있다(1). 국내의 경우 최근 대형마트, 기업형 외식시장 및 단체급식시장을 중심으로 신선채소류가 대량으로 소비되고 있으며, 외국의 경우도 1990년대 초부터 미국, 영국 및 프랑스 등을 중심으로 그 시장이 폭발적으로 성장하고 있다(2).

식생활의 가치관이 변함에 따라 깻잎과 같은 엽채류의 지속적인 공급 및 안전성이 확보된 고품질의 농산물 생산이 요구되고 있다. 따라서 깻잎의 원활한 공급을 위해 향상된 재배기술뿐만 아니라 선도유지, 유통기간 연장, 조직연화 방지, 갈변방지, 안전성향상 등 수확 후 관리가 중요하게 취급되고, 특히 미생물의 안전성 확보가 무엇보다도 필요한 실정이다(3).

일반적으로 깻잎의 내부는 무균상태이지만 표면은 토양, 물 및 사람들과의 접촉으로부터 오염된 미생물과 식물체 본래의 미생물 등에 의해 깻잎이 변질될 수도 있으며, 미생물로 오염된 깻잎을 섭취 시 식중독을 일으킬 위험이 있어 살균 및 제거과정이 절대적으로 필요하다(4). 실제로 정부는 안전한 농산물을 생산하기 위한 방안으로 유기농산물 생산, 친환경 농산물 생산 및 생산이력제 등과 같은 정책들을 적용하는 등의 많은 노력을 기울여 왔지만(5), 이 제도들은 농산물로부터 화학적, 물리적 위해요인을 감소시키는 것에 역점을 둔 반면, 생물학적 위해요인의 관리는 배제된 관리제도들이다(6). 해외에서는 오래전부터 유기농법 및 재래농법으로 생산한 농작물의 생물학적 위해성과 잔류 농약 분포 등을 조사하여 소비자들에게 정보를 제공하고 있으나, 우리나라

*Corresponding author: Duck-Hwa Chung, Division of Applied Life Science, Graduate School of Gyeongsang National University, Jinju, Gyeongnam 660-701, Korea
Tel: 82-55-751-5480
Fax: 82-55-757-5485
E-mail: dhchung@gnu.ac.kr
Received March 31, 2009; revised May 2, 2009;
accepted June 3, 2009

라의 경우는 농약 및 중금속의 오염정도에 대한 연구만이 활발히 이루어져 오고 있을 뿐 생산단계에서 최종 소비단계까지의 생물학적 위해요소에 대한 체계적인 연구는 거의 이루어지지 않고 있는 실정이다(7,8).

미국의 경우 신선채소류와 샐러드에서 *Escherichia coli* O157:H7, *Samonella*, *Listeria monocytogenes* 등과 같은 병원성 미생물에 의해 오염된 사례와 식중독 유발 등이 빈번히 보고되고 있으나(9,10), 국내의 경우 다행히 신선편이채소류에 의한 식중독 발생 사례는 아직까지 발표된 바는 없는 실정이다. 하지만 2003년과 2004년에는 과채류 및 그 가공품과 즉석 샐러드에서 각각 식중독 발생과 황색포도상구균의 검출 등이 보고되었다(11). 이러한 연구보고는 병원성 식중독 세균에 의한 식중독발생의 잠재성을 뒷받침할 수 있는 근거자료가 된다. 그러므로 병원성 미생물에 의한 식중독발생 위험을 효율적으로 관리 및 제어할 수 있는 종합적인 안전시스템의 확립이 요구되고 있는 실정이다.

최근 화학적 위해요소 뿐만 아니라 생물학적 위해요소를 관리하고자 하는 농산물우수관리제도(good agricultural practices; GAP)가 소개되어 보급되고 있다. GAP란 농산물의 생산에서부터 수확 후 포장·유통단계까지 농약, 중금속, 미생물 등 농식품위해요소를 관리하는 제도이며, 농식품의 안전성을 보장하기 위한 측면에서 생산단계의 관리뿐만 아니라 수확된 농산물의 선별, 포장과정 역시 위생적인 관리가 매우 중요하다(12). 그러므로 정부는 안전한 농산물 생산을 위한 제도로 GAP를 도입하고자 노력하고 있으며, 이를 위해 농산물의 공동선별·포장·규격·출하·가공·판매 등에 필요한 시설과 이와 관련된 시설을 갖춘 사업장을 의미하는 농산물산지유통센터(agricultural products processing center; APC)를 갖추도록 권장하고 있다(13). 하지만 기존의 APC 시설은 농산물의 단순한 저장과 포장의 목적으로 설치되어 미생물학적인 안전성의 확보가 어려운 실정이다. 그러므로 원료 입고에서부터 출하단계까지 HACCP system의 위생적인 개념이 기초가 된 새로운 GAP system이 개발되어야 할 필요가 있다.

따라서 본 연구는 갯잎을 생산하는 APC 시설에 GAP system을 적용하고자 각 공정을 작업 전·후로 분류하여 갯잎, 세척수,

작업자 및 작업환경 그리고 공중낙하균을 대상으로 미생물학적 위해분석을 실시하였고, 미생물학적 위해요소를 포함하는 새로운 개념의 GAP system방안제시를 하고자 한다.

