농산물의 수확후 위생관리 연구개발 현황과 금후계획

Perspectives on the Research to Enhance Microbial Safety of Agricultural Produce in Post Harvest Management

김세리*, 이효섭, 김원일, 류송희, 김황용, 류재기

Se-Ri Kim*, Hyo-Sub Lee, Won-Il Kim, Song-Hee Ryu, Hwang-Yong Kim, Jae-Gee Ryu

농촌진흥청 국립농업과학원 농산물안전성부

Microbial Safety Team, Agro-Food Safety & Crop Protection Department, NAAS, RDA

서 론

2011년 미국에서 *Listeria monocytogenes*에 오염된 멜론을 먹고 33명이 사망하였다. 같은 해 유럽에서는 *Escherichia coli* O104:H4에 오염된 새싹채소로 인하여 53명이 사망하는 사고가 발생하였다. 최근 들어 이와 같이 신선 농산물로 인한 식중독 사고가 잇따르면서, 농산물의 안전성에 대해서 우려하는 소비자가 늘어나고 있다. 과거에 비하여 농산물에 의한 식중독 발생의 증가원인은 과일과 채소 소비 증가, 수입농산물의 증가, 역학조사의 발달, 식중독세균 동정기술의 발달로 볼 수 있다.

식중독 세균들은 토양, 오염된 관개수, 비위생적인 취급을 통해 농산물에 전이되며 대부분의 신선 농산물은 일반적으로 병원체를 사멸시키거나 또는 그 수를 감소시키는 과정을 거치지 않기 때문에 농산물에 식중독 세균이 오염되면 농산물 안전에 영향을 끼칠 수 있다. 따라서 농산물에 의한 식중독사고의 발생을 예방하기 위해서는 생산, 수확 후 저장, 포장 및 유통단계에서 발생할 수 있는 위해를 분석하고 사전 관리하는 것이 식중독사고의 위험을 감소시킬 수 있는 최선의 방법이다.

최근 미생물 등 위해요소를 관리하기 위한 노력의 일환으로 식품의 원료가 되는 농축산물을 안전하고 위생적으로 공급할 수 있도록 농산물의 생산부터 수확 후 포장 · 유통단계까지 농산물에 잔류할 수 있는 농약 · 중금속 또는 미생물 등의 위해요소를 사전에 관리하여 안전성을 확보하는 제도인 농산물우수관리(GAP, Good Agricultural Practice)제도를 도입하여 시행 중에 있다.

GAP 제도를 시행하는데 가장 농업인들이 어려워하는 부분이 바로 수확 후 관리 부분이다. 2012년 7월 이전까지는 GAP 농산물은 농산물우수관리인증을 받은 수확후 처리 시설을 경유하도록 농산물품질관리법에 명시되어 있었다. 농산물우수관리인증을 받은 수확후 처리 시설은 전국에 669개소로 지역별로는 2 ~ 3개소정도 설치되어 있거나 시설조차 없는 지역도 많다. 특히 부추 등의 엽채류는 수확후 2 ~ 3시

* Correspondence to: Se-Ri Kim
Microbial Safety Team, Department of Crop-Life Safety, National Academy of Agricultural Science,
Rural Development Administration, 166, Nongsaengmyeong-ro, Iseo-myeon, Wanju-gun, Jeollabuk-do 565-851, Korea
Tel: 82-63-328-3395 Fax: 82-63-328-3340 E.mail: seri81@korea.kr

간 내에 예냉처리를 하지 않으면 신선도가 떨어지는 작물이다. 이들 농산물을 생산하는 농가는 먼거리에 위치한 수확후 처리시설을 활용하는 것은 큰 어려움이 있다. 이러한 현실적인 어려움을 해소하기 위해서는 수확 직후에 농가인근에서 예냉, 세척, 포장할 수 있는 위생사항이 구비된 소규모 수확후 처리시설이 필요하다. 이에 정부는 2012년 7월부터 위생과 신선도를 향상시킬 수 있는 소규모 수확후 처리시설의 필요성을 인식하고 소규모수확후처리시설 인증기준을 마련하여 농산물관리법에 고시하였다. 따라서 농촌진흥청에서는 농가보급형 소규모 수확후 처리시설 모델과 위생관리 기술을 개발하였다. 또한 개발된 모델과 위생관리지침의 수확 후 위생개선효과를 검증하고자 현장에서 실증연구를 수행하고 있다. 본고에서는 안전한 농산물 생산을 위하여 농가단위에서 쉽게 실천할 수 있는 수확후 위생관리 방안에 대하여 살펴보고자 한다.

