



야생동물 출입이 괴산 지역 배추 재배 농업용수의 미생물 안전성에 미치는 영향

윤보현 · 임상진¹ · 박영철¹ · 웅웬바오홍 · 박대수 · 김원일 · 정규석 · 함현희 · 김현주 · 류경열 · 김세리*

국립농업과학원 농산물안전성부 유해생물팀, ¹강원대학교 산림환경시스템학과

Effect of Wildlife Access on Microbial Safety of Irrigation Water Used in the Cultivation of Chinese Cabbage in Goesan

Bohyun Yun, Sang-Jin Lim¹, Young-Chul Park¹, Nguyen Bao Hung, Daesoo Park, Won-Il Kim, Gyu Seok Jung, Hyeonheui Ham, Hyun Ju Kim, Kyoungyul Ryu, and Se-Ri Kim*

Microbial Safety Team, Agro-Food Safety & Crop Protection Department, National Institution of Agricultural Sciences, Rural Development Administration, Wanju, Korea

¹Department of Forest Environment System, Kangwon National University, Chuncheon, Korea

(Received October 9, 2018/Revised October 26, 2018/Accepted November 19, 2018)

ABSTRACT - Water is an important component in the production of fresh produce. It is mainly used for irrigation and application of pesticides and fertilizers. Several outbreaks cases related to fresh produce have been reported and water has been identified as the most likely source. On the other hand, wildlife has been identified as a possible source of the waterborne pathogens. The purpose of this study was to investigate the effect of wildlife access on irrigation water used in the cultivation of Chinese cabbage in Goesan. The frequency of wild animals access to upstream water source and the contamination level of bacteria such as *Escherichia coli* and Enterococci of irrigation water used in Chinese cabbage farm was examined. A total of 37 wildlife including the wild bear and water deer were observed in upstream of water source during the cultivation of Chinese cabbage. The result indicated the presence of hygienic indicator bacteria from the upstream where there is no human access. The contamination range of coliforms, *E. coli*, and *Enterococcus* spp. Detected in the irrigation water were 2.13~4.32 log MPN / 100 mL, 0.26~2.03 log MPN / 100 mL, and 1.43~3.49 log MPN / 100 mL, respectively. Due to low water temperatures, the contamination levels of coliform bacteria and *E. coli* in the irrigation water during harvesting time was lower compared to those recorded during transplanting of Chinese cabbage. However, no significant difference was detected in the number of Enterococci during the cultivation of Chinese cabbage. The results indicated the need to manage the microbial risk in irrigation water to enhance safety in cultivation of Chinese cabbage.

Key words : Wildlife, Indicator bacteria, Irrigation water, Chinese cabbage

김치는 우리나라에서 많이 소비되는 전통음식 중 하나로 한국을 대표하는 발효식품이다¹⁾. 김치에는 배추, 마늘, 생강, 고춧가루 등 다양한 재료에서 유래하는 항산화 성분과 김치 속 유산균이 발효 과정 중 생성하는 항균성 물질이 풍부하여 단순한 반찬이 아닌 건강식품으로 주목받고 있다²⁾. 지금까지 알려진 김치의 기능성으로는 항산화³⁾, 항돌연변이⁴⁾, 항암⁵⁾, 대장 건강⁶⁾, 면역 증진⁷⁾등을 들 수 있다. 또한 김치는 유산균 발효 과정 중 생성되는 젖산 및

박테리옌 등에 의해 각종 부패균이나 병원균의 증식을 억제하여 비교적 안전한 저장식품으로 알려져 왔다⁸⁾. 그러나 근래에는 경제발전과 단체급식의 증가로 시판 김치의 소비량이 늘어나고 있으며 김치에 의한 식중독 발생 또한 늘어나고 있다⁹⁾. 그 이유는 김치는 제조 공정에 멸균과정이 없는 비살균 자연발효식품으로^{10,11)}, 김치의 재료 및 제조과정에서 미생물이 오염된 후 충분히 발효가 되지 않으면 김치에 오염된 식중독세균을 제어하기가 어렵기 때문이다¹¹⁾. 김치의 안전성 확보를 위해서는 김치의 핵심 원료인 배추의 안전성부터 확보되어야 한다. 배추의 오염은 부적절한 퇴비 사용, 비위생적인 작업자, 미생물에 오염된 농업용수 등과 같은 다양한 요인들에 의하여 식중독 세균에 오염될 수 있다^{12,13)}. 특히 관개용수는 배추 등 신

