가축 전염병 관리를 위한 돼지 사체의 화학적 처리 방법

오연수¹ · 윤석훈² · 탁동섭³ · 조호성^{4*}

강원대학교 수의과대학 및 동물의학종합연구소¹, (주)에스티아이², 전북대학교 인수공통전염병연구소³, 전북대학교 수의과대학 및 생체안전성연구소⁴

Validation of method for chemical treatment of pig carcasses for the control of livestock infectious diseases

Yeonsu Oh¹, Suk Hoon Yoon², Dong-Seob Tark³, Ho-Seong Cho^{4*}

¹College of Veterinary Medicine and Institute of Veterinary Science, Kangwon National University, Chuncheon 24341, Korea

²STI Co., Ltd., Daegu 42921, Korea

³Korea Zoonosis Research Institute, Jeonbuk National University, Iksan 54531, Korea

⁴College of Veterinary Medicine and Bio-Safety Research Institute, Jeonbuk National University, Iksan 54596, Korea

This is a study on the improvement of the chemical treatment method of the livestock carcass treatment newly introduced in the livestock infectious disease prevention method in order to improve the problems of the existing burial-centered carcass treatment method when a livestock infectious disease occurs. It was conducted to establish detailed treatment standards for the chemical treatment method of pig carcasses based on the results of proof of the absence of infectious diseases in pigs. After inoculating pig carcasses with 10 pathogens (6 viruses [FMDV, ASFV, CSFV, PCV2, PRRSV, PEDV] and 4 bacteria [*Lawsonia intracellularis*, *Clostridium perfringens* type C, *E. coli*, *Salmonella* Typhimurium]) It was treated at 90 °C for 5 hours in a potassium hydroxide (KOH) liquid solution corresponding to 15% of the body weight. This method liquefies all cadaveric components and inactivates all inoculated pathogens. Based on these results, it was possible to prove that chemical treatment of pig carcasses is effective in killing pathogens and is a safe method without the risk of disease transmission. Although there are problems to be solved in the processing and operation of the chemical treatment products of livestock carcasses, the chemical treatment method of livestock carcasses can be suggested as an alternative to the current domestic burial-centered livestock carcass treatment method, preventing environmental pollution, and contributing to public health.

Received December 25, 2021

Accepted December 27, 2021

Corresponding author:

Ho-Seong Cho

E-mail: hscho@jbnu.ac.kr

<https://orcid.org/0000-0001-7443-167X>

Key Words: Alkaline hydrolysis, Biosecurity, Disaster-type animal disease, Infectious animal disease, Pig

서론

최근 아프리카돼지열병, 구제역, 고병원성 조류인플루엔자 등의 재난형 동물 전염병이 전 세계적으로 발생하고 있으며 국내에서도 이들 가축 전염병의 발생으로 축산물 생산 감소, 국가 간 교역 중단, 질병관리 비용 증가 등 축산 농가 뿐 만 아니라 관련 산업에서 국가적으로 막대한 경제적 손실이 나타나고 있다 (Animal and Plant Quarantine Agency, 2021). 따라서 이들

가축 전염병의 발생과 확산을 막는 적극적인 차단방역 조치들을 취하고 있다(Cho, 2012; Kim 등, 2016; Cho, 2020).

현재 국내 가축전염병예방법에는 1종 가축전염병 15종, 2종 가축전염병 32종 및 3종 가축전염병 21종으로 총 68종의 가축 전염병이 관리되고 있다(Ministry of Agriculture, Forestry and Rural Affairs, 2021). 특히 제1종 가축전염병의 확산을 막기 위해 농림축산식품부령으로 정하는 바에 따라 우역, 우폐역, 구제역, 아프리카돼지열병, 돼지열병, 고병원성조류인플루엔자

의 감염이 확실하거나 거의 확실한 경우에는 반드시 살처분을 하도록 규정하고 있으며 전염성해면상뇌증(TSE), 결핵 및 브루셀라증 등 전염성이 큰 가축질병에 대해서는 긴급방역행동지침을 마련하여 신속히 질병전염병을 차단하기 위해 살처분을 하고 있다(Ministry of Agriculture, Forestry and Rural Affairs, 2021). 돼지의 경우에는 아프리카돼지열병, 돼지열병, 브루셀라증 등이 해당되며 살처분 후 가축 사체의 처리는 소각과 매몰 방식 중 주로 매몰 방식으로 진행하였으나 매몰지의 포화, 환경오염 등의 다양한 문제로 인해 이에 대한 대안을 찾는 노력을 기울여 왔다(Cho와 Kim, 2012).

