



과제구분	기본연구	수행시기		전반기	
연구과제 및 세부과제		연구분야	수행기간	연구실	책임자
안전농산물 생산을 위한 작물안전성 연구		농산물 안전성	'21~'26	환경농업연구과	한정아
도내 유통 신선편이 채소류 유해미생물 현황조사 및 관리기술 개발		농산물 안전성	'22~'24	환경농업연구과	임성희
색인용어	신선편이 채소, 대형유통마트, 유해미생물, 식중독				

ABSTRACT

The results of monitoring the degree of contamination of harmful microorganisms and quantitative and qualitative analysis are as follows in order to establish basic data that can evaluate the potential risk of food poisoning microorganisms on ready-to-eat leafy vegetables distributed in large marts in Gyeonggi-do.

In 2024, 46.5% of the samples sold in large supermarkets for harmful microorganisms were produced in Gyeonggi-do, 43.7% were produced in other regions, and 9.9% were difficult to identify the place of production. As a result of the quantitative analysis of hygiene index bacteria for 5 crops of sesame leaves, lettuce, lettuce, celery, and leek, the concentration was generally high in leeks and tended to be low in sesame leaves. The concentration of harmful microorganisms by year showed a tendency to be slightly lower in 2022, higher in 2023, and lower again in 2024, and on a monthly basis, both aerobic bacteria and *E. coli* tended to be higher in samples collected in June and September than in April.

As a result of a three-year investigation on the contamination of leafy vegetables sold in large supermarkets, no high-risk food poisoning bacteria such as *E. coli* O157:H7, *Salmonella* spp., and *L. monocytogenes* were detected. But in April 2024, *Staphylococcus aureus* was detected in one lettuce collected from Ha○○○○, and *E. coli* was detected in pesticide-free lettuce and conventionally cultivated sesame leaves collected in E○○ in September, but both were non-pathogenic.

Bacillus cereus was detected at a high frequency but was judged to be no major problem due to low detection concentration, and as a result of toxicity tests on vegetables in which *Bacillus cereus* was detected, most of them tested positive for enterotoxin genes BcET, Ent FM, hemolytic toxin gene Hbl, non-hemotoxic enterotoxin gene NheA, and cytotoxin gene CytK, and CER was low detection frequency.

Key words : Fresh vegetables, Large supermarkets, Harmful microorganisms, Food poisoning

1. 연구목표

국민의 소득향상 및 건강에 대한 관심이 고조되면서 안전 농산물에 대한 소비자 요구와 중요성은 지속적으로 증가하고 있으며, 이에 따라 친환경 재배, PLS 제도 도입, 농경지 토양 및 수질 등 비점오염원 관리, 중금속 검사 등 생산과 소비 측면 모두에서 안전한 농산물을 공급할 수 있도록 다각적인 노력을 하고 있다. 농촌진흥청 조사 결과에 따르면 소비자가 농축산식품 구매 시 중요하게 생각하는 고려 사항은 안전성, 품질, 영양가 등의 순으로 나타나 소비자의 가장 우선된 고려 사항은 안전한 농산물임을 알 수 있다(농진청, 2020).

국내 식중독 사고는 증감을 반복하며 일정 수준 지속해서 발생하고 있으며, 식중독 발생에 따른 사회 경제적 손실 비용은 연간 1조 8천억 원에 달하는 것으로 추정된다. 식중독을 일으키는 원인균은 병원성대장균, 노로바이러스, 살모넬라 등으로 그중, 병원성대장균을 가장 많이 발생시킨 식품은 채소류인 것으로 나타났다(Hong et al., 2012). 특히 신선편이 채소류는 생으로 섭취되는 경우가 많아 병원성 미생물의 오염 가능성이 높으며, 조리과정을 거치지 않기 때문에 유해 미생물에 의한 식중독 위험이 높다. 최근 과일과 채소에 의한 식중독 발생 사례가 국내·외에서 보고되고 있으며, 생식용 채소는 생산과정에서 오염된 토양, 퇴비, 관개수, 농자재 등에 의해 식중독 원인균에 오염될 가능성이 있어 재배 환경 위해요소를 파악하고 오염을 예방하는 것이 중요하다(Koseki et al., 2005). 2023년 경기도 내 식중독 발생 건수는 78건으로 2022년 49건보다 많아졌으며, 학교급식 식중독 발생 건수도 늘어나고 있어 생산단계에서 식중독균 모니터링을 통한 식품의 안전관리가 꼭 필요하다.

외국에서는 새싹 채소, 샐러드, 로메인상추 등에서 유해 미생물로 인한 식중독 사고가 종종 일어나고 있는데 2005년 스웨덴에서 발생한 *E.coli* O157:H7에 오염된 양상추, 2005년 미국에서 발생한 살모넬라에 오염된 토마토, 2018년 *E.coli* O157:H7, *E.coli* O61에 오염된 로메인상추에 의한 식중독 사고는 재배 환경 중 농업용수로 인해 농산물이 식중독균에 오염되었을 것으로 추정된 사례이다.

대형마트는 소비자들이 엽채류를 구입하는 주된 장소로 소비자의 건강보호를 위하여 농약잔류 뿐만아니라 식중독을 일으킬 수 있는 유해미생물에 대한 관리가 필요하다. 본 연구는 2002년부터 3년간 경기도 지역 대형마트 5개소를 대상으로 판매되고 있는 엽채류의 주요 병원성 미생물 분포 및 오염수준을 조사하여 식중독 미생물에 대한 잠재적인 위험성을 평가하는 기초자료로 활용하고자 수행하였으며 그 결과를 다음과 같이 보고하고자 한다.

2. 재료 및 방법

가. 조사대상

유통마트에서 판매하고 있는 엽채류의 유해미생물 오염정도를 모니터링하기 위하여 2022년부터 2024년까지 경기도내 대형유통마트 4개소에서 연간 3회 시료를 수집하였다. 상추, 깻잎, 양상추는 2022년부터 3년간, 셀러리는 2023년부터 2년간, 부추는 2024년에만 조사하였다. 2024년도에는 마트 1개소에서 상추, 깻잎, 양상추, 부추 작목에 대해 친환경과 관행재배 시료를 같이 수집하여 재배방식에 대한 차이를 비교해 보고자 하였다. 제품 수집 후 시료는 원 상태를 유지할 수 있도록 아이스팩이 담긴 아이스박스를 이용하여 운반하였고 수집 당일 전처리를 수행하였다.