*Correspondence to: Se-Ri Kim, Agro-Food Safety & Crop Protection Department, National Institution of Agricultural Sciences, Rural Development Administration, Wanju 55365, Korea
Tel: 82-63-238-3395, Fax: 82-63-238-3840
E-mail: seri81@korea.kr

선 채소를 재배하는 동안 식중독세균의 핵심적인 오염원이 될 수 있다. 관개용수는 야생동물 및 가축 등의 분변, 강우로 인한 토양에 존재하는 병원성 미생물의 유입 등 다양한 방법으로 오염될 수 있다. 특히 야생동물 및 가축의 침입으로 인한 농업용수의 오염은 신선채소의 식중독 사고의 발생에 직접적인 원인이 되기도 한다. 대표적인 사례로 2005년 스웨덴에서 *Escherichia coli* O157에 오염된 양상추로 인하여 발생한 식중독사고를 들 수 있다. 양상추의 재배에 사용된 농업용수와 농업용수 상류에 있는 농장의 채소에서 동일한 *E. coli* O157이 분리되어 주요한 오염원이 농업용수로 확인되었다⁶⁾. 그리고 2005년 미국 버지니아의 동부 해안에서 재배한 토마토로 인하여 발생한 식중독 사고도 토마토 재배에 이용된 농업용수와 농업용수 근처에 서식하는 야생조류에서 각각 동일한 균주를 발견하였다¹⁷⁾. 뿐만 아니라 국내 배추 주생산단지에서 농업용수의 위생지표세균을 조사한 결과에서도 주로 야생동물의 출입이 자유로운 산악지역에서 평야 지역보다 위생지표세균의 오염수준이 높게 나타나 야생동물의 출입과 관계가 있을 것이라 추측하고 있다¹¹⁾. 하지만 국내에서 농업용수의 미생물학적 안전성과 야생동물과의 관계를 구명한 연구가 드문 실정이다.

따라서 본 연구는 괴산군에 위치한 배추 재배농가에 사용되는 농업용수의 위생지표세균과 야생동물의 출입과의 관계를 구명하고자 수행하였다.

Materials and Methods

야생동물 출입조사

야생동물 출입조사는 Fig. 1에서 보는 바와 같이 괴산지역 배추재배에 활용될 농업용수가 흘러나오는 계곡의 최상류지점에 야생동물출입을 감지할 수 있는 센서카메라

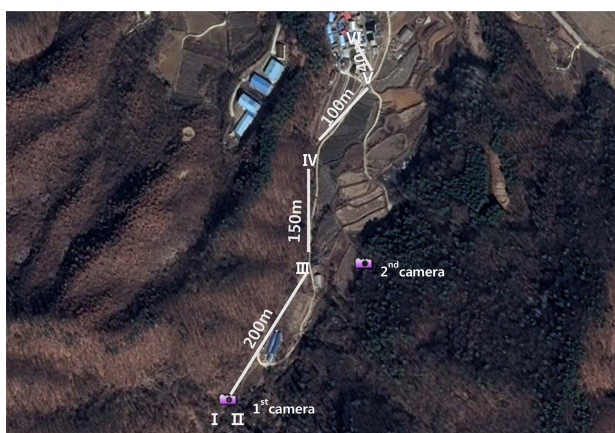


Fig. 1. Sample collection points for investigation of microbial contamination source of water used in cultivation of Chinese cabbage in Goesan.

(Trophy Cam HD MAX, Bushnell, United Kingdom)를 설치하고 파종기(8월 중순)~수확기(10월 하순)까지 촬영한 후 센서카메라에 저장된 영상을 분석하여 야생동물의 출입 빈도를 조사하였다.

농업용수 중 위생지표세균 분석

위생지표세균의 분석은 파종기(8월 하순), 생육중기(9월 하순), 수확기(10월 하순)에 수행하였다. 조사지점은 Fig. 1에서 보는 바와 같이 계곡의 최상류(I, II지점), 상류로부터 200 m 떨어진 지점(III 지점), I, II, III 지점의 물이 합류되는 IV지점, 경작지가 나타나는 V지점(배추 재배과정에 수분을 공급할 목적으로 사용되는 물), 계곡에서 내려온 물을 저장해 배추 농가인 VI지점(주로 농약 및 비료 사용에 필요한 물)을 대상으로 조사하였다.

