

최 종
연구보고서

GOVP 12017102 626.4
L2937

**고품질 규격품 청정 돼지고기 생산 산업화
기술개발에 관한 연구**

**Studies for the Development of
Technologies to Produce Clean and High
Quality Pork**

연구기관

서울대학교 농업생명과학대학

농 립 부



최 종 보 고 서

1997년도 농림기술개발사업에 의하여 완료한 고품질 규격품 청
정돼지고기 생산 산업화 기술개발에 관한 연구의 최종보고서
를 별첨과 같이 제출합니다.

- 첨부 : 1. 최종보고서 10부
2. 최종보고서 디스켓 1매

2000. 9.

주관연구기관 : 서울대학교

총괄연구책임자 : 최홍림 (인)

주관연구기관장 : 이기준 (인)

농 립 부 장 관 귀 하

제 출 문

농림부 장관 귀하

본 보고서를 “고품질 규격품 청정돼지고기 생산 산업화 기술개발에 관한 연구”의 최종보고서로 제출합니다.

2000. 10.

주관연구기관명 : 서울대학교

총괄연구책임자 : 최 홍 립

세(세)부연구책임자 :

이 문 한	박 용 호	최 홍 립	최 양 일
정 명 섭			

위탁연구기관 및 연구책임자 :

채 병 조	한 정 회	최 양 일	정 명 섭
-------	-------	-------	-------

연구원 :

김 대 성	김 태 봉	양 창 범	김 강 식
문 홍 길	이 현 정	이 찬 호	김 용 구
김 진 동	김 지 훈	조 원 탁	이 지 훈
박 향 숙	상 문 환	이 창 립	신 성 균
박 종 명	박 봉 균	유 한 상	정 석 찬
류 영 수	송 준 익		

협동연구기관명 및 책임자 :

(주) 도드람사료 김 대 성	(주) 코메드 양 영 우
도드람중부축협 진 길 부	(주) 도드람유통 이 범 호
(주) 카워시스템 허 문 도	(주) 한국쓰리엠 폴디러소

요 약 문

I. 제 목

고품질 규격품 청정돼지고기 생산 산업화 기술개발에 관한 연구

II. 연구개발의 목적 및 중요성

우리나라 수출돈육의 경쟁력을 높이기 위한 고품질 청정돈육의 생산에 있어 개선되어야 할 부분은 여러 가지가 있다. 먼저, 생산의 시작은 사양관리에서부터라는 생각으로 사양단계에서부터 수출용 고품질 청정돈육생산을 위한 개선이 이루어져야 할 것이다. 그 첫 단계로, 조기이유의 실현을 통하여 건강한 자돈을 생산하고, 성장율을 개선하여 출하일령을 단축시킴으로서 돈육생산비를 절감할 수 있는 방법이 마련되어야 한다. 그러나, 여러 가지 상황으로 보았을 때 아직 우리나라의 경우는 조기이유기술을 시행하기 어려운 위치에 있기 때문에 국내 조기이유방식의 정착을 위해서는 지금까지 국내외에서 이루어진 연구결과의 명확한 해석과 더불어 이를 국내에 적용할 수 있는 구체적인 모델이 개발되어야 할 것이다. 또한 사육단계별 사양체계의 개발을 통하여 성장율을 개선하여 돈육생산비 절감은 물론 육질개선효과를 가져올 수 있으며, 수출경쟁력을 배가시킬 수 있게 된다. 아울러 항생제 및 설파제 무잔류 청정돈육의 생산으로 위험성이 적고 유해미생물로부터 안전한 청정돈육생산이 필요하다. 이는 법적인 규제만이 안정된 돈육생산을 보장하는 것은 아니라고 보여지며, 사양가의 노력과 함께 근본적으로 항생제의 사용량을 격감하기 위하여 항생제 무첨가 사료의 개발은 필수적이라 할 수 있다. 수출경쟁력 확보를 위한 또다른 방편은 규격화된 돈육의 생산에 있다. 균일한 수출돈육제품을 생산해내기 위하여 사양단계로부터 암수분리사육이나 적정 출하일령의 조정 등으로 최대수율을 얻을 수 있으며, 양질의 돈육제품을 생산해 내는 것도 필요하다. 이러한 사양기술의 개발을 통하여 경제적인 양돈경영을 유도할 수 있으며, 나아가 생산비의 절감에 의한 수출 돈육제품의 가격 경쟁력을 확보할 수 있다. 영양소의 낭비를 줄여 막대한 수입원료의 사용량을 절감할 수 있을 것으로 기대된다. 또한 국내적으로는 국민소득의 향상과 더불어 식생활 패턴의 변화로 육류소비가 꾸준히 증가하고 있고, 소비자는 보다 위생적이며 양질인 돈육을 요구하는 추세에 있으며, 앞으로 외국산 냉장돈육과의 경쟁이 본격화될 것으로 보여, 국내산 돈육에 대한 국제적 수준의 품질향상 및 위생수준 향상이 요구되고 있다.

고품질 규격품 청정 돼지고기 생산산업화 기술개발에 관한 연구중 제 1세부 과제의 연구목적은 주로 청정 돼지고기 생산기술 개발을 위한 사양체계 및 영양소 수준 그리고 영양소 공급원에 대하여 초점을 맞추었다. 최근 국내외적으로 출하 일령을 앞당기고 모든의 생산성을 향상시키기 위한 노력이 이루어지고 있다. 현재 우리나라에서 이유를 전후한 약 21일령까지의 조기 이유자돈의 폐사율은 연간 약 30%에 이르러 양돈 생산성 향상에 막대한 저해요인이 되고 있는 형편인데, 우리나라 자돈 폐사의 주 원인은 불량한 영양상태 및 사양관리에서 비롯된 항병력 감소에 기인하는 것으로 나타났다. 최근 새로운 조기 이유기술인 SEW (Segregated Early Weaning)가 개발되어 졌는데, 이 기술은 최소한의 백신과 항생제만을 이용하여 여러 병원균에 만성적으로 감염되어 있는 모돈군으로부터 건강한 돼지를 생산하는 기술로서, 이유일령에 돼지를 격리함으로써 전염성 질병의 전이를 방지하거나 최소화하여 생산성을 향상시키는데 일차적인 목표를 둔 전염성 질병 조절 과정이다. 이 때 이유일령의 단축 및 건강상태의 개선에 따른 영양적인 대책에 대한 연구가 필요하며, 더욱이 우리의 실정에 맞는 조기 이유기술의 개발은 필수적이다. 따라서 본 연구에서는 조기이유자돈의 영양소 수준과 영양소 공급원의 재평가에 대한 연구를 통하여 영양적인 측면에서 조기이유자돈의 건강과 최적성장을 유지하는데 그 목적을 두고 연구를 수행하였다.

한편, 국민소득이 증가함에 따라 소비자들의 육류소비가 증가하고 고품질 청정돈육에 대한 요구가 늘어가고 있는 형편이다. 또한 수출육에 대한 규격화가 시급하게 이루어져야 할 때이기도 하다. 따라서 본 연구에서는 육성비육돈의 경우 육질을 개선하고 청정돈육을 생산하기 위한 목적으로 항생제 무첨가 사료 및 돈육에 대한 연구, 육성비육돈을 위한 새로운 사양체계 확립 그리고 고급육을 생산하기 위한 여러 가지 첨가제와 사양방법에 대한 연구도 수행하였다.

PSE육을 생산하는 품종의 돼지는 PSS (porcine stress syndrome)라 불리는 유전자를 보유한 것으로 밝혀졌으며, PSS돼지는 취약한 사양방법, 높은 환경온도, 밀접한 돈사조건등에 의해 또는 수송중에 폐사할 확율이 높고 도살후에도 PSE육을 생산한다. 그러나 최근의 연구결과에 의하면, PSS돼지의 원인이외에도 도살전후 취급방법에 의해서도 PSE육을 생산하는 것으로 밝혀져 이에 대한 실태조사와 원인구명에 대한 체계적인 연구가 시급한 실정이다.

따라서 본 연구과제중 제 2세부과제의 첫 번째 연구목적은 이상돈육 (PSE육) 발생원인을 구명하고 발생억제방법을 개발하기 위한 것이다. 세부 내용으로는 성별, 사육조건, 수송시간, 계류, 도축전후 처리방법 등에 의한 PSE육 발생원인을 구명하여 PSE육 발생억제 방안을 제시하고, PSE육 판정을 위한 육질판정기준을 개발하며, halothane test에 의한 PSS돈 검출방법을 농장에 적용하여 유전적 요인에 의한 육질 및 도체특성을 조사하며, 더 나아가 PSE육 조기 판정을 위한 신속

측정방법을 개발하는데 있다.

제 2세부과제의 두 번째 연구는 위생적인 돈육 생산을 위하여 돈육의 미생물 수준을 10^3 까지 낮출 수 있는 위생관리 방안을 모색하여 소비자에게 안전하고 위생적인 돈육을 공급하여 건전한 국민식생활 향상에 기여하고자 하는 목표 하에 수행되었다. 이러한 목표 달성을 위하여 돈육 생산단계인 사육, 도축, 가공 및 유통의 모든 단계에서 미생물의 증감 및 위해 요소를 조사하고, 각 단계에서 발생할 수 있는 정확한 위해 요인을 정리하였고, 수집된 위해 정보를 활용하여 사육 단계에서 위해 요소를 최소화할 수 있는 지침서 및 도축장과 1차 가공장의 위생 관리규범 (Sanitary Standard Operating Procedure, SSOP)과 HACCP 적용 방안을 개발하여 우리 나라에서 위생적인 돈육 생산을 위한 종합적인 Total Quality Management 표준안을 개발하기 위하여 수행하였다.

농림부에서는 잔류물질 국가검사계획 (National Residue Program)을 수립하여 육류를 대상으로 도축 후 잔류검사를 실시하고 있다. 이 검사법은 사후검사법으로서 검사결과를 얻을 때에는 해당 축산물은 이미 유통 중에 있어 식품 안전성을 확보하는데 허점이 있다. 선진 외국의 경우 잔류검사 결과, 잔류허용기준을 초과할 경우 해당 농장을 추적하여 원인을 구명하고 재발할 경우 벌금 부과, 도축검사 강화 등의 상응하는 조치를 취함으로써 재발방지를 위한 대책을 강구하고 있으나 국내에서는 도축용 가축의 유통상 복잡함 때문에 사양 농가의 추적에 어려움이 있어 외국에서와 같은 조치를 취할 수 없다. 따라서 제 2세부과제의 세 번째 연구목적은 도축전에 가축의 혈액을 채취하여 혈중 농도를 신속히 측정함으로써 항균성물질의 조직중 잔류를 예측할 수 있는 ELISA기법을 활용한 생체검사법을 개발하는데 목적이 있다.

제 2세부과제의 네 번째 연구목적은 국내 양돈산업의 주요 생산 저해 질병인 호흡기 질병 및 소화기 질병을 대상으로 주요 원인균을 분리, 혈청형을 규명하여 치료약제를 선별하고 이에 대한 야외 적용 효과를 조사하며, 주요 원인균별로 백신을 투여하여 항체형성 유무 및 질병 발생 상황을 조사하여 청정돈 생산의 기틀을 마련하는 것이다. 또한 최근 항생제 내성균이 출연과 항생제 잔류 문제가 대두되고 있는 시점에서 항균물질이 아닌 비특이 면역증강제 및 생균제제 등을 투여하여 비특이 면역증강제의 야외 적용효과를 조사하고, 양돈장별 주요 질병 분포를 파악하여 질병 차단 프로그램을 개발하는 것이다.

일반적으로 양돈은 3D업종으로 인식되어 돈사에서 작업을 기피하는 경향이 있으며, 양돈 노동력 투하시간이 전체 노동투입시간의 2/3 정도에 이르기 때문에 돈사의 생산·환경제어 자동화는 한정된 노동력 문제를 해결할 수 있는 좋은 방안은 돈사시설의 자동화 관리에 있다. 현재 우리 나라의 양돈농가도 노동력 절감이라는 이점 때문에 무창돈사에 대한 관심이 최근 많아지고 있으며, 몇몇 기업형

축산농가를 중심으로 외국에서 turnkey로 직수입하여 무창돈사의 시설면적이 확대되고 있다. 또 일부 농가에서는 외국에서 수입하지 않았다 하더라도 나름대로의 환경제어 및 환기시스템 방식을 고안하여 건축하고 있는 실정이다. 그러나 이러한 돈사의 환경을 이론적으로나 실험적으로 검증한 적이 없기 때문에 현장에서 많은 문제점들이 노출됨에 따라 무창돈사의 건축이 유보되어 있다. 이는 외국의 기후나 지형에 맞게 제어논리가 개발되었기 때문에 우리 나라의 기상자료만을 대체한다고 해서 외국산의 무창돈사가 software적으로 제대로 기능하지 못한다. 이는 근원적으로 돈사의 물리적 형태에 따른 환기공학 (ventilation engineering) 을 무시하였기 때문이다.

돈사의 환경제어시스템의 설계는 돼지의 성장단계와 환경변수와의 관계 즉, 열환경, 생물·화학적 환경 등이 돼지의 생산성에 미치는 영향에 대한 이해가 선행되어야 하며, 구체적으로 돼지에게 생리적으로 쾌적한 상태의 생주환경을 제공하기 위하여 돈사내 온도, 습도, 먼지 및 유해기체의 농도, 공기속도와 공기유형태 (air flow patterns) 등에 적정범위에 있도록 제어해야 한다. 그러나 이들 환경변수들을 하나의 제어시스템에 복합시키는 것 (integration)은 거의 불가능한 일이다. 본 연구의 제 3세부과제에서는 환경변수중 온도, 습도를 복합변수를 인식하여 돈사의 실내환경을 제어할 수 있는 통합환경제어 시스템을 개발하는 데 1차적 목적을 두고 수행되었다.

우리 나라는 여타 축산선진국과 달리, 혹서기와 혹한기의 두 극한기상조건 (two extreme weather conditions)이 존재하며, 이 기간중에는 환기로만은 돈사내 적정 온도와 습도를 제어할 수 없다. 그러므로 환기공기를 적정온도 및 습도로 조절하기 위하여 보조열원이 필요하며, 가온과 감온, 가습 등의 다기능을 가지고 있는 시스템은 일반적으로 heat pump로 알려져 있다. 따라서, 제 3세부과제는 우리 나라의 기상조건과 경제성, 효율측면에서 공기조화시스템인 heat pump의 현장 적용 가능성을 검증하는 데 2차적인 목적을 두었다.

III. 연구개발 내용 및 범위

고품질 청정 돼지고기 생산 산업화 기술개발에 관한 본 연구의 내용을 세부과제별로 나누어 살펴보면 아래와 같다. 먼저 제 1세부과제의 경우,

1. 조기이유자돈을 위한 최적영양소 수준을 결정하기 위하여 21일령 이유자돈 사료내의 라이신:에너지 비율에 대한 연구 그리고 자돈사료내에 가장 널리 이용되는 lactose (유당)를 sucrose로 대체 가능한지를 살펴보기 위해서 14일령 자돈에서 lactose:sucrose 비율에 관한 시험을 수행하였다. 그리고 현재

한국에서 많이 이용되는 자돈기의 사양체계를 재평가하고 적정 수준을 결정하기 위한 시험도 아울러 수행하였다. 자돈사료에 이용되는 여러 가지 영양소 공급원의 재평가를 위해서 자돈사료에 이용되는 지방공급원, 유기산 그리고 혈장단백질의 영양소 공급원으로서의 재평가에 대한 연구도 수행하였다.

2. 조기이유자돈을 위한 시험으로서는 자돈사료의 가공방법에 대한 연구도 행해졌는데, 먼저 익스트루전 처리를 한 대두박의 자돈사료로서의 가능성을 알아보기 위한 시험을 수행하였다. 또한 여러 가지 곡류의 가공방법과 입자도가 자돈의 성장 및 영양소 소화율에 어떠한 영향을 미치는가에 대한 연구도 수행하였다.

3. 육성비육돈을 위해서는 많은 연구가 수행되어졌는데, 육성비육돈의 최대 성장을 위한 영양소 수준의 결정을 위해서 주로 아미노산을 위주로 한 연구가 많이 이루어졌다. 즉, 사료내의 라이신 수준, 라이신과 에너지 비율 그리고 라이신과 함유황아미노산의 비율에 관한 연구가 이루어졌다. 그리고 육성비육돈을 위한 적정 사양체계 확립을 위해 기별사양에 대한 연구를 수행하였다. 또한 최대 수율을 얻기 위한 적정 출하체중을 결정하기 위한 연구도 아울러 수행하였다.

4. 앞서서도 언급하였듯이 현재 소비자들의 추세가 안전하고 청결한돈육을 원하고 있기 때문에 현재 사료에 사용되는 항생제의 사용에 대하여 불신을 하고 있는 실정이다. 따라서 항생제를 대체할 수 있는 물질(첨가제)의 개발이 앞으로 시급한 실정이다. 따라서 본 연구에서는 항생제 무첨가 또는 항생제 대체물질의 개발에 대한 연구도 수행하였다.

5. 현재 양돈사료내의 첨가되는 비타민과 미네랄의 수준은 NRC에서 요구하는 양에 비하여 상당히 높은 편이며, 또한 사료회사마다 그 폭이 상당히 큰 편이다. 따라서 적정한 그리고 성장과 육질을 개선시킬수 있는 비타민과 미네랄의 수준을 결정하는 것도 중요한 문제라 여겨진다. 따라서 본 연구에서는 고급육 생산을 위한 비타민과 미네랄의 수준에 대한 연구도 포함되었다.

제 2세부과제의 연구내용은 아래와 같다.

1. 협조기관인 (주)도드람 양돈축협농장과 관련농장에서 사양되고 출하되는 돼지들을 대상으로 이상육 발생현황을 조사하였다. 이상육을 발생시키는 원인 중 성별, 출하체중별, 계절별, 사육조건별, 수송시간, 계류시간 및 도살전후 처리방법 등을 조사하고, 출하된 후 도축된 돼지도체에서 pH 및 온도변화와 도체특성등을 조사한 후, 공시된 등심근시료에서 제반육질 특성을 조사하여 각 환경요인들에 따른 PSE육의 발생현황을 조사하였다.

2. 사양환경요인 (성별, 출하체중별, 계절별 및 사육조건별)과 출하 및 도축 과정관련 요인 (수송시간별, 계류시간별, 도살전후처리방법별)에 따른 이상육의 발생요인을 토대로 농장과 도축장 단계에서의 이상육 발생억제 방안을 도출하였고, 아울러 이상육 판정을 위한 육질판정기준 (육색)을 개발하였으며, halothane 검사에 의해 판별된 PSS 양성 및 음성돈의 육질 및 도체특성을 구명하며, 아울러 PSE육 조기판정을 위한 신속측정방법을 개발 시도하고자 하였다.

3. 위생돈육 생산을 위한 미국, 호주, 일본 및 CODEX의 위생관련 제도에 관한 현황을 파악하였다. 우리나라의 사육장, 도축장 및 유통단계의 위생실태 조사를 위하여 우리나라의 돼지 사육단계에서의 사양환경에서의 미생물 위해요인을 조사하고, 도축장 및 부분육가공장과 유통단계에서 단계별 균총 (microflora) 조사 및 미생물의 증감 추이조사를 조사하였다. 미생물 실험결과를 통하여 각 단계별 미생물학적 위해목록을 작성하고, 위해정보를 토대로 중요관리점을 도출하여 도축 및 가공단계에서 위생적인 가공 조건인 HACCP 제도를 확립하였다. 또한 국내의 돼지 도축장중에 도축환경이 상이한 도축장을 선별하여 HACCP의 시범적용시 실예를 통하여 쉽게 각 도축장에 적용할 수 있도록 하였다.

4. 본 연구에서 사용한 ELISA키트는 단 시간내에 다수의 시료를 검사할 수 있는 신속, 정확 (반정량적), 간편한 키트를 사용하였다. 본 연구에서는 우선 ELISA키트의 각 항원성물질에 대한 검출감도를 조사하기 위하여 각 항원성물질의 표준용액을 사용하여 표준곡선을 작성하여 각 항원성 물질에 대한 검출감도를 조사하였다. 그리고 돼지에 대한 항원성물질의 생체검사법을 개발하기 위하여 휴약기간이 명확히 설정되어 있는 penicillin계 항생물질 중에서 penicillin G, ampicillin과 amoxicillin을, tetracycline계 항생물질 중에는 oxytetracycline, chlortetracycline, tetracycline 및 doxycyline을 그리고 설파제 중에는 sulfadimethoxine과 sulfamonomethoxine을 각각 최대 권장용량 씩 돼지에 투여하였다. 각각의 동물에서 투약 전 (무투약 대조군)과 휴약기간 중에 혈액을 채취하여 각 항원성물질의 혈중 농도 변화를 ELISA법으로 측정하였다. 각 항원성물질의 검출감도, 투약 전 채혈한 혈액의 흡광도치 그리고 투약한 가축에서의 항원성물질 혈중 농도의 휴약기간중 변동 추이 조사 결과를 바탕으로 항원성물질 잔류 음성과 양성 판정을 내릴 수 있는 기준 표준용액의 농도를 결정하였다. 즉, 휴약기간 종료시점에서의 혈중 농도를 기준으로하여 이 농도와 가장 근접한 농도를 기준표준액 농도로 정하였다. 야외에서 혈액을 채취하여 본 연구에서 개발한 방법에 준하여 항원성물질의 혈중농도를 측정할 경우 이 기준표준액 보다 높을 때는 양성, 낮을 때는 음성으로 판정할 수 있게 하였다. 필요한 경우 혈장의 희석 배수를 달리하여 시료로 사용

하였다. 위의 기준 표준용액의 농도는 검출감도 이상이면서, 무투약 대조군의 혈액과 휴약기간 만료 후에 채혈한 혈액에서 양성 반응을 보이지 않을 정도로 충분히 높은 농도가 되게 하였고, 가능한 한 휴약기간 종료 일자에 근접한 혈액 시료에서 투여한 항균성 물질이 검출될 수 있도록 최대 한 낮은 농도로 정하였다. 본 실험에서 사용한 측정용 키트는 신속, 정확하게 반정량할 수 있으면서 항균성물질을 계열별로도 측정 가능하며 분석에 소요되는 비용도 저렴한 ELISA (LacTek 및 IDS) Kit를 사용하였다.

5. 본 연구에서는 청정돈 생산의 기틀을 마련하고자 양돈장과 도축장으로 부터 분변, 장기 조직 등의 가검을 채취하여 주요 질병 원인균을 분리, 동정하였고, 원인체별로 약제 감수성을 조사하여 치료 및 예방약제를 선별할 수 있는 기초 자료를 수집하였다. 또한 주요 바이러스를 분리하고 그 특성을 조사하여 변이 균주 및 바이러스 변이도를 분석하였다. 이를 토대로 하여 청정돈 생산을 위해 선발약제 이용 효과적인 적용 프로그램 개발 여부, 비특이 면역증강제 적용 여부, 주요 바이러스 질병 방제 백신 적용 프로그램 개발 여부 등을 분석하였다.

본 연구 중 제 3세부과제의 연구 내용은 원형 (prototype) 실험사를 이용하여, 돼지의 성장단계별 한국형 돈사환경의 통합제어시스템 개발을 위한 것으로 주요 연구내용 및 범위는 다음과 같다.

1. 우리 나라 지역별 돈사의 구조적 형태 및 환기형태에 관한 자료를 수집하고자 각 도의 양돈군중 지역 대표성을 가지는 농장을 중부지방을 1997년 1~4월 사이에, 남부지방 1997년 5~8월 사이에, 양돈농가를 가가호호 방문하여 성장단계별 (임신/분만돈, 자돈, 육성·비육돈), 돈사의 구조, 환기 및 분뇨처리 형태를 3~5가지로 분류하였으며, 분류된 돈사중 대표성을 가지는 시설 (자돈육성, 종돈농장 (죽산다비육종), 축협종돈장 (영광), 원농장 (논산), 개인농장 2~3곳 등)에 현장환경조사를 실시하여 환기모형별 효율을 비교·분석하였다.

2. 환기효율 분석자료를 바탕으로 우리 나라 기후, 지형 및 축산환경에 맞는 돈사의 폭과 길이, 환기시스템 및 운영체계 등을 정립하여 분만돈 10두, 자돈 100두, 육성비육사 200두 규모로 원형 실험돈사를 서울대 농생대 부속목장에 신축하였다.

3. 성장단계별 신축돈사의 환기시스템 및 환기운용전략을 위한 하나의 환경제어 통합시스템으로 설계, 프로그램, hardware화 하여 원형실험돈사에 접복함으로써 혹서기, 혹한기로 나누어 입식에서 출하까지 각각 160~180일간에 걸쳐서 현장 실증실험을 실시하였다.

4. 돈사의 설계표준화를 위하여 돈사내 상상부 (aerial environment) 열환경변수 (온도, 습도), 공기유동형태 및 유속 (air speed), 화학적 변수 (유해기체), 먼지 등

을 분석하였으며, 현장실증실험을 통하여 분석된 자료를 바탕으로 적정 사육환경을 위한 돈사의 환기시스템 및 운용전략 표준화작업을 수행하였다.

IV. 연구개발결과 및 활용에 대한 건의

세부과제별 주요 연구업적

1. 제 1세부과제

- 1) 한국의 일반적인 이유일령인 30일령대를 21일령 대로 낮추었다.
- 2) 조기이유자돈과 육성 비육돈을 위한 영양소 공급원을 개발하였다.
- 3) 육성 비육돈을 위한 영양소 요구량을 설정하여 앞으로 개발할 한국형 사양표준 개발에 도움을 주었다.
- 4) 항생제 대체물질 개발에 앞장섰다.
- 5) SCI 학회지에 8편 게재, 11편 게재예정이며, 국내학회지에 6편을 게재 또는 게재예정이다.

2. 제 2세부과제

- 1) PSE육 조기발견을 위한 신속측정방법을 개발하였다.
- 2) 우리 나라 돈육의 위생관리를 위해서는 유통 중 Cold chain system과 HACCP과 같은 철저한 위생관리체계의 적용이 시급하다는 결론을 얻었다.
- 3) 본 연구결과에서 얻어진 ELISA 방법을 활용하면 생체내 항균성 물질의 잔류여부를 양성과 음성으로 쉽게 판단할 수 있다.
- 4) 제 2세부과제에서 발표된 논문은 SCI 학회지에 8편 국내외 학회지에 22편을 발표되었거나 발표할 예정으로 되어있다.
- 5) 순간공기흡입장치 (MD 8 Air Sampler, Sartorius, Germany)와 Gelatin Filter (Sartorius, Germany)를 이용한 돈사내 호흡기 질병 원인체 분석 및 오염수준을 주기적으로 분석 확인함으로써 효율적인 질병예방 프로그램 수립 등 현장 방역대책 강구에 유효한 방법으로 활용이 가능하다.
- 5) 제 2세부과제에서는 이외에도 3건의 국내특허를 획득하였다.

3. 제 3세부과제

- 1) 성장단계별 돈사에서 외기상조건에 관계없이 적정환경을 조성할 수 있는 환경제어 단일체 시스템 개발이 가장 특기할만한 연구성과이며, 특허를 이미 1999년에 출원하였으며, 총 7편의 논문화 작업은 현재 진행중에 있음.

4. 연구결과의 활용

- 1) 청정돈육 품질인증제의 조기 도입, 2) 한국형 돼지사양표준의 제정, 3) 항생제 무첨가 사료의 보급, 4) 청정돈육 생산 기술의 조급 보급등의 활용계획을 건의 하는 바이다.

제 1세부과제의 연구결과와 이의 활용방안 중 제일 먼저 언급할 내용은 조기 이유자돈을 위한 최적 영양소 수준이 조기이유자돈을 위해서 적정한가 하는 것이다. 즉, 조기이유자돈의 경우 일반적인 상태의 이유에 비해서 빠른 14일에서 21일 사이에 이유시키는 것이기 때문에 상대적으로 많은 영양소를 요구한다고 할 수 있다. 대표적인 예로 일반적인 이유시기를 기초로 한 현재의 라이신:에너지 수준은 조기이유자돈에게는 상대적으로 낮은편이라고 할 수 있다는 것이다. 두 번째로, 현재의 사양체계 방법으로는 조기이유자돈의 적절한 성장을 가져올 수 없다는 것이다. 따라서 현재 우리나라에서 널리 이용되는 2단계 사양체계 방법의 수정이 필요하며, 본 연구결과로 보았을때는 3단계 정도로 세분화 할 경우 성장을 최대로 이끌어 낼 수 있다는 결과를 얻었다. 이유자돈에서 널리 사용되는 지방공급원은 옥수수유 또는 대두유 정도가 일반적이며 우지도 많이 사용되는 편이다. 본 연구에서는 이러한 여러 가지 지방공급원의 상대적인 비교를 하였는데, 결과적으로 옥수수유와 대두유가 가장 좋은 결과를 보였다. 반면 우지와 어유는 성장을 개선시키지는 못하는 것으로 보인다. 그리고 현재 조기이유자돈의 가장 일반적인 원료사료인 lactose를 sucrose로 대체 가능한 지를 검토하였는데, 본 연구결과에서는 lactose를 사료내에 20% 정도 사용했을 때 100%를 sucrose로 대체하여도 성장에는 별 영향을 미치지 않는 것으로 나타났다. 또한 조기이유자돈을 위한 가장 훌륭한 단백질 공급원인 혈장단백질은 그것이 돼지에서 만들어졌던지 아니면 여러 동물의 혈액을 섞어서 만들었는지 간에 자돈의 성장을 개선시키고 면역효과를 증진시키는 것으로 나타났다. 결론적으로, 본 연구에서 얻어진 결과를 보면 현재 일반적으로 사용되고 있는 이유자돈을 위한 영양소 공급원의 대체가능성을 제시할 수 있고, 또한 조기이유자돈을 위한 새로운 사양체계를 적용하여 영양소를 적정하게 급여함으로써 성장을 개선할 수 있다.

조기이유자돈을 위한 사료중 대두박을 익스트루전 처리를 하여 급여할 경우 대두박 자체를 그대로 공급하는 경우와 비교하면 익스트루전 처리를 한 대두박과 대두박 자체를 50% 혼합하여 급여할 경우 성장과 영양소 소화율에 가장 좋은 효과를 나타내었다. 그리고 익스트루전 처리를 한 대두박에 Na_2SO_3 를 같이 공급해 주었을때 성장을 개선시키는 효과를 볼 수 있었다. 조기이유자돈 사료에 익스트루전 처리를 한 옥수수과 밀을 공급할 경우 옥수수의 경우에는 별 개선효과가 보이지 않았으나 밀의 경우는 성장과 소화율을 개선시키는 것으로 나타났다. 그리고 자돈사료를 가루상태로 급여하는 것이 효과가 있는지 아니면 펠렛이나 크럼블 형태로 가공하여 급여하는 것이 효과가 있는지를 알아 보았는데 결과적으로는 가공을 하는 경우가 가루상태로 급여를 하는 것에 비하여 별로 개선된 효과를 보여주지 않았다. 본 연구결과는 일반적인 조기이유자돈 사료의 가공방법을 재평가 할 수 있는 기회를 가졌으며, 자돈을 위한 원료사료의 가공이란 측면에서

는 아주 유용한 연구라고 할 수 있다. 또한 앞으로의 자돈사료 가공방법에 대한 냉철하고 정확한 판단이 요구된다는 것을 시사하고 있다.

육성비육돈의 경우는 자돈에 비하여 영양소 수준이나 영양소 공급원에 덜 민감한 편이라고 할 수 있다. 그러나 육성기의 영양소 수준이나 공급원의 결정이 이후 비육기에까지 연결 될 수 있고, 그 이후 육질에 까지 영향을 준다고 보았을 때 중요한 시기라고 할 수 있다. 현재 우리나라에서 체중 20에서 50 kg 정도의 육성돈의 경우는 한가지 사료를 급여하는 방법이 널리 이용되고 있는데, 이럴 경우 영양소의 과다 급여를 가져올 뿐 아니라 과다하게 공급된 영양소의 배설로 인한 환경오염을 가져올 수 있다. 따라서, 본 연구에서는 육성돈의 사양단계를 몇단계로 나누고 각 사양단계별로 영양소의 수준을 현재보다 2~3% 정도 낮추어 보았다. 결과적으로는 성장에 별 영향을 미치지 않으면서 사료비용을 절감할 수 있었다. 비육돈의 경우도 현재의 사양단계를 더욱 세분화하면서 영양소 수준을 떨어뜨렸는데 비육돈의 경우 비육후기에 단백질 수준을 2% 정도 떨어뜨려도 성장에는 별 영향을 미치지 않고 영양소 배설량의 감소효과를 볼 수 있었다. 이외에도 육성돈에 있어서 에너지, 라이신, 함유황아미노산 그리고 트레오닌의 비율은 에너지와 다른 아미노산의 낭비를 막고 성장을 최대화 하기 위해서는 반드시 필요한 연구라고 사료된다. 본 연구에서는 출하체중을 160일, 170일 그리고 180 일령으로 나누어 도체품질을 비교해 보았는데, 물론 출하일령이 다른 반면에 출하체중은 110 kg으로 일정하게 하였다. 본 연구결과를 보면 160일령에 출하를 한 처리구가 도체등급이나 모든 면에서 좋은 결과를 보였다. 하지만 일본이나 다른 돈육 수입국에서 180일령에서 체중 110 kg의 돈육을 원하고 있기 때문에 현재의 출하일령과 체중을 수출을 위한 규격돈을 생산하기 위해서는 180일령 출하시 110 kg의 체중으로 유지를 해야 할 것이다. 따라서 현재의 육성비육돈 사양체계를 보완하고 기별사양방법을 통하여 영양소 수준을 일정하게 해주고 최대수율을 얻기 위한 출하체중을 늘려간다면 대일수출을 비롯한 돈육수출에 활력을 불어 넣을 수 있을 것으로 본다.

국민소득이 증가하면서 소비자들의 육류 소비가 증가하는 동시에 고급 청정돈에 대한 욕구도 증가하고 있다. 따라서 현재 돼지 사료에 첨가하고 있는 항생제에 대하여 소비자들은 심한 거부 반응을 보이고 있다고 할 수 있다. 이러한 이유로 항생제 대체물질의 개발은 시급하다 할 것이다. 따라서 본 연구에서는 항생제 대체물질의 개발, 궁극적으로는 항생제 무첨가 사료의 개발에 관한 연구를 수행하였다. 현재까지는 여러 가지 가능성이 있는 물질들은 개발되어져 있지만 항생제만큼 효과를 볼 수 있는 물질은 없다고 할 수 있다. 하지만 mannanoligosaccharide, β -glucan, peptidoglycan, fructooligosaccharide 등은 그 가능성을 가지고 있다고 할 수 있다. 따라서 앞으로 항생제의 사용을 억제하면서 이러

한 신물질을 개발하는 것이 필요하다는 것을 본 연구에서는 밝혀냈으며, 양돈산업에서 이의 적절한 활용방안을 강구한다면 앞으로 항생제를 사용하지 않는 깨끗한 돈육을 생산할 수 있을 것으로 기대된다.

양돈사료에서의 비타민과 광물질의 필요성은 말할 필요도 없다. 하지만 현재 우리나라에서 사용되고 있는 여러 가지 비타민과 광물질의 수준이 그 편차가 상당히 큰 것이 사실이다. 따라서 양돈사료에 사용되는 비타민과 광물질의 적정 수준을 결정하는 것은 무엇보다 중요하다고 할 수 있다. 본 연구에서는 육성비육돈에서 비타민과 광물질의 수준을 NRC 100% 수준에 비교하여 실험을 수행하였는데 NRC의 200% 정도를 급여할 경우 비록 결과가 뚜렷하지는 않았지만 성장이나 소화율의 개선효과를 볼 수 있었다. 또한 비타민과 광물질의 첨가량을 NRC의 수준보다 높였을 경우 육질이 개선되는 경향도 보였다. 비타민과 광물질중에서 육질개선에 관여한다고 알려진 비타민 E와 셀레늄에 관한 연구도 수행하였는데 성장에는 별 개선효과를 보이지 않았으나, 비타민 E를 30 IU/kg 첨가한 구가 15 IU/kg을 첨가한 구에 비하여 육질이 개선되고 도체등급도 좋아지는 것을 볼 수 있었다. 그리고 셀레늄의 경우도 0.3 mg/kg을 첨가한 처리구가 0.15 mg/kg을 첨가한 처리구에 비하여 육질이 개선되는 것을 볼 수 있었다. 따라서 본 연구는 특정 비타민과 광물질이 육질을 개선시키고 성장효과를 증대할 수 있다는 것을 밝혀냈으며, 앞으로 이의 활용에 따라서 고급 돈육을 생산하는 밑거름이 될 수 있을 것이라 기대된다.

제 2세부과제의 연구결과를 요약하면, 평균 PSE 발생율은 26.6%로서 다소 높은 경향이었으며, 성에 의한 발생율은 거세돈이 암퇘지보다 높은 PSE육 발생율을 나타내었다 (29.8% vs 25.0%). 또한 출하체중이 무거울수록 유의적으로 높은 발생율을 나타내었는데 특히 120 kg 이상의 출하체중에서 이보다 낮은 체중보다 높은 발생율을 나타내었다 (28.8%, 38.2%). 성별분리 사육방법에 의한 PSE발생율에서 분리사육을 한 경우 혼합사육보다 PSE육 발생율이 다소 높게 나타났다 (28.3% vs 25.0%). 출하전 사료급여방법에 따른 발생율은 출하전 절식이 급식보다 PSE육 발생율이 낮게 나타났다 (21.8 vs 37.1%). 계절별 PSE육 발생율을 보면, 겨울이 가장 낮은 발생율을 나타내었고 (21.5%), 그 다음 봄과 가을이 높았으며 (32.6, 35.4%), 여름철이 가장 높은 발생율 (40.0%)를 나타내었다. 수송시간에 따른 PSE육 발생현황은 수송시간이 증가할수록 PSE육의 발생율이 유의적인 증가를 나타내었으며, 특히 수송시간이 1시간 이상일 때 매우 발생율이 큰 것으로 나타났다 (40.0% vs 29.5%). 계류시간에 의한 PSE육 발생율은 4시간에서 12시간 사이의 계류시간 (19.9%)보다 적은 계류시간인 4시간 이내 (35.9%)와 장시간의 계류시간인 12시간이상 (28.9%)에서 높은 발생율을 나타내었다. 도살전후 처리방법에 따른 PSE육 발생율 조사 결과, 기절방법에서는 타액법의 경우 돼지에게 스트

레스를 매우 많이 주게 되어 PSE육 발생율이 유의적으로 높았으나 (43.0%) 전기 충격법의 경우 고전압 (400V)의 경우가 중전압 (350V)의 경우보다 다소 PSE육 발생율을 낮췄으나 그 차이는 크게 나타나지 않았다 (23.1% vs 26.6%). 도살후 지육냉각방법에서는 지육의 급속냉각 (도살 1시간 이내에 -20℃ 냉각터널에서 1시간 30분 냉각후 예냉)이 완만냉각 (10℃ 예냉실에서 송풍냉각)보다 PSE육 발생율이 낮았다 (18.8% vs 26.6%). 정상육과 PSE육의 도체특성은 두 돼지군의 생체중, 도체중과 도체율은 유사하였으며, 다만 등지방층 두께는 PSE돈이 다소 두꺼운 경향을 나타내었으나 (23.2 vs 22.0 mm), 도체등급에서도 유의차가 없어 전체적인 도체구성이나 도체의 외관 등은 유사하지만, 육질에서 차이를 보이는 것으로 사료되었다. 또한 육질특성중 일반성분 (수분, 단백질, 지방, 회분)에서는 유의적인 차이가 나타나지 않았다 ($P>0.05$). 그러나 Color L값과 보수력 (WHC) 그리고 가열감량에서 정상육과 PSE육 간에 유의적인 차이를 나타내었다 ($P<0.05$). 근섬유의 조직학적 조사 결과, 일반적으로 정상육 근섬유의 직경과 면적이 PSE육보다 컸으나, 근섬유 비율에서 PSE육이 정상육보다 유의적인 차이는 없으나 백색근섬유의 비율이 높았다. 그리고 미세구조를 투과형전자현미경으로 관찰한 결과, 정상육과 PSE육의 미세구조는 일반적으로 커다란 차이를 나타내지 않았으나, Z-line에서 PSE육이 정상육보다 다소 두꺼운 것으로 관찰되었다.

등심근의 표면육색을 No. 1 (Extremely PSE)에서 No.5 (DFD)으로 분류하여 개발된 육색기준표를 사용하여 육질특성과 비교하였을 때, 전체적으로 육색 L값은 육색 1번일 때 높은 백색도 (59.08)를 나타내었으며, 육색 5번으로 갈수록 유의적으로 낮은 백색도 (42.45)를 나타내었다. 그의 육색 b^* 값도 유사한 경향을 나타내었으나 육색 a^* 값은 유의적인 차이가 없었다. 최종 pH는 육색 1번과 2번에서 유의적으로 낮은 수치를, 그리고 육색 4번과 5번에서 유의적으로 높은 수치를 나타내어 주관적인 육색과 밀접한 관계를 나타내었다. Firmness 역시 육색이 1번에서 5번으로 증가할수록, 수치가 증가되는 경향을 나타내었으나, 근내지방 침착도 (marbling)는 육색과의 사이에 일정한 경향을 보이지 않았다. 육질특성중 Color L^* , firmness, pH를 기준으로 하여 돈육을 4가지 그룹 (PSE, RSE, RFN, DFD)으로 분류하였을 때, 주관적인 육색은 PSE가 2.14로 가장 낮았고, 정상육인 RFN은 3.85, 그리고 DFD는 4.0으로서 매우 밀접한 관계를 나타내어 개발된 육색기준표가 이상육의 판정에 매우 정확하게 이용될 수 있음을 보여주었다. 그러나 근육내 지방 침착도는 일정한 경향을 나타내지 않았다. 육질 특성간의 단순상관관계에서 육색기준표에 사용된 주관적 육색과 L값간에 높은 부의 상관 ($r=-0.71$)을 나타내었으며 pH_u 와 firmness와는 높은 정의 상관 (pH_u , $r=0.65$; Firmness, $r=0.62$)을 나타내었다. 육색 L값은 pH_u 와 firmness간에 매우 높은 부의 상관 (pH_u , $r=-0.57$; firmness, $r=0.68$)을 나타내었으며, pH_u 와 firmness간에 높은 정의 상관 ($r=0.57$)을 나타내었

다. 그러나 Springiness는 육질특성과는 높은 상관을 나타내지 않았다.

2년차 평균 PSE 발생율은 20.1%로서 전년도 발생율 26.6%에 비해서 감소하였는데, 이는 전년도에 도출된 발생억제방안들이 실제 적용된 결과로, 환경요인들이 효율적으로 PSE육 발생을 상당부분 억제시킨 것으로 사료되었다. 전체적으로 도축후 1시간이내의 낮은 pH와 높은 도체온도를 나타내는 돼지도체가 PSE육을 생산하는 경향이 높았으며, 조사된 육질 특성중 육색과 보수력이 가장 큰 결정요인으로 나타났다. 성별로는 거세돈이 암돼지보다 높은 PSE육 발생율을 나타냈으나 (20.6% vs 17.4%), 다른 환경요인들이 잘 조절된다면 그 차이는 감소될 것으로 사료되었다. 출하체중별로는 출하체중이 무거울수록 발생율이 높아졌으나, 전년도에 비해 전반적으로 이상육 발생율이 감소되었다. 특히 (주)도드람양돈축협외 출하돼지의 평균생체중인 110~120 kg의 출하체중에서 전년도에 비해 PSE육 발생율이 감소되었다 (28.8% vs 22.3%). 성별분리사육별로는 전년도에는 분리사육이 혼합사육보다 이상육발생율이 높았으나 (28.3% vs 25.0%), 2년차의 조사결과로는 분리사육과 혼합사육간에는 커다란 차이가 나타나지 않아 (20.3% vs 21.0%) 성별분리사육요인은 큰 문제가 되지 않는 것으로 사료되었다.

돈사형태에 따른 이상육 발생율에서 구돈사의 경우 24.2%의 발생율을 나타내어 신돈사의 13.7%보다 높은 발생율을 나타냈으나, 제반 도축전후 환경요인들을 잘 관리한다면 PSE육 발생율은 많이 낮출 수 있을 것으로 사료되었다. 구돈사에서 출하일령과 성별에 따른 PSE육 발생현황을 보면, 암돼지의 경우 180일령에서 발생율이 가장 낮은 반면에 170일령에서 가장 높은 경향이였다 (14.2% vs 38.4%). 반면에 거세돈의 경우 170일령에서 가장 발생율이 높았고, 160일령에서 발생율이 낮아 (28.6% vs 11.5%) 성별로 출하일령을 고려할 필요성이 제기되었다. 신돈사에서 출하일령과 성별에 따른 PSE육 발생현황은 구돈사와 유사한 경향이였다.

수송시간에 따른 PSE육 발생율 조사결과에서도 전년도에 비해 발생율이 감소하였으나, 장시간의 수송은 운반중의 돼지에 많은 스트레스를 가하는 요인이므로, 출하시간을 쾌적한 시간대로 하거나 과적수송을 피하고 계류시간을 충분히 주어야 할 것으로 사료되었다. 출하전 절식여부에서는 전년도와 마찬가지로 출하전 사료급여가 절식의 경우보다 PSE육 발생율을 높여 (24% vs 14.3%), 가급적 출하전에는 사료급여를 하지 않는 것이 좋을 것으로 사료되었다. 계류시간별에서도 농장으로부터 수송되어온 돼지가 도살되기까지 4~12시간 계류한 것이 가장 낮은 PSE육 발생율 (10.1%)을 나타내었으며, 계류시간이 4시간 이내로 짧은 경우에는 가장 높은 발생율 (26.7%)을 나타냈으나, 계류시간이 12시간 이상으로 긴 경우에도 높은 발생율 (20.6%)을 나타내어 안정을 요하는 수준의 적당한 계류시간이 도축장에서 매우 중요한 요인인 것으로 사료되었다.

도살후 지육 냉각방법에 따른 이상육 발생율조사에서도 지육의 급속냉각 (도살1시간이내에 -20°C 냉각터널에서 1시간 30분 냉각후 예냉)이 완만냉각 (10°C 예냉실에서 송풍냉각)보다 PSE육 발생율이 낮았다 (10.8% vs 20.1%). 그러나 완만냉각의 경우도 예냉실에서 지육의 과밀현수를 피하고, 특히 지육간거리를 20cm내외 유지시킴으로서 전년도에 비해 PSE육 발생율을 낮출 수 있었던바(26.6% vs 20.1%), 도축장에서 효율적인 예냉실관리가 매우 중요한 사안으로 판단되었다.

유전자 검색방법 (PCR-RFLP)으로 모든 18두의 PSS유전인자 보유 현황을 조사한 결과 PSS 헤테로돈 (N/n)은 2두 (11%)로 나타났으며, PSS 열성호모돈 (n/n)은 발견되지 않았다. 정상돈 (NN)과 PSS 헤테로돈의 halothane 검사결과, 헤테로돈은 마취정도가 매우 심해 마취가 늦게 풀리고, 피부발적도 유의적으로 나타나 halothane 양성으로 판정되었다. 그러나 직장체온에서는 두 돼지군 사이에 유의적인 차이가 없었다. 정상돈과 헤테로돈의 체중변화에서는 두 돼지군 사이에 유의적인 차이가 나타나지 않았으나, 헤테로돈이 정상돈보다 육성중기로 가면서 다소 체중이 무거워지는 경향을 보였다. 가격이 저렴하며 발골라인에서 비파괴적으로 손쉽게 도체열로 육질측정이 가능한 PSE육 신속측정방법을 시도한 결과 Portable pH meter, filter paper test와 portable conductivity meter가 선발되었다. 최종 pH 측정치를 3개 그룹으로 나누어 5.4이하, 5.4~5.7, 그리고 5.7이상으로 분류한 결과, pH 5.7이상구에서는 보수력이 높았고, 명도가 낮으며, 육색도 진한 적색을 나타내어 정상육에서 약간의 DFD육 사이의 범주를 나타냈다. 반면에 pH 5.4이하구에서는 보수력이 낮고, 명도가 높으며, 육색도 창백한 경향이어서 PSE육이거나 semi-PSE육인 것으로 판단되었다. 여과지검사 측정치를 30 mg 이하, 30~100, 그리고 100 mg 이상으로 분류한 결과, 100 mg 이상구에서는 명도가 높고, 육색은 창백한 적색을 나타내어 PSE육 범주를 나타냈다. 30 mg 이하구에서는 낮은 명도와 정상적인 육색을 나타내어 정상육의 범위를 보였다. 그러나 30~100 mg 구에서도 낮은 명도와 정상적인 육색을 나타내어 상기 pH 측정치에 대해서는 다소 변별도가 떨어지는 경향이였다. 전체 기계적 측정치와 육질특성간의 상관을 조사한 결과, pH 측정치는 육색 L^* , a^* 와는 부의 상관을, 주관식 육색수치와는 정의상관을 나타내어 매우 이용가능성이 높은 측정방법으로 판단되었다. 그러나 여과지 검사측정치도 육색과는 부의 상관을 그리고 육색 L^* 과 b^* 수치와는 정의상관을 나타내어, 육색측정과 병행하여 이용된다면 PSE육 판정에 변별도를 증가시킬 수 있을것으로 사료되었다.

이상의 연구결과로부터는 다음과 같은 활용방안을 제시할 수 있다. 즉, 사양환경요인, 출하, 수송, 도축전후 취급 요인들에서 돼지에게 스트레스를 최소화하는 효율적 관리들에 따라 PSE육 발생비율을 낮출 수 있음이 확인되었다. 성별과 성별분리사육방법은 큰 영향을 주지 않았다. 생체중 120 kg 이하의 출하가 권장

되며, 출하 12시간 전에는 사료급여를 하지 말아야 하며, 수송시간이 1시간이 넘을 때에는 필히 충분한 계류를 통해 흥분과 피로를 회복시켜야 하고, 도축전 계류도 4~2시간이면 충분하였으며, 기절방법은 전기충격법이 좋으나 350~400 V 내외의 고전압이면 큰 문제가 없었고, 도축 후 지육냉각에서는 관행적 완만냉각보다는 급속냉각이 권장되나, 완만냉각의 경우도 예냉실의 과밀현수를 피하고, 지육간 일정거리를 유지시킨다면 큰 문제는 없는 것으로 판단되었다.

돈사형태별에서는 관행적인 구돈사보다는 환기가 자동으로 조절이 되는 신돈사에서 PSE육 발생율이 낮았으나, 구돈사의 사양에서도 도축전후 제반 환경요인들이 잘 관리된다면 큰 문제는 없을 것으로 사료되었다.

그외 출하일령과 성별에 따른 PSE육 발생율에서는 암퇘지는 180일령에서 출하하는 것이 유리하나, 거세돈은 160일령에서 출하하는 것이 유리한 것으로 나타나, 성별로 출하일령을 고려해야 할 필요성이 제기되었다.

등심근의 표면육색을 5단계로 구분하여 개발된 육색기준표는 pH, 기계적 육색수치, 조직감 (firmness)등과 높은 상관을 나타내어 발골라인에서 PSE육 판정에 손쉽게 이용될 수 있음이 확인되었다.

유전자 검색방법 (PCR-RFLP)으로 모든의 PSS 유전인자 보유현황을 조사한 결과 PSS 정상돈 (N/N)은 89%, PSS 헤테로돈 (N/n)은 11%로 나타났으며, PSS 열성호모돈 (n/n)은 검출되지 않았으며, PSS 정상돈은 halothane 검사시 음성돈으로 반면에 PSS 헤테로돈은 halothane 양성돈으로 판정되었다. 정상돈과 헤테로돈의 체중변화에서는 유의적인 차이가 나타나지 않았으나, 육성중기로 가면서 헤테로돈의 체중이 다소 무거워지는 경향이였다.

PSE육 조기판정을 위한 신속측정방법에서는 여과지 검사법의 경우 변별도가 떨어졌으나, portable pH meter의 경우는 최종 pH와 보수력, 기계적 육색수치 사이에 높은 상관성이 확인되어 이용가능성이 높은 측정방법으로 판단되었으며, 특히 개발된 육색기준표와 병행이용되는 것이 권장되었다.

우리나라의 돼지 사육단계와 도축 및 유통단계에서 미생물 오염실태 조사하고 가공단계별 미생물의 증감을 파악하여, 위생 돈육생산을 위한 각 생산단계별 위생관리방법을 설정하였다. 그리고 우리나라 도축장 및 가공장의 일반적인 HACCP제도 및 SSOP를 개발하였고, 다른 도축장 및 가공장에서 HACCP제도를 시행하고자 할 경우 실례를 참고하면 누구나 쉽게 이해할 수 있고 HACCP제도를 적용할 수 있도록 하였다. 육제품에 HACCP를 적용하면 문제발생시 어느 공정에서 오염이 되었는가를 쉽게 찾아낼 수 있어 이에 따른 개선 조치가 신속하게 이루어질 수 있고, 직접 작업하는 실무자에 의해 이루어지기 때문에 효율성이 높아 위생적인 돈육을 생산하는데 HACCP제도는 가장 적합한 제도로 인정받게 될 것이다. 또한 HACCP 개념을 돈육생산단계에 적용할 경우 제품의 위생적 품질이

향상되어 유통기한 연장이 가능하고 제품의 안전성이 확보되어 소비자 불만 감소와 신뢰성이 향상될 수 있으며, 산업적인 측면에서 업계자체의 이미지 제고에 기여할 수 있을 것이다.

축종별로 각 항균성물질의 검출감도와 각 항균성물질을 가축에 투여하여 혈중 농도 변화를 조사하여 얻은 조직중 잔류 양성 혹은 음성 판정을 내릴 수 있는 기준표준액 농도 그리고 혈액시료의 회석배수는 다음과 같다.

돼지 혈액중에서의 penicillin G, ampicillin 및 amoxicillin의 검출감도는 각각 1 $\mu\text{g}/\text{kg}$ 이하였다. 평균 체중 65 kg의 건강한 비육돈 20두를 대상으로 penicillin G (약기간 7일), ampicillin (휴약기간 7일), amoxicillin (휴약기간 14일)을 각각 권장 최대용량을 투약한 다음 휴약기간중 경시별로 채혈하여 혈액을 10배 희석하여 약제의 혈중 농도 변화를 조사하였던 바 penicillin G 4 $\mu\text{g}/\text{kg}$ 에 해당하는 농도를 기준표준액 농도로 할 경우 penicillin G는 휴약 4일까지, ampicillin은 휴약 2일까지 그리고 amoxicillin은 휴약 8일까지 검출 가능하였다.

돼지의 혈액중에서의 oxytetracycline, chlortetracycline, tetracycline 및 doxycycline의 검출감도는 각각 10, 100, 50 및 100 $\mu\text{g}/\text{kg}$ 였다. 평균 체중 65 kg의 건강한 비육돈 15두를 대상으로 oxytetracycline (휴약기간 10일), chlortetracycline (휴약기간 5일), tetracycline (휴약기간 5일) 및 doxycycline (휴약기간 20일)을 각각 권장 최대용량을 투약한 다음 휴약기간 중 경시별로 채혈하여 혈액을 10배 희석하여 경시별로 측정하였을 때 기준표준액 농도를 oxytetracycline 10 $\mu\text{g}/\text{kg}$ 에 해당하는 농도로 할 경우 oxytetracycline은 휴약 8일까지 검출 가능하였으나 chlortetracycline, tetracycline과 doxycycline은 휴약 24시간 후에도 검출할 수 없었다. 따라서 이들 3 약제를 투약한 동물의 혈액을 희석하지 않고 기준표준액 농도를 chlortetracycline 100 $\mu\text{g}/\text{kg}$ 그리고 tetracycline과 doxycycline은 각각 50 $\mu\text{g}/\text{kg}$ 에 해당하는 농도로 정하였을 때 각각 휴약 4일, 휴약 3일 그리고 휴약 20일까지 검출 가능하였다.

Sulfamonomethoxine, sulfadimethoxine 및 sulfamerazine에 대한 표준곡선을 작성하여 검출감도를 조사하였던 바 각각 10, 10 및 1,000 $\mu\text{g}/\text{kg}$ 인 것으로 나타났다. sulfadimethoxine (휴약기간 14일)을 20두의 70 kg 내외의 돼지에 체중 kg당 첫날은 110 mg씩을 그리고 익일부터는 55 mg씩 4일간 근육주사한 다음 혈장을 20배 희석하고 기준표준액 농도를 10 $\mu\text{g}/\text{kg}$ 로 하였을 때 휴약 20일까지 20두 모두가 양성반응을 보였다. sulfamonomethoxine Na (휴약기간 5일)을 20두의 70 kg 내외의 돼지에 첫날은 10 ml씩 그리고 익일부터는 5 ml씩을 3일간 근육주사한 다음 혈장을 20배 희석하고 기준표준액 농도를 10 $\mu\text{g}/\text{kg}$ 로 하였을 때 휴약 5일까지 20두 모두가 양성반응을 보였다.

이상의 실험 결과로부터 본 연구에 사용된 항균성물질에 대하여 위에서 제시한 기준표준액 농도를 기준으로 하여 혈액중에 이 보다 높은 농도가 검출될 경

우 양성, 낮을 경우 음성 판정을 내린다면 의양성의 오차를 최소화할 수 있을 것으로 사료된다. 따라서 이 검사법에 의하여 양성반응을 보일 경우 도축을 거부 혹은 연기함으로써 원천적으로 유해물질의 잔류를 예방할 수 있는 사전검사법으로 활용 가능할 것이다. 또한 양돈장에서 질병을 예방하거나 치료하기 권장 용량보다 많게 혹은 권장기간 보다 길게 약제를 투약한 경우 휴약기간을 예측할 수 없게된다. 이 경우 양돈장에서 돼지의 혈액을 채취하여 본 방법으로 검사를 실시함으로써 조직중의 잔류를 예측할 수 있는 방법으로도 활용 가능할 것이다.

항생제 감수성 검사 결과 대부분의 균주가 다제 약제 내성을 나타내어 항생제 내성이 증가하고 있었다. 또한 대장균의 경우 년도별로 특정한 병원성 독소를 산생하는 양상을 보여, 지속적인 병원성세균 분리 동정과 함께 산생 독소 유전자 검출 및 유형 확인을 통한 효율적인 대책이 요구된다. 따라서 효과적인 질병치료를 위해서 사료에 첨가되는 항생제 사용여부 결정과 함께 질병 원인체에 따른 항생제 처치시 신중한 항생제 선택이 필요하며 주기적으로 약제 감수성 시험을 실시하여 근본적인 사전 대책 마련이 필요하리라 사료되었다. 또한 이러한 항균 물질의 대체물질로 비특이 면역증강제를 이용한 질병 방제 및 생산성 향상 가능성이 확인되었으며, 추가적인 연구를 통해 이러한 비특이 면역증강제의 적절한 사용 시기 및 사용 기간 등을 제시할 필요성이 있다고 사료되었다.

돼지의 바이러스성 질병의 경우 설사병의 예방프로그램은 모체항체 형성 중심의 방역체제를 바탕으로 하며, 호흡기 질병 예방프로그램은 농장의 피해 상황에 따라 융통성 있는 프로그램으로 생산성 향상과 청정돈 생산을 이룰 수 있는 것으로 사료되었다.

제 3세부과제의 연구개발 결과를 요약하면 아래와 같다.

1. 환경검증형 돈사의 표준화를 위한 원형실험돈사를 다음과 같이 정형화하여 현장실증실험을 수행하였으며 분만사 (farrowing house)와 자돈사 (nursery house)에서는 일반적으로 하나의 분만방 또는 자돈방이 반복되므로 하나의 분만방, 자돈방을 대상돈사로 모형화하였다. 또한 육성·비육돈사 (growing & fattening house)에서는 cross환기시스템을 적용하였기 때문에 돈사의 폭을 증시하고 길이는 고려되지 않았다.

2. 성장단계별 돈사에서 열환경, 화학적 환경을 분석, 평가하여 환기시스템의 환기효율을 평가하고, 이를 보완하여 표준환기시스템 모델 및 환기시스템 운영전략을 하나의 통합환경관리시스템에 접목하여 돈사의 환경이 자동으로 정밀관리 되도록 하였다.

제어논리 프로그램은 C++언어와 Visual Basic, 내부 Software 제어프로그램은 Visual C++, Window 창은 Visual Basic으로 coding하였다.

3. 일반적으로 흑한기나 흑서기에 돈사에 한시적으로 보조난방 (heating)이나

냉방 (cooling)이 필요할 것으로 인식하고 있으며, 추가 열원이 없을 경우, 온도와 습도를 적정범위에서 제어할 수 없다. 기본적으로 공기조화를 위하여 가온, 감온, 가습 등의 기능을 동시에 수행할 수 있는 heat pump를 설계, 제작하여, 이의 열 환경에 미치는 영향을 분석하였다. 자돈사의 경우 5℃ 내외, 육성·육성 돈사의 경우, 2~3℃의 온도저하와 30% 정도의 에너지 절감효과가 있는 것으로 판단되었다.

본 제 3세부과제의 연구에서 얻어진 결과를 토대로 다음과 같은 활용이 가능함을 제시할 수 있다.

1. 개발된 환경검증형 돈사의 표준환기시스템을 건설부와 협의하여 표준 환기시스템으로 채택하도록 한다.
2. 개발된 환경검증형 돈사의 표준환기시스템을 축협중앙회에서 자돈사,분만사, 육성·비육돈사의 환기시스템으로 채택하여 보급하는 것이 바람직하다.
3. 축협중앙회와 농림부는 경기도의 한 지역에 시범시설을 건축하여 개발된 환경검증형 돈사의 환기효율을 직접 경험하게 한다.

각 세부 및 세세부과제의 목표를 달성함에 따라 본 연구는 돼지의 생주환경으로부터 시작하여 성, 출하체중, 계절, 사육조건, 수송 및 가공조건등을 종합적으로 고려한 한국적인 사양관리 프로그램과 돈육가공상의 항생물리질의 잔류가 없고 유해 미생물로부터 안전한 축산물을 생산해 낼 수 있는 일련의 과정을 얻을 수 있다. 이렇게 제안되니 일련의 과정을 대농민 교육을 통해 접목하는 것은 물론이고, 나아가 정부와 관계기관의 협조를 통해 이를 제도화해야 할 것이다. 본 과제를 수행하는 동안 각 기관을 대표하여 각 세부 및 세세부과제의 책임자와 농림부, 축협, 양돈협회, 도드람 중부 양돈 축협, 유통 및 사료, 다비육종 등의 관계자와 연계회의를 거치면서 이른바 “품질 인증제”에 대한 필요성이 제기되었다. 이를 구체적으로 적용할 수 있는 방안을 제시하기 위하여 도드람을 주축으로 한 “품질 인증제”에 필요한 준비작업을 거쳤으며, 여러차례의 토의를 거친 바 있으며, 본 관제의 대 농민 교육이 진행되는 동나 품질 인증에 대해 구체적인 안이 제시되었다.

품질 인증제는 구체적으로 다음과 같은 항목에 대해 공적인 인증기관을 두고 그 품질에 대해 국내의 판매 기준을 마련하여 고품질 위생돈육에 대하여 생산자 오 소비자 모두에게 이익을 가져다 주고자 한다.

품질 인증 항목

1. 돈사의 규모 및 환기 - All in, all out system 적용이 가능한 적정 사육두수 및 규모와 최적환기시설 운용으로 최적 환경제공
2. 양돈장내 방역 - 전염성 병원균으로부터 안전한 방역 상황

3. 생주환경 - 스트레스가 없는 환경을 제공하여 PSE 발생 비육 저하
4. 사양관리 -
 - 1) 조기이유를 통한 질병의 수직전파 억제
 - 2) 성장단계 및 성별로 분리사육하여 생리적 요구를 만족시킴과 동시에 균 일화된 생산체계 구축
 - 3) 쾌적한 생주환경을 제공함으로써 최적화된 성장 유도
 - 4) 항생제 무첨가 사료를 전단계에 적용하여 내성 및 잔류 문제로부터 안전한 돈육 생산
5. PSE 발생억제 - 돼지의 유전적 요인 (PSS; halothane gen) 뿐만 아니라 수송 방법, 계류, 가공과정을 통한 PSE 조기 판정을 통해 PSE육 유통억제
6. HACCP를 통한 위생돈육 생산 - 생산과정을 거쳐 가공단계에서도 미생물 오염을 최소화 할 수 있는 판정법을 제시함으로써 위생돈육 생산
7. 항생제 잔류 검사 - 신속한 항생제 검출방법을 통해 출하돈의 항생제 문제를 원칙적으로 해결하여 안정성을 조기에 실현
8. 양돈장 환경 및 폐병변 검사를 통한 질병조기억제 - 질병 예방 프로그램을 철저히 실시하고 어떤 단계에서도 역추적 해낼 수 있는 시스템 개발

SUMMARY

I. Title of the Research Project

Studies for the Development of Technologies to Produce Clean and High Quality Pork

II. Background and Objectives of the Project

There are so many things to be considered to improve competitiveness of exporting pork by producing high quality pork meat. The first thing to be considered in pork production would be feeding and management system. The first step is the production of healthy piglets through the early weaning and the reduction of production cost by shortening days to market weight with improving growth rate. However, when considering various practical situations, we have to develop our own model which is suitable for our production system by analyzing and adopting foreign system and research results. Additionally, the reduction of production cost and improvement of meat quality could be accomplished through the increase of growth rate with the development of feeding strategies. And, it is necessary to produce clean pork without residue of antibiotics or antimicrobial agents because of increased consumer's demand. To produce clean and safe pork, basically, it is needed to produce antibiotic-free diet. It may also need to produce standardized pork. To produce standardized pork, a lot of efforts are needed like application of sex split feeding system and feeding strategy for regular market weight, and these will be helpful to get high quality and maximum quantity of pork. Through the development of feeding strategies or technologies, we can control or manage our pork production system economically, furthermore, we can get a competitiveness in exporting pork. And, it is also important that the saving of imported feed ingredients by reducing nutrients oversupply. In Korea, the consumption of meat increased steadily because of the increase of personal income, and the consumers demand more clean and quality pork. And, in the future, the competition will be on the right track with foreign pork. Therefore, it is necessary to improve the quality of domestic pork which will meet the international standard quality.

The objectives of the 1st subproject are mainly focused on the development of

production technologies, determinations of optimal nutrients level and evaluations of various feed ingredients and feed additives to produce clean and high quality pork. Recently, the main issues of pork production is the decrease of days to market weight and the improvement of sow productivity. In Korea, the mortality of early weaned pigs is reached almost 30% and this result in the immense alleviation of pork productivity. Several research reported that the main reason for this high mortality of early weaned pigs are resulted from poor nutrients supply and feeding management. Recently, the new technology called SEW (segregated early weaning) has been developed and applied, this SEW technology focused on the production of healthy piglets from sows which chronically contaminated from various pathogens using the minimum amount of vaccines or antibiotics. When applying this SEW technology, the research for optimal nutrients level as shortening weaning period should be preceded. Therefore, the aims of the 1st subproject are to maintain the health condition of piglets and improve growth rate by determining optimum nutrients level and evaluating nutritive values of feed ingredients for early weaned pigs.

As increasing the national income, the consumer's demand for clean and high quality pork also increased. And, the production for standardized pork meat for exporting also should be accomplished. Therefore, in case of growing-finishing pigs, current studies also focused on the research for the production of antibiotic-free diets or meat, new feeding strategies for growing-finishing pigs and development or evaluation of various feed additives to produce high quality pork.

PSS is an inherited syndrome, transmitted by a stress gene, or PSS gene. PSS pigs are susceptible to foreign stresses such as poor breeding systems, transportation and handling, etc. If physical stress does not cause death, it is almost sure to cause PSE meat under the best handling and processing conditions. Besides genetic causes, the production systems, environments, and handling of both live animal and its carcass before and after slaughter can influence the incidence and magnitude of the PSE condition.

The first purpose of the 2nd subproject was to investigate the causes of PSE pork and to develop the solutions against the PSE incidence. In details, PSE incidences by sex, breeding system, season, transportation, holding period before slaughter, immobilization method and post-slaughter chilling were investigated. Pork color standards for PSE detection were developed based on subjective color and several other pork quality characteristics. PSS pig detection by halothane test was applied in the farm and those pork qualities from positive or negative pigs were investigated.

Finally, economic, non-destructive and easy on-line carcass measurements for objectively predicting pork quality were developed.

The 2nd research of this subproject was carried out to investigate microbiological hazards at breeding, slaughtering, processing and transportation/merchandising steps and to develop sanitary measures such as HACCP system, which can maintain low number (10^3) of total bacteria counts (TBC).

The aim of 3rd research in 2nd subproject was to produce biological detection method applying ELISA method which can be predicting antimicrobial agents on animal tissue by collecting animal blood which was taken before slaughter.

The 4th research in the 2nd subproject were designed to isolate and identify the causative microorganisms in respiratory and digestive diseases which induce the reduction of productivity and inhibition of safe and high quality pork production. The study was also designed to determine the molecular and serological characteristics of causative pathogens and therefore, provide the most reliable way in pig farms. Correct vaccine program for induction of specific antibody in host and investigation of prevalent pathogens in the field can provide the efficient method to prevent diseases causing reduced productivity and production of low quality pork. In this study, alternative method to substitute for antibiotics was applied to prevent drug residue problem in human. Nonspecific immunostimulators which may enhance host defensive system can be useful for pig industry. In particular, identification of major causative pathogens and establishment of efficient way to prevent animal from diseases should be examined.

In recent years, the number of pig farms has decreased by 25% with a simultaneous increase of growing pigs by 20%. With the advent of World Trade Organization (WTO), Korean livestock product market is placed under an obligation to open its market to all foreign products by 2001. More products are being imported because those products from USA, Australia, New Zealand, and EU nations are much cheaper than domestic products. Even pork is losing its competitiveness with foreign products due to abrupt changes in market price, high labor cost, and high dependency of raw feedstuff material on foreign countries. In addition, high manure treatment cost which amounts to almost 10~15% of total production cost make swine production less profitable.

To make matters worse, swine production facilities, more precisely, swine houses in Korea have not been built based the standard scientifically proven designs used in much of the rest of the world. This result in an unique Korean swine production

environment, which is demonstrably less than ideal. The environment of pig houses can not be maintained at optimum conditions, and the accumulation of heat, moisture, and ammonia gas, dust, and pathogens has serious detrimental effect on pig production and workers. There is a great opportunity for automation of environmental control system for swine production structures and standardization with growth phases. With scientific research and verification, there is the potential to provide a more optimum environment for pigs and workers in enclosures.

The size and capacity of enclosed swine houses has significantly increased in Korea in recent years due in part to the higher productivity for reported these systems elsewhere. Some of them are just fabricated at the production place with ready-made panels, equipments, devices from abroad in a turnkey way. Others just constructed the swine houses with blueprints from general architect who doesn't know livestock production in depth. All those houses are not environmentally proven so many producers complain of their poor performance, which is often attributed to difficulties of climate, geography, and managerial environment in Korea. However many producers are still a little reluctant to move to an enclosed swine house although they become to realize the merits of the enclosed system over the open side-wall curtain system.

Design of environmental control system of swine house should relate to growth phases and environmental parameters which affect directly or indirectly production efficiency. The thermal environmental factors includes temperature and humidity, the biological and chemical environmental factors include harmful gases, dust, and pathogens, and physical environmental factors include air speed and their spatial distribution. These parameters should be properly controlled to maintain optimum environment for swine production. However it is impractical to control these parameters by putting them all in a PLC simply because all these may not be needed for optimum environment and thus this complex control system is not cost-effective.

The dual purposes of the 3rd subproject were to develop the automatic control system for the most critical parameters, temperature and humidity, and to suggest standard design of the production structure adopting the automatic control system and the uniqueness of pig production in Korea. Because air flow determines the magnitude and distribution of temperature and humidity in a house, the relation of performance of ventilation system and these parameters should be investigated. In the field, a simple environmental control system regulated by time clock is popular but it

fails to provide proper thermal environment in a house. In many cases this is because the control logic can not be responded to contemporary environmental conditions of the house.

Therefore, it is necessary to develop a precision control system for maintaining optimum indoor environment for pigs and workers in the house, which comprises the main objective of the study.

III. Significant Results Obtained and Suggestions for the use of Outcomes of current Research Project

The first thing to be mentioned for the results of the 1st subproject is whether the present nutrients level or ratio is optimum for early weaned pigs or not. In case of early weaned pigs, the weaning is accomplished between 14 and 21 days, which is considerably shorter than that of conventional weaning. It is well accepted that early weaned pigs require more density nutrients or higher level of nutrients than that of commonly weaned pigs. Present data suggests that the present lysine:energy ratio is somewhat lower in pigs if they weaned in earlier period. Second, we can not anticipate optimal growth rate of early weaned pigs with present feeding regimen. Thus, it is needed to change the present two-step feeding regimen which widely used in Korea for weaned pigs. According to the results obtained from present studies, it is recommended to change present feeding system into three step feeding regimen to get maximum growth performance in early weaned pigs. Generally, corn oil, soy oil and tallow are widely used as fat sources for weaned pigs. In present studies, we compared various fat sources and obtained conclusions that corn oil and soy oil were the most suitable fat sources for weaned pigs. On the other hand, tallow and lard did not showed any improved growth rate of weaned pigs. The possibility for the use of sucrose as a substitute for lactose which most generally used as energy source in pig diet was also investigated. Present data revealed that growth performance was not affected when lactose was substituted by sucrose to the magnitude of 20% in pig diet. Additionally, plasma protein, the prominent protein source for early weaned pigs, improved not only growth rate but also immune status whether it is extracted from pig only or mixed with others which originated from various animals. Consequently, present studies suggest that the possibility for the development of new feed resources, and the growth rate of young pigs could be improved through the supply of optimum ratio or level of various nutrients by applying new feeding system for early weaned

pigs.

Current experimental results show that growth performance were improved when extruded soybean meal used with soybean meal itself in early weaned pigs compared with the pigs fed only soybean meal without extruded soybean meal. And, more improved growth rate was revealed when Na_2SO_3 was incorporated with extruded soybean meal. However, there is no improved growth rate when supplying extruded corn and wheat, although extruded wheat diet slightly improved nutrients digestibility. An attempt was also made to compare the physical form of diet in early weaned pigs such as mesh, pellet or crumble. However, it was found that pelleting or crumbling did not show any beneficial growth performance compared with mesh diet. Additionally, these studies suggest that the strict and accurate decision are needed for further feed processing technologies to be used in pig diet.

Growing-finishing pigs are less sensitive than early weaned piglets in nutrient density. But, growing phase is important period because poor growth during growing period could be continued to finishing period and result in poor carcass and meat quality. Now, only one phase feeding system has been applied to growing and finishing pig in Korea, and this cause nutrient oversupplying and environment pollution by oversupplied nutrients. Therefore, we divided growth phase into two or three phases and lowered nutrient level by 2~3%. Consequently, there is no effect on growth rate but reduced feed production cost. Also, in case of finishing pigs, we separated present feeding regimens more detail and lowered nutrient (protein) level by 2%, but these change also did not affect the growth performance and nutrients digestibility. The ratio among energy, lysine and sulfur containing amino acid (SAA; methionine and cystein) have been regarded as important factor to prevent nutrient oversupply, environment pollution and maximize growth rate. In this subproject, we separated days to market weight into 160, 170 and 180 days and carcass characteristics and meat quality were investigated. Although, pigs fed diet formulated for 160 days to market weight showed best result in carcass quality. However, all countries that importing pork require standardized pork with 110 kg of body weight through 180 days. Therefore, to meet the consumer's demand, we need to produce standardized pork by increasing market weight.

As increasing personal income, consumer's demand for clean and high quality pork also increased, and they showed severe denial for the use of antibiotics or anitimicrobial agents. For these reasons, the production of antibiotic-free diet and pork are urgently needed. A series of experimentation to develop antibiotic-free diet were

conducted. Until now, a few biologically active substances which have possibility to substitute antibiotics have been found. However, none of them did not exceeded the effect of antibiotics. But, mannanoligosaccharide, β -glucan, peptidoglycan and fructooligosaccharide showed some possibilities. Therefore, these studies evaluated the possibilities of new substances which can substitute antibiotics in the future. And, it is expected that the proper use of these newly developed substances could be lead the production of clean pork without using antibiotics.

The role of vitamin and mineral is very important in pig diet. But, the level of vitamin and mineral premixes which used in Korea showed severe variation in their contents. It is very important to determine optimum level of vitamin and mineral premix for pig diet. In present studies, the effects of vitamin and mineral premix with the range from 200 to 50% NRC requirement were investigated. As increasing the level of vitamin and mineral premix up to 200% of NRC requirement, there was slight improvement in growth rate and other criteria. And, we also investigated the effects of vitamin E and selenium on carcass characteristics in finishing pigs. In this study, when the addition of vitamin E increased up to 30 IU/kg, carcass quality and grade improved linearly. Therefore, current data indicated that the specific vitamin and mineral could be improve meal quality and growth rate, furthermore, their application to the pig diet will be helpful to produce high quality pork.

The results and their anticipated effects of 2nd subproject may be summerized as follows:

Present study indicated that average PSE incidence was 26.6% and seemed to be somewhat higher. Sex seemed to affect the PSE incidence, and barrows showed a higher PSE incidence than gilts (29.8 vs 25.0%). As market weights of pigs increased the PSE incidence increased, too. Pigs of over 120 kg market weight showed the greatest incidence compared to those of lighter market weight (38.2% vs 28.8%). Although the separated breeding method showed a little higher PSE incidence than the mixed breeding method (28.3 vs 25.0), the breeding method in the fattening pen did not affect the PSE incidence. It was found that feeding the pigs before transportation increased the PSE incidence compared to no feeding (37.1% vs 21.8%). Among season, the PSE incidences in winter, spring, fall and summer were 21.5%, 32.6%, 35.4% and 40.0%, respectively. It is interesting to note that transportation time or holding period prior to slaughter could affect the PSE incidence. As transportation time increased, the PSE incidence also increased. Particularly, transportation time over 1 hour showed the higher PSE incidence compared to shorter

transportation time (40.0% vs 29.5%). In PSE incidence with length of holding period, pigs held 4~12 hour to slaughter showed the lowest PSE (19.9%), but pigs held for a shorter or longer time showed higher PSE incidence (35.9% or 28.9%, respectively).

In the PSE incidence by several immobilization methods, conventional stunning showed the highest incidence (43.0%) because of large amount of stress to pigs, followed by electrical stunning (23.1% at 400 V and 26.6% at 350 V).

Present results showed that post-slaughter chilling of pork carcasses could affect the PSE incidence. Rapid chilling immediately after slaughter (1.5 hour at -20°C, then 20 hour at 2°C) showed lower PSE incidence compared to conventional chilling (24 hour at 2°C, 18.8% vs 26.6%).

In the carcass characteristics of PSE or normal carcasses, there were no significant differences in live weight, carcass weight, dressing percent or carcass grade except backfat thickness. Although PSE carcass showed a little thicker backfat than normal carcass (23.2 vs 22.0 mm), there was no significant difference. In the pork quality, normal meat showed significantly lower color L value and cooking loss, and higher water-holding capacity than PSE meat. However, there were no significant differences in the proximal composition (moisture, protein, fat or ash) between normal and PSE pork meat.

In the muscle fiber characteristics, the diameter and area of 3 muscle fibers (red, intermediate or white muscle fiber) from normal meat were larger than those from PSE meat. Although there were no significant differences in the ratio of muscle fiber, the PSE meat showed higher ratio of white muscle fiber (IIW type) or lower ratio of intermediate muscle fiber (IIR type) compared to normal meat. The transmission electron microscopic observations showed that the Z-line of PSE meat was a little thicker than that of normal meat, but their muscle fibers showed similar morphological patterns.

Pork color standards were developed based on subjective color scores of pork LD muscle where No. 1 is extremely PSE and No. 5 is DFD. When the color standards were compared with other pork quality characteristics, there seemed to be high correlation between color standard and objective color L* or b* value. However, there seemed to be low correlation between color standard and color a* value. The No. 1 or No. 2 color standard showed significantly lower ultimate pH, but the No. 4 or No. 5 color standard showed significantly higher ultimate pH. This result showed that there seemed to be high correlation between color standard and ultimate pH

value. Firmness value also showed the same trend as the pH value, but intramuscular fat (marbling) score did not show any relationship with the color standard.

When the pork was separated to 4 quality groups (PSE, RSE, RFN or DFD) based upon color L^* , firmness or pH value, subjective color scores of PSE, RFN or DFD were 2.14, 3.85 or 4.0, respectively. This result showed that the pork color standards differentiated the normal pork from the abnormal pork such as PSE or DFD, and could be used in sorting the PSE pork based upon the subjective color of loin area.

In the simple correlations among pork quality characteristics, the subjective color showed significantly high negative correlation with color L^* or b^* value, and high positive correlation with ultimate pH or firmness value. The color L^* value showed significantly high negative correlation with ultimate pH or firmness value. Also, there was significantly high correlation between ultimate pH and firmness value, but the springiness value did not show significant correlation with any other pork quality values.

Average PSE incidence was 20.1% in 2nd year compared to 1st year (26.6%), and the decrease of PSE incidence seemed to result from the improved control of pre-slaughter pig handling in farms. Generally, pork carcasses which showed lower pH and higher carcass temperature at 1 hour postmortem tended to be PSE pork. In the sex, barrows still showed a higher PSE incidence than gilts (20.6% vs 17.4%), but the difference could be reduced by the improved control of pre-slaughter handling. In the market weight, as market weight of pigs increased, the PSE incidence also increased. However, the PSE incidence by the market weight decreased from 28.8% of 1st year to 22.3% of 2nd year, particularly in the range of 110~120 kg market weight which was the average range at Dodram farm. However, it was found that the breeding method in the fattening pen did not affect the PSE incidence.

In the PSE incidence by the swine housing, pigs from the conventional swine housing showed higher PSE incidence than those from the new swine housing which had atmosphere controlled facilities (24.2% vs 13.7%). However, the PSE incidence by the conventional swine housing could be reduced by the improved control of pre-slaughter pigs handling. In the PSE incidence by the marketing days or sex in the conventional swine housing, gilts from the marketing days of 170 showed higher PSE incidence than those from marketing days of 180 (38.4% vs 14.2%). However, barrows from the marketing days of 170 showed higher PSE incidence than those

from marketing days of 160 (28.6% vs 11.5%). This result showed that marketing days could be different between gilts and barrows. In the new swine housing of atmosphere controlled facilities, the PSE incidence by the marketing days or sex showed the similar result.

Feeding the pigs before transportation increased the PSE incidence compared to no feeding (24% vs 14.3%). Present data revealed that transportation time or holding period prior to slaughter could affect the PSE incidence. If the longer transportation times is expected, the transportation should be done at the pleasurable time and followed by the sufficient holding period. Pigs held 4~12 hour to slaughter showed the lowest PSE incidence (10.1%), but pigs held for a shorter or longer time showed higher PSE incidence (26.7% or 20.6%, respectively). Rapid chilling of pork carcasses immediately after slaughter (1.5 hour at -20°C, then 20 hour at 2°C) decreased the PSE incidence compared to conventional chilling (24 hour at 2°C, 10.8% vs 20.1%). However, the PSE incidence by the conventional chilling could be reduced by the effective control at the conventional chilling room. The pork carcasses should not be hanged over the capacity of chilling room and the distance among carcasses should be over 20 cm.

In the detecting PSS genotypes using the PCR-RFLP (polymerase chain reaction restriction fragment length polymorphism) method, PSS normal homozygous type (N/N) or normal heterozygous type (N/n) was 89% or 11% among 18 sows, respectively. However, PSS homozygous type (n/n) was not detected.

In the halothane test, PSS heterozygous type (N/n) pigs were halothane-positive and they showed very severe anesthesia and red-spotted skin compared to PSS normal homozygous type (N/N) pigs. However, there was no difference in rectum temperature between 2 types of pigs. In the change of weight, there was no significant difference in live weight between PSS heterozygous type (N/n) and homozygous type (N/N), even though PSS heterozygous type pigs had a little heavier live weight than homozygous type pigs.

In order to develop the economic, non-destructive and easy carcass measurements for objectively predicting pork quality, the portable pH meter, filter paper test and portable conductivity meter were selected. To determine the accuracy of each measurement, the objective readings of pork carcasses were compared to the pork quality characteristics.

When the pH readings were divided into 3 groups (pH <5.4, 5.4<pH<5.7 or pH>5.7), the pork of pH>5.7 showed higher water-holding capacity (WHC), lower

color L^* and intensive red color to result in normal to mild DFD meat. On the other hand, the pork of $pH < 5.4$ showed lower WHC, higher color L^* and pale red color to result in PSE to semi-PSE meat.

When the filter paper readings (FPR) were divided into 3 groups ($FPR < 30$ mg, $30 < FPR < 100$ mg or $FPR > 100$ mg), the pork of $FPR > 100$ mg showed higher color L^* and pale red color to result in PSE meat. The pork of $FPR < 30$ mg showed lower color L^* and normal red color to result in normal meat. However, the pork of $30 < FPR < 100$ mg also showed the same trend as the pork of $FPR < 30$ mg. This result showed that the FPR did not distinguish the PSE meat from the other normal meat compared to the pH reading.

In the simple correlations between objective readings and pork quality characteristics, the pH reading showed significantly high negative correlation with color L^* or a^* value, and high positive correlation with subjective color. This result showed that the pH reading could be economic and easy carcass measurement for objectively predicting pork quality. The FPR showed negative correlation with subjective color and positive correlation with color L^* , b^* value, although the correlation seemed to be lower compared to pH reading.

The present results indicated that PSE incidence by sex, breeding system, season, transportation, holding period before slaughter and immobilization method could be reduced by the improved control of pre-slaughter pig handling from farm to slaughter house. The PSE incidence by the conventional swine housing could be also reduced by the improved control of pre-slaughter pigs handling compared to the new swine housing of atmosphere controlled facilities. The PSE incidence by the conventional chilling could be reduced by the effective control at the conventional chilling room.

The 2nd research of the 2nd subproject was carried out to investigate microbiological hazards at breeding, slaughtering, processing and transportation and/or merchandising steps and to develop sanitary measures such as HACCP system, which can maintain low number (10^3) of total bacteria counts (TBC). On breeding steps, TBC of water in water tank were relatively low, which were $10^1 \sim 10^2$ cfu/ml, but they were increased to $10^4 \sim 10^5$ cfu/ml when sampled from water of nipple in the pigpen. TBC of feeds taken from feed bean and pig pen were $10^4 \sim 10^5$ cfu/g and $10^5 \sim 10^7$ cfu/g, respectively. TBC of pig pen floor were higher which were $10^4 \sim 10^6$ cfu/cm². Water of nipple, feeds in the feedbean and in the pig pen and pig pen floor were showed the most frequent detection of *Salmonella* spp., *Staphylococcus aureus*, *Campylobacter jejuni*. TBC of pork carcass in chilling room were lower than 10^3

cfu/cm² except "F" plant. However, sample swabbed after evisceration showed approximately 10⁵ cfu/cm². TBC of working table at processing plants were higher than 10³ cfu/cm² except "A" plant. Even though TBC were maintained at low level of 10³ during slaughtering and processing, that of final pork product produced by same company showed high number when purchased from local market. And *Listeria monocytogenes* and *Staphylococcus aureus* was detected at working table and pork purchased from retail shops. These results showed that swine farm, water, feeds and pig pen floor were needed to be sanitary measures especially such as washing and disinfection. Present results suggested that slaughtering houses in Korea should be applied HACCP system and SSOP to produce sanitary and clean pork products. Primal processing plants are also needed personal hygienic management and cold chain system would be required to transportation/merchandising steps to minimize microbial growth.

The antimicrobial drugs are widely used for treatment or prevention of infectious diseases of the respiratory and alimentary tracts and in some countries also as growth promoters. To prevent unwanted drug residues entering the human food chain, both government authorities and industries have established extensive control measures. The demands for reliable, simple, sensitive, rapid and low-cost methods for residue analysis of foods are increasing nowadays.

In this 3rd research of 2nd subproject, a rapid prediction test for the detection of the pigs with violative tissue residues of penicillins, tetracyclines and sulfa drugs was established. The recommended therapeutic doses of three penicillins such as penicillin G (withdrawal time; 7 days), amoxicillin (withdrawal time; 14 days) and ampicillin (withdrawal time; 7 days), 4 tetracyclines such as oxytetracycline (withdrawal time; 10 days), chlortetracycline (withdrawal time; 5 days), tetracycline (withdrawal time; 5 days) and doxycycline (withdrawal time; 20 days), and 2 sulfonamides such as sulfadimethoxine (withdrawal time; 14 days) and sulfamonomethoxine (withdrawal time; 7 days) were administered to each group of 10-20 pigs. Blood was sampled before drug administration and during the withdrawal period. The concentration of antimicrobial drugs in plasma, determined by a semi-quantitative ELISA, was compared to that of internal standard (reference control). The absorbance ratio of internal standard to sample (B/Bs) was employed as an index to determine whether tissue residues in a pig were negative or positive. That is, B/Bs ratio less than 1 was considered to be residue positive and that larger than 1 to be negative.

All 60 plasma samples (diluted by 10 fold) from non-treated pigs showed negative in

3 penicillin antibiotic residues using 4 $\mu\text{g/kg}$ penicillin as reference control. Penicillin G could be detected in plasma of pigs treated it until 4th day of its withdrawal period and ampicillin until 2nd day of its withdrawal period, and amoxicillin could be detected until 10th day of its withdrawal period.

All 55 plasma samples from non-treated pigs showed negative in 4 tetracyclines antibiotic residues using 10 $\mu\text{g/kg}$ oxytetracycline as reference control. Oxytetracycline could be detected in plasma of pigs treated it until 8th day of its withdrawal period (diluted plasma by 10 fold, 10 $\mu\text{g/kg}$ reference control) and chlortetracycline until 4th day of its withdrawal period (undiluted plasma, 100 $\mu\text{g/kg}$ reference control), tetracycline could be detected until 3rd day of its withdrawal period (undiluted plasma, 50 $\mu\text{g/kg}$ reference control) and doxycycline could be detected until 20th day of its withdrawal period (undiluted plasma, 50 $\mu\text{g/kg}$ reference control).

All 40 plasma samples from non-treated pigs showed negative in 4 sulfonamide residues. Sulfadimethoxine and sulfamonomethoxine (diluted plasma by 20 folds) could be detected in plasma of pigs treated it until 14th and 5th day of their withdrawal periods using 10 $\mu\text{g/kg}$ sulfadimethoxine as reference control.

Based on the experimental results, it may be concluded that the semi-quantitative ELISA could be easily adapted in predicting tissue residues for penicillin, tetracycline antibiotics, and sulfa drugs in live pigs.

The 4th research of the 2nd subproject was designed to isolate and identify the causative microorganisms in respiratory and digestive diseases which induce the reduction of productivity and inhibition of safe and high quality pork production. The study was also designed to determine the molecular and serological characteristics of causative pathogens and therefore, provide the most reliable way in pig farms. Correct vaccine program for induction of specific antibody in host and investigation of prevalent pathogens in the field can provide the efficient method to prevent diseases causing reduced productivity and production of low quality pork. It was found that a alternative method to substitute for antibiotics was applied to prevent drug residue problem in human. Nonspecific immunostimulators which may enhance host defensive system can be useful for pig industry. In particular, identification of major causative pathogens and establishment of efficient way to prevent animal from diseases should be examined. It is interesting to note that present research results has provided the effective way to prevent major diseases in pig industry in current situation in Korea. Isolation and identification of major pathogens causing respiratory and digestive diseases at regular basis can reveal the most appropriate protocol

applied in pig industry. Isolation and identification of viruses and bacteria and determination of their pathogenic characteristics at molecular level and analysis of mutation pattern of isolated microorganisms which can induce different diseases symptoms have been examined in this study. The most effective antimicrobial reagents were selected and applied to pig farms and appropriate vaccine program was recommended through the outcome of present studies. In addition, alternative method substituting antibiotics was examined using nonspecific immunostimulators.

Isolated microorganisms causing major respiratory and digestive diseases were resistant to most antibiotics. Among major pathogens, *E. coli* showed different toxin-producing property by year, consequently investigation of isolation and identification of pathogens should be regularly conducted to define the pattern of pathogenic characteristics. It was apparent that molecular and biochemical determination of isolated pathogen can also be an excellent clue to establish the efficient method to prevent diseases.

Prudent use, careful choice of antibiotics and antibiotic susceptibility test at regular basis should be recommended. Prevention and preparedness should be prior to treatment and this can avoid the possible antibiotic residue problems in human.

Correct vaccination program to prevent pigs from major respiratory and digestive diseases should be performed and the program should be established at each farm to maximize the effectiveness of prevention.

The results of 3rd subproject may be summarized as follows:

Present results suggested a standard integrated system for control of the environment in the sow and litter, nursery, growing and fattening houses, which were proven environmentally sound through field experiments. The heat pump developed by current research project was proven to efficiently modify the thermal environment of pig houses, and can be applied to the field for lowering and/or raising temperature and/or humidity of the houses. The integrated environmental control system coded with Visual C++, and Visual Basic provided us with optimum thermal environment assuring by the field data including indoor temperature, humidity, harmful gases, air velocities, and dust density.

The followings are the anticipated effects which were acquired by the 3rd subproject:

1. Technological and environmental aspects:

1) can acquire a standard design of environmental control system for swine structures with the growth phases which were environmentally- validated.

2) can improve the pig productivity by providing optimum environment to pigs by developing the precision control logics.

2. Economic and industrial aspects

1) can save expenses to design swine house if they use a standard blueprint of the swine houses with the growth phases.

2) can reduce labor-cost by automation of the environment control system.

3) don't have to pay for the royalty to foreign company by developing an integrated control system, good for the local climate and the production environment.

4) improve swine production by environmentally-validated control system to reduce disease outbreak in enclosure.

Suggestions for easy-access to the outcomes of the 3rd subproject for field application are as follows:

1. request to take an appropriate step in adopting the integrated environment control system for maintaining optimum environment of the swine houses with growth phases.

2. try to commercialize the integrated environment control system with growth phases through National Agriculture Cooperatives Federation (NACF) and their districts offices.

3. try to build a demonstration swine house in Gyonggi-do for educational and training purpose.

CONTENTS

Chapter 1. Introduction	44
Section 1. Background of the Research Project	44
Section 2. Objectives of the Research Project	47
Chapter 2. Studies for the Development of Clean Pork Production System (1st Subproject)	50
Section 1. Studies on the Determination of Optimum Nutrients Level and Re-evaluation of Supplied Nutrient for Early Weaned Pigs	50
1. Effects of lysine:DE ratio on the growth performance and nutrient digestibility in weaned pigs	50
2. Study on the development of the optimum feeding regimen for pigs weaned at 21 days of age in Korea	62
3. Energy efficiency and nutrient deposition in early-weaned pigs, according to fat sources containing different acidic series	73
4. Nutritional value of various fat sources for early weaned pigs	83
5. Effect of different spray dried plasmas on growth, ileal digestibility, immunity and health of early weaned pigs challenged with E. Coli K88	90
6. Optimum lactose:sucrose ratio for the pigs weaned at 14 days of age	97
7. Utilization of fat sources in pigs weaned at 21 days of age	111
Section 2. Studies for the Development of the Feed Processing Technologies for Early Weaned Pigs	124
1. Effects of extruded full fat soybean in early-weaned piglets	124
2. Effects of sodium sulfite and extrusion on the nutritional value of soybean meal in piglets weaned at 21 days	136
3. Effects of extruded corn and wheat grain on growth performance and nutrient digestibility in early-weaned pigs	146
4. Effects of feed processing method on growth performance in early weaned pig	157

Section 3. Studies for the Development of Feeding Strategy and Nutrient Evaluation for Growing-Finishing Pigs	166
1. Effects of dietary lysine levels on growth performance and nutrient digestibility of boars and gilts	166
2. Effects of phase feeding on growth performance, nutrient digestibility and nutrient excretion of growing barrows and gilts	175
3. Effects of phase feeding on growth performance, nutrient digestibility, nutrient excretion and carcass characteristics of finishing barrows and gilts	186
4. Effects of feeding strategy and utility on growth performance, disease and meat quality in pigs	197
5. Optimal lysine:DE ratio for growing pigs of different sexes	231
6. Dietary optimal SAA:lysine ratio for both barrows and gilts	241
7. Determination of the optimum feeding regimen for growing pigs in different sexes	250
8. Optimal threonine:lysine ratio for growing pigs of different sexes .	262
9. Determination of optimum market weight	272
Section 4. Studies for the Development of Antibiotic-Free Diet	278
1. Study on the development of antibiotic-free diet for weaned pigs .	278
2. Study on the development of antibiotic-free diet for growing-finishing pigs	283
Section 5. Determinations of Optimal Vitamin-Mineral Premixes for Pigs	292
1. Effects of inclusion levels of dietary vitamins and trace minerals on growth performance and nutrient digestibility in growing pigs .	292
2. Effects of inclusion levels of dietary vitamins and trace minerals on growth performance and pork stability in finishing pigs	300
3. Effects of inclusion levels of dietary vitamins and trace minerals on growth performance and pork stability in late finishing pigs .	309
4. Effects of vitamin E and selenium on growth performance and meat quality in finishing pigs	316
 Chapter 3. Studies for the Development of Clean and Cold Storage Pork Production System	 323
(2nd Subproject)	

Section 1. Investigation of Cause of PSE Pork Incidence and Development of Solutions	323
1. Investigation of PSE pork incidence on breeding condition and pre-slaughter factors	323
2. Investigation of PSE incidence and PSE pork quality traits on pre-slaughter factors	337
3. Development of predicting standard of meat quality for PSE meat	354
4. Development of predicting measurement method in domestic PSE Pigs	366
5. Detection of PSS pigs by halothane test	382
6. Development of easy carcass measurements on PSE meat	392
Section 2. Studies on the Minimization of Microbial Growth for the Production of Clean Pork	403
1. Introduction	403
2. Material and Methods	404
3. Results and Discussion	407
4. Summary and Suggestion	427
5. References	429
6. Appendices	431
Section 3. Development of Live Animal Tests for Antimicrobials	468
1. Introduction	468
2. Materials and Methods	471
3. Results and Discussions	478
4. Summary	489
5. References	490
Section 4. Studies on Causative Microorganisms and Their Antimicrobial Resistance in Safe and High Quality Pork Production	493
1. Introduction	493
2. Materials and Methods	493
3. Results and Discussion	501
4. Summary	520
5. References	523

Chapter 4. Developments of the Optimum Environmental Control

System of the Pig Houses with the Growth Phases	527
(3rd Subproject)	
Section 1. Analysis of Typical Confined Pig House	527
1. Farrowing/sow house	527
2. Nursery pig house	544
3. Growing/farrowing house	555
4. References	562
Section 2. Application and Design of Heat Pump for Heating/Cooling	
Indoor Environment of the Pig Houses	568
1. Air-water heat pump system	568
2. Design of the heat pump	569
3. Experiment method	569
4. Results and discussion	570
5. References	573
Section 3. The Design and Application of the Integrated Environment	
System	579
1. Operation logic of the integrated environment system with growth phases and seasons and the system development	579
2. Rearrangement and application of the integrated environment control system	585
3. References	589
Section 4. Appendix	595

목 차

제 1 장 서 론	44
제 1절 연구개발의 필요성	44
제 2절 연구의 목적	47
제 2 장 청정 돼지돈육 생산기술 개발에 관한 연구	50
<제 1세부과제>	
제 1절 조기이유자돈을 위한 최적 영양소 수준 결정 및 최적 영양소 공급원 재평가에 관한 연구	50
1. 사료내 라이신:에너지 비율이 이유 자돈의 성장 및 영양소 소화율에 미치는 영향	50
2. 21일령 이유자돈을 위한 한국형 다단계 사양체계 개발에 관한 연구	62
3. 보호 또는 비보호 유기산 및 사료내 buffer 특성이 자돈의 성장과 장 내용물의 특성 및 영양소 소화율에 미치는 효과 ...	73
4. 자돈에 있어서 여러 가지 지방 공급원의 영양적 가치에 관한 연구	83
5. 서로 다른 혈장단백질이 <i>E. Coli</i> 에 감염된 이유자돈의 성장, 회장 소화율, 면역성 그리고 건강에 미치는 효과	90
6. 14일령 이유자돈을 위한 적정 Lactose:Sucrose 비율	97
7. 21일령 이유 자돈에서의 지방 공급원의 이용	111
제 2절 조기이유자돈 사료의 가공 방법 개발에 관한 연구	124
1. 조기 이유 자돈에서 익스트루전 처리된 전지 대두박의 효과 .	124
2. Na ₂ SO ₃ 와 익스트루전의 처리 대두박이 21일령 이유자돈의 성장과 영양소 소화율에 미치는 영향	136
3. 익스트루전 처리 옥수수과 밀이 조기이유자돈의 성장률과 영양소 소화율에 미치는 영향	146
4. 사료의 가공방법이 조기이유자돈의 성장에 미치는 영향	157
제 3절 육성비육돈을 위한 새로운 사양체계 및 영양소 요구량에 관한 연구	166
1. 사료내 라이신 수준이 육성돈 수태지와 암태지의 성장과	

영양소 소화율에 미치는 영향	166
2. 기별사양이 거세 육성돈과 암퇘지의 성장, 영양소 소화율과 영양소 배설에 미치는 효과	175
3. 기별사양이 거세 비육돈과 암퇘지의 성장, 영양소 소화율, 영양소 배설량 및 도체특성에 미치는 효과	186
4. 사양 프로그램 및 사육시설이 돼지의 성장, 질병 및 돈육의 품질에 미치는 영향에 관한 연구	197
5. 육성돈의 성별에 따른 적정 라이신:에너지 비율에 관한 연구	231
6. 육성돈 성별에 따른 사료내 적정 함유황아미노산:라이신 비율 설정을 위한 연구	241
7. 육성돈에서 성별 적정 단계별 사양체계에 관한 연구	250
8. 육성돈에 있어서 최적 트레오닌:라이신 비율	262
9. 출하체중별 최대 수율 결정을 위한 연구	272
제 4절 항생제 무첨가 양돈사료의 개발에 관한 연구	278
1. 항생제 무첨가 이유자돈 사료 개발에 관한 연구	278
2. 육성·비육돈을 위한 항생제 무첨가 사료개발을 위한 연구 ...	283
제 5절 양돈 사료내 vitamin-mineral 첨가 수준 결정을 위한 연구 ..	292
1. 비타민과 미량광물질의 첨가수준이 육성돈의 성장과 영양소 소화율에 미치는 영향	292
2. 비타민과 미량광물질의 첨가수준이 비육돈의 성장과 돈육의 안정성에 미치는 영향	300
3. 사료내 비타민과 미량광물질의 첨가수준이 비육말기 돼지의 성장과 돈육의 저장성에 미치는 영향	309
4. 사료내 비타민 E와 Selenium의 첨가수준이 비육돈의 성장과 육질에 미치는 영향	316
제 3 장 청정 냉장돈육 생산기술 개발에 관한 연구	323
<제 2세부과제>	
제 1절 이상육 (PSE) 발생 원인 구명과 발생억제 방법개발	323
1. 사육조건 및 도살전 요인에 따른 PSE육 발생현황 구명	323
2. 도살전후 처리방법에 따른 PSE육 발생현황 및 PSE육 육질특성 구명	337
3. PSE육 판정을 위한 육질 판정기준 개발	354
4. 국내의 PSE육 발생억제방법의 개발	366

5. Halothane test에 의한 PSS돈의 검출	382
6. PSE육 조기판정을 위한 신속측정방법의 개발	392
제 2절 위생적인 돈육생산을 위한 미생물 최소화 방안에 관한 연구	403
1. 서 론	403
2. 재료 및 방법	404
3. 결과 및 고찰	407
4. 요약	427
5. 참고문헌	429
6. 별 첨	431
제 3절 항균성 물질 생체검사법 개발에 관한 연구	468
1. 서 론	468
2. 재료 및 방법	471
3. 결과 및 고찰	478
4. 요약	489
5. 참고문헌	490
제 4절 청정 돈육생산 저해 질병 원인체 및 내성균 발현 억제에 관한 연구	493
1. 서 론	493
2. 재료 및 방법	493
3. 결과 및 고찰	501
4. 요약	520
5. 참고문헌	523
제 4 장 사육단계별 적정 환경제어 시스템 개발에 관한 연구	527
<제 3세부과제>	
제 1절 우리나라 대표적 무창돈사의 환경분석 (환기시스템 및 열환경 및 물리적 환경분석)	527
1. 임신/분만사	527
2. 자돈사	544
3. 육성/비육사	555
4. 참고문헌	562
제 2절 Heat pump를 이용한 냉난방 시스템 설계 및 적용	568
1. 공기-물 heat pump 시스템의 구성	568

2. Heat pump의 설계	569
3. 실험방법	569
4. 결과 및 고찰	570
5. 참고문헌	573
제 3절 통합환경제어시스템의 시스템 설계 및 적용	579
1. 계절별, 사육단계별 환기시스템의 이론적 운영전략 및 제어기 개발	579
2. 재구축한 종합환경시스템의 일체형 환경현장연구	585
3. 참고문헌	589
제 4절 부 록	595

제 1 장 서 론

제 1절 연구개발의 필요성

수출산업으로서 양돈사업의 증진을 도모하기 위해서는 양돈장 및 도축공장등에서 다각적인 개선책이 논의되어지고 이를 현장에 실제로 적용할 수 있어야 한다. 또한 생산의 시작은 사양관리에서 부터라는 생각을 가지고 사양단계에서부터 수출용 고품질 청정돈육생산을 위한 개선이 이루어져야 한다. 먼저, 조기이유의 실현을 통하여 건강한 자돈을 생산하고, 성장률을 개선하여 출하일령을 단축시킴으로서 돈육생산비를 절감할 수 있는 방법이 마련되어야 한다. 그러나 여러 가지 어려움 때문에 국내에서는 조기이유를 시행하기 어려운 위치에 있다고 보여지며, 국내 조기이유방식의 정착을 위해서는 지금까지 국내외에서 이루어진 연구결과의 명확한 해석과 더불어 이를 국내에 적용할 수 있는 구체적인 모델이 개발되어야 할 것이다. 또한 사육단계별 사양체계의 개발을 통하여 성장률을 개선하여 돈육생산비 절감은 물론 육질개선효과를 가져올 수 있으며, 수출경쟁력을 높일 수 있을 것이다. 현재 한국의 양돈산업은 돈육시장의 개방에 따라 국제경쟁력을 높여야만 하는 상황에 있다. 수출경쟁력 확보를 위해서는 규격화된 청정돈육의 생산이 매우 중요하다. 이러한 규격 청정돈을 생산하기 위해서는 사양단계에서부터 암수 분리사육이나 적정 출하일령의 조정등으로 최대 수출과 우수한 육질의 돈육제품을 생산해 내는 것도 필요하다. 나아가 생산비의 절감에 의한 수출 돈육제품의 가격 경쟁력을 확보할 수 있다. 또한 영양소의 낭비를 줄여 막대한 수입원료의 사용량을 절감할 수 있을 것으로 본다. 국내적으로도 국민소득의 향상과 더불어 식생활 패턴의 변화로 육류소비가 꾸준히 증가하고 있고, 소비자는 보다 위생적이며 양질의 돈육을 원하고 있다. 또한 수입개발에 따라 외국산 냉장 돈육과의 경쟁이 본격화될 것으로 보여, 국내산 돈육에 대한 국제적 수준으로의 품질향상 및 위생수준 향상이 요구되고 있다.

