농식품 작업장의 오염 실태 조사

이 혜 옥 | 한국식품연구원 유통연구단
Email : hindunge82@naver.com

최근 식생활의 다양화와 식품 안전에 대한 관심 증가에 따라 식품 공장의 청정화와 작업장의 위생 관리에 대한 노력이 많이 이루어지고 있다. 그 중에서도 농식품 분야에서는 최근들어서 신선한 과일과 채소류를 식품소재로 이용한 신선편이 가공 농산물의 수요가 늘어나고 있다. IFPA(The International Fresh-cut Produce Association)의 정의에 따르면 신선편이 농식품은 박피되거나 절단되어져 신선함을 유지한 채로 소비자들에게 높은 영양과 편이성 및 풍미를 제공하는 포장형태의 100% 이용 가능한 과일 및 채소제품을 말한다. 이러한 신선편이 농식품은 식재료공급에 있어 안전성 및 편이성이 있으나 수확 후 처리시설에 대한 위생 개념이 도입되지 않고는 양질의 식재료를 공급하는 것은 어렵다. 그러나 신선편이 농식품은 살아있는 생체조직으로 박피, 절단 등의 과정을 거치면서 세포가 파괴되어 급격한 품질 변화가 나타 날 수 있으며, 최소한의 비가열 가공공정만을 거치게 되므로 식품원료 내에 존재하는 미생물이 그대로 유지 될 수 밖에 없는 문제점을 가지고 있다. 또한 일반적으로 신선편이 제품의 가공과정에서 절단 처리시 표면에 묻어 있던 미생물이 과육 부위로 옮겨지면서 식품 세포 조직의 체액을 영양성분으로 활용하여 급격히 증식함으로서 식품의 변질을 일으키거나 섭취 시 질병을 일으킬 수 있는 가능성이 있다. 특히, 신선편이 농식품 중에서 가장 많이 소비되는 엽채류는 수확 직후 잎 표면에 토양과 물에 의한 다양한 미생물이 부착되어 식품의 변질 가능성이 크다. 그러므로 농산물의 유통 및 보관단계에서 미생물 오염 가능성이 있기 때문에 신선편이 농식품은 원료 구입 후 제품 생산 및 포장에 이르는 과정에서 각 작업 단계별 위해요소를 분석하고, 식품 안전성을 확보하여 철저한 위생 관리가 중요하다. 따라서 본 자료는 농식품 작업장중 세척공정을 거치는 신선편이농산물과 세척공정을 거치지 않는 신선농식품 작업장에 대한 위생관리 및 관련 설비 기술 개발을 위한 기초 자료로 활용하고자 현재 운영중인 작업장을 중심으로 직접 현지 조사한 자료이다.

1. 재료 및 방법

가공 유형별 5개소 작업장에 대하여 직접 현장 방문을 통해 작업장별, 공정별 및 생산제품에 대하여 오염실태를 조사, 분석하였다. 조사대상 미생물은 작업장 벽체, 작업대, 작업기기류, 생산제품에 대하여 부착미생물을 조사하였으며, 각 작업장 구획별로의 공기 중 낙하균과 부유균을 조사하였다. 조사 대상 미생물은 총균수, 대장균군, 대장균, Salmonella, Listeria, Staphylococus이었으며 벽체부착 미생물, 부유균, 낙하균에 대하여는 대상 균주에 대하여 동정을 실시하였다.

