

## 이유자돈에서 유기산제의 S. Typhimurium에 대한 효과

윤현근 · 김영훈 · 한정희\*

강원대학교 수의학부(대학)

(접수 2009. 2. 5, 게재승인 2009. 3. 25)

## Effects of organic acids on prevention against S. Typhimurium in weaning pigs

Hyun-Keun Yoon, Yeong-Hun Kim, Jeong-Hee Han\*

Department of Veterinary Medicine and Institution of Veterinary Science,  
Kangwon National University, Chuncheon 200-701, Korea

(Received 5 February 2009, accepted in revised from 25 March 2009)

### Abstract

*Salmonella* (*S.*) Typhimurium infection in pigs is a major source of human foodborne salmonellosis. Recently, the swine industry in Korea has been suffered from salmonellosis causing severe economic loss to farms. Organic acids have antibacterial activity which prevents bacteria from multiplying by reducing the pH in the gastrointestinal tract. The aim of the present study is to evaluate whether Salstop<sup>®</sup> mixed with organic acids is able to have influence on growth performance and whether it prevents against *S.* Typhimurium in weaning pigs. Four experimental treatments were examined: general diet added with 0.3% of Salstop<sup>®</sup> after *S.* Typhimurium ( $1.0 \times 10^{10}$ CFU/ml) challenge, group A; commercial feed after *Salmonella* ( $1.0 \times 10^{10}$ CFU/ml) challenge, group B; commercial feed and Salstop<sup>®</sup>, group C; commercial feed, Group D. At the end of the study, no significant differences in daily body weight gain and feed intake were observed between groups treated with Salstop<sup>®</sup> and groups treated without, whereas feed conversion ratio (FCR) tended to be improved in groups treated with Salstop<sup>®</sup> between days 1 to 14. Serological and microbiological evolution of the infection were examined by ELISA and microbiological culture from serums and fecal samples, respectively. In groups that challenged by *S.* Typhimuriums, the group without Salstop<sup>®</sup> showed higher prevalence and bacterial shedding compared to the groups treated with Salstop<sup>®</sup>. Our results suggest that the administration of Salstop<sup>®</sup> could be used to promote feed efficiency and to reduce the prevalence of salmonellosis in weaners.

**Key words** : *Salmonella* Typhimurium, Organic acids, Weaning pig

### 서 론

*Salmonella* (*S.*) spp.는 가축에서 급성 패혈증, 설사,

만성 장염 등을 유발하여 양돈산업에 큰 경제적 손실을 가져올 뿐만아니라 사람에서는 장염 등의 증상을 일으키는 주요 식중독 원인균이다(김 등, 2003). 살모넬라균은 혈청형간 숙주 특이성이 있으나 *S.* Typhimurium은 숙주특이성이 없고 전세계적으로 분포하며

\* Corresponding author: Jeong-Hee Han, Tel. +82-33-250-8691,  
Fax. +82-33-256-3722, E-mail. hanjh@kangwon.ac.kr

*S. Choleraesuis*와 같이 돼지에서 장염을 일으키는 주요 원인체이다. 살모넬라균은 우리나라의 대부분 양돈장에 상재화되어 있으며, 돈군 내에서 감염돈의 분변 등으로 전파되며 돈육에 의해 사람에게 감염될 수 있어 공중위생학적면에서 매우 중요한 질병이다(최 등, 1986; Barbara, 1999; Baggesen 등, 1996; Borch 등, 1996).

살모넬라증의 유병률을 증가시키는 위험 요소에는 돈사의 오염, 설치류와 고양이와 같은 매개체의 존재 여부, 항생제의 잘못된 적용 등이 있다(Funk와 Gebr-eyes, 2004). 이런 살모넬라균의 전파는 준입상형의 돼지가 중요하게 작용하여 질병의 전파는 막는데 어려움이 크다. 특히 밀사, 장거리 수송, PRRS, PCV2와 같은 다른 질병과의 혼합감염과 같은 스트레스가 오는 상황에서 배출을 증가시켜 주위 환경을 오염시켜 전파한다(Barbara, 1999).