최근에 이르러 돈육 수출이 증가하고 있어 돈육의 생산비를 절감하고 수출용 고품질 청정돈육생산이 절실히 요구되고 있는 실정이다. 돈육의 품질을 국제적인 수준으로 향상시키고 위생적인 안전성을 확보하기 위하여 사양, 도축, 가공 그리고 유통과정에서 일관된 관리체계를 유지하여야 한다. 그러나 우리의 실정은 제한된 공간에 밀집 사육하면서도 돈사 환경제어 프로그램이 확립되어 있지 않으며, 종합적인 질병 예방 및 관리 프로그램이 없는 실정이다. 그리고 조기 이유 사료와 비육돈 후기 사료의 개발이 미진하여 번식장애와 유해물질 잔류등의 문제점을 야기하고 있다. 도축장 시설과 운용이 전근대적이어서 도체의 안정성 확

보는 기대하기 어려운 실정이다. 광범위한 항균성 물질의 오·남용으로 내성균의 발현율을 높임으로서 가축의 질병 치료를 어렵게 하며 나아가서는 사람의 건강에도 영향을 미칠 수도 있을 것이다. 유통과정에서도 cold chain이 제대로 가동되지 않아 병원 미생물에 의한 중독증의 위험도 상재하고 있다. 이와 같은 가축 생산 기술의 취약성에 의하여 생산성이 저하되어 국제 경쟁력을 잃지 않을까 우려되며 안정성이 확보되지 않아 소비자인 국민으로부터 외면 당하지 않을까 염려된다. 따라서 고품질 규격돈 생산의 장애 요인을 극복할 수 있는 종합적인 대책이 필요하다.

근래에 이르러 소비자의 육류에 대한 선호도가 지방함량이 적은 살코기형으로 바뀌고 있으며, 이에 부응하여 육종계획 또한 성공적으로 지방이 적고 살코기 함량이 많은 돼지 품종을 개발하기에 이르렀다. 그러나 근육내 지방함량이 적은 살코기형 돈육의 등장과 함께 육질의 변이가 심해져 육색과 육보수성에 큰 차이가 나타났으며, 그 결과 소비자가 이와같은 PSE육을 구입할 확률이 높아졌다. 이는 곧바로 소비자의 기호성에 영향을 미치며 상대적으로 돈육 구매의욕을 떨어뜨리게 된다. 이러한 비정상육의 출현과 함께 유통업자도 적절한 가공처리가 어려워지게 되며, 돈육수출에도 나쁜 영향을 미치게 된다. 그러나 사육조건, 수송방법, 계류, 도축전 처리방법등에 의한 PSE육 발생원인 구명에 대한 체계적인 연구가 거의 이루어져 있지 않았고, PSE육 발생 억제방안에 대한 연구도 전무한 실정이다. 따라서 성별, 사양방법, 돈사조건, 수송방법 및 거리, 계류방법 및 도살전후 처리방법 등이 돈육의 품질에 미치는 영향을 구명하고 PSE육 발생을 억제하는 방안을 개발하는 것이 무엇보다 필요하다고 할 수 있다.

우리나라의 경우 열악한 사양 환경에 때문에 호흡기 질병과 소화기 질병의 발병율이 증가하고 있어 항생제를 비롯한 항균성 물질에 대한 의존도가 세계 어느 나라 보다도 높은 실정이다. 따라서 항균성 물질의 오·남용으로 기인한 내성균 발현 감소와 항균성 물질의 조직내 잔류 방지에 관한 연구, 조직중의 항균성 물질 잔류를 측정할 수 있는 생체 검사법 개발에 대한 연구가 반드시 이루어져야 한다. 또한 우리나라는 이제까지 도축장과 가공장이 위생관리 시스템이 허술하여 병원성 세균에 의한 오염 가능성이 크기 때문에 미생물학적 HACCP 개념의 도입에 대한 연구도 시급하다 할 것이다.

전세계적으로 양돈산업에 있어서 총생산비 중 질병에 의한 피해액 비중이 매우 높은 실정이다. 질병이 발생하는 원인은 매우 다양하지만 돈사의 시설에 따른 영향도 매우 크다. 우리나라의 경우 겨울에는 저온건조하고 여름에는 고온다습하며, 기온의 연교차가 매우 크며, 일교차도 10℃ 이상인 날이 자주 나타나므로 혹서, 극한의 외기상 및 연일 기온편차에 대응할 수 있는 우리나라 기후조건에 적합한 성장단계별 돈사의 정성적 설계 및 환경 제어시스템 개발이 시급하다. 아울러

러 이러한 정성적 설계 및 환경제어 시스템에 따라 완성된 환경 검증형 돈사에 대해 실제 양돈농가에서 직접 적용할 수 있도록 이에 대한 안정성 여부가 가려져야 한다. 따라서 각 세부과제의 연계적 연구수행을 통해 환경검증형 돈사의 생물학적, 수의 병리학적 및 공학적 안정성을 검증하고 이를 실제 농가에 보급할 수 있는 기초를 마련해야 할 것이다.

따라서 본 연구에서는 돼지의 성장 단계 및 성별에 따른 최적 사양방법을 개발함과 동시에, 질병으로부터 상대적으로 안전한 돈육 생산을 위해 국내 실정에 맞는 조기이유 기술개발을 위한 영양, 사료학적 접근을 시도하였다. 그리고 돼지의 성별, 사양방법, 돈사조건, 수송방법 및 거리, 계류방법 및 도살전후 처리방법 등에 따른 돈육의 품질에 미치는 영향을 구명하여 PSE육 발생을 억제하는 방안을 개발하였고 청정 냉장 돈육 생산을 위하여 인수공통전염병 원인균들의 돈육중 오염을 예방하기 위한 미생물학적 HACCP 개념도입에 관한 연구를 하였다. 그리고 무분별한 항균성물질의 사용에 따른 항균성 물질의 조직내 잔류를 예방하기 위한 예방 접종 프로그램 개발을 시도하고 나아가 환경 검증형 돈사에 대한 생물학적, 수의 병리학적 및 공학적 검증을 통해 그 안정성을 입증하고 이를 농가에 보급할 수 있는 기초자료로서 제공하여 청정 돼지고기 산업화를 위한 기술적 지원체계를 구축하였다.

제2절 연구의 목적

제 1세부과제 : 청정 돼지 돈육 생산기술 개발에 관한 연구

제 1세부과제의 연구목적은 주로 청정 돼지고기 생산기술 개발을 위한 사양 체계 및 영양소 수준 그리고 영양소 공급원에 대하여 초점을 맞추었다. 최근 국내외적으로 출하 일령을 앞당기고 모돈의 생산성을 향상시키기 위한 노력이 이루어지고 있다. 현재 우리나라에서 이유를 전후한 약 21일령까지의 조기 이유자돈의 폐사율은 연간 약 30%에 이르러 양돈 생산성 향상에 막대한 저해요인이 되고 있는 형편인데, 우리나라 자돈 폐사의 주 원인은 불량한 영양상태 및 사양관리에서 비롯된 항병력 감소에 기인하는 것으로 나타났다. 최근 새로운 조기 이유 기술인 SEW (Segregated Early Weaning)가 개발되어 졌는데, 이 기술은 최소한의 백신과 항생제만을 이용하여 여러 병원균에 만성적으로 감염되어 있는 모돈군으로부터 건강한 돼지를 생산하는 기술로서, 이유일령에 돼지를 격리함으로써 전염성 질병의 전이를 방지하거나 최소화하여 생산성을 향상시키는데 일차적인 목표를 둔 전염성 질병 조절 과정이다. 이 때 이유일령의 단축 및 건강상태의 개선에 따른 영양적인 대책에 대한 연구가 필요하며, 더욱이 우리의 실정에 맞는 조기 이유기술의 개발은 필수적이다. 따라서 본 연구에서는 조기이유자돈의 영양소 수준과 영양소 공급원의 재평가에 대한 연구를 통하여 영양적인 측면에서 조기이유자돈의 건강과 최적성장을 유지하는데 그 목적을 두고 연구를 수행하였다.

한편, 국민소득이 증가함에 따라 소비자들의 육류소비가 증가하고 고품질 청정돈육에 대한 요구가 늘어가고 있는 형편이다. 또한 수출육에 대한 규격화가 시급하게 이루어져야 할 때이기도 하다. 따라서 본 연구에서는 육성비육돈의 경우 육질을 개선하고 청정돈육을 생산하기 위한 목적으로 항생제 무첨가 사료 및 돈육에 대한 연구, 육성비육돈을 위한 새로운 사양체계 확립 그리고 고급육을 생산하기 위한 여러 가지 첨가제와 사양방법에 대한 연구도 수행하였다.

제 2세부과제 : 청정 냉장돈육 생산기술 개발에 관한 연구

1. 제 2세부과제의 첫 번째 목적은 이상돈육 (PSE육) 발생원인을 구명하고 발생억제방법을 개발하기 위한 것이다. 세부 내용으로는 성별, 사육조건, 수송시간, 계류, 도축전후 처리방법 등에 의한 PSE육 발생원인을 구명하여 PSE육 발생억제 방안을 제시하고, PSE육 판정을 위한 육질판정기준을 개발하며, halothane test에 의한 PSS돈 검출방법을 농장에 적용하여 유전적 요인에 의한 육질 및 도체특성

을 조사하며, 더 나아가 PSE육 조기 판정을 위한 신속측정방법을 개발하는데 있다.

2. 2세부과제의 두 번째 연구는 위생적인 돈육 생산을 위하여 돈육의 미생물 수준을 10^3 까지 낮출 수 있는 위생관리 방안을 모색하여 소비자에게 안전하고 위생적인 돈육을 공급하여 건전한 국민식생활 향상에 기여하고자 하는 목표 하에 수행되었다. 이러한 목표 달성을 위하여 돈육 생산단계인 사육, 도축, 가공 및 유통의 모든 단계에서 미생물의 증감 및 위해 요소를 조사하고, 각 단계에서 발생할 수 있는 정확한 위해 요인을 정리하였고, 수집된 위해 정보를 활용하여 사육 단계에서 위해 요소를 최소화할 수 있는 지침서 및 도축장과 1차 가공장의 위생 관리규범 (Sanitary Standard Operating Procedure, SSOP)과 HACCP 적용 방안을 개발하여 우리 나라에서 위생적인 돈육 생산을 위한 종합적인 Total Quality Management 표준안을 개발하기 위하여 수행하였다.

3. 농림부에서는 잔류물질 국가검사계획 (National Residue Program)을 수립하여 육류를 대상으로 도축 후 잔류검사를 실시하고 있다. 이 검사법은 사후검사법으로서 검사결과를 얻을 때에는 해당 축산물은 이미 유통 중에 있어 식품 안전성을 확보하는데 허점이 있다. 선진 외국의 경우 잔류검사 결과, 잔류허용기준을 초과할 경우 해당 농장을 추적하여 원인을 구명하고 재발할 경우 벌금 부과, 도축검사 강화 등의 상응하는 조치를 취함으로써 재발방지를 위한 대책을 강구하고 있으나 국내에서는 도축용 가축의 유통상 복잡함 때문에 사양 농가의 추적에 어려움이 있어 외국에서와 같은 조치를 취할 수 없다. 따라서 제 2세부과제의 세 번째 연구목적은 도축전에 가축의 혈액을 채취하여 혈중 농도를 신속히 측정함으로써 항균성물질의 조직중 잔류를 예측할 수 있는 ELISA기법을 활용한 생체검사법을 개발하는데 목적이 있다.

4. 제 2세부과제의 네 번째 연구목적은 국내 양돈산업의 주요 생산 저해 질병인 호흡기 질병 및 소화기 질병을 대상으로 주요 원인균을 분리, 혈청형을 규명하여 치료약제를 선별하고 이에 대한 야외 적용 효과를 조사하며, 주요 원인균별로 백신을 투여하여 항체형성 유무 및 질병 발생 상황을 조사하여 청정돈 생산의 기틀을 마련하는 것이다. 또한 최근 항생제 내성균이 출연과 항생제 잔류 문제가 대두되고 있는 시점에서 항균물질이 아닌 비특이 면역증강제 및 생균제제 등을 투여하여 비특이 면역증강제의 야외 적용효과를 조사하고, 양돈장별 주요 질병 분포를 파악하여 질병 차단 프로그램을 개발하는 것이다.

제 3세부과제 : 사육단계별 적정 환경제어 시스템 개발에 관한 연구

1. 돈사의 환경제어시스템의 설계는 돼지의 성장단계와 환경변수와의 관계

즉, 열환경, 생물·화학적 환경 등이 돼지의 생산성에 미치는 영향에 대한 이해가 선행되어야 하며, 구체적으로 돼지에게 생리적으로 쾌적한 상태의 생주환경을 제공하기 위하여 돈사내 온도, 습도, 먼지 및 유해기체의 농도, 공기속도와 공기유형태 (air flow patterns) 등에 적정범위에 있도록 제어해야 한다. 그러나 이들 환경변수들을 하나의 제어시스템에 복합시키는 것 (integration)은 거의 불가능한 일이다. 제 3세부과제는 환경변수중 온도, 습도를 복합변수를 인식하여 돈사의 실내환경을 제어할 수 있는 통합환경제어 시스템을 개발하는 데 1차적 목적을 두고 수행되었다.

2. 우리 나라는 여타 축산선진국과 달리, 혹서기와 혹한기의 두 극한기상조건 (two extreme weather conditions)이 존재하며, 이 기간중에는 환기로만은 돈사내 적정 온도와 습도를 제어할 수 없다. 그러므로 환기공기를 적정온도 및 습도로 조절하기 위하여 보조열원이 필요하며, 가온과 감온, 가습 등의 다기능을 가지고 있는 시스템은 일반적으로 heat pump로 알려져 있다. 따라서, 제 3세부과제는 우리 나라의 기상조건과 경제성, 효율측면에서 공기조화시스템인 heat pump의 현장 적용 가능성을 검증하는 데 2차적인 목적을 두었다.

제 2 장 청정 돈육 생산기술 개발에 관한 연구

제 1절 조기이유자돈을 위한 최적 영양소 수준 결정 및 최적 영양소 재평가에 관한 연구

1. 사료내 라이신:에너지 비율이 이유자돈의 성장 및 영양소 소화율에 미치는 영향

가. 서 론

현대 양돈산업에 있어서 돼지들은 살코기가 많은 고기의 생산과 영양소 요구량을 만족시키기 위해 개량되어져 왔다. 특히 이유 자돈에 있어서 라이신 요구량은 조기 격리 이유자돈을 위한 사양 체계에서 증가되어 왔다. 라이신은 돼지에 있어 옥수수과 대두박을 기초로 한 사료가 전통적으로 제 1 제한 아미노산으로 간주되어져 왔다. 돼지의 라이신 요구량은 식이 단백질 수준 (Easter와 Baker, 1980), 사양체계 (Batterham과 Murison, 1991), 살코기 생산을 위한 능력 (Stahly 등, 1994)과 사료에서 다른 제한 아미노산의 균형 (Gatel과 Fekete, 1989)과 같은 요소들에 영향을 받을 수 있다. 그러나, 돼지는 에너지 요구량을 맞추기 위해서 사료를 섭취한다. 즉, 사료의 에너지 수준은 돼지에게 있어서 자발적인 사료 섭취와 필수 영양소 섭취를 조절하기 위한 가장 중요한 요소라고 하겠다.

최근에 양돈 산업에서 중요시 되고 있는 것은 좀 더 지방이 적은 돈육을 원하는 소비자의 요구를 만족시키기 위해 유전적 선발과 영양을 통해 살코기의 생산을 최대화 하는 것이다.

1998년에 NRC는 아미노산과 에너지는 많이 관계되어 있기 때문에 라이신:에너지 비율의 측면에서 라이신 요구량을 이용하는 것이 더 적당하다고 권유하고 있다.

이유자돈에 대한 최적 라이신:에너지 비율과 관련된 여러 가지 결과들이 있었는데, 연구 결과가 각 실험자들마다 다른 이유는 원료사료의 차이와 사료의 단백질과 에너지 수준과 체중, 유전자형과 실험에 이용된 돼지의 연령의 차이에 의한 것이라고 할 수 있다. 이런 이유 때문에 최적 라이신:에너지 비율에 대한 결론을 내리는 것이 쉽지 않고, 게다가 성장이 빠른 5-20kg의 생체 체중에 대한 최적 라이신:에너지 비율에 대한 정보가 20kg이 넘는 생체 체중을 지닌 돼지의 라이신:에너지 비율에 대한 정보보다 부족하기 때문이다.

그러므로 본 실험은 성장이 빠른 이유 자돈의 최적 라이신:에너지 비율을 추정하고 이유자돈에 있어서 성장율과 영양소 소화율에 있어서 라이신:에너지 비율을 측정하기 위해서 수행되어졌다.

나. 재료 및 방법

총 100마리의 5.70 ± 0.14 kg인 21일령 이유 돼지 (Yorkshire \times Landrace \times Duroc) 가 실험에 이용되었고, phase I (0-14일)에서는 두 수준의 라이신:에너지 비율 (4.4

표 2-1-1. 사료배합율와 영양소 함량

가스화에너지 라이신수준	Phase I (0~14 일)				Phase II (15~28 일)			
	3,400 kcal		3,600 kcal		3,300 kcal		3,600 kcal	
	1.50%	1.65%	1.62%	1.75%	1.45%	1.62%	1.54%	1.72%
성분 (%)								
옥수수	35.13	35.13	28.83	28.83	49.49	49.49	43.34	43.34
대두박 (44%)	16.00	16.00	16.00	16.00	27.00	27.00	27.00	27.00
전지유	10.00	10.00	10.00	10.00	-	-	-	-
대용유	16.00	16.00	16.00	16.00	5.00	5.00	5.00	5.00
유당	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00
건조혈장단백	2.20	2.20	2.20	2.20	-	-	-	-
혈분	2.40	2.40	2.40	2.40	2.20	2.20	2.49	2.49
어분	1.46	1.16	1.87	1.87	-	-	-	-
어유	1.74	1.74	7.16	7.16	-	-	5.42	5.42
MCP	1.47	1.47	1.49	1.49	1.96	1.96	2.03	2.02
석회	0.71	0.70	0.66	0.65	1.17	1.17	1.13	1.12
라이신	0.10	0.29	0.25	0.41	0.37	0.59	0.47	0.70
메치오닌 (50%)	0.68	0.84	0.87	1.02	0.65	0.83	0.79	1.00
트레오닌 (50%)	0.49	0.65	0.68	0.85	0.45	0.64	0.59	0.80
글루타민	0.50	-	0.47	-	0.59	-	0.62	-
비타민 ¹	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30
광물질 ²	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17
소금	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20
항생제(Apramycin)	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20	0.02
Cr ₂ O ₃	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25
합계	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00
화학적 조성 ³								
가스화에너지 (Mcal/kg)	3.40	3.40	3.60	3.60	3.30	3.30	3.50	3.50
조단백질 (%)	21.50	21.50	21.50	21.50	20.25	20.25	20.25	20.25
칼슘 (%)	0.90	0.90	0.90	0.90	0.90	0.90	0.90	0.90
인 (%)	0.80	0.80	0.80	0.80	0.80	0.80	0.80	0.80
라이신	1.50	1.65	1.62	1.75	1.45	1.62	1.54	1.72
메치오닌+라이신	0.90	0.98	0.99	1.04	0.87	0.96	0.92	1.02
트레오닌	0.98	1.06	1.05	1.13	0.94	1.03	1.00	1.10

¹ Provided the following per kilogram of diet : vitamin A, 8,000 IU; vitamin D₃, 1,600 IU; vitamin E, 32 IU; d-biotin, 64 μ g; riboflavin, 3.2 mg; calcium pathothenic acid, 8 mg; niacin, 16 mg; vitamin B₁₂, 12 μ g; vitamin K, 2.4 mg.

² Provided the following per kilogram of diet : Se, 0.1 mg; I, 0.3 mg; Mn, 24.8 mg; Cu, 54.1 mg; Fe, 127.3 mg; Zn, 84.7 mg; Co, 0.3 mg.

³ Calculated value.

와 4.9 g/Mcal)과 함께 두 가지 에너지 수준 (3400, 3600 kcal DE/kg)이, phase II (15-28일)에서는 두 수준의 라이신:에너지 비율 (4.4와 4.9 g/Mcal)과 함께 두 가지 에너지 수준 (3300, 3500 kcal DE/kg)으로 2×2 요인법을 적용하였다. 각 처리당 5반복이 있었고, 반복당 5두가 사양시험에 이용되었다.

결과적으로, 처리들은 LL (낮은 에너지와 낮은 라이신:에너지 비율), LH (낮은 에너지와 높은 라이신:에너지 비율), HL (높은 에너지와 낮은 라이신:에너지 비율) 그리고 HH (높은 에너지와 높은 라이신:에너지 비율)이고, 사료는 광물질과 비타민의 NRC (1998) 요구량에 맞추거나 넘는 수준에서 배합되었다.

본 실험에서 영양소 소화율을 측정하기 위해서 지시제로 0.25%의 Cr₂O₃ 가 이용되었다. 실험의 10-12일과 22-24일에는 각각 3일 동안 하루에 두 번씩 각 처리구당 5마리 돼지의 직장을 자극하여 배설물을 채취하여 플라스틱 주머니에 넣은 후 냉동시켰다. 3일이 지난 후 시료들은 화학적인 분석을 위해서 건조시켰다.

다. 결과 및 고찰

1) 성장률

Phase I, phase II 동안 라이신:에너지 비율이 이유 자돈의 일당체량, 일당사료 섭취량과 사료효율에 대한 효과는 표 2-1-2에 나타나 있다.

표 2-1-2. 에너지와 에너지:라이신 수준이 이유자돈의 성장에 미치는 영향

가소화에너지 (kcal/kg)	Lys:DE ¹	Phase I (0~14 일)			Phase II (15~28 일)			Overall (0~28 일)		
		일당 증체량 (g/day)	일당 사료 섭취량 (g/day)	사료 효율	일당 증체량 (g/day)	일당 사료 섭취량 (g/day)	사료 효율	일당 증체량 (g/day)	일당 사료 섭취량 (g/day)	사료 효율
저	Low (4.4)	288	342	1.22	561	845	1.50	424	594	1.40
	High (4.9)	329	351	1.07	589	852	1.44	459	602	1.31
고	Low (4.4)	261	326	1.24	586	823	1.41	424	576	1.36
	High (4.9)	288	326	1.13	592	784	1.33	442	555	1.26
표준오차 ²		10.33	9.24	0.03	12.06	20.52	0.22	9.56	13.78	0.01
에너지수준간										
저		308	347	1.15	575	849	1.47 ^a	441	598	1.36
고		276	326	1.19	589	805	1.37 ^b	433	565	1.31
라이신:에너지간										
저 (4.4)		275	334	1.24 ^a	573	836	1.46 ^a	424	585	1.38 ^a
고 (4.9)		310	339	1.09 ^b	591	818	1.39 ^b	450	578	1.29 ^b
유의성 (P)										
에너지		0.1114	0.2969	0.5065	0.5861	0.3241	0.0055	0.6656	0.2768	0.0961
에너지:라이신비율		0.0824	0.8036	0.0323	0.5153	0.6844	0.0490	0.1953	0.8289	0.0030
에너지×비율		0.7608	0.8272	0.7637	0.6559	0.5839	0.7456	0.6584	0.6297	0.9115

¹ 라이신 g당 Mcal 가소화에너지., ² 표준오차.

^{a,b,c} 같은 줄의 서로 다른 첨자는 P<0.05 수준에서 유의성 있음.

Phase I 기간 동안 처리구간에 일당사료섭취량, 일당증체량과 사료효율에 있어서 특이한 사항은 없었다. 이유자돈의 성장률에 있어서 사료 에너지 농도와 라이신:에너지 비율간의 상관관계는 없었고, 이유자돈의 성장률은 사료 에너지 농도에 영향을 받지 않았다. Phase II 기간 동안 일당사료섭취량, 일당증체량과 사료효율은 처리구들간에 뚜렷하게 다르지는 않았다. 사료의 에너지 농도와 라이신:에너지 비율 사이에는 이유 자돈의 성장률에 있어서 상관관계는 없었다. 그러나, 사료효율은 에너지 수준과 라이신:에너지 비율의 증가에 따라 향상되었다. 전체 기간 동안 일당사료섭취량, 일당증체량과 사료효율에 있어서 처리구들간의 차이점은 발견되지 않았다. 이유자돈의 성장률에 있어서 사료의 에너지 농도와 라이신:에너지 비율 사이에 상관관계는 없었다. 그러나, 높은 일당증체량의 경우는 높은 라이신:에너지 비율을 가지는 경향이 나타났다. 사료효율은 라이신:에너지 비율이 증가되면서 뚜렷하게 향상됨을 알 수 있으나 사료 에너지 농도에는 영향을 받지 않았다.

이 실험에서는 같은 수준의 조단백질이 최적 라이신:에너지 비율을 맞추기 위해서 이용되었기 때문에, 다른 단백질 수준의 뒤섞인 효과가 제거될 수가 있었다. Kyriazakis (1989)는 자발적인 사료의 섭취는 식이 에너지 수준이 계속 유지될 경우에 사료의 단백질 수준에 영향을 받는다는 것을 알게 되었다. 그러나, Campbell과 Taverner (1988), Zhang 등 (1984)은 광범위한 단백질 수준의 동일 에너지 사료는 자발적인 사료의 섭취에 영향을 할 수 없다고 밝혔다. 이와 유사하게, 일정량의 단백질과 다양한 에너지 수준의 이용은 잠재력 있는 뒤섞인 효과를 가져온다고 논의되어졌다. 사료에서 여러 에너지 수준은 여러 지방 수준의 첨가에 의해서 얻어질 수가 있는데, 여러 지방 수준의 첨가는 에너지 소화와 사료의 맛에 영향을 미친다. 그리고 지방의 첨가는 돼지의 에너지 섭취에도 영향을 미친다. (Lewis 등, 1980; Haydon 등, 1989) 그러나, NRC (1998)는 에너지 측면에서 다양한 사료를 섭취하더라도 돼지의 에너지 섭취 측면에서 같다고 발표하였다. Lewis 등 (1980)은 식이 지방 수준과 사료 (0%와 5%)에서의 라이신 요구량 간의 상호 관계는 발견되지 않았다고 하였다. Zhang 등 (1986)은 사료가 16.3% 수준까지 여러 단계의 지방을 포함하고 있을 경우 3주령 돼지에 의해 사료 에너지는 잘 이용되어졌다는 것을 밝혀내었고, 이 실험에서는 처리구들간에 전체 실험 기간중 실제 에너지 섭취량에는 큰 차이가 없는 것으로 나타났다. 이번 연구에서 비록 일당증체량이 전체 실험 기간 동안에 사료 처리에 의해 큰 영향을 받지 않는 것으로 나타났지만, 라이신:에너지 비율에 있어서의 증가로 증체도 있음이 여러 실험 결과를 통해서 나타났다 (Campbell 등, 1985; Gatel과 Grosjean, 1992). 라이신:에너지 비율의 증가에 따른 체중의 증가 비율의 명확한 증가를 알아내는 것이 어려웠던 이유는 사용된 두 가지의 라이신:에너지 비율이 NRC (1998) 혹은

이전의 실험 수행자들 (Rao와 McCracken, 1992; Campbell과 Taverner, 1988)이 설정해 놓은 사양표준보다 조금 높았기 때문이라고 추정되어진다.

이미 여러 성장 단계에 있는 돼지들의 최적 라이신:에너지 비율을 규명하기 위해서 시도된 실험들에 대한 문헌들이 보고되어졌는데 (Rao와 McCracken, 1990a; Nam과 Aherne, 1994), Campbell과 Taverner (1988)는 최적 라이신:에너지 비율이 3.05, Rao와 McCracken (1992)은 3.68, 그리고 Rao와 McCracken (1990a,b)은 돼지 생체중 33-88 kg의 경우는 4.18 g/Mcal의 순서라고 발표하였다.

이 실험은 성장률에 있어서 4.4 g lysine/Mcal DE보다는 4.9 g lysine/Mcal DE의 경우에 더욱 큰 것으로 나타났다. 이 결과는 이전에 출간에 여러 연구들의 값들보다도 상당히 높은 것이다. NRC (1998)에 의하면 5-10 kg과 10-20 kg의 돼지의 경우 DE Mcal당 라이신의 양을 각각 4.0 g과 3.4 g 정도로 추천하고 있다.

SCA (1987)에 의하면 5-20 kg 돼지의 최대 성장률을 위해서는 DE Mcal당 라이신의 양은 3.3 g 정도면 적당하다고 제안하고 있고, 반면에 ARC (1981)의 경우는 3-8주령의 돼지 (일당증체량 400 g)의 경우 DE Mcal당 라이신의 양이 4.2 g까지 가능하다고 한다. 3-9주령 돼지의 성장률 (일당증체량 405 g)과 사료 효율 (1.46 사료효율)에 근거하여, Zhang 등 (1984)은 19.2% 지방과 kg당 DE 14.5 MJ의 사료를 먹는 이유 자돈에게 있어서 DE Mcal당 lysine의 양은 4.1 g이 적당하다고 하였다. Nam과 Aherne (1994)는 그들의 연구에서 9.1-25.7 kg의 돼지에게 최적의 성장률을 가져오기 위해서 DE Mcal당 라이신의 양을 4.0 g으로 조사하여 라이신:에너지 비율의 증가는 증체량의 속도와 효율을 증가시킨다는 것을 알아냈고, 일반 단백질이 아닌 이상 단백질로 바뀌게 되면 DE Mcal당 4.0 g의 라이신 비율은 높아진다고 했다. Gatel 등 (1992)은 최고 성장률은 높은 라이신:에너지 비율 (8-17 kg 돼지의 경우 4.7 g lysine, 8-25kg 돼지의 경우 4.5 g lysine)의 경우에 일어난다고 하였다. 이 실험의 경우는 Gatel 등 (1992)의 실험과 거의 같은 결과를 보이고 있다. 이번 연구에서 phase I 동안 다른 처리구들보다 LH 처리구가 좀 더 나은 일당증체량, 일당사료섭취량과 사료효율을 보였다. 이런 성장률에 근거하여, 결과는 5.7-10 kg 돼지에 있어 최적의 라이신 요구량은 사료의 1.65%라고 말하고 있다. 이 값은 Owen 등 (1995)의 결과와도 비슷한데, Owen 등 (1995)은 4.6-10.1 kg 돼지의 최대 성장률을 맞추기 위해서는 총 사료 라이신 요구량은 하루에 6.2 g 혹은 1.65%라고 보고하였다. Owen 등 (1996)은 또한 5-7 kg 돼지의 경우는 라이신 요구량이 1.5-1.6%라고 발표하였다.

돼지의 라이신 요구량과 라이신:에너지 비율은 사료에 쓰인 영양 수준 (단백질과 아미노산)과 혼합성분의 재료의 차이 (Nam과 Aherne, 1994), 다른 제한 아미노산의 균형 (Gatel과 Fekete, 1989), 살코기 성장의 용량, 유전자형, 나이와 체중 (Stahly, 1991) 등에 따라서도 영향을 받게 된다. 이 실험에서는, 최적의 라이신:에

너지 비율을 결정하는데 단 두 가지 라이신:에너지 비율 (이전의 실험들에서 이용된 라이신의 양보다 많은 양)이 이용되었기 때문에, 높은 일당증체량과 사료효율은 라이신양이 4.9 g인 경우에 4.4 g인 경우보다 뚜렷하게 나타났다. 또한, 이전 실험들에서의 최적 라이신:에너지 비율의 값은 옥수수-대두박이 포함된 사료를 먹인 돼지의 성장률에 기초를 두었고 이전 실험에 사용된 돼지들은 이번 우리의 실험에 이용된 돼지들보다 조금 무거웠기 때문에 이전의 실험들과 우리의 실험의 결과에 차이가 있는 것이다. 또한 그 차이는 지난 10년간 얻어진 돼지에 있어서 유전적인 개량의 효과일 수도 있을 것이다. Stahly 등 (1994)은 정육 세포 성장에 있어서 세가지 유전자형에 대해서 평가하였고, 체중이 5.6-25.5 kg일 경우에 총 라이신 수준이 각각 0.6, 0.9, 1.2, 1.5와 1.8 포함된 사료를 섭취하게끔 하였다. 그들은 높은, 중간인 그리고 낮은 살코기 성장 유전자형 각각에 대해서 총 사료 라이신 양을 1.8, 1.5와 1.2%로 하여 사료의 효율을 최적화하였다. 이 자료들은 이유 자돈에 있어서 사료내 아미노산의 요구량은 정육 세포 성장에 있어서의 유전적 용량에 좌우된다는 것을 암시한다. 이번 실험에서 이용된 사료는 Chung과 Baker (1992)의 이상 패턴에 다른 제한 아미노산으로 균형을 맞추었고, phase I 동안 이용된 사료는 유생산물이 포함된 옥수수 대두박인 것과 건조혈장 단백질 (spray dried porcine plasma에 기초한 사료인데 이 사료는 단지 옥수수 대두박에 기초한 사료보다는 아미노산 이용성이 더 뛰어나다. 그러므로, 이 실험에 이용된 사료는 어린 돼지로 하여금 높은 아미노산의 사료를 잘 이용할 수 있게 하였다. 앞서 언급된 사실에 기초하여 이번 실험의 결과는 라이신 양의 차이는 이유 자돈에 있어서 성장률의 차이에 영향을 하지 않는다. 현대의 잘 개량된 돼지는 이전에 보고된 DE Mcal 당 라이신의 양보다 높은 사료내 라이신의 양이 4.9 g 이더라도 그 이용도가 뛰어날 것이다.

2) 영양소 소화율

이유 자돈에 있어서 영양소 소화의 라이신:에너지 비율에 따른 사료의 효과는 표 2-1-3과 2-1-4에 나타나 있다. Phase I 기간 동안, 대부분 영양소의 소화율은 LL 처리구에서 보다 LH 처리구에서 대체적으로 높다. 이러한 것은 이 실험에서의 성장률에 대한 결과와 거의 같은 것이라 하겠다. 그러나, 이유 자돈에 있어서 사료 에너지 농도와 라이신:에너지 비율간의 상호 작용은 없다. 에너지 수준에 있어서도 영양소 소화율의 차이는 발견되지 않았다. 사료 라이신:에너지 비율, 건물과 총 에너지 소화율은 높은 라이신:에너지 비율일 경우에 더욱 뚜렷하게 증가되었다. Phase II 기간동안에, 조단백질을 제외하고는 영양소 소화율에 있어서 차이점은 발견되지 않았고, 고에너지 사료를 섭취하는 돼지는 높은 조단백질 소화율을 나타내었다. 사료 라이신:에너지 비율간에는 영양소 소화율에 있어서 뚜렷

한 차이점이 발견되지 않았다. Phase I 기간 동안 영양소 소화율의 변화는 phase II 기간 동안의 영양소 소화율의 변화와 같다. Haydon 등 (1989)은 사료에서의 여러 에너지 수준은 에너지 소화율에 영향을 미칠 수 있다고 하였으나, 이 실험에서는 phase II 기간 동안에 사료 에너지 수준간의 소화율 차이는 발견되지 않았다. 라이신:에너지 비율간에 뚜렷하지는 않지만 phase I과 phase II 기간 동안에 라이신:에너지 비율이 증가되면서 조단백질의 소화율이 증가되는 경향이 조금 보였다. 라이신:에너지 비율간의 조단백질 소화율에 있어서 뚜렷한 차이가 없다는 이유는 이 실험에서 사용된 사료가 같은 조단백질 농도를 가지게끔 배합되어졌다는 것이다. Nam과 Aherne (1994)의 경우에 3×4 처리구 (에너지 수준에서 3180, 3346, 3513 kcal 와 DE 비율에 있어서 Mcal당 2.93, 3.35, 3.77, 4.18의 라이신)에서 총에너지와 조단백질 소화율에 있어서 뚜렷한 차이점은 보이지 않았다.

표 2-1-3. 에너지와 라이신:에너지 수준이 이유자돈의 영양소 소화율에 미치는 영향 (0~14 일)

가소화 에너지 (kcal/kg)	라이신:에너지 비율 ¹	건물 (%)	조단백질 (%)	조지방 (%)	조회분 (%)	칼슘 (%)	인 (%)	총에너지 (%)
3,400 (L)	저 (4.4)	78.55	74.81	62.28	59.18	56.42	55.85	76.65
	고 (4.9)	84.79	80.78	64.88	63.87	60.15	60.10	81.80
3,600 (H)	저 (4.4)	82.37	78.83	65.59	58.58	56.44	59.72	79.27
	고 (4.9)	83.67	79.81	71.05	60.78	64.63	55.73	81.15
표준오차 ²		0.84	1.20	1.83	1.29	1.55	0.99	0.83
에너지수준간								
3,400		81.67	77.79	63.58	61.52	58.28	57.98	79.23
3,600		83.02	79.32	68.32	59.68	60.54	57.72	80.21
라이신:에너지수준간								
저 (4.4)		80.46 ^b	76.82	63.93	58.88	56.43	57.79	77.96 ^b
고 (4.9)		84.23 ^a	80.29	67.97	62.33	62.39	57.91	81.48 ^a
유의성 (P)								
에너지		0.3478	0.5293	0.2145	0.4937	0.4546	0.8962	0.5274
라이신:에너지		0.0156	0.1631	0.2880	0.2078	0.0595	0.9469	0.0337
에너지×비율		0.0950	0.3091	0.7018	0.6423	0.4597	0.0562	0.2964

¹ 라이신 g당 Mcal 가소화에너지.

² 표준오차.

^{a,b,c} 같은 줄의 서로 다른 첨자는 P<0.05 수준에서 유의성 있음.

표 2-1-5와 2-1-6은 이유 자돈에 있어서 아미노산 소화율에 대한 사료 라이신:에너지 비율의 효과가 나타나 있다. Phase I 기간 동안, 필수 아미노산, 비필수 아미노산과 총 아미노산 소화율의 평균값은 에너지 수준과 라이신:에너지 비율에

의해 큰 영향을 받지 않았다. Phase II 기간 동안, 메치오닌의 소화율은 LL 처리구에서 보다 LH 처리구에서 더 높은 것으로 나타났다. 라이신과 메치오닌의 소화율은 다른 처리구에서 보다 LL 처리구에서 더 낮은 경향을 보이고 있다. 사료 에너지 수준들간에 있어서, 트레오닌과 아지닌의 소화율은 높은 에너지 수준에서 보다 낮은 에너지 수준에서 현저히 높다는 것을 알 수 있지만, 메치오닌의 소화율은 반대의 결과를 보임을 알 수 있다. 필수 아미노산과 비필수 아미노산의 소화율의 평균값은 에너지 수준에 의해서 영향을 받지 않지만, 사료 라이신:에너지 비율간에, 높은 라이신:에너지 비율의 사료를 섭취한 돼지들이 높은 필수 아미노산과 총 아미노산 소화율을 보였다. 사료내 라이신:에너지 비율이 높아지면 트레오닌, 메치오닌, 페닐알라닌과 세린의 소화율도 높아졌다.

표 2-1-4. 에너지와 라이신:에너지 수준이 이유자돈의 영양소 소화율에 미치는 영향 (15~28 일)

가소화 에너지 (kcal/kg)	라이신:에너지 비율 ¹	건물 (%)	조단백 질 (%)	조지방 (%)	조회분 (%)	칼슘 (%)	인 (%)	총에너지 (%)
3,300 (L)	저 (4.4)	83.92	80.81	66.38	59.81	68.02	58.70	82.34
	고 (4.9)	85.15	81.61	67.42	63.84	69.94	68.79	83.84
3,500 (H)	저 (4.4)	85.08	82.53	73.74	61.82	68.98	63.74	83.09
	고 (4.9)	85.20	82.15	76.67	61.37	68.02	62.13	84.18
표준오차 ²		0.39	0.58	1.59	1.16	1.27	1.53	0.40
에너지수준간								
3,300		84.54	81.21	66.90 ^b	61.82	68.98	63.74	83.09
3,500		85.14	82.34	75.21 ^a	61.37	68.02	62.13	84.18
라이신:에너지수준간								
저 (4.4)		84.50	81.67	70.06	60.27	69.53	60.37	82.24
고 (4.9)		85.18	81.88	72.05	62.92	67.17	65.50	84.02
유의성 (P):								
에너지		0.4732	0.3721	0.0078	0.8543	0.7082	0.5728	0.1954
라이신:에너지		0.4247	0.8681	0.4788	0.2905	0.4292	0.0849	0.3464
에너지×비율		0.5114	0.6398	0.7347	0.5789	0.1359	0.0951	0.3865

¹ 라이신 g당 Mcal 가소화에너지, ² 표준오차.

^{a,b,c} 같은 줄의 서로 다른 첨자는 p<0.05 수준에서 유의성 있음.

결론적으로, 사양과 소화율 시험에 근거하여, 이 실험의 결과는 현대의 고성장 이유자돈이 예전에 권장되었던 사료내 라이신:에너지 비율보다 높은 DE의 Mcal당 라이신 4.9 g까지 포함하는 사료를 잘 이용한다는 것을 보여준다. 그러나, 아직까지는 고성장의 조기 이유자돈의 성장률과 영양소 소화율에 있어서 최적의 라이신:에너지 비율의 효과에 대한 정보는 아직 부족하기 때문에 좀 더 넓은 사료 내 라이신:에너지 비율에서 연구가 수행되어야 하고, 사료내 높은 라이신:에너지

지 비율에 다른 경제적인 상황도 염두에 두어야 할 것이다.

표 2-1-5. 에너지와 라이신:에너지 수준이 이유자돈의 아미노산 소화율에 미치는 영향 (0~14 일, %)

가소화 에너지 (Kcal/kg)	라이신: 에너지	트레오닌	라이신	메치오닌	아지닌	히스티딘	이소류신	루신	페닐알라닌	발린	필수 아미노산
3,400 (L)	저 (4.4)	76.84	81.30	84.71	93.14	84.97b	65.94	74.11	68.96	71.67	77.96
	고 (4.9)	82.03	86.32	90.98	89.99	92.78a	71.75	76.83	74.18	72.89	81.97
3,600 (H)	저 (4.4)	84.46	85.62	89.65	88.89	90.70a	74.09	74.09	71.75	69.53	80.28
	고 (4.9)	87.77	87.10	89.74	85.91	89.70a	77.37	77.37	74.81	73.45	82.15
표준오차 ²		1.74	1.12	1.21	0.89	0.84	1.65	1.33	1.40	1.48	0.93
에너지수준간											
3,400		79.43	83.81	87.85	91.57a	88.87	68.85	75.47	71.57	72.28	79.97
3,600		86.12	86.36	89.69	87.41b	90.19	70.68	75.74	73.28	71.49	81.22
라이신:에너지비율											
	저 (4.4)	80.65	83.46	87.18	91.02	87.84b	66.89	74.10	70.35	70.60	79.12
	고 (4.9)	84.89	86.71	90.34	87.96	91.24a	72.64	77.10	74.49	73.67	82.06
유의성 (P)											
	에너지	0.0559	0.2596	0.4436	0.0119	0.2741	0.5829	0.9295	0.5566	0.8054	0.5115
	라이신:에너지	0.2084	0.1554	0.1958	0.0533	0.0102	0.0973	0.3023	0.1645	0.4272	0.1331
	에너지×비율	0.7754	0.4274	0.2081	0.9577	0.0017	0.9856	0.9217	0.7084	0.6753	0.5720
비필수 아미노산											
가소화 에너지 (Kcal/kg)	라이신: 에너지 ¹	아스파라진	세린	타이로신	글루타민	프로린	글라이신	알라닌	아미노산	비필수 아미노산	합계
3,400 (L)	저 (4.4)	75.74	80.53	75.83	83.80	82.25 ^b	72.78	77.56	78.35	78.35	78.16
	고 (4.9)	80.80	84.71	84.58	86.11	88.00 ^a	75.94	71.48	81.66	81.66	81.81
3,600 (H)	저 (4.4)	76.59	84.81	72.55	87.58	88.77 ^a	74.05	69.97	79.19	79.19	79.73
	고 (4.9)	85.20	87.29	72.90	88.23	87.70 ^a	77.36	77.92	82.37	82.37	82.26
표준오차 ²		1.42	1.93	2.03	0.82	1.47	1.82	1.82	1.10	1.10	0.99
에너지수준간											
3,400		78.27	82.61	80.20	84.95	85.13 ^b	74.36	74.52	80.01	80.01	79.98
3,600		80.89	86.05	72.73	87.91	88.23 ^a	75.71	73.94	80.78	80.78	80.99
라이신:에너지 비율											
	저 (4.4)	76.16 ^b	82.67	74.19	85.69	85.51	73.42	73.77	78.77	78.77	78.94
	고 (4.9)	83.00 ^a	85.99	78.74	87.17	87.85	76.65	74.70	82.02	82.02	82.04
유의성 (P)											
	에너지	0.3050	0.4088	0.0612	0.0826	0.0243	0.6684	0.8736	0.7367	0.7367	0.6214
	라이신:에너지	0.0139	0.4228	0.2382	0.3677	0.0792	0.3112	0.7976	0.1715	0.1715	0.1427
	에너지×비율	0.4834	0.8355	0.2745	0.6115	0.0148	0.9809	0.0670	0.9789	0.9789	0.7822

¹ 라이신 g당 Mcal 가소화에너지, ² 표준오차.

^{a,b,c} 같은 줄의 서로 다른 첨자는 p<0.05 수준에서 유의성 있음.

표 2-1-6. 에너지와 라이신:에너지 수준이 이유자돈의 아미노산 소화율에 미치는 영향 (15~28 일, %)

가소화 에너지 (Kcal/kg)	라이신:에너지 ¹	트레오닌	라이신	메치오닌	아지닌	히스티딘	이소류신	루신	페닐알라닌	발린	필수 아미노산
3,300 (L)	저 (4.4)	80.54	82.87	81.47 ^o	89.88	90.61	73.67	77.55	73.67	69.36	79.92
	고 (4.9)	90.55	87.85	90.44 ^a	91.23	88.42	71.18	80.57	83.43	73.86	84.17
3,500 (H)	저 (4.4)	63.67	87.31	90.00 ^a	86.75	80.54	77.25	81.09	73.74	78.07	80.94
	고 (4.9)	82.34	87.47	90.03 ^a	89.59	91.59	77.45	79.51	84.54	73.34	83.99
표준오차 ²		2.44	0.77	1.09	0.61	0.05	1.34	0.83	1.48	1.11	0.67
에너지수준간											
3,300		85.54 ^a	85.36	85.95 ^o	90.55 ^a	89.52	72.44	79.06	78.37	71.61	82.27
3,500		73.01 ^b	87.39	90.02 ^a	88.17 ^b	91.07	77.35	80.29	79.14	75.70	82.46
라이신:에너지수준간											
저 (4.4)		72.11 ^a	85.09	85.74 ^o	88.32	90.58	75.47	79.32	73.55 ^o	73.72	80.43 ^o
고 (4.9)		86.44 ^a	87.66	90.23 ^a	90.41	90.01	74.32	80.04	83.99 ^a	73.59	84.30 ^a
유의성 (P)											
에너지		0.0001	0.1517	0.0143	0.0401	0.2567	0.0806	0.4729	0.6987	0.3598	0.8622
라이신:에너지		0.0001	0.0739	0.0078	0.0676	0.6693	0.6686	0.6745	0.0001	0.9787	0.0028
에너지×비율		0.0600	0.0920	0.0081	0.4934	0.2362	0.6146	0.1907	0.8467	0.3041	0.4678
가소화 에너지 (Kcal/kg)	라이신:에너지 ¹	아스파라긴	세린	타이로신	글루타민	프로라인	글라이신	알라닌	비필수 아미노산	합계	
3,300 (L)	저 (4.4)	79.03	79.39	84.29	86.73	84.37	73.71	70.48	79.72	79.15	
	고 (4.9)	82.08	90.33	84.37	88.39	86.50	75.79	74.18	83.18	83.90	
3,500 (H)	저 (4.4)	78.87	82.19	84.64	88.27	84.10	79.37	75.65	81.84	81.37	
	고 (4.9)	79.84	84.67	90.62	86.21	81.62	74.02	71.67	81.24	82.61	
표준오차 ²		0.70	1.37	1.18	0.46	0.70	0.96	0.90	0.61	0.68	
에너지수준간											
3,300		80.55	84.86	84.33	87.56	85.44	74.75	72.63	81.45	81.53	
3,500		79.35	83.32	87.64	87.24	82.86	76.67	73.67	81.54	82.00	
라이신:에너지수준간											
저 (4.4)		78.95	80.68 ^b	84.47	87.51	84.24	76.53	73.07	80.78	80.27 ^b	
고 (4.9)		80.96	87.50 ^a	87.51	87.30	84.07	74.90	73.23	82.21	83.26 ^a	
유의성 (P)											
에너지		0.4061	0.4948	0.1521	0.7264	0.0570	0.2929	0.5450	0.9396	0.6992	
라이신:에너지		0.1720	0.0068	0.1867	0.8229	0.8881	0.3745	0.9222	0.2478	0.0250	
에너지×비율		0.4695	0.0786	0.1971	0.0553	0.0874	0.0541	0.2530	0.1092	0.1649	

¹ 라이신 g당 Mcal 가소화에너지.

² 표준오차.

^{ab,c} 같은 줄의 서로 다른 첨자는 p<0.05 수준에서 유의성 있음.

라. 참고문헌

- Agricultural Research Council. 1981. The Nutrient Requirement of Pigs. Commonwealth Agricultural Bureaux. Slough.
- AOAC. 1990. Official Method of Analysis 15th ed., Association of Official Analytical Chemists. Washington, D. C.
- Batterham, E. S. and R. D. Murison. 1981. Utilization of free lysine by growing pigs. Br. J. Nutr. 46:87.
- Campbell, R. G. and M. R. Taverner. 1986. A note on the response of pigs weaned at 28 days to dietary protein. Anim. Prod. 42:427.
- Campbell, R. G. and M. R. Taverner. 1988. Relationships between energy intake and protein and energy metabolism, growth and body composition of pigs kept at 14 or 32°C from 9~20 kg. Livest. Prod. Sci. 68:2674.
- Campbell, R. G., M. R. Taverner and D. M. Curic. 1985. The influence of feeding level on the protein requirement of pigs between 20~45 kg live weight. Anim. Prod. 40:489.
- Chiba, L. I., A. J. Lewis and E. R. Peo, jr. 1991. amino acids and energy interrelationships in pigs weighing 20 to 50 kg. I. Rate and efficiency of weight gain. J. Anim. Sci. 69:694.
- Chung, T. K. and D. H. Baker. 1992. Ideal amino acids pattern for 10-kilogram pigs. J. Anim. Sci. 70:3102.
- Duncan, D. B. 1955. Multiple range and multiple F test. Biometrics 11:1.
- Easter, R. A. and D. H. Baker. 1980. Lysine and protein levels in corn-soybean meal diets for growing-finishing swine. J. Anim. Sci. 50:467.
- Fuller, M. F., Wood, J., Brewer, A. C., Pennie, K. and R. McWilliam. 1986. The response of growing pigs to dietary lysine, as free lysine hydrochloride in soya-bean meal, and the influence of food intake. Anim. Prod. 43:447.
- Gatel, F., G. Buron and J. Fekete. 1992. Total amino acids requirement of weaned piglets 8 to 25 kg live weight given diets based on wheat and soya-bean meal fortified with free amino acids. Anim. Prod. 54:281.
- Gatel, F. and J. Fekete. 1989. Lysine and threonine balance and requirements for weaned piglets 10-25 kg liveweight fed cereal based diets. Livest. Prod. Sci. 23:195.
- Giles, L. R., Batterham, E. S. and E. B. Dettman. 1986. amino acids and energy interactions in growing pigs : 2. Effects of food intake, sex and liveweight on responses to lysine concentration in barley based diets. Anim. Prod. 42:133.
- Haydon, K. D., C. R. Dove and M. L. Harrison. 1989. Effect of varying digestible

- lysine:calorie ratio on the performance of growing pigs. *Nutr. Rep. Int.* 40:341.
- Kyriazakis, I. 1989. Growth, feed intake and diet selection in pigs: theory and experiments. Ph. D. Dissertation. University of Edinburgh, U. K.
- Lewis, A. J., E. R. Peo, Jr., B. D. Moser, and T. D. Crenshaw. 1980. Lysine requirement of pigs weighing 5 to 15 kg fed practical diets with and without added fat. *J. Anim. Sci.* 51:361.
- Nam, D. S. and F. X. Aherne. 1994. The effects of lysine/energy ratio on the performance of weaning pigs. *J. Anim. Sci.* 72:1247.
- NRC. 1998. Nutrient requirements of swine (10th Ed.). National Academy Press, Washington, DC.
- Owen, K. Q., J. L. Nelssen, R. D. Goodband, M. D. Tokach, B. T. Richert, K. G. Friesen, J. W. Smith, J. R. Bergstrom and S. S. Dritz. 1995. Dietary lysine requirements segregated early-weaned pigs. *J. Anim. Sci.* 73 (Suppl. 1):68 (Abstr.).
- Owen, K. Q., I. H. Kim and C. S. Kim. 1996. amino acids nutrition for he segregated early weaned pig. *Kor. J. Anim. Nutr. Feed.* 20 (4): 307.
- Rao, D. S. and K. J. McCracken. 1990a. Protein requirements of boars of high genetic potential for lean growth. *Anim. Prod.* 51:179.
- Rao, D. S. and K. J. McCracken. 1990b. Effects of protein intake on energy and nitrogen balance and chemical composition of gain in growing boars of high genetic potential. *Anim. Prod.* 51:389.
- Rao, D. S. and K. J. McCracken. 1992. Energy:protein interactions in growing boars of high genetic potential for lean growth. 1. Effects on growth, carcass characteristics and organ weights. *Anim. Prod.* 54:75.
- SAS. 1985. SAS User's Guide : Statistics, SAS Inst. Inc., Cary, NC.
- SCA. 1987. Feeding Standards for Australian Livestock. Pigs Standing Committee on Agriculture. CSIRO, East Melbourne, Australia.
- Stahly, T. S. 1991. Amino acids in growing, finishing, and breeding swine. Proceedings National Feed Ingredient Association Nutrition Institute, Chicago, IL.
- Stahly, T. S., N. H. Williams and S. Swenson. 1994. Impact of genotype and dietary amino acids regimen on growth of pigs from 6 to 26. *J. Anim. Sci.* 72 (Suppl. 1):165 (Abstr.).
- Zhang, Y., I. G. Partridge and K. G. Mitchell. 1986. The effect of dietary energy level and protein:energy ratio on nitrogen and energy balance, performance and carcass composition of pigs weaned at 3 weeks of age. *Anim. Prod.* 42:389.

(본 논문은 한국영양사료학회지 23권 5호 페이지 361-372에 발표된 논문임)

2. 21일령 이유자돈을 위한 한국형 다단계 사양체계 개발에 관한 연구

가. 서 론

자돈에서부터 비육기까지 성장 능력에 맞는 영양소를 공급해 주는 것은 경제적인 측면이나, 오염물질 배설량 감소 측면에서 매우 중요하다. 단기간 내에 급격한 성장을 하는 돼지에게 있어서 각 체중별로 정확한 영양소 요구량을 설정하고 그에 맞는 사료를 공급하여 주는 다단계 사양 체계는 이런 측면에서 개발되어 왔고, 현재 일반 농가에서 많이 적용하고 있다.

자돈기는 생산성을 결정짓는 첫 단계로 이 시기의 중요성은 새삼 강조할 필요가 없다. 또한 양돈의 생산성은 자돈기 성장에만 국한되는 것은 아니며, 이후 육성·비육단계에까지 이를 뒷받침할 수 있는 대책이 필요하게 된다. 즉, 자돈기 성장의 영향과 육성·비육단계의 사양관리 여하에 따라 출하돈의 성장이나 도체 성적에도 영향받게 된다. 따라서 각 사육단계별 최적성장을 유도하기 위한 경제적인 사양관리가 요구된다고 하겠다. 여기에는 정확한 영양소 요구량의 설정과 함께 이용성이 높은 원료사료를 선택하고, 가공 및 급여하는 모든 과정이 포함된다. 이 중 영양적인 뒷받침을 위한 첫 단계는 정확한 요구량을 파악하여 이를 실제로 적용하는 것일 것이다. 따라서 이제까지 국내외에서 조기이유자돈의 영양소 요구량을 설정하기 위한 많은 연구들이 (Williams 등, 1994; Owen 등, 1995a,b; Bergstrom 등, 1995; Chung과 Baker, 1992) 있어왔으며, 최근 성장과 직접적으로 관련이 있는 아미노산중 주요 제한 아미노산을 기준으로 그 요구량을 재정립하려는 노력이 이루어져 왔으며, 해당시기에 최적성장을 위한 원료사료의 선별에 관한 연구 (Kats 등, 1994; Dietz 등, 1988; Nelssen 등, 1991; Jin 등, 1997) 또한 많은 진보를 이루어 왔다. 그러나 이러한 연구결과를 종합적으로 실제 사양에 적용할 수 있는 사양관리 및 방법에 관한 연구는 상대적으로 극히 미약한 것이 현실이다.

근래에 발달된 어린 자돈에 대한 영양 계획에는 자돈의 성장능력을 증가시키고 폐사율을 낮추어 주기 위해서 매우 기호성이 뛰어나고 소화가 잘 되는 성분들이 포함되어 있다. 그러나, 이러한 성분들은 대개 가격이 매우 비싸기 때문에 이용이 제한되고 있는 것이 현실이다. 이러한 이유자돈에 대한 영양 문제를 해결하기 위해서 '단계별 사양 (phase feeding)' 개념이 등장하게 되었다. 이유자돈에 있어 단계별 사양이란 자돈의 영양소 요구량을 보다 효과적으로 충족시키면서 이유에 다른 stress 요인을 최소화시키며 상대적으로 짧은 기간동안 여러 사료를 단계별로 급이시키는 것을 말한다. 이러한 단계별 사양에 의해서 이유 후 post-weaning lag problem을 최소화하고 가능한 한 빨리 complex diets로부터 육수

수-대두박 위주의 사료로의 전환을 가능하게 할 수 있어 훨씬 더 경제적인 사양 계획을 만들 수 있을 것으로 기대된다. 또한 우수한 단계별 사양관리는 자돈의 잠재적 능력을 극대화하여 그 영양이 출하시까지 지속되게 한다는 점에서 필수적이라 할 수 있다. 그리고 여러 연구자들 (Maxwell, 1997; Brumm, 1992; Baker, 1999; Goodband 등, 1998)은 이유시 체중에 따라 개별사양을 권장하고 있으며 이 이후 체중변화에 따라 각각 적합한 phase의 사료를 공급하는 것을 추천하고 있다. 그러나 현실적으로 국내농가에서 이러한 phase feeding program을 효과적으로 시행하기에는 많은 어려움이 있으며, 지금까지, 국내외에서 조기이유자돈의 영양소 요구량과 소화능력을 잘 조화시키면서 최대 성장을 유도할 수 있는 사양 프로그램에 대한 연구와 이에 대한 검증은 거의 이루어진 바가 없다. 따라서 한국형 조기 이유자돈에게 여러 가지 phase의 사료를 급여 이에 대한 성장반응과 소화율 및 경제성에 미치는 영향을 고찰하는 것은 가장 경제적이면서, 자돈과 나아가 출하시까지 돼지의 생산성 극대화에 기여할 수 있는 한국형 자돈 사양프로그램 개발을 위한 초석을 마련하고자 하는 목적으로 본 연구를 수행하였다.

나. 재료 및 방법

1) 시험 동물

사양 시험을 위하여 평균 체중 6.81 kg인 21일령 삼원교잡종 (Landrace×Duroc×Large White) 이유자돈 100두를 공시하였다. 처리구는 1) 1 P (1~4 주: 조단백질 23% 및 라이신 1.60%), 2) 2 P-I (1 주: 조단백질 23% 및 라이신 1.60%, 2~4 주: 조단백질 21% 및 라이신 1.45%), 3) 2 P-II (1~2 주: 조단백질 23% 및 라이신 1.60%, 3~4 주: 조단백질 21% 및 라이신 1.45%), 4) 2 P-III (1~3 주: 조단백질 23% 및 라이신 1.60%, 4 주: 조단백질 21% 및 라이신 1.45%), 5) 3 P (1 주: 조단백질 23% 및 라이신 1.60%, 2~3 주: 조단백질 21% 및 라이신 1.45%, 4 주: 조단백질 19% 및 라이신 1.30%)이었다. 각 처리당 5반복을 두었고 각 반복당 4마리의 자돈을 완전임의배치법에 의해서 배치하였다.

2) 시험사료

시험사료는 조단백질 및 라이신 수준별로 각 3가지를 두었으며 시험설계에 따라 각 단계에 맞추어 급여하였다. 각각의 시험사료의 화학적 조성은 표 2-1-7에서 볼 수 있듯이 조단백질 및 라이신 수준을 각각 23, 21.05, 19.04% 및 1.60, 1.45, 1.30%였으며, 에너지는 각 시험사료별로 3,504, 3,450 및 3,474 ME kcal/kg이었다.

표 2-1-7. 시험사료 성분 및 조성

원료사료	시험사료 1	시험사료 2	시험사료 3
옥수수	12.74	22.19	43.90
대용유	25.55	20.00	10.00
대두박	19.05	19.00	19.00
유당	21.13	21.13	10.00
대두유	3.00	1.80	3.78
어분	4.81	3.70	2.65
건조혈장	4.81	3.70	2.70
DPS	5.91	5.00	4.00
일인산칼슘	0.99	1.33	1.61
석회석	0.63	0.73	0.94
비타민 믹스 ¹	0.20	0.20	0.20
광물질 믹스 ²	0.30	0.30	0.30
소금	0.30	0.30	0.30
아빌라마이신	0.05	0.05	0.05
라이신	-	0.06	0.14
메치오닌	0.35	0.33	0.25
Total	100	100	100
화학 조성³			
대사에너지 (kcal/kg)	3,504	3,450	3,474
조단백질 (%)	23.00	21.05	19.04
라이신e (%)	1.60	1.45	1.30
함유황아미노산 (%)	0.96	0.87	0.78
칼슘 (%)	0.90	0.90	0.90
인 (%)	0.80	0.80	0.80

¹ 시험사료 1 kg 당 다음과 같은 함량으로 배합됨: 비타민 A, 8,000 IU; 비타민 D₃, 1,600 IU; 비타민 E, 32 IU; d-비오틴, 64 μg; 리보플라빈, 3.2 mg; 칼슘 펜토테닉 에시드, 8 mg; 나이아신, 16 mg; 비타민 B₁₂, 12 μg; 비타민 K, 2.4 mg.

² 시험사료 1 kg 당 다음과 같은 함량으로 배합됨: 셀레늄, 0.1 mg; 요오드, 0.3 mg; 망간, 24.8 mg; 황산구리, 54.1 mg; 철, 127.3 mg; 아연, 84.7 mg; 코발트, 0.3 mg.

³ 계산된 값.

3) 소화시험

소화시험을 위하여 각 단계에 맞는 체중에 따라 자돈 12두를 공시하여 무작위 배치법에 의하여 각 대사들에 배치하였다. 소화시험은 총 4회 이루어졌으며, 직접법으로 수행하였다. 매회 시험기간은 7일이었으며, 4일간 시험사료에 적응을

시켰으며 3일동안 분 및 뇨를 수거하였다. 뇨는 약 5 ml 플라스틱 용기를 이용하여 하루에 한번씩 수거하였으며 뇨 pH를 떨어뜨리기 위하여 25% 황산 용액 50 ml를 플라스틱 용기에 첨가하였다 (Cahn, 등 1997). 3 일 동안 수거 기간이 끝난 후 분 시료는 60℃에서 72시간 동안 건조시킨 후 1 mm Wiley 분쇄기를 이용하여 분쇄하였으며, 분쇄된 시료는 화학 분석을 실시할 때까지 4℃에서 보관하였다. 뇨 시료는 매일 수거된 뇨를 섞고 혼합한 후 AOAC (1990) 방법에 의하여 질소를 분석하였다.

4) 사양 시험

시험돈은 자동 급수기 및 사료급이통이 설치되어 있는 돈방에 4두씩 수용하였으며, 물 및 사료를 무제한 자유급이 시켰다. 체중 및 사료 섭취량은 매주 측정하였으며, 혈중 유리아 농도 (BUN)를 측정하기 위하여 혈액을 매주 채취하였다. 채취된 혈액은 원심분리기를 이용하여 3,000 rpm에서 15분동안 원심분리하여 혈청을 분리한 후 분석시 까지 -20℃에서 냉동보관 하였다. 나머지 일반적인 사양관리는 서울대학교 영양학연구실의 관행법에 따라 실시하였다.

5) 화학분석

시험사료 및 분에 대한 일반성분 분석 AOAC (1990) 방법에 의하여 실시되었고 크롬 및 칼슘은 원자흡광분도계 (Atomic Absorption Spectrophotometer, Shimadzu, AA6145F, Japan)를 사용하여 측정하였다. 인은 UV-Vis. Spectrophotometer (Hitachi, U-1100, Japan)를 이용하여 측정하였다. 아미노산은 6N HCl로 110℃에서 16시간 동안 산가수분해 한 후 (Mason, 1984)자동 아미노산 분석기 (LKB 4150 alpha, Pharmacia Instrument Co, England)를 이용하여 측정하였다. 혈중 BUN 함량은 혈액분석기 (Ciba-Corning model, Express Plus, Ciba Corning Diagnostics Co.)를 이용하여 측정하였다.

6) 통계분석

측정된 모든 데이터에 대한 통계분석은 일반선형모델 (General Linear Model, GLM)을 이용하여 다중분석법 (multiple range test) (Duncan, 1995)에 따라서 분석하였다.

다. 결과 및 고찰

1) 성장능력

1~2주 동안, 모든 처리간에 일당증체량, 사료섭취량 및 사료 요구율에 차이가 없었다 (표 2-1-8). 3~4주 동안, 3 P의 일당증체량 및 사료섭취량이 1 P, 2-P-I

및 2 P-II구에 비하여 우수하였다 ($p<0.05$). 전시험기간 동안, 3 P구의 일당증체량 및 사료섭취량이 2 P-II구에 비하여 우수하였다 ($p<0.05$).

표 2-1-8. 여러가지 사양 체계가 자돈의 성장능력에 미치는 영향

	1 P	2 P-I	2 P-II	2 P-III	3 P-III	표준오차
1~2 주						
일당증체량 (g)	435	448	407	412	472	12.49
일당사료섭취량 (g)	617	613	526	576	630	20.38
사료효율	1.42	1.37	1.30	1.40	1.33	0.03
3~4 주						
일당증체량 (g)	460 ^b	459 ^b	469 ^b	499 ^{ab}	545 ^a	11.62
일당사료섭취량 (g)	810 ^b	834 ^b	789 ^b	881 ^{ab}	970 ^a	25.98
사료효율	1.77	1.81	1.68	1.78	1.78	0.04
1~4주						
일당증체량 (g)	447 ^{ab}	453 ^{ab}	438 ^b	456 ^{ab}	508 ^a	10.16
일당사료섭취량 (g)	713 ^{ab}	723 ^{ab}	658 ^b	728 ^{ab}	800 ^a	21.61
사료효율	1.59	1.59	1.50	1.60	1.57	0.02

^{a,b} 같은 어깨문자 사이에 유의적인 차이가 없음.

2) 영양소 소화율

조지방 소화율에서 체중이 증가함에 따라 영양소 수준이 높은 사료를 오래 급여할수록 소화율이 높아지는 경향을 보였지만, 표 2-1-9에서 볼 수 있듯이 사양 체계가 자돈에 있어서 영양소 소화율에 영향을 미치지 않는 것으로 사료된다.

표 2-1-9. 여러 가지 사양 체계가 자돈에서 영양소 소화율에 미치는 영향 (%)

	1 P	2 P-I	2 P-II	2 P-III	3 P	표준오차
건물	90.76	89.01	89.85	90.72	88.37	0.39
조희분	67.04	62.52	65.63	66.73	61.06	1.11
조단백질	88.11	85.84	86.83	87.98	85.51	0.47
조지방	85.60	77.56	79.52	83.10	78.97	1.56
칼슘	69.64	67.11	70.07	71.22	67.03	0.89
인	68.18	61.63	65.50	67.34	62.76	1.54
에너지	90.41	88.32	89.30	90.30	87.68	0.44

3) 아미노산 소화율

여러 가지 사양체계에 따른 아미노산 소화율은 트레오닌을 제외하고 영향을 받지 않았다 (표 2-1-10 및 11). 트레오닌 소화율에서 1 P 및 2 P-III구가 3 P구에 비하여 우수하였다 ($p < 0.05$).

표 2-1-10. 여러 가지 사양 체계가 자돈에서 필수 아미노산 소화율에 미치는 영향 (%)

필수 아미노산	1 P	2 P-I	2 P-II	2 P-III	3 P-III	표준오차
트레오닌	86.89 ^a	84.63 ^{ab}	85.73 ^{ab}	86.61 ^a	83.36 ^b	0.46
발린	83.06	80.43	81.39	82.94	78.56	0.72
메치오닌	91.37	90.96	90.88	91.72	88.94	0.72
아이소루신	84.51	84.55	84.70	85.22	82.88	0.62
루신	87.66	86.69	87.31	88.04	88.78	0.46
페니랄라닌	88.61	87.64	88.55	89.60	86.12	0.56
라이신	88.02	84.66	86.01	87.89	84.35	0.67
히스티딘	91.91	88.25	89.55	91.64	87.60	0.69
아지닌	92.74	90.71	91.58	92.35	89.94	0.42
합 계	88.31	86.50	87.30	88.44	85.28	0.53

^{a,b} 서로 다른 어깨문자 사이에 $p < 0.05$ 수준에서 유의성이 있음.

표 2-1-11. 여러 가지 사양 체계가 자돈에서 비필수 아미노산 소화율에 미치는 영향 (%)

비필수 아미노산	1 P	2 P-I	2 P-II	2 P-III	3 P	표준오차
아스파테이트	85.45	83.45	85.00	86.27	81.49	0.73
세린	88.79	87.64	88.31	88.49	86.43	0.46
글루타메이트	89.88	88.48	88.95	89.91	87.62	0.44
프롤린	90.73	88.79	89.59	90.63	87.22	0.85
글라이신	84.28	80.91	82.25	83.92	80.12	0.74
알라닌	84.33	82.39	82.42	82.80	79.10	1.40
타이로신	89.94	90.10	90.62	91.46	87.67	0.59
합 계	87.63	85.96	86.73	87.64	84.24	0.65

4) 질소 축적량

2 P-III구에서 질소축적량이 증가하는 경향을 보였지만, 단계별 사양체계에 따른 질소 축적량 및 질소 축적율은 영향을 받지 않았다 (표 2-1-12).

5) 혈중 유리아 농도

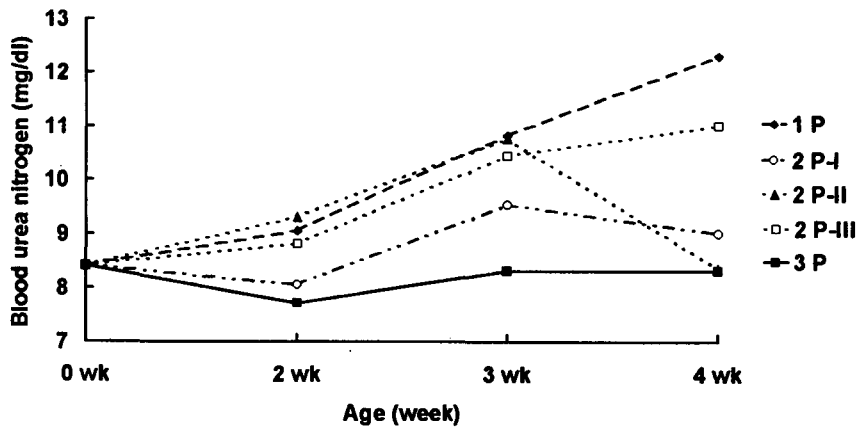
3 P구에서 혈중 유리아 농도가 낮은 경향을 보였으며, 시험 전기간동안 1 단계 사양체제로서 고수준 단백질 사료를 급여한 1 P구에서 유리아 농도가 시험시

작 2주 후부터 직선적으로 증가하는 경향을 나타냈다 (그림 2-1-1).

표 2-1-12. 여러 가지 사양 체계가 자돈의 질소축적율에 미치는 영향

	1 P	2 P-I	2 P-II	2 P-III	3 P-III	표준오차
질소 섭취량 (g/일)	18.24	17.39	17.75	19.61	16.75	1.33
분 질소 배설량 (g/일)	2.19	2.49	2.37	2.49	2.48	0.24
노 질소 배설량 (g/일)	4.24	4.52	4.39	3.89	4.02	0.59
총 질소 배설량 (g/일) ¹	6.42	7.01	6.77	6.38	6.50	0.78
질소 축적량 (g/일)	11.82	10.37	10.98	13.22	10.25	2.83
질소 축적율 (%) ²	63.75	59.47	61.57	69.75	60.33	0.82

¹ 분 질소 배설량+노질소 배설량. ² (일당 질소 축적량/일당 질소 섭취량)×100.



* Corrected BUN based on mean blood urea nitrogen before treatment as a covariance

그림 2-1-1. 여러가지 사양체계가 자돈의 혈장유리아 농도에 미치는 영향

현재 2단계 사양 체계가 한국 농가에서 이루어지고 있다. 그러나 본 연구에서 2단계 사양 체계는 3단계 및 1단계 사양 체계에 비하여 우수한 성장능력을 보여 주지 못하였으며, 3단계 사양 체계가 1단계 및 2단계 사양체계에 비하여 우수한 성장능력을 보여주었다. 더우기 표 2-1-8에서 볼 수 있듯이 3단계 사양체계에서 마지막 주에 급여된 시험사료 3의 옥수수 함량은 43.90%로서 시험사료 2에 비하여 약 20% 증가하였고, 유제품은 20%로써 약 20% 감소하였고 조단백질 함량 또한 19%로써 시험사료 2에 비하여 2% 감소하였다. 그럼에도 불구하고 본 시험에서 3-4주 동안 성장능력이 3단계 사양체계에서 제일 우수하게 나타난 것으로 볼

때 21일령에 이유 한 후 4째주 부터 즉 체중이 약 16 kg 이후부터 자돈 사료내 옥수수 함량을 약 40% 증가시키고 조단백질 함량을 약 19% 까지 감소시켜도 자돈의 성장에 아무런 지장을 주지 않는 것으로 사료된다.

라. 참고문헌

- Agricultural Research Council. 1981. The Nutrient Requirement of Pigs. Commonwealth Agricultural Bureaux. Slough.
- AOAC. 1990. Official methods of analysis (15th ed). Association of official analytical chemists. Washington, D. C., USA.
- Baker, D. H. 1999. Considerations in constructing diets for nursery pigs. University of Illinois swine report.
- Batterham, E. S. and Murison, R. D. 1981. Utilization of free lysine by growing pigs. *Br. J. Nutr.* 46:87~92.
- Bergstrom, J. R., J. L. Nelssen, M. D. Tokach, R. D. Goodband, K. Q. Owen, B. T. Richert, W. B. Nessmith, Jr. and S. S. Dritz. 1995a. Determining the optimum threonine:lysine ratio in starter diets for the segregated early weaned pig. Kansas State University. Prog. Rep. 746. p. 35.
- Brumm, M. C., 1992. Weaned pig management and nutrition. NebGuide. <http://www.ianr.edu/pubs/swine/g821.htm>. Univ. of Nebraska-Lincoln.
- Campbell, R. G. 1990. The effects of protein deposition capacity on the growing pig requirements for dietary nutrients. Proceedings of the Arkansas Nutrition Conference, September 12~14, pp. 117~124.
- Campbell, R. G., and M. R. Taverner. 1986. A note on the response of pigs weaned at 28 days to dietary protein. *Anim. Prod.* 42:427.
- Canh, T. T. M. W. A. Verstegen, A. J. A. Aarnink and J. W. Schrama. 1997. Influence of dietary factors on nitrogen partitioning and composition of urine and feces of fattening pigs. *J. Anim. Sci.* 75:700.
- Cera, K. R., D. C. Mahan, R. F. Cross, G. A. Reinhart, and R. E. Whitmoyer. 1988. Effect of age, weaning and postweaning diet on small intestinal growth and jejunal morphology in young swine. *J. Anim. Sci.* 66:574.
- Chung, T. K., and D. H. Baker. 1992b. Ideal amino acid pattern for 10-kilogram pigs. *J. Anim. Sci.* 70:3102.
- Cline, T. R. 1991. Feeding pigs weaned at three to four weeks of age. In: E. R. Miller, D. E. Ullrey, and A. J. Lewis (Ed.) *Swine Nutrition*. p 497.

Butterworth-Heinemann, Boston, M.A.

- Diets, G. N., C. V. Maxwell and D. S. Buchanan. 1988. Effects of protein source on performance of early weaned pigs. *J. Anim. Sci.* 66 (Suppl. 1):314.
- Duncan, D. B. 1995. Multiple range and multiple F tests. *Biometrics.* 11:1.
- Easter, R. A. and Baker, D. H. 1980. Lysine and protein levels in corn-soybean meal diets for growing-finishing swine. *J. Anim. Sci.* 50:467~471.
- Gatel, F., and F. Grosjean. 1992. Performance of pigs from two genotypes in relation to the amino acid content of the diet. *Livest. Prod. Sci.* 30:129.
- Gatnau, R., and D. R. Zimmerman. 1990. Spray-dried porcine plasma (SDPP) as a source of protein for weanling pigs. *J. Anim. Sci.* (Suppl. 1) 68:374 (Abstr.)
- Goodband, R. D., M. D. Tokach and J. L. Nelssen. 1998. *Kansas Swine Nutrition Guide.* Kansas State University. pp. 30-35.
- Goodband, R. D., R. H. Hines, J. L. Nelssen and R. C. Thaler. 1988. The effect of dietary lysine level on performance of pigs weaned at two weeks of age. *J. Anim. Sci.* 66 (Suppl. 1):315 (Abstr).
- Graham, P. L., D. C. Mahan, and R. G. Shields, Jr. 1981. Effect of starter diet and length of feeding regime on performance and digestive activity of 2-week old weaned pigs. *J. Anim. Sci.* 53:299-307.
- Hampson, D. J. 1986. Alterations in piglet small intestinal structure at weaning. *Res. Vet. Sci.* 40:32
- Hancock, J. D., R. H. Hines, C. G. Mills, and D. A. Nichols, 1994. Effect of nursery diets on growth of pigs to market weight. *J. Anim. Sci.* 72:(Suppl. 2):64 (Abstr.).
- Hansen, J. A., J. L. Nelssen, R. D. Goodband, and T. L. Weeden. 1993. Evaluation of animal protein supplements in diets of early-weaned pigs. *J. Anim. Sci.* 71:1853.
- Himmelberg, L. V., E. R. Peo, Jr., A. J. Lewis, and J. D. Crenshaw. 1985. Weaning weight response of pigs to simple and complex diets. *J. Anim. Sci.* 61:18.
- Kats, L. J., J. L. Nelssen, M. D. Tokach, R. D. Goodband, J. A. Hansen and J. L. Laurin. 1994. The effect of spray-dried porcine plasma on growth performance in the early-weaned pigs. *J. Anim. Sci.* 72:2075.
- Kelly, D., J. A. Smyth, and K. J. McCracken. 1991. Digestive development of the early-weaned pig 2. Effect of level of food intake on digestive enzyme activity during the immediate post weaning period. *Br. J. Nutr.* 65:181.
- Kyriazakis, I. 1989. Growth, feed intake and diet selection in pigs: theory and

- experiments. Ph. D. Dissertation. University of Edinburgh, U. K.
- Lecce, J. G., W. D. Armstrong, E. J. Crawford, and G. A. Ducharme. 1979. Nutrition and management of early weaned piglets: Liquid vs fry feeding. *J. Anim. Sci.* 48:1007.
- Leibbrandt, V. D., R. C. Ewan, V. C. Speer, and D. R. Zimmerman. 1975. Effect of weaning and age at weaning on baby pig performance. *J. Anim. Sci.* 69:4062.
- Leibbrandt, V. D., R. D. Ewan, V. C. Speer, and D. R. Zimmerman. 1975. Effect of weaning and age at weaning on baby pig performance. *J. Anim. Sci.* 40:1077.
- Li, D. F., J. L. Nelssen, P. G. Reddy, F. Blecha, R. Klemm, and R. D. Goodband. 1991. Interrelationship between hypersensitivity to soybean proteins and growth performance in early-weaned pigs. *J. Anim. Sci.* 69:4062.
- Lindemann, M. D., S. G. Cornelius, S. M. EL Kandelgy, R. L. Moser, and J. E. Pettigrew. 1986. Effect of age, weaning and diet on digestive enzyme levels in the piglet. *J. Anim. Sci.* 62:1298.
- Mahan, D. C. 1993. Effect of weight, split-weaning, and nursery feeding programs on performance responses of pigs to 105 kilograms body weight and subsequent effects on sow rebreeding interval. *J. Anim. Sci.* 71:1991-1995.
- Mahan, D. C. 1995. Feeding for maximum lean growth. Illinois Pork Industry Conference. pp 108-123.
- Mahan, D. C., and A. J. Lepine. 1991. Effect of pig weaning weight and associated feeding programs on subsequent performance to 105 kilograms body weight. *J. Anim. Sci.* 69:1370-1378.
- Mahan, D. C., and A. J. Lepine. 1991. Effect of pig weaning weight and associated nursery feeding programs on subsequent performance to 105 kilograms body weight. *J. Anim. Sci.* 69:1370.
- Makkink, C. A. 1993. Of piglets, dietary proteins, and pancreatic proteases. Ph.D. Thesis. Department of Animal Nutrition, Agricultural University, Wageningen, The Netherlands.
- Mason, V. C. 1984. Metabolism of nitrogen compound in the large gut [Emphasis on recent findings in the sheep and pig]. *Proc. Nutr. Soc.* 43:45.
- Maxwell, C. V. 1997. Diets for Early weaned pigs. Swine report. Oklahoma State University.
- McClead, R. E., Jr., M. Lentz, and R. Vieth. 1990. A simple technique to feed newborn piglets. *J. Pediatr. Gastroenterol. Nutr.* 10:107.
- NRC. 1988. Nutrient requirements of swine (9th Ed.). National Academy Press,

- Washington, DC.
- NRC. 1998. Nutrient requirements of swine (10th Ed.). National Academy Press, Washington, DC.
- Okai, D. B., F. X. Aherne, and R. T. Hardin. 1976. Effects of creep and starter composition on feed intake and performance of young pigs. *Can. J. Anim. Sci.* 56:573.
- Owen, K. Q., I. H. Kim and C. S. Kim. 1996. Amino acid nutrition for the segregated early weaned pig. *Kor. J. Anim. Nutr. Feed.* 20 (4): 307-318.
- Owen, K. Q., J. L. Nelssen, R. D. Goodband, M. D. Tokach, B. T. Richert, K. G. Friesen, J. W. Smith, J. R. Bergstrom and S. S. Dritz. 1995. Dietary lysine requirements of segregated early-weaned pigs. *J. Anim. Sci.* 73 (Suppl. 1):68 (Abstr.).
- SAS. 1985. SAS User's Guide : Statistics, SAS Inst, Inc., Cary, NC., USA.
- SCA. 1987. Feeding Standards for Australian Livestock. Pigs Standing Committee on Agriculture. CSIRO, East Melbourne, Australia.
- Simmen, F. A., K. R. Cera, and D. C. Mahan. 1990. Stimulation by colostrum or mature milk of gastrointestinal tissue development in newborn pigs. *J. Anim. Sci.* 68:3596-3603.
- Sloat, D. A., D. C. Mahan, and K. L. Roehrig. 1985. Effect of pig weaning weight on post-weaning body composition and digestive enzyme development. *Nutr. Rep. Int.* 31:627-634.
- Stahly, T. S. 1991. Amino acids in growing, finishing, and breeding swine. Proceedings National Feed Ingredient Association Nutrition Institute, Chicago, IL.
- Stahly, T. S., N. H. Williams and S. Swenson. 1994. Impact of genotype and dietary amino acid regimen on growth of pigs from 6 to 26. *J. Anim. Sci.* 72 (Suppl. 1):165 (Abstr.).
- Stairs, J. T. F., M. D. Tokach, J. E. Pettigrew, and M. E. Wilson. 1991. Milk products in starter diets improve subsequent pig performance. *J. Anim. Sci.* 69 (Suppl. 1):116 (Abstr.).
- Tokach, M. D., J. E. Pettigrew, J. J. Johnston, and S. G. Cornelius. 1990. Overall pig performance to market weight is improved by adding milk products, but not fat, to the starter diet. *J. Anim. Sci.* 68 (Suppl. 1) : 377 (Abstr.).
- Tokach, M. D., R. D. Goodband, J. L. Nelssen, and D. R. Keesecker. 1992. Influence of weaning weight and growth during the first week postweaning on subsequent pig performance. *Pro. Am. Assoc. Swine Pract.* p 409 (Abstr.).

- Tokach, M. D., R. D. Goodband, J. L. Nelssen. 1994. Recent developments in nutrition for the early-weaned pig. *Comp. Cont. Ed. Pract. Vet.* 16:406.
- Whang, K. Y. and R. A. Easter. 1994. Effect of starter feeding program on growth performance and protein gain from weaning to market weight in barrows and gilts. *J. Anim. Sci.* 72: (Suppl. 2):65 (Abstr.).
- Yen, H. T., Cole, D. J. A. and Lewis, D. 1986a. Amino acid requirements of growing pigs. 8. The response of pigs from 50~90 kg liveweight to dietary ideal protein. *Anim. Prod.* 43:155~165.
- Yen, H. T., Cole, D. J. A. and Lewis, D. 1986b. Amino acid requirements of growing pigs. 9. The response of pigs from 25~55 kg liveweight to dietary ideal protein. *Anim. Prod.* 43:141~154.
- Zhang, Y., I. G. Partridge, and K. G. Mitchell. 1986. The effect of dietary energy level and protein:energy ratio on nitrogen and energy balance, performance and carcass composition of pigs weaned at 3 weeks of age. *Anim. Prod.* 42:389.
- Zhang, Y., I. G. Partridge, H. D. Keal, and K. G. Mitchell. 1984. Dietary amino acid balance and requirements for pigs weaned at 3 weeks of age. *Anim. Prod.* 39:441.
- Zijlstra, R. T., K-Y. Wang, R. A. Easter, and J. Odle. 1996. Effect of feeding a milk replacer to early-weaned pigs on growth, body composition, and small intestinal morphology, compared with suckled littermates. *J. Anim. Sci.* 74:2948-2959.
- 한인규, 권관, 나기현, 유문일. 1978. 이유자돈 및 육성비육돈의 사료에 있어서 L-lysine의 첨가에 의한 단백질 절약효과. *한국축산학회지.* 20:566.

(본 논문은 *일본축산학회지에 게재 예정임*)

3. 보호 또는 비보호 유기산 및 사료내 buffer 특성이 자돈의 성장과 장 내용물의 특성 및 영양소 소화율에 미치는 효과

가. 서 론

조기이유자돈에서 소화기의 불충분한 산성화는 소화관의 건강을 해치는 위험한 요소가 된다 (Mosenthin, 1998). 이것은 유리 HCl과 결합하고 있는 높은 buffering capacity를 가진 사료를 섭취하였을 때 특히 관련이 있다 (Bolduan 등, 1988).

유기산의 첨가는 이유후, 위내 산도를 증가시키지만, 소화관을 약화시키기도

한다 (Aumaitre 등, 1995). 반면에 유기산을 자돈사료에 첨가하였을 때 성장이 개선되는 효과가 있다는 보고도 있다 (조 등, 1997). 이런 효과는 특히, 고농도의 첨가시 흡수하였을 때 유기산의 에너지가로부터 유도할 수 있다. 이유자돈사료의 푸마릭산의 첨가수준은 문헌에 따라 0.7% (Scipioni 등, 1978)에서부터 3.0% (조 등, 1997)로 다양하다. 자돈 사료내 유기산의 낮은 사용량 (1% 이하)에 대해서는 효과가 명백하지 않다.

사료의 산성화가 증가됨으로써 일어난 소화기의 산성화는 위액의 분비를 줄여주고, 따라서, 염산의 분비도 줄여준다 (Kempe-Kroonsberg, 1993). 이것은 낮은 결합력의 사료에서 산성화제를 첨가하는 것이 더 중요하다고 할 수 있다. 완충력이 높은 사료는 혈액내 기초 대사가 증가하고, Hewzang으로부터 bicarbonate의 분비가 심하게 자극되도록 유인하며 (Kempe-Kroonsberg, 1993), 소화율에도 영향을 미친다. 이런 경우 산성화제의 첨가는 E. Coli와 다른 위해 미생물의 성장을 제어하기에 충분하지 못하다. 위와 십이지장에서 분비의 영향을 받지 않고 소장 말단과 소화기 말단에서 박테리아의 과잉성장을 제어하기 위한 효과적인 방법은 사료내 산을 첨가하여 산의 방출을 늦어지게 하는 것이다.

본 연구는 완충능과 보호 또는 비보호 유기산의 첨가가 성장, 영양소 소화율, 도체 조성, 박테리아 수, 자돈의 다른 소화기로부터 유즙의 성질에 미치는 영향을 알아보기 위함이다.

나. 재료 및 방법

14일령 조기이유자돈을 6처리로 나누었으며, 두 수준 (H, L)의 buffering capacity에서 푸마릭산 첨가구 (FA), protected organic acid와 inorganic acid 첨가구 (PA), 유기산 무첨가구 (NO)로 나누어 배치하였다. PA처리구는 10% ortho-phosphoric acid, 20% 푸마릭산, 10% 시트릭산, 10% 말릭산과 50% 중성지방과 유리지방산이 첨가되었다.

시험 1에서는 48두의 돼지를 6처리 8반복으로 31일동안 사양시험을 하고, 성장률과 분소화율을 조사하였으며, 시험 2에서는 42두의 돼지를 처리당 7마리씩 배치하여 성장률, 장내 bacteria 군집, 소화효소의 특성을 조사하였다. 이중 세 마리는 19일 후에, 나머지 네 마리는 38일 후에 도살하였다.

실험동물은 각각 플라스틱으로 코팅된 바닥에서 개별사양되었다. 실내 온도는 자동적으로 제어할 수 있도록 조절하였으며 개시에는 30℃, 종료시에는 24℃로 조절하였다. 처음 3일동안 infra-red 램프를 설치하였다.

본 연구의 사료 성분표는 표 2-1-13에서 나타난 바와 같다. 완충능이 높은 것과 비교하였을 때, 낮은 것은 dicalcium phosphate, calcium carbonate를 mono-

calcium phosphate, calcium sulfate가 이용되었다. 그러나, 완충능이 높은 PA 처리구는 사료에 비보호 푸마릭산을 첨가하였다. 크롬 옥사이드는 단백질, 건물 소화를 결정하기 위한 지시제로 첨가하였으며, 향미생물 첨가제는 첨가하지 않았다.

표 2-1-13. 사료배합율표 및 영양소합량

완충능 산	H			L		
	NO	FA	PA	NO	FA	PA
기본사료 ¹	97.3	97.3	97.3	97.3	97.3	97.3
옥수수 플레이크	1.0	0.6	-	1.0	0.6	-
Calcium carbonate	0.5	0.5	0.5	-	-	-
제2인산칼슘	1.2	1.2	1.2	-	-	-
인산칼슘	-	-	-	1	1	1
Sulphate calcium	-	-	-	0.7	0.7	0.7
Fumaric Acid	0.5	-	0.5	0.5	-	-
Protected acid ²	-	-	0.5	-	-	0.5
화학적조성						
건물	89.80	89.53	88.99	90.27	89.85	90.23
조단백질	18.89	18.28	18.35	18.17	18.45	18.35
조회분	8.20	7.83	7.81	7.95	7.80	7.86
칼슘	1.07	1.07	1.07	0.88	0.88	0.88
인	0.81	0.81	0.80	0.78	0.81	0.79
완충능 (meq/kg, pH 3)	823	783	803	645	636	670
pH	5.62	5.06	5.09	5.32	5.26	4.86

¹ Flaked corn 29.97%, flaked dehulled barley 20%, dried skimmed milk 15%, spray-dried milk whey 10%, fish meal 5%, soybean extruded 5%, wheat bran 3%, potato concentrate 2.5%, oil 4% Lys-HCl (30%) 1.1, Met (30%) 0.55, Thr 0.16, Trp 0.05, Choline-Cl 0.34, premix 0.6% and Chromic oxide 0.3%. Vitamin and mineral mixture per kg diet: vitamin A, 26,500 IU; vitamin D₃, 2,400 IU; vitamin E, 35 mg; vitamin B₁, 10 mg; vitamin B₂, 8 mg; vitamin B₆, 6 mg; vitamin B₁₂, 0.04 mg; niacin, 55 mg; biotin, 0.15 mg; d-pantothenic acid, 30 mg; folacin, 1 mg; Fe, 200 mg; Zn, 175 mg; Cu, 150 mg; Mn, 80 mg, I, 2.5 mg; Co, 2 mg and Se, 0.2 mg.

² Containing 10% ortho-phosphoric acid, 20% fumaric acid, 10% citric acid, 10% malic acid and 50% triglycerides and free fatty acids.

실험 2에서는 sodium thiopental (10 mg/kg 체중)으로 진정후 도살하였으며, 자돈은 Tanax (A.I.C. Hoechst Roussel Vet GmbH, Weisbaden, Germany)를 심장에 0.5 ml 주사하여 안락사시켰다. 각각의 자돈에서 공장의 두 부분과 결장의 윗부분을 분리하고, 잘라내고, 멸균한 수조에 펼쳐서 세로로 자른 후 미생물 검사를 실시하였다. 공장의 점막은 완만하게 끊어내고 두가지 샘플을 조심스럽게 혼합한다.

약 5g의 결장을 모은다. 위, 회장, 맹장의 소화물은 pH 측정을 위해 수집한다. 비어있는 소화관은 empty body를 측정하고, 도체는 갈아서 균질화한다. 각각의 샘플은 냉동건조 후 건물, 회분, 질소 함량을 분석한다.

사료의 화학적 조성은 AOAC (1995)에 의해 수행하였다. 사료의 pH는 Risley 등 (1992)의 방법에 의해 20 g의 샘플에 증류수, 이온제거수 100 ml를 넣어 pH meter로 세 번 측정하였다 (HI 8418, Hanna Instruments, Padova, Italy). 시험사료의 완충능은 Gabert 등 (1995)의 방법을 약간 변경하여 결정하였다. 각 사료를 5 g씩 측정 후 0.1 N HCl을 pH 3이 될 때까지 적정한다. 완충능은 아래와 같은 방정식에 의해 구할 수 있다.

$$\text{완충능 (meq/kg)} = ((50 - X) \times 0.1 / \text{샘플 무게}) \times 1000$$

여기서, X=0.1N NaOH의 ml

실험 1의 성장률은 처리간의 효과를 선형모델에 의해 분석하였으며, 실험 2는 실험 1에서 고려한 요인들을 첨가하여 처리간 상호작용과 시간의 효과를 분석하였다. 통계분석은 SAS (1996)를 이용하였다.

다. 결과 및 고찰

완충능과 산첨가 간의 유의차는 통계적으로 나타나지 않았다. 실험 1에서 자돈의 성장은 표 2-1-14에서 나타내었다. 완충능은 성장률과 사료효율에서 효과를 볼 수 없었다. 사료섭취량은 보호유기산첨가구 (PA)가 높게 나타났지만 ($p < 0.01$), 일당증체량과 사료효율에서는 통계적인 유의차를 보이지 않았다.

표 2-1-14. 완충능과 산의 첨가가 자돈의 성장에 미치는 영향 (실험 1)

	완충능		표준 오차	산			표준 오차
	H	L		NO	FA	PA	
개시체중 (kg)	4.22	4.17	0.11	4.16	4.21	4.21	0.13
종료체중 (kg)	11.24	11.16	0.26	11.02	11.02	11.55	0.32
사료 섭취량 (g/day)	298	297	3.6	291 ^A	287 ^A	315 ^B	4.4
일당증체량 (g/day)	226	226	9.8	221	220	237	12
사료효율	1.37	1.36	0.06	1.32	1.30	1.33	0.07

^{A,B} 같은 줄의 서로 다른 첨가는 $P < 0.01$ 수준에서 유의성 있음.

실험 2에서 나타난 자돈의 성장률과 도체성분은 각각 표 2-1-15과 16에 나타내었다. 처리간의 효과는 나타나지 않았다. 이 결과는 푸마릭산 (10 g/kg) Henry 등 (1985)과 Giesting과 Easter (1985)의 보고와 비슷한 결과를 나타내었지만, 대부분의 연구에서 유기산은 이유후 자돈에서 첨가하였을 때 일당증체량을 개선시키

는 것으로 나타났다 (조 등, 1997). 이 연구에서 푸마릭산과 보호유기산의 첨가가 대조구와 비교하였을 때 일당 단백질 축적량이 12% 증가하였으나, 통계적인 유의차는 없었다. Radecki 등 (1988)은 자돈의 단백질 축적율은 유기산의 첨가에 영향을 받지 않는다고 보고한 반면, 다른 보고에서는 유기산의 첨가가 높을수록 질소 균형이 향상된다고 보고하였다 (Kirchgessner과 Roth, 1980). 본 연구에서 성장 효과가 부족한 것은 실험동물의 건강상태가 가장 우수했기 때문이며, 적절한 환경 조건과 산성화제의 사용량이 적은 것도 원인이 되었다. 또한, 긴 시험기간은 산성화 사료가 영양소 축적을 가져올 수 있는 효과를 가렸을 것이다 (Ravindran과 Kornegay, 1993). 하지만, 시험기간과 사료 간의 상호작용은 없었다. Close와 Stanier (1984)의 보고에 의하면 조기이유자돈의 단백질 축적율의 범위는 다양하다. 성장률과 도체 조성은 회분을 제외한 나머지는 자돈일령에 의해 영향을 받는다 ($p<0.01$). Fenton 등 (1985)은 조기이유자돈의 일령에 의해 체조성이 변화한다고 보고하였다.

표 2-1-15. 완충능과 산의 첨가가 자돈의 성장에 미치는 영향 (실험 2)

	완충능			표준			산			표준		시험기간 ^a	
	H	L	오차	NO	FA	PA	오차	19	38				
개시체중 (kg)	4.96	4.96	0.11	4.93	5.00	4.94	0.13	4.98±0.13	4.93±0.12				
종료체중 (kg)	11.46	11.63	0.41	11.67	11.53	11.45	0.50	7.13±0.49 ^A	15.96±0.42 ^B				
사료섭취량 (g/day)	267	276	8.5	266	265	282	10	176±10 ^A	366±8.8 ^B				
일당증체량 (g/day)	202	206	8.7	209	200	201	11	113±10 ^A	292±8.9 ^B				
사료효율	1.32	1.34	0.08	1.27	1.32	1.40	0.09	1.56±0.09 ^A	1.25±0.08 ^B				

^a Values reported as means ± SE.

^{A,B} 같은 줄의 서로 다른 첨가는 $p<0.01$ 수준에서 유의성 있음.

표 2-1-16. 완충능과 산의 첨가가 체조성과 영양소 섭취에 미치는 영향

	완충능			표준			산			표준		시험기간 ^a	
	H	L	오차	NO	FA	PA	오차	19	38				
화학적 조성													
건물 (%)	26.90	28.20	0.56	27.72	27.67	27.24	0.69	25.56±0.60 ^A	29.54±0.52 ^B				
단백질 (N×6.25, %)	14.85	14.91	0.15	14.76	14.96	14.91	0.19	14.50±0.17 ^A	15.27±0.15 ^B				
지방 (%)	8.29	8.80	0.38	8.35	8.60	8.69	0.47	7.19±0.41 ^A	9.91±0.35 ^B				
회분 (%)	2.97	3.14	0.08	3.20	3.04	2.93	0.09	3.05±0.08	3.06±0.07				
일일 영양소 섭취													
단백질 (N×6.25, g)	28.88	27.56	1.81	25.81	29.37	29.44	2.19	14.56±1.94 ^A	41.88±1.69 ^B				
지방 (g)	12.93	15.18	1.55	13.25	14.13	14.78	1.90	0.58±1.68 ^A	27.53±1.38 ^B				
회분 (g)	5.17	5.46	0.37	5.34	5.48	5.13	0.45	2.77±0.40 ^A	7.86±0.34 ^B				

^a Values reported as means ± SE.

^{A,B} 같은 줄의 서로 다른 첨가는 $p<0.01$ 수준에서 유의성 있음.

완충능력은 진정분소화율 (표 2-1-17)과 진정회장소화율 (표 2-1-18)에 영향을 받지 않았다. 본 연구에서 효과가 부족한 것은 사료에 함유된 유제품의 높은 완충능에 기인하는 것으로 보인다 (Bolduan 등, 1988). 사료에 첨가된 락토스는 위내 존재하는 산성화를 감소시키는 *Lactobacillus* 박테리아에 의해 전환된 유산의 형태로 이용된다 (Easter, 1988).

표 2-1-17. 완충능과 산의 첨가가 분소화율에 미치는 영향 (%) (실험 1)

	완충능		표준 오차	산			표준 오차	실험기간		표준 오차
	H	L		NO	FA	PA		17-19	29-31	
건물	83.29	83.58	0.54	82.87	83.36	84.07	0.66	82.55 ^A	84.31 ^B	0.44
조단백질	87.02	87.18	0.18	86.89 ^B	86.83 ^B	87.59 ^C	0.22	87.07	87.14	0.18

^{B,C} 같은 줄의 서로 다른 첨가는 p<0.05 수준에서 유의성 있음.

^{A,B} 같은 줄의 서로 다른 첨가는 p<0.01 수준에서 유의성 있음.

보호 유기산과 무기산의 혼합구는 비보호산과 대조구에 비하여 단백질의 분소화율이 향상된 반면 (p<0.05), 건물 소화율에는 영향을 받지 않았다. 또한, 산을 첨가함에 따라 회장의 단백질 소화율을 약간 향상되었으며 (p<0.10), PA 처리구가 더 높게 나타났다. 이러한 결과는 Kirchgessener과 Roth (1982)와 Scipioni 등 (1978)의 결과에서 산성화제를 첨가함으로써 단백질 소화율이 증가하는 경향과 동일하였다. 반대로, Giesting과 Easter (1991)는 푸마릭산 2%를 첨가하였을 때 아무런 효과가 없다고 하였고, Mosenthin 등 (1992)도 프로피온산 2%를 첨가하였을 때 단백질의 회장 소화율에 영향을 받지 않았다고 하였다. Mroz 등 (1997)은 완충작용이 낮은 것보다 높은 것이 질소와 아미노산의 회장소화율이 높은 것으로 나타나 유기산의 효과를 알 수 있었다. 단백질 소화율의 향상은 유기산의 첨가로 인해 소장에서 *Enterobacteriaceae*가 감소하는 것과 관계가 있다 (그림 2-1-2). 이것은 내생 단백질의 감소를 줄여준다 (Caine, 1997). Falkowski와 Aherne (1984)에 의하면 건물과 단백질의 소화는 일령에 따라 증가한다고 한다.

표 2-1-18. 완충능과 산의 첨가가 회장소화율에 미치는 영향 (%) (실험 2)

	완충능		표준 오차	산			표준 오차	실험기간 ^a	
	H	L		NO	FA	PA		19	38
건물	75.87	75.91	2.57	73.32	74.98	78.32	3.16	74.10±3.10	76.98±2.68
조단백질 ^c	78.03	79.17	1.88	75.40	79.35	81.05	2.31	76.73±2.26 ^A	80.47±1.96 ^B

^a Values reported as means ± SE.

^{A,B} 같은 줄의 서로 다른 첨가는 p<0.01 수준에서 유의성 있음.

^c NO vs FA and PA (p<0.10).

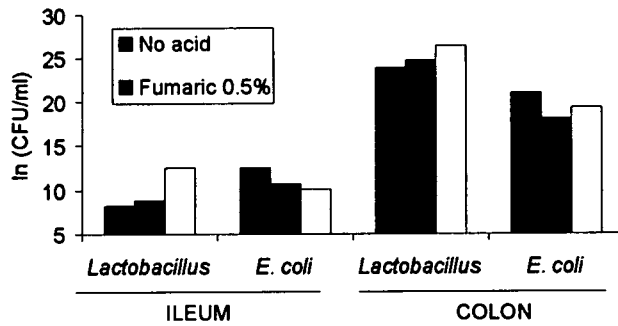


그림 2-1-2. 산의 첨가가 조기이유자돈의 회장, 맹장의 *Lactobacillus*와 *E. coli* 수에 미치는 영향

유기산의 첨가, 완충능과 이유시기는 장내 pH에 영향을 미치지 않았다 (표 2-1-19). 위의 pH가 가장 낮은 것으로 보아 회장과 결장도 같은 결과일 것으로 본다. Gabert 등 (1995)과 Decuypere 등 (1997)의 결과는 본 연구와 반대로 완충능의 효과는 나타나지 않았으나, Mroz 등 (1997)의 결과와 동일하였다. 본 연구에서 완충능의 범위는 Decuypere 등 (1997)의 시험과 같이 넓지 않았지만, 이 실험에서 완충능의 높고 낮은 것 중에 칼슘과 인의 비율을 차이를 두어 제한하였다.

