



계분 유래 미생물에 대한 *Lactobacillus sakei*의 항균활성

박민기¹ · 정종성² · 김완섭^{3*}

¹한경대학교대학원 동물·낙농생명과학전공, ²㈜라이스텍, ³한경대학교 동물생명환경과학과

Antibacterial Activity of *Lactobacillus sakei* on Microorganisms isolated from Chicken Manure

Min-Ki Park¹, Jong-Seong Jeong², and Woan-Sub Kim^{3*}

¹Major in Animal·Dairy Life Science, Graduate School of Future Convergence Technology, Hankyong National University, Anseong, Korea

²RiceTeck Inc., Anseong, Korea

³Dept. of Animal Life and Environmental Science, Hankyong National University, Anseong, Korea

Abstract

This study was conducted to find means to reduce the foul smell emitted from chicken manure. Rice water was inoculated with *Lactobacillus sakei* and then examined to determine the bacterial survival rates during storage, and whether fermentation had occurred. Rice water was an excellent medium for the growth of *L. sakei*, given that a viable cell count was maintained for 15 days during storage at 4°C and decreased slightly thereafter. Furthermore, microorganisms in chicken manure were separated and 14 species were identified. The antibacterial activity of an *L. sakei* supernatant against the identified microorganisms was measured using the agar diffusion method. The growth of 11 out of 14 species was inhibited, and only *Corynebacterium variabile*, *Enterococcus faecium*, and *Raoultella ornithinolytica* survived. Rice water was fermented by inoculation with *L. sakei* and mixed with chicken manure, and the quantities of ammonia, ethyl mercaptan, and hydrogen sulfide were measured after 48 hours. Emissions of ammonia and ethyl mercaptan were reduced significantly.

Keywords

lactic acid bacteria, probiotics, antibacterial activity

서론

물은 인체의 약 70% 이상을 차지하며, 수분의 섭취는 생명과도 직결되어 있다. 이러한 물의 소중함에도 불구하고, 최근 물의 오염은 심각하다고 할 수 있다. 물을 더럽히는 가장 큰 오염원은 생활하수(24,028 천m³/일), 산업폐수(2,511천m³/일), 그리고 축산폐수(197천m³/일) 등으로 나타나고 있다(Park *et al.*, 2002). 그 중, 생활하수의 주요 오염원은 세제, 음식물 및 싼뜨물 등이 원인으로 있다(Cho *et al.*, 2004). 우리나라 국민들의 주식인 밥을 지을 때 발생하는 싼뜨물이, 하천 수질 오염에 상당 부분의 부하량과 물 소비를 가지고 있다. Park 등(2002)에 의하면 국내의 쌀 소비량을 기준으로 쌀을 씻는데 연간 8,500 만톤 정도의 물을 소비하는 것으로 추정되며, 이를 처리하기 위한 비용으로 약 200억원이 소비된다고 추정하였다.

Received: February 14, 2017

Revised: March 22, 2017

Accepted: March 22, 2017

*Corresponding author :
Woan-Sub Kim, Dept. of Animal
Life and Environmental Science,
Hankyong National University,
Anseong, Korea.
Tel : +82-31-670-5122,
E-mail : kimws@hknu.ac.kr

This is an Open Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/3.0>) which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

쌀뜨물은 가정뿐만 아니라, 쌀 가공 공장의 세정과정에서 대량의 부산물로 파생되고 있다. 그 부산물에는 쌀이나 쌀겨의 부스러기를 많이 함유하고 있다. 쌀뜨물은 탄수화물, 지질, 단백질 및 비타민 등을 함유하고 있다(Kim et al., 1990). 탄수화물의 대부분은 전분이며, 지질의 지방산 조성은 올레인산이 가장 많고, 리놀산, 팔미틴산 순으로 함유되어 있다(Lee and Lee, 2011).

Kim 등(2011)은 쌀뜨물의 발효 전과 후, 일반성분 변화를 조사한 결과를 보면, 섬유질과 탄수화물 함량은 발효 전 93.8%에서 발효 후 44.8%로 크게 감소하였으며, 발효 후 조회분, 조단백질, 그리고 조지방 함량은 각각 36.6%, 16.4%, 그리고 18.8%로 증가하였다고 보고하였다. 쌀뜨물은 유기물이 많이 함유되어 있기 때문에 그대로 하천으로 유입시킬 경우, 하천의 산소를 고갈시키는 원인이 되고, 부영양화의 원인이 될 수 있다.