항생제는 전통적으로 이유기에 스트레스를 최소화하는 중요한 수단이었다(Canibe 등, 2001). 그러나 이런 항생제의 오남용은 내성균을 출현시키고 병원균의 증식에 의한 정상장내세균총의 정착을 저해하여 사람의 건강까지도 위협받아 최근 항생제 규제가 강화되고 있다(강 등, 1993). 따라서 돼지에서 성장률 개선을 위한 대체 항생제 개발이 시급한 실정으로 식물추출물, 난황항체를 이용한 IgY, 식물백신 등 다양한 노력들이 이루어지고 있는 상황에서 최근 유기산제제가 큰 관심이 되고 있다. 유기산은 formic acid, propionic acid, acetic acid, lactic acid, sorbic acid, phosphoric acid 등이 있는데 위장관내의 pH를 낮추어 곰팡이나 미생물의 증식을 억제하여 장내세균총의 균형을 맞추며 단백질의 소화를 돕는 것으로 알려져있다(Creus 등, 2007). 사료에 유기산을 첨가함으로써 돼지의 성장률을 증가시킬 뿐만 아니라 위장관내 소화장애를 일으키는 Coliform과 같은 장내 세균 증식을 감소시키고(Kirchgesner 등, 1992, 1997) post-weaning diarrhea complex (PWDC)와 관련이 있는 Enterotoxigenic *E. coli* K88의 증식을 억제하는 것이 보고되었다(Tsiloyiannis 등, 2001). 또한 유기산은 일반적으로 냄새가 적고 사료와 같이 관리하는데 고체와 액체 상태가 모두 있어 매우 편리하다(Partanen과 Mroz, 1999).

따라서 본 실험은 유기산제인 Salstop®(Impextraco, Belgium)을 사료 첨가하여 급이한 이유자돈에서 살모넬라균의 감소효과를 확인하여 양돈 산업에 경제적 피해를 입히는 *S. Typhimurium*에 대한 방어 효과를 알아

보기 위함이다.

## 재료 및 방법

### 실험동물 및 실험설계

돼지의 살모넬라증을 일으키는 원인균인 *S. Typhimurium*에 대해 혈청검사와 분변 PCR 검사에서 음성으로 판정된 4주령 랜드레이스-요크셔 교잡이유자돈 20두를 선발하여 암·수 구분없이 5두씩 4개군으로 나누었다. 사육돈방과 주위환경과는 통제되었으며 돈사의 온도는 25°C를 항상 일정하게 유지시켰다. 실험군은 *S. Typhimurium*  $1.0 \times 10^{10}$ (CFU/ml)을 경구로 공격접종 한 후 사료에 Salstop®을 첨가하여 급이 한 군(Group A), *S. Typhimurium*  $1.0 \times 10^{10}$ (CFU/ml)을 경구로 공격접종한 후 일반사료를 급이 한 군(Group B), 공격접종 하지 않고 사료에 Salstop®만을 첨가하여 급이 한 군(Group C), 일반사료를 급이한 대조군(Group D)으로 구분하여 2주 동안 항생제가 섞이지 않은 사료와 음수는 자유급여토록 하였다. 매일 임상지수과 설사지수를 측정하였고, 체중과 사료섭취량을 기록하였으며 분변을 채취하여 세균배양으로 세균집락 수를 측정하였다.

### 사료와 처치

실험균주는 국내에서 분리되었고 우리나라 양돈장에서 피해가 가장 크게 나타나는 *S. Typhimurium*을 국립수의과학검역원에서 분양받아 nutrient broth (Difco, USA)에 37°C incubator에서 18시간 배양시킨 후 생리식염수로  $1.0 \times 10^{10}$ (CFU/ml)가 되도록 희석하여 접종을 하였다.