표 2-1-19. 완충능과 산의 첨가가 자돈의 장내 pH에 미치는 영향

	완충능		표준 오차	산			표준 오차	실험기간 ^a	
	H	L		NO	FA	PA		19	38
위	3.65	3.49	0.24	3.88	3.34	3.50	0.30	3.58±0.28	3.56±0.24
회장	7.13	7.14	0.09	7.19	7.10	7.11	0.11	7.18±0.09	7.10±0.08
맹장	5.76	5.79	0.07	5.90	5.69	5.73	0.09	5.96±0.08 ^A	5.58±0.07 ^B

^a Values reported as means±SE.

^{A,B} 같은 줄의 서로 다른 첨가는 p<0.01 수준에서 유의성 있음.

유기산의 첨가에 따라 위 pH를 감소시키는 것은 1.5% 푸마릭산 (Risley 등, 1992), 시트릭산 (Scipioni 등, 1978)에서는 나타나지 않았다. 이것은 사료의 pH가 낮은 복합사료에 건조유청이 포함되어 있기 때문이다 (Risley 등, 1993). 또한, Ravindran과 Kornegay (1993)는 위내 pH 감소는 산성화제의 첫 효과가 아니라고 결론지었으며, 유제품의 완충능에 기인하기 때문에 푸마릭산 또는 보호 유기산의 높은 수준은 장내 pH를 감소시키기 위해서 필요하다 (Bolduan 등, 1988).

낮은 완충능의 자돈은 그림 3에서 보는 바와 같이 회장에서 *Lactobacillus*와 *E.*

Coli가 낮게 나타났으며 ($p=0.07$), 결장에서 *Lactobaciaeae*가 높게 나타났다 ($p=0.08$). 산성화 사료는 회장에서 *E. Coli*의 수가 감소하는 경향을 나타내었고, 결장에서는 *Lactobacillus*의 수가 증가하였다 (그림 2-1-3). 보호유기산 첨가구에서는 유리 푸마릭산 첨가에 비해 회장에서 *Lactobacillus*가 증가하였다 ($p=0.07$). 박테리아 수에 있어서 완충능과 유기산의 효과는 Gabert 등 (1995)의 보고가 반대로 나타났다.

산성화제의 첨가로 소장의 *E. coli*의 감소는 Roth와 Kirchgessner (1997), Sutton과 Patterson (1996)의 보고와 동일하였으나, Gabert 등 (1995)과 Risley 등 (1992)의 결과와는 동일하지 않았다. 본 연구를 통하여 회장에서 미생물수에 대한 유기산의 영향은 부분적으로 유리 푸마릭산보다 보호유기산이 약간 좋은 경향을 나타내었다.

라. 결 론

사료의 완충능의 범위는 장내 *Lactobacillus*와 *E. coli* 수의 적절한 변이에도 불구하고, 자돈의 성장을 향상시키는 데 충분하지 않다. 성장률과 도체중성, 장내 pH는 산성화제의 첨가에 의해 영향을 받지 않았다. 그러나, 이 연구에서 조기유자돈에 있어서 유기산의 첨가는 단백질 소화율을 개선시키고, *Lactobacillus* 수를 증가시키며, *E. Coli*의 수를 감소시킬 수 있다. 성장에 영향을 받지 않았다하더라도, 보호 산성화제의 사용은 일반적으로 효과가 있다고 볼 수 있다.

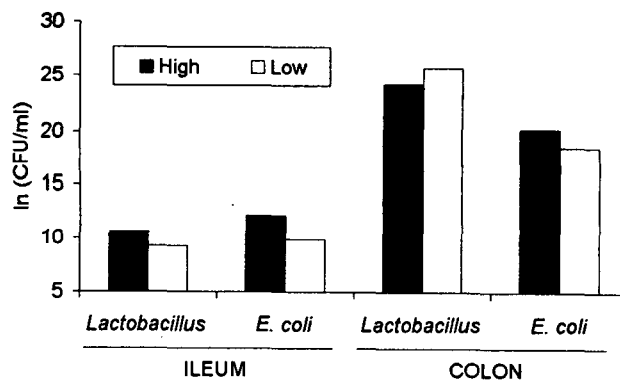


그림 2-1-3. 완충능이 조기유자돈의 회장과 결장의 *Lactobacillus*와 *E. coli* 수에 미치는 영향

마. 참고문헌

- AOAC. 1995. Official Methods of Analysis of AOAC International (16th Ed.). Association of Official Analyst Chemistry International, Arlington, VA.
- Aumaitre, A., J. Peineau and F. Maec. 1995. Digestive adaptation after weaning and nutritional consequences in the piglets. *Pig News Info.* 16:73N-79N.
- Bolduan, G., H. Jung, E. Schnabel and R. Scheider. 1988. Recent advances in the nutrition of weaner. *Pig News Inf.* 9:381-385.
- Caine, W. 1997. Ileal recovery of endogenous amino acids in pigs. Ph.D. Dissertation. Wageningen Agricultural University, Netherlands.
- Cho, W. T., I. S. Shin and In K. Han. 1997. Digestive physiology and protein requirement of early weaned pigs. In: 2nd Korea-Italy Joint Symposium Application of Biotechnology and Environment Management to Improve the Quality of Animal Products (Ed. S. Grego), Seoul Natl. Univ., Univ. Tuscia, Univ. Bologna.
- Close, W. H. and M. W. Stanier. 1984. Effects of nutrition and environmental temperature on the growth and development of the early-weaned piglet. *Anim. Prod.* 38:211-220.
- Decuypere, J., M. De Bruyn and N. Dierick. 1997. Influence of the buffering capacity of the feed on the precaecal digestibility in pigs. Proceedings of the VIIth International Symp. on Digestive Physiology in Pigs., Ed. by Laplace, J. P. Fevrier, C. and Barbeau A., INRA, France.
- Donkoh, A., P. J. Moughan. and W. C. Smith. 1994. Comparison of the slaughter method and simple T-piece cannulation of the terminal ileum for determining ileal amino acid digestibility in meat and bone meal for growing pig. *Anim. Feed Sci. Technol.* 49:43-56.
- Easter, R. A. 1988. Acidification of diets for diets. In: Recent Advances in Animal Nutrition, Ed. Haresign W. and Cole, D. J. A. Butterworths, London, UK, 61-72.
- Falkowski, J. K. and F. X. Aherne. 1984. Fumaric and citric acid as feed additives in starter pig nutrition. *J. Anim. Sci.* 58:935-938.
- Fenton, J. P., K. L. Roehrig, D. C. Mahan and J. R. Corley. 1985. Effect of swine weaning age on body fat and lipogenic activity in liver and adipose tissue. *J. Anim. Sci.* 60:190-199.
- Fenton, T. W. and M. Fenton. 1979. An improved procedure for determination of chromic oxide in feed and feces. *Can. J. Anim. Sci.* 59:631-634.

- Gabert, V. M. and W. C. Sauer. 1995. The effect of fumaric acid and sodium fumarate supplementation to diets for weaning pigs on amino acid digestibility and volatile fatty acid concentrations in ileal digesta. *Anim. Feed Sci. and Technol.* 53:243-54.
- Gabert, V. M., W. C. Sauer, M. Schmitz, F. Ahrens and R. Mosenthin. 1995. The effect of formic acid and buffering capacity on the ileal digestibilities of amino acids and bacterial populations and metabolites in the small intestine of weaning pigs fed semipurified fish meal diets. *Can. J. Anim. Sci.* 75:615-23.
- Giesting, D. W. and R. A. Easter. 1985. Response of starter pigs to supplementation of corn soybean meal diets with organic acids. *J. Anim. Sci.* 60:1288-1284.
- Giesting, D. W. and R. A. Easter. 1991. Effect of protein source and fumaric acid supplementation on apparent ileal digestibility of nutrients by young pigs. *J. Anim. Sci.* 69:2497-2503.
- Henry, R. W., P. W. Pickard and P. E. Hughes. 1985. Citric acid and fumaric acid as food additives for early-weaned piglets. *Anim. Prod.* 40:505-509.
- Kemme-Kroonsberg, C. 1993. Nutrition and acid-base of pigs: a review. Research Institute for Livestock Feeding and Nutrition (IVVO-DLO), Lelystad (NL), rapport n. 243.
- Kirchgessener, M. and F. X. Roth. 1980. Digestibility and balance of protein and energy and some minerals in diets for piglets supplemented with fumaric acid. *Z. Tierphysiol. Tierernahr. Futtermittelkde.* 44:239-245.
- Kirchgessener, M. and F. X. Roth. 1982. Fumaric acid as feed additive in pig nutrition. *Pig News and Info.* 3:259-264.
- Mosenthin, R. 1998. Physiology of small and large intestine of swine. *Asian-Aus. J. Anim. Sci.* 11:608-619.
- Mosenthin, R., W. C. Sauser, F. Ahrens, C. F. M. de Lange and U. Bornholdt. 1992. Effect of dietary supplements of propionic acid, siliceous earth or a combination of these on the energy, protein and amino acid digestibilities and concentrations of microbial metabolites in digestive tract of growing pigs. *Anim. Feed Sci. Technol.* 37:245-255.
- Mroz, A. W., K. Jongbloed, J. T. M. Partanen, P. A. van Diepen and P. A. Kemme. 1997. Apparent digestibility of amino acids and balance of nitrogen and minerals as influenced by buffering capacity and organic acid in diets for growing swine. *J. Anim. Sci.* 75(Suppl. 1):185 (Abstr.).
- Radecki, S. V., M. R. Juhl and E. R. Miller. 1988. Fumaric and citric acids as feed

- additives in starter pig diets: Effect on performance and nutrient balance. *J. Anim. Sci.* 66:2598-2605.
- Ravindran, V. and E. T. Kornegay. 1993. Acidification of weaner pig diets: A review. *J. Sci. Food Agric.* 62:313- 322.
- Risley, C. R., E. T. Kornegay, M. D. Lindemann, C. M. Wood and W. N. Eigel. 1992. Effect of feeding organic acids on selected intestinal content measurements at varying times post-weaning in pigs. *J. Anim. Sci.* 70:196-206.
- Risley, C. R., E. M. Kornegay, M. D. Lindemann, C. M. Wood and W. N. Eigel. 1993. Effect of feeding organic acids on gastrointestinal digesta measurements at various times post-weaning in pigs challenged with enterotoxigenic *Escherichia coli*. *Can. J. Anim. Sci.* 73:931-940.
- Roth, F. X. and M. Kirchgessener. 1997. Formic acid as a feed additive for piglets: Nutritional and gastrointestinal effects. In: (J. P. Laplace, C. Fevrier and A. Barbeau, eds.) Proceedings of the VIIth International Symp. on Digestive Physiology in Pigs, INRA, France.
- SAS. 1996. SAS/STAT Software: Changes and Enhancements through Release. 6.11. SAS Institute Inc., Cary, NC.
- Scipioni, R., G. Zaghini and B. Biavati. 1978. Use of acidified diets for early weaning of piglets. *Zoot. Nutr. Anim. (Ital.)* 4(4):201-18.
- Sutton, A. L. and J. A. Patterson. 1996. Effects of dietary carbohydrates and organic acid additions on pathogenic *E. coli* and other micro-organisms in the weanling pig. 5th International Symposium on Animal Nutrition, Kasposvr, Hungary 15 Oct. 31-44.

(본 논문은 아세아태평양축산학회지 13권 7호 페이지 995-1002에 발표된 논문임)

4. 자돈에 있어서 여러 가지 지방 공급원의 영양적 가치에 관한 연구

가. 서 론

이유초기에 부족하기 쉬운 에너지를 보충해 주고 이유로 인한 스트레스를 줄이기 위하여 일반적으로 이유자돈 사료에 지방을 첨가시켜 주고 있는데 여러종류의 지방첨가 효과에 대한 연구결과들은 서로 일치되지 않고 있다. 그 이유는

지방공급원, 첨가율, 에너지:단백질 비율, 단백질 공급원, 탄수화물공급원과 자돈의 능력 차이와 같은 여러 요인이 있기 때문이다.

돼지의 지방공급원은 대부분 식물과 동물에서 추출한 긴사슬 지방산으로 구성되어 있지만, Cera 등 (1989)은 중간사슬 지방산을 포함한 중성지방이 긴사슬 지방산을 포함한 중성지방보다 소화율이 좋다고 하였다. 중간사슬 중성지방은 C6:0, C8:0, C10:0과 C12:0으로 구성되어 있는 것으로 긴사슬 중성지방보다 소장 내에서 빠르고 완전하게 가수분해되고, 소장내로의 흡수가 빠르다고 한다. 또한 문맥혈을 통해 직접 흡수되므로 간에서 지방을 분해하여 에너지원으로 빨리 사용할 수 있는 이점도 있다.

Lawrence와 Maxwell (1983)은 신생자돈과 이유자돈에 있어서 성장효과는 지방산 조성과의 관련이 있다고 하였다. 포화정도는 증체에 영향을 주지 않지만 사슬의 길이는 증체율에 영향을 준다고 하였다. 젓먹이 돼지사료에 coconut oil을 첨가한 것이 corn oil과 lard를 첨가한 것보다 성장과 사료효율의 개선을 가져왔다고 하였다. Jones 등 (1992)은 21일령 이유자돈사료에 있어서 soybean oil, coconut oil, lard 및 tallow를 비교하였는데, soybean oil과 coconut oil의 첨가가 lard나 tallow보다 소화율이 높고, lecithin이 tallow의 소화율을 개선하였다고 보고하였다.

지방 공급원은 일반적으로 사료내 에너지의 함량을 높이기 위해 사용되는데, 성장에 저해가 될 수도 있다는 연구결과들이 있다. 이유 후 몇 주간 고에너지 사료를 섭취하게 되면 성장이 개선된다는 연구결과와는 달리 이유 첫주에는 이러한 지방의 첨가효과가 매우 적거나 오히려 성장을 저해한다는 연구결과들이 많다 (Howard 등, 1990; Mahan, 1991). 지방은 이유후 췌장의 지방분해 효소의 활성이 감소되어 그 이용성이 제한된다고 한다. 췌장내용물 내의 지방분해 효소 함량은 이유 후 30~60% 정도 감소된다고 하며 (Lindemann 등, 1986; Cera 등, 1990), 포유기의 수준까지 회복되기 위해서는 몇일 소요된다.

사료 지방의 소화율은 담즙에 의한 지방구 형성과 직접적으로 연관이 있다. 짧은 사슬 지방산은 지방구 형성이 용이할 뿐 아니라 혈액을 따라 가수분해되어 흡수도 빠르다. Partridge와 Gill (1993)은 불포화 지방산의 함량이 높은 식물성 기름은 동물성 지방에 비해 이유 첫 주 동안 소화율이 우수하다고 하였으며, soybean oil이나 corn oil보다 coconut oil, butter fat 및 lard의 이용성이 높으며, tallow가 가장 낮은 성장률을 보였다고 하였다.

조기 이유 자돈의 지방 이용율을 개선하기 위한 연구가 진행되었다. Dove와 Haydon (1992)은 이유 후 14일간 이유 자돈 사료내 구리×동물성 지방 사이의 상호관계를 조사하였다. 이 기간 동안 250 ppm의 구리 및 5%의 동물성 지방을 급여한 자돈의 일당 증체량 및 사료 섭취량이 동물성 지방만을 5% 급여한 자돈보

다 우수하였다. Luo와 Dove (1996)는 250 ppm의 구리는 소장내 지방 분해효소 및 인지방 분해효소의 활성을 증가시켜 사료 지방의 소화율을 개선시킨다고 하였다.

그러므로, 본 실험의 목적은 식물성 기름과 동물성 기름이 자돈의 성장에 미치는 영향을 알아보기 위하여 실시하였다.

나. 재료 및 방법

1) 시험동물

평균 체중 5.82 kg인 삼원교잡종 (Landrace×Duroc×Large White) 육성돈 128두를 공시하였다. 처리구는 1) 대두유, 2) 옥수수유, 3) 우지, 4) 어유로 4처리를 두었으며, 각 처리당 8반복, 반복당 4두를 각각 완전 임의배치하였다.

2) 시험사료

시험사료는 표 2-1-20과 21에서 보는 바와 같으며, 사료는 가루 형태로 공급되었고, 돈방당 1개씩 설치된 급이기를 이용하여 자유 채식하도록 하였으며, 물은 자동급수기로 자유로이 먹을 수 있도록 하였다. 체중 및 사료섭취량은 매주 측정하였다. 시험사료에 사용된 기름의 지방산 조성은 표 2-1-22과 같다.

3) 소화시험

시험사료의 소화율을 조사하기 위하여 사양시험 중에 0.2% Cr₂O₃를 혼합한 시험사료를 급이하여 4일간 적응시킨 후 3일동안 매일 아침과 저녁2회에 걸쳐 각 처리구마다 5두의 분을 바로 채집하였다. 채집한 분은 60℃에서 72시간 동안 건조시킨 후 1 mm Wiley 분쇄기를 이용하여 분쇄하였으며, 분쇄된 시료는 화학 분석을 실시할 때까지 4℃에서 보관하였다.

4) 화학 분석

시험사료 및 분의 화학분석은 AOAC법 (1990)에 따라 분석하였으며, 에너지는 Bomb Calorimeter를 이용하여 측정되었다. 지방산조성은 Lepage와 Roy (1986)의 one-step methylation을 이용하여 Gas liquid chromatography (Hewlett Packard Co., USA; Model HP5890)에 의하여 측정하였다.

표 2-1-20. 시험사료 성분 및 조성 (Phase I)

	대두유	옥수수유	우지	어유
원료사료				
옥수수	16.50	16.50	16.50	16.50
대용유	27.00	27.00	27.00	27.00
대두박	20.50	20.50	20.50	20.50
락토스	17.00	17.00	17.00	17.00
대두유	5.00	-	-	-
옥수수유	-	5.00	-	-
우지	-	-	5.00	-
어유	-	-	-	5.00
어분	4.30	4.30	4.30	4.30
혈장단백질	7.00	7.00	7.00	7.00
일인산칼슘	1.02	1.02	1.02	1.02
석회석	0.66	0.66	0.66	0.66
비타민	0.20	0.20	0.20	0.20
광물질	0.30	0.30	0.30	0.30
소금	0.30	0.30	0.30	0.30
아빌라마이신	0.05	0.05	0.05	0.05
라이신	0.09	0.09	0.09	0.09
메치오닌	0.08	0.08	0.08	0.08
합계	100.00	100.00	100.00	100.00
화학 조성 ³				
대사에너지 (kcal/kg)	3,480	3,480	3,444	3,466
조단백질 (%)	23.02	23.02	23.02	23.02
라이신 (%)	1.69	1.69	1.69	1.69
함유황아미노산 (%)	0.82	0.82	0.82	0.82
칼슘 (%)	0.91	0.91	0.91	0.91
인 (%)	0.82	0.82	0.82	0.82

¹ Supplied per kg diet: 8,000 IU vitamin A, 2,500 IU vitamin D₃, 30 IU vitamin E, 3 mg vitamin K, 1.5 mg thiamin, 10 mg riboflavin, 2 mg vitamin B₆, 40 μg vitamin B₁₂, 30 mg pantothenic acid, 60 mg niacin, 0.1 mg biotin, 0.5 mg folic acid.

² Supplied per kg diet: 200 mg Cu, 100 mg Fe, 150 mg Zn, 60 mg Mn, 1 mg I, 0.5 mg Co, 0.3 mg Se.

³ Calculate value.

표 2-1-21. 시험사료의 성분 및 조성 (Phase II)

	대두유	옥수수유	우지	어유
원료사료				
옥수수	36.00	36.00	36.00	36.00
대용유	18.90	18.90	18.90	18.90
대두박	17.39	17.39	17.39	17.39
락토스	10.00	10.00	10.00	10.00
대두유	5.00	-	-	-
옥수수유	-	5.00	-	-
우지	-	-	5.00	-
어유	-	-	-	5.00
어분	4.50	4.50	4.50	4.50
혈장단백질	6.00	6.00	6.00	6.00
일인산칼슘	1.02	1.02	1.02	1.02
석회석	0.66	0.66	0.66	0.66
비타민	0.20	0.20	0.20	0.20
미네랄	0.30	0.30	0.30	0.30
소금	0.00	0.00	0.00	0.00
항생제	0.03	0.03	0.03	0.03
합계	100.00	100.00	100.00	100.00
화학 조성 ¹				
대사에너지 (kcal/kg)	3,460	3,460	3,420	3,440
조단백질 (%)	21.00	21.00	21.00	21.00
라이신 (%)	1.40	1.40	1.40	1.40
함유황아미노산 (%)	0.34	0.34	0.34	0.34
칼슘 (%)	0.95	0.95	0.95	0.95
인 (%)	0.80	0.80	0.80	0.80

¹ Supplied per kg diet: 8,000 IU vitamin A, 2,500 IU vitamin D₃, 30 IU vitamin E, 3 mg vitamin K, 1.5 mg thiamin, 10 mg riboflavin, 2 mg vitamin B₆, 40 μg vitamin B₁₂, 30 mg pantothenic acid, 60 mg niacin, 0.1 mg biotin, 0.5 mg folic acid.

² Supplied per kg diet: 200 mg Cu, 100 mg Fe, 150 mg Zn, 60 mg Mn, 1 mg I, 0.5 mg Co, 0.3 mg Se.

³ Calculate value.

표 2-1-22. 기름의 지방산 조성 (%)

지방산	대두유	옥수수유	우지	어유
C14:0	-	-	2.20	13.45
C16:0	7.24	11.34	22.98	27.22
C16:1	0.05	-	1.88	16.85
C18:0	2.81	1.14	28.73	4.74
C18:1	34.70	34.38	39.95	9.78
C18:2	50.53	52.62	4.16	2.64
C18:3	4.66	0.52	0.11	2.40
C20:4	-	-	-	0.87
C20:5	-	-	-	15.51
C22:6	-	-	-	6.54

5) 통계 분석

본 실험 자료들의 통계적인 분석은 SAS (1985)의 GLM 절차를 이용하여 분산 분석을 실시하였고, 유의성 검정은 Duncan's multiple range test (Duncan, 1955)로 처리하였다.

표 2-1-23. 여러 가지 지방공급원이 자돈의 성장에 미치는 효과

처 리	옥수수유	대두유	우지	어유	표준오차
0~14일					
일당증체량 (g)	261	257	240	224	10.02
일당사료섭취량 (g)	352	343	337	310	10.33
사료효율	1.41	1.35	1.42	1.45	0.03
15~28일					
일당증체량 (g)	474	448	417	442	17.75
일당사료섭취량 (g)	737	735	714	732	20.22
사료효율	1.57	1.73	1.75	1.68	0.05
0~28일					
일당증체량 (g)	367 ^a	371 ^a	341 ^{ab}	320 ^b	11.35
일당사료섭취량 (g)	516	483	465	508	14.52
사료효율	1.42	1.41	1.49	1.49	0.03

^{a,b} 서로 다른 어깨문자 사이에 $p < 0.05$ 수준에서 유의성이 있음.

다. 결과 및 고찰

1) 성장능력

표 2-1-23에서 보는 바와 같이 전체적인 사양성적을 볼 때, 대두유, 옥수수유가 우지나 어유보다 우수한 성적을 나타내었다. 일당증체량에서는 대두유가 가장 좋았다 ($p < 0.05$). 일당증체량에서는 전체적으로 통계적인 유의차는 없었으나, 옥수수유가 가장 높았다.

2) 영양소 소화율

표 2-1-24에서 보는 바와 같이 건물 소화율에는 영향을 미치지 않았으며, 조회분 소화율에서는 우지가 가장 높았으며, 조단백질 소화율에서는 대두유가 가장 높게 나타났다. 에너지 소화율에서는 식물성 기름인 대두유 및 옥수수유가 동물성 기름인 우지나 어유보다 높게 나타났다.

표 2-1-24. 여러 가지 지방공급원이 자돈의 영양소 소화율에 미치는 효과

처리구	대두유	옥수수유	우지	어유	표준오차
건물	91.69	91.74	91.67	91.72	0.02
조회분	75.42 ^b	74.58 ^b	77.27 ^a	76.24 ^{ab}	0.38
조단백질	89.52 ^a	88.82 ^b	88.56 ^b	88.66 ^b	0.13
조지방	86.67 ^b	86.16 ^b	91.42 ^a	86.42 ^b	0.61
에너지	91.26 ^{ab}	91.48 ^a	91.16 ^b	91.05 ^b	0.06

^{a,b} 같은 열의 서로 다른 첨자는 유의적으로 다름 ($p < 0.05$).

라. 참고문헌

- Cera, K. R., D. C. Mahan and G. A. Reinhart. 1989. Apparent fat digestibilities and performance responses of postweaning swine fed diets supplemented with coconut oil, corn oil or tallow. *J. Anim. Sci.* 67:2040.
- Cera, K. R., D. C. Mahan and G. A. Reinhart. 1990. Evaluation of various extracted vegetable oil, roasted soybean, medium-chain triglyceride and an animal-vegetable fat blends for postweaning swine. *J. Anim. Sci.* 68:2756.
- Dove, C. R. and K. D. Haydon. 1992. The effect of copper and fat addition to the

- diets of weanling swine on growth performance and serum fatty acids. *J. Anim. Sci.* 69:2013.
- Howard, K. A., D. M. Forsyth and T. R. Cline. 1990. The effect of an adaptation period to soybean oil additions in the diet of young pigs. *J. Anim. Sci.* 68:678.
- Jin, C. F., J. H. Kim, In K. Han, H. J. Jung and C. H. Kwon. 1998. Effects of various fat sources and lecithin on the growth performance and nutrient utilization in pigs weaned at 21 days of age. *Asian-Aus. J. Anim. Sci.* 11:176.
- Jones, D. B., J. D. Hancock, D. L. Harmon and C. E. Walker. 1992. Effects of exogenous emulsifiers and fat sources on nutrient digestibility, serum lipids and growth performance in weanling pigs. *J. Anim. Sci.* 70:3473.
- Lawrence, N. J. and C. V. Maxwell. 1983. Effect of dietary fat source and level on the performance of neonatal and early weaned pigs. *J. Anim. Sci.* 57:936.
- Lindemann, M. D., S. G. Comelius, S. M. El Kandelgy., R. L. Moser and J. E. Pettigrew. 1986. Effect of age, weanling and diet on digestive enzyme levels in the piglet. *J. Anim. Sci.* 62:1298.
- Luo, X. G. and C. R. Dove. 1996. Effect of dietary copper and fat on nutrient utilization, digestive enzyme activities and tissue mineral levels in weanling pigs. *J. Anim. Sci.* 74:1888.
- Mahan, D. C. 1991. Efficacy of initial postweaning diet and supplemental coconut oil or soybean oil for weaning swine. *J. Anim. Sci.* 69:1397.

(본 논문은 아시아태평양축산학회지에 게재 예정임)

5. 서로 다른 혈장단백질이 *E. Coli*에 감염된 이유자돈의 성장, 회장 소화율, 면역성 그리고 건강에 미치는 효과

가. 서 론

혈장단백질은 자돈사료에서 지금까지 가장 널리 사용되어졌던 전지분유의 대체물로서 가장 확실한 단백질 공급원으로서 자리를 잡았다 (Thacker, 1998).

어린 자돈에서 혈장단백의 효율에 대한 설명은 혈장단백에 함유되어 있는 면역단백질 (Ig)에 초점에 맞추어 질 수 있다. 혈장단백은 이유후 자돈의 설사 발생을 감소시킨다 (Van der Peet-Schwering 등, 1996). Gatnau 등 (1989)은 혈장단백이 새로 태어난 어리 돼지의 면역단백질의 주 공급원이라고 하였다. 여러 성장시험을 통해서도 혈장 단백질의 함유된 면역단백질이 다른 알부민이나 저분자 물질을

들 (Gatnau 등, 1995; Owen 등, 1995) 에 반하여 성장에 가장 큰 영향을 미친다는 것이 알려져 왔다. 외에도 지금까지 혈장단백질에서 유래한 면역단백질의 가장 큰 효과는 미생물의 장내 흡착을 막고, 그들의 군집형성을 막는다는 것이다.

본 시험의 목적은 서로 다른 종류의 건조혈장 단백질이 *E. Coli*에 감염된 이유자돈의 성장, 회장 소화율 및 건강에 미치는 효과를 조사하기 위하여 수행되었다.

나. 재료 및 방법

이유자돈은 서로 다른 세 종류의 혈장단백질과 가소화 카제인 (HC) 4처리구에 따라 체중을 기준으로 배치하였다. 혈장단백질은 돼지에서 유래한 SPP, 여러 가지를 섞어서 만들 SMP 그리고 여러 가지를 섞었지만 면역단백질의 함량을 표준화한 SMPIG 세가지이다. 두 시험에서 각각 처리당 12두씩 총 48두씩의 돼지가 사용되었다. 실험 1에서는 돼지는 13일에 이유하였고 14일후에 도살 되었다. 게다가 네 마리의 돼지가 실험개시에 체조성을 조사하기 위하여 도살되었다. 실험 2에서는 돼지들은 19일령에 이유되었고 15일 동안 사양되었다. 이 시험에서는 성장률과 건강상태만이 조사하였다. 두 번 모두의 실험에서 각각 실험 1과 실험 2에서 2일과 4일후에 10^{10} CFU의 *E. Coli* K88을 감염시켰다.

돼지들은 한 마리씩 돈방에서 사육되었으며, 돈사온도는 시험개시에 30℃에서 시험종료시 24℃로 자동조정 되도록 하였다. 사료배합율표는 표 2-1-25에 제시되어 있다. 사료는 1.7%의 라이신, 0.5%의 메치오닌, 1.1%의 트레오닌, 0.3%의 트립토판 그리고 1%의 이소루신을 그리고 0.85%의 칼슘과 0.67%의 인을 함유하도록 배합하였다. Chromic oxide (0.3%)가 소화시험을 위한 지시제로 사용되었으며, 항생제는 사용되지 않았다.

본 샘플은 *E. coli* 접종후 4일과 6일째에 수거하였다. 사료의 화학적 조성과 체조성을 분석하기 위해서 AOAC (1995) 방법을 사용하였다. *E. Coli*의 총 함량을 측정하기 위하여 Bois 등 (1999)의 방법을 적용하였다.

외관상 회장소화율은 도살을 하여 측정하였다 (Donkoh 등 1994). Chromic oxide의 함량은 Fenton과 Fenton (1979)의 방법에 의해 분석하였다. In vitro를 통한 장내 흡착에 관한 분석은 Van den Broek 등 (199)의 방법에 따랐다. K88의 분리와 *E. Coli*에 대한 IgA의 반응은 Van den Broek 등 (1999)에 의해 분석하였다.

성장과 소화율 그리고 소장의 미생물 counting data는 처리구의 효과와 그들의 상관관계는 선형 모델에 의한 평균 분석으로 이루어 졌다. 통계분석은 SAS

(1996)로 이루어졌다.

표 2-1-25. 시험 1과 2의 시험사료 조성

	단백질 공급원	
	HC	SPP, SMP or SMPIG
가소화 카세인	25.00	-
혈장단백질	-	25.00
옥수수전분	42.80	43.56
유당	14.00	14.00
대두유	7.00	7.00
설탕	2.00	2.00
건조사탕무우	1.00	1.00
밀겨	1.00	1.00
DL-메치오닌	-	0.34
이소루신	-	0.35
라이신-HCl	0.16	-
트립토판	0.04	-
트레오닌	0.25	-
칼슘카보네이트	0.75	1.40
제2인산칼슘	3.20	1.50
Chromium oxide	0.30	0.30
Sodium chloride	0.50	-
Magnesium Sulphate	0.50	0.45
Potassium carbonate	-	0.60
Vitamin and mineral	1.50	1.50

* SDP는 돼지에서 추출한 SPP, 여러 가지에서 추출한 SMP 그리고 여러 가지에서 추출하였으나 면역단백질 수준을 일정하게 한 SMPIG이다.

다. 결과 및 고찰

실험 1에서 가소화 카세인에 대한 혈장단백질의 대체효과는 일당 증체량 (평균 +29%, $p < 0.05$)과 일당사료섭취량 (평균 +9%, $P < 0.05$)을 개선시켰다 (표 2-1-26). 일당증체량이 개선된 이유는 SDP 사료를 급여한 처리구보다 SMPIG를 급여한 처리구가 높았기 때문이다 (+26%, $p < 0.05$).

외관상 회장 조단백질 소화율은 가소화 카세인을 급여한 처리구가 가장 높았다. 그러나 서로 다른 SDP를 급여한 처리구간에는 별 차이를 보이지 않았다.

사료와 K88 receptor type과의 사이에는 성장률이나 회장 조단백질 소화율에는 상관관계가 보이지 않았다 (표 2-1-27). K88R+ 개체는 성장이 31% 감소하였으며, 사료효율이 좋지 않았다. 외관상 회장 조단백질 소화율은 영향을 받지 않았다.

표 2-1-26. 성장과 외관상 회장 단백질 소화율에 미치는 효과

	단백질공급원 ¹				SEM	HC vs others	SPP+SM P vs SMPIG	SMP vs SMPIG
	HC	SPP	SMP	SMPIG				
개시체중 (kg)	4.14	4.25	4.24	4.22	0.13	NS	NS	NS
종료체중 (kg)	5.57	5.88	5.72	6.20	0.19	NS	P<0.1	NS
일당증체량 (g)	100.0	118.0	117.0	140.3	10.6	P=0.1	*	*
일당사료섭취량 (g)	196.5	208.4	208.0	214.7	6.5	P=0.1	NS	NS
사료효율	1.96	1.78	1.78	1.53	0.41	NS	NS	NS
회장단백질 소화율 (%)	84.3	72.1	70.6	72.4	4.2	*8	NS	NS

¹ HC: 가소화 카제인, 건조혈장단백 (SDP): SDP는 돼지에서 추출한 SPP, 여러 가지에서 추출한 SMP 그리고 여러 가지에서 추출하였으나 면역단백질 수준을 일정하게 한 SMPIG이다.

표 2-1-27. K88 receptor 형태가 성장과 외관상 단백질 소화율에 미치는 효과

	K88 receptor type		표준오차	Interaction
	K88R ⁻	K88R ⁺		
개시체중 (kg)	4.10	4.32	0.10	NS
종료체중 (kg)	6.06	5.62	0.15	p=0.08
일당증체량 (g)	137.7	95.0	8.2	**
일당사료섭취량 (g)	214.0	200.0	5.2	p=0.09
사료효율	1.35	2.92	0.51	*
외관상단백질소화율 (%)	72.7	76.8	4.0	NS

표 2-1-28. 체조성과 영양소 배설량

	단백질공급원 ¹				표준 오차	HC vs others	SPP+S MP vs SMPIG	SMP vs SMPIG
	HC	SPP	SMP	SMPIG				
화학적 조성								
건물 (%)	27.6	28.9	28.6	28.5	0.66	NS	NS	NS
단백질	14.3	14.2	14.3	14.4	0.18	NS	NS	NS
지방 (%)	8.3	9.6	9.0	9.3	0.53	p=0.1	NS	NS
회분	3.3	3.2	3.5	3.0	0.089	NS	**	**
일당영양소축적량								
단백질	15.6	17.9	17.9	21.9	1.4	p=0.08	p=0.07	NS
지방	2.9	10.0	6.8	10.5	2.1	*	NS	NS
회분	3.7	4.2	5.0	4.0	0.42	NS	NS	p=0.08

¹ HC: 가소화 카제인, 건조혈장단백 (SDP): SDP는 돼지에서 추출한 SPP, 여러 가지에서 추출한 SMP 그리고 여러 가지에서 추출하였으나 면역단백질 수준을 일정하게 한 SMPIG이다.

체조성 (표 2-1-28)은 단백질 공급원에 영향을 받지 않았으나, 회분 함량은 SMPIG를 급여한 개체가 감소하는 경향을 보였다. SDP의 급여는 체단백질과 체지방을 증가시켰다. SDP 급여구에 비하여 SMPIG 급여구는 체단백질이 증가하는 경향을 보였다.

분 중 총 Coli와 E. Coli K88 함량은 처리구에 영향을 받지 않았다 (표 2-1-29). 반면 시험 종료후의 내용물에서는 E. Coli K88이 발견되지 않았다.

표 2-1-29. 총 E. Coli와 E. Coli K88의 분중 함량

	단백질 공급원				표준오차
	HC	SPP	SMP	SMPIG	
E. Coli K88, Ln (FCU)	9.8	14.1	13.0	12.2	2.5
총 E. Coli, Ln (FCU)	22.3	17.9	17.1	18.0	2.7

표 2-1-30에서는 시험 종료후에 돼지의 혈장과 회장 내용물에서 단백질 공급원과 K88에 대해 특이한 IgA의 activity에 대한 K88의 receptor type에 대한 효과를 보여주고 있다.

표 2-1-30. 단백질 공급원과 K88 receptor type이 K88에 대한 특정 IgA의 활성도에 미치는 효과

A) 혈장에서의 활성도

	단백질 공급원				K88 receptor type	
	HC	SPP	SMP	SMPIG	+	-
	2.85	3.37	1.38	0.67	3.49	0.65

표준오차 : 0.97

상관관계 : $P > 0.01$, SMPIG vs SPP : $p < 0.05$, SMPIG vs HC : $p < 0.07$

B) 회장 내용물에서의 활성도

K88 receptor type +				K88 receptor type -			
단백질 공급원				단백질 공급원			
HC	SPP	SMP	SMPIG	HC	SPP	SMP	SMPIG
0.23a	1.27c	0.74b	0.33a	0.10	0.20	0.10	0.10

표준편차 : 0.97

상관관계 : $p < 0.01$, a,b,c : $p < 0.05$.

두 시험요인에서 회장 내용물에 대한 통계적인 상관관계는 나타났다. 그러나

혈장에서는 상관관계를 발견할 수 없었다. SMPIG 처리구의 혈장에서 발견된 특이 IgA 활성도는 SPP 처리구와 HC 처리구보다 낮았다.

E. Coli K88의 흡착에 positive한 개체는 SMPIG와 HC 사료를 급여할 경우 회장-내용물의 IgA 특이 활성도가 감소하였다. 반면에 E. Coli K88에 민감하지 않은 개체는 어떤 사료를 급여하여도 회장 내용물의 IgA 농도에 반응을 보이지 않았다.

이상의 결과는 E. Coli K88이 소장의 음모 경계에 흡착된 자돈의 경우는 K88에 대한 IgA의 생산이 필요하다는 것을 보여주고 있다. 반면 Van den Broek등(1999)이 보고한 바와 같이 K88의 vaccination에 대해서 면역반응을 보이지 않았다는 것이다.

IgA 활성도에 대한 처리구의 효과를 보면, SMPIG 사료를 급여한 돼지의 혈장과 회장 내용물에서는 E. Coli의 감염의 감소때문에 IgA의 활성도가 감소하는 것을 발견할 수 있었다. 그러나 HC 사료를 섭취한 돼지의 혈장에서 K88에 대한 IgA의 반응의 왜 감소했는지에 대해서는 설명하기가 쉽지 않다.

시험 2에서 (표 2-1-31) SDP를 처리구에서는 일당증체량이 증가하지 않았다. 그러나 일당사료섭취량은 증가하는 경향을 보였다. 단백질 공급원으로서 SMPIG의 사용은 SPP에 비하여 성장을 개선시키는 경향을 보였다. 폐사율은 HC 처리구에서 높았다.

표 2-1-31. 성장에 미치는 효과

	단백질공급원 ¹				표준 오차	HC vs others	SPP+SM P vs SMPIG	SMP vs SMPIG
	HC	SPP	SMP	SMPIG				
개시체중 (kg)	5.02	4.93	4.92	4.78	0.21	NS	NS	NS
종료체중 (kg)	6.53	6.43	7.00	7.32	0.36	NS	NS	NS
일당증체량 (g)	100.5	99.8	139.3	169.0	23.0	NS	p=0.09	NS
일당사료섭취량 (g)	226.1	251.1	251.3	251.5	11.3	p=0.08	NS	NS
사효효율	2.25	2.52	1.80	1.49		ND		

표 2-1-32. 건강상태에 미치는 효과

%	단백질 공급원			
	HC	SPP	SMP	SMPIG
치료된 개체	4.2	8.3	8.3	4.2
죽은 개체	25.0	8.3	0	0

HC vs others : $\chi^2=0.016$

시험 1에서만 SDP를 급여한 처리구가 성장율이 개선되었다. 두번째 시험에서는 HC 처리구에서 낮은 성장율을 보인 4마리의 돼지가 폐사돈으로 제외되었음을 고려해야 할 것이다. 따라서 두번째 시험에서도 체단백질이 증가하는 경향을 보였다. 따라서 본 연구결과에서는 이유자돈에서 카제인보다 SDP가 더 좋은 단백질 공급원임을 확인시켜주었다 할 것이다.

라. 결 론

E. coli K88을 접종시킨 이유자돈에서 가소화 카제인 대신 혈장단백질을 급여했을 때 자돈의 성장과 질병감염에 대한 내성이 강해졌다.

여러 가지에서 추출하였으되 면역단백질 수준을 일정하게 한 혈장 단백질은 돼지에서 추출한 혈장 단백질이나 여러 가지에서 추출한 혈장단백질에 비하여 성장률을 개선시켰다. 면역단백질 수준을 일정하게한 혈장 단백질을 급여한 민감한 돼지에서 발견된 혈장과 회장 내용물의 K88에 대한 낮은 IgA 농도는 *E. Coli*를 접종한 것에 대한 좋은 방어물 역할을 한다는 것에 대한 지시제 라고 할 수 있다. 그러나 가소화 카제인을 급여한 처리구의 회장 내용물에서도 낮은 농도의 IgA가 발견되었다. *E. Coli* K88에 대한 면역기능을 위해서는 본 연구결과를 뒷받침 할 수 있는 또 다른 연구결과가 필요하다.

마. 참고문헌

- AOAC. 1995. Official Methods of Analysis of AOAC International. 16th ed. Association of Official Analyst Chemistry International, Arlington, VA.
- Bosi, P., H. J. Jung, In K. Han, S. Perini, J. A. Cacciavillani, L. Casini, D. Creston, C. Gremokolini and S. Mattuzzi. 1999. Asian-Aus. J. Anim. Sci., 12, in press.
- Cain, C. M., and D. R. Zimmerman. 1997. J. Anim. Sci. 75(suppl.1):61(abstr.).
- Deprez, P., H. Nollet, E. Van Driessche and E. Muylle. 1996. *Proceedings of the 14th IPVS Congress (Bologna)*. p. 276.
- Donkoh, A., P. J. Moughan and W. C. Smith. 1994. Anim. Feed Sci. Techn. 49:43-56.
- Ermer, P. M., P. S. Miller. and A. J. Lewis. 1994. J. Anim. Sci. 72:1548-1554.
- Fenton, T. W. and M. Fenton. 1979. An improved procedure for determination of chromic oxide in feed and feces. Can. J. Anim. Sci. 59:631-634.
- Gatnau, R., P. S. Paul and D. R. Zimmerman. 1989. J. Anim. Sci. 67(suppl.1):244 (abstr.).

- Gatnau, R., C. Cain, M. Drew and D. R. Zimmerman. 1995. *J. Anim. Sci.* 73(suppl.1):82(abstr.).
- Mouricout, M., J. M. Petit, J. R. Carias and R. Julien. 1990. *Infect. Immun.* 58: 98-106.
- NRC. 1998. Nutrient requirements of swine. 10th Ed. National Academy Press, Washington, DC.
- Owen, K. Q., J. L. Nelssen, R. D. Goodband, M. D Tokach, K. G. Friesen, B. T Richert, II J. W. Smith and L. E. Russell. 1995. The 1995 Swine Industry Day Report of Progress. Kansas State University.
- SAS. 1996) - SAS/STAT® Software: Changes and Enhancements through Release 6.11. SAS Institute Inc., Cary, NC.
- Thacker, P. A. 1998. Proceedings of the 8th World Conference on Animal Production, Seoul National University, Seoul, Korea, June 28 July 4 1998. Symposium series, vol.2, 312-334.
- Van der Peet-Schwering, G.P. Binnendijk, P.C. Vesseur.. 1996) - *Proceedings of the 14th IPVS Congress (Bologna)*, p. 420.
- Van den Broeck W., E. Cox and B. M. Goddeeris. 1999. *Infect. Immun.* 67:520-526.

(본 논문은 아시아태평양축산학회지에 게재 예정임)

6. 14일령 이유자돈을 위한 적정 Lactose:Sucrose 비율

가. 서 론

포유돈을 위한 사료에서 유제품의 효능은 잘 밝혀져 있다. 또한, 최근의 연구들은 전소화 단백질의 원료가 crystalline lactose와 섞일 수 있다고 하였고, 이유자돈 사료의 유제품을 대체할 수도 있다고 밝혔다. 그러나, 가격 혹은 유용성 면에서 유생산물을 대체할 수 있다면, 같은 문제가 crystalline lactose에 적용될 수 있을 것이다.

갓 이유한 돼지는 영양적으로나 심리적으로 그리고 환경적으로 즉각적으로 반응하는 민감한 상태에 있다. 이유 후 24시간 내에 일어나는 소장 구조와 기능에 있어서 많은 변화가 일어난다. 그리고 그 변화는 용모 크기의 감소, 소낭선의 깊이의 증가, 소화 효소 lactase와 sucrase의 활동성 감소와 감소된 흡수 능력 등과 같다 (Gay, 1976; Gay 등, 1976; Armstrong과 Clawson, 1980; Hampson, 1983; Hampson과 Kidder, 1986; Miller 등, 1986; Kelly 등, 1991a,b). 이런 요소들의 복합적인 효과가 아마도 소장의 소화와 흡수 능력을 떨어뜨리고, 사료 섭취량을 떨어

뜨리며 이유 후에 불충분한 성장을 가져오는 것이다 (Smith와 Lucas, 1956, 1957; Leibbrandt와 Ewan, 1972; Gay 등, 1976; Hampson, 1983).

이유를 빨리 했을 때 초기 사료의 펠렛화는 요구되는 영양소의 적당한 소비를 확실하게 하는데 매우 중요하다. Smith와 Lucas (1956, 1957)와 Leibbrandt와 Ewan (1972)는 조기 이유 자돈에서 이유 후 일주일 동안은 일일 평균 사료 섭취량이 낮아진다고 보고하였다. 이유 후, 탄수화물은 일반적으로 사료 중에서 70% 정도를 차지한다. 탄수화물을 이용하는 자돈의 능력은 사료의 형태와 sucrose에 달려 있다 (Cunningham, 1959; Swell과 Maxwell, 1966). 어린 이유 자돈은 설탕과 단맛을 내는 물질을 포함하는 사료에 기호를 지니고 있다 (Lewis 등, 1955; Diaz 등, 1956; Aldinger 등, 1959, 1961; Aldinger와 Fitzgerald, 1966).

갓 젖을 떼는 돼지는 감미도가 높은 사료를 좋아한다는 것은 여러 보고서들이 뒷받침한다 (Lewis 등, 1953; Jensen 등, 1955; Hanson 등, 1954; Wahlstrom 등, 1974). 이 것에 대한 의견들은 사료 섭취량을 증가시키고 돼지의 성장률을 높이는 측면에서 봤을 때 감미도의 정도에 따라 여러 가지가 나올 것이다. sucrose를 가지고 수행한 다른 실험에서 갓 태어난 돼지들은 sucrose를 가수 분해 시킬 수 있는 능력이 떨어지기 때문에 sucrose를 공급하였을 때 심한 설사 증상을 나타낸다고 하였다 (Johnson, 1949; Becker 등, 1954b). 특히 Becker 등 (1954a)은 1~2일령의 돼지에게 sucrose를 공급하였을 때 심한 설사, 체중의 빠른 감소, 무성장, 야위는 현상과 폐사의 경우도 발견하였다. 폐사는 일반적으로 sucrose를 공급한 후 4일 뒤에 나타났다.

Aumaitre와 Corring (1978)은 sucrase가 아닌 maltase가 태아 (임신 105일)와 갓 태어난 돼지의 소장에서 발견되었고, sucrase는 1주일령 돼지에서 발견되었다고 하였다. 그러나, James 등 (1978)과 Sangid 등 (1991)의 연구에서는 출생시 소장에서 sucrase와 maltase의 활동성이 적지만 발견되었다. 1주령부터 maltase와 sucrase의 활동성이 빠른 속도로 증가하여 10~16일령 사이에 정점에 달하며 약 3주령 정도에는 정체를 보인다 (Aumaitre와 Corring, 1978; James 등, 1987a; Chapple 등, 1989a; Sanglid 등, 1991). 3~4주령 이후에 젓먹이 돼지에서 sucrase와 maltase의 활동성은 6~8주령 사이에 비슷한 수치를 보이거나 8주령까지 계속 증가한다고 보고되었다 (Aumaitre와 Corring, 1978; Kidder와 Manners, 1980; Miller 등, 1986).

6~7일령 젓먹이 돼지에서 소장에서의 sucrase와 maltase의 분포 형태는 두 효소의 활동성과 비슷한데, 소장의 하부보다는 상부와 중부에서 그 활동성이 더 크게 나타난다 (Aumaitre와 Corring, 1978; James 등, 1987a; R. K. Buddington과 C. Malo, personal communication, 1993). 2~4주령 돼지에서의 sucrase의 분포는 6일령 돼지의 그것과 비슷하게 나타났다 (Hampson과 Kidder, 1986; Kelly 등, 1991a). 그러나, 다른 보고서에서는, 2주령 (Aumaitre와 Corring, 1978)이나 5주령 (Kidder와

Manners, 1980)부터는 소장의 말단 부위에서 활동성이 더 큰 것으로 나타났다.

Aherne 등 (1969)은 sucrose를 함유하는 사료를 공급한 돼지들의 성장 속도가 glucose나 lactose를 함유하는 사료를 공급한 돼지보다 느리다고 보고하였다. sucrose를 이용한 많은 연구 (Aherne 등, 1969; Diaz 등, 1956; Kidder 등, 1963; Lewis 등, 1955; Mateo와 Veum, 1980)에서 15일과 21일령에서 어린 돼지들이 폐사하지 않고 sucrose를 이용할 수 있으며, glucose나 lactose를 함유한 사료를 공급한 돼지들의 성장효과와 비슷한 것으로 나타났다. Jin 등 (1998a)은 21일령에서 이유한 돼지의 유청을 건조시켜서 sucrose와 lactose의 수준을 비교한 후에 이전에 수행된 실험의 결과와 비슷하다는 것을 확인하였다. 그러나, 이유 자돈에서 적정 lactose:sucrose의 비율에 대한 정보는 아직 미흡하다.

Sucrose는 포유 자돈 사료에서 이용될 때 식욕을 돋구는 에너지원으로 알려져 왔다. 또한 sucrose는 세계 어느 곳에서도 접하기 쉬웠기 때문에 이번에 수행된 실험은 성장 효과와 영양소 수준에서 lactose를 sucrose로 대체하는 효과를 알아보고 14일령에서 이유한 돼지에서 lactose와 sucrose의 적정 수준을 알아보기 위함이었다.

나. 재료 및 방법

3원 교잡된 (Landrace×Large White×Duroc) 14일령에 이유된 거세 수퇘지가 실험에 이용되었다. 14일령 자돈 총 80마리 (평균 생체중 $5.02 \pm 0.18\text{kg}$)를 선택하여 완전임의로 배치하였다. 처리구별 lactose:sucrose 비율은 각각 100:0 (A), 75:25 (B), 50:50 (C), 25:75 (D), 0:100 (E)이었다. 각 처리구는 반복당 4마리씩 4반복을 하였다.

이유 일주동안 (phase I), 모든 돼지들은 고영양의 사료를 급여하였다 (표 2-1-33). Phase I 기간 동안의 사료는 3,300 kcal ME/kg, 1.80% lysine (Jin 등, 1998c)으로 배합되었다. Phase II 기간 동안의 사료 (표 2-1-34)는 3,300 kcal ME/kg, Chung과 Baker (1992)가 제안한 아미노산간의 최적의 비율을 얻어내기 위해서 Methionine을 강화한 1.60% lysine과 1.0% Ca, 0.9%의 P을 가지고 배합하였다.

생후 7일에서 13일 사이에는 젓먹이 사료는 젓먹이 급여기로부터 자유급이를 기초로 하여 급여되었다. 젓먹이 사료는 대략 1.65% lysine과 3,450 kcal ME/kg으로 배합되었다. 펠렛 형태의 사료에는 SDPP 7.5%, 2.5% SDBM과 20%의 건조 유청과 10%의 Lactose가 포함되어 있었다.

14일령에, 돼지들은 실험 장소로 옮겨졌고, 콘크리트로 바닥으로 된 돈방 안에 놓여졌다. 3주 동안의 실험 기간 동안 물과 사료는 마음대로 섭취가 가능하였다. 온도는 실험 기간 동안 26~30°C 정도로 유지되었고, 증체량과 사료 섭취량은

매주 측정하였다.

표 2-1-33. 사료배합율표와 영양소 함량 (phase I)

처리구	Lactose : Sucrose				
	100:0	75:25	50:50	25:75	0:100
성분 (%; as fed basis)					
옥수수	6.44	6.44	6.44	6.44	6.44
대두박 (단백질 44%)	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00
건조혈장단백	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00
건조혈분	1.60	1.60	1.60	1.60	1.60
어분 (단백질 65%)	3.50	3.50	3.50	3.50	3.50
건조전지분유	20.00	20.00	20.00	20.00	20.00
건조유청	17.00	17.00	17.00	17.00	17.00
과자박	6.00	6.00	6.00	6.00	6.00
유당	20.00	15.00	10.00	5.00	-
설탕	-	5.00	10.00	15.00	20.00
대두유	2.90	2.90	2.90	2.90	2.90
제일인산칼슘	0.85	0.85	0.85	0.85	0.85
석회석	0.65	0.65	0.65	0.65	0.65
비타민 ¹	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20
무기빌 ¹	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30
소금	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20
항생제 ²	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05
DL-메치오닌 (50%)	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06
Cr ₂ O ₃	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20
합계	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00
화학적 조성 ³					
대사에너지 (kcal/kg)	3,300	3,300	3,300	3,300	3,300
조단백질 (%)	26.00	26.00	26.00	26.00	26.00
칼슘 (%)	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
인 (%)	0.90	0.90	0.90	0.90	0.90
라이신 (%)	1.80	1.80	1.80	1.80	1.80

¹ Provided the followings by per kg vitamin and mineral mixture respectively : Vitamin A, 2000,000 IU; Vitamin D₃, 400,000 IU; Vitamin E, 250 IU; Vitamin K₃, 200 mg; Vitamin B₁, 20 mg; Vitamin B₂, 700 mg; Pantothenic acid, 3,000 mg; Choline chloride, 30,000 mg; Niacin, 8,000 mg; Vitamin B₁₂, 13 mg; Mn, 12,000 mg; Zn, 15,000 mg; Co, 100 mg; Cu, 500 mg; Fe, 4,000 mg; Folic acid, 40 mg; BHT, 5,000 mg, Mg, 200 mg; I, 250 mg.

² Avilamycin.

³ 계산치.

표 2-1-34. 사료배합율표와 영양소 합량 (phase II)

처리구	Lactose : Sucrose				
	100:0	75:25	50:50	25:75	0:100
성분 (%; as fed basis)					
옥수수	18.00	18.00	18.00	18.00	18.00
대두박 (단백질 44%)	12.00	12.00	12.00	12.00	12.00
건조혈장단백	8.00	8.00	8.00	8.00	8.00
건조혈분	1.50	1.50	1.50	1.50	1.50
어분 (단백질 65%)	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00
건조전지분유	14.00	14.00	14.00	14.00	14.00
건조유청	13.00	13.00	13.00	13.00	13.00
과자박	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00
유당	20.00	15.00	10.00	5.00	-
설탕	-	5.00	10.00	15.00	20.00
대두유	2.75	2.75	2.75	2.75	2.75
제일인산칼슘	0.90	0.90	0.90	0.90	0.90
석회석	0.78	0.78	0.78	0.78	0.78
비타민 ¹	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20
무기물 ¹	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30
소금	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20
항생제 ²	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05
DL-메치오닌 (50%)	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06
Cr ₂ O ₃	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25
합계	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00
화학적 조성 ³					
대사에너지 (kcal/kg)	3,300	3,300	3,300	3,300	3,300
조단백질 (%)	23.00	23.00	23.00	23.00	23.00
칼슘 (%)	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
인 (%)	0.90	0.90	0.90	0.90	0.90
라이신 (%)	1.60	1.60	1.60	1.60	1.60

¹ Provided the followings by per kg vitamin and mineral mixture respectively :
 Vitamin A, 2000,000 IU; Vitamin D₃, 400,000 IU; Vitamin E, 250 IU; Vitamin K₃, 200 mg; Vitamin B₁, 20 mg; Vitamin B₂, 700 mg; Pantothenic acid, 3,000 mg; Choline chloride, 30,000 mg; Niacin, 8,000 mg; Vitamin B₁₂, 13 mg; Mn, 12,000 mg; Zn, 15,000 mg; Co, 100 mg; Cu, 500 mg; Fe, 4,000 mg; Folic acid, 40 mg; BHT, 5,000 mg, Mg, 200 mg; I, 250 mg.

² Avilamycin.

³ 계산치.

실험에 이용된 사료의 소화율 측정을 위해서 실험 기간 동안 사료에 Cr₂O₃가

0.2% 첨가되었다. 배설물은 4일의 보정 기간을 거친 후에 매일 3번씩 (08:00, 14:00, 20:00) 모았다. 배설물 표본은 화학적인 분석을 위해 오븐에서 건조되어졌다. 사료와 배설물 표본은 AOAC 방법 (1990)에 의해 분석되었고, Chromium은 Atomic Absorption Spectrometer를 이용 측정하였다. 에너지 이용성에 있어서는 사료와 배설물의 에너지 정도는 Adiabatic Oxygen Bomb Calorimeter로 측정하였다. 통계적인 분석은 SAS package (1985)의 GLM 절차를 이용 수행되어졌고, 처리구의 평균은 Duncan의 Multiple range test를 이용하였다.

다. 결과 및 고찰

1) 성장률

표 2-1-35은 이유 자돈에서 성장률에 대한 사료내의 lactose:sucrose의 효과를 요약해 놓았다. 이유후 0~7일까지, 일당 증체량, 일일 사료섭취량과 사료요구율에는 유의적인 차이가 발견되지 않았다. 이 연구의 결과는 어린 돼지는 15~21일령에 폐사하지 않고 sucrose를 이용할 수 있다는 sucrose를 이용한 많은 연구 결과 (Lewis 등, 1955; Diaz 등, 1956; Kidder 등, 1964; Aheme 등, 1969; Mateo와 Veum, 1980)와 일치하고, glucose와 lactose를 포함하는 사료를 먹인 돼지들의 성장률과 거의 비슷한 연구 결과를 보인다. Johnson (1949)은 1~2일령의 돼지들은 sucrose를 급여하였을 때 심한 설사와, 빠른 체중 감소와 죽음을 가져올 수 있다고 보고하였다. 4일 정도 sucrose를 급여하면 죽게 된다. 이유 후 2주째와 3주째에는 처리구간에 일당증체량, 일일 사료섭취량과 사료 요구율에 있어서 큰 차이가 나타나지 않았다. 이유 후 21일령에 있어서 돼지 사료의 lactose 50%를 효과적으로 sucrose가 대체할 수 있다는 Jin 등 (1998b)의 연구 결과와 부분적으로 일치한다.

전체 실험 기간 동안, 일당증체량과 일일 사료 섭취량에는 큰 차이가 나타나지 않았으나, 사료 B와 D를 급여한 돼지의 사료요구율은 비슷하였고, 사료 C를 먹인 경우에는 사료 요구율이 높았고, A와 E를 먹인 경우에는 사료 요구율이 중간 정도였다.

Aheme 등 (1969)은 7일령의 돼지들이 폐사하지 않고 sucrose를 이용하였다고 보고했고, 이 결과는 이번 실험의 결과와 일치하였으나 glucose와 lactose 사료를 급여한 돼지의 일당증체량이 느리다는 것은 이 실험의 결과와 맞지 않는다. 이 실험에서 처리구들간에 일당증체량에는 큰 차이가 없었다. 또 Mateo와 Veum (1980)은 15일령의 돼지에게는 성장률과 영양소 소화율에 의해서 증명되었듯이 glucose와 sucrose를 동등하게 이용되었다고 하였다. 반대로, Becker 등 (1954b)은 새로 태어난 돼지들은 sucrose의 glucosidic 결합을 가수분해할 수 없기 때문에 sucrose를 소화할 수 없다고 하였다. 게다가, 어린 돼지들은 심한 설사와 함께 24

시간 내에 폐사할 수 있었다 (Johnson, 1949). 그러나, Becker 등(1954a)은 비록 8마리의 돼지 중 5마리가 설사를 일으켜서 죽기는 하지만, 살아 남은 돼지들은 glucose 사료를 먹인 돼지들보다는 훨씬 더 효율적인 증체를 보인다고 하였다. 그러나, 이번에 수행된 실험에서는 폐사나 설사 같은 경우는 발견되지 않았다.

표 2-1-35. Lactose:sucrose 비율이 자돈의 성장에 미치는 영향

처리구	lactose : sucrose					SE ¹
	100:0	75:25	50:50	25:75	0:100	
0~7 일						
일당증체량 (g)	290	334	308	329	298	14.70
일당사료섭취량 (g)	316	338	340	336	324	11.32
사료효율	1.10	1.02	1.14	1.02	1.10	0.02
8~14 일						
일당증체량 (g)	400	407	414	409	382	13.48
일당사료섭취량 (g)	586	600	632	592	575	14.49
사료효율	1.49	1.48	1.53	1.46	1.53	0.02
15~21 일						
일당증체량 (g)	451	403	420	391	439	9.40
일당사료섭취량 (g)	561	517	572	536	539	11.68
사료효율	1.25	1.29	1.36	1.37	1.23	0.02
8~21 일						
일당증체량 (g)	426	406	418	400	411	9.30
일당사료섭취량 (g)	574	559	602	564	557	10.79
사료효율	1.37	1.39	1.45	1.42	1.38	0.01
0~21 일						
일당증체량 (g)	380	382	381	378	373	9.61
일당사료섭취량 (g)	480	476	506	477	471	10.24
사료효율	1.27 ^{ab}	1.25 ^b	1.33 ^a	1.26 ^b	1.27 ^{ab}	0.01

¹ 표준오차, n=20.

^{a,b} 같은 종렬의 서로 다른 첨자간에는 p<0.05에서 유의적으로 차이가 있음.

신생 자돈에서 장 sucrase의 기능적 수준이 발달하는 나이에 대한 연구 결과는 일정하지 않다. Dahlqvist (1961)는 장 sucrase는 태어날 때 생겼다가 4주령까지 계속해서 증가한다고 하였다. 출생부터 7주령까지 sucrase 활동성의 증가는 또한 Hartman 등 (1961)에 의해서도 보고되었다. Bailey 등 (1956)은 장 점액을 검사하여 신생 자돈에서 sucrase의 활동성을 찾지 못했고, 1주령 돼지에서 어떤 sucrase의 활동성이 어느 정도 나타났고 2주령 돼지까지는 sucrase 활동성이 약간 있었다. Walker (1959)는 신생 자돈의 장조직에서 sucrase의 활동성은 매우 낮았고, 첫 번째 주 동안에는 천천히 증가하였고 3주령이 될 때까지는 매우 빨리 증가하였

다고 했다. 장 sucrase 활동성의 기능적 수준이 나타날 때 보고된 차이점은 부분적으로 아마 자돈을 사양하는 방법의 차이와 같이 유전적인 차이와 환경적인 다양성 때문일 것이다.

Manners와 Stevens (1972)는 비록 sucrase의 활동이 1주령 자돈의 소장에서 발견되었고 성숙할 때까지 계속 증가하였지만 장 sucrase의 활동성에서 어린 돼지들 사이에 상당한 변이가 있었다고 하였다. sucrose를 함유한 사료로 인위적으로 사양되어진 돼지들은 장 sucrase의 활동성이 자연적으로 사양된 돼지들보다 높은 수준을 나타냄을 알 수 있다 (Manners와 Stevens, 1972). 그러므로, 1주령 자돈의 사료에 sucrose를 첨가하는 것은 인공적으로 사양된 돼지로 수행되어진 우리의 실험에서 장 sucrase의 활동의 생성을 자극했을 것이다. 비슷한 현상이 유단백질이 대두단백질 (Sherry 등, 1978) 혹은 정제 분리 대두단백 (Mateo와 Veum, 1980a)에 의해서 대체되었을 때 신생 자돈의 소화 효소 시스템의 적응에서 발견되었다. Shields 등 (1980)은 2주령에 이유하고 곡물 사료를 공급한 돼지의 경우 그 이후에 이유한 돼지들보다 총 amylase와 protease의 활동성이 더 크다고 하였는데, 이것은 어린 돼지의 소화 효소 시스템이 공급되어지는 사료의 구성에 따라 심리적인 한계 내에서 빨리 적응한다는 가설을 뒷받침한다.

요약하면, 14일부터 35일까지 모든 처리구에서 같은 증체량과 평균 사료 섭취량을 발견할 수 있었다. 이와 같이, 사료 요구율의 효율은 좀 더 높게 나타난 B와 D를 제외하고는 같았다. 이것은 이유 후 첫날부터 lactose와 sucrose 비율에 돼지의 성장 속도는 영향을 받지 않는다는 것을 말한다.

2) 영양소 소화율

Phase I과 Phase II 동안 영양소 소화율에 대한 lactose:sucrose 비율의 효과는 표 2-1-36와 37에 나타나 있다. 이유 후 처음 7일 동안 (Phase I), 건물 (DM)과 조단백질 (CP)를 제외하고는 lactose:sucrose 비율에 영양소 소화율을 영향을 받지 않았다. 사료 A의 CP 소화율은 다른 사료들의 CP 소화율과 비교했을 때 뚜렷하게 높았지만, B, C, D와 E 사료들 사이에서는 뚜렷한 차이가 발견되지 않았다. 이 결과는 lactose를 포함하는 사료를 공급한 돼지들이 높은 외관상 질소 소화율 값을 보인다는 실험 결과와 일치한다 (Sewell과 West, 1965; Jin 등, 1988a). 이러한 증가는 어린 돼지의 소화 기관에서 일어나는 lactose 분해와 관련 있는 효소인 lactase의 수준에 영향을 받은 것일 것이다 (Corring 등, 1978). 반대로, Turlington 등 (1989)은 각각 17일령과 27일령 돼지들에게 lactose, glucose와 sucrose를 공급하였을 때 영양소 소화율의 차이는 없었다. 사료 D의 DM 소화율은 사료 A의 DM 소화율보다 뚜렷하게 높았지만, 사료 B, C와 E 사이에 뚜렷한 차이는 발견되지 않았다.

표 2-1-36. Lactose:sucrose이 자돈의 소화율에 미치는 영향 (phase I, %)

처리구	총에너지	건물	조단백질	조지방	조회분	인
lactose:sucrose (%)						
100:0	84.06	85.65 ^b	87.62 ^a	61.68	63.84	60.59
75:25	85.74	86.70 ^{ab}	81.45 ^b	63.76	65.18	59.77
50:50	84.35	86.33 ^{ab}	80.50 ^b	61.25	65.93	59.97
25:75	87.18	88.65 ^a	81.85 ^b	62.30	64.37	61.57
0:100	87.13	88.17 ^{ab}	82.90 ^b	61.27	63.19	60.71
표준오차 ¹	0.50	0.40	0.73	1.75	1.42	1.64

¹ 표준오차, n=20.

^{a,b} 같은 줄의 서로 다른 첨자간에는 p<0.05에서 유의적으로 차이가 있음.

이유 후 두 번째 주와 세 번째 주 동안 (Phase II), 처리구들 사이에 GE, DM, CA와 P의 소화율의 뚜렷한 차이는 발견되지 않았다. 사료 A의 에테르 추출된 (EE) 소화율은 다른 사료들의 EE 소화율보다 뚜렷하게 높았지만, 사료 B, C, D와 E 사이에 뚜렷한 차이는 발견되지 않았다.

표 2-1-37. Lactose:sucrose이 자돈의 소화율에 미치는 영향 (phase II, %)

처리구	총에너지	건물	조단백질	조지방	조회분	인
lactose:sucrose (%)						
100:0	84.73	85.37	81.14	70.02 ^a	63.54	69.49
75:25	85.05	85.59	80.73	62.40 ^b	63.01	71.36
50:50	86.36	87.56	83.60	61.54 ^b	65.82	70.92
25:75	85.21	86.37	82.39	61.39 ^b	63.52	68.36
0:100	85.31	85.76	81.89	61.84 ^b	64.67	69.29
SE ¹	0.48	0.47	0.72	1.75	1.18	1.26

¹ 표준오차, n=20.

^{a,b} 같은 줄의 서로 다른 첨자간에는 p<0.05에서 유의적으로 차이가 있음.

본 실험에서, 돼지들에게는 7일령부터 식물 사료가 공급되었고 이유 전에 고체 사료를 하루에 한 마리당 120 g씩 소비하였다. 지금까지의 여러 연구들은 젓먹이 돼지에게 복합 탄수화물을 포함하는 고체 사료를 공급하는 것은 위에 산과 펌신의 축적 (Cranwell, 1977, 1985; Cranwell과 Stuart, 1984)과, 위와 pancreatic 효소들의 활동성 (Friend 등, 1970; Aumaitre, 1972; Corring 등, 1978; English 등, 1980; Sloat 등, 1985)을 증가시킨다고 말하고 있다. Friend 등 (1970)과 Okai 등 (1976)은 식물 사료를 공급받은 돼지들의 일당 증체량에서 뚜렷한 증가를 관찰하였다.

3) 영양소 배설량

표 2-1-38. Lactose:sucrose 비율이 자돈의 영양소 배설량에 미치는 영향 (g/kg 증체)

처리구	건물	질소	인
lactose:sucrose (%)			
100:0	167.5	8.92	3.55
75:25	168.5	8.90	3.96
50:50	154.5	8.09	3.62
25:75	160.2	8.20	3.53
0:100	164.6	8.14	3.88
SE ¹	5.37	0.33	0.30

¹ 표준오차, n=20.

표 2-1-38은 건물, 질소와 인의 배설량에 대한 lactose:sucrose 비율에 대한 효과를 요약해두고 있다. 비록 Phase I 기간 동안 DM과 CP 소화율에서 뚜렷한 차이가 있지만, 이 실험에서 관찰된 모든 영양소의 배설량은 처리구에 영향을 받은 것이 아니었다. 전체 실험 기간 동안 건물과 질소 배설량에서 차이점이 없었던 것은 전체 실험 기간 동안 평균 사료 섭취량에서 차이가 나지 않았기 때문이다. 이 실험 기간 동안에 총 사료 섭취량은 너무 적어서 통계적으로 영양소 축적에서 뚜렷한 차이를 낼 수가 없었던 것이다.

이 실험은 건조 탈지유 내에서 sucrose가 이유 자돈의 사료에서 전체 lactose의 일부분을 대체할 수 있는 것과 같이 lactose:sucrose 비율에 관계없이 만약 사료에 모유를 대체할 수 있는 물질이 첨가되어 있다면 15일령과 같은 어린 돼지는 sucrose를 이용했다는 것을 명확히 나타내고 있다.

라. 참고문헌

- AOAC. 1990. Official methods of analysis (15th ed). Association of official analytical chemists. washington, D. C.
- Aherne, F. X., V. W. Hays, R. C. Ewan and V. C. Speer. 1969. Absorption and utilization of sugars by baby pigs. J. Anim. Sci. 29:444.
- Aldinger, S. M. and M. F. Fitzgerald. 1966. New method for testing palatability of baby rations J. Anim. Sci. 25:887 (Abstr.).
- Aldinger, S. M., V. C. Speer, V. W. Hays and D. V. Carton. 1959. Effects of saccharin on consumption of starter rations by baby pigs. J. Anim. Sci. 18:1350.

- Aldinger, S. M., V. C. Speer, V. W. Hays and D. V. Carton. 1961. Effects of saccharin and sucrose on the performance of young pigs. *J. Anim. Sci.* 20:249.
- Armstrong, W. D. and A. J. Clawson. 1980. Nutrition and management of early weaned pigs : effects of increased nutrient concentrations and supplemented liquid feeding. *J. Anim. Sci.* 50:377-384.
- Aumaitre, A. 1972. Development of enzyme activity in the digestive tract of the suckling pig: nutritional significance and implications for weaning. *Word Review of Animal Production* 8(3):71-86.
- Aumaitre, A. and T. Corring. 1978. Development of digestive enzymes in the piglet from birth to 8 weeks. II. Intestine and intestinal disaccharidase. *Nutr. and Metab.* 22:244-255.
- Bailey, C. B., W. D. Kitts and A. J. Wood. 1956. The development of digestive enzyme system of the pig during its pre-weaning phase of growth. B. Intestinal lactase, sucrase and maltase. *Can. J. Agr. Sci.* 36:51.
- Becker, D. E., D. E. Ullrey and S. W. Terrill. 1954a. A comparison of carbohydrates in a synthetic milk diet for the baby pig. *Arch. Biochem. Biophys.* 48:178.
- Becker, D. E., D. E. Ullrey, S. W. Terrill and R. A. Notzold. 1954b. Failure of newborn pigs to utilize dietary sucrose. *Science* 120:345.
- Chapple, R. P., J. A. Cuaron and R. A. Easter. 1989a. Effect of glucocorticoids and limiting nursing on the carbohydrates digestive capacity and growth rate of piglets. *J. Anim. Sci.* 67:2956-2973.
- Chung, T. K. and D. H. Baker. 1992. Ideal amino acid pattern for 10-kilogram pigs. *J. Anim. Sci.* 70:3102.
- Corring, T., A. Aumaitre and G. Durand. 1978. Development of digestive enzyme in the piglet from birth to 8 weeks. *Nutr. Metab.* 22:231.
- Cranwell, P. D. 1977. Acid and pepsin secretion in young pigs reared solely by the sow or supplemented with solid food and weaned at 21d. *Proceedings of the Nutrition Society.* 36:142A.
- Cranwell, P. D. 1985. The development of acid and pepsin secretory capacity in the pig: effect of age and weaning. 1. Studies in anaesthetized pigs. *Br. J. Nutr.* 54:305-320.
- Cranwell, P. D. and S. J. Stuart. 1984. The effect of diet and liveweight on gastric secretion in the young pig. *Proceedings of Australian Society of Animal Production.* 15:669.
- Cunningham, H. M. 1959. Digestion of starch and some of its degradation production

- by newborn pigs. *J. Anim. Sci.* 18:964.
- Dahlqvist, A. 1961. Intestine carbohydrates of a newborn pig. *Nature.* 190:31.
- Diaz, F., V. C. Speer, G. C. Ashton, C. H. Liu and D. V. Catron. 1956. Comparison of refined cane sugar, invert cane molasses and unrefined cane sugar in starter rations for early weaned pigs. *J. Anim. Sci.* 15:315.
- Duncan, D. B. 1955. Multiple range and multiple F test. *Biometrics* 11:1-42.
- English, P. R., C. M. Robb and M. F. M. Dias. 1980. Evaluation of creep feeding using a highly-digestible diet for litters weaned at 4 weeks of age. *Anim. Prod.* 30:496.
- Friend, D. W., A. D. L. Gorrill and T. M. MacIntyre. 1970. Performance and proteolytic enzyme activity of the suckling piglet creep-fed at one or three weeks of age. *Can. J. Anim. Sci.* 50:349-354.
- Gay, C. C. 1976. Intestinal disaccharidase activity and intestinal morphology of piglet intestine between birth and five weeks. Proceedings of the IVth International Pig Veterinary Society Congress, Ames, Iowa, USA, vol. 5, p.10.
- Gay, C. C., I. K. Baker and P. Moore. 1976. Changes in piglet intestinal villous structure and intestinal enzyme activity associated with weaning. Proceedings of the IVth International Pig Veterinary Society Congress, Ames, Iowa, USA, vol. 5, p.11.
- Hampson, D. J. 1983. Post-weaning changes in piglet small intestine in relation to growth check and diarrhoea. Ph.D. Thesis, University of Bristol.
- Hampson, D. J. and D. E. Kidder. 1986. Influence of creep feeding and weaning on brush border enzyme activities in the piglet small intestine. *Research in Veterinary Science.* 40:24.
- Hanson, L. E., E. A. Rutledge, J. M. Russo and E. F. Ferrin. 1954. Dry rations for pigs weaned at three weeks. *Minn. Agr. Exp. Sta. Mimeo.* H-124.
- Hartman, R. P., V. W. Hays, R. O. Baker, L. H. Neagle and D. V. Catron. 1961. Digestive enzyme development in the pig. *J. Anim. Sci.* 20:114.
- James, P. S., M. W. Smith, D. R. Tivey and T. J. G. Wilson. 1987. Epidermal growth factor selectively increase maltase and sucrase activities in neonatal piglet intestine. *Journal of Physiology (London)* 393, 583-594.
- Jensen, A. H., J. E. Launer, S. W. Terrill and D. E. Becker. 1955. Palatability of starter rations for sucking pigs. *Univ. of Ill. Mimeo.* AS-418.
- Jin, C. F., J. H. Kim, H. K. Moon, W. T. Cho, Y. K. Han and In K. Han. 1998a. Effects of various carbohydrate sources on the growth performance and nutrient

- utilization in pigs weaned at 21 days of age. *Asian-Australasian J. Anim. Sci.* 11(3):285.
- Jin, C. F., J. H. Kim, In K. Han and J. U. Yeon. 1998b. Optimum lactose:sucrose ratio for the pigs weaned at 21 days of age. *Asian-Australasian J. Anim. Sci.* 11(2):185.
- Jin, C. F., J. H. Kim, W. T. Cho, K. Kwon and In K. Han. 1998c. Lysine requirements of piglets. *Asian-Australasian J. Anim. Sci.* 11(1):89.
- Johnson, S. R. 1949. Comparison of sugars in the purified diet of baby pigs. *Fed Proc.* 8:387.
- Kelly, D., J. A. Smyth and K. J. McCracken. 1991a. Digestive development of the early-weaned pig. 1. Effect of continuous nutrient supply development of the digestive tract and change in digestive enzyme activity during the first week post-weaning period. *Br. J. Nutr.* 65:169
- Kelly, D., J. A. Smyth and K. J. McCracken. 1991b. Digestive development of the early-weaned pig. 2. Effect of level of food intake on digestive enzyme activity during the immediate post-weaning period. *Br. J. Nutr.* 65:181.
- Kidder, D. E. and M. J. Manners. 1980. The level and distribution of carbohydrase in the small intestine mucosa of pigs from 3 weeks of age to maturity. *Br. J. Nutr.* 43:141-153.
- Kidder, D. E., M. J. Manners and M. R. McCrea. 1963. The digestion of sucrose by the piglet. *Res. Vet. Sci.* 4:131.
- Leibbrandt, V. C. and R. C. Ewan. 1972. Effect of weaning and age at weaning on performance by baby pigs. *J. Anim. Sci.* 35:1107 (Abstr.).
- Lewis, C. J., D. V. Catron, G. E. Combs, Jr., G. C. Ashton and C. C. Culbertson. 1953. Cane sugar in pig starters. *J. Anim. Sci.* 12:923.
- Lewis, C. J., D. V. Catron, G. E. Combs, Jr., G. C. Ashton and C. C. Culbertson. 1955. Sugar in pig starters. *J. Anim. Sci.* 14:1103.
- Manners, M. J. and J. A. Stevens. 1972. Changes from birth to maturity in the pattern of distribution of lactase and sucrase activity in the mucosa of the small intestine in pigs. *Br. J. Nutr.* 28:113.
- Mateo, J. P. and T. L. Veum. 1980. Utilization of glucose, sucrose and corn starch with isolated soybean protein by 15 days old baby pigs reared artificially. *Nutr. Rep. Int.* 22:419.
- Miller, B. G., P. S. James, M. W. Smith and F. J. Bourne. 1986. Effect of weaning on the capacity of pig intestinal villi to digest and absorb nutrients. *J. Agr. Sci.*

107:579.

- Okai, D. B., F. X. Aherne and R. T. Hardin. 1976. Effects of creep and starter composition on feed intake and performance of young pigs. *Can. J. Anim. Sci.* 56:573-586.
- SAS. 1985. *SAS User's Guide : Statistics*, SAS Inst. Inc., Cary, NC.
- Sanglid, P. T., P. D. Cranwell, H. Sorensen, K. Mortensen, O. Noren, L. Wetteberg and H. Sjostrom. 1991. Development of intestinal disaccharidase, intestinal peptidases and pancreatic proteases in suckling pigs. The effects of age and ACTH treatment. In: Verstegen, M. W. A., Huisman, J. and den Hartog, L. A. (eds). *Digestive Physiology in pigs*. Pudoc, Wageningen, p.73-78.
- Sewell, R. F. and C. V. Maxwell, Jr. 1966. Effects of various sources of carbohydrates in the diet of early-weaned pigs. *J. Anim. Sci.* 25:279.
- Sewell, R. F. and J. P. West. 1965. Some effects of lactose on protein utilization in the baby pig. *J. Anim. Sci.* 24:239.
- Sherry, M. P., M. K. Schmidt and T. L. Veum. 1978. Performance of neonatal piglets mechanically fed diets containing corn, soybean meal and milk protein. *J. anim. Sci.* 46:1250.
- Shields, R. G., Jr., K. E. Ekstrom and D. C. Mahan. 1980. Effect of weaning age and feeding method on digestive enzyme development in swine from birth to ten weeks. *J. Anim. Sci.* 50:257-265.
- Sloat, D. A., D. C. Mahan and D. L. Kramer. 1985. Effect of pig weaning weight on postweaning body composition and digestive enzyme development. *Ntr. Rep. Interna'l.* 31:624-634.
- Smith, H. M. and I. A. M. Lucas. 1956. The early weaning of pigs. I. The effect upon growth of variations in the protein, fat, sucrose, antibiotic, vitamin and mineral contents of diets for pigs of 8-25 lb. weight and a comparison of wet and dry feeding. *J. Agr. Sci.* 48:220.
- Smith, H. M. and I. A. M. Lucas. 1957. The early weaning of pigs. I. The performance up to 56 days of age of pigs weaned at 8, 14 and 20 lb. live weight. *J. Agr. Sci.* 49:405.
- Turlington, W. H., G. L. Allee and J. L. Nelssen. 1989. Effects of protein and carbohydrate sources on digestibility and digesta flow rate in weaned pigs fed a high-fat, dry diet. *J. Anim. Sci.* 67:2333-2340.
- Wahlstrom, R. C., L. A. Hauser and G. W. Libal. 1974. Effects of low lactose whey, skim milk and sugar on diet palatability and performance of early weaned pigs.

J. Anim. Sci. 38:1267.

Walker, D. M. 1959. The development of the digestive system of the young animal.

II. Carbohydrate enzyme development in the young pig. J. Agr. Sci. 52:357.

(본 논문은 한국영양사료학회지 23 권 6호 페이지 471-482에 발표된 논문임)

7. 21일령 이유 자돈에서의 지방 공급원의 이용

가. 서 론

갓 태어난 돼지의 경우는 어린 아기와 마찬가지로 건강을 유지하고 성장하기 위하여 에너지 공급원을 필요로 한다. 에너지의 부족은 신생 돼지로 하여금 환경적인 스트레스와 죽음의 위협에 영향을 많이 받게 한다 (Pettigrew, 1981; Bruegger와 Conrad, 1972). 동물성 지방과 대두유는 돼지 사료에서 가장 흔한 지방 공급원이다. 에너지의 추가와 같은 영양적인 조정은 갓 태어난 돼지의 사망을 줄일 수 있는 것으로 나타났지만, 신생 돼지를 위한 에너지 추가 물질로의 지방의 효과는 아직 불확실하다 (Bruegger와 Conrad, 1972; Pettigrew, 1981).

여러 연구들이 식이 지방이 조기 이유 자돈에 있어서 일당증체량과 사료효율 (F/G)을 증가시키고 (Attech와 leeson, 1983; Lawrence와 Maxwell, 1983; Allee 등, 1971; Crampton과 Ness, 1954), 지방산의 소화율도 증가시키는 것으로 나타났다 (Frobish 등, 1970). 지방을 소화시키는 이유 자돈의 능력은 식이 지방 공급원과 관련되어 있고 (Cera 등, 1990), 연령이 증가할수록 증가한다 (Frobish 등, 1980; Leibbrandt 등, 1975; Attech와 Leeson, 1983; Cera 등, 1988a, 1989). 이러한 결과와는 다르게 어떤 연구 결과에서는 지방의 추가 공급이 이유 자돈에 있어서 성장과 사료 효율의 증가에 영향을 미치지 못한 것으로 나타났다 (Lawrence와 Maxwell, 1983; Peo 등, 1957; Cera 등, 1988c). 이러한 차이들은 아마도 사료내 지방산의 흡수 (Bayley와 Lewis, 1965), 녹는점 (Calloway 등, 1956), 에너지:아미노산 비율 (Allee 등, 1971), 돼지의 연령 (Cera 등, 1988b; Lindemann 등, 1986), 구리의 추가 공급 (Luo와 Dove, 1996; Dove, 1995; Dove와 Haydon, 1991, 1992)과 식이 지방 공급원과 그 농도 (Li 등, 1990; Hamilton과 Mcdonald, 1969; Frobish 등, 1970; Cera 등, 1988a)와 같은 여러 요인들에 기인한다고 할 수 있다. 결합 길이, 지방산의 포화 정도와 triglyceride 분자내의 배열과 같은 것들이 병아리 (Calloway 등, 1956)와 돼지 (Eusebio 등, 1965)에 있어서 지방 소화의 정도에 중요한 인자들

이라는 연구결과도 있었다. 돼지들은 우지가 포함된 사료를 급여했을 때보다 대두유와 돈지와 코코넛 기름 중에 하나를 포함한 사료를 급여했을 때 더 높은 성장률을 나타내었다 (Turlington, 1988). 반면에 Tokach 등 (1995)은 6% 콩기름, 옥수수 기름 또는 우지를 사료에 첨가하였을 때 돼지의 일당증체량에는 아무런 효과가 없다고 보고하였다.

그러므로, 본 실험의 목적은 돼지 성장에 있어서 콩기름 또는 옥수수 기름과 우지 혼합물의 효과와 외관상 소화율과 21일령 돼지에 있어서 혈청의 특징을 조사하기 위함이다.

나. 재료 및 방법

총 80마리의 돼지 (5.67 ± 0.61 kg 생체중; 21일령)가 이유 자돈에 있어서 지방 공급원의 효과를 측정하기 위해서 실험에 이용되었다. 돼지들은 생체중에 따라 임의 배치 형식으로 5개의 처리구로 나누어졌다. 각 처리구는 처리구당 4반복으로 이루어졌고, 1반복은 4마리로 이루어졌다. 처리구들은 콩기름 또는 옥수수 기름과 유지사이에 여러 비율에 따라 나누어졌다. 1) S100 (콩기름 100%), 2) S75 (콩기름:우지=75:25), 3) S50 (콩기름:우지=50:50), 4) C75 (옥수수 기름:우지=75:25), 5) C50 (콩기름:우지=50:50). Phase I (0-14일) 기간 동안, 돼지들에게 3,400 kcal ME, 23% 조단백질, 1.65% 라이신, 0.9% 칼슘과 0.8% 인으로 배합된 사료를 급여하였으며, Phase II (15-28일) 기간 동안에는 3,400 kcal ME, 20.5% 조단백질, 1.35% 라이신, 0.9% 칼슘과 0.8% 인의 비율로 배합된 사료를 급여하였다 (표 2-1-39, 40). 이번 실험에 이용된 우지는 70°C에서 녹였고 사료와 배합하기 전에 식물성 기름과 혼합하였다. 사료는 가루 형태로 공급되었고, 0.2%의 Cr_2O_3 가 소화율을 측정하기 위한 표시제로 이용되었다. 배설물의 시료는 직장 마사지법에 의해 각 돈방당 두 마리씩 모았다. 모아진 시료들은 화학적 분석을 위해 건조하였고, 소화율은 2주와 4주에 각각 측정되었다. 또한, 0일, 14일과 28일에 혈액 시료를 각 돈방당 한 마리씩 모았다. 혈액 표본은 15분 동안 5°C에서 원심분리시켰다. 혈청은 혈액 노질소, triglycerides와 총 콜레스테롤 분석을 위하여 -20°C에서 저장하였다.

돼지들은 첫 번째 주에는 온도가 31°C로 유지되고 그 이후로는 매주 1~2°C씩 감소되면서 환경적으로 조절되는 사양실에서 사양되어졌다. 각 실험 돈방은 사양 실험에 이용된 사료를 자유로 급여할 수 있게 하였고 급수도 자유로이 하였다. 증체량과 사료 섭취량은 매주 측정하였고, 버려진 사료들은 정확한 사료 섭취량을 측정하기 위해서 모은 후에 건조시켜서 무게를 측정하였다.

표 2-1-39. 사료배합을표와 영양소 함량 (0에서 14일)

처리구	S100	S75	S50	C75	C50
옥수수	26.07	26.07	26.07	26.07	26.07
전지대유	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00
대용유	15.00	15.00	15.00	15.00	15.00
대두박	13.56	13.56	13.56	13.56	13.56
유당	14.00	14.00	14.00	14.00	14.00
콩기름	6.00	4.50	3.00	0.00	0.00
옥수수기름	0.00	0.00	0.00	4.50	3.00
우지	0.00	1.50	3.00	1.50	3.00
어분	2.50	2.50	2.50	2.50	2.50
건조혈장단백	7.50	7.50	7.50	7.50	7.50
건조혈분	2.50	2.50	2.50	2.50	2.50
제일인산칼슘	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
석회석	0.79	0.79	0.79	0.79	0.79
소금	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20
비타민. ¹	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50
항생제	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05
DL-메치오닌 (98%)	0.13	0.13	0.13	0.13	0.13
Cr ₂ O ₃	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20
합계	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00
화학적 조성 (%) ²					
총에너지 (Mcal/kg)	4.21	4.26	4.26	4.29	4.21
대사에너지 (Mcal/kg)	3.47	3.47	3.47	3.47	3.47
조단백질	23.21	23.76	23.08	23.06	23.70
라이신	1.67	1.66	1.66	1.66	1.66
메치오닌	0.44	0.46	0.45	0.47	0.47
칼슘	0.87	0.86	0.89	0.90	0.90
인	0.77	0.75	0.75	0.76	0.75

¹ Vit.-Min. mixture contains per kg : vitamin A, 2,000,000 IU; Vitamin D₃, 400-,000 IU Vitamin E, 250 IU; Vitamin K₃, 200 mg; Vitamin B₁, 20 mg; Vitamin B₂, 700 mg; Riboflavin 10,000 mg; Pantothenic calcium, 3,000 mg; Choline chloride, 30,000 mg; Niacin, 8,000 mg; Folacin, 200 mg; Vitamin B₁₂, 13 mg; Mn 12,000 mg; Zn, 15,000 mg; Co, 100 mg; Cu, 500 mg; Fe, 4,000 mg; Folic acid, 40 mg; BHT, 5,000 mg; sucrose to make 1 kg vit.-min. mixture.

² 분석치.

표 2-1-40. 사료배합율표와 영양소 함량 (15에서 28일)

처리구	S100	S75	S50	C75	C50
옥수수	23.71	23.71	23.71	23.71	23.71
전지대유	19.00	19.00	19.00	19.00	19.00
대용유	20.00	20.00	20.00	20.00	20.00
대두박	19.00	19.00	19.00	19.00	19.00
유당	6.00	4.50	3.00	0.00	0.00
콩기름	0.00	0.00	0.00	4.50	3.00
옥수수기름	0.00	1.50	3.00	1.50	3.00
우지	1.80	1.80	1.80	1.80	1.80
어분	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00
건조혈장단백	1.80	1.80	1.80	1.80	1.80
건조혈분	1.45	1.45	1.45	1.45	1.45
제일인산칼슘	0.90	0.90	0.90	0.90	0.90
석회석	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20
소금	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50
비타민. ¹	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04
항생제	0.23	0.23	0.23	0.23	0.23
DL-메치오닌 (98%)	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17
Cr ₂ O ₃	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20
합계	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00
화학적 조성 (%) ²					
총에너지 (Mcal/kg)	4.27	4.21	4.19	4.19	4.14
대사에너지 (Mcal/kg)	3.45	3.45	3.45	3.45	3.45
조단백질	20.49	20.68	20.66	20.41	20.22
라이신	1.31	1.34	1.32	1.30	1.33
메치오닌	0.42	0.43	0.43	0.42	0.42
칼슘	0.89	0.87	0.89	0.90	0.89
인	0.82	0.80	0.81	0.80	0.81

¹ Vit.-Min. mixture contains per kg : vitamin A, 2,000,000 IU; Vitamin D₃, 400,000 IU; Vitamin E, 250 IU; Vitamin K₃, 200 mg; Vitamin B₁, 20 mg; Vitamin B₂, 700 mg; Riboflavin 10,000 mg; Pantothenic calcium, 3,000 mg; Choline chloride, 30,000 mg; Niacin, 8,000 mg; Folacin, 200 mg; Vitamin B₁₂, 13 mg; Mn 12,000 mg; Zn, 15,000 mg; Co, 100 mg; Cu, 500 mg; Fe, 4,000 mg; Folic acid, 40 mg; BHT, 5,000 mg; sucrose to make 1 kg vit.-min. mixture.

² 분석치.

표 2-1-41. 지방공급원의 지방산 조성

항목	콩기름	옥수수기름	우지
지방산, % 총 지방산중*			
포화			
C14 : 0	-	-	0.29
C16 : 0	10.56	10.19	27.57
C18 : 0	4.06	2.49	29.91
평균	14.62	12.68	57.77
단일불포화			
C16 : 1	0.08	0.08	0.24
C18 : 1	24.18	27.67	41.20
평균	24.26	27.75	41.44
고도불포화			
C18 : 2	60.44	59.57	0.55
C18 : 3	0.68	-	0.06
C20 : 4	-	-	0.08
C22 : 6	-	-	0.10
평균	61.12	59.57	0.79
포화지방산	14.62	12.68	57.78
불포화지방산	85.38	87.32	42.23
불포화/포화	5.84	6.89	0.73

* 분석치.

실험에 이용된 사료와 배설물의 대략적인 영양소의 분석은 AOAC 방법으로 행하여 졌고, 아미노산의 구성은 자동 아미노산 분석기를 이용하여 측정되어졌다. 인의 함량은 UV-visible spectrophotometer를 이용하여 측정되었고 총에너지는 Bomb Calorimeter를 이용하여 측정되었다. 크롬은 원자 흡수 spectrophotometer를 이용하여 측정되었다. 실험에 이용된 사료의 지방산 구성은 Lepage와 Roy (1986)의 방법에 따라서 gas chromatography를 이용하여 측정되었다.

본 실험 자료들의 통계적인 분석은 SAS (1985)의 GLM 절차를 이용한 Duncan의 multiple range test (Duncan, 1955)에 따른 평균을 비교하여 분석되어졌다.

다. 결과 및 고찰

이번 실험에 이용된 지방 공급원의 지방산의 종류는 표 2-1-41에 잘 나타나

있다. 지방 공급원의 대부분은 결합의 길이가 탄소수 14개 혹은 그 이상의 긴 지방산들로 구성되어 있고 (LCFA>99%), 콩기름이나 옥수수 기름은 상대적으로 불포화 지방산의 비율이 높고 (USFA>85%), 반면에 우지는 포화 지방산의 비율이 높다 (SFA>57%). 또한, 콩기름이나 옥수수 기름 (5.84과 6.89)은 우지 (0.73)보다 USFA/SFA 비율이 10배 정도 높다. 콩기름, 옥수수 기름과 우지의 USFA와 SFA의 농도는 NRC (1998)와 비슷하다.

0~14일까지는, 지방공급원들과 지방의 수준들 사이에 일당증체량과 일당사료섭취량에는 큰 차이를 발견할 수 없었다. 동물성 및 식물성 지방을 혼합한 사료를 급여한 돼지들은 이유 후 2주 동안 대조구의 사료 (S100, 식물성 기름)를 급여한 돼지들보다 체중이 더 늘어났다 (표 2-1-42). 콩기름 및 우지를 혼합하여 급여한 돼지에 있어서 처음 2주 동안 옥수수 기름-우지 혼합물 사료를 급여한 돼지와 비교했을 때 더 큰 일당증체량과 일당사료섭취량 및 사료효율을 보였다.

표 2-1-42. 지방공급원이 자돈의 성장에 미치는 효과

처리구	S100	S75	S50	C75	C50	SE ¹
0~14 일						
일당증체량 (g)	340 ^c	376 ^{bc}	459 ^a	347 ^c	414 ^{ab}	11.87
일당사료섭취량 (g)	401 ^{bc}	400 ^{bc}	491 ^a	388 ^c	463 ^{ab}	12.27
사료효율	1.18 ^a	1.06 ^b	1.07 ^b	1.12 ^{ab}	1.12 ^{ab}	0.02
15~28 일						
일당증체량 (g)	559	566	540	565	536	7.38
일당사료섭취량 (g)	933	913	899	907	933	13.85
사료효율	1.67	1.61	1.66	1.61	1.74	0.02
0~28 일						
일당증체량 (g)	450 ^b	471 ^{ab}	499 ^a	457 ^{ab}	475 ^{ab}	6.82
일당사료섭취량 (g)	667	656	695	647	698	10.42
사료효율	1.48	1.40	1.39	1.42	1.47	0.02

¹ 표준오차.

^{a,b,c} 같은 열의 서로 다른 첨자는 유의적으로 다름 (p<0.05).

우지 첨가 수준에서 보면 50% 우지 사료는 25% 우지 사료와 비교했을 때 일당증체량과 사료섭취량이 개선되었다. 우지의 첨가 수준이 콩 혹은 옥수수 기름은 대체하는 정도가 25%에서 50%로 증가할 때 일당증체량의 증가는 6.32%에서 28.38%로 증가하였다. 대개 우지는 유허제를 첨가하더라도 이유 자돈에 있어서 질이 떨어지는 지방 공급원으로 인식되었기에 이번 실험의 결과는 어느 정도 놀라운 결과라 할 수 있다 (Turlington, 1988; Jones 등, 1992; Jin 등, 1998). 그러나, Cera 등 (1988a)은 이유 후 처음 2주 동안 옥수수 기름을 급여한 돼지들과 비교

했을 때 우지를 급여한 돼지들에 있어서 더 높은 성장률을 발견할 수 있었다. Cera 등 (1989)은 50% 우지:50% 옥수수 기름 혼합 사료를 돼지에게 급여했을 때 처음 2주 동안 높은 성장률을 보인다고 하였다. 이유 후 처음 2주 동안 일당증체량과 일당사료섭취량은 우리의 실험과 비슷한 결과인 각각 28.13%와 8.60% 개선되는 것을 발견할 수 있었다. 또한, 이유 사료에 지방을 첨가한 효과는 이유 후 2주나 3주 혹은 그 이후에 나타난다고 보고하였다.

Phase II 기간 (15~28일)에 일당증체량, 일당사료섭취량과 사료효율은 실험 결과에 의하면 각 처리구들 사이에 큰 차이를 보이지 않았고, 돼지들은 성장할수록 소화 능력이 증대된다는 것을 알 수 있었다. Cera 등 (1988a, b, 1989)은 지방의 소화율은 일령이 증가할수록 증대된다는 것과 지방 공급원의 차이에 따른 지방 소화율의 차이는 4주령 이후에는 사라진다고 하였다.

전체 실험 기간 동안 (0~28일), 가장 높은 성장률은 S50을 급여한 돼지들에서 찾을 수 있었다 (그림 2-1-4). 콩기름-우지 혼합물을 급여한 돼지들은 높은 일당증체량을 보였고, 옥수수 기름-우지 혼합물을 급여한 돼지들보다 높은 사료효율의 경향을 나타내었다.

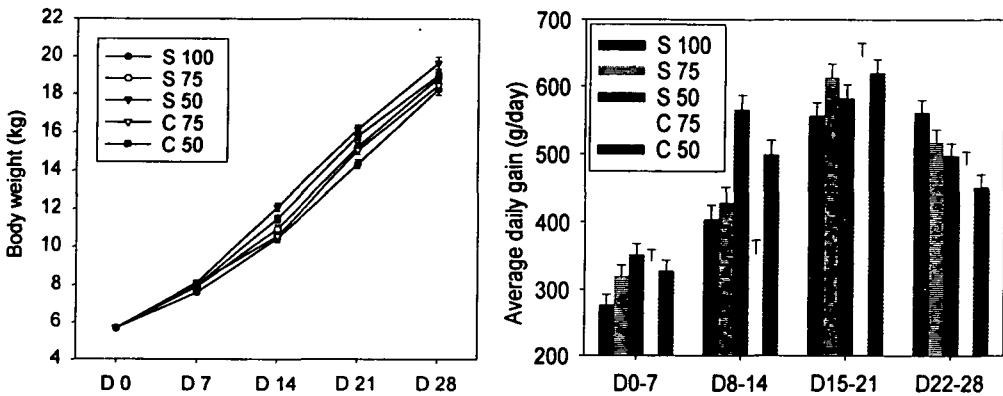


그림 2-1-4. 시험 사료 급여에 따른 증체의 변화

Phase I 기간 동안, 표 2-1-43와 같이, 콩기름을 급여한 돼지들은 다른 처리구들과 비교했을 때 높은 건물, 조단백질과 조지방 소화율을 나타냈지만, 차이는 크지 않았다. Phase II 기간 동안에는 50% 우지:50% 식물성 기름을 첨가한 사료에서 대조구에 비해서 조회분의 소화율이 높다는 것을 제외하고는 영양소들의 소화율간에 차이는 발견되지 않았다.

표 2-1-43. 지방공급원이 자돈의 영양소 소화율에 미치는 효과

처리구	S100	S75	S50	C75	C50	SE ¹
14 일						
건물	82.92 ^a	80.21 ^{ab}	79.69 ^{ab}	78.80 ^b	79.89 ^{ab}	0.51
조희분	62.54	61.96	60.68	55.67	57.31	1.18
조단백질	75.60 ^a	71.13 ^b	69.54 ^b	69.50 ^b	70.88 ^b	0.74
조지방	72.19	70.50	70.68	69.13	68.89	1.00
칼슘	61.66	59.00	66.12	63.33	67.05	1.21
인	55.23	54.33	53.57	53.99	52.64	1.02
28 일						
건물	89.79	90.52	92.36	90.66	91.21	0.38
조희분	60.03 ^b	61.19 ^{ab}	68.23 ^a	64.08 ^{ab}	67.17 ^a	1.13
조단백질	80.24	79.15	79.74	79.25	79.58	0.40
조지방	71.92	76.79	74.64	71.14	72.20	0.94
칼슘	69.35	66.03	69.36	69.03	70.18	0.74
인	60.35	62.37	65.27	61.39	62.67	0.80

^{a,b} 같은 열의 서로 다른 첨자는 유의적으로 다름 ($p < 0.05$).

¹ 표준오차.

전체적으로 50% 우지:50% 식물성 기름 사료를 급여한 돼지는 대조구의 돼지들보다 높은 영양소 소화율을 보이는 것으로 나타났다. Leibbrandt 등 (1975), Cunningham과 Brisson(1955), Lloyd 등 (1957), Frobish 등 (1970)과 Cera 등 (1988a, b, 1989)의 실험에서 발견된 것과 같이 건물, 조단백질과 지방 소화율은 각 처리구에서 이유 후 시간이 지날수록 증가함을 이번 실험에서도 알 수 있다.

지방 소화율에 영향을 미치는 요소들은 Elwyn 등 (1991)에 의하면 가장 중요한 요소가 불포화 지방과 포화 지방의 비율이고 소화율은 그 비율이 1.5:1 밑으로 떨어지면 떨어진다고 하였다. 탄소수가 적은 포화지방산은 탄소수가 많은 포화 지방산에 비하여 소화되기가 쉽지만, 그램 당 에너지가 작다. 에스테르화 되지 않은 지방산의 수준이 높으면 소화율이 떨어진다 (Elwyn, 1991).

Phase II 기간 동안의 사료를 보면, 총 아미노산 소화율에 있어서 차이가 없다 (표 2-1-44). 그렇지만, 평균 아미노산의 소화율은 50% 우지:50% 식물성 사료를 급여한 돼지에 있어서 숫자상으로는 높게 나타났지만, 차이는 거의 없었다. 비슷한 경향을 phase II 사료의 아미노산 소화율에 서도 찾을 수 있었다 (표 2-1-45).

모든 실험구에서의 돼지들은 0, 14, 28일 각각에 혈장 노질소의 농도는 비슷하였다. 우지와 콩기름 또는 옥수수 기름의 혼합은 콩기름 하나만을 첨가한 사료

와 비교했을 때 혈청 triglycerides와 총 콜레스테롤 혼합에 있어서 높은 농도를 나타내었다. 이 실험 결과는 Cera 등 (1989)의 실험 결과와 일치한다.

표 2-1-44. 지방공급원이 자돈의 아미노산 소화율에 미치는 효과 (0~14 일)

처리구	S100	S75	S50	C75	C50	SE ¹
필수아미노산 (%)						
트레오닌	81.05 ^{ab}	79.95 ^b	81.67 ^a	79.85 ^a	80.88 ^{ab}	0.26
발린	79.72 ^{bc}	81.86 ^{abc}	83.65 ^a	78.52 ^c	82.86 ^{ab}	0.62
시스틴	82.49 ^b	87.67 ^a	88.04 ^a	81.29 ^b	87.24 ^a	0.87
메치오닌	81.95 ^b	83.56 ^{ab}	86.70 ^a	80.75 ^b	85.90 ^a	0.69
이소루신	83.46	83.41	85.25	82.27	84.46	0.66
루신	82.47 ^{ab}	82.37 ^{ab}	85.69 ^a	81.27 ^b	84.90 ^{ab}	0.63
타이로신	83.44 ^{abc}	82.49 ^{bc}	85.07 ^a	82.24 ^c	84.26 ^{ab}	0.34
페닐알라닌	84.64	82.33	82.64	83.44	81.85	0.78
라이신	85.08	82.98	85.69	83.88	84.89	0.44
히스티딘	81.31 ^{ab}	81.02 ^{ab}	84.60 ^a	80.11 ^b	83.80 ^a	0.59
아지닌	85.91 ^a	82.51 ^b	87.31 ^a	84.71 ^{ab}	86.52 ^a	0.56
평균	82.87 ^b	82.74 ^{bc}	85.12 ^a	81.67 ^c	84.32 ^a	0.31
비필수아미노산 (%)						
아스파리진	79.96	79.68	79.53	78.35	77.36	0.74
세린	80.70	79.44	81.82	79.05	79.83	0.60
글루타민	81.25	82.01	82.15	79.60	79.98	0.57
프로라인	81.26	79.49	82.30	86.09	83.23	0.56
글라이신	80.53	80.63	82.49	78.88	80.75	0.82
알라닌	81.81 ^{ab}	83.38 ^{ab}	84.85 ^a	80.16 ^b	82.66 ^{ab}	0.61
평균	80.92	80.77	82.19	79.27	80.15	0.43
전체평균	81.89 ^{bc}	81.76 ^{bc}	83.66 ^a	80.47 ^c	82.24 ^{ab}	0.31

^{a,b} 같은 열의 서로 다른 첨자는 유의적으로 다름 ($p < 0.05$).