유산균은 인간이 예로부터 식품 발효에 이용하여 온 미생물로 있다. 유산균은 인간의 장내에 서식하면서 정균 작용을 하고, 당류를 발효해서 유산을 생성해 유해미생물의 생장을 억제한다(Schrezenmeir and de Vrese, 2001). 유산균은 당을 이용한 유산 생성을 통하여 식품의 pH를 낮춤으로써, 식품이 저장성을 가지게 하는데 중요한 역할을 한다(Lim, 2012). 더욱이, 건강 지향적인 기능성 식품을 선호하는 세계적인 추세와 함께 프로바이오틱스 (probiotics)로서 유산균의 역할이 새롭게 대두되고 있다. 이러한 유산균의 프로바이오틱 활성으로서 장내에서의 해로운 미생물을 견제할 수 있는 정장 작용, 설사방지, 항암작용, 콜레스테롤 제거능력, 면역활성능력 등과 같은 효과를 예로 들 수 있다(Yoshitaka et al., 2006).

쌀뜨물은 영양분을 어느 정도 함유하고 있기 때문에 자원 재활용과 환경오염 방지 등의 이용 가능성이 매우 높고 유용하게 이용될 것으로 사료된다. 따라서 본 연구는 닭의 분뇨로부터 악취저감 방안으로, 쌀뜨물에 *Lactobacillus sakei*의 배양조건과 저장 중 안정성을 검토하였다. 그리고 닭 분뇨로부터 미생물을 분리·동정하고, 이들 미생물에 대한 *L. sakei*의 항균능력을 검토하였다. 또한 *L. sakei* 함유 쌀뜨물 발효액이 닭 분뇨의 악취를 저감시키는지에 대하여 연구를 수행하였다.

재료 및 방법

1. 배지 및 생균수 측정

*Lactobacillus (L.) sakei*의 활성용 배양배지는 De Man, Rogosa and Sharpe (MRS) broth(Difco, USA)를 사용하였다. 닭의 분뇨로부터 분리된 14종의 균은 각각 SPC agar(Difco, USA)와 LB agar (Difco, USA)에 배양하여 실험에 이용하였다. 멸균 희석액은 peptone(Difco, USA)을 이용하였다. 쌀뜨물은 ㈜라이스텍 (An-

seong, Korea)으로부터 공급받아 시험에 이용하였다. pH 측정은 pH meter(Mettler toleda, Switzerland)를 이용하여 측정하였다. 쌀뜨물에 *L. sakei*를 접종하고, 배양 및 저장 중 생균수의 측정은 채취된 시료를 멸균 희석액(0.1% peptone)으로 10진 희석법에 따라 희석한 후, MRS agar에서 37°C 항온기에서 호기 배양하였다.

2. 닭의 분뇨로부터 미생물의 분리, 배양 및 동정

닭의 분뇨로부터 미생물의 분리는 인근 양계장으로부터 신선한 닭의 분뇨를 peptone수에 10진 희석법에 따라 희석 후, SPC agar와 LB agar에 접종하여 37°C와 25°C 온도에서 각각 호기와 혐기 상태로 배양하였다. 각 배지에서 생장한 집락들 중 색깔과 모양이 차이가 나는 다양한 집락을 선별한 다음, 동일 배지를 이용하여 순수 분리하였다. 순수 분리한 균주들은 각각 SPC agar와 LB agar에 접종하여 37°C와 25°C 온도에서 배양하였다. 미생물의 동정은 수탁업체(Solgent)에 의뢰하여 수행하였다. Database에 등록된 표준 균주(type strain)와 가장 높은 상동성을 나타내는 분류군을 해당 염기서열에 해당하는 박테리아로 결정하였다.