본 론

1. 위생적인 수확후 처리 환경 조성

농가 단위의 수확후 처리는 대부분 냉난방 조절과 위생관리가 어려운 비닐하우스에서 진행되어왔다. 하지만 위생적인 환경조성이 되지 않으면 파리, 모기 등 위생곤충의 유입은 물론이고 청소 등 위생관리가 어려워 농산물의 안전을 담보하기가 어렵다. 따라서 농산물의 수확 후 안전성 향상을 위해서는 오염구역과 청결구역을 구분하고 신속하게 예냉, 저온 저장할 수 있는 환경조성이 중요하다. 이에 농촌진흥청에서는 엽채류 농가를 대상으로 18㎡ ~ 30㎡ 규모의 컨테이너형 소규모수확후 처리시설을 개발하였다(그림 1, 그림 2). 저온창고, 수냉시설, 냉난방기, 작업대 등을 설치한 작업공간이다. 이 시설은 20억원 고비용에 6개월 정도의 설치기간이 소요되는 대규모 수확 후 처리시설과 비교해 설치비용이 1,500만원으로 매우 저렴하며 설치기간도 7일 밖에 되지 않는다. 농가나 재배지에 인접해 설치할 수 있어 접근성 또한 용이하다. 또한 냉난방기 설치로 따뜻하고, 시원한 환경에서 작업을 할 수 있어 농업인의 건강증진에도 기여할 수 있다.

2. 수확후 처리 단계 위생관리 실천기술 적용

수확후 농산물의 안전성을 향상시키는데는 위생적인 환경조성도 중요하지만 가장 중요한 것은 바로 작업장을 청결하게 관리하는 것이다. 작업대는 스테인레스 등 세척, 소독이 용이한 것으로 교체하고 작업 후에는 세제를 사용하여 작업대를 깨끗하게 세척하고 건조하는 것이 필요하다. 세척 후에 70%알코올을 분무하면 5분 내에 99%의 미생물을 사멸시킬