¹ 표준오차.

이 실험의 결과에 기초하여, 우지: 콩 (또는 옥수수)기름 혼합 사료는 성장 속도와 사료 효율을 증가시켰고, 이유 자돈의 성장과 영양소 이용에 있어서 50% 우지와 50% 콩 (혹은 옥수수)기름 혼합 사료가 가장 이상적인 것으로 나타났다.

표 2-1-45. 지방공급원이 자돈의 아미노산 소화율에 미치는 효과 (15~28 일)

처리구	S100	S75	S50	C75	C50	SE ¹
필수아미노산 (%)						
트레오닌	85.65	83.45	84.67	84.13	84.25	0.56
발린	84.32	85.36	86.65	87.20	86.66	0.63
시스틴	87.09 ^b	91.17 ^b	91.04 ^b	96.25 ^a	91.63 ^b	0.89
메치오닌	86.55 ^b	87.06 ^b	89.70 ^{ab}	91.77 ^a	87.24 ^b	0.63
이소루신	88.07	86.91	88.25	87.23	87.02	0.62
루신	87.07	85.87	88.69	86.19	85.24	0.53
타이로신	88.04	85.99	88.07	87.35	86.17 ^c	0.47
페닐알라닌	89.24 ^{ab}	85.83 ^{ab}	85.64 ^{ab}	90.05 ^a	84.57 ^c	0.82
라이신	89.68	86.49	88.69	86.48	85.72	0.66
히스티딘	85.91 ^b	84.52 ^b	87.60 ^{ab}	85.84 ^b	89.45 ^a	0.58
아지닌	90.51 ^{ab}	86.01 ^c	90.31 ^b	91.30 ^{ab}	93.39 ^a	0.66
평균	87.47 ^{ab}	86.24 ^b	88.12 ^a	88.61 ^a	87.40 ^{ab}	0.27
비필수아미노산 (%)						
아스파리진	81.62	82.68	78.43	81.46	84.32	0.87
세린	80.80	82.44	80.72	82.98	84.50	0.74
글루타민	80.55 ^b	85.01 ^a	81.05 ^a	83.48 ^{ab}	84.25 ^{ab}	0.66
프로라인	82.12 ^{ab}	82.49 ^{ab}	81.20 ^b	80.56 ^b	85.82 ^a	0.68
글라이신	80.13	83.62	81.39	81.50	83.83	0.70
알라닌	80.99 ^b	86.38 ^a	83.75 ^{ab}	82.03 ^b	84.70 ^{ab}	0.68
평균	81.04 ^c	83.77 ^{ab}	81.09 ^c	82.00 ^{bc}	84.57 ^a	1.14
전체평균	84.25 ^b	85.01 ^{ab}	84.61 ^{ab}	85.30 ^{ab}	85.98 ^a	0.22

^{ab} 같은 열의 서로 다른 첨자는 유의적으로 다름 (p<0.05).

¹ 표준오차

표 2-1-46. 지방공급원이 혈장 뇨질소, 글루코스 및 총콜레스테롤에 미치는 효과

처리구	S100	S75	S50	C75	C50	SE ¹
혈장 뇨질소 (mmol/dl)						
0 일	8.50	8.90	8.73	8.97	8.68	0.79
14 일	8.20	9.55	10.43	9.85	10.18	0.43
28 일	8.47	8.43	8.80	8.35	8.43	1.23
글루코스 (mg/dl)						
0 일	52.90	52.20	56.40	54.31	55.40	1.44
14 일	56.90	56.45	67.10	58.80	62.40	1.72
28 일	62.30 ^b	66.20 ^{ab}	67.35 ^a	67.05 ^{ab}	70.45 ^a	1.85
총콜레스테롤 (mg/dl)						
0 일	61.15	65.27	69.12	67.23	67.77	1.27
14 일	72.23	75.41	81.69	77.16	79.67	1.80
28 일	91.70	94.70	98.58	95.74	97.77	1.93

^{ab} 같은 열의 서로 다른 첨자는 유의적으로 다름 (p<0.05).

¹ 표준오차

라. 참고문헌

- Allee, G. L., D. H. Baker and G. A. Leveille. 1971. Fat utilization and lipogenesis in the young pig. *J. Nutr.* 101:1415.
- AOAC. 1990. Official method of analysis (15th ed.). Association of official analytical chemists, Washington, D. C.
- Atteh, J. O. and S. Leeson. 1983. Effect of increasing dietary fat, calcium and phosphorus levels on pigs. *San. J. Anim. Sci.* 63:699.
- Bayley, H. S and D. Lewis. 1965. The use of fats in pig feeding. 2. The digestibility of various fats and fatty acids. *J. Agric. Sci. (Camb.)* 64:373.
- Bayley, H. S. and D. Lewis. 1965. The use of fats in pig feeding. 2. The digestibility of various fats and fatty acids. *J. Agric. Sci. (Camb.)* 64:373.
- Bruegger, S. J and J. H. Conrad. 1972. Effects of orally administered albumin and corn oil on blood constituents, survival and weight gain in neonatal pigs. *J. Anim. Sci.* 34:411-415.
- Calloway, D. H., G. w. Kurtz, J. J. McMullen and L. V. Thomas. 1956. The absorbability of natural and modified fats. *Food Res.* 21:621.
- Cera, K. R., D. C. Mahan and G. A. Reinhart. 1988a. Weekly digestibility of diets supplemented with com oil, lard or tallow by weanling swine. *J. Anim. Sci.* 66:1430.
- Cera, K. R., D. C. Mahan and G. A. Reinhart. 1988b. Effect of dietary dried whey and com oil on weanling pig performance, fat digestibility and nitrogen utilization. *J. Anim. Sci.* 66:1438.
- Cera, K. R., D. C. Mahan and G. A. Reinhart. 1989. Apparent fat digestibility and performance responses of postweaning swine fed diets supplemented with coconut oil, corn oil or tallow. *J. Anim. Sci.* 67:2040.
- Cera, K. R., D. C. Mahan and G. A. Reinhart. 1990. Evaluation of various extracted vegetable oil, roasted soybean, medium-chain triglyceride and an animal-vegetable fat blends for postweaning swine. *J. Anim. Sci.* 68:2756-2765.
- Cera, K. R., D. C. Mahan and R. F. Cross. 1988c. Effect of age, weaning and postweaning diet on small intestinal growth and jejunal morphology in young swine. *J. Anim. Sci.* 66:574.
- Crampton, E. W. and O. M. Ness. 1954. A meal mixture suitable as the entire ration to be self-fed dry to pigs weaned at ten days of age. *J. Anim. Sci.* 13:357.
- Cunningham, H. M and G. J. Brisson. 1957. *J. Anim. Sci.* 16:370.
- Dove, C. R and K. D. Haydon. 1991. The effect of copper addition to diets with

- various iron levels on the performance and hematology of weanling swine. *J. Anim. Sci.* 69: 2013.
- Dove, C. R and K. D. Haydon. 1992. The effect of copper and fat addition to the diets of weanling swine on growth performance and serum fatty acids. *J. Anim. Sci.* 69: 2013.
- Dove, C. R. 1995. The effect of copper level on nutrient utilization of weanling pigs. *J. Anim. Sci.* 73: 166.
- Duncan, D. B. 1955. Multiple range and multiple F tests. *Biometrics.* 11:1.
- Elwyn, R. M., E. U. Duane and J. L. Austin. 1991. *Swine Nutrition.* pp. 133-145.
- Eusebio, J. A., V. W. Hays, V. C. Speer and J. T. McCall. 1965. Utilization of fat by young pig, *J. Anim. Sci.* 24:1001.
- Frobish, L. T., V.W. Hays, V. C. Speer and R. C. Ewan. 1970. Effect of fat source and level on utilization of fat by young pigs. *J. Anim. Sci.* 30:197.
- Hamilton, R.M.G. and B. E. McDonald. 1969. Effect of dietary fat source on the apparent digestibility of fat and the composition of fecal lipids on the young pig. *J. Nutr.* 97:33.
- Jin, C. F., J. H. Kim, In K. Han, H. J. Jung and C. H. Kwon. 1998. Effects of various fat sources and lecithin on the growth performance and nutrient utilization in pigs weaned at 21 days of age. *Asian-Aus. J. Anim. Sci.* 11:176.
- Jones, D. B., J. D. Hancock, D. L. Harmon and C. E. Walker. 1992. Effects of exogenous emulsifiers and fat sources on nutrient digestibility, serum lipids and growth performance in weanling pigs. *J. Anim. Sci.* 70:3473.
- Koga, A. and S. Kimura. 1980. Influence of restricted diet on the cell cycle in the crypt of mouse small intestine. *J. Nutr. Sci. Vitaminol.* 26:33.
- Lawrence, N. J. and C. V. Maxwell. 1983. Effect of dietary fat source and level on the performance of neonatal and early weaned pigs. *J. Anim. Sci.* 57:936.
- Leibbrandt, V. D., R. C. Ewan., V. C. Speer and D. R. Zimmeman. 1975. Effect of age and calorie: Protein ratio on performance and body composition of baby pigs. *J. Anim. Sci.* 40:1070.
- Lepage, G and C. C. Roy. 1986. Direct transesterification of all classes of lipids in a one-step reaction. *J. Lipid. Res.* 27:114.
- Li, D. F., J. L. Nelssen., P. G. Reddy., F. Blecha., J. D. Hancock., G. L. Allee., R. D. Goodband and R. D. Klemm. 1990. Transient hypersensitivity to soybean meal in the early-weaned pig. *J. Anim. Sci.* 68:1790.
- Liepens, A. and E. Dehaven. 1978. A rapid method of cell drying for scanning electron microscopy. *Scanning Electron Microsc.* 2:37.

- Lindemann, M. D., S. G. Cornelius., S. M. El Kandelgy. R. L. Moser and J. E. Pettigrew. 1986. Effect of age, weanling and diet on digestive enzyme levels in the piglet. J. Anim. Sci. 62:1298.
- Lloyd, L. E and E. W. Crampton. 1957. The relation between certain characteristics of fats and oils and their apparent digestibility by young pigs, young guinea pigs and pups. J. Anim. Sci. 16:377.
- Luo, X. G and C. R. Dove. 1996. Effect of dietary copper and fat on nutrient utilization, digestive enzyme activities and tissue mineral levels in weanling pigs. J. Anim. Sci. 74:1888-1896.
- NRC. 1998. Nutrient requirements of swine (10th Ed.). National Academy Press. Washington, D.C.
- Owsley, W. F., D. E. Ott and L. F. Tribble. 1986. Effect of nitrogen and energy source on nutrient digestibility in the young pig. J. Anim. Sci. 63:492.
- Peo, E. R., Jr., G. C. Ashtron, V. C. Speer and D. V. Catron. 1957. Protein and fat requirements of baby pigs. J. Anim. Sci. 16:885.
- Pettigrew, J. E. J. 1981. Supplemental dietary fat for peripartal sows; A review. J. Anim. Sci. 53:107-117.
- Tokach, M., J. E. Pettigrew., L. J. Johnston., M. Øverland., J. W. Rust and S. G. Cornelius. 1995. Effect of adding fat and (or) milk products to the weanling pig diet on performance in the nursery and subsequent grow-finish stages. J. Anim. Sci. 73:3358-3368.
- Tuelington, H. 1988. The effect of protein carbohydrate and fat sources on nutrient digestibility of the early weaned pig. Ph.D. Dissertation. Kansas State Univ., Manhattan.

(본 논문은 아세아태평양축산학회지 13권 9호 페이지 1255-1262에 발표된 논문임)

제 2절 조기이유자돈 사료의 가공 방법 개발에 관한 연구

1. 조기 이유 자돈에서 익스트루전 처리된 전지 대두박의 효과

가. 서 론

대두 단백질은 그 풍부함과 싼 가격 때문에 오랜 기간 동안 우수한 단백질 공급원이었다. 그러나, 새로운 가공 기술의 등장으로 여러 동물 종에 있어서 대두박 전체를 사료 첨가물로 이용하려는 노력들이 있어 왔다 (Waldroup과 Hazen, 1978; Zhang 등, 1993; Marty와 Chavez, 1993; Kim 등, 1998a, b). 생대두박에는 성장률과 사료 효율에 해가 될 수 있는 여러 비영양적인 요소들이 있기 때문에, 대두 trypsin 억제제를 제거하거나 불활성화 시키기 위해 적당히 처리 되어야 할 것이며, 이러한 방법으로 가열이 주로 이용되어졌다. 가열 방법 중에서도 익스트루전이 전지 대두박의 영양적인 가치를 증대시킬 수 있는 가장 좋은 가공 기술이 되었다 (Marty와 Chavez, 1993). 적당히 가공된 대두박은 돼지에 있어서 최고의 단백질 공급원이 될 수 있다. 전지 대두박 (EFS)은 추출된 대두박과 비교하였을 때 상대적으로 높은 지방 (18%)과 37%의 조단백질을 함유하고 있다. 돼지 사료에 있어서 전지 대두박의 이용은 대두박과 대두유의 가격과 대비해서 대두의 가격과 가공 비용에 많은 의존을 하는 사료 생산자에게 많은 도움이 될 수 있다 (Kim 등, 1998a). 전지 대두는 가금류 (Mateos 등, 1996), 유우 (Schwarz 등, 1996) 및 성장이 끝난 돼지 (Kim 등, 1995; Kovacs 등, 1996; Campabadal, 1996; Kim 등, 1998a)에 있어서 우수한 아미노산과 에너지 공급원이었다. 그 동안 자돈의 사료에 전지 대두를 혼합하려는 많은 시도들이 있었다 (Kim과 Kim, 1997; Kim 등, 1998b). Kim과 Kim (1997)은 건조된 EFS를 급여한 21일령의 돼지의 경우에 대두박을 급여한 자돈과 비교하였을 때 성장률이 더 큰 것을 알아내었고, 장 용량을 작게 한다는 것도 알아내었다. Kim 등 (1998b)은 대두박과 대두유를 포유자돈에 있어서 건조 EFS로 대체하였을 때 사료 효율이 약간 증가됨을 알게 되었고 EFS에서 단백질과 지방은 조기 이유 자돈에 의해 잘 이용되어 진다고 보고하였다. 그러나 체중의 증가와 사료 효율에 있어서는 현격한 증가가 나타나지 않는다고 보고하였다.

아직까지 조기 이유 자돈에 EFS를 이용하는 것은 위험하다는 보고도 있다. 따라서, 이번 실험의 목적은 조기 이유 자돈 사료에 있어서 EFS의 영양적 가치를 평가하고 최적의 첨가수준을 결정하기 위함이다.

나. 재료 및 방법

총 80마리의 자돈 (생체중 $5.18 \pm 0.61\text{kg}$; 16일령) 이 조기 이유 자돈에 있어서 성장률, 영양소 소화율과 아미노산 소화율에 대한 익스트루전 처리된 전지 대두 (EFS) 의 효과를 측정하기 위해서 이용되어졌다. 돼지들은 생체중에 기초하여 완전히 임의로 구성된 상태로 5개의 처리구로 분할되었다. 각 처리구는 돈방당 4마리씩 4반복으로 하였다. 익스트루전 처리된 전지 대두는 스팀이나 수분은 전혀 첨가하지 않고, 가공 온도는 $130\sim 150^{\circ}\text{C}$ 로 600kg/hour 로 유지하면서 익스트루전 기계를 이용하여 준비하였다. 처리구는 대두박과 익스트루전 처리된 전지 대두박의 비율에 따라 5가지로 분류되었는데, 다음과 같다. 1) 100:0 (SBM), 2) 75:25 (EFS 25), 3) 50:50 (EFS 50), 4) 25:75 (EFS 75) 그리고 5) 0:100 (EFS 100). 0~7일까지의 기간 동안, 돼지들은 3340 Kcal ME , 26% 조단백질, 1.85% lysine, 1.0% Ca 과 0.9% P 이 함유된 사료를 급여하였다. 8일에서 21일까지의 기간 동안에는 $3,340\text{ kcal ME}$, 23% 조단백질, 1.65% lysine, 0.9% Ca 과 0.8% P 이 첨가된 사료를 급여하였다 (표 2-2-1). 실험에 이용된 사료는 분쇄된 상태로 급여되었다. Cr_2O_3 (0.25%) 는 소화율을 측정하기 위한 표시제로 이용되었다. 분 표본은 각 처리구당 네 마리씩 직장 마사지에 의해 모아졌고, 모아진 표본은 각 우리별로 모아졌고 화학 분석을 위해 건조되었다. 각 기간 사양이 끝나는 시기에 소화율은 측정되었다.

돼지들은 첫 번째 주에는 온도가 31°C 로 유지되고 그 이후로는 매주 $1\sim 2^{\circ}\text{C}$ 씩 감소되면서 환경적으로 조절되는 돈사에서 사양되어졌다. 각 실험 돈방은 사양실험에 이용된 사료를 자유로 급여할 수 있게 하였고 급수도 자유로 하였다. 증체량과 사료 섭취량은 매주 측정하였고, 버려진 사료들은 정확한 사료 섭취량을 측정하기 위해서 모은 후에 건조시켜서 무게를 측정하였다.

실험에 이용된 사료와 배설물의 대략적인 영양소의 분석은 AOAC (1990) 방법으로 행하여 졌고, 아미노산은 자동 아미노산 분석기를 이용하여 측정되어졌다. 인의 함량은 UV-visible spectrophotometer를 이용하여 측정되었고 총에너지는 Bomb Calorimeter를 이용하여 측정되었다. Chromium은 원자 흡수 spectrophotometer를 이용하여 측정되었다. 실험에 이용된 사료의 지방산 구성은 Lepage 와 Roy (1986)의 방법에 따라서 gas chromatography를 이용하여 측정되었다.

혈액 샘플은 혈청 뇨질소 (BUN), 총 글루코스 (TG)와 총 콜레스테롤 (TC)을 분석하기 위해서 경정맥으로부터 각 기간이 끝날 때에 채취되었다. 혈액 샘플을 채취한 후에 혈청은 따로 모아두었다가 혈액의 특성을 BUN, TG, TC kit을 이용하여 측정하였다. 그리고 BUN, TG와 TC는 상업적으로 유용한 도구를 이용하여 분석되었다. 대두박은 Caskey와 Knapp (1944)의 방법에 따라 urease의 활동성을

조사하기 위해서 두 번 분석하였다.

이 실험 자료들의 통계적인 분석은 SAS (1985)의 GLM 절차를 이용한 Duncan의 multiple range test (Duncan, 1955)에 따른 평균을 비교하여 분석되어졌다.

표 2-2-1. 사료배합율표와 영양소함량 (0~7 일)

	SBM	EFS 25	EFS 50	EFS 75	EFS 100
원료 (%) :					
옥수수	9.30	8.80	8.40	8.30	7.90
건조대용유	20.00	20.00	20.00	20.00	20.00
건조유청	15.00	15.00	15.00	15.00	15.00
대두박	12.00	9.00	6.00	3.00	0.00
익스트루전전지대두	0.00	3.00	6.00	9.00	12.00
과자박	8.00	8.00	8.00	8.00	8.00
유당	18.00	18.00	18.00	18.00	18.00
콩기름	1.30	1.45	1.50	1.50	1.50
어유	3.60	3.60	3.60	3.60	3.60
건조혈장단백	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00
건조혈분	1.15	1.50	1.85	2.00	2.40
인산칼슘	0.90	0.90	0.90	0.90	0.90
석회석	0.68	0.68	0.68	0.68	0.68
소금	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20
비타민-광물질 ¹	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50
항생제	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05
메치오닌 (98%)	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05
라이신 (78%)	0.02	0.01	0.00	0.01	0.00
Cr ₂ O ₃	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25
합계	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00
화학적조성 ² :					
대사에너지 (kcal/kg):	3288.00	3287.00	3280.00	3275.00	3265.00
조단백질 (%)	26.34	26.29	26.26	26.09	26.10
라이신	1.88	1.88	1.88	1.88	1.88
메치오닌	0.51	0.51	0.51	0.51	0.51
트레오닌	1.08	1.08	1.08	1.08	1.09
칼슘	1.01	1.01	1.01	1.01	1.01
인	0.90	0.90	0.90	0.90	0.90

¹ Vit.-Min. mixture contains per kg : vitamin A, 2,000,000 IU; Vitamin D₃, 400,000 IU; Vitamin E, 250 IU; Vitamin K₃, 200 mg; Vitamin B₁, 20 mg; Vitamin B₆, 700 mg; Riboflavin 10,000 mg; Pantothenic calcium, 3,000 mg; Choline chloride, 30,000 mg; Niacin, 8,000 mg; Folacin, 200 mg; Vitamin B₁₂, 13 mg; Mn 12,000 mg; Zn, 15,000 mg; Co, 100 mg, Cu, 500 mg; Fe, 4,000 mg; Folic acid, 40 mg; BHT, 5,000 mg; sucrose to make 1 kg vit.-min. mixture.

² 계산치.

표 2-2-2. 사료배합을표와 영양소 합량 (8-21 일)

	SBM	EFS 25	EFS 50	EFS 75	EFS 100
원료 (%) :					
옥수수	19.20	18.80	18.40	18.20	17.69
건조대용유	14.00	14.00	14.00	14.00	14.00
건조유청	15.00	15.00	15.00	15.00	15.00
대두박	12.00	9.00	6.00	3.00	0.00
익스트루전전지대두	0.00	3.00	6.00	9.00	12.00
과자박	6.50	6.50	6.50	6.50	6.50
유당	18.00	18.00	18.00	18.00	18.00
옥수수기름	1.44	1.45	1.44	1.44	1.44
어분	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00
건조혈장단백	8.00	8.00	8.00	8.00	8.00
건조혈분	1.00	1.40	1.80	2.20	2.55
인산칼슘	0.90	0.90	0.90	0.90	0.90
석회석	0.82	0.82	0.82	0.82	0.82
소금	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20
비타민-광물질 ¹	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50
항생제	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05
메치오닌 (98%)	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06
라이신 (78%)	0.04	0.03	0.01	0.00	0.00
트레오닌 (50%)	0.08	0.08	0.07	0.06	0.05
Cr ₂ O ₃	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25
합계	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00
화학적 조성 ² :					
대사에너지 (kcal/kg)	3287.00	3285.50	3282.00	3280.00	3280.00
조단백질 (%)	23.02	23.02	23.02	23.02	23.00
라이신	1.61	1.61	1.61	1.61	1.61
메치오닌	0.45	0.45	0.45	0.45	0.45
트레오닌	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
칼슘	0.90	0.90	0.90	0.90	0.90
인	0.80	0.80	0.80	0.80	0.80

¹ Vit.-Min. mixture contains per kg : vitamin A, 2,000,000 IU; Vitamin D₃, 400,000 IU; Vitamin E, 250 IU; Vitamin K₃, 200 mg; Vitamin B₁, 20 mg; Vitamin B₆, 700 mg; Riboflavin 10,000 mg; Pantothenic calcium, 3,000 mg; Choline chloride, 30,000 mg; Niacin, 8,000 mg; Folic acid, 200 mg; Vitamin B₁₂, 13 mg; Mn 12,000 mg; Zn, 15,000 mg; Co, 100 mg; Cu, 500 mg; Fe, 4,000 mg; Folic acid, 40 mg; BHT, 5,000 mg; sucrose to make 1 kg vit.-min. mixture.

² 계산치.

표 2-2-3. 시험에 사용된 대두박과 전지대두의 화학적 조성

항목	대두박 (SBM)	익스트루전전지대두 (EFS)
뉴레아 분해효소 역가, pH rise	0.06	0.18
일반성분 :		
총에너지 (kcal/kg)	4275.18	5261.97
조회분 (%)	5.86	4.94
조단백질 (%)	46.47	36.75
조지방 (%)	2.17	16.90
광물질 (%) :		
칼슘	0.20	0.27
인	0.68	0.56
아미노산 (%) :		
필수아미노산		
트레오닌		
발린	1.79	1.39
시스틴	2.32	1.70
메치오닌	0.61	0.51
이소루신	0.69	0.60
루신	2.09	1.61
타이로신	3.53	2.60
페닐알라닌	1.50	1.48
라이신	1.82	1.65
히스티딘	1.99	1.71
아지닌	1.01	0.86
아지닌	2.70	2.26
합계	20.05	16.38
비필수아미노산		
아스파라진	3.51	2.83
세린	2.31	1.67
글루타민	8.63	5.96
프로라인	2.29	1.96
프로라인	1.68	1.32
글라이신	1.68	1.32
글라이신	2.25	1.50
알라닌	20.67	15.24
합계	40.72	31.62
총합계		
지방산 :		
포화		
C14:0	-	-
C16:0	17.08	15.20
C18:0	3.86	5.61
단일불포화		
C18:1	15.98	18.76
고도불포화		
C18:2	55.81	49.95
C18:3	7.27	10.48

다. 결과 및 고찰

1) 화학적 구성

이 실험에 이용된 EFS의 화학적인 구성은 표 2-2-3에 나타나 있다. 대두 산물의 단백질과 아미노산 함량은 NRC (1988)와 비슷하다. FFSB (0.18)의 Urease 활동성 (pH rise)은 SBM의 Urease 활동성보다 3배 정도 높다. 이러한 수치들은 Kim과 Kim이 보고한 익스트루전 처리된 전지 대두박 0.01과 SBM 0.02와 같은 수치들보다 훨씬 높다. 이러한 차이는 아마도 본 실험과 Kim과 Kim (1997)의 실험의 가공 조건이 달랐기 때문인 것으로 사료된다. 그러나, 높은 urease 활동성에 있어서는 FFSB의 urease 활동성이 SBM의 urease 활동성보다 2.2 배 정도 높다고 보고한 Faber와 Zimmerman (1973)의 실험과 거의 일치한다. 이 실험에 이용된 대두 산물의 질 때문에 실험 결과의 차이를 가져올 수도 있다. 화학적 분석의 결과 SBM은 일반적으로 알려진 조지방 함량 (1% 이하)보다 높은 2%의 조지방 함량을 보였다.

표 2-2-4. 대두박과 익스트루전 전지대두가 자돈의 성장에 미치는 효과

처리구	SBM	EFS25	EFS50	EFS75	EFS100	PSE ¹	P value	
							Linear	Quadratic
0~7 일								
일당증체량 (g)	309 ^a	280 ^{ab}	281 ^{ab}	254 ^{ab}	212 ^d	14.45	0.0266	0.0815
일당사료섭취량 (g)	301	284	305	261	235	13.22	0.1076	NS
사료효율	0.97 ^c	1.02 ^{bc}	1.09 ^{ab}	1.03 ^{abc}	1.12 ^a	0.02	0.0110	0.0385
8~21 일								
일당증체량 (g)	441 ^{abc}	458 ^{ab}	481 ^a	427 ^{bc}	397 ^c	9.20	0.0549	0.0053
일당사료섭취량 (g)	576	565	574	512	512	13.12	0.0331	0.0964
사료효율	1.31	1.23	1.19	1.20	1.29	0.02	NS	0.0174
0~21 일								
일당증체량 (g)	397 ^a	399 ^a	414 ^a	369 ^{ab}	335 ^d	9.21	0.0124	0.0057
일당사료섭취량 (g)	484	471	484	428	420	15.88	0.0238	0.0645
사료효율	1.22	1.18	1.17	1.16	1.26	0.02	NS	0.0288

^{a,b,c} 같은 줄의 서로 다른 첨자는 유의차가 있음 (p<0.05).

¹ 표준오차.

2) 성장률

이유 후 첫째 주 동안, SBM을 먹인 돼지들은 익스트루전 처리한 전지 대두박을 먹인 돼지들보다 높은 ADG, ADFI와 사료 요구율을 보였다 (표 2-2-4). FFSB의 첨가 비율이 증가될수록 실험에 이용된 사료를 급여한 돼지에 있어서 성장률

은 감소하는 효과가 나타났다. 일일 사료 섭취량에서 커다란 차이는 발견되지 않았지만 FFSB 첨가 수준이 증가될수록 일일 사료 섭취량이 감소하는 경향이 나타났다. 사료 이용성은 FFSB 첨가 수준에 의해 그 효과는 직선 형태로 나타났다. 이유 후 8~21일령 동안, EFS 50을 급여한 돼지의 경우에 ADG는 가장 높은 효과를 나타냈지만, 사료 요구율의 경우는 SBM, EFS 25, EFS 50과 EFS 75와 같은 처리구들 사이에 뚜렷한 효과가 나타나지 않았다. FFSB 첨가 비율이 높은 사료를 급여한 돼지는 성장률에서 감소를 보였다. 그러나, 성장률은 전지 대두박 6%를 사료에 첨가하였을 때 최고였다. 전체적으로 EFS 첨가 비율 50%까지의 사료를 급여한 돼지들은 비슷한 증체량을 보였다.

표 2-2-5. 대두박과 익스트루전 전지대두가 자돈의 영양소 소화율에 미치는 효과

처리구	SBM	EFS25	EFS50	EFS75	EFS100	SE ¹	P value	
							Linear	Quadratic
7 일								
건물	83.00 ^a	80.00 ^{ab}	79.75 ^{ab}	78.75 ^b	79.75 ^{ab}	0.53	0.0348	0.0184
조단백질	75.50 ^a	71.25 ^{ab}	69.75 ^b	69.50 ^b	70.50 ^b	0.76	0.0303	0.0041
조지방	61.50	60.25	60.50	58.00	54.00	1.20	0.0360	NS
칼슘	56.75	49.00	55.25	53.25	56.75	1.71	NS	NS
인	47.75	44.50	42.75	44.00	41.50	1.50	NS	NS
21 일								
건물	80.00	80.75	82.50	80.50	81.25	0.40	NS	NS
조단백질	74.00	74.00	74.75	74.00	74.50	0.42	NS	NS
조지방	44.25	50.25	51.50	46.75	51.50	1.45	NS	NS
칼슘	66.75	64.75	69.50	69.00	70.00	1.02	NS	NS
인	43.00 ^b	47.50 ^{ab}	55.00 ^a	51.25 ^{ab}	51.50 ^{ab}	1.53	0.0467	0.0289

^{a,b} 같은 줄의 서로 다른 첨가는 유의차가 있음 ($p < 0.05$).

¹ 표준오차.

EFS 100을 급여한 돼지들에 있어서 성장률이 현격하게 감소함을 알 수 있다. 사료 섭취량이나 사료 요구율에 있어서 다른 뚜렷한 효과는 발견되지 않았다. 그러나, 사료 섭취량의 일정하게 감소하는 경향은 FFSB 첨가 수준이 증가되면서 발견할 수 있었다. 전체 기간 동안, 가장 많이 성장한 실험구는 EFS 50 사료를 급여한 실험구의 돼지들이었다. 이 결과는 실험에서 발견된 FFS의 높은 urease 활동성과 실험에 이용된 사료의 단백질 함량을 고정시키는데 이용된 여러 단백질과도 관련이 있을 것이다. Kim과 Kim (1997)은 SBM 사료를 급여한 돼지와 비교했을 때 건조 EFS를 급여한 돼지에 있어서 성장률이 더 증가한다고 보고하였

다. 이런 결과는 가공 조건과 가공 방법의 차이 때문일 것이다. Kim과 Kim (1997)은 대두박을 익스트루전 처리한 후에 실험에 이용된 사료를 펠렛화하였다. 그러나, 우리의 실험에서는 펠렛 형태의 사료를 급여한 것이 아니라 대두 산물의 익스트루전 처리 후에 가루 형태로 급여하였다. Kim과 Kim (1997)은 실험 사료에 한 가지 공정을 더 추가하였는데 이번 실험의 것과 비교했을 때 Kim과 Kim (1997)의 실험 결과가 건조 익스트루전 처리된 FFSB에 있어서 더 낮은 urease 활동성을 보였다. Kim 등 (1998b)은 단백질:에너지 비율에 관계없이 SBM 사료를 급여한 돼지와 비교해서 건조 EFS 사료를 급여한 돼지에 있어서 사료 이용성이 증가됨을 알 수 있다. 위 두 결과에 반하여, 이번 실험에서는 사료 이용성의 증가는 찾을 수가 없었다. 생대두의 비영양적인 요소로서의 urease 활동성은 EFS 75 또는 100을 급여한 돼지의 성장률을 약하게 했다고 가정하였다. 이 실험에 사용된 SBM의 질과 돼지들의 연령에 차이가 있는 것이 또 다른 이유가 될 것이다. 16일령 돼지로 하여금 대두 단백질의 이용성을 높이기에는 너무 어릴 것이다. 그렇지만, 전체 성장 자료를 봤을 때 EFS는 SBM을 50%까지 대체할 수 있을 것이고 사료 내 첨가함량이 6%로 한정되어야 할 것이다.

3) 영양소 소화율과 혈액 대사산물

7일령에 SBM을 급여한 돼지의 경우 EFS 75를 급여한 돼지들보다 건물 소화율이 더 높았고 SBM을 급여한 돼지의 경우에 있어서 EFS 50, 70과 100을 급여한 돼지들보다 더 높은 조단백질 소화율을 나타내었다. FFSB의 함량이 증가할수록 건물, 조단백질과 조지방의 소화율이 증가됨을 알 수 있었다. 그러나, 21일령의 경우 인의 소화율을 제외하고는 큰 차이가 발견되지 않았다. 이유 후 21일령 돼지는 EFS 사료에 있는 영양소들을 이용할 수 있는 것으로 나타났다. 이 실험에서 측정된 영양소 소화율은 또한 건조된 EFS를 급여한 돼지에 있어서 건물과 질소 소화율이 증가되었다는 Kim과 Kim (1997)의 실험 결과와 다르다. 그러나, 이번 실험의 결과는 EFS를 급여한 돼지와 비교하여 SBM을 급여한 돼지에 있어서 높은 회장내 라이신 소화율을 발견한 Marty 등 (1994)의 실험 자료와 일치하는 것을 알 수 있다. 높은 urease 활동성, 높은 SBM의 질과 실험에 이용된 돼지가 어려서 EFS의 소화율이 낮았다고 추정되어진다. 돼지의 성장률이 약간 떨어지는 것은 아마도 소화율이 낮기 때문일 것이다. 표 2-2-6에 나와 있듯이 7일령 돼지의 경우 EFS 사료 내의 아미노산보다 SBM 사료 내의 아미노산이 더 소화 잘 되는 것을 알 수 있다. 8-21일령 사이에는, 평균 아미노산 소화율에 있어서 큰 차이가 발견되지 않았으나 필수 아미노산 소화율의 경우는 EFS 75와 EFS 100을 급여한 돼지 보다 SBM, EFS 25와 EFS 50을 급여한 돼지들에 있어서 더 높게 나타났다 (표 2-7).

BUN, TG와 TC 수준이 7일령에서와 21일령에서 측정이 되긴 했으나 처리구들 사이에 차이가 발견되지 않았다.

표 2-2-6. 대두박과 익스트루전 전지대두가 자돈의 아미노산 소화율에 미치는 효과 (7 일)

처리구	SBM	EFS25	EFS50	EFS75	EFS100	SE ¹	P value	
							Linear	Quadratic
필수아미노산 ;								
트레오닌	75.50	68.25	69.00	67.75	74.25	1.42	NS	0.1006
발린	78.00 ^a	67.00 ^b	82.50 ^a	82.75 ^a	74.25 ^{ab}	1.79	NS	NS
시스틴	86.50 ^a	75.25 ^{ab}	67.75 ^b	65.75 ^b	84.75 ^a	2.89	NS	0.0100
메치오닌	80.25 ^{ab}	77.50 ^{ab}	89.25 ^a	90.25 ^a	71.25 ^b	2.30	NS	NS
이소루신	87.75 ^a	68.25 ^b	68.75 ^b	69.50 ^b	65.25 ^b	2.09	0.0009	0.0003
루신	77.25 ^a	70.75 ^{ab}	69.50 ^b	71.25 ^{ab}	71.75 ^{ab}	1.03	NS	0.0465
타이로신	82.75 ^a	72.50 ^{ab}	63.25 ^b	73.25 ^{ab}	62.00 ^b	2.33	0.0109	0.0259
페닐알라닌	75.25 ^a	68.50 ^{abc}	61.50 ^c	65.00 ^{bc}	69.25 ^{ab}	1.39	NS	0.0011
라이신	90.00 ^a	77.50 ^b	69.75 ^c	74.25 ^{bc}	77.00 ^b	1.78	0.0159	0.0001
히스티딘	89.50 ^a	75.50 ^b	71.00 ^b	73.00 ^b	66.75 ^b	2.19	0.0004	0.0005
아지닌	87.50 ^a	71.25 ^b	61.00 ^b	67.75 ^b	70.25 ^b	2.54	0.0282	0.0007
합계	83.75 ^a	71.50 ^b	69.25 ^b	72.00 ^b	71.50 ^b	1.42	0.0106	0.0004
비필수아미노산 ;								
아스파라진	77.00	70.00	70.50	69.00	76.00	1.39	NS	NS
세린	75.00	71.25	71.25	72.00	74.25	1.11	NS	NS
글루타민	81.75	80.25	78.25	80.50	75.00	0.73	0.0061	0.0211
프로라인	83.75	80.00	81.00	81.25	83.25	0.72	NS	NS
글라이신	71.50 ^a	62.50 ^b	60.75 ^b	61.00 ^b	61.75 ^b	1.40	0.0243	0.0088
알라닌	68.00 ^a	58.25 ^b	62.75 ^{ab}	63.75 ^{ab}	60.00 ^b	1.22	NS	NS
합계	78.50	74.00	74.00	74.75	74.00	0.75	NS	NS
총계	81.75 ^a	72.50 ^b	71.25 ^b	73.25 ^b	72.50 ^b	1.11	0.0180	0.0020

^{a,b} 같은 줄의 서로 다른 첨자는 유의차가 있음 (p<0.05).

¹ 표준오차.

² NS, * - 0.05 수준에서 유의성 없음.

표 2-2-7. 대두박과 익스트루전 전지대두가 자돈의 아미노산 소화율에 미치는 효과 (21 일)

처리구	SBM	EFS25	EFS50	EFS75	EFS100	SE ¹	P value	
							Linear	Quadratic
필수아미노산 ;								
트레오닌	73.00 ^b	78.25 ^a	75.25 ^{ab}	76.25 ^{ab}	77.00 ^{ab}	0.71	NS	NS
발린	69.50 ^c	74.75	79.25 ^a	76.50 ^{ab}	74.75 ^b	0.91	NS	0.0004
시스틴	54.25 ^b	73.00 ^a	73.50 ^a	58.50 ^b	54.50 ^b	2.57	NS	0.0065
메치오닌	96.75 ^a	81.25 ^b	80.75 ^b	72.25 ^{bc}	67.25 ^c	2.57	0.0001	0.0001
이소루신	76.25 ^a	72.50 ^a	75.75 ^a	73.50 ^a	64.50 ^b	1.32	0.0096	0.0095
루신	79.75	79.00	80.00	65.75	74.75	1.41	0.0138	0.0474
타이로신	81.50	80.75	84.25	78.75	82.00	0.82	NS	NS
페닐알라닌	81.50 ^a	79.25 ^a	79.00 ^a	69.50 ^b	72.75 ^b	1.23	0.0004	0.0022
라이신	85.25 ^a	82.25 ^{ab}	80.00 ^b	80.00 ^b	78.75 ^b	0.73	0.0012	0.0031
히스티딘	85.50 ^a	82.75 ^{ab}	74.00 ^{bc}	61.25 ^d	66.50 ^{cd}	2.43	0.0001	0.0001
아지닌	84.25 ^a	83.25 ^a	82.75 ^a	76.75 ^b	72.25 ^b	1.25	0.0001	0.0001
합계	79.75 ^a	79.50 ^a	79.00 ^a	73.25 ^b	73.75 ^b	0.87	0.0012	0.0045
비필수아미노산 ;								
아스파라진	53.00 ^c	78.00 ^a	71.25 ^b	74.00 ^{ab}	72.75 ^{ab}	2.11	0.0139	0.0003
세린	74.75 ^b	81.75 ^a	79.75 ^a	80.50 ^a	83.00 ^a	0.79	0.0033	0.0075
글루타민	85.75 ^a	84.25 ^{ab}	82.75 ^{ab}	81.50 ^b	83.00 ^{ab}	0.59	0.0397	0.0446
프로라인	84.50	86.25	83.75	86.25	87.00	0.65	NS	NS
글라이신	72.75 ^a	72.25 ^a	69.25 ^a	47.75 ^b	50.25 ^b	2.76	0.0001	0.0001
알라닌	73.50 ^{ab}	71.50 ^b	75.75 ^{ab}	78.25 ^{ab}	78.75 ^a	1.04	0.0149	NS
합계	77.75	81.00	78.00	78.00	79.25	0.59	NS	NS
총계	78.75	80.25	78.75	75.75	76.50	0.67	0.0307	NS

^{a,b} 같은 줄의 서로 다른 첨자는 유의차가 있음 (p<0.05).

¹ 표준오차.

결과적으로, 이 실험의 결과에 기초하여 16일령의 돼지들은 대두박의 높은 수준만큼 익스트루전 처리된 FFSB의 높은 수준을 이용할 만큼 성장하지 않았다는 것을 알 수 있다. 익스트루전 처리된 FFSB를 급여한 돼지들의 경우는 SBM을 급여한 대조구들과 비교했을 때 약간 낮은 성장률을 보였다. 또한 익스트루전 처리한 FFSB를 급여한 돼지가 영양소 이용성이 떨어졌다. 그렇지만, 이유 자돈 사료에 있어서 SBM의 50% 가량을 FFSB가 대체할 수 있는 것으로 보였다.

표 2-2-8. 대두박과 익스트루전 전지대두가 뇨 질소, 글루코스 및 총 콜레스테롤에 미치는 효과

처리구	SBM	EFS25	EFS50	EFS75	EFS100	SE ¹	P value	
							Linear	Quadratic
혈장 뇨 질소								
0 일	8.25	8.90	8.73	8.98	8.68	0.31	NS	NS
7 일	9.15	9.43	9.35	9.33	9.55	0.32	NS	NS
21 일	8.78	9.98	10.08	10.50	10.88	0.44	NS	NS
총 글루코스								
0 일	94.40	98.20	98.60	95.00	94.70	2.13	NS	NS
7 일	85.30	89.10	81.70	82.80	86.50	1.97	NS	NS
21 일	86.70	90.40	87.10	88.00	99.00	2.53	NS	NS
총 콜레스테롤								
0 일	6.60	6.72	6.32	6.53	7.47	0.38	NS	NS
7 일	13.99	10.00	12.37	10.74	8.72	1.11	NS	NS
21 일	21.08	13.18	16.42	12.37	12.97	1.90	NS	NS

^{a,b} 같은 줄의 서로 다른 첨자는 유의차가 있음 (p<0.05).

¹ 표준오차.

² NS, * - 0.05 수준에서 유의성 없음.

라. 참고문헌

- AOAC. 1990. Official method of analysis (15th Ed.). Association of official analytical chemists, Washington, D.C.
- Campabada, C. M. 1996. Combining fullfat soya with tropical by-products in rations of growing and finishing pigs. In : Proceeding of Second International Fullfat Soya Conference. Budapest, Hungary. pp. 471.
- Caskey, D. D., Jr. and F. C. Knapp. 1944. Method of detecting inadequately heated soybean meal. Ind. Eng. Chem. Anal. Ed. 16:640.
- Duncan, D. B. 1955. Multiple range and multiple F tests. Biometrics. 11:1.
- Faber, J. L. and D. R. Zimmerman. 1973. Evaluation of infrared-roasted and extruder-processed soybeans in baby pig diets. J. Anim. Sci. 36:902.
- Kim, I. H and C. S. Kim. 1997. The effects of dry-extruded whole soybean on growth performance and immune response in early-weaned pigs. Korean J. Anim. Sci. 39:681.
- Kim, I. H., Hancock, J. D., Hines, R. H. and Kang, M. S and Gugle. T. L. 1995. Effect of processing on ileal digestibility of nutrients from soybeans in finishing pigs. J. Anim. Sci. 73(Suppl. 1):177 (Abstr.).

- Kim, I. H., J. D. Hancock, L. L. Burnham, G. A. Kennedy, R. H. Hines and C. S. Kim. 1998a. Effects of feeding diets containing dry extruded whole soybeans on growth, carcass characteristics and stomach morphology in finishing pigs. *Kor. J. Anim. Nutr. Feed.* 22:73.
- Kim, I. H., J. D. Hancock, M. R. Cabrera, J. H. Kim and C. S. Kim. 1998b. Effects of alternative soy sources and dry extruded whole soybeans with or without adjustment for nutrient:calorie ratios in early-weaned pigs. *Korean J. Anim. Sci.* 40:165.
- Kovacs, J. 1996. Growth trials with high inclusion level of fullfat soybean through the entire fattening cycle of pigs. In : *Proceeding of Second International Fullfat Soya Conference.* Budapest, Hungary. pp. 462.
- Lepage, G and C. C. Roy. 1986. Direct transesterification of all classes of lipids in a one-step reaction. *J. Lipid. Res.* 27:114.
- Marty, B. J. and E. R. Chavez. 1993. Effects of heat processing on digestible energy and other nutrient digestibilities of full-fat soybeans fed to weaner, grower and finisher pigs. *Can. J. Anim. Sci.* 73:411.
- Marty, B. J., E. R. Chavez and C. F. M. de Lange. 1994. Recovery of amino acids at the distal ileum for determining apparent and true ileal amino acid digestibilities in growing pigs fed various heat-processed full-fat soybean products. *J. Anim. Sci.* 72:2029.
- Mateos, G. G. 1996. The use of fullfat soybeans in diets for poultry. In : *Proceeding of Second International Fullfat Soya Conference.* Budapest, Hungary. pp. 324.
- NRC. 1998. *Nutrient requirements of swine (10th Ed.)* National Academy Press. Washington, D.C.
- SAS. 1985. *SAS user's guide; Statistics.* Statistical Analysis System. Inst. Cary. NC.
- Schwarz, F. J. 1996. Fullfat soybeans in dairy rations and their influence on fatty acids of milk. In : *Proceeding of Second International Fullfat Soya Conference.* Budapest, Hungary. pp. 340.
- Waldroup, P. W. and K. R. Hazen. 1978. An evaluation of roasted, extruded and raw unextracted soybeans in the diet of laying hens. *Nurt. Rep. Int.* 18:99.
- Zhang, Y., C. M. Parsons, K. E. Weingartner and W. B. Wijeratne. 1993. Effects of extrusion and expelling on the nutritional quality of conventional and kunitz trypsin inhibitor-free soybeans. *Poult. Sci.* 72:2299.

(본 논문은 아세아태평양축산학회지 13권 5호 페이지 645-652에 발표된 논문임)

2. Na_2SO_3 와 익스트루전의 처리 대두박이 21일령 이유자돈의 성장과 영양소 소화율에 미치는 영향

가. 서 론

대두박은 돼지 사료에 있어서 가장 좋은 단백질 공급원이다. 그러나, 비영양적인 요소들인, trypsin 억제제, lectin과 antigenic protein (예, glycinin과 β -conglycinin) 과 같은 것들을 많이 포함하고 있다. 대두박에서 가장 비영양적인 요소들은 열에 불안정하고, 그렇기 때문에 비영양적인 요소들의 위해 효과를 줄이기 위해서 가열이 종종 이용된다 (Chae 등, 1984). 가열 방법 중에서는 익스트루전이 식물로부터 유래하는 단백질 공급원의 영양적 가치를 증가시키기 위한 흔한 방법이다. 그러나, 가열 과정은 비영양적인 요소들을 완전히 불활성화 시키는 것이 아니고 (Friedman과 Gumbmann, 1986), 종종 지나친 가열은 아미노산의 생화학적 유용성을 감소시켜서 대두 사료의 영양적인 가치를 손상시키게 된다.

익스트루전의 효과를 최대로 하기 위해서, 어떤 연구자들은 익스트루전 강화제로 Na_2SO_3 를 첨가하였고, 새끼돼지에 있어서 긍정적인 효과들을 얻어내었다 (Friedman 등, 1984; Sessa 등, 1988; Herkelman 등, 1991; Kim과 Kim, 1997). 아황산 이온은 2-황화물의 결합을 끊고, 대두 생산물에서 trypsin 억제제의 단백질 구조 혹은 구조적인 단백질을 바꾸는 것으로 밝혀졌다 (Friedman 등, 1984; Sessa 등, 1988). Friedman과 Gumbmann (1986)은 가열하기 전에 콩가루에 황을 첨가하면 쥐에 있어서 영양적인 가치가 증대된다는 것을 밝혔다. 게다가, Na_2SO_3 의 첨가는 생대두에서 비영양적인 요소들을 불활성화하기 위해서 익스트루전 가공에 필요한 시간을 단축시키고, 지나친 가열을 피하고 익스트루전 처리된 대두의 영양적 가치를 증가시키는 것으로 나타났다 (Burnham 등, 1994).

그러나, 대두의 영양적 가치에 대한 황의 효과는 완벽하게 이해되지 않았고 (Friedman과 Gumbmann, 1986), 자료들이 한정되어 있었다. Kim과 Kim (1997)은 익스트루전 처리전에 Na_2SO_3 를 첨가하는 것은 건조 익스트루전 처리된 대두를 급여한 어린 돼지에 있어서 증체량과 사료의 이용성을 증가시켰다.

본 실험의 목적은 조기 이유 자돈 사료를 위한 대두박 가공에 있어서 익스트루전 보조제로서의 Na_2SO_3 의 최적 함유 수준을 알아보기 위함이다.

나. 재료 및 방법

포유자돈을 위한 대두박의 익스트루전 강화제인 Na_2SO_3 의 효과를 결정하기 위해서 28일간 총 80마리의 새끼 돼지 (Landrace \times Yorkshire \times Large White)가 실험

에 이용되었다. 새끼 돼지 (21일령, 6,04±0.37 kg 생체중) 들은 무작위로 4가지 종류의 실험에 그룹 배치되었다.

표 2-2-9. 사료배합율표와 영양소 함량

	Phase I (0~14 일)	Phase II (15~28 일)
옥수수	29.30	48.73
전지분유	13.16	-
유당	10.00	-
대두박	25.000	30.00
대용유 ¹	10.00	10.00
건조혈장단백	3.15	2.67
대두유	5.16	4.15
인산칼슘	1.485	1.69
석회석	0.803	1.10
소금	0.20	0.20
비타민-광물질 ²	0.47	0.47
항생제	0.02	0.02
메치오닌 (50%)	0.468	0.397
라이신-HCl (78%)	0.233	0.258
트레오닌 (50%)	0.347	0.110
Cr ₂ O ₃	0.20	0.20
합계	100.00	100.00
화학적 조성 ³		
대사에너지 (kcal/kg)	3,401	3,300
조단백질 (%)	23.00	21.00
라이신 (%)	1.65	1.45
메치오닌 (%)	0.50	0.45
메치오닌+시스틴 (%)	0.96	0.87
트레오닌 (%)	1.04	0.94
칼슘 (%)	0.90	0.90
인 (%)	0.80	0.80

¹ 유청 89.3%, 콩가루 10%와 silicate 0.7%

² Vit.-Min. mixture contains per kg : vitamin A, 2,000,000 IU; Vitamin D₃, 400,000 IU; Vitamin E, 250 IU; Vitamin K₃, 200 mg; Vitamin B₁, 20 mg; Vitamin B₆, 700 mg; Riboflavin 10,000 mg; Pantothenic calcium, 3,000 mg; Folic acid, 40 mg; Choline chloride, 30,000 mg; Niacin, 8,000 mg; Folacin, 200 mg; Vitamin B₁₂, 13 mg; Mn 12,000 mg; Zn, 15,000 mg; Co, 100 mg, Cu, 500 mg; Fe, 4,000 mg; BHT, 5,000 mg.

³ 계산치.

표 2-2-10. 익스트루전 처리한 대두박에 Na₂SO₃를 처리한 것과 처리하지 않은 것의 화학적 조성

항목	Control ¹ (ESBM)	0.5 ESBM ²	1.0 ESBM ³	1.5 ESBM ⁴
뉴레아 활성도, pH rise	0.05	0.04	0.03	0.03
일반성분 :				
조회분 (%)	6.16	5.98	6.54	5.61
조단백질 (%)	39.41	38.49	38.46	37.77
조지방 (%)	1.70	1.54	2.15	1.90
광물질 (%) :				
칼슘	0.19	0.21	0.16	0.20
인	0.60	0.60	0.60	0.68
아미노산 (%) :				
필수아미노산				
트레오닌	1.32	1.33	1.34	1.69
발린	1.54	1.58	1.56	1.54
시스틴	0.35	0.33	0.36	0.41
메치오닌	0.51	0.47	0.50	0.52
이소류신	1.56	1.53	1.36	1.51
류신	2.61	2.62	2.45	2.54
타이로신	1.19	1.17	1.18	1.15
페닐알라닌	1.82	1.79	1.85	1.76
라이신	2.09	2.15	2.17	2.22
히스티딘	0.94	0.94	0.96	0.91
아지닌	2.26	2.10	2.36	1.93
합계	16.17	16.00	16.09	16.17
비필수아미노산				
아스파라긴	3.91	3.82	3.96	3.84
세린	1.69	1.62	1.65	1.65
글루타민	6.27	6.25	6.07	6.26
프로라인	1.74	1.91	1.49	1.59
글라이신	1.37	1.36	1.46	1.37
알라닌	1.52	1.51	1.54	1.46
합계	16.51	16.47	16.17	16.17
총합계	32.68	32.47	32.26	32.34

¹ Control : SBM extruded without Na₂SO₃

² 0.5 ESBM : SBM extruded with 0.5% Na₂SO₃

³ 1.0 ESBM : SBM extruded with 1.0% Na₂SO₃

⁴ 1.5 ESBM : SBM extruded with 1.5% Na₂SO₃

처리구의 종류는 1) 익스트루전 처리된 대두박 (대조구), 2) 0.5% Na₂SO₃가 첨가된 익스트루전 처리된 대두박 (0.5 ESBM), 3) 1.0% Na₂SO₃가 첨가된 익스트루전 처리된 대두박 (1.0 ESBM), 4) 1.5% Na₂SO₃가 첨가된 익스트루전 처리된 대두박 (1.5 ESBM). 각 실험구들은 우리당 5마리씩 4반복을 하였다. Phase I 기간 (0~14일) 동안은 3400kcal ME/kg, 23% 조단백질, lysine 1.65%, methionine 0.50%, 칼슘 0.9% 와 인 0.8%인 사료를 급여하였고, phase II 기간 (14-28일) 동안은 3300kcal ME/kg, 21% 조단백질, lysine 1.45%, methionine 0.45%, 칼슘 0.9% 와 인 0.8%가 함유된 사료를 급여하였다 (표 2-2-9). NRC (1988) 사양기준에 따라 적당한 양의 비타민과 광물질이 공급되었고, 소화율을 측정하기 위해서 Cr₂O₃ 가 표시제로 이용되었다. 기간이 끝나는 시점에 각 처리구에서 4마리의 돼지로부터 분이 채취되었다. 채취된 분은 모아서 말린 다음 화학적 분석을 하였다. 소화율은 2째주와 4째주에 측정되었다. 돼지들은 콘크리트 마루로 된 급이기와 급수기가 있는 우리에서 사양되었고, 실험 전 기간 동안 자유급이와 급수를 허용하였다. 실험 기간동안 우리의 온도는 29±1℃ 에서 유지되었고 전기 환풍기로 실내공기는 환기 시켰다. 실험을 수행하기 하루 전에 돼지들은 고체 사료에 적응하기 위한 적응과정을 거쳤다.

실험에 이용된 사료와 배설물의 영양 구성의 분석을 위해서 AOAC (1990) 방법이 이용되었고, 아미노산 구성은 자동 아미노산 분석기를 이용하였다. 인의 경우는 UV-visible spectrophotometer가 이용되었고, 사료와 배설물의 총 에너지 함량은 bomb calorimeter 를 사용하여 구할 수 있었다. Chromium의 경우는 원자 흡수 spectrophotometer가 이용되었다. 대두박은 Caskey와 Knapp (1944)의 방법에 따라 분석되었다.

실험 데이터의 통계적인 분석은 Duncan의 multiple range test (Duncan, 1955) 를 이용하여 평균을 비교, SAS 프로그램을 이용하여 GLM procedure를 알 수 있었다.

다. 결과와 고찰

이 실험에 이용된 대두박의 영양소 구성은 표 2-2-10에 나타나 있다. 대두박 생산물의 단백질과 아미노산의 농도는 NRC (1998)과 비슷하였다. 아황산 나트륨이 들어간 익스트루전은 urease의 활동에 아주 작은 영향을 미쳤다. pH 변화에 따른 urease의 활동성의 정도를 나타내는 0.05 에서 0.20의 범위는 대두박이 가공된 정도를 나타내는 것이었다. 이 실험에서 이용된 익스트루전 처리된 대두박의 urease 활동성은 모두 이 범위 안에 있다 (표 2-2-10).

표 2-2-11. 익스트루전과 Na₂SO₃ 처리가 자돈의 성장에 미치는 영향

처리구	Control (ESBM)	0.5 ESBM	1.0 ESBM	1.5 ESBM	SE ¹
Phase I (0~14 일)					
일당증체량 (g/day)	246 ^b	230 ^b	268 ^{ab}	316 ^a	11.89
일당사료섭취량 (g/day)	266 ^{ab}	243 ^b	280 ^{ab}	328 ^a	12.88
사료효율	1.09	1.06	1.06	1.03	0.02
Phase II (15~28 일)					
일당증체량 (g/day)	572	573	603	635	11.92
일당사료섭취량 (g/day)	842	828	845	868	14.31
사료효율	1.48	1.45	1.40	1.37	0.03
전기간 (0~28 일)					
일당증체량 (g/day)	408 ^b	402 ^b	435 ^{ab}	475 ^a	10.84
일당사료섭취량 (g/day)	554	535	562	598	12.06
사료효율	1.36	1.34	1.30	1.26	0.02

¹ 표준오차

^{abc} 같은 줄의 서로 다른 첨자는 유의차가 있음 (p<0.05).

표 2-2-12. 익스트루전과 Na₂SO₃ 처리가 자돈의 영양소 소화율에 미치는 영향

처리구	Control (ESBM)	0.5 ESBM	1.0 ESBM	1.5 ESBM	SE ¹	Probability ² Na ₂ SO ₃ vs Con.
14 일						
건물	83.74	83.11	84.42	85.77	0.49	NS
조희분	51.70	53.51	56.26	57.18	1.10	NS
조단백질	82.39 ^{ab}	80.51 ^b	82.13 ^{ab}	85.89 ^a	0.82	NS
조지방	56.51	56.31	56.12	61.54	1.66	NS
칼슘	69.36 ^b	76.36 ^a	77.89 ^a	76.76 ^a	1.27	*
인	51.36	53.14	58.41	57.62	1.41	NS
28 일						
건물	80.52	80.61	80.97	80.73	0.41	NS
조희분	50.89	48.08	48.53	49.93	1.42	NS
조단백질	79.02	77.57	77.70	79.62	0.49	NS
조지방	65.72	60.34	64.72	61.47	1.43	NS
칼슘	65.52 ^b	69.31 ^{ab}	78.33 ^a	75.70 ^a	1.84	*
인	51.77	53.74	51.36	53.04	1.35	NS

^{ab} 같은 줄의 서로 다른 첨자는 유의차가 있음 (p<0.05).

¹ 표준오차

² NS, *: p<0.05에서 유의성 없음

0~14일 동안 1.5 ESBM을 급여한 자돈은 0.5 ESBM을 급여한 자돈보다 높은 일당증체량과 사료 섭취량 및 사료 요구율을 나타냈다. Phase II (15-28일) 동안에는 1.5 ESBM을 급여한 자돈의 일당증체량은 대조구와 비교했을 때 큰 차이는 보이지 않았지만 11% 증가되었다. 실험 전체 기간 동안, 1.5 ESBM을 급여한 자돈의 경우 대조구에서의 자돈보다 phase I 기간 동안에서 더 큰 증체량을 보였기 때문에 더 빨리 성장하였다. 가장 높은 일당 증체량과 가장 높은 사료 요구율은 전체 실험기간 동안 1.5 ESBM을 급여한 자돈에게서 나타났다. 1.5 ESBM을 급여한 자돈의 증가된 일당증체량은 대조구와 0.5 ESBM을 급여한 실험구와 비교했을 때와는 다른 사료 섭취량의 증가에 의해서 나타난 결과라고 하겠다. 사료 효율 역시 표 2-2-11에 나타난 것과 같이 urease의 활동성이 감소되었기 때문에 Na₂SO₃의 첨가에 의해 증가된 것이다. 대조구보다 1.5 ESBM을 급여한 자돈의 증가된 성장률은 phase II 보다 phase I 에서 더욱 뚜렷하게 나타났다. 실험기간 동안에 생체중의 변화는 그림 1에 잘 나타나 있다. 1.5 ESBM을 급여한 자돈의 경우 전체 실험 기간 동안 계속해서 큰 생체중과 일당증체량을 보였다. 1.0 ESBM을 급여한 자돈과 1.5 ESBM을 급여한 자돈의 경우에 있어서 큰 차이는 나타나지 않지만, 1.5 ESBM을 급여한 돼지의 경우가 1.0 ESBM을 급여한 자료보다 실험 후 14일과 28일에 더 높은 생체중을 가지는 경향을 보였다.

이번 실험 결과는 Na₂SO₃를 첨가한 익스트루전 처리된 대두박이 증체량의 속도와 효율에 있어서 Na₂SO₃이 첨가되지 않은 익스트루전 처리된 대두박의 경우보다 더 높았다고 보고한 Kim과 Kim (1997)의 결과와 Burnham 등 (1994, 1995)의 결과와 거의 일치한다. Kim과 Kim (1997)은 full-fat 대두박을 급여한 자돈의 성장률은 0.1% Na₂SO₃를 첨가하였을 때 증가되었다.

이번 실험에서 나타난 성장률의 증가와 Kim과 Kim (1997)의 실험에서의 성장률의 증가는 Na₂SO₃로 익스트루전 처리하여 대두의 영양적인 가치가 증가되었기 때문일 것이다. 황 이온은 S₂ 분자의 결합을 Thiol이나 S-sulfonic acid 유도체에서 끊는 것으로 알려지고 있다 (Cecil과 Mcphee, 1955). Herkelman 등 (1991)은 10분 혹은 20분 정도 가열한 대두를 급여한 병아리의 성장률이 2%의 sodium metabisulfite를 첨가했을 때 증가한 것을 실험을 통해 발견하였다. Phase I (0~14일) 기간 동안, 1.5 ESBM을 급여한 돼지들은 0.5 ESBM을 급여한 돼지들에 비해 높은 조단백질 소화율을 보였다. 칼슘 소화율은 Na₂SO₃를 첨가한 그룹 내에서 더 높게 나타났다. Phase II (15-28일) 기간 동안, 대조구와 비교했을 때 1.0 ESBM과 1.5 ESBM 실험구에서 높게 훨씬 높게 나타난 칼슘을 제외하고는 영양소들의 소화율의 차이가 는 발견되지 않았다.

표 2-2-13. 익스트루전과 Na₂SO₃ 처리가 자돈의 아미노산 소화율에 미치는 영향
(14 일)

처리구	Control (ESBM)	0.5 ESBM	1.0 ESBM	0.5 ESBM	SE ¹	Probability ² Na ₂ SO ₃ vs Con.
필수아미노산 (%)						
트레오닌	86.53	88.10	85.96	86.56	0.90	NS
발린	82.30	83.46	83.76	88.06	1.25	NS
시스틴	89.73	89.41	90.95	91.83	0.85	NS
메치오닌	85.90	82.39	84.22	87.66	1.16	NS
이소루신	83.63	82.83	80.98	86.00	1.13	NS
루신	85.35	84.58	84.55	88.72	0.96	NS
타이로신	86.86	87.72	80.42	86.88	1.32	NS
페닐알라닌	83.97	81.47	81.24	86.68	0.97	NS
라이신	84.45	83.68	85.69	88.39	0.82	NS
히스티딘	87.90 ^{ab}	85.84 ^d	89.45 ^{ab}	90.46 ^a	0.71	NS
아지닌	89.37 ^{ab}	86.99 ^d	89.80 ^a	91.56 ^a	0.56	NS
합계	85.59	85.01	84.86	88.24	0.84	NS
비필수아미노산 (%)						
아스파라진	81.69	78.10	86.80	86.20	1.61	NS
세린	88.03	87.62	88.57	87.43	0.85	NS
글루타민	90.20	90.23	90.71	90.93	0.60	NS
프로라인	86.96 ^c	86.86 ^c	89.53 ^d	93.24 ^a	0.73	*
글라이신	81.69	74.53	86.59	81.07	1.42	NS
알라닌	76.86	74.72	78.75	81.32	1.23	NS
합계	85.89	85.41	87.94	88.30	0.79	NS
총계	85.73	85.20	86.37	88.27	0.80	NS

^{ab} 같은 줄의 서로 다른 첨자는 유의차가 있음 (p<0.05).

¹ 표준오차

² NS, *: p<0.05에서 유의성 없음

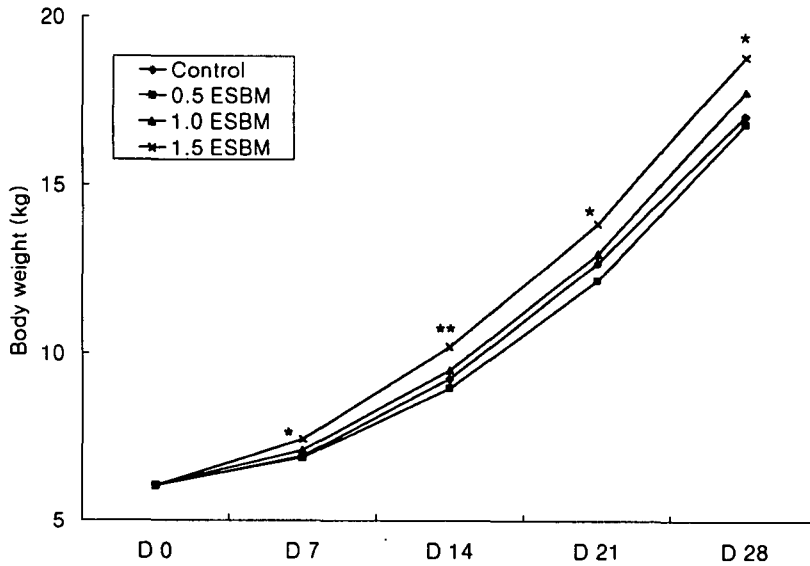
표 2-2-14. 익스트루전과 Na₂SO₃ 처리가 자돈의 아미노산 소화율에 미치는 영향 (28 일)

처리구	Control (ESBM)	0.5 ESBM	1.0 ESBM	1.5 ESBM	SE ¹	Probability ² Na ₂ SO ₃ vs Con.
필수아미노산 (%)						
트레오닌	83.11 ^{ab}	77.94 ^d	82.12 ^{ab}	85.26 ^a	1.00	NS
발린	77.85	81.87	78.25	82.27	1.01	NS
시스틴	90.95 ^a	90.32 ^a	89.54 ^{ab}	82.39 ^b	1.39	NS
메치오닌	86.88 ^{ab}	88.61 ^a	83.83 ^{bc}	80.66 ^c	1.00	NS
이소루신	84.09 ^a	81.20 ^{ab}	76.13 ^b	79.79 ^{ab}	1.17	NS
루신	84.30 ^a	82.90 ^a	77.78 ^b	78.26 ^b	0.99	*
타이로신	83.38 ^{ab}	87.62 ^a	77.42 ^b	83.17 ^{ab}	1.38	NS
페닐알라닌	83.07	87.41	83.32	86.37	0.76	NS
라이신	83.81	84.90	83.12	86.00	0.57	NS
히스티딘	85.78 ^b	85.24 ^b	85.40 ^b	89.89 ^a	0.77	NS
아지닌	89.32 ^a	89.55 ^a	86.13 ^b	89.94 ^a	0.57	NS
합계	83.35	85.06	81.22	83.97	0.71	NS
비필수아미노산 (%)						
아스파라진	84.95	83.93	84.32	86.19	0.63	NS
세린	87.13	84.24	83.76	83.50	0.85	NS
글루타민	89.16 ^a	87.70 ^{ab}	86.17 ^b	87.37 ^{ab}	0.48	NS
프로라인	81.18 ^c	83.34 ^{bc}	88.99 ^a	85.32 ^b	0.90	*
글라이신	82.85 ^a	75.89 ^b	76.26 ^b	77.55 ^b	0.99	*
알라닌	79.49 ^a	73.65 ^b	74.89 ^{ab}	78.78 ^a	0.93	NS
합계	85.56	83.61	84.00	84.71	0.50	NS
총계	84.45	84.43	82.57	84.31	0.55	NS

^{a,b} 같은 줄의 서로 다른 첨자는 유의차가 있음 (p<0.05).

¹ 표준오차, ² NS, *: p<0.05에서 유의성 없음

Kim 등 (1995a,b)은 건조된 전지 대두 (DEWS)의 질소 소화율은 Na₂SO₃를 사료에 첨가하였을 때 증가하는 경향이 있다고 발표하였다. Na₂SO₃는 영양소들의 소화율을 증대시키고 trypsin 억제제의 농도를 감소시켜서 익스트루전 처리한 대두박의 영양적인 가치를 증대시키는 것으로 알려지고 있다 (Kim과 Kim 등, 1997). Trypsin 억제제에서 황 분자 결합의 파괴와 Na₂SO₃의 첨가에 의한 대두박 산물에 있어서 단백질 구조의 파괴는 더 높은 단백질 소화율을 가져온다 (Friedman과 Gumbmann, 1986). 그들은 또한 대두 분말의 가열과정에서 Na₂SO₃를 첨가하였을 때 쥐에 있어서 질소의 소화율이 증대됨을 관찰할 수 있었다.



* Differs from control and 0.5 ESBM ($p < 0.05$)

** Differs from control and 0.5 ESBM ($p < 0.05$) or 1.0 ESBM ($p < 0.1$)

그림 2-2-1. 주별에 따른 체중 증가의 변화

이유 후 14일령의 총 아미노산 소화율에 있어서 차이는 없었다. 비록, 큰 차이는 아니지만 총 평균 아미노산의 소화율은 숫자상으로 1.5 ESBM의 경우에 있어서 다른 경우보다 높았다. 아미노산 소화율에 있어서 비슷한 경향이 이유 후 28일령에서 발견되었다. Kim 등 (1994, 1995a, b)은 Na_2SO_3 를 첨가한 DEWS를 급여한 돼지는 SBM, 구운 대두박 혹은 DEWS만을 먹인 돼지들보다 회장 말단에서 더 높은 아미노산 소화율을 가지는 것으로 나타났다. 14일령과 28일령의 영양소 소화율을 비교했을 때, 대체적인 영양소들의 소화율은 14일령보다 28일령의 경우에 Na_2SO_3 의 수준이 증가하면서 약간씩 감소하였다. 그리고, 아미노산의 소화율은 같은 경향을 나타내었다.

결과적으로, SBM을 위한 익스트루전 강화제로의 익스트루전 처리 전 Na_2SO_3 의 첨가는 조기 이유 자돈에 있어서 성장 속도와 효율면에 있어서 유리한 것으로 나타났다.

라. 참고문헌

AOAC. 1990. Official method of analysis (15th ed.). Association of official analytical

- chemists, Washington, D. C.
- Burnham, L. L., J. D. Hancock., I. H. Kim., R. H. Hines and T. L. Gugle. 1995. Sodium sulfite and extrusion affect the nutritional value of soybean products for nursery piglets. *Kansas Swine Day Report* pp 80-83.
- Burnham, L. L., J. D. Hancock., I. H. Kim., T. L. Gugle and R. H. Hines. 1994. Sodium sulfite and extrusion affect the nutritional value of soybean products for nursery piglets. *Kansas Swine Day Report* pp 63-67.
- Caskey, D. D., Jr. and F. C. Knapp. 1944. Method of detecting inadequately heated soybean meal. *Ind. Eng. Chem. Anal. Ed.* 16:640.
- Cecil, R and J. R. Mcphee. 1955. A kinetic study of the reactions on some disulphides with sodium sulphite. *Biochem. J.* 60:496.
- Chae, B. J., I. K. Han and S. C. Lee. 1984. Effects of heat treatment on amino acid bioavailability of soybean meal for broiler type chicks. *Korean J. Anim. Sci.* 26:558.
- Duncan, D. B. 1955. Multiple range and multiple F tests. *Biometrics.* 11:1-42.
- Friedman, M. and M. R. Gumbmann. 1986. Nutritional improvement of soy flour through inactivation of trypsin inhibitors by sodium sulfite. *J. Food Sci.* 51:1239.
- Friedman, M., M. R. Gumbmann and O. K. Grosjean. 1984. Nutritional improvement of soy flour. *J. Nutr.* 114:2241.
- Herkelman, K. L., G. L. Cromwell and T. S. Stahly. 1991. Effects of heating time and sodium metabisulfite on the nutritional value of full-fat soybeans for chicks. *J. Anim. Sci.* 69:4477.
- Kim, I. H and C. S. Kim. 1997. The effects of dry-extruded whole soybean on growth performance and immune response in early-weaned piglets. *Korean J. Anim. Sci.* 39: 681.
- Kim, I. H., J. D. Hancock, R. H. Hines and M. S. Kang and T. L. Gugle. 1995b. Effect of processing on ileal digestibility of nutrients for soybeans in finishing pigs. *J. Anim. Sci.* 73(Suppl. 1):177(Abstr.).
- Kim, I. H., J. D. Hancock, R. H. Hines and M. S. Kang. 1995a. Roasting and extruding affect ileal digestibility of nutrients from soybeans in growing piglets. *J. Anim. Sci.* 73(Suppl. 1):80(Abstr.).
- Kim, I. H., J. D. Hancock., R. H. Hines and M. S. Kang. 1994. Roasting and extruding affect ileal digestibility of nutrients from soybean in growing and finishing piglets. *Kansas Swine Day Report* pp. 176-181.
- NRC. 1998. Nutrient requirements of swine (10th Ed.) National Academy Press.

Washington, D.C.

SAS. 1985. SAS user's guide; Statistics. Statistical Analysis System. Inst. Cary. NC.

Sessa, D. J., E. C. Baker and J. P. Friedrich. 1988. Inactivation of trypsin inhibitors in whole and cracked soybeans with sodium metabisulfite. *Lebensm. Wiss. & Technol. (Zur.)* 65:163.

Wright, K. N. 1981. Soybean meal processing and quality control. *J. Am. Oil Chem. Soc.* 58:294.

(본 논문은 아세아태평양축산학회지 13권 7호 페이지 974-979에 발표된 논문임)

3. 익스트루전 처리 옥수수과 밀이 조기이유자돈의 성장률과 영양소 소화율에 미치는 영향

가. 서 론

돼지 생산에 있어서 자돈의 젖을 떼는 시기는 지난 20년간 계속해서 빨라졌다. 조기 이유에서 자돈은 9일령과 19일령 사이에 젖을 떼는데 이것은 모돈으로부터 자돈으로의 전염병이 번지는 것을 막고 모돈의 생산성을 증가시키기 위함이다. 그러나, 이런 경우에 모유에서 사료로의 갑작스런 변화는 이유를 지연시키기도 한다.

그러므로, 고체 사료를 급여할 때 나타나는 스트레스를 줄이기 위해 각지에서 소화가 잘되고 먹기가 좋은 사료의 개발이 이루어졌다. 탄수화물의 공급원이 되는 옥수수, 밀과 사탕수수는 돼지 사료에서 아주 흔한 곡물들이다. 에너지 값에 따르면 밀은 곡류들 중에서 두 번째로 큰 수치를 나타내고 돼지에게 있어서 유일한 곡물 사료로 밀이 사용되어 진다고 알려져 왔다 (Todorov, 1988).

어린 돼지에서 익스트루전은 성장률을 높이고 영양소 소화율을 높이는데 가장 좋은 방법으로 알려졌다. 익스트루전 처리는 전분의 젤라틴화를 증가 (Bjorck, 1985)시키고, 비영양적인 요소들을 파괴 (Hancock 등, 1991)시키며, 그리고 영양소 소화율을 증가 (Noland 등, 1976; Skoch 등, 1983)시키고 성장률을 빠르게 (Richert 등, 1992)한다.

그러나, 곡물에서 익스트루전 처리가 돼지의 옥수수에 대한 에너지 이용성을 증가시키지만 라이신이나 질소의 이용성은 증가시키지 못한다고 하였다 (Herkelman 등, 1990). Richert 등 (1992)의 보고서에 의하면 익스트루전 처리한 옥수수와 사탕수수는 이유 후 10일령까지는 성장률의 증가를 가져왔으나, 이유 후

10일에서 38일까지는 아무런 효과를 볼 수가 없었다. Chae 등 (2000)은 또한 익스트루전 처리한 옥수수와 사탕수수는 영양소 소화율과 사료 효율을 증가시키는 경향이 있지만, 이유 자돈에서 두 곡물사이에 일당 증체량의 차이는 발견할 수가 없다고 하였다.

소화기의 능력이 완전치 않은 조기 이유 자돈에서 익스트루전 처리한 옥수수와 밀을 공급하는데 대한 자료는 한정되어 있다. 익스트루전 처리한 곡물을 급여하는 효과를 측정함에 있어서는 이전에 대부분 이유 후 3주가 지난 자돈이나 육성돈에서 실험이 수행되었다. 그러므로, 이 실험은 이유 후 14일령 돼지의 성장률과 영양소 소화율에서 익스트루전 처리한 옥수수와 밀의 효과를 비교하기 위해서 수행되었다.

나. 재료 및 방법

1) 성장과 사양 시험

사료에 따른 처리구는 2×2 요인법에 따라 1) 분말 옥수수 (3mm), 2) 익스트루전 처리한 옥수수, 3) 분말 밀 (3mm)과 4) 익스트루전 처리한 밀과 같이 나누어졌다. 사료에서 이용될 곡식류를 준비하기 위해서 각 곡물은 hammer mill을 가지고 분말로 만들어졌다. 분말 옥수수와 밀은 $130 \pm 2^{\circ}\text{C}$ 에서 익스트루전 처리하여 시간당 약 7M/T의 비율로 생산하였다. 익스트루전 처리 후에 곡물들은 한 번 더 분말 처리되었다.

공급된 사료는 분말 형태였고, 곡물이 30% 함유되고 라이신이 1.65% 함유되게끔 배합되었다. 사료내 비타민과 광물질은 NRC (1998) 요구량을 초과하는 수준에서 배합되었다 (표 2-2-15). Cr_2O_3 는 사료의 소화율을 측정하기 위한 소화 표시제로 이용되었다.

21일간의 사양실험을 위해 총 160마리의 돼지 (14일령, $4.3 \pm 0.74\text{kg}$ 체중)가 성별과 체중에 따라 4개의 처리구로 임의 배치되었다. 실험 시작전의 체중이 임의 배치하는 기준으로 이용되었다. 돼지들은 2m×2m 실험 우리에 배치되었고 실험 우리의 온도는 0-7일령, 7-14일령과 14-21일령에 각각 32, 30과 28 $^{\circ}\text{C}$ 였다. 물과 사료는 자유 급이 방법으로 공급되었다. 영양소 소화율을 결정하기 위해, 사양 실험 시작 후 14일째 되는 날에 실험 돈방에서 몇 마로부터 배설물을 채취하여 모아두었다. 배설물은 화학적인 분석을 위해서 72시간 동안 60 $^{\circ}\text{C}$ 오븐에서 건조되었다.

표 2-2-15. 사료배합율표와 화학적 조성

	옥수수	밀
원료 (%)		
옥수수	30.00	-
밀	-	30.00
대용유	22.00	21.30
대두박	15.50	14.58
유당	10.62	14.15
대두유	4.00	5.44
어분	5.00	5.00
건조혈장단백	7.50	5.00
Dried porcine soluble	2.50	1.90
제일인산칼슘	0.86	0.22
석회석	0.77	1.00
비타민 ¹	0.20	0.20
광물질 ²	0.30	0.30
소금	0.30	0.30
항생제	0.05	0.05
라이신 · Hcl (78%)	0.07	0.22
메치오닌 (50%)	0.13	0.14
Cr ₂ O ₃	0.20	0.20
합계	100.00	100.00
화학적 조성 (%)		
대사에너지 (kcal/kg)	3,435	3,400
조단백질	23.03	23.00
라이신	1.65	1.65
메치오닌	0.50	0.50
칼슘	0.90	0.90
인	0.80	0.80

¹ Supplied per kilogram of diet : 9,600 IU vitamin A, 1,800 IU vitamin D₃, 24 IU vitamin E, 1.5 mg vitamin K (as menadione), 1.5 mg thiamine, 12 mg riboflavin, 24 mg pantothenic acid (as d-calcium pantothenate), 45 mg niacin, 0.1 mg biotin, 2.4 mg pyridoxine, 0.8 mg folic acid, and 0.05 mg vitamin B₁₂.

² Supplied per kilogram of diet : 38 mg Mn, 125 mg Fe, 187 mg Zn, 0.5 mg Co, 224 mg Cu, 0.8 mg I, and 0.25 mg Se.

표 2-2-16. 소화 시험을 위한 사료배합율표

원료	옥수수	밀	무질소사료
옥수수	68.50	-	-
밀	-	67.86	-
옥수수전분	-	-	30.00
유당	20.00	20.00	30.00
설탕	7.00	7.00	9.75
글루코스	-	-	20.00
우지 (80%)	-	-	4.00
제삼인산칼슘	2.16	1.89	3.00
석회석	1.09	2.00	1.85
소금	0.30	0.30	0.30
비타민 ¹	0.25	0.25	0.30
광물질 ²	0.25	0.25	0.25
콜린산	0.10	0.10	0.10
항생제	0.10	0.10	0.20
Cr ₂ O ₃	0.25	0.25	0.25
합계	100.00	100.00	100.00
화학적 조성 (%)			
대사에너지 (kcal/kg)	3,245	2,917	3,533
조단백질	5.50	7.97	-
라이신	0.18	0.22	-
칼슘	1.08	1.33	1.66
인	0.57	0.58	0.54

¹ Supplied per kilogram of diet : 9,600 IU vitamin A, 1,800 IU vitamin D₃, 24 IU vitamin E, 1.5 mg vitamin K (as menadione), 1.5 mg thiamine, 12 mg riboflavin, 24 mg pantothenic acid (as d-calcium pantothenate), 45 mg niacin, 0.1 mg biotin, 2.4 mg pyridoxine, 0.8 mg folic acid, and 0.05 mg vitamin B₁₂.

² Supplied per kilogram of diet : 38 mg Mn, 125 mg Fe, 187 mg Zn, 0.5 mg Co, 224 mg Cu, 0.8 mg I, and 0.25 mg Se.

2) 익스트루전 처리한 옥수수와 밀에 대한 소화율 실험

곡물 사료 (분말 vs 익스트루전 처리)에 대한 영양소 사양실험을 위해서, 개별적인 대사 케이지에 16마리의 돼지 (14일령, 체중 4.2±0.32 kg)를 넣었다. 추가적으로 4마리의 돼지를 질소가 들어있지 않은 사료를 공급하여 내생 아미노산의 축적을 측정하기 위하여 배치하였다. 사료 (표 2-2-16)는 순수한 성분 (lactose 등)과 비타민으로 배합되었고, 광물질은 NRC (1998)에 따른 요구량을 맞추거나 넘

기는 수준에서 배합되었다. 돼지에게는 하루에 세 번씩 체중의 5%만큼만 사료를 제한 공급하였다. 사료를 공급한 후 6일째 되는 날, 2일 동안 배설물은 채취되었다. 채취된 배설물 표본은 -80℃에서 즉시 냉동시킨 후 분말 형태로 만들어서 화학적인 분석을 할 때까지 냉장고에 보관하였다.

3) 화학적 및 통계적인 분석

사료와 배설물 표본은 AOAC (1990) 방법에 따라 분석되었고, 총 에너지는 단일 bomb calorimeter를 이용하여 분석되었고, Cr은 원자 흡수 spectrometer를 이용하여 분석되었다. 익스트루전 처리된 옥수수과 밀의 젤라틴화 정도는 Wooton 등 (1971)의 방법에 따라 분석되었다.

실험 데이터들은 SAS (1985)의 GLM을 이용하여 분석하였고, 임의 배치에 적당한 통계적인 모형은 2×2 요인법에 따른 처리구의 배치였다. 처리구는 1) 옥수수 vs 밀, 2) 분말 사료 vs 익스트루전 처리한 사료로 직각 비교를 이용하였다.

다. 결과 및 고찰

곡물 사료 (분말과 익스트루전 처리)의 입자의 크기와 화학적인 조성은 표 2-2-17에 나타나 있다. 분말 옥수수와 밀의 입자의 크기는 각각 440과 490 μ m였다. 옥수수가 밀보다 약간 더 좋은 상태였으나, 차이는 별로 나지 않았다. 젤라틴화의 정도는 익스트루전 처리한 옥수수와 밀 사이에 거의 유사했다 (62.5 vs 65.7%).

반면에, 옥수수와 밀에서 에너지와 조단백질 함유량은 익스트루전 처리에 의해서 약간 증가되었으나, 에테르 추출물은 익스트루전 처리에 의해 감소되었다. 단백질처럼 옥수수와 밀에서 아미노산의 함유량은 익스트루전 처리에 의해서 일반적으로 증가되었다. 이 결과는 Kim (1988)의 실험 결과와 일치하지만, 영양소를 증가시키는 기작에 대해서는 불명확하다.

성장 효과 분석을 보면 (표 2-2-18), 돼지의 일당증체량, 일당사료섭취량과 사료효율은 Phase I (0-7일)에서는 곡물의 원료나 익스트루전 처리에 영향을 받지 않았다. Phase II (7-14일)에서는 돼지의 일당증체량과 사료효율은 사료의 처리 방법이나 종류에 영향을 받지 않았으나, 사료섭취량은 곡물이 익스트루전 처리되었을 경우에 감소하였다. 전체 실험 기간 동안에 곡물의 익스트루전 처리에 의해 사료효율은 증가되었지만, 일당증체량은 증가하지 않았다.

옥수수를 포함하는 사료는 가공을 하지 않았던지 익스트루전 처리를 거친 것이던지 간에 밀을 포함하는 사료보다 높은 에너지 소화율을 나타내었다. 익스트루전 처리된 옥수수와 밀은 조기 이유 자돈에서 에너지 소화율을 증가시켰다.

조기 이유 자돈에서 익스트루전 처리된 옥수수와 밀에서 아미노산의 외관상

소화율과 실제 소화율이 표 2-2-19과 20에 각각 나타나 있다. 옥수수과 밀에서 평균 아미노산의 외관상 소화율 (AFD)은 옥수수와 밀 사이에 차이가 없었고, 익스트루전 처리에 의해서 AFD가 증가되는 것은 아니었다. 그러나, histidine과 glycine의 AFD는 밀보다 옥수수에서 낮았다. 또한, 익스트루전 처리한 옥수수와 수수는 lysine, methionine, cystine과 proline의 AFD를 감소시켰다.

표 2-2-17. 옥수수와 밀의 입자도, gelatinization 정도 그리고 화학적 조성

항목	옥수수		밀	
	Ground	Extruded	Ground	Extruded
입자도 (μm) ¹	440	410	490	430
Gelatinization (%)	-	62.50	-	65.70
총에너지 (kcal/kg)	4,513	4,548	4,326	4,373
조단백질 (%)	9.72	9.29	13.42	13.83
조지방 (%)	4.48	3.11	3.16	2.37
조회분 (%)	1.58	2.67	1.63	2.89
칼슘 (%)	0.07	0.08	0.06	0.07
인 (%)	0.41	0.44	0.42	0.44
아미노산 (%)				
필수				
아지닌	0.32	0.48	0.57	0.68
히스티딘	0.17	0.19	0.25	0.24
이소루신	0.26	0.36	0.41	0.54
루신	0.88	0.94	0.87	1.09
라이신	0.13	0.26	0.40	0.40
메치오닌	0.24	0.23	0.29	0.34
페닐알라닌	0.62	0.71	0.93	0.98
트레오닌	0.16	0.30	0.27	0.38
발린	0.35	0.40	0.73	0.61
합계	3.13	3.86	4.73	5.26
비필수				
알라닌	0.41	0.45	0.35	0.55
아스파라진	0.48	0.64	0.61	0.87
시스틴	0.14	0.15	0.17	0.20
글루타민	1.52	1.85	3.30	3.71
글라이신	0.27	0.50	0.51	0.85
프로라인	0.62	0.83	1.18	1.37
세린	0.24	0.42	0.53	0.67
타이로신	0.25	1.03	0.35	1.44
합계	3.93	5.86	6.99	9.65
총계	7.07	9.72	11.73	14.91

¹ ASAE procedures (1983).

비슷한 경향이 표 2-2-20에 나타나 있듯이 아미노산의 실제 소화율 (TFD)에서도 나타나고 있다. 그러나, isoleucine, threonine과 valine의 TFD는 밀보다 옥수수에서 높게 나타났지만, histidine, aspartic acid, glycine과 proline의 실제 소화율은 옥수수보다 밀에서 높게 나타나TEK. 익스트루전 처리한 옥수수와 밀은 arginine, lysine, methionine, valine, cystine, proline과 tyrosine의 TFD를 감소시켰다.

결론적으로, 조기 이유 자돈에서 옥수수와 밀 사이에 생산 방법의 특질에 따른 차이는 없었다. 이런 결과는 Kim (1988)의 결과와 일치한다. Kim은 이유 자돈에서 성장 속도와 효율에서의 차이점을 발견하지 못했다. 일반적으로 밀은 입에 들어가면 반죽을 형성하는 glutelin 때문에 가는 분말 형태가 되었을 때 펠렛화할수 없는 것으로 간주되어진다. 그러나, 이번 실험에서는 옥수수를 공급한 돼지들과 비교했을 때 밀을 공급한 돼지의 사료 섭취량이 감소되지 않았다.

표 2-2-18. 옥수수와 밀의 익스트루전이 자돈의 성장과 영양소 소화율에 미치는 영향

	옥수수		밀		SE ¹	Contrast ²	
	가루	Extruded	가루	Extruded		1	2
성장							
0~7 일							
일당증체량	142	137	141	129	18.83	NS ²	NS
일당사료섭취량	193	199	188	172	20.91	NS	NS
사료효율	1.38	1.49	1.34	1.33	0.23	NS	NS
7~21 일							
일당증체량	359	356	357	392	57.82	NS	NS
일당사료섭취량	636	546	596	606	41.63	NS	0.03
사료효율	1.79	1.57	1.71	1.60	0.29	NS	NS
0-21 일							
일당증체량	286	283	285	304	35.62	NS	NS
일당사료섭취량	488	430	460	447	47.57	NS	NS
사료효율	1.71	1.52	1.63	1.49	0.13	NS	0.01
영양소소화율 (%)							
총에너지	81.88 ^a	82.34 ^a	78.97 ^b	79.65 ^b	1.83	0.01	0.03
조단백질	75.47 ^{ab}	78.24 ^a	73.18 ^b	75.55 ^{ab}	2.92	NS	NS

^{ab} 같은 줄의 서로 다른 첨자는 p<0.05에서 유의성 있음.

¹ 표준오차.

² Contrast: 1) 옥수수 대 밀, 2) 가루 대 extruded.

² NS=유의성 없음 (p≥0.15).

옥수수와 밀이 익스트루전 처리되었을 때 비록 일당증체량은 증가되지 않았

지만 사료 효율은 증가하였다. 익스트루전 처리한 곡물을 공급한 돼지들에 있어서 성장 속도의 측면을 보면 실험 자료가 일정한 것은 아니다. 이번 실험에서 익스트루전 처리한 옥수수과 밀을 공급한 돼지의 일당증체량은 증가되지 않았는데, 이것은 밀 (Kim, 1988), 옥수수와 수수 (Chae 등, 1997, 2000) 등에 관한 이전의 실험 결과와 일치한다. 그러나, Richert 등 (1992)은 수수를 익스트루전 처리했을 때 일당증체량이 12% 증가하였다고 발표하였다.

우리가 수행한 이전의 실험 (Chae 등, 2000)에서, 21일령의 이유 자돈의 일당증체량은 익스트루전 처리한 옥수수와 밀을 공급하였을 때 증가하지 않았다. 14일령의 이유 자돈의 소화 능력은 21일령의 이유 자돈의 소화능력보다 덜 발달되어 있을 것이다. 우리가 기대했던 것은 익스트루전 처리한 옥수수 또는 밀을 공급한 초기 이유 자돈이 가공하지 않은 분말 곡류를 공급했을 때보다 빠른 성장을 보이는 것이었지만, 차이는 없었다.

익스트루전 처리한 곡물 공급으로 증가된 사료 효율은 아마도 증가된 에너지 소화율과 관련이 있을 것이다 (표2-2-18). 옥수수 (Kim, 1988; Herkelman 등, 1990), 수수 (Noland 등, 1976)과 보리 (Fadel 등, 1988)에서 익스트루전 처리로 인해서 에너지 소화율이 증가되었다고 보고되었다. Skoch 등 (1983)은 건물과 돼지들의 에너지 소화율과 사료효율은 밀 중간 산물과 황옥수수를 포함하는 사료를 익스트루전 처리하였을 때 증가된다고 하였다. 익스트루전 처리는 전분의 물리적인 특성을 변화시키고 또한 불용성 비전분 polysaccharides (NPS)를 가용성 NSP로 변화시키고 이것이 바로 에너지의 소화율을 증가시키는 것이다 (Gomez와 Agulera, 1983; Fadel 등, 1988)

성장 효과에서와 같이 아미노산의 소화율은 옥수수와 밀 사이에서 비슷하게 나타났다. 옥수수와 밀에서 9개 필수 아미노산의 평균 외관상 소화율 (AFD)은 Cho 등 (1997)에 의한 실험 결과와 비교했을 때 낮게 나타났는데, 이것은 돼지들의 일령에 따른 체중의 차이에 의한 것이었다 (체중 4 vs 16 kg).

앞서 언급된 바와 같이, 어떤 아미노산의 소화율은 어린 돼지에서 익스트루전 처리에 의해서 낮아졌다. 제한 아미노산 (라이신, 황함유아미노산)의 외관상과 실제 소화율은 옥수수와 밀에서 익스트루전 처리에 의해서 뚜렷하게 감소되었다. 이것은 열처리한 사료 성분과 관계된 보고서 (Liener, 1978; Wiseman 등, 1991)의 결과와 부분적으로 일치한다. 라이신은 열처리에 상당히 민감하다. Liener (1978)는 지나친 열처리는 라이신을 이용할 수 없게 만든다고 하였다.

한편으로는 익스트루전 처리한 옥수수 (glutamic acid와 glycine)와 밀 (threonine)에서 일부 아미노산의 실제 소화율은 이번 실험에서 증가되는 것을 알 수 있다. 이것은 아마도 이전의 보고서들은 뒷받침 한다: 익스트루전 가공은 단백질 변성을 통하여 사료에서 단백질 소화율을 증가시키기 때문에 단백질 분자

는 알맞은 익스트루전 처리 온도 아래에서 효소의 영향을 더 쉽게 받는다 (Fadel 등, 1988; Hancock, 1992). 전형적인 익스트루전 처리 온도는 135-160°C이다 (Hancock, 1992). 이번 실험에서의 익스트루전 처리온도는 관습적인 익스트루전 처리 온도와 비교했을 때 높지 않은 130°C였다.

표 2-2-19. 옥수수과 밀의 익스트루전이 이유자돈의 외관상 아미노산노산 소화율에 미치는 효과

	옥수수		밀		SE ¹	Contrast ²	
	가루	Extruded	가루	Extruded		1	2
필수 아미노산							
아르지닌	67.25	68.15	69.75	69.25	1.75	NS ³	NS
히스티딘	64.71 ^b	67.05 ^{ab}	70.11 ^{ab}	68.15 ^a	2.70	0.0264	NS
이소루신	63.54	67.80	68.23	63.94	3.57	NS	NS
루신	70.01	69.39	68.51	67.88	1.93	NS	NS
라이신	69.00 ^a	63.19 ^b	69.25 ^a	61.83 ^b	3.77	NS	0.0001
메치오닌	62.95 ^{ab}	59.04 ^b	66.78 ^a	60.31 ^b	3.64	NS	0.0041
페닐알라닌	64.94 ^b	70.09 ^a	70.42 ^a	67.74 ^{ab}	2.83	NS	NS
트레오닌	59.28 ^b	66.04 ^a	60.82 ^{ab}	66.89 ^a	3.50	NS	0.0001
발린	61.38	61.32	65.04	62.57	2.75	NS	NS
평균	65.05 ^b	65.61 ^{ab}	67.94 ^a	65.40 ^{ab}	1.76	NS	NS
비필수 아미노산							
알라닌	63.16 ^{ab}	67.68 ^a	63.49 ^b	67.73 ^a	2.90	NS	0.0067
아스파라진	66.05	65.99	68.17	68.57	2.21	NS	NS
시스틴	69.22 ^a	64.63 ^b	66.72 ^{ab}	64.44 ^b	2.55	NS	0.0118
글루타민	68.85 ^b	71.22 ^a	71.28 ^a	69.80 ^b	1.46	NS	NS
글라이신	66.45 ^b	69.37 ^a	69.52 ^a	70.52 ^a	1.98	0.0299	0.0400
프로라인	70.29 ^a	65.45 ^b	71.04 ^a	68.07 ^{ab}	2.79	NS	0.0074
세린	69.21 ^{ab}	70.89 ^a	67.79 ^b	68.56 ^{ab}	1.66	0.0432	NS
타이로신	66.89 ^b	70.85 ^a	67.26 ^b	68.32 ^{ab}	2.05	NS	0.0186
평균	67.08	68.26	68.12	68.25	1.32	NS	NS
평균	66.07	66.93	68.03	66.82	1.40	NS	NS

^{ab} 같은 줄의 서로 다른 첨자는 $p < 0.05$ 에서 유의성 있음.

¹ 표준오차.

² Contrast: 1) 옥수수 대 밀, 2) 가루 대 extruded.

³ NS=유의성 없음 ($p \geq 0.15$).

표 2-2-20. 옥수수과 밀의 익스트루전이 이유자돈의 진정 아미노산노산 소화율에 미치는 효과

	옥수수		밀		SE ¹	Contrast ²	
	가루	Extruded	가루	Extruded		1	2
필수 아미노산							
아르지닌	82.13 ^a	79.81 ^b	82.09 ^a	81.60 ^a	1.15	NS ³	0.0076
히스티딘	81.20 ^a	77.83 ^b	81.49 ^a	80.33 ^a	1.68	0.0226	0.0018
이소루신	81.87 ^{ab}	81.62 ^b	83.69 ^a	76.66 ^c	2.86	0.0283	0.0003
루신	83.24 ^a	82.71 ^a	84.04 ^a	82.78 ^a	1.85	NS	NS
라이신	83.28 ^a	76.71 ^b	82.45 ^a	78.35 ^b	2.98	NS	0.0001
메치오닌	82.47 ^a	78.12 ^b	81.03 ^a	78.63 ^b	2.05	NS	0.0005
페닐알라닌	83.54	82.55	82.25	82.11	1.31	NS	NS
트레오닌	84.86 ^a	84.71 ^a	78.93 ^b	84.41 ^a	2.76	0.0010	0.0027
발린	85.37 ^a	81.45 ^b	80.36 ^c	78.20 ^d	2.73	0.0001	0.0001
평균	82.71	81.20	82.42	80.39	1.68	NS	NS
비필수 아미노산							
알라닌	83.69	84.74	84.66	84.60	1.02	NS	NS
아스파라진	72.97 ^b	73.79 ^b	77.73 ^a	77.95 ^a	2.49	0.0001	NS
시스틴	87.06 ^a	80.01 ^c	85.55 ^b	81.21 ^c	3.13	NS	0.0001
글루타민	77.51 ^b	79.56 ^a	78.73 ^{ab}	77.15 ^b	1.32	NS	NS
글라이신	78.85 ^b	81.44 ^a	82.24 ^a	82.03 ^a	1.63	0.0069	NS
프로라인	78.10 ^b	77.15 ^b	81.16 ^a	78.33 ^b	1.80	0.0083	0.0146
세린	80.19	81.03	79.86	81.16	1.17	NS	NS
타이로신	79.34 ^b	79.68 ^b	83.43 ^a	76.32 ^c	2.80	NS	0.0007
평균	78.37	79.08	79.77	78.85	1.35	NS	NS
평균	79.99	79.98	80.90	79.47	1.32	NS	NS

^{ab} 같은 줄의 서로 다른 첨자는 $p < 0.05$ 에서 유의성 있음.

¹ 표준오차.

² Contrast: 1) 옥수수 대 밀, 2) 가루 대 extruded.

³ NS=유의성 없음 ($p \geq 0.15$).

라. 참고문헌

AOAC. 1990. Official Methods of Analysis (15th Ed.). Association of Official Analytical Chemist. Washington, D. C.

ASAE. 1983. Method of determining and expressing fineness of feed materials by

- sieving. ASAE Standard S319, Agricultural Engineers Yearbook of Standards. American Society of Agricultural Engineers. 325.
- Bjorck, I., T. Matoba and B. M. Nair. 1985. In Vitro enzymatic determination of the protein nutritional value and the amount of available lysine in extruded cereal-based products. *Agric. Biol. Chem.* 49:945.
- Chae, B. J., In K. Han, J. H. Kim, C. J. Yang, Y. K. Chung, Y. C. Rhee, S. J. Ohh and K. H. Ryu. 1997. Effects of extrusion conditions of corn and soybean meal on the physico-chemical properties, ileal digestibility and growth of weaned pigs. *Asian-Aus. J. Anim. Sci.* 10(2):170-177.
- Chae, B. J., Y. G. Kim, In K. Han, J. H. Kim, W. T. Cho, J. D. Hancock and I. H. Kim. 2000. Effects of particle sizes and extrusion of corn and sorghum on ileal digestibility and growth performance in early-weaned pigs. *J. Anim. Feed Sci.* (In press).
- Cho, S. B., J. H. Kim, In K. Han, H. K. Moon, B. J. Chae and W. T. Cho. 1997. Apparent digestibility of amino acids, energy and proximate nutrients in grain sources and tapioca for young pigs. *Asian-Aus. J. Anim. Sci.* 10(6):635-642.
- Fadel, J. G., C. W. Newman, R. K. Newman and H. Graham. 1988. Effects of extrusion cooking of barley on ileal and fecal digestibilities of dietary components in pigs. *Can. J. Anim. Sci.* 68:891-897.
- Gomez, M. H. and J. M. Aguilera. 1983. Changes in the starch fraction during extrusion cooking of corn. *J. Food Sci.* 48:378-381.
- Hancock, J. D. 1992. Extrusion cooking of dietary ingredients for animal feeding. *Proc. of the Distillers feed Conference.* Cincinnati, OH. 37:33-49.
- Hancock, J. D., R. H. Hines and T. L. Gugle. 1991. Extrusion of sorghum, soybean meal and whole soybeans improves growth performance and nutrient digestibility in finishing pigs. *Kansas Agric. Exp. Sta. Rep. of Prog.* 641:92.
- Herkelman, K. L., S. L. Rodhouse, T. L. Veum and M. R. Ellersieck. 1990. Effect of extrusion on the ileal and fecal digestibilities of lysine in yellow corn in diets for young pigs. *J. Anim. Sci.* 68:2414-2424.
- Kim, K. S. 1988. Effect of feeding extruded corn and wheat on body weight gain, feed efficiency and digestibility of nutrients in young pigs. MS Thesis. Korea University. Seoul, Korea.
- Liener, I. E. 1978. Nutritional value of protein products. In: *Soybeans; Chemistry and technology* (Eds: A. K. Smith and S. J. Circle). Avi. Pub. Co. Inc. Westport, CT. p. 203.

- NRC. 1998. Nutrient Requirements of Swine (10th ed). National Academy Press. Washington, D. C.
- Noland, P. R., D. R. Campbell, R. K. Cage, Jr., R. N. Sharp and Z. B. Johnson. 1976. Evaluation of processed soybeans and grains in diets for young pigs. J. Anim. Sci. 43:763-769.
- Richert, B. T., J. D. Hancock and R. H. Hines. 1992. Extruded sorghum and soybeans for nursery pigs. KSU Swine Day. 9. p. 65.
- SAS. 1985. SAS. User's Guide: Statistics, SAS Inst. Inc., Cary, NC.
- Skoch, E. R., S. F. Binder, C. W. Deyoe, G. L. Allee and K. C. Behnke. 1983. Effect of steam pelleting conditions and extrusion cooking on a swine diet containing wheat middlings. J. Anim. Sci. 57:929.
- Todorov, N. A. 1988. Cerals, pulses and oilseeds. In:Livestock feed resources and feed evaluation in Europe (Eds: F. D. Boer and H. Bickel). Elsevier Science Pub. Co. Inc. New York. NY. pp. 47-95.
- Wiseman, J., S. Jagger, D. J. A. Cole and W. Haresign. 1991. The digestion and utilization of amino acids of heat-treated fish meal by growing-finishing pigs. Anim. Prod. 53:215-225.
- Wootton, M., D. Weeden and N. Munk. 1971. A rapid method for the estimation of starch gelatinization in processed foods. Food Tech. in Aus. Dec. p. 612.

(본 논문은 아세아태평양축산학회지에 게재 예정임)

4. 사료의 가공방법이 조기이유자돈의 성장에 미치는 영향

가. 서 론

펠렛팅이나 익스팬딩과 같은 열처리 가공 기술은 돼지에 있어서 사료효율과 성장률을 개선시켜 주는 것으로 알려지고 있다. 지금까지의 열처리 가공은 주로 펠렛팅이었으나 근래 펠렛팅보다는 가공정도가 강한 익스트루딩 또는 익스팬딩 가공법이 사료산업에 소개되었다.

