

영남지방 돼지에서 분리한 *Erysipelothrix rhusiopathiae*의 세균학 적 연구

백영숙 · 이진술 · 김영은

대구직할시 가축위생시험소

김봉환

경북대학교 수의과대학

Bacteriological Study of *Erysipelothrix rhusiopathiae* Isolated from the Pigs in Youngnam Area

Young-Sook Back, Jin-Sool Lee, Young-Eun Kim

Taegu Veterinary Service Laboratory

Bong-Hwan Kim

College of Veterinary Medicine, Kyungbuk National University

Abstract

The present study was conducted to investigate biochemical, serologic, and pathogenic characteristic of *E. rhusiopathiae* isolated from the cases of acute septicemic swine erysipelas in Youngnam provinces during the period from June 1988 to September 1990.

The majority of biochemical and cultural properties of *E. rhusiopathiae* isolated from pigs affected with acute erysipelas were identical to those of the standard strain employed.

All of the 45 isolates were serotype Ia.

All isolates were highly susceptible to penicillin G, lincomycin, cephalothin, ampicillin, erythromycin (MIC : 0.025-0.78IU or $\mu\text{g}/\text{ml}$), and moderately susceptible to oleandomycin, oxytetracycline, chloramphenicol (MIC : 0.78-25 $\mu\text{g}/\text{ml}$). Kanamycin and sulfadimethoxine showed no activity against the isolates (MIC : $>400\mu\text{g}/\text{ml}$).

The MICs of dihydrostreptomycin presented two distribution peaks ; of 45 strains, 5(11.1%) were resistant to dihydrostreptomycin (MIC : 400 $\mu\text{g}/\text{ml}$).

All of 5 selected isolates were pathogenic for mice and LD₅₀ was 3.7×10^8 viable cells. Mice immunized subcutaneously with live vaccine did not die after challenge to virulent isolates of *E. rhusiopathiae*.

key word : *Erysipelothrix rhusiopathiae*, serotypes, pathogenicity acute septicemic swine erysipelas

서 론

*Erysipelothrix rhusiopathiae*는 1878년, Koch가

실험쥐에서 최초로 분리하여 "Mouse Septicemia Bacillus"라 명명하였으며, 1882년 Pasteur에 의해 swine erysipelas에 걸린 돼지로부터 분리됨으로써,

이균이 돼지단독의 원인체임이 밝혀졌다. 이후, 사람에서도 이균을 분리하여, 균이 유래한 동물종에 따라, *E. murisepticus*, *E. porci* 및 *E. erysipeloides*의 3종으로 분류하였으나, 이 균들의 성상이 동일한 것으로 밝혀져 마침내 *E. rhusiopathiae*란 균명이 공인된 이래 현재까지 널리 통용되고 있다.^{1, 2, 3)}

*E. rhusiopathiae*는 임상증상에 따라 급성패혈증형, 아급성담마진형, 그리고 만성경과를 취하는 관절염형과 심내막형등으로 구분되는 돼지단독의 원인균으로 보균돈의 배설물에 오염된 사료 또는 물이나 잔반 등을 먹음으로써 경구감염되거나, 드물게는 결막이나 피부상처를 통한 감염이 일어나기도 하는 것으로 알려져 있다. 또한 이 균은 건강한 돼지의 편도로부터 분리되어지는데 감염을 받은 돼지가 병에 대한 저항성이 강할 경우 편도 혹은 소화관점막의 임파조직 등에 균이 잠재하고 있다가 각종 스트레스 요인에 의해 저항성이 약해지면 이곳으로부터 균이 체내로 침입 증식함으로써 발병하는 것으로 간주되고 있다.^{4, 5)}

*E. rhusiopathiae*가 질병을 일으키는 기전은 분명치 않으나, 이 균이 산생하는 neuraminidase 및 hyaluronidase 가 혈관벽손상 및 thrombosis, hemolysis 등을 일으킴으로 발병하는 것으로 추정하고 있다.^{2, 3)}

사람에 있어서 *E. rhusiopathiae*는 erysipeloid의 원인균으로 주로 피부병변을 나타내지만 드물게는 심내막염이나 패혈증을 일으키는 것으로 알려져 있다.⁶⁻¹²⁾ *E. rhusiopathiae*는 cell wall의 peptidoglycan 층의 항원적 특성에 따라 여러 혈청형으로 나누어져 있다. 1949년 Dedie에 의해 A, B, N의 세 group으로 분류된 이래, 현재 Kucsera의 기준에 따라 총 23종의 혈청형으로 분류되어 있으며 type specific antigen이 없는 것은 N형으로 구분하고 있다.^{2, 13, 14, 15)}

*E. rhusiopathiae*의 혈청형의 중요성은 Traub(1947)가 특정의 균주만이 효과적인 면역항원을 가지고 있음을 보고한 이래 인식되기 시작하였으며, Murase 등¹⁶⁻¹⁸⁾은 *E. rhusiopathiae*의 혈청형이 보균동물과 관계가 깊으며 임상형 돼지단독은 특정의 혈청형에 의해서만 발생한다고 하였다.

이후 여러 학자들이 돼지단독의 병인론에 있어서

혈청형 및 임상형의 상호관련성을 보고하였는데⁹⁻²¹⁾ Wood 등^{15, 22)}은 돼지에서 임상형 돼지단독을 유발할 수 있는 주요 혈청형이 1형 및 2형이라고 하였으며, Takahashi 등²³⁻²⁵⁾은 1형과 2형 이외의 비교적 드문 혈청형 역시 원인균으로서의 역할이 가능하다고 하여 계속적인 연구의 필요성을 강조하였는가 하면 건강한 돼지의 편도에 존재하는 주된 혈청형이 7형, 2형, 6형 등이라고 하였다. 이처럼 돼지에 있어서 *E. rhusiopathiae*의 혈청형 및 병원성의 연관성에 대해서는 더 계속적인 연구가 필요할 실정이다.