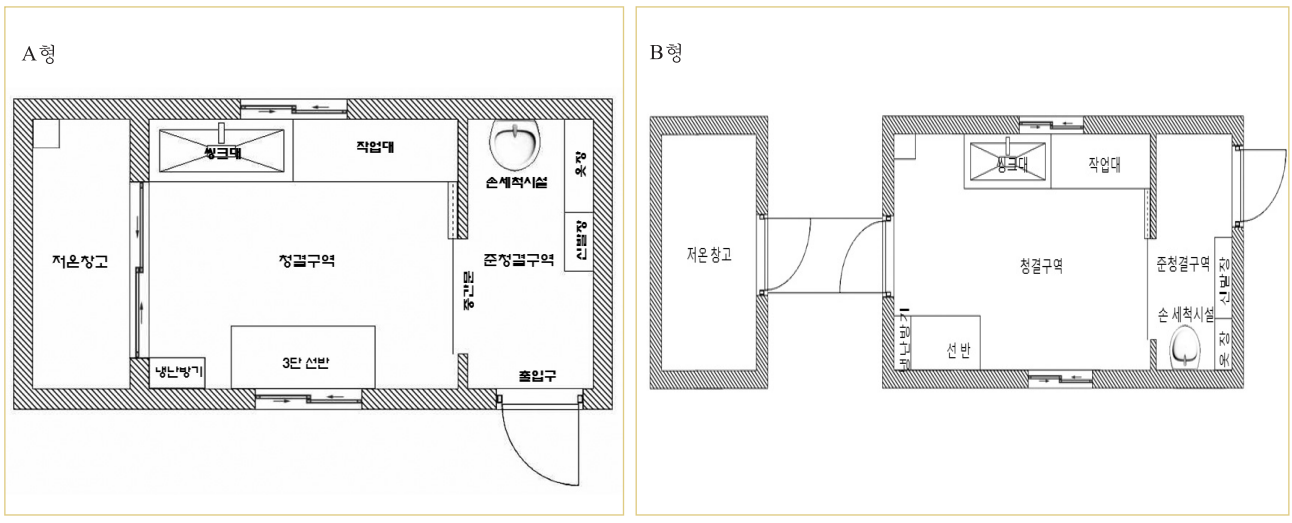


그림 1. 농가단위 소규모 수확후 처리시설 도면

수확후 처리시설 도입 전

수확후 처리시설 외부

수확후 처리시설 내부

수확후 처리시설 도입 후

수확후 처리시설 외부

수확후 처리시설 내부

그림 2. 농가단위 소규모 수확 후 처리시설 설치 전과 후의 모습

수 있어 작업대를 위생적으로 관리할 수 있다. 포장용 상자 등 농자재와 작업도구는 별도로 공간을 마련하여 깨끗하게 보관하고, 작업자는 수확 후 시설로 입실할 시 손을 씻고 작업 시에 장갑을 착용하여 손에 오염된 식중독균이 농산물로 오염되는 것을 예방해야 한다.

농촌진흥청에서는 영양부추 생산농가에 소규모 수확 후 처리시설을 설치하고 위생관리기술을 적용한 후 미생물안전성 향상효과를 검증하였다(표 1). 전반적으로 수확 후 처리시설 설치농가와 비 설치 농가간의 차이가 있었다. 수확후 처리과정 중 부추와 직접 접촉하는 빗, 칼, 도마의 경우 수확후 처리시설 설치농가(A, B)의 일반세균수 오염수준은 4.14 ~ 5.26 log CFU/100cm^{2}수준이었으나 수확후 처리시설 비설치농가(C)의 경우는 6.48 ~ 6.68 log CFU/100cm^{2}으로 약 1.42 ~ 2.24 log CFU/100cm^{2}정도 차이가 있었다. B. cereus도 수확후 처리시설 설치 농가와 비 설치 농가 간의 차이가 있었으며 특히 도마의 경우 A농가에서 불검출, B농가에서 2.23 log CFU/100cm^{2}인데 반해 C 농가에서는 6.03 logCFU/100cm^{2}로 농가간 위생상태에 따라 *B. cereus*의 오염수준이 차이가 크게 나타났다. 또한 개인위생과 직접 관련이 있는 작업자의 장갑에서 수확후 처리시설 설치농가(A, B)와 수확후 처리시설 비설치농가(C)의 *B. cereus* 오염수준은 각각 2.57, 불검출, 5.50 log CFU/hand로 위생에 대

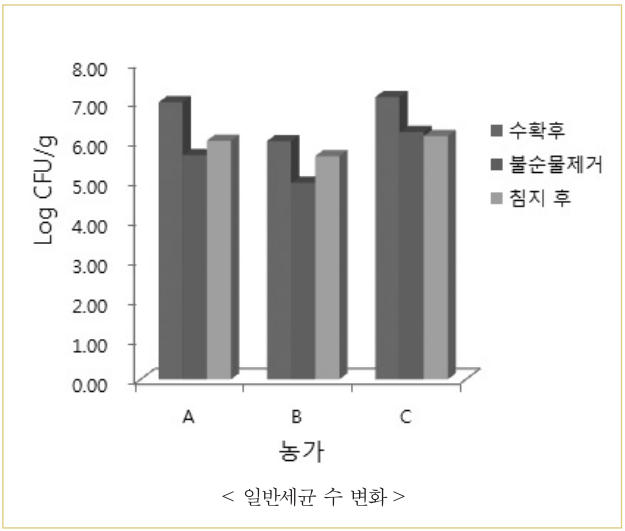
표 1. 농가단위 소규모 수확 후 처리시설 설치 후 위생개선 효과

시료	농가	미생물		
		일반세균	대장균군	*B. cereus*
빗	A	4.98±1.06	1.49±1.31	1.66±1.44
	B	4.85±0.60	2.24±2.24	2.50±0.34
	C	6.53±0.68	3.02±0.87	N. D.
도마	A	4.14±0.78	1.30±1.18	N. D.1)
	B	4.58±0.44	3.02±0.22	2.23±0.19
	C	6.48±0.60	3.26±0.84	6.03±0.70
칼	A	5.26±1.13	2.89±0.48	1.51±1.33
	B	4.52±1.89	4.52±1.89	2.92±0.55
	C	6.68±0.11	4.14±0.58	2.29±2.29
세척수	A	N.D	N.D	N.D
	B	1.67 ± 0.15	N.D	N.D
	C	2.22 ± 0.03	N.D	N.D
세척후 물	A	4.94±0.14	2.53±0.12	N. D.
	B	3.79±0.47	1.56±0.03	N. D.
	C	6.09±0.06	3.48±0.00	1.00±1.82
작업자 손	A	5.69±0.50	2.39±2.07	2.57±2.25
	B	6.04±0.50	1.83±2.58	N. D.
	C	7.32±0.71	4.02±0.80	5.50±0.36
포장용기	A	1.08±1.87	N. D	N. D
	B	0.90±0.85	N. D	N. D
	C	1.73±0.44	N. D	N. D