재료 및 방법

APC 지정시설선정과 처리공정

본 연구를 위하여 2008년 8월부터 9월사이 갯잎 APC 1곳을 선정하였으며, 선정된 APC시설의 처리공정은 Fig. 1에서 보는 바와 같다. 먼저 각 농가에서 생산된 갯잎은 APC로 운송되어 플라스틱 재질의 세척용 용기에 투입된 후 1차, 1차분무, 2차(오존; 농도-0.5 ppm, 침지시간-90초), 2차분무 및 3차 세척공정과 탈수공정을 거쳐 4-10°C의 예냉공정으로 이동하여 24시간 저장 후 내포장 및 박스포장으로 출하하거나 저온저장고에 저장된다.

시료채취 및 전처리

미생물학적평가를 위해 사용된 시료는 처리공정별 세척용수, 작업자의 개인위생 및 작업장환경, 각 공정별로 처리된 갯잎 그리고 공중낙하균 등 4가지 항목을 대상으로 작업 전(오전 8시)·후(오후 6시)로 구분하여 총 120개의 시료를 채취하였다(Table 1). 원재료인 갯잎은 입고·보관되어 세척, 탈수, 예냉, 저온저장 및 포장공정 등 각 공정별로 멸균된 샘플팩을 이용하여 15장씩 채취하였으며, 작업자의 개인위생(장갑, 작업복) 및 작업장환경(세척용 바구니, 문손잡이, 포장대, 포장지)은 표면검체의 형태에 따라 채취 가능한 면적 또는 10×10 cm의 면적대로 Swab kit(3M e-swab, 3M China Ltd., Shanghai, China)를 사용하여 swabbing 하였다. 또한 멸균채수병을 이용하여 모래를 거르는 필터장치를 지나 자기처리활수 장치 등 정화과정을 거친 지하수로부터 갯잎 세척에 사용되는 원수·세척수[1차, 2차(오존), 3차], 1·2차세척 후 갯잎에 분무되는 분무액 용수를 각각 2 L씩 채수하였다. 채취된 모든 시료는 얼음을 채운 시료보관용 아이스박스에 담아 실험실로 운반하여 4시간 이내에 실험을 실시하였다. 수집된 시료는 clean bench에서 무균적으로 분석하였으며, 미생물학적 평가

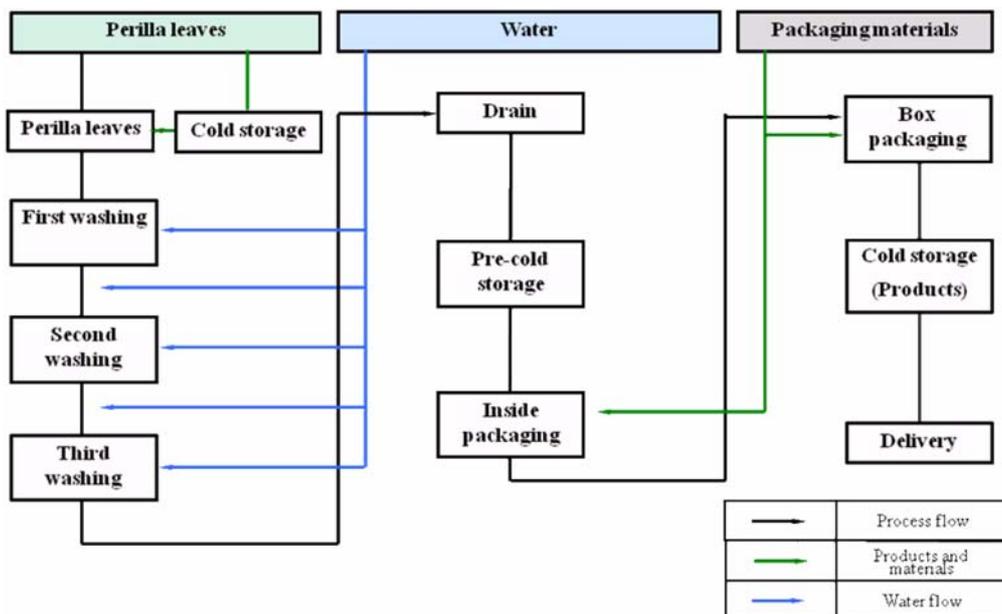


Fig. 1. Flow diagram of working process in agricultural products processing center of perilla leaves.

를 위한 전처리 과정은 다음과 같다. 각 공정별로 수집된 수질은 별다른 전처리과정 없이 원액을 사용하였으며, 작업자 개인위생 및 작업장환경은 swab법에 의해 채취된 시료를 30초간 강하게 진탕한 후 본 실험에 사용하였다. 그리고 깨끗은 stomacher pack에 5장씩 넣고 멸균된 0.85% 생리식염수 50 mL을 취하여 혼합하고 균질화시켜 분석에 사용하였다.

위생지표세균의 측정

깨끗이 APC의 작업장 전반적인 미생물학적 위해평가를 위하여 위생지표세균인 일반세균, 대장균군 및 *Escherichia coli*(*E. coli*)를 측정하였다. 먼저 일반세균과 대장균군의 측정방법(14,15)은 전처리된 시료 1 mL 취하여 9 mL 멸균 0.85% 생리식염수를 이용하여 10진 희석법으로 희석한 후 각 희석농도에서 1 mL를 2개의 petridish에 접종하였다. 그 후 일반세균수 측정을 위해서는 plate count agar (PCA, Difco, Becton Dickinson and Company, Sparks, MD, USA)를, 대장균군수 측정을 위해서는 desoxycholate lactose agar (DLA, Difco)를 각각 15 mL 정도 petridish에 분주하고 시료와 배지를 잘 혼합하여 균한 다음 37°C에서 48시간 배양한 후 일반세균은 흰색 콜로니, 대장균군은 붉은색 콜로니를 계수하였다.