돼지단독을 면역학적으로 방어함에 있어서는 생균 또는 사균을 면역원으로 사용하여 좋은 효과를 거둘 수 있음이 여러 학자들에 의해 보고 되어진 바 있으며, 각 혈청형간의 cross protection 및 돼지에서 더 나은 면역반응을 도출할 수 있는 균주의 중요성 또한 언급되어지고 있다.²⁶⁻³¹⁾

White³¹⁾는 Killed *E. rhusiopathiae*를 면역원으로 사용함으로써, homologous type의 감염에 대해 좋은 방어효과를 나타내었다고 하였으며, Wood^{32, 33)} Wood등²²⁾, Takahashi등³⁴⁾, Sawada와 Takahashi^{35, 36)}는 2형균으로 면역한 결과 혈청형 1a, 1b, 2, 5, 8, 11등의 감염에는 좋은 방어효과를 거둘 수 있었으나, 혈청형 9, 10, 20에 대해서는 효과적인 방어를 기대할 수 없으며 특히 관절염 등의 발병은 방어하지 못한다고 하였다. Shuman 등^{37, 38)}은 이 균이 돼지에서 관절염을 유발하는 주원인은 균의 직접감염이나, 생균 또는 사균으로 면역된 건강한 돼지가 단독 증상없이 관절염을 나타낼 가능성도 있다고 하였다. 우리나라에서도 일찍이 오와 김^{39, 40)}이 돼지단독 생균 백신을 보급하였으며, 박등⁴¹⁾은 *Pasteurella multocida*, *Bordetella bronchiseptica*, *E. rhusiopathiae*, *Escherichia coli*을 포함하는 혼합 vaccine이 효과적임을 보고한 바 있다.

돼지단독은 유럽 및 아시아, 아프리카, 미주, 호주 등을 비롯하여 전 세계적으로 발생하고 있으며 현재까지 근절되지 않고 있다.^{1-3, 19)} 이렇듯 전세계적으로 문제시 되고 있는 돼지단독이 우리나라에 들어온 경로는 알 수 없으나, 1912년에 처음 발생보고된 후 1960년대초에 이르기까지 많이 발생하였다. 그후 지속적인 예방접종과 항생물질의 사용으로 발생양상이 완화되었으나, 최근에 와서 양돈업의

집약화 및 다두사육이 두드러짐에 따라 발생이 증가 추세에 있으며 앞으로 더욱 증가의 조짐을 보이고 있는가 하면, 특히, 하절기에 발생하는 경향이 짙어 돼지단독에 대한 새로운 인식이 요구되고 있다.^{42, 43)} 그럼에도 불구하고 매년 되풀이 발생하여 양축가에게 큰 경제적 손실을 끼치는 돼지단독에 대한 연구는 아직까지 미진한 상태이며 이 병의 구체적인 병인론에 접근한 효과적 방역을 기대하기가 어려운 실정이다.

이와같은 배경을 근거로하여 본 연구는 우리나라에서 최근 그 발생이 증가하여 문제시 되고 있는 돼지단독의 효과적 방제를 위한 기초자료를 마련할 목적으로 급성 패혈증형 돼지단독으로부터 균분리를 실시하고 분리균의 생화학적 성상 및 혈청형을 동정함과 아울러 각종 화학요법제에 대한 감수성 조사 및 mouse에 대한 병원성시험 등을 실시하였다.

재료 및 방법

세균분리 재료

1988년 6월부터 1990년 9월 사이에 돼지단독이

발생한 영남지방 9개 농장으로부터 발병상황, 역학적 소견 및 육안적 병변을 중심으로 급성 패혈증형 돼지단독으로 추정되는 환돈과 폐사돈 45두를 공시하였으며 비장, 신장, 간, 폐, 심장 등의 조직을 무균적으로 채취하여 원인균 분리에 사용하였다.

*E. rhusiopathiae*의 분리

blood agar base(Difco)에 재래종 산양으로부터 채취한 탈 섬유혈액을 7%되게 무균적으로 혼합한 혈액한천배지를 분리배지로 사용하였다. 무균적인 방법으로 균분리재료를 혈액한천배지에 접종하여 37°C에서 24~48시간 배양하고 집락형태, hemolysis 양상, Gram염색성 및 균형태를 확인한 후 *E. rhusiopathiae* 로 추정되는 집락을 blood agar slant에 보존하면서 각종 동정시험을 실시하였다.

공시균

공시한 가검물로부터 분리동정한 45주 및 미국 USDA의 Dr. R. L. Wood로부터 분양 받은 표준균주 type 1a, 1b, 2~22, N 등 24주(표1)를 각종 생화학적 성상시험 및 혈청형 동정, 병원성시험 등을 위해 공시하였다.

Table 1. Reference strains of *Erysipelothrix rhusiopathiae* used in the present study

Strain	Serotype	strain	Serotype
E1-6P	1a	Pecs 9	12
422-1	1b	Pecs 18	13
NF-4E1	2	Iszap 4	14
Wittling E1	3	Pecs 3597	15
Doggerscharbe	4	Tanzania III	16
Pecs 67	5	545	17
P-32	6	715	18
Rotzunge	7	2017	19
Goda	8	2553	20
Kaparek	9	Bono 36	21
Lengyel P	10	Bono 107	22
IV-12/8	11	MEW 22N/5	N

Reference strains were obtained from Dr. R. L. Wood, USDA, Ames, Iowa.

생화학적 성상시험

*E. rhusiopathiae*를 동정하기 위한 생화학적 성상 시험은 hemolysis, oxidase, catalase, urease 시험을 위시하여 hydrogen sulfide 산생 시험, indole 산생 시험, motility 시험, VP 시험, nitrate 환원 시험, citrate 이용성, gelatin 액화 시험 및 당분해 시험 등을 실시하였으며 모든 시험은 Cowan⁴⁴⁾, Ewald¹⁾ 및 Jones²⁾의 방법에 의하였고 당분해 시험은 White와 Shuman⁴⁵⁾의 방법에 따라서 수행하였다.

항균제 감수성 시험

penicillin G(PC-G), ampicillin(APC), erythromycin(EM), oleandomycin(OM), oxytetracycline(OTC), chloramphenicol(CP), dihydrostreptomycin(DSM), kanamycin(KM) 및 sulfadimethoxine(SDM) lincomycin(L), cephalothin(CF) 등, 11종의 항균제에 대하여 *E. rhusiopathiae*의 minimum inhibitory concentration(MIC) 측정은 Ishiyama 등⁴⁶⁾의 방법에 준하여 agar dilution method에 의해 실시하였으며 Muller-Hinton agar를 공시배지로 사용하였다. 모든 약제는 Sigma 제제를 사용하였고 MacLowry 등⁴⁷⁾의 방법에 준하여 적합한 용매에 용해시킨 다음 희석하여 사용하였다. tryptic soy broth(0.1% Tween 80 포함)에 37°C 18시간 배양한 균액을 생리식염수로 100배 희석한 후 multiinoculator를 사용하여 공시약제가 함유된 평판배지위에 접종하였으며 접종배지는 37°C에서 48시간 동안 배양한 후에 접종부위에서 균의 발육유무를 관찰하여 약제의 MIC를 결정하였다.