대장균군/ 대장균 분석

대장균군과 대장균 분석은 농업용수를 원액, 10배, 100배 희석한 후 각 농도별로 100 mL을 취하여 멸균병에 넣은 후 Colilert 18 (IDEXX Laboratories, Westbrook, ME, USA)을 첨가하고 혼합하였다. 이후 정량플레이트에 분주한 후 37°C, 18~24시간 배양하였다. 대장균군 판별은 노란색으로 변한 웰 수를 계수하였고, 대장균은 노란색을 띄고 365 nm에서 형광을 보이는 웰 수를 계수하였다. 이후 MPN 판독표를 이용하여 100 mL 당 균수를 환산하였다.

장구균

농업용수를 원액, 10배, 100배 희석한 후 각 농도별 100 ml을 취하여 멸균병에 넣은 후 Enterolert (IDEXX Laboratories, Westbrook, ME, USA)을 첨가하고 혼합하였다. 이후 정량플레이트에 분주한 후 37°C, 18~24시간 배양하였다. 장구균은 365 nm에서 형광을 보이는 웰 수를 계수하였다. 이후 MPN 판독표를 이용하여 100 mL 속의 균수를 환산하였다.

농업용수의 이화학성 분석

농업용수의 온도, pH, 전기전도도(EC)는 각각 온도계(TE-201, CAS, Gyeonggi, Korea), pH meter (Orion Star A211, ThermoScientific, Waltham, MA, USA), EC meter (K4000-EC, Pnlins, Gyeonggi, Korea)를 이용하여 측정하였다.

통계처리

모든 실험은 3반복으로 수행되었으며 관찰된 실험결과 간의 지점간 차이는 SAS 통계 프로그램(version 9.1, SAS Institute, NC, USA)의 분산분석(ANOVA procedure)을 이용하여 분석하였다. $p < 0.05$ 수준에서 처리효과가 유의적인 경우에는 Duncan's Multiple Range test를 이용하여 평균간 다중비교를 하였다.

Results and Discussion

야생동물 출입빈도조사

오염된 농업용수는 배추의 재배기간 동안 지속적인 병원균 오염의 주원인이 될 수 있다. 농업용수는 야생동물 및 가축의 분변, 강우에 휩쓸려 내려온 토양 등 다양한 경로에 의해 오염될 수 있다. 본 연구는 다양한 원인 중에서도 야생동물의 출입이 농업용수의 미생물학적 안전성에 미치는 영향을 조사하였다.

먼저 농업용수의 오염원으로 추정되는 야생동물의 출입 빈도를 조사하였고 그 결과는 Table 1, Table 2에서 보는 바와 같다. 수원 상류지역 두 곳에 센서카메라를 설치하였는데 배추 재배시기 동안 첫 번째 카메라에 멧돼지, 담비, 고라니, 삶 등이 총 20회 포착되었다. 시기별로는 8월에 9회, 9월에 3회, 10월에 8회였다. 출입빈도가 높은 동물은 고라니였으며 그 다음으로는 멧돼지였다. 두 번째 카메라에 포착된 야생동물은 멧돼지, 오소리, 고라니, 청설모, 다람쥐였으며 시기별로는 8월에 7마리, 9월에 5회, 10월에 5회 출현하였다. 출입빈도가 높은 동물은 1번 카메라와 동일하게 고라니였다. 2017년 국립생물자원관의 국내 야생동물 실태조사 결과에 따르면 산악지대에서는 고라니 16.3% > 다람쥐 13.4% > 멧돼지 12.8% > 두더지 11.3% 순으로 출현빈도가 높았다고 보고하였다. 한편 농경지에서는 두더지 17.9% > 고라니 25.9% > 너구리 14.7% > 족제비 6.5% > 멧돼지 4.3% 순이었다¹⁸⁾. 또한 Park¹⁹⁾ 등은 2016년 1월~10월까지 오대산국립공원 농경지에서 야생동물 출현빈도를 조사한 결과 포유동물이 478회 촬영되었으며, 고라니(179회) > 노루(135회) > 멧돼지(93회) > 너구리(28회) 순으로 출현빈도가 높았다. 이상의 연구결과들을 볼 때 지역마다 지대마다 서식하는 야생동물의 차이가 있으나 지역과 지대와 관계없이 가장 빈번히 출현하는 것은 고라니였다.