펠렛팅의 주된 잇점은 사료의 허실 감소와 영양소의 소화율 개선에 있지만 (Seerley 등, 1962; Wondra 등, 1995), 익스팬더 사용의 목적은 고온고압하에서 펠렛 품질을 개선시키고 유해물질이나 유해세균을 사멸함으로써 사료의 가치를 개선시키는 효과가 있다 (Hancock, 1992).

그러나, 동일 연령의 돼지에 있어 단순사료 (simple diet)에서 나타난 익스팬더의 잇점이 복합사료 (complex diet)에선 나타나지 않을 수도 있다고 하였다 (Traylor 등,

1997). 단순사료와 복합사료 배합에서 복합사료의 익스팬딩 처리와 비교시, 사료중의 옥수수 부분만을 익스팬더 처리하였을 경우가 조기 이유자돈의 성장률이 증가하였다고 보고한 예도 있다 (Hongtrakul 등, 1996).

돼지에서 사료가공효과는 연령이 어릴수록 소화기관이 충분히 발달하지 못했기 때문에 클수 있지만 지나친 가공은 오히려 영양소파괴현상을 초래할수 있기 때문에 효과가 없거나 역효과를 낼수도 있다 (Hancock, 1992; Chae 등, 1997).

따라서, 본 실험은 1) 조기 이유한 14일령 자돈에서 익스팬딩한 크럼블과 익스팬딩후 다시 펠렛의팅한 사료의 가치를 비교하고, 2) 24일령 이유자돈에서 단순펠렛팅한 사료와 익스팬딩후 펠렛팅한 사료의 가치를 비교하기 위하여 실시하였다.

나. 재료 및 방법

1) 사양시험

시험 1) 14일령에 이유시킨 자돈 ($L \times Y \times D$) 96두 (체중 $5.21 \pm 0.77\text{kg}$, 3처리 4반복, 반복당 8두)를 공시하였으며 시험사료 처리는 가루사료 (M), 익스팬디드펠렛 (EP), 그리고 익스팬디드 크럼블 (EC) 이었다. 시험사료는 사료중 대사에너지 $3,479\text{kcal/kg}$, 조단백질 23% 그리고 다른 영양소들은 NRC (1998) 요구량에 충족하도록 배합했으며 (표 2-2-21), 자유채식시켰다.

가공조건은 익스팬딩가공의 경우 300 마력의 expander (Model M12, Matador, Denmark)를 이용해 주모터 (main motor) 암페어 56, 25% gap opening으로 71°C (gap에서의 온도)에서 익스팬딩 처리되었다. EC사료의 경우 성형하지 않은 상태이고 EP사료는 익스팬딩후 온도 60°C 에서 다이 직경 2.8 mm 로 250 마력의 pellet mill (Matador, Denmark)로 성형하였다.

시험 2) 24일령 이유자돈 (7.6kg) 108마리 ($L \times Y \times D$)를 공시하여 시험하였다. 성별과 체중에 따라 9돈방 (3처리 3반복, 반복당 12두)에 배치하였다. 시험사료는 가루 (M), 펠렛 (P), 익스팬디드 펠렛 (EP)사료로 구분하였다. 사료중 대사에너지 $3,500\text{kcal/kg}$ 조단백질은 21.79%이며 다른 영양소들은 NRC (1988) 요구량을 만족하도록 배합했다 (표 2-2-22). 시험 기간동안 물과 사료를 돼지에게 자유채식시켰다.

사료가공조건은 펠렛가공시 35°C 에서 사료가 스팀 컨디션 처리되었으며, 컨디션닝 처리된 펠렛은 직경이 2.8mm 다이를 이용하여 250마력의 펠렛밀 (Matador, Denmark)로 펠렛가공 처리되었다. EP사료는 300 마력의 expander (Model M12, Matador, Denmark)를 이용해 180의 주모터 암페어와 39%의 gap opening으로 95°C (갭의 온도)에서 익스팬딩 처리한후 P사료와 같이 펠렛처리하였다.

표 2-2-21. 시험사료 배합율 (시험 1)

원료명	%
옥수수	20.34
대두박	21.16
대용유	31.00
유당	10.00
대두유	5.26
어분	3.10
SDPP	6.50
MCP	0.92
석회석	0.74
비타민제제 ^a	0.15
미량광물질제제 ^b	0.20
소금	0.20
Avilamycine	0.25
라이신	0.06
트레오닌	0.00
메치오닌	0.12
합계	100.00
성분함량 (%)	
대사에너지 (kcal/kg)	3,479
조단백질	23.00
라이신	1.65
칼슘	0.91
인	0.80

^a 함량 (사료 kg중): 12,000 IU vitamin A, 3,000 IU vitamin D₃, 30 IU vitamin E, 3.45 mg vitamin K₃, 1.8 mg vitamin B₁, 14.4 mg vitamin B₂, 3mg vitamin B₆, 0.045 mg vitamin B₁₂, 30 mg pantothenic acid, 90 mg niacin, 0.105 mg biotin, 0.75 mg folic acid.

^b 함량 (사료 kg중): 143 mg Cu, 125 mg Fe, 102 mg Zn, 38.74 mg Mn, 0.75 mg Co, 0.75 mg I, 0.23 mg Se.

표 2-2-22. 시험사료의 배합율 (시험 2)

원료	%
옥수수	39.73
대두박 (46% 단백질)	14.00
농축유장단백 (34% 단백질)	10.00
유당	5.00
과자분	6.00
혈장단백	5.00
밀배아	5.00
어분 (70% 단백질)	4.50
대두유	0.50
흑설탕	3.00
제1인산칼슘	1.70
석회석	0.50
라이신	0.12
메치오닌	0.13
식염	0.10
염화콜린	0.10
비타민제제 ^a	0.30
미량광물질제제 ^b	0.20
산화아연	0.34
항생제 ^c	0.35
기타 프리믹스	0.63
합계	100.00
성분함량 (%)	
대사에너지 (kcal/kg)	3,500
조단백질	21.79
라이신	1.55
칼슘	0.95
인	0.85

^a 함량 (kg중): 12,000 IU vitamin A, 3,000 IU vitamin D₃, 30 IU vitamin E, 3.45 mg vitamin K₃, 1.8 mg vitamin B₁, 14.4 mg vitamin B₂, 3mg vitamin B₆, 0.045 mg vitamin B₁₂, 30 mg pantothenic acid, 90 mg niacin, 0.105 mg biotin, 0.75 mg folic acid.

^b 함량 (kg중): 143 mg Cu, 125 mg Fe, 102 mg Zn, 38.74 mg Mn, 0.75 mg Co, 0.75 mg I, 0.23 mg Se.

^c 함량 (kg중): 150 mg apramycin (0.15%), 100 mg C.T.C (0.1%), 50 mg carbadox (0.1%).

2) 사양관리 및 소화시험

시험 1) 사양성적을 알아보기 위해 7일마다 체중을 측정하였고 영양소소화율을

측정하기 위해 사양시험이 끝나기 7일전에 시험사료에 산화크롬을 0.25%첨가하여 급여하고 4일후 3일간 분을 채취하였다. 채취한 분은 앞의 시험과 동일하게 처리하여 시료로 사용하였다.

시험 2) 사양성적을 알아보기 위해서 7일마다 체중을 측정하였다. 그리고 영양소소화율을 측정하기 위해 시험사료에 지시제로서 산화크롬을 첨가 (0.25%)하였다. 분 샘플은 13일째에 채취하였으며 분석을 위해 60℃의 열풍건조기에서 72시간 건조한 다음 실온에서 하루 방치하여 분석시료로 사용하였다.

3) 시료분석 및 통계처리

모든 시료와 분분석은 AOAC (1990) 방법에 의하여 실시하였고 총 에너지 함량은 열량계 (Parr, USA)를 사용해 측정하였다. 크롬 함량은 원자흡광도계 (Shimadzu, Japan)를 사용해 분석하였다. 분석 자료들은 SAS (1985)의 GLM 절차를 이용하여 분석하였다.

다. 결과 및 고찰

실험 1) 가루사료와 가공처리한 사료에 대한 사양성적의 결과는 표 2-2-23과 같다. 먼저 0~7일간 사양성적을 살펴보면, M사료를 급여한 처리구가 일당증체량과 사료섭취량이 익스팬딩한 사료 (EC, EP)에 비해 우수하였으나 ($p<0.05$), 사료요구율은 M사료가 익스팬딩한 사료에 비해 떨어졌다 ($p<0.05$).

표 2-2-23. 사료의 가공이 조기이유자돈 (14일령)의 사양성적에 미치는 영향

처리구	가루	익스팬딩- 펠렛	익스팬딩- 펠렛 크럼블	표준오차
0~7일				
일당증체량 (g/d)	185 ^a	150 ^{ab}	117 ^b	37.04
사료섭취량 (g/d)	219 ^a	141 ^b	122 ^b	45.33
사료요구율 (F/G)	1.19 ^a	0.94 ^b	1.04 ^b	0.14
8~14일				
일당증체량 (g/d)	249	220	256	44.14
사료섭취량 (g/d)	326 ^a	266 ^b	251 ^b	48.54
사료요구율 (F/G)	1.31 ^a	1.21 ^a	0.98 ^b	0.19
0~14일				
일당증체량 (g/d)	217	185	187	33.01
사료섭취량 (g/d)	273 ^a	204 ^b	187 ^b	43.46
사료요구율 (F/G)	1.26 ^a	1.10 ^b	1.00 ^b	0.13

^{a,b} 각 처리간 유의차 있음 ($p<0.05$).

2주차 (8~14일)에서는, 일당증체량은 처리간에 유의적인 차이가 없었다 ($p>0.05$). 그러나 사료섭취량은 M사료가 익스팬딩한 사료에 비해 증가하였으나 ($p<0.05$), 사료요구율에서는 EC사료가 M사료나 EP사료에 비해 떨어졌다 ($p<0.05$).

0~14일간의 결과는 일당증체량은 유의적인 차이가 없었지만 ($p<0.05$) 수치상으로 보면 M사료를 급여한구가 익스팬딩한 구에 비해 14%정도 개선되었다. 한편, 사료섭취량은 M사료를 급여한구가 익스팬딩한 구에 비해 유의적으로 ($p<0.05$) 개선되었으나 사료요구율은 반대로 M사료가 낮았다 ($p<0.05$).

한편, 사료의 소화율을 살펴보면, 지방소화율은 가공하지 않은 사료보다 가공한 사료에서 개선되었으나 ($p<0.05$) 건물, 에너지, 단백질, 그리고 회분에서는 차이가 없었다 (표 2-2-24).

표 2-2-24. 사료의 가공이 조기이유자돈 (14일령)의 영양소소화율에 미치는 영향

처리	가루	익스팬딩- 펠렛	익스팬딩- 펠렛 크럼블	표준오차
건물	80.57	81.22	80.97	1.68
에너지	79.91	81.55	82.77	2.33
단백질	78.09	75.91	78.84	2.72
지방	56.53 ^b	67.77 ^a	68.43 ^a	8.13
회분	35.60	32.81	30.75	5.65

^{ab} 각 처리간 유의차 있음 ($p<0.05$).

실험 2) 가루사료와 가공사료를 급여한 돼지의 사양성적 결과는 표 2-2-25에서 보는 바와 같다. 0~7일까지의 결과를 살펴보면, EP사료를 급여한 돼지가 M사료와는 차이가 없었으나 P사료를 급여한 돼지와는 일당증체량이 유의적으로 낮았다 ($p<0.05$). 사료섭취량은 처리구사이에 유의적인 차이는 없었다 ($p>0.05$). 사료요구율 (F/G)은 다른 사료와 비교하여 P사료를 급여한 돼지가 가장 좋았다 ($p<0.05$).

8~14일까지의 결과를 보면, 일당증체량, 사료섭취량 및 사료요구율이 펠렛사료를 급여한 처리구의 돼지가 다른 처리구와 비교하였을 때 좋은 성적을 보였다 ($p<0.05$). 그러나 M과 EP간에는 차이가 없었다.

0~14일까지의 결과를 보면, 일당증체량, 사료섭취량, 사료요구율 (F/G)은 펠렛사료를 급여한 처리구가 가루사료나 익스팬딩-펠렛사료를 급여한 처리구보다 유의적으로 더 좋았다 ($p<0.05$).

가루사료와 가공사료를 급여한 돼지의 영양소소화율 결과는 표 2-2-26에서 보는 바와 같다. 건물, 에너지, 단백질, 지방 및 회분의 소화율은 처리간에 유의적인 차이가 없었다 ($p>0.05$).

표 2-2-25. 사료의 가공이 이유자돈 (24일령)의 사양성적에 미치는 영향

	가루	단순펠렛	익스팬디드-펠렛	표준오차
0~7일				
일당증체량 (g/d)	276 ^{ab}	332 ^a	264 ^b	33.90
사료섭취량 (g/d)	401	422	389	18.62
사료요구율 (F/G)	1.45 ^b	1.27 ^a	1.48 ^b	0.11
8~14일				
일당증체량 (g/d)	401 ^b	465 ^a	408 ^b	32.53
사료섭취량 (g/d)	607 ^b	629 ^a	612 ^b	12.14
사료요구율 (F/G)	1.51 ^a	1.35 ^b	1.50 ^a	0.09
0~14일				
일당증체량 (g/d)	329 ^b	389 ^a	325 ^b	32.06
사료섭취량 (g/d)	504 ^b	526 ^a	500 ^b	13.43
사료요구율 (F/G)	1.48 ^a	1.31 ^b	1.49 ^a	0.10

^{ab} 각 처리간 유의차 있음 ($p < 0.05$).

표 2-2-26. 사료의 가공이 조기이유자돈 (24일령)의 영양소소화율에 미치는 영향

처리	가루	펠렛	익스팬디드-펠렛	표준오차
건물	84.97	85.36	84.06	0.88
에너지	87.06	87.39	85.14	1.22
단백질	89.05	87.99	86.64	2.06
지방	88.15	85.34	88.71	5.64
회분	71.14	72.26	63.71	6.77

* 유의차 없음 ($p > 0.05$).

이 실험에서, 사료의 단순펠렛팅이 어린 이유자돈에서 익스팬디드한 사료에 비해 우수한 결과를 보였다. 펠렛사료의 장점이라 생각되는 사료의 허실 감소, 원료사료의 분리감소, 병원성 미생물의 사멸효과, 단백질과 전분의 열처리에 따른 변형, 기호성 증진 등의 이유로 펠렛사료가 돼지의 성장효과를 개선시키는 것으로 사료된다 (Behnke, 1994). 익스팬디드한 사료가 단순펠렛팅한 사료에 비해 성적이 떨어지는 이유는 확실치 않다. Peisker (1994)는 4~8 주령의 어린 돼지에서 있어, 익스팬디드 처리 사료가 가루사료나 펠렛사료보다 더 기호성이 있으며 사료 섭취량을 개선시키지만, 4~8주령 이후에는 결코 유의성이 없었다고 보고하였다. 익스팬디드 (팽화) 가공은 비타민 손실에 영향을 미칠지도 모른다. 익스팬디드-펠렛사료의 경우 전반적으로 사료 섭취를 다소 저해시키는 것으로 나타났는데 그 원인에 대해서는 기존의 연구만으로 규명하기 어려운 실정이다. 단지 익스팬

디드 처리 과정에서의 사료의 부피 증가 또는 질감 (texture)이나 경도의 변화와 연관된 것으로 유추되나 이에 대해서는 전문적인 연구가 필요할 것으로 판단된다. 어린 돼지 사료의 익스팬디드-펠렛에 관한 연구에서 배합사료 전체를 익스팬디드한 경우보다 특정원료만을 선택하여 익스팬디드 가공한 경우 익스팬디드-펠렛의 효과가 증대되는 것으로 보아 원료 사료의 종류에 따라 익스팬디드에 의하여 양돈 생산성이 달라질 수 있음을 시사해준다. 이 경우에 특히, 열에 민감할 뿐 아니라 사료적 가치가 우수한 원료가 포함된 경우 익스팬디드-펠렛 가공의 적용에 주의를 기울여야 할 것으로 판단된다. 이 경우 열에 민감한 원료를 제외하고 나머지 원료만을 선택하여 expanding 처리한 후 전체 사료를 펠렛 성형시키는 방법을 적용하는 것이 바람직할 것으로 판단된다. 본 연구의 결과는 Johnstone 등 (1999)의 보고와 일치하는데 그들 역시 배합사료의 익스팬디드는 가루사료나 단순펠렛보다 성적이 떨어지는 것으로 보고하였다.

익스팬디드시 사료중의 에너지소화율은 증가하는 것이 일반적이지만 (Johnstone 등, 1999), 본 시험에서는 에너지 소화율이 개선되지 못했다. Chae 등 (1997)이 발표한 자료에서도 가공처리한 사료를 급여했을 때 영양소소화율이 개선되었다는 결과와는 다르다.

라. 결 론

이유자돈에서 익스팬디드한 사료의 급여효과는 가루사료에 비해서 현저히 떨어지며 단순펠렛한 경우는 개선되었다. 따라서 어린 자돈에서 완전배합사료의 가공은 단순펠렛가공이 바람직한 것으로 사료된다.

마. 참고문헌

- AOAC. 1990. Official method of analysis (15th ed). Association of Official Analytical Chemists. Arlington, VA.
- Behnke, K. C. 1994. Factors affecting pellet quality. Maryland Nutrition Conference. Dept. of Poultry science and Animal Science, College of Agriculture, Univ. of Maryland, College Park
- Chae, B. J., H. I. Kang, I. K. Han, J. H. Kim, W. T. Cho, Y. K. Chung and M. S. Shim. 1997. Effects of Processing of a Complete Diet on Growth Performance and Nutrient Digestibility in Growing Pigs. Kor. J. Anim. Nutr. Feed. 21 (6):497-502.
- Hancock, J. D. 1992. Extrusion cooking of dietary ingredients for animal feeding. Contribution No. 92-316A. Kansas Agricultural Experimental Station. Published in

- Proc. of the Distillers Feed Conference. Cincinnati, OH. Vol. 47.
- Hongtrakul, K., J. R. Bergstrom, R. D. Goodband, K. C. Behnke, I. H. Kim, W. B. Nessmith, M. D. Tokach, and J. L. Nelssen. 1996. The effect of ingredients processing and diet complexity on growth performance of the segregated early weaned pig. Kansas Agri. Exp. Sta. Rep. Prog. SRP 772. Kansas State Univ., Manhattan. KS. p. 43.
- Johnstone, S. L., R. H. Hines, J. D. Hancock, K. C. Behnke, S. L. Traylor, B. J. Chae and In K. Han. 1999. Effects of expander conditioning of complex nursery diets on growth performance of weanling pigs. Asian-Aus. J. Anim. Sci. 12 (3):395-399.
- NRC. 1988. Nutrient Requirements of Swine (9th Ed.). National Academy Press, Washington, DC.
- Peisker, M. 1994. An expander effect on wheat bran in piglet rations. Extrusion Communique, June 1994.
- Traylor, S. L., S. L. Johnston, K. C. Behnke, J. D. Hancock, P. Sorrell, J. R. Froetschner, F. J. Fairchild and R. H. Hines. 1997. Diet complexity and conditioning method affect growth performance and nutrient digestibility in nursery pigs. J. Anim. Sci. 75 (Suppl. 1): 72 .
- SAS. 1985. SAS. User's Guide : Statistics, SAS Inst. Inc. Cary. NC.

(본 논문은 한국동물자원과학회지에 게재 예정입니다)

제 3절 육성비육돈을 위한 새로운 사양체계 및 영양소 요구량에 관한 연구

1. 사료내 라이신 수준이 육성돈 수태지와 암태지의 성장과 영양소 소화율에 미치는 영향

가. 서 론

수태지는 거세돈과 비교했을 때 같거나 좀 더 빠른 성장률을 나타내지만 오히려 적은 사료 섭취량을 보인다 (Bayley와 Summers, 1968). 거세돈의 자발적인 사료 섭취는 암태지에 비해서 그 양이 많다. 암태지와 거세돈간의 사료 섭취량의 차이는 체중과 관련이 있지만 처음 혹은 이유 후 기간 동안에는 사료 섭취량의 차이를 알 수가 없다 (NRC, 1987). 요크셔 성별 그룹에서의 결과에 의하면 (Siers, 1975), 수태지는 암태지보다 13% 정도 빠른 성장을 하였고 수태지는 증체 단위당 7% 정도 적은 사료를 필요로 하고, Bereskin과 Steele (1986)은 듀록 암태지에 있어서는 수태지보다 3%정도 빨리 성장하지만, 요크셔 수태지는 암태지보다 8%정도 빨리 성장한다고 보고하였다. Castell 등 (1985)은 3원 교잡종 {Hampshire×(Landrace×Yorkshire)} 수태지와 암태지는 성장률에 있어서 차이는 없었지만 교잡 암태지의 경우는 교잡 수태지보다 4.5%정도 많은 양의 사료를 소비한다고 보고하였다. {Hampshire×(Landrace×Yorkshire)} 교잡종 수태지, 암태지, 거세돈 중에서 거세돈이 사료 섭취량의 증가 때문에 암태지보다 12% 정도 빨리 성장하였다. 비록 수태지가 암태지보다 빨리 자라고 수태지가 단위당 사료 요구량이 적다는 것 (Siers, 1975; Bereskin과 Steele, 1986; Yen 등, 1986b)을 잘 알고 있지만, 반대의 결과 (Castell 등, 1985; Bereskin과 Steele, 1986; Yen 등, 1986a)가 나오지 않는 것은 아니다.

여러 실험들이 성별의 차이에 따른 아미노산과 에너지 수준을 알아보기 위해 수행되었다. Newell과 Bowland (1972)는 수태지가 암태지나 거세 수태지보다 높은 단백질과 라이신 요구량을 필요로 한다고 하였고, Batterman 등 (1985)도 돼지들을 자유급이 시켰을 때 수태지의 라이신 요구량이 암태지보다 높다고 밝혔으나 급이가 제한되었을 때 성별의 차이는 나타나지는 않았다. Castell 등 (1985)은 0.87% 혹은 0.76%의 라이신이 들어 있는 사료를 먹였을 때 수태지와 암태지, 거세 수태지 간에 차이는 나타나지 않음을 알게 되었다. 그러나, 이 실험에서는 라

이신 첨가량이 너무나 작았기 때문에 영향을 미치지 않았다고 할 수 있다. Yen 등 (1986a,b)은 {Landrace×(Landrace×Large White)} 수퇘지, 거세돈과 암퇘지에 있어서 라이신 양의 차이에 따른 성장률의 차이를 비교하였다. 0.75% 부터 1.45%까지 8개의 범위로 나누어 25kg에서 55kg까지의 돼지에게 급여하였고, 50kg에서 90kg까지의 돼지에게는 0.56%부터 1.24%까지의 라이신 양을 8개의 범위로 나누어 급여하였다. 25-55kg까지의 돼지에서는 성별에 다른 사료와 성별간의 상호작용이 나타나지 않았다. 50-90kg까지의 돼지에서는 수퇘지가 거세 수퇘지보다는 11%, 암퇘지보다는 8%정도 높은 성장률을 보였다. 사료 섭취량은 비슷하였으나 수퇘지에 있어서 사료 효율이 뛰어났음을 알 수 있다. 앞서 얘기한 바와 같이 육성돈에 있어서 라이신의 요구량에 관한 연구들이 많이 진행되었으나, 식이 라이신 수준의 성별에 따른 효과에 대해서는 많은 연구가 이루어지지 않았다. 또한 같은 종안에서 선택에 계통안이나 같은 계통들 사이에 다른 교잡종 사이에서의 차이도 있을 수 있기 때문에 한국에 흔한 교잡종 돼지 (Landrace×Large White×Duroc)에 있어서 라이신 요구량에 대해서는 재실험이 필요하다.

그러므로, 본 실험은 성별간의 교잡종 돼지 (Landrace×Large White×Duroc)의 성장률과 영양소 소화율에 있어서 라이신의 효과를 알아보기 위하여 수행되었다.

나. 재료 및 방법

이 실험을 수행하기 위해서 평균 32.63 kg인 각각 75마리의 암컷과 수컷 (총 150마리) 교잡종 돼지 (Landrace×Large White×Duroc)가 이용되었다. 실험에 이용된 사료는 옥수수-대두박 위주로 라이신이 0.95%, 1.10%와 1.25%씩 들어 있는 세 종류의 사료였고, 세 종류 사료의 각각 에너지 수준은 사료 섭취량에 영향을 끼치지 않을 만큼의 3,310 ME kcal/kg 이었다. 라이신을 제외한 주요 제한 아미노산들은 Baker와 Chung (1992)이 제안한 이상 아미노산 유형에 따라 포함되었다. 사료 배합율표와 화학적인 조성은 표 2-3-1에 잘 나타나 있다. 돼지들은 콘크리트 마루로 된 돈사에서 5주 동안 사양되어졌고, 물과 사료를 마음대로 먹을 수 있게 하였다. 영양소 소화율을 측정하기 위해서 전분채취법이 이용되었고, 평균 40kg인 돼지 6마리 (암컷 3마리, 수컷 3마리)를 대사실험실에서 개별 사양하였으며, 4일간의 적응 기간을 거친후, 3일동안 배설되는 총 분을 수집하였다. 소비된 사료의 양과 총 배설물 양은 매일 대사 실험 기간동안 기록되었다.

표 2-3-1. 사료배합율표와 영양소 함량

처리	Lys 0.95	Lys 1.10	Lys 1.25
원료성분, %			
옥수수	57.86	61.61	63.36
밀겨	-	2.05	6.05
대두박	35.56	29.88	23.88
우지	3.23	3.17	3.49
석회석	0.08	0.08	0.13
제삼인산칼슘	1.95	2.00	2.00
소금	0.12	0.12	0.12
DL-메치오닌	0.27	0.17	0.07
L-라이신	0.14	0.12	0.11
트레오닌	0.003	-	-
비타민-광물진 ¹	0.45	0.45	0.45
콜린산	0.09	0.09	0.09
항생제	0.25	0.25	0.25
합계	100.00	100.00	100.00
화학적조성 (%)			
조단백질	16.0	18.0	20.0
라이신	0.95	1.10	1.25
메치오닌	0.33	0.36	0.39
트레오닌	0.75	0.78	0.85
트립토판	0.20	0.22	0.23
대사에너지 (kcal/kg)	3,310	3,310	3,310
칼슘	1.00	1.00	1.00
인	0.90	0.90	0.90

¹ Provided the followings by per kg vitamin - mineral mixture : Vitamin A, 2000,000 IU; Vitamin D₃, 400,000 IU; Vitamin E, 250 IU; Vitamin K₃, 200 mg; Vitamin B₁, 20 mg; Vitamin B₂, 700 mg; Calcium pantothenate, 3,000 mg; Choline chloride, 30,000 mg; Niacin, 8,000 mg; Vitamin B₁₂, 2,200 mg; Pyridoxine, 200 mg; Mn, 1,200 mg; Zn, 15,000 mg; Co, 100 mg; Cu, 500 mg; Fe, 4,000 mg; Folic acid, 40 mg; BHT, 5,000 mg; Mg, 200 mg; I, 250 mg.

² Calculated value.

다. 결과 및 고찰

1) 성장률

처음 3주 동안은 라이신 수준에 따른 암수사이의 일당 증체량의 차이는 없었다. 그러나 제일 높은 일당 증체량은 수컷은 라이신 수준 1.25%, 암컷은 라이신 수준 1.10%에서 찾을 수 있다 (표 2-3-2). 그러나, 암수의 라이신 수준에 있어서 일일 사료 섭취량과 사료 요구율에 있어서는 큰 차이는 보이지 않았으나, 두 성별간에 일당 증체량과 일일 사료 섭취량과 사료 요구율에 있어서는 차이를 보였다. 마지막 2주 동안 일당 증체량과, 일일 사료 섭취량과 사료 요구율에 있어서는 성별간에 사료 라이신 수준에 의한 영향을 받지 않았다. 그러나, 처음 3주 동안과 마찬가지로 수태지에 있어서는 라이신 수준이 1.25%인 경우, 암태지에 있어서는 라이신 수준이 1.10%일 때 일당 증체량이 최고 수준이었다. 암수간 일당 증체량과 일일 사료 섭취량은 차이를 보이지 않았으나, 암수간 사료 요구율에 있어서는 뚜렷한 차이를 보였다. 전체 5주 동안, 수태지에 있어서 라이신 수준이 1.25%일 때보다 0.95%일 때 일당 증체량이 더 높았고, 1.10% 라이신 수준일 때 사료 요구율은 다른 두 라이신 수준보다 더 빨리 증가하였다. 암태지에 있어서는 일일 사료 섭취량과 사료 요구율은 라이신 수준에 영향을 받지 않았으나, 사료 요구율에 있어서는 라이신 수준이 1.10%일 때 조금 더 높았다. 암수간에 비교를 하면 수태지가 암태지보다 일당 증체량, 사료 섭취량과 사료 요구율에 있어서 높은 수치를 보였다.

본 사양실험의 결과는 수컷은 라이신이 1.25% 수준일 때, 암컷은 1.10%일 때 최대 성장률을 보였다. 25-50kg 사이의 암수 육성돈에 있어서 같은 결과가 Yen 등 (1986a)에서도 나타났다. Yen 등 (1986a)의 실험에서는 라이신 수준이 0.1%의 차이로 0.75% 부터 1.45%까지 주어졌고, 모든 사료는 같은 소화 에너지 값을 가지고 있었다. 결과에 있어서 가장 높은 성장률은 수태지에서는 1.12%, 암태지에서는 1.01%, 거세 수태지에서는 라이신 수준이 1.09%일 때 나타났다. Campbell 등 (1988)은 가장 높은 성장률을 보이기 위해서는 20-50kg의 생체중을 가지는 수태지에서는 라이신 수준이 1.09%, 암태지에서는 1.03%라고 보고하였다. Giles 등 (1986)은 육성돈에서 20-50kg 기간 동안 0.8-1.2%의 라이신 수준을 급여했을 때 아미노산 : 에너지의 상호작용을 조사했고, 자유 급이시킨 수태지와 제한 급이시킨 암태지의 최대 일당 증체량과 최소 사료 요구율은 성장기간동안 라이신 수준 1.22%의 사료를 급여하였을 때 찾아볼 수 없었다고 보고하였다. 앞서 얘기된 바와 같아. Yen 등 (1986a)의 결과는 이 번 결과보다는 조금 낮은 수치의 결과를 보인다. Yen 등 (1986a)의 실험은 최적의 라이신 수준이 수태지에서는 1.12%, 암태지에서는 1.09%라고 하였고, 이 번 실험에서는 수태지, 암태지 각각 1.25%와

1.10%였다. 이러한 차이들은 그들이 사용한 사료의 에너지 수준이 낮기 때문에 야기된 것이 아닌가 짐작할 수 있다. 그들의 실험에서는 13.65 MJ/kg의 사료를 이용하였고, 대사 에너지로 변환시키면 이 값은 총 3,132 ME kcal/kg이 된다. 사료에서의 낮은 에너지 수준이 라이신의 이용성을 떨어뜨리게 되었을 것이다. 높은 성장률과 질소 소비비율에 대한 최적의 라이신:에너지의 비율에 관한 많은 보고가 있었는데, Van Lunen과 Cole (1996), Campbell과 Tavener (1988), Rao와 McCracken (1992)은 최적의 라이신:DE의 비율이 각각 0.7-1.0, 0.73과 0.88이라고 보고하였다. 일반적으로, 더 빨리 성장하는 육성돈에 있어서 높은 성장률과 질소 소비비율에 대한 최적의 라이신:에너지 비율은 순서대로 0.7에서 1.0까지 MJ DE 당 라이신이 증가될 때 더 높은 것으로 나타났다. Yen 등 (1986a)의 실험에서는 라이신:DE 비율이 최대 성장률을 보이기 위한 라이신 수준 1.12%와 1.09%일 때 약 0.80g/MJ인 것으로 나타났다. 실험에서 더 높은 라이신 수준에서의 높은 라이신:DE 비율은, 사료에서의 라이신 양이 1.12% 이상일 때 반응이 없는 것으로 나타났다. 이 번 실험에서는 사료의 라이신 수준이 1.25%, 1.10%와 0.95% 일 때, 각각의 라이신 : DE의 비율은 0.87, 0.76과 0.66g/MJ 이었다. 이 값들은 Campbell 과 Tavener (1988)과 Rao와 McCracken (1992) 실험에서와 거의 비슷한 수치이다.

표 2-3-2. 성별과 라이신 수준이 성장에 미치는 영향

처리구	수태지			미경산돈			SE ¹	유의성
	Lys	Lys	Lys	Lys	Lys	Lys		
	0.95	1.10	1.25	0.95	1.10	1.25		
0-21일								
일당증체량 (kg)	0.941 ^{ab}	0.962 ^{ab}	0.987 ^a	0.920 ^b	0.962 ^{ab}	0.933 ^b	0.008	*
일당사료섭취량 (kg)	1.954 ^b	2.052 ^b	2.041 ^b	2.175 ^a	2.286 ^a	2.226 ^a	0.029	**
사료효율	2.075 ^b	2.133 ^b	2.067 ^b	2.364 ^a	2.375 ^a	2.387 ^a	0.029	**
21-35일								
일당증체량 (kg)	0.934 ^{ab}	0.950 ^{ab}	0.988 ^a	0.905 ^b	0.952 ^{ab}	0.938 ^{ab}	0.010	NS
일당사료섭취량 (kg)	2.257	2.452	2.316	2.379	2.477	2.512	0.034	NS
사료효율	2.423 ^{bc}	2.580 ^{abc}	2.349 ^c	2.630 ^{ab}	2.601 ^{ab}	2.678 ^a	0.035	**
0-35일								
일당증체량 (kg)	0.937 ^{bc}	0.956 ^{abc}	0.989 ^a	0.915 ^c	0.960 ^{ab}	0.933 ^{bc}	0.008	**
일당사료섭취량 (kg)	2.076 ^c	2.212 ^b	2.151 ^{bc}	2.256 ^{ab}	2.362 ^a	2.341 ^a	0.026	**
사료효율	2.214 ^c	2.344 ^b	2.175 ^c	2.466 ^a	2.462 ^a	2.508 ^a	0.027	**

^{a,b} 같은 줄에서 서로 다른 첨자간에는 $p < 0.05$ 수준에서 유의차가 있음.

¹ SE : 표준오차.

³ NS, *, ** : 각각 $p < 0.05$, $p < 0.01$ 에서 유의성 없음.

암수간에는 사료 요구율에 있어서는 큰 차이가 있었는데, 그 차이는 라이신 수준이 1.25%일때 즉, 라이신:DE 비율이 높을 경우에 가장 컸다. Van Lunen과 Cole (1996)은 높은 라이신:DE 비율에서 암퇘지의 낮은 사료 요구율은 수컷보다 아미노산화를 위해서 더 많은 단백질이 필요하다는 것을 말한다. 수컷이 사료 단백질을 암컷보다는 더 융용하게 이용한다는 것은 널리 알려진 사실이다 (Kyriazakis와 Emmans, 1992). 효율에 있어서 차이가 완전히 설명될 수는 없어도, 두 가지 가능한 설명이 밝혀졌다 (Van Lunen과 Cole, 1996). 암컷에서 사용가능한 NDR의 값이 작으면 작을수록 과도한 사료 단백질 값을 가지는 것으로 나타났다. 일반적으로, 수컷이 암컷보다 사료 단백질의 이용성이 더 뛰어나지만, 우리의 결과에서는 암컷의 조단백질 소화율이 수컷보다 약간 높은 것으로 나타났다. 그것은 아마도 제한 급이 (2주 동안의 자유 급이 양의 90%)의 결과라고 생각된다. 암컷이 대개 수컷보다 더 많은 양의 사료를 섭취하기 때문에 제한 급이는 아마도 암컷에서의 더 높은 단백질 소화율을 야기할 것이다. 그러나, 암컷에서 더 낮은 사료 요구율을 보이기 때문에 암컷에서의 더 많은 단백질이 아미노산화 될 것이다.

수컷에서 조단백질의 소화율은 이용성을 떨어뜨리는 낮은 라이신:DE의 비율에서보다 1.25% 라이신 수준일 경우에 더 높다. 두 번째로 단백질의 이용성은 수컷이 암컷보다 더 높은 이용성을 보이기 때문에 성 특이성을 보인다.

2. 영양소 소화율

영양소 소화율에 있어서 사료의 라이신 수준의 효과가 표 2-3-3에 잘 나타나 있다. 표 2-3-3에서와 같이 건물, 조회분, 조단백질, 조지방, 총에너지, 칼슘과 인의 소화율은 암수간에 뚜렷한 차이를 보이지 않는다. 사료내의 라이신 양이 줄어들면, 조회분의 소화율이 감소됨을 알 수 있다. 수컷에 대한 건물, 조지방, 총에너지, 칼슘과 인의 소화율은 사료내의 라이신 수준에 영향을 받지 않았다. 암컷에 있어서 건물, 조회분, 조단백질, 조지방, 총에너지, 칼슘과 인의 소화율에 있어서는 큰 차이를 보이지 않았다.

아미노산 소화율에 있어서 암수간의 차이와 라이신 수준의 영향은 표 2-3-4에 나타나 있다. 암수간에 Tyrosine을 제외하고는 다른 아미노산에서는 차이를 보이지 않았다. 수컷의 라이신 소화율은 암컷의 라이신 소화율보다 높았지만, 차이는 크지 않았다. 아미노산 소화율에 있어서 암수간에 라이신 수준에 따른 일정한 경향을 보이지는 않았다. 결과적으로, 사양시험과 대사실험에 기초하여 최적의 사료 라이신 수준은 수퇘지와 암퇘지에 있어서 각각 약 1.25%와 1.10% 수준 정도 일 것이다.

표 2-3-3. 성별과 라이신 수준이 영양소 소화율에 미치는 영향 (%)

처리구	수태지			미경산돈			SE ¹	유의성
	Lys 0.95	Lys 1.10	Lys 1.25	Lys 0.95	Lys 1.10	Lys 1.25		
건물	88.53	88.52	91.92	90.39	91.53	91.87	0.525	NS
조회분	66.41 ^b	68.58 ^{ab}	77.86 ^a	73.91 ^{ab}	75.98 ^{ab}	78.24 ^a	1.539	NS
조단백질	85.30 ^b	85.65 ^b	91.31 ^a	87.30 ^{ab}	89.03 ^{ab}	91.43 ^a	0.773	NS
조지방	93.59	90.62	92.85	95.03	93.01	92.43	0.564	NS
총에너지 (kcal/g)	88.80	88.03	91.80	90.38	91.10	91.79	0.516	NS
인	68.75	69.00	76.50	76.00	76.25	76.75	1.397	NS
칼슘	85.47	85.15	89.81	87.81	88.33	88.86	0.658	NS

^{ab} 같은 줄에서 서로 다른 첨자간에는 $p < 0.05$ 수준에서 유의차가 있음.

¹ SE : 표준오차.

² NS : 유의성 없음

표 2-3-4. 성별과 라이신 수준이 아미노산 소화율에 미치는 영향

처리구	수태지			미경산돈			SE ¹	유의성
	Lys 0.95	Lys 1.10	Lys 1.25	Lys 0.95	Lys 1.10	Lys 1.25		
아미노산 (%)								
트레오닌	88.01	86.04	86.90	86.22	84.20	90.20	1.01	NS
발린	87.42	88.71	89.63	87.72	88.25	92.81	0.81	NS
메치오닌	84.14	92.35	92.53	86.18	85.98	92.40	1.44	NS
이소루신	85.34	87.28	86.81	88.45	87.24	92.17	0.95	NS
루신	89.22 ^{ab}	87.85 ^b	88.20 ^{ab}	89.89 ^{ab}	89.00 ^{ab}	92.78 ^a	0.62	NS
페닐알라닌	93.35 ^a	86.54 ^b	89.77 ^{ab}	92.10 ^{ab}	93.04 ^a	94.63 ^a	0.91	NS
히스티딘	87.30	88.05	85.05	89.44	91.16	95.11	1.31	NS
라이신	91.23	89.03	90.47	89.24	87.18	90.97	0.79	NS
아지닌	95.49	95.66	95.40	93.28	92.79	94.93	0.40	NS
필수아미노산	89.05	89.06	89.42	89.17	88.76	92.89	0.70	NS
아스파라진	91.22	88.88	89.85	89.47	87.42	92.31	0.75	NS
세린	92.15	90.38	90.60	90.25	88.47	93.94	0.73	NS
글루타민	94.12	93.07	93.72	93.91	92.39	95.18	0.43	NS
프로라인	91.30	92.29	92.88	87.52	81.93	89.53	1.49	NS
글라이신	88.14	86.33	87.67	87.77	87.65	92.76	0.86	NS
알라닌	85.50 ^{ab}	83.77 ^b	85.87 ^{ab}	86.76 ^{ab}	88.02 ^{ab}	92.53 ^a	1.00	NS
타이로신	89.16 ^a	85.64 ^a	74.35 ^b	90.39 ^a	92.23 ^a	84.57 ^{ab}	1.79	NS
비필수아미노산	90.23	88.62	87.86	89.55	88.30	91.55	0.65	NS
총아미노산	89.57	88.87	88.74	89.29	88.56	92.30	0.65	NS

^{ab} 같은 줄에서 서로 다른 첨자간에는 $p < 0.05$ 수준에서 유의차가 있음.

¹ SE : 표준오차, ² NS, * : $p < 0.05$ 에서 유의성 없음.

라. 참고문헌

- AOAC. 1990. Official methods of analysis (15th ed). Association of official analytical chemists. Washington, D. C.
- Baker, D. H. and T. K. Chung. 1992. Ideal protein for swine. Biokyowa Technical Review-4. Biokyowa, Inc., Chesterfield, MO.
- Batterham, E. S., L. R. Giles and E. B. Dettmann. 1985. Amino acid and energy interactions in growing pigs. 1. Effects of food intake, sex and live weight on the responses of growing pigs to lysine concentration. Anim. Prod. 40 : 331.
- Bayley, H. S. and J. D. Summers. 1968. Effect of protein level and lysine and methionine supplementation on the performance of growing pigs : Response of different sexes and strains of pigs. J. Anim. Sci. 48 : 181.
- Bereskin, B. and N. C. Steele. 1986. Performance of Duroc and Yorkshire boars and gilts and reciprocal breed crosses. J. Anim. Sci. 62 : 918.
- Campbell, R. G. and M. R. Tavener. 1988. Relationships between energy intake and protein and energy metabolism, growth and body composition of pigs kept at 14 or 32°C from 9 - 20 kg. Livestock Production Science 18 : 289.
- Campbell, R. G., M. R. Tavener and D. M. Curic. 1984. Effect of feeding level and dietary protein content on the growth, body composition and rate of protein deposition in pigs growing from 45 to 90 kg. Anim. Prod. 38 : 233.
- Campbell, R. G., M. R. Tavener and D. M. Curic. 1988. The effects of sex and live weight on the growing pig's response to dietary protein. Anim. Prod. 46 : 123.
- Castell, A. G. and J. H. Strain. 1985. Influence of diet and sex-type (boar, castrate or gilt) on live and carcass measurements of self-fed pigs from two breed lines differing in growth rates. Can. J. Anim. Sci. 65:185.
- Castell, A. G., R. L. Cliplef and R. M. McKay. 1985. Effects of diet, litter, and sex type on the performance (from 22 to 90 kg liveweight) and carcass measurements of crossbred pigs. Can. J. Anim. Sci. 65 : 821.
- Cop, W. A. G. and G. A. J. Buiting. 1977. Feed intake in six lines of pigs and its influence on growth and carcass traits. Anim. Prod. 25 : 291.
- Duncan, D. B. 1955. Multiple range and multiple F test. Biometrics 11:1.
- Ekstrom, K. E. 1991. Genetic and sex considerations in swine nutrition. In : Swine Nutrition (Eds. : E. R. Miller, D. E. Ullrey and A. J. Lewis). Butterworth - Heinemann. pp. 415 - 424.
- Giles, L. R., E. S. Batterham and E. B. Dettmann. 1986. Amino acid and energy

- interactions in growing pigs. Anim. Prod. 42 : 133.
- Hertzler, H. O. and R. H. Miller. 1972. Rate of growth as influenced by selection for high and low fatness in swine. J. Anim. Sci. 35 : 730.
- Kyriazakis, I. and G. C. Emmans. 1992. The effects of varying protein and energy intakes on the growth and body composition of pigs. 1. The effects of energy intake at constant, high protein intake. Brit. J. Nutr. 68 : 615.
- Mason, V. C. 1984. Metabolism of nitrogenous compound in the large gut [Emphasis on recent findings in the sheep and pig]. Proc. Nutr. Soc. 43 : 45.
- NRC. 1987. Predicting feed intake of feed-producing animals. National Academy Press, Washington D. C.
- Newell, J. A. and J. P. Bowland. 1972. Performance, carcass composition, and fat composition of boars, gilts and barrows fed two levels of protein. Can. J. Anim. Sci. 52 : 543.
- Rao, D. S. and K. J. McCracken. 1992. Energy : protein interactions in growing boars of high genetic potential for lean growth. 1. Effects on growth, carcass characteristics and organ weights. Anim. Prod. 54 : 75.
- SAS. 1985. SAS User's Guide : Statistics, SAS Inst, Inc., Cary, NC.
- Siers, D. G. 1975. Live and carcass traits in individually fed yorkshire boars, barrows and gilts. J. Anim. Sci. 41 : 522.
- Van Lunen, T. A. and D. J. A. Cole. 1996. The effect of lysine/digestible energy ratio on growth performance and nitrogen deposition of hybrid boars, gilts and castrated male pigs. Anim. Prod. 63 : 465.
- Yen, H. T., D. J. A. Cole and D. Lewis. 1986a. Amino acid requirements of growing pigs. 7. The responses of pigs from 25 to 55 kg live weight to dietary ideal protein. Anim. Prod. 43 : 141.
- Yen, H. T., D. J. A. Cole and D. Lewis. 1986b. Amino acid requirements of growing pigs. 8. The responses of pigs from 50 to 90 kg live weight to dietary ideal protein. Anim. Prod. 43:155.

(본 논문은 한국영양사료학회지 22권 6호 페이지 157-164에 발표된 논문임)

2. 기별사양이 거세 육성돈과 암돼지의 성장, 영양소 소화율과 영양소 배설에 미치는 효과

가. 서 론

전통적인 사양 체계에서는 성장단계에 있는 동물에 있어서 자유 급이를 할 수 있어서 시간의 제약을 받지 않고 사료를 섭취할 수 있었다. 체중의 증가 및 성숙도의 증가와 함께 동물의 영양소 요구량을 맞추어 주기 위한 시도가 사료의 영양소 구성을 변화시키면서 이루어졌다. 그 변화가 좀 더 자주 일어날수록 좀더 정확한 요구율을 알 수가 있었다. 그러나, 실용적인 양돈에 있어서 많은 양의 사료를 취급한다는 것은 받아들이기 어렵기 때문에 불가피하게 한 마리 혹은 집단 사육시 요구량과 이용된 사료의 양에 대한 절충안이 나올 수 밖에 없었다. 지금까지는 양돈 산업에서 사료 비용과 영양소 과공급은 무시한 채 성장만 최대로 하기 위해 사료를 배합하는 경향이 있었다. 돼지들은 대부분 이유부터 출하 때까지 세 가지 종류의 사료를 먹게 되는데 이 때 유전자형이나 성별과 상태들은 무시되는 것이다. 그런 상황에서 우리는 육성기와 비육기를 위한 사양 프로그램을 개발하고 일반적인 사육환경 이하의 상황에서 능력이 떨어지는 돼지들의 평균적인 요구량을 위해 사료를 공급하는 것에 만족해왔다. 그러나, 양돈 산업에서 상대적으로 아주 적은 돼지가 평균에 미치는 동안 돼지와 사양 조건에는 상당히 많은 변동이 있었다. 또한 최근의 돼지 생산에 있어서, 가축으로부터 오염물질을 줄이기 위한 노력들이 많이 보이고 있다. 지금까지 동물이 배출하는 분을 줄이기 위한 가장 좋은 방법은 생물학적으로 활동성이 있는 효소제와 효모 같은 물질을 가지고 영양소의 소화율을 향상시키는 방법과 (Kwon 등, 1995a, b; Noh 등, 1995; Park 등, 1994; Han과 Min 등, 1991) 합성 아미노산을 이용한 사료에서의 조단백질 함량을 줄이는 것이다 (Han 등, 1978, 1995; Chae 등, 1988; Dagher, 1983; Heo 등, 1995; Jin 등, 1998).

Honeyman (1996)과 Paik 등 (1996)은 기별사양이 동물의 분 배설량을 줄일 수 있는 또 다른 방법이라고 하였다. 기간 사양은 생산의 단계에 맞게 수정된 사료를 이용하는 방법이다. 이런 것은 과다한 사료의 급여와 비료에서의 불필요한 영양소의 배설을 막을 수가 있다 (Paik 등, 1996). Jongbloed와 Lenis (1992), Paik 등 (1996)은 기간 사양을 통해서 질소와 인의 배설이 2-10% 정도 줄어들 것이라고 밝혔다. 돼지는 성장을 하면서 아미노산 요구량이 변하기 때문에 기별사양이 동물의 성장을 저해하지 않는 범위 내에서 분의 배설을 줄일 수 있는 가장 이상적인 방법으로 알려지고 있다.

본 연구는 성장하는 암돼지와 거세 수돼지에서 여러 사양 방법에 따른 성장

를, 영양소 소화율과 영양소 배설물의 효과를 알아보기 위해서 수행되었다.

나. 재료 및 방법

표 2-3-5. 사료배합율표와 영양소함량

단백질수준 (%)	19	18	17	16
원료성분 (%):				
옥수수	43.35	46.18	49.13	52.30
밀	15.00	15.00	15.00	15.00
대두박	30.11	27.50	24.83	21.75
어분	1.00	1.00	1.00	1.00
우지	3.73	3.53	3.28	3.05
당밀	4.00	4.00	4.00	4.00
석회석	0.38	0.38	0.38	0.38
제삼인산칼슘	1.48	1.50	1.50	1.53
소금	0.25	0.25	0.25	0.25
L-라이신	0.08	0.04	0.02	0.00
트레오닌	0.00	0.00	0.00	0.12
비타민-광물질 ¹	0.63	0.63	0.63	0.63
합계	100.00	100.00	100.00	100.00
화학적조성 ² :				
대사에너지 (Mcal/kg)	3.35	3.35	3.35	3.34
조단백질 (%)	19.00	18.00	17.00	16.00
라이신 (%)	1.10	1.00	0.91	0.82
메치오닌+시스틴 (%)	0.62	0.60	0.57	0.54
트레오닌 (%)	0.73	0.69	0.65	0.54
트립토판 (%)	0.24	0.23	0.21	0.20

¹ Supplied per kg of diet : Vitamin A 5,500 IU, Vitamin D₃ 550 IU, Vitamin E 27 IU, menadione sodium bisulfate 2.5 mg, pantothenic acid 27 mg, niacin 33 mg, riboflavin 5.5 mg, Vitamin B₁₂ 0.04 mg, thiamin 5 mg, pyridoxine 3 mg, biotin 0.24 mg, folic acid 1.5 mg, choline chloride 700 mg, selenium 0.15 mg, manganese 0.03 g, zinc 0.1 g, iron 0.1 g, iodine 0.5 mg, magnesium 0.1 g.

² 계산치.

평균 24.9 kg의 암돼지와 거세 수돼지 각각 60마리씩 총 120마리의 교잡 돼지 (Landrace×Large White×Duroc)가 거세 수돼지와 암돼지의 성장률에 대한 기별사양의 효과를 분석하기 위해서 이용되었다. 실험에 이용된 사료는 주로 옥수수와

대두박으로 이루어졌고 이들은 다른 네 가지의 단백질과 라이신 수준을 나타내는 것이었다. 성장기간은 성장하는 돼지에 대한 기별사양의 효과를 알아보기 위해서 생체중으로 전기인 25-41 kg의 시기와 후기인 41-58 kg의 시기로 나누었다. 네 종류의 실험 사료는 세 가지로 만들어졌다 (① 성장 전기와 성장 후기 18% 조단백질, ② 성장 전기: 조단백질 18%, 성장 후기: 조단백질 16%, ③ 성장 전기: 조단백질 19%, 성장 후기: 조단백질 17%). 성장 전기 동안 두 종류의 사료, 18% 조단백질 (lysine 1.0%)과 19% 조단백질 (lysine 1.1%)가 급여되어졌다. 성장 후기 동안은 세 종류의 사료, 18% 조단백질 (lysine 1.0%), 17% 조단백질 (lysine 0.9%)과 16% 조단백질 (0.8% lysine) 사료가 급여되었다. 주된 제한 아미노산이 Baker와 Chung (1992)의 이상 아미노산 유형에 따라 사료에 첨가되어졌고, 이 사료의 배합비와 화학적인 구성은 표 2-3-5에 나타나 있다.

돼지들은 급이기와 급수기가 있는 돈사에서 자유 급식이 허용되는 환경하에서 5주 동안 사양되어졌다. 돈사 내의 온도는 18-22℃ 였다. 전분채취법이 영양소 소화율을 결정하는데 이용되었고, 영양소 소화율은 두 번 측정되었는데 첫 번째는 실험 기간의 처음 중간과 두 번째는 실험 기간의 나중 중간에 측정되었다. 전기 사양기간 동안 암수 각각 3마리씩 총 6마리의 평균 30.5 kg의 돼지가 대사실에서 사양되었고, 후기 사양기간 동안 역시 암수 각각 3마리씩 총 6마리의 평균 48 kg의 돼지가 대사실에서 사양되었다. 3일의 적응 기간이 지난 후에 총 배설물은 3일 연속으로 채취되었다.

다. 결과와 고찰

1) 성장률

거세 수퇘지와 암퇘지의 성장률에 있어서 기간 사양의 효과는 표 2-3-6에 나타나 있다. 전기 사양 기간 동안에 평균 일당증체량과 사료 섭취량은 처리구별로 크게 다르지 않았다. 암퇘지의 사료 효율은 사양 전기에 사료가 조단백질 19%, 후기에 17%일 때가 전·후기 각각 조단백질 18%, 16%일 때보다 더 높았으나, 거세 수퇘지에 있어서는 차이를 보이지 않았다. 후기 사양 기간 동안 조단백질의 함량에 따른 큰 차이는 볼 수 없었다. 전·후기 전체 기간 동안 거세 수퇘지에 있어서 사료 섭취량은 성장 전·후기에 각각 조단백질 18, 16%의 사료를 섭취했을 때 성장 전·후기에 각각 조단백질 19, 16%의 사료를 급여한 암퇘지보다 섭취량이 많았다. 그러나 일당 증체량과 사료 섭취량/증체량은 처리구에 따라 큰 차이를 보이지 않았다.

표 2-3-6. 기별사양이 거세돈과 미경산돈의 성장에 미치는 영향

처리구	거세돈			미경산돈			SE ¹	성별에 따른 유의차
	18-18% 단백질	18-16% 단백질	19-17% 단백질	18-18% 단백질	18-16% 단백질	19-17% 단백질		
25~41 kg								
일당증체량 (kg)	0.782	0.798	0.781	0.800	0.761	0.754	0.01	0.6051
일당사료섭취량 (kg)	1.488	1.532	1.458	1.570	1.578	1.391	0.03	0.7400
사료효율	1.90 ^a	1.93 ^{ab}	1.87 ^{ab}	1.96 ^{ab}	2.04 ^a	1.82 ^b	0.03	0.4658
41~58 kg								
일당증체량 (kg)	0.817	0.805	0.815	0.757	0.782	0.772	0.02	0.0671
일당사료섭취량 (kg)	1.889	1.957	1.967	1.802	1.787	1.767	0.04	0.0073
사료효율	2.32	2.42	2.44	2.38	2.30	2.29	0.03	0.3113
25~58 kg								
일당증체량 (kg)	0.800	0.797	0.798	0.779	0.781	0.769	0.01	0.0670
일당사료섭취량 (kg)	1.686 ^{ab}	1.744 ^a	1.713 ^{ab}	1.686 ^{ab}	1.683 ^{ab}	1.579	0.03	0.0815
사료효율	2.11	2.18	2.15	2.16	2.16	2.05	0.02	0.5408

^{ab} 같은 줄에서 서로 다른 첨자간에는 $p < 0.05$ 수준에서 유의차가 있음.

¹ 표준오차.

성장 전기 동안 성별에 따른 큰 차이도 어느 경우에서도 발견되지 않았으나, 성장 후기 동안 사료 섭취량은 거세 수태지에 있어서 암태지보다 더 많았다. 비록 큰 차이는 아니지만, 거세 수태지의 일당 증체량이 암태지의 경우보다 높았다. 이런 결과에 따라 성별에 따른 차이는 생체중 40 kg 이후에 뚜렷하게 나타났다. Yen 등 (1986a, b)은 성별에 따른 일당 증체량의 차이가 30-35 kg 사이에서 나타나기 시작한다고 하였다. 전체 사양 기간 동안 사양에 이용된 사료의 종류와 성별에 따른 상호작용은 없었다. Giles 등 (1986)은 에너지 섭취량에 관계없이 사양 기간 동안 (20-50 kg 생체중) 거세 수태지와 암태지는 식이 라이신에 있어서 똑같은 반응을 보인다는 결과를 내놓았다. Castell 등 (1985)은 0.84% 혹은 0.76%의 lysine을 포함한 사료를 급여한 수태지, 암태지와 거세 수태지의 성장률을 비교하였을 때 성별×사료 상호작용과 사료의 효과를 발견하지 못하였다. Yen 등 (1986a)도 여러 라이신 수준에서의 성별×사료 상호작용을 발견하지 못하였다. 요약하면, 성장기간 동안 측정된 어떠한 기준에서도 처리구의 큰 차이는 없었다. 전체 실험 기간 동안 거세 수태지와 암태지는 비슷한 성장률을 보였고, 그러므로 같은 영양 수준이 거세 수태지와 암태지에게 이 기간 동안 적용되어 질 수 있는 것으로 보였다. 이 실험결과는 전체 기간 동안 (생체중 25-58 kg) 18 혹은 19%의 조단백질 사료를 돼지에게 급여하면 돼지들의 성장 잠재력을 넘는 영양소 과공

급이 일어날 것이라는 것을 보여준다. 그러므로, 전기와 후기 성장기간 동안의 최적의 단백질 수준은 각각 18%와 16%의 조단백질이다. 이런 수준이상의 단백질 공급은 단백질의 낭비와 오염을 증가시키는 결과를 가져올 것이다. 이 이유는 동물에 단백질 합성에 과도한 아미노산의 이용이 불가능하기 때문이다. 그러므로, 두 사양기간 동안의 사료 종류는 경제적인 그리고 환경적인 측면에서 심각히 고려되어야 할 것이다.

2) 영양소 소화율

표 2-3-7 은 육성 거세 수태지와 암태지의 영양소 소화율에 대한 기별사양의 효과를 보여주고 있다. 처리구 사이에 그리고 성별간에 영양소 소화율에 있어서 큰 차이는 없지만, 19%의 조단백질 사료를 급여한 돼지의 단백질 소화율은 18% 조단백질 사료를 먹었을 때보다 낮았다. 그러나, 그 차이는 경미하였다. 실험 결과는 조단백질이 18% 이상 함유된 사료를 조기 육성돈에 급여하였을 때 단백질의 소화율을 감소시킨다고 나타났다. 후기 육성 기간 동안에는 소화율에 있어서 처리구 혹은 성별의 효과는 나타나지 않았다. 비록 차이가 거의 없었더라도 후기 육성 기간 동안 16%의 단백질 사료를 급여한 돼지의 경우에 18% 혹은 17%의 조단백질 사료를 급여한 돼지보다 낮은 단백질 소화율을 나타내었다.

표 2-3-7. 기별사양이 영양소 소화율에 미치는 영향

처리구	거세돈			미경산돈			SE ²	성별에 따른 유의차
	16-16% 단백질	18-16% 단백질	19-17% 단백질	18-18% 단백질	18-16% 단백질	19-17% 단백질		
25~41 kg								
건물	89.22	90.42	85.00	88.55	89.59	85.51	0.85	0.3766
조단백질	86.17	88.74	83.09	86.22	87.10	83.27	0.93	0.8066
조회분	74.96	77.79	64.77	71.31	77.86	65.04	1.88	0.7352
조지방	81.36	84.34	77.76	83.30	84.96	75.29	1.76	0.9425
인	72.71	76.76	64.16	69.81	76.83	63.19	2.00	0.7261
41~58 kg								
건물	88.41	87.65	87.48	88.65	87.27	87.96	0.58	0.9259
조단백질	86.11	84.66	86.64	85.56	84.67	86.83	0.66	0.9387
조회분	69.27	61.35	63.68	72.55	58.71	66.24	2.11	0.8055
조지방	86.25	83.55	85.65	85.21	82.98	82.04	1.42	0.6041
인	68.03	61.47	59.09	71.31	62.31	63.50	1.97	0.4939

^{a,b} 같은 줄에서 서로 다른 첨자간에는 $p < 0.05$ 수준에서 유의차가 있음.

² 표준오차.

표 2-3-8. 기별사양이 비육전기의 아미노산 소화율에 미치는 영향 (58~76 kg)

처리구	거세돈			미경산돈			SE ¹	성별에 따른 유의차
	18-18%	18-16%	19-17%	18-18%	18-16%	19-17%		
	단백질	단백질	단백질	단백질	단백질	단백질		
필수 아미노산 (%)								
트레오닌	90.10 ^{ab}	92.74 ^a	83.15 ^b	88.44 ^{ab}	88.86 ^{ab}	85.49 ^{ab}	1.10	0.5859
발린	88.97	89.96	81.58	88.03	89.11	84.53	1.15	0.8475
메치오닌	83.22	86.11	74.84	83.16	83.32	73.93	1.80	0.7159
이소루신	89.75	90.57	83.12	88.94	89.84	85.54	1.11	0.8948
루신	90.38 ^a	91.55 ^a	75.90 ^b	92.56 ^a	91.21 ^a	86.95 ^{ab}	2.00	0.2320
페닐알라닌	89.53	91.56 ^a	82.79 ^b	89.16 ^{ab}	87.91 ^{ab}	84.27 ^{ab}	1.13	0.6834
히스티딘	86.32	89.96	85.74	88.49	86.17	85.73	0.97	0.7991
라이신	89.76	91.23	84.33	89.03	89.69	85.44	1.01	0.8455
아지닌	95.05	95.16	92.11	94.56	94.79	93.29	0.53	0.9236
합계	89.23 ^{ab}	90.97 ^a	82.62 ^b	89.15 ^{ab}	88.99 ^{ab}	85.02	1.07	0.9546
비필수 아미노산 (%)								
아스파라진	92.54	92.29	88.41	91.13	91.12	89.00	0.63	0.5893
세린	92.91	92.86	87.88	91.34	92.19	89.37	0.73	0.8577
글루타민	96.40 ^a	94.67 ^{ab}	90.79 ^b	93.79 ^{ab}	94.29 ^{ab}	92.31 ^{ab}	0.65	0.6773
프로라인	93.65	93.91	87.34	91.57	93.88	88.46	1.04	0.8677
글라이신	88.56	90.80	81.96	88.42	88.86	83.64	1.23	0.9646
알라닌	85.64 ^{ab}	87.59 ^a	76.43 ^b	84.95 ^{ab}	86.26 ^{ab}	81.51 ^{ab}	1.44	0.7073
타이로신	89.82 ^{ab}	92.93 ^a	83.66	90.43 ^{ab}	90.93 ^{ab}	86.40 ^{ab}	1.18	0.8414
합계	91.36	92.05	85.21	90.23	91.07	87.24	0.94	0.9890
총합계	90.18 ^{ab}	91.45 ^a	83.77 ^b	89.63 ^{ab}	89.91 ^{ab}	86.01	1.01	0.9787

^{a,b} 같은 줄에서 서로 다른 첨자간에는 $p < 0.05$ 수준에서 유의차가 있음.

¹ 표준오차.

표 2-3-8와 9는 아미노산 소화율에 대한 기별사양의 효과를 보여주고 있다. 아미노산 소화율은 조단백질 소화율과 거의 같은 경향을 보였다. 전기 육성 기간 동안에 19% 조단백질 사료의 아미노산 소화율은 18% 조단백질 사료의 아미노산 소화율보다 낮았다. 후기 육성 기간 동안에 16% 조단백질 사료를 급여한 돼지의 아미노산 소화율은 18% 혹은 17% 조단백질 사료를 급여한 돼지의 아미노산 소화율보다 낮았다. 암·수간에 아미노산 소화율의 뚜렷한 차이는 없었다.

요약하면, 전체 육성 기간 중에 처리구들간, 성별간에 영양소 소화율의 뚜렷한 차이는 없다. 전기 육성 기간 중에 18% 조단백질 사료는 19% 조단백질 사료

보다 소화율이 뛰어나다. 그러나, 후기 육성 기간 중에는 18% 와 17% 조단백질 사료는 같은 소화율을 나타내었고, 16% 조단백질 사료의 경우에는 소화율에 있어서 18% 와 17% 조단백질 사료보다 약간 낮았다.

표 2-3-9. 기별사양이 비육후기의 아미노산 소화율에 미치는 영향 (76~103 kg)

처리구	거세돈			미경산돈			SE ¹	처리구
	18-18% 단백질	18-16% 단백질	19-17% 단백질	18-18% 단백질	18-16% 단백질	19-17% 단백질		
필수 아미노산 (%)								
트레오닌	88.05 ^{ab}	84.13 ^{ab}	89.21 ^a	87.22 ^{ab}	83.28 ^b	88.19 ^{ab}	0.76	0.4959
발린	88.55	84.54	88.40	87.19	85.63	86.73	0.67	0.6426
메치오닌	83.59	80.10	82.82	82.63	79.60	79.22	1.20	0.5391
이소루신	89.10	84.90	90.09	87.92	86.20	88.00	0.67	0.6090
루신	90.61	87.39	90.13	93.27	88.56	88.79	0.84	0.6318
페닐알라닌	87.72	85.83	89.69	88.09	83.71	88.43	1.03	0.6553
히스티딘	86.69	90.76	91.08	86.20	88.99	90.27	0.89	0.5602
라이신	88.96	85.45	90.68	88.05	85.76	89.37	0.79	0.6875
아지닌	95.16	93.84	96.43	94.01	94.21	95.86	0.36	0.4932
합계	88.74	86.33	89.84	88.29	86.22	88.32	0.70	0.6482
비필수 아미노산 (%)								
아스파라진	90.69 ^a	86.60 ^{bc}	91.25 ^a	88.77 ^{ab}	85.00 ^c	90.56 ^a	0.64	0.0852
세린	91.35	88.94	92.43	90.90	88.91	91.59	0.52	0.6559
글루타민	93.97	92.14	94.54	93.46	92.23	93.92	0.37	0.6388
프로라인	84.35	90.01	82.97	94.12	92.00	81.35	2.75	0.5771
글라이신	87.91	84.46	89.51	87.74	84.18	87.35	0.84	0.6106
알라닌	85.87	80.25	85.54	85.11	81.20	84.34	0.94	0.8577
타이로신	90.93	90.36	92.09	91.07	89.13	90.59	0.70	0.5965
합계	89.30	87.54	89.76	90.17	87.52	88.53	0.56	0.9201
총합계	88.99	86.86	89.80	89.12	86.80	88.41	0.59	0.7318

^{ab} 같은 줄에서 서로 다른 첨자간에는 $p < 0.05$ 수준에서 유의차가 있음.

¹ 표준오차.

3) 분 영양소 배설량

표 2-3-10 은 육성 거세 수태지와 암태지의 분 영양소 배설물에 대한 기간 사양의 효과를 나타내고 있다. 전기 육성 기간 동안에는 19% 조단백질 사료를 급여한 돼지의 건물, 질소와 인 배설량은 18% 조단백질 사료보다 높았다. 이 결과

는 초기 육성돈에 있어서 18% 이상의 단백질 사료를 급여할 경우에는 분의 영양소 배설량을 증가시킨다는 것을 나타낸다. 후기 육성 기간 동안에는 분 영양소 배설량에 큰 차이는 없지만, 16% 조단백질 사료를 급여한 돼지의 분내의 질소와 인의 양은 18% 조단백질 사료를 급여한 경우보다 적었다. GE18-GL16과 GE19-GL17 처리구와 GE18-GE18 처리구를 비교하여 분의 질소와 인의 양을 계산하면 각각 10.2%와 2.0%씩 감소했음을 알 수 있다. 이러한 결과는 한 가지 종류의 사료가 전체 기간 동안에 급여하는 것보다 두 가지 종류의 사료를 전기와 후기 육성 기간으로 나누어 급여했을 경우에 배설물 내의 인과 질소의 양을 줄일 수 있다는 것을 나타낸다. 이 결과는 단백질 함량에 있어서 2%의 차이로 단백질 수준을 낮추면 배설물에서 질소의 양은 25% 감소한다는 Lenis (1989)의 실험 결과와 일치한다. GE18-GL16 처리구의 경우가 GE19-GL17 처리구의 경우와 비교했을 때 분 건물, 질소와 인의 배설량은 GE18-GL16의 경우에 더욱 감소되었음을 알 수 있다. 실험 전체 기간 동안에 암·수간에 큰 차이는 없었다.

표 2-3-10. 기별사양이 비육돈의 영양소 배설량에 미치는 효과

처리구	거세돈			미경산돈			SE ¹	성별에 따른 유의차
	18-18% 단백질	18-16% 단백질	19-17% 단백질	18-18% 단백질	18-16% 단백질	19-17% 단백질		
25~41 kg								
건물 (g/day)	143.67	140.63	158.34	149.71	150.81	166.81	7.99	0.6707
질소 (g/day)	6.32	6.16	7.46	6.30	6.44	7.55	0.33	0.8737
인 (g/day)	2.86ab	2.44b	4.14a	3.17ab	2.43	4.25	0.24	0.7293
41~58 kg								
건물 (g/day)	162.39	150.66	156.03	162.24	149.85	151.71	4.44	0.8682
질소 (g/day)	6.80	6.00	6.29	6.60	6.03	6.12	0.25	0.8480
인 (g/day)	3.69	3.47	3.93	3.31	3.39	3.50	0.18	0.4843

^{ab} 같은 줄에서 서로 다른 첨자간에는 $p < 0.05$ 수준에서 유의차가 있음.

¹ 표준오차.

4) 사료 비용

표 2-3-11은 육성돈의 사료 비용에 있어서 여러 사양 방법의 효과에 대해서 나타내고 있다. 두당 사료 비용 (원)과 kg 증체당 사료 비용은 여러 처리구나 암·수 간에 큰 차이를 보이지 않았다. 두당 사료 비용 (원)과 kg 증체당 사료 비용에 있어서 GE18-GE16 처리구의 경우가 GE18-GL18 처리구의 경우보다 낮은

비용을 필요로 하는 경향이 있었다. 단일 사양과 복합 사양 간에 사료 비용의 차이는 거세 수태지보다 암태지가 더 크게 나타났다. 거세 수태지에 있어서는 단일 사양에 복합 사양을 비교한 결과 비용의 감소는 0.52%에 불과했지만, 암태지의 경우는 3.81%였다. 그러므로, 기별사양은 거세 수태지보다는 암태지에 있어서 더욱 장려되어 진다. 이런 결과는 단일 사양의 비용이 복합 사양의 비용보다 높다는 결과를 유출한 Han (1998) 등의 결과와 비슷하다. 단백질 공급원의 가격이 증가되면 복합사양에 의한 비용의 감소가 필요하며, 이런 결과는 복합 사양이 사양 기간에 있어서 단일 사양에 비해 비용면에서 유리하다는 것을 나타낸다.

표 2-3-11. 기별사양이 사료 생산비에 미치는 효과

처리구	거세돈			미경산돈			SE ¹	성별에 따른 유의차
	18-18% 단백질	18-16% 단백질	19-17% 단백질	18-18% 단백질	18-16% 단백질	19-17% 단백질		
총증체량 (kg)	33.6	33.4	33.5	32.7	32.8	32.3	0.49	0.3831
총사료비 (₩)	19,297	19,183	19,483	19,258	18,540	17,979	366.39	0.3576
체중증체당사료비 (₩)	573.4	570.4	581.6	588.2	565.8	557.2	4.91	0.6396

^{a,b} 같은 줄에서 서로 다른 첨자간에는 $p < 0.05$ 수준에서 유의차가 있음.

¹ 표준오차.

라. 참고문헌

- AOAC. 1990. Official methods of analysis (15th ed). Association of official analytical chemists. Washington, D. C.
- Baker, D. G. and T. K. Chung. 1992. Ideal protein for swine and poultry. Bio Kyowa Technical Review. #4.
- Bereskin, B. and N. C. Steele. 1986. Performance of Duroc and Yorkshire boars and gilts and reciprocal breed crosses. J. Anim. Sci. 62:918.
- Campbell, R. G. and M. R. Taverner. 1988. Genotype and sex effects on the relationship between energy intake and protein deposition in growing pigs. J. Anim. Sci. 66:676-686.
- Castell, A. G., R. L. Cliplef and R. M. McKay. 1985. Effects of diet, litter, and sex type on the performance (from 22 to 90 kg live weight) and carcass measurements of crossbred pigs. Can. J. Anim. Sci. 65:821.
- Chae, B. J., I. K. Han, and M. K. Kim. 1988. Protein sparing effects of supplemental L-lysine in growing swine diet. Korean J. Anim. Nutr. Feed

12(2):76.

- Cisnerous, F. M. Ellis, F. K. McKeith, J. McCaw and R. L. Fernando. 1996. Influence of slaughter weight on growth and carcass characteristics, commercial cutting and curing yields, and meat quality of barrows and gilts from two genotypes. *J. Anim. Sci.* 74:925-933
- Cresswell, D. C., H. D. Wallace, G. E. Combs, A. Z. Palmer and R. L. Palmer. 1975. Lysine and tryptophan in diets for boars and barrows. *J. Anim. Sci.* 40:167 (Abstr.).
- Daghir, N. J. 1983. Effect of lysine and methionine supplementation of low protein rooster diets fed after six weeks of age. *Poult. Sci.* 62:1572.
- Duncan, D. B. 1955. Multiple range and multiple F test. *Biometrics* 11:1.
- Gourley, G., B. Greenley and F. X. Aherne. 1993. Five-stage phase feeding versus self selection of high and low lysine diets in growing and finishing swine. *J. Anim. Sci.* 71:62 (Abstr.)
- Grimes, G. and G. R. Carlisle. 1977. Pork industry handbook. AS-452. Ames, IA:Cooperative Extension Service, Iowa State University.
- Han, I. K. and T. S. Min. 1991. The effects of dietary supplementation with Kemzyme in broilers. *Korean J. Anim. Nutr. Feed.* 15(1):9.
- Han, I. K., J. H. Kim, K. S. Chu, Z. N. Xuan, K. S. Sohn and M. K. Kim. 1998. Effect of phase feeding on the growth performance and nutrient utilization in finishing pigs. *Asian-Aus. J. Anim. Sci.* 11(5):559.
- Han, I. K., K. Kwon, K. H. Na and M. I. Yoo. 1978. Protein sparing effect of L-lysine in the rations of weaning pigs and growing-finishing hogs. *Korean J. Anim. Sci.* 20(6):566.
- Han, I. K., K. N. Heo, I. S. Shin and H. Lee. 1995. Protein sparing effect and amino acid digestibilities of supplemental lysine and methionine in weanling pigs. *Asian-Aus. J. Anim. Sci.* 8(4):393.
- Heo, K. N., In K. Han and H. Lee. 1995. Protein sparing effect and amino acid utilization in broilers fed two types of lysine. *Asian-Aus. J. Anim. Sci.* 8(4):403.
- Honeyman, M. S. 1996. Sustainability issues of U.S. swine Production. *J. Anim. Sci.* 74:1410.
- Jin, C. F., J. H. Kim, I. K. Han and S. H. Bae. 1997. Effects of supplemental synthetic amino acids to the low protein diets on the performance of growing pigs. *Asian-Aus. J. Anim. Sci.* 11(1):1.
- Jongbloed, A. W. and N. Lenis. 1992. Alteration of nutrition as a means to reduce

- environmental pollution by pigs. *Livestock Prod. Sci.* 31:75.
- Jonsson, P. 1956. Fortsatte statistiske undersøgelser over grisenes daglige tilvækst samt foderforbruget pr. kg tilvækst. *Tidsskrift for Landøkonomi* 11-12:405
- Jonsson, P. 1959. I. Sammenligning mellem holdfodring og individuel fodring af svin. II. Undersøgelse vedrørende en evt. vekselvirkning mellem arv og miljø. 313. beretning for forsøgslaboratoriet, København.
- Kwon, K., I. K. Han, K. S. Sohn and C. H. Kwon. 1995a. Effects of microbial phytase on performance, nutrient digestibility and phosphorus excretion in growing-finishing pigs fed corn-soy diets. *Korean J. Anim. Sci.* 37(4):341.
- Kwon, K., I. K. Han, K. S. Sohn, C. H. Kwon and J. H. Kwack. 1995b. Effects of microbial phytase on performance, nutrient digestibility and phosphorus excretion in weaning-growing pigs fed corn-wheat-soy diets. *Korean J. Anim. Sci.* 37(4):353.
- Lenis, N. P. 1989. Lower nitrogen excretion in pig husbandry by feeding: current and future possibilities. *Neth. J. Agric. Sci.* 37:61.
- Mason, V. C. 1984. Metabolism of nitrogenous compound in the large gut [Emphasis on recent findings in the sheep and pig]. *Proc. Nutr. Soc.* 43:45.
- Nam, D. S. and F. X. Aherne. 1995. A comparison of choice and phase feeding for growing-finishing pigs. *Can. J. Anim. Sci.* 75:93.
- National Livestock Cooperative Federation. 1998. Survey report on livestock production cost in 1997. p. 94.
- Newell, J. A. and J. P. Bowland. 1972. Performance, carcass composition, and fat composition of boars, gilts and barrows fed two levels of protein. *Can. J. Anim. Sci.* 52:543.
- Noh, S. H., H. K. Moon, I. K. Han and I. S. Shin. 1995. Effect of dietary growth promoting substances on the growth performance in pig. *Korean J. Anim. Sci.* 37(1):66.
- Owen, K. Q., D. A. Knabe, K. G. Burgoon and E. J. Gregg. 1994. Self-selection of diets and lysine requirements of growing-finishing swine. *J. Anim. Sci.* 72:554.
- Paik, I. K., R. Blair and J. Jacob. 1996. Strategies to reduce environmental pollution from animal manure : Principles and nutritional management. A review. *Asian-Aus. J. Anim. Sci.* 9(6):615.
- Park, H. Y., I. K. Han and K. N. Heo. 1994. Effects of supplementation of single cell protein and yeast culture on growth performance in broiler chicks. *Korean J. Anim. Nutr. Feed.* 18(5):346.

- Prescott, J. H. D. and G. E. Lamming. 1967. The influence of castration on the growth of male pigs in relation to high levels of dietary protein. *Animal. Prod.* 9:535-545.
- SAS. 1985. SAS User's Guide : Statistics, SAS Inst, Inc., Cary, NC.
- Siers, D. G. 1975. Live and carcass traits in individually fed Yorkshire boars, barrows and gilts. *J. Anim. Sci.* 41:522.
- Stahly, T. S. 1991. Amino acid in growing, finishing and breeding swine. *Preceedings National Feed Ingredient Association Nutrition Institute, Chicago, IL.*
- Watkins, L. E., L. A. Swiger and D. C. Mahan. 1977. Effects and interactions of breed group, sex and protein level on performance of swine. *J. Anim. Sci.* 45:1977.
- Williams, W. D., G. L. Cromwell, T. S. Stahly and J. R. Overfield. 1984. The lysine requirement of the growing boars versus barrow. *J. Anim. Sci.* 58:657-665.
- Yen, H. T., D. J. A. Cole and D. Lewis. 1986a. Amino acid requirements of growing pigs. 7. The responses of pigs from 25 to 55 kg live weight to dietary ideal protein. *Anim. Prod.* 43:141.
- Yen, H. T., D. J. A. Cole and D. Lewis. 1986b. Amino acid requirements of growing pigs. 8. The responses of pigs from 50 to 90 kg live weight to dietary ideal protein. *Anim. Prod.* 43:155.

(본 논문은 아세아태평양축산학회지 13권 6호 페이지 795-801에 발표된 논문임)

3. 기별사양이 거세 비육돈과 암돼지의 성장, 영양소 소화율, 영양소 배설량 및 도체특성에 미치는 효과

가. 서 론

현재 양돈사양체계는 전체 비육기 동안에 하나의 사료를 급여하는 것이 일반적이다. 이러한 사양체계는 영양소의 과다급여와 뇨와 분을 통한 배설량의 증가를 가져올 수 있다. 물론 체중이 증가함에 따라 사료를 거기에 맞도록 바꾸어 줄수록 영양소 요구량을 맞추는데는 정확할지 모르겠지만, 실제적으로 사양 농가에서 그것을 적용하기란 쉽지가 않다. 즉 돼지는 이유시부터 출하때까지 유전자형, 성별 그리고 사육상태 (환경)에 관계없이 일률적으로 서너 종류의 사료만을 섭취

할 수 있는 것이다.

영양소 요구량의 문제일 뿐만 아니라 오늘날 가장 중요시 되고 있는 것 중에서 오염물질의 배설량 문제가 있다. 현재까지는 오염물질의 배설량을 줄이기 위해서는 영양소의 소화율을 높이거나 효소제나 효모제 같은 생물학적으로 활발한 물질들을 사료에 첨가해주는 방법이 연구되어져 있다 (Kwon 등, 1995a; Noh 등, 1995; Park 등, 1994; Han과 Min, 1991). 그리고 합성아미노산을 사용함으로써 사료내 조단백질 함량을 줄이는 방법이 있다 (Han 등, 1978; 1995; Chae 등, 1988; Dagher, 1983; Heo 등, 1995; Jin 등, 1997).

어떤 연구자들은 기별사양이 동물의 배설량을 줄이는 대체 방법이 될 수 있다고 하였다 (Honeyman, 1996; Paik 등, 1996). 기별사양은 각각의 성장단계에 맞는 사료를 제조하여 돼지에게 공급하는 방법이다. Jongbloed와 Lenis (1992) 그리고 Paik 등 (1996)에 의하면 기별사양을 할 경우 질소와 인의 배설량을 2%와 10% 까지 줄일 수 있다고 하였다. Honeyman (1996) 또한 기별사양을 통해 질소와 인의 배설량을 줄일 수 있다고 하였다.

본 실험은 다단계 사양 방법이 비육돈의 성장, 영양소 소화율, 도체 품질 그리고 적정 출하체중에 미치는 영향을 조사하기 위하여 수행하였다.

나. 재료 및 방법

평균 58.5 kg의 암돼지와 거세 수돼지 각각 60마리씩 총 120마리의 교잡 돼지 (Landrace×Large White×Duroc)가 거세 수돼지와 암돼지의 성장률에 대한 기별사양의 효과를 분석하기 위해서 이용되었다.

옥수수과 대두박을 위주로 한 4가지의 서로 다른 사료에 대한 배합율표는 표 2-3-12에 나타나 있다. 비육기는 2개의 단계로 나뉘어졌으며, 4가지의 서로 다른 사료가 전 시험기간 동안 나뉘어져 급여 되었다. 비육전기에는 16%의 단백질과 17%의 단백질이 급여 되었으며, 비육후기에는 16%의 단백질과 15%의 단백질 그리고 14%의 단백질을 포함한 사료가 급여되었다.

돼지들은 굵이기와 굵수기가 있는 돈사에서 자유 급식이 허용되는 환경하에서 5주 동안 사양되어졌다. 돈사 내의 온도는 18-22℃ 였다. 전분채취법이 영양소 소화율을 결정하는데 이용되었고, 영양소 소화율은 두 번 측정되었는데 첫 번째는 실험 기간의 처음 중간과 두 번째는 실험 기간의 나중 중간에 측정되었다. 전기 사양기간 동안 암수 각각 3마리씩 총 6마리의 평균 30.5 kg의 돼지가 대사실에서 사양되었고, 후기 사양기간 동안 역시 암수 각각 3마리씩 총 6마리의 평균 48 kg의 돼지가 대사실에서 사양되었다. 3일의 적응 기간이 지난 후에 총 배설물은 3일 연속으로 채취되었다.

표 2-3-12. 사료배합율표와 영양소합량

단백질수준 (%)	17	16	15	14
원료성분 (%):				
옥수수	50.24	55.23	55.99	58.81
밀	15.00	13.70	15.00	15.00
옥수수배유박	2.00	1.15	2.00	2.00
대두박	20.40	19.35	15.35	12.70
채종박	4.00	3.00	4.09	4.00
우지	1.65	1.30	1.25	1.00
당밀	4.00	4.00	4.00	4.00
석회석	0.50	0.50	0.50	0.50
제삼인산칼슘	1.05	1.05	1.10	1.15
소금	0.25	0.25	0.25	0.25
L-라이신	0.00	0.00	0.04	0.07
트레오닌	0.40	0.00	0.00	0.00
비타민-광물질 ¹	0.52	0.52	0.52	0.52
합계	100.00	100.00	100.00	100.00
화학적조성 ² :				
대사에너지 (Mcal/kg)	3.24	3.26	3.25	3.24
조단백질 (%)	17.00	16.00	15.00	14.00
라이신 (%)	0.85	0.80	0.75	0.70
메치오닌+시스틴 (%)	0.58	0.56	0.53	0.51
트레오닌 (%)	0.82	0.59	0.55	0.51
트립토판 (%)	0.20	0.19	0.18	0.16

¹ Supplied per kg of diet : Vitamin A 5,500 IU, Vitamin D₃ 550 IU, Vitamin E 27 IU, menadione sodium bisulfate 2.5 mg, pantothenic acid 27 mg, niacin 33 mg, riboflavin 5.5 mg, Vitamin B₁₂ 0.04 mg, thiamin 5 mg, pyridoxine 3 mg, biotin 0.24 mg, folic acid 1.5 mg, choline chloride 700 mg, selenium 0.15 mg, manganese 0.03 g, zinc 0.1 g, iron 0.1 g, iodine 0.5 mg, magnesium 0.1 g.

² 계산치.

다. 결과와 고찰

1) 성장률

표 2-3-13는 기별사양이 거세 비육돈과 미경산돈의 성장에 미치는 영향을 보여주고 있다. 비육전기 (체중 58에서 76 kg)에는 일당증체량은 처리구간에 별 차이가 없었다. 거세돈의 일당사료섭취량은 미경산돈 보다 높았다 ($p < 0.05$). 그러나

사료효율은 미경산돈이 거세돈보다 좋았다.

표 2-3-13. 기별사양이 거세 비육돈과 미경산돈의 성장에 미치는 영향

처리구	거세돈			미경산돈			SE ¹	성별에 따른 유의차
	16-16%	16-14%	17-15%	16-16%	16-14%	17-15%		
	단백질	단백질	단백질	단백질	단백질	단백질		
58~76 kg								
일당증체량 (kg)	0.699	0.688	0.675	0.659	0.651	0.662	0.0097	0.1314
일당사료섭취량 (kg)	2.136 ^a	2.106 ^a	1.958 ^{ab}	1.975 ^{ab}	1.898 ^b	1.886 ^b	0.0343	0.0049
사료효율	3.02	3.04	2.90	2.91	2.88	2.83	0.0531	0.0950
76~103 kg								
일당증체량 (kg)	0.955 ^a	0.891 ^a	0.934 ^a	0.905 ^a	0.812 ^b	0.788 ^b	0.0151	0.0001
일당사료섭취량 (kg)	2.368 ^{ab}	2.529 ^a	2.318 ^{ab}	2.308 ^{ab}	2.155 ^b	2.200 ^b	0.0395	0.0039
사료효율	2.49 ^c	2.84 ^a	2.48 ^c	2.56 ^{bc}	2.65 ^{abc}	2.80 ^{ab}	0.0446	0.4232
58~103 kg								
일당증체량 (kg)	0.836 ^a	0.797 ^a	0.813 ^a	0.791 ^{ab}	0.737 ^{bc}	0.730 ^c	0.0101	0.0006
일당사료섭취량 (kg)	2.347 ^{ab}	2.417 ^a	2.230 ^{bc}	2.233 ^{bc}	2.112 ^c	2.130 ^c	0.0353	0.0008
사료효율	2.81 ^{ab}	3.03 ^a	2.75 ^b	2.83 ^{ab}	2.87 ^{ab}	2.92 ^{ab}	0.0388	0.9754

^{a,b} 같은 줄에서 서로 다른 첨자간에는 $p < 0.05$ 수준에서 유의차가 있음.

¹ 표준오차.

비육후기 (체중 76에서 103 kg) 동안에는, 거세돈의 일당증체량이 미경산돈 보다 좋았다 ($p > 0.05$). 거세돈에의 경우는 일당증체량에서 처리구간에 별 차이가 없었다. 그러나 미경산돈의 경우는 16%의 단백질 사료를 급여한 처리구가 14%와 15% 단백질 사료를 급여한 처리구에 비하여 일당증체량이 좋았다. 이것은 거세돈의 단백질과 아미노산 요구량이 미경산돈의 그것보다 높다는 것을 의미한다. 이것은 Yen 등 (1986b)의 결과와 일치한다. 즉, 0.56%에서 1.24% 범위의 라이신 사료를 급여하였을 때 수태지와 미경산돈이 거세돈에 비하여 단백질 수준이 증가함에 따라 반응이 더욱 높았다. Watkins (1977)등도 이와 유사한 결과를 발표하였다. 일당사료섭취량에 있어서는 처리구들간에 별 차이가 없었으나, 사료효율은 거세돈의 경우 14% 단백질 사료를 급여한 처리구가 16%와 15% 단백질 사료를 급여한 처리구에 비하여 좋지 않은 결과를 보였다.

표 2-3-14. 기별사양이 영양소 소화율에 미치는 영향

처리구	거세돈			미경산돈			SE ²	성별에 따른 유의차
	16-16% 단백질	16-14% 단백질	17-15% 단백질	16-16% 단백질	16-14% 단백질	17-15% 단백질		
58~76 kg								
건물	90.95 ^{ab}	91.49 ^{ab}	89.03 ^b	92.46 ^a	92.99 ^a	92.55 ^a	0.46	0.0179
조단백질	87.73	88.75	87.05	90.30	90.80	91.04	0.56	0.0200
조회분	70.29 ^{ab}	72.97 ^a	59.21 ^b	75.19 ^a	78.05 ^a	73.46 ^a	1.93	0.0142
조지방	76.93 ^b	80.94 ^{ab}	86.58 ^{ab}	82.69 ^{ab}	85.68 ^{ab}	91.90 ^a	1.84	0.1502
인	64.87	67.75	60.50	72.07	74.20	74.10	2.02	0.0348
76~103 kg								
건물	90.59	91.48	88.67	90.86	89.23	90.78	0.45	0.9607
조단백질	88.07	87.39	84.45	88.43	84.20	87.35	0.68	0.8510
조회분	61.45	57.15	53.11	60.85	46.86	61.31	2.34	0.9873
조지방	94.15	94.03	92.80	94.55	93.31	93.55	0.29	0.8140
인	69.26	71.58	65.67	73.29	66.82	71.36	1.51	0.6183

^{a,b} 같은 줄에서 서로 다른 첨자간에는 $p < 0.05$ 수준에서 유의차가 있음.

² 표준오차.

전 비육기간 (체중 58에서 103 kg)을 통틀어서 거세돈의 경우는 일당증체량에서 처리구간에 별 차이가 없었다. 반면에 미경산돈의 경우는 17-15% 단백질 사료를 급여한 처리구가 16-16% 단백질 사료를 급여한 처리구에 비하여 성장 성적이 좋지 않았다. 그리고 성별간에는 거세돈이 미경산돈보다 성장 속도가 빠른 편이었다.

본 시험에서 같은 성별안에서는 사료에 따른 성장효과에 별 영향이 없었다. 그러나 비육전기에는 16%, 그리고 비육후기에는 14%의 단백질 사료를 급여하는 것이 성장을 위해서는 적정하지 않은가 사료된다. 만약 비육전기에선 16% 이상 그리고 비육후기에서 14% 이상의 사료를 급여하면 영양소의 과잉공급을 초래할 수 있을 것으로 사료된다.

2) 영양소 소화율

표 2-3-14는 기별사양에 따른 영양소 소화율에 대한 결과를 보여주고 있다. 영양소 소화율은 시험기간 동안에 두 번 측정 하였다 한번은 체중 62 kg 일 때 그리고 또 한번은 체중 83 kg일 때 측정하였다. 비육전기에 미경산돈에서 건물, 조단백질 그리고 인의 소화율은 거세돈 보다 높았다. 17% 단백질 사료를 급여한 거세돈의 조회분 소화율은 16% 단백질 사료를 급여한 거세돈 보다 낮았다. 그러

나 전체적으로 전 시험기간동안 처리구간에 큰 차이는 발견할 수 없었다.

표 2-3-15. 기별사양이 비육전기의 아미노산 소화율에 미치는 영향 (25~41 kg)

처리구	거세돈			미경산돈			SE ¹	성별에 따른 유의차
	16-16% 단백질	16-14% 단백질	17-15% 단백질	16-16% 단백질	16-14% 단백질	17-15% 단백질		
필수 아미노산 (%)								
트레오닌	86.21	88.11	88.17	89.65	90.99	92.51	0.82	0.0396
발린	87.59	88.95	87.00	90.86	92.13	92.37	0.77	0.0136
메치오닌	81.99	84.00	84.07	85.79	87.35	89.35	1.10	0.0877
이소루신	87.45	89.12	86.02	90.45	91.82	91.77	0.79	0.0201
루신	90.51 ^{ab}	91.20 ^{ab}	88.73 ^b	92.69 ^{ab}	93.75 ^a	93.42 ^a	0.60	0.0088
페닐알라닌	87.44	90.64	85.34	91.10	91.17	89.48	0.93	0.1561
히스티딘	89.81 ^{ab}	70.14 ^a	82.82 ^b	91.79 ^a	92.81 ^a	88.49 ^{ab}	1.12	0.1196
라이신	85.84	88.40	85.95	89.63	91.14	91.21	0.86	0.0304
아지닌	93.53 ^{ab}	94.09 ^{ab}	92.69 ^b	94.84 ^{ab}	95.51 ^a	95.18 ^{ab}	0.35	0.0141
합계	87.82	87.18	86.76	90.76	91.85	91.53	0.88	0.0328
비필수 아미노산 (%)								
아스파라진	88.31	90.17	88.97	91.38	92.47	93.14	0.70	0.0333
세린	90.59	91.46	90.29	93.07	93.83	93.88	0.57	0.0197
글루타민	93.61	93.92	92.91	95.12	95.60	95.62	0.37	0.0112
프로라인	92.78 ^{ab}	92.79 ^{ab}	90.81 ^b	95.01 ^a	94.69 ^{ab}	94.45 ^{ab}	0.55	0.0233
글라이신	87.60	88.93	87.02	90.73	91.93	91.88	0.74	0.0190
알라닌	86.05 ^{ab}	87.53 ^{ab}	84.74 ^b	89.80 ^{ab}	91.31 ^a	91.23 ^a	0.86	0.0070
타이로신	88.11	89.54	89.86	91.61	92.26	94.24	0.82	0.0425
합계	89.58	90.62	89.23	92.39	93.16	93.49	0.63	0.0164
총합계	88.60	88.71	87.86	91.48	92.43	92.40	0.75	0.0222

^{ab} 같은 줄에서 서로 다른 첨자간에는 $p < 0.05$ 수준에서 유의차가 있음.

¹ 표준오차.

표 2-3-15와 16은 아미노산 소화율을 보여주고 있는데, 비육후기 동안에 미경산돈의 아미노산 소화율은 거세돈의 아미노산 소화율보다 높은 경향을 보였다. 그러나 메치오닌, 페닐알라닌 그리고 히스티딘의 소화율은 처리구간에 차이가 없었다.

표 2-3-16. 기별사양이 비육후기의 아미노산 소화율에 미치는 영향 (41~58 kg)

처리구	거세돈			암퇘지			SE ¹	성별에 따른 유의차
	16-16% 단백질	16-14% 단백질	17-15% 단백질	16-16% 단백질	16-14% 단백질	17-15% 단백질		
필수 아미노산 (%)								
트레오닌	89.26	87.93	85.47	88.26	84.20	86.14	0.84	0.4475
발린	89.08 ^{ab}	93.08 ^a	84.15 ^b	87.92 ^{ab}	90.77 ^a	83.52 ^b	1.01	0.3498
메치오닌	83.20	85.95	80.52	82.16	83.74	83.16	1.40	0.9509
이소루신	89.71	90.12	85.37	89.33	87.01	86.58	0.76	0.6157
루신	91.96	92.20	88.82	91.85	90.05	90.10	0.57	0.7845
페닐알라닌	90.31	86.96	85.50	89.30	84.08	86.57	1.15	0.7069
히스티딘	93.13 ^a	88.41 ^{ab}	86.86 ^{ab}	91.96 ^{ab}	85.21 ^b	85.03 ^b	1.09	0.2905
라이신	89.25 ^a	87.35 ^{ab}	85.57 ^{ab}	88.72 ^{ab}	82.72 ^b	85.77 ^{ab}	0.84	0.3023
아지닌	94.96	93.99	92.48	94.62	82.47	92.06	0.46	0.4055
합계	90.10	89.55	86.08	89.35	86.69	86.55	0.75	0.5042
비필수 아미노산 (%)								
아스파라진	91.96	90.66	87.88	90.82	87.46	88.33	0.72	0.3783
세린	92.94	91.85	89.89	92.34	89.21	90.12	0.62	0.4314
글루타민	94.73	94.40	91.81	94.10	92.77	93.46	0.34	0.4437
프로라인	94.48	93.70	91.65	93.29	92.17	93.99	0.57	0.9176
글라이신	89.57	88.61	85.73	89.52	85.42	86.93	0.74	0.6525
알라닌	89.83	88.62	84.35	89.01	84.86	86.59	0.80	0.6080
타이로신	91.61	90.44	88.77	90.77	88.21	89.30	0.74	0.6100
합계	92.16	91.19	88.73	91.41	88.58	89.82	0.60	0.5383
총합계	91.01	90.28	87.26	90.26	87.53	88.00	0.68	0.5152

^{ab} 같은 줄에서 서로 다른 첨자간에는 $p < 0.05$ 수준에서 유의차가 있음.

¹ 표준오차.

3) 분 영양소 배설량

표 2-3-17에는 기별사양이 비육돈의 영양소 배설량에 미치는 효과에 대하여 설명하고 있다. 비육전기에는 거세돈은 미경산돈에 비하여 더 많은 양의 영양소를 배설하였다. 미경산돈에 있어서는 16-14% 단백질 사료를 급여한 처리구가 17-15% 단백질 사료를 급여한 처리구에 비하여 분중의 질소 배설량이 적었다. 그리고 17% 단백질 사료를 급여한 처리구가 거세돈과 미경산돈에 있어서 16% 단

백질 사료를 급여한 처리구에 비하여 분중 질소 배설량이 적었다. 이러한 결과는 두 단계로 나누어 사료를 급여할 경우 분중의 질소 배설량을 줄일 수 있다는 것을 의미한다. 본 실험에서 한단계 사양 (16-16%)의 경우보다 두 단계 사양 (16-14%)이 질소 배설량을 8.5%를 줄였다. 그러나 분을 통한 인의 배설량은 16-14% 단백질 사료를 급여한 처리구가 16-16% 단백질 사료를 급여한 처리구에 비하여 높은 경향을 보였다. 대부분 가축의 체내에서 이용되지 못하고 배설되는 아미노산은 노를 통하여 배설된다. 따라서 성장을 개선하거나 영양소 배설량을 줄이기 위해서는 성장단계에 맞는 적절한 영양소를 급여해주는 것이 바람직하다고 할 수 있다.

표 2-3-17. 기별사양이 비육돈의 영양소 배설량에 미치는 효과

처리구	거세돈			암퇘지			SE ¹	성별에 따른 유의차
	16-16% 단백질	16-14% 단백질	17-15% 단백질	16-16% 단백질	16-14% 단백질	17-15% 단백질		
58 to 76 kg								
건물 (g/day)	188.57	186.81	192.54	165.48	163.82	188.31	6.71	0.2776
질소 (g/day)	7.90	7.85	8.61	6.44	6.42	7.25	0.30	0.0223
인 (g/day)	6.07	5.36	6.99	4.80	4.42	4.68	0.36	0.0520
76 to 103 kg								
건물 (g/day)	191.47	176.46	181.97	197.90	177.11	186.79	8.03	0.8344
질소 (g/day)	7.93	7.22	7.24	7.88	7.25	7.23	0.31	0.9939
인 (g/day)	4.65	4.03	4.98	4.09	4.24	4.25	0.20	0.5393

^{ab} 같은 줄에서 서로 다른 첨자간에는 $p < 0.05$ 수준에서 유의차가 있음.

¹ 표준오차.

5) 도체 특성

표 2-3-18에는 기별사양이 도체특성에 미치는 효과에 대하여 설명하고 있다. 도체특성을 조사하기 위하여 총 92두의 돼지를 검사하였다. 미경산돈의 등지방두께는 거세돈의 그것보다 더 얇아지는 경향을 보였다. 같은 성별안에서는 사료의 단백질 수준에 따라서 등지방 두께에 영향을 미치지 않았다. 도체등급에 있어서는 미경산돈이 거세돈보다 좋은 등급을 보였다. 이것은 다른 여러 연구자들에 의한 연구결과들과 일치한다. Jonsson (1956, 1959)에 의하면 거세돈이 미경산돈보다 성장효과가 좋으면 육질에서도 좋은 결과를 보인다고 하였다.

표 2-3-18. 기별사양이 비육돈의 도체특성에 미치는 영향

처리구	거세돈			암퇘지			SE ¹	성별에 따른 유의차
	16-16% 단백질	16-14% 단백질	17-15% 단백질	16-16% 단백질	16-14% 단백질	17-15% 단백질		
도체중 (kg)	78.7 ^{ab}	77.7 ^b	81.2 ^a	79.5 ^{ab}	81.0 ^{ab}	80.3 ^b	0.76	0.2349
도체율 (%)	75.7 ^{ab}	74.8 ^b	78.4 ^a	76.6 ^{ab}	78.0 ^{ab}	77.3 ^{ab}	0.47	0.2842
도체장 (cm)	85.2 ^a	84.0 ^{ab}	83.3 ^{ab}	81.1 ^{ab}	80.4 ^{ab}	79.4 ^b	0.91	0.0223
등지방 (mm)	26.0 ^a	25.1 ^{ab}	25.5 ^a	24.1 ^b	24.8 ^{ab}	25.3 ^{ab}	0.30	0.1496
도체등급 ²	1.88 ^{ab}	1.79 ^{ab}	2.16 ^a	1.49 ^b	1.24 ^b	1.50 ^b	0.078	0.0003
로인아이 (cm ²)	28.1	29.4	30.9	27.5	30.6	30.4	0.99	0.9831

^{ab} 같은 줄에서 서로 다른 첨자간에는 $p < 0.05$ 수준에서 유의차가 있음.

¹ 표준오차, ² 도체등급 : A=1, B=2, C=3

표 2-3-19. 기별사양이 사료 생산비에 미치는 효과

처리구	거세돈			암퇘지			SE ¹	성별에 따른 유의차
	16-16% 단백질	16-14% 단백질	17-15% 단백질	16-16% 단백질	16-14% 단백질	17-15% 단백질		
총중량 (kg)	48.5 ^a	46.2 ^a	47.2 ^a	45.9 ^{ab}	42.7 ^b	42.3 ^b	0.62	0.0008
총사료비 (₩)	28,144 ^a	27,246 ^{ab}	27,351 ^{ab}	26,808 ^{ab}	24,370 ^b	26,134 ^{ab}	420.16	0.0309
체중중량당사료비 (₩)	573.4	570.4	581.2	588.2	565.8	557.2	4.91	0.6396
마리당가격 (₩)	236,027	236,041	232,762	264,390	265,535	263,773	1669.6	0.0001
마리당순이익 (₩)	100	100.23	97.83	126.16	129.25	126.16	1772.1	0.0001

^{ab} 같은 줄에서 서로 다른 첨자간에는 $p < 0.05$ 수준에서 유의차가 있음.

¹ 표준오차.

표 2-3-19는 기별사양결과에 따른 생산비의 변화를 보여주고 있다. 한단계 사양 방법은 두 단계 사양방법에 비해 총 사료비용이 증가하는 경향을 보였다. 또한 총 사료비용은 미경산돈이 거세돈보다 높은 경향을 보였다. 미경산돈에서 총 소요비용은 두 단계 사양방법이 한단계 사양방법보다 9.1% 감소하였다. 그러나 거세돈의 경우는 그 폭이 3.2% 정도 였다. 이러한 결과는 기별사양이 거세돈보다 미경산돈에서 그 효과가 더 크다는 것을 의미한다. 생산이익은 돼지 출하가격에서 사료비를 제한 것인데, 이 역시 두단계 사양방법이 한단계 사양방법보다 더 이익이 큰 것으로 나타났다.

라. 참고문헌

AOAC. 1990. Official methods of analysis (15th ed). Association of official analytical

chemists. washington, D. C.