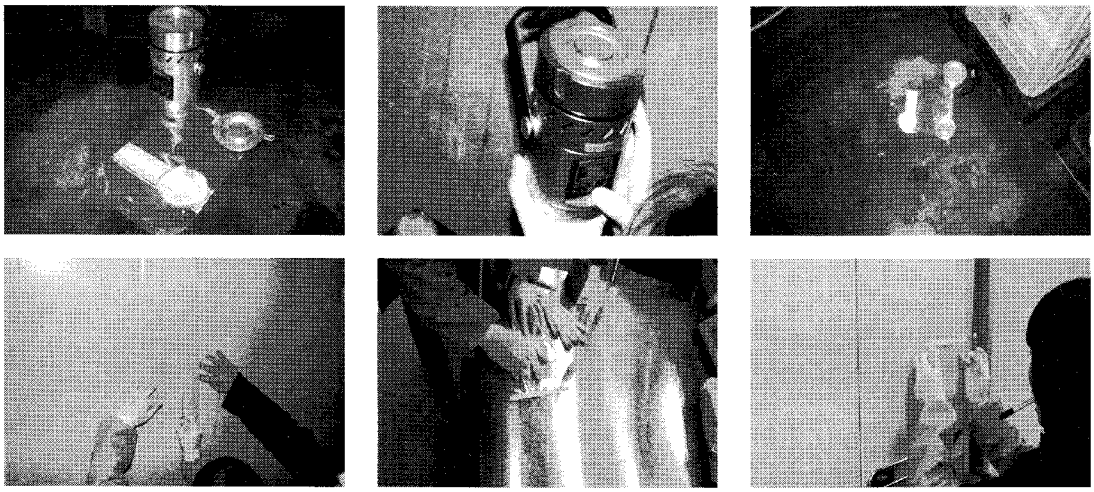

그림 1. 부착균, 부유균, 낙하균 측정

가) 시료채취 방법

각 공정실의 벽체, 작업대 및 작업기기는 멸균된 100 ㎠ OHP필름을 표면검사용 3M Swab KIT(3M China Ltd., Shanghai, China)를 이용하여 부착균을 채취하였고, 생산 제품은 멸균팩에 채취하였다. 낙하균은 Plate Count Agar(PCA, BD, USA)를 선택적으로 작업장내 2~3곳에 플레이트의 뚜껑을 열어 5분간 방치하여 균을 채취하였다. 부유균은 Plate Count Agar(PCA, BD, USA)를 air sampler(MAS-100 Eco, Merk Ltd., Germany)에 장착하여 부유균을 선택적으로 1000 L 포집하여 균을 채취하였다. 채취한 균은 항온용 아이스박스에 보관하여 이동하였다.

나) 미생물 분석

① 각 공정실의 벽체, 작업대 및 작업기기, 채소 및 세척수

총균수 및 대장균군수의 분석을 위해 각 공정실의 벽체, 작업대 및 작업기기에서 3M Swab KIT로 균을 채취한 시료액, 생산제품은 무균적으로 시료 10 g을 취한 뒤 중량의 9배에 해당하는 멸균된 0.85% saline 용액을 가하여 stomacher(Bagmixer® 400, Interscience, France)로 1분간 균질화 시킨 후의 시료액을 1 mL 취하여 9 mL의 멸균된 0.85% saline 용액으로 단계 희석하였다. 시험용액 1 mL와 각 단계 희석액 1 mL를 멸균된 petri dish에 무균적으로 취하여 약 43~45℃로 유지한 Plate Count Agar(PCA, BD, USA)와 Chromocult Agar(CM, Merck Ltd., Germany)를 약 15 mL를 분주하여 pouring culture method로 접종하였다. 35±1℃에서 48~72시간 배양시킨 후 colony forming unit(CFU/g, CFU/100㎠)으로 표시하였다.

병원성 미생물 조사는 총균수와 대장균군수 검사와 동일한 방법으로 시료를 전처리한 후 각 미생물에 맞는 선택배지(Staphylococcus 선택배지: Baird-parker agar base, Oxoid Ltd., England, Escherichia 선택배지 : Chromocult agar, Merck Ltd., Germany, Salmonella 선택배지 : XLT4 agar, Merck Ltd., Germany, Listeria 선택배지 : Oxford- listeria-selective agar, Merck Ltd., Germany)에 시험용액과 각 단계 희석액 0.1 mL를 멸균 petri dish 3반복 이상 무균적으로 취하여 spreading culture method로 접종한 다음 37℃

에서 24시간 배양시킨 후 각 선택배지에 따른 병원성 미생물을 검출하였다. 낙하균은 35±1℃에서 48~72시간 배양시킨 후 집락을 생성한 colony 수를 측정하여 colony forming unit(CFU/plat)으로 표시하였다. 부유균은 35±1℃에서 48~72시간 배양시킨 후 집락을 생성한 colony 수를 측정한 후에 보정 테이블을 활용 결과를 산출하여 colony forming unit (CFU/㎥)으로 표시하였다.

