

매몰 시간의 경과에 따른 구제역 가축 매몰지 침출수 특성에 관한 연구

최낙철¹ · 최은주² · 김봉주² · 박정안¹ · 김성배¹ · 박천영^{2*}

¹서울대학교 지역시스템공학과, ²조선대학교 에너지자원공학과

Characterization of Water Quality and Bacteria of Leachate from Animal Carcass Disposal on the Disposal Lapse Time

Nag-Choul Choi¹, Eun-Ju Choi², Bong-Ju Kim², Jeong-Ann Park¹, Song-Bae Kim¹ and Cheon-Young Park^{2*}

¹Department of Rural Systems Engineering/Research Institute for Agriculture and Life Sciences, Seoul National University, Seoul, Korea

²Department of Energy and Resource Engineering, Chosun University, Gwang-ju, Korea

In this study, the physicochemical properties of leachate and the bacteria existence in leachate using molecular biology methods for 4 animal carcass disposals on the disposal lapse time was analyzed. The result of leachate physicochemical analysis in the middle stage (been buried 20 months) showed higher EC, DO, HCO₃⁻, TOC, T-N and SO₄²⁻ concentration compared to the first stage data (been buried 5 months). For identification of leachate using 16S rRNA method, *Lysinibacillus sphaericus*, *Bacillus pumilus*, *Pseudoclavibacter helvolus*, *Pseudochrobactrum saccharolyticum* and *Corynebacterium callunae* in the first stage, *Bacillus cereus*, *Lysinibacillus sphaericus*, *Bacillus circulans* and *Corynebacterium glutamicum* in the middle stage was observed, while there were detections of pathogenicity bacteria such as *B. cereus* and *L. sphaericus*. This study improves our knowledge of the fate and transport in geologic media, treatment, risk analysis on the leachate from animal carcass disposal sites.

Key words : animal carcass disposal, leachate, disposal lapse time, water quality, molecular biology method

본 연구에서는 매몰경과시간에 따라 4지점의 가축매몰지 침출수에 대하여 물리화학적 특성과 분자미생물학적 방법을 이용하여 침출수내 미생물을 분석하였다. 침출수에 대한 물리화학적 분석 결과, 매몰중기(매몰경과 20개월)에서 매몰초기(매몰경과 5개월) 자료에 비하여 EC, DO, HCO₃⁻, TOC, T-N 과 SO₄²⁻의 함량이 높게 나타났다. 16S rRNA방법을 이용한 침출수의 미생물을 동정한 결과, 매몰초기에 *Lysinibacillus sphaericus*, *Bacillus pumilus*, *Pseudoclavibacter helvolus*, *Pseudochrobactrum saccharolyticum* 과 *Corynebacterium callunae* 이 동정되었으며, 매몰중기에는 *Bacillus cereus*, *Lysinibacillus sphaericus*, *Bacillus circulans* 과 *Corynebacterium glutamicum*이 검출되었고, *Bacillus cereus*, *Lysinibacillus sphaericus*과 같은 병원성 미생물이 발견되었다. 본 연구는 가축매몰지로부터 형성되는 침출수에 대한 지질 매체 내에서의 거동특성, 처리 및 위해성 평가에 대한 기초자료로 활용 가능할 것이다.

주요어 : 가축 매몰지, 침출수, 시간경과, 수질, 분자생물학적 분석

1. 서 론

우리나라는 2010년 11월 경북 안동에서 최초로 발병 보고된 구제역(foot and mouth disease)으로 전국 약 4,600개소에 돼지 213만 마리, 소 14만 마리, 조류

380만 마리의 동물 사체를 매몰하였다(Choi *et al.*, 2013). 가축 전염병에 의하여 폐사된 가축에 대한 처리 방법은 소각(incineration), 퇴비화(composting), 용출(rendering) 및 매몰(burial) 등이 있다(Engel *et al.*, 2004). 우리나라에서는 “가축전염병예방방법 제 20조”에