본 실험에서 사용된 유기산제인 Salstop®(Impextraco)은 formic acid (20%), formaldehyde (10%)가 주 성분이며 기타 유기산(propionic acid, acetic acid, lactic acid, sorbic acid, phosphoric acid)이 10%가 함유되어 있는데 사료에 0.3% 첨가하여 급이하였다.

### 혈청검사

*S. Typhimurium*을 경구로 접종 전, 접종 후 1주, 접종 후 2주 채혈을 하였다. 채취한 혈액은 혈청을 분리한 후 56°C에서 30분간 비동화 시킨 후 검사에 사용하였다.

분리된 혈청에서 S. Typhimurium에 대한 항체는 ELISA로 검출하였으며, salmonella antibody test ELISA kit (Idexx, USA)를 사용하였다. 실험방법은 제조사의 사용설명서에 따라 행해졌다. A650nm 흡광도에서 OD값을 측정 후 positive control과 negative control의 값에 따라 다음에 술식에 의하여 계산하여 S/P ratio 값이 0.25이상일 경우 양성으로 판정하였다.

$$S/P = \frac{\text{Sample OD} - \text{Native OD}}{\text{Positive OD} - \text{Native OD}}$$

**세균 배양**

분변 1g을 채취하여 단계별로 10배수로 희석하여 살모넬라균 전용 배지인 Rambach® agar (Merck, USA)에 접종한 후 37°C 20~24시간 배양하여 세균집락 수를 측정하였다.

**통계 처리**

실험을 통하여 얻어진 데이터의 통계분석은 statistical analysis system version 9.1 (SAS. Inst., Cary, NC, USA)을 이용하여 Duncan's multiple range test로 각 구간 유의성을 검정하였다.

**결 과**

**임상 증상 및 설사지수**

S. Typhimurium 공격접종 후 임상지수와 설사지수를 체크한 결과는 Table 1과 2와 같았다. Salstop®을 사료에 첨가한 군인 group A와 groupC에서 Salstop®를 첨가하지 않은 group B와 groupD보다 더 낮은 임상지수와 설사지수를 보였다.

**성장 효율**

**Table 1.** Results of clinical sign index after treatment with Salstop® and S. Typhimurium

Index Group	0*	1	2	3	20	Total
A	0	0	2	2	1	9
B	0	0	1	2	2	10
C	3	2	0	0	0	0
D	1	4	0	0	0	3

\*0, normal; 1, slight depression; 2, moderate depression; 3, severe depression; 20, death

유기산이 포함된 Salstop®를 사료에 첨가한 군인 group A와 groupB에서 사료에 첨가하지 않은 군에 비해서 체중이 0.27kg과 0.96kg 증가하였으나 유의적인 차이를 보이지 않았다(P>0.05). 일일체(ADG)과 일일 사료소비(ADFI)도 Salstop®을 사료에 첨가한 군이 첨가하지 않은 군보다 약간에 증가하였으나 유의적인 차이는 없었다. 하지만 Salstop®을 사료에 첨가한 군에서 사료요구율은(FE) 각각 0.15 (Group A)과 0.62 (Group C)로 첨가하지 않은 군의 0.09 (Group B), 0.45 (Group D)로 모두 유의적인 차이를 보이며 감소하였다(P<0.05)(Table 3).