벽체균, 낙하균, 부유균은 균이 자란 Plate count agar(PCA, Difco Lab. USA)에서 각 공정실의 벽체, 작업대 및 작업기기, 채소나 세척수의 선택배지에서 자란 균에서 동정하고 싶은 colony 하나를 취하여 굳힌 Nutrient agar(NA, Difco Lab. USA)에 35±1℃에서 24시간 배양한 후에 순수분리 하여 vitek ®2(BioMerieux, Inc)기계를 이용하여 동정하였다.

2. 결과 및 고찰

가) 세척공정을 거치는 농식품

세척 농식품 즉, 신선편이농산물 가공 작업장 5개소에 대하여 직접 현장 방문을 하여 가공공정별 미생물 오염도 및 작업공정을 분석하였다. 첨부된 작업공정은 단체급식 가공공정, 신선편이 채소류 가공공정 및 세척 과실 및 과채류 가공공정 흐름도이다.

신선편이채소류 가공공정 및 작업장 구조물에 대한 미생물 오염도를 조사한 결과 원료 농산물의 경우는 총균수가 105cfu/g, 대장균군 103cfu/g 내외로 검출되었으나 E.coli, Salmonella, Listeria, Staphylococcus 등 병원성 식중독균은 검출되지 않았다.

각 작업공정별 설비의 경우 미생물 오염정도는 총균수 기준으로 102cfu/g 정도로 검출되었으며 역시 병원성식중독균은 검출되지 않았고 벽체등 판넬 소재의 경우에 있어서도 유사한 결과를 나타내었다. 낙하균과 부규균의 경우 1~2 log scale 범위에서 미생물이 검출되었다.

검출된 미생물에 대하여 Vitek을 이용하여 동정한 결과 Sphingomonas 속 등 다양한 균이 검출되었으나 식중독균과 관련된 병원성균은 Staphylococcus 등 일부가 발견되었으나 우려할 수준은 아니었다.

표 1. S사의 생산 공정, 제품 및 시설에 대한 미생물 수준(신선편이채소류)

Sampling place		Total counts	Coliform group	*Escheri-chia*	*Salmo -nella*	*Listeria*	*Stapylo-coccus*
		(CFU/g, CFU/100㎠)			Qualification analysis		
원 료 실	벽	1.92E+02	ND	ND	ND	ND	ND
박 피 실	벽	1.02E+02	ND	ND	ND	ND	ND
	원재료(적겨자)	3.05E+05	4.34E+04	ND	ND	ND	ND
	원재료(치커리)	1.38E+06	5.52E+05	ND	ND	ND	ND
	작 업 대	2.84E+04	2.68E+02	ND	ND	ND	ND
세 척 실	벽	3.67E+01	ND	ND	ND	ND	ND
	원재료(적상추)	2.77E+04	2.32E+04	ND	ND	ND	ND
	원재료(상추+치커리)	9.58E+04	3.70E+04	ND	ND	ND	ND
	세 척 조	1.25E+02	1.00E+01	ND	ND	ND	ND
	세척수(세척전)	4.35E+02	ND	ND	ND	ND	ND

Sampling place		Total counts	Coliform group	*Escheri-chia*	*Salmo -nella*	*Listeria*	*Stapylo-coccus*
		(CFU/g, CFU/100㎠)			Qualification analysis		
	세척수(세척후)	7.43E+02	ND	ND	ND	ND	ND
	필 터	1.71E+04	5.00E+00	ND	ND	ND	Staphylococcus sciuri
포 장 실	벽	1.00E+01	ND	ND	ND	ND	ND
	컨테이너박스	6.00E+01	ND	ND	ND	ND	ND
	컨 베 이 너	3.33E+00	ND	ND	ND	ND	ND
	원재료(혼합된 샐러드)	1.54E+06	7.30E+04	ND	ND	ND	ND
완제품실	벽	6.67E+01	ND	ND	ND	ND	ND
	선 반	1.55E+02	ND	ND	ND	ND	ND

Sampling place	Falling bacteria (CFU/plate)	Floating bacteria (CFU/㎥)
원료실	9.50E+00	2.52E+02
박피실	2.95E+01	3.32E+02
세척실	7.67E+00	1.50E+01
포장실	5.00E-01	4.00E+00
완제품실	1.00E+00	3.70E+01
저장고 0℃	5.00E-01	1.40E+01
저장고 5℃	2.00E+00	6.00E+00
저장고 10-15℃	ND	9.00E+00
전처리 작업장A	1.00E+00	9.00E+00
전처리 작업장B	1.00E+00	1.40E+01
선과포장작업장	3.00E+00	6.00E+00