*Corresponding author: cybpark@chosun.ac.kr

따라 제1종 가축전염병에 감염되었거나 감염이 우려되는 가축에 대하여 살처분을 명하고 “가축전염병예방법 시행규칙 제25조” 및 긴급방역행동지침(가금인플루엔자, 전염성해면상뇌증, 구제역 등)에 의해 신속하게 소각 및 매몰 처리를 하고, 제2종, 제3종 가축 전염병에 전염된 가축사체에 대해서도 대부분 매몰처리하고 있다. 하지만 매몰처리는 가축사체의 부패에 따른 침출수로 인해 토양, 지하수 및 주변 환경을 오염시킬 수 있고, 사후환경관리가 제대로 이뤄지지 않으면 2차 환경 오염문제를 야기할 수 있다. 특히 침출수 내 존재하는 유해 미생물은 미량 존재에도 불구하고 인간 및 가축이 섭취시 추가적인 질병이 발생할 수 있어 가축 매몰지로부터 발생하는 침출수내 유해 미생물에 관한 연구가 필요하다. 가축 매몰지 침출수내 미생물에 관한 국외 연구는 유출 확산평가(Ritter and Chirnside, 1995), 위해성에 관한 연구(Davies and Wray, 1996; Turnbull, 2001) 등 다양하게 진행되었으나, 국내에서는 Kim *et al.* (2010)이 가축 매몰지 주변 토양 및 지하수의 오염도 평가를 통하여 매몰지 주변의 지하수에서 매몰지 기원으로 예상되는 바실러스균속(*Bacillus*)을 발견하였으며, Kang *et al.* (2012)은 구제역 가축 매몰지 침출수에 대한 유기물질 성분분석, 물리적 화학적분석을 통하여 매몰경과에 따른 침출수 내 일반세균을 정량적으로 분석하였고 침출수내 유기물의 기원을 조사하였다. Choi *et al.*(2013)은 침출수의 호기성 미생물의 분포에 관한 연구를 통하여 매몰지내에 존재하는 호기성 미생물을 동정한 결과, 악취제거 목적으로 주입 가능한 EM(effective microorganisms) 미생물이 아닌 가축사체에서 유래된 *Bacillus pumilus*, *Lysinibacillus sphaericus* 및 *Bacillus sphaericus* 등이 동정한 것이 전부이다. 따라서 본 연구의 목적은 가축 매몰지의 침출수를 대상으로 매몰시간의 경과에 따른 침출수의 물리·화학적 특성 변화와 유해 미생물의 분포 특성을 파악하는 것이다. 이를 통하여 가축

매몰에 따라 발생하는 침출수내 유해 미생물의 종류와 특성에 대한 기초 정보를 제공하는 것과 동시에 환경위해성평가에 기초적 자료로 활용됨으로써 가축 매몰지 사후관리기법 정립에 도움이 되고자 한다.

2. 시료채취 및 분석방법

2.1. 대상 가축 매몰지

연구대상 가축 매몰지는 2011년 1월에 구제역으로 인하여 폐사된 가축을 대상으로 2010년 11월 환경부가 고지한 “가축 매몰지 환경관리지침”을 기반으로 조성되었다. 대상 매몰지는 전국 3개도 지역 내 총 4개 매몰지이며, 구체적인 현황은 Table 1에 나타내었다.