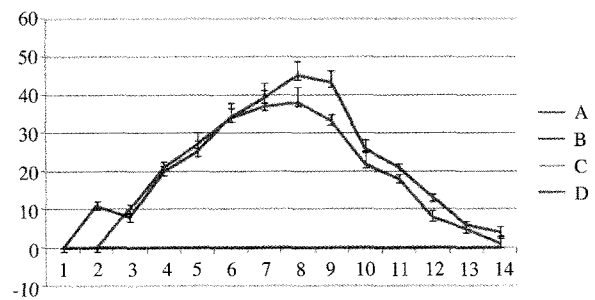
**세균 수 변화**

살모넬라균을 공격접종한 후 매일 분변 1g에 대한 세균수 측정된 결과는 Fig. 1과 같다. 살모넬라균을 공격접종한 후 Salstop®를 사료에 첨가하지 않은 군 (Group B)에서 공격접종 24시간 후부터 분변으로 배출되었다. 또한 group A와 group B모두 공격접종 후 8일까지 살모넬라의 수가 증가하였다 감소하는 경향을 보였다. 공격접종 후 14일까지 검출된 세균수는 Salstop®을 사료에 첨가한 군(Group A)에서 사료 첨가하지 않은 군(B)보다 낮게 측정되었다.

**Table 2.** Results of diarrhea index after treatment with Salstop® and S. Typhimurium

Index Group	0*	1	2	3	Total
A	0	1	4	0	9
B	0	0	5	0	10
C	5	0	0	0	0
D	3	1	1	0	3

\*0: normal, 1: soft diarrhea, 2: watery diarrhea, 3: bloody diarrhea



**Fig. 1.** No. of Salmonella Typhimurium (CFU/g of feces) from 1<sup>st</sup> day 14<sup>th</sup> day after treatment of Salstop® and S. Typhimurium.

**Table 3.** Influence of dietary Salstop<sup>®</sup> on weanling pig growth performance from 28th to 42nd days

Group	Weanling				Feed intake (kg)	ADFI (kg)	Gain/feed
	Initial	Final	Gain (kg)	ADG (kg)			
	28th day	42nd day					
A	8.66	9.20	0.54	0.04	3.51	0.27	0.15 <sup>a</sup>
B	8.82	9.10	0.28	0.02	3.16	0.24	0.09 <sup>b</sup>
C	8.80	12.20	3.40	0.26	5.48	0.42	0.62 <sup>c</sup>
D	9.06	11.50	2.44	0.19	5.48	0.42	0.45 <sup>d</sup>

<sup>a,b,c,d</sup>within a row, means without a common superscript differ ( $P < 0.05$ )

A: weaners administrated with Salstop<sup>®</sup> after challenge with *Salmonella* Typhimurium

B: weaners administrated without Salstop<sup>®</sup> after challenge with *Salmonella* Typhimurium

C: weaners administrated with Salstop<sup>®</sup>

D: weaners treated without anything

**Table 4.** Seropositivity against *Salmonella* Typhimurium in weaning pigs after treatment of Salstop<sup>®</sup> and *S.* Typhimurium using ELISA

	1st day	7th day	14th day
Group A	0.048 ± 0.004* (0/5)**	0.129 ± 0.029*** (1/5)	0.080 ± 0.029 (0/4)
Group B	0.052 ± 0.010 (0/5)	0.232 ± 0.059 (3/5)	0.200 ± 0.070 (0/3)
Group C	0.053 ± 0.034 (0/5)	0.062 ± 0.022 (0/5)	0.056 ± 0.014 (0/5)
Group D	0.051 ± 0.006 (0/5)	0.057 ± 0.014 (0/5)	0.054 ± 0.012 (0/5)

\*Mean ± SD

\*\*No. of positive weaning pig / No. tested weaning pig

\*\*\*within a row, means without a common superscript differ ( $P < 0.05$ )

## 열정학적 소견

실험간 공격접종전, 공격접종후 7일째, 공격접종후 14일에 채혈한 혈청을 검사한 결과에서는 살모넬라를 공격접종한 군 Group A와 B에서 7일차와 14일차의 혈청 S/P ratio의 값이 공격접종하지 않은 Group C와 D에서 보다 유의적으로 높았다.

ELISA를 이용한 양성률에서 1일차, 14일차에서는 양성 혈청이 검출되지 않았다. 하지만 7일차에서는 살모넬라를 공격접종한 군의 Salstop<sup>®</sup>을 사료에 첨가하지 않은 Group B에서 양성률이 60%로 Group A의 20%보다 높았고 S/P ratio 또한 유의적으로 높았다 ( $P < 0.05$ )(Table 4).