표 2. S사의 벽체 미생물 및 공중 낙하균과 부유균 검출 및 동정 (신선편이채소류)

Sampling place	Wall contaminated (CFU/100㎠)	Falling bacteria (CFU/plate)	Floating bacteria (CFU/㎥)
원 료 실	Sphingomonas paucimobilis / Aeromonas salmonicida / Enterococcus casseliflavus (1.92×10^{2} cfu/100㎠)	Serratia plymuthica Sphingomonas paucimobilis / Sphingobacterium thalpophilum (9.50×10^{0} cfu/plate)	Sphingomonas paucimobilis / Klebsiella pneumoniae ssp ozaenae / Alloiococcus otitis (2.52×10^{2} cfu/㎥)
박 피 실	Sphingomonas paucimobilis / Klebsiella pneumoniae ssp ozaenae (1.02×10^{2} cfu/100㎠)	Sphingomonas paucimobilis / Kocuria kristinae / Serratia plymuthica (2.95×10^{1} cfu/plate)	Sphingomonas paucimobilis / Serratia fonticola (3.32×10^{2} cfu/㎥)

Sampling place	Wall contaminated (CFU/100㎠)	Falling bacteria (CFU/plate)	Floating bacteria (CFU/㎥)
세 척 실	-	-	Serratia plymuthica / Bordetella bronchiseptica / Staphylococcus vitulinus / Leuconostoc mesenteroides ssp cremoris / Aeromonas salmonicida (1.50×10^{1} cfu/㎥)
포 장 실	Serratia plymuthica (1.00×10^{1} cfu/100㎠)	-	staphylococcus epidermidis / Sphingomonas paucimobilis / Pseudomonas oryzihabitans (4.00×10^{0} cfu/㎥)
완제품실	Sphingomonas paucimobilis / Acinetobacter lwoffii (6.67×10^{1} cfu/100㎠)	Sphingomonas paucimobilis (1.00×10^{0} cfu/plate)	Yersinia enterocolitica group / Pseudomonas luteola / Sphingomonas paucimobilis (3.70×10^{1} cfu/㎥)

표 3. H사의 생산 공정, 제품 및 시설에 대한 미생물 수준(김치공장)

Sampling place		Total counts	Coliform group	Escheri-chia	Salmo -nella	Listeria	Stapylo-coccus
		(CFU/g, CFU/10^{0}㎠)			Qualification analysis		
원료창고	벽	1.54E+01	ND	ND	ND	ND	ND
	박스	6.34E+02	ND	ND	ND	ND	ND
	원재료(양파)	1.49E+03	4.83E+03	ND	ND	ND	ND
김치가공실 (청정구역)	벽	ND	ND	ND	ND	ND	ND
	문	1.00E+01	ND	ND	ND	ND	ND
완제품 보관실	벽	2.62E+01	ND	ND	ND	ND	ND

	낙하균 (cfu/plate)	부유균 (cfu/㎥)
원료창고	1.98E+00	8.12E+00
김치가공실(청정구역)	1.33E+00	6.50E+01
완제품 보관실	0.00E+00	3.00E+00

표 4. H사의 벽체 미생물 및 공중 낙하균과 부유균 검출 및 동정(김치공장)

Sampling place	Wall contaminated ($CFU/10^0 cm^2$)	Falling bacteria (CFU/plate)	Floating bacteria (CFU/m^3)
원료창고	Sphingomonas paucimobilis (1.67×10^1 cfu/100㎠)	Sphingomonas paucimobilis / Pantoea spp (2.00×10^0 cfu/plate)	Klebsiella pneumoniae ssp pneumoniae / Rhizobium radiobacter / Oligella ureolytica / Sphingomonas paucimobilis / Aeromonas salmonicida (8.00×10^0 cfu/㎥)
김치가공실	Pseudomonas stutzeri (1.00×10^1 cfu/100㎠)	Sphingomonas paucimobilis / Brevundimonas diminuta/vesicularis (1.33×10^0 cfu/plate)	Sphingomonas paucimobilis / Aeromonas salmonicida / Pantoea spp (6.50×10^1 cfu/㎥)
완제품보관실	Aeromonas salmonicida (2.67×10^1 cfu/100㎠)	-	Sphingomonas paucimobilis / Sphingobacterium thalpophilum / Enterococcus casseliflavus (3.00×10^0 cfu/㎥)

