

과제구분	기본	수행시기		전반기	
연구과제 및 세부과제		연구분야	수행기간	연구실	책임자
농산물 상품성 향상을 위한 안전관리기술 개발		농산물 안전성	'23~'24	농업기술원 환경농업연구과	조동현
경기지역 학교급식 채소류 유해미생물 안전관리기술 개발		농산물 안전성	'23~'24	농업기술원 환경농업연구과	조동현
색인용어	농산물, 채소, 유해미생물, 식중독세균				

ABSTRACT

This study was conducted to assess the microbiological safety of leafy vegetables supplied for school foodservice in Gyeonggi Province. The study consisted of two stages: distribution and production, with sample collection and analysis conducted in 2023 and 2024, respectively.

In the distribution stage, samples were collected ten times in 2023(April, June, July, August, and October) from lettuce, chives, and head lettuce at the Gyeonggi Eco-friendly Agricultural Product Distribution Center, which supplies vegetables for school foodservice in Gyeonggi Province. The analysis of pathogenic microorganisms showed that *Staphylococcus aureus* was detected in lettuce and chives, while *Bacillus cereus* was found in lettuce, chives, and head lettuce. However, the detected levels of both bacteria were below the food poisoning threshold, indicating that the contamination was within safe limits.

In the production stage, samples were collected three times in 2024(April, June, and August) from three farms supplying lettuce and chives for school foodservice in Gyeonggi Province. The analysis of pathogenic microorganisms revealed that *B. cereus* was detected in 92.6% (50/54) of lettuce and chive samples, 100% (54/54) of soil samples, and 94.4% (17/18) of agricultural water samples. Nevertheless, the *B. cereus* density in vegetable samples (0.62-2.75 log CFU/g) remained below the food poisoning threshold. *S. aureus* was also detected in two lettuce samples; however, its level was similarly low.

Therefore, although *B. cereus* and *S. aureus* were detected in vegetables supplied for school foodservice during both the distribution and production stages, their low levels indicate that the vegetables were microbiologically safe. However, given the potential for microbial contamination arising from environmental fluctuations during production and distribution, ongoing monitoring and enhanced hygiene management are recommended.

Key words: Agricultural products, Vegetable, Pathogenic microorganisms, Foodborne bacteria

1. 연구목표

최근 건강에 대한 소비자의 관심 증가로 육류 소비보다는 채소를 선호하는 경향이 증가하고 있다. 이에 따라 신선편이 과일 및 채소 시장 규모는 2010년 이후 연평균 20%씩 성장하였으며, 2020년에는 시장 규모가 1조 원에 달했다(한국농수산물유통공사, 2021). 또한, 1인 가구 및 맞벌이 가구의 증가로 인해 손쉽게 섭취할 수 있는 컵과일, 소용량 세척 채소, 샐러드 등의 신선편이 농산물 생산과 소비도 꾸준히 확대되고 있다(한국농수산물유통공사, 2016). 그러나 채소류는 비가열로 섭취되는 경우가 많아 조리 과정에서 미생물을 제거할 기회가 적고, 생산 및 유통 단계에서의 오염이 그대로 유지될 가능성이 높아 주요 식중독 원인 식품 중 하나로 알려져 있다. 따라서 비가열로 섭취하는 채소류의 미생물학적 안전성을 확보하는 것은 식중독 예방을 위한 필수적인 과제이다.

학교급식을 포함한 단체급식은 대량 조리의 특성상 동일한 식재료가 다수에게 제공되므로, 비가열 섭취 채소류가 식중독균이나 다량의 미생물에 오염될 경우 식품 안전에 심각한 위협이 될 수 있다. 최근 경기도에서 학교급식과 관련된 식중독 사고가 지속적으로 보고되고 있으며, 2024년 기준 경기도 내 학교급식에서 발생한 식중독 사고는 8건으로, 도내 식중독 사고의 20%를 차지하였다(식품의약품안전처). 경기지역 학교급식에 사용되는 농산물은 잔류농약 및 방사능 검사를 통해 일부 안전성 검사가 이루어지고 있으나 식중독 원인균에 대한 미생물 검사는 실시되지 않고 있어 공급망 내에서의 미생물 오염 여부에 대한 체계적인 조사는 제한적인 실정이다. 이에 따라 학교급식 농산물의 유통 및 생산단계에서의 오염 실태를 조사하고, 이를 기반으로 보다 효과적인 관리 방안을 마련하는 것이 필요하다.

따라서 본 연구는 경기지역 학교급식에서 제공되는 채소류의 미생물학적 안전성을 평가하고, 보다 효과적인 위생 관리 및 식중독 예방 대책 마련을 위해 경기지역 학교급식에 사용되는 농산물 중 비가열로 섭취되는 빈도가 높은 상추, 부추, 양상추를 대상으로 유통 및 생산단계에서의 유해미생물 오염도를 조사하고자 수행하였다.

2. 재료 및 방법

〈시험 1〉 학교급식 채소류 유해미생물 모니터링

가. 시료 채취 대상 및 방법

경기도 학교급식에 납품되는 농산물 중 비가열 섭취 빈도가 높은 상추, 부추, 양상추를 대상으로, 경기도 친환경농산물 유통센터에서 연 10회(4월, 6월, 7월, 8월, 10월) 시료를 채취하였다. 채취된 시료 수는 표 1과 같이 작물별로 상추 30건, 부추 30건, 양상추 30건 등 총 90건의 시료를 수집하였다. 시료는 알코올로 소독한 도구를 사용하여 채취

하였으며, 모든 시료는 냉장 상태로 실험실까지 운반되었고, 채취 후 24시간 이내에 실험을 실시하였다.

표 1. 시료 채취장소 및 시기별 농산물 및 농업환경 시료수

시료 채취장소	시료 채취시기	시료수		
		상추	부추	양상추
경기도친환경농산물 유통센터	4월	6	6	6
	6월	6	6	6
	7월	6	6	6
	8월	6	6	6
	10월	6	6	6
합 계		30	30	30

나. 위생지표세균, *B. cereus*, *S. aureus* 정량분석

위생지표세균(일반세균수, 대장균, 대장균군)과 *B. cereus*, *S. aureus*의 정량분석을 위해서 검체 25g을 취하여 멸균생리식염수(Saline, Microgiene, South Korea) 225mL와 혼합한 후 2분간 균질화하였다. 균질화된 시료는 멸균생리식염수를 이용하여 10배 단계 희석하였다. 위생지표세균은 농도별 희석액 1mL를 건조필름배지(3M petrifilm, 3M, St. Paul, MN, USA)에 분주하였으며, *B. cereus*, *S. aureus*는 농도별 희석액 100 μ L 각각 MYP(A Mannitol Egg Yolk Polymyxin Agar, MBcell, South Korea), BPA(Baird Parker Agar, MBcell, South Korea)에 도말하여 배양한 후 colony를 계수하였다. 배양 조건은 일반세균과 *S. aureus*는 35℃에서 48시간, 대장균, 대장균군, *B. cereus*는 35℃에서 24시간으로 하였다.