3. *L. sakei*의 배양액 회수

*L. sakei*는 쌀뜨물에 접종 후, 37°C 항온기에서 24시간 호기 배양하였다. 배양이 끝난 배양액은 얼음 위에서 20분간 정치 후, 원심분리기(Hanil, Korea)에서 4,000 rpm/20 min/4°C로 원심분리하여 상정액을 회수하였다. 상정액은 0.2 μ M와 0.4 μ M Syringe filter(Advantec, Japan)를 이용하여 여과하였다. 그리고 여과된 상정액은 -20°C에 보관하면서, 닭의 분뇨로부터 분리된 미생물의 생육억제 실험에 이용하였다.

4. 항균활성 측정

닭의 분뇨로부터 얻어진 미생물에 대한 *L. sakei* 상정액의 생육억제능력은 agar diffusion 법과 96-well plate 법을 이용하여 확인하였다. Agar diffusion 법은 각각의 20 mL LB agar(0.7%)를 120°C에서 20분 멸균하였고, 배지 온도를 50°C까지 냉각한 후, 분리된 분변 미생물을 각각 1% 접종하여 petridish(SPL LifeSci. Co. Ltd., Korea)에 부어 굳혔다. 각각의 균이 접종된 배지표면에 *L. sakei*로부터 얻어진 상정액을 100%, 50%, 25%, 그리고 12.5%의 농도로 멸균된 paper disc에 흡착시켜, 37°C 항온기에 배양하면서 항균 환을 측정하였다.

5. 유산균 배양 쌀뜨물의 악취저감 효과

닭의 분뇨에 대한 *L. sakei*에 의해 발효된 쌀뜨물의 악취저감 실험은 인근 양계장으로부터 닭의 분뇨를 수거하여 실험실에서 실시하



었다. 닭의 분뇨는 각각 100 g씩 준비하고, 쌀뜨물에 배양된 *L. sakei* 함유 배양액을 분뇨와 혼합한 후, 3 L의 용기에 넣어 뚜껑은 알루미늄 호일로 외부로부터 곰팡이가 침입하지 않게 덮은 후, 호기상태에서 24시간 배양하였다. 시험구는 *L. sakei* 함유 배양액이 혼합하지 않은 대조군과 닭 분뇨에 대하여 *L. sakei* 함유 배양액을 1:1(w/w), 또는 1:0.5(w/w)의 비율로 혼합한 시험구로부터 압모니아, 황화수소 및 에틸메캅탄가스 발생량을 측정하였다. 24시간 후, 용기내 포집된 가스들은 가스검지기(GV-100S; Gastec, Co., Korea)를 이용하여 압모니아검지관(Gastec No. 3 L, Japan), 황화수소검지관(Gastec No. 4 HH, Japan), 그리고 에틸메캅탄검지관(Gastec No. 72, Japan)으로 발생량을 측정하였다.

결과 및 고찰

1. 쌀뜨물에 있어서 *L. sakei*의 성장과 저온 저장 중 생존능력
 열처리 된 쌀뜨물의 pH는 6.98로 측정되었으며, *L. sakei*가 성장하기에 적합한 pH 조건을 나타내었다. 살균된 쌀뜨물에 *L. sakei*를 접종 후, 배양 12시간과 24시간에 생균수를 측정된 결과는 Fig. 1과 같다. 배양 12시간에 *L. sakei*의 생균수는 약 10.6 log CFU/mL에 도달하였으며, 배양 24시간에는 약 11.3 log CFU/mL에 도달하였다. 따라서 쌀뜨물은 *L. sakei*의 성장에 있어서 좋은 배지로 확인되었다.

쌀뜨물에 *L. sakei*를 접종하고 배양 24시간에 배양을 중지한 후, 4°C 냉장 보관하면서 생균수를 측정된 결과는 Fig. 2와 같다. 배양 종료 후 *L. sakei*의 생균수는 약 11.27 log CFU/mL이었으며, 저