나) 세척공정을 거치지 않는 신선농식품

비세척농산물 작업장의 작업공정과 시설에 대한 위생관리 및 관련 위생설비 개발에 대한 기초 자료로 활용하고자 딸기와 사과 등을 취급하는 C 시설을 선정하여 작업장과 공정별 설비에 대한 미생물 오염 실태를 조사하였다.

C 시설의 농산물 유통업체 생산라인 작업장을 조사한 결과 각 작업공정별 벽체와 문손잡이의 미생물 오염정도는 총균수는 $\sim10^1$ CFU/100㎠미만으로 검출되었으며, 대장균군과 병원성 미생물은 검출되지 않았다. 작업기기류및 작업용 면장갑의 미생물 오염정도는 총균수가 $\sim10^3$ CFU/100㎠, 대장균군은 $\sim10^1$ CFU/100㎠로 검출되었으며 병원성미생물은 검출되지 않았다.

생산제품인 딸기의 경우 총균수가 10^4 CFU/g, 대장균군은 $10^2\sim10^3$ CFU/g로 검출되었고, 사과의 경우 총균수가 10^2 CFU/g으로 검출되었으며, 대장균은 검출되지 않았다. 또한 병원성미생물은 검출되지 않았다. 작업장내 공기 중의 낙하균과 부유균은 각각 $\sim10^0$ CFU/plate, 10^2 CFU/m^3 범위에서 검출되었다.

C시설의 작업장 시설 및 제품 그리고 낙하균과 부유균을 동정한 결과 다양한 균이 검출되었으며, 그중에서도 가장 빈도수가 많은 균으로서 Sphingomonas paucimobilis은 공정 전 과정에서 검출되었다. Sphingomonas 속은 오염된 토양 및 다양한 자연환경에서 분리되는 균으로 Sphingomonas 속 중 특히 Sphingomonas paucimobilis는 치명적이지 않는 범위 내에서 질병을 유발하나 항생제의 이용으로 치료가 가능한 균으로 알려져 있다. 결과적으로 생산과정의 여러 검체에서 부착 미생물만큼이나 공기 미생물이 제품의 오염에 영향을 줄 수 있는 가능성을 보여주었다.

따라서 생산제품의 미생물적 위험요소를 제어하는 것도 중요하지만 작업장 벽체, 작업대 및 작업기기류, 작업용 장갑 등에 의한 2차적인 교차오염의 가능성도 있으므로 이에 대한 미생물적 위험요소를 제어하는 것도 중요하겠다. 또한 작업장내의 공기 미생물의 관리가 함께 이루어지는 것이 바람직한 것으로 판단된다.

표 5. C 업체 시설의 생산 공정, 제품 및 시설에 대한 미생물 수준

Sampling place		Total counts	Coliform group	*Escheri-chia*	*Salmo -nella*	*Listeria*	*Stapylo-coccus*
		(CFU/g, CFU/100㎠)			Qualification analysis		
원료실	딸기	1.46E+04	9.02E+03	ND1)	ND	ND	ND
	벽	ND	ND	ND	ND	ND	ND
	문 손잡이	3.67E+01	ND	ND	ND	ND	ND
	트레이	8.83E+02	1.33E+01	ND	ND	ND	ND
선별 및 완제품 포장실	딸기	1.11E+04	4.48E+02	ND	ND	ND	ND
	벽	1.67E+01	ND	ND	ND	ND	ND
	문 손잡이	4.33E+01	ND	ND	ND	ND	ND
	트레이	ND	ND	ND	ND	ND	ND
	작업대	ND	ND	ND	ND	ND	ND
	컨베어 벨트	ND	ND	ND	ND	ND	ND
	작업 장갑(천)	8.82E+02	1.00E+01	ND	ND	ND	ND
저장실	벽	ND	ND	ND	ND	ND	ND
	문 손잡이	ND	ND	ND	ND	ND	ND
	트레이	1.52E+03	ND	ND	ND	ND	ND
저온저장고	사과	2.70E+02	ND	ND	ND	ND	ND
	벽	3.33E+01	ND	ND	ND	ND	ND
	트레이	4.88E+02	ND	ND	ND	ND	ND

[1)]ND : not detected.