E. coli 군수는 희석된 시료 0.1 및 1 mL를 eosin methylene blue agar(EMB, Difco)에 도말하여 측정하였으며, 제조사에서 제공된 메뉴얼에서 전형적인 집락으로 제시한 청색의 콜로니를 다시 AIP 20E(bioMérieuxSA, Marcy l'Étoile, France)를 이용하여 확인하였다. 모든 위생지표세균의 결과는 Log₁₀ CFU값으로 환산하여 나타내었다.

병원성 미생물 측정

병원성 미생물 검사는 주요한 식중독균인 *E. coli* O157, *Listeria monocytogenes*, *Staphylococcus aureus* 및 *Bacillus cereus*를 대상으로 다음과 같이 실시하였다. 전처리된 시료 1 mL를 취해 멸균

된 생리식염수를 이용하여 10진 희석법으로 희석한 후 각각 0.1 mL씩을 취하여 MacConkey sorbitol agar(MSA, Difco; *E. coli* O157), listeria selective agar(Oxford, Cambridge, UK; *L. monocytogenes*), baird-parker agar(BPA, Difco; *S. aureus*), mannitol-egg yolk-polymyxin agar(MYP, Difco; *B. cereus*)에 도말하여 37°C에서 48시간 배양하였다. 배양한 후 제조사의 메뉴얼에서 제시한 특정 집락을 대상으로 생화학적 시험을 위해 다음과 같은 kit를 이용하여 *E. coli* O157(Microgen *E. coli* O157, Microgen Bioproduct Ltd., Camberecy, UK), *S. aureus*(API Staph, bioMérieux), *B. cereus* (API 50CHB, bioMérieux) 그리고 *L. monocytogenes*(API Listeria, bioMérieux)를 확인 후 집락을 계수하여 병원성 미생물을 측정하였다. 그리고 세균수는 Log₁₀ CFU값으로 환산하여 나타내었다.

공중낙하균 측정

공기에 의한 깨끗의 교차오염 여부를 판단하기 위하여 공중낙하균을 위생지표세균인 일반세균, 대장균군, 대장균과 병원성 미생물을 대상으로 측정하였다. APC 공정 중 세척된 깨끗의 포장작업이 이루어지는 포장대에서 각 해당균의 배지 뚜껑을 열고 15분간 방치한 후 배지의 뚜껑을 닫고 parafilm으로 밀봉하여 37°C에서 48시간 배양하였다. 일반세균, 대장균군 및 *E. coli* 와 병원성 미생물의 분석은 앞서 위생지표세균과 병원성 미생물 측정에서 실시한 방법과 동일하게 실시하였으며, 세균수는 log₁₀ CFU값으로 환산하여 나타내었다.

통계적 분석

모든 미생물 실험결과는 유의차 검증을 위하여 SAS version 9.1(SAS Institute Inc., Cary, NC, USA) 프로그램으로 Mixed Model Procedure를 사용하여 통계 분석을 실시하였다. 시료 및 작업장에 대한 평균(Least Squared Mean)간 유의차는 Pairwise *t*-test를 이용하여 alpha=0.05의 수준에서 검증하였다.

Table 1. Collected samples and the number of samples used for microbiological analysis

Sample	Step	Sampling method	The number of samples	
			Before work	After work
Water	Before washing	Sterilized plastic bottle	4	4
	First washing	Sterilized plastic bottle	4	4
	Second washing	Sterilized plastic bottle	4	4
	Third washing	Sterilized plastic bottle	4	4
	Spray	Sterilized plastic bottle	4	4
Workers' hygiene and surroundings	Basket	Swabbing	4	4
	Door knob	Swabbing	4	4
	Packaging table	Swabbing	4	4
	Wrapping bag	Swabbing	4	4
	Glove	Swabbing	4	4
	Cloth	Swabbing	4	4
Airborne	Working hall	-	4	4
Perilla leaves	Before washing	Sterilized sample bag		4
	After first washing	Sterilized sample bag		4
	After second washing	Sterilized sample bag		4
	After third washing	Sterilized sample bag		4
	After drain	Sterilized sample bag		4
	After packaging	Sterilized sample bag		4
Total				120

Table 2. Bacterial populations of sanitary indication and pathogenic bacteria in samples obtained from washing water

Washing	Time	Microbial counts in washing water (mean±standard deviation; Log CFU/mL)						
		Sanitary indication bacteria			Pathogenic bacteria			
		TPC	Coliform	<i>E. coli</i>	<i>E. coli</i> O157	<i>S. aureus</i>	<i>B. cereus</i>	<i>L. monocytogenes</i>
Before washing	Before work	1.74±0.32 ^{ab}	0.29±0.19 ^b	ND ¹⁾	ND	ND ^b	ND ^b	ND
	After work	1.03±0.03 ^b	ND ^c	ND	ND	ND ^b	ND ^b	ND
First washing	Before work	2.63±1.16 ^{ab}	0.85±0.10 ^{ab}	ND	ND	0.08±0.15 ^a	ND ^b	ND
	After work	3.36±0.23 ^a	1.73±0.28 ^{ab}	ND	ND	ND ^b	ND ^b	ND
Second washing	Before work	0.91±0.01 ^b	ND ^c	ND	ND	ND ^b	ND ^b	ND
	After work	3.19±0.04 ^a	1.34±0.27 ^{ab}	ND	ND	ND ^b	ND ^b	ND
Third washing	Before work	2.26±0.15 ^{ab}	0.68±0.25 ^{ab}	ND	ND	0.04±0.08 ^a	ND ^b	ND
	After work	3.01±0.00 ^a	1.72±0.25 ^a	ND	ND	ND ^b	ND ^b	ND
Spray	Before work	2.97±0.74 ^{ab}	1.86±0.17 ^a	ND	ND	0.08±0.15 ^a	0.15±0.00 ^a	ND
	After work	2.06±0.04 ^{ab}	1.11±0.07 ^{ab}	ND	ND	ND ^b	0.08±0.15 ^{ab}	ND