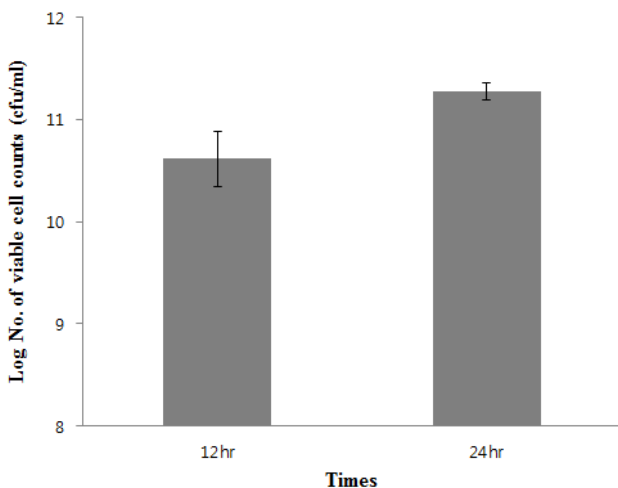


Fig. 1. Changes of viable cell counts during the growth of *Lactobacillus sakei* in rice water.

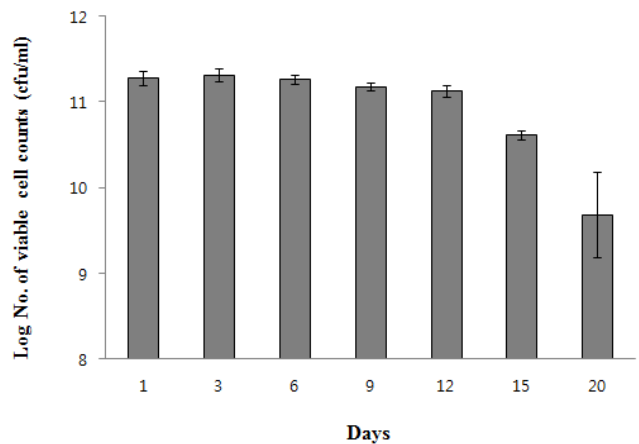


Fig. 2. Changes of viable cell counts of *Lactobacillus sakei* in rice water during the storage for 4°C.

장 3일 후 생균수는 11.3 log CFU/mL이었으며, 저장 6일 후에는 11.2 log CFU/mL, 저장 9일 후에는 11.15 log CFU/mL, 저장 12일은 11.03 log CFU/mL로 저장초기의 생균수를 유지하였다. 그러나 저장 15일부터 생균수는 10.63 log CFU/mL, 저장 20일 후에는 9.68 log CFU/mL를 나타내어 저장 15일부터 생균수가 감소하는 것이 확인되었다.

2. 닭의 분뇨로부터 미생물 분리

닭의 분뇨로부터 미생물의 분리는 신선한 닭의 분뇨를 peptone 수에 희석 후, SPC agar와 LB agar에 접종하여 37°C와 25°C 온도에서 각각 호기와 혐기 상태로 배양하였다. 미생물의 분리는 먼저 배양된 각각의 plate상 콜로니의 형태에 따라 선별한 후, Gram stain을 통하여 균의 형태에 따라 각각 14여개의 콜로니를 선택하였다. 14종의 계분미생물의 분리·동정 결과는 Table 1과 같다. 즉, 닭의 분뇨에 함유된 미생물은 *Klebsiella oxytoca*, *Salmonella bongori*, *Escherichia coli*, *Enterococcus faecium*, *Corynebacterium variabile*, *Arthrobacter protophormiae*, *Raoultella ornithinolytica*, *Enterobacter ludwigii*, *Arthrobacter mysorens*, *Leclercia ad-carboxylata*, *Escherichia hermannii*, *Brevibacterium epidermidis*, *Enterobacter* sp. 그리고 *Microbacterium profundum*로 동정되었다.

3. 닭의 분뇨 유래 미생물에 대한 *L. sakei* 배양액의 항균효과

닭의 분뇨로부터 얻어진 14종의 미생물에 대한 *L. sakei*의 상정액 100%, 50%, 25%, 그리고 12.5%의 농도로 멸균된 paper disc에 흡착시켜 37°C incubator에 배양하면서 생육억제능력을 agar