나. 유해미생물 정량분석

수집한 엽채류 25g을 멸균백에 넣고 0.1% 펄톤수, 0.85% 생리식염수, 인산완충용액 225ml이 포함된 전처리 용액을 첨가한 후 stomacher로 시료를 2분간 균질화하여 시험에 사용하였다.

일반세균, 대장균, 대장균군의 정량분석에는 건조필름법을 사용하였는데, 우선 피펫을 이용해 균질화된 시료 1ml를 취하고, 멸균수를 이용하여 10배 단계로 희석하였다. 건조필름 중 일반세균은 AC필름, 대장균과 대장균군은 EC필름을 이용하여 원액 또는 각 단계별 희석액 1ml를 접종하였고 각각 34~36℃에서 46~50시간, 34~36℃에서 22~26시간 배양하여 집락의 수를 계산하였다. 집락수를 계산하기 위해서 1개 평판당 15~300개의 집락을 생성한 평판을 선택하였으며 대장균은 TSA 배지에 다시 계대배양하여 Vitek 2 및 Real-time PCR로 균의 종류를 확인하였다.

*Staphylococcus aureus*와 *Bacillus cereus*의 정량분석에는 표면 도말법을 이용하였다. 건조필름법과 같은 방식으로 균질화된 시료 1ml를 멸균수를 이용하여 10배 단계로 희석한 후 원액 또는 각 단계별 희석액 100μl를 선택배지에 분주하고 도말하였다. *Staphylococcus aureus*는 BPA 배지를, *Bacillus cereus*는 MYPA배지를 이용하였고, 각각 35~37℃에서 45~51시간, 30℃에서 24시간 배양을 하여 집락의 수를 계산하였다. 이후 TSA 배지에 다시 계대배양하여 Vitek 2 및 Real-time PCR로 균의 종류를 확인하였다.

다. 유해미생물 정성분석

Escherichia coli, *Salmonella* spp., *Staphylococcus aureus*, *Bacillus cereus*의 정성분석을 위해서 수집한 엽채류 25g을 멸균백에 넣고 TBS 225ml이 포함된 전처리 용액을 첨가한 후 stomacher로 시료를 2분간 균질화하여 전처리 하였으며, *Listeria*

*monocytogenes*를 분석하기 위해서는 TBS 225ml 대신 UVMB 225ml를 전처리 용액으로 이용하였다. 35℃에서 24시간 배양 후 코젠바이오텍사의 Quick Extraction kit를 이용하여 DNA를 추출하였고 병원성대장균은 Diarrheal *E. coli* 4-plex kit I, II를, 그 외 균은 Pathogen kit를 이용하여 Realtime PCR 후 검체를 확인하였다. DNA 추출 및 PCR 방법과 조건은 제조업체 프로토콜에 준하여 수행하였다. 식중독균이 검출된 경우는 해당균을 분리배양하고 선택배지에 도말한 후 Vitek2로 2차 동정을 하였다. 사용된 선택배지는 병원성대장균은 EMBA, *Salmonella* spp.는 XLT4 Agar, *Staphylococcus aureus*는 BPA, *Bacillus cereus*는 MYPA, *Listeria monocytogenes*는 OA 배지였다.

3. 결과 및 고찰

가. 조사대상

2024년 경기도내 대형마트에서 판매되고 있는 엽채류 유해미생물 모니터링을 위해 수집한 시료의 생산지역을 조사해 본 결과 경기도가 46.5%, 타도가 43.7%, 생산지 확인이 어려운 경우가 9.9%였다(표 1).

표 1. 2024년 도내 유통 엽채류 조사대상 및 생산지역 (점, (%))

구 분	계	상추	부추	깻잎	양상추	셀러리
경기도생산	33(46.5)	13(39.4)	11(33.3)	3(9.1)	2(6.1)	4(12.1)
타도생산	31(43.7)	1(3.2)	3(9.7)	9(29)	10(32.3)	8(25.8)
미표시	7(9.9)	2(28.6)	1(14.3)	3(42.9)	1(14.3)	0(0)

↓. 조사대상: 4개소(흙○○○(영통), 롯데○○○(영통), 하○○○○(동탄), 이○○(동탄))

나. 유해미생물 정량분석

2022년 4월, 6월, 9월에 깻잎, 상추, 양상추 시료를 수집하여 분석한 결과 일반세균은 깻잎에서 2.54~5.53 log CFU/g, 상추에서 2.41~6.24 log CFU/g, 양상추에서 1.00~5.07 log CFU/g 밀도로 검출되었으며, 4월보다 6월 조사 시료에서 밀도가 높았고, 9월에는 낮아지는 경향을 보였다. 대장균군 및 대장균은 깻잎에서 1.30~4.18 log CFU/g, 상추에서 2.00~4.95 log CFU/g, 양상추에서 1.00~4.30 log CFU/g 범위로 상추의 오염도 범위가 비교적 높게 나타났다(표 2).



표 2. 2022년 위생지표세균 정량분석 결과

(단위: log CFU/g)