¹⁾ND: Not detected (Detection limit: <1 CFU/mL)

^{a-c}Means within the same column with different superscripts are different ($p < 0.05$)

결과 및 고찰

세척용수의 분석

깻잎 APC의 각 공정별 세척용수에 대하여 작업 전·후로 구분하여 미생물 오염정도를 분석한 결과, Table 2에서 보는 바와 같이 위생지표세균인 일반세균수는 작업 전·후로 각각 0.91-2.97과 1.03-3.36 log CFU/mL 수준으로 검출되었으며, 1차·2차·3차 세척공정에서의 작업 후는 작업 전에 비해 오염율이 유의적으로 증가한 것을 확인할 수 있었다($p < 0.05$). 또한 작업시작 전부터 1차·3차 세척수는 2.26 log CFU/mL 이상으로, 분무기는 2.97 log CFU/mL 정도로 오염되어 있어 세척수의 관리 소홀이 그 원인인 것으로 생각되었다. 특히 살균력이 높은 오존을 사용하는 2차 세척공정의 경우 작업 전에 비해 작업 후의 오염율이 유의적으로 증가된 것으로 보아($p < 0.05$) 깻잎에 부착되어 있던 미생물이 오존에 의해 분리된 것으로 생각되며, 오염된 세척수에 의한 깻잎의 교차오염을 방지하기 위해서는 주기적인 세척수의 살균·소독 및 교체가 필요한 것으로 판단된다. Rangarajan 등(16)에 의하면 농식품은 오염된 원수나 세척수에 의해서 병원성 미생물의 교차오염 가능성이 높기 때문에 적절한 소독 및 살균 과정을 통해서 그 위험을 줄이도록 권장하고 있다.

대장균군의 측정 결과 또한 세척작업의 시작 전 보다는 작업 후에 그 오염율이 증가하는 것을 관찰할 수 있었으며($p < 0.05$), 작업 후의 원수와 작업 전의 2차 세척수를 제외한 모든 시료에서 1.86 log CFU/mL 이하의 수준으로 검출되었다. 특히 공정상 2차 세척공정 뒤의 분무기 세척에 사용되는 분무액은 대장균군이 1.86 log CFU/mL 정도로 검출되어 관리 소홀시 선행된 세척효과가 무의미해질 뿐만 아니라 교차오염의 가능성이 높아 철저한 사전관리가 요구된다. 반면 병원성 미생물의 경우 *S. aureus*와 *B. cereus*만이 1·2차 세척수 및 분무기 용수에서 약 0.15 log CFU/mL 이하의 낮은 수준으로 검출되었고, 그 외 위생지표세균인 *E. coli*와 병원성 미생물인 *E. coli* O157과 *L. monocytogenes*는 검출한계 이하로 검출되어 병원성 미생물의 위험정도는 비교적 양호한 것으로 판단된다.

이러한 연구결과에서 알 수 있듯이 신선편이채소류의 APC에서 주된 오염원 중의 하나가 오염된 용수의 접촉인 것으로 확인되었으며, 세척과정 중 교차오염을 방지하기 위해서는 양질의 세

척용수를 사용하고, 정기적으로 용수의 미생물 검사를 실시해야 될 것으로 판단된다. 그리고 각 공정별로 사용되는 세척용수를 대상으로 적절한 사용방법과 교체주기를 설정하고, 세척조나 물탱크 용수가 직접적으로 접촉하는 부분을 주기적으로 세척과 소독을 실시함으로써 교차오염을 방지할 수 있을 것이다.