농업용수의 이화학적 분석

농업용수의 온도, pH, 전기전도도(EC)를 조사한 결과는 Table 2과 같다. Table 2에서 보는 바와 같이 배추 이식기, 배추 생육 중기의 농업용수의 수온은 각각 17.7~23.3°C, 15.5~22.4°C였다. 하지만 배추 수확기에는 8.4~14.6°C로 8°C가량 낮아졌다. 지점별로는 I지점에서 V지점까지는 수온에 큰 차이가 없으나 VI지점에서는 타 지점보다 약 5°C 정도 높았다. 이는 I지점에서 V지점까지는 흐르는 물을 채취하였고 VI지점에서는 I지점에서부터 흘러온 물을 저장해 놓은 상태의 물을 채취하였기 때문에 차이가 있는 것으로 사료된다.

pH는 7.3~7.8로 농업용수 하천수 수질기준인 6.0~8.5를 충족하였다. 전기전도도는 국내에선 기준이 없지만 일본 기준은 0.3 ds/m 이하로 정하고 있는데 이 기준도 충족하는 것으로 나타났다²⁰⁾.

농업용수 중 위생지표세균 분석

배추 주생산단지의 배추 이식기, 배추 생육중기 및 수확기에 농업용수 중 대장균군의 오염도를 조사한 결과는 Table 3과 같다. 각 시기별 대장균군의 평균 오염수준은 배추 이식기에 $3.93 \pm 0.25 \log \text{MPN}/100\text{mL}$, 배추 생육중기에 $3.57 \pm 0.07 \log \text{MPN}/100\text{mL}$, 배추 수확기에 $2.41 \pm 0.11 \log \text{MPN}/100\text{mL}$ 수준으로 나타났다. 즉 배추 이식기와 생육중기까지는 대장균군의 유의적 차이가 없었으나 수온이 급격하게 낮아지는 수확기에는 대장균군의 수가 감소하는 경향을 보였다. 한편 시료 채취 지점간에 대장균군의 오염수준은 차이는 없었다. 대장균의 경우 배추 이식기에는 $1.75 \pm 0.09 \log \text{MPN}/100\text{mL}$, 배추 생육중기에는 $1.57 \pm 0.13 \log \text{MPN}/100\text{mL}$, 배추 수확기에는 $0.65 \pm 0.16 \log \text{MPN}/100\text{mL}$ 수준으로 나타났으며, 대장균군과 유사하게 수확기에 감소하는 경향을 보였다(Table 3). 미국 식품현대화법의 기준과 비교해보았을 때, 농업용수로 이용되는 지표수는 대장균이 126 CFU/100mL 이하로 정하고 있는데 본 연구에서 사용된 모든 농업용수는 미국 식품 현대화법 기준에 부합하는 것으로 나타났다²¹⁾. 시료채취 지점별로는 배추 이식기에 하류로 갈수록 대장균의 수가 유의하게 증가하였으나 생육 중기와 수확기에는 시료채취 지점에 따른 대장균의 변화양상이 뚜렷하게 나타나지 않았다. 장구균의 경우 배추 이식기에는 $2.37 \pm 0.10 \log \text{MPN}/100\text{mL}$, 배추 생육중기에는 $2.91 \pm 0.13 \log \text{MPN}/100\text{mL}$, 배추 수확기에는 $2.27 \pm 0.11 \log \text{MPN}/100\text{mL}$ 수준으로 나타났으며 장구균의 경우 시기에 따른 변화는 관찰할 수 없었다(Table 3). 장구균은 주위환경의 변화에 크게 영향을 받지 않는 지표로 알려져 있으며 특히 저온에서도 생존력이 강하기 때문에 수확기에 수온이 내려가도 감소하지 않음을 알 수 있다²²⁾.