## 고 찰

*Salmonella* spp.는 국내 대부분 양돈장에서 상재화되어 돼지에서 급성패혈증, 설사, 만성 장염 등을 유발하여 양돈장에 경제적으로 큰 피해를 주는 질병으로 *Enterobacteria* 속이며 그람 음성균으로 운동성을 가지고 있는 세균으로 우리나라의 대부분 양돈장에 상재화되어 있어 박멸하기가 힘든 질병이다(최 등, 1986; Barbara, 1999). 유기산은 장내 pH를 낮추어 병원성 세

균을 선택적으로 죽이는 작용을 하였으며(Adams와 Nicolaides, 1997; Sibley 등, 2003), 세균의 항생제 내성 문제가 대두되어 유기산제의 실험이 시급한 가운데 가급에서 이미 그 효과가 나타났다고 보고하였다(Berchieri와 Barrow, 1996). 따라서 이번 연구에서는 이유기 돼지에 대해 유기산을 첨가한 사료를 이용해 장내 pH를 낮춤으로서 산성화시켜 살모넬라 감염에 대한 효과를 평가하고자 하였다.

살모넬라증은 내분비계의 현저한 변화를 일으키는 데, 특히 혈장내 cortisol을 증가시키고 insulin-like growth factor I와 같은 성장호르몬의 분비를 저해시켜 돼지의 성장률과 사료섭취율을 낮춰 경제적 손실을 일으키는 질병이다(Balaji 등, 2000). 그러나 lactic acid를 사료에 첨가하면 비특이적으로 면역계를 자극시켜 살모넬라의 균질화 또는 침입을 막는 것으로 알려져 있다(Donnet-Hughes 등, 1999). 본 실험에서 formic acid와 lactic acid 등 다양한 유기산과 formaldehyde가 함유되어있는 사료첨가제를 사료에 0.3% 첨가하여 2주간 급이하여 평균일당증체량, 평균일일사료섭취량, 사료요구율을 보았다. 본 실험의 결과에서 균일당증체량, 평균일일사료섭취량에서는 유의적으로 살모넬라에 대한 효과를 확인하지 못하였지만 사료요구율이 유의적인 차이를 보이면 개선되었다. 이러한 결과는 Canibe

등(2005)의 실험에서 사료에 formic acid를 첨가하여 사료효율 개선 효과를 보았던 결과와 일치하였다.

미국과 같은 선진국의 살모넬라증 유병률 각각 6.2에 비해 한국의 살모넬라증 유병률은 9.5%로 선진국에 비해 월등히 높다(Suh와 Jung, 2005). 살모넬라증의 유병률을 줄이기 위해서는 돈군 단위 모니터링이 필요하며 유병률을 증가시키는 다양한 원인들을 어떻게 컨트롤 하는냐에 달려 있다. 살모넬라증의 유병률을 검사하는데 있어서 널리 쓰이는 검사법인 ELISA는 단기 간의 감염을 진단하기 어렵고 감염시기를 정확히 진단하기가 어렵지만 ELISA를 이용해 살모넬라증의 전체적인 감염상태를 파악하는데 있어서 쉽고 편리하기 때문에 유용하다(Van der Wolf 등, 2000). Creus 등(2007)은 lactic acid와 formic acid를 첨가한 사료첨가제를 급여함으로써 육성돈과 비육돈의 살모넬라증의 유병률을 ELISA를 이용해 검사하여 낮은 결과를 보였다고 보고하였다. 이번 연구에서 살모넬라의 혈청 항체를 이용한 ELISA 실험에서 공격접종후 7일차의 돼지들에서 유기산제제를 첨가하지 않은 군(Group B)에서 보다 유기산제제를 첨가한 군(Group A)이 높은 양성률을 보였다.