이 과정에서 최근 개정된 가축전염병예방법 제22조 제2항은 “가축전염병에 걸렸거나 걸렸다고 믿을 만한 역학조사·정밀검사 결과나 임상증상이 있는 가축 사체의 소유자 등이나 가축을 살처분한 가축방역관은 농림축산식품부령으로 정하는 바에 따라 지체 없이 해당 사체를 소각하거나 매몰 또는 화학적 처리를 하여야 한다.”라고 규정하여 가축 사체의 화학적 처리를 살처분 방법 중 하나로 추가하여 기존의 매몰 방식의 대안으로 활용할 수 있게 하였다. 그러나 가축 사체의 화학적 처리 방법에 대한 병원체 사멸을 포함한 조건이 포함된 세부 지침이 제시되지 않아 현장에서 이를 적용하는 데 어려움이 있는 실정이다.

따라서 본 연구에서는 국내 가축 사체의 처리방식으로 새롭게 도입된 화학적 처리방법(알칼리 가수분해)의 활용을 위해 돼지의 주요 감염병 병원체[Foot and Mouth Disease Virus (FMDV), African Swine Fever Virus (ASFV), Classical Swine Fever Virus (CSFV), Porcine Circovirus type 2 (PCV2), Porcine Reproductive and Respiratory Syndrome (PRRSV), Porcine Epidemic Diarrhea Virus (PEDV), *Lawsonia intracellularis*, *Clostridium perfringens* type C, *E. coli* 및 *Salmonella Typhimurium*]을 포함한 돼지사체를 처리함으로써 병원체 사멸 조건 검증함으로써 가축사체 처리에 있어 화학적 처리방법에 대한 과학적 근거를 마련하여 살처분 방식을 다양화하는데 기여하고자 하였다.

재료 및 방법

병원체

본 실험에 사용되는 병원체는 FMDV (FMDV O1 Campos strain, 6PD50), CSFV (LOM strain, 1×10^5 TCID₅₀/mL), ASFV (Georgia2007/1, 1×10^4 HAD₅₀/mL DNA), PCV-2 (1×10^6 TCID₅₀/mL), PRRSV (VR2332, 1×10^6 TCID₅₀/mL),

PEDV (1×10^6 TCID₅₀/mL), *Lawsonia intracellularis* (1×10^6 TCID₅₀/mL), *Clostridium perfringens* type C (field isolate, 1×10^6 CFU/mL), *Escherichia coli* (1×10^6 CFU/mL), *Salmonella Typhimurium* (1×10^6 CFU/mL)을 배양하여 준비하였다.

돼지 사체의 화학적 처리

폐사 자돈 3마리(총 45 kg)를 반응기에 넣고 사체에 FMDV, ASFV, CSFV, PCV2, PRRSV, PEDV, *Lawsonia intracellularis*, *Clostridium perfringens* type C, *Escherichia coli*, *Salmonella Typhimurium*을 접종하였다(Fig. 1A, 1B). 반응기에 KOH 액상용액을 돼지사체 무게의 15%되게 주입한 뒤 덮개를 덮어 완전히 밀봉한 다음 90℃에서 5시간 동안 처리하였다(Fig. 1C, 1D).

돼지사체 화학적 처리 잔존물에서의 병원체 검사

화학적 처리 반응물에서의 병원체 검사를 위해 유전자 검출과 배양 검사를 수행하였다. 바이러스와 세균의 핵산 추출은 QIAamp Viral RNA Mini Kit (Qiagen, USA) 및 추출은 QIAamp DNA Mini Kit (Qiagen, USA)를 이용하였으며 추출한 유전자 각각 5 µL를 각각의 PCR 검사에 사용하였다.