수집 장소	조사 시기	대상 채소류	호기성세균			대장균군/대장균			<i>B. cereus</i>			<i>S. aureus</i>		
			평균	최소	최대	평균	최소	최대	평균	최소	최대	평균	최소	최대
흙○○○ (영통)	4월	깻잎	3.01	3.00	3.18	ND			ND			ND		
		상추	3.19	3.08	3.28									
		양상추	3.13	3.04	3.23	4.07	3.81	4.30						
	6월	깻잎	5.18	5.15	5.19	3.99	3.90	4.18				ND		
		상추	5.09	5.05	5.11	3.66	3.60	3.78	ND			2.37	2.23	2.51
		양상추	1.73	1.00	2.15	ND						ND		
	9월	깻잎	5.29	5.15	5.53	2.68	2.48	3.00						
		상추	3.96	3.85	4.00	1.72	1.60	1.85	ND			ND		
		양상추	3.42	3.00	3.76	ND								
롯데○○○ (영통)	4월	깻잎	2.83	2.54	3.00									
		상추	3.67	3.00	4.18	ND			ND			ND		
		양상추	2.33	2.08	2.70									
	6월	깻잎	3.50	3.30	3.70	ND								
		상추	6.22	6.21	6.24	4.48	4.36	4.60	ND			ND		
		양상추	4.97	4.90	5.07									
	9월	깻잎	3.01	2.84	3.30									
		상추	4.34	4.11	4.49	3.77	3.48	3.79	ND			ND		
		양상추	2.62	2.30	3.00	ND								
이○○ (동탄)	4월	깻잎	5.00	4.98	5.03	3.30	3.00	3.48						
		상추	2.52	2.41	2.58	ND			ND			ND		
		양상추	2.77	2.71	2.80									
	6월	깻잎	2.87	2.60	3.04									
		상추	5.03	5.00	5.06	ND			ND			ND		
		양상추	4.17	4.00	4.34									
	9월	깻잎	4.07	3.95	4.23	1.83	1.48	2.00						
		상추	4.17	4.11	4.32	1.71	1.30	2.04	ND			ND		
		양상추	4.58	4.56	4.60	3.59	3.36	3.90						
농○○○ (동탄)	4월	깻잎	3.30	3.00	3.62	1.39	1.30	1.48				1.48	1.30	1.60
		상추	4.53	4.49	4.56	ND			ND			ND		
		양상추	3.07	3.00	3.18									
	6월	깻잎	4.84	4.78	4.89	3.84	3.70	3.90						
		상추	4.26	4.20	4.32	2.10	2.00	2.30	ND			ND		
		양상추	4.66	4.63	4.71	2.70	2.48	2.85						
	9월	깻잎	4.00	3.78	4.20	3.03	2.45	3.48						
		상추	5.21	4.90	5.60	4.92	4.86	4.95	ND			ND		
		양상추	4.38	4.32	4.45	1.00	1.00	1.00						

J. ND: Not Detected

2023년 깻잎, 상추, 양상추, 셀러리 4작목에 대한 위생지표세균 분석결과 5월에 수집한 상추에서 밀도가 최대 7.22 log CFU/g로 가장 높았으며, 7월과 9월 분석결과에서도 비슷한 경향을 보였다(표 3).

표 3. 2023년 위생지표세균 정량분석 결과

(단위: log CFU/g)

수집 장소	조사 시기	대상 채소류	호기성세균			대장균군		
			평균	최소	최대	평균	최소	최대
홈○○○○ (영통)	5월	깻잎	5.98	5.96	5.99	4.52	4.49	4.56
		상추	6.37	6.35	6.39	5.85	5.81	5.92
		양상추	6.37	6.35	6.39	3.04	2.98	3.13
		셀러리	4.59	4.56	4.62	2.32	2.23	2.4
	7월	깻잎	6.09	6.06	6.13	4.2	4.17	4.25
		상추	6.28	6.26	6.28	3.16	3.14	3.18
		양상추	6.55	6.5	6.58	-	-	-
		셀러리	6.35	6.29	6.42	4.5	4.48	4.53
	9월	깻잎	6.2	6.17	6.25	5.2	5.17	5.25
		상추	6.97	6.92	7	4.42	4.41	4.43
		양상추	6.46	6.45	6.46	4.3	4.26	4.33
		셀러리	5.8	5.81	5.86	3.5	3.44	3.5
롯데○○○○ (영통)	5월	깻잎	5.56	5.53	5.6	1.92	1.6	2.04
		상추	7.22	7.18	7.26	6.16	6.15	6.16
		양상추	4.18	4.15	4.24	1.88	1.6	2
		셀러리	5.35	5.32	5.37	-	-	-
	7월	깻잎	6.4	6.4	6.41	4.52	4.5	4.53
		상추	6.48	6.47	6.51	5.35	5.3	5.37
		양상추	5.5	5.47	5.52	3.05	3.03	3.07
		셀러리	6.45	6.41	6.48	4.65	4.63	4.67
	9월	깻잎	6.04	5.98	6.09	4.38	4.36	4.4
		상추	6.7	6.65	6.75	5.38	5.36	5.39
		양상추	7.24	7.23	7.26	4	3.97	4.03
		셀러리	6.5	6.48	6.52	5.13	5.1	5.16
하○○○○○ (동탄)	5월	깻잎	5.53	5.51	5.54	2.29	2.15	2.36
		상추	7.5	7.45	7.51	6	6.01	6.05
		양상추	6.64	6.58	6.67	2.91	2.89	2.93
		셀러리	5.16	5.05	5.21	2.71	2.2	2.85
	7월	깻잎	5.18	5.16	5.19	4.3	4.25	4.33
		상추	7.1	7.11	7.17	6	5.98	6.09
		양상추	6.22	6.2	6.24	2.52	2.3	2.78
		셀러리	6.14	6.08	6.19	4.45	4.41	4.47
	9월	깻잎	7.05	7.03	7.06	5.44	5.43	5.44
		상추	7	6.91	7.03	4.01	3.96	4.04
		양상추	6.1	6.07	6.14	2.61	2.52	2.67
		셀러리	5.77	5.74	5.79	3.34	3.3	3.37
이○○○ (동탄)	5월	깻잎	3.47	3.45	3.51	-	-	-
		상추	5.45	5.44	5.46	-	-	-
		양상추	6.23	6.18	6.26	3.67	3	3.95
		셀러리	6.14	6.12	6.16	4.78	4.73	4.83
	7월	깻잎	5.63	5.61	5.69	4.44	4.42	4.46
		상추	7.44	7.4	7.46	5.16	5.12	5.21
		양상추	6.42	6.42	6.42	3.21	3.2	3.22
		셀러리	7.32	7.34	7.39	5.17	5.17	5.18
	9월	깻잎	4.88	4.87	4.9	2.31	2.2	2.36
		상추	6.08	6.05	6.1	5.23	5.22	5.24
		양상추	6.43	6.41	6.44	2.21	2.18	2.26
		셀러리	6.92	6.95	6.96	3.94	3.88	4.01

2024년 깻잎, 상추, 양상추, 셀러리, 부추 5작목에 대해 위생지표 세균을 정량분석한 결과 대체적으로 부추에서 농도가 높게 나타났으며, 깻잎에서는 낮게 나타나는 경향이였다(그림 1). 호기성세균은 4월에 양상추, 셀러리, 부추에서 농도가 다소 높았고 대체적으로 9월로 갈수록 농도가 높아졌으며, 대장균군도 전체적으로 4월보다는 6월, 9월에 수집한 시료에서 농도가 높아지는 경향을 보였다(표 3, 그림 2). 년도별 유해미생물 발생 농도를 보면 2022년은 다소 유해미생물 농도가 낮고 2023년에 밀도가 높아졌으며 2024년에는 다시 조금 낮아지는 경향을 보였다(그림 3). 유해미생물 중 *Bacillus cereus*는 검출빈도는 높았으나 평균 검출 농도는 상추 1.0, 깻잎 0.6, 부추 0.4, 양상추 0.1 log CFU/g으로 농도는 낮아 식중독 위험성이 적은 것으로 나타났다(표 4, 그림 4). 이○○에서 수집한 관행과 친환경 재배 농산물의 유해미생물을 분석한 결과 부추, 상추, 양상추는 친환경농산물에서, 깻잎은 관행 농산물에서 유해미생물의 밀도가 다소 높게 나타나 재배방식에 따른 미생물의 농도 차이를 특정하기는 어려웠다(Fig. 5).