Table 1. The microorganism isolated from the feces of chicken

NO.	Strain
1	<i>Arthrobacter mysorens</i>
2	<i>Arthrobacter protophormiae</i>
3	<i>Brevibacterium epidermidis</i>
4	<i>Corynebacterium variabile</i>
5	<i>Enterobacter ludwigii</i>
6	<i>Enterobacter sp.</i>
7	<i>Enterococcus faecium</i>
8	<i>Escherichia coli</i>
9	<i>Escherichia hermannii</i>
10	<i>Klebsiella oxytoca</i>
11	<i>Leclercia adecarboxylata</i>
12	<i>Microbacterium profundum</i>
13	<i>Raoultella ornithinolytica</i>
14	<i>Salmonella bongori</i>

diffusion 법으로 확인한 결과는 Fig. 3과 같다. *L. sakei*의 상징액은 100%와 50% 농도에서 현저한 항균활성을 나타낸 균주는 *Arthrobacter mysorens*, *Arthrobacter protophormiae*, *Brevibacterium epidermidis*, *Enterobacter ludwigii*, *Enterobacter sp.*, *Escherichia coli*, *Escherichia hermannii*, *Klebsiella oxytoca*, *Leclercia adecarboxylata*, *Microbacterium profundum*, 그리고 *Salmonella bongori*로 확인되었다. 그러나 *Corynebacterium variabile*, *Enterococcus faecium* 및 *Raoultella ornithinolytica*는 *L. sakei* 상징액의 어떠한 농도에 대해서도 생육억제 활성은 나타나지 않았다. 이러한 결과는 96 well plate 법에서도 같은 결과는 나타내었다(data not shown).

4. 배양 찌꺼기의 약취저감 효과

L. sakei 함유 찌꺼기 발효액을 닭의 분뇨와 각각 1:1(w/w), 1:0.5(w/w)의 비율로 혼합하여 암모니아, 황화수소 및 에틸메카탄가스 발생 억제효과를 측정한 결과는 Fig. 4와 같다.

Fig. 4-A는 암모니아 발생량을 측정한 값으로, 닭의 분뇨만 처리된 대조구에서는 14 ppm/100 mL의 함량이 발생하였으며, *L. sakei* 함유 찌꺼기 발효액을 첨가한 두 시험구에서는 암모니아가스가 발생하지 않았다. 그리고 Fig. 4-B는 에틸메카탄가스 발생량을 측정한 값을 나타내었다. 닭의 분뇨만 처리된 대조구에서는 120 ppm