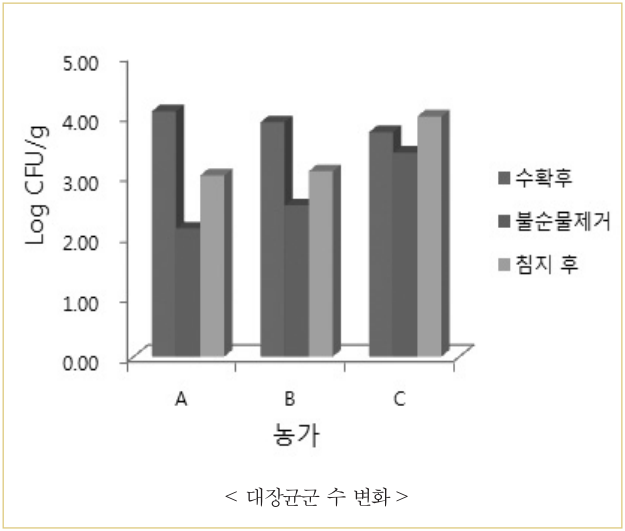
한 의식수준에 따른 차이가 크게 나타났다.

3. 미생물 저감화 기술 적용

농산물의 수확후 처리는 크게 세척과 소독이 필요한 작물, 세척이 필요한 작물, 그리고 세척과 소독이 필요없는 작물로 나누어 볼 수 있다. 세척과 소독이 필요없는 작물은 위생적인 환경을 조성하고 시설 내의 청소 등 일반 위생관리만으로도 충분히 안전한 농산물을 생산할 수 있다. 하지만 부추 등 농산물 중 토양과 접촉이 많은 농산물은 수확 후 초기 오염도가 높기 때문에 세척과 소독을 통하여 미생물을 저감화하는 기술을 적용해야한다. 영양부추를 예를 들면 수확 후에 이물질을 제거하고 품온을 낮추기 위하여 냉수에 담근다. 이때 원물의 미생물 오염도가 높기 때문에 부추 중 미생물이 물로 확산되고 미생물에 오염된 냉수는 다시 부추를 오염시킬 수 있다 (그림 3). 따라서 부추 등 원물의 오염도가 높고 가열공정없이 바로 섭취하는 농산물의 미생물 안전성 확보를 위해서는 현장에서 손쉽게 적용할 수 있는 저감화기술 마련이 시급하다. 이에 농촌진흥청에서는 이산화염소수와 차아염소산나트륨수를 활용하여 영양부추 중 미생물 저감화 기술을 개발하였다.