표 4. 2024년 위생지표세균 및 *Bacillus cereus* 정량분석 결과

(단위: log CFU/g)

수집 장소	조사 시기	대상 채소류	호기성세균			대장균군			<i>Bacillus cereus</i>		
			평균	최소	최대	평균	최소	최대	평균	최소	최대
흙○○○○ (영동)	4월	깻잎	4.79	4.72	4.84	4.13	4.11	4.16	ND ¹	ND	ND
		상추	6.55	6.46	6.60	3.59	3.54	3.63	ND	ND	ND
		양상추	5.28	5.26	5.31	4.08	4.05	4.12	ND	ND	ND
		셀러리	6.37	6.35	6.41	4.95	4.91	5.00	ND	ND	ND
		부추	7.35	7.33	7.37	6.29	6.24	6.36	ND	ND	ND
	6월	깻잎	5.51	5.48	5.56	2.42	2.36	2.41	ND	ND	ND
		상추	5.37	5.35	5.39	3.06	2.95	3.14	ND	ND	ND
		양상추	4.42	4.36	4.45	3.27	3.24	3.28	ND	ND	ND
		셀러리	5.42	5.39	5.45	2.91	2.82	2.96	ND	ND	ND
		부추	6.96	6.93	7.00	3.34	3.30	3.38	ND	ND	ND
	9월	깻잎	5.97	5.94	6.00	2.89	2.84	2.94	4.63	4.43	4.84
		상추	6.86	6.81	6.90	3.28	3.23	3.32	3.31	3.23	3.36
		양상추	5.97	5.95	5.98	5.85	5.81	5.87	ND	ND	ND
		셀러리	5.34	5.32	5.36	3.14	3.09	3.21	ND	ND	ND
		부추	5.80	5.94	6.00	4.21	4.19	4.25	ND	ND	ND
롯데○○○ (영동)	4월	깻잎	3.87	3.70	4.04	ND	ND	ND	ND	ND	ND
		상추	6.96	6.94	6.98	ND	ND	ND	2	ND	2.48
		양상추	5.62	5.57	5.65	ND	ND	ND	ND	ND	ND
		셀러리	4.74	4.70	4.77	1.48	1.30	1.48	ND	ND	ND
		부추	6.31	6.28	6.33	5.03	4.48	5.18	ND	ND	ND
	6월	깻잎	5.12	5.06	5.19	ND	ND	ND	ND	ND	ND
		상추	6.52	6.49	6.57	3.27	3.23	3.32	2.37	2	2.6
		양상추	5.44	5.38	5.48	4.13	4.05	4.21	1.52	ND	2
		셀러리	4.70	4.65	4.72	ND	ND	ND	ND	ND	ND
		부추	7.16	7.13	7.21	6.09	6.07	6.11	ND	ND	ND
	9월	깻잎	5.70	5.65	5.74	3.67	3.64	3.72	ND	ND	ND
		상추	6.16	6.12	6.20	5.13	5.13	5.14	ND	ND	ND
		양상추	7.04	7.00	7.06	5.57	5.43	5.67	ND	ND	ND
		셀러리	6.55	6.03	6.11	2.81	2.76	2.84	ND	ND	ND
		부추	6.19	6.12	6.24	2.98	2.92	3.06	ND	ND	ND



수집 장소	조사 시기	대상 채소류	호기성세균			대장균군			<i>Bacillus cereus</i>		
			평균	최소	최대	평균	최소	최대	평균	최소	최대
하○○○○○ (동탄)	4월	깻잎	5.30	5.26	5.35	3.13	3.07	3.20	ND	ND	ND
		상추	4.52	4.45	4.57	ND	ND	ND	ND	ND	ND
		양상추	5.85	5.79	5.89	1.08	ND	1.48	ND	ND	ND
		셀러리	6.18	6.35	6.40	ND	ND	ND	ND	ND	ND
		부추	5.84	5.82	5.86	ND	ND	ND	ND	ND	ND
	6월	깻잎	5.64	5.56	5.72	5.20	5.17	5.22	ND	ND	ND
		상추	6.83	6.80	6.86	5.25	5.19	5.31	ND	ND	ND
		양상추	5.93	5.83	5.98	2.31	2.28	2.34	ND	ND	ND
		셀러리	7.18	7.17	7.19	5.94	5.92	5.95	ND	ND	ND
		부추	6.16	6.12	6.19	ND	ND	ND	ND	ND	ND
	9월	깻잎	5.95	5.91	5.98	ND	ND	ND	1.92	ND	2.38
		상추	6.03	6.00	6.05	4.58	4.43	4.67	ND	ND	ND
		양상추	6.10	6.08	6.13	2.53	2.47	2.58	ND	ND	ND
		셀러리	5.90	5.85	5.96	3.75	3.72	3.78	ND	ND	ND
		부추	6.28	6.26	6.31	3.51	3.46	3.56	ND	ND	ND
	4월	깻잎	3.23	3.00	3.30	ND	ND	ND	ND	ND	ND
		상추	4.55	4.46	4.61	ND	ND	ND	2.52	2.3	2.6
		양상추	6.18	6.15	6.21	2.26	2.08	2.38	ND	ND	ND
		셀러리	5.75	5.75	5.76	ND	ND	ND	ND	ND	ND
		부추	7.07	7.05	7.09	2.77	2.73	2.81	ND	ND	ND
		깻잎(무농약)	5.02	4.89	5.08	ND	ND	ND	ND	ND	ND
		상추(무농약)	5.18	5.17	5.19	ND	ND	ND	2.22	2	2.3
		양상추(유기)	6.42	6.38	6.44	ND	ND	ND	ND	ND	ND
		부추(무농약)	7.39	7.36	7.43	4.73	4.68	4.75	ND	ND	ND
		깻잎	5.31	5.29	5.34	ND	ND	ND	ND	ND	ND
이○○○ (동탄)	6월	상추	5.24	5.17	5.30	2.46	2.41	2.49	ND	ND	ND
		양상추	5.87	5.83	5.90	2.39	2.23	2.51	ND	ND	ND
		셀러리	5.22	5.21	5.24	2.69	2.61	2.75	ND	ND	ND
		부추	5.43	5.41	5.44	4.19	4.23	4.30	ND	ND	ND
		깻잎(무농약)	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
		상추(무농약)	5.85	5.83	5.88	3.13	3.00	3.24	ND	ND	ND
		양상추(유기)	5.96	5.93	6.01	2.89	2.86	2.95	ND	ND	ND
		부추(무농약)	7.17	7.15	7.18	3.39	3.32	3.45	3.8	3.78	3.83
	9월	깻잎	5.86	5.85	5.88	3.89	3.86	3.90	ND	ND	ND
		상추	5.78	5.72	5.86	ND	ND	ND	ND	ND	ND
		양상추	5.90	5.86	5.94	ND	ND	ND	ND	ND	ND
		셀러리	6.05	6.02	6.09	3.18	3.15	3.23	ND	ND	ND
		부추	7.12	7.11	7.13	3.97	3.90	4.02	ND	ND	ND
		깻잎(무농약)	5.40	5.37	5.44	2.10	2.00	2.23	3.1	3	3.23
		상추(무농약)	6.82	6.79	6.85	4.07	3.96	4.20	2.82	2.7	2.9
		양상추(유기) 단경기	7.19	7.14	7.22	5.15	5.11	5.18	2	2	2