다. 병원성대장균, *B. cereus*, *S. aureus*, *Salmonella* spp., *L. monocytogenes* 정성분석

병원성대장균, *B. cereus*, *S. aureus*, *Salmonella* spp., *L. monocytogenes*의 정성분석을 위해서 검체 25g을 취하여 TSB(Tryptic Soy Broth, MBcell, South Korea), UVMB(UVM Modified Listeria Enrichment Broth, MBcell, South Korea) 225mL와 혼합한 후 2분간 균질화하였다. TSB에서 균질화된 시료는 35℃에서 24시간, UVMB에서 균질화된 시료는 35℃에서 48시간 배양하였으며 DNA 추출 후 PCR을 진행하였다. *B. cereus*, *S. aureus*의 경우 양성이 확인된 시료에 한해 추가적으로 독소 유전자 분석을 PCR로 진행하였다.

〈시험 2〉 학교급식 채소류 재배환경 유해미생물 오염실태 조사

가. 시료 채취 대상 및 방법

〈시험 1〉 결과 경기도친환경농산물유통센터에서 수집한 상추, 부추, 양상추 시료 중 상대적으로 미생물 오염 밀도가 높았던 상추와 부추를 대상으로, 학교급식 농산물을 납품하는 각 3개 농가에서 농산물, 토양, 농업용수를 연 3회(4월, 6월, 8월) 시료 채취 하였다. 채취된 시료 수는 표 2와 같이 상추 27건, 부추 27건, 토양 54건, 농업용수 18건 등 총 216건의 시료를 수집하였다. 농산물과 토양은 알코올로 소독한 도구를 사용하여 채취하였고, 농업용수는 멸균 채수병을 이용하여 수집하였다. 모든 시료는 냉장 상태로 실험실에 운반되었으며, 채취 후 24시간 이내에 실험을 실시하였다.

나. 위생지표세균, 유해미생물 정량분석 및 정성분석

위생지표세균(일반세균, 대장균, 대장균군)과 *B. cereus*, *S. aureus*의 정량분석 및 병원성대장균, *B. cereus*, *S. aureus*, *Salmonella* spp., *L. monocytogenes*의 정성분석은 〈시험 1〉과 동일하게 분석하였다.

표 2. 시료 채취장소 및 시기별 농산물 및 농업환경 시료수

시료 채취장소	시료 채취시기	시료수			
		상추	부추	토양	농업용수
학교급식농산물 납품 농가	4월	9	9	18	6
	6월	9	9	18	6
	8월	9	9	18	6
합 계		27	27	54	18

3. 결과 및 고찰

〈시험 1〉 학교급식 채소류 유해미생물 모니터링

경기지역 학교급식 농산물을 유통하는 경기도친환경농산물유통센터에서 채취한 상추, 양상추, 부추의 시기별 위생지표세균, *B. cereus*, *S. aureus*의 정량분석 결과는 표 3, 표 4와 같다. 상추, 양상추, 부추의 일반세균은 각각 4.96~6.76 log CFU/g, 3.58~6.50 log CFU/g, 5.49~6.83 log CFU/g 수준으로 검출되었으며, 대장균군은 각각 1.13~5.15 log CFU/g, 0.09~4.52 log CFU/g, 1.29~4.76 log CFU/g 수준으로 확인되었다. 대체로 6~8월에 수거한 시료에서 미생물 밀도가 높았으며, 이는 4월과 10월에 수거한 시료보다 기온이 높았던 환경적 요인과 관련이 있는 것으로 생각된다. 대장균은 상추에

서 6월 0.28 ± 0.68 log CFU/g, 7월 0.25 ± 0.62 log CFU/g, 부추에서 7월 0.53 ± 0.66 log CFU/g 수준으로 검출되었으나 병원성 여부를 조사한 결과 모두 음성이었다. *B. cereus*는 상추에서 1.09~2.46 log CFU/g, 양상추에서 0.00~1.98 log CFU/g, 부추에서 0.81~2.51 log CFU/g 수준으로 나타났으며 양상추의 밀도가 상대적으로 낮은 것으로 확인되었다. 이는 양상추가 외엽을 제거한 후 유통되기 때문으로 판단된다. *B. cereus*는 식품 내 농도가 6 log CFU/g 이상일 경우 식중독을 유발하는 것으로 알려져 있어(FDA, 2012) 본 연구에서 검출된 밀도로 볼 때 식중독 발병 위험성은 낮은 수준으로 평가되었다. 김 등(2012)의 연구에서도 대형마트와 재래시장에서 수집한 상추를 분석한 결과 일반세균, 대장균군/대장균, *B. cereus*가 각각 5.01~7.44 log CFU/g, 1.15~3.52 log CFU/g, 1.35~3.29 log CFU/g 밀도로 검출되었으며, 기온이 높은 5월, 8월에 채취한 시료에서 미생물 오염도가 더 높게 나타나 본 연구 결과와 유사한 경향을 보였다. Koseki와 Isobe(2005)는 상추 유통 시 온도가 병원균의 최저 생장한계점 이하로 유지되지 않을 경우 유통과정에서 병원균 밀도가 증가할 수 있다고 보고하였는데, 이를 고려할 때 농산물 유통 시 콜드체인 시스템 등을 이용하여 유해미생물의 성장을 억제할 수 있는 환경을 조성하는 것이 중요할 것으로 판단되었다.