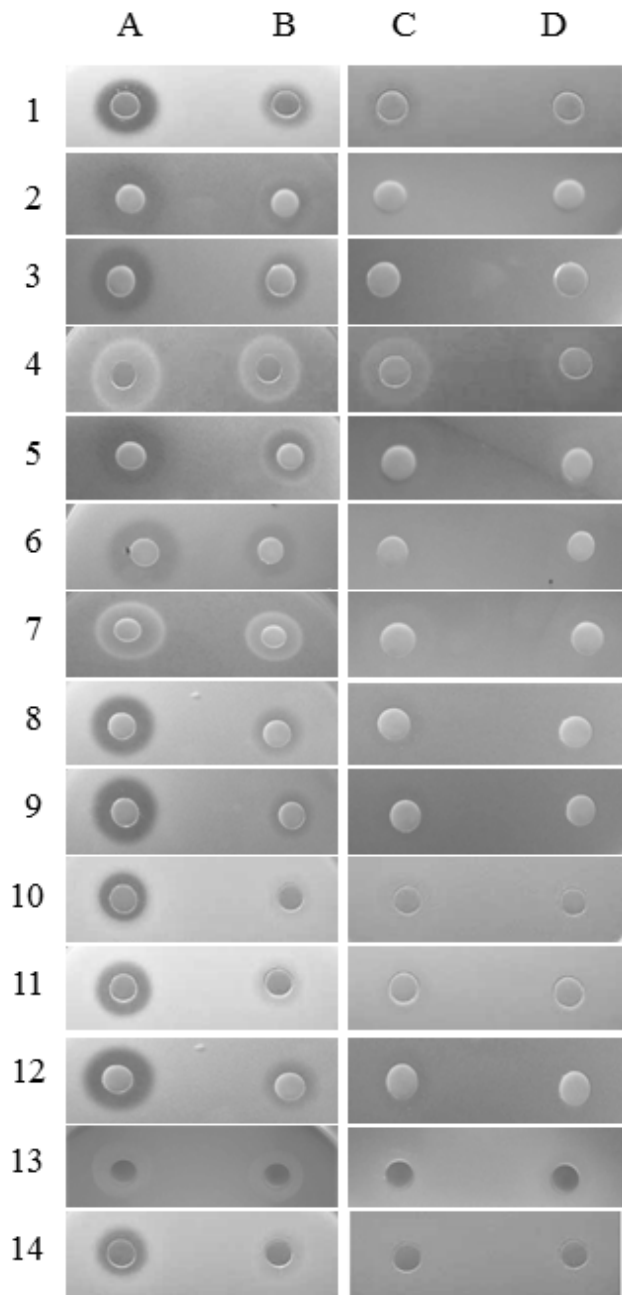


Fig. 3. Antibacterial activity against microorganism in feces of chicken using the supernatant cultured for 24 hours of *Lactobacillus sakei*. 1, *Arthrobacter mysorens*; 2, *Arthrobacter protophormiae*; 3, *Brevibacterium epidermidis*; 4, *Corynebacterium variabile*; 5, *Enterobacter ludwigii*; 6, *Enterobacter sp.*; 7, *Enterococcus faecium*; 8, *Escherichia coli*; 9, *Escherichia hermannii*; 10, *Klebsiella oxytoca*; 11, *Leclercia adecarboxylata*; 12, *Microbacterium profundum*; 13, *Raoultella ornithinolytica*; 14, *Salmonella bongori*. A, 100% supernatant; B, 50% supernatant; C, 25% supernatant; D, 12.5% supernatant of *L. sakei*.



Fig. 4. Total emission of ammonia (A), ethylmercaptan (B), hydrogen sulfide (C) in chicken feces by *Lactobacillus sakei* treatments. 1, chicken feces; 2, chicken feces + 1/2 *Lactobacillus sakei*; 3, chicken feces + *Lactobacillus sakei*.

이상/50 mL의 가스함량이 발생하였다. 또한 *L. sakei* 함유 싼뜨물 발효액과 닭의 분뇨를 1:0.5(w/w) 혼합한 처리구는 60 ppm/50 mL로 에틸메캅탄가스 발생량이 감소하였으며, 동량 혼합한 처리구는 29 ppm/50 mL로 대조구에 비해 현저히 에틸메캅탄가스 발생량이 감소된 것을 확인하였다. 한편, Fig. 4-C는 황화수소 발생량을 측정된 값을 나타내었다. 대조구를 포함한 모든 시험구에서 황화수소의 발생량은 0.1% 이하로 발생량이 모두 적었다.

최근 들어 진행되어 온 가축사육의 밀집화와 밀폐화 경향은 대기오염 문제 특히, 농가 주변에서 빈번하게 제기되는 악취 민원을 야기하고 있다. 우리나라는 2005년부터 시행된 악취방지법에서 악취관리 대상을 특정 시설에서 지역으로 확대하고, 악취배출 기준 및 관리를 강화함에 따라, 축산농가에서는 양계업의 지속성과 생산성을 유지하면서 수익성 면에서 저렴하고 간편한 악취 절감노력과 친환경적인 가축분뇨 처리기술의 개발이 시급히 요구되고 있다(Ministry of Environment, 2005).

