ISSN 0367-6315
Korean J. Soil Sci. Fert. 45(5), 810-816 (2012)
http://dx.doi.org/10.7745/KJSSF.2012.45.5.810

보문

가축사체 랜더링 부산물의 액비화를 위한 산 및 알칼리 분해제별 분해율과 분해속도 평가

서영진† · 서동철† · 최익원 · 강세원 · 이상규 · 성환후[1] · 김태승[2] · 김현구[2] · 박선화[2] · 강석진[1]** · 조주식*

순천대학교 생물환경학과, [1]농촌진흥청 국립축산과학원, [2]국립환경과학원 토양지하수 연구과

Degradation Rate and Velocity under Different Acidic and Alkaline Degradation Agents for Liquid Fertilizer of Rendering By-product

Young-Jin Seo†, Dong-Cheol Seo†, Ik-Won Choi, Se-Won Kang, Sang-Gyu Lee, Hwan-Hoo Sung[1], Tae-Seung Kim[2], Hyun-Goo Kim[2], Sun-Hwa Park[2], Seog-Jin Kang[1], and Ju-Sik Cho***

Department of Bio-environmental Sciences, Sunchon National University,
[1]National Institute of Animal Science, Rural Development Administration,
[2]Soil and Groundwater Research Division, National Institute of Environmental Research

In order to develop liquid fertilizer using rendering by-product, rates and velocities of degradation from rendering by-product using pig cadaver investigated under different amount of injection and time with degradation agents (KOH, NaOH, HNO_3 and H_2SO_4). The amount of residue by degradation agent of HNO_3 treatment method was higher than that in KOH, NaOH and H_2SO_4 treatment methods. The degradation velocities (K; hr^{-1}) of rendering by-product in KOH treatment method were higher in the order of 25% (0.0309 hr^{-1}) > 30% (0.0268 hr^{-1}) > 20% (0.0142 hr^{-1}) > 15% (0.0111 hr^{-1}) > 10% (0.0102 hr^{-1}) of weight of rendering by-product. In all conditions, the degradation velocity of rendering by-product using H_2SO_4 30% of weight of rendering by-product was rapid than that for KOH, NaOH and HNO_3 treatment methods. Degradation rates of rendering by-product using NaOH were similar to that of KOH and H_2SO_4 except for HNO_3 under injecting 25% and 30% of rendering by-product weight.

Key words: Liquid fertilizer, Rendering by-product, Degradation, Velocity, Degradation agent

서 언

최근 우리나라 뿐만 아니라 전 세계적으로 조류인플루엔자 (AI), 브루셀라 및 구제역 (FMD)등과 같은 가축전염병의 만연으로 각 국가는 경제적, 정신적 손실 및 국민의 건강과 직결된 사회적 부담을 안고 있다 (Kim et al. 2010). 구제역의 경우에는 2000년 3월 24일 66년 만에 소에서 처음 발생하였으며, 2010년 1월부터 2011년 3월까지 5,660여개 농장에서 총 사육두수의 33.3%의 돼지, 3.4%의 한육우, 8.4%의 젖소 등 345만두의 가축을 살처분 (slaughter)하였음에도 불구하고 질병 확산을 막지 못하였다 (Kang, 2011; Kim, 2011). 우리나라에서는 가축전염병예방법에 의해 살처분한 가축사체에 대해 신속히 소각 및 매몰을 하게 되어 있고 (Kim et al., 2010), 그 밖의 가축전염병에 전염된 가축의 사체에 대해서도 국내 축산환경 여건상 소각이나 그 밖의 처리는 현실적으로 어려워 대부분 매몰방법에 의해 처리하고 있는 실정이다 (Kim, 2008).

하지만 침출수누수와 악취 발생 등 일부 부실 매몰지에 의해 주변의 토양오염, 지하수 오염 및 하천오염을 일으키고 있으며 (Choi et al., 2012; Kim, 2011), 매몰 후 부패 과정에서 흘러나오는 침출수는 인체에 유해한 미생물 및 바이러스를 포함할 수 있는 가능성이 있고, 지하수 및 주변 하천에 영향을 줄 수 있기 때문에 이에 대한 관리가 시급한 실정이다 (Davies and Wray, 1996; Det Norske Veritas, 2003; Glanville, 1993). 국외에서는 살처분하여 매몰시키는 것보다 이런 폐가축사체를 재활용하기 위해 산 분해, 혐기발효, 유용 미생물처리 등 다양한 처리방법 (Hill, 1977)이 개발되고 있지만 국내에서는 이러한 처리방법이 부식, 유해가스 및 폭발의 위험성을 가지고 있고, 또한 혐기성 분해법의 경우 처리시간이 많이 소요되는 등 대부분 실용화가 어려워

접수 : 2012. 8. 31 수리 : 2012. 9. 23
*연락저자 : Phone: +82617503297
E-mail: chojs@sunchon.ac.kr
**공동연락저자 : Phone: +82312901575
E-mail: hijin@korea.kr
†공동 제1저자