표 3. 시기별 유통단계 학교급식 채소류의 위생지표세균 정량분석 결과

(단위: log CFU/g)

작목	조사 시기	일반세균			대장균			대장균군		
		평균±표준편차	최소	최대	평균±표준편차	최소	최대	평균±표준편차	최소	최대
상추	4월	5.71 ± 0.58	5.00	6.51	ND	-	-	1.13 ± 1.61	0.00	4.11
	6월	5.92 ± 0.76	4.73	6.76	0.28 ± 0.68	0.00	1.67	4.00 ± 1.33	2.70	5.82
	7월	6.76 ± 0.53	5.97	7.30	0.25 ± 0.62	0.00	1.52	5.15 ± 0.88	4.13	6.28
	8월	6.25 ± 0.58	5.40	6.90	ND	-	-	4.61 ± 1.30	2.85	5.94
	10월	4.96 ± 0.66	4.34	5.80	ND	-	-	1.85 ± 0.92	0.82	3.05
양상추	4월	3.58 ± 1.22	2.07	4.98	ND	-	-	1.17 ± 1.30	0.00	2.76
	6월	5.99 ± 0.42	5.37	6.42	ND	-	-	2.36 ± 2.26	0.00	5.85
	7월	6.49 ± 0.65	5.60	7.33	ND	-	-	4.52 ± 1.78	2.51	6.73
	8월	6.50 ± 0.29	6.24	7.04	ND	-	-	4.31 ± 1.43	2.24	6.31
	10월	5.97 ± 0.22	5.76	6.28	ND	-	-	0.09 ± 0.21	0.00	0.52
부추	4월	5.49 ± 1.35	3.60	6.92	ND	-	-	1.29 ± 1.42	0.00	2.74
	6월	6.34 ± 0.79	5.48	7.29	ND	-	-	3.44 ± 1.56	1.22	5.28
	7월	6.83 ± 0.35	6.16	7.08	0.53 ± 0.66	0.00	1.52	4.20 ± 0.85	3.13	5.27
	8월	6.10 ± 0.37	5.53	6.63	ND	-	-	4.00 ± 1.31	1.75	5.26
	10월	6.21 ± 0.83	5.03	7.01	ND	-	-	4.76 ± 0.97	3.44	6.25

※ ND: Not Detected

표 4. 시기별 유통단계 학교급식 채소류의 *B. cereus*, *S. aureus* 정량분석 결과

(단위: log CFU/g)

작목	조사시기	<i>B. cereus</i>			<i>S. aureus</i>
		평균±표준편차	최소	최대	
상추	4월	2.13±1.86	0.00	3.48	ND
	6월	2.46±1.35	0.00	3.95	
	7월	1.12±1.25	0.00	2.52	
	8월	1.72±0.93	0.00	2.52	
	10월	1.09±1.22	0.00	2.52	
양상추	4월	ND	-	-	ND
	6월	ND	-	-	
	7월	0.30±0.74	0.00	1.82	
	8월	1.98±1.36	0.52	3.64	
	10월	0.22±0.36	0.00	0.82	
부추	4월	0.81±1.40	0.00	2.43	ND
	6월	2.16±1.33	0.00	3.76	
	7월	1.72±1.41	0.00	3.30	
	8월	1.62±1.38	0.00	3.48	
	10월	2.51±1.67	0.00	4.19	

※ ND: Not Detected

유통단계에서 수거한 학교급식용 상추, 양상추, 부추의 유해미생물 정성분석 결과는 표 5와 같다. *B. cereus*는 상추 시료 30개 중 28개, 양상추 시료 30개 중 21개, 부추 시료 30개 중 23개에서 검출되어 전체 시료 90개 중 72개에서 검출되었다. 양상추에서 상대적으로 *B. cereus*의 검출 빈도가 낮은 이유는 외엽을 제거한 후 유통되기 때문으로 생각된다. *B. cereus*는 토양 유래 세균으로 자연계에 광범위하게 분포하고 있어 완전한 예방이 어려우며, 농산물을 포함한 다양한 식품에서 오염 가능성이 높은 것으로 보고되었다(국립농업과학원, 2021). 그러나 본 연구에서 검출된 *B. cereus*의 밀도는 낮은 수준이었으며, 식중독 발병 위험성 또한 낮은 것으로 판단되었다.

*S. aureus*는 상추 시료에서 2건, 부추 시료에서 1건 검출되었으나 정량분석에서는 검출되지 않았다. 일반적으로 *S. aureus*는 5 log CFU/g 이상의 농도에서 식중독을 유발할 수 있는 것으로 알려져 있으며(FDA, 2012), 본 연구에서 검출된 수준은 이에 미치지 않아 식중독 발생 가능성은 낮은 것으로 판단되었다.

표 5. 시기별 유통단계 학교급식 채소류의 유해미생물 정성분석 결과 (단위: 건)

작목	조사 시기	시료수	병원성 대장균	<i>B. cereus</i>	<i>S. aureus</i>	<i>L. monocytogenes</i>	<i>Salmonella</i> spp.
상추	4월	6	ND	4	1	ND	ND
	6월	6		6	ND		
	7월	6		6	1		
	8월	6		6	ND		
	10월	6		6	ND		
양상추	4월	6	ND	1	ND	ND	ND
	6월	6		5			
	7월	6		3			
	8월	6		6			
	10월	6		6			
부추	4월	6	ND	2	ND	ND	ND
	6월	6		6	ND		
	7월	6		4	ND		
	8월	6		5	1		
	10월	6		6	ND		
소계	4월	18	ND	7	1	ND	ND
	6월	18		17	ND		
	7월	18		13	1		
	8월	18		17	1		
	10월	18		18	ND		
합계	-	90	ND	72	3	ND	ND

※ ND: Not Detected

유통단계에서 수거한 학교급식용 상추, 양상추, 부추에서 검출된 *B. cereus* 및 *S. aureus*의 독소 분석 결과는 표 6, 표 7과 같다. *B. cereus* 독소 분석 결과 설사형 식중독을 유발하는 장독소 유전자(bceT, ent FM), 용혈성 독소 유전자(hblC), 비용혈성 장독소 유전자(NheA), 세포독소 유전자(cytK)는 *B. cereus*가 검출된 65개 시료 중 59~63개 시료에서 양성 반응을 보였다. 반면 구토형 식중독을 유발하는 구토형 독소 유전자(CER)는 *B. cereus*가 검출된 시료 중 7개에서만 검출되었다. 또한 *S. aureus*가 검출된 상추, 부추 시료에서는 독소 유전자가 검출되지 않았다. 김 등(2009)은 다양한 식품에서 분리한 *B. cereus* 257균주에 대하여 독소 유전자 분석 결과 35.4%가 Hbl 독소 생성 유전자(hblA, hblC, hblD)를, 49.4%가 Nhe 독소 생성 유전자(nheA, neheB, neheC)를, 72.7%가 entFM을, 29.2%가 cytK를, 46.7%가 bceT 유전자를 보유하고 있었으며, 5%만이 구토형 독소 유전자를 보유하고 있었다고 보고하였다. 본 연구에서 확인된 독소 유전자 검출 비율은 일부 차이가 있었으나 설사형 독소 유전자의 검출 비율이 구토형 독소 유전자 검출 비율보다 월등히 높게 나타난 점에서 김 등(2009)의 연구 결과와 유사한 경향을 보였다.