황화수소, 암모니아, 메르캅탄, 저급지방산 등과 같은 악취 유발 물

질은 다양한 산업분야에서 배출되어 주변 환경에 많은 영향을 미치고 있다. 특히 이러한 물질은 분뇨처리장, 하·폐수처리장, 하수중계펌프장, 매립지, 퇴비화 시설 등 환경기초시설에서도 다량으로 배출된다(Cho *et al.*, 1992; Park *et al.*, 1992; Park *et al.*, 1993; Park, 2003). 분뇨에서 발생하는 NH₃ 가스는 축산농가뿐만 아니라, 주변 마을에까지 많은 피해를 주고 있다. 계사 내에서 방출된 NH₃ 가스는 지구온난화의 원인 물질일 뿐만 아니라, 비를 통해 육지에 도달하면 토양의 산성화 및 하천의 부영양화를 초래하는 물질이기도 하다(Van breeman, *et al.*, 1982; Buijsman and Erisman, 1988). 황화수소(H₂S)는 유독성 가스이며, 공기보다 무거운 것이 특징이고, 낮은 수준에서도 달걀 썩는 냄새가 발생하여 두통, 어지러움, 메스꺼움 등을 유발하는 주요 원인이다. 축산환경을 개선하기 위한 다양한 악취 저감제를 이용한 연구가 시도되었다. 양돈업에 있어서 분뇨의 주요 악취물질인 NH₃ 가스와 H₂S 가스를 제거하기 위한 방법으로 미생물제제 첨가가 가장 효과적이라고 하였다(Jang *et al.*, 2004; Kang *et al.*, 2006). Kim 등(2001)은 미생물제제 발효사료 급여가 육성돈 및 비육돈의 생산성과 분내 내 악취감소에 관한 연구에서 미생물제제를 이용한 발효사료를 0.5~1% 첨가할 경우 일당 증체량이 향상되었고, 축사 내 NH₃ 가스와 H₂S 가스가 감소되었다고 보고하였다.

싼뜨물의 발효액은 친환경 소재로서 소비자들에게 커다란 호응을 받고 있다. 이들 미생물들은 여러 환경에서 다양한 기능을 수행하며, 서로 공존, 공생하면서 상승효과를 일으켜 부패미생물의 증식 억제 및 부패악취를 방지하고, 오수처리에서도 정화효과를 보이는 것으로 보고되어 있다(Cho *et al.*, 2004; Kim *et al.*, 2011). 그리고 Hong 등(2009)은 트리메틸아민에 의한 이취를 최소화할 목적으로 싼뜨물의 이용을 연구하였는데, 싼뜨물의 농도가 높을수록 이취가 현저히 감소하였다고 보고하였다. 또한, Ha 등(2007)은 오염된 행주에 대한 일반적인 세척 및 소독제들과의 살균력을 비교 실험한 결과, 싼뜨물 발효액은 *Escherichia coli*와 *Salmonella typhimurium*에 대해서 항균효과를 나타내었다고 보고하였다. 따라서 싼뜨물에 배양 능력이 높고 생존능력이 높은 *L. sakei*는 축산분야 악취 저감에 매우 효과적이라고 할 수 있다.

요 약

본 연구는 닭의 분뇨로부터 악취저감 방안으로, 싼뜨물에 *L. sakei*의 배양조건과 저장 중 안정성을 검토하였다. 그리고 닭 분뇨로부터 미생물을 분리·동정하고, 이들 미생물에 대한 *L. sakei*의 항균능력을 검토하였다. 또한 *L. sakei* 함유 싼뜨물 발효액이 닭 분뇨의 악취를 저감시키는데 대하여 연구를 수행하였다. 연구결과, 싼뜨

물은 *L. sakei*의 생장에 좋은 영양소로 확인되었으며, 저장 기간 중 생존력도 강한 것으로 증명되었다. 또한 *L. sakei*는 닭의 분뇨로부터 분리된 악취유발 미생물의 생장 또한 억제하는 것으로 나타났다. 이러한 항균작용 또는 정균작용으로 사회적으로 문제가 되는 축산분뇨에 대하여, *L. sakei*를 이용해 배양된 쌀뜨물은 악취 유발을 저감할 수 있는 것으로 사료된다. 더욱이 쌀뜨물은 가치가 인정되지 않아 그대로 하수도로 버리게 되어 환경오염을 유발원으로 인식되었는데, 유산균 발효에 의한 악취 제거, 기능성 사료의 이용 등 산업적으로 많은 응용이 적용될 것으로 기대된다.

감사의 글

본 연구는 2015년도 산업통상자원부 생태산업단지구축사업(한국산업단지공단 2단계 5차년도 EIP세부사업) 지원으로 수행되었으며, 지원에 감사드립니다.