랜더링 처리방법을 국내에 도입하여 폐가축사체를 처리하기 시작하였다 (Seo et al., 2012). 랜더링은 섭씨 135℃의 열처리를 통해 가축의 지방 등을 용출·정제시키는 것을 말하며, 국내에서 랜더링 처리는 기존의 랜더링 처리 방식인 가축의 절단 및 파쇄 과정이 필요 없도록 고압설비를 추가하고 고온·고압 스팀처리방식을 도입하여 현장 적용성을 높이기 위해 농촌진흥청 축산과학원에서 개발되었다. '직접가열식 폐사가축처리기 (Rendering)'는 지난 2007년부터 약 200여 대의 고정식 소규모 장비가 농가에 보급되었고, 현재 랜더링 처리 후 나온 부산물의 일부는 매립지에 처리하고, 일부는 교반해서 퇴비로 제공하고 있으나 처리한 부산물은 다시 2차과정을 거쳐 퇴비로 만들어져야 하는 어려움이 있다. 또한 랜더링 부산물을 이용한 재활용방안에 대해 국내에서 관련성이 있는 연구는 전무하며 보고된 적도 없는 상태이다 (Seo et al., 2012).

따라서 본 연구는 현행 살처분 가축사체의 처리방안 중 하나인 랜더링 처리방법을 사용하여 나온 부산물을 액비화시키기 위해서 산 및 알칼리 분해제를 사용하여 액화시켰으며, 분해제별 주입량 및 처리시간에 따른 랜더링 부산물의 분해율과 분해속도를 평가하였다.

재료 및 방법

실험대상 본 연구는 랜더링 부산물의 농업적 재활용을 위하여 폐가축사체를 랜더링 처리 후 남은 부산물 (Fig. 1)로 분해제별 주입량 및 처리시간에 따른 분해율을 비교하였다. 이들 처리실험은 랜더링 처리의 경우 충청남도 천안시 성환읍 신방리에 위치한 국립축산과학원 축산자원 개발부내에 있는 폐가체 가축처리 활용관에서 실시하였고, 폐가축사체는 병원균 사멸을 위해 랜더링 처리 조건인 250℃에서 4기압이상의 고온·고압 스팀이 사용되어 안전성 면에서는 문제가 없다. 랜더링 부산물 액화처리 실험에 사용한 폐가축사체는 국립축산과학원 축산자원개발부내의 돈사에서 자연사한 돼지를 사용하였다.

Fig. 1. By-product after rendering method using pig cadavers.

실험방법 랜더링 부산물의 액화실험에서 분해제는 시중에서 일반적으로 판매되는 것으로 사용하였으며, 산으로 황산 (H_2SO_4, 순도 95%의 액상) 및 질산 (HNO_3, 순도 61%의 액상)을 사용하였고, 알칼리로 수산화칼륨 (KOH, 순도 85%의 pellet) 및 수산화나트륨 (NaOH, 순도 97%의 pellet)을 사용하였다. 모든 실험은 랜더링 부산물 5 g을 250 mL 삼각플라스크에 넣은 후 산 및 알칼리 분해제를 각각 랜더링 부산물 무게의 10% (0.5 g), 15% (0.75 g), 20% (1 g), 25% (1.25 g) 및 30% (1.5 g)되게 주입하였다 (액상 분해제의 경우에는 mL로 주입). 분해시 분해온도는 150℃로 설정하였으며, 분해시간은 10분부터 60분까지 10분 단위로 나누어 분해하였다. 분해율 산정은 각각 삼각 플라스크에 넣은 랜더링 부산물의 무게와 분해 후 남은 랜더링 부산물의 잔존량의 비율을 통해 평가하였으며, 150℃에서 60분간 분해하였다.

$$\int_{c_0}^{c} \frac{1}{C} dC = -K \int_{c}^{t} dt$$

$$\ln \frac{C}{C_0} = -Kt$$

C_0 : 초기 (t=0) 농도,
C : 나중 (t시간 후) 농도,
K : 분해속도상수 ($time^{-1}$),
t : 반응시간 (time).

또한 각각의 분해제별 기초자료로서 활용하고 랜더링 부산물의 분해효율 극대화를 평가하기 위해 분해가 시작되고 난 후부터 60분까지 총 6번의 분해과정의 결과를 이용하여 각각의 분해제별 분해속도를 조사하였다. 랜더링 부산물의 분해속도는 1차 반응으로 가정하여 V=KC로 정의할 수 있으며, 반응속도 V는 하나의 분해제 주입량과 관계될 때 순간적인 시간 dt에서 농도 C가 dc만큼 변하는 순간으로 −dc/dt로 정의된다. 그러므로 V=KC에서 V대신에 −dc/dt를 대입하여 정리하면 dc/c=−Kdt 식을 유도할 수 있으며, 이 식은 t=0 일 때, $C=C_0$의 조건을 주어 적분하면 식 (1)과 같고 이를 정리하여 식으로 나타낼 수 있다.