< 일반세균 수 변화 >



< 대장균군 수 변화 >

그림 3. 영양부추의 수확후처리단계별 일반세균수와 대장균군수 변화

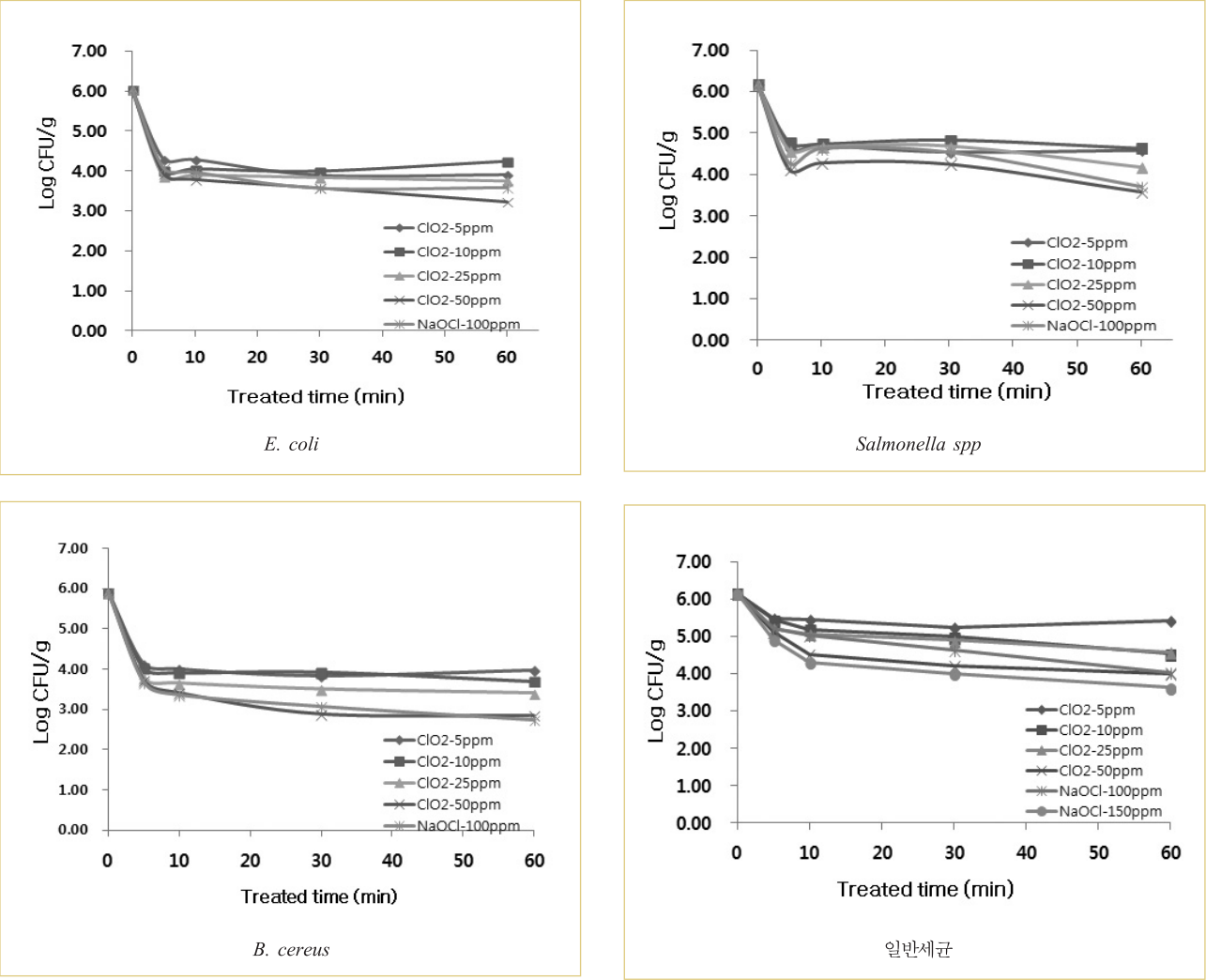


그림 4. 차아염소산나트륨과 이산화염소를 이용한 미생물 저감화

영양부추 중 미생물 저감을 위하여 차아염소산나트륨 100ppm, 150ppm과 이산화염소 5ppm, 10ppm, 25ppm, 50ppm을 처리한 후 미생물 저감효과를 분석하였을 때 일반세균수는 차아염소산나트륨 150ppm에서 10분 처리시 각각 1.8 log CFU/g 감소되었으며 이산화염소 3ppm, 5ppm, 10ppm, 25ppm, 50ppm, 100ppm로 처리하였을 때 0.4, 0.7, 0.6, 1.4, 1.6 log CFU/g가 감소하였다(그림 4). 병원성미생물(*E. coli, Salmonella* spp., *B. cereus*)은 차아염소산나트륨 100ppm, 200ppm로 처리하였을 때, 2.0~2.8 log CFU/g이 저감되었으며 이산화염소 5ppm 이상 처리하였을 때 2.0 log CFU/g 이상 감소하였다. 따라서 영양부추의 미생물 저감화를 위해서는 차아염소산나트륨 150ppm, 이산화염소 50ppm에서 10분 이상 처리가 필요하다. 하지만 이산화염소 50ppm 이상 처리하고 저장을 했을 때 무처리보다 빨리 상품성이 저하되어 현장 적용은 어렵다고 판단되었다.