- Baker, D. G., and T. K. Chung. 1992. Ideal protein for swine and poultry. Bio Kyowa Technical Review. #4.
- Castell, A. G., R. L. Cliplef and R. M. McKay. 1985. Effects of diet, litter, and sex type on the performance (from 22 to 90 kg live weight) and carcass measurements of crossbred pigs. *Can. J. Anim. Sci.* 65:821.
- Chae, B. J., I. K. Han, and M. K. Kim. 1988. Protein sparing effects of supplemental L-lysine in growing swine diet. *Korean J. Anim. Nutr. Feed* 12(2):76.
- Chen, H. Y., A. J. Lewis and P. S. Miller. 1996. The effects of dietary protein concentration on performance and visceral organ mass in finishing barrows and gilts. 1996 Nebraska Swine Report. pp. 25-27.
- Daghir, N. J. 1983. Effect of lysine and methionine supplementation of low protein rooster diets fed after six weeks of age. *Poult. Sci.* 62:1572.
- Duncan, D. B. 1955. Multiple range and multiple F test. *Biometrics* 11:1.
- Giles, L. R., E. S. Batterham and E. B. Dettmann. 1986. Amino acid and energy interactions in growing pigs. *Anim. Prod.* 42 : 133.
- Han, I. K. and T. S. Min. 1991. The effects of dietary supplementation with Kemzyme in broilers. *Korean J. Anim. Nutr. Feed.* 15 (1):9.
- Han, I. K., J. H. Kim, K. S. Chu, Z. N. Xuan, K. S. Sohn and M. K. Kim. 1998. Effect of phase feeding on the growth performance and nutrient utilization in finishing pigs. *Asian-Aus. J. Anim. Sci.* 11 (5):559.
- Han, I. K., K. Kwon, K. H. Na and M. I. Yoo. 1978. Protein sparing effect of L-lysine in the rations of weaning pigs and growing-finishing hogs. *Korean J. Anim. Sci.* 20 (6):566.
- Han, I. K., K. N. Heo, I. S. Shin and H. Lee. 1995. Protein sparing effect and amino acid digestibilities of supplemental lysine and methionine in weanling Pigs. *Asian-Aus. J. Anim. Sci.* 8 (4):393.
- Heo, K. N., In K. Han and H. Lee. 1995. Protein sparing effect and amino acid utilization in broilers fed two types of lysine. *Asian-Aus. J. Anim. Sci.* 8(4):403.
- Honeyman, M. S. 1996. Sustainability issues of U.S. swine production. *J. Anim. Sci.* 74:1410.
- Jin, C. F., J. H. Kim, I. K. Han and S. H. Bae. 1997. Effects of supplemental synthetic amino acids to the low protein diets on the performance of growing pigs. *Asian-Aus. J. Anim. Sci.* 11(1):1.
- Jongbloed, A. W. and N. Lenis. 1992. Alteration of nutrition as a means to reduce

- environmental pollution by pigs. *Livestock Prod. Sci.* 31:75.
- Kwon, K., I. K. Han, K. S. Sohn and C. H. Kwon. 1995a. Effects of microbial phytase on performance, nutrient digestibility and phosphorus excretion in growing-finishing pigs fed corn-soy diets. *Korean J. Anim. Sci.* 37(4):341.
- Kwon, K., I. K. Han, K. S. Sohn, C. H. Kwon and J. H. Kwack. 1995b. Effects of microbial phytase on performance, nutrient digestibility and phosphorus excretion in weaning- growing pigs fed corn-wheat-soy diets. *Korean J. Anim. Sci.* 37(4):353.
- Lenis, N. P. 1989. Lower nitrogen excretion in pig husbandry by feeding: current and future possibilities. *Neth. J. Agric. Sci.* 37:61.
- Mason, V. C. 1984. Metabolism of nitrogenous compound in the large gut [Emphasis on recent findings in the sheep and pig]. *Proc. Nutr. Soc.* 43 : 45.
- Noh, S. H., H. K. Moon, I. K. Han and I. S. Shin. 1995. Effect of dietary growth promoting substances on the growth performance in pig. *Korean J. Anim. Sci.* 37(1):66.
- NRC. 1998. Nutrient requirements of swine (10th Ed.). National Academy Press, Washington, DC.
- Paik, I. K., R. Blair and J. Jacob. 1996. Strategies to reduce environmental pollution from animal manure : Principles and nutritional management. A review. *Asian-Aus. J. Anim. Sci.* 9(6):615.
- Park, H. Y., I. K. Han and K. N. Heo. 1994. Effects of supplementation of single cell protein and yeast culture on growth performance in broiler chicks. *Korean J. Anim. Nutr. Feed.* 18(5):346.
- SAS. 1985. SAS User's Guide : Statistics, SAS Inst, Inc., Cary, NC.
- Watkins, L. E., L. A. Swiger and D. C. Mahan. 1977. Effects and interactions of breed group, sex and protein level on performance of swine. *J. Anim. Sci.* 45:1977.
- Yen, H. T., D. J. A. Cole and D. Lewis. 1986a. Amino acid requirements of growing pigs. 7. The responses of pigs from 25 to 55 kg live weight to dietary ideal protein. *Anim. Prod.* 43:141.
- Yen, H. T., D. J. A. Cole and D. Lewis. 1986b. Amino acid requirements of growing pigs. 8. The responses of pigs from 50 to 90 kg live weight to dietary ideal protein. *Anim. Prod.* 43:155.

(본 논문은 아세아태평양축산학회지 13권 6호 페이지 802-810에 발표된 논문임)

4. 사양 프로그램 및 사육시설이 돼지의 성장, 질병 및 돈육의 품질에 미치는 영향에 관한 연구

가. 서 론

1998년 9월의 돈육 수출량은 54,000 톤으로 1997년 총 수출물량인 56,000 톤을 훨씬 상회하게 될 것으로 전망되었다. 더욱이 정부, 대학 및 각종 연구 기관에서는 양돈 산업의 선진화와 수출 산업으로서의 육성을 위해 노력을 기울이고 있다. 돈육의 수출에 걸림돌이 되고있는 원인은 다양하게 나타나고 있지만, 가장 빈번히 거론되고 있는 부분은 식품으로서의 질적인 문제와 안정성이라 할 수 있겠다.

돈육의 품질과 관련하여 일본의 구매자들은 사양 프로그램이 육질과 관련이 있다고 보고 출하일령을 180일령에 맞추어 사양 프로그램을 적용시켜 주길 원하고 있다. 그러나 국내 여건상 돼지의 출하일령의 지연은 상당한 경제적 손실을 초래하며, 출하일령을 기준으로 적용하고 있는 사양 프로그램에 대해서는 아직 검증이 이루어진 바 없다. 출하일령을 기준으로 사양 프로그램을 적용하고자 할 때 단계별 사양방법을 사용하여 접근할 수 있는데 이 방법은 비육돈 사료의 소비량이 전체 양돈사료 소비량의 1.6%에 지나지 않는다는 사실을 감안한다면 매우 중요한 문제라 할 수 있겠다. 돼지의 사양 단계에 따라 프로그램을 이용하여 적정 출하일령을 유도해내고 이에 따른 경제성 분석 및 육질 평가로 고급육 생산기술 개발을 시도하고자 한다.

또한 돈육 자체에 있는 위해 성분(병원성 미생물 및 내성잔류물질 등)에 의한 원인에 의한 수출육의 반송문제도 심각하게 거론되고 있다. 이러한 문제들은 단순히 돈육의 가공 처리에만 국한되는 것이 아니고, 사양 프로그램에 의한 관리 문제와 더불어 사육시설에 의한 영향이 적잖게 거론되고 있다. 돈사의 시설은 사육단계별, 계절별로 서로 다르게 영향하며 또 이때 발생하는 돈사내 유해기체의 분포 및 농도 역시 변화하게 된다. 돈사의 환경량은 돼지의 성장 및 질병 발생에 영향을 미쳐 이러한 사육환경의 변화여건에 따라 돼지의 성장을 최적으로 유도할 수 있는 환경 조건을 갖추는 것은 고품질 청정돈육 생산을 위해 반드시 필요한 조건이 된다. 예를 들어 호흡기 질병의 경우, 돈사의 구조에 따른 환기량의 변화에 따라 그 발생양상이 다양하게 나타날 수 있다.

따라서 본 과제는 출하일령에 따른 사양 프로그램의 변화에 따른 성장률을 조사하고, 서로 다르게 적용한 사양 프로그램에 육질에 미치는 영향을 구명하여 경제적인 생산방법에 의한 고급육 생산기술을 소개하고, 돈사의 사육시설의 변화에 따라 성장, 질병 발생 및 육질에 미치는 영향을 구명하여 최적 생산성을 위한

적정 사양 프로그램 및 사육시설에 관한 정보를 제공하여 양돈산업의 수출력 증대를 꾀하는 데 그 목적이 있다.

나. 재료 및 방법

1) 공시 동물 및 장소

공시동물은 체중 20 kg의 삼원교잡 (Landrace×Yorkshire×Duroc) 육성돈 (경기도 안성군 미양면 소재 금보 농장)을 대상으로 15주간 수행하며, 시험돈의 관리 는 서울대학교 농업생명과학대학 동물자원과학과 영양학연구실의 관행에 준한다. 시험 장소는 서울대학교 부속목장내 2 동의 돈사와 도드람 양돈축협 소속 농장에서 동시에 진행하여 사육환경의 변화에 따른 영향을 상호 비교할 수 있도록 한다.

2) 시험설계

표 2-3-20에서 제시한 바와 같이 출하일령에 따른 사양 프로그램 (160, 170, 180일령)에 따라 거세 및 암태지를 대상으로 lysine을 3 수준으로 하여 3×2 요인 실험을 진행하며, 처리당 5반복, 반복당 5두로 총 150두를 체중에 따라 완전임의 블럭배치법으로 배치한다. 비슷한 규모의 반복 실험을 앞서 설명한 3군데 돈사에서 진행하여 사육환경에 따른 영향을 구명할 있도록 한다.

표 2-3-20. 실험설계

성별	거세돈			암태지		
	160	170	180	160	170	180
도살 체중까지 일령						
반복	5	5	5	5	5	5
반복당 두수	5	5	5	5	5	5
반복당 총두수	25	25	25	25	25	25
	총 150두					

3) 급여 방식과 시험 사료

표 2-3-20의 세 가지 (160, 170, 180일령)의 사양 프로그램에 따라, 표 2-3-21에 설명한 바와 같이 표 2-3-22, 23, 24에 제시된 각각의 사료를 단계별로 적용하여 사양시험을 실시하도록 한다. 시험사료는 사료의 섭취를 영양소 함량을 기준으로 제한하기 위해 사료내 에너지 및 아미노산의 함량을 조절하여 총 6가지의 사료를 이용하여 단계별 사용으로 출하일령을 조절할 수 있도록 한다.

표 2-3-21. 급여 방식

체중, kg	160일			170일			180일		
	20-50	50-75	75-110	20-50	50-75	75-110	20-50	50-75	75-110
라이신, %	1.20	1.00	0.80	1.10	0.80	0.60	1.00	0.80	0.40
단백질, %	19.0	17.0	15.0	18.8	15.0	13.0	18.0	13.0	11.0

표 2-3-22. 육성돈 사료의 배합비와 화학적 조성

원료 (%)	160 일령	170 일령	180 일령
옥수수	36.81	37.75	40.93
소맥	25.00	25.00	25.00
대두박	28.85	28.63	26.45
우지	4.50	4.08	3.10
당밀	1.50	1.50	1.50
석회석	0.50	0.50	0.50
제3인산칼슘	1.55	1.55	1.58
소금	0.23	0.23	0.23
메치오닌	0.05	-	-
라이신	0.25	0.13	0.08
드레오닌	0.12	-	-
광물질 ¹	0.20	0.20	0.20
비타민 ²	0.13	0.13	0.13
염화콜린	0.09	0.09	0.09
올라퀴독스	0.10	0.10	0.10
오레오마이신	0.07	0.09	0.07
펜벤다졸	0.05	0.05	0.05
유카추출물	0.01	0.01	0.01
합계	100.00	100.00	100.00
화학적 조성 ³			
대사에너지 (kcal/kg)	3,394	3,380	3,343
조단백질 (%)	19.0	18.8	18.0
라이신 (%)	1.20	1.10	1.00
메치오닌+시스틴 (%)	0.66	0.605	0.55
트레오닌 (%)	0.756	0.693	0.63
트립토판 (%)	0.228	0.209	0.19
칼슘 (%)	0.80	0.80	0.80
인 (%)	0.58	0.58	0.58

¹ 사료 kg당 함유량 : 8,000 IU 비타민 A, 2,500 IU 비타민 D₃, 30 IU 비타민 E, 3 mg 비타민 K, 1.5 mg 티아민, 10 mg 리보플라빈, 2 mg 비타민 B₆, 40 μg 비타민 B₁₂, 30 mg 판토텐산, 60 mg 나이아신, 0.1 mg 바이오틴, 0.5 mg 엽산.

² 사료 kg당 함유량 : 200 mg 구리, 100 mg 철, 150 mg 아연, 60 mg 망간, 1 mg 요오드, 0.5 mg 코발트, 0.3 mg 셀레늄.

³ 계산치.

표 2-3-23. 비육 전기 사료의 배합비와 화학적 조성

원료 (%)	160 일령	170 일령	180 일령
옥수수	77.91	72.51	67.25
대두박	15.47	20.67	25.50
소맥피	2.20	2.20	2.20
우지	1.77	1.96	2.16
제3인산칼슘	1.26	1.13	1.00
석회석	0.80	0.88	0.96
L-라이신-염산	0.00	0.06	0.16
메치오닌	0.00	0.00	0.10
트레오닌	0.00	0.00	0.09
비타민-광물질 ¹	0.28	0.28	0.28
항생제	0.06	0.06	0.06
염화콜린	0.06	0.06	0.06
소금	0.20	0.20	0.20
합계	100.00	100.00	100.00
화학적 조성 ²			
대사에너지 (kcal/kg)	3350	3350	3350
조단백질 (%)	13.00	15.01	17.01
라이신 (%)	0.62	0.80	1.00
메치오닌+시스틴 (%)	0.47	0.52	0.65
트레오닌 (%)	0.49	0.57	0.69
트립토판 (%)	0.17	0.20	0.23
칼슘 (%)	0.80	0.80	0.80
인 (%)	0.55	0.55	0.55

¹ 사료 kg당 함유량 : 8,000 IU 비타민 A, 2,500 IU 비타민 D₃, 30 IU 비타민 E, 3 mg 비타민 K, 1.5 mg 티아민, 10 mg 리보플라빈, 2 mg 비타민 B₆, 40 μg 비타민 B₁₂, 30 mg 판토텐산, 60 mg 나이아신, 0.1 mg 바이오틴, 0.5 mg 엽산, 200 mg 구리, 100 mg 철, 150 mg 아연, 60 mg 망간, 1 mg 요오드, 0.5 mg 코발트, 0.3 mg 셀레늄.

² 계산치.

표 2-3-24. 비육 후기 사료의 배합비와 화학적 조성

원료 (%)	160일령	170일령	180일령
옥수수	72.51	77.91	84.60
대두박	20.67	15.47	8.87
소맥피	2.20	2.20	2.20
우지	1.96	1.77	1.60
제3인산칼슘	1.13	1.26	1.44
석회석	0.88	0.80	0.69
L-라이신-염산	0.06	-	-
메치오닌	-	-	-
트레오닌	-	-	-
비타민-광물질 ¹	0.28	0.28	0.28
항생제	0.06	0.06	0.06
엽화콜린	0.06	0.06	0.06
소금	0.20	0.20	0.20
합계	100.00	100.00	100.00
화학적 조성 ²			
대사에너지 (kcal/kg)	3,350	3,350	3,351
조단백질 (%)	15.01	13.00	10.52
라이신 (%)	0.80	0.62	0.45
메치오닌+시스틴 (%)	0.52	0.47	0.41
트레오닌 (%)	0.57	0.49	0.39
트립토판 (%)	0.20	0.17	0.14
칼슘 (%)	0.80	0.80	0.80
인 (%)	0.55	0.55	0.55

¹ 사료 kg당 함유량 : 8,000 IU 비타민 A, 2,500 IU 비타민 D₃, 30 IU 비타민 E, 3 mg 비타민 K, 1.5 mg 티아민, 10 mg 리보플라빈, 2 mg 비타민 B₆, 40 μg 비타민 B₁₂, 30 mg 판토텐산, 60 mg 나이아신 0.1 mg 바이오틴, 0.5 mg 엽산, 200 mg 구리, 100 mg 철, 150 mg 아연, 60 mg 망간, 1 mg 요오드, 0.5 mg 코발트, 0.3 mg 셀레늄.

² 계산치.

다. 결과 및 고찰

1) 장소별 성장 성적 비교

160일령, 170일령, 180일령별로 사료 처리를 달리 적용했을 때 일당증체량에서 차이를 보이고 있으며 사육일령을 오래 유지하는 프로그램을 적용할 경우 사료효율이 악화되는 경향을 보여주고 있다. 전체적으로 비육돈을 출하시 암컷의 경우는 180일이상이 소요될 것으로 판단되며 거세돈의 경우는 170일에서 가능할 것으로 판단된다.

표 2-3-25. Site 1 성장 성적 비교

처리구	160일 (암)	170일 (암)	180일 (암)	160일 (수)	170일 (수)	180일 (수)	평균
65일령체중 (kg)	18.62	18.63	18.71	18.94	18.98	18.95	18.81
107일령체중 (kg)	51.68	49.79	48.62	54.46	50.47	51.34	51.06
139일령체중 (kg)	81.82	80.24	77.32	86.42	84.12	83.44	82.23
종료체중 (kg)	98.25	102.89	102.82	105.48	109.45	112.23	105.19
육성기 (65-107일령)							
일당증체량 (g)	787	742	712	846	748	771	768
일당사료섭취량 (g)	1,669	1,627	1,619	1,830	1,613	1,665	1,671
사료효율	2.12	2.20	2.27	2.16	2.16	2.16	2.18
비육돈전기 (107-139일령)							
일당증체량 (g)	942	952	897	999	1,051	1,003	974
일당사료섭취량 (g)	2,669	2,678	2,787	2,960	2,909	3,099	2,850
사료효율	2.84	2.82	3.11	2.97	2.77	3.09	2.93
비육돈후기 (139-종료일)							
일당증체량 (g)	782	731	622	908	817	702	760
일당사료섭취량 (g)	2,658	2,750	2,690	3,012	2,866	2,947	2,821
사료효율	3.40	3.76	4.34	3.39	3.52	4.22	3.77
전기간 (65-종료일)							
일당증체량 (g)	838	802	731	911	862	811	826
일당사료섭취량 (g)	2,224	2,279	2,326	2,472	2,378	2,521	2,367
사료효율	2.65	2.84	3.18	2.71	2.76	3.11	2.88

사육일령을 달리해서 사료처리를 변화시켰을 때 육성돈기에서 일당증체량과 사료섭취량이 차이를 보이고 있으며 비육돈 전기에서 암컷은 일당증체량에서 차이를 보이고 있는 반면 사료섭취량에서는 별다른 차이를 보이고 있지 않으며 거세돈의 경우는 사료처리에 의하여 영향을 받지 않은 것을 볼 수 있다. 전체적으로 비육돈을 110 kg에 출하하기 위해서 암컷의 경우는 180일령 이상 사육이 요구되고 거세돈의 경우는 160일령에 출하가 가능할 것으로 판단된다.

표 2-3-27에서 보는 바와 같이 경기도 이천 소재 개척 10분장에서 실시한 사

양시험은 Site 1과 Site 2에서 실시한 결과와 상반된 결과를 보여주었다. 160일령, 170일령, 180일령 사료 처리가 무의미한 것으로 나타나고 있다. 이는 사육 환경과 사육 관리와 관계가 있다고 할 수 있다.

표 2-3-26. Site 2 성장 성적 비교

처리구	160일 (암)	170일 (암)	180일 (암)	160일 (수)	170일 (수)	180일 (수)	평균
65일령체중 (kg)	20.09	20.14	20.14	20.59	20.75	20.55	20.38
107일령체중 (kg)	52.04	51.17	49.56	56.29	53.40	51.60	52.34
139일령체중 (kg)	81.02	79.92	77.90	87.04	83.99	82.15	82.00
종료체중 (kg)	100.78	106.10	109.20	110.64	109.6	113.57	108.32
육성돈기 (65-107일령)							
일당증체량 (g)	761	739	700	850	777	739	761
일당사료섭취량 (g)	1,701	1,626	1,595	1,863	1,737	1,684	1,701
사료효율	2.24	2.19	2.27	2.19	2.23	2.28	2.23
비육돈전기 (107-139일령)							
일당증체량 (g)	1,250	1,172	1,013	1,098	1,093	1,091	1,120
일당사료섭취량 (g)	2,906	3,008	2,956	3,147	3,096	3,223	3,056
사료효율	2.33	2.59	2.93	2.86	2.85	2.96	2.75
비육돈후기 (139-종료일)							
일당증체량 (g)	790	748	695	944	731	698	768
일당사료섭취량 (g)	2,752	2,779	2,891	3,453	3,023	2,764	2,944
사료효율	3.49	3.72	4.18	3.67	4.13	3.96	3.86
전기간 (65-종료일)							
일당증체량 (g)	849	819	774	948	846	809	841
일당사료섭취량 (g)	2,339	2,388	2,436	2,647	2,531	2,497	2,473
사료효율	2.75	2.92	3.15	2.79	2.99	3.09	2.95

표 2-3-27. Site 3 성장 성적 비교

처리구	160일 (암)	170일 (암)	180일 (암)	160일 (수)	170일 (수)	180일 (수)	평균
67일령체중 (kg)	25.29	26.03	25.82	26.62	26.18	26.26	26.03
102일령체중 (kg)	55.29	55.15	55.29	58.24	56.03	56.84	56.14
144일령 체중 (kg)	92.84	92.88	93.68	97.79	95.88	95.12	94.70
종료 체중 (kg)	109.66	109.76	111.29	113.97	113.26	115.03	112.16
육성돈기 (67-102일령)							
일당증체량 (g)	857	832	842	903	853	874	860
일당사료섭취량 (g)	1,704	1,835	1,775	1,846	1,833	1,877	1,811
사료효율 (g)	1.99	2.21	2.11	2.04	2.19	2.15	2.12
비육돈전기 (102-144일령)							
일당증체량 (g)	894	898	914	942	949	912	918
일당사료섭취량 (g)	2,474	2,533	2,610	2,836	2,871	2,859	2,697
사료효율	2.77	2.82	2.86	3.01	3.03	3.14	2.94
비육돈후기 (144일령-종료)							
일당증체량 (g)	801	804	839	770	828	948	832
일당사료섭취량 (g)	2,349	2,495	2,632	2,708	2,905	3,023	2,685
사료효율	2.94	3.10	3.14	3.52	3.51	3.19	3.23
전기간 (67-종료일)							
일당증체량 (g)	861	854	872	891	889	906	879
일당사료섭취량 (g)	2,172	2,275	2,316	2,455	2,507	2,543	2,378
사료효율	2.52	2.66	2.66	2.75	2.82	2.81	2.70

2) 장소별 영양소 소화율 비교.

표 2-3-28에 의하면 육성돈기에서 전반적으로 180일령 사료의 소화율이 낮은 경향을 보여주고 있는 바 이는 성장율의 저하와 관련될 것으로 판단된다. 비육돈 전기에서는 암컷에 비해서 거세돈의 소화율이 다소 높은 경향을 보여주고 있다. 비육돈후기에는 160일령 사료의 소화율이 높은 것으로 나타났는데 이 결과로 인해서 성장에서 차이를 보이고 있다.

표 2-3-29를 전체적으로 볼 때 160일령 사료의 소화율이 170일령과 180일령 사료의 소화율보다 높은 결과를 보여주고 있다. 그러나 에너지 소화율은 다소 차이를 보여주고 있다.

표 2-3-28. Site 1 영양소 소화율 (%)

처리구	160일 (암)	170일 (암)	180일 (암)	160일 (수)	170일 (수)	180일 (수)	평균
육성기							
건물	80.87	77.54	72.69	81.13	81.98	80.56	79.13
조단백질	77.82	75.20	63.34	79.49	81.32	78.80	75.99
조지방	81.21	72.10	72.81	84.90	77.82	84.45	78.88
에너지	84.61	82.24	78.49	85.23	85.52	84.96	83.51
비육전기							
건물	78.11	75.75	74.99	79.48	80.07	77.99	77.73
조단백질	73.73	68.14	70.66	75.01	74.69	75.14	72.89
조지방	73.64	70.13	73.85	75.95	76.68	78.47	74.79
에너지	81.72	75.49	78.33	82.81	80.06	81.53	79.99
비육후기							
건물	82.53	81.17	81.47	85.46	82.13	82.36	82.52
조단백질	75.04	73.69	70.57	82.03	75.28	67.28	73.98
조지방	77.05	78.26	81.29	85.30	76.16	76.23	79.05
에너지	81.02	79.23	78.53	84.15	80.40	79.78	80.52

표 2-3-29. Site 2 영양소 소화율 (%)

처리구	160일 (암)	170일 (암)	180일 (암)	160일 (수)	170일 (수)	180일 (수)	평균
육성돈기							
건물	80.53	75.35	74.47	78.15	77.82	75.97	77.05
조단백질	79.75	76.03	70.59	75.11	76.65	73.47	75.27
조지방	76.94	66.58	72.95	77.93	71.47	76.96	73.80
에너지	84.79	79.59	79.14	81.58	81.63	80.14	81.15
비육돈전기							
건물	80.15	78.94	76.84	79.96	75.64	78.52	78.34
조단백질	76.13	72.82	72.64	75.44	70.04	73.71	73.46
조지방	80.64	79.15	80.05	81.35	73.07	71.96	77.70
에너지	83.67	79.05	79.93	83.65	75.76	81.93	80.67
비육돈후기							
건물	85.82	83.57	83.26	86.16	82.55	83.26	84.11
조단백질	81.04	75.48	71.92	80.80	74.78	70.33	75.72
조지방	87.08	80.30	75.34	80.45	69.74	70.41	77.22
에너지	85.25	81.78	81.23	85.46	81.18	81.40	82.72

3) 장소별 도체 성적 비교

표 2-3-30에 의하면 생체중에 따라 도체중이 증가하는 것을 알 수 있으며 암컷에 비해서 거세돈의 도체중이 높은 것을 알 수 있다. 또한 등지방두께는 사육기간이 길수록 점차 두꺼워지는 것을 볼 수 있다. 암컷의 경우는 160일령과 170일령간에 등지방과 등급에서 유사한 결과를 보여준 반면 180일령까지 사육할 때는 등지방두께가 두꺼워지면서 등급이 저하되는 경향을 보여주고 있다. 거세돈의 경우는 160일령과 170일령 사이에서 등급을 제외하고 도체중이나 등지방두께에서 유사한 결과를 보여주었다. 위의 도체 결과를 바탕으로 할 때 성별에 관계없이 170일령까지 사육하는 것이 등지방두께와 등급면에서 유리한 결과를 보여주었다.

표 2-3-31을 보면 암컷의 경우 사육기간이 170일령과 180일령인 처리구간에서 도체중과 등지방두께 등급상에서 유사한 결과를 보여주고 있으며 거세돈의 경우에는 160일령과 170일령간에 유사한 성적을 보여주므로써 성별에 관계없이 170일령까지 사육하는 것이 바람직하게 보이며 특히 암컷의 경우는 거세돈에 비해 성장이 늦으므로 다소 사육 기간을 연장해야 할 것이다.

표 2-3-30. Site 1 도체 성적 비교

처리구	160일 (암)	170일 (암)	180일 (암)	160일 (수)	170일 (수)	180일 (수)	평균
생체중 (kg)	99.85	103.92	104.77	106.91	106.00	114.25	105.95
도체중 (kg)	74.41	78.59	79.04	80.89	80.94	82.92	79.47
등지방두께 (cm)	2.10	2.15	2.41	2.51	2.54	3.05	2.46
등급	1.88	1.77	2.08	1.50	1.94	1.92	1.85

표 2-3-31. Site 2 도체 성적 비교

처리구	160일 (암)	170일 (암)	180일 (암)	160일 (수)	170일 (수)	180일 (수)	평균
생체중 (kg)	104.41	105.93	108.68	110.20	109.31	113.26	108.63
도체중 (kg)	77.44	81.22	82.00	81.79	81.38	85.72	81.59
등지방두께 (cm)	2.31	2.76	2.87	2.98	2.93	3.24	2.85
등급	1.56	1.70	1.82	1.92	1.83	2.48	1.89

4) 장소별 경제성 분석 비교

표 2-3-32에서 보면 육성비육기동안 출하일령이 길어질수록 증체당 사료비가

높아진다는 것을 볼 수 있으며 사료비 공제 수익면에서 암컷과 거세돈에서 170일령까지 사육하는 것이 경제적인 것으로 나타났다.

표 2-3-32. Site 1 경제성 분석 비교

처리구	160일 (암)	170일 (암)	180일 (암)	160일 (수)	170일 (수)	180일 (수)	평균
총사료비 (원/두)	70,234	74,386	80,048	77,970	77,445	86,573	77,776
총증체량 (원/kg)	79.63	84.26	84.11	86.54	90.47	93.28	86.38
증체당 사료비 (원/kg)	882	883	952	901	856	928	900
지육가격 (원/두)	232,978	246,065	247,474	243,479	243,629	249,589	243,869
사료비공제수익 (원/두)	162,744	171,679	167,427	165,508	166,185	163,017	166,093

표 2-3-33를 보면 육성비육기동안 출하일령에 따라서 증체당 사료비가 큰 영향을 받지 않은 것으로 나타나고 있는데 이는 우수한 환경 조건에서는 사료에 의해서 영향을 받지 않은 것으로 판단된다. 사료비 공제 수익면에서 암컷에서는 170일령까지 사육하는 것이 경제적인 반면 거세돈의 경우는 180일령까지 사육할 경우 수익이 증가하여 의외의 상황을 보여주었다.

표 2-3-33. Site 2 경제성 분석 비교

처리구	160일 (암)	170일 (암)	180일 (암)	160일 (수)	170일 (수)	180일 (수)	평균
총사료비 (원/두)	73,773	77,802	83,599	83,195	82,476	85,882	81,121
총증체량 (kg)	80.69	85.96	89.06	90.05	88.85	93.02	87.94
증체당 사료비 (원/kg)	914	905	939	924	928	923	922
지육가격 (원/두)	242,465	254,300	256,742	246,188	244,954	258,017	250,444
사료비공제수익 (원/두)	168,691	176,498	173,143	162,993	162,478	172,135	169,323

5) 장소별 성별 성장 성적 비교

표 2-3-34에 의하면 성별로 성장율을 비교해 본 결과 거세돈이 암컷에 비해서 일당증체량에서 70g의 차이를 보여주고 있는데 150일간 사육할 경우 10.5kg의 차이를 보인다고 할 수 있는데 이러한 결과는 비육기동안 암컷의 성장이 거세돈에 비해 상당히 낮은 결과로 판단된다. 이는 암컷을 거세돈에 비해서 13일이상 연장

해서 사육해야 한다는 것을 의미한다고 할 수 있다.

표 2-3-34. Site 1 성별 성장 성적 비교

처리구	암	수	평균
65일령체중 (kg)	18.65	18.96	18.81
107일령체중 (kg)	50.03	52.09	51.06
139일령체중 (kg)	79.79	84.66	82.23
종료체중 (kg)	101.32	109.05	105.19
육성기 (65-107일령)			
일당증체량 (g)	747	788	768
일당사료섭취량 (g)	1,638	1,703	1,671
사료효율	2.20	2.16	2.18
비육전기 (107-139일령)			
일당증체량 (g)	930	1,018	974
일당사료섭취량 (g)	2,711	2,989	2,850
사료효율	2.92	2.94	2.93
비육후기 (139-종료일)			
일당증체량 (g)	712	809	760
일당사료섭취량 (g)	2,699	2,942	2,821
사료효율	3.83	3.71	3.77
전기간 (65-종료일)			
일당증체량 (g)	791	861	826
일당사료섭취량 (g)	2,276	2,457	2,367
사료효율	2.89	2.86	2.88

Site 2에서 성별로 성장율을 비교해본 결과 암컷과 거세돈 간에 일당증체량면에서 50 g의 차이를 보이고 있어서 150일간 사육할 경우 7.5 kg의 차이를 보일 것으로 판단되며 이는 거세돈에 비해서 10일의 사육기간이 연장되어야 한다는 것을 의미한다고 할 수 있다.

표 2-3-35. Site 2 성별 성장 성적 비교

처리구	암	수	평균
65일령체중 (kg)	20.12	20.63	20.38
107일령체중 (kg)	50.92	53.76	52.34
139일령체중 (kg)	79.61	84.39	82.00
종료체중 (kg)	105.36	111.27	108.32
육성돈기 (65-107일령)			
일당증체량 (g)	733	789	761
일당사료섭취량 (g)	1,641	1,761	1,701
사료효율	2.23	2.23	2.23
비육전기 (107-139일령)			
일당증체량 (g)	1,145	1,094	1,120
일당사료섭취량 (g)	2,957	3,155	3,056
사료효율	2.62	2.89	2.75
비육후기 (139-종료일)			
일당증체량 (g)	744	791	768
일당사료섭취량 (g)	2,807	3,080	2,944
사료효율	3.80	3.92	3.86
전기간 (65-종료일)			
일당증체량 (g)	814	868	841
일당사료섭취량 (g)	2,388	2,558	2,473
사료효율	2.94	2.96	2.95

Site 3에서 성별로 성장율을 비교해본 결과 암컷과 거세돈간에는 1일 30 g의 차이를 보임으로써 150일을 사육할 경우 4.5 kg의 차이를 보일 것을 판단된다. 거세돈은 암컷에 비해서 성장이 빠른 반면 사료섭취량과 사료효율에서 높은 결과를 보여주고 있다.

표 2-3-36. Site 3 성별 성장 성적 비교

처리구	암	수	평균
67일령체중 (kg)	25.72	26.35	26.03
102일령체중 (kg)	55.25	57.03	56.14
144일령 체중 (kg)	93.13	96.27	94.70
종료 체중 (kg)	110.24	114.09	112.16
육성기 (67-102일령)			
일당증체량 (g)	844	877	860
일당사료섭취량 (g)	1,771	1,852	1,811
사료효율	2.10	2.13	2.12
비육전기 (102-144일령)			
일당증체량 (g)	902	934	918
일당사료섭취량 (g)	2,539	2,855	2,697
사료효율	2.81	3.06	2.94
비육후기 (144일령-종료)			
일당증체량 (g)	815	849	832
일당사료섭취량 (g)	2,492	2,879	2,685
사료효율	3.06	3.41	3.23
전기간 (67-종료일)			
일당증체량 (g)	862	895	879
일당사료섭취량 (g)	2,255	2,502	2,378
사료효율	2.61	2.79	2.70

6) 장소별 성별 영양소 소화율 비교

표 2-3-37에서 장소별 성별로 소화율을 비교해 볼 때 육성돈에서 건물의 경우 4%의 소화율에서 차이를 보임으로써 성장에 영향을 미쳐서 차이를 보이고 있다. 표 2-3-38에서는 성별로 소화율에서 차이를 보이고 있지 않은 데 사육 환경과 관련이 있는 것으로 판단된다.

표 2-3-37. Site 1 성별 영양소 소화율 (%)

처리구	암	수	평균
육성기			
건물	77.03	81.22	79.13
조단백질	72.12	79.87	75.99
조지방	75.37	82.39	78.88
에너지	81.78	85.24	83.51
비육전기			
건물	76.28	79.18	77.73
조단백질	70.84	74.95	72.89
조지방	72.54	77.03	74.79
에너지	78.51	81.47	79.99
비육후기			
건물	81.72	83.32	82.52
조단백질	73.10	74.86	73.98
조지방	78.87	79.23	79.05
에너지	79.59	81.44	80.52

표 2-3-38. Site 2 성별 영양소 소화율 비교 (%)

처리구	암	수	평균
육성기			
건물	76.78	77.31	77.05
조단백질	75.46	75.07	75.27
조지방	72.16	75.45	73.80
에너지	81.17	81.12	81.15
비육전기			
건물	78.64	78.04	78.34
조단백질	73.86	73.06	73.46
조지방	79.95	75.46	77.70
에너지	80.88	80.45	80.67
비육후기			
건물	84.22	83.99	84.11
조단백질	76.15	75.30	75.72
조지방	80.91	73.53	77.22
에너지	82.75	82.68	82.72

7) 장소별 성별 도체 성적 비교

표 2-3-39에 의하면 성별로 도체 분석을 실시한 결과 거세돈이 생체중과 도체 중에서 무거운 반면 등지방이 두꺼워지는 것을 보여주었다. 그러나 등급면에서 거세돈이 암컷에 비해서 더 우수한 결과를 보여주었는데 이는 암컷의 체중이 작

게 출하된 데 원인이 있는 것으로 판단되며 거세돈에 비해서 오래 사육해야 한다는 것을 보여주고 있다.

표 2-3-40에서는 성별로 도체 분석을 실시한 결과 거세돈이 암컷에 비해서 등지방이 두꺼워지면서 등급이 더 나빠지는 것을 보여주고 있다.

표 2-3-39. Site 1 성별 도체 성적 비교

처리구	암	수	평균
생체중 (kg)	102.85	109.05	105.95
도체중 (kg)	77.35	81.58	79.47
등지방두께 (cm)	2.22	2.70	2.46
등급	1.91	1.79	1.85

표 2-3-40. Site 2 성별 도체 성적 비교

처리구	암	수	평균
생체중 (kg)	106.34	110.92	108.63
도체중 (kg)	80.22	82.96	81.59
등지방두께 (cm)	2.65	3.05	2.85
등급	1.69	2.08	1.89

8) 장소별 성별 경제성 분석 비교

표 2-3-41을 보면 성별로 경제성을 분석해본 결과 암컷이 거세돈에 비해서 증체량이 낮았지만 총사료비가 낮아서 증체당 사료비에서 증체 kg당 10원이 절감되는 결과와 성별과 등급에 따른 지육가격의 차이로 인해서 암컷이 사료비를 공제한 수익에서 더 경제적인 결과를 보여주었다.

표 2-3-42에서 성별로 경제성을 분석해본 결과 암컷이 거세돈에 비해서 총증체량과 증체당 사료비에서 낮은 결과를 보여주었지만 등급과 성별에 의한 지육가격의 차이로 인해서 암컷이 수컷에 비해서 사료비 공제 수익에서 경제적인 결과를 보여주고 있다.

표 2-3-41. Site 1 성별 경제성 분석 비교

처리구	암	수	평균
총사료비 (원/두)	74,889	80,663	46,666
총증체량 (kg)	82.67	90.10	86.38
증체당 사료비 (원/kg)	906	895	540
지육가격 (원/두)	242,172	245,566	243,869
사료비공제수익 (원/두)	167,283	164,903	197,204

표 2-3-42. Site 2 성별 경제성 분석 비교

처리구	암	수	평균
총사료비 (원/두)	78,391	83,851	48,673
총증체량 (kg)	85.24	90.64	87.94
증체당 사료비 (원/kg)	919	925	553
지육가격 (원/두)	251,169	249,720	250,444
사료비공제수익 (원/두)	172,777	165,869	201,771

표 2-3-43. Site 1 사육 일령별 성장 성적 비교

처리구	160일령	170일령	180일령	평균
65일령체중 (kg)	18.78	18.81	18.83	18.81
107일령체중 (kg)	53.07	50.13	49.98	51.06
139일령체중 (kg)	84.12	82.18	80.38	82.23
종료체중 (kg)	101.87	106.17	107.53	105.19
육성기 (65-107일령)				
일당증체량 (g)	817	745	742	768
일당사료섭취량 (g)	1,750	1,620	1,642	1,671
사료효율	2.14	2.18	2.22	2.18
비육전기 (107-139일령)				
일당증체량 (g)	971	1,002	950	974
일당사료섭취량 (g)	2,815	2,794	2,943	2,850
사료효율	2.91	2.80	3.10	2.93
비육후기 (139-종료일)				
일당증체량 (g)	845	774	662	760
일당사료섭취량 (g)	2,835	2,808	2,819	2,821
사료효율	3.40	3.64	4.28	3.77
전기간 (65-종료일)				
일당증체량 (g)	875	832	771	826
일당사료섭취량 (g)	2,348	2,328	2,424	2,367
사료효율	2.68	2.80	3.14	2.88

9) 장소별 사육 일령별 성장 성적 비교

표 2-3-43에 의하면 사육일령별로 성장율을 비교해본 결과 160일령과 170일령을 사육한 결과 40g의 일당증체량에서 차이를 보여주고 있으며 170일령과 180일령간에는 60g의 차이가 있었다. 사료효율면에서 160일령과 170일령간에 차이가 없는 것으로 판단되며 이를 통해서 170일령까지 사육하는 것이 바람직한 것으로 보인다.

표 2-3-44에서는 사육일령에 따른 성장율의 차이를 비교해 본 결과 160일령과 170일령을 사육할 경우 일당증체량에서 67g의 차이를 보이고 있으며 170일령과

180일령간에는 40g의 차이를 보이고 있다. 비육돈 후기동안 일당증체량이 둔화되는 것을 알 수 있다.

표 2-3-45에서 사육일령별로 성장율을 비교해 본 결과 사육일령에 따라서 성장율에서 차이가 없는 것을 볼 수 있는데 이는 사육환경과 관리상의 차이로 인한 결과로 판단된다.

표 2-3-44. Site 2 사육 일령별 성장 성적 비교

처리구	160일령	170일령	180일령	평균
65일령체중 (kg)	20.34	20.45	20.35	20.38
107일령체중 (kg)	54.17	52.29	50.58	52.34
139일령체중 (kg)	84.03	81.96	80.03	82.00
종료체중 (kg)	105.71	107.85	111.39	108.32
육성기 (65-107일령)				
일당증체량 (g)	806	758	720	761
일당사료섭취량 (g)	1,782	1,682	1,640	1,701
사료효율	2.22	2.21	2.28	2.23
비육전기 (107-139일령)				
일당증체량 (g)	1,174	1,133	1,052	1,120
일당사료섭취량 (g)	3,027	3,052	3,090	3,056
사료효율	2.60	2.72	2.95	2.75
비육후기 (139-종료일)				
일당증체량 (g)	867	740	697	768
일당사료섭취량 (g)	3,103	2,901	2,828	2,944
사료효율	3.58	3.93	4.07	3.86
전기간 (65-종료일)				
일당증체량 (g)	899	832	792	841
일당사료섭취량 (g)	2,493	2,459	2,467	2,473
사료효율	2.77	2.95	3.12	2.95

표 2-3-45. Site 3 사육 일령별 성장 성적 비교

처리구	160일령	170일령	180일령	평균
67일령체중 (kg)	25.96	26.10	26.04	26.03
102일령체중 (kg)	56.76	55.59	56.07	56.14
144일령 체중 (kg)	95.32	94.38	94.40	94.70
종료 체중 (kg)	111.82	111.51	113.16	112.16
육성기 (67-102일령)				
일당증체량 (g)	880	842	858	860
일당사료섭취량 (g)	1,775	1,834	1,826	1,811
사료효율	2.02	2.20	2.13	2.12
비육전기 (102-144일령)				
일당증체량 (g)	918	924	913	918
일당사료섭취량 (g)	2,655	2,702	2,734	2,697
사료효율	2.89	2.92	3.00	2.94
비육후기 (144일령-종료)				
일당증체량 (g)	786	816	893	832
일당사료섭취량 (g)	2,528	2,700	2,827	2,685
사료효율	3.23	3.31	3.16	3.23
전기간 (67-종료일)				
일당증체량 (g)	876	872	889	879
일당사료섭취량 (g)	2,313	2,391	2,430	2,378
사료효율	2.64	2.74	2.73	2.70

10) 장소별 사육 일령별 영양소 소화율 비교

표 2-3-46에서 사육일령별로 영양소 소화율을 비교하여 본 결과 160일을 사육하기 위한 사료 처리구의 소화율이 높은 경향을 보여준 반면 170일과 180일간에는 별다른 차이를 보이고 있지 않은 것을 볼 수 있다.

표 2-3-47에서 사육일령별로 영양소 소화율을 비교하여 본 결과 160일을 사육하기 위한 사료 처리구의 소화율이 높은 경향을 보여준 반면 170일과 180일간에는 별다른 차이를 보이고 있지 않은 것을 볼 수 있다.

표 2-3-46. Site 1 사육 일령별 영양소 소화율 비교 (%)

처리구	160일령	170일령	180일령	평균
육성돈기				
건물	81.00	79.76	76.63	79.13
조단백질	78.66	78.26	71.07	75.99
조지방	83.06	74.96	78.63	78.88
에너지	84.92	83.88	81.72	83.51
비육돈전기				
건물	78.80	77.91	76.49	77.73
조단백질	74.37	71.42	72.90	72.89
조지방	74.79	73.41	76.16	74.79
에너지	82.27	77.77	79.93	79.99
비육돈후기				
건물	84.00	81.65	81.92	82.52
조단백질	78.53	74.49	68.92	73.98
조지방	81.18	77.21	78.76	79.05
에너지	82.58	79.81	79.16	80.52

표 2-3-47. Site 2 사육 일령별 영양소 소화율 비교 (%)

처리구	160일령	170일령	180일령	평균
육성돈기				
건물	79.34	76.58	75.22	77.05
조단백질	77.43	76.34	72.03	75.27
조지방	77.44	69.02	74.95	73.80
에너지	83.19	80.61	79.64	81.15
비육돈전기				
건물	80.05	77.29	77.68	78.34
조단백질	75.78	71.43	73.17	73.46
조지방	80.99	76.11	76.01	77.70
에너지	83.66	77.40	80.93	80.67
비육돈후기				
건물	85.99	83.06	83.26	84.11
조단백질	80.92	75.13	71.12	75.72
조지방	83.76	75.02	72.88	77.22
에너지	85.36	81.48	81.32	82.72

11) 장소별 사육 일령별 도체 성적 비교

표 2-3-48에서 사육 일령별로 도체 성적을 분석해 본 결과 사육 일령이 경과할수록 생체중과 도체중이 증가하는 반면 등지방두께가 두꺼워지고 등급이 높아지는 경향을 보이는데 170일까지 사육할 경우 180일령과 도체중에서 1.2kg의 차

이를 보이지만 등지방두께와 등급면에서 유리한 면을 보임으로써 170일까지 사육하는 것이 바람직하다고 할 수 있다.

표 2-3-48. Site 1 사육 일령별 도체 성적 비교

처리구	160일령	170일령	180일령	평균
생체중 (kg)	103.38	104.96	109.51	105.95
도체중 (kg)	77.65	79.77	80.98	79.47
등지방두께 (cm)	2.31	2.35	2.73	2.46
등급	1.69	1.86	2.00	1.85

표 2-3-49에서 사육 일령별로 도체 성적을 분석해본 결과 사육 일령이 경과할 수록 생체중과 도체중이 증가하고 등지방두께가 증가함으로써 등급이 높아지는 경향을 보이고 있다. 등급을 고려할 때 170일령까지 사육하는 것이 바람직하다고 할 수 있다.

표 2-3-49. Site 2 사육 일령별 도체 성적 비교

처리구	160일령	170일령	180일령	평균
생체중 (kg)	107.31	107.62	110.97	108.63
도체중 (kg)	79.62	81.30	83.86	81.59
등지방두께 (cm)	2.65	2.85	3.06	2.85
등급	1.74	1.77	2.15	1.89

12) 장소별 사육 일령별 경제성 비교

표 2-3-50에서 사육일령별로 경제성을 비교해본 결과 증체당 사료비에서 170일령까지 사육하는 것이 가장 경제적인 결과를 보여주고 있으며 사료비를 공제한 수익에서도 170일령이 가장 경제적인 것으로 드러났다.

표 2-3-50. Site 1 사육일령별 경제성 분석

처리구	160일령	170일령	180일령	평균
총사료비 (원/두)	74,102	75,916	83,310	77,776
총증체량 (kg)	83.09	87.37	88.70	86.38
증체당 사료비 (원/kg)	891	869	940	900
지육가격 (원/두)	238,228	244,847	248,532	243,869
사료비공제수익 (원/두)	164,126	168,932	165,222	166,093

표 2-3-51에서 사육일령별로 경제성을 비교해본 결과 증체당 사료비에서 170

일령까지 사육하는 것이 가장 경제적인 결과를 보여주었지만 180일령까지 사육했을 때 증체량으로 인한 지육가격의 차이가 반영되면서 사료비 공제 수익면에서 180일령까지 사육하는 것이 가장 경제적인 것으로 드러났다.

표 2-3-51. Site 2 사육일령별 경제성 분석

처리구	160일령	170일령	180일령	평균
총사료비 (원)	78,484	80,139	84,741	81,121
총증체량 (kg)	85.37	87.41	91.04	87.94
증체당 사료비 (원/kg)	919	917	931	922
지육가격 (원)	244,326	249,627	257,380	250,444
사료비공제수익 (원)	165,842	169,488	172,639	169,323

표 2-3-52. Site와 성별 성장 성적 비교

처리구	Site 1		Site 2		평균
	암	수	암	수	
65일령체중 (kg)	18.65	18.96	20.12	20.63	19.59
107일령체중 (kg)	50.03	52.09	50.92	53.76	51.70
139일령체중 (kg)	79.79	84.66	79.61	84.39	82.12
종료체중 (kg)	101.32	109.05	105.36	111.27	106.75
육성기 (65-107일령)					
일당증체량 (g)	747	788	733	789	764
일당사료섭취량 (g)	1,638	1,703	1,641	1,761	1,686
사료효율	2.20	2.16	2.23	2.23	2.21
비육전기 (107-139일령)					
일당증체량 (g)	930	1,018	1,145	1,094	1,047
일당사료섭취량 (g)	2,711	2,989	2,957	3,155	2,953
사료효율	2.92	2.94	2.62	2.89	2.84
비육후기 (139-종료일)					
일당증체량 (g)	712	809	744	791	764
일당사료섭취량 (g)	2,699	2,942	2,807	3,080	2,882
사료효율	3.83	3.71	3.80	3.92	3.82
전기간 (65-종료일)					
일당증체량 (g)	791	861	814	868	833
일당사료섭취량 (g)	2,276	2,457	2,388	2,558	2,420
사료효율	2.89	2.86	2.94	2.96	2.91

13) 장소별 성별 성장 성적, 소화율, 도체 성적, 경제성 비교

표 2-3-52에서 Site별 성장 성적을 비교해본 결과 우수한 환경과 일반 환경에서 사육한 경우 거세돈은 크게 영향을 받지 않았으나 암컷은 일당증체량에서 20g의 차이를 보여주었다. 그리고 사료섭취량과 사료효율에서는 일반 환경에서 사육할 경우 더 낮은 것을 알 수 있다.

표 2-3-53에서 Site 별로 영양소 소화율을 비교해본 결과 사육환경이 우수한 조건하에서 암컷의 소화율이 높은 반면 수컷은 다소 낮은 결과를 보여주었다.

표 2-3-53. Site와 성별 영양소 소화율 비교 (%)

처리구	Site 1		Site 2		평균
	암	수	암	수	
육성돈기					
건물	77.03	81.22	79.34	76.58	78.54
조단백질	72.12	79.87	77.43	76.34	76.44
조지방	75.37	82.39	77.44	69.02	76.06
에너지	81.78	85.24	83.19	80.61	82.70
비육전기					
건물	76.28	79.18	80.05	77.29	78.20
조단백질	70.84	74.95	75.78	71.43	73.25
조지방	72.54	77.03	80.99	76.11	76.67
에너지	78.51	81.47	83.66	77.40	80.26
비육후기					
건물	81.72	83.32	85.99	83.06	83.52
조단백질	73.10	74.86	80.92	75.13	76.00
조지방	78.87	79.23	83.76	75.02	79.22
에너지	79.59	81.44	85.36	81.48	81.97

표 2-3-54에서 Site별로 암컷을 비교해볼 때 우수한 환경에서 사육했을 때 생체중과 도체중이 무거운 것을 볼 수 있으며 등지방두께가 두꺼워졌지만 등급에서 우수한 것을 볼 수 있다. 이는 Site 1의 출하체중이 낮은 결과로 등급이 저하된 것으로 보인다. 수컷을 비교해봤을 때 우수한 환경에서 사육했을 때 생체중과 도체중에서 높았지만 등지방두께가 두꺼워지고 등급이 저하되는 경향을 보여주

었다.

표 2-3-55에서 Site 별로 경제성을 비교해본 결과 총사료비면에서 환경이 우수한 경우 높은 것을 볼 수 있지만 증체량에 따른 지육 가격을 감안하면 사료비 공제수익에서 우수한 환경하에서 더 경제적인 것을 알 수 있으며 성별로는 암컷의 경우 수컷에 비해서 환경에 따라서 수익의 차이가 커지는 것을 볼 수 있다.

표 2-3-54. Site와 성별 도체 성적 비교

처리구	Site 1		Site 2		평균
	암	수	암	수	
생체중 (kg)	102.85	109.05	106.34	110.92	107.29
도체중 (kg)	77.35	81.58	80.22	82.96	80.53
등지방두께 (cm)	2.22	2.70	2.65	3.05	2.65
등급	1.91	1.79	1.69	2.08	1.87

표 2-3-55. Site와 성별 경제성 분석

처리구	Site 1		Site 2		평균
	암	수	암	수	
총사료비 (원)	44,933	48,398	47,035	50,311	47,669
총증체량 (kg)	82.67	90.10	85.24	90.64	87.16
증체당 사료비 (원/kg)	543	537	552	555	547
지육가격 (원)	242,172	245,566	251,169	249,720	247,157
사료비공제수익 (원)	197,239	197,168	204,134	199,409	199,488

14) 장소별 사육일령별 성장 성적, 소화율, 도체성적, 경제성 비교

표 2-3-56에서 Site 별로 성장 성적을 비교한 결과 우수한 환경하에서 일당 증체량이 우수한 것으로 났으나 사료효율면에서는 높아지는 것으로 나타났다.

Site 별로 영양소 소화율을 비교한 결과 일관된 경향을 보이고 있지 않으나 대체로 우수한 환경에서 소화율이 다소 낮은 경향을 보여주고 있다.

표 2-3-58에서 Site 별로 사육일령을 비교해본 결과 환경이 우수한 경우 생체중과 도체중이 높아지는 반면 등지방두께가 두꺼워지는 것을 볼 수 있으며 등급도 저하되는 것을 볼 수 있는 데 이는 생체중이 높은 결과로 판단된다.

표 2-3-56. Site와 사육일령별 성장 성적 비교

처리구	단위	Site 1			Site 2			평균
		160일령	170일령	180일령	160일령	170일령	180일령	
65일령체중 (kg)		18.78	18.81	18.83	20.34	20.45	20.35	19.59
107일령체중 (kg)		53.07	50.13	49.98	54.17	52.29	50.58	51.70
139일령체중 (kg)		84.12	82.18	80.38	84.03	81.96	80.03	82.12
종료체중 (kg)		101.87	106.17	107.53	105.71	107.85	111.39	106.75
육성기 (65-107일령)								
일당증체량 (g)		817	745	742	806	758	720	764
일당사료섭취량 (g)		1,750	1,620	1,642	1,782	1,682	1,640	1,686
사료효율		2.14	2.18	2.22	2.22	2.21	2.28	2.21
비육전기 (107-139일령)								
일당증체량 (g)		971	1,002	950	1,174	1,133	1,052	1,047
일당사료섭취량 (g)		2,815	2,794	2,943	3,027	3,052	3,090	2,953
사료효율		2.91	2.80	3.10	2.60	2.72	2.95	2.84
비육후기 (139-종료일)								
일당증체량 (g)		845	774	662	867	740	697	764
일당사료섭취량 (g)		2,835	2,808	2,819	3,103	2,901	2,828	2,882
사료효율		3.40	3.64	4.28	3.58	3.93	4.07	3.82
전기간 (65-종료일)								
일당증체량 (g)		875	832	771	899	832	792	833
일당사료섭취량 (g)		2,348	2,328	2,424	2,493	2,459	2,467	2,420
사료효율		2.68	2.80	3.14	2.77	2.95	3.12	2.91

표 2-3-57. Site와 사육일령별 영양소 소화율 비교 (%)

처리구	Site 1			Site 2			평균
	160일령	170일령	180일령	160일령	170일령	180일령	
육성돈기							
건물	81.00	79.76	76.63	79.34	76.58	75.22	78.09
조단백질	78.66	78.26	71.07	77.43	76.34	72.03	75.63
조지방	83.06	74.96	78.63	77.44	69.02	74.95	76.34
에너지	84.92	83.88	81.72	83.19	80.61	79.64	82.33
비육돈전기							
건물	78.80	77.91	76.49	80.05	77.29	77.68	78.04
조단백질	74.37	71.42	72.90	75.78	71.43	73.17	73.18
조지방	74.79	73.41	76.16	80.99	76.11	76.01	76.24
에너지	82.27	77.77	79.93	83.66	77.40	80.93	80.33
비육돈후기							
건물	84.00	81.65	81.92	85.99	83.06	83.26	83.31
조단백질	78.53	74.49	68.92	80.92	75.13	71.12	74.85
조지방	81.18	77.21	78.76	83.76	75.02	72.88	78.13
에너지	82.58	79.81	79.16	85.36	81.48	81.32	81.62

표 2-3-58. Site와 사육일령별 도체 성적 비교

처리구	Site 1			Site 2			평균
	160일령	170일령	180일령	160일령	170일령	180일령	
생체중 (kg)	103.38	104.96	109.51	107.31	107.62	110.97	107.29
도체중 (kg)	77.65	79.77	80.98	79.62	81.30	83.86	80.53
등지방두께 (cm)	2.31	2.35	2.73	2.65	2.85	3.06	2.65
등급	1.69	1.86	2.00	1.74	1.77	2.15	1.87

표 2-3-59에서 Site 별로 경제성을 비교한 결과 우수한 환경에서 사육할 경우 증체량으로 인한 사료비공제 수익에서 우수한 성적을 보여주고 있다.

표 2-3-59. Site와 사육일령별 경제성 분석

처리구	Site 1			Site 2			평균
	160일령	170일령	180일령	160일령	170일령	180일령	
총사료비 (원)	44,461	45,549	49,986	47,091	48,083	50,844	47,669
총증체량 (kg)	83.09	87.37	88.70	85.37	87.41	91.04	87.16
증체당 사료비 (원/kg)	535	522	564	551	550	559	547
지육가격 (원)	238,228	244,847	248,532	244,326	249,627	257,380	247,157
사료비공제수익 (원)	193,767	199,298	198,546	197,236	201,544	206,535	199,488

라. 참고문헌

- Anderson, D. P., G. W. Beard, and R. P. Hanson. 1964. The adverse effects of ammonia on chickens, including resistance to infection with newcastle disease virus. *Avian Dis.* 8(3):369~379.
- Andersons, D. P., C. W. Beard and R. P. Hanson. 1964. The adverse effects of ammonia on chickens including resistance to infection with Newcastle Disease. *Avian Disease* 8 : 369~379.
- Andersons, D. P., C. W. Beard and R. P. Hanson. 1966. Influence of poultry house dust, ammonia and carbon dioxide on the resistance of chickens to Newcastle Disease. *Avian Disease* 10(2) : 177~188.
- Barnes, E. M., G. C. Mead, and D. A. Barnum. 1972. The intestinal flora of the chicken in the period 2 to 6 weeks of age, with particular reference to the anaerobic bacteria. *Brit. Poult. Sci.* 13 : 617~622.
- Beckett, F. E. 1965. Effective temperature as a means of evaluating a design hog

- environment. *TRANSACTIONS of the ASAE* 11(4) : 163~166.
- Bendall, J. R. and Swatland, H. J. 1988. A review of the relationships of pH with physical aspects of pork muscle. *J. Food Sci.*, 27:144.
- Bitton, G. 1994. Role of microorganisms in biogeochemical cycles. In *Wastewater microbiology*. A. John Willey & Sons, Inc. : 51~73.
- Bond, T. E., H. Heitman, Jr., and C. F. Kelly. 1965. Effects of increased air velocities on heat and moisture loss and growth of swine. *TRANSACTIONS of the ASAE* 8(2) : 167~169.
- Bone, E., A. Tamm, and M. Hill. 1976. The production of urinary phenols by gut bacteria and their possible role in the causation of large bowel cancer. *Am. J. Clin. Nutr.* 29 : 1448~1454.
- Brown, S. N. 1992. A note on the use subjective methods for assessing pig meat quality on the slaughterline. *Meat Sci.*, 32:195.
- Busbom, J. R. 1995. Pork color and quality. In: Washington Swine interrelationships in pigs weighing 20 to 50 kilograms: I. Rate and efficiency of weight gain. *J. Anim. Sci.* 69:694.
- Charles, D. R. and C. G. Payne. 1966. The influence of graded levels of atmospheric ammonia on chickens. I. Effects on respiration and on the performance of boilers and replacement growing stock. *Brit. Poult. Sci.* 7(3) : 177~187.
- Charles, D. R. and C. G. Payne. 1966. The influence of graded levels of atmospheric ammonia on chickens. II. Effects on respiration and on the performance of boilers and replacement growing stock. *Brit. Poult. Sci.* 7(3) : 189~198.
- Cho, K. S., L. M. Hirai, and M. Shoda. 1991b. Degradation characteristics of hydrogen sulphide, methanethiol, dimethyl sulfide and dimethyl disulfide by *Thiobacillus thioparus* DW44 isolated from peat biofilter. *J. Ferm. and Bioeng.* 71(6) : 384~389.
- Cho, K. S., L. Zhang, M. Hirai, and M. Shoda. 1991a. Removal characteristics of hydrogen sulphide and methanethiol by *Thiobacillus* sp. isolated from peat in biological deodorization. *J. Ferm. and Bioeng.* 71(1) : 44~49.
- Choi, Y. I. and Kim, Y. K. 1995. Effect of aging on quality characteristics of Korean native beef (Hanwoo). *Proceeding WAPP/KSAS International Symposium*. p:314 (abstract).
- Cockram, M. S. and T. G. Rowan. 1989. Effects of air temperature on the abomasal and small intestinal digestion of a milk substitute diet given to young calves. *Animal production*. 48 : 67-74.

- Cockram, M. S. and T. G. Rowan. 1989. Effects of air temperature, air velocity and Feeding level on apparent digestibility, water intake, water loss and growth in calves given a milk substitute diet *Animal production*. 48 : 51-65.
- Cromwell, G. L., T. R. Cline, J. D. Crenshaw, T. D. Crenshaw, R. C. Ewan, C. R. Hamilton, A. J. Lewis, D. C. Mahan, E. R. Miller, J. E. Pettigrew, L. F. Tribble, and T. L. Veum. 1993. The dietary protein and(or) lysine requirements of barrows and gilts.
- Cromwell, G. L., T. S. Stahly, R. D. Coffey, H. J. Monegue and J. H. Randolph. 1993. Efficiency of phytase in improving the bioavailability of phosphorus in soybean meal and corn-soybean meal diets of pigs. *J. Anim. Sci.* 71:1831-1840.
- Curtis, S. E. 1972. Air environment and animal performance. *J. Anim. Sci.* 35(3) : 628~634.
- Curtis, S. E., C. R. Anderson, J. Simon, A. H. Jensen. 1975a. Effects of aerial ammonia, hydrogen sulfide and swine-house dust on rate of gain and respiratory-tract structure in swine. *J. Anim. Sci.* 41(3) : 735~739.
- Curtis, S. E., J. G. Drummond, K. W. Kelly, D. J. Grunloh, V. J. Meares, H. W. Norton, and A. H. Jensen. 1975b. Diurnal and annual fluctuations of aerial bacterial and dust levels in enclosed swine houses. *J. Anim. Sci.* 41(5) : 1502~1511.
- Daghir, N. J. 1983. Effect of lysine and methionine supplementation of low protein rooster diets fed after six weeks of age. *Poult. Sci.* 62:1572.
- Dalrymple, R. H. and Kelly, R. F. 1969. Incidence of PSE pork in midwestern and Southern hogs. *J. Animal Sci.* 29:120(Abstract).
- Davey, R. J. 1978. Self-selection by growing pigs of diets differing in protein quantity or quality. *J. Anim. Sci.* 47 (Suppl. 1):213.
- Day, D. L. 1983. Ecological and pollutional aspects of manure production. In *Livestock manure management*. : 3.1~3.17.
- Day, D. L., E. L. Hansen, and S. Anderson. 1965. Gases and odors in confinement swine building. *Trans. Amer. Soc. Agr. Eng.* 8(1) : 118~121.
- Devilat, J., W. G. Pond and P. D. Miller. 1970. Dietary amino acid balance in growing-finishing pigs:effect on diet preference and performance. *J. Anim. Sci.* 36:536.
- Doig, P. A., and R. A. Willoughby. 1971. Response of swine to atmospheric ammonia and organic dust. *J. Am. Vet. Med. Assoc.* 159(11) : 1353~1361.
- Donham, K. J. 1991. Association of environmental air contaminants with disease and

- productivity in swine. *Am. J. Vet. Res.* 52(10) : 1723~1730.
- Drummond, J. G., S. E. Curtis, J. Simon, and H. W. Norton. 1980. Effects of aerial ammonia on growth and health of young pigs. *J. Anim. Sci.* 50(6) : 1085~1091.
- Drury, L. N. 1966. Air velocity and broiler growth in a diurnally cycled environment. *TRANSACTIONS of the ASAE* 9(3) : 329~331.
- Edwards, S. A. and A. W. Armsby. 1988. Effects of floor area allowance on performance of growing pigs kept on fully slatted floors *Animal production.* 46 : 453-459.
- Eikeienboom, G. and Nanni Costa, L. 1988. Fibre optic measurements in landrace phenotypes. *J. Sci. Food Agr.*, 18:332.
- Ekstrom, K. E. 1991. Genetic and sex considerations in swine nutrition. In: E. R. Miller, D. E. Ullrey, and A. J. Lewis (Ed.) *Swine Nutrition.* pp 415-424. Butterworth-Heinemann, Stoneham, MA.
- Fandrejewski, H., S. Raj, D. Weremko, T. Zebrowska, In K. Han, J. H. Kim and W. T. Cho. 1997. Formulation of pigs diet according to digestible phosphorus content. *Asian-Australasian J. Anim. Sci.* (In press)
- Gatel, F. and F. Grosjean. 1992. Effect of protein content of the diet on nitrogen excretion by pigs. *Livest. Prod. Sci.* 31:109.
- Geers, R., B. Dellaert, V. GoedSeels, A. Hoogerbrugge, E. Vravken, F. Maes, D. Berckmans. 1989. An assessment of optimal air temperatures in pig houses by the quantification of behavioural and health-related problems *Animal production.* 48 : 571-578.
- Gordon, W. A. M. 1963. Environmental studies in pig housing. IV-The bacterial content of air in piggeries and its influence on disease incidence. *Brit. Vet. J.* 119 : 263~271.
- Gourley, G., B. Greenley and F. X. Aherne. 1993. Five-stage phase-feeding versus self selection of high and low lysine diets in growing and finishing swine. *J. Anim. Sci.* 71:62 (Abstr.)
- Hamilton, W. A. 1985. Sulphate anaerobic bacteria and anaerobic corrosion. *Annu. Rev. Microbiol.* 39 : 195~217.
- Hazen, T. E. and D. W. Mangold. 1960. Functional and basic requirement of swine housing. *Agricultural Engineering* 41(9):585~590.
- Heo, K. N., In K. Han and H. Lee. 1995. Protein sparing effect and amino acid utilization in broilers fed two types of lysine. *AJAS.* 8(4):403.

- Hill, I. R., and R. Kenworthy. 1970a. Microbiology of pigs and their environment in relation to weaning. *J. Appl. Bacteriol.* 33 : 299~316.
- Honeyman, M. S. 1996. Sustainability Issues of U.S. swine production. *J. Anim. Sci.* 74:1410.
- Ingram. D. L. 1965. The effect of humidity on temperature regulation and cutaneous water loss in the young pig. *Res. Vet. Sci.* 6(1) : 9~17.
- Irie, M. and Swatland, H, J. 1993. Prediction of fluid losses from pork using subjective and objective paleness pork loins. *J. Anim. Sci.*, 67:152.
- Jin, C. F., J. H. Kim, In K. Han and S. H. Bae. 1997. Effects of supplemental synthetic amino acids to the low protein diets on the growth performance and nutrients utilization in growing pigs. *AJAS.* (In press)
- Jongbloed, A. W. and N. P. Lenis. 1992. Alteration of nutrition as a means to reduce environmental pollution by pigs. *Livest. Prod. Sci.* 31:75.
- Kabuga, J. D. and S. Y. Annor. 1992. A note on the development of behaviour of intensively managed piglets in the humid tropics *Animal production.* 54 : 157-159.
- Kauffman, R. G. and Warner, R. D. 1993. Evaluating pork carcass for composition and quality. In *Growth of the pigs*, ed. G. R. Hollis, Cab International, Wallingford, UK. pp141.
- Kim, I. H., J. D. Hancock, J. H. Lee, J. S. Park, D. H. Kropf, S. L. Johnston, P. Sorrell and R. H. Hines. 1996. Removing vitamin and trace mineral premixes from finisher diets did not affect growth performance, carcass characteristics, or meat quality. *Kansas Swine Day Proceeding.* pp. 100.
- Kolacz, J. W., R. B. Wescott, A. R. Dommert. 1970. Microflora of hormel miniature swine : fecal flora of adult sows. *Am. J. Vet. Res.* 31(7) : 1173~1178.
- L.R. Giles, E. Belinda Dettmann, R. F. Lowe. 1988. *Influence of diurnally fluctuating high temperature on growth and energy retention of growing pigs* *Animal production.* 47 : 467-474.
- Lambooy, E. 1988. Road transport of pigs over a long distance: some aspects of behaviour, temperature and humidity during transport and some effects of the last two factors *Animal production.* 46 : 257-263.
- Lille, R. J. 1970. Air pollutants affecting the performance of domestic animals ; a literature review. *Agricultural Research Service, United States Dept, of Agric., Washington, D. C. : 34~40.*
- Lopez-Bote, C., Warriss, P. D. and Brown, S. N. 1989. The use of muscle protein

- characteristics and meat quality of halothane negative and halothane positive pietrain pigs. *Meat Sci.*, 5:413.
- Malayer, J. R., K. E. Brandt, M. L. Green, D. T. Kelly, A. L. Sutton, M. A. Diekman. 1988. Influence of manure gases on the onset of puberty of replacement gilts *Animal production*. 46 : 277-282.
- Malayer, J. R., K. E. Brandt, M. L. Green, D. T. Kelly, A. L. Sutton. 1988. Influence of manure gases on the onset of puberty of replacement gilts. *Anim. Prod.* 46 : 277~282.
- Mara, D. D., and J. I. Oragui. 1981. Occurrence of *Rhodococcus coprophilus* and associated actinomycetes in feces, sewage, and freshwater. *Appl. Environ. Microbiol.* 42(6) : 1037~1042.
- Miner, J. R., and T. E. Hazen. 1969. Ammonia and amines : Components of swine-building odor. *Trans. Amer. Soc. Agr. Eng.* 12 : 772~774.
- Morrison, S. R., R. L. Givens and H. Heitman, Jr. 1976. Effects of air movement on swine at high temperature. *Int. J. Biometeor.* 20(4) : 337~343.
- Morrison, S. R., T. E. Bond and H. Heitman Jr. 1968. Effect of humidity on swine at temperature. *TRANSACTIONS of the ASAE* 11(4) : 256~258.
- Morrison, S. R., T. E. Bond and P. Finn-Kelcey. 1966. The influence of humidity on growth rats and feed utilization of swine. *Int. J. biometeorology* 10 : 163~168.
- Muehling, A. J. 1971. Gases and odors from stored swine wastes. *J. Anim. Sci.* 30(4) : 526~531.
- Nasi, M. 1990. Microbial phytase supplementation for improving availability of plant phosphorus in the diet of the growing pigs. *J. Agri. Sci. Finl.* 62:435.
- Offer, G. and Trinick, J. 1983. On the mechanism of water holding in meat : The swelling and shrinking of myofibrils. *Meat Sci.*, 8:45.
- Paik, I. K., R. Blair and J. Jacob. 1996. Strategies to reduce environmental pollution from animal manure : Principles and nutritional management. *International symposium for 20th anniversary of Korean society of animal nutrition and feedstuffs.* pp. 229.
- Palmgren, U., G. Strom, G. Blomquist, and P. Malmberg. 1986. Collection of airborne micro-organisms on nuclepore filters, estimation and analysis-CAMNEA method. *J. Appl. Bacteriol.* 61 : 401~406.
- Roller, W. L and R. F. Goldman, 1969. Response of swine to acute heat exposure. *TRANSACTIONS of the ASAE* 12(1) : 164~169, 174.
- Ryu, P. D., J. B. Park, H. J. Kim and M. H. Lee. 1994. Large Conductance

- Ca-Activated Potassium Channels from Coronary Smooth Muscle Reconstituted into Planar Lipid Bilayers. 「Proceedings of the 6th congress of Eurp. Ass. Vet. Pharmacol. and Therap.」, 6, pp. Eurp. Ass. Vet. Pfar. (EAVPT)
- Sakai, T., M. Nishino, M. Hamakawa, C. S. Yoon and T. Thirapatsakun. 1992. A note on the effects of enviromental temperature on live-weight gain during fattening of pigs *Animal production*, 54 : 147-149.
- Scott., N. R. 1984. *Livestock Buildings and equipment : A Review J. agric. Engineering Res.* 29 : 93-114.
- Sebranek, J. G. M and Judge, M. D. 1994. *Pork Quality. In:Pork Industry Handbook. KSU:PIH-127.*
- Seidler, D., Bartnick, E. and Nowak, B. 1985. PSE detection using a modified MS tester compared with other measurements of meat quality on the slaughterline. In "Evaluation and Control of Meat Quality in Pigs, " Ed. Tarrant, P. V., Eilelenboom, G. and Monin, G., p. 175. Martinus Nijhoff Publishers, Dordrecht, Netherands.
- Smith, H. W. 1965. The development of the flora of the alimentary tract in young animals. *J. Pathol. and Bacteriol.* 90 : 495~513.
- Standing Committee on Agriculture. 1987. *Feeding standards for Australian livestock. Pigs. CSIRO, Australia.*
- Stombaugh, D. P., H. S. Teague, and W. L. Roller. 1969. Effects of atmospheric ammonia on the pig. *J. Anim. Sci.* 28 : 844~847.
- Swatland, H. J. 1985. Optical and electronic methods of measuring pH and other fibres. *Meat Sci.*, 17:97.
- Taiganides, E. P., and R. K. White. 1969. The menace of noxious gases in animal units. *Trans. Amer. Soc. Agr. Eng.* 12 : 359~362, 367.
- Takahashi, M., Y. Benno, and T. Mitsuoka. 1980. Utilization of ammonia nitrogen by intestinal bacteria isolated from pigs. *Appl. and Environ. Microbiol.* 39(1) : 30~35.
- Tamminga, S. 1992. Gaseous pollutants produced by farm animal enterprices. In *Farm animals and the environment.* ed. Phillips, C., and D. Piggins. CAB International. : 345~357.
- Tamminga, S. 1995. Animal nutrition as a tool to manipulate animal waste quality. In *International Symposium on Livestock Waste : A Renewable Resources.* : 7~21.
- Toel, D. G., Bicknell, E. J. Preston, K. S., Christian, L. L. and Matsushima, C. Y.

1968. Porcine Stress Syndrome. *Mod. Vet. Pract.* 49:40.
- Togashi, I., M. Suzuki, M. Hirai, M. Shoda, and H. Kubota. 1986. Removal of NH_3 by a peat biofilter without and with nitrifier. *J. Ferment. Technol.* 64(5) : 425 ~ 432.
- Valentine, H. 1964. A study of the effect of different ventilation rates on the ammonia concentrations in the atmosphere of broiler houses. *Brit. Poult. Sci.* 5(2) : 149~159
- Van Horn, H. H., A. C. Wilkie, W. J. Powers, and R. A. Nordstedt. 1994. Components of dairy manure management systems. *J. Dairy Sci.* 77 : 2008 ~ 2030.
- Van Kampen, M. 1976. Evaporative temperature regulation in birds. In : Progress in animal biometeorology. The effect of temperature on animals. (Ed.) H. D. Johnson. Progress in biometeorology. Swets and Zeitlinger B.V. Amsterdam. pp. 158~166.
- Warriss, P. D., Brown, S. N., Lopez-Bote, C., Bevis, E. A. and Adams, S. J. M. 1989. Evaluation of lean meat quality in pigs using two electronic probes. *Meat Sci.*, 25:281.
- Wilson, W. O., C. F. Kelly, R. T. Lorenzen and A. E. Woodward. 1957. Effect of wind on growth of fryers after two weeks of age. *Poultry Sci.* 36(5) : 978 ~ 984.
- Zhang, L., M. Hirai and M. Shoda. 1991. Removal characteristics of dimethyl sulfide, methanethiol and hydrogen sulfide by *Hyphomicrobium* sp. 155 isolated from peat biofilter. *J. Ferm. and Bioeng.* 72(5) : 392~396.
- 김용곤, 주선대, 김성훈, 정연후, 김병철, 최양일. 1990. 돼지의 도체등급에 관한 연구. I. 도체측정방법이 육생산성 추정에 미치는 영향. *한축지.* 32:839.
- 박종명, 김인천, 심영화, 이문한, 이기풍. 1993. GC/MS를 이용한 돼지고기 중의 올라퀸독스 잔류분석에 관한 연구. *대한수의공중보건학회지.* 제17권 제1호. pp. 93-99.
- 박준경, 조현갑, 최양일, 이창림. 1996. Cellulose의 첨가가 재구성 돈육햄의 품질에 미치는 영향. *한축지.* 38:236(초록).
- 박형기, 이문준, 오동환. 1985. 돈의 축적지방함량이 돈육품질에 미치는 영향. I. 돈의 축적지방이 PSE 돈육발생에 미치는 영향. *한축지.* 27:785.
- 송성욱, 조명행, 신광순, 이문한, 류판동, 정병곤, 이승원. 1994. HPLC를 이용한 식육류의 잔류 테트라사이클린계 항생물질의 동시분석법. *한국수의공중보건학회지.* 18 (4). pp. 343-352.

- 양창범, 정선부, 고서봉, 이왕식, 이종언, 김지훈, 한인규. 1997. 기능성물질이 자돈, 육성돈 및 비육돈의 성장과 오염물질 배설량에 미치는 영향. 한영사지. 21(4): 315
- 이창림, 박준경, 조현갑, 최양일. 1996. Cellulose가 첨가된 재구성돈육햄의 결착성, 미세조직 및 저장성에 관한 연구. 한축지. 38:613.
- 조석행. 돈사내 환경이 돼지에 미치는 영향. 1991. 월간양돈 11
- 조윤상, 이문한, 김종만, 류판동, 이항, 우승용. 1995. "Doxycycline이 한국 재래산양 호중구의 기능에 미치는 영향", 「농업논문집」. 37(2), pp.612-627.
- 채병조, 한인규, 김명곤. 1988. 육성돈에 있어서 lysine첨가에 따른 단백질 절약효과. 한영사지. 12:76.
- 최양일, 김영규, 이창림. 1995. 숙성온도 및 포장방법이 한우육의 연도, 육색 및 저장성에 미치는 영향. 한축지. 37:305(초록).
- 최양일, 김영규, 이창림. 1995. 포장방법 및 숙성온도가 한우육의 육색, 연도 및 저장특성에 미치는 영향. 한축지. 37:639.
- 최양일, 안광영, 1996. 인산염의 종류와 첨가수준이 재구성 돼지고기 육포의 결착성, 미세구조조직 및 저장성에 미치는 영향. 한축지. 38:159.
- 최양일, 안용석, 홍성관. 1993. 유화물 첨가가 재구성된 돼지고기 육포의 결착성 및 저장성에 미치는 영향. 한축지. 35:223.
- 최양일, 안용석. 1993. 유화물 첨가된 돼지고기 육포의 품질에 관한 연구. 한축지. 35:2219(초록).
- 최양일. 1992. 고기유화물의 첨가가 재구성 닭고기제품의 결착성 및 미세조직에 미치는 영향. 한축지. 34:225.
- 최양일. 1992. 인산염이 조리된 재조직 닭고기제품의 결착성 및 저장성에 미치는 영향. 한축지. 34:307.
- 한인규, 권관, 나기현, 유문일. 1978a. 이유자돈 및 육성비육돈의 사료에 있어서 l-lysine의 첨가에 의한 단백질 절약효과. 한국축산학회지. 20:566.
- 한인규, 민태선. 1991. 복합효소제제 (Kemzyme)의 첨가가 육계에 미치는 효과에 관한 연구. 한영사지. 15(1):9.
- 한인규, 허기남, 김지훈, 김진동, 양철주, 채병조, 손광수, 김승범, 박향숙, 조원탁, 양종석, 배수환, 정현정, 신인수, 이희석. 1996. 저공해사료 생산의 이론과 기술. 농림부·한국사료협회·서울대학교.
- 허강준, 신광순, 이문한. 1992. "양식 오류의 질병과 수산동물용 의약품의 잔류방지 대책", 식품위생학회지, 7(2), pp.S7.

(본 연구는 3 편의 논문으로 나누어져 아세아태평양축산학회지에 게재 예정임)

5. 육성돈의 성별에 따른 적정 라이신:에너지 비율에 관한 연구

가. 서 론

일반적으로 라이신은 다른 필수아미노산의 참고로 여겨지는데 그 이유는 옥수수 대두박 사료를 급여하는 육성돈에서 라이신은 항상 제 1제한 아미노산으로 간주되기 때문이다 (Southern, 1991; Kerr, 1993). 게다가 라이신은 성장능력 개선과 관련하여 단백질 축적에 아주 중요한 역할을 한다. 지금까지 라이신의 요구량 추정에 대한 많은 연구결과가 있었지만 유전자 (Stahly 등, 1991), 성별 (Stuewe 등, 1992), 그리고 다른 제한아미노산 또는 비필수 아미노산과의 균형 등 여러 가지 요인들에 의해서 많은 차이를 보였다.

에너지 농도에 대한 아미노산의 요구량을 표현하는 개념은 에너지 섭취량과 단백질 축적량이 선형적일때만 유효하다 (SCA, 1987). 지금까지 선형적 그리고 선형/정점 그리고 비선형적 관계에 대한 많은 연구가 있었는데, 돼지의 체중이 50kg 이하일 경우 선형적인 관계가 합리적으로 적용되는 것으로 알려져 있다 (Close와 Mount, 1976; Campbell과 Dunkin, 1983; Campbell 등 1983, 1985ab).

ARC (1981)에 의하면 지금까지 육성돈과 비육돈의 라이신:에너지 비율은 0.64와 0.51 g/MJ (ARC, 1967)에서 0.84와 0.60 g/MJ 로 각각 증가하였다. Van Lune 등 (1996)에 의하면 25에서 90 kg에서 유전자형에 따라서 에너지:라이신 비율은 0.95에서 1.0 g/MJ 이었다고 하였으나, 다른 연구에 의하면 라이신:에너지 비율이 2.9에서 3.0g lysine/Mcal DE per kg diet일 때 최대성장을 가져온다고 하였다 (Batterham 등, 1985; Giles 등 1986, 1987; Chiba 등, 1991). Jung 등 (1999)에 의하면 라이신:에너지 비율이 3.5 g lysine/Mcal DE 일 때 아미노산 소화율이 가장 좋았다고 보고하였다.

암수간의 호르몬의 변화 때문에 당연히 적정 라이신:에너지 비율은 성별에 따라 다르다. 비거세돈의 경우는 미경산돈이나 거세돈보다 빨리 자라며 더 많은 체 단백질을 축적한다 (Campbell과 Taverner, 1988; Friesen 등 1994). Williams (1984)는 성장하는 거세돈의 경우 같은 체중대의 미경산돈에 비해 0.15에서 0.25%의 더 많은 라이신을 필요로 한다고 하였다. 반면, Bae 등 (1998)은 미경산돈은 1.1% 그리고 거세돈은 1.25%에서 성장이 가장 좋았다고 하였다. 앞의 시험결과에서 보았듯이 연구자들에 따라서 라이신:에너지 비율에 큰 차이를 보였다. 따라서 본 시험은 성장과 영양소 소화율에 가장 좋은 결과를 가져오는 라이신:에너지 비율을 결정하기 위하여 수행되었다.

나. 재료 및 방법

본 시험을 위해서 평균체중 16.78 ± 0.31 kg인 거세돈과 미경산돈을 각각 75두씩 공시하였다. 2×3 요인법에 따라 암수를 분리하고 라이신 에너지 수준을 각각 3.2, 3.5 그리고 3.8 g lysine/Mcal DE 세처리구로 나누어 수행하였다. 본 시험에 사용된 사료배합율표와 영양소 함량은 표 2-3-60에 나타나 있다.

표 2-3-60. 사료배합율표와 영양소함량

라이신:에너지 비율	3.2	3.5	3.8
성분 (%) :			
옥수수	62.81	62.55	62.27
대두박	31.01	30.37	29.83
우지	2.55	2.94	3.30
석회석	0.99	0.99	1.00
인산제삼칼슘	1.49	1.49	1.50
소금	0.30	0.30	0.30
L-라이신	0.10	0.27	0.42
메치오닌	0.19	0.36	0.49
트레오닌	0.06	0.23	0.39
콜린클로라이드	0.05	0.05	0.05
광물질 ¹	0.20	0.20	0.20
비타민 ²	0.25	0.25	0.25
합계	100.00	100.00	100.00
화학적 조성 ³ :			
가소화 에너지(Mcal/kg)	3.50	3.46	3.54
조단백질 (%)	20.09	19.72	20.12
라이신 (%) ^a	1.10	1.20	1.28
메치오닌+시스틴(%) ^a	0.81	0.85	0.92
트레오닌 (%) ^a	0.82	0.95	0.99
칼슘 (%)	0.75	0.75	0.76
인 (%)	0.66	0.64	0.64

^a Baker and Chung (1992)의 이상단백질 패턴에 따랐음.

¹ Supplied per kg diet : Mn, 60 mg; Zn, 150 mg; Fe, 100 mg; Cu, 200 mg; Co, 0.5 mg; I, 1 mg; Se, 0.3 mg.

² Supplied per kg diet : Vitamin A, 8,000 IU; Vitamin D₃, 2,500 IU; Vitamin E, 30 IU; Vitamin K, 3 mg, thiamin, 1.5 mg; riboflavin, 10 mg; Vitamin B₆, 2 mg; Vitamin B₁₂, 40 μg; pantothenic acid, 30 mg; niacin, 60 mg; Biotin, 0.1 mg; folic acid 0.5 mg.

³ 분석치

시험기간동안 돼지들에게 물과 사료를 무제한으로 급여하였고, 시험개시후 2주, 5주 그리고 7주째에 각각 체중과 사료섭취량을 조사하였다. 혈액샘플은 처리구마다 5두씩 매 체중 측정시에 같이 채취하여, 혈액내 요소태 질소함량을 조사하였다. 회장 소화율을 측정하기 위하여 거세돈과 미경사돈 각가 9두씩에 캐놀라를 설치하였다. 그리고 소화시험에 사용된 사료에는 0.25%의 크롬을 첨가하여 지시제로 사용하였다. 캐놀라 수술을 한 돼지들은 안정기를 거친다음 시험사료를 급여하였고, 4일동안의 적응기간을 가진 뒤 3일동안 분석을 위하여 분을 채취하였다. 채취된 분 샘플은 62℃에서 72시간동안 건조한 다음 분쇄하여 일반성분과 아미노산 분석에 이용되었다.

일반성분은 AOAC (1990) 방법에 따라 수행하였으며, 아미노산 분석은 아미노산 자동분석기 (Biochrom 20, Pharmacia Biotec, England)를 이용하여 분석하였다.

통계분석은 SAS의 일반선형모델을 이용하여 Duncan's multiple range (Duncan, 1955)을 적용하였다.

다. 결과 및 고찰

1) 성장률

표 2-3-61는 라이신:에너지 비율에 따른 성장효과를 보여주고 있다. 거세돈에서 일당증체량은 라이신:에너지 비율이 증가할수록 증가하는 경향을 보였으나, 유의적인 차이는 보이지 않았다 ($p < 0.05$). 반면에 미경산돈에서는 높은 (3.8) 라이신:에너지 사료를 급여한 처리구가 가장 높은 성장률을 보였다. 그러나 일당사료 섭취량과 사료효율에서는 거세돈과 미경산돈 모두에서 별 차이를 보이지 않았으며, 성별, 라이신:에너지 비율에 따른 그리고 성별과 비율에 따른 상관관계도 보이지 않았다. 일당증체량은 성별에 따라서 고도의 상관관계를 보였으며, 성별과 비율에 따라서도 상관관계를 보였다.

본 시험의 성장성적에 따르면 거세돈의 적정 라이신:에너지 비율은 3.2 g lysine/Mcal이라고 할 수 있는데, 이는 이전의 연구결과들과 유사한 결과라고 할 수 있다 (Campbell 등, 1988a; Giles 등, 1986; Yen 등, 1986ab; Rao와 McCracken, 1990). 그러나 NRC (1998)의 2.8 g lysine/Mcal에 비하면 다소 높은 편이라고 할 수 있다. Campbell 등 (1985a)에 의하면 체중이 20에서 45kg인 비거세돈의 경우 단백질 축적을 최대로 하기 위해서는 3.39 g lysine/Mcal가 요구된다고 하였으며, 미경산돈에서는 3.8 g lysine/Mcal 에너지가 필요하다고 하였다. 본 시험의 결과는 이전의 다른 연구자들에 의한 시험결과와 NRC (1998) 요구량과 차이를 보인다. 이것은 아마도 돼지의 유전능력, 사양 방식 그리고 다른 여러 조건들의 개선에 의한 결과가 아닌가 생각된다. ARC (1981)에서는 육성돈에서 최소의 라이신:에너

지 비율은 3.51 g lysine/Mcal DE라고 하였다. 최근에는 Jung 등 (1999)에 의하면 라이신:에너지 비율이 체중당 3.5 g lysine/Mcal DE 일 때 적정 성장을 가져올 수 있다고 하였다.

표 2-3-61. 라이신:에너지 비율이 육성돈의 성장에 미치는 영향 (16-57 kg)

성별	거세돈			미경산돈			평균	SE ¹
	3.2	3.5	3.8	3.2	3.5	3.8		
일당증체량 (kg/day)	0.850 ^a	0.836 ^{ab}	0.821 ^{ab}	0.787 ^c	0.813 ^{bc}	0.825 ^{ab}	0.822	9.09
일당사료섭취량 (kg/day)	1.66	1.64	1.71	1.64	1.68	1.66	1.67	0.03
사료효율	1.95	1.96	2.08	2.08	2.07	2.01	2.04	0.02
상관관계	일당증체량			일당사료섭취량			사료효율	
성별	0.0034			NS			NS	
라이신:에너지	NS ²			NS			NS	
성별×비율	0.0111			NS			NS	

¹ 표준오차.

^{ab,c} 같은 줄의 서로 다른 첨자는 유의적으로 서로 다름 ($p < 0.05$).

Cromwell 등 (1993)은 거세돈과 미경산돈의 아미노산 요구량의 차이는 미경산돈의 경우 거세돈 보다 살코기 축적율이 더 크기 때문이라고 하였다. 따라서 적정 라이신:에너지 비율은 미경산돈이 거세돈보다 높다고 할 수 있다.

2) 영양소 소화율

표 2-3-62에서는 라이신:에너지 비율에 따른 영양소 소화율의 차이를 보여주고 있다. 거세돈과 미경산돈에서 영양소 소화율은 서로 반대되는 경향을 보여 주었다. 거세돈에서는 에너지, 건물, 조단백질, 조지방, 조회분 그리고 인 소화율이 라이신:에너지 비율이 증가할수록 낮아졌다. 반면에 미경산돈에서는 라이신:에너지 비율이 증가할수록 소화율이 높아졌다. 일반성분의 소화율은 성별에 따른 상관관계를 보였으나 라이신:에너지 비율과 성과의 상관관계는 보이지 않았다. 필수아미노산의 소화율은 성과 라이신 비율에 따른 상관관계를 보였다. 거세돈의 경우 외관상 아미노산 소화율은 라이신:에너지 비율에 영향을 받았다. 그러나 필수아미노산과 비필수아미노산의 평균소화율 그리고 모든 아미노산의 평균값은 라이신:에너지 비율이 증가할수록 감소하였다. 미경산돈의 아미노산 소화율은 거세돈의 그것과 상반된 결과를 보였다. 이상의 결과는 동물의 성장을 증가시키고 사료효율을 높이기 위해서는 그리고 영양소의 배설을 줄여서 환경오염을 줄이기

위해서는 동물의 수준에 맞는 균형적인 사료를 급여해야 한다는 것을 보여주고 있다. 영양소 소화율에 나타난 경향은 성장률에서 보여준 결과와 같은 경향을 보여주고 있다.

표 2-3-62. 라이신:에너지 비율이 육성돈이 영양소 소화율에 미치는 영향

성별 라이신:에너지	거세돈			미경산돈			평균	SE ¹
	3.2	3.5	3.8	3.2	3.5	3.8		
일반성분 (%)								
총에너지	72.10 ^{ab}	69.41 ^{ab}	65.62 ^b	72.71 ^{ab}	76.52 ^a	78.32 ^a	72.45	1.37
건물	73.63 ^{ab}	70.65 ^{ab}	67.68 ^b	74.16 ^{ab}	77.78 ^a	79.27 ^a	73.86	1.30
조단백질	74.36 ^{ab}	68.35 ^{ab}	65.06 ^b	74.28 ^{ab}	77.76 ^a	78.75 ^a	73.09	1.69
조지방	82.48 ^a	79.66 ^{ab}	72.15 ^b	83.87 ^a	85.42 ^a	83.19 ^a	81.13	1.35
조회분	61.22 ^{ab}	54.75 ^b	51.59 ^b	59.33 ^{ab}	67.04 ^a	68.39 ^a	60.39	1.82
칼슘	55.06 ^b	57.99 ^{ab}	59.37 ^{ab}	67.22 ^a	58.84 ^{ab}	65.62 ^a	60.68	1.65
인	66.84 ^{abc}	61.41 ^{bc}	58.20 ^c	67.21 ^{abc}	72.23 ^{ab}	72.58 ^a	66.41	1.65
아미노산 (%)								
트레오닌	71.89 ^{abc}	64.59 ^c	64.64 ^c	66.66 ^{bc}	81.34 ^{ab}	83.14 ^a	72.05	2.74
발린	72.70 ^{ab}	60.66 ^b	57.49 ^b	73.24 ^{ab}	78.65 ^a	80.21 ^a	70.50	3.01
메치오닌	75.58 ^a	62.49 ^{ab}	48.46 ^b	57.69 ^{ab}	71.78 ^a	75.01 ^a	65.17	3.18
이소루신	74.90 ^{ab}	66.94 ^{ab}	62.44 ^b	67.62 ^{ab}	78.45 ^a	79.25 ^a	71.60	2.38
루신	74.18 ^{abc}	66.56 ^{bc}	61.33 ^c	72.40 ^{abc}	78.64 ^{ab}	82.06 ^a	72.53	2.47
페닐알라닌	76.31 ^{ab}	73.01 ^{ab}	68.63 ^b	70.63 ^{ab}	79.64 ^{ab}	81.29 ^a	74.92	1.94
히스티딘	78.90 ^{abc}	80.14 ^{ab}	74.74 ^{bc}	69.70 ^c	87.54 ^a	88.19 ^a	79.87	1.82
라이신	77.42 ^{ab}	61.55 ^c	71.34 ^{abc}	65.76 ^{bc}	83.36 ^a	78.39 ^a	72.97	2.32
아르지닌	85.46	77.49	70.74	75.21	81.58	75.37	77.64	2.94
필수아미노산	76.37 ^{ab}	68.16 ^{ab}	64.42 ^b	68.77 ^{ab}	80.11 ^a	80.32 ^a	73.03	2.25
아스파라진	84.43 ^{ab}	70.44 ^{bc}	67.85 ^c	82.47 ^{ab}	83.75 ^{ab}	87.66 ^a	79.43	2.46
세린	76.55 ^{abc}	71.46 ^{bc}	71.09 ^c	75.82 ^{abc}	85.10 ^{ab}	88.09 ^a	78.02	2.28
글루타민	81.54 ^{abc}	77.56 ^c	79.87 ^{bc}	80.57 ^{abc}	89.52 ^{ab}	91.30 ^a	83.39	1.89
프로라인	83.42 ^{ab}	77.88 ^b	78.69 ^b	85.27 ^{ab}	88.72 ^a	88.16 ^a	83.68	1.51
글라이신	77.54 ^{ab}	66.91 ^b	65.42 ^b	74.52 ^{ab}	82.66 ^a	84.92 ^a	75.30	2.59
알라닌	71.80 ^{ab}	56.90 ^b	59.48 ^b	70.40 ^{ab}	79.34 ^a	79.10 ^a	69.50	3.17
타이로신	72.72 ^a	71.74 ^a	52.68 ^b	61.71 ^b	78.33 ^a	76.62 ^a	68.97	2.27
비필수아미노산	78.28 ^{ab}	70.39 ^b	67.87 ^b	75.82 ^{ab}	83.92 ^a	85.13 ^a	76.90	2.16
합계	77.21	69.28	66.14	71.86	81.78	83.23	74.72	2.19

¹ 표준오차.

^{a,b,c} 같은 줄의 서로 다른 첨자는 유의적으로 서로 다름 ($p < 0.05$).

3) 회장 영양소 소화율

거세돈의 경우 영양소의 회장 소화율은 낮은 (3.2) 라이신:에너지 비율의 사료를 급여한 처리구가 가장 좋았다. 미경산돈의 경우도 에너지, 건물, 조단백질, 칼

습 그리고 인의 소화율이 낮은 라이신:에너지 비율의 사료를 급여한 처리구에서 가장 좋았다.

표 2-3-63. 라이신:에너지 비율이 육성돈이 회장 영양소 소화율에 미치는 영향

성별 라이신:에너지	거세돈			미경산돈			평균	SE ¹
	3.2	3.5	3.8	3.2	3.5	3.8		
일반성분 (%)								
총에너지	68.44 ^{ab}	68.78 ^{ab}	68.14 ^{ab}	61.44 ^b	72.30 ^a	74.86 ^a	68.99	1.23
건물	67.14 ^{ab}	66.64 ^{ab}	65.83 ^{ab}	60.08 ^b	70.96 ^a	74.35 ^a	67.50	1.29
조단백질	73.39 ^{ab}	71.51 ^{ab}	74.29 ^{ab}	68.19 ^b	77.15 ^{ab}	79.02 ^a	73.93	1.20
조지방	85.98	87.16	85.99	84.24	89.50	88.10	86.83	1.66
조회분	67.06 ^{ab}	60.16 ^{bc}	60.75 ^{bc}	54.24 ^c	64.71 ^{ab}	72.99 ^a	63.32	1.57
칼슘	85.58 ^b	84.68 ^b	86.05 ^b	85.64 ^b	86.43 ^b	90.66 ^a	86.51	0.49
인	61.84 ^b	52.34 ^{cd}	54.70 ^{cd}	49.18 ^d	57.58 ^{bc}	71.12 ^a	57.79	1.67
아미노산 (%)								
트레오닌	78.66	80.21	77.28	72.42	81.96	82.85	78.91	0.85
발린	74.71 ^{ab}	71.98 ^{ab}	61.23 ^c	69.07 ^{bc}	67.26 ^{bc}	79.21 ^a	70.57	1.06
메치오닌	86.97 ^a	76.48 ^{abc}	66.73 ^{bc}	67.14 ^{bc}	62.70 ^c	83.31 ^{ab}	74.09	1.10
이소루신	85.02 ^a	79.42 ^{ab}	73.62 ^{ab}	71.23 ^b	74.61 ^{ab}	84.21 ^a	78.02	0.36
루신	82.91 ^{ab}	82.11 ^{ab}	76.23 ^b	77.35 ^b	78.85 ^{ab}	85.56 ^a	80.50	0.98
페닐알라닌	84.12 ^{ab}	81.01 ^{ab}	68.89 ^c	74.24 ^{bc}	75.28 ^{bc}	86.56 ^a	78.35	2.24
히스티딘	79.93 ^{ab}	84.91 ^a	77.13 ^{ab}	67.83 ^b	83.00 ^a	87.09 ^a	79.98	1.06
라이신	81.04	80.07	75.03	74.33	79.63	81.31	78.57	1.36
아르지닌	82.19	77.42	62.16	67.81	69.16	71.79	71.77	0.93
필수아미노산	81.73	79.43	70.92	71.27	74.72	82.45	76.75	1.59
아스파라진	88.11 ^a	86.79 ^a	80.20 ^b	85.91 ^{ab}	84.74 ^{ab}	86.65 ^a	85.40	3.19
세린	83.07	84.79	81.35	77.91	85.11	86.44	83.11	2.80
글루타민	86.72	89.52	87.59	85.00	90.41	91.93	88.53	1.72
프로라인	81.76 ^{ab}	84.76 ^{ab}	76.81 ^b	79.16 ^{ab}	84.88 ^{ab}	86.31 ^a	82.28	1.02
글라이신	82.37 ^{ab}	80.63 ^{ab}	75.23 ^{ab}	73.41 ^b	81.50 ^{ab}	84.22 ^a	79.56	1.71
알라닌	83.28 ^a	80.83 ^{ab}	75.19 ^b	76.72 ^{ab}	80.05 ^{ab}	82.83 ^a	79.69	1.88
타이로신	77.03 ^{ab}	74.81 ^{ab}	66.09 ^{ab}	68.00 ^{ab}	62.24 ^b	80.99 ^a	71.53	1.49
비필수아미노산	83.19	83.05	77.50	78.01	81.28	85.62	81.44	1.60
합계	82.37	81.02	74.21	74.22	77.59	83.84	78.80	1.34

¹ 표준오차.

^{a,b,c} 같은 줄의 서로 다른 첨자는 유의적으로 서로 다름 ($p < 0.05$).

회장 아미노산의 소화율은 전체적으로 보았을 때 라이신:에너지 비율에 따른 일정한 경향을 보이지 않았다. 거세돈에서는 발린, 메치오닌, 페닐알라닌 그리고 알라닌의 소화율은 라이신:에너지 비율이 높은 처리구에서 높은 경향을 보여주었다. 미경산돈에서는 발린, 메치오닌, 루신, 페닐알라닌, 히스티딘, 글라이신 그리고 알라닌의 소화율이 높은 라이신:에너지 비율이 높은 처리구에서 높은 소화율

을 보였다. 이상의 결과는 3.2 g lysine/Mcal DE의 라이신:에너지 비율이 체중 16에서 57 kg의 거세돈에서 적당하는 것을 제시하고 있다. 그러나, 미경산돈에서는 3.8 g lysine/Mcal DE 이상의 라이신:에너지 비율로도 영양소 소화율에는 큰 영향을 미치지 않는 것으로 나타났다.

4) 혈중 뇨질소

표 2-3-64에는 라이신:에너지 비율에 따른 혈장 뇨질소 (BUN)에 대한 결과를 보여주고 있다. 거세돈에서는 가장 낮은 BUN의 농도가 낮은 라이신:에너지 비율의 사료를 급여한 처리구에서 나타났다. 미경산돈에서는 라이신:에너지 비율에 따른 BUN에서 유의적인 차이는 없었다. 그러나, 라이신:에너지 비율이 증가함에 따라 BUN이 감소하는 경향을 보였다.

표 2-3-64. 라이신:에너지 비율이 육성돈의 혈장내 뇨 질소에 미치는 영향*

성별	거세돈			미경산돈			평균	SE ¹
	3.2	3.5	3.8	3.2	3.5	3.8		
라이신:에너지								
14일째	13.06	13.69	14.22	12.50	14.30	13.63	13.57	0.41
28일째	14.50	15.38	16.74	15.68	15.57	14.61	15.41	0.49
42일째	16.85 ^b	21.89 ^a	19.65 ^{ab}	21.37 ^a	18.67 ^{ab}	18.39 ^{ab}	19.47	0.57
평균	14.80	16.99	16.87	16.62	16.18	15.54	16.17	0.60
상관관계	14일째		28일째	42일째		평균		
성별	NS ²		NS	NS		NS		
라이신:에너지	NS		NS	NS		NS		
성별×비율	NS		0.0428	NS		0.0098		

* 시험사료 급여전의 값으로 변이를 보정하였음

¹ 표준오차.

² 유의차가 없음.

^{ab} 같은 줄의 서로 다른 첨자는 유의적으로 서로 다름 (p<0.05).

Yi 등 (1998)에 따르면 BUN의 농도는 체내의 아미노산이나 단백질의 균형상태에 따라 정확하게 반응한다고 하였다. 필수아미노산이나 다른 영양소의 결핍이나 공급과잉 때문에 생기는 미균형때에는 BUN의 증가를 발견할 수 있다. 이것은 어떤 하나의 아미노산의 결핍이나 과잉은 다른 아미노산의 이용율에도 영향을 미친다는 것을 의미한다. 일반적으로 아주 균형적인 사료를 급여한 경우 BUN의 농도는 낮은 상태를 유지하게 된다. Tegegne 등 (1995)에 따르면 살코기 축적과 BUN의 농도 사이에는 서로 상반되는 관계가 있다고 하였다.

따라서 본 연구의 결과를 종합해보면, 체중 16에서 57 kg인 거세돈과 미경산

돈의 적적 라이신:에너지 비율은 각각 3.2와 3.8 g lysine/Mcal DE로 볼 수 있다.