최근 항생제 사용에 대한 엄격한 규제에 의해 천연 항생물질의 대체가 시급한 실정이다. 유기산이 항생제 대체 물질로 효과적이라는 많은 연구결과들이 보고되고 있다. 유기산은 일차적으로 장내 병원성 미생물을 방어하는 것은 아니지만 장내 pH를 낮춰 병원성 미생물 집락을 형성하는 것을 방해하므로써 방어를 하고 위내 산성화가 췌장액의 분비를 자극하여 소화율을 높이는 작용을 한다(Jensen, 1998). 유산균은 길항제를 만들어서 장점막에 병원성 세균이 붙는 것을 막으며 뿐만 아니라 숙주의 면역반응을 자극하여 병원균이 증식을 억제하고 독성을 약하게 하는 것으로 알려져 있다(Franco 등, 2005). Canibe 등(2007)은 in vitro에서 유기산을 배양액에 첨가하여 장내세균의 증식 상태를 관찰하였는데 유기산을 넣은 군에서 장내세균들이 감소하는 결과를 얻었다. Boyen 등(2008)은 fatty acid와 butyric acid를 코팅하여 사료 첨가제로 급여한 결과 병원균의 분변으로 배출과 장내 집락화가 감소함을 확인하였다. 본 실험에서 분변으로 배출되는 S. Typhimurium의 수를 확인한 결과 유기산을 첨가하지 않은 실험군에서 살모넬라균의 배출이 빠르게 시작하였고 실험전기간 동안 유기산을 첨가한 군에 비해 높은 수의 살모넬라가 배출되었다. 체중은 공격접종 후 감소하였

으나 시간이 경과할수록 회복하는 경향을 보였는데 분변에서의 살모넬라 수 측정에서도 8일까지 증가하다 후부터 감소하는 경향을 보였다.

이상의 결과를 통해서 볼 때 돼지에서 formic acid, propionic acid 등의 유기산을 급여하여 살모넬라균 수의 감소, 사료효율의 개선 및 유병률을 감소시키는 것으로 보아 유기산을 항생제 대체물질로 사용할 경우 돼지에서 경제적 손실을 크게 끼치는 세균성 소화기 질병을 방어하여 농가의 소득증대에 크게 기여할 것으로 사료된다.

### 감사의 글

본 연구는 지식경제부와 한국산업기술평가원이 지원하는 진주산업대학교 동물생명산업센터의 사업비 지원으로 수행되었습니다.

### 참 고 문 헌

강호조, 김용환, 이후장 등. 1993. 한방사료첨가제를 이용한 육계의 Salmonella 방제효과: 항균성 및 장관정착 억제. 대한수의학회지 43(1): 41-47.

김규태, 정병열, 김봉환 등. 2003. 경북지역 사육에서 분리한 Salmonella 속균의 혈청형 분포 및 약제 감수성. 한국수의공중보건학회지 27(1): 47-52.

최원필, 이희석, 여상건 등. 1986. 양돈장에 있어서 Salmonella 감염증의 역학적 연구-1. 발생 및 오염상황, 혈청형과 Salmonella Typhimurium의 생물형. 대한수의학회지 26(1): 49-59.

Adams MR, Nicolaides L. 1997. Review of the sensitivity of different foodborne pathogens to fermentation. Food Control 8: 227-239.

Baggesen DL, Wegener HC, Bager F, et al. 1996. Herd prevalence of Salmonella enterica infections in Danish slaughter pigs determined by microbiological testing. Prev Vet Med 26(3): 201-213.

Balaji R, Wright KJ, Hill CM, et al. 2000. Acute phase responses of pig challenged orally with Salmonella Typhimurium. J Anim Sci 78: 1885-1891.

Barbara E. 1999. Diseases of swine. 9 eds, Iowa State University Press 536-540.