2.2. 침출수 채취 및 분석

매몰시기 경과에 따른 침출수의 물리·화학적 특성 변화 및 유해 미생물 분포 특성 변화를 파악하기 위하여 매몰 초기(매몰 종료후 약 5개월 경과)인 2011년 6월과 매몰 중기(매몰 종료후 약 20개월 경과)인 2012년 9월에 동일 매몰지에 대하여 침출수를 채취하였으며, 이 중 한 지역(CL-4)에 대하여 2012년 6월부터 9월까지 총 5회에 걸쳐 시간에 따른 침출수 특성 변화를 집중적으로 조사 하였다. 대상 매몰지내 설치되어 있는 관측공에서 지하수 채수에 사용되는 베일러(bailer)를 이용하여 침출수를 채취하였다. 채취된 침출수는 현장에서 0.45 μm 기공 크기의 필터를 이용하여 부유물질을 제거한 후, 수소이온농도(pH, TOA HM-14P), 산화환원전위(Eh, TOA HM-12P), 전기전도도(EC, TOA CM-14P), 용존산소(DO, YSI 95), 그리고 총고용물질(TDS, HACH COS50)을 측정하였다. 그리고 침출수 시료는 화학분석을 위해 4°C 이하로 냉장보관 하였다. 양이온 주성분 원소인 Na^+ , Ca^{2+} 에 대한 화학분석은 유도결합플라즈마(ICP, ULTIMA2, Horiba)를 이용하였고, $\text{PO}_4\text{-P}$, SO_4^{2-} , Cl^- , $\text{NO}_3\text{-N}$ 과 같은 음

Table 1. Conditions of animal carcass disposal in this study

		CL-1	CL-2	CL-3	CL-4
Construct date		2011.01.11	2011.01.21	2011.01.18	2011.01.06
species (unit)	cattle	-	-	2	104
	pig	625	4,925	1,299	3,900
	total	625	4,925	1,301	4,004
size (m)	length	16	40	31	21
	wide	5	12	7	6
	depth	6	7	6	5

Table 2. Primers for amplification of 16S rRNA genes in this study

Genes	Primers (5' → 3')	Amplicon
16S rRNA	F : ACTTTGATCCTGGCTCAG	527bp
	R : GIATTGCCGCGGCTGCTG	527bp

Table 3. The physical characteristic of leachate from animal carcass disposal in this study

	CL-1		CL-2		CL-3		CL-4	
	A	B	A	B	A	B	A	B
pH	6.11	4.78	5.57	4.87	6.52	4.95	7.40	4.19
Eh(mV)	-281	21	-239	9	-257	6	-358	15
DO(mg/L)	0.11	8.41	0.14	8.31	0.13	8.33	0.72	8.33
TDS(mg/L)	12.5	20.2	16.4	22.2	10.5	19.2	6.5	24.2
EC(ms/m)	2.23	2.98	0.23	1.57	1.13	1.59	0.61	0.58

A : In the early stage (been buried 5 months), B : In the middle stage (been buried 20 months)

이온 분석은 이온크로마토그래피(IC, IC861, Metrohm)를 이용하였다. 그리고 총유기탄소(TOC, total organic carbon) 함량은 총유기탄소 분석기(TOC, TOC-5000A, Shimadzu)를 이용하였으며, 총대장균군 (total coliforms)은 환경정책기본법 제 10조의 환경기준에 의거하여 최적확수 시험법으로 측정하였다.

2.3. 침출수내 미생물 배양 및 분리

총 16개의 침출수 시료에서 1 mL를 취하여 생리식염수 용액 9 mL과 혼합하여 1분간 vortex하였으며, 균질화한 후 10⁻¹ ~ 10⁻⁷으로 십진 희석하였다. 희석액은 5 종류 (Blood agar plate, Macconkey agar plate, *Salmonella-Shigella* agar, Choco agar 및 thiosulfate citrate bile salts sucrose agar)의 호기성 선택배지를 이용하여 5~8%의 CO₂ 조건에서 24시간 동안 호기성 배양을 실시하였으며, 2 종류(Phenylethanol agar 및 *Brucella* agar)의 혐기성 선택배지를 이용하여 48시간 동안 혐기성 배양을 실시하였다. 본 연구에 사용된 미생물 배양에 이용된 배지(medium)들은 DIFCO Co.(USA)에서 구입하여 사용하였으며, 배양 후 형성된 집락(colony)은 크기, 모양과 색 등의 형태학적 특성에 따라 분류, 무작위로 다수의 콜로니를 선택하였으며, 3회의 계대 배양을 통해 미생물을 순수 분리하였다.