FMDV qRT-PCR의 경우 VDX FMDV Real-Time PCR kit (MedianDiagnostics, Korea)를 이용하였고 분석방법은 제조사에서 제시하는 방식을 따랐으며 양성판정은 Ct<40을 기준으로 평가하였다. ASFV real-time PCR은 VDX ASFV Real-Time PCR kit (MedianDiagnostics, Korea)를 이용하였제조사에서 제시한 방법대로 분석하였으며 양성판정은 Ct<40을 기준으로 평가하였다. CSFV real-time RT-PCR은 VDX®CSFV qRT-PCR (Median Diagnostics, Korea)를 이용하여 바이러스 유전자를 동시에 정량 분석하였다. 분석방법은 제조사에서 제시하는 방식을 따랐으며 Ct<40을 양성 기준으로 평가하였다. PCV-2 qPCR 및 PRRSV qRT-PCR은 Prime-Q PVC2, PRRSV Detection Kit (Genetbio, Korea)를 이용하여 바이러스 유전자를 동시에 정량 분석하였다. 분석방법은 제조사에서 제시하는 방식을 따랐다. PEDV qRT-PCR은 Prime-Q PEDV Detection Kit (Genetbio, Korea)를 이용하여 바이러스 유전자를 정량 분석하였다. 한편 *Lawsonia intracellularis* real-time PCR은 PowerChek™ *Lawsonia intracellularis* Real-time PCR Kit (KogeneBiotech, Korea)를 이용하여 *Lawso-*

Fig. 1. Process of chemical treatment of pig carcasses including infectious pathogens. (A) Alkaline hydrolysis apparatus of pig carcasses with infectious pathogens, (B) Pig carcasses for chemical treatment process, (C) Potassium hydroxide (KOH) solution mixing for pig carcass treatment, (D) Treatment condition of alkaline hydrolysis, (E) Residual reaction solution after alkaline hydrolysis of pig carcasses, (F) Residual bone material after alkaline hydrolysis of pig carcasses.

nia intracellularis 유전자를 검출하였다. 분석방법은 제조사에서 제시하는 방식을 따랐다.

Clostridium perfringens 배양은 사체의 화학적 처리 잔존물을 배지(혈액배지, MacConkey배지)에 평판 도말한 후 37℃, 24시간 혐기 배양하였다. Dual-hemolytic zone을 보이는 집

락을 혈액배지에 계대하고 그람염색을 실시하여 동정하였다. 그람염색결과 염색성상과 일치하면 PCR을 실시하여 확인하였다. *Escherichia coli* 배양은 사체의 화학적 처리 잔존물을 배지(혈액배지, MacConkey배지)에 평판 도말한 후 37℃, 24시간 배양하였다. 혈액배지에서 용혈유무 확인하고, MacConkey agar

에서 나타난 핑크색 집락을 EMB agar에 계대(37℃, 24시간)하여 배양 유무를 확인하였다. *Salmonella enterica* serovar *typhimurium* 배양은 사체의 화학적 처리 잔존물을 배지(혈액, MacConkey, XLT4)에 평판 도말한 후 37℃, 24시간 배양하여 MacConkey 배지에서 투명한 집락이나 XLT4에서 중앙부위가 검은색 집락을 채취하여 Chrom agar에 계대(37℃, 24시간)하였다. 분리균을 생화학동정기(VITEK II, USA)를 이용하여 동정하였다.

결 과

돼지 사체의 화학적 처리 결과

폐사 자돈의 화학적 처리 후 반응기에는 액상의 반응물과 뼈

만 남게 되고(Fig. 1E, 1F) 이 중 액상 반응물은 병원체 존재 여부를 확인하기 위한 검사를 수행하였다.

돼지사체 화학적 처리 잔존물에서의 병원체 검사 결과

화학적으로 처리한 돼지 사체 처리 시료를 대상으로 한 FMDV qRT-PCR 결과 FMDV 유전자는 검출되지 않아 불활화 되었음을 확인하였다(Fig. 2). ASFV real-time PCR은 처리 후 시료에서 FMDV 유전자는 검출되지 않아 불활화 되었음을 확인하였다(Fig. 3). CSFV real-time RT-PCR은 처리 후 유전자 검사 결과 전체에서 유전자가 검출되지 않아 병원체가 불활화 되었음을 확인하였다(Fig. 4). 또한 PCV-2 qPCR 및 PRRSV qRT-PCR은 처리 후 유전자 검사 결과 전체에서 유전자가 검출되지 않아 병원체가 불활화 되었음을 확인하였다(Fig. 5). PEDV qRT-

Fig. 2. Results of the real-time RT-PCR assay for the detection of Foot and Mouth Disease Virus (FMDV) in pig carcasses treated alkaline hydrolysis.

Fig. 3. Results of the real-time PCR assay for the detection of African Swine Fever Virus (ASFV) in pig carcasses treated alkaline hydrolysis.

Fig. 4. Results of the real-time RT-PCR assay for the detection of Classical Swine Fever Virus (CSFV) in pig carcasses treated alkaline hydrolysis.