ND: Not Detected



(단위: log CFU/g)

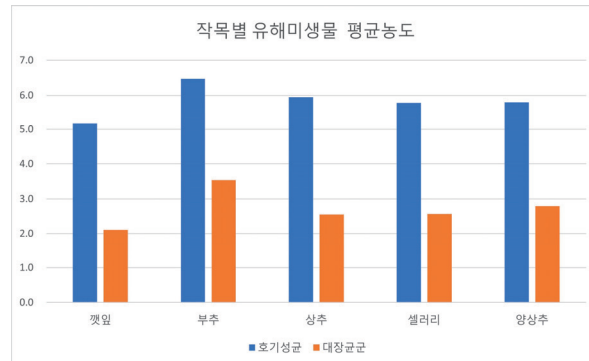


그림 1. 2024년 수집 작목의 유해미생물 평균농도

(단위: log CFU/g)

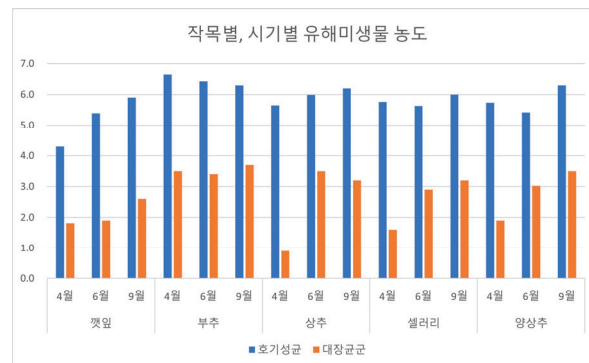


그림 2. 2024년 수집 작목의 시기별 유해미생물 농도

(단위: log CFU/g)

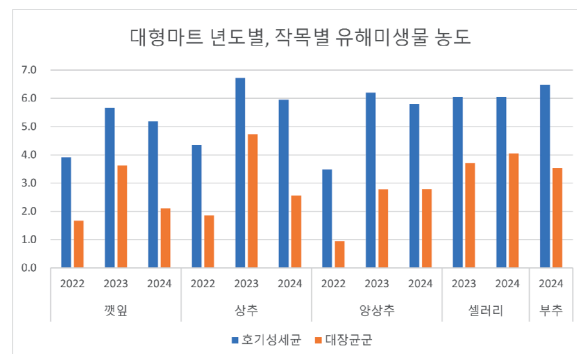


그림 3. 년도별 유해미생물 농도 변화

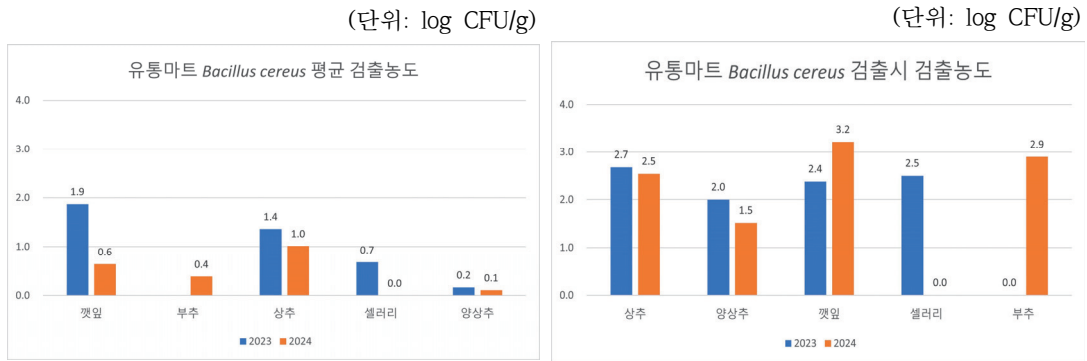


그림 4. *Bacillus cereus* 검출 농도

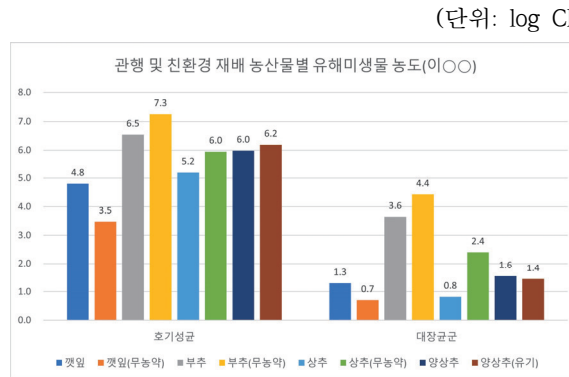


그림 5. 관행 및 친환경 재배농산물 유해미생물 검출농도

다. 위생지표세균 정성분석

2022년 분석에서는 *Enterococcus* spp.가 세 가지 시료 중 깻잎에서 가장 빈번히 검출되었으며, *E. coli*는 6월 이○○○와 농○○○, 9월 농○○○ 시료를 제외하고 검출되지 않았다. *E. coli* O157:H7, *Salmonella* spp., *B. cereus*, *L. monocytogenes*는 모든 시료에서 검출되지 않았다(표 5).