라. 참고문헌

- AOAC. 1990. Official Methods of Analysis (15th ED.). Association of Official Analytical Chemists, Arlington. VA.
- ARC. 1967. The Nutrient Requirement of Farm Livestock. No. 3, pigs. Agriculture Research Council. London.
- ARC. 1981. The Nutrient Requirements of Pigs. Commonwealth Agri. Bureaux, Slough, U. K.
- Bae, S. H., J. Jin, J. H. Kim, W. T. Cho, Z. N. Xuan, M. K. Kim and In K. Han. 1998. Effects of dietary lysine levels on growth performance and nutrient digestibility of boar and gilt. Kor. J. Anim. Nutr. Feed. 22(3) : 157.
- Baker, D. H. and T. K. Chung. 1992. Ideal protein for swine and poultry. Biokyowa Technical Review. No. 4, pp. 1-16.
- Batterham, E. S. and R. D. Giles and E. Belinda Dettmann. 1985. Amino acid and energy interactions in growing pigs. 1. Effects of food intake, sex and live weight on the responses of growing pigs to lysine concentration. Anim. Prod. 40 : 331.
- Campbell, R. G. and A. C. Dunkin. 1983. The effect of energy intake and dietary protein on nitrogen retention, growth performance, body composition and some aspects of energy metabolism of baby pigs. Br. J. Nutr. 49 : 221.
- Campbell, R. G., M. R. Taverner and C. J. Rayner. 1988a. The tissue and dietary amino acid requirements of pigs from 8.0 to 20.0 kg live weight. Anim. Prod. 46 : 283.
- Campbell, R. G., M. R. Taverner and D. M. Curic. 1983a. The influence of feeding level from 20 to 45 kg live weight on the performance and body composition of female and entire male pigs. Anim. Pro. 36 : 193.
- Campbell, R. G., M. R. Taverner and D. M. Curic. 1985. The influence of feeding level on the protein requirement of pigs between 20 and 45 kg live weight. Anim. Prod. 40 : 489.
- Campbell, R. G., M. R. Taverner and D. M. Curic. 1988b. The effects of sex and live weight on the growing pigs' response to dietary protein. Anim. Prod. 46 : 123.
- Campbell, R., G., M. R. Taverner and D. M. Curic. 1985b. Effects of sex and

- energy intake between 48 and 90 kg live weight on protein deposition in growing pigs. *Anim. Prod.* 40 : 497.
- Chiba, L. I., A. J. Lewis and E. R. Peo, Jr. 1991. Amino acid and energy interrelationships in pigs weighing 20 to 50 kilograms: II. Rate and efficiency of protein and fat deposition. *J. Anim. Sci.* 69: 708.
- Close, W. H. and L. E. Mount. 1976. The influence of plane of nutrition and environmental temperature on heat loss and energy retention in the pigs. *Proc. Nutr. Soc.* 35 : 60A (Abstr.).
- Cromwell, G. L., T. R. Cline, J. D. Crenshaw, T. D. Crenshaw, R. C. Ewan, C. R. Hamilton, A. J. Lewis, D. C. Mahan, E. R. Miller, J. E. Pettigrew, L. F. Tribble and T. L. Veum. 1993. The dietary protein and (or) requirements of barrows and gilts. *J. Anim. Sci.* 71 : 1510.
- Duncan, D. B. 1955. Multiple range and multiple F tests. *Biometrics.* 11 : 1.
- Friesen, K. G., J. L. Nelson, J. A. Unruh, R. D. Goodband and M. D. Tokach. 1994. Effects of the interrelationship between genotype, sex and dietary lysine on growth performance and carcass composition in finishing pigs fed to either 104 or 127 kilograms. *J. Anim. Sci.* 72 : 946.
- Fuller, M. F., J. Wood, A. C. Brewer, K. Pennie and R. MacWilliam. 1986. The responses of growing pigs to dietary lysine, as free lysine hydrochloride or soya-bean meal and the influence of food intake. *Anim. Prod.* 43 : 477.
- Gatel, F. and F. Grosjean. 1992. Performance of pigs from two genotypes in relation to the amino acid content of the diet. *Livest. Prod. Sci.* 30 : 129.
- Giles, L. R., E. S. Batterham and E. B. Dettemann. 1986. Amino acid and energy interactions in growing pigs 2. Effects of food intake, sex, and live weight responses to lysine concentration in barley based diets. *Anim. Prod.* 42 : 133.
- Giles, L. R., E. S. Batterham, E. B. Dettemann and R. F. Lowe. 1987. Amino acid and energy interactions in growing pigs 2. Effects of sex, live weight and cereal on the responses to dietary based on wheat or barley. *Anim. Prod.* 45 : 493.
- Guan, W. T. and D. F. Li. 1994. Mechanism of plasma protein meal and whey meal on growth performance for weaning pigs. Shanxi Agric. University, China. A Thesis for master degree. pp. 23-27.
- Henry, Y., Y. Colleaux and B. Seve. 1992. Effects of dietary level of lysine and source of protein on feed intake, growth performance and plasma amino acid pattern in the finishing pig. *J. Anim. Sci.* 70 : 188.
- Jung, H. J. 1998. Effects of energy : amino acid ratio on growth performance and

- nutrients digestibility in growing pigs. Seoul National University, Korea. A Thesis for the Degree of Master of Science. pp. 27-28.
- Kerr, B. J. 1991. Optimizing lean tissue deposition in swine. Biokyowa Technical Review # 6.
- Lawrence, B. V., O. Adeola and T. R. Cline. 1994. Nitrogen utilization and lean growth performance of 20- to 50- kilogram pigs fed balanced for lysine:energy ratio. *J. Anim. Sci.* 72 : 2887.
- Lowe. 1987. Amino acid and energy interactions in growing pigs 3. Effects of sex, live weight and cereal on the responses to dietary lysine concentration when fed ad libitum or to a restricted food scale on diets based on wheat or barley. *Anim. Prod.* 45 : 493.
- Mason, V. C. 1984. Metabolism of nitrogenous compounds in the large gut. *Proc. Nutr. Soc.* 43:45.
- NRC. 1998. Nutrient requirement of swine (10th Ed.). National Academy Press, Washington, D. C.
- SAS. 1985. SAS User's Guide: Statics, SAS Inst. Inc., Cary. NC.
- SCA. 1987. Feeding Standards for Australian Livestock Pigs. Commonwealth Scientific and Industrial Research Organization, East Melbourne, Aust.
- Schutte, J. B. and E. J. Van weerden. 1985. Interaction between lysine and sulphur amino acids, threonine and tryptophan in pigs in the live weight period of 10-30kg. ILOB Rep. P552.
- Souther, L. L. 1991. Digestible amino acids and digesible amino acid requirements for swine. Biokyowa Technical Review # 2.
- Stahly, T. S., G. L. Cromwell and D. Terhune. 1991. Responses of high, medium and low lean growth genotype to dietary amino acid regimen. *J. Anim. Sci.* 69 (Suppl.1) : 364 (Abstr.).
- Stuewe, S. R., J. A. Unruh, K. G. Friesen, J. L. Nelsson, R. D. Goodband and M. D. Tokach. 1992. The influence of genotype, sex, and dietary lysine on carcass quality characteristics of 230 and 280 lb finishing pigs. Swine Day 1992. Kansas State University. pp. 102-105.
- Tegegne, A. and M. E. Mugerwa. 1995. Body growth and blood metabolite concentrations in boran and boran x friesian bulls grazed on natural pastures: Effect of dry season dietary supplementation. Ethiopian Society of Animal Production, Addis Abeba (Ethiopia). Third National Conference of the Ethiopian Society of Animal Production. pp. 13-23.

- Van Lunen, T. A. and D. J. A. Cole. 1996. The effect of lysine / digestible energy ratio on growth performance and nitrogen deposition of hybrid boars, gilts and castrated male pigs. J. Anim. Sci. 63: 465.
- Walker, W. R., G. L. Morgan and C. V. Maxwell. 1986. Ileal cannulation in body pigs with a simple T-cannula. J. Anim. Sci. 62:407.
- Wang, T. C. and M. F. Fuller. 1989. The optimum dietary amino acid pattern for growing pigs. 1. Experiments by amino acid deletion. Br. J. Nutr. 62 : 77.
- Williams, I. H. 1980. Protein and energy relationships in the nutrition of growing pig. Proc. of Aust. Soc. Anim. Prod. 13 : 126.
- Williams, W. D., G. L. Cromwell, T. S. Stahly and J. R. Overfield. 1984. The lysine requirement of the growing boar versus barrow. J. Anim. Sci. 58(3) : 657.
- Yen, H. T., D. J. A. Cole and D. Lewis. 1986a. Amino acid requirements of growing pigs. 7. The response of pigs from 25 to 55 kg live weight to dietary ideal protein. Anim. Prod. 43 : 141.
- Yen, H. T., D. J. A. Cole and D. Lewis. 1986b. Amino acid requirements of growing pigs. 8. The response of pigs from 50 to 90 kg live weight to dietary ideal protein. Anim. Prod. 43 : 155.
- Yi, G. F., D. F. Li, E. W. Johnson, Z. D. Liu and W. J. Yang. 1998. Study on the effect of different rape seed composition diets on the Iodine metabolism in growing pigs. Annual Report of the Ministry of Agriculture Feed industry Center. pp. 37-42.

(본 논문은 아세아대평양축산학회지 13권 1호 페이지 31-38에 발표된 논문임)

6. 육성돈 성별에 따른 사료내 적정 함유황아미노산:라이신 비율 설정을 위한 연구

가. 서 론

아직까지 육성돈에서 함유황아미노산의 요구량에 대한 많은 연구들이 불확실하다. 함유황아미노산 요구량 추정의 차이는 아마도 유전자형, 일령, 최대 정육율과 환경적인 요인에 기인한 것일 것이다. 그런 요인들 때문에 육성돈에서 사료내 함유황아미노산의 최적 요구량에 대한 확실한 결과를 끌어내는 것이 쉽지 않다.

육성돈에서 최적 함유황아미노산:라이신 비율에 대한 다양한 결과들이 있어

왔고 최적 함유황아미노산:라이신 비율의 범위는 lysine 함량이 49부터 65%까지 다양하다. Yen 등 (1986)은 최대 ADG를 위한 최적의 함유황아미노산:라이신 비율은 49%라고 하였고, Moughan과 Smith (1984)는 최고의 성장 효과를 가져오기 위해서는 최적의 함유황아미노산:라이신 비율이 54%라고 하였다. ARC (1981)는 육성돈에서 최적의 함유황아미노산:라이신 비율은 55%라고 하였고, NRC (1998)에 따르면 과거 최적 함유황아미노산:라이신 비율은 1988년에 55%이던 것이 57%로 바뀌었다. Wang과 Fuller (1990)은 사료내 함유황아미노산:라이신 비율이 61%이면 육성돈에서 최대 성장효과를 가져올 수 있다고 하였다. Baker 등 (1993)은 함유황아미노산:라이신 비율이 65%라고 하였고, 이 비율은 동물의 체중과 유지 요구량의 증가와 더불어 증가해야 한다고 하였다. 추정된 사료내 함유황아미노산:라이신 비율의 다양성의 한 부분은 바로 기초 사료의 생화학적인 효과, 사료내 라이신 수준, 실험에 이용된 돼지의 체중과 일령 및 유전적인 가능성의 차이 때문이다. 성별간에 성장 속도에서 유전적인 차이가 있기 때문에 육성 거세돈과 육성 암돼지 사이에 최적 함유황아미노산:라이신 비율의 차이가 있을 수 있다. 그러나, 육성돈에서 이러한 사실을 확인할 수 있는 자료가 없다. 지난 번 연구에서 (Chang 등, 2000), 육성 거세돈과 암돼지에서 최적의 사료내 라이신 수준은 각각 1.12와 1.33%인 것으로 나타났다.

이러한 결과에 기초하여, 이번 연구는 성장 효과, 외관상 영양소 소화율과 BUN 농도에서 여러 함유황아미노산:라이신 비율에 따른 효과를 조사하고, 육성 거세돈과 암돼지에서 최적의 함유황아미노산:라이신 비율을 추정하기 위함이다.

나. 재료 및 방법

3원 교잡된 (Landrace×Yorkshire×Duroc) 평균 체중 $15.06 \pm 0.38\text{kg}$ 인 돼지가 실험에 이용되었고, 암수 각각 75마리를 6처리 5반복, 반복당 1마리씩 임의로 배치하였다.

전체 실험 기간 동안 세가지 종류의 사료가 육성 거세돈에서 라이신 수준 1.12%, 암돼지에서 1.33%이며, 가소화에너지 수준은 3.5 Mcal/kg이고 함유황아미노산:라이신 비율은 암수 모두 50, 55와 60%를 요구하는 NRC (1998) 사양 표준을 만족시키거나 초과하게끔 배합되었다 (표 2-3-65).

육성 거세돈과 암돼지는 각각 환경적으로 제어된 부분적으로 콘크리트 처리된 사양실에 나누었다. 돼지들은 물과 사료를 자유 급이하게끔 하였다. 체중과 사료 섭취량은 전체 실험 기간 중에서 14, 35와 49일에 측정되었다.

혈액 표본은 실험 14, 49일 제 되는 날에 처리구 당 5마리씩 급여후 4시간이 지난 후에 경정맥을 통하여 채취하였다. 혈액 표본은 원심분리시켜서 혈장 부분

만 따로 분리해 낸 다음 BUN 분석을 위해 -4℃에서 보관하였다.

표 2-3-65. 사료배합율표와 영양소 함량

성별	거세돈			미경산돈		
	50	55	60	50	55	60
함유황아미노산:라이신 (%), (Lysine, %)	(1.12)	(1.12)	(1.12)	(1.33)	(1.33)	(1.33)
성분 (%)						
옥수수	60.62	60.65	60.67	60.85	60.86	60.90
대두박	25.72	25.58	25.45	24.92	24.78	24.61
밀	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00
보리	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00
우지	2.75	2.74	2.74	2.81	2.81	2.80
석회석	1.32	1.32	1.32	1.32	1.32	1.32
제일인산칼슘	1.57	1.57	1.57	1.57	1.57	1.57
라이신	0.31	0.31	0.32	0.60	0.61	0.61
메치오닌	0.00	0.12	0.22	0.22	0.34	0.48
소금	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30
콜린산	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06
무기물 ¹	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20
비타민 ²	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15
합계	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00
화학적 조성 ³						
가소화에너지 (Mcal / kg)	3.50	3.50	3.50	3.50	3.50	3.50
조단백질 (%)	17.00	17.00	17.00	17.00	17.00	17.00
라이신 (%)	1.12	1.12	1.12	1.33	1.33	1.33
메치오닌+시스틴 (%)	0.56	0.62	0.67	0.67	0.73	0.80
트레오닌 (%)	0.65	0.65	0.65	0.64	0.63	0.63
트립토판 (%)	0.23	0.23	0.23	0.23	0.23	0.23
칼슘 (%)	0.80	0.80	0.80	0.80	0.80	0.80
인 (%)	0.65	0.65	0.65	0.65	0.65	0.65

¹ Provided the following per kilogram of diet: Se, 0.1 mg; I, 0.3 mg; Mn, 24.8 mg; Cu, 54.1 mg; Fe, 127.3 mg; Zn, 84.7 mg; Co, 0.3 mg.

² Provided the following per kilogram of diet: vitamin A, 8,000 IU; vitamin D₃, 1,600 IU; vitamin E, 32 IU; d-biotin, 64 µg; riboflavin, 3.2 mg; calcium pantothenic acid, 8 mg; niacin, 16 mg; vitamin B₁₂, 2 µg; vitamin K, 2.4 mg.

³ 계산치.

평균 체중 16 kg인 암수 각각 15마리의 돼지는 외관상 소화율 측정을 위해 이용되었고, Cr₂O₃가 사료내에 0.25%의 비율로 소화율 측정을 위해 첨가되었다. 실험에 이용된 사료에 적용하기 위한 기간을 4일로 하였고, 5일째, 6일째와 7일째 되는 날에 배설물 표본이 채취되었다. 화학적인 분석을 위해 채취된 배설물 표본은 건조되어졌다.

실험에 이용된 사료와 배설물 표본의 대략적인 분석은 AOAC (1990) 방법에 따라 수행되어졌다. Cr은 spectrophotometer로 분석하였고, 사료와 배설물의 총 에너지 값은 Bomb Calorimeter를 가지고 분석하였다. 총 BUN 농도는 혈액 분석기를 가지고 분석하였고, 아미노산 역시 아미노산 분석기를 가지고 분석하였다. 이 실험 자료들의 통계적인 분석은 SAS (1985)의 GLM 절차를 이용한 Duncan의 multiple range test (Duncan, 1955)에 따른 평균을 비교하여 분석되어졌다.

다. 결과 및 고찰

1) 성장 효과

전체 실험 기간 동안 육성 거세돈과 암돼지에서 성장 효과에 대한 사료내 함유황아미노산:라이신 비율의 효과는 표 2-3-66에 나타나 있다. 그러나, 사료내 함유황아미노산:라이신 비율이 50에서 60%로 증가하면 육성 거세돈에서 일당증체량과 일당사료섭취량도 증가하는 경향을 발견할 수 있다. 함유황아미노산:라이신 비율이 55%인 사료를 급여한 암돼지는 비율이 50%와 60%인 사료를 급여한 경우에서 보다 높은 일당증체량과 일당사료섭취량을 보였지만, 그 차이는 크지 않다.

이 실험에서 함유황아미노산:라이신 비율이 돼지의 체중과 일령이 증가하면 함께 증가하는 경향이 있다고 말하는 것은 확실하지 않다. 실험에 이용된 사료는 methionine 함량에서도 총 함유황아미노산 함량에서도 부족함이 없다. 일당증체량의 변화는 일당사료섭취량의 변화와 총 라이신과 함유황아미노산 섭취량의 변화와 일치한다. 이런 결과는 methionine 농도가 올라갈수록 돼지의 일당사료섭취량이 올라간다고 한 Chung 등 (1989), Owen 등 (1995)과 Loughmiller 등 (1998)의 결과와 유사하다.

표 2-3-66. 함유황아미노산:라이신 비율이 육성돈의 성장에 미치는 영향

성별	거세돈			미경산돈			평균	SE ¹
	50	55	60	50	55	60		
함유황아미노산:라이신 비율								
일당증체량 (g/day)	762.05	793.85	808.49	756.99	768.99	738.20	771.44	14.71
일당사료섭취량 (kg/day)	1.74	1.75	1.87	1.72	1.76	1.69	1.76	0.05
사료효율	2.28	2.20	2.30	2.27	2.29	2.28	2.27	0.03

¹ 표준오차.

사료내 라이신 함유량이 49에서 65%인 여러 경우와 육성돈에서 최적 함유황 아미노산:라이신 비율에 관한 여러 연구가 있어 왔다 (Yen 등, 1986a; Moughan과 Smith, 1984; ARC, 1981; NRC, 1998; Wang과 Fuller, 1990; Baker 등, 1993). 비록 이번에 수행한 실험의 결과가 사료내 함유황아미노산:라이신 비율이 증가하면서 성장 효과와 성별간의 정확한 차이를 나타내지는 못하지만, 이번 실험에서 얻은 최적 함유황아미노산:라이신 비율은 앞선 여러 실험의 결과에서 나온 사료내 함유황아미노산:라이신 비율 (lysine 49~65%)의 범위 안에 있었다. 이번 실험에서 추정된 요구량이 체중의 증가와 유지 요구량의 증가와 함께 함유황아미노산:라이신 비율이 증가한다는 가설을 뒷받침하지는 못했다 (Baker와 Chung, 1992). 그러나, 함유황아미노산:라이신 비율의 증가는 증가는 사료 섭취량과 유지 요구량은 계속 증가하지만 정육 축적률은 감소하는 시기인 50~115 kg의 성장 기간 중에 가장 두드러졌다 (Loughmiller 등, 1998). 그것은 육성 기간 동안 (20~50 kg), 비육돈에서보다 육성돈에서 유지를 위한 사료내 함유황 아미노산 함량이 덜 요구된다는 것을 뜻한다.

앞서 언급된 바와 같이, 이번 실험의 결과는 사료내 라이신 수준을 현재 육성돈의 성장 효과를 최대로 할 수 있는 수준으로 맞춘다면 암수 육성돈의 사료내 함유황 아미노산 요구량이 사료내 라이신 50%보다 크지 않다는 것을 말한다.

2) 영양소와 아미노산의 외관상 소화율

암수 육성돈에서 영양소 소화율에 대한 세가지 함유황아미노산:라이신 비율의 효과가 표 2-3-67에 나타나 있다. 암수간에는 암퇘지에서 소화율이 높게 나타난 칼슘과 인을 제외하고는 영양소 소화율의 차이는 없었다. 함유황아미노산:라이신 비율에 따른 외관상 소화율의 차이도 없었다. 칼슘과 인이 육성 거세돈에서 보다 암퇘지에서 요구량이 더 높은 것으로 나타났다는 것 (Catabotta 등, 1982)은 이번 실험의 결과를 뒷받침 해주기도 한다.

이번 실험에서 영양소의 외관상 소화율의 변화는 일당증체량과 일당사료섭취량에서의 변화보다는 사료효율에서의 변화와 더 비슷하게 나타났다. 표 2-3-68는 육성돈에서 아미노산 소화율에 대한 함유황아미노산:라이신 비율의 효과를 나타내고 있다. 암수간, 필수아미노산, 비필수아미노산과 총 아미노산 소화율의 평균적인 값들은 육성 거세돈에서 보다 암퇘지에서 더 높았다. 그러나, 사료내 함유황아미노산:라이신 비율간에 필수아미노산, 비필수아미노산과 총 아미노산의 평균값들에서는 차이점이 발견되지 않았다. 육성 거세돈에서, 사료내 함유황아미노산:라이신 비율이 55%인 그룹에서는 다른 그룹보다 비필수아미노산과 총 아미노

산의 소화율이 높은 것으로 나타났다. 메치오닌의 소화율도 역시 사료내 함유황 아미노산:라이신 비율이 55%인 경우에서 높게 나타났다. 암태지에 있어서는 사료내 함유황아미노산:라이신 비율이 50%인 경우에 다른 경우보다 필수아미노산 및 비필수아미노산 소화율이 높은 것으로 나타났다.

표 2-3-67. 함유황아미노산:라이신 비율이 육성돈의 영양소 소화율에 미치는 효과

성별	거세돈			미경산돈			평균	SE ¹
	50	55	60	50	55	60		
함유황아미노산:라이신 비율								
총에너지	67.86	73.28	69.79	76.36	71.92	76.06	67.73	1.49
건물	68.19	73.20	70.43	77.24	72.22	76.87	73.02	1.31
조지방	59.51	68.01	63.85	70.12	66.53	70.65	66.44	1.60
조지방	67.67	70.53	66.44	68.97	62.04	67.24	67.15	1.85
조회분	46.10 ^b	56.10 ^{ab}	57.42 ^{ab}	64.29 ^a	54.16 ^{ab}	61.35 ^{ab}	56.57	2.08
칼슘	63.71 ^{bc}	67.55 ^{abc}	62.67 ^c	71.85 ^{ab}	67.79 ^{ab}	72.83 ^a	67.73	1.49
인	38.81	44.06	45.28	53.62	51.87	55.27	48.15	2.59

¹ 표준오차.

^{a,b,c} 같은 줄의 서로 다른 첨자간에는 $p < 0.05$ 수준에서 유의성 있음.

이 실험에서, 영양소의 외관상 소화율의 변화는 기본적으로 아미노산의 소화율 변화와 일치했고 영양소 소화율의 변화는 기본적으로 성장 실험에서 얻어진 F/G의 반응과 기본적으로 비슷했다. 실험 자료들을 기초로 했을 때 수태지와 암태지에서 영양소 이용성을 최대화 하는 사료내 SAA의 수준은 각각 55%와 50%였다.

3) BUN 농도

표 2-3-69에는 육성 거세돈과 암태지에서 BUN 농도에 대한 함유황아미노산:라이신 비율의 효과가 나타나 있다. 가장 낮은 BUN 농도는 함유황아미노산:라이신 비율이 50%인 사료를 급여한 암태지에서 나타났다. 성별간, 함유황아미노산:라이신 비율들 사이에, BUN 농도에 대한 큰 차이가 발견되지 않았다.

아미노산의 여러 사료내 수준에 따른 BUN 농도의 측정 이전에도 육성돈과 비육돈에서의 아미노산 요구량을 측정하기 위해 이용되어졌다 (Lewis 등, 1980; Yen 등, 1986a,b; Coma 등, 1995). Tegegne와 Mugerwa (1995)는 BUN 함량이 증가할수록 정육량 축적은 뚜렷하게 감소하였다. 또 다른 실험에서는 (Guan과 Li, 1994) BUN 함량이 증가할수록 정육량의 축적 또는 체중 증가는 감소한다고 하

였다.

표 2-3-68. 함유황아미노산:라이신 비율이 육성돈의 아미노산 소화율에 미치는 효과

성별 SAA:lys ratio	거세돈			미경산돈			평균	SE ¹
	50	55	60	50	55	60		
트레오닌	70.97 ^b	78.11 ^{ab}	71.52 ^b	76.98 ^{ab}	86.47 ^a	87.43 ^a	78.58	2.12
발린	74.60 ^b	90.84 ^a	83.45 ^{ab}	92.53 ^a	86.43 ^{ab}	85.10 ^{ab}	85.49	2.91
메치오닌	60.05 ^b	82.36 ^a	68.62 ^{ab}	79.31 ^a	60.91 ^b	64.84 ^{ab}	69.35	3.16
시스틴	40.27	44.65	41.69	50.19	40.73	73.86	43.56	3.71
이소루신	56.87 ^b	76.36 ^a	71.16 ^a	85.69 ^a	78.19 ^a	81.28 ^a	74.92	3.08
루신	69.44 ^c	82.33 ^{ab}	71.36 ^{bc}	84.37 ^a	78.79 ^{abc}	83.47 ^a	78.29	1.81
페닐알라닌	69.01	80.89	77.95	79.74	76.11	81.17	77.48	2.44
히스티딘	56.02	60.12	72.72	75.04	62.12	63.04	64.84	3.69
라이신	57.01 ^b	70.81 ^{ab}	67.52 ^{ab}	85.02 ^a	81.32 ^a	83.37 ^a	74.17	3.18
아지닌	61.85	68.57	74.59	82.50	70.09	80.18	72.96	3.16
필수아미노산	61.61 ^b	73.50 ^a	70.06 ^{ab}	79.14 ^a	72.12 ^{ab}	75.38 ^a	71.97	2.18
아스파라진	68.23 ^b	80.93 ^a	78.56 ^a	83.91 ^a	84.97 ^a	82.60 ^a	79.86	1.67
세린	68.05 ^c	84.91 ^{ab}	78.60 ^b	85.38 ^{ab}	86.16 ^{ab}	87.29 ^a	81.73	1.66
글루타민	82.92 ^b	89.13 ^a	86.14 ^{ab}	89.84 ^a	90.98 ^a	91.25 ^a	88.38	1.05
프로라인	65.26 ^a	73.75 ^{ab}	79.63 ^a	85.53 ^a	84.80 ^a	83.85 ^a	78.80	2.12
글라이신	63.23 ^c	78.76 ^{ab}	71.04 ^{bc}	80.37 ^{ab}	79.52 ^{ab}	84.68 ^a	76.27	1.84
알라닌	53.52 ^c	69.20 ^{ab}	59.65 ^{bc}	78.32 ^a	72.69 ^{ab}	82.30 ^a	69.28	2.67
타이로신	66.02 ^c	69.20 ^{ab}	59.65 ^{bc}	78.32 ^a	72.69 ^{ab}	82.30 ^a	74.37	2.98
비필수아미노산	66.75 ^c	79.38 ^{ab}	75.32 ^b	84.20 ^a	80.88 ^{ab}	83.78 ^a	78.38	1.56
총아미노산	64.18 ^b	76.44 ^a	72.69 ^{ab}	81.67 ^a	76.50 ^a	79.58 ^a	75.18	1.78

¹ 표준오차.

^{a,b,c} 같은 줄의 서로 다른 첨자간에는 p<0.05 수준에서 유의성 있음.

표 2-3-69. 함유황아미노산:라이신 비율이 육성돈의 혈장 뇨 질소에 미치는 효과 (mg/dL)

성별 함유황아미노산:라이 신 비율	거세돈			미경산돈			평균	SE ¹
	50	55	60	50	55	60		
14 일	11.42	13.20	13.54	10.75	11.70	11.84	12.12	0.44
49 일	11.38 ^b	15.02 ^a	11.88 ^b	10.58 ^b	11.38 ^b	11.58 ^b	12.01	0.45
평균	11.40 ^{ab}	14.10 ^a	12.71 ^{ab}	10.66 ^b	11.54 ^{ab}	11.71 ^{ab}	12.06	0.40

¹ 표준오차.

^{a,b} 같은 줄의 서로 다른 첨자간에는 p<0.05 수준에서 유의성 있음.

그러나, 이 실험에서, BUN 함량은 사료내 함유황아미노산:라이신 함량에 영향을 받지 않았고, 어떠한 경향성도 보이지 않았다.

이 실험의 결과에 근거하였을 때, 육성 거세돈의 사료내 lysine이 1.12%일 때 최적 함유황아미노산:라이신 비율이 55% 였고, 암퇘지에서는 사료내 lysine이 1.33%일 때 최적의 함유황아미노산:라이신 비율이 50%보다 크지 않았다.

라. 참고문헌

- AOAC. 1990. *Official Methods of Analysis (15th ED.)*. Association of Official Analytical Chemists, Arlington. VA.
- ARC. 1981. *The Nutrient Requirement of Pigs*. Commonwealth Agricultural Bureaux. Slough, UK.
- Baker, D. H. and T. K. Chung. 1992. Ideal protein for swine and poultry. *Biokyowa Technical Review* 4, Chesterfield: Nutri., Quest, Inc.
- Baker, D. H., J. D. Hahn, T. K. Chung and Y. Han. 1993. Nutrition and growth: the concept and application of an ideal protein for swine growth. In: G. H. Hoolis (Ed.) *Growth of the pig*. pp. 133-139.
- Catabotta, D. F., E. T. Kornegay, H. R. Thomas, T. W. Knight, D. R. Notter and H. P. Veit. 1982. Restricted energy intake and elevated calcium and phosphorus intake for gilts during growth. 1. Feedlot performance and foot and leg measurements and scores during growth. *J. Anim. Sci.* 54:565.
- Chang, W. H., J. D. Kim, Z. N. Xuan, W. T. Cho, In K. Han, B. J. Chae and In K. Han. 2000. Optimal lysine:DE ratio for growing pigs of different sexes. *Asian-Aus. J. Anim. Sci.* 13(1):31-38.
- Chung, T. K., O. A. Izquierdo, K. Hashimoto and D. H. Baker. 1989. Methionine requirement of the finishing pig. *J. Anim. Sci.* 67:2677.
- Coma, J., D. Carrion and D. R. Zimmerman. 1995. Use of plasma urea nitrogen as a rapid response criterion to determine the lysine requirement of pigs. *Anim. Sci.* 73:472.
- Duncan, D. B. 1955. Multiple range and multiple F tests. *Biometrics.* 11:1.
- Guan, W. T. and D. F. Li. 1994. Mechanism of plasma protein meal and whey meal on growth performance for weaning pigs. Shanxi Agric. University, China. A Thesis for master degree. pp. 23-27.

- Lewis, A. J., E. R. Peo, Jr, B. D. Moser and T. D. Crenshaw. 1980. Lysine requirement of pigs weighing 5 to 15 kg fed practical diets with and without added fat. *J. Anim. Sci.* 51:361.
- Loughmiller, J. A., J. L. Nelssen, R. D. Goodband, M. D. Tokach, E. C. Titgemeyer and I. H. Kim. 1998. Influence of dietary total sulfur amino acids and methionine on growth performance and carcass characteristics of finishing gilts. *J. Anim. Sci.* 76:2129.
- Moughan, P. J. and W. C. Smith. 1984. Assessment of a balance of dietary amino acids required to maximize protein utilization in the growing pig (20~80 kg live weight). *N. Z. J. Agric. Res.* 30:301.
- NRC. 1988. *Nutrient Requirements of Swine* (9th Ed.). National Academy Press, Washington, D. C.
- NRC. 1998. *Nutrient requirements of swine* (10th Ed.). National Academy Press, Washington, D. C.
- Owen, K. Q., R. D. Goodband, J. L. Nelssen, M. D. Tokach and S. S. Dritz. 1995. The effect of dietary methionine and its relationship to lysine on growth performance of the segregated early-weaned pig. *J. Anim. Sci.* 73:3666.
- SAS. 1985. *SAS User's Guide: Statics*, SAS Inst. Inc., Cary. NC.
- Tegegne, A. and M. E. Mugerwa. 1995. Body growth and blood metabolite concentrations in boran and boran x friesian bulls grazed on natural pastures: Effect of dry season dietary supplementation. Ethiopian Society of Animal Production, Addis Abeba (Ethiopia). Third National Conference of the Ethiopian Society of Animal Production. pp. 13-23.
- Wang, T. C. and M. F. Fuller. 1990. The effect of the plane of nutrition on the optimum dietary amino acid pattern for growing pigs. *Anim. Sci.* 50:155.
- Yen, H. T., D. J. A. Cole and D. Lewis. 1986a. Amino acid requirements of growing pigs. 9. The response of pigs from 25~35 kg live weight to dietary ideal protein. *Anim. Prod.* 43:141.
- Yen, H. T., D. J. A. Cole and D. Lewis. 1986b. Amino acid requirements of growing pigs. 8. The responses of pigs from 50 to 90 kg live weight to dietary ideal protein. *Anim. Prod.* 43:155.

(본 논문은 아세아태평양축산학회지에 게재 중임)

7. 육성돈에서 성별 적정 단계별 사양체계에 관한 연구

가. 서 론

돼지의 영양소 요구량은 성 및 성장 단계에 따라 다르다. 또한 성장을 및 단백질 축적율도 성에 따라 다르다. 일반적으로 수퇘지는 암퇘지보다 성장속도가 빠르며 (Ekstrom, 1991), 거세돈은 암퇘지에 비하여 성장율이 다소 높지만 사료섭취량은 낮다 (Bayley와 Summers, 1968).

현재 체중이 20 kg~50 kg인 육성돈에서 1 단계 사양 체계가 권장되고 있으며 (NRC, 1998), 한국 농가에서 일반적으로 1 단계 사양체계가 이용되고 있다. 또한 NRC (1998)에서는 육성돈의 단백질 및 라이신 요구량을 18% 및 0.95%로 제시하고 있다. 그러나 Tuitert 등 (1997)의 연구에 의하면 육성돈에서 사료 내 단백질 함량을 감소시켜도 성장능력에 아무런 영향을 미치지 않는다고 한다. 이런 관점에서 봤을 때 현재 시행되고 있는 육성돈에 대한 1 단계 사양체계는 영양소를 과잉공급 할 뿐만 아니라 과잉공급 된 질소로 인해서 야기될수 있는 환경오염문제 즉, 암모니아 발생량 증가, denitrification을 통한 nitrate의 생성을 증가로 대기 및 수질을 오염시킬 수 있다.

이런 현실 속에서 육성돈의 사양체계를 2단계로 더욱 세분화 시켜 각 체중대에 맞는 영양소를 공급하고 그에 따라 배설량을 감소시킴으로써 질소 배설로 인한 환경오염 문제를 감소시킬 수 있을 것이다.

나. 재료 및 방법

1) 시험 동물

사양 시험을 위하여 평균 체중 19.84 kg인 삼원교잡종 (Landrace×Duroc×Large White) 육성돈 126두를 공시하였다. 처리구는 1) BMM (1~6 주: 조단백질 18% 및 라이신 1.12%, 거세돈), 2) BHM (1~3 주: 조단백질 20% 및 라이신 1.32%, 4~6 주: 조단백질 18% 및 라이신 1.12%, 거세돈), 3) BML (1~3 주: 조단백질 18% 및 라이신 1.12%, 4~6 주: 조단백질 16% 및 라이신 0.92%, 거세돈), 4) GMM (1~6 주: 조단백질 18% 및 라이신 1.16%, 암퇘지), 5) GHM (1~3 주: 조단백질 20% 및 라이신 1.36%, 4~6 주: 조단백질 18% 및 라이신 1.16%, 암퇘지), 6) GML (1~3 주: 조단백질 18% 및 라이신 1.16%, 4~6 주: 조단백질 16% 및 라이신 0.96%, 암퇘지)였다. 각 처리당 5반복을 두었고 각 반복당 5 또는 4마리의 육성돈을 완전임의배치법에 의해서 배치하였다. 처리당 사용된 시험돈은 21마리였다.

2) 시험사료

본 시험에서 사용된 라이신:에너지 비율은 거세돈의 경우 3.2 g/Mcal DE (Chang 등, 2000)이었고 암태지의 경우 3.3 g/Mcal DE (Yen 등, 1986b)이었다.

시험사료는 성별에 따라 조단백질 및 라이신 수준별로 각 3가지씩 총 6가지를 두었으며 시험설계에 따라 각 단계에 맞추어 급여하였다. 각각의 시험사료의 화학적 조성은 표 2-3-70에서 볼 수 있다.

표 2-3-70. 시험사료 성분 및 화학적 조성

원료사료	거세돈			암태지		
	고단백질	정상단백질	저단백질	고단백질	정상단백질	저단백질
옥수수	60.32	65.255	70.36	60.36	65.58	70.39
대두박	32.61	27.93	23.22	32.52	27.5	23.1
우지	3.01	2.9	2.71	3.01	2.81	2.72
일인산칼슘	1.57	1.69	1.73	1.57	1.66	1.74
석회석	1.12	1.1	1.1	1.12	1.12	1.11
비타민 믹스 ¹	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2
광물질 믹스 ²	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3
소금	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15
아빌라마이신	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05
라이신	0.3	0.21	0.12	0.36	0.28	0.17
메치오닌	0.18	0.095	0.01	0.21	0.25	0.05
트레오닌	0.19	0.12	0.05	0.15	0.1	0.02
총계	100	100	100	100	100	100
화학적조성 ³						
대사에너지 (kcal/kg)	3363.22	3363.88	3363.16	3363.23	3363.25	3363.30
조단백질 (%)	20.00	18.00	16.00	20.00	18.00	16.00
라이신 (%)	1.32	1.12	0.92	1.36	1.16	0.96
함유황아미노산 (%)	0.79	0.67	0.55	0.82	0.80	0.58
트레오닌 (%)	0.92	0.78	0.65	0.88	0.76	0.62
칼슘 (%)	0.80	0.80	0.80	0.80	0.80	0.80
인 (%)	0.70	0.71	0.70	0.70	0.70	0.70

¹ 시험사료 1 kg 당 다음과 같은 함량으로 배합됨: 비타민 A, 8,000 IU; 비타민 D₃, 1,600 IU; 비타민 E, 32 IU; d-비오틴, 64 μg; 리보플라빈, 3.2 mg; 칼슘 펜토테닉 에시드, 8 mg; 나이아신, 16 mg; 비타민 B₁₂, 12 μg; 비타민 K, 2.4 mg.

² 시험사료 1 kg 당 다음과 같은 함량으로 배합됨: 셀레늄, 0.1 mg; 요오드, 0.3 mg; 망간, 24.8 mg; 황산구리, 54.1 mg; 철, 127.3 mg; 아연, 84.7 mg; 코발트, 0.3 mg.

³ 계산치.

3) 소화시험

소화시험을 위하여 각 단계에 맞는 체중에 따라 거세돈 6두 및 암돼지 6두를 공시하여 무작위 배치법에 의하여 각 대사들에 배치하였다. 소화시험은 직접법으로 수행되었으며, 매회 시험기간은 7일이었으며, 4일간 시험사료에 적응을 시켰으며 3일동안 분 및 뇨를 수거하였다. 뇨는 약 5 ml 플라스틱 용기를 이용하여 하루에 한번씩 수거하였으며 뇨 pH를 떨어트리기 위하여 25% 황산 용액 50 ml를 플라스틱 용기에 첨가하였다 (Canh 등, 1997). 3 일 동안 수거 기간이 끝난 후 분 시료는 60℃에서 72시간 동안 건조시킨 후 1 mm Wiley 분쇄기를 이용하여 분쇄하였으며, 분쇄된 시료는 화학 분석을 실시할 때까지 4℃에서 보관하였다. 뇨 시료는 매일 수거된 뇨를 섞고 혼합한 후 AOAC (1990) 방법에 의하여 질소를 분석하였다.

4) 사양 시험

시험돈은 자동 급수기 및 사료급이통이 설치되어 있는 돈방에 4 및 5 (각 처리당 1 반복)두씩 수용하였으며, 물 및 사료를 무제한 자유급이 시켰다. 체중 및 사료 섭취량은 시험 개시후 3주 및 6주차에 측정하였으며, 혈중 유리아 농도 (BUN)를 측정하기 위하여 혈액을 12일 26일 및 42일째에 채취하였다. 채취된 혈액은 원심분리기를 이용하여 3,000 rpm에서 15분동안 원심분리하여 혈청을 분리한 후 분석시 까지 -20℃에서 냉동보관 하였다. 나머지 일반적인 사양관리는 서울대학교 영양학연구실의 관행법에 따라 실시하였다.

5) 화학분석

시험사료 및 분에 대한 일반성분 분석 AOAC (1990) 방법에 의하여 실시되었고 크롬 및 칼슘은 원자흡광분도계 (Atomic Absorption Spectrophotometer, Shimadzu, AA6145F, Japan)를 사용하여 측정하였다. 인은 UV-Vis. Spectrophotometer (Hitachi, U-1100, Japan)를 이용하여 측정하였다. 아미노산은 6N HCl로 110℃에서 16시간 동안 산가수분해 한 후 (Mason, 1984)자동 아미노산 분석기 (LKB 4150 alpha, Pharmacia Instrument Co, England)를 이용하여 측정하였다. 혈중 BUN 함량은 혈액분석기 (Ciba-Corning model, Express Plus, Ciba Corning Diagnostics Co.)를 이용하여 측정하였다.

6) 통계분석

측정된 모든 데이터에 대한 통계분석은 일반선형모델 (General Linear Model, GLM)을 이용하여 다중분석법 (multiple range test) (Duncan, 1995)에 따라서 분석하였다.

다. 결과 및 고찰

1) 성장능력

거세돈에서 처리간 성장능력의 차이가 없었다 (표 2-3-71). Kim 등 (1999)은 육성 전기 및 후기에서 적정 단백질 수준을 18 및 16%라고 제시하였다. 그러나 본 시험에서는 전기 및 후기의 단백질 수준이 18 및 16% 인 처리구에서 성장능력이 안좋은 경향을 보였다. BHM구의 일당증체량이 다른 처리구에 비하여 높았다.

암태지에서 GML구의 일당증체량이 다른 처리구에 비하여 우수한 경향을 나타냈다. GML구에서 거세돈의 결과와는 반대로 가장 우수한 일당증체량을 보였다.

일반적으로 거세돈이 암태지보다 성장속도가 미미하나마 빠르다. 그래서 거세돈과 암태지간의 영양소 요구량이 차이가 있다. 본 연구에서 거세돈과 암태지의 가장 우수한 일당증체량이 각각 GHM 및 GML구에서 나타났다. 이런 결과는 거세돈 및 암태지간에 영양소 요구량의 차이에서 기인된다고 사료된다.

표 2-3-71. 여러 가지 사양체계가 육성돈의 성장능력에 미치는 영향

Phase	거세돈			표준오차
	BMM	BHM	BML	
1~6 주				
일당증체량 (g)	814	823	786	17.51
일당사료섭취량 (g)	1,862	1,791	1,768	64.91
사료요구율	2.28	2.17	2.25	0.06
Phase	미경산돈			표준오차
	GMM	GHM	GML	
1~6 주				
일당증체량 (g)	764	745	783	16.51
일당사료섭취량 (g)	1,681	1,848	1,773	64.72
사료요구율	2.20	2.48	2.27	0.08

2) 영양소 소화율

거세돈에서 처리구간 영양소 소화율에 차이는 없었다 (표 2-3-72). 암태지에서는 GML구가 GHM구에 비해서 인 소화율이 우수하였다 ($p < 0.05$). 다른 영양소 소화율에 있어서 처리구간 차이가 발견되지 않았다.

3) 아미노산 소화율

거세돈 및 암태지에서 다단계 사양체계가 필수 및 비필수 아미노산에 미치는 영향은 트레오닌 소화율을 제외하고는 발견되지 않았다 (표 2-3-73 및 74). 거세돈에 BHM구의 트레오닌 소화율이 BML구보다 우수하였다 ($p < 0.05$).

4) 질소 축적율

거세돈에서 BHM구의 질소 섭취량이 다른 처리구에 비하여 높았는데 ($p < 0.05$), 이것은 고단백질 사료를 급여했기 때문이다 (표 2-3-75). 질소 축적량에서 BHM구가 다른 처리구에 비하여 우수한 경향을 보였다.

암태지에서 역시 GHM구의 질소 섭취량이 고단백질 사료를 급여한데 기인하여 다른 처리구에 비하여 높았다 ($p < 0.05$, 표 2-3-75). 질소 섭취량에 대한 질소 축적량을 나타낸 질소 축적율은 GML구가가 다른 처리구에 비하여 우수한 경향을 보였으며, 뇨를 통한 질소 배설량 또한 제일 낮았다.

5) 혈중 뇨 질소 농도

거세돈에서 각 처리간 혈중 뇨 질소 농도에는 차이가 없었다. 암태지에서 BMM구의 혈중 뇨 질소 농도가 2주차에서 다른 처리구에 비하여 제일 낮았다 ($p < 0.05$).

표 2-3-72. 여러 가지 사양체계가 육성돈에서 영양소 소화율에 미치는 영향 (%)

	거세돈			표준오차
	BMM	BHM	BML	
건물	89.03	88.70	89.41	0.27
조회분	55.25	56.77	54.08	1.41
조단백질	87.76	88.90	88.45	0.41
조지방	93.22	91.54	94.57	0.66
인	47.13	52.99	46.44	1.64
총에너지	89.00	88.76	89.38	0.30
	암태지			표준오차
	GMM	GHM	GML	
건물	89.60	88.68	89.54	0.45
조회분	59.58	56.23	63.36	1.98
조단백질	89.87	88.72	89.73	0.62
조지방	92.15	92.26	89.88	1.04
인	54.34 ^{ab}	48.56 ^b	60.25 ^a	2.29
총에너지	89.29	88.40	88.88	0.56

^{a,b} 다른 어깨문자 사이에 $p < 0.05$ 수준에서 유의적인 차이가 있음.

표 2-3-73. 여러 가지 사양체계가 육성돈에서 필수 아미노산 소화율에 미치는 영향 (%)

	거세돈			표준오차
	BMM	BHM	BML	
트레오닌	87.44 ^{ab}	88.40 ^a	86.07 ^b	0.43
발린	83.04	83.95	83.72	0.53
메치오닌	82.95	81.72	87.43	1.24
아이소루신	84.11	85.84	86.73	0.62
루신	86.79	88.08	87.88	0.44
페니랄랄닌	86.89	87.83	87.61	0.48
라이신	89.60	90.40	88.35	0.41
히스티딘	90.78	91.26	92.31	0.45
아지닌	92.80	92.48	92.80	0.40
총 필수아미노산	87.04	87.77	88.10	0.38
	미경산돈			표준오차
	GMM	GHM	GML	
트레오닌	88.61	86.26	86.18	0.86
발린	84.85	83.44	82.01	0.98
메치오닌	87.67	86.20	86.58	0.62
아이소루신	85.96	86.77	84.32	0.80
루신	88.79	87.00	87.77	0.75
페니랄랄닌	88.11	87.67	87.75	0.57
라이신	90.02	88.82	88.45	0.70
히스티딘	92.53	91.44	91.43	0.61
아지닌	93.53	93.45	92.49	0.51
총 필수아미노산	88.90	87.90	87.44	0.64

^{a,b} 다른 어깨문자 사이에 $p < 0.05$ 수준에서 유의적인 차이가 있음.

본 연구 결과 성장능력에서 1 단계 사양체계와 2 단계 사양체계 사이에서 어떤 차이도 발견되지 않았다. 또한 저단백질 사료를 급여한 2단계 사양체계에서 총 질소 배설량이 암·수 모두 제일 낮았다. 결론적으로 현재 NRC (1998)에서 권장하고 있고, 농가에서 널리 이용중인 1 단계 사양체계 보다 2 단계 사양체계가 환경 및 경제적 측면에서 더욱 우수하다고 사료된다.

표 2-3-74. 여러 가지 사양체계가 육성돈에서 비필수 아미노산 소화율에 미치는 영향 (%)

	거세돈			표준오차
	BMM	BHM	BML	
아스파테이트	88.26	87.42	88.96	0.65
세린	88.72	90.04	89.91	0.39
글루타메이트	92.33	92.07	93.19	0.28
프롤린	88.74	89.99	90.25	0.40
글라이신	81.82	83.78	83.54	0.64
알라닌	82.62	83.84	84.76	0.72
타이로신	86.78	87.90	88.01	0.58
총 비필수아미노산	87.04	87.86	88.38	0.35

	미경산돈			표준오차
	GMM	GHM	GML	
아스파테이트	89.16	86.68	87.78	0.67
세린	91.39	90.34	90.14	0.48
글루타메이트	93.79	93.02	92.95	0.36
프롤린	90.91	90.54	89.40	0.55
글라이신	86.37	83.22	83.86	0.97
알라닌	86.57	84.04	87.09	0.96
타이로신	87.50	87.60	86.95	0.64
총 비필수아미노산	89.38	87.92	87.88	0.57

표 2-3-75. 여러 가지 사양체계가 육성돈에서 질소 축적율에 미치는 영향 (%)

	거세돈			표준오차
	BMM	BHM	BML	
질소 섭취량 (g/일)	43.78 ^b	47.15 ^a	43.37 ^b	0.63
분 질소 배설량 (g/일)	5.38	5.22	5.01	0.20
뇨 질소 배설량 (g/일)	16.58	16.77	13.50	1.04
총 질소 배설량 (g/일) ¹	21.96	22.00	18.51	1.19
질소 축적량 (g/일)	21.82	25.16	24.86	1.07
질소 축적율 (%) ²	50.35	53.17	57.17	2.37

	미경산돈			표준오차
	GMM	GHM	GML	
질소 섭취량 (g/일)	46.88 ^{ab}	47.99 ^a	45.15 ^b	0.55
분 질소 배설량 (g/일)	4.81	5.43	4.66	0.33
뇨 질소 배설량 (g/일)	8.89	9.67	6.78	0.60
총 질소 배설량 (g/일) ¹	13.71	15.11	11.44	0.86
질소 축적량 (g/일)	33.17	32.89	33.71	0.51
질소 축적율 (%) ²	71.11	68.64	74.71	1.56

¹ 분 질소 배설량+뇨질소 배설량.

² (일당 질소 축적량/일당 질소 섭취량)×100.

^{a,b} 다른 어깨문자 사이에 p<0.05 수준에서 유의적인 차이가 있음.

표 2-3-76. 여러 가지 사양체계가 육성돈의 혈중 유리아태 질소 농도에 미치는 영향 (mg/dl)

	거세돈			표준오차
	BMM	BHM	BML	
2 주	11.02	14.24	11.60	0.93
4 주	12.88	14.22	13.12	1.12
6 주	14.35	15.85	14.68	1.18
	암퇘지			표준오차
	BMM	BHM	BML	
2 주	8.43 ^a	13.12 ^b	11.76 ^b	0.83
4 주	11.08	12.62	12.28	0.86
6 주	14.88	13.05	14.40	1.20

^{a,b} 다른 어깨문자 사이에 $p < 0.05$ 수준에서 유의적인 차이가 있음.

라. 참고문헌

- Agricultural Research Council. 1981. The Nutrient Requirement of Pigs. Commonwealth Agricultural Bureaux. Slough.
- AOAC. 1990. Official methods of analysis (15th ed). Association of official analytical chemists. Washington, D. C., USA.
- Baker, D. H. 1999. Considerations in constructing diets for nursery pigs. University of Illinois swine report.
- Batterham, E. S. and Murison, R. D. 1981. Utilization of free lysine by growing pigs. Br. J. Nutr. 46:87~92.
- Bergstrom, J. R., J. L. Nelssen, M. D. Tokach, R. D. Goodband, K. Q. Owen, B. T. Richert, W. B. Nessmith, Jr. and S. S. Dritz. 1995a. Determining the optimum threonine:lysine ratio in starter diets for the segregated early weaned pig. Kansas State University. Prog. Rep. 746. p. 35.
- Brumm, M. C., 1992. Weaned pig management and nutrition. NebGuide. <http://www.ianr.edu/pubs/swine/g821.htm>. Univ. of Nebraska-Lincoln.
- Campbell, R. G. 1990. The effects of protein deposition capacity on the growing pig requirements for dietary nutrients. Proceedings of the Arkansas Nutrition Conference, September 12~14, pp. 117~124.
- Campbell, R. G., and M. R. Taverner. 1986. A note on the response of pigs weaned at 28 days to dietary protein. Anim. Prod. 42:427.
- Canh, T. T. M. W. A. Verstegen, A. J. A. Aarnink and J. W. Schrama. 1997.

- Influence of dietary factors on nitrogen partitioning and composition of urine and feces of fattening pigs. *J. Anim. Sci.* 75:700.
- Cera, K. R., D. C. Mahan, R. F. Cross, G. A. Reinhart, and R. E. Whitmoyer. 1988. Effect of age, weaning and postweaning diet on small intestinal growth and jejunal morphology in young swine. *J. Anim. Sci.* 66:574.
- Chang, W. H., J. D. Kim, Z. N. Xuan, W. T. Cho, In K. Han, B. J. Chae and In K. Paik. 2000. Optimal lysine:DE ratio for growing pigs of different sexes. *Asian-Aus. J. Anim. Sci.* 13(1):31-38, 2000.
- Chung, T. K., and D. H. Baker. 1992b. Ideal amino acid pattern for 10-kilogram pigs. *J. Anim. Sci.* 70:3102.
- Cline, T. R. 1991. Feeding pigs weaned at three to four weeks of age. In: E. R. Miller, D. E. Ullrey, and A. J. Lewis (Ed.) *Swine Nutrition*. p 497. Butterworth-Heinemann, Boston, M.A.
- Diets, G. N., C. V. Maxwell and D. S. Buchanan. 1988. Effects of protein source on performance of early weaned pigs. *J. Anim. Sci.* 66 (Suppl. 1):314.
- Duncan, D. B. 1995. Multiple range and multiple F tests. *Biometrics.* 11:1.
- Easter, R. A. and Baker, D. H. 1980. Lysine and protein levels in corn-soybean meal diets for growing-finishing swine. *J. Anim. Sci.* 50:467~471.
- Gatel, F., and F. Grosjean. 1992. Performance of pigs from two genotypes in relation o the amino acid content of the diet. *Livest. Prod. Sci.* 30:129.
- Gatnau, R., and D. R. Zimmerman. 1990. Spray-dried porcine plasma (SDPP) as a source of protein for weanling pigs. *J. Anim. Sci.* (Suppl. 1) 68:374 (Abstr.)
- Goodband, R. D., M. D. Tokach and J. L. Nelssen. 1998. *Kansas Swine Nutrition Guide*. Kansas State University. pp. 30-35.
- Goodband, R. D., R. H. Hines, J. L. Nelssen and R. C. Thaler. 1988. The effect of dietary lysine level on performance of pigs weaned at two weeks of gae. *J. Anim. Sci.* 66 (Suppl. 1):315 (Abstr).
- Graham, P. L., D. C. Mahan, and R. G. Shields, Jr. 1981. Effect of starter diet and length of feeding regime on performance and digestive asctivity of 2-week old weaned pigs. *J. Anim. Sci.* 53:299-307.
- Hampson, D. J. 1986. Alterations in piglet small intestinal structure at weaning. *Res. Vet. Sci.* 40:32
- Hancock, J. D., R. H. Hines, C. G. Mills, and D. A. Nichols, 1994. Effect of nursery diets on growth of pigs to market weight. *J. Anim. Sci.* 72:(Suppl. 2):64 (Abstr.).

- Hansen, J. A., J. L. Nelssen, R. D. Goodband, and T. L. Weeden. 1993. Evaluation of animal protein supplements in diets of early-weaned pigs. *J. Anim. Sci.* 71:1853.
- Himmelberg, L. V., E. R. Peo, Jr., A. J. Lewis, and J. D. Crenshaw. 1985. Weaning weight response of pigs to simple and complex diets. *J. Anim. Sci.* 61:18.
- Kats, L. J., J. L. Nelssen, M. D. Tokach, R. D. Goodband, J. A. Hansen and J. L. Laurin. 1994. The effect of spray-dried porcine plasma on growth performance in the early-weaned pigs. *J. Anim. Sci.* 72:2075.
- Kelly, D., J. A. Smyth, and K. J. McCracken. 1991. Digestive development of the early-weaned pig 2. Effect of level of food intake on digestive enzyme activity during the immediate post weaning period. *Br. J. Nutr.* 65:181.
- Kim, Y. G., J. Jin, J. D. Kim, I. S. Shin and In K. Han. 2000. Effects of phase feeding on growth performance, nutrient digestibility and excretion of growing barrow and gilt. *Asian-Aus. J. Anim. Sci.* (In press).
- Kyriazakis, I. 1989. Growth, feed intake and diet selection in pigs: theory and experiments. Ph. D. Dissertation. University of Edinburgh, U. K.
- Lecce, J. G., W. D. Armstrong, E. J. Crawford, and G. A. Ducharme. 1979. Nutrition and management of early weaned piglets: Liquid vs fry feeding. *J. Anim. Sci.* 48:1007.
- Leibbrandt, V. D., R. C. Ewan, V. C. Speer, and D. R. Zimmerman. 1975. Effect of weaning and age at weaning on baby pig performance. *J. Anim. Sci.* 69:4062.
- Leibbrandt, V. D., R. D. Ewan, V. C. Speer, and D. R. Zimmerman. 1975. Effect of weaning and age at weaning on baby pig performance. *J. Anim. Sci.* 40:1077.
- Li, D. F., J. L. Nelssen, P. G. Reddy, F. Blecha, R. Klemm, and R. D. Goodband. 1991. Interrelationship between hypersensitivity to soybean proteins and growth performance in early-weaned pigs. *J. Anim. Sci.* 69:4062.
- Lindemann, M. D., S. G. Cornelius, S. M. EL Kandelgy, R. L. Moser, and J. E. Pettigrew. 1986. Effect of age, weaning and diet on digestive enzyme levels in the piglet. *J. Animl Sci.* 62:1298.
- Mahan, D. C. 1993. Effect of weight, split-weaning, and nursery feeding programs on oerformance responses of pigs to 105 kiligrams body weight and subsequent effects on sow rebreeding interval. *J. Anim. Sci.* 71:1991-1995.
- Mahan, D. C. 1995. Feeding for maximum lean growth. Illinois Pork Industry Conference. pp 108-123.
- Mahan, D. C., and A. J. Lepine. 1991. Effect of pig weaning weight and associated

- feeding programs on subsequent performance to 105 kilograms body weight. *J. Anim. Sci.* 69:1370-1378.
- Mahan, D. C., and A. J. Lepine. 1991. Effect of pig weaning weight and associated nursery feeding programs on subsequent performance to 105 kilograms body weight. *J. Anim. Sci.* 69:1370.
- Makkink, C. A. 1993. Of piglets, dietary proteins, and pancreatic proteases. Ph.D. Thesis. Department of Animal Nutrition, Agricultural University, Wageningen, The Netherlands.
- Mason, V. C. 1984. Metabolism of nitrogen compound in the large gut [Emphasis on recent findings in the sheep and pig]. *Proc. Nutr. Soc.* 43:45.
- Maxwell, C. V. 1997. Diets for Early weaned pigs. Swine report. Oklahoma State University.
- McClead, R. E., Jr., M. Lentz, and R. Vieth. 1990. A simple technique to feed newborn piglets. *J. Pediatr. Gastroenterol. Nutr.* 10:107.
- NRC. 1988. Nutrient requirements of swine (9th Ed.). National Academy Press, Washington, DC.
- NRC. 1998. Nutrient requirements of swine (10th Ed.). National Academy Press, Washington, DC.
- Okai, D. B., F. X. Aherne, and R. T. Hardin. 1976. Effects of creep and starter composition on feed intake and performance of young pigs. *Can. J. Anim. Sci.* 56:573.
- Owen, K. Q., I. H. Kim and C. S. Kim. 1996. Amino acid nutrition for he segregated early weaned pig. *Kor. J. Anim. Nutr. Feed.* 20 (4): 307-318.
- Owen, K. Q., J. L. Nelssen, R. D. Goodband, M. D. Tokach, B. T. Richert, K. G. Friesen, J. W. Smith, J. R. Bergstrom and S. S. Dritz. 1995. Dietary lysine requirements of segregated early-weaned pigs. *J. Anim. Sci.* 73 (Suppl. 1):68 (Abstr.).
- SAS. 1985. SAS User's Guide : Statistics, SAS Inst, Inc., Cary, NC., USA.
- SCA. 1987. Feeding Standards for Australian Livestock. Pigs Standing Committee on Agriculture. CSIRO, East Melbourne, Australia.
- Simmen, F. A., K. R. Cera, and D. C. Mahan. 1990. Stimulation by clostrum or mature milk of gastrointestinal tissue development in newborn pigs. *J. Anim. Sci.* 68:3596-3603.
- Sloat, D. A., D. C. Mahan, and K. L. Roehrig. 1985. Effect of pig weaning weight on post-weaning body composition and digestive enzymes development. *Nutr. Rep.*

Int. 31:627-634.

- Stahly, T. S. 1991. Amino acids in growing, finishing, and breeding swine. Proceedings National Feed Ingredient Association Nutrition Institute, Chicago, IL.
- Stahly, T. S., N. H. Williams and S. Swenson. 1994. Impact of genotype and dietary amino acid regimen on growth of pigs from 6 to 26. *J. Anim. Sci.* 72 (Suppl. 1):165 (Abstr.).
- Stairs, J. T. F., M. D. Tokach, J. E. Pettigrew, and M. E. Wilson. 1991. Milk products in starter diets improve subsequent pig performance. *J. Anim. Sci.* 69 (Suppl. 1):116 (Abstr.).
- Tokach, M. D., J. E. Pettigrew, J. J. Johnston, and S. G. Cornelius. 1990. Overall pig performance to market weight is improved by adding milk products, but not fat, to the starter diet. *J. Anim. Sci.* 68 (Suppl. 1) : 377 (Abstr.).
- Tokach, M. D., R. D. Goodband, J. L. Nelssen, and D. R. Keesecker. 1992. Influence of weaning weight and growth during the first week postweaning on subsequent pig performance. *Pro. Am. Assoc. Swine Pract.* p 409 (Abstr.).
- Tokach, M. D., R. D. Goodband, J. L. Nelssen. 1994. Recent developments in nutrition for the early-weaned pig. *Comp. Cont. Ed. Pract. Vet.* 16:406.
- Tuitoek, K., L. G. Young, C. F. M. de Lange and B. J. Kerr. 1997. The effect of reducing excess dietary amino acids on growing-finishing pig performance: An evaluation of the ideal protein concept. *J. Anim. Sci.* 75:1575-1583.
- Whang, K. Y. , and R. A. Easter. 1994. Effect of starter feeding program on growth performance and protein gain from weaning to market weight in barrows and gilts. *J. Anim. Sci.* 72: (Suppl. 2):65 (Abstr.).
- Yen, H. T., Cole, D. J. A. and Lewis, D. 1986a. Amino acid requirements of growing pigs. 8. The response of pigs from 50~90 kg liveweight to dietary ideal protein. *Anim. Prod.* 43:155~165.
- Yen, H. T., D. J. A. Cole and D. Lewis. 1986b. Amino acid requirements of growing pigs. 9. The response of pigs from 25~55 kg liveweight to dietary ideal protein. *Anim. Prod.* 43:141~154.
- Zhang, Y., I. G. Partridge, and K. G. Mitchell. 1986. The effect of dietary energy level and protein:energy ratio on nitrogen and energy balance, performance and carcass composition of pigs weaned at 3 weeks of age. *Anim. Prod.* 42:389.
- Zhang, Y., I. G. Partridge, H. D. Keal, and K. G. Mitchell. 1984. Dietary amino acid balance and requirements for pigs weaned at 3 weeks of age. *Anim. Prod.* 39:441.
- Zijlstra, R. T., K-Y. Wang, R. A. Easter, and J. Odle. 1996. Effect of feeding a

milk replacer to early-weaned pigs on growth, body composition, and small intestinal morphology, compared with suckled littermates. J. Anim. Sci. 74:2948-2959.

한인규, 권관, 나기현, 유문일. 1978. 이유자돈 및 육성비육돈의 사료에 있어서 L-lysine의 첨가에 의한 단백질 절약효과. 한국축산학회지. 20:566.

(본 논문은 인도축산학회지에 게재 예정임)

8. 육성돈에 있어서 최적 트레오닌:라이신 비율

가. 서 론

Threonine은 돼지 사료에 있어서 중요한 영양소이며, 옥수수과 대두박을 위주 한 사료의 경우에는 세 번째 제한 아미노산이지만 (Grosbach 등, 1985), 수수 (Eckert와 Allee, 1974; Cohen과 Tanksley, 1976), 보리 (Fuller 등, 1979a), 밀 (Allee 와 Hines, 1971)과 다른 곡류를 위주로 한 사료를 사용할 경우에는 2번째 제한 아미노산으로 여겨진다. 그리고, crystalline lysin이 밀 (Fuller, 1979a,b)이나 수수 (Hansen 1993; Hansen 등, 1993)를 기초로 한 저단백질 사료에 첨가되면, threonine 이 아마 첫 번째 제한 아미노산이 될 것이다. Hansen 등 (1993)은 14% CP, lysine-threonine이 강화된 수수-대두박 사료는 16% 조단백질 사료와 비슷한 성장 효과를 보인다고 보고하였다.

육성돈에 있어서 Threonine 요구량은 실험에 따라 다른 값을 나타냈다. Chung 과 Beames (1974)는 보리를 기초로 한 사료를 급여한 육성돈에서 최적 L-threonine 수준은 0.29%라고 하였지만, Grosbach 등 (1985)은 옥수수 기초 사료에서 0.54%가 최적 수준이라고 하였다. Russel 등 (1986)은 옥수수-대두박 사료에서 증체량과 사료 효율을 최적화하기 위해서 L-threonine 0.60%가 필요하다고 하였다. NRC에 따르면 threonine 요구량은 0.48% (1988)에서 0.61% (1998)로 증가하였다. 보고된 threonine 요구량의 명백한 차이는 아마도 체중의 범위와 돼지의 유전자형, 사료의 형태 및 사료내 아미노산의 종류에 따른 것일 것이다. 그 중에서 아미노산의 종류는 threonine 요구량을 결정하는데 가장 중요한 것이다. Cole (1978)은 25~100 kg 체중의 돼지에서 성장을 최대로 하기 위해서는 threonine:lysine 비율 60%가 최적의 수준이라고 하였고, Moughan과 Smith (1984)도 Cole의 실험 결과와 비슷한 20-80 kg 체중의 돼지에서 threonine:lysine 비율을 59%로 했을 때 빠른 성장속도를 얻을 수 있다고 하였다. Wang과 Fuller는 최적 threonine:lysine 비율을 72%라고 하였다 (1989). ARC (1981)에 의하면 최적 threonine:Lysine

비율이 60%지만, NRC에 의하면 육성돈에 있어서 65%였다. 그러나, 지금까지 암수에 따른 육성돈에서 threonine:Lysine 비율에 대한 유용한 실험 결과는 거의 없었다.

따라서, 성장 효과, 영양소 소화율, 아미노산 소화율과 BUN 농도에 대한 threonine:Lysine 비율의 효과를 분석, 암수 육성돈에서 최적의 threonine:Lysine 비율을 결정하기 위해 본 실험을 수행하였다.

나. 재료 및 방법

총 150마리 (Landrace×Yorkshire×Duroc, 평균 체중 16.75 ± 0.42 , 암수 각각 75마리)의 돼지들은 2×3 요인법에 의해서 6개의 처리구로 처리구당 5반복으로 임의 배치하였다. 이번 실험에서는 육성돈 사료에 있어서 NRC (1998)의 영양소 요구율에 따라서 세 가지 Threonine:Lysine 비율(50, 60, 70%)로 암돼지 사료에는 lysine 함량이 1.33%, 수돼지 사료에는 lysine 함량이 1.12%인 총 6종류의 사료를 배합하였다 (표 2-3-77).

수돼지와 암돼지는 환경적으로 제어된 육성돈사에 성별에 따라 나누었다. 사료와 물은 자유 급이의 방법으로 공급하였고, 체중과 사료 섭취량은 전체 실험 기간 중에 14, 28, 48일에 측정을 하였다.

혈액 표본은 실험 14, 28, 49일이 되는 날에 각 처리구에서 다섯 마리씩 채취하였다. 혈액은 급여 4시간 후에 경정맥을 통하여 채취하였다. 혈액을 채취한 후에 모든 표본들은 바로 원심분리기로 옮겨서 5℃에서 15분 동안 3,000 rpm으로 원심분리 시켰다. 혈장만 조심스럽게 플라스틱 유리병에 옮긴 후에 혈액 urea의 분석을 위해 -20℃에서 보관하였다. 총 BUN 농도는 혈액 분석기로 분석하였다.

암수 각각 15마리씩 (평균 체중 16 ± 0.14 kg) 외관상 소화율 측정을 위해서 대사 실험실에서 사양하였다. Cr₂O₃는 소화율을 측정하기 위해 0.25%가 사료내에 첨가되었다. 대사 실험실에서 4일간의 적응기간이 지난 후에 (대사 실험실로 옮겨지기 전에 10일 동안 실험 사료에 적응하였다.) 3일 간의 수집 기간을 거쳤다. 모아진 배설물은 플라스틱 주머니에 넣어서 건조할 때까지 -20℃에서 보관되었다. 건조된 배설물 표본은 화학적 분석을 위해서 가루로 만들었다.

실험에 이용된 사료와 배설물 표본의 분석은 AOAC (1990)방법에 의해서 수행하였다. Chromium은 원자 흡수 Spectrophotometer에 의해서 분석되었고, 사료와 배설물에서의 아미노산 소화율을 측정하기 위해서 아미노산 분석기가 이용되었다. 황함유 아미노산은 performic acid를 이용하여 산화를 시키고 가수 분해를 일으키게 만든 후에 분석하였다. 사료와 배설물의 총에너지 수준을 측정하기 위해서 단일 수소 Bomb Calorimeter가 이용되었고, 총 혈액 urea의 농도는 혈액 분석기로 분석하였다. 이 실험 자료들의 통계적인 분석은 SAS (1985)의 GLM 절차를

이용한 Duncan의 multiple range test (Duncan, 1955)에 따른 평균을 비교하여 분석되어졌다.

표 2-3-77. 사료배합율표와 영양소 함량

성별	거세돈			미경산돈		
	50	60	70	50	60	70
Threonine:lysine (%)						
(Lysine, %)	(1.12)	(1.12)	(1.12)	(1.33)	(1.33)	(1.33)
성분 (%)						
옥수수 (단백질 8.3%)	65.65	56.99	57.07	56.65	62.40	65.65
옥수수 (단백질 24.8%)	14.00	14.00	14.00	14.00	14.00	14.00
대두박	14.50	17.59	17.26	16.69	16.35	14.50
우지	1.69	4.16	4.27	4.60	4.75	1.69
당밀	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00
석회석	0.67	0.50	0.47	0.66	0.63	0.67
제삼인산칼슘	1.28	1.28	1.30	1.30	1.32	1.28
라이신	0.83	0.47	0.49	0.77	0.79	0.83
메치오닌+시스틴	0.21	0.14	0.15	0.22	0.22	0.21
트레오닌	0.42	0.12	0.24	0.13	0.37	0.42
소금	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30
무기질 ¹	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20
비타민 ²	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25
합계	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00
영양소 함량 ³						
가소화에너지 (Mcal/kg)	3.50	3.50	3.50	3.50	3.50	3.50
조단백질 (%)	17.00	17.00	17.00	17.00	17.00	17.00
라이신 (%)	1.12	1.12	1.12	1.33	1.33	1.33
메치오닌+시스틴 (%)	0.67	0.67	0.67	0.73	0.73	0.73
트레오닌 (%)	0.56	0.67	0.78	0.67	0.80	0.93
트립토판 (%)	0.17	0.17	0.17	0.17	0.16	0.16
칼슘 (%)	0.80	0.80	0.80	0.80	0.80	0.80
인 (%)	0.65	0.65	0.65	0.65	0.65	0.65

¹ Provided the following per kilogram of diet: Se, 0.1 mg; I, 0.3 mg; Mn, 24.8 mg; Cu, 54.1 mg; Fe, 127.3 mg; Zn, 84.7 mg; Co, 0.3 mg.

² Provided the following per kilogram of diet: vitamin A, 8,000 IU; vitamin D₃, 1,600 IU; vitamin E, 32 IU; d-biotin, 64 µg; riboflavin, 3.2 mg; calcium pantothenic acid, 8 mg; niacin, 16 mg; vitamin B₁₂, 2 µg; vitamin K, 2.4 mg.

³ 계산치.

다. 결과 및 고찰

1) 성장 효과

암수 육성돈에서 성장효과에 대한 사료내 Threonine:lysine 비율의 효과는 표 2-3-78에 나타나 있다. 전체 실험 기간 동안 (16-56 kg), 일당증체량, 일당사료섭취량과 FCR에 대한 성별의 차이와 사료내 Threonine:lysine 비율 사이에 상호작용은 없었다. 성별간에 수태지에 있어서 성장률이 좋다는 확실한 성 효과가 나타났다. 수태지는 암태지보다 많은 양의 사료를 소비하고 더 빨리 성장했다. 수태지에 있어서, Threonine:lysine 비율이 증가하면 일당증체량과 사료효율이 함께 증가하는 경향이 나타났고, 암태지에 있어서는 뚜렷하지는 않지만 Threonine:lysine 비율이 50과 60%일 때 일당증체량과 사료효율이 증가하는 경향을 보였다. 일일 평균 사료 섭취량은 사료내 Threonine:lysine 비율 증가에 영향은 받지 않았다. 총 lysine 섭취량은 성별과 Threonine:lysine 비율에 영향을 받지 않았다.

표 2-3-78. Threonine:lysine 비율이 육성돈의 성장에 미치는 효과

성별	거세돈			미경산돈			평균	SE ¹
	50	60	70	50	60	70		
트레오닌:라이신비율								
일당증체량 (g/day)	830.88 ^{ab}	854.00 ^a	874.16 ^a	778.75 ^b	790.07 ^b	773.06 ^b	816.82	11.93
일당사료섭취량 (kg/day)	1.85	1.87	1.83	1.67	1.68	1.69	1.75	0.04
사료효율	2.22	2.18	2.08	2.15	2.13	2.19	2.16	0.03
상관관계	일당증체량			일당사료섭취량			사료효율	
성별	0.0002			0.0070			NS ²	
트레오닌:라이신비율	NS			NS			NS	
성별×비율	NS			NS			NS	

¹ 표준오차, ² NS = 유의성 없음.

^{ab} 같은 줄의 서로 다른 첨자간에는 p<0.05 수준에서 유의성 있음.

지난 실험들에서, NRC (1998)는 사료내 Threonine:lysine 비율이 65%일 때 육성돈 (20~50 kg)에서 최대 성장효과를 가져올 수 있다고 하였다. 이와 유사하게, Williams 등 (1993)은 육성돈과 비육돈에서 각각 Threonine:lysine 비율이 64%와 68%일 때 최적의 성장효과와 단백질 축적률의 결과를 가져온다고 하였다. Baker와 Chung (1992)에 의하면 현재 요구량의 추정치는 Threonine:lysine 비율이 돼지의 체중과 유지 요구량의 증가와 함께 증가되어야 한다. Tillis (1981)은 최적의 단백질 축적과 체중은 Threonine:lysine 비율이 20과 50 kg 암태지에서 각각 73과 78%일 때 얻어질 수 있다고 하였다.

최근의 실험 결과들이 사료내 Threonine:lysine 비율이 증가하면서 확실한 성장효과를 나타내는 것은 아니지만, 사료내 Threonine:lysine 비율이 수태지와 암태지

에서 각각 70%와 60%일 때 다른 Threonine:Lysine 비율과 비교했을 때 더 나은 일당증체량과 사료효율을 보였다.

표 2-3-79. Threonine:lysine 비율이 육성돈의 영양소 소화율에 미치는 효과

성별 Thr.:lysine ratio	거세돈			미경산돈			평균	SE ¹
	50	60	70	50	60	70		
총에너지	67.84	72.75	74.25	67.22	72.77	72.83	71.27	1.24
건물	70.27	74.38	75.70	67.48	74.02	73.30	72.52	1.22
조단백질	62.11	64.62	65.00	53.85	64.69	61.85	62.02	1.51
조지방	16.73	29.26	35.31	25.03	36.91	32.23	29.24	2.58
조회분	32.48 ^{ab}	23.82 ^b	39.59 ^{ab}	22.45 ^b	44.31 ^a	35.46 ^{ab}	33.02	2.55
칼슘	49.08 ^c	57.08 ^{bc}	71.66 ^a	66.31 ^{ab}	67.97 ^a	68.48 ^a	63.43	2.05
인	36.96	20.63	32.33	21.49	32.49	28.37	28.71	2.31
상관관계	GE	DM	CP	CF	CA	Ca	P	
성별	NS ⁴	NS	NS	NS	NS	0.0036	NS	
Thr.:lysine ratio	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	
성별 × 비율	NS	NS	NS	NS	0.0400	NS	NS	

¹ 표준오차, ² NS = 유의성 없음.

^{a,b,c} 같은 줄의 서로 다른 첨자간에는 p<0.05 수준에서 유의성 있음.

요즘 연구에서 성장 효과와 성별간에 확실한 효과가 있었다. 증체량과 사료 효율에서 확실한 효과는 암퇘지와 비교했을 때 수퇘지에서 발견할 수 있었다. 이것은 수퇘지가 암퇘지보다 빨리 성장하지만, 암퇘지는 증체량당 요구되는 사료의 양은 적게 필요하고 도체에서 수퇘지보다 더 많은 양의 근육을 함유하고 있다고 한 Cromwell 등 (1993)의 연구와 부분적으로 결과가 비슷했다. 이와 유사하게 Friesen 등 (1994)에 의하면 수퇘지가 암퇘지보다 더 큰 일당증체량과 일당사료섭취량을 가지지만, 사료효율 면에서는 더 작은 값을 보였고, 반면에 암퇘지에서는 수퇘지보다 단백질 축적은 증가하였고 지방의 축적은 감소하였다.

돼지에서 유지를 위한 Threonine 요구량은 체중과 일령이 증가할수록 증가하는 경향이 있다 (Black과 Davies, 1991; Williams 등, 1993). 이 연구 결과로부터 유사한 경향이 암퇘지와 수퇘지에서 발견되었지만, 수퇘지가 아마도 lysine 요구량의 차이 때문에 암퇘지보다 더 높은 Threonine:Lysine 비율을 요구했을 것이다.

2) 영양소와 아미노산의 외관상 소화율

암수 육성돈에 있어서 영양소 소화율에 대한 세가지 Threonine:Lysine 비율의

효과가 표 2-3-79에 나타나 있다. 조희분 (CA)을 제외하고는 육성돈의 영양소 소화율에 있어서 성별과 Threonine:Lysine 비율간에는 상호작용이 없었다. 두 성별간에 암태지에 있어서 높게 나타난 칼슘의 소화율을 제외하고는 영양소 소화율에 있어서 차이가 없었다. 사료내 Threonine:Lysine 비율에 따른 영양소 소화율의 차이는 없었다.

표 2-3-80. Threonine:lysine 비율이 육성돈의 아미노산 소화율에 미치는 효과

성별	거세돈			미경산돈			평균	SE ¹		
	50	60	70	50	60	70				
트레오닌	54.37 ^a	50.94 ^b	57.55 ^a	56.66 ^a	60.52 ^a	63.14 ^a	53.86	3.07		
발린	69.60	69.52	77.62	64.67	58.00	56.88	66.05	2.80		
메치오닌	64.87 ^{ab}	53.51 ^b	62.45 ^{ab}	62.98 ^{ab}	76.96 ^a	48.78 ^b	61.59	2.70		
시스틴	58.42 ^b	81.41 ^a	71.26 ^{ab}	79.30 ^{ab}	61.68 ^{ab}	65.41 ^{ab}	69.58	2.92		
이소루신	66.39 ^{ab}	57.82 ^{ab}	76.36 ^a	67.87 ^{ab}	66.73 ^{ab}	48.34 ^b	63.92	2.78		
루신	66.97	78.18	72.25	68.68	68.01	78.34	72.07	1.65		
페닐알라닌	70.39	69.27	76.70	65.16	60.69	60.46	67.11	2.68		
히스티딘	70.67	75.22	74.59	65.79	71.09	62.91	70.04	2.12		
라이신	76.61	69.52	74.69	69.52	64.91	63.57	69.80	1.75		
아지닌	62.41 ^c	75.81 ^{bc}	75.78 ^{bc}	62.80 ^c	91.53 ^a	79.95 ^{ab}	74.71	2.55		
필수아미노산	66.07	66.12	71.93	66.34	66.12	62.78	66.87	1.52		
아스파라진	61.94	61.83	66.13	75.13	69.15	77.64	68.64	2.09		
세린	62.66 ^{ab}	64.31 ^{ab}	62.29 ^{ab}	49.77 ^b	73.42 ^a	50.54 ^b	60.49	2.38		
글루타민	72.21	80.16	82.18	84.23	86.83	79.66	80.88	1.98		
프로라인	67.41 ^b	72.99 ^{ab}	61.29 ^b	70.08 ^{ab}	73.08 ^a	94.97 ^a	73.30	3.49		
글라이신	60.90	64.59	57.22	52.86	63.63	61.41	60.10	1.88		
알라닌	71.98 ^a	52.26 ^b	59.72 ^{ab}	58.76 ^{ab}	56.33 ^{ab}	55.84 ^{ab}	59.15	2.22		
타이로신	76.12 ^a	77.64 ^a	70.22 ^{ab}	55.64 ^c	56.57 ^{bc}	43.53 ^c	63.29	3.02		
비필수 AA	67.60	67.68	65.58	63.78	68.43	66.23	66.55	1.39		
총아미노산	66.84	66.90	68.75	65.06	68.22	64.50	66.71	1.32		
상관관계	THR	VAL	MET	CYS	ILE	LEU	PHE	HIS	LYS	ARG
성별	0.0247	0.0285	NS ²	NS	NS	NS	NS	NS	0.0386	NS
Thr:lys ratio	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	0.0007
성별×비율	NS	NS	0.0128	0.0201	0.0177	NS	NS	NS	NS	NS
상관관계	EAA	ASP	SER	GLU	PRO	GLY	ALA	TYR	NEA	TAA
성별	NS	0.0206	NS	NS	NS	NS	NS	0.0001	NS	NS
Thr:lys ratio	NS	NS	0.0334	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS
성별×비율	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS

¹ 표준오차, ² NS = 유의성 없음.

^{ab,c} 같은 줄의 서로 다른 첨자간에는 p<0.05 수준에서 유의성 있음.

이번 실험에서 외관상 영양소 소화율의 반응은 성장 효과에 대한 반응과 동시에 일어났다. 일반적으로 영양소의 소화율은 수태지와 암태지에서 각각 사료내 Threonine:Lysine 비율이 70과 60%인 사료를 급여했을 때 높게 나타났다. 표 2-3-80는 육성돈의 아미노산 소화율에 대한 Threonine:Lysine 비율의 효과를 요약해두고 있다. 필수 아미노산 (EAA), 비필수 아미노산 (NEAA)과 총 아미노산 (TAA) 소화율의 평균값은 성별에 따라 영향을 받지 않았다. 그러나, Threonine의 소화율은 수태지보다 암태지에서 높았다. 사료내 Threonine:Lysine 비율 사이에 필수아미노산, 비필수아미노산과 총아미노산 소화율의 평균값에서 차이는 없었다. 수태지에 있어서 70% Threonine:Lysine 비율 집단은 다른 Threonine:Lysine 비율 집단보다 높은 비필수아미노산과 총아미노산 소화율을 나타내었다. 암태지에 있어서 60% Threonine:Lysine 비율 집단은 다른 Threonine:Lysine 비율 집단보다 높은 비필수아미노산과 총아미노산 소화율을 나타내었다. 이번 실험에서 사료내 여러 Threonine:Lysine 비율은 암태지와 수태지의 조단백질과 총 아미노산 소화율에 영향을 미치지 않았다.

3) 혈장 뇨 질소

표 2-3-81은 암수 육성돈에 있어서 혈장 뇨 질소 농도에 대한 Threonine:Lysine 비율에 따른 효과를 보여주고 있다. 성별과 사료내 Threonine:Lysine 비율의 상호작용에 대한 증거는 없다. 암수간에 총 혈장 뇨 질소 농도는 수태지보다 암태지에 있어서 낮았다. 그러나, 혈장 뇨 질소 농도는 사료내 Threonine:Lysine 비율이 증가하더라도 영향을 받지 않았다.

표 2-3-81. Threonine:lysine 비율이 육성돈의 혈장 뇨 질소에 미치는 효과 (mg/dL)

성별	거세돈			미경산돈			평균	SE ¹
	50	60	70	50	60	70		
Threonine:lysine ratio								
14 일	6.56 ^a	5.73 ^{ab}	4.52 ^{ab}	3.83 ^b	4.42 ^b	4.75 ^{ab}	4.97	0.29
28 일	8.22 ^a	6.66 ^{ab}	6.46 ^{ab}	4.95 ^b	4.83 ^b	6.83 ^{ab}	6.33	0.37
49 일	9.59	8.90	9.00	7.75	6.44	8.53	8.37	0.50
평균	8.08	7.32	6.76	5.79	5.43	6.64	6.67	0.34
상관관계	14 일		28 일	49 일		평균		
성별	0.0268		0.0267	NS ²		0.0461		
Threonine:lysine ratio	NS		NS	NS		NS		
성별 × 비율	NS		NS	NS		NS		

¹ 표준오차.

² NS = 유의성 없음.

^{ab} 같은 줄의 서로 다른 첨자간에는 p<0.05 수준에서 유의성 있음.

혈장 뇨 질소 농도를 측정하는 것은 사료 단백질에 대한 할당된 요구량의 대체량 혹은 평균값을 알 수 있게 한다(Chen 등, 1995). 사료내 아미노산 수준의 차이에 따른 혈장 뇨 질소 농도의 변화는 이전에도 육성돈과 비육돈의 아미노산 요구량을 측정하는데 이용되었다 (Lewis 등, 1980; Yen 등, 1986a,b; Coma와 Zimmerman, 1993). 이 이유는 바로 자유 상태에서 동물은 아미노산을 저장할 수 있는 능력이 작기 때문이다. 그러므로, 만약 아미노산이 단백질 합성에 필요하지 않다면 아미노산은 쉽게 분해될 것이고 에너지원으로 이용될 것이다. 아미노산이 요구량을 초과한다면 이화작용을 일으킬 것이고, 그리고 혈장 뇨 질소 농도에서 빠른 증가를 가져올 것이다.

이번 실험에서 수태지보다 암태지에서 혈장 뇨 질소의 농도가 낮은 것은 부분적으로 체내 단백질 함량에 의한 암수 차이와 관계가 있었다. 수태지가 암태지보다 사료 효율이 떨어지고 도체에 지방이 더 많이 축적되어 있다고 보고하였다 (Cromwell 등, 1993). 암수간에 혈장 뇨 질소 농도의 차이는 Cai 등 (1996)과 Yen 등 (1986a,b)에 의해 보고된 결과와 거의 같은 것으로 나타났다.

이번 실험에서는 수태지 (lysine 1.12%)에서는 사료내 Threonine:Lysine 비율이 70%, 암태지 (lysine 1.33%)는 사료내 Threonine:Lysine 비율이 60%일 때 다른 Threonine:Lysine 비율과 비교했을 때 낮은 혈장 뇨 질소 농도를 보이는 경향을 알 수 있다.

네가지 기준 (성장 효과, 영양소와 아미노산의 소화율과 혈장 뇨 질소 농도)의 결과에 기초하였을 때, 가장 큰 성장 효과와 영양소 소화율을 보이는 최적 Threonine:Lysine 비율은 수태지 (lysine 1.12%)에서는 70%, 암태지 (lysine 1.33%)는 60%일 때였다.

라. 참고문헌

- Allee, G. L. and R. H. Hines. 1971. Amino acid supplementation of wheat and milo for the finishing pig. Rep. Progr. No. 181. Swine Industry Day. Kansas State Univ. p 1.
- AOAC. 1990. Official Methods of Analysis (15th ED.). Association of Official Analytical Chemists, Arlington. VA., USA.
- ARC. 1981. The Nutrient Requirement of pigs. Commonwealth Agricultural Bureaux. Slough, UK.
- Baker, D. H. and T. K. Chung. 1992. Ideal protein for swine and Poultry Biokyowa Technical Review 4, Chesterfield: Nutr., Quest, Inc.
- Black, J. L. and G. T. Davies. 1991. Ideal protein: Its variable composition. In: E. S. Batterham (ED.) Manipulating pig production III. P. 111. Australasian Pig

Science Association Attwood, Victoria, Australia.

- Cai, Y., R. C. Ewan and D. R. Zimmerman. 1996. Effects of dietary protein and potassium contents on plasma urea nitrogen and amino acids in relation to performance of swin. *Can. J. Anim. Sci.* 76:351.
- Chen, H. Y., P. S. Miller, A. J. Lewis, C. K. Wolverton and W. W. Stroup. 1995. Changes in plasma urea concentration can be used to determine protein requirements of two populations of pigs with different protein accretion rates. *J. Anim. Sci.* 73:2631.
- Chung, A. S. and R. M. Beames. 1974. Lysine, threonine, methionine and isoleucine supplementation of peace River barley for growing pigs. *Can. J. Anim. Sci.* 54:429.
- Cohen, R. S. and T. D. Tanksley, Jr. 1976. Limiting amino acids in sorghum for growing and finishing pigs. *J. Anim. Sci.* 43:1208.
- Cole, D. J. A. 1978. Amino acid nutrition of the pig. In: W. Haresign and D. Lewis (Eds.) *Recent advances in animal nutrition*. Butterworths. London.
- Coma, J. and D. R. Zimmerman. 1993. Lysine requirement of finishing pigs determined by using plasma urea nitrogen in short time trials. *J. Anim. Sci.* 71 (Suppl. 1.):168 (Abstr.).
- Cromwell, G. L., T. R. Cline, J. D. Crenshaw, T. D. Crenshaw, R. C. Hamilton, C. R. Hamilton, A. J. Lewis, D. J. Mahan, E. R. Miller, J. E. Pettigrew, L. F. Tribble and T. L. Veum. 1993. The dietary protein and lysine requirements of barrows and gilts. *J. Anim. Sci.* 71:1510.
- Duncan, D. B. 1955. Multiple range and multiple F tests. *Biometrics.* 11:1.
- Eckert, T. E. and G. L. Allee. 1974. Limiting amino acids in milo for the growing pigs. *J. Anim. Sci.* 39:694.
- Friesen, K. G., J. L. Nelson, J. A. Unruh, R. D. Goodband and M. D. Tokach. 1994. Effects of the interrelationship between genotype, sex and dietary lysine on growth performance and carcass composition in finishing pigs fed to either 104 or 127 kilograms. *J. Anim. Sci.* 72:946.
- Fuller, M. F., I. Mennie and R. M. J. Crofts. 1979b. The amino acid supplementation of barley for the growing pig. 2. Optimal additions of lysine and threonine for growth. *Br. J. Nutr.* 41:333.
- Fuller, M. F., R. M. Livingstone, B. A. Baird and T. Atkinson. 1979a. The optimal amino acid supplementation of barley for the growing pig. 1. Responses of nitrogen metabolism to progressive supplementation. *Br. J. Nutr.* 41:321.
- Grosbach, D. A., A. J. Lewis and E. R. Peo, Jr. 1985. An evaluation of threonine and isoleucine as the third and fourth limiting amino acids in corn for growing

- swine. J. Anim. Sci. 60:487.
- Hansen, J. A. 1993. Amino acid supplementation of low-protein sorghum-soybean meal diets for 5 to 20- kilogram swine. J. Anim. Sci. 71:452.
- Hansen, J. A., D. A. Knable and K. G. Burgoon. 1993. Amino acid supplementation of low protein sorghum-soybean meal diets for 20 to 50 kilogram swine. J. Anim. Sci. 71:442.
- Lewis, A. J., E. R. Peo, Jr, B. D. Moser and T. D. Crenshaw. 1980. Lysine requirement of pigs weighing 5 to 15 kg fed practical diets with and without added fat. J. Anim. Sci. 51:361.
- Moore, S. 1963. On the determination of cystine as cysteric acid. J. Biol. Sci. 238:235-237.
- Moughan, P. J. and W. C. Smith. 1984. Assessment of a balance of dietary amino acids required to maximize protein utilization in the growing pig (20~80 kg live weight). N. Z. J. Agric. Res. 30:301.
- NRC. 1988. Nutrient Requirements of Swine (9th Ed.). National Academy Press, Washington, D. C.
- NRC. 1998. Nutrient Requirements of Swine (10th Ed.). National Academy Press, Washington, DC.
- Russell, L. E., R. A. Easter, V. Gomez-Rojas, G. L. Cromwell and T. S. Stahly. 1986. A note on the supplementation of low-protein, maize-soya-bean meal diets with lysine, tryptophan, threonine and methionine for growing pigs. Anim. Prod. 42:291.
- SAS. 1985. SAS User's Guide: Statics, SAS Inst. Inc., Cary. NC.
- Tillis, J. B. 1981. Protein Growth in Pigs. Ph. D. Thesis. Univ. of Edinburgh.
- Wang, T. C. and M. F. Fuller. 1989. The optimal dietary amino acid pattern for growing pigs. 1. Experiments by amino acid deletion. Br. J. Nutr. 62:77.
- Williams, K. C., P. R. Martin and M. H. Magee. 1993. The optimal dietary threonine to lysine ratio for growing pigs. In: Recent advances in animal production in Australia. p. 213. University of New England, Armidale, Australia.
- Yen, H. T., D. J. A. Cole and D. Lewis. 1986a. Amino acid requirements of growing pigs. 7. The response of pigs from 25 to 55 kg live weight to dietary ideal protein. Anim. Prod. 43:141.
- Yen, H. T., D. J. A. Cole and D. Lewis. 1986b. Amino acid requirements of growing pigs. 8. The response of pigs from 50 to 90 kg live weight to dietary ideal protein. Anim. Prod. 43:155.

(본 논문은 아세아태평양축산학회지에 게재 예정임)

9. 출하체중별 최대 수율 결정을 위한 연구

가. 서론

최근 들어 국·내외 육류 소비자들의 기호성 변화에 발맞춘 고품질 돈육생산은 양돈산업의 또 하나의 목표가 되고 있다. 현재 국내의 돈육 수출은 1996년에는 30,000 톤 수준으로부터 1998년에는 이미 80,000 톤을 넘어섰고 1999년 10월 현재 대일 돈육 수출물량만도 약 66,000 톤에 이르러 지속적으로 증가하고 있음을 알 수 있다. 이렇게 수출산업으로서 양돈산업의 증진을 도모하기 위해서는 생산의 시작단계인 영양·사양관리로부터의 수출용 고품질 돈육생산을 위한 개선이 이루어져야 한다. 양돈산업의 궁극적인 목표는 효율적인 고품질 돈육생산이므로 정부, 대학 및 각종 연구 기관에서는 양돈산업의 선진화와 수출 산업으로서의 육성을 위해 고품질 돈육생산을 위한 많은 노력을 기울이고 있다. 현재까지 국내에서는 출하일령을 기준으로 돼지를 출하하고 있는데, 출하일령을 기준으로 적용하고 있는 사양 프로그램에 대해서는 많은 검증이 이루어진 바 없다. 더욱이 돈육수출에 있어 규격돈의 생산은 고품질 돈육생산에 있어 매우 중요하다. 그럼에도 불구하고 국내에서 아직까지 출하체중에 따른 수율구명과 육질에 미치는 영향에 관한 자료는 거의 전무하다. 돈육의 생산율과 육질은 양돈농가의 수입과 직결되는 바, 출하체중이 수율생산량과 육질 및 도체성장에 미치는 영향에 대한 비교 및 분석은 돈육생산에 있어 가장 경제적인 적정 출하체중을 유도해내고 이에 따른 경제성 분석 및 육질 평가로 고급육 생산기술 개발을 위한 매우 귀중한 기초자료를 제시할 수 있다.

따라서 본 과제는 출하체중에 따른 수율을 조사하고 출하체중이 육질에 미치는 영향의 구명을 통한 가장 경제적인 적정 출하체중의 설정을 통하여 근본적으로 고품질 규격돈 생산을 위한 기초자료를 제시하고자 수행되었다.

나. 재료 및 방법

체중 50.34 kg의 삼원교잡 (Landrace×Yorkshire×Duroc) 비육돈 160두를 공시하여 서울대학교 실험목장에서 실험을 수행하였으며, 시험돈의 관리는 서울대학교 농업생명과학대학 동물자원과학과 영양학연구실의 관행에 따랐다.

실험 설계는 표 2-3-82에서 제시한 바와 같이 암수를 분리하여 출하체중을 4수준 (100, 110, 120, 130 kg)으로 두어 2×4 요인 실험으로 하며, 처리당 5반복, 반복당 4두로 총 160를 체중에 따라 완전임의배치법 (completely randomized design)으로 배치하였다.

시험사료는 옥수수 대두박 위주로 일반 상업용 시판 사료를 출하시 까지 급여하였으며, 비육기는 전기와 후기로 나뉘어 졌다. 시험에 이용된 시험사료의 영양소 함량은 표 2-3-83에서 에서 보는 바 와 같다.

시험돈은 하나의 급이기와 nipple이 설치된 콘크리트 바닥에서 길러졌으며, 전 실험기간동안 사료와 물은 자유급식 되었다. 시험기간동안 평균 돈사내 온도는 20~25℃로 유지되었다.

출하체중에 도달한 모든 시험돈은 안성축산 진흥공사에서 운영하는 도살장에서 도축되었으며, 도체검사 및 도체 등급이 측정되었다. 전 시험돈 중 총 48두 (처리당 6두)에 대해서 육질 검사가 수행되었다.

모든 시험 결과의 통계분석은 SAS (1985)의 General Linear Model (GLM) 방법을 이용하여 Duncan's multiple range test (Duncan, 1955)에 의해 비교 검정하였다. 성별과 출하체중 사이에 상호 관계효과를 조사하기 위해 요인분석방법이 이용되었으며, 각처리당 평균값은 Duncan (1955)의 다중 검정법을 이용하여 비교하였다.

표 2-3-82. 실험설계

성별	거세돈				암퇘지			
	100	110	120	130	100	110	120	130
도살시 체중 (kg)	100	110	120	130	100	110	120	130
반복수	5	5	5	5	5	5	5	5
두수/반복	4	4	4	4	4	4	4	4
두수/처리	20	20	20	20	20	20	20	20

총 160 두

표 2-3-83. 시험사료의 영양소 함량

	비육전기	비육 후기
영양소 함량 ¹ (%)		
대사에너지(kcal/kg)	3,350	3,350
조단백질	16.00	14.00
칼슘	0.70	0.70
인	0.60	0.60
라이신	0.91	0.80
메치오닌+시스틴	0.58	0.52
트레오닌	0.63	0.56

¹ 계산치

다. 결과 및 고찰

출하체중이 비육돈의 도체특성에 미치는 영향은 표 2-3-84에 나타내었다. 모든 도체특성에 대해 성별과 출하체중과의 상호관계는 없는 것으로 조사되었다. 도체율은 성별에 의해 영향받지 않았으나 ($p>0.05$), 출하체중이 증가함에 따라 도체율은 증가하는 경향을 보여주었으며, 출하체중이 130 kg때 도체율은 출하체중이 110과 100 kg때 보다 유의한 수준으로 높았다 ($p<0.05$). 등지방 두께 또한 성별에 의해 영향받지 않았으나 ($p>0.05$), 암퇘지의 등지방이 거세돈보다 적은 경향을 보여주었다. 출하체중의 증가는 등지방 두께를 증가시켰으며, 특히 출하체중이 130 kg 일 때 등지방 두께는 100 kg일 때 보다 약 20%이상 증가했다. 이는 이전의 다른 연구결과들과 (Lawrie 등, 1963; Ognjanovic 등, 1973; Schmitten 등, 1986) 일치한다. 더욱이 최근 Cand다-Potoker 등 (1998)은 돼지의 출하일령 및 출하체중과 육질과의 관계를 규명하고자 하는 연구에서 출하일령 또는 출하체중의 증가는 도체지방을 크게 증가시킨다고 보고한 바 있다.

표 2-3-84. 출하체중이 비육돈의 도체특성에 미치는 영향

성별	출하체중 (kg)	도체특성			
		도체율 (%)	등지방두께 (mm)	도체장 (cm)	도체등급
거세돈	100	77.11	24.31	101.65	2.20
	110	75.93	27.01	103.43	2.70
	120	74.72	28.00	108.10	2.70
	130	73.42	32.66	106.05	2.80
암퇘지	100	76.60	26.08	101.22	1.90
	110	74.96	27.96	105.25	3.00
	120	73.93	27.09	105.60	2.05
	130	74.03	30.45	107.35	2.25
SE ²		0.089	0.702	5.916	0.378
성별간					
거세돈		75.29	28.00	104.80	2.60 ^a
암퇘지		74.88	27.89	104.85	2.30 ^b
출하체중별					
100 kg		73.72 ^b	25.20 ^a	101.43	2.05 ^c
110 kg		74.33 ^b	27.49 ^a	104.34	2.85 ^a
120 kg		75.44 ^{ab}	27.54 ^a	106.85	2.37 ^{bc}
130 kg		76.85 ^a	31.55 ^b	106.70	2.52 ^{ab}
P 값					
성별		NS	Ns	NS	0.0482
출하체중별		0.0202	0.0134	NS	0.0050
성×출하체중		NS	NS	NS	NS

^{ab} 서로다른 머릿글자는 유의차가 있음, ² 표준오차

³ NS = 유의차 없음

도체장은 출하체중 및 성별에 의해 크게 영향받지 않았다 ($p>0.05$). 한편 도체 등급은 성별에 의한 명확한 차이가 나타났는데, 거세돈 보다는 암돼지의 도체등급이 우수한 것으로 조사되었다. 일반적으로 암돼지의 사료효율이 거세돈 보다 높고 등 지방 두께가 얇은 것으로 알려져 왔는데 (Cromwell 등, 1993), 이러한 사실이 도체등급에 영향을 미쳤을 것으로 추정된다.

본 연구에서 출하체중의 증가는 도체율을 증가시켰는데, 이는 돼지의 식용부위의 증가를 의미한다. 그러나 출하체중 110 kg과 130 kg 간에는 도체율의 차이가 크지 않은 반면 등지방의 두께는 크게 증가되었다. 이는 국내 여건상 출하체중이 110 kg 이상으로 증가될 때는 도체등급이나 경제적인 사양 측면에서 큰 잇점이 없음을 의미한다.

표 2-3-85. 출하체중이 비육돈의 육질에 미치는 영향

성별	출하체중 (kg)	육 질											
		등심 단면적 (Cm ²)	pH	육즙 소실 (%)	전단력 (kg)	지방 (%)	쿠킹 소실 (%)	풍미도	연도	다즙성	육색		수분 보수력
		a	b										
거세돈	100	49.3	5.98	4.23	3412	2.44	20.69	3.70	3.41	3.33	3.17	9.7	1.02
	110	52.1	6.05	4.04	2848	2.47	22.44	3.90	3.54	3.37	3.03	8.8	1.04
	120	52.6	6.35	5.98	3060	3.39	19.64	3.70	3.49	3.54	0.87	8.2	1.11
	130	55.5	5.99	4.06	2545	3.88	22.74	3.70	3.62	3.54	2.79	10.0	0.98
암돼지	100	50.6	5.58	4.07	3776	2.51	23.2	3.83	3.58	3.44	5.27	10.91	0.86
	110	53.1	6.02	5.15	2451	2.39	22.1	3.71	3.62	3.20	3.98	10.78	0.81
	120	53.8	5.79	3.00	3039	3.26	25.1	3.78	3.73	3.44	4.97	10.59	0.83
	130	55.6	5.97	5.64	2766	3.58	22.4	3.81	3.69	3.37	3.02	10.61	0.81
SE ²		0.739	0.053	0.001	4.040	0.123	0.563	0.053	0.065	0.046	0.299	0.239	0.0398
성별간													
거세돈		52.4	6.09 ^a	4.58	2,966	3.04	23.2	3.78	3.66	3.44	2.47 ^b	9.2 ^b	1.04 ^a
암돼지		53.3	5.84 ^b	4.47	3,008	2.94	21.3	3.75	3.52	3.36	4.31 ^a	10.7 ^a	0.83 ^b
출하체중별													
100 kg		50.0 ^b	5.78	4.15	3594 ^a	2.48 ^b	21.9	3.76	3.50	3.38	4.22	10.31	0.94
110 kg		52.6 ^{ab}	6.03	4.59	2650 ^b	2.43 ^b	22.3	3.81	3.58	3.28	3.50	9.81	0.93
120 kg		53.2 ^{ab}	6.07	4.49	3049 ^b	3.32 ^a	22.3	3.74	3.61	3.49	2.92	9.40	0.97
130 kg		55.6 ^a	5.98	4.85	2656 ^b	3.73 ^a	22.6	3.76	3.66	3.45	2.90	10.31	0.89
P 값													
성별		NS	0.0137	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	0.001	0.001	0.011
출하체중별		0.0734	NS	NS	0.002	0.001	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS
성×출하체중		NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS

^{a,b} 서로다른 머릿글자는 유의차가 있음.

² 평균 표준 오차

³ NS = 유의차 없음

표 2-3-85는 출하체중이 비육돈의 육질 및 육색에 미치는 영향을 나타내고 있

다. 등심단면적은 출하체중이 증가함에 따라 증가하는 경향을 보여주었다. 출하체중 130 kg과 100 kg 간에는 등심단면적에 있어서 큰 차이가 나타난 반면 ($p < 0.07$), 110 kg과 그 이상의 체중에서는 유의한 차이가 나타나지는 않았다. 돈육의 pH는 성별에 의해 영향받는 것으로 조사되었으나, 출하체중에 의해 영향받지 않았다 ($p > 0.05$). 육즙소실율, 풍미도, 연도 및 다즙성은 성별 및 출하체중에 의해 크게 영향받지 않았다. 그러나 돈육내 지방 함량은 출하체중이 증가함에 따라 크게 증가하였다. 본 실험에서 도체특성에서 나타난 바와 같이 출하체중 증가에 따른 등지방 함량 변화와 지방 함량변화는 비슷한 양상을 나타내었다. 돈육의 육색 또한 출하체중에 의해 크게 영향받지 않았다. 본 실험에서 전반적인 육질 및 육색은 출하체중변화에 크게 영향받지 않는 것으로 조사되었다. 이제까지 돼지의 출하체중 또는 출하일령과 돈육의 품질 및 도체특성과의 관계를 규명하고자 하는 많은 연구들이 있어왔지만 (Allen 등, 1966; Sosnicki, 1987; Ramaswami 등, 1992; Larzul 등, 1997) 이들과의 관계를 명확히 보여준 결과는 거의 없다. 본 실험에서는 출하체중 증가에 의해 돈육의 육색이 영향받지 않았는데, 이는 이전의 다른 연구결과와 일치한다 (Shuler 등, 1970; Krieter 등, 1989).

이상의 본 실험결과를 종합해 볼 때, 출하체중의 증가는 도체율과 등심단면적 증가를 통해 수율을 증가시킬 수 있으나, 체 지방의 증가로 인해 도체등급에 악영향을 미치는 것으로 조사되었다. 또한 돼지가 성장함에 따라 특히 비육후기에 사료효율이 극도로 떨어지기 때문에 국내 실정상 출하체중을 110 kg 이상으로 증가시키기에는 다소 무리가 있을 것으로 판단된다. 또한 출하체중과 육질과의 관계는 아직 분명하게 결론 지을 수 없으므로, 출하일령 또는 출하체중과 돈육의 육질 및 도체품질과의 관계 구명을 위한 보다 많은 연구가 필요할 것으로 판단된다.