*E. rhusiopathiae*의 혈청형 동정

가토면역혈청의 제조

E. rhusiopathiae serotypes 1a, 1b, 2~12(표 1) 및 분리균 2주에 대한 가토면역혈청을 Wood와 Harrington⁴⁸⁾ 및 Wellmann 등⁴⁹⁾, Takahashi 등²³⁾의 방법에 따라서 제조하였다. 혈액한천배지상에서 37°C 48시간 배양한 표준균주 및 분리균 집락을 Tween 80이 0.1% 첨가된 tryptic soy broth(Difco) 10ml에 접종하여 일야배양하였으며 이것을 다시

동종의 broth 200ml에 재접종하여 37°C 48시간 배양 후 formalin을 0.5%(v/v)가 되게 첨가하여 37°C 18~20시간 방치하였다.

이 배양액을 3500rpm에서 20분간 원심분리하여 세균체를 수거한 후, saline으로 3회 원심수세하였으며, spectrophotometer를 이용하여 540nm에서 OD가 1.8이 되도록 saline에 부유시킨 것을 4°C에 보관하면서 토끼접종을 위한 항원으로 사용하였다. 면역항원의 접종은 약 2.5~3kg 정도되는 토끼의 이정맥을 통해 3~4일 간격으로 6회 접종하였으며 항원의 양은 1, 2, 3, 4, 5, 6ml로 매번 증량하였다. 마지막 접종 후 8~9일째에 부분채혈하여 역가 측정 후 심장채혈을 통하여 전체혈하고 혈청을 분리하여 -20°C에 보관하면서 사용하였다.

열처리 추출항원의 제조

Takahashi 등²³⁾의 방법에 준하였으며 혈액한천배지상에서 37°C 48시간 배양한 각 분리균 및 표준균주의 집락을 tryptic soy broth에 접종하여 37°C 48시간 배양 후 균체를 수거한 다음 saline으로 3회 원심수세하였으며 수세가 끝난 균세포에 처음 분량의 1/30이 되도록 증류수를 첨가하였으며 121°C에서 1시간동안 고압증기 처리하여 항원을 추출한 다음 원심분리하여 상층액을 4°C에 보관하면서 혈청형을 동정하기 위한 열처리 추출항원으로 사용하였다.

혈청형 동정

Wood와 Harrington⁴⁸⁾ 및 Takahashi 등²³⁾의 방법에 준하여 agar-gel precipitin test로 실시하였다. sodium azide가 0.1% 포함된 saline에 special agar-noble(Difco)을 0.8%가 되도록 녹인 후 깨끗이 닦은 slide glass(76×26mm)에 5~6ml씩 분주하여 굳히고 내경이 4mm이고 각 well중심간의 간격이 8mm인 gel puncher를 사용하여 1개의 central well과 6개의 surrounding wells를 뚫어내었다. 각 well에 antigen 및 antiserum을 넣어준 다음 습윤한 용기에 넣어 실온에서 2~4~48시간 반응시킨 다음 결과를 판정하였다.

병원성 시험

mouse에 대한 *E. rhusiopathiae*의 병원성 및 감염 방어 시험은 Iwamatsu 등²⁰⁾ 및 Eamens⁵⁰⁾의 방법에

준하였다. 발생지역을 감안하여 선정된 5개균주의 일야배양액 0.1ml(10^7-10^8 CFU)를 취하여 체중이 20-25 g 정도되는 mouse의 좌서경부 피하로 접종하였다. 한 균주당 5마리의 mouse에 실시하여 14일간 관찰하면서 quantal method에 의해 결과를 판정하였다. 폐사된 mouse는 각 실험장치로부터 균회수를 실시하여 폐사의 원인이 접종균에 의한 것임을 증명하였다. LD₅₀을 구하기 위하여 일야배양액을 원심분리하여 균체를 모은 다음 동량의 saline에 부유시켰으며, 이 균부유액에 대하여 10^{-1} 에서부터 10^{-7} 까지 serial dilution을 실시하였다. 회석배수별로 각기 5마리의 mouse좌서경부 피하에 0.5ml씩 접종하였으며 각 회석 균액에 대하여 viable cell count를 실시하였다. 접종된 mouse는 14일간 관찰하면서 폐사율을 기록하였으며 Reed와 Muench⁵¹의 방법에 따라 LD₅₀치를 구하였다.

현재 우리나라에서 사용되고 있는 돼지단독생균 백신의 효능을 알아보기 위하여 시판생균백신(녹십자) 0.1ml를 5마리의 mouse피하에 접종하였으며 14일이 경과한 후에 대조군 mouse 5마리와 함께 분리균 배양액 0.1ml씩을 접종하여 감염방어 여부를 14일간 관찰하였다.

결 과

1988년 6월부터 1990년 9월 사이에 급성 열성 전염병이 발생한 영남지방 9개 양돈장의 질병발생 상황, 임상소견 및 병리해부소견상 급성패혈증형 돼지단독으로 추정되는 환돈과 폐사돈 45두에서 원인균의 분리를 시도한 결과 모든 공시돈에서 *Erysipelothrix rhusiopathiae*가 순수분리되어 급성 패혈증형 돼지단독에 걸린 돼지였음을 확인할 수 있었다. 표2에 나타난 바와 같이 이 병이 발생한 돈군의 크기는 모든 60-200여두 규모로 비교적 큰 양돈장이었으며 돼지 콜레라백신, 위축성비염 및 돼지호흡기백신, 일본뇌염, 파보백신 등을 접종하고 있었지만 돼지단독백신의 접종을 실시하지 않았다. 발병돈은 5개 농장에서는 임신말기의 모돈이나 비육후기돈이었으나 4개 농장은 비육후기 및 후보돈군에서 발병하여, 3개월령 이하의 돼지는 발병하지 않은 것이 특징적이었다. 6월말경부터 발병이 시작하여 7월에서 8월말경에 가장 많이 발병하는 양상이었다.

이 병은 예외없이 갑자기 발병하여 폐사하거나 고열이 2-3일 지속하다가 폐사하기도 하였으나

Table2. Origin of 45 isolates of *Erysipelothrix rhusiopathiae* used in the present study

Location of Farms	No. of sows in herd	Vaccination	Affected pigs	Clinical features	Date of isolation	No. of cultures isolated
Ssangrim	60	HC, AR-P, JE, PV	Sows & Fattening pigs	SO, HF, SD, CL	6/88	4
Kejin	70	HC, ARPH, JE, PV	Fattening pigs	SO,SD, HF, CL	7/89	8
Duggok	200	HC, ARPH, TGE, PV, JE	Fattening pigs	SO, HF, SD, CL	7/89	8
Youngchun1	90	HC, ARPH, JE, PV	Sows & Fattening pigs	SO, SD, HF, CL	8/89	7
Youngchun2	60	HC, AR-P, JE	Fattening pigs	SO, HF, CL	8/89	4
Teagu1	120	HC, ARPH, TGE, JE, PV	Sows & Fattening pigs	SO, SD, HF, CL	7/89	6
Taegu2	60	HC, AR-P	Fattening pigs	SO, SD, HF, CL	6/90	1
Unyang	100	HC, AR-P, TGE, JE	Sows & Fattening pigs	SO,SD, HF, CL	8/89	5
Sungsan	200	HC, ARPH	Sows & Fattening pigs	SO, SD, HF, CL	9/90	2

HC : Hog cholera vaccine, AR-P : Atrophic rhinitis, Pasteurella vaccine, JE : Japanese encephalitis vaccine,

PV : Parvovirus vaccine, ARPH : Atrophic rhinitis, Pasteurella, Haemophilus vaccine

SO : Sudden occurrence, SD : Sudden death, HF : High fever, CL : Cutaneous lesion

동일돈사의 돼지에 적절한 항균제로 치료를 적기에 실시하면 회복하는 예가 많았다.