2.4. 침출수내 미생물에 대한 분자생물학적 분석

침출수내 호기성 미생물에 대한 유전자 염기서열 분석을 목적으로 Genomic DNA extraction은 1mL의 PBS(Phosphate-buffered saline) 용액에 각각의 침출

수에서 분리된 미생물을 혼합한 후, vortex mixing하여 시료를 균질화 시킨다. 원심분리기를 이용하여 8,000 rpm, 5분 동안 고액 분리한 후, 상등액을 버리고, Lysis sol. 200 µL를 분주하고, vortex mixing하여 균질화 하는 과정을 총 3회 반복하였다. 100°C의 heat block에서 5분 동안 배양과 4°C의 냉장고에서 5분 동안의 배양을 거친 시료를 13,000 rpm, 10분 동안 원심 분리하였다. 상등액에 대한 농도는 nanodrop(Nanodrop ND-1000)를 이용하여 측정하였다. PCR은 95°C 5분간의 denaturation 단계, 56°C의 Annealing 단계와 72°C의 extension 단계를 각 45초씩 총 38회 시행 후, post-extension을 72°C 10분간 시행하여 4°C에 보관하고, 5 L의 PCR 산물을 ethidium bromide가 첨가된 1.8% agarose에서 전기 영동하여 확인하였다. 염기서열분석 및 동정을 위하여 PCR 산물은 Geneall kit를 이용하였으며 (Table 2), 정렬된 염기서열은 Basic Local Alignment Search Tool (BLAST)와 GenBank database를 이용하여 비교분석 하였다.

3. 결과 및 고찰

3.1. 매물시간 경과에 따른 침출수 특성 변화

대상 매물지에 대하여 매물경과에 따른 침출수의 물리적 특성 변화를 Table 3에 나타내었다. 매물초기(매물경과 5개월)와 매물중기(매물경과 20개월)의 침출수에 대하여 물리적 특성을 비교 해본 결과, pH는 매물초기에 5.57~7.40의 약산성에서 중성범위를 나타냈지만 매물중기에는 4.19~4.95의 산성범위로 감소하였다.

Table 4. The chemical and biological characteristic of leachate from animal carcass disposal in this study

Unit	CL - 1		CL-2		CL-3		CL-4		
	A	B	A	B	A	B	A	B	
Total coliforms	MPN/100mL	14,136,000.0	8,000.0	141,400.0	30,000.0	1,414,000.0	8,000.0	3,654.0	1,600.0
TOC		1,245.6	101,190.0	985.2	18,840.0	785.1	19,200.0	2,360.0	8,631.0
NO ₃ -N		19.0	48.9	10.3	48.4	26.2	44.4	9.9	16.6
SO ₄ ⁻²		35.5	644.4	54.3	54.1	21.7	35.6	36.9	127.6
Cl ⁻		577.8	1,170.6	328.0	1,043.6	214.0	1,041.1	185.8	219.8
HCO ₃ ⁻	mg/L	22.9	25,221.0	33.5	21,547.0	26.6	24,784.0	21.0	18,544.0
Na ⁺		216.3	684.5	338.4	504.8	478.7	509.3	174.4	144.0
Ca ⁺²		40.0	350.6	31.1	2,014.0	22.0	2,038.0	33.6	336.6
T-N		42.9	29,973.0	27.6	4,834.8	44.6	5,050.8	2,358.0	2,223.9
PO ₄ -P		0.2	21.4	0.0	0.8	0.5	0.9	0.1	1.0

A : In the early stage (been buried 5 months), B : In the middle stage (been buried 20 months)