따라서 재배단계에서 미생물 오염도가 높은 작물은 수확 후 처리 단계에서 세척, 소독과정 등을 거치면 식중독세균을 비

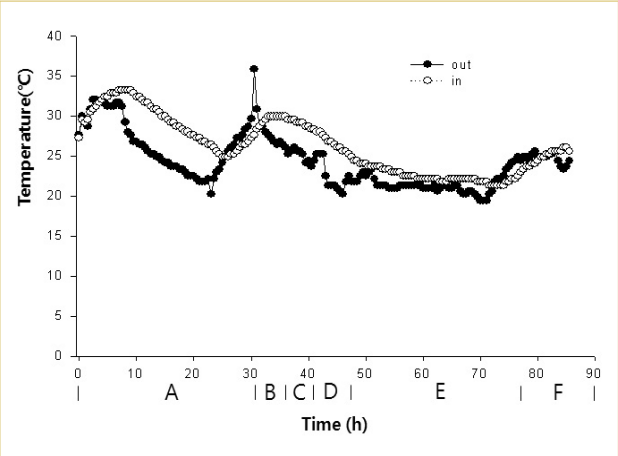


그림 5. 들깻잎 생산지에서 소비지까지 유통온도

A: 농장, B: 농가(밀양) → 가락동 농산물시장, C: 가락동 농산물 시장, D: 중매상, E: 도매상, F: 소매상

롯한 유해세균을 감소시켜서 식중독 예방이 가능할 것이다.

4. 저온 저장 · 유통 시스템 도입

수확 후에 안전성과 품질에 영향을 끼칠 수 있는 인자는 온도와 습도이다. 특히 엽채류는 저장 · 유통 환경에 다른 농산물 보다 민감하게 반응한다. 수확 후에 저온으로 보관할수록 미생물 안전성을 확보 하는데는 유리하다. 하지만 들깻잎과 같이 잎이 얇거나 열대성 작물은 5℃이하의 낮은 온도에서 보관하면, 냉해를 입어 검은 반점이 생기기 쉽기 때문에 이점에 유의해야 한다. 또한 엽채류는 15℃ 이상에서 2 ~ 3일간 보관하였을 때 부패취가 발생하고 누렇게 변색이 일어난다. 특히 농산물은 가공식품과 달리 수확 후에 호흡량이 급격히 증가하기 때문에 이로 인하여 품온이 급격하게 상승한다. 들깻잎을 예를 들면 봄철에는 25℃ 부근, 여름에는 30℃ 부근, 겨울에는 20℃ 근처로 상당히 높았다. 이렇게 높은 품온을 가진 들깻잎을 예냉하지 않고 포장할 경우 미생물 증식은 물론이고 신선도 저하 문제가 발생할 수 있다. 일반적으로 들깻잎 농가에서는 예냉과 시들음 방지 목적으로 물을 뿌리고 30분 ~ 1시간 정도 실온에 방치해 두었다가 포장하는 경우가 많다. 이럴 경우 충분히 품온이 떨어지지 않는다. 따라서 충분히 품온을 떨어뜨리기 위해서는 차가운 물에 담근 후 물을 충분히 뺀 후 포장을 하거나 물을 뿌린 후 저온창고에 보관하여 충분히 식힌 후 포장을 하는 것이 바람직하다.

포장작업이 끝난 후에는 안전성과 신선도 유지 차원에서 저온 유통이 이루어져야 하는데 국내에서는 아직도 저온 유통 시스템이 운영되고 있지 않은 상황이다(그림 5). 저온 유통 시스템을 도입하기 위해서는 예산과 시설 투자가 이루어져야 하는 상황이라 당장은 시행하기 어려운 실정이다. 하지만 점차적으로 대한민국 농산물의 질적 향상을 위해서는 저온 유통 · 저온 경매에 국가차원의 투자를 해야 한다고 생각한다.

결 론

농업인들에게 아직은 수확 후 관리 단계의 위생은 낯설고 어색한 이야기일 수 있다. 하지만 국내외적으로 안전성에 대한 요구가 지속적으로 높은 이 시점에서 수확 후 위생관리는 피할 수 없는 현실이다. 위생시설에 인프라가 적은 한국의 농업현실에서 수확 후 위생관리를 저변화시키기 위해서는 먼저 농업인들을 대상으로한 철저한 위생 교육이 필요하다. 올바른 교육은 안전 농산물에 대한 중요성을 일깨우고 농업인 스스로 안전한 농산물을 생산할 수 있는 바탕을 부여할 수 있기 때문이다.