Fig. 5. Results of the real-time PCR and RT-PCR assay for the detection of Porcine Circovirus type 2 (PCV-2) and Porcine Reproductive and Respiratory Syndrome Virus (PRRSV) in pig carcasses treated alkaline hydrolysis.

PCR은 처리 후 유전자 검사 결과 전체에서 유전자가 검출되지 않아 병원체가 불활화 되었음을 확인하였다(Fig. 6).

한편 *Lawsonia intracellularis* real-time PCR은 처리 후 시료에서 *Lawsonia intracellularis* 유전자는 검출되지 않아 불활화 되었음을 확인하였고(Fig. 7), *Clostridium perfringens* 배양은 처리 잔존물을 배양한 혈액 배지와 MacConkey 배지의 혐기배양 조건에서 Dual-hemolytic zone을 보이는 집락이 관찰되지 않았다. *Escherichia coli* 배양은 사체의 화학적 처리 잔존물을 배양한 혈액 배지와 MacConkey배지 모두에서 집락이 관찰되지 않았다. 또한 *Salmonella enterica* serovar *typhimurium* 배양은 화학적 처리 잔존물을 배양한 혈액 배지와 MacConkey배지 및 XLT4 배지 모두에서 집락이 관찰되지 않았다.

고 찰

최근 구제역, 아프리카돼지열병, 고병원성 AI 등 살처분이 불가피한 가축질병이 발생이 증가하고 있다. 2010년부터 현재까

지 조성된 가축 매몰지는 4천여 개에 이르고 농림축산식품부의 관리대상 매몰지도 479개에 이르고 있는 상황이다. 따라서 가축 전염병이 발생할 경우 매몰지 미확보로 인한 사체 처리 지연 문제와 매립지의 침출수 유출로 인한 토양, 수질 오염 등 환경오염 피해를 최소화하는 친환경적인 사체 처리 요구가 지속되고 있다.

이를 보완하기 위한 노력으로 최근 아프리카돼지열병으로 인한 살처분 대상 돼지 사체의 처리는 침출수 유출 우려가 적은 밀폐형 용기(FRP)로 설치하고 있다. 또한 최근 가축 사체의 처리에 있어 활용되고 있는 비매몰 방식인 랜더링(Rendering) 처리 방식은 가축 사체를 고온 고압에서 가열·멸균 후 단백질은 분말이나 퇴비 등에 활용하고 지방은 기름이나 바이오 디젤 등의 제조에 사용되기 때문에 기존 매몰방식의 문제점을 보완하면서 효과적으로 자원을 재활용하기 위한 대안 중 하나로 제시되고 있다.

한편 가축 사체의 화학적 처리 방식은 동물 사체의 구성 성분인 단백질 등이 가수분해(hydrolysis) 과정을 거치면서 아미노산 등의 작은 크기로 분해되는 원리를 이용하는 것이다. 액상으로 분해된 최종 산물에서는 DNA도 검출되지 않을 만큼 분해되어 불활화된다(Kaye 등, 1998; Murphy 등, 2009; Lemire 등, 2016). 수산화칼륨(KOH)을 사용하는 알칼리 가수분해 방식은 처리과정 중 별도의 오염물질이 발생하지 않으며, 액상화된 부산물은 토양개량제 등으로 재활용 가치가 크다. 액상화된 부산물에는 탄소(C), 질소(N), 인(P), 칼륨(K) 함량이 높아 토양에 바로 사용이 가능하며, 높은 아미노산을 포함하고 있어 사료 원료로도 활용 가치가 높다(Gwyther 등, 2011; Seo 등, 2012; Franke-Whittle 등, 2013).

그러나 사체의 랜더링 방식과 화학적 처리 방식은 현재 국내에서는 질병 등으로 폐사하거나 살처분한 가축의 산출물은 재활용하지 못하게 되어있어 랜더링과 화학적 처리방식의 살처분 가

Fig. 6. Results of the real-time RT-PCR assay for the detection of Porcine Epidemic Diarrhea Virus (PEDV) in pig carcasses treated alkaline hydrolysis.

Fig. 7. Results of the real-time PCR assay for the detection of *Lawsonia intracellularis* in pig carcasses treated alkaline hydrolysis Alkaline hydrolysis treated pig carcasses.

축 처리 부산물의 병원체 부재 증명 등의 안전성을 담보하는 과학적 자료의 제시가 필요한 상황이다. 가축 사체의 화학적 처리의 시행에 있어서는 이 과정에 필요한 장소, 장비, 주의사항, 처리요령, 원인 병원체 부재증명, 사후 방역조치 사항 등 과학적 근거 기반의 세부 기준 수립이 필요하며 앞으로 가축 사체 화학적 처리 기준 마련을 통해 가축 살처분 및 매몰지 발굴·소멸 등의 추진에 적극 활용할 수 있다.