작업자 및 작업장의 위생상태 분석

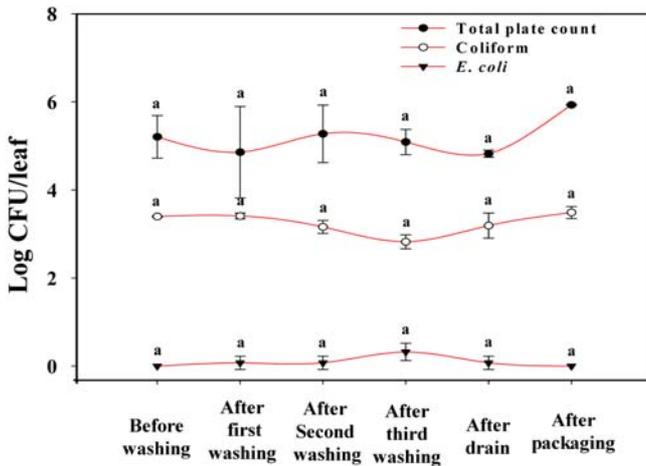
APC 시설에서의 작업자 및 작업장환경에 대한 미생물 분석 결과, 깻잎에 직접적으로 접촉하는 빈도가 높은 세척용 바구니, 포장대 및 작업복에서 일반세균, 대장균군, *S. aureus* 및 *B. cereus*는 작업 전·후로 오염율의 유의적 차이가 나타나지 않았다($p \geq 0.05$)(Table 3). 하지만 작업자 장갑의 경우, 일반세균이 작업 전·후에 있어 평균 3.31와 4.29 log CFU/100 cm² 수준으로 검출되었다. Harrigan과 MacCance 등(17)과 Kim 등(18)이 제시한 작업에 사용되는 기구 및 기기에 대하여 안전성이 확보될 수 있는 수준(200 cm²당 1000 CFU 미만)에 비해 비교적 높은 수준으로 검출되었으며, *S. aureus*는 작업 전·후에 있어 평균 1.25-1.37 log CFU/100 cm² 수준으로 검출되어 개인위생 불량에 의한 교차오염이 우려된다. 선정된 APC에서는 세척된 깻잎의 포장과정이 모두 수작업으로 이루어지고, 전날 사용했던 장갑을 세척이나 살균과정이 없이 연속적으로 착용하였으며, 포장과정 중 작업자의 마스크와 위생모의 착용상태가 불량한 것으로 확인되었다. 실제로 미국 FDA(19)는 과일과 채소류의 섭취로 발생한 식중독 사례의 경우, 대부분이 분변계 미생물이 원인이었고, 그 주요한 오염경로가 사업장의 종사자들인 것으로 나타나 수확 후 처리과정에서 미생물의 교차오염을 줄이기 위해서는 작업자의 위생교육과 훈련이 중요한 것으로 확인되었다. 따라서 주기적인 위생교육과 훈련을 통해서 작업자의 위생개념을 향상시키고, 세수용 비누, 종이타월 및 건조대 등이 갖춰진 위생시설을 마련함으로써 작업 전·후로 올바른 손씻기 등 작업습관 개선이 이루어져야 할 것이다. 또한 작업자가 사용하는 장갑, 위생모 및 마스크 등은 되도록 일회용을 사용하는 것이 교차오염을 줄일 수 있지만, 여의치 않을 경우 작업에 이용되는 기기, 기구 및 사용된 장갑 등의 세척·소독 주기 및 방법과 교체주기를 설정하는 등 올바른 관리방안 등이 모색되어야 할 것으로 판단된다.

Table 3. Bacterial populations of sanitary indication and pathogenic bacteria in samples (per 100, door knob or hand) obtained from workers hygiene and surroundings

Sample	Time	Microbial counts in workers hygiene and surroundings (mean±standard deviation; Log CFU/100 cm ²)						
		Sanitary indication bacteria			Pathogenic bacteria			
		TPC	Coliform	<i>E. coli</i>	<i>E. coli</i> O157	<i>S. aureus</i>	<i>B. cereus</i>	<i>L. monocytogenes</i>
Basket	Before work	2.56±1.95 ^b	1.19±0.24 ^{ab}	ND ¹⁾	ND	ND ^b	1.25±0.50 ^a	ND
	After work	2.94±0.14 ^{ab}	ND ^b	ND	ND	1.08±0.15 ^a	ND ^b	ND
Door knob	Before work	3.57±0.03 ^{ab}	ND ^b	ND	ND	ND ^b	ND ^b	ND
	After work	2.55±0.06 ^b	ND ^b	ND	ND	ND ^b	ND ^b	ND
Packaging table	Before work	2.63±2.13 ^{ab}	2.04±0.37 ^{ab}	ND	ND	ND ^b	ND ^b	ND
	After work	3.59±0.40 ^{ab}	2.30±0.15 ^a	ND	ND	1.21±0.42 ^a	ND ^b	ND
Wrapping bag	Before work	1.63±0.90 ^b	1.16±0.08 ^b	ND	ND	ND ^b	ND ^b	ND
	After work	1.02±0.02 ^b	1.12±0.24 ^b	ND	ND	ND ^b	ND ^b	ND
Glove	Before work	3.31±1.94 ^{ab}	1.61±0.14 ^{ab}	ND	ND	1.25±0.35 ^a	ND ^b	ND
	After work	4.29±0.16 ^a	2.06±0.46 ^{ab}	ND	ND	1.37±0.04 ^a	ND ^b	ND
Cloth	Before work	2.34±1.78 ^{ab}	1.37±0.19 ^{ab}	ND	ND	1.19±0.39 ^a	1.19±0.39 ^a	ND
	After work	2.45±0.02 ^{ab}	ND ^b	ND	ND	1.37±0.11 ^a	ND ^b	ND

¹⁾ND: Not detected (Detection limit: 1 Log CFU/100 cm²)

^{a,b}Means within the same column with different superscripts are different ($p < 0.05$)

**Fig. 2. Bacterial populations of sanitary indication bacteria in samples (per leaf) obtained from perilla leaves of each process.**

^aMeans within the same line with same superscript is not different ($p > 0.05$)