따라서 위의 식에서 랜더링 부산물의 분해속도 상수 K는 랜더링 부산물의 주입량 (C_0)에 대한 각각의 산 및 알칼리 분해제를 이용한 랜더링 부산물의 잔존량 (C)의 농도비율 (C/C_0)을 이용하여 조사하였으며, 그에 대한 반응속도 방정식은 $\ln (C/C_0) = -Kt$의 1차 반응속도식과 같다 (Park et al., 2011; Seo et al., 2005).

통계 분석방법 통계분석은 SPSS 19버전을 사용하여 랜더링 부산물의 분해제 종류별 분해속도의 결과를 5% 유의수준에서 Duncan's multiple range test를 수행하였다.

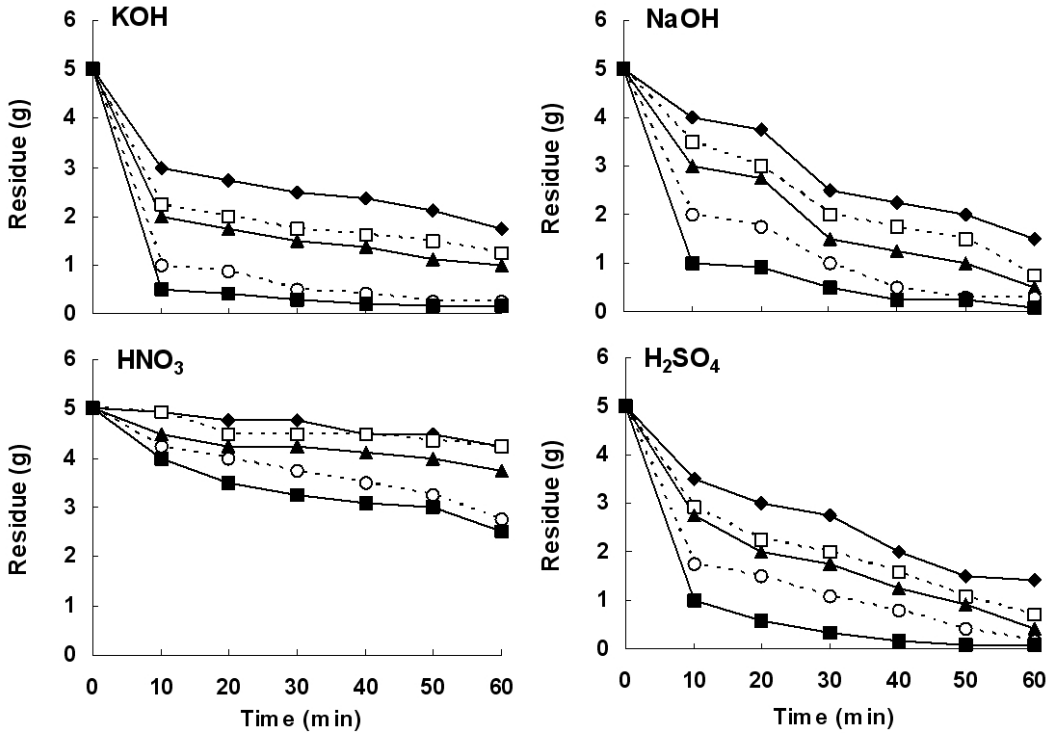

Fig. 2. The amount of residues of rendering by-product using pig cadaver under different degradation agents (KOH, NaOH, HNO_3 and H_2SO_4). ◆ 10% of rendering by-product weight (degradation agents); □ 15% of rendering by-product weight; ▲ 20% of rendering by-product weight; ○ 25% of rendering by-product weight; ■ 30% of rendering by-product weight.

결과 및 고찰

분해제별 주입량 및 처리시간에 따른 랜더링 부산물의 잔존량 비교 산 및 알칼리 분해제별 주입량 및 처리시간에 따른 랜더링 부산물의 잔존량을 조사한 결과는 Fig. 2에서 보는 바와 같다. KOH, NaOH, HNO_3 및 H_2SO_4으로 분해한 경우 가장 높은 잔존량을 나타낸 것은 HNO_3로 분해하였을 경우이다. 분해제 주입량별 및 분해시간에 따른 랜더링 부산물의 잔존량의 결과를 보면 KOH의 경우에는 분해 후 10분 경과하였을 때 랜더링 부산물 대비 10% (0.5 g)의 KOH가 주입된 경우를 제외하고 모두 50% 이상이 분해가 되었다. 분해 시작 후 10분이 경과한 후 부터는 급격한 감소량 없이 약간씩 감소하는 경향으로 랜더링 부산물 대비 KOH의 농도가 높아질수록 잔존량이 줄어들었으며, 또한 분해시간이 경과함에 따라 잔존량이 감소하였다. NaOH의 경우에는 랜더링 부산물 무게 대비 25% (1.25 g) 및 30% (1.5 g)의 NaOH를 주입된 경우에만 분해 시작 후 10분이 경과하였을 때 절반이하의 랜더링 부산물이 잔존하였다. KOH 분해제와 비슷한 경향으로 랜더링 부산물 대비 분해제의 주입량이 많아지고 처리시간이 경과함에 따라 잔존량이 감소하는 경향이었다. HNO_3로 랜더링 부산물을 분해하였을 경우에는 KOH, NaOH 및 H_2SO_4로 분해한 경우보다 전체적으로 높은 잔존량을 나타내었으며, 랜더링 부산물 무게 대비 30% (1.5 g)의 HNO_3를 60분 동안 분해하였을 때에만 약 50%의 잔존량을 나타내었다. H_2SO_4로 랜더링 부산물을 분해한 경우에는 잔존량이 모든 조건에서 다른 분해제보다 낮은 잔존량을 나타내었고, H_2SO_4를 랜더링 부산물의 30%되게 넣고 처리 시간이 60분 경과하였을 때 NaOH 분해제와 같이 다른 모든 조건보다 가장 낮은 잔존량을 나타내었다.