따라서 본 연구에서는 병원체 10종[바이러스 6종(FMDV, ASFV, CSFV, PCV2, PRRSV, PEDV) 및 세균 4종(*Lawsonia intracellularis*, *Clostridium perfringens* type C, *E. coli*, *Salmonella* Typhimurium)]을 대상으로 돼지 사체에 접종한 후 사체 무게의 15%에 해당하는 KOH 액상용액 내에서 90℃, 5시간 처리를 통해 모든 사체 성분의 액상화와 함께 접종한 병원체 모두 검출되지 않은 결과를 바탕으로 돼지 사체에 대한 화

학적 처리가 병원체 사멸에 효과적이며 이를 통한 질병 전파의 위험이 없는 안전한 방법임을 증명할 수 있었다.

국내 가축사체의 가수분해 장치의 개발은 완료되어 가축사체를 산(HCl) 및 알칼리(KOH, NaOH) 가수분해 처리법으로 분해하여 사체 분해율과 액상부산물의 비료학적 가치평가를 통해 최적 가수분해제를 분석한 결과 가축사체의 농업적 재활용을 위한 가수분해 처리법의 최적 가수분해제는 KOH이었다고 발표한 바 있다(Seo 등, 2012). 그러나, 이 알칼리 가수분해 과정에서도 가축의 주요 감염병 병원체에 대한 사멸조건 검증 결과는 제시되지 않아 이에 대한 보완이 필요한 상황이었다.

국내 가축 사체의 화학적 처리를 도입하는 과정에 있어 해결해야 하는 문제가 있다. 먼저 반응 후 남게 되는 반응액 폐기물을 별도로 처리해야 하는 문제와 함께 KOH 같은 화학약품을 구매하는데 업체마다 제한이 있다는 문제다. KOH는 화학물질관

리법에 의해 관리되고 있어서 KOH를 사용하기 위해서는 시설을 갖추고 평가를 받아야 하며 추가로 생활주변방사성 안전관리법에 관리를 받을 수 있으며 이 경우 판매, 사용, 부산물 등에 해당되면 취급자 등록을 해야 하는 문제가 있다. 안전을 위해서 필요한 절차이지만 이 기준으로 인해 실제 대량의 가축전염병에 의한 사체 처리가 필요한 경우 화학물질 사용량 제한에 의해 가축 사체 처리 과정이 제한을 받을 수 있을 수 있다.

또한 본 연구 결과를 근거로 하여 가축전염병예방법 시행규칙의 별표 5. 소각 또는 매몰기준을 별표 5. 소각, 매몰 및 화학적 처리 기준으로 수정하고 시행규칙의 별표 5, 3항의 화학적 처리 기준을 다음과 같이 신설할 것을 제안한다.

화학적 처리 기준은 1. 화학적 처리장치(이동식 화학적 처리장치를 포함한다)를 사용하는 때에는 그 장치의 사용법에 의한 다. 2. 가축 전염병 병원체 및 변형프리오단백질의 완전한 사멸을 위한 처리 조건은 다음과 같다. 가. 법정 가축 전염병 감염 사체의 경우 사체에 KOH(또는 NaOH)를 15%되게 주입한 뒤 90℃에서 5시간 이상 동안 처리하여야 한다.

본 연구는 가축사체의 화학적처리 방식이 가축전염병 예방법에 도입이 되어있으나 이를 적용하는데 있어 과학적 자료를 기반으로 한 세부 절차를 마련하는데 목적이 있으며 제시된 기준에 근거하여 현재 매몰 중심의 살처분 가축 사체 처리의 대안으로 자리잡는데 기여할 수 있다고 판단한다.

결론

가축전염병이 발생할 경우 기존의 매몰 중심의 사체 처리 방법에 따른 문제점을 개선하기 위해 가축 전염병 예방법에 새로 도입된 가축 사체 처리의 화학적 처리 방법에 있어 돼지 전염병 병원체 부재 증명 결과를 근거로 한 돼지 사체 화학적 처리 방법에 대한 세부 처리 기준을 수립하는 연구를 수행하였으며 다음과 같은 결론은 얻었다.