생물화학적 성상은 표3, 4에 있는 바와 같이 분리 균과 표준균 모두 산양 혈액한천배지상에서 α-

hemolysis 를 일으켰으나 사람 O형 혈액은 용혈하지 않았다. 모든 균주가 TSI배지에서 H₂S를 산생하였으나 oxidase, catalase, urease, citrate utilization, nitrate

reduction, Voges-Proskauer reaction, indole production, motility, gelatin 액화시험에서는 음성반응을 나타내었다.

Table 3. Biochemical and cultural properties of 12 reference strains and 45 cultures of *Erysipelothrix rhusiopathiae* isolated from pigs affected with acute swine erysipelas

Properties	No. (%) of positive isolates	No. (%) of positive reference strains
Hemolysis(Goat blood)	45(100)	12(100)
Hemolysis(O type Human blood)	0(0)	0(0)
Oxidase	0(0)	0(0)
Catalase	0(0)	0(0)
Urease	0(0)	0(0)
Citrate utilization	0(0)	0(0)
Nitrate reduction	0(0)	0(0)
Voges-proskauer reaction	0(0)	0(0)
Hydrogen sulfide production	45(100)	12(100)
Gelatine liquefaction	0(0)	0(0)
Indole production	0(0)	0(0)
Motility	0(0)	0(0)

Table4. Fermentative properties of 12 reference strains and 45 cultures of *Erysipelothrix rhusiopathiae* isolated from pigs affected with acute swine erysipelas

Fermentable substrates	No. (%) of positive isolates	No. (%) of positive reference strains
Arabinose	0(0)	0(0)
Xylose	0(0)	0(0)
Fructose	45(100)	12(100)
Galactose	45(100)	10(83.3)
Glucose	45(100)	12(100)
Lactose	45(100)	12(100)
Maltose	45(100)	12(100)
Melibiose	0(0)	0(0)
Sucrose	0(0)	2(16.7)
Raffinose	0(0)	0(0)
Salicin	0(0)	0(0)
Mannitol	0(0)	0(0)
Sorbitol	0(0)	0(0)

전반적으로 당분해능은 미약한 편이었으며 fructose, galactose, glucose, lactose, maltose 등은 분해

하여 산을 산생하였으나 gas는 생성되지 않았다. arabinose, xylose, melibiose, sucrose, raffinose, salicin,

mannitol, sorbitol 등에는 모든공시균이 음성반응을 나타내었으나 reference strain Wittling E1(type3)과 Rotzunge(type7)은 예외적으로 sucrose를 분해하였다.

분리균 및 표준균 24주 모두 혈액한천배지상에서 24시간 배양하였을 때 직경이 약 1mm전후의 작은 smooth colony가 형성되었으며 Gram염색 소견도 Ewald¹⁾와 Jones²⁾가 관찰한 형상과 유사하였다. nutrient gelatin에 침자하여 22℃에 배양하였을 때 모든 균주는 특징적인 “pipe cleaner type”의 발육을 하였다.

공시균의 PC-G 등 9종의 항균제에 대한 MIC측정 결과는 표5에 나타난 바와 같다. 모든 분리균이 PC-G, APC, L, CF, EM 등에 고도의 감수성(MIC : 0.025-0.78IU or μg / ml)을 나타내었으며 OM, OTC 및 CP의 MIC는 0.78-25 μg / ml로 중등도의 감수성을 나타내었는가 하면 KM와 SDM에 대해서는 모든 균주가 강한 내성을 나타내었다(MIC : 400 μg / ml). 한편 DSM에 대한 MIC는 5주가 400 μg / ml로 내성을 보였으며 나머지 40주는 3.13-6.25 μg / ml로 감수성이었다.

Table5. Susceptibility of 45 cultures of *Erysipelothrix rhusiopathiae* isolated from the cases of acute septicemic swine erysipelas to antimicrobial agents

Antimicro- bials	No. of cultures with MIC(μg / ml)																
	0.025	0.05	0.1	0.2	0.39	0.78	1.56	3.13	6.25	12.5	25	50	100	200	400	>400	
PC-G*			4	38	3												
L*					5	40											
APC	7	38															
CF				8	37												
EM			34	3	8												
OM						3	35	7									
OTC								2	6	37							
CP										38	7						
DSM								4	36						5		
KM																	45
SDM																	45

* Unit per milliliter(IU / ml)

PC-G : penicillin G, L : lincomycin, APC : ampicillin, CF : cephalothin, EM : erythromycin, OM : oleandomycin, OTC : oxytetracycline, CP : chloramphenicol, DSM : dihydrostreptomycin, KM : kanamycin, SDM : sulfadimethoxine

급성패혈증형 돼지단독에로 부터 분리한 *E. rhusiopathiae*의 혈청형동정시험결과는 표6에 나타난 바와 같이 공시균 45주 모두가 serotype 1a로 나타났으며, 각 지역별 분리균 5주의 mouse에 대한 병원성시험결과는 표7에 나타난 바와 같이 각 분리균의 일야배양액 0.1ml(1.6×10^7 CFU)을 공격한 mouse 모두가 3~4일만에 폐사하여 이들 분리균의

병원성이 인정되었으며 이 가운데 한 균주를 택하여 Reed와 Muench⁵¹⁾의 방법에 따라 LD₅₀을 측정한 결과는 3.7×10^3 viable cells이었다. 감염방어시험결과 vaccine 접종 후 야외분리균의 일야배양액으로 공격한 mouse 모두가 생존하여 방어율은 100%에 달하였다.