산 및 알칼리 분해제별 랜더링 부산물의 분해속도 산 및 알칼리 분해제별 랜더링 부산물의 분해속도를 구하기 위한 일차반응속도 방정식은 Fig. 3에서 보는 바와 같다. 랜더링 부산물을 KOH로 분해한 일차반응속도 방정식은 랜더링 부산물 무게 대비 가장 낮은 주입량인 10%로 분해한 경우 $\ln (C/C_0) = -0.0102$ time (hr) $- 0.3891$ ($R^2 = 0.9703$)이었으며, 20%로 분해된 경우 $\ln (C/C_0) = -0.0.0142$ time (hr) $- 0.7708$ ($R^2 = 0.9937$)이었고, 가장 높은 주입량인 30%로 분해한 경우 $\ln (C/C_0) = -0.0268$ time (hr) $- 2.0422$ ($R^2 = 0.9610$)로 모든 구간에서 고도의 유의성이 있는 직선회귀식을 보였다. 랜더링 부산물을 NaOH로 분해한 일차반응속도 방정식은 랜더링 부산물 무게 대비 가장 낮은 주입량인 10%로 분해한 경우 $\ln (C/C_0) = -0.0197$ time (hr) $- 0.0024$ ($R^2 = 0.9608$)이었으며, 가장 높은 주입량인 30%로 분해한 경우 $\ln (C/C_0) = -0.0459$ time (hr) $- 0.9835$ ($R^2 = 0.9466$)로 모든 구간에서 고도의 부의 상관을