농촌진흥청에서는 현장여건에 맞는 다양한 수확후 처리시설 모델을 개발하고 보급하는데 노력하고 있다. 농업의 규모화 단지화를 위해서 대규모 수확후 처리시설이 보급되어 있다. 하지만 수확후 처리시설은 크고 웅장한데 반해 시설의 구획화가 잘 이루어지고 있지 않고 작업장 청소, 작업도구 세척과 같은 위생관리가 이루어지고 있지 않은 경우가 많다. 대규모 시설을 대상으로는 교차오염이 발생하지 않도록 시설내부를 위생관리 원칙에 부합하도록 정비해야 한다. 또한 과수나 과채류 농가는 대부분 자가 선별기를 구비한 경우가 많은데 농업인들이 수확 후 처리환경을 위생적으로 관리하는 방법을 잘 이해하고 있지 못한 실정이다. 따라서 이들 농

가에는 기존 시설들을 활용하면서 위생적으로 관리할 수 있는 가이드를 제공하는 것이 필요하다. 그리고 엽채류와 같이 인프라가 약한 작물은 적은 예산으로 큰 효과를 볼 수 있는 소규모 수확후 처리시설을 개발하고 보급하는 것이 중요하다고 판단된다.

정부차원의 저온운송, 저온경매를 할 수 있는 저온 유통 시스템(cold chain system) 구축을 위한 인프라를 조성해야한다. 아무리 농가에서 위생적으로 생산, 관리하더라도 저온유통, 저온경매가 이루어지지 않는다면 농산물의 안전성과 신선도는 담보할 수 없기 때문이다.

이렇게 농업인과 정부와 연구기관이 협력하여 각자의 역할을 다한다면 농산물에 의한 식중독을 예방하고 안전한 농산물에 대한 소비자 요구를 충족시킬 수 있다. 장기적으로는 '한국 농산물=안전한 농산물' 이라고 인식시켜 세계 농산물 시장을 개척하는데 크게 기여하게 될 것이다.

감사의 글

본 연구는 농촌진흥청 국립농업과학원 농업과학기술 연구개발사업인 농식품 중 유해미생물 안전관리기반기술 개발(과제번호: PJ009460)의 지원에 의해 이루어진 것임.

참고 문헌

1. GAP 활성화 방안 심포지엄. 농촌진흥청 국립농업과학원 (2014)

2. Kim S.R., Lee, J.Y., Lee, S.H., Kim, W.I., Park, K.H., Yun, H.J., Kim, B.S., Chung, D.H., Yun, J.C. and Ryu, K.Y.: Evaluation of microbiological safety of lettuce and cultivation area. Korean J.Fd. Hyg. Safety, 26, 289-295 (2011).

3. FDA: Guidance for Industry: Guide to Minimize Microbial Food Safety Hazards of Leafy Greens; Draft Guidance Available from: http://www.fda.gov/Food/GuidanceComplianceRegulatory Information/GuidanceDocuments/ProduceandPlanProducts/ucm 174200.htm Accessed January 15, 2010 (2009)

4. Kim, S.R., Lee, J.Y., Lee, S.H., Ko, H.S., Yoon, Y.H., Kwon, S.H., Ryu, K.Y., Yun, H.J., Kim, W.I., Yun, J.C., Kim, D.H. and Chung, D.H.: Distribution of Hazardous Microorganisms in Perilla Leaf Cultivation Areas. Korean J. Food Sci. Technol., 43, 243-248 (2001)

5. Ailes, E.C., Leon, J.S. Jaykus, L.A., Johnston, L.M., Clayton, H.A., Blanding, S., Kleinbaum, D.G., Backer, L.C., and Moe, C.L.: Microbial concentrations on fresh produce are affected by postharvest processing, importation, and season. J. Food Prot., 71, 2389-2397 (2008)

6. Johnston, L.M., Jaykus, L.A., Moll, D., Martinez, M.C., Anciso, J., Mora, B. and Moe, C.L.:. A field study of the microbiological quality of fresh produce. J. Food Prot., 68, 1840-1847 (2005)