본 연구의 결과에서 주목할 내용은 사람의 출입의 드문 최상류에서부터 대장균을 비롯한 분변지표세균의 검출이다. 이는 최상류 계곡에서 야생동물의 출현과 관련이 있을 것으로 판단된다. 그 이유는 본 연구에서 빈번하게 등장하는 멧돼지, 고라니는 되새김질을 통하여 식이물을 소화시키며, 소화의 효율을 높이기 위하여 매일 일정량의 수분공급이 필요하기 때문에 계곡으로 내려와서 물을 섭취하는데 이러한 이유로 수계로부터 200 m 이내에서 쉽게 발견이 된다고 알려져 있다²³⁾. 또한 동물의 수계에 출현하면서 동물이 배설을 할 가능성이 있는데 동물의 배설물에는 대장균을 비롯한 분변유래 병원성세균이 존재하기 때문에 배추재배에 활용될 농업용수에 대장균군, 대장균, 장구균이 검출된 것으로 판단된다. Park¹⁹⁾ 등은 강원도 18개 시군과 그 외 10개 시군에서 동물의 배설물(699건)을 수집하여 대장균, 시가톡신 생성 대장균, 살모넬라를 조사하였는데 2.78%의 야생동물 배설물에서 살모넬라가 검출되었으며 오소리 배설물에서 29.4%(5/17)로 가장 높은 빈도로

Table 1. Frequency of wildlife access to the upper stream

Wildlife	1 st camera						2 nd camera						Total		
	August		September		October		August		September		October				
	Middle	Last	Early	Middle	Last	Early	Middle	Last	Early	Middle	Last	Early		Middle	Last
Wild boar (<i>Sus scrofa</i>)	1		2	2	2	2						2			2
Yellow-throated marten (<i>Martes flavigula</i>)				1								1			1
Water deer (<i>Hydropotes inermis</i>)	4	2	2	2	3	2	2	2	2	2	1	1	4	4	12
Leopard cat (<i>Felis bengalensis</i>)			1									1			1
Asian badger (<i>Meles leucurus</i>)							1								1
Eurasian red squirrel (<i>Sciurus vulgaris</i>)							1								1
Siberian chipmunk (<i>Tamias sibiricus</i>)												1			1
Unknown	1	1	1												3
Total	6	3	3	0	0	0	3	5	2	2	1	3	1	4	17

Table 2. Change of temperature, pH, and electrical conductivity in irrigation water during Chinese cabbage cultivation

Point of investigation	Temperature			pH			EC		
	Seedling transplanting	Middle of growth	Harvest	Seedling transplanting	Middle of growth	Harvest	Seedling transplanting	Middle of growth	Harvest
I	18.2	16.6	8.6	7.6	7.3	7.8	0.09	0.12	0.14
II	17.7	15.5	8.4	7.5	7.5	7.6	0.08	0.12	0.14
III	18.1	18.5	11.0	7.4	7.6	7.5	0.08	0.11	0.13
IV	18.1	18.1	9.1	7.4	7.5	7.6	0.08	0.11	0.13
V	19.0	17.4	10.5	7.4	7.6	7.6	0.08	0.11	0.13
VI	23.3	22.4	14.5	7.3	7.6	7.6	0.08	0.11	0.13

Table 3. Populations of the indicator bacteria in irrigation water during Chinese cabbage cultivation (unit : log MPN/100 mL)