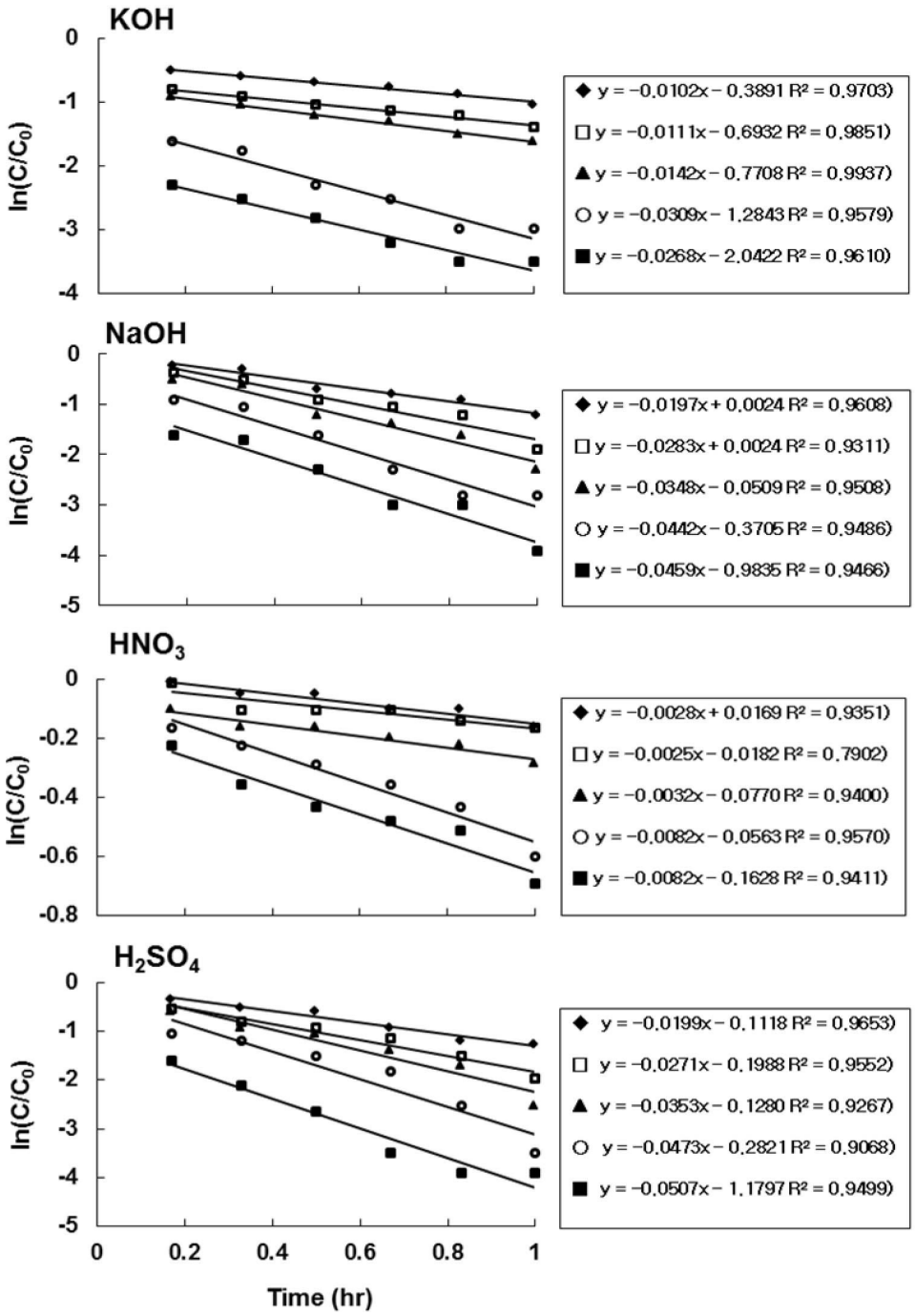

Fig. 3. Degradation velocities of rendering by-product using pig cadaver under different degradation agents (KOH, NaOH, HNO_3 and H_2SO_4). ◆ 10% of rendering by-product weight (degradation agents); □ 15% of rendering by-product weight; ▲ 20% of rendering by-product weight; ○ 25% of rendering by-product weight; ■ 30% of rendering by-product weight.

보였다. 랜더링 부산물을 HNO_3로 분해한 분해속도 방정식은 랜더링 부산물 무게 대비 10%를 넣고 분해한 경우 ln $(C/C_0) = -0.0028$ time (hr) $- 0.0169$ ($R^2 = 0.9351$)이었으며, 15%를 넣고 분해한 경우 ln $(C/C_0) = -0.0025$ time (hr) $- 0.0182$ ($R^2 = 0.7902$)이었고, 20%를 넣고 분해한 경우 ln $(C/C_0) = -0.0032$ time (hr) $- 0.0770$ ($R^2 = 0.9400$)이었으며, 30%를 넣고 분해한 경우 ln $(C/C_0) = -0.0082$ time (hr) $- 0.1628$ ($R^2 = 0.9411$)이었다. 랜더링 부산물 무게 대비 각각의 분해제 주입량별 분해속도 방정식은 15%를 넣어 분해한 경우를 제외하고 모든 구간에서 고도의 유의성이 있는 직선회귀식을 보였다. 랜더링 부산물을 H_2SO_4로 분해한 일차반응속도 방정식은 랜더링 부산물 무게 대비 10%를 넣어 분해한 경우 ln $(C/C_0) = -0.0199$ time (hr) $- 0.1118$ ($R^2 = 0.9653$)이었으며, 20%를 넣어 분해한 경우 ln

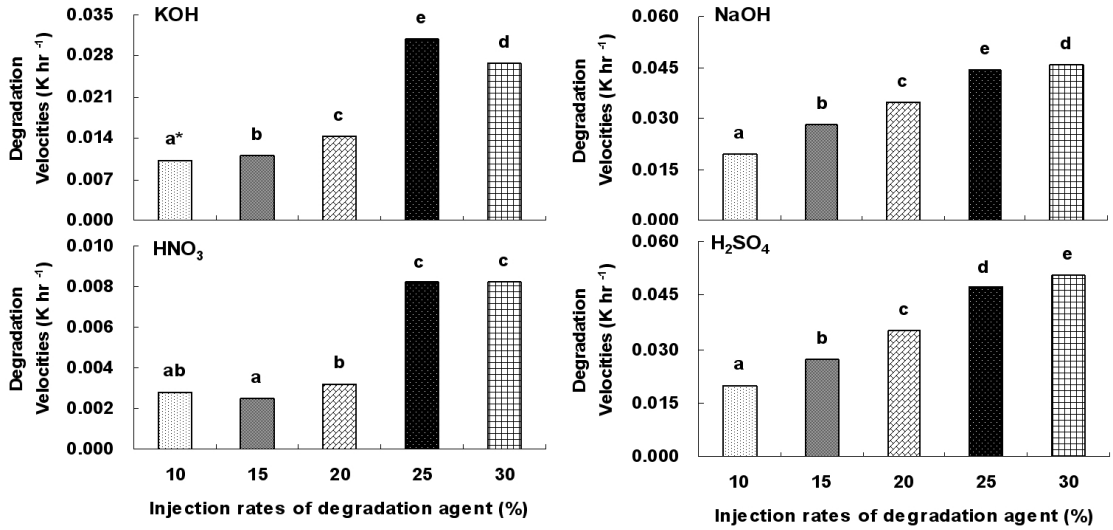

Fig. 4. Degradation velocity constants (K) of rendering by-product using pig cadaver under different degradation agents (KOH, NaOH, HNO_3 and H_2SO_4). *Means by the same letter within a column are not significantly different at 0.05 probability level according to DMRT.