표 5. 2022년 유해미생물 정성분석결과

수집 장소	조사 시기	대상 채소류	<i>Enterococcus</i> spp	<i>E. coli</i>	<i>E. coli</i> O157:H7	<i>Salmonella</i> spp	<i>B. cereus</i>	<i>L. monocytogenes</i>
흙○ ○○ (영통)	4월	깻잎	+	-	-	-	-	-
		상추	+	-	-	-	-	-
		양상추	-	-	-	-	-	-
	6월	깻잎	+	-	-	-	-	-
		상추	-	-	-	-	-	-
		양상추	-	-	-	-	-	-
롯데 ○○ (영통)	4월	깻잎	+	-	-	-	-	-
		상추	-	-	-	-	-	-
		양상추	+	-	-	-	-	-
	6월	깻잎	-	-	-	-	-	-
		상추	-	-	-	-	-	-
		양상추	-	-	-	-	-	-
이○○ (동탄)	4월	깻잎	-	-	-	-	-	-
		상추	-	-	-	-	-	-
		양상추	-	-	-	-	-	-
	6월	깻잎	-	-	-	-	-	-
		상추	-	-	-	-	-	-
		양상추	-	-	-	-	-	-
농○○ (동탄)	4월	깻잎	-	-	-	-	-	-
		상추	-	-	-	-	-	-
		양상추	-	-	-	-	-	-
	6월	깻잎	+	-	-	-	-	-
		상추	-	-	-	-	-	-
		양상추	+	+	-	-	-	-
	9월	깻잎	+	+	-	-	-	-
		양상추	-	-	-	-	-	-

↓. +: 검출, -: 불검출

2023년 유해미생물 정성분석 결과 *E. coli*, *E. coli* O157:H7, *Salmonella* spp., *L. monocytogenes* 모두 검출되지 않았으며, *Bacillus cereus*는 일부 양상추와 셀러리를 제외하고 모두 검출되었다(표 6). 검출된 *Bacillus cereus*에 대해 독성검사를 한 결과, 장독소 유전자인 BcET, Ent FM, 용혈성 독소 유전자인 Hbl, 비용혈성 장독소 유전자인 NheA, 세포독소 유전자인 CytK에 대해 대부분 양성반응을 보였으며, 구토형 독소인 CER은 검출 빈도가 낮았다(표 7).

표 6. 2023년 유해미생물 정성분석결과

수집 장소	조사 시기	대상 채소류	<i>E. coli</i>	<i>E. coli</i> O157:H7	<i>Salmonella</i> spp.	<i>B. cereus</i>	<i>L. monocytogenes</i>
홈○○○○ (영통)	5월	갯잎	+	-	-	+	-
		상추	-	-	-	+	-
		양상추	-	-	-	-	-
	7월	샐러리	-	-	-	+	-
		갯잎	-	-	-	+	-
		상추	-	-	-	+	-
	9월	양상추	-	-	-	-	-
		샐러리	-	-	-	+	-
		갯잎	-	-	-	+	-
롯데○○○○ (영통)	5월	상추	-	-	-	+	-
		양상추	-	-	-	+	-
		샐러리	-	-	-	+	-
	7월	갯잎	-	-	-	+	-
		상추	-	-	-	+	-
		양상추	-	-	-	-	-
	9월	샐러리	-	-	-	+	-
		갯잎	-	-	-	+	-
		상추	-	-	-	+	-
하○○○○○ (동탄)	5월	양상추	-	-	-	+	-
		샐러리	-	-	-	+	-
		갯잎	-	-	-	+	-
	7월	상추	-	-	-	+	-
		양상추	-	-	-	-	-
		샐러리	-	-	-	+	-
	9월	갯잎	-	-	-	+	-
		상추	-	-	-	+	-
		양상추	-	-	-	+	-
이○○ (동탄)	5월	샐러리	-	-	-	+	-
		갯잎	-	-	-	+	-
		상추	-	-	-	+	-
	7월	양상추	-	-	-	+	-
		샐러리	-	-	-	+	-
		갯잎	-	-	-	-	-
	9월	상추	-	-	-	+	-
		양상추	-	-	-	+	-
		샐러리	-	-	-	+	-

+, +: 검출, -: 불검출

표 7. 2023년 작목별 바실러스 세레우스 독성 검사결과

작 목	BcET	CER	HblC	NheA	CytK	Ent FM
깻잎	+	-	+	+	+	+
상추	+	+	+	+	+	+
양상추	+	-	+	+	+	+
셀러리	+	-	+	+	+	+

↓, +: 검출, -: 불검출

※ 검출키트: Bacillus cereus Toxin ID real-time PCR kit

- BcET(장독소, enterotoxin T), CER(구토형 독소, cereulide), Hbl(용혈성 독소), Ehe(비용혈성 장독소, nonhemolytic enterotoxin), CytK(Cytotoxin K, 세포독소), Ent FM(장독소, enterotoxin FM)

2024년 유해미생물 정성분석 결과 *E. coli* O157:H7, *Salmonella* spp., *L. monocytogenes* 등의 식중독 세균은 검출되지 않았다. 9월 이○○에서 수집한 무농약재배 상추와 관행재배 깻잎에서 *E. coli*가 검출 되었으나 독성검사 결과 비병원성으로 나타났다(표 8), 4월 하○○○○에서 수집한 상추 1점에서 검출된 *Staphylococcus aureus*는 seg, sei형의 독소를 가지고 있는 것으로 나타났다(표 9). *Bacillus cereus*가 검출된 채소류에 대한 독성 검사 결과, 장독소 유전자인 BcET, Ent FM, 용혈성 독소 유전자인 Hbl, 비용혈성 장독소 유전자인 EheA, 세포독소 유전자인 CytK에 대해 대부분 양성반응을 보였으며, 구토형 독소인 CER은 검출 빈도가 낮았다(표 10). 3년간 유통마트에서 판매되고 있는 엽채류에 대해 유해미생물 오염실태를 조사한 결과 고위험군의 식중독균이 검출되지 않았으며, 유해미생물 중 *Bacillus cereus*의 검출빈도가 가장 높았으나 검출농도가 낮은 경향을 보였다. 이런 결과로 지금까지는 대형마트에서 판매되고 있는 상추, 깻잎 등의 엽채류는 식중독을 일으킬 수 있는 유해미생물에 대해 안전한 수준인 것으로 판단되었다.