표 6. 시기별 유통단계 학교급식 채소류의 *B. cereus* 독소 분석 결과 (단위: 건)

작목	조사 시기	시료수	<i>B. cereus</i> 검출건수	독소 유전자					
				bceT	CER	hblC	NheA	cytK	ent FM
상추	6월	6	6	6	1	6	5	5	5
	7월	6	6	5	ND	3	5	4	5
	8월	6	6	6	1	6	6	6	6
	10월	6	6	6	3	6	6	6	6
양상추	6월	6	5	5		4	5	4	5
	7월	6	3	3	ND	2	3	2	3
	8월	6	6	6		6	6	6	6
	10월	6	6	6		6	6	6	6
부추	6월	6	6	6	ND	6	6	6	6
	7월	6	4	4	1	4	4	4	3
	8월	6	5	5	1	4	4	5	5
	10월	6	6	5	ND	6	6	6	6
소계	6월	18	17	17	1	16	16	15	16
	7월	18	13	12	1	9	12	10	11
	8월	18	17	17	2	16	16	17	17
	10월	18	18	17	3	18	18	18	18
합계	-	72	65	63	7	59	62	60	62

※ bceT(enterotoxin T), CER(cereulide), hblC(용혈성 독소), NheA(비용혈성 장독소, nonhemolytic enterotoxin), cytK(Cytotoxin K, 세포독소), ent FM(enterotoxin FM)

※ ND: Not Detected

표 7. 시기별 유통단계 학교급식 채소류의 *S. aureus* 독소 분석 결과 (단위: 건)

작목	조사 시기	시료수	<i>S. aureus</i> 검출건수	독소 유전자							
				sea	seb	sec	sed	see	seg	seh	sei
상추	4월	6	1					ND			
	7월	6	1					ND			
부추	8월	6	1					ND			

※ ND: Not Detected

〈시험 2〉 학교급식 채소류 재배환경 유해미생물 오염실태 조사

경기지역 학교급식 농산물을 납품하는 상추 농가에서 수집한 상추 및 농업환경의 시기별 위생지표세균, *B. cereus*, *S. aureus*의 정량분석 결과는 표 8, 표 9와 같다. 상추에서 검출된 일반세균, 대장균군 *B. cereus*의 밀도는 각각 4.25~6.03 log CFU/g, 0.55~1.97 log CFU/g, 0.62~2.75 log CFU/g 수준이었으며, 특히 기온이 높았던 8월에 미생물 밀도가 증가하는 경향을 보였다. 이러한 결과는 온도가 상승하는 여름철에 유해미생물이 증식할 가능성이 높으며, 농산물 위생 안전성 관리 측면에서 여름철에 보다 철저한 위생관리가 필요함을 시사한다. 이와 유사하게 김 등(2013)의 연구 결과에서도 생산단계에서 상추의 일반세균, 대장균/대장균군, *B. cereus*의 밀도가 각각 4.57~6.56 log CFU/g, 0.00~1.67 log CFU/g, 1.23~2.18 log CFU/g으로 검출되었으며, 기온이 높았던 시기에 미생물 밀도가 증가하는 경향을 보였다. 또한 본 연구에서 생산단계보다 유통단계에서 위생지표세균 밀도가 전반적으로 높은 경향을 보였는데 이는 유통 및 저장과정에서 미생물이 증식하거나 유통과정 중 교차 오염이 발생했을 가능성이 높기 때문으로 생각된다.

상추재배 토양에서 검출된 일반세균, 대장균, 대장균군의 밀도는 각각 7.29~7.68 log CFU/g, 0.00~0.14 log CFU/g, 2.27~3.90 log CFU/g 수준으로 나타났으며, 시기별로 큰 차이를 보이지 않았다. 또한 대장균의 병원성 여부를 조사한 결과 음성으로 확인되었다. *B. cereus* 밀도는 5.30~5.37 log CFU/g으로 상추에서 검출된 밀도보다 높은 수준이었다. 이는 *Bacillus* 속이 토양에서 가장 많이 분포하는 균주 중 하나로 보고된 바 있으며(ASM, 1994; Bergey's Manual Trust와 ASM, 1986), 이러한 특성을 고려할 때 상추에서 검출된 *B. cereus*의 주요 오염원은 토양일 가능성이 높은 것으로 판단되었다.

농업용수에서 검출된 일반세균의 밀도는 0.22~1.40 log CFU/ml 수준이었으며, 대장균, 대장균군은 검출되지 않았다. 현재 국내에는 농업용수의 미생물 수질기준이 마련되어 있지 않으나 국외 수질기준과 비교할 때 본 연구에서 조사한 농업용수는 미생물학적으로 안전한 수준임을 나타내었다(FDA, 2011).

표 8. 시기별 생산단계 학교급식 상추 및 농업환경의 위생지표세균 정량분석 결과

(단위: log CFU/g · ml)

시료	조사 시기	일반세균			대장균			대장균군		
		평균	최소	최대	평균	최소	최대	평균	최소	최대
상추	4월	4.25±1.12	2.82	5.88	ND	-	-	1.37±1.38	0.00	3.34
	6월	4.73±0.96	2.99	6.06	ND	-	-	0.55±1.65	0.00	4.95
	8월	6.03±0.10	5.88	6.23	ND	-	-	1.97±1.48	0.00	4.21
토양	4월	7.68±0.11	7.56	7.88	ND	-	-	3.90±0.76	3.01	5.43
	6월	7.29±0.19	7.06	7.62	ND	-	-	2.27±1.83	0.00	4.70
	8월	7.65±0.10	7.54	7.80	0.14±0.43	0.00	1.30	3.71±0.66	2.94	4.79
농업용수	4월	1.40±0.99	0.26	2.06	ND	-	-	ND	-	-
	6월	0.22±0.33	0.00	0.60	ND	-	-	ND	-	-
	8월	1.13±1.09	0.43	2.38	ND	-	-	ND	-	-