Point of investigation	Coliform bacteria			<i>E. coli</i>			<i>Enterococcus spp.</i>		
	Seedling transplanting	Middle of growth	Harvest	Seedling transplanting	Middle of growth	Harvest	Seedling transplanting	Middle of growth	Harvest
I	4.32 ± 0.63 ^{Aa}	2.96 ± 0.00 ^{Cb}	2.29 ± 0.25 ^{Bb}	1.31 ± 0.05 ^{Ca}	0.97 ± 0.06 ^{Db}	0.77 ± 0.20 ^{Bb}	1.43 ± 0.09 ^{Cc}	3.49 ± 0.16 ^{Aa}	2.16 ± 0.16 ^{BCb}
II	3.56 ± 0.63 ^{Aa}	3.67 ± 0.11 ^{Ba}	2.25 ± 0.06 ^{Bb}	1.56 ± 0.06 ^{Ca}	1.84 ± 0.18 ^{A^{Ba}}	1.28 ± 0.07 ^{Ab}	2.01 ± 0.08 ^{Bb}	2.70 ± 0.14 ^{Ba}	1.86 ± 0.11 ^{Cb}
III	3.99 ± 0.06 ^{Aa}	3.96 ± 0.08 ^{Aa}	2.23 ± 0.03 ^{Bb}	1.74 ± 0.13 ^{Ba}	1.99 ± 0.08 ^{Aa}	0.59 ± 0.18 ^{BCb}	2.30 ± 0.06 ^{Bb}	2.86 ± 0.28 ^{Ba}	2.31 ± 0.08 ^{Bb}
IV	3.97 ± 0.06 ^{Aa}	4.03 ± 0.02 ^{Aa}	2.23 ± 0.09 ^{ABb}	1.86 ± 0.06 ^{ABa}	1.33 ± 0.22 ^{CDb}	0.43 ± 0.11 ^{BCc}	2.70 ± 0.25 ^{Aa}	2.71 ± 0.09 ^{Ba}	2.99 ± 0.03 ^{Aa}
V	4.05 ± 0.03 ^{Aa}	3.85 ± 0.16 ^{ABa}	3.32 ± 0.22 ^{Ab}	2.01 ± 0.12 ^{Aa}	1.56 ± 0.14 ^{BCb}	0.54 ± 0.22 ^{BCc}	2.87 ± 0.08 ^{Aa}	2.84 ± 0.02 ^{Ba}	2.24 ± 0.13 ^{Bb}
VI	3.66 ± 0.08 ^{Aa}	2.95 ± 0.03 ^{Cb}	2.13 ± 0.02 ^{Bc}	2.03 ± 0.11 ^{Aa}	1.73 ± 0.09 ^{ABa}	0.26 ± 0.20 ^{CDb}	2.93 ± 0.01 ^{Aa}	2.85 ± 0.11 ^{Ba}	2.06 ± 0.12 ^{BCb}

*The data are presented as the mean ± standard deviation at three independent biological samples and values denoted by the same letters in each row (small letter) and in each column (capital letter) are significantly different at $P < 0.05$ according to Duncan's test.

검출되었고 그 외 삶과 까치 배설물에서 각각 7.14%와 6.8%가 검출되었다. 시가독신 생성 대장균은 756개 시료 중 12.3%인 93건에서 검출되었다. 시가독신 생성 대장균은 노루 배설물에서 45.8%(11/24)로 가장 높은 검출률을 보였고 오소리, 멧돼지 배설물에서도 각각 35.29%(6/17), 27.5%(3/40)가 검출되었다. *E. coli* O157은 전체 756건 중 5건에서 검출되었으며 검출된 동물의 배설물은 고라니, 노루, 멧돼지, 등줄쥐의 배설물이었다. 이들 결과로 미루어 볼 때 야생동물의 분변에는 병원성 미생물이 존재하는 것을 알 수 있다. 실제 국외에서는 야생동물에 오염된 농업용수 사용으로 농산물이 병원성미생물에 오염되고 오염된 농산물에 의해 식중독사고가 발생한 바 있다. 대표적인 사고로 2005년 미국 버지니아의 동부 해안에서 재배한 토마토로 인한 식중독사고를 들 수 있다. 이 사고는 야생조류의 분변에 오염된 농업용수를 토마토 재배 농장에서 사용하였기 때문이었다¹⁷⁾.

이상의 야생동물 출입빈도와 위생지표세균 조사 결과의 내용을 종합해 보면, 동물의 출입은 농업용수의 미생물 안전에 주요한 영향을 끼칠 수 있다고 판단된다.

따라서 배추 등 신선농산 재배에 활용되는 농업용수의 안전성을 확보하기 위해서는 농업용수의 안전성에 미치는 인자의 평가와 더불어 안전관리 기술의 개발과 현장적용이 필요하다. 첫번째로 농업용수의 안전성을 평가하기 위한 주기적인 모니터링 및 농업용수 미생물 기준 설정이 필요로 하다. 두번째로 농업용수 이용시 최대한 퇴적물이 혼합되지 않게 사용해야 한다. 이는 분원성 미생물이 퇴적물에 오랜 기간 생존할 수 있기 때문이다²⁴⁾. 세번째로 현장에서 적용하기 쉬운 물리적 또는 화학적 살균 시스템을 개발함으로써, 농업용수의 미생물 안전성을 확보하는

것이 필요하다.