표 8. 2024년 유해미생물 정성분석결과

수집 장소	조사 시기	대상 채소류	<i>E. coli</i>	<i>E. coli</i> O157:H7	<i>B. cereus</i>	<i>S. aureus</i>	<i>L. monocytogenes</i>	<i>Salmonella</i> spp.
홈○○○ (영통)	4월	깻잎	-	-	+	-	-	-
		상추	-	-	+	-	-	-
		양상추	-	-	-	-	-	-
		셀러리	-	-	+	-	-	-
	6월	부추	-	-	+	-	-	-
		깻잎	-	-	+	-	-	-
		상추	-	-	+	-	-	-
		양상추	-	-	-	-	-	-
	9월	셀러리	-	-	+	-	-	-
		부추	-	-	+	-	-	-
		깻잎	-	-	+	-	-	-
		상추	-	-	+	-	-	-

수집 장소	조사 시기	대상 채소류	<i>E. coli</i>	<i>E. coli</i> O157:H7	<i>B. cereus</i>	<i>S. aureus</i>	<i>L. monocytogenes</i>	<i>Salmonella</i> spp.
롯데○○○ (영동)	4월	깻잎	-	-	+	-	-	-
		상추	-	-	+	-	-	-
		양상추	-	-	+	-	-	-
		셀러리	-	-	+	-	-	-
		부추	-	-	+	-	-	-
	6월	깻잎	-	-	+	-	-	-
		상추	-	-	+	-	-	-
		양상추	-	-	+	-	-	-
		셀러리	-	-	+	-	-	-
		부추	-	-	-	-	-	-
	9월	깻잎	-	-	+	-	-	-
		상추	-	-	+	-	-	-
		양상추	-	-	+	-	-	-
		셀러리	-	-	+	-	-	-
하○○ ○○ (동탄)	4월	깻잎	-	-	+	-	-	-
		상추	-	-	+	+	-	-
		양상추	-	-	+	-	-	-
		셀러리	-	-	+	-	-	-
		부추	-	-	+	-	-	-
	6월	깻잎	-	-	+	-	-	-
		상추	-	-	+	-	-	-
		양상추	-	-	-	-	-	-
		셀러리	-	-	+	-	-	-
		부추	-	-	-	-	-	-
	9월	깻잎	-	-	+	-	-	-
		상추	-	-	+	-	-	-
		양상추	-	-	+	-	-	-
		셀러리	-	-	+	-	-	-
이○○ (동탄)	4월	깻잎	-	-	+	-	-	-
		상추	-	-	+	-	-	-
		양상추	-	-	-	-	-	-
		셀러리	-	-	+	-	-	-
		부추	-	-	+	-	-	-
		깻잎(무농약)	-	-	+	-	-	-
		상추(무농약)	-	-	+	-	-	-
		양상추(유기)	-	-	+	-	-	-
		부추(무농약)	-	-	+	-	-	-
	6월	깻잎	-	-	+	-	-	-
		상추	-	-	+	-	-	-
		양상추	-	-	-	-	-	-
		셀러리	-	-	+	-	-	-
		부추	-	-	+	-	-	-
		깻잎(무농약)	-	-	+	-	-	-
		상추(무농약)	-	-	+	-	-	-
		양상추(유기)	-	-	-	-	-	-
		부추(무농약)	-	-	+	-	-	-



수집 장소	조사 시기	대상 채소류	<i>E. coli</i>	<i>E. coli</i> O157:H7	<i>B. cereus</i>	<i>S. aureus</i>	<i>L. monocytogenes</i>	<i>Salmonella</i> spp.
이○○ (동탄)	9월	깻잎	+	-	+	-	-	-
		상추	-	-	+	-	-	-
		양상추	-	-	+	-	-	-
		샐러리	-	-	+	-	-	-
		부추	-	-	+	-	-	-
		깻잎(무농약)	-	-	-	-	-	-
		상추(무농약)	+	-	+	-	-	-
		부추(무농약)	-	-	-	-	-	-

↓. + : 검출, - : 비검출

표 9. 2024년 *Staphylococcus aureus* 독성 검사결과

작목	조사 시기	시료수	<i>S. aureus</i> 검출수	독소 유전자							
				sea	seb	sec	sed	see	seg	seh	sei
상추	4월	4	1	ND [↓]	ND	ND	ND	ND	1	ND	1

↓. ND: Not Detected

※ 검출키트: *Staphylococcus aureus* Toxin ID real-time PCR kit

표 10. 2024년 작목별 바실러스 세레우스 독성 검사결과

작 목	조사 시기	시료수	<i>B. cereus</i> 검출수	독소 유전자						
				BcET	CER	HblC	NheA	CytK	Ent FM	
깻잎	4월	5	5	5	ND [↓]	3	5	5	5	
	6월	5	5	5	1	5	5	5	5	
	9월	5	5	5	ND	5	5	5	5	
	계	15	15	15	1	13	15	15	15	
상추	4월	5	5	5	1	4	5	5	5	
	6월	5	5	5	ND	5	5	5	5	
	9월	5	5	5	1	5	5	5	5	
	계	15	15	15	2	14	15	15	15	
양상추	4월	5	3	3	ND	3	3	3	3	
	6월	5	1	1	ND	1	ND	ND	1	
	9월	4	4	3	ND	4	3	3	4	
	계	14	8	7	ND	8	6	6	8	
샐러리	4월	4	4	4	ND	4	4	4	4	
	6월	4	4	4	ND	4	4	4	4	
	9월	4	4	4	ND	4	2	3	3	
	계	12	12	12	ND	12	10	11	11	
부추	4월	5	5	5	ND	5	5	5	5	
	6월	5	3	3	ND	3	3	3	3	
	9월	5	5	5	ND	5	4	4	4	
	계	15	13	13	ND	13	12	12	12	

↓. + : 검출, - : 불검출

※ 검출키트: *Bacillus cereus* Toxin ID real-time PCR kit

- BcET(장독소, enterotoxin T), CER(구토형 독소, cereulide), Hbl(용혈성 독소), Nhe(비용혈성 장독소, nonhemolytic enterotoxin), CytK(Cytotoxin K, 세포독소), Ent FM(장독소, enterotoxin FM)

4. 적요

경기도내 대형마트에서 유통되고 있는 즉시 섭취 가능한 엽채류에 대한 식중독 미생물의 잠재적인 위험성을 평가할 수 있는 기초자료로 활용하고자 유해미생물 오염 정도를 모니터링하고 정량 및 정성 분석한 결과는 다음과 같다.