※ ND: Not Detected

표 9. 시기별 생산단계 학교급식 상추 및 농업환경의 *B. cereus*, *S. aureus* 정량분석 결과

(단위: log CFU/g · ml)

시료	조사 시기	<i>B. cereus</i>			<i>S. aureus</i>
		평균	최소	최대	
상추	4월	0.62±0.97	0.00	2.52	ND
	6월	2.72±2.12	0.00	5.30	
	8월	2.75±1.13	1.52	4.36	
토양	4월	5.32±0.21	5.04	5.60	ND
	6월	5.30±0.42	4.60	5.88	
	8월	5.37±0.35	4.92	5.82	
농업용수	4월	ND	-	-	ND
	6월	ND	-	-	
	8월	ND	-	-	

※ ND: Not Detected

생산단계에서 수거한 학교급식용 상추 및 농업환경의 유해미생물 정성분석 결과는 표 10과 같다. 조사된 총 63개 시료 중에 *B. cereus*는 상추 시료 27개 중 26개, 토양 시료 27개 중 전량, 농업용수 시료 9개 전부에서 검출되어 검출 빈도가 매우 높았다. 이는 *B. cereus*가 자연환경, 특히 토양에 널리 분포하며 농산물과 직접적으로 접촉되기 때문으로 보인다 (APHA, 2001). 그러나 상추에서 검출된 *B. cereus*의 밀도는 식중독 발병 기준 밀도 이하로 나타나 식중독 발병 위험성은 낮은 것으로 생각된다.

*S. aureus*는 조사기가 동안 상추 시료에서 4월과 8월에 각각 1건씩만 검출되어 전체적으로 검출 빈도가 매우 낮고, 정량분석에서는 검출되지 않았다(표 9). 따라서 본 연구에서 검출된 수준은 식중독 발병 기준 이하로 나타나 식중독 발생 위험성이 매우 낮은 것으로 판단되었다.

표 10. 시기별 생산단계 학교급식 상추 및 농업환경의 유해미생물 정성분석 결과

(단위: 건)

시료	시기	시료수	병원성 대장균	<i>B. cereus</i>	<i>S. aureus</i>	<i>L. monocytogenes</i>	<i>Salmonella</i> spp.
상추	4월	9		8	1		
	6월	9	ND	9	ND	ND	ND
	8월	9		9	1		
토양	4월	9		9			
	6월	9	ND	9	ND	ND	ND
	8월	9		9			
농업 용수	4월	3		3			
	6월	3	ND	3	ND	ND	ND
	8월	3		3			
소계	4월	21		20	1		
	6월	21	ND	21	ND	ND	ND
	8월	21		21	1		
합계	-	63	ND	62	2	ND	ND

※ ND: Not Detected

생산단계에서 수거한 학교급식용 상추 및 농업환경에서 검출된 *B. cereus* 및 *S. aureus*의 독소 분석 결과는 표 11, 표 12와 같다. *B. cereus* 독소 분석 결과 설사형 식중독을 유발하는 장독소 유전자(bceT, ent FM), 용혈성 독소 유전자(hblC), 비용혈성 장독소 유전자(NheA), 세포독소 유전자(cytK)는 *B. cereus*가 검출된 62개 시료 중 54~61개 시료에서 양성 반응을 보였다. 반면 구토형 식중독을 유발하는 구토형 독소 유전자(CER)는 *B. cereus*가 검출된 시료 중 17개에서만 검출되었다. 이러한 결과는 *B. cereus* 균주가 주로 설사형 식중독과 관련된 독소 유전자를 보유하고 있음을 시사한다. 유사한 연구에서 김 등(2011)은 들깻잎과 들깻잎 생산환경에서 채취한 시료에서 분리한 *B. cereus* 균주가 모두 설사형 독소 유전자를 보유하고 있었으며, 구토형 독소 유전자는 균주 중 21%에서만 검출되었다고 보고하여 본 연구 결과와 유사한 경향을 나타내었다.

*S. aureus*는 상추 시료에서 낮은 빈도로 검출되었으나 검출된 균주에 대해 독소 유전자 분석을 수행한 결과 장독소 유전자인 sea가 확인되었다. *S. aureus*의 장독소(staphylococcal enterotoxin)는 식품 및 환경에서 증식하는 과정에서 발생하며, 식중독은 주로 A형(sea)과 D형(sed)이 원인으로 알려져 있다(Atanassova V, 2001; 김 등, 2005). 또한 김 등(2006)도 토마토 농장 5곳의 생산환경에서 분리한 *S. aureus* 14균주 중 12균주에서 sea 독소 유전자가 검출되어 본 연구와 유사한 경향을 보였다.

표 11. 시기별 생산단계 학교급식 상추 및 농업환경의 *B. cereus* 독소 분석 결과

(단위: 건)

시료	조사 시기	시료수	<i>B. cereus</i> 검출건수	독소 유전자					
				bceT	CER	hblC	NheA	cytK	ent FM
상추	4월	9	8	7	2	7	5	7	8
	6월	9	9	9	ND	9	7	9	9
	8월	9	9	9	ND	9	9	9	9
토양	4월	9	9	7	6	7	9	6	9
	6월	9	9	7	4	7	7	8	8
	8월	9	9	9	5	9	9	9	9
농업 용수	4월	3	3	3	ND	3	2	3	3
	6월	3	3	3	ND	3	3	3	3
	8월	3	3	3	ND	3	3	3	3
소계	4월	21	20	17	8	17	16	16	20
	6월	21	21	19	4	19	17	20	20
	8월	21	21	21	5	21	21	21	21
합계	-	63	62	57	17	57	54	57	61

※ bceT(enterotoxin T), CER(cereulide), hblC(용혈성 독소), NheA(비용혈성 장독소, nonhemolytic enterotoxin), cytK(Cytotoxin K, 세포독소), ent FM(enterotoxin FM)

※ ND: Not Detected

표 12. 시기별 생산단계 학교급식 상추 및 농업환경의 *S. aureus* 독소 분석 결과

(단위: 건)

시료	조사 시기	시료수	<i>S. aureus</i> 검출건수	독소 유전자							
				sea	seb	sec	sed	see	seg	seh	sei
상추	4월	9	1	1							
	8월	9	1	1				ND			