표 6. C 업체 시설의 낙하균과 부유균에 대한 미생물 수준

Sampling place	Falling bacteria (CFU/plate)	Floating bacteria (CFU/㎥)
원료실	4.00E+00	2.77E+02
선별 및 완제품 포장실	1.33E+00	4.50E+02
저장실	ND1)	3.33E+02
저온저장고	5.00E+00	1.10E+02

[1)]ND : not detected.

표 7. C 업체 시설의 낙하균에 대한 동정

Sampling place	Falling bacteria (CFU/plate)
원 료 실	Sphingomonas paucimobilis
선별 및 완제품 포장실	Sphingomonas paucimobilis
저 장 실	ND[1)]
저온저장고	Sphingomonas paucimobilis / Pantoea spp / Gardnerella vaginalis

[1)]ND : not detected.

표 8. C 업체 시설의 생산 공정, 제품 및 시설에 대한 동정

Sampling place		Microorganisms isolated (CFU/100㎠, CFU/g)
원료실	딸기	Sphingomonas paucimobilis /Pantoea spp /Acinetobacter lwoffii /Micrococcus luteus / lylae /Enterobacter amnigenus 1
	벽	ND[1)]
	문 손잡이	Sphingomonas paucimobilis /Alloiococcus otitis
	트레이	Sphingomonas paucimobilis /Sphingobacterium thalpophilum
선별 및 완제품 포장실	딸기	Sphingomonas paucimobilis /Serratia marcescens /Aeromonas salmonicida
	벽	Sphingomonas paucimobilis
	문 손잡이	Sphingomonas paucimobilis /Brucella melitensis
	트레이	ND
	작업대	ND
	컨베어 벨트	ND
	작업용 장갑(천)	Sphingomonas paucimobilis /Acinetobacter lwoffii /Brevundimonas diminuta / vesicularis
저장실	벽	ND
	문 손잡이	ND
	트레이	Sphingomonas paucimobilis /Pseudomonas fluorescens /Globicatella sanguinis /Bordetella bronchiseptica
저 온 저장고	사과	Sphingomonas paucimobilis /Sphingobacterium thalpophilum /Staphylococcus intermedius
	벽	Pantoea spp /Staphylococcus vitulinus /Serratia plymuthica
	트레이	Sphingomonas paucimobilis

[1)]ND : not detected.

표 9. C 업체 시설의 부유균에 대한 동정

Sampling place	Floating bacteria (CFU/㎥)
원 료 실	Sphingomonas paucimobilis / Rhizobium radiobacter
선별 및 완제품 포장실	Sphingomonas paucimobilis / Acinetobacter lwoffii / Alloiococcus otitis
저 장 실	Sphingomonas paucimobilis / Granulicatella elegans / Pseudomonas fluorescens / Pseudomonas stutzeri
저온저장고	Sphingomonas paucimobilis / Pantoea spp / Acinetobacter lwoffii / Staphylococcus haemolyticus / Moraxella group

- 참고문헌 -

1. Adel A Kader et al : Postharvest technology of horticultural crops, UCDAVIS(2002).
2. APC 표준설계도, 한국식품연구원(2009).
3. Bahk, G.J., Kim, S.J., Sim, W.C., Chun, S.J., Choi, W.S. and Hong, C.H. (2003) Application of the Fluctuating Microbial Counts Using Probability Approaches in Food Industries. J. Food Hyg. Safety, 18, p237-242.
4. Bolin. HR and huxsoll. C.C : Effect of preparation procedures and ER. B. Pantastico : Postharvest physiogiology, handling and utilization of tropical and subtropical fruits and vegetables, 145 (1975).
5. Estes, E.A. Feasibility and affordability considerations in precooling fruits and vegetables. American Society of Agricultural Engineers(Fruit & vegetable symposium), 1-95, p390-396 (1995).

※ 본 결과는 농림기술개발사업에 의하여 수행되었으며, 연구비 지원에 감사드립니다.