Acknowledgement

본 연구는 국립농업과학원 기관고유사업(과제번호: PJ012009)의 지원에 의해 이루어진 것임.

국문요약

유해 미생물에 오염된 농업용수는 배추의 재배기간 동안 지속적인 식중독세균 오염의 주원인이 될 수 있다. 농업용수는 야생동물 및 가축의 분변에 의해 오염되고 있다. 따라서 본 연구는 야생동물의 출입이 농업용수의 미생물학적 안전성에 미치는 영향을 조사하기 위하여 수행하였다. 이를 위하여 산악지대에 위치한 배추 재배농가에 사용되는 농업용수의 상류에서부터 하류까지 시기별 위생지표세균 오염도와 수원 상류의 야생동물의 출입 빈도를 조사하였다. 배추를 재배하는 기간 동안 멧돼지, 고라니 등 총 37회의 야생동물들이 농업용수 수원 근처에서 관찰되었다. 농업용수의 위생지표세균을 조사한 결과, 3종의 위생지표세균 모두 사람의 출입이 없는 상류에서부터 검출되었으며 대장균군, 대장균, 장구균의 오염도는 각각 2.13~4.32 log MPN/100mL, 0.26~2.03 log MPN/100mL, 1.43~3.49 log MPN/100mL 수준이었다. 대장균군과 대장균의 오염수준은 배추 이식기 보다 수온이 낮은 수확기에 낮았으나 장구균은 시기별로 큰 차이가 없었다. 본 연구의 결과로 미루어 볼 때 농업용수의 오염은 야생동물의 출입과 관련이 있을 것으로 판단된다.