Table 6. Serotype of 45 cultures of *Erysipelothrix rhusiopathiae* isolated from the cases of acute septicemic swine erysipelas

Farms	No. of isolants	No. of isolants of each serotype												
		1a	1b	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Ssangrim	4	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Kejin	8	8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Duggok	8	8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Youngchun1	7	7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Youngchun2	4	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Taegu1	6	6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Taegu2	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Sungsan	2	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Unyang	5	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Total	45	45	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Table 7. Pathogenicity of *Erysipelothrix rhusiopathiae* serovar 1a isolated from pigs with acute septicemic erysipelas

Strain	Pathogenicity for mice			Protection of vaccinated mice***
	Inoculum	Mortality*	LD ₅₀ **	
KE8909-1	1.6×10 ⁷ CFU	5/5	3.7×10 ⁸	5/5
KE8908-9	1.6×10 ⁷ CFU	5/5	NT	5/5
KE8907-9	1.6×10 ⁷ CFU	5/5	NT	5/5
KE8806-1	1.6×10 ⁷ CFU	5/5	NT	5/5
89386	1.6×10 ⁷ CFU	5/5	NT	5/5

* No. of dead mice / No. of tested mice

** No. of viable bacteria / mouse

*** No. of survived mice / No. of challenge-exposed with 1.6×10⁷ CFU of the organism

NT : Not tested

고찰

돼지단독의 병원체인 *E. rhusiopathiae*는 1878년 Koch가 실험쥐로부터 처음 분리보고한 이래, 각종 동물로부터 분리되었으며 전 세계적으로 분포하고 있음이 알려져 있다. 실험동물 특히 흰쥐와 비둘기는 *E. rhusiopathiae*에 고도의 감수성을 나타내므로 병원성시험 및 실험실진단에 널리 이용되고 있다.^{5·13·18·52·56)} 이처럼 광범위한 숙주역과 혈청형의 다양성에도 불구하고 각종 생물화학적 성상의 동질성으로 말미암아 이 균은 하나의 species로 통일되었으나, 최근 Takahashi 등^{4·25·57)}은 serotype 7로 분류된

균종에서 병원성이 없는 것은 유전학적으로 *E. rhusiopathiae*와 완전히 다르다는 것을 밝히고 이것을 새로운 species인 *Erysipelothrix tonsillae*로 분류할 것을 주장하였다. 건강돈의 편도선, 소장입과 절, 담낭 등에서 *E. rhusiopathiae*가 분리된다는 보고가 있으며 이중에서도 편도에서의 분리빈도가 가장 높은것으로 알려져 이에 대한 광범위한 연구가 이루어지고 있다.^{19·52·58·60)}

돼지단독은 하철기에 흔히 발생하며 예방접종을 실시하지 않은 농장이나 예방접종하여도 면역이 충분치 않을 경우 발병할 수 있으며 불현성감염을 하여 별다른 증상없에 내과하기도 하는 것으로

알려져 있다. 주로 3개월령 이상의 돼지가 가장 높은 감수성을 나타내게 되어 기업양돈장이나 양돈 농가에 큰 경제적 손실을 주고 있다.^{3, 5)}

영남지방 돼지에서 발생한 급성패혈증형 돼지단독예를 중심으로 한 본 연구에서는 환돈 및 폐사돈 45두로부터 총 45주의 *E. rhusiopathiae*를 분리하였으며 공시돈 모두가 패혈증에 의한 폐사돈 혹은 병돈이었던 만큼 모든 공시돈에서 *E. rhusiopathiae*를 순수분리할 수 있었다.

공시된 분리균의 생화학적 성상을 확인코자 Cowan¹¹⁾의 분류기준에 따라 *Listeria species*와의 감별시험으로 수행된 motility 시험, VP 시험, catalase 시험 등에는 모두 음성이었으며 다른 유사 Gram 양성 세균들에 비하여 *E. rhusiopathiae*에 가장 특징적인 것으로 알려진 H₂S 산생 시험에는 분리균 및 표준균 모두가 양성반응을 나타내었다.^{2, 3)} 그의 oxidase 시험, urease 시험, indole 산생 시험, nitrate 환원 시험, citrate 이용성 시험, gelatin 액화 시험 등에도 모두 음성반응을 나타내어 *E. rhusiopathiae*가 흔히 사용되는 여러 생화학적 특성 시험에 대체로 불활성이라고 한 Wood⁹⁾의 견해와 일치하는 성적이었다. 국내 분리균 모두가 산양혈액배지에서는 α -hemolysis를 보였으나 사람 O형 혈액은 용혈하지 않아 Ewald¹⁾ 및 Silberstein¹¹⁾의 관찰 결과와 일치하였다. 당분해 시험에서도 galactose, lactose를 위시하여 시험에 사용된 모든 당에서 Cowan⁴⁴⁾의 분류기준 및 White와 Shuman⁴⁵⁾의 성적, White와 Mirikitani⁶²⁾, Procter¹⁰⁾의 성적과 거의 일치하였다.

돼지단독의 예방과 치료를 위하여 약제별 MIC 범위를 조사한 결과 KM과 SDM에서는 >400 μ g/ml로 높은 내성을 나타내었으나 PC-G, APC, L, CF, EM 등은 0.025-0.78 IU or μ g/ml의 범위로 고도의 감수성이 있는 것으로 나타났으며, OM, OTC 및 CP는 0.78-50 μ g/ml로 상당한 감수성을 보여 주었다. 그리고 DSM에서는 경남 언양지역 분리균 5주만이 400 μ g/ml로 내성을 나타내었으며 나머지는 비교적 감수성을 나타낸 것이 특징적이었다. 한편 Takahashi 등⁶³⁾은 급성 패혈증형 돼지단독 유래균 42주에 대해 MIC 범위를 조사한 결과 PC-G, APC, EM 등은 0.025-0.2 IU or μ g/ml, OM에는 0.38-156 μ g/ml, CP에는 1.56-12.5 μ g/ml로 감수성을 보인 반면에 OTC는 0.2-50 μ g/ml이었으며 DSM

은 1.56-100 μ g/ml로 넓은 내성범위를 나타내었고 KM과 SDM에는 >100 μ g/ml과 >400 μ g/ml로 전혀 감수성을 보이지 않았다고 하였다. 또한 Iwamatsu 등²⁰⁾은 관절염 및 임파절염 유래균에 대해 PC-G, APC, EM, tylosin(TS) 등에는 MIC가 \leq 0.2 μ g/ml로 매우 감수성이나 OTC는 12.5-100 μ g/ml로 낮게 나타났다고 하였으며 KM에는 전혀 감수성을 보이지 않았고 SM의 MIC는 60주 가운데 5주가 내성주라고 하였다. 건강 도축돈의 편도로부터 분리한 균에 대한 약제감수성 조사에서 takahashi 등^{25, 64)}은 모든 분리균이 PC-G, APC, EM 및 OM 등에는 0.025-1.56 IU or μ g/ml, OTC 및 CP 등에는 3.13-25 μ g/ml로 나타났으며, KM과 SDM에는 전혀 감수성이 없었다고 하였고 DSM에 대해서는 분리균의 19.0%가 \geq 100 μ g/ml로 저항성을 보인다고 하였다. 이상의 성적을 비교해 볼 때 본 실험의 MIC 측정 결과는 급성 패혈증형 유래균에 대한 Takahashi 등⁶⁾의 성적과 거의 일치하였으며 관절염과 임파절염 유래 및 편도 유래균에 대한 Iwamatsu 등²⁰⁾과 Takahashi 등^{25, 64)}의 성적과도 유사하였다.