공정별 깻잎의 분석

수확된 깻잎의 각 처리공정별 미생물 오염도를 분석한 결과 Fig. 2에서 보는 바와 같이, 일반세균과 대장균군은 원재료에서 3 차례의 세척과정과 포장단계에 이르기까지 각각 4.82-5.93과 2.82-3.49 log CFU/leaf 수준으로 분리되었으며, 유의적인 큰 차이를 보이지 않아 전체적으로 세척효과가 낮은 것으로 나타났다($p > 0.05$). 세척 전 깻잎의 초기균수는 일반세균과 대장균군이 각각 5.21과 3.40 log CFU/leaf 수준으로 Yu 등(20)의 결과보다 1-3 log CFU/leaf 정도 더 높은 수준으로 오염되어 있는 것을 확인할 수 있었다. 특히 2차 세척공정은 살균력이 높은 오존에 의해 세척과정이 이루어졌지만, 일반세균수는 높은 수준으로 검출되어 오존수의 부적절한 처리조건이나 오염된 세척수에 의해 교차오염이 발생한 것으로 판단된다. Kim 등(21)에 의하면 오존처리의 살균효과가 알려지면서 국내에서도 과일, 채소 저장고 등에 오존발생장치

를 설치하는 사례가 늘고 있지만, 오존의 적정농도를 조절하는 기술과 사용기술의 미흡으로 때로는 만족스런 효과를 얻지 못하는 사례가 있어 본 깻잎 APC에서의 오존 세척 효율성을 향상시키기 위해 기술교육이 필요하다고 생각된다.

그리고 포장과정을 마친 최종제품에서도 일반세균과 대장균군이 각각 5.93과 3.49 log CFU/leaf 수준으로 비교적 높은 오염도를 나타내어 탈수와 포장공정에서 탈수기의 적절한 작동조건과 작업자의 개인위생 등의 철저한 관리가 필요하다. 특히 깻잎은 잎표면이 거칠어 물기와 미생물이 쉽게 제거가 되지 않아 표면에 부착된 세균이 적정온도와 습도에 의해서 증식하게 되면 깻잎이 변질되거나 섭취시 질병을 일으킬 수 있어 잎에 남아있는 물기를 제거하는 과정이 필수적이다. Hong 등(3)과 Park 등(22)은 400 rpm에서 30초간의 탈수과정으로 일반세균은 64.94%, 대장균군은 100%, 잎에 붙어 있는 이물질의 경우는 74.84%를 제거하는 등의 효과를 나타낸 것으로 비취볼 때, 깻잎의 안전성을 확보하고 품질을 보전하기 위해서는 적절한 탈수과정이 이루어져야 할 것으로 판단된다.

병원성 미생물의 경우 Table 4에서 보는 바와 같이 *S. aureus*와 *B. cereus*만이 1.19 log CFU/leaf 정도의 낮은 수준으로 오염되어 있었으며, 세척과 탈수공정을 거치면서 최종 제품에서 검출한계(1.00 log CFU/leaf) 이하로 검출되어 병원성 미생물에 대해서는 안전한 것으로 나타났다. 한편 그 외 위생지표세균인 *E. coli*와 병원성 미생물인 *E. coli* O157과 *L. monocytogenes*는 검출한계 이하로 검출되었지만, 병원성 미생물은 비록 적은 양이라도 증식되면 식중독의 위험성이 높기 때문에 더욱 철저한 관리가 요구된다.

공중낙하균 검색

APC 시설의 작업장 내 공중낙하균에 대한 미생물학적 검사 결과, 일반세균(0.5-1.48 log CFU/plate)을 제외한 모든 세균에서 음성으로 나타나 작업장내 공기정화가 올바르게 이루어지고 있는 것으로 확인되었다. 비록 본 연구에서는 공중낙하균이 거의 검출되지 않았지만, 공기 중 미생물이 언제든지 최종제품에 영향을

Table 4. Bacterial populations of pathogenic bacteria in samples (per leaf) obtained from perilla leaves of each process

Step	Microbial counts in leaves of each process (mean ± standard deviation; Log CFU/leaf)			
	<i>E. coli</i> O157	<i>S. aureus</i>	<i>B. cereus</i>	<i>L. monocytogenes</i>
Before washing	ND ¹⁾	1.12±0.24 ^a	1.19±0.39 ^a	ND
After first washing	ND	ND ^b	ND ^b	ND
After second washing	ND	ND ^b	1.08±0.15 ^a	ND
After third washing	ND	ND ^b	ND ^b	ND
After drain	ND	ND ^b	ND ^b	ND
After packaging	ND	ND ^b	ND ^b	ND

¹⁾ND: Not detected (Detection limit: 1 Log CFU/leaf)

^{a,b}Means within the same column with different superscripts are different ($p < 0.05$)