Berchieri A Jr., Barrow PA. 1996. Reduction in incidence of experimental fowl typhoid by incorporation of a commercial formic acid preparation (BIO-ADD™) into poultry feed. Poult Sci 75: 339-341.

Borch E, Nesbakken T, Christensen H. 1996. Hazard identification in swine slaughter with respect to foodborne

- bacteria. *Int J Food Microbiol* 30: 9-25.
- Boyen F, Haesebrouck F, Vanparys A, et al. 2008. Coated fatty acids alter virulence properties of *Salmonella* Typhimurium and decrease intestinal colonization of pigs. *Vet Microbiol* 132: 319-327.
- Canibe N, Hojberg, Hojsgaard S, et al. 2005. Feed physical form and formic acid addition to the feed affect the gastrointestinal ecology and growth performance of growing pigs. *J Anim Sci* 83: 1298-1302.
- Canibe N, Steien SH, Overland M, et al. 2001. Effect of K-difformate in starter diets on acidity, microbiota, and the amount of organic acids in the digestive tract of piglets, and on gastric alterations. *J Anim Sci* 79: 2123-2133.
- Canibe N, Virtanen E, Jensen BB. 2007. Effect of acid addition to pig liquid feed on its microbial and nutritional characteristics. *Livest Sci* 108: 202-205.
- Creus E, Perez JF, Peralta B, et al. 2007. Effect of acidified feed on the prevalence of *Salmonella* in market-age pigs. *Zoon Publ Hlth* 54: 314-319.
- Donnet-Hughes A, Rochat F, Serrant P, et al. 1999. Modulation fo nonspecific mechanisms of defense by lactic acid bacteria: effective dose. *J Dairy Sci* 82: 863-869.
- Franco LD, Fondevila M, Lobera MB, et al. 2005. Effect of combinations of organic acids in weaned pig diets on microbial species of digestive tract contents and their response on digestibility. *J Anim Physiol Anim Nut* 89: 88-93.
- Funk F, Gebreyes WA. 2004. Risk factors associated with salmonella prevalence on swine farms. *J Swine Health Prod* 12: 1-6.
- Jensen BB. 1998. The impact of feed additives on the microbial ecology of the gut in young pigs. *J Anim Feed Sci* 7: 45-64.
- Kirchgessner M, Paulicks BR, Roth FX, et al. 1997. Effects of supplementataions of diformate complexes on growth and carcass performance of piglets and fattening pigs in response to application time. *Agribiol Res* 50: 1-10.
- Kirchgessner M, von Gedek B, Wiehler A, et al. 1992. Influence of formic acid calciumformate and sodium ydrogen-carbonate on the microflora in different segments of the gastrointestinal trac. Communication. Investigations about the nutritive effecacy of organic acids in the rearing of piglets. *J Anim Physiol Anim Nutr* 68: 73-81.
- Partanen KH, Mroz Z. 1999. Organic acids for performance enhancement in pig diets. *Nutr Res Rev* 12: 1-30.
- Sibley J, Yue B, Huang F, et al. 2003. Comparison of bacterial enriched-broth culture, enzyme linked immunosorbent assay, and broth culture-polymerase chain reaction techniques for identifying asymptomatic infections with *Salmonella* in swine. *Can J Vet Res* 67: 219-224.
- Suh DK, Jung SC. 2005. Epidemiological characteristics of *Salmonella* spp. isolated from different stages of commercial swine farms. *Korean J Vet Res* 45(2): 179-183.
- Tsiloyiannis VK, Kyriakis SC, Vlemmas J, et al. 2001. The effect of organic acids on the control of porcine post-wening diarrhoea. *Res Vet Sci* 70: 287-293.
- Van der Wolf PJ, Wolbers WB, Elbers ARW, et al. 2000. Herd level husbandry factors associated with the serological *Salmonella* prevalence in finishing pig herds in the Netherlands. *Vet Microbiol* 78: 205-219.