혈청형을 동정한 결과 45주 모두가 type 1a로 나타났으며, 우리나라의 경우 주등⁶¹⁾은 경기지역의 병돈으로부터 분리한 7주의 *E. rhusiopathiae* 가운데 1a가 1주(14.3%), 1b가 2주(28.6%), 2가 4주(57.1%)라고 보고한 바 있다.

Wood와 Harrington⁴⁸⁾은 돼지에서 분리한 *E. rhusiopathiae*의 혈청형을 분류한 결과 1a, 1b 및 2가 각각 21.1%, 15.1%, 41.2%로 가장 많았으며, 동정이 되지 않는 균주도 3.5%가 된다고 하였다.

Takahashi 등^{23, 25)}은 만성 돼지단독예에서 분리한 균 가운데 1a, 1b 및 2형이 각각 12.2%, 7.5%, 71.4%로 90% 이상을 차지하였으며 건강한 돼지의 tonsil 유래균 가운데서는 2형이 31.7%, 7형 및 6형이 각기 54%, 9.5%라고 보고하였다. 또한 Iwamatsu 등²⁰⁾은 관절염 및 임파절염 유래균 75주 가운데 1a, 2 및 6형이 각기 66.7%, 17.3%, 10.7%라고 하였으며 Cross와 Claxton⁶⁵⁾은 패혈증형 및 관절염형 돼지단독예에서 다같이 serotype 1 및 2가 분리되는 것으로 봐서 관절염은 bacteraemia의 결과로서 생긴다고 하였다.

Eamens 등¹⁹⁾은 돼지, 가금, 면양 및 야생조류 등에서 균분리를 실시한 결과 serotype 1b가 28%로서

가장 흔히 나타났다고 하였으며, 패혈증을 나타낸 돼지로부터 분리한 22주 가운데 serotype 1a가 12주, serotype 1b와 2가 각기 5주씩 된다고 하였다. 이상의 성적과 비교할 때 본 실험성적은 패혈증형 돼지단독에서 가장 흔히 분리되는 혈청형이 1a라고 한 Cross와 Claxton^{65, 61)} 및 Eamens등¹⁹⁾, Takahashi등²³⁾의 견해와는 거의 일치하나 주등⁶¹⁾의 성적과는 상당한 차이가 인지되었다.

Mouse에 대한 병원성시험에서는 접종 mouse 모두가 폐사하여 그 병원성이 인정되었으며 LD₅₀치는 3.7×10³ viable cells이었다. Eamens⁵⁰⁾은 관절염 유래균 가운데 혈청형 1a, 1b, 2의 LD₅₀이 각각 3.0, 2.0×10², 6.6×10 CFU라고 하였으며 tonsil 유래균은 1b가 4.9×10³, 2가 3.9×10²이라고 보고한 바 있다.

그리고 takahashi등⁶⁴⁾은 Indonesia에서 도살돼지의 편도로부터 분리한 *E. rhusiopathiae*중 88.4% mouse에 매우 virulent하여 LD₅₀이 10³ CFU이하였다고 보고하였다. 한편 Takahashi등²⁵⁾이 일본내 도살돼지의 편도로부터 분리한 *E. rhusiopathiae*의 LD₅₀은 혈청형 2, 6, 11, 12, 16 등은 10^{2.0} CFU이하로서 mouse에 매우 virulent한데 비해 7형은 10^{2.0} CFU이하에서부터 10^{6.1} CFU이상에 이르기까지 병원성의 차이가 상당히 인정된다고 하였다. 한편 Iwamatsu 등²¹⁾은 관절염 및 임피절염 유래균 가운데 serotype 1a의 대부분은 mouse에 대해 무독주라고 보고한 바도 있다. 이상의 결과를 비교할 때 본 실험성적은 급성돼지단독 유래의 serotype 1a가 mouse에 매우 pathogenic하다고 한 Takahashi등²⁴⁾의 견해와 일치하였으며 Eamens⁵⁰⁾, Takahashi등^{25, 64)}의 성적과도 유사하였다.

시판되는 생균 vaccine의 효능을 알아보기 위해 감염방어시험을 실시한 결과 모든 mouse가 야외분리균의 공격을 내과하여 그 효력이 인정되었다.

결 론

1988년 6월부터 1990년 9월 사이에 돼지단독이 발생하였던 영남지방 9개 농장의 급성 패혈증형 돼지단독으로 추정되는 환돈 및 폐사돈 45두로부터 균 분리를 시도하였으며, 이들 분리균의 생물화학적 특성 및 혈청형을 조사하고 약제감수성 및 병원성시험 등을 실시하였다.

환돈 및 폐사돈 45두 모두에서 *E. rhusiopathiae*가 분리되었으며 serotyping 결과 45주 모두가 type 1a로 동정되었다.

약제감수성 시험결과 모든 분리균이 penicillin G, ampicillin, lincomycin, cephalothin, erythromycin 등에는 고도의 감수성을 나타내었고, oleandomycin, oxytetracycline, chloramphenicol에는 중등도의 감수성이었다. kanamycin과 sulfadimethoxine에는 전혀 감수성을 보이지 않았고 dihydrostreptomycin에는 내성 및 감수성 주가 공존하였다.

급성패혈증형 돼지단독 유래균은 mouse에 대해서 강한 병원성을 나타내어 LD₅₀×10³ viable cells이었으며 돼지단독 생균 vaccine으로 면역한 mouse 모두는 야외분리균의 공격을 내과하였다.