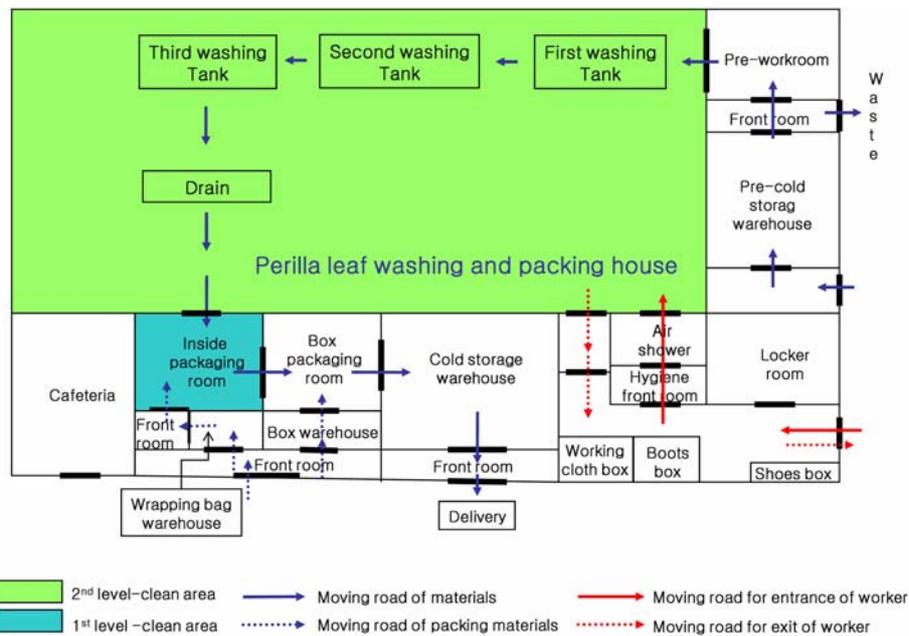


Fig. 3. A suggested plane figure in agricultural products processing center of perilla leaves.

미칠 수 있는 가능성이 있으므로 작업장내 공기정화 장치는 적절하게 사용되어야 하며, 여과필터의 교체는 올바른 시기에 이루어져야 할 것이다. 또한 작업장 구석의 먼지나 포장대의 오래된 찌꺼기 등은 작업 시 작업자들의 움직임에 다시 부유하여 제품으로 교차오염 될 수 있으므로 주변청소 또한 항상 깨끗하여야 할 것이다. Lee(23)의 연구에 의하면, 토마토 선별장 6곳을 대상으로 공중낙하균에 대하여 분석한 결과 일반세균과 *S. aureus*가 2.0 log CFU/plate 이상으로 높게 검출되어 공중낙하균의 교차오염을 방지하기 위한 노력이 필요한 것으로 생각된다.

새로운 개념의 GAP system 방안 제시

앞서 선행된 미생물학적 위해분석 결과를 통해 APC시설에서 처리되는 갯잎이 위생지표세균과 병원성 미생물에 의해서 오염될 수 있는 가능성을 확인하였다. 따라서 안전한 갯잎을 생산하기 위해 생물학적 위해요소 관리가 포함되고 HACCP system원리를 바탕으로한 새로운 개념의 GAP system 방안을 제시하고자 한다. 먼저 선별작업장은 단순한 저장과 포장의 목적으로 설치된 기존의 APC 시설과 달리 교차오염을 방지하기 위해 Fig. 3과 같이 공정흐름도에 따라 작업장을 청결구역(내포장실), 준청결구역(1·2·3차 세척공정과 탈수공정) 및 일반구역(그외 작업장 공간과 부대시설)으로 분리하고 갯잎의 특성과 공정에 따라

구획 또는 구분을 해야 된다. 이렇게 분리된 각 구역에 대하여 작업자 및 원·부재료의 이동동선을 설정하고, 청결구역은 양압, 준청결구역은 음압으로 설정하여 오염된 공기에 의한 청결구역으로의 교차오염을 사전에 차단해야 한다. 또한 오염된 용수에 의한 교차오염을 방지하기 위해 용수의 흐름을 준청결구역인 갯잎의 선별작업장에서 일반구역으로 흐르도록 해야 한다. 이와같은 작업장의 선행요건이 갖추어지면 갯잎의 안전성을 확보하기 위하여 GAP 탐구성, 제품설명서 등 예비단계인 3절차와 위해요소분석, CCP 결정단계 등 본 단계인 7원칙을 포함한 총 10절차의 GAP plan을 반드시 설정하여 운영해야 된다. 이처럼 미생물학적 위해요소 관리가 포함된 APC 시설이 설치·운영되고 제시된 새로운 개념의 GAP system이 적용된다면 보다 안전성이 확보된 갯잎을 생산할 수 있을 것으로 판단된다.

요 약

갯잎을 생산하는 APC 시설을 대상으로 GAP system을 도입하기 위해서 각 공정별 용수 및 세척수, 작업자 및 작업장 환경, 각 공정별 갯잎 그리고 공중낙하균을 대상으로 미생물학적 위해분석을 실시하였다. *E. coli*, *E. coli* O157 그리고 *L. monocytogenes*를 제외한 위생지표세균(일반세균과 대장균군)과 병원성 미생

물(*B. cereus*와 *S. aureus*)이 세척수, 작업자 장갑 및 작업복 그리고 포장대 등 대부분의 항목에서 비교적 높은 수준으로 검출되었다. 특히 직접적인 교차오염의 위험이 있는 세척수와 작업자 장갑의 경우, 일반세균수는 각각 0.91-3.36과 3.31-4.29 log CFU/(mL, 100 cm²), 대장균군은 0.00-1.86과 1.16-2.06 log CFU/(mL, 100 cm²)의 비교적 높은 수준으로 검출되었다. 또한 입고된 원재료에서 포장공정에 이르기까지 깻잎에서 일반세균과 대장균군이 각각 4.82-5.93과 2.82-3.49 log CFU/leaf 수준으로 분리되어 유의적인 세척효과는 없는 것으로 나타나($p \geq 0.05$) 식중독 사고를 방지하기 위해 더욱 향상된 세척공정이 절실히 요구된다. 이와 같이 현재 APC 시설은 미생물학적 안전성을 확보하기보다는 선별 및 저장의 기능에만 초점을 맞춰 운영되기 때문에 위생적인 개념이 포함된 새로운 개념의 관리체계가 필요한 실정이다. 따라서 신선하고 안전성이 확보된 깻잎을 생산·공급하기 위해 사전 예방적 안전체제인 HACCP system을 기초로 한 GAP system을 제시함으로써 미생물학적 위해요소 관리가 도입된 새로운 개념의 농식품의 안전관리체도를 제시하였다.