※ ND: Not Detected

경기지역 학교급식 농산물을 납품하는 부추 농가에서 수집한 부추 및 농업환경의 시기별 위생지표세균, *B. cereus*, *S. aureus*의 정량분석 결과는 표 13, 표 14와 같다. 부추에서 검출된 일반세균 밀도는 6.31~6.88 log CFU/g으로 시기별 비슷한 수준이었으나 대장균군, *B. cereus* 밀도는 각각 1.37~3.56 log CFU/g, 0.67~1.78 log CFU/g으로 기온이 높았던 8월에 시료에서 높은 밀도를 보였다. 이는 여름철 고온이 대장균군과 *B. cereus*의 생육과 증식에 유리한 환경을 조성했기 때문으로 생각된다. 따라서 기온이 높은 여름철에는 농작업 도구와 같이 유해미생물이 작물로 전이될 수 있는 요소에 대한 보다 철저한 위생관리가 요구된다. 부추가 상추보다 일반세균 밀도가 높게 나타난 이유는 부추가 상추보다 재배 과정에서 토양과 더욱 밀접하게 접촉하기 때문인 것으로 판단된다. 상추는 재배 시 토양으로부터 일정 거리를 두고 생육하지만, 부추는 뿌리뿐 아니라 줄기 하부가 토양과 직접적으로 긴밀히 접촉하는 형태로 재배되기 때문이다. 이는 상추, 부추 농가에서 수집된 토양과 농업용수의 일반세균 밀도가 유사한 수준임에도 부추의 세균 밀도가 높게 나타난 원인으로 해석할 수 있다. 또한 Arumuganainar Suresh 등(2009)은 퇴비 부숙단계에서 *E. coli*가 급격히 감소한다고 보고한 바 있으며, 이는 미부숙 퇴비 사용 시 병원성대장균 오염 가능성이 있음을 나타낸다. 이러한 결과를 고려할 때, 부추와 같이 토양과 밀접한 형태로 재배되는 작물은 재배 과정에서는 반드시 완숙 퇴비를 사용하고, 수확 후에는 토양 잔류물을 최대한 제거하며, 포장 및 유통과정에서도 교차 오염을 최소화할 수 있는 관리 방안을 마련할 필요가 있다. 또한, 수확 전 작물 표면에 잔존하는 미생물의 밀도를 줄이기 위해 친환경 살균제나 세척 방법 도입 등의 추가적인 위생관리 방법에 대한 연구가 필요할 것으로 판단된다.

부추재배 토양에서 검출된 일반세균, 대장균, 대장균군의 밀도는 각각 7.20~7.80 log CFU/g, 0.00~0.41 log CFU/g, 2.86~3.95 log CFU/g 수준으로 나타났으며, 대장균의 경우 검출되지 않거나 미량 검출되었으며, 병원성은 확인되지 않았다. *B. cereus* 밀도는 4.85~5.23 log CFU/g으로 부추에서 검출된 밀도보다 높았다. 이를 보았을 때 부추에서 검출된 *B. cereus*의 주요 오염원은 토양일 가능성이 높은 것으로 판단된다.

농업용수에서 일반세균, 대장균군, *B. cereus*가 검출되었으며 밀도는 각각 0.69~1.09 log CFU/ml, 0.00~0.07 log CFU/ml, 0.00~0.15 log CFU/ml 수준으로 낮게 나타났다. 황 등(2021)은 전국 지하수 시료 157개의 위생지표세균 조사에서 대장균군의 평균 밀도가 0.87 log CFU/ml라고 보고하였으며, 본 연구에서 조사한 부추 농업용수의 대장균군 밀도는 이보다 낮은 수준이었다. 또한 *B. cereus*가 검출되긴 하였으나 밀도가 낮아 농업용수의 직접적인 위해 가능성은 낮을 것으로 판단되었다.

표 13. 시기별 생산단계 학교급식 부추 및 농업환경의 위생지표세균 정량분석 결과

(단위: log CFU/g · ml)

시료	조사 시기	일반세균			대장균			대장균군		
		평균	최소	최대	평균	최소	최대	평균	최소	최대
부추	4월	6.87±0.43	6.20	7.55	ND	-	-	1.37±1.78	0.00	3.95
	6월	6.88±0.48	6.33	7.44	ND	-	-	1.84±2.06	0.00	4.94
	8월	6.31±0.85	5.02	7.79	ND	-	-	3.56±0.96	2.16	5.01
토양	4월	7.80±0.44	7.37	8.59	0.41±0.80	0.00	1.82	2.86±0.39	2.43	3.66
	6월	7.25±0.11	7.05	7.44	ND	-	-	3.95±1.06	2.54	5.23
	8월	7.20±0.20	6.91	7.56	0.17±0.51	0.00	1.52	3.42±0.72	2.26	4.26
농업용수	4월	1.09±0.98	0.00	1.90	ND	-	-	ND	-	-
	6월	1.09±0.96	0.00	1.79	ND	-	-	ND	-	-
	8월	0.69±0.39	0.34	1.10	ND	-	-	0.07±0.13	0.00	0.22

※ ND: Not Detected

표 14. 시기별 생산단계 학교급식 부추 및 농업환경의 *B. cereus*, *S. aureus* 정량분석 결과

(단위: log CFU/g · ml)

시료	조사 시기	<i>B. cereus</i>			<i>S. aureus</i>
		평균	최소	최대	
부추	4월	0.78±0.94	0.00	2.12	ND
	6월	0.67±1.01	0.00	2.22	
	8월	1.78±1.36	0.00	3.08	
토양	4월	5.23±0.37	4.52	5.78	ND
	6월	4.85±0.42	4.20	5.37	
	8월	5.03±0.16	4.82	5.33	
농업용수	4월	ND	-	-	ND
	6월	ND	-	-	
	8월	0.15±0.13	0.00	0.22	

※ ND: Not Detected

생산단계에서 수거한 학교급식용 부추 및 농업환경의 유해미생물 정성분석 결과는 표 15에 나타내었다. 조사된 총 63개 시료 중에 *B. cereus*는 부추 시료 27개 중 24개, 토양 시료 27개 중 전량, 농업용수 시료 9개 중 8개에서 검출되었다. 검출 빈도는 높았지만 정량분석에서 부추의 *B. cereus*의 밀도는 식중독 발병 기준 밀도 이하로 나타나 실제 식중독 발병 위험성은 낮은 수준으로 판단되었다.