병원체 10종[바이러스 6종(FMDV, ASFV, CSFV, PCV2, PRRSV, PEDV) 및 세균 4종(*Lawsonia intracellularis*, *Clostridium perfringens* type C, *E. coli*, *Salmonella Typhimurium*)]을 대상으로 돼지 사체에 접종한 후 사체 무게의 15%에 해당하는 KOH 액상용액 내에서 90℃, 5시간 처리를 통해 모든 사체 성분의 액상화와 함께 접종한 병원체 모두 검출되지 않은 결과를 바탕으로 돼지 사체에 대한 화학적 처리가 병원체 사멸에 효과적이며 이를 통한 질병 전파의 위험이 없는 안전한 방법임을 증명할 수 있었다.

비록 가축 사체의 화학적 처리 산물의 처리와 운영 과정에서

해결해야 할 문제가 있지만 가축 사체의 화학적 처리 방법이 현재 국내 매몰 중심의 살처분 가축 사체 처리 방법에 대해 대안으로 제시될 수 있으며 환경오염 방지와 공중보건학적 측면에서 기여할 것으로 기대한다.

감사의 글

본 결과물은 농림축산식품부의 재원으로 농림식품기술기획평가원의 농식품 기술융합 창의인재양성사업의 지원을 받아 연구되었음(과제번호: 320005-4).

CONFLICT OF INTEREST

No potential conflict of interest relevant to this article was reported.

ORCID

Yeonsu Oh, <https://orcid.org/0000-0001-5743-5396>

Suk Hoon Yoon, <https://orcid.org/0000-0003-2152-4041>

Dong-Seob Tark, <https://orcid.org/0000-0001-7499-4253>

Ho-Seong Cho, <https://orcid.org/0000-0001-7443-167X>

REFERENCES

- Animal and Plant Quarantine Agency, Korea Animal Health Integrated System. 2021 (cited 2021 Dec. 1). Available from: <http://kahis.go.kr>.
- Cho HS, Kim GH. 2012. Needs of biosecurity and protocols for the environmental management of carcasses burial. J Korean Soc Water Environ. 28(2): 305-312.
- Cho HS. 2012. Detection of foot-and-mouth disease virus and coxsackievirus in the soil and leachate of modeled carcass burial site. Korean J Vet Serv. 35(4): 255-261.
- Cho HS. 2020. Establishment of selection criteria and biosecurity manual for breeding complex of cloven-hoofed animals. Policy research service report of Ministry of Agriculture, Food and Rural Affairs. pp. 31-36.

- Franke-Whittle IH, Insam H. 2013. Treatment alternatives of slaughterhouse wastes, and their effect on the inactivation of different pathogens: a review. *Crit Rev Microbiol.* 39(2): 139-151.
- Gwyther CL, Williams AP, Golyshin PN, Edwards-Jones G, Jones DL. 2011. The environmental and biosecurity characteristics of livestock carcass disposal methods: A review. *Waste Manag.* 31: 767-778.
- Kaye G, Weber P, Evans A, Venezia R. 1998. Efficacy of Alkaline Hydrolysis as an Alternative Method for Treatment and Disposal of Infectious Animal Waste. *Contemp Top Lab Anim Sci.* 37(3): 43-46.
- Kim BN, Cho HS, Cha Y, Park JK, Kim G, Kim YH, Min J. 2016. Effect of *Corynebacterium glutamicum* on Livestock Material Burial Treatment. *J Microbiol Biotechnol.* 26(8): 1404-1408.
- Lemire KA, Rodriguez YY, McIntosh MT. 2016. Alkaline hydrolysis to remove potentially infectious viral RNA contaminants from DNA. *Viol J.* 13: 88.
- Ministry of Agriculture, Forestry and Rural Affairs. 2021. Act on the prevention of contagious animal diseases. Available from <https://www.law.go.kr/LSW/eng/engLsSc.do?menuId=2§ion=lawNm&query=ACT+ON+THE+PREVENTION+OF+CONTAGIOUS+ANIMA>.
- Murphy RGL, Scanga JA, Powers BE, Pilon JL, Vercauteren KC, Nash PB, Smith GC, Belk KE. 2009. Alkaline hydrolysis of mouse-adapted scrapie for inactivation and disposal of prion-positive material. *J Anim Sci.* 87(5): 1787-1793.
- Seo YJ, Seo DC, Choi IW, Kang SW, Lee SG, Sung HH, Kim TS, Kim HG, Park SH, Kang SJ, Cho JS. 2012. Selection of optimal degradation agents for hydrolysis of animal cadavers. *Korean J Soil Sci. Fert.* 45(2): 241-247.