참고문헌

1. Ewald FW. 1981. The Genus *Erysipelothrix*. In : The Prokaryotes. Vol. 2. Springer-Verlag, Berlin. 1688-1700.
2. Jones D. 1986. Genus *Erysipelothrix* Rosenbach 1909. In : Bergey's Manual of Systematic Bacteriology. Vol. 2. Williams and Wilkins, Baltimore. 1245-1249.
3. Wood RL. 1986. Erysipelas. In : Disease of Swine 6th ed. Iowa State Univ Press Ames Iowa. 571-583.
4. Takahashi T, Fujisawa T, Benno Y, et al. 1987. *Erysipelothrix tonsillarum* sp nov isolated from tonsils of apparently healthy pigs. *Internatl J Syst Bact*, 37 : 166-168.
5. Timoney JF, Gillespie JH, Scott FW, et al. 1988. The Genus *Erysipelothrix*. In : Hagan and Bruner's microbiology and infectious disease of domestic animals, 8th ed. Cornell University Press. 197-205.
6. Klauder JV, Kramer DW, Nicholas L. 1943. *Erysipelothrix rhusiopathiae* septicemia : Diagnosis and treatment. *J Am Med Ass*, 122 : 938-943.
7. McCarty D, Bornstein S. 1960. *Erysipelothrix* endocarditis : Report on a septicemic form of the

- erysipeloid of Rosenbach. *Am J Clin Pathol.* 33 : 39-42.
8. McCracken AW, Mauney CU, Huber TW, et al. 1973. Endocarditis caused by *Erysipelothrix insidiosa*. *Am J Clin Pathol.* 59 : 219-222.
 9. Ognibene FP, Cunnion RE, Gill V, et al. 1985. *Erysipelothrix rhusiopathiae* bacteremia presenting as septic shock. *Am J Med.* 78 : 861-864.
 10. Procter WI. 1965. Subacute bacterial endocarditis due to *Erysipelothrix rhusiopathiae*. *Am J Med.* 38 : 820-824.
 11. Silberstein EB. 1965. *Erysipelothrix* endocarditis : Report of a case with cerebral manifestations. *J Am Med Ass.* 191 : 862-864.
 12. Simerkoff MS, Rahal JJ. 1973. Case report : Acute and subacute endocarditis due to *Erysipelothrix rhusiopathiae*. *Am J Med Sci.* 266 : 53-57.
 13. Gledhill AW. 1959. Swine erysipelas. In : *Infectious Disease of Animals-Disease due to Bacteria*. Vol. 2. edited by Stableforth, A W and Galloway, I A Butterworths Scientific Publications. London. 651-670.
 14. Norrung V. 1979. Two new serotypes of *Erysipelothrix rhusiopathiae*. *Nord Vet Med.* 31 : 462-465.
 15. Wood RL, Haubrich DR, Harrington R Jr. 1978. Isolation of previously unreported serotypes of *Erysipelothrix rhusiopathiae* from swine. *Am J Vet Res.* 39 : 1958-1961.
 16. Murase N, Suzuki K, Nakahara T. 1959 Studies on the typing of *Erysipelothrix rhusiopathiae*. II. Serological behaviours of the strains isolated from fowls including those from cattle and humans. *Jpn J Vet Sci.* 21 : 177-181.
 17. Murase N, Suzuki K, Nakahara T, et al. 1959 Studies on the typing of *Erysipelothrix rhusiopathiae*. I. Serological behaviours of *Erysipelothrix rhusiopathiae* isolated from pigs. *Jpn J Vet Sci.* 21 : 113-121.
 18. Murase N, Suzuki K, Isayama Y, et al. 1959 Studies on the typing of *Erysipelothrix rhusiopathiae*. III. Serological behaviours of the strains isolated from the body surface of marine fishes and their epizootiological significance in swine erysipelas. *Jan J Vet Sci.* 21 : 215-218.
 19. Eamens GJ, Turner MJ, Catt RE. 1988. Serotypes of *Erysipelothrix rhusiopathiae* in Australian pigs, small ruminants, poultry, and captive wild birds and animals. *Aust Vet J.* 65 : 249-252.
 20. Iwamatsu S, Miyamoto S, Takahashi T, et al. 1988. Serotype, pathogenicity and antimicrobial susceptibility of *Erysipelothrix rhusiopathiae* isolated from pigs with arthritis and lymphadenitis. *J Jpn Vet Med Ass.* 41 : 328-332.
 21. Wood RL. 1984. Swine erysipelas : A review of prevalence and research. *J Am Vet Med Ass.* 184 : 944-948.
 22. Wood RL, Booth GD, Cutlip RC. 1981. Susceptibility of vaccinated swine and mice to generalized infection with specific serotypes of *Erysipelothrix rhusiopathiae*. *Am J Vet Res.* 42 : 608-614.
 23. Takahashi T, Sawada T, Takagi M, et al. 1984. Serotypes of *Erysipelothrix rhusiopathiae* strains isolated from slaughter pigs affected with chronic erysipelas. *Jpn J Vet Sci.* 46 : 149-153.
 24. Takahashi T, Sawada T, Seto K, et al. 1985. Pathogenicity of *Erysipelothrix rhusiopathiae* strains of serovars 1a, 3, 5, 8, 11, 21 and type N isolated from slaughter pigs affected with chronic erysipelas. *Jpn J Vet Sci.* 47 : 1-8.
 25. Takahashi T, Sawada T, Muramatsu M, et al. 1987. Serotype, antimicrobial susceptibility and pathogenicity of *Erysipelothrix rhusiopathiae* isolates from tonsils of apparently healthy slaughter pigs. *J Clin Microbiol.* 25 : 536-539.
 26. Bohm KH, Bollwahn W, Fischer J, et al. 1988. Vaccination against erysipelas in breeding farms. 10th IPVS Congress Proceedings. 148. Rio de Janeiro, Brazil.
 27. Sawada T, Muramatsu M, Seto K. 1979. Response of growth agglutinating antibody and protection of pigs inoculated with swine erysipelas live vaccine. *Jpn J Vet Sci.* 41 : 593-600.