매몰지 조성시 사용된 생석회에 의한 pH 증가보다 유기산 생성균의 활성화 등에 의한 유기산 생성이 우월하게 나타난 것으로 판단되어 진다. Eh는 증가하여 환원환경에서 산화환경으로 변화되었으며, DO 또한 증가하여 혐기환경에서 호기환경으로 변화되었다. 이는 가축사체로 유래된 미생물의 활성화가 감소되어 미생물에 의한 산소 소비량의 감소와 일부의 매몰지내 외부 공기 유입 등으로 판단되어 진다(Choi *et al.*, 2013). 침출수내 함유되어 있는 미네랄 및 고형성분의 양을 간접적으로 알 수 있는 TDS와 EC의 경우 매몰시간이 증가됨에 따라 약간 증가되었다. 대상 매몰지에 대하여 매몰경과에 따른 침출수의 화학·생물학적 특성 변화를 파악하기 위하여 총유기탄소를 포함한 10개 항목에 대하여 정량분석을 실시하였으며, 그 결과를 Table 4에 나타내었다.

매몰초기에 비하여 매몰중기에서 총대장균균을 제외한 모든 분석항목에서 함량이 증가하였다. 총대장균균의 경우, CL-1에서 매몰초기에 14,136,000 MPN/100 mL에서 약 1/1,767배 감소하여 8,000 MPN/100 mL로 나타났다. 총대장균균의 감소는 매몰초기 가축사체에서 유래된 미생물의 개체수 증가가 시간이 지남에 따라 미생물의 영양원이 되는 사체내 유기물 감소와 침출수내 용존이온 증가에 의한 미생물 독성 증가 등으로 인하여 미생물의 개체수 감소에 영향을 받은 것으로 판단되어진다. 이로 인하여 Table 2에서 매몰시간 경과에 따라 침출수의 Eh와 DO의 증가 원인을 검증해준다. 분석항목 중 매몰시간 경과에 따라 가장 많이 증가 항목은 중탄산 이온이며, CL-1의 경우 매몰초기에 비하여 매몰중기에 약 1,100배 정도 증가

하였다.

가축 살처분 매몰지에서 일어나는 분해과정은 쓰레기 매립지와 비슷한 특성을 가지고 있으나 반응속도는 차이가 있으며, 분해과정은 총 5단계로 호기성미생물에 의하여 사체내 유기물이 분해되기 시작하는 초기 1단계, 사체분해에 의하여 COD함량, 유기산 증가 등의 산성 단계 (2~3단계)와 메탄 생성 단계 (4단계)를 거쳐 최종적으로 안정화 단계인 5단계로 진행되어 진다(MAF BioSecurity Authority, 2005). 본 연구의 대상 매몰지는 pH 감소와 용존이온 증가 등에 따른 산성단계로 판단되며, 매몰중기에 침출수내 급격한 중탄산 이온 함량증가는 미생물에 의한 분해과정에서 생성된 CO₂ 함량 증가에 따른 것이다. 총유기탄소, 총질소 및 인산염인의 증가 또한 사체 분해과정에 의한 침출수내 용존 함량 증가로 사료된다.

3.2. 매몰시간 경과에 따른 침출수 내 유해 미생물 분포

매몰시간 경과에 따라 침출수내 미생물의 분포특성을 파악하고자 실시한 순수배양을 통한 분자생물학적 분석 결과를 Table 5에 나타내었다. 동일한 매몰지에서 매몰시간 경과에 따라 미생물의 분포특성이 다르게 나타났다. 매몰초기 침출수에서 동정된 미생물은 *Lysinibacillus sphaericus*, *Bacillus pumilus*, *Pseudoclavibacter helvolus*, *Pseudochrobactrum saccharolyticum*, *Corynebacterium callunae* 로 나타났으며, 매몰중기에는 이와 다르게 *Bacillus cereus*, *Lysinibacillus sphaericus*, *Bacillus circulans*, *Corynebacterium glutamicum*로 나타났다. 부패가 진행되고 있는 침출수에서는 구제역

Table 5. The results of PCR for leachate from animal carcass disposal in this study