$(C/C_0) = -0.0353$ time (hr) $- 0.1280$ ($R^2 = 0.9267$)이었고, 가장 높은 주입량인 30%를 넣고 분해한 경우 $\ln (C/C_0) = -0.0507$ time (hr) $- 1.1797$ ($R^2 = 0.9499$)으로 다른 분해제와 비슷한 경향으로 모든 구간에서 고도의 유의성이 있는 직선회귀식을 보였다.

분해속도 직선식으로부터 분해속도 상수 (K hr^{-1})를 조사한 결과는 Fig. 4에서 보는 바와 같다. 랜더링 부산물을 KOH로 분해한 분해속도 상수 (K hr^{-1})는 랜더링 부산물 무게 대비 10%, 15%, 20%, 25% 및 25%를 넣었을 경우 각각 0.010, 0.011, 0.014, 0.031 및 0.027 hr^{-1}로 10%, 15% 및 20%를 넣었을 경우보다 25% 및 30%를 넣었을 경우 분해속도가 더 빨랐다. 랜더링 부산물을 NaOH로 분해한 분해속도 상수 (K hr^{-1})는 랜더링 부산물 무게 대비 NaOH의 주입량이 많아질수록 분해속도가 더 빨라졌다. 하지만 부산물 무게 대비 25%와 30%를 넣었을 경우에는 분해속도의 차이가 거의 없는 것으로 나타났으며, 앞서 본 잔존량의 결과 (Fig. 2)를 보았을 때 NaOH로 분해시 랜더링 부산물 무게 대비 25%이상 넣었을 경우 분해속도가 최대치에 이르고, 잔존량이 거의 남아있지 않는 것으로 판단된다. 랜더링 부산물을 HNO_3로 분해한 분해속도 상수 (K hr^{-1})는 KOH와 비슷한 경향으로 랜더링 부산물 무게 대비 25% 및 30%를 넣었을 때 분해속도가 최대치에 이르렀으며, 잔존량 또한 큰 변화가 없었다. H_2SO_4로 분해하였을 경우 분해속도 상수 (K hr^{-1})는 30% 〉 25% 〉 20% 〉 15% 〉 10% 순으로 NaOH와 비슷한 경향이었다. 이러한 랜더링 처리 부산물의 분해와 분해속도 관한 연구는 현재 국내에서는 전무하여 본 연구의 결과와 비교가 어려우며, Park et al. (2011), Seo et al. (2008) 및 Han et al. (2011) 등은 인공습지와 홍수조절용지에서 오염물질 분해속도와 용출속도에 관한 연구를 보고하였지만 본 연구와의 유사성이 부족하였으며, 대부분 분해속도에 관한 연구는 유기물, 농약 및 미생물 분야에서 많은 연구가 진행중이에 있다.

산 및 알칼리 분해제별 주입량에 따른 랜더링 부산물의 분해율 산 및 알칼리 분해제별 랜더링 부산물 대비 주입량에 따른 분해율을 조사한 결과는 Fig. 5에서 보는 바와 같다. HNO_3를 제외한 나머지 분해제들은 주입량을 랜더링 부산물 무게 대비 25% 주입하였을 때 적정 주입량으로 나타났다. KOH의 경우에는 랜더링 부산물 대비 10%부터 30%까지 모든 실험에서 60분경과 후에 분해율이 60%가 넘었으며, KOH를 25%되게 주입하였을 때 분해율이 95%가 되어 30%를 주입하였을 때 분해율 (97%)과 큰 차이를 보이지 않았다. NaOH도 KOH의 경향과 비슷하게 랜더링 부산물 무게의 25%되게 주입하였을 때 94%가 분해되었고, 30%되게 주입하였을 때 95%가 분해되어 큰 차이가 없었다. Seo et al. (2012)의 살처분 폐돼지사체를 이용한 가수분해의 연구결과를 보면 KOH 및 NaOH를 살처분 폐돼지사체 무게의 20%를 넣고, 150℃에서 60분 동안 가수분해 하였을 때 각각 81.1 및 82.8%의 분해율을 보였다. 본 연구 결과에서는 KOH의 경우 랜더링 부산물 무게의 20%를 넣어 분해하였을 때 80.2%의 분해율을 나타내어 처리 장치는 차이가 있지만 비슷한 경향을 보였고, NaOH의 경우 랜더링 부산물 무게의 20%를 넣어 분해하였을 때 91.2%의 분해율을 보여 Seo et al. (2012)의 결과보다 약간 높게 나타났다. 이는 시료의 무게와 랜더링 처리 된 시료의 상태 차이라고 판단된다. HNO_3는 분해제 중 가장 분해율이 낮았으며, 주입량이 랜더링 부