References

1. Kim, M.S., Yang, H., Kim, S.H., Lee, H., Lee, M.: Effects of Kimchi on human health: A protocol of systematic review of controlled clinical trials. *Medicine.* **97**, e0163 (2018).
2. Kim, B., Mun, E.G., Kim, D., Kim, Y., Park, Y., Lee, H.J., Cha, Y.S.: A survey of research papers on the health benefits of kimchi and kimchi lactic acid bacteria. *J. Nutr. Health.* **51**, 1-13 (2018).
3. Ryu, B., Jeon, Y., Ryu, S., Moon, G., Lee, Y.: Effect of different kimchi diets on oxidation and photooxidation in liver and skin of hairless mice. *J. Korean Soc. Food Sci. Nutr.* **33**, 291-298 (2004).
4. Park, K.: The nutritional evaluation, and antimutagenic and anticancer effects of kimchi. *J. Korean Soc. Food Nutri.* **24**, 169-182 (1995).
5. Cho, E.J., Choi, J.S., Kim, S.H., Park, K.Y., Rhee, S.H.: In vitro anticancer effect of active compounds from Chinese cabbage kimchi. *J. Korean Assoc. Cancer Prev.* **9**, 98-103 (2004).
6. Park, J.S., Joe, I., Rhee, P.D., Jeong, C.S., Jeong, G.: A lactic acid bacterium isolated from kimchi ameliorates intestinal inflammation in DSS-induced colitis. *J. Microbiol.* **55**, 304-310 (2017).
7. Kang, H., Moon, J.S., Lee, M.G., Han, N.S.: Immunomodulatory effects of *Leuconostoc citreum* EFEL2061 isolated from kimchi, a traditional Korean food, on the Th2 type-dominant immune response in vitro and in vivo. *J. Funct. Foods.* **20**, 79-87 (2016).
8. Shin, S.M., Park, J.Y., Kim, E.J., Hahn, Y.S.: Investigation of some harmful bacteria in commercial Kimchi. *Korean J. Food. Cookery Sci.* **21**, 195-200 (2005).
9. You, J.H., Shin, M.J., Choi, S.K.: Importance and satisfaction with selection attributes when purchasing kimchi. *J. East Asian Soc. Dietary Life.* **18**, 624-632 (2008).
10. Lee, H.W., Yoon, S.R., Kim, S.J., Lee, H.M., Lee, J., Lee, J.H., Kim, S.H., Ha, J.H.: Identification of microbial communities, with a focus on foodborne pathogens, during kimchi manufacturing process using culture-independent and -dependent analyses *LWT-Food Sci. Technol.* **81**, 153-159 (2017).
11. Yun, B., Kim, M.G., Ryu, J.H., Kim, W.I., Park, B.Y., Kim, H.J., Lee, S.D., Kim, S.R.: Investigation of Microbiological and Physiochemical Quality for Irrigation Water used in Napa Cabbage Cultivation. *Korean. Soc. Food. Hyg. Saf.* **32**, 396-403 (2017).
12. Beuchat, L.R., Farber, J.M., GARRETT, E.H., Harris, L.J., Parish, M.E., Suslow, T.V., Busta, F.F.: Standardization of a method to determine the efficacy of sanitizers in inactivating human pathogenic microorganisms on raw fruits and vegetables. *J. Food Prot.* **64**, 1079-1084 (2001).
13. Choi, Y.D., Lee, C.W., Kim, J.S., Chung, D.H., Shim, W.B.: Investigation of hazards from onions and their cultivation areas to establish a good agricultural practices (GAP) model. *Korean J. Food Sci. Technol.* **45**, 785-790 (2013).
14. Guenther, S., Ewers, C., Wieler, L.H.: Extended-spectrum beta-lactamases producing *E. coli* in wildlife, yet another form of environmental pollution? *Front. Microbiol.* **2**, 246. (2011).
15. Charron, D.F., Thomas, M.K., Waltner-Toews, D., Aramini, J.J., Edge, T., Kent, R.A., Maarouf, A.R., Wilson, J.: Vulnerability of waterborne diseases to climate change in Canada: a review. *J. Toxicol. Environ. Health, Part A.* **67**, 1667-1677 (2004).
16. Söderström, A., Österberg, P., Lindqvist, A., Jönsson, B., Lindberg, A., Blide, U.S., Welinder-Olsson, C., Lofdahi, S., Kaijser, B., De J.B., Suhlmann-Berenzon, S., Boqvist, S., Eriksson, E., Szanto, E., Andersson, S., Allestam, G., Hedensstrom, I., Ledet, M.L., Andersson, Y.: A large *Escherichia coli* O157 outbreak in Sweden associated with locally produced lettuce. *Foodborne pathog. Dis.* **5**, 339-349 (2008).
17. Greene, S., Daly, E., Talbot, E., Demma, L., Holzbauer, S., Patel, N., Hill, T.A., Walderhaug, M.O., Hoekstra, R.M., Lynch, M.F., Painter, J.A.: Recurrent multistate outbreak of *Salmonella* Newport associated with tomatoes from contaminated fields, 2005. *Epidemiol. Infect.* **136**, 157-165 (2008).
18. Cho, Y.S.: Report on 2017 wildlife survey. National Institute of Biological Resources, Incheon, pp. 113 (2017).
19. Park, Y.C.: Inventory and monitoring of biological pathogens-carrying wildlife pests for safety management of agricultural produce. Rural development Administration, Jeonju, pp. 13-74 (2017).
20. An, Y.J., Lee, W.M., Yoon, C.G.: Evaluation of Korean water quality standards and suggestion of additional water parameters. *Korean J. Ecol. Environ.* **39**, 285-295 (2006).
21. U.S. Food and Drug Administration: Standards for the growing, harvesting, packing, and holding of produce for human consumption. Fed Regist 80, 74353-74642 (2015).
22. Hutchison, M.L., Walters, L.D., Moore, T., Thomas, D.J.I., Avery, S.M.: Fate of pathogens present in livestock wastes spread onto fescue plots. *Appl. Environ. Microbiol.* **71**, 691-696 (2005).
23. Congalton, G.C., Stenback, J.M., Barrett, R.H.: Mapping deer habitat suitability using remote sensing and geographic information system. *Geocarto International.* **8**, 23-33 (1993).
24. Garzio-Hadzick, A., Shelton, D., Hill, R., Pachepsky, Y., Guber, A., Rowland, R.: Survival of manure-borne *E. coli* in streambed sediment: effects of temperature and sediment properties. *Water Res.* **44**, 2753-2762 (2010).