감사의 글

본 연구는 2008년 농촌진흥청에서 시행한 현안기술연구사업(농식품 품목별 안전관리 GAP 실천모델개발)에 의해 이루어졌으며, 김경열과 남민지는 교육과학기술부 BK21프로그램의 장학금을 수혜 받았다.

문헌

- Cho JI, Kim KS, Bahk GJ, Ha SD. Microbial assessment of wild cabbage and its control. *Korean J. Food Sci. Technol.* 36: 162-167 (2004)
- Kim DM, Hong SI. The present condition and expansive course. *Korean J. Food Preserv.* 3: 18-22 (2004)
- Hong SG, Park HM, Cho KM, Chang DI. Development of a washing, sterilization, dehydrating system for leaf vegetables. *J. Biosystems Eng.* 32: 408-415 (2007)
- Park HK, Kim SB. Microbial reduction of fresh vegetables by treatment of sanitizing reagent. *Korean J. Food Nutr.* 17: 436-441 (2004)
- Kim SY. Implementation of GAP and its implications for food labeling and certification policies. *Agric. Life Sci.* 38: 21-32 (2004)
- Chung DH. Application of good agricultural practices (GAP) of vegetables and their safety. *Korean J. Hort. Sci. Technol.* 25: 42 (2007)
- Ponce AG, Roura SI, del Valle CE, Fritz R. Characterization of native microbial populations on Swiss chard (*Beta vulgaris*, type cicla). *Food Sci. Technol.* 36: 183-188 (2003)
- La Torre A, Leandri A, Lolletti D. Comparison of health status between organic and conventional products. *Commun. Agric. Appl. Biol. Sci.* 70: 351-363 (2005)
- Hedberg CW, Angulo FG, White KE, Langkop CW, Schell WI, Stobierski MG, Schuchat A, Besser JM, Dietrich S, Helsen L, Griffin PM, McFarland JW, Osterhorn MT. The Investigation Team. Outbreaks of salmonellosis associated with eating uncooked tomatoes: Implications for public Health. *Epidemiol. Infect.* 122: 385-393 (1999)
- Beuchat LR, Harris LR, Linda J, Ward TE, Kajs TM. Development of a proposed standard method for assessing the efficacy of fresh produce sanitizers. *J. Food Protect.* 64: 1103-1109 (2001)
- KFDA. Korea Food & Drug Administration. <http://www.kfda.co.kr>. Accessed Oct. 25 (2004)
- Lee YM, Kang JI, Hwang GC. Necessity of introducing the GAP system and future policy direction. *J. Agric. Life Sci.* 39: 15-30 (2005)
- Lee YH, Choi DS, Choi SR, Oh SS. Survey on a case of commercialization of APC for apple and pear. *J. Biosystems Eng.* 12: 211-216 (2007)
- Mpuchane S, Gashe BA. Prevalence of coliforms in traditionally dried leafy vegetables sold in open markets and food stores in Gaborone, Botswana. *J. Food Protect.* 59: 28-30 (1996)
- Mukherjee A, Speh D, Dyck E, Diez-Gonzalez F. Preharvest evaluation of coliforms, *Escherichia coli*, *Salmonella*, and *Escherichia coli* O157:H7 in organic and conventional produce grown by Minnesota farmers. *J. Food Protect.* 67: 894-900 (2004)
- Rangarajan A, Bihn EA, Pritts MP, Gravani RB. Food safety begins on the farm: Postharvest Handling. Cornell university, Ithaca, New York, USA. pp. 1-3 (2008)
- Harrigan WF, McCance ME. Laboratory method in food and dairy microbiology. Academic Press Inc. Ltd. New York, USA (1976)
- Kim SR, Shim WB, Park SJ, Ha SW, Yoon HS, Ha SD, Kim KS, Lee KH, Kim MG, Kim KY, Lim CH, Chung DW. Investigation of the level of microbial contamination in the environment for juice production. *Korean J. Food Sci. Technol.* 37: 287-293 (2005)
- FDA. Guidance for industry. Guide to minimize microbial food safety hazard for fresh fruits and vegetable. Available at: <http://www.foodsafety.gov>. Accessed Oct. 21 (2008)
- Yu YM, Youn YN, Choi IU, Yuan X, Lee YH. Biological hazard analysis of leaf vegetables and fruits according to types of cultivation and distribution systems. *Korean J. Food Preserv.* 14: 35-41 (2007)
- Kim JG, Luo Y, Lim CI. Effect of ozonated water and chlorine water wash on the quality and microbial de-contamination of fresh-cut carrot shreds. *Korean J. Food Preserv.* 14: 54-60 (2007)
- Hong SG, Park HM, Cho KH, Chang DI. An experiment of leaf vegetable centrifugal dehydrator. *J. Biosystems Eng.* 12: 135-138 (2007)
- Lee HW. Microbial assessment for agricultural products processing center of strawberry and tomato to apply the GAP system. MS thesis, Gyeongsang National University, Jinju, Korea (2008)