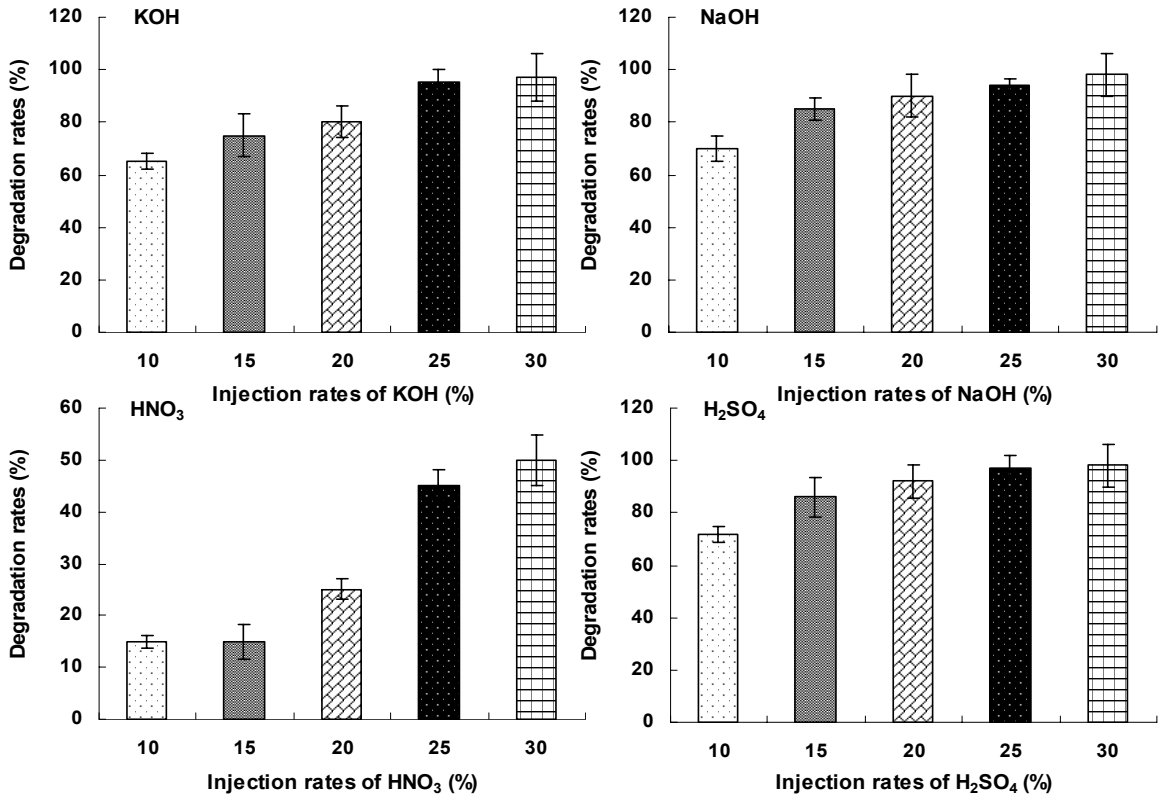

Fig. 5. Degradation rates of rendering by-product using pig cadaver under different degradation agents (KOH, NaOH, HNO_3 and H_2SO_4).

산물 무게의 30%되게 넣어도 40% 밖에 분해가 되지 않았다. 본 실험에서는 현장 적용성의 편리를 위해 시중에 일반적으로 판매되는 분해제를 원상태 그대로 사용하였고, HNO_3의 경우에는 순도가 약 61% 정도로 다른 분해제들 보다 낮아 분해율이 현저히 떨어졌다. H_2SO_4의 경우에는 랜더링 부산물을 무게 대비 30%를 넣었을 때 98%의 분해율로 모든 분해제중 가장 높은 분해율을 나타내었다. KOH 및 NaOH와 비슷한 경향으로 분해제의 주입량이 많아질수록 분해율도 높아졌으며, 이는 전반적으로 주입량이 랜더링 부산물 무게 대비 30%를 넣은 조건보다 25%를 넣은 조건에서 경제성과 효율성 면에서 더 적합하다고 판단된다. 하지만 랜더링 부산물의 액화처리 최적조건은 향후 추가연구가 체계적으로 진행되어야 할 것으로 판단된다.