- 가. 2024년 대형마트에서 판매되고 있는 유해미생물 모니터링 대상시료의 46.5%는 경기도에서, 43.7%는 타도에서 생산되었으며, 9.9%는 생산지를 확인하기 어려웠다.
- 나. 깻잎, 상추, 양상추, 셀러리, 부추 5작목에 대한 위생지표 세균 정량분석결과 농도는 대체로 부추에서 높게 나타났으며, 깻잎에서 낮게 나타나는 경향이었다.
- 다. 년도별 유해미생물 발생 정도는 2022년은 유해미생물 농도가 다소 낮았고 2023년에 밀도가 높아졌으며 2024년에는 다시 조금 낮아지는 경향을 보였으며, 월별로 보면 호기성세균과 대장균 모두 4월보다는 6월, 9월에 수집한 시료에서 농도가 높아지는 경향을 보였다.
- 라. 3년간 유통마트에서 판매되고 있는 엽채류에 대해 유해미생물 오염실태를 조사한 결과 *E. coli* O157:H7, *Salmonella* spp., *L. monocytogenes* 등 고위험균의 식중독 세균은 검출되지 않았다.
- 마. 2024년 4월 하○○○○에서 수집한 상추 1점에서 *Staphylococcus aureus*가 검출되었고, 9월 이○○에서 수집한 무농약재배 상추와 관행재배 깻잎에서 *E. coli*가 검출되었으나 모두 비병원성이었다.
- 바. *Bacillus cereus*는 검출빈도가 높았으나 검출농도가 낮아 큰 문제는 없는 것으로 판단되었으며, *Bacillus cereus*가 검출된 채소류에 대한 독성검사 결과, 장독소 유전자인 BcET, Ent FM, 용혈성 독소 유전자인 Hbl, 비용혈성 장독소 유전자인 NheA, 세포독소 유전자인 CytK에 대해 대부분 양성반응을 보였으며, 구토형 독소인 CER은 검출 빈도가 낮았다.
- 사. 이상의 결과를 종합하면 3년간 대형마트에서 판매되고 있는 상추, 깻잎 등의 엽채류는 식중독을 일으킬 수 있는 유해미생물에 대해 안전한 수준인 것으로 판단되었다.

5. 인용문헌

- Bennett, S.D., Walsh, K.A. and Gould, L.H. 2013. Foodborne disease outbreaks caused by *Bacillus cereus*, *Clostridium perfringens*, and *Staphylococcus aureus* United States, 1998–2008. Clin Infect Dis. an official publication of the Infectious Diseases Society of America, 57: 425–433.

- Berger, C.N., Sodha, S.V., Shaw, R.K., Griffin, P.M., Pink, D., Hand, P. and Frankel, G. 2010. Fresh fruit and vegetables as vehicles for the transmission of human pathogens. *Environ Microbiol*, 12:2385-2397
- Beuchat, L.R. and Scouten, A.J.: Combined effects of water activity, temperature and chemical treatments on the survival of *Salmonella* and *Escherichia coli* O157:H7 on alfalfa
- Harris L, Farber J, Beuchat L, Parish M, Suslow T, Garrett E, Busta F. 2003. Outbreaks associated with fresh produce: incidence, growth, and survival of pathogens in fresh and fresh cut produce. *Compr. Rev. Food Sci. Food Saf.* 2: 78-141
- Hong, C.K., Seo, Y.H., Choi, C.M., Hwang, I.S. and Kim, M.S. 2012. Microbial quality of fresh vegetables and fruits in Seoul, Korea. *J. Fd Hyg. Safety*, 27, 24-29
- Jo M.J., Jeong A.R., Kim H.J., Lee N.R., Oh S.W., Kim Y.J., Chun H.S., and Koo M.S. 2011. Microbiological Quality of Fresh-Cut Produce and Organic Vegetables. Korea. *J. Food sci. technol.* 43(1): 91-97
- Kim M.J., and Cheigh C.I. 2021. Microbiological quality of fresh cut fruits in Korea. Korea. *J. Food sci. technol.* 53(6): 809-814
- Kim W.I., Gwak M.G., Jo A.R., Ryu S. D., Kim S.R., Ryu S.H., Kim H.Y., and Ryu J.G. 2017. Investigation of Microbiological Safety of on-farm Produce in Korea. *J. Food Hyg. Saf.* 32(1): 20-26
- 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 Food Microbiol*, 104, 239-248
- Painter, J.A., Hoekstra, R.M., Ayers, T., Tauxe, R.V., Braden, C.R., Angulo, F.J. and Griffin, P.M. 2013. Attribution of foodborne illnesses, hospitalizations, and deaths to food commodities by using outbreak data, United States, 1998-2008. *Emerg Infect Dis*, 19:407-415
- 농촌진흥청. 2020. 2020 농식품 소비트렌드 발표대회

6. 연구결과 활용제목

- 시중유통 엽채류 유해미생물 안전성 모니터링(기초활용)

7. 연구원 편성

세부과제	구 분	소 속	직 급	성 명	수행업무	참여년도		
						'22	'23	'24
도내 유통 신선편이 채소류 유해미생물 현황조사 및 관리기술 개발	책임자	환경농업 연구과	농업연구관	임성희	시험추진 및 결과정리	-	-	○
	공동연구자	〃	농업연구사	한정아	유해미생물 분석자료 수집	○	○	○
	〃	〃	〃	윤승환	유해미생물 자료 수집	○	○	○
	〃	〃	〃	조동현	분석장비 운영 자료수집	○	○	○
	〃	〃	〃	최종인	분석방법 자료수집	○	○	-
	〃	〃	농업연구관	심상연	시험추진 및 결과정리	○	○	-
	〃	〃	〃	박중수	과제 관리 및 추진방향 설정	○	○	○