라. 참고 문헌

- Allen, E, J. C. Forresst. A. B. Chapman, N. First, R. W. Bray and E. J. Briskey. 1966. Phenotype and genetic association between porcine muscle properties. *J. Anim. Sci.* 25:962.
- Cander-Potokar, M, B. Zlender, L. Lefaucheur and M. Bonneau. 1997. Effects of age and/or weight at slaughter on longissimus dorsi muscle: Biochemical trait and sensory quality in pigs. *Meat Science*.40:287.
- Cromwell, G. L., T. R. Cline, J. D. Crenshaw, T. D. Crenshaw, R. C. Ewan, C. R. Hamilton, A. J. Lewis, D. C. Mahan, E. R. Miller, J. E. Pettigrew, L. F. Tribble and T. L. Veum. 1993. The dietary protein and (or) lysine requirements

- of barrows and gilts. J. Anim. Sci., 71:1510-1519.
- Duncan, D. B. 1955. Multiple range and multiple F test. Biometrics 11:1-42.
- Krieter, J., R. Schwertfeger, T. Holscher and E. Kalm. 1989. Carcass traits, intramuscular fat and meat quality in pigs during the growing period. (30 kg to 120 kg live weight). 40th Annual meeting of EAAP, Dublin, Ireland.
- Lawrie, R. A., R. W. Pomeroy and A. Cuthbertson. 1963. Studies of the muscles of meat animals. III. Comparative composition of various muscles in pigs of three weight groups. Journal of Agricultural Science. 60:195.
- Ramaswami, A. M., A. Jayaprasad. K. T. Radhakrishnan and G. Kannan. 1992. Influence of slaughter weight on fibre diameter, sarcomere length, shear force value and tenderness score in large white yorkshire barrows, Indian Journal of Animal Research. 26(2).
- SAS. 1985. SAS User's Guide : Statistics, SAS Inst. Inc., Cary, NC.
- Schmitt, F., A. Klingelholler, K. H. Schepers and A. Festerling. 1986. Einfluss des Mastendgewichtes \ddot{u} ber die Fleischbeschaffenheit beim Schwein. Zuchtungskunde 58(4): 282.
- Shuler, R. O., T. D. Pate, R. W. Mandigo and L. E. Lucas. 1970. Influence of confinement, floor structure and slaughter weight on pork carcass characteristics. J. Anim. Sci. 31(31).
- Sosnicki, A. 1987. Association of micrometric traits on meat quality, fattening and slaughter traits in the pig. J. Anim. Sci. 64:1412.

(본 논문은 미국축산학회지에 게재 예정임)

제 4절 항생제 무첨가 양돈사료의 개발에 관한 연구

1. 항생제 무첨가 이유자돈 사료 개발에 관한 연구

가. 서 론

1950년대 초부터 양돈 사료첨가제로서 항생제를 널리 사용해오고 있다. 그리고 기존의 연구결과들에서 항생제는 돼지의 일당증체량 (ADG) 및 사료 요구율 (F/G)을 효과적으로 개선시켜주고 있다 (Zimmerman, 1986). 더우기 이유자돈에 대한 항생제의 효과는 많은 연구들에서 나타나있다. 그러나 동물 사료에 항생제를 첨가하면 항생제에 대한 미생물 내성 및 축산물 내 잔류 등의 문제를 야기시킬 수 있고 인간 건강에 심각한 문제를 초래할 수 있기 때문에 사료에 항생제를 첨가하는 것은 일정량의 규제를 받고 있는 실정이다. 그래서 항생제를 대체할 수 있는 새로운 물질에 대한 발견 및 항생제를 첨가하지 않은 사료의 개발이 시급한 실정이다.

최근에 항생제를 대체할 수 있는 물질들이 발견되고 있다. 이런 물질중의 하나인 키토산 (chitosan)은 다당류인 키틴 (chitin)으로 부터 유래된 물질이다. 키틴은 새우, 게 및 조개류의 바깥껍질에서 발견되는 물질로서 현재 어패류 산업에서 가공 부산물로서 대량생산 되고 있다 (McDonald 등, 1995). 키토산은 생물분야에서 아주 다양하게 이용되고 있다. 상처 치료 및 화상치료에 사용되기도 하고, 혈중 콜레스테롤 수준을 낮추기도 한다. 또한 일정 수준에서는 면역 체계를 강화시킴으로서 가축의 성장을 개선시킨다.

베타 글루칸 (β -glucan)은 효모 및 곰팡이의 세포벽을 구성하고 있는 탄수화물로서 β -D-(1-3) linked glucopyranosyl 및 β -D-(1-6) linked side chain을 기본 구조로 하고 있는 다당류이다. Susuki 등 (1990)은 효모의 세포벽에서 추출한 베타 글루칸이 비특이적 면역반응을 강화시킨다고 보고하였고, Schoenherr 등 (1994)은 자돈의 성장을 증가시킨다고 보고하였다. 또한 Dritz 등 (1995)은 자돈 사료에 베타 글루칸을 첨가하면 염증 반응을 감소시켜 성장을 증가시킨다고 보고하였다. 만난올리고당 (mannan oligosaccharide, MOS)은 효모의 세포벽에서 추출한 탄수화물이다. D-mannose를 기본 탄수화물로 하는 다당류로서, 가축의 성장능력 개선 및 면역 능력에 영향을 미친다. 만난올리고당의 기본 구성 물질인 D-mannose는 거의 모든 세포 표면에 존재하며, 대장균 및 살모넬라균과 같은 미생물이 세포

표면에 부착할 때 수용체 역할을 한다 (Ofek 등, 1977; Ofek와 Sharon, 1990; Baba 등, 1993). 아직 만나올리고당의 보호면역 반응에 대한 확실한 기작은 밝혀지지 않았지만 MOS는 가축의 면역반응을 강화시키고 성장에 유익한 영향을 미친다 (Cotter, 1997). Spring과 Privulescu (1998)은 만난올리고당을 사료에 첨가하였을 때 장 및 혈청 IgG 수준을 증가시키고 장내 lymphocyte 및 white cell의 식균 능력을 증가시킨다고 보고하였다.

NIS는 가축의 성장을 개선 및 면역 반응 증가를 위해 최근에 개발된 물질로서 비특이적 면역반응을 강화시키는 음이온알칼리수용액 (immune stimulating anionic alkali solution)이다.

본 연구는 항생제, 키토산, 베타글루칸, 만나올리고당 및 NIS가 이유자돈의 성장능력 및 영양소 소화율에 미치는 영향을 비교하기 위하여 실시되었다.

나. 재료 및 방법

평균 체중 7.77 kg인 삼원교잡종 (Landrace×Large White×Duroc) 자돈 150두를 공시하였다. 처리구는 1) Negative-Control (기초사료), 2) Positive-Control (기초 사료+0.05% chlortetracycline), 3) 키토산 (기초사료+0.3% 키토산), 4) 베타글루칸 (기초사료+0.4% 베타글루칸), 5) 만나올리고당 (기초사료+ 0.1% 만나올리고당) 및 6) NIS (기초사료+3% Nonspecific Immunostimulating Anionic Alkali Solution, NIS)였다. 각 처리당 5반복을 두었고 각 반복당 5 마리의 자돈을 완전임의배치법에 의해서 배치하였다.

시험사료의 화학적 조성은 에너지 3.3 Mcal ME/kg, 조단백질 20.3%, 라이신 1.55%, 메치오닌+시스틴 0.93%, 트레오닌 1.02% 및 칼슘과 인이 각각 0.9 및 0.8%였다 (표 2-4-1). 체중 및 사료섭취량은 매주 측정하였다. 영양소 소화율은 0.2% Cr₂O₃를 사용하여 간접법에 의해서 측정하였다. 수거된 시료는 60℃에서 72 시간 건조시킨후 Wiley mill을 이용하여 분쇄한 후 분석을 실시하였다.

시험사료 및 분에 대한 일반성분 검사는 AOAC (1990) 방법에 의하여 실시되었고 크롬 및 칼슘은 원자흡광분도계 (Atomic Absorption Spectrophotometer, Shimadzu, AA6145F, Japan)를 사용하여 측정하였다. 인은 UV-Vis. Spectrophotometer (Hitachi, U-1100, Japan)를 이용하여 측정하였다. 측정된 모든 데이터에 대한 통계분석은 일반선형모델 (General Linear Model, GLM)을 이용하여 다중분석법 (multiple range test) (Duncan, 1995)에 따라서 분석하였다.

표 2-4-1. 사료배합율표 및 영양소 함량

원료사료	%
옥수수	37.04
대두박 (44%)	25.00
대용유 ¹	10.00
유당	10.00
대두유	5.00
미강	3.00
MCP	1.42
석회석	0.58
비타민-광물질 믹스 ²	0.47
소금	0.20
라이신-HCl	0.41
메치오닌 (50%)	0.97
트레오닌 (50%)	0.91
합계	100.00
화학적 조성 ³ :	
대사에너지 (kcal/kg)	3,300.00
조단백질 (%)	20.30
라이신 (%)	1.55
메치오닌+시스틴 (%)	0.93
트레오닌 (%)	1.02
칼슘 (%)	0.90
총 인 (%)	0.80

¹ Whey 89.3%, Soy flour 10%, Silicate 0.7%

² Supplied per kg diet : 8,000 IU vitamin A, 2,500 IU vitamin D₃, 30 IU vitamin E, 3 mg vitamin K, 1.5 mg thiamin, 10 mg riboflavin, 2 mg vitamin B₆, 40 μg vitamin B₁₂, 30 mg pantothenic acid, 60 mg niacin, 0.1 mg biotin, 0.5 mg folic acid, 200 mg Cu, 100 mg Fe, 150 mg Zn, 60 mg Mn, 1 mg I, 0.5 mg Co, 0.3 mg Se.

³ 계산치.

다. 결과 및 고찰

0~7일 동안, Positive-Control구에서 일당증체량 (average daily gain, ADG) 및 일당사료섭취량 (average daily feed intake, ADFI)이 가장 우수하였고 ($p<0.05$), 사료요구율 또한 유의적이지 않지만 가장 우수하였다 (표 2-4-2). 8~14일 동안, Positive-Control구가 가장 우수한 ADG 및 ADFI를 보여주었다 ($p<0.05$). 시험 전기 간 동안, Positive-Control구에서 ADG가 만난올리고당을 제외한 다른 처리구에 비하여 우수하였다 ($p<0.05$). ADFI 또한 Positive-Control구가 다른 처리구에 비하여

높았다 ($p < 0.05$). 그러나 F/G에 있어서는 처리구들 사이에서 유의적인 차이가 발견되지 않았다. 이상의 결과는 Cromwell (1991)의 보고와 일치하는데, Cromwell (1991)의 보고에 따르면 항생제가 자돈에서 성장율을 평균 16.4% 증가시킨다는 것이다. Cromwell (1991)은 또한 깨끗한 연구단지 내 환경보다 상대적으로 청결도가 떨어지는 농장 환경에서 항생제의 효과가 더욱 잘 나타날 수 있다고 제시하였는데, 그의 보고에 따르면 일반 농장에서 항생제의 효과가 일반 농장보다 일반적으로 깨끗하고, 질병의 유입이 더 적으며, 자돈에게 덜 스트레스를 주는 연구단지 내에서의 효과보다 약 두배 높을 수 있다고 하였다. 또한 일반 농장에서 시험을 한 다른 연구결과들에 따르면 항생제가 질병으로부터 돼지를 보호하고 성장을 촉진한다고 하였다.

표 2-4-2. Chitosan, β -glucan, MOS 및 NIS가 이유자돈의 성장능력에 미치는 영향

	대조구		Chitosan	β -glucan	MOS	NIS	SE ¹
	Positive	Negative					
----- 0-7 일 -----							
일당중체량 (g)	374.0 ^a	297.2 ^b	328.4 ^{ab}	280.1 ^b	321.6 ^{ab}	294.4 ^b	13.45
일당사료섭취량 (g)	535.4 ^a	475.0 ^{ab}	512.0 ^a	430.4 ^b	488.6 ^{ab}	469.4 ^{ab}	19.01
사료효율	1.43	1.59	1.59	1.53	1.56	1.59	0.03
----- 8-14 일 -----							
일당중체량 (g)	545.2 ^a	505.4 ^{ab}	501.6 ^{ab}	454.2 ^c	517.4 ^a	462.0 ^{bc}	12.76
일당사료섭취량 (g)	796.4 ^a	702.2 ^{bc}	731.8 ^b	663.6 ^c	731.0 ^b	685.8 ^{bc}	19.29
사료효율	1.46	1.39	1.47	1.46	1.41	1.48	0.02
----- 0-14 일 -----							
일당중체량 (g)	459.6 ^a	401.4 ^{bcd}	414.8 ^{bc}	367.6 ^d	419.6 ^{ab}	378.4 ^{cd}	11.98
일당사료섭취량 (g)	666.0 ^a	588.6 ^b	622.0 ^{ab}	523.6 ^c	614.8 ^{ab}	577.8 ^{bc}	19.18
사료효율	1.44	1.46	1.51	1.42	1.47	1.53	0.02
----- 14-21 일 -----							
일당중체량 (g)	633.6	606.2	581.2	599.4	607.4	599.4	11.26
일당사료섭취량 (g)	1,006.0 ^a	927.6 ^b	921.4 ^b	890.2 ^b	920.2 ^b	882.8 ^b	19.20
사료효율	1.59	1.53	1.59	1.49	1.51	1.48	0.02
----- 0-21 일 -----							
일당중체량 (g)	517.6 ^a	469.6 ^b	470.2 ^b	445.0 ^b	482.2 ^{ab}	452.0 ^b	10.78
일당사료섭취량 (g)	779.6 ^a	701.6 ^b	721.6 ^b	661.6 ^c	716.4 ^b	679.4 ^{bc}	18.25
사료효율	1.50	1.49	1.54	1.48	1.49	1.51	0.01

¹ 표준오차.

^{a,b,c,d} 같은 줄의 서로 다른 문자는 $p < 0.05$ 수준에서 유의차가 있음.

영양소 소화율에 대한 결과는 다음과 같다. 건물 소화율은 Positive-Control구에 서 제일 우수하였지만 NIS구를 제외한 모든 처리구들 사이에서 유의적인 차이는 없었다. 조단백질 소화율은 키토산구에서 가장 우수하였고, NIS구가 가장 낮은 소화율을 보여주었다. 조지방, 조회분 및 인 소화율은 모든 처리구들 사이에서 유의적인 차이가 발견되지 않았다 (표 2-4-3).

본 시험에서 항생제 첨가구가 가장 우수한 성장능력을 보여주었으며, 만난올리고당 첨가구와 유의적인 차이가 없었다. 또한 만난올리고당을 급여한 자돈이 항생제를 급여한 자돈과 비교하여 볼 때 보다 효율적인 성장능력을 보여주었다. 그래서 본 연구결과 항생제의 부작용을 고려할 때 만난올리고당이 항생제를 대체할 수 있는 가능성이 있다고 사료된다.

표 2-4-3. Chitosan, β -glucan, MOS and NIS가 이유자돈의 영양소 소화율에 미치는 영향

항 목	대조구		Chitosan	β -glucan	MOS	NIS	SE ¹
	Positive	Negative					
건물	79.45 ^{ab}	81.58 ^a	80.03 ^{ab}	78.22 ^{ab}	80.79 ^a	76.31 ^b	0.56
조단백질	75.08 ^a	76.75 ^a	75.72 ^a	72.83 ^{ab}	75.01 ^a	70.10 ^b	0.69
조지방	63.42	56.26	55.18	66.49	65.89	57.08	1.74
조회분	47.49	46.21	46.85	44.76	45.46	45.23	0.93
칼슘	63.10 ^{ab}	60.04 ^{ab}	64.79 ^a	56.73 ^b	61.27 ^{ab}	55.89 ^b	1.03
인	40.35	38.43	35.32	36.44	40.42	36.42	1.17

¹ 표준오차.

^{a,b} 같은 줄의 서로 다른 문자는 $p < 0.05$ 수준에서 유의차가 있음.

라. 참고문헌

- AOAC. 1990. Official method of analysis (12th Ed.). Association of official chemist. Washinton, D.C.
- Baba, E., Y. Tsukamoto, T. Fukata, K. Sasai and A. Arakawa. 1993. Increase of mannose residues, as *Salmonella typhimurium*-adhering factor, on the cecal mucosa of germ-free chickens infected with *Eimeria tenella*. Am. J. Vet. Res. 54:1471.
- Cotter P. F. 1997. Modulation of the immune response: current perceptions and future prospects with an example from poultry. Biotechnology in the feed industry, Proceedings of Alltech's Thirteenth Annual Symposium. pp 195-203.
- Cromwell. G. L. 1991. Antimicrobial agents. In: Swine nutrition (Ed. by Elwyn R.

- Miller, Duane E. Ulrey and Ausin J. Lewis), Butterworth-Hinemann. pp 297-314.
- Dritz, S. S., J. Shi, T. L. Kielian, R. D. Goodband, J. L. Nelssen, M. D. Tokach, M. M. Chengappa, J. E. Smith and F. Blecha. 1995. Influence of dietary β -glucan of growth performance, nonspecific immunity, and resistance to *streptococcus suis* infection in weanling pigs. *J. Anim. Sci.* 73:3341-3350.
- Duncan, D. B. 1955. Multiple range and multiple F test. *Biometrics.* 11:1-42.
- McDonad, P., R. A. Edwards, J. F. D. Greenhalgh and C. A. Morgan. 1995. *Animal Nutrition* (5th ed.). Longman Singapore Publisher Ltd. Singapore. p. 19.
- NRC. 1998. *Nutrient requirements of swine* (10th Ed.). National Academy Press. Washington, D.C.
- Ofek, I. and Sharon, N. 1990. Adhesions as lectins: Specificity and role in infection. *Current topics in microbiology and immunology.* 151:92.
- Ofek, I., D. Mirelman and N. Sharon. 1977. Adherence of *Escherichia coli* to human mucosal cells mediated by mannose receptors. *Nature.* 265:623.
- SAS. 1985. *SAS User's Guide : Statistics*, SAS Inst. Inc., Cary, NC.
- Schoenherr, W. D., D. S. Pollmann and J. A. Coalson. 1994. Titration of MacroGard™ -S on growth performance of nursery pigs. *J. Anim. Sci.* 72(Suppl. 2):57 (Abstr.).
- Spring, P. and Privulescu, M. 1998. Mannanligosaccharide: Its logical role as a natural feed additive for piglets. *Proceedings of 8th WCAP, Pre-Conference Symposia.* pp 21-27.
- Suzuki, I., H. Tanaka, A. Kimoshita, S. Oikawa, M. Osawa and T. Yadomae. 1990. Effect of orally administered β -glucan on macrophage function in mice. *Int. J. Immunopharmacol* 12:675.
- Zimmerman, D. R. 1986. Role of subtherapeutic levels of antimicrobials in pigs production, *J. Anim. Sci.* 62 (Suppl. 3):6.

(본 논문은 한국영양사료학회지 23권 4호 페이지 277-282에 발표된 논문임)

2. 육성·비육돈을 위한 항생제 무첨가 사료개발을 위한 연구

가. 서 론

항생제는 1950년부터 현재까지 성장 개선 및 질병 예방을 목적으로 동물 사

료에 폭넓게 쓰이고 있다 (Jukes, 1972; Guest, 1976; Hays, 1976; Kiser, 1976). Cromwell (1991)은 항생제가 육성돈의 성장을 및 사료효율을 각각 10.6% 및 4.5% 개선시킨다고 보고하였다. 이런 우수한 효과에도 불구하고 항생제에 대한 박테리아의 내성문제 및 축산물내 잔류문제로 인해 인간의 건강에 악영향을 미칠 수 있기 때문에 현재 동물사료에서 항생제의 사용이 제한되고 있는 실정이다. 따라서 항생제를 대체할 수 있는 새로운 물질의 발견이 필요하고 더 나아가 항생제 무첨가 사료에 대한 개발이 시급하다고 하겠다.

기존의 연구결과들에 의하면 프룩토올리고당 (FOS) 및 키토산이 돼지에게 있어서 비슷한 작용을 한다고 알려져 있다. FOS는 포도당으로 구성되어 있는 올리고당으로서, 소장에서는 흡수가 되지 않고 대장에서 미생물들에 의해서 이용되며 (Stone-Dorshow와 Levitt, 1987), 장내 유익한 미생물인 bifidobacteria의 성장을 촉진시킨다 (Hidaka 등, 1986). 또한 FOS를 사료에 돼지 첨가하면 돼지의 성장, 사료 효율 및 건강 상태가 개선된다 (Fukuyashi와 Oshida, 1988; Nakamura, 1988).

항미생물 및 항곰팡이 작용을 하는 물질로서 최근에 많은 연구가 진행중인 키토산 (chitosan)은 다당류인 키틴 (chitin)으로 부터 유래된 물질이다. 키틴은 새우, 게 및 조개류의 바깥껍질에서 발견되는 물질로서 현재 어패류 산업에서 가공 부산물로서 대량생산 되고 있다 (McDonald 등, 1995). 키토산은 생물분야에서 아주 다양하게 이용되고 있다. 상처 치료 및 화상치료에 사용되기도 하고, 혈중 콜레스테롤 수준을 낮추기도 한다. 또한 일정 수준에서는 면역 체계를 강화시킴으로서 가축의 성장을 개선시킨다.

NIS는 가축의 성장을 개선 및 면역 반응 증가를 위해 최근에 개발된 물질로서 비특이적 면역반응을 강화시키는 음이온알칼리수용액 (immune stimulating anionic alkali solution)이다.

따라서 본 연구는 항생제, 프룩토올리고당, 키토산 및 NIS가 육성·비육돈의 성장능력, 영양소 소화율, 영양소 배설량 및 도체 특성에 어떤 영향을 미치는지 비교하고 항생제 무첨가 육성·비육돈 사료를 개발하기 위하여 실시되었다.

나. 재료 및 방법

평균체중 20.1 ± 0.43 kg인 삼원교잡종 (Landrace \times Large White \times Duroc) 육성돈 150두를 공시하였다. 처리구는 1) Antibiotic (기초사료+0.05% 클로르테트라사이클린), 2) Anti-Free (기초사료), 3) FOS (기초사료+6% 프룩토올리고당), 4) Chitosan (기초사료+0.03% 키토산) 및 5) NIS (기초사료+0.3% 음이온알칼리수용액)이었으며, 처리당 6반복을 두었고 반복당 5두씩 완전임의 배치법에 의해서 시험돈을 배치하였다.

표 2-4-4. 시험 사료성분표

원료사료 (%)	시험 I	시험 II	
	육성돈	비육전기	비육후기
옥수수	60.20	69.77	74.48
대두박	28.42	23.18	17.8
미강	3.00	3.00	3.00
동물성기름	5.00	-	-
DCP	1.31	1.13	1.56
TCP	-	1.63	2.04
석회석	1.23	0.38	0.17
소금	0.20	0.30	0.35
비타민-미네랄 믹스 ¹	0.33	0.30	0.30
라이신	0.19	0.20	0.22
메치오닌	0.04	0.05	0.03
폴린 클로라이드	-	0.06	0.05
합계	100.00	100.00	100.00
화학적 조성 ² :			
대사에너지 (Mcal/kg)	3.33	3.32	3.33
조단백질 (%)	18.00	16.00	14.0
라이신 (%)	1.10	0.98	0.86
메치오닌+시스틴 (%)	0.66	0.59	0.52
칼슘 (%)	0.80	0.77	0.77
총 인 (%)	0.70	0.65	0.65

¹ Supplied per kg diet : 8,000 IU vitamin A, 2,500 IU vitamin D₃, 30 IU vitamin E, 3 mg vitamin K, 1.5 mg thiamin, 10 mg riboflavin, 2 mg vitamin B₆, 40 µg vitamin B₁₂, 30 mg pantothenic acid, 60 mg niacin, 0.1 mg biotin, 0.5 mg folic acid, 200 mg Cu, 100 mg Fe, 150 mg Zn, 60 mg Mn, 1 mg I, 0.5 mg Co, 0.3 mg Se.

² 계산치.

시험 사료는 옥수수-대두박 위주로 배합하였으며, 사료내 모든 영양소는 NRC (1998) 요구량 이상이였다 (표 2-4-4). 전 시험기간동안 시험 사료 및 물을 무제한 자유급이 시켰으며, 체중 및 사료섭취량은 2주에 한번씩 측정하였다.

소화시험은 평균체중이 각각 32 kg (시험 1), 60.4 kg (시험 2, 비육전기) 및 90.1 kg (비육후기)인 시험돈 5두를 공시하여 전분채취법으로 수행하였다. 모든

시료는 60℃에서 72시간동안 건조시킨 후 시료의 직경이 1 mm로 분쇄하여 분석하였다. 모든 데이터에 대한 통계분석은 일반선형모델 (GLM)을 이용하여, Duncan의 다중비교법 (Duncan, 1955)에 의하여 분석하였다.

다. 결과 및 고찰

1) 시험 I

Antibiotic구에서 일당증체량 (ADG) 및 일당사료섭취량 (ADFI)이 유의적이지는 않았지만 제일 우수하였다 (표 2-4-5).

표 2-4-5. FOS, Chitosan 및 NIS가 육성돈의 성장능력에 미치는 영향

항목	대조구		FOS	Chitosan	NIS	SE ¹
	Antibiotic	Anti-Free				
개시체중 (kg)	20.10	20.10	20.10	20.10	20.10	0.43
종료체중 (kg)	53.38	52.42	51.96	52.94	52.24	0.66
일당증체량 (kg)	0.793	0.767	0.756	0.782	0.765	0.01
일당사료섭취량 (kg)	1.74	1.67	1.65	1.73	1.71	0.03
사료효율 (feed/gain)	2.19	2.17	2.17	2.22	2.24	0.02

¹ 표준오차.

이 결과는 Cromwell (1991)의 보고와 일치하는 것으로서 그에 따르면 항생제가 육성돈의 증체율 및 사료효율을 각각 10.6% 및 4.5% 개선시킨다고 하였다. 사료효율에서는 FOS구가 Antibiotic구, Chitosan구 및 NIS구에 비하여 우수한 경향을 보였는데, 이 결과는 Monsan과 Paul (1995)의 올리고당이 돼지의 사료 효율을 개선시킨다는 보고와 일치하는 것이었다.

Anti-Free구에서 인을 제외한 모든 영양소의 소화율이 우수한 경향을 보였다 (표 2-4-6). 인 소화율은 NIS구가 Antibiotic구, FOS구 및 Chitosan구에 비하여 우수하였다 ($p < 0.05$).

Barude와 Johnson (1953)에 의하면 정확한 기작은 밝혀지지 않았지만 항생제 (클로르테트라사이클린)가 돼지의 수분 및 질소 배설량에 영향을 미친다고 하였다. 그러나 본 연구에서는 항생제가 의한 건물 및 조단백질의 영향에 어떠한 영향도 미치지 않았다.

건물 및 인 배설량은 NIS구가 다른 처리구에 비하여 제일 낮았고, 질소배설량은 Anti-Free구에서 제일 낮았다 (표 2-4-7).

표 2-4-6. FOS, Chitosan 및 NIS가 육성돈에서 영양소 소화율에 미치는 영향 (%)

항목	대조구		FOS	Chitosan	NIS	SE ¹
	Antibiotic	Anti-Free				
건물	88.24	88.84	86.16	87.72	88.55	0.46
조단백질	85.77	86.30	83.90	85.27	85.19	0.62
조회분	66.43	68.37	67.92	66.59	66.73	1.02
조지방	69.81	64.85	66.47	71.31	70.81	2.81
칼슘	76.61	82.50	78.32	80.20	81.01	0.89
인	57.74 ^b	63.58 ^{ab}	59.31 ^b	61.77 ^b	69.15 ^a	1.35

¹ 표준오차.

^{ab} 같은 줄의 서로 다른 문자는 $p < 0.05$ 수준에서 처리구간 유의차가 있음

표 2-4-7. FOS, Chitosan 및 NIS가 육성돈의 영양소 배설량에 미치는 영향 (g/일)

항목	대조구		FOS	Chitosan	NIS	SE ¹
	Antibiotic	Anti-Free				
건물	118.41	118.36	116.76	117.69	116.42	3.41
질소	4.17	3.96	4.51	4.39	4.39	0.17
인	3.00	2.56	2.77	2.66	2.20	0.13

¹ 표준오차.

본 시험 결과, 성장능력, 영양소 소화율 및 영양소 배설량의 모든 조사항목들 사이에서 처리구간 유의성은 없었지만, 항생제의 부작용이 없다는 관점에서 불배 프럭토올리고당 및 키토산이 항생제를 대체할 수 있는 물질로 사료된다.

2) 시험 II

비육전기동안, Antibiotic구가 다른 처리구에 비하여 우수한 일당증체량을 보여 주었으며 ($p < 0.05$), NIS구에서 유의적이지는 않았지만 사료효율이 다른 처리구에 비하여 우수하였다 (표 2-4-8). 또한 항생제 첨가 및 무첨가구간의 비교에서도 항생제를 첨가한 구가 무첨가구에 비하여 일당증체량이 우수하였다 ($p < 0.05$). 그러나 비육후기 (29~63 일)동안, 일당증체량, 일당사료섭취량 및 사료효율에서 처리구간 아무런 유의차도 발견되지 않았다. 시험 전기간 (0~63 일) 동안, Antibiotic구의 일당증체량이 Anti-Free구 및 FOS구에 비하여 우수하였다 ($p < 0.05$). 또한 Anti-Free구의 일당증체량이 다른 처리구에 비하여 낮았다 ($p < 0.05$). 일반적으로 항생제는 육성돈에서 일당증체량 및 사료효율을 각각 16.4% 및 6.9% 개선시키며, 육성·비육돈 전기간 동안에는 각각 4.2% 및 2.2% 개선시킨다 (Cromwell, 1991).

표 2-4-8. FOS, Chitosan 및 NIS가 비육돈의 성장능력에 미치는 영향

항목	대조구		FOS	Chitosan	NIS	SE ¹
	Antibiotic	Anti-Free				
0-28 일						
일당증체량 (kg)	0.789 ^a	0.712 ^b	0.745 ^{ab}	0.790 ^a	0.761 ^{ab}	0.02
일당사료섭취량 (kg)	2.21	2.09	2.17	2.21	2.03	0.06
사료효율 (Feed/Gain)	2.80	2.93	2.92	2.79	2.65	0.04
29-63 일						
일당증체량 (kg)	0.691	0.669	0.653	0.684	0.683	0.01
일당사료섭취량 (kg)	2.37	2.39	2.41	2.41	2.29	0.05
사료효율 (Feed/Gain)	3.46	3.62	3.52	3.52	3.36	0.07
0-63 일						
일당증체량 (kg)	0.750 ^a	0.690 ^c	0.699 ^{bc}	0.737 ^{ab}	0.721 ^{abc}	0.01
일당사료섭취량 (kg)	2.32	2.32	2.33	2.31	2.21	0.05
사료효율 (Feed/Gain)	3.10	3.23	3.33	3.14	3.06	0.05

¹ 표준오차.

^{a,b,c} 같은 줄의 서로 다른 문자는 p<0.05 수준에서 처리구간 유의차가 있음

표 2-4-9. FOS, Chitosan 및 NIS이 비육돈의 영양소 소화율에 미치는 영향 (%)

항목	대조구		FOS	Chitosan	NIS	SE ¹
	Antibiotic	Anti-Free				
----- Day 0-28 -----						
건물	93.07	94.08	93.58	90.53	90.96	0.56
조단백질	90.66	92.65	92.25	88.40	88.74	0.69
조회분	76.61	78.89	82.20	79.28	75.89	1.39
조지방	85.52 ^a	84.41 ^a	82.43 ^{ab}	76.51 ^b	76.29 ^b	1.26
칼슘	76.72	78.96	79.25	73.88	80.30	1.90
인	71.97	71.89	75.04	66.75	66.26	1.82
----- Day 29-63 -----						
건물	89.47	89.59	90.55	89.95	90.79	0.49
조단백질	85.44	85.76	85.81	85.93	86.37	0.67
조회분	69.09	63.23	68.60	65.24	68.58	1.55
조지방	79.31	81.65	79.10	80.10	81.90	1.00
칼슘	68.88	68.03	74.76	72.51	70.04	1.10
인	52.92	54.31	62.68	58.98	60.94	2.16

¹ 표준오차.

^{a,b} 같은 줄의 서로 다른 문자는 p<0.05 수준에서 처리구간 유의차가 있음

비육전기동안 Antibiotic구에서 조지방 소화율이 Chitosan구 및 NIS구에 비하여 우수하였으나 (p<0.05), 조지방을 제외한 다른 영양소 소화율에 대해서는 처리구간 유의적인 차이가 발견되지 않았다 (표 2-4-9). 비육후기동안 영양소 소화율은 처

리간 유의적인 차이를 보이지 않았다.

비육전기동안, Antibiotic구, Anti-Free구 및 FOS구에서 건물 배설량이 Chitosan구 및 NIS구에 비하여 유의적으로 낮았다 (표 2-4-10, $p < 0.05$). 질소 및 인 배설량은 FOS구가 Antibiotic구, Antifree구, Chitosan구 및 NIS구에 비하여 낮았다 ($p < 0.05$). 그러나 비육후기동안에는 처리간 유의적인 차이는 발견되지 않았다.

표 2-4-10. FOS, Chitosan 및 NIS가 비육돈의 영양소 배설량에 미치는 영향

항목	대조구		FOS	Chitosan	NIS	SE ¹
	Antibiotic	Anti-Free				
----- 0~28 일 -----						
건물	131.91 ^b	132.12 ^b	133.55 ^b	138.50 ^a	140.01 ^a	2.47
질소	4.39 ^{bc}	4.36 ^{bc}	3.93 ^c	4.91 ^a	4.85 ^a	0.23
인	3.60 ^{ab}	3.86 ^{ab}	3.22 ^b	4.21 ^a	4.39 ^{ab}	0.26
----- 29~63 일 -----						
건물	165.82	171.02	154.94	161.84	153.37	12.10
질소	5.16	5.20	5.22	5.10	5.08	0.38
인	5.25	5.22	4.26	4.64	4.59	0.37

¹ 표준오차.

^{a,b} 같은 줄의 서로 다른 문자는 $p < 0.05$ 수준에서 처리구간 유의차가 있음

표 2-4-11. FOS, Chitosan 및 NIS가 비육돈의 도체특성에 미치는 영향

항목	대조구		FOS	Chitosan	NIS	SE ¹
	Antibiotic	Anti-Free				
도살체중 (kg)	102.31 ^a	98.77 ^b	98.97 ^b	100.46 ^{ab}	100.43 ^{ab}	0.45
도체중 (kg)	76.80 ^a	73.44 ^b	74.11 ^b	75.78 ^{ab}	75.12 ^{ab}	0.39
도체율	75.05	74.38	74.87	75.46	74.76	0.19
등지방두께 ² (cm)	2.53	2.37	2.39	2.34	2.47	0.04
등급 ³	1.93	2.06	2.31	2.00	2.15	0.07

¹ 표준오차.

² 10번째 늑골에서 측정함.

³ 등급 : A=1, B=2, C=3, D=4.

^{a,b} 같은 줄의 서로 다른 문자는 $p < 0.05$ 수준에서 처리구간 유의차가 있음

도살체중 및 도체중은 Antibiotic구가 다른 처리구에 비하여 높았다 (표 2-4-11, $p < 0.05$), 도체 등급 또한 Antibiotic구가 우수한 경향을 보였다. 도체율 및 등지방 두께는 유의적이지는 않았지만 Chitosan구가 다른 처리구에 비하여 우수하였다.

본 시험 결과, 키토산을 급여한 비육돈이 항생제를 급여한 비육돈과 비슷한 증체율 및 도체특성을 보여주었다. 따라서 성장능력 및 도체특성에 대한 결과를 비롯한 다른 결과들을 종합하여 볼 때 키토산이 비육돈에서 항생제를 대체할 수 있는 물질로 사료된다.

라. 참고문헌

- AOAC. 1990. Official method of analysis (12th Ed.). Association of official chemist. Washinton, D.C.
- Braude, R. and B. C. Johnson. 1953. Effects of aureomycin on nitrogen and water metabolism in growing pigs. *J. Nutr.* 49:505.
- Cromwell. G. L. 1991. Antimicrobial agents. In: *Swine nutrition* (Ed. by Elwyn r. Miller, Duane E. Ulrey and Ausin J. Lewis), Butterworth-Hinemann. pp 297-314.
- Duncan, D. B. 1955. Multiple range and multiple F test. *Biometrics.* 11:1-42.
- Fukuyasu, T. and T. Oshida. 1988. Use of Neosugar[®] in piglets. In proceedings of the 3rd Neosugar[®] Conferences. p. 1. Tokyo. Japan.
- Guest, G. B. 1976. Status of FDA's program on the use of antibiotics in animal feeds. *J. Anim. Sci.* 42:1052.
- Hays, V. W. 1976. The role of antibiotics in deficient livestock production. International Symposium on Nutrition and Drug Interrelations. Nutrition Science Coucil. Iowa State University, Ames. August.
- Hidaka H., T. Eida, T. Takirawa, T. Tokunaga and Y. Tashiro . 1986. Effects of fructo- oligosaccharides on intestinal flora and human health. *Bifidobacteria Microflora.* 5:37-50.
- Jukes, T. H. 1972. Antibiotics in animal feeds and animal production. *Bioscience* 22:526.
- Kiser, J. S. 1976. A perspective on the use of antibiotics in animal feeds. *J. Anim. Sci.* 42:1058.
- Monsan, P. F. and F. Paul. 1995. Oligosaccharide feed additives. In *Biotechnology in animal feeds and aminal feeding.* VCH publisher Inc., NY. USA.
- Nakamura, K. 1988. Application of Neosugar[®] to piglets and sows. In proceedings of the 3rd Neosugar[®] Conferences. p. 71. Tokyo. Japan.
- NRC. 1998. Nutrient requirements of swine (10th Ed.) National Academy Press. Washington, D.C.
- SAS. 1985. SAS User's Guide : Statistics, SAS Inst. Inc., Cary, NC.

- Stone-Dorshow, T. and M. D. Levitt. 1987. Gaseous response to ingestion of a poorly absorbed fructooligosaccharide sweetener. Am. J. Clin. Nutr. 46:61-65.
- Wahlstrom, R. C. and G. W. Libal. 1975. Effects of dietary antimicrobials during early growth and on subsequent swine performance. J. Anim. Sci. 40:655.

(본 논문은 한국영양사료학회지 23 권 4호 페이지 283-290에 발표된 논문임)

제 5절 양돈 사료내 vitamin-mineral 첨가 수준 결정을 위한 연구

1. 비타민과 미량광물질의 첨가수준이 육성돈의 성장과 영양소 소화율에 미치는 영향

가. 서 론

비타민과 미량광물질은 돼지에 있어서 중요한 역할을 하며, 그 요구량은 많은 요인들에 의해서 영향을 받는다 (Cunha, 1977). 비타민과 미량광물질의 적정수준을 결정하기 위해서는 돈사, 질병, 환경온도, 그리고 사료의 생체이용률과 안정성을 고려해야 된다 (Annoymous, 1999). 돼지가 유전적으로 변화함에 따라 에너지, 아미노산과 같은 주된 영양소 뿐만 아니라. 이들 미량 원소의 영양소 요구량도 변하게 된다. 그래서 Patience 등 (1995)은 돼지의 성장을 극대화하기 위해서는 이들 미량 원소의 첨가수준을 10-20% 높여 주어야 할 것이라고 했다.

육종회사, 제조업자, 혹은 대학에 의해 제시된 비타민과 미량광물질의 권장수준은 NRC (1988, 1998)가 보고한 권장량보다 실제로 높게 나타난다. 비타민 B의 경우에 NRC (1988)에 나와 있는 양은 이유자돈의 성장을 극대화하는데는 불충분하며 (Wilson 등, 1993), 정육율이 높은 돼지를 생산하는데에도 충분하지 못하다는 실험결과가 있다 (Stahly 등, 1995). 또한 Stahly 등 (1997)의 보고에 의하면 비타민 A, E, C의 첨가수준을 NRC (1988) 수준의 25%에서 425% 까지 높여줄 경우에 육성돈의 일당증체량이 향상되었다고 한다. 반면에 출하 전 3-5주 동안 비타민이나 미량광물질을 주지 않은 경우에 성장이나 도체 성장에 아무런 영향이 없다는 보고도 있다 (Patience와 Gillis, 1995, 1996; Mavromichalis 등, 1999).

가격이 비싼 미량영양소들을 돼지가 필요로 하는 적정수준만큼 급여하는 것은 두말할 나위 없이 중요한데, 문제는 이들 각각의 비타민, 미량광물질들이 얼마나 필요한가를 알아내는 것이다. 따라서 본 실험에서는 1) 비타민과 미량광물질 (VTM)의 첨가수준을 달리했을 때와 2) 비타민과 미량광물질 중 한쪽이나 둘 모두의 첨가량을 높여주었을 때 육성돈에서 성장과 영양소 소화율에 미치는 영향에 대해 알아보았다.

나. 재료 및 방법

1) 공시동물, 시험사료 및 사양관리

비타민, 미량광물질 (VTM) 프리믹스의 첨가수준이 육성돈의 성장과 영양소 소화율에 미치는 영향을 알아보기 위해서 두 개의 사양시험이 준비되었다.

시험 1에서는 총 112두 (24.82 ± 3.22 kg)로 49일간, 시험 2에서는 총 168두 (21.64 ± 1.41 kg)로 40일간 시험이 진행되었다. 시험에 사용된 모든 돼지는 삼원 교잡종 (L×Y×D)이며, 완전임의배치법에 따라 성과 체중을 기초로 배치되었다. 시험 1에서는 NRC (1998)에서 제시한 VTM 요구량의 1) 100%, 2) 150%, 3) 200%, 4) 250%를 처리별로 각각 첨가하였으며, 시험 2에서는 비타민과 미량광물질 프리믹스의 첨가수준을 NRC (1998) 요구량의 1) 100:100%, 2) 100:150%, 3) 150:100%, 4) 150:150%를 각각 첨가였다.

영양소 소화율의 측정을 위해서 각 실험의 4주차는 사료내에 지시제로 Cr_2O_3 를 0.25% 첨가하였다. 지시제가 들어간 사료를 급여한 지 5일째 되는 날에 각 팬별로 적당량의 분을 채취하였다. 분은 화학분석을 위해 열풍건조기를 이용하여 60°C 에서 72시간동안 건조하였다.

사양시험을 위한 시험사료의 에너지는 3,310 kcal ME/kg 이며, 조단백질은 18%를 함유하도록 배합되었다 (표 2-5-1). 사양시험을 위한 돈방의 넓이는 4.0 m × 2.8 m 이었으며, 절반이 슬랫 (slat)으로 된 slurry 바닥이 사용되었다. 물과 사료는 자유급이시켰다.

2) 화학 및 통계분석

사료와 분의 일반성분은 AOAC (1990)에서 제시된 방법에 따랐으며, 총 에너지를 측정하는 데에는 adiabatic bomb calorimeter (Model 1241, Parr Instrument Co., Molin, IL)가 이용되었다. Cr은 spectrophotometer (Contron 942, Italy)를 이용하여 측정하였다. 통계분석은 SAS (1985)의 GLM procedure를 이용하여 분석하였다.

다. 결과 및 고찰

1) 성장률

각기 다른 수준의 비타민, 미량광물질이 육성돈의 증체, 사료섭취량 및 사료 요구율에 미치는 효과는 표 2-5-2와 3에 나타난 바와 같다. VTM 프리믹스의 첨가수준을 높인 경우에는 일당증체량에 1차 및 2차 선형적인 영향 ($p < 0.05$)을 미쳤다 (표 2-5-2). VTM의 첨가수준을 NRC (1998) 요구량의 150-250%로 높일 경우에 사료효율 또한 개선되었다. 그러나 사료섭취량은 처리구간에 차이가 발견되지

않았다.

표 2-5-1. 사양시험을 위한 기초사료의 배합률 및 화학조성

	% of NRC (1998)	
	시험. 1	시험. 2
비타민	100-250	100-150
광물질	100-250	100-150
원료사료 (%)		
옥수수 ¹	61.00	60.95
밀 (11%)	5.00	5.00
대두박 (44%)	28.12	28.12
동물성지방	3.29	3.29
제3인산칼슘	1.86	1.86
소금	0.20	0.20
DL-메치오닌 (50%)	0.03	0.03
L-라이신-HCl (78%)	0.20	0.20
비타민광물질 믹스 ²	0.20	-
비타민 믹스 ³	-	0.10
광물질 믹스 ³	-	0.10
Chlorotetracycline	0.10	0.10
합계	100.00	100.00
계산치 (%)		
대사에너지, kcal/kg	3,310	3,310
조단백질	18.0	18.0
라이신	1.10	1.10
메치오닌	0.33	0.33
트레오닌	0.71	0.71
트립토판	0.24	0.24
칼슘	0.80	0.80
인	0.70	0.70

¹ 처리에 따라 옥수수는 비타민과 광물질로 대체되었다.

^{2,3} 사료내 각각 0.2%, 0.1%가 함유될 경우, NRC (1998) 요구량의 100%가 된다.

표 2-5-2. 비타민-광물질의 첨가수준이 육성돈의 성장에 미치는 영향

	% NRC (1998)				SE
	100	150	200	250	
개시체중 (kg)	24.75	24.83	24.78	24.90	3.22
종료체중 (kg)	57.09	59.37	59.63	59.50	4.26
일당증체량 (g) ¹	660 ^b	705 ^a	711 ^a	706 ^a	32.16
일당사료섭취량(g)	1,765	1,799	1,835	1,794	118.55
사료요구율	2.67 ^a	2.55 ^b	2.58 ^{ab}	2.54 ^b	0.11

¹ 1차 및 2차 선형적 영향 ($p < 0.05$).

^{a,b,c} 같은 행에서 서로 다른 어깨글자가 있을 경우 다름 ($p < 0.05$).

표 2-5-3. 비타민 및 광물질의 첨가수준이 육성돈의 성장에 미치는 영향

	% NRC (1998)				SE	
	비타민	100	100	150		150
	광물질	100	150	100		150
개시체중 (kg)		22.11	21.42	22.24	21.10	1.41
종료체중 (kg)		48.36	48.32	49.16	49.66	2.33
일당증체량 (g)		656 ^a	672 ^{ab}	673 ^{ab}	714 ^b	28.90
일당사료섭취량 (g)		1,755	1,742	1,655	1,716	57.81
사료요구율		2.68 ^a	2.59 ^{ab}	2.46 ^{ab}	2.40 ^b	0.14

^{a,b} 같은 행에서 서로 다른 어깨글자가 있을 경우 다름 ($p < 0.05$).

시험 2에서는 VTM 프리믹스를 NRC (1998)요구량의 150%를 첨가했을 경우에 대조구에 비하여 일당증체량과 사료효율이 증가 ($p < 0.05$)하였음을 알 수 있다. 시험 2의 경우에는 비타민 프리믹스와 미량광물질 프리믹스 중에 어떤 것이 육성돈의 성장에 미치는 효과가 더 큰지를 알아보는 데에 목적이 있었다. 그런데 비타민 프리믹스나 미량광물질 프리믹스 중 어느 한 쪽만의 첨가량을 NRC (1998) 요구량의 150%로 높인 경우에는 대조구 (100% of NRC)에 비해 일당증체량이나 사료효율이 다소 높아지는 경향을 보이기는 하였으나 유의적으로 증가되지는 않았다 ($p > 0.15$). 비타민 프리믹스와 미량광물질 프리믹스의 첨가수준을 NRC (1998) 요구량의 150%로 각각 높여주었을 때에 일당증체량과 사료효율을 높이는 데에 두 가지 요소가 공동작용을 하는 것으로 사료된다.

비타민의 첨가량을 늘리는 것이 성장률을 개선시키는 것은 아마도 비타민의 첨가수준과 사료의 섭취기간에 의해 좌우되는 것으로 사료된다. NRC (1988)의 5배의 비타민 B를 첨가할 경우에 (Stahly 등, 1995) 그리고 NRC (1988)의 25-425%의 비타민 A, E 및 C를 첨가할 경우에 육성돈의 일당증체량이 증가하는 경향을 보인다는 보고도 있다. 이러한 수준의 비타민 첨가는 본 연구에서 육성돈의 성장을 최적화하기 위한 첨가량보다 높다.

표 2-5-4. 시험사료에 이용된 비타민과 미량광물질의 계산치¹

품목	NRC 요구량 (1998)	계산치			%	출처
		원료사료 ²	프리믹스	합계		
비타민						
A (IU)	1300.00	1.58	1300.00	1301.58	100.12	Vitamin A acetate
D3 (IU)	150.00	0.00	150.00	150.00	100.00	Vitamin D ₃
E (IU)	11.00	0.01	11.00	11.01	100.08	DL- α -tocopheryl acetate
K3 (mg)	0.50	0.00	0.50	0.50	100.00	Menadione sodium bisulfate
Biotin (mg)	0.05	0.12	0.05	0.17	336.05	D-biotin
Choline (g)	0.30	1.22	0.30	1.52	506.16	Choline chloride
Folacin (mg)	0.30	0.49	0.30	0.79	264.75	Folic acid
Niacin (mg)	10.00	26.60	10.00	36.60	366.01	Nicotinic acid
Pantothenate (mg)	8.00	8.65	8.00	16.65	208.18	Calcium D-pantothenate
Riboflavin (mg)	2.50	1.62	2.50	4.12	164.70	Riboflavin
Thiamin (mg)	1.00	3.63	1.00	4.63	462.54	Thiamine mononitrate
B6 (mg)	1.00	4.85	1.00	5.85	584.72	Pyridoxone hydrochloride
B12 (μ g)	10.00	0.00	10.00	10.00	100.00	Cyanocobalamin
미량광물질						
구리 (mg)	4.00	7.85	4.00	11.85	296.35	CuSO ₄ ·5H ₂ O
요오드 (mg)	0.14	0.00	0.14	0.14	100.00	Ca(IO ₃) ₂
철 (mg)	60.00	76.09	60.00	136.09	226.82	FeSO ₄ ·H ₂ O
망간 (mg)	2.00	14.32	2.00	16.32	816.24	MnSO ₄ ·H ₂ O
셀레늄 (mg)	0.15	0.15	0.15	0.30	200.00	Na ₂ SeO ₃
아연 (mg)	60.00	27.39	60.00	87.39	145.65	ZnSO ₄ ·H ₂ O

¹ 대조구 (NRC 100%)사료

² 동물성 지방을 제외한 원료사료는 NRC (1998)에 의해 계산됨.

³ NRC (1998) 요구량에 대한 상대적 %

Stahly 등 (1995, 1997)의 결과와는 달리 Patience 와 Gillis (1995, 1996) 그리고 Marvromichalis 등 (1999)의 실험에서는 출하 전 3-5주간 비타민과 미량광물질 프리믹스를 전혀 급여하지 않았는데도 성장이나 도체성적에 아무런 영향이 없었다. 따라서 사료가격을 높이는 영양소의 과다를 줄이고, 분으로 배설되는 영양소의 양을 줄일 수 있다는 것이다. 돼지의 경우, 간에 비타민 A와 같은 몇 종의 비타민을 저장할 수 있어서 비타민의 섭취량이 낮은 경우에 저장된 비타민을 이용할 수 있다 (NRC, 1998). 그러나 출하 12주전부터 사료 내 VTM 프리믹스를 첨가하지 않았을 경우에는 성장률이 저하되었으며, 비타민 함유량과 같은 돈육의 품질에도 좋지 않은 영향을 미쳤다 (Edmond와 Arentson, 1999). 성장률에 관해서 본 연구에서 얻어진 결과는 Edmond와 Arentson (1999)의 결과와 일치된다.

본 연구에 이용된 원료사료의 비타민과 미량광물질을 계산해보면, 비타민 B₂와 B₁₂를 제외한 대부분의 수용성 비타민은 NRC (1998)과 비교해 볼 때 충분한 양이었으나, 지용성 비타민은 그렇지 않았다. 미량광물질 또한 요오드와 아연을 제외하고는 요구량과 비교할 때 충분한 양이었다 (표 2-5-5).

본 연구에 이용된 원료사료에 경우에, 비록 몇몇 비타민과 미량광물질이 총 내용물에 있어서 육성돈의 요구량을 충족시키기는 하지만 원료사료 내의 비타민

과 미량광물질은 그 이용성이 낮기 때문에 이들 미량원소를 더 추가해줄 필요가 있다. 예를 들면, 미량광물질 중 식물성 원료사료 내의 구리는 동물성 원료사료에 비해 그 이용성이 50% 정도에 불과하다 (Baker 와 Ammerman, 1995). 비타민의 경우에도 대부분이 원료사료 내에 전구물질이나 조효소의 형태로 존재하기 때문에 이용성이 낮다 (Baker, 1995). 그런데 식물성 사료내의 비타민과 미량광물질의 이용성에 대한 자료는 매우 부족한 현실이다.

표 2-5-5. 비타민-광물질의 첨가수준이 육성돈의 영양소 소화율에 미치는 영향

	% NRC (1998)				SE
	100	150	200	250	
건물	73.94	73.95	74.01	74.10	0.22
총 에너지	72.90	71.80	72.27	71.89	0.46
조단백질	69.33	68.92	68.56	67.97	0.71
조지방	67.11	67.95	67.57	70.14	2.00
칼슘 ¹	62.51 ^c	69.68 ^b	84.46 ^a	84.05 ^a	9.86
인 ¹	60.76 ^b	61.71 ^b	61.99 ^b	69.57 ^a	4.58

¹ 1차 선형 효과 ($p < 0.05$).

^{a,b,c} 같은 행에서 서로 다른 어깨글자가 있을 경우 다름 ($p < 0.05$).

2) 영양소 소화율

서로 다른 수준의 비타민과 미량광물질이 첨가된 사료를 섭취한 돼지의 영양소 소화율은 표 2-5-5에 나타난 바와 같다. 에너지, 조단백, 조지방의 소화율은 처리간 유의적인 차이가 없었다 ($p > 0.15$). 그러나 VTM 프리믹스를 증가시킬 경우에 Ca와 P의 소화율은 비례적으로 높아지는 결과를 보였다 ($p < 0.05$). VTM 프리믹스를 200% 와 250%를 먹인 처리구에서는 Ca의 소화율이 높아졌으며 ($p < 0.05$), 250%의 처리구에서는 100%나 150%의 처리구에 비해서도 P의 소화율이 높게 나왔다 ($p < 0.05$).

표 2-5-6. 비타민 및 광물질의 첨가수준이 육성돈의 영양소 소화율에 미치는 영향

	% of NRC (1998)				SE
	100	100	150	150	
비타민					
광물질	100	150	100	150	
건물	73.50 ^a	73.64 ^a	73.01 ^b	73.06 ^b	0.33
총에너지	72.97	71.57	71.80	72.02	0.80
조단백질	74.36	73.83	78.71	75.70	5.52
조지방	45.50	47.50	46.02	43.12	3.39
칼슘	57.03 ^c	62.28 ^{bc}	71.72 ^a	68.41 ^{ab}	7.91
인	56.24 ^b	60.96 ^b	71.69 ^a	72.63 ^a	8.25

^{a,b,c} 같은 행에서 서로 다른 어깨글자가 있을 경우 다름 ($p < 0.05$).

실험 2에서도 비타민과 미량광물질의 첨가수준을 높인 경우에 육성돈의 Ca와 P의 소화율이 높아지는 ($p < 0.05$) 것은 명백하였다 (표 2-5-6). 그러나 이들 광물질의 소화율이 높아지는 원인은 확실치 않으며, 그 원인을 설명하기가 쉽지 않다. 한가지 가능한 설명으로는 영양소들간의 상호 작용에 의한 결과 일 수 있다는 것이다. 비타민 D나 몇 종의 광물질이 Ca 혹은 P의 대사작용과 상호 연관성이 있다는 것은 잘 알려진 사실이다. 활성 비타민 D₃는 Ca의 흡수를 촉진시키며 (Peo, 1991), P의 소화율을 개선시킨다 (Soares, 1995). Soares (1995)의 보고에 의하면, 5-10 μg 의 dihydroxycholecalciferol을 비타민 D가 충분한 사료에 급여하면, phytate phosphorus의 생리적 활성이 50% 증가되었다고 한다.

Sulfur는 Ca에 대해 길항작용을 하며, Mn, Cu, Fe, Zn은 P에 길항작용을 한다 (Peo, 1991). 실험 2에서 비타민을 150% 첨가한 처리구가 미량광물질을 150% 첨가한 처리구에 비해 Ca와 P의 소화율이 높았다 ($p < 0.05$). Ca와 P의 소화율을 개선하는 데에는 미량광물질 보다는 비타민의 첨가량을 늘리는 것이 더 효과적인 것으로 사료된다.

라. 적 요

육성돈에 있어서 사료 내 비타민과 미량광물질의 첨가수준을 NRC (1998)의 150-200%로 높일 경우에 일당증체량, 사료효율, 그리고 Ca와 P의 소화율이 NRC (1998) 100% 수준의 사료를 급여한 경우보다 향상되었다. 현재의 유전자형의 육성돈에 가장 적절한 비타민이나 미량광물질의 첨가수준을 결정하기 위해서는 좀 더 연구를 할 필요가 있다.

마. 참고문헌

- AOAC. 1990. Official method of analysis (15th ed). Association of Official Analytical Chemists. Arlington, VA.
- Annonymous, 1999. Optimum vitamin nutrition in feed focus. A bulletin of Roche Vitamins and Fine Chemicals. p. 1.
- Baker, D. H. 1995. Vitamin bioavailability. In: Bioavailability of nutrients for animals- amino acids, minerals and vitamins (Ed. C. B. Ammerman, D. H. Baker and A. J. Lewis). Academic Press Inc. Sandiego, CA. pp. 399-431.
- Baker, D. H. and C. L. Ammerman. 1995. Copper bioavailability. In: Bioavailability of nutrients for animals- amino acids, minerals and vitamins (Ed. C. B. Ammerman, D. H. Baker and A. J. Lewis). Academic Press Inc. Sandiego, CA.

- pp. 127-156.
- Cunha, T. J. 1977. Swine feeding and nutrition. Academic Press, Inc. New York, NY.
- Edmond, M. S. and B. E. Arentson. 1999. Effect of supplemental vitamins and trace minerals on performance and carcass quality in finishing pigs. *J. Anim. Sci.* 77 (Suppl. 1):129.
- Mavromichalis, I., J. D. Hancock, I. H. Kim, B. W. Senne, D. H. Kropf, G. A. Kennedy, R. H. Hines and K. C. Behnke. 1999. Effects of omitting vitamin and trace mineral premixes and(or) reducing inorganic phosphorus additions on growth performance, carcass characteristics and muscle quality in finishing pigs. *J. Anim. Sci.* 77:2700-2708.
- NRC. 1988. Nutrient requirement of swine (9th Ed.). National Academy Press, Washington, DC.
- NRC. 1998. Nutrient requirement of swine (10th Ed.). National Academy Press, Washington, DC.
- Patience, J. F. and D. Gillis. 1995. Removal of vitamins and trace minerals from finishing diets. Annu. Res. Rep. Prairie Swine centre, Inc. Saskatchewan, Canada. pp. 29-31.
- Patience, J. F. and D. Gillis. 1996. Impact of pre-slaughter withdrawal of vitamin supplements. Annu. Res. Rep. Prairie Swine Centre, Inc. Saskatchewan, Canada. pp. 29-32.
- Patience, J. F., P. A. Thacker and C. F. M. de Lange. 1995. Swine nutrition guide. Prairie Swine Centre Inc. Saskatchewan, Canada.
- Peo, Jr. E. R. 1991. Calcium, phosphorus and vitamin D in swine nutrition. In: Swine nutrition (Ed. E. R. Miller, D. E. Ullrey and A. J. Lewis). Butterworth-Heinemann. Stoneham, MA. pp. 165-192.
- SAS. 1985. SAS. User's Guide : Statistics, SAS Inst. Inc. Cary. NC.
- Soares, J. H. 1995. Phosphorus bioavailability. In: Bioavailability of nutrients for animals- amino acids, minerals and vitamins (C. B. Ammerman, D. H. Baker and A. J. Lewis, eds.). Academic Press Inc. Sandiego, CA. pp. 257-294.
- Stahly, T. S., D. R. Cook and R. C. Ewan. 1997. Dietary vitamin A, E, C needs of pigs experiencing a low or high level of antigen exposure. *J. Anim. Sci.* 75(Suppl. 1):194 (Abstr.).
- Stahly, T. S., N. H. Williams, S. G. Swenson and R. C. Ewan. 1995. Dietary B vitamin needs of high and moderate lean growth pigs fed from 9 to 28 kg body

weight. J. Anim. Sci. 73(Suppl. 1):193.
Wilson, M. E., M. D. Tokach, R. W. Walker, J. L. Nelssen, R. D. Goodband and J. E. Pettigrew. 1993. Influence of high levels of individual B vitamins on starter pig performance. J. Anim. Sci. 71(Suppl. 1):56 (Abstr.).

(본 논문은 아세아태평양축산학회지에 게재 중임)

2. 비타민과 미량광물질의 첨가수준이 비육돈의 성장과 돈육의 안정성에 미치는 영향

가. 서론

비타민과 미량광물질을 동물의 다양한 체내대사에 미량원소로서 중요한 역할을 한다. 현재 대부분의 돼지는 토양과 접촉할 수 없는 돈사에서 길러진다. 이러한 사육환경이 비타민과 광물질의 필요성을 더 증가시킬 수 있다 (NRC, 1998).

NRC (1998)은 영양소의 최소 요구량을 발표하였는데, 연구자에 따라서 NRC (1988)에서 제시된 비타민 요구량은 육성돈의 성장을 극대화하기에는 부족하다는 연구가 있다 (Wilson 등, 1993; Stahly 등, 1995; Stahly 등, 1997). 최근의 보고에서도 비타민과 미량광물질의 첨가가 육성돈 (Chae 등, 2000)과 비육돈 (Edmond와 Arentson, 1999)의 성장을 개선한다는 점을 증명하고 있다.

반면에 출하 전 3-5주 동안 비타민이나 미량광물질을 주지 않은 경우에 성장이나 도체 성상에 아무런 영향이 없다는 보고도 있다 (Patience 와 Gillis, 1995, 1996; Mavromichalis 등, 1999). Mavromichalis 등 (1999)의 보고에 의하면, 비육후기에 비타민과 미량광물질 프리믹스를 주지 않은 경우에 성장률, 사료효율에 영향이 없었으며, 육색, 상강도, 조직감과 같은 돈육의 품질에도 별 영향을 보이지 않았다. 그러나 Edmond와 Arentson (1999)은 비육기 동안에 비타민과 미량광물질을 사료에 첨가하지 않을 경우에 성장률이 낮아지고 돈육의 영양적 품질 (비타민 성분)이 현저하게 낮아짐을 보였다.

최근 세계적으로 돈육의 품질이 양돈산업에서 주된 관심사 중의 하나가 되었으며, 고기의 산화에 대한 안정성은 고기가 더 가공되는 경우에 특히 더 중요하다 (Heugten, 1999). 비타민 중에서도 비타민 E가 항산화적인 효과를 가진다 (Davies, 1988). 사료 내에 비타민 E의 수준을 높인 경우에 비육돈의 조직 내에 비타민이 증가되었으며, TBA 값은 낮아졌다 (Asghar 등, 1991; Jensen 등, 1997).

비록 옥수수-대두박 위주의 사료에 의해 공급되는 비타민과 미량광물질이 비육후기 동안의 적정 성장을 충족시킬 수도 있으나 (Mavromichalis 등, 1999), 돈육의 안정성은 저장기간동안에 달라질 수도 있을 것이다. 따라서 본 실험에서는 사

료 내 비타민과 미량광물질이 비육돈의 성장뿐만 아니라 돈육의 안정성에 미치는 영향에 대해 알아보기로 한다.

나. 재료 및 방법

1) 공시동물, 시험사료 및 사양관리

총 120두 (50 ± 0.78 kg)의 삼원교잡종 (L×Y×D)을 공시하여, 비타민과 미량광물질 (VTM) 프리믹스의 첨가수준이 육성돈의 성장, 영양소 소화율 및 돈육의 안정성에 미치는 영향을 알아보는 7주간의 사양시험에 이용되었다. VTM 프리믹스는 0.1%가 사료에 함유될 경우에 NRC (1998)의 요구량에 맞도록 각기 분리되어 만들어졌다. 처리구는 100% (Control), 150%, 200% 및 250%의 NRC (1998) 요구량을 각각 함유하였다. 사양시험을 위한 실험사료의 에너지는 3,197 kcal ME/kg 이고, 조단백질은 16%이었다 (표 2-5-7). 시험에 사용된 돼지는 성과 체중을 기초로 완전임의 배치법에 따라 배치되었다. 사양시험을 위한 돈방의 넓이는 4.0 m×2.8 m이었으며, 절반이 슬랫 (slat)으로 된 slurry 바닥이 사용되었다. 물과 사료는 자유급이하였다. 실험의 마지막에 평균체중 88.3 ± 1.53 kg인 거세수태지 12두 (처리 당 3두)를 도살하여 도체 성상을 평가하는 데에 이용되었다. 또한 TBARS (thiobarbituric acid reactive substance) 및 POV (peroxide value)의 측정을 위해 도체로부터 돈육 샘플도 취해서 각각 비닐로 싸 후에 냉장고에 1℃ 상태로 보관하였다.

영양소 소화율의 측정을 위해서 각 실험의 4주차는 사료내에 지시제로 Cr_2O_3 를 0.25% 첨가하였다. 지시제가 들어간 사료를 급여한 지 5일째 되는 날에 각 팬별로 적당량의 분을 채취하였다. 분은 화학분석을 위해 열풍건조기를 이용하여 60℃에서 72시간동안 건조하였다.

2) 화학 및 통계분석

사료와 분의 일반성분은 AOAC (1990)에서 제시된 방법에 따랐으며, 총 에너지를 측정하는 데에는 adiabatic bomb calorimeter (Model 1241, Parr Instrument Co., Molin, IL)가 이용되었다. Cr은 spectrophotometer (Contron 942, Italy)를 이용하여 측정하였다.

돈육 샘플에 있어서, Malonaldehyde (MDA) mg/kg 으로 나오는 TBARS (thiobarbituric acid reactive substance)는 Sinnhubber와 Yu (1977)의 방법을 따랐으며, POV (peroxide value)는 Shantha와 Decker (1994)를 따랐다. 통계분석은 SAS (1985)의 GLM procedure를 이용하여 분석하였다.

표 2-5-7. 시험사료의 배합비 및 화학적 조성

	% of NRC (1998)			
	100	150	200	250
원료사료 (%)				
옥수수 ¹	72.95	72.90	72.85	72.80
대두박 (44%)	21.49	21.49	21.49	21.49
동물성 지방	2.33	2.33	2.33	2.33
어분	0.88	0.88	0.88	0.88
제 3인산칼슘	1.77	1.77	1.77	1.77
소금	0.20	0.20	0.20	0.20
DL-메치오닌(50%)	0.01	0.01	0.01	0.01
L-라이신-HCl	0.17	0.17	0.17	0.17
비타민 믹스 ²	0.10	0.15	0.20	0.25
광물질 믹스 ²	0.10	0.15	0.20	0.25
항생제	0.10	0.10	0.10	0.10
합계	100.00	100.00	100.00	100.00
화학적 조성 (%)				
조단백질	16.0	16.0	16.0	16.0
라이신	0.95	0.95	0.95	0.95
메치오닌	0.29	0.29	0.29	0.29
트레오닌	0.66	0.66	0.66	0.66
트립토판	0.21	0.21	0.21	0.21
대사에너지 kcal/kg	3,197	3,197	3,197	3,197
칼슘	0.80	0.80	0.80	0.80
인	0.68	0.68	0.68	0.68

¹ 처리에 따라 옥수수가 비타민 및 광물질로 대체됨.

² 0.1% 가 사료에 함유될 경우 NRC (1998) 요구량의 100%를 충족시킴.

다. 결과 및 고찰

1) 성장률 및 영양소 소화율

각기 다른 수준의 비타민, 미량광물질이 돼지의 성장에 미치는 효과는 표 2-5-8에 나타난 바와 같다. 비육돈에 있어서 VTM 프리믹스의 첨가수준을 높인 경우에는 일당중체량에 선형적인 영향 ($p < 0.05$)을 미쳤다. VTM의 첨가수준을 NRC (1998) 요구량의 200%로 높일 경우에 100-150%에 비해 일당중체량이 향상되었다 ($p < 0.05$). 일당사료섭취량은 2차 선형적인 영향 ($p < 0.05$)을 보였으며, NRC (1998) 요구량의 250%의 VTM을 첨가할 경우에는 다른 처리구에 비해 사료섭취량이 줄어들었다. 사료효율은 NRC (1998)의 200%나 250%의 VTM을 첨가했을 때에 100%나 150%를 첨가한 처리에 비해 개선되었다.

일반적으로 NRC (1998)에서 제시된 비타민, 미량광물질의 요구량은 실제 돼지의 성장을 극대화하기에는 부족한 것으로 보인다. 이는 Stahly 등 (1995, 1997)

의 연구결과와 일치한다. 이들의 연구에서는 비타민 B 혹은 비타민 A, E, C를 NRC (1988)보다 높은 수준으로 급여할 경우에 육성돈의 일당증체량이 향상되었다. 우리의 지난 연구 (Chae 등, 2000)에서 또한 NRC (1998) 요구량의 150-250%의 VTM을 첨가할 경우에 육성돈의 증체량이 향상되는 것을 보여주었다.

표 2-5-8. 비타민-광물질의 첨가수준이 육성돈의 성장에 미치는 영향

	% NRC (1998)				SE
	100	150	200	250	
성장					
개시체중 (kg)	50.20	49.70	50.03	50.15	0.78
종료체중 (kg)	87.33	86.94	89.47	88.22	1.57
일당증체량 (g) ¹	758 ^b	760 ^b	805 ^a	777 ^{ab}	25.79
일당사료섭취량 (g) ²	2,083 ^b	2,075 ^a	2,019 ^a	1,881 ^b	94.42
사료요구율	2.75 ^a	2.73 ^a	2.51 ^b	2.42 ^b	0.17
도체성상					
등지방 두께	21.05	21.85	22.20	20.70	1.07
도체율 (%)	72.30	74.90	72.84	73.19	2.49

^{a,b} 같은 행에서 서로 다른 어깨글자를 가질 경우 서로 다름 ($p < 0.05$).

¹ 1차 선형효과 ($p < 0.05$).

² 2차 선형효과 ($p < 0.05$).

그러나 이 결과는 Patience와 Gillis (1995, 1996) 그리고 Mavromichalis 등 (1999)의 연구결과와는 상반되는 것이다. 이들의 연구에서는 출하 전 3-5주간 비타민과 미량광물질 프리믹스를 전혀 급여하지 않았는데도 성장이나 도체성적에 아무런 영향이 없었다. 본 실험과 Mavromichalis 등 (1999)의 실험에는 두 가지의 차이점 (급여기간, 성장단계)이 있다. 체중은 각각 50-88 kg, 86-116 kg이고 급여기간은 49일, 30일로 다르다. 돼지의 경우, 간에 비타민 A와 같은 몇 종의 비타민을 저장할 수 있어서 비타민의 섭취량이 낮은 경우에 저장된 비타민을 이용할 수 있다 (NRC, 1998). 그러나 더 긴 기간동안 성장률을 유지하기 위해서는 NRC (1998) 요구량 보다 많은 비타민과 미량광물질을 첨가해야 될 것으로 사료된다. 출하 12주전부터 사료 내 VTM 프리믹스를 첨가하지 않았을 경우에는 성장률이 저하되는 경향을 보였다 (Edmond와 Arentson, 1999).

실제로 옥수수-대두박 위주의 사료에는 NRC (1998)에서 제시한 요구량을 충족시킬 수 있을 만큼의 비타민 B군과 몇몇 미량광물질들이 함유되어있기는 하지만, 식물성 원료사료에 있는 비타민과 미량광물질은 이용성이 낮으며 (Baker, 1995; Baker와 Ammerman, 1995), 질병과 같은 환경적인 스트레스 때문에 추가로 비타민과 미량광물질을 첨가할 필요가 있다.

각기 다른 수준의 비타민, 미량광물질이 에너지, 조단백질 및 조지방의 소화

율에는 영향이 없었으나 Ca와 P의 소화율에는 영향을 미쳤다 (표 2-5-9). 육성돈의 사료 내 VTM 프리믹스의 수준을 높일 경우에 Ca의 소화율에는 선형적인 영향을 미쳤으며 ($p<0.05$), P의 소화율에는 1차 및 2차 선형적인 영향을 미쳤다 ($p<0.05$). Ca 소화율은 NRC (1998) 200%의 VTM을 첨가했을 때까지 향상되었으며, P의 소화율은 VTM을 NRC (1998) 요구량의 250% 첨가하였을 때 100% VTM을 첨가했을 때에 비해 향상되었다.

표 2-5-9. 비타민-광물질 믹스의 첨가수준이 육성-비육돈의 영양소 소화율에 미치는 영향

	% NRC (1998)				SE
	100	150	200	250	
건물	74.35	74.35	74.40	74.55	0.11
총 에너지	73.33	72.45	73.01	72.40	0.46
조단백질	70.02	69.63	69.16	69.73	0.53
조지방	67.74	68.56	68.19	70.71	1.96
칼슘 ¹	64.75 ^c	70.33 ^b	79.82 ^a	80.39 ^a	5.21
인 ²	61.64 ^b	62.55 ^b	62.73 ^b	67.02 ^a	4.47

^{a,b,c} 같은 행에서 서로 다른 어깨글자가 있을 경우 서로 다름 ($p<0.05$).

¹ 1차 선형 효과 ($p<0.05$).

² 1차 및 2차 선형효과 ($p<0.05$).

이 결과는 우리의 이전 실험과 일치된다 (Chae 등, 2000). NRC (1998)에서 제시된 요구량 보다 많은 양의 비타민, 미량광물질을 첨가할 경우에 육성돈의 Ca 및 P 소화율이 향상되었다 ($p<0.05$). 그러나 이들 광물질의 소화율이 높아지는 원인은 확실치 않으며, 그 원인을 설명하기가 쉽지 않다. 앞의 연구에서 논의된 바와 같이 비타민 D나 몇 종의 광물질이 Ca 혹은 P의 대사작용과 상호 연관성이 있다는 것은 잘 알려진 사실이다 (Peo, 1991; Soares, 1995).

2) 돈육의 안정성

표 2-5-10와 같이 VTM 프리믹스의 첨가량에 따라 TBARS와 POV 값과 관련된 돈육의 안정성은 영향을 받는다. TBARS (mg malonaldehyde/kg sample)의 경우에 도살 3일 이후의 분석 데이터에서 처리간에 유의적인 차이를 보였다 ($p<0.05$). NRC (1998) VTM 요구량의 250%를 급여했을 때 100%나 200%에 비해 고기의 TBARS 값이 낮아지는 결과를 보였다. 사료내 VTM 수준이 100%에서 250% NRC (1998)로 증가되었을 때에는 1°C에서 2-3주간 저장할 경우, 돈육의 TBARS 값은 선형적으로 낮아졌다 ($p<0.05$).

사료 내 VTM의 수준이 높아짐에 따라 돈육의 POV 값 또한 낮아지는 경향을

보였다. 1°C에서 보관한 지 일주일이 지난 후부터는 NRC (1998) 요구량의 100%나 150%의 VTM을 첨가한 군의 돈육의 POV가 250% VTM을 첨가한 군에 비해 유의적으로 높았다.

표 2-5-10. 사료내 비타민-광물질의 첨가수준이 돈육에 미치는 영향¹

	% NRC (1998)				표준오차
	100	150	200	250	
지방산패도 (wk, mg/kg)					
0	3.17 ^a	2.72 ^{ab}	3.18 ^a	2.43 ^b	0.43
1	4.38	3.99	3.38	2.79	2.27
22	5.45 ^a	3.90 ^b	3.02 ^b	3.45 ^b	1.18
32	7.10 ^a	5.06 ^b	4.99 ^b	4.59 ^b	1.20
4	10.35 ^a	7.70 ^b	8.40 ^b	6.97 ^b	1.47
표준오차	2.77	2.30	2.31	1.88	
과산화물가 (wk, meq/kg)					
0	0.031 ^{ab}	0.032 ^a	0.026 ^c	0.027 ^{bc}	0.003
1	0.042 ^a	0.039 ^{ab}	0.037 ^b	0.035 ^b	0.003
2	0.070 ^a	0.061 ^b	0.065 ^{ab}	0.052 ^c	0.007
3	0.083 ^a	0.787 ^{ab}	0.077 ^{ab}	0.075 ^b	0.004
4	0.111 ^a	0.102 ^{ab}	0.097 ^b	0.092 ^b	0.009
표준오차	0.030	0.027	0.027	0.025	

^{a,b,c} 같은 행에서 서로 다른 어깨글자가 있을 경우 다름 ($p < 0.05$).

¹ The 1st analysis of TBARS 및 POV 의 분석은 도살 후 3일째부터 1주 단위로 이루어졌다.

² 1차 선형 효과 ($p < 0.05$).

본 실험에서는 대체적으로 돈육샘플의 TBARS나 POV는 VTM의 첨가수준에 관계 없이 선형적으로 증가하였다 ($p < 0.05$). 그러나 이러한 증가는 VTM의 수준이 NRC (1998) 요구량의 100%에서 250%가 됨에 따라 완만해졌다. 돼지에게 서로 다른 수준의 VTM 프리믹스를 급여하거나 VTM 프리믹스를 전혀 급여하지 않았을 때의 돈육의 안정성에 관한 자료는 부족한 실정이다. Mavromichalis 등 (1999)은 비육후기에 비타민과 미량광물질을 급여하지 않았을 경우에 육색, 상강도, 조직감과 같은 돈육의 품질에는 아무런 영향이 없다고 보고하였으나 이러한 품질요소들이 저장기간동안의 안정성을 결정하지는 않는다. 그러나 Edmond와 Arentson (1999)은 비육후기에 비타민과 미량광물질을 첨가하지 않을 경우에 햄 부위의 비타민 E 성분이 현저히 저하된다고 보고하였다.

Jensen 등 (1997)의 보고에 의하면 체중 50-90 kg의 돼지에게 비타민 E를 100-700 mg/kg 급여할 경우, 조직 (Longissimus dorsi)내의 비타민 E가 선형적으로 증가하여, 돈육의 안정성을 향상시켰다. Retinol, 비타민 C, E, carotinoids의 섭취가

결핍될 경우에 항산화적 방어체계가 약해진다는 것은 잘 알려져 있다. 그러나 비타민 E는 생물학적 체계에서 주된 지용성 항산화제이며, 세포막에서 지방의 과산화 사슬을 끊어서 지방 과산화물의 형성을 억제한다 (Davies, 1988). Cheah 등 (1994)에 의하면 비타민 E에 의한 돈육의 품질 향상은 적혈구의 깨지기 쉬운 정도에 의해 증명된 바와 같이 비타민 E가 가진 막 조직을 안정화시키는 성질에 기인한 것이다. 이들은 또한 비타민 E가 미토콘드리아 내에서 인지질을 수산화시키고 미토콘드리아 막의 안정성을 떨어뜨리는 phospholipase A2 활성을 억제시킨다.

근육조직에서 α -tocopherol 농도에 의한 지방산화의 정도와 속도는 알려져 있다 (Buckly와 Morrissey, 1992; Jensen 등, 1997). 자동축매적 과산화과정은 도살직 후에 시작된다 (Buckly 등, 1995). 본 연구에서는 NRC (1998) 요구량의 100-150% VTM을 첨가했을 때와 250%를 첨가했을 때의 둘 사이에 유의적인 차이가 관찰되었다. 1 kg의 고기 내에 MDA가 약 1.0 mg 정도가 있는 수준이 악취나 떼우는 냄새가 나는 경계점이라는 보고가 있다 (Gray와 Pearson, 1987). 본 연구에서는 비타민 E의 첨가수준이 NRC (1998) VTM의 250%일 경우에 사료 내 27.5 mg/kg 근육조직 (*M. trapezius cervicalis*)내의 TBARS값은 2.43 mg MDA/kg 으로 악취를 느낄 수 있는 경계점 보다 높았다.

비타민 E와 같이 Se도 살아있는 유기체에서 항산화제로 작용한다. 그러나 Fe나 Cu와 같은 금속화합물은 고기에서 지방의 산화를 더 높이는 것으로 알려져 있다 (Halliwell과 Gutteridge, 1989). 이러한 금속들은 지방의 과산화물을 자르는 촉매역할을 한다 (Hsieh와 Kinsella, 1989). 본 연구에서는 Fe와 Cu의 첨가수준을 각각 NRC (1998)의 250%인 125 mg/kg, 8.75 mg/kg으로 하였을 때 돈육의 지방산화에 영향을 미치는 지에 관해서는 설명하기 힘들다. CuSO₄의 사용은 성장의 극대화를 보장하기는 하지만 돈육의 안정성을 떨어뜨릴 수도 있다 (Jensen 등, 1998). 반면에 Lauridsen 등 (1999)은 비타민 E와 함께 Cu를 175 mg/kg까지 첨가해도 돼지의 간에서의 산화는 줄었다고 보고하였다.

결론적으로, 비록 출하 3-5주 전 부터 비타민, 미량광물질 프리믹스 중 적어도 한가지를 전혀 주지 않아도 도체의 품질에는 아무런 영향이 없다는 것을 Mavromichalis 등 (1999)이 보여주시는 하였으나, 적어도 비타민의 경우에는 돈육의 안정성과 관련이 있으며, 저장기간동안 돈육의 안정성을 향상시키기 위해서는 첨가될 필요가 있다.

라. 적 요

사료 내 비타민과 미량광물질의 첨가량을 높일 경우에 돼지의 일당중체량이

향상되었으며, 도살 후 1℃에서 2-3주간 저장했을 때 TBARS, POV값과 관련된 돈육의 안정성 또한 개선되었다. 따라서 비육돈의 성장을 극대화하고 저장기간동안 돈육의 안정성을 높이기 위해서는 비타민과 미량광물질을 사료 내에 첨가할 필요가 있고, 특히 비타민은 돈육의 안정성과 많은 관련이 있는 것으로 사료된다.

마. 참고문헌

- AOAC. 1990. Official method of analysis (15th ed). Association of Official Analytical Chemists. Arlington, VA.
- Asghar, A., J. I. Gray, A. M. Booren, E. A. Gomaa, M. M. Abouzied and E. R. Miller. 1991. Effects of supranutritional dietary vitamin E levels on subcellular deposition of α -tocopherol in the muscle and on pork quality. *J. Sci. Food Agric.* 57:31.
- Baker, D. H. 1995. Vitamin bioavailability. In: *Bioavailability of nutrients for animals- amino acids, minerals and vitamins* (Ed. C. B. Ammerman, D. H. Baker and A. J. Lewis). Academic Press Inc. Sandiego, CA. pp. 399-431.
- Baker, D. H. and C. L. Ammerman. 1995. Copper bioavailability. In: *Bioavailability of nutrients for animals- amino acids, minerals and vitamins* (Ed. C. B. Ammerman, D. H. Baker and A. J. Lewis). Academic Press Inc. Sandiego, CA. pp. 127-156.
- Buckley, D. J. and P. A. Morrissey. 1992. Vitamin E and meat quality. F. Hoffman-la Roche Ltd. Basal, Switzerland.
- Buckley, D. J., P. A. Morrissey and J. I. Gray. 1995. Influence of dietary vitamin E on the oxidative stability and quality of pig meat. *J. Anim. Sci.* 73:3122-3130.
- Chae, B. J., S. C. Choi, W. T. Cho, In K. Han and K. S. Sohn. 2000. Effects of inclusion levels of dietary vitamins and trace minerals on growth performance and nutrient digestibility in growing pigs. *Asian-Australasian J. Anim. Sci.* (In press).
- Cheah, K. S., A. M. Cheah and D. I. Krausgrill. 1994. Effect of dietary supplementation of vitamin E on pig meat quality. *meat Sci.* 39:255-264.
- Davies, K. J. A. 1988. Proteolytic systems as secondary antioxidant defences. In: *Cellular antioxidant defense mechanisms* (Ed. D. K. Chow). CRC Press, Boca Raton, FL. pp. 25-67.
- Edmond, M. S. and B. E. Arentson. 1999. Effect of supplemental vitamins and trace minerals on performance and carcass quality in finishing pigs. *J. Anim. Sci.*

- 77(Suppl. 1):129(abstr.).
- Gray, J. I. and A. M. Pearson. 1987. Rancidity and warmed-over flavor. *Adv. Meat Res.* 3:221.
- Halliwell, B. and J. M. C. Gutteridge. 1986. Oxygen free radicals and iron in relation to biology and medicine. Some problems and concepts. *Arch. Biochem. Biophys.* 246:501.
- Heugten, E.V. 1999. Potential benefit of using vitamin E in improving pork quality. Proc. of 15th Carolina Swine Nutrition Conference. November 8-9. Raleigh, NC. pp. 1-10.
- Hsieh, R. J. and J. E. Kinsella. 1989. Oxidation of polyunsaturated fatty acids: Mechanisms, products and inhibition with emphasis on fish. *Adv. Food Nutr. Res.* 33:233.
- Jensen, C. M. Flensted-Jensen, L. H. Skibted and G. Bertelsen. 1998. Effects of dietary rape seed oil, copper sulfate and vitamin E on drip loss, colour and lipid oxidation of chilled pork chops packed in atmospheric air or in a high oxygen atmosphere. *Meat Sci.* 50(2):211-221.
- Jensen, C., J. Guidera, I. M. Skovgaard, H. Staun, L. H. Skibsted, S. K. Jensen, A. J. Moller, J. Buckley and G. Bertelsen. 1997. Effects of dietary α -tocopherol deposition in porcine m. psoas major and m. longissimus dorsi and on drip loss, color stability and oxidative stability of pork meat. *Meat Sci.* 45:491.
- Lauridsen, C., S. Hojsgaard and M. T. Sorensen. 1999. Influence of dietary rapeseed oil, vitamin E, and copper on the performance and the antioxidative status of pigs. *J. Anim. Sci.* 77:906-916.
- Mavromichalis, I., J. D. Hancock, I. H. Kim, B. W. Senne, D. H. Kropf, G. A. Kennedy, R. H. Hines and K. C. Behnke. 1999. Effects of omitting vitamin and trace mineral premixes and(or) reducing inorganic phosphorus additions on growth performance, carcass characteristics and muscle quality in finishing pigs. *J. Anim. Sci.* 77:2700-2708.
- NRC. 1988. Nutrient requirement of swine (9th Ed.). National Academy Press, Washington, DC.
- NRC. 1998. Nutrient requirement of swine (10th Ed.). National Academy Press, Washington, DC.
- Patience, J. F. and D. Gillis. 1995. Removal of vitamins and trace minerals from finishing diets. *Annu. Res. Rep. Prairie Swine centre, Inc. Saskatchewan, Canada.* pp. 29-31.

- Patience, J. F. and D. Gillis. 1996. Impact of pre-slaughter withdrawal of vitamin supplements. Annu. Res. Rep. Prairie Swine Centre, Inc. Saskatchewan, Canada. pp. 29-32.
- Peo, Jr. E. R. 1991. Calcium, phosphorus and vitamin D in swine nutrition. In: Swine nutrition (E. R. Miller, D. E. Ullrey and A. J. Lewis eds.), Butterworth-Heinemann. Stoneham, MA. pp. 165-192.
- SAS. 1985. SAS. User's Guide : Statistics, SAS Inst. Inc. Cary. NC.
- Shantha, N. C. and E. A. Decker. 1994. Rapid sensitive iron-base spectrophotometric methods for the determination of peroxide values in food lipids. J. Assoc. Offic. Anal. Chem. Intl. 77:421-424.
- Sinnhuber, R. O. and T. C. Yu. 1977. The 2-thiobarbituric acid reaction, an objective measure of the oxidative determination occurring in fats and oils. J. Jan. Soc. Fish Sci. 26:259-267.
- Soares, J. H. 1995. Phosphorus bioavailability. In: Bioavailability of nutrients for animals- amino acids, minerals and vitamins (Ed. C. B. Ammerman, D. H. Baker and A. J. Lewis). Academic Press Inc. Sandiego, CA. pp. 257-294.
- Stahly, T. S., D. R. Cook and R. C. Ewan. 1997. Dietary vitamin A, E, C needs of pigs experiencing a low or high level of antigen exposure. J. Anim. Sci. 75(Suppl. 1):194(Abstr.).
- Stahly, T. S., N. H. Williams, S. G. Swenson and R. C. Ewan. 1995. Dietary B vitamin needs of high and moderate lean growth pigs fed from 9 to 28 kg body weight. J. Anim. Sci. 73(Suppl. 1):193(abstr.).
- Wilson, M. E., M. D. Tokach, R. W. Walker, J. L. Nelssen, R. D. Goodband and J. E. Pettigrew. 1993. Influence of high levels of individual B vitamins on starter pig performance. J. Anim. Sci. 71(Suppl. 1):56(Abstr.).

(본 논문은 아세아태평양축산학회지에 게재 중임)

3. 사료내 비타민과 미량광물질의 첨가수준이 비육말기 돼지의 성장과 돈육의 저장성에 미치는 영향

가. 서 론

미량영양소, 비타민 그리고 미량광물질들은 동물체내에서 여러 가지 중요한 대사작용을 한다 (NRC, 1998).

실제로 NRC (1998)는 영양소의 최소요구량을 제시하고 있지만 연구자에 따라

돼지에서 NRC (1998)에서 제시하는 비타민과 미량광물질의 첨가수준이 부족하다고 하는 경우가 있으나 (Wilson 등, 1993; Stahly 등, 1995; Stahly 등, 1997), 최근의 일부 보고들은 비육돈에서 비타민과 미량광물질을 일정기간 첨가하지 않아도 성장에 지장이 없다고 보고된 바 있다 (Pateience과 Gillis, 1995;1996; Mavromichalis 등, 1999). Mavromichalis 등 (1999)은 비육후기 사료에 비타민과 미량광물질을 첨가하지 않아도 성장률 그리고 육색, 마아블링 등 돈육품질에 전혀 영향을 주지 않는다고 보고했다. 그러나 Edmon과 Arentson (1999)는 비육기간동안 비타민과 미량광물질을 첨가하지 않았을 때 성장률의 감소와 돈육의 비타민 함량이 현저하게 낮은 것을 증명하였다.

앞에서 연구한 육성돈과 비육돈에 대한 비타민과 미량광물질 첨가효과에 이어 본 연구에서는 비육말기의 돼지에서 비타민과 미량광물질의 첨가수준이 성장과 육질에 미치는 영향을 조사하기 위하여 실시하였다.

나. 재료 및 방법

1) 시험돈과 시험사료

비육후기에 성장률, 영양소소화율 그리고 돈육의 안정성에 영향을 미치는 적정수준의 비타민-미량광물질 수준을 결정하기 위해서 총 96두 (L×Y×D, 평균 개시체중 85.09±3.12kg)를 공시하여 30일간 사양시험을 실시하였다. 처리는 NRC (1998) 요구량의 50% (대조구), 100%, 150% 그리고 200%로 하였다.

시험기간동안 급여할 시험사료는 ME 3,197kcal/kg 그리고 조단백질이 15%가 되게 배합하였다 (표 2-5-11). 시험돈은 성별과 체중을 기초로 하여 4처리로 완전입의 배치하였다. 그리고 돈방 크기는 4.0×2.8m이며 바닥은 절반이 슬레이트바닥인 돈방에서 돼지를 사육하였으며, 사료와 물은 자유채식시켰다. 실험이 끝난 후에는 평균체중이 108.39±3.20kg인 거세돈 12두 (처리당 3두)를 선발하여 도체성상을 평가하였다. 또한, 돈육샘플 (*M. trapezius cervicalis*)을 취하여 폴리에틸렌비닐에 나누어 밀봉한후 지방산패도 (thiobarbituric acid reactive substance)와 과산화물가 (peroxide values)를 측정하기 위해 1℃ 냉장고에서 보관하였다.

영양소소화율을 측정하기 위해 시험사료 급여 4주차에 산화크롬을 0.25%로 첨가하였다. 분체취는 지시제를 첨가한 사료를 5일 급여후에 각 돈방에서 채취하였다. 분석을 위해 60℃ 열풍건조기에서 72시간 건조하였다.

2) 사료 및 통계분석

사료와 분의 일반분석은 AOAC (1990)방법에 의하여 분석하였으며 에너지는 열량계 (Model 1241, Parr Instrument Co., Molin, IL)를 사용하였다. 크롬은 분광계

(Contron 942, Italy)로 측정하였다.

돈육샘플의 지방산패도 (TBARS)는 Sinnhuber과 Yu (1977)의 방법으로 측정하였고 과산화물가 (POV)는 Shantha와 Decker (1994)의 방법으로 측정하였다. 도살 후 4주간 매주 분석하였다.

모든 데이터는 SAS (1985)의 GLM방식을 이용하여 분석하였다. 통계적 방식은 난괴법을 사용하였다.

표 2-5-11. 시험사료의 배합비율 및 성분함량

	비타민-미량광물질 (% NRC)			
	50	100	150	200
옥수수	75.95	75.85	75.75	75.65
대두박 (44%)	19.92	19.92	19.92	19.92
우지	1.67	1.67	1.67	1.67
TCP	1.91	1.91	1.91	1.91
소금	0.25	0.25	0.25	0.25
DL-Met	0.01	0.01	0.01	0.01
L-Lys-HCl	0.19	0.19	0.19	0.19
비타민제제 ¹	0.05	0.10	0.15	0.20
미량광물질제제 ¹	0.05	0.10	0.15	0.20
계	100.00	100.00	100.00	100.00
성분함량 (%)				
조단백질	15.00	15.00	15.00	15.00
대사에너지, kcal/kg	3,197	3,197	3,197	3,197
라이신	0.89	0.89	0.89	0.89
메치오닌	0.27	0.27	0.27	0.27
칼슘	0.80	0.80	0.80	0.80
인	0.68	0.68	0.68	0.68

¹ 사료내 0.1% 첨가시 NRC (1998)요구량의 100%.

다. 결과 및 고찰

1) 사양성적 및 영양소소화율

비육후기 사료내 비타민과 미량광물질의 수준을 다르게 공급했을 때의 성장률은 표 2-5-12에서 보는 바와 같다. 비육후기 사료내에 비타민과 미량광물질을 증가하였을 때 일당증체량은 그에 따라 증가하는 경향을 보이고 있다. 비육후기에는 NRC (1998) 기준으로 150% 첨가한 구의 일당증체량이 50%와 비교했을 때 개선되었다 ($p < 0.05$). 100%와 200%로 첨가했을 때와는 유의적인 차이는 없었다 ($p > 0.05$). 사료섭취량은 각 처리간에 유의적인 차이를 보이고 있지 않다. 그리고 사료요구율을 살펴보면 일당증체량과 마찬가지로 NRC (1998)기준으로 50%로 첨

가한 것과 150%로 첨가한 구를 비교했을 때 유의적으로 개선되었다 ($p < 0.05$).

표 2-5-12. 비타민-미량광물질 첨가수준에 따른 성장률과 도체성상

	비타민-미량광물질 (NRC %)				표준오차
	50	100	150	200	
개시체중 (kg)	85.71	85.54	85.04	84.10	3.12
종료체중 (kg)	106.08	108.61	110.02	107.75	3.20
일당증체량 (g/d)	679 ^b	769 ^{ab}	833 ^a	788 ^{ab}	68.92
사료섭취량 (g/d)	2249	2324	2276	2348	160.88
사료요구율 (F/G)	3.32 ^b	3.03 ^{ab}	2.73 ^a	2.98 ^{ab}	0.32
도체특성					
등지방두께 (last rib, mm)	30.54	30.29	30.49	31.98	0.50
도체율 (%)	68.71	68.87	69.03	68.37	3.25
정육율 (%)	54.54	55.54	55.71	54.57	2.95

^{ab} 각 처리간 유의차 있음 ($p < 0.05$)

도체성상을 살펴보면, 등지방 두께, 지육율, 정육율에서 처리간에 유의적인 차이가 없었다.

이러한 결과는 Patience와 Gillis (1995, 1996) 그리고 Mavromichalis 등 (1999)의 출하전 3~5주동안 비타민과 미량광물질을 첨가하지 않아도 성장률에 영향을 주지 않는다는 결과와는 동일하지 않았다. 다만 도체특성 (등지방 두께와 지육율)에 차이가 없었음은 Mavromichalis 등 (1999)의 보고와 일치하였다. 그리고 Edmond와 Arentson (1999)은 출하 12주전에 사료내 비타민과 미량광물질을 첨가하지 않으면 비육돈의 성장률이 감소하는 경향이 있다는 결과와는 동일했다.

영양소소화율을 살펴보면 (표 2-5-13), 건물량, 단백질, 에너지, 조지방, Ca 그리고 P의 소화율은 비타민과 미량광물질 첨가수준에 따른 유의적 차이가 없었다 ($p > 0.05$). 비육후기에는 비타민과 미량광물질이 영양소소화율과는 관계가 없는 것으로 사료된다.

표 2-5-13. 비타민-미량광물질 첨가수준에 따른영양소 소화율

	비타민-미량광물질 (NRC %)				표준오차
	50	100	150	200	
건물량	74.96	75.78	75.57	76.90	2.24
단백질	72.02	72.20	71.16	71.73	0.75
에너지	74.54	74.89	75.01	74.10	1.09
조지방	69.74	70.56	70.19	72.71	1.96
칼슘	49.36	52.97	53.76	51.12	6.27
인	50.21	47.56	49.24	51.86	5.84

* 유의차 없음.

2) 돈육의 저장성

비육후기 사료내 비타민과 미량광물질을 첨가수준에 따라 돈육의 저장성을 평가하는 지방산패도와 과산화물가의 결과는 표 2-5-14와 같다. 지방산패도를 살펴보면 1주에는 비타민과 미량광물질을 NRC (1998) 기준으로 50과 100%로 첨가한 구가 150과 200%로 첨가한 구에 비해 유의적으로 산패정도가 높았다 ($p < 0.05$). 그리고 비타민과 미량광물질의 첨가수준이 증가할수록 돈육의 산패정도가 감소하는 결과를 보이고 있다. 과산화물가도 지방산패도와 마찬가지로 비타민과 미량광물질의 첨가수준이 증가할수록 과산화물가도 감소하는 결과를 보였다.

표 2-5-14. 비타민-광물질제제 첨가수준에 따라 돈육의 저장성에 미치는 영향

	비타민-미량광물질 NRC (%)				표준오차
	50	100	150	200	
지방산패도 (wk, mg/kg)					
1	4.87 ^b	4.44 ^b	3.31 ^a	2.72 ^a	1.32
2	5.90 ^c	4.38 ^b	3.78 ^a	3.85 ^a	1.11
3	8.68 ^c	6.71 ^b	5.94 ^{ab}	4.21 ^a	1.86
4	12.11 ^d	10.64 ^c	8.34 ^b	6.71 ^a	2.32
과산화물가 (wk, meq/kg)					
1	0.049 ^b	0.039 ^a	0.038 ^a	0.037 ^a	0.006
2	0.071 ^b	0.064 ^b	0.067 ^b	0.048 ^a	0.011
3	0.094 ^c	0.079 ^b	0.074 ^b	0.065 ^a	0.012
4	0.119 ^b	0.113 ^b	0.092 ^a	0.089 ^a	0.017

^{ab} 각 처리간 유의차 있음 ($p < 0.05$)

돈육의 지방산패도와 과산화물가는 사료내 비타민과 미량광물질의 첨가수준에 따라 증가했다 (그림 2-5-1). 사료내 비타민과 미량광물질 수준이 NRC (1998) 기준으로 200% 첨가했을 때 돈육의 지방산패도와 과산화물가가 완만하게 증가했다. 그리고 비타민과 미량광물질 첨가 수준에 따른 돈육의 안정성에 관계된 자료는 많지 않다. Mavromichalis 등 (1999)은 비육후기에 비타민과 미량광물질을 첨가하지 않아도 사료원료내의 비타민과 미량광물질이 있기 때문에 돈육의 품질에는 영향을 주지 않는다고 보고했다. Edmond와 Arentson (1999)는 비타민과 미량광물질을 첨가하지 않았을 때 살코기내 비타민 E의 함량이 현저하게 낮았다고 보고했다. Jensen 등 (1997)은 사료내 비타민 E를 100에서 700 mg/kg으로 첨가했을 때 조직내 비타민 E수준이 증가했고 또한 돈육의 안정성 (지방산패도)이 개선되었다고 했다.

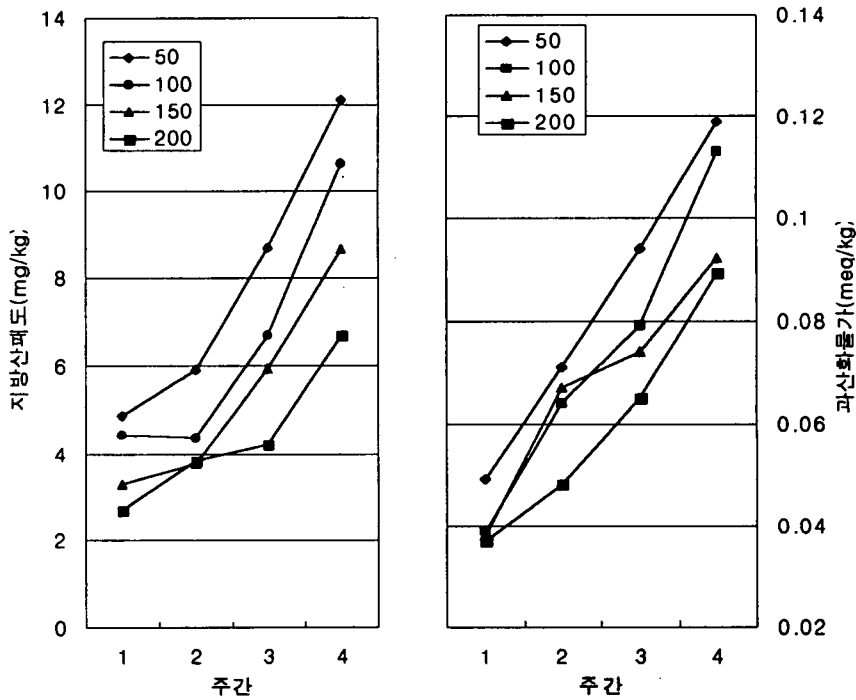


그림 2-5-1. 비타민과 미량광물질 첨가수준에 따른 지방의 산패도와 과산화물가

라. 결론

비육후기 사료내 비타민과 미량광물질의 첨가수준이 증가할수록 영양소소화율에는 아무런 영향을 주지 않았지만, 성장률과 돈육의 안정성에는 효과가 있었다. 그러므로 비육후기 사료내 비타민과 미량광물질의 첨가수준을 NRC (1998)기준으로 150% 정도를 첨가하는 것이 바람직하다고 사료된다.

마. 참고문헌

- AOAC. 1990. Official method of analysis (15th ed). Association of Official Analytical Chemists. Arlington, VA.
- Asghar, A., J. I. Gray, A. M. Booren, E. A. Gomaa, M. M. Abouzied and E. R. Miller. 1991. Effects of supranutritional dietary vitamin E levels on subcellular deposition of α -tocopherol in the muscle and on pork quality. J. Sci. Food Agric. 57:31.

- Chae, B. J., S. C. Choi, W. T. Cho, In K. Han and K. S. Sohn. 2000. Effects of inclusion levels of dietary vitamins and trace minerals on growth performance and nutrient digestibility in growing pigs. *Asian-Australasian J. Anim. Sci.* (In press).
- Davies, K. J. A. 1988. Proteolytic systems as secondary antioxidant defences. In: *Cellular antioxidant defense mechanisms* (D.K.Chow ed.). CRC Press, Boca Raton, FL. pp. 25-67.
- Edmond, M. S. and B. E. Arentson. 1999. Effect of supplemental vitamins and trace minerals on performance and carcass quality in finishing pigs. *J. Anim. Sci.* 77 (Suppl. 1):129 (abstr.).
- Heugten, E.V. 1999. Potential benefit of using vitamin E in improving pork quality. Proc. of 15th Carolina Swine Nutrition Conference. November 8-9. Raleigh, NC. pp. 1-10.
- Jensen, C. M. Flensted-Jensen, L. H. Skibted and G. Bertelsen. 1998. Effects of dietary rape seed oil, copper sulfate and vitamin E on drip loss, colour and lipid oxidation of chilled pork chops packed in atmospheric air or in a high oxygen atmosphere. *Meat Sci.* 50 (2):211-221.
- Jensen, C., J. Guidera, I. M. Skovgaard, H. Staun, L. H. Skibsted, S. K. Jensen, A. J. Moller, J. Buckley and G. Bertelsen. 1997. Effects of dietary α -tocopherol deposition in porcine m. psoas major and m. longissimus dorsi and on drip loss, color stability and oxidative stability of pork meat. *Meat Sci.* 45:491.
- Mavromichalis, I., J. D. Hancock, I. H. Kim, B. W. Senne, D. H. Kropf, G. A. Kennedy, R. H. Hines and K. C. Behnke. 1999. Effects of omitting vitamin and trace mineral premixes and (or) reducing inorganic phosphorus additions on growth performance, carcass characteristics and muscle quality in finishing pigs. *J. Anim. Sci.* 77:2700-2708.
- NRC. 1988. *Nutrient requirement of swine* (9th Ed.). National Academy Press, Washington, D. C.
- NRC. 1998. *Nutrient requirement of swine* (10th Ed.). National Academy Press, Washington, D. C.
- Patience, J. F. and D. Gillis. 1995. Removal of vitamins and trace minerals from finishing diets. *Annu. Res. Rep. Prairie Swine centre, Inc. Saskatchewan, Canada.* pp. 29-31.
- Patience, J. F. and D. Gillis. 1996. Impact of pre-slaughter withdrawal of vitamin supplements. *Annu. Res. Rep. Prairie Swine Centre, Inc. Saskatchewan, Canada.*

pp. 29-32.

- SAS. 1985. SAS. User's