요 약

현행 살처분 가축사체의 처리방안 중 하나인 랜더링 처리방법을 사용하여 나온 부산물을 액비화 시키기 위해 산 및 알칼리 분해제를 사용하여 액화시켰으며, 분해제별 주입량 및 처리시간에 따른 랜더링 부산물의 분해율과 분해속도를 조사하였다. 산 및 알칼리 분해제별 주입량 및 처리시간에 따른 랜더링 부산물의 잔존량을 조사한 결과 분해제 중 가장 높은 잔존량을 나타낸 것은 HNO_3으로 다른 분해제는 10분이 경과한 후 랜더링 부산물의 잔존량이 대부분 50% 이하로 나타났다. 랜더링 부산물의 분해속도 K (hr^{-1})는 KOH의 경우 랜더링 부산물 무게 대비 25% 〉 30% 〉 20% 〉 15% 〉 10%순으로 25%를 넣어줬을 때 가장 빨리 분해가 되었다. H_2SO_4의 경우 랜더링 부산물 무게 대비 30% 〉 25% 〉 20% 〉 15% 〉 10%순으로 넣었을 때 빨리 분해되었으며, NaOH도 이와 비슷한 경향이었다. 분해제별 랜더링 부산물의 분해율은 HNO_3의 경우에는 순도가 약 61% 정도로 다른 분해제들 보다 낮아 분해율이 현저히 떨어졌으며, KOH, NaOH 및 H_2SO_4의 경우에는 랜더링 부산물을 25%와 30%를 넣었을 때 큰 차이가 없어 경제성 및 효율성을 고려하였을 때 분해제를 랜더링 부산물의 무게 대비 25%를 넣었을 경우가 가장 적합하다고 판단된다.

사 사

This work was carried out with the support of "Cooperative Research Program for Agriculture Science & Technology Development (Project No. PJ008239)" Rural Development Administration, Republic of Korea.

인 용 문 헌

Choi, S.K., H.H. Song, and K.S. Park. 2012. Analysis of foot-and-mouth disease diffusion velocity using network tool. The Korean Society for GeoSpatial Information System. 20(2):101-107.

Davies, R.H. and C. Wray. 1996. Seasonal variations in the isolation of *Salmonella typhimurium, Salmonella enteritidis, Bacillus cereus* and *Clostridium perfringens* from environmental samples. J. Vet. Med. B 43:119-127.

Det Norske Veritas. 2003. Independent environmental and public health risk assessment of DEFRA foot and mouth disease disposal site (No. 20073900). Oslo, Norway.

Glanville, T.D. 1993. Groundwater impacts of on farm livestock burial. IGWA Quarterly 4:21-22.

Han, J.H., D.C. Seo, S.D. Kim, S.W. Kang, B.J. Lim, J.H. Pak, K.S. Kim, J.B. Lee, H.W. Kim, J.S. Heo, and J.S. Cho. 2011. Removal and release velocities of nutrients by submerged plants in flood control reservoirs around Juam Lake. Korean J. Environ. Agric. 30:144-152.

Hill, D.T. 1977. A dynamic model for simulation of animal waste digestion. J. Water Pollut. Control Fed. 49:2129-2130.

Kang, M.A. 2011. Fate characteristic by non-biodegradation organics of FMD leachat. Proceedings of KSEG 2011 Fall Conference / November 10 -11, 2011.

Kim, K.H. 2008. Management of environmental pollution according to livestock burial. Ministry of Environment, Korea.

Kim, K.H., K.R. Kim, H.S. Kim, G.T. Lee, and K.H. Lee. 2010. Assessment soil and groundwater contamination at two animal carcass disposal sites. Korean J. Soil Sci. Fert. 43:368-370.

Kim, S.K., J.E. Kim, and D.M. Park. 2011. The cultural analysis of 2010-2011 foot and mouth disease massascre in Korea. J. Environ. Health Sci. 2011:37(2):165-169.

Park, J.H., D.C. Seo, A.R. Kim, S.H. Kim, C.H. Lee, S.T. Lee, T.W. Jeong, S.W. Lee, Y.R. Ha, J.S. Cho, and J.S. Heo. 2011. Treatment efficiencies and decomposition velocities of pollutants in constructed wetlands for treating hydroponic wastewater. Korean J. Soil Sci. Fert. 44:937-943.

Seo, D.C., J.S. Cho, H.J. Lee, J.S. Heo. 2005. Phosphorus retention capacity of filter media for estimating the longevity of constructed wetland. Water Research. 39:2445-2457.

Seo, D.C., H.J. Kim, W.Y. Park, J.S. Lim, C.H. Park, J.H. Choi, H.J. Lee, D.J. Lee, J.S. Cho, J.S. Heo. 2008. Behavior and decomposition velocity of pollutants on various forms from domestic sewage in small-scale sewage treatment plant by natural purification method. Korean J. Environ. Agric. 27:18-26.

Seo, D.C., S.W. Kang, I.W. Choi, H.H. Sung, T.Y. Hur, J.Y. Yoo, Y.J. Lee, J.S. Heo, S.J. Kang and J.S. Cho. 2011. Evaluation of fertilizer value of animal waste for agricultural recycling. Korean J. Soil Sci. Fert. 44:788-793.

Seo, Y.J., D.C. Seo, I.W. Choi, S.W. Kang, S.G. Lee, H.H. Sung, T.S. Kim, H.G. Kim, S.H. Park, S.J. Kang, and J.S. Cho. 2012. Selection of optimal degradation agents for hydrolysis of animal cadavers. Korean J. Soil Sci. Fert. 45:241-247.