표 15. 시기별 생산단계 학교급식 부추 및 농업환경의 유해미생물 정성분석 결과

(단위: 건)

시료	시기	시료수	병원성 대장균	<i>B. cereus</i>	<i>S. aureus</i>	<i>L. monocytogenes</i>	<i>Salmonella</i> spp.
부추	4월	9		9			
	6월	9	ND	7	ND	ND	ND
	8월	9		8			
토양	4월	9		9			
	6월	9	ND	9	ND	ND	ND
	8월	9		9			
농업 용수	4월	3		2			
	6월	3	ND	3	ND	ND	ND
	8월	3		3			
소계	4월	21		20			
	6월	21	ND	19	ND	ND	ND
	8월	21		20			
합계	-	63	ND	59	ND	ND	ND

※ ND: Not Detected

생산단계에서 수거한 학교급식용 부추 및 농업환경에서 검출된 *B. cereus*의 독소 분석 결과는 표 16과 같다. 분석 결과 설사형 식중독을 유발하는 장독소 유전자(bceT, ent FM), 용혈성 독소 유전자(hblC), 비용혈성 장독소 유전자(NheA), 세포독소 유전자(cytK)는 *B. cereus*가 검출된 59개 시료 중 56~57개 시료에서 양성 반응을 나타냈다. 반면 구토형 식중독을 유발하는 구토형 독소 유전자(CER)는 *B. cereus*가 검출된 시료 중 26개에서만 확인되었다.

표 16. 시기별 생산단계 학교급식 부추 및 농업환경의 *B. cereus* 독소 분석 결과

(단위: 건)

시료	조사 시기	시료수	<i>B. cereus</i> 검출건수	독소 유전자					
				bceT	CER	hblC	NheA	cytK	ent FM
부추	4월	9	9	9	1	9	9	9	9
	6월	9	7	6	1	7	7	7	7
	8월	9	8	7	5	7	8	8	8
토양	4월	9	9	9	1	9	9	9	9
	6월	9	9	8	5	8	7	6	7
	8월	9	9	9	9	9	9	9	9
농업 용수	4월	3	2	2	1	2	1	2	2
	6월	3	3	3	1	2	3	3	3
	8월	3	3	3	2	3	3	3	3
소계	4월	21	20	20	3	20	19	20	20
	6월	21	19	17	7	17	17	16	17
	8월	21	20	19	16	19	20	20	20
합계	-	63	59	56	26	56	56	56	57

※ bceT(enterotoxin T), CER(cereulide), hblC(용혈성 독소), NheA(비용혈성 장독소, nonhemolytic enterotoxin), cytK(Cytotoxin K, 세포독소), ent FM(enterotoxin FM)

※ ND: Not Detected

유통 및 생산단계에서 수집한 경기지역 학교급식 채소류(상추, 양상추, 부추)의 유해 미생물 분석 결과, *B. cereus*의 검출 빈도가 높게 나타났으나 농산물에서 검출된 밀도는 식중독 발병 기준보다 낮아 학교급식 채소류는 미생물학적으로 안전하였다. 다만, 생산 및 유통과정의 환경 조건에 따라 미생물 오염 가능성이 존재할 수 있으므로 정기적인 미생물 오염 모니터링이 필요하며 재배 및 유통 단계에서의 철저한 위생 관리가 중요할 것으로 판단된다.

4. 적 요

본 연구는 경기지역 학교급식 채소류 미생물학적 안전성을 평가하고 향후 안전관리 기준 설정을 위한 기초자료 제공을 위해 유통단계 및 생산단계의 학교급식 채소류(상추, 양상추, 부추)의 유해미생물 오염 실태를 조사하였으며, 그 결과는 다음과 같다.

<시험 1> 학교급식 채소류 유해미생물 모니터링

- 가. 경기도친환경농산물유통센터에서 수집한 상추, 양상추, 부추의 위생지표세균 조사 결과 일반세균 및 대장균군 밀도는 대체로 4월, 10월에 조사한 시료보다 6~8월에 조사한 시료에서 높은 경향을 보였으며 대장균은 상추와 부추에서 각각 0.00~0.28 log CFU/g, 0.00~0.53 log CFU/g 수준으로 검출되었으나 병원성 조사 결과 모두 음성이었다.
- 나. *B. cereus*는 상추 시료 30개 중 28개, 양상추 시료 30개 중 21개, 부추 시료 30개 중 23개에서 검출되었으며, *S. aureus*는 상추 시료 2개, 부추 시료 1개에서 검출되었으나 검출된 밀도가 식중독 발병 기준보다 낮아 안전하였다.
- 다. *S. aureus*와 *B. cereus*의 독소 분석 결과 *S. aureus*는 독소 유전자가 검출되지 않았으며, *B. cereus*는 설사형 식중독을 유발하는 장독소 유전자(bceT, ent FM), 용혈성 독소 유전자(hblC), 비용혈성 장독소 유전자(NheA), 세포독소 유전자(cytK)가 65개 시료 중 59~63개 시료에서 양성 반응을 보였고, 구토형 식중독을 유발하는 구토형 독소 유전자(CER)는 7개에서만 검출되었다.

<시험 2> 학교급식 채소류 재배환경 유해미생물 오염실태 조사

- 가. 생산단계 학교급식 상추 및 그 재배환경에서 위생지표세균 및 유해미생물 정량 분석 결과 상추에서 검출된 일반세균, 대장균군 *B. cereus*의 밀도는 각각 4.25~6.03 log CFU/g, 0.55~1.97 log CFU/g, 0.62~2.75 log CFU/g 수준이었으며, 8월 고온기에 미생물 밀도가 증가하는 경향을 보였다. *B. cereus*는 낮은 밀도로 검출되어 식중독 가능성은 낮았다.
- 나. 상추재배 토양의 *B. cereus*(5.30~5.37 log CFU/g)의 밀도가 상추보다 높아 토양 기인 오염 가능성이 높았으며 대장균은 일부 검출되었으나 병원성은 없었다. 농업용수에서 검출된 일반세균의 밀도는 0.22~1.40 log CFU/ml 수준이었으며, 대장균, 대장균군, 유해미생물은 검출되지 않았다.
- 다. 상추 및 그 재배환경에 대한 유해미생물 정성분석 결과 *B. cereus*는 상추(26/27), 토양(27/27), 농업용수(9/9)에서 검출되었, 대부분 시료에서 설사형 독소 유전자가

확인되었으나, 구토형 독소 유전자는 일부 시료에서만 검출되었다. *S. aureus*는 상추 시료에서 2건 검출되었으며, 병원성대장균, *S. aureus*, *L. monocytogenes*, *Salmonella* spp.는 모든 시료에서 검출되지 않았다.