Sample No.	Species	
	In the early stage (been buried 5 months)	In the middle stage (been buried 20 months)
CL - 1	<i>Lysinibacillus sphaericus</i>	<i>Bacillus cereus</i>
CL - 2	<i>Bacillus pumilus</i>	<i>Bacillus cereus</i> <i>Lysinibacillus sphaericus</i>
CL - 3	<i>Bacillus pumilus</i>	<i>Bacillus circulans</i>
CL - 4	<i>Pseudoclavibacter helvolus</i> <i>Pseudochrobactrum saccharolyticum</i> <i>Corynebacterium callunae</i>	<i>Corynebacterium glutamicum</i>

바이러스(foot and mouth virus)을 포함한 수인성 원생동물문(Waterborne protozoa) 등이 검출되고 있다. 이 중 대장균을 포함하여 장티푸스균(*Salmonella enterica* serotype Typhi) 등의 살모넬라균과 캄필로박터균(*Camphylobacter jejuni*, *C. coli*, *C. fetus*)과 같은 병원균과 바실러스균(*Bacillus sp.*)이 가축 매물지 내부 토양에서 가장 높은 빈도로 발현되고 있는 것으로 조사되었다(Abbey, N. and Mark, S. 2004). 이러한 균들은 매물지 토양 및 주변의 지하수를 오염시킬 수 있으며, 이렇게 오염된 물을 사람이 섭취할 때 이들 균에 의한 감염성 질환이 발병될 가능성이 큰 것으로 보고되고 있다.

매물초기와 중기에서 동시에 동정된 *L. sphaericus* 는 *Bacillus*에서 재분류 되었으며, 지렁이 장내 약 15% 정도 존재하고 있다 (Kim *et al.*, 2011). 인간에게는 균혈증 (bacteremia), 뇌수막염 (meningitis) 및 식품감염 (food infection)등을 일으킬 수 있다. 매물초기에는 동정되지 않았으나 매물중기에 매물지 4지점 중 2지점에서 동정된 *Bacillus cereus*는 Gram 양성균으로 호기성 조건에서 잘 자라지만 때때로 혐기적 환경에서도 생존하며 다양한 환경에 적응한 포자 (pore)를 형성한다. 또한 식중독을 일으키는 열에 안정한 독소를 생성하여 구토 증상, 설사 증상 등 두 종류의 위장질환을 유발한다(Kramer and Gilbert, 1989; Granum, 2001). 구토 증상의 식중독은 peptide 독소인 emetic toxin 때문에 발병되며 cereulide 라고 불리는 이 독소는 열에 안정하며 정지기 (stationary phase)에 생성되고, 감염 후 1 ~ 6시간에 발병된다(Monika *et al.*, 2004). 또한 이 균은 여러 종류의 표면에 강한 접착성을 지니며 식품 가공 과정에서 Stainless steel 재질 등의 표면에 부착하여 biofilm을 형성하며, 형성된 biofilm 안에 존재하는 포자는 높은 상대습도 (97%나 그 이상)의 대기에 노출되면 포자의 형성을 진행시키기에 식품산업에서 많은 문제를 야기한다(Ryu and Beuchat, 2005). *Bacillus spp*가 생성하는 extracellular

polysaccharide matrix라는 biofilm은 항생제 혹은 항생물질 등으로부터 자신을 물리적으로 보호하는 기능을 하며, 또한 pH, osmotic shock, 건조, 열에 노출될 경우 세균을 보호하는 것으로 보고되어 있다 (Marinda *et al.*, 2002). 이들 식중독 원인균의 증식억제를 위한 화학적인 방법으로 차아염소산, hydrogen peroxide, potassium sorbate(Rice and Pierson, 1982), ben-zoic acid(Kim *et al.*, 1997), propionic acid, citric acid, acetic acid, lactic acid 등 유기산(Oh and Marshall, 1994; Ita and Hutkins, 1991; Yonng and Foegding, 1993; Fernandes *et al.*, 1998)과 NaCl (Masuda *et al.*, 1998) 및 기타 보존제를 단독으로 또는 병용한 실험결과가 많이 보고되고 있다. 이 균에 대한 국내에서 발생하는 감염증은 전체 설사 유발 원인균의 6.3%를 보였다 (National Institute of Health, 2007).