28. Sawada T, Muramatsu M, Seto K. 1982. Estimation of protective immunity of pigs inoculated with swine erysipelas live vaccine by passive mouse protection test. *Jpn J Vet Sci.* 44 : 565-570.
29. Seto K, Nishimura Y, Fujiki M, et al. 1971. Studies on acriflavin-fast attenuated *Erysipelothrix insidiosa* : Comparison on pathogenicity and immunogenicity between mice and pigs. *Jpn J Vet Sci.* 33 : 161-171.
30. Timoney JF, Berman DT. 1970. *Erysipelothrix* arthritis in swine : Bacteriologic and immunopathologic aspects. *Am J Vet Res.* 31 : 1411-1420.
31. White TG.. 1962. Type specificity in the vaccination of pigs with killed *Erysipelothrix rhusiopathiae*. *Am J Vet Res.* 23 : 752-755.
32. Wood RL. 1979. Specificity in response of vaccinated swine and mice to challenge exposure with strains of *Erysipelothrix rhusiopathiae* of various serotypes. *Am J Vet Res.* 40 : 795-801.
33. Wood RL. 1980. Susceptibility of vaccinated swine and mice to acute generalized infection with specific serotypes of *Erysipelothrix rhusiopathiae*. IPVS Congress Proceedings, 196. Copenhagen, Denmark.
34. Takahashi T, Takagi M, Sawada T, et al. 1984^c. Cross protection in mice and swine immunized with live erysipelas vaccine to challenge exposure with strains of *Erysipelothrix rhusiopathiae* of various serotypes. *Am J Vet Res.* 45 : 2115-2118.
35. Sawada T, Takahashi T. 1987. Cross protection of mice and swine given live-organism vaccine against challenge exposure with strains of *Erysipelothrix rhusiopathiae* representing ten serovars. *Am J Vet Res.* 48 : 81-84.
36. Sawada T, Takahashi T. 1987. Cross protection of mice and swine inoculated with culture filtrate of attenuated *Erysipelothrix rhusiopathiae* and challenge exposed to strains of various serovars. *Am J Vet Res.* 48 : 239-242.
37. Shuman RD, Wood RL, Cheville NF. 1965. Sensitization by *Erysipelothrix rhusiopathiae* (*insidiosa*) with relation to arthritis in pigs. II. Pretreatment with dead cells of serotypes A and B and challenge with live homologous or heterologous cells. *Cornell Vet.* 55 : 387-396.
38. Shuman RD, Wood RL, Monlux WS. 1965. Sensitization by *Erysipelothrix rhusiopathiae* (*insidiosa*) with relation to arthritis in pigs. V. Pretreatment with live cells and challenge with homologous, heterologous or isologous live cells. *Cornell Vet.* 55 : 523-534.
39. 오화택, 김두희. 1963. 돈단독 생균백신생산에 관한 연구. 농사시험연구보고. 6(3) : 83-86.
40. 오화택, 김상희. 1964. 돈단독 생균백신에 관한 연구. 가축위생연구보고. 10 : 1-4.
41. Park JM, Kim JY, Cho SK, et al. 1988. Studies on a combined vaccine containing *Pasteurella multocida*, *Bordetella bronchiseptica*, *Erysipelothrix rhusiopathiae* and *Escherichia coli* for use in pigs. Research Reports of the Rural Development Administration (Vet). 30 : 28-36.
42. 김봉환, 1982. 우리나라 돼지질병의 발생동향과 대책(상) 대한수의사회지. 18 : 8-20.
43. 김봉환, 1983. 우리나라 돼지질병의 발생동향과 대책(하) 대한수의사회지. 19 : 17-26.
44. Cowan ST. 1974. Cowan and Steel's Manual for the Identification of Medical Bacteria, 2nd ed. Cambridge Univ Press. London.
45. White TG, Shuman RD. 1961. Fermentation reactions of *Erysipelothrix rhusiopathiae*. *J Bacteriol.* 82 : 595-599.
46. Ishiyama S, Ueda Y, Kuwabara S, et al. 1968. On the standardization of the method for determination of minimum inhibitory concentration. *Chemotherapy* (Tokyo). 16 : 98-99.
47. MacLowry JD, Jaqua MJ, Selepak ST. 1970. Detailed methodology and implementation of a semiautomated serial dilution microtechnique for antimicrobial susceptibility testing. *Appl Microbiol.* 20 : 46-53.
48. Wood RL, Harrington R Jr. 1978. Serotypes of *Erysipelothrix rhusiopathiae* isolated from swine

- and from soil and manure of swine pens in the United States. *Am J Vet Res.* 39 : 1833-1840.
49. Wellmann G, Kucsera G, Norrung V. 1983. Comparative studies on different methods in typing strains of *Erysipelothrix rhusiopathiae*. I. Methods and influence of some factors on their results. *Zbl Bakt Hyg, I Abt Orig. A* 254 : 4 2-54.
 50. Eamens GJ. 1988. Pathogenicity of field isolates of *Erysipelothrix rhusiopathiae* in mice, rats and pigs. *Aust Vet J.* 65 : 280-284.
 51. Reed LJ, Muench H. 1938. A simple method for estimating fifty percent endpoint. *Am J Hyg.* 27 : 493-497.
 52. Hashimoto K, Yoshida Y, Sugawara H. 1974. Serotypes of *Erysipelothrix insidiosa* isolated from swine, fish, and birds in Japan. *Natl Inst Anim Health Q* (Tokyo). 14 : 113-120.
 53. Hoening M, Gillette DM. 1980. Endocarditis caused by *Erysipelothrix rhusiopathiae* in a dog. *Am J Vet Med Ass.* 176 : 326-327.
 54. Norrung V, Bisgaard M. 1975. Erysipelas in egg-laying chickens : Serological investigation. *Avian Pathology.* 4 : 199-204.
 55. Seahorn TL, Brumbaugh GW, Carter GK, et al. 1989. *Erysipelothrix rhusiopathiae* bacteremia in a horse. *Cornell Vet.* 79 : 151-156.
 56. Lamont MH. 1979. *Erysipelothrix rhusiopathiae* : Epidemiology and infection in sheep. *Vet Bull.* 49 : 479-492.
 57. Takahashi T, Tamura Y, Sawada T, et al. 1989. Enzymatic profiles of *Erysipelothrix rhusiopathiae* and *Erysipelothrix tonsillae*. *Res Vet Sci.* 47 : 275-276.
 58. Connell R, Langford EV. 1953. Studies of swine erysipelas. V. Prevalence of *Erysipelothrix rhusiopathiae* in apparently healthy pigs. *Can J Comp Med.* 17 : 448-453.
 59. Murase N, Ebi Y. 1960. Studies on the typing of *Erysipelothrix rhusiopathiae*. IV. Epizootiological significance of *E. rhusiopathiae* harboured in the tonsils of apparently healthy pigs. *Jpn J Vet Sci.* 22 : 1-10.
 60. Stephenson EH, Berman DT. 1978. Isolation of *Erysipelothrix rhusiopathiae* from tonsils of apparently normal swine by two methods. *Am J Vet Res.* 39 : 187-188.
 61. 주이석, 박용호, 박정문 등 1988. 돼지로부터의 돈단독균 분리동정에 관한 연구. 농시논문집 (가축위생). 30(3) : 45-50.
 62. White TG, Mirikitani FK. 1976. Some biological and physicalchemical properties of *Erysipelothrix rhusiopathiae*. *Cornell Vet.* 66 : 152-16.
 63. Takahashi T, Sawada T, Muramatsu M, et al. 1984. Antibiotic resistance of *Erysipelothrix rhusiopathiae* strains isolated from pigs with acute septicemic erysipelas. *Jan J Vet Sci.* 46 : 921-923.
 64. Takahashi T, Zarkasie K, Sumadi SM, et al. 1989. Serological and pathogenic characterization of *Erysipelothrix rhusiopathiae* isolates from tonsils of slaughter pigs in Indonesia. *Vet Microbiol.* 21 : 165-175.
 65. Cross GMJ, Claxton PD. 1979. Serological classification of Australian strains of *Erysipelothrix rhusiopathiae* isolated from pigs, sheep, turkeys and ma. *Aust Vet J.* 55 : 77-79.