References

1. Buijsman, E. and Erisman, J. W. 1988. Wet deposition of ammonium in Europe. *J. Atmos. Chem.* 6:265-280.
2. Cho, J. I., Jung, H. J., Ha, S. D. and Kim, K. S. 2004. Growth patterns of lactic acid bacteria during fermentation of radish with rice water and rice bran. *Korean J. Food Sci. Technol.* 36:837-841.
3. Cho, K. S., Hirai, M. and Shoda, M. 1992. Enhanced removal efficiency of malodorous gases in a pilot-scale peat biofilter inoculated with *Thiobacillus thioparus* DW44. *J. Ferment. Bioeng.* 73:46-50.
4. Ha, J. H., Lee, Y. S., Lee, S. J., Hwang, S. S. and Ha, S. D. 2007. Antibacterial effect of fermented rice water against food-borne bacteria in kitchen towel. *J. Food Hygiene and Safety.* 22:365-369.
5. Hong, E. J., Son, H. J., Kang, J. H. and Noh, B. S. 2009. Analysis of binding trimethylamine with rice-washed solution using electronic nose based on mass spectrometer. *Korean J. Food Sci. Technol.* 41:509-514.
6. Jang, Y. K., Song, K. P., Kim, H. J. and Yoo, Y. H. 2004. An investigation on the odor characteristics of livestock facilities. *EIA.* 13:33-40.
7. Kang, K. H., Kim, S. K., Hu, C. G. and Lee, M. G. 2006. The effect of reduction of contaminants and odor according to the additives in the anaerobic maturation process of piggery slurry. *J. Environ. Sci.* 15:169-175.
8. Kim, Y. B., Kim, D. M. and Kim, C. S. 1990. Milling characteristics and qualities of Korean rice. *J. Food Sci. Technol.* 22:199-205, 903-905.
9. Kim, J. H., Kim, C. H. and Ko, Y. D. 2001. Effect of dietary supplementation of fermented feed (Bio-) on performance of finishing pigs and fecal ammonia gas emission. *Kor. J. Anim. Sci. Technol.* 43:193-202.
10. Kim, M. J., Park, S. S., Kim, D. H. and Kim, K. S. 2011. Proximate compositions changed before and after fermentation of rice spent water. *J. Food Hygiene and Safety.* 26:192-197.
11. Lee, S. J. and Lee, G. G. 2011. Nutrition of rice and cooked rice. *Food Industry and Nutrition.* 16:17-21.
12. Lim, S. M. 2012. Synbiotic potential of yoghurt manufactured with probiotic lactic acid bacteria isolated from mustard leaf *kimchi* and prebiotic fructooligosaccharide. *Kor. J. Microbiol. Biotechnol.* 40:226-236.
13. Ministry of Environment. 2005. Offensive Odor Control Law.
14. Park, S. J. 2003. A study on odor concentration of malodorous gases emitted from sewage treatment plants using air dilution sensory test. *Kor. J. odor Res. Eng.* 2:32-37.
15. Park, S. J., Oh, H. J. and Seishi, O. 1992. The characteristic of odor emitted from sewage and nightsoil treatment plants in Korea. *J. Odor Res. Eng.* 24:52-55.
16. Park, S. J., Cho, K. S., Hirai, M. and Shoda, M. 1993. Removability of malodorous gases from a night soil treatment plant by a pilot-scale peat biofilter inoculated with *Thiobacillus thioparus* DW44. *J. Ferment. Bioeng.* 76:55-59.
17. Park, Y. S., Shin, Y. S., Hong, J. M. and Kim, M. S. 2002. Environmental assessment and influence of rice water on the water quality. Korea Institute for Environmental & Social Policies. Seoul. Korea. pp.15-71.
18. SAS. SAS User's Guide. 2001. Statistical Analysis System Institute. Cary, NC, USA.
19. Schrezenmeir, J. and de Vrese, M. 2001. Probiotic, prebiotics, and synbiotics. *Am. J. Clin. Nutr.* 73(Suppl):



361S-364S.

20. Van Breeman, N., Burrough, P. A., Belthorst, E. J., Van Dobben, H. F., Wit, T. de., Ridder, T. B. and Reijnder, H. F. R. 1982. Soil acidification from atmospheric ammonium sulphate in forest canopy through fall. *Nature*. 299:548-550.
21. Yoshitaka, H., Shinji, M., Yoshihiro, Y., Yasunobu, Y. and Tomomi, T. 2006. Dairy intake of heat-killed *Lactobacillus plantarum* L-137 augments acquired immunity in healthy adults. *J. Nutr.* 136:3069-3073.