4. 결 론

구제역으로 인하여 조성된 매물지의 매물경과에 따른 침출수의 물리화학생물학적 특성 변화를 조사하였다. 매물초기에 비하여 매물중기의 침출수의 물리적 특성 변화는 수소이온농도는 감소하였으며, 산화환원전위와 용존산소는 증가하였다. 화학적 특성 변화는 총대장균군을 제외한 모든 분석항목에서 함량이 증가하였으며, 특히 중탄산이온은 미생물 분해과정을 진행에 의하여 가장 많이 증가하였다. 매물시간에 경과에 따라 침출수내 분포하는 미생물에 대하여 분자생물학적 분석한 결과, 매물초기와 중기에 *Lysinibacillus sphaericus* 이 동시에 동정되었으며, 매물초기에는 *Bacillus pumilus*, *Pseudoclavibacter helvolus*, *Pseudochrobactrum saccharolyticum*, *Corynebacterium callunae*이 동정되었으며, 매물중기에는 이와 다르게 *Bacillus cereus*, *Bacillus circulans*, *Corynebacterium glutamicum*로 동정되었다. 이중 설사 유발균으로 널리 알려진 *B.*

*cereus*가 4지점의 매몰지 침출수 중 2지점에서 검출되었으며, 이 균은 환경저항성이 강하여 향후 매몰지 주변 지표수 또는 지하수 등의 수계에 영향을 미칠 수 있을 것이다. 본 연구를 통해, 매몰 시간 경과에 따라 가축 매몰지의 침출수 특성 변화를 파악함으로써 가축 매몰지 침출수에 의하여 주변 수계 오염 복원 또는 침출수 처리 시 중요한 자료로 활용 될 수 있을 것이라 판단되어 진다.

사 사

이 논문은 교육과학기술부의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 연구입니다 [NRF-2008-35-C00045].