- 라. 생산단계 학교급식 부추 및 그 재배환경에서 위생지표세균 및 유해미생물 정량 분석 결과 부추에서 검출된 일반세균 밀도는 6.31~6.88 log CFU/g으로 시기별 비슷한 수준이었으나 대장균군, *B. cereus* 밀도는 각각 1.37~3.56, 0.67~1.78 log CFU/g으로 기온이 높았던 8월에 상대적으로 높은 밀도를 보였다. 부추에서 *B. cereus*가 검출되었으나 검출 밀도가 낮은 수준으로 식중독 발생 가능성은 낮다고 판단되었다.
- 마. 부추재배 토양에서 대장균이 낮은 밀도로 검출되었지만 병원성은 확인되지 않았으며, *B. cereus* 밀도는 4.85~5.23 log CFU/g으로 부추보다 높아 상추와 동일하게 *B. cereus*의 주요 오염원은 토양일 가능성이 높은 것으로 생각되었다.
- 바. 부추재배 농업용수에서 일반세균, 대장균군, *B. cereus*가 각각 0.69~1.09 log CFU/ml, 0.00~0.07 log CFU/ml, 0.00~0.15 log CFU/ml 수준으로 검출되었으며 *B. cereus*의 밀도가 낮아 농업용수의 직접적인 위해 가능성은 낮을 것으로 판단되었다.
- 사. 부추 및 그 재배환경에 대한 유해미생물 정성 분석 결과, *B. cereus*는 부추(24/27), 토양(27/27), 농업용수(8/9)에서 검출되었으며, 설사형 독소 유전자는 대부분 시료에서, 구토형 독소 유전자는 일부 시료에서만 확인되었다.
- 아. 유통 및 생산단계에서 수집한 경기지역 학교급식 채소류(상추, 양상추, 부추)의 유해미생물 분석 결과, *B. cereus*의 검출 빈도가 높게 나타났으나 농산물에서 검출된 밀도는 식중독 발병 기준보다 낮아 학교급식 채소류는 미생물학적으로 안전하였다.

5. 인용문헌

- 국립농업과학원. 2021. 농산물 중 식중독세균 시험법.
- 김미경, 최재천. 2009. 식중독을 유발하는 독소와 제어-바실러스 세레우스의 설사형 독소와 구토형 독소. 식품과학과 산업. 42(2): 2-19.
- 김세리, 김원일. 2013. 채소류의 주요 유해미생물 위해평가 및 관리체계 구축. 국가R&D연구보고서(국립농업과학원). P1-125.
- 김세리, 박선자, 심원보, 김형갑, 정덕화. 2005. 진주 지역 딸기 주스 상점에서의 *Staphylococcus aureus*의 분리와 staphylococcal enterotoxin a, b, c gene 검색. 한국환경보건학회지. 31(1): 23-30.
- 김세리, 이지영, 이서현, 류경열, 박경훈, 김병석, 윤요한, 심원보, 김경열, 하상도, 윤종철, 정덕화. 2011. 들깻잎과 생산환경에서 분리한 *Bacillus cereus*의 독소 유전자와 항생제 감수성 분석. 한국식품과학회지. 43(2): 134-141.

- 김원일, 정향미, 김세리, 박경훈, 김병석, 윤종철, 류경열. 2012. 시기별 엽채류의 미생물 오염도와 유통 조건 조사. 식품위생안전성학회지. 27(3): 277-284.
- 김진수, 이진하, 김지훈, 최주미, 김세리, 하상도, 김근성, 이규호, 김민곤, 김광엽, 김철호, 정덕화. 2006. 서부 경남지역 토마토 농장에서 분리된 *Staphylococcus aureus*의 내독소 유전자의 특성과 항생제 감수성. 식품위생안전성학회지. 38(2): 295-303.
- 식품의약품안전처. 식중독 통계.
- 한국농수산식품유통공사. 2016. 가공식품 세분시장 현황.
- 한국농수산식품유통공사. 2021. 코로나 전후 식품 소비 조사.
- 황인준, 박대수, 채효빈, 김은선, 윤재현, 나젠드란 라자린감, 최송이, 김세리. 2021. 전국 농업용수(하천수, 지하수)의 유해세균 오염실태 조사 및 분리균주 특성구명. 국가R&D연구보고서(국립농업과학원). P1-72.
- American Public Health Association(APHA). 2001. Compendium of methods for the microbiological examination of foods.
- American Society for Microbiology(ASM). 1994. Methods for General and Molecular Bacteriology.
- Arumuganainar Suresh, Hong Lim Choi, Hongqing Yao, Kun Zhu. 2009. Assessment of Compost Maturity on Their Different Stages with Microbial and Biochemical Mass Dynamics. 유기물자원화학회지. 17(4): 36-47.
- Atanassova V, Meindl A, Ring C. 2001. Prevalence of *Staphylococcus aureus* and staphylococcal enterotoxin in raw pork and uncooked smoked ham—a comparison of classical culturing detection and RFLP-PCR. Int J Food Microbiol. 68(1-2): 105-113.
- Bergey's Manual Trust, American Society for Microbiology(ASM). 1986. Bergey's Manual of Systematic Bacteriology.
- FDA. 2011. Food Safety Modernization Act.
- FDA. 2012. Bad Bug Book: Foodborne Pathogenic Microorganisms and Natural Toxins Handbook.
- Koseki, S. and Isobe, S. 2005. Prediction of pathogen growth on iceberg lettuce under real temperature history during distribution from farm to table. Int. J. Fd. Microbiol. 104: 239-248.

6. 연구결과 활용제목

- 경기지역 학교급식 채소류 유해미생물 모니터링('24 기초활용)

7. 연구원 편성

세부과제	구분	소속	직급	성명	수행업무	참여년도	
						'23	'24
경기지역 학교급식 채소류 유해미생물 안전관리기술 개발	책임자	환경농업연구과	농업연구사	조동현	시험총괄	○	○
	공동연구자	환경농업연구과	농업연구관	심상연	연구자문	○	-
		작물연구과	농업연구관	임성희	연구자문	-	○
		환경농업연구과	농업연구사	한정아	정성분석	○	○
		환경미생물연구소	농업연구사	윤승환	미생물관리	○	○
		종자관리소	농업연구사	최종인	정량분석	○	-
		환경농업연구과	농업연구관	최준영	정량분석	-	○
				박중수	결과검토	○	○