참고문헌

- Abbey, N. and Mark, S. (2004) Carcass disposal: a comprehensive review. National Agricultural Biosecurity Center Consortium USDA APHIS Cooperative Agreement Project Carcass Disposal Working Group, p.1-12.
- Choi, N.C., Choi, E.J., Kim, B.J., Kim, S.B., Park, J.A. and Park, C.Y. (2013) Characterization of water quality and the aerobic bacterial population in leachate derived from animal carcass disposal. *The J. Eng. Geol.*, v.23(1), p.37-46.
- Davies, R.H. and Wray, C. (1996) Seasonal variations in the isolation of *Salmonella typhimurium*, *Salmonella enteritidis*, *Bacillus cereus* and *Clostridium perfringens* from environmental samples, *J. Prev. Vet.*, v.43(2), p.119-127.
- Division of Enteric Bacterial Infections, Division of Enteric and Hepatitis viruses (2007) Division of Malaria and Parasitic Diseases. Surveillance Network of Water-borne and Food-borne disease. 1th ed. Seoul; Center for Infectious Diseases, National Institute of Health, p.7-31.
- Engel, B.A., Lim, K.J., Choi, J.Y. and Theller, L. (2004) Evaluating environmental impacts. Carcass Disposal: A Comprehensive Review. National Agricultural Biosecurity Center Consortium USDA. Kansas State University.
- Fernandes, C.F., Flick, G.J., Cohen, J. and Thomas, T.B. (1998) Role of organic acids during processing to improve quality of channel catfish filets. *J. Food Prot.*, v.61, p.495-498.
- Granum, P.E. (2001) *Bacillus cereus*. In: Food Microbiology. Fundamentals and Frontiers, 2nd Ed. (Doyle, M.P., Beuchat, L.R., Montville, T.J. eds.) ASM Press, Washington, D.C. p. 373-381.
- Ita, P.S. and Hutkins, R.W. (1991) Intracellular pH and survival of *Listeria monocytogenes* Scott A in tryptic soy broth containing acetic, lactic, citric and hydrochloric acid. *J. Food Prot.*, v.54, p.15-19.
- Kang, M., Kim, M.S., Choi B.W. and Sohn, H.Y. (2012) Organic matter analysis and physicochemical properties of leachate from a foot-and-mouth disease landfill site. *Korean J. Microbiol. Biotechnol.*, v.40(2), p.128-134.
- Kim, D.J., Kwon, O.J. and Byun, M.W. (1997) Combination effects of benzoate, sorbate and pH for control of *Escherichia coli* O157:H7. *J. Food Hyg. Saf.*, v.12, p.200-204.
- Kim, E. S., Hong, S. W. and Chung, K.S. (2011) Comparative Analysis of Bacterial Diversity in the Intestinal Tract of Earthworm (*Eisenia fetida*) using DGGE and Pyrosequencing. *Korean J. Microbiol. Biotechnol.*, v.39(4), p.374-381.
- Kim, K.H., Kim, K.R., Kim, H.S., Lee, G.T. and Lee, K.H. (2010) Assessment of soil and groundwater contamination at two animal carcass disposal sites. *Korean J. Soil Sci. Fert.*, v.43(3), p.384-389.
- Kramer, J.M. and Gilbert, R.J. (1989) *Bacillus cereus* and other *Bacillus* species In Food borne Bacterial Pathogens. Marcel Dekker Inc., London. p.21-70.
- MAF Biosecurity Authority, (2005) Construction specifications for carcass burial facilities. p.1-8.
- Marinda, C.O, Bridgitta, S., Jacques, T., Pascal C., Denise L., Alexander V.H. and Volker S.B. (2002) Proteomic analysis reveals differential protein expression by *Bacillus cereus* during Biofilm formation. *Appl. Environ. Microbiol.*, v.68, p.2770-2780.
- Masuda, S., Hara-Kudo, Y. and Kuagai. S. (1998) Reduction *Escherichia coli* O157:H7 population in soy sauce, a fermented seasoning. *J. Food Prot.*, v.61, p.657-661.
- Monika, E.S., Fricker, M. and Scherer, S. (2004) *Bacillus cereus* the causative agent of an emetic type of food-borne illness, *Mol. Nutr. Food Res.*, v.48, p.479-487.
- Oh, D.H. and Marshall, D.L. (1994) Enhanced inhibition of *Listeria monocytogenes* by glycerol monolaurate with organic acids. *J. Food Sci.*, v.59, p.1258-1261.
- Rice, K.M. and Pierson, M.D. (1997) Inhibition of *Salmonella* by sodium nitrite and potassium sorbate in frankfurters. *J. Food Sci.*, v.47, p.1615-1617.
- Ritter, W.F. and Chirnside, A.E.M. (1995) Impact of dead bird disposal pits on ground-water quality on the Delmarva Peninsula. *Bioresour Technol.*, v.53, p.105-111.
- Ryu, J.H. and Beuchat, L.R. (2005) Biofilm formation and sporulation by *Bacillus cereus* on a stainless steel surface and subsequent resistance of vegetative cells and spores to chlorine, chlorine dioxide, and a peroxyacetic acid-based sanitizer. *J. Food Prot.*, v.68, p.2614-2622.
- Turnbull, P. (2001) Guidelines for the surveillance and control of anthrax in humans and animals, 3rd Edition, World Health Organization. p.13.
- Yonng, K.M. and Foegding, P.M. (1993) Acetic, lactic, citric acid and pH inhibition of *Listeria monocytogenes* Scott A and the effect on intracellular pH. *J. Appl. Bacteriol.* v.74, p.515-520.

2013년 6월 2일 원고접수, 2013년 7월 8일 1차 수정, 2013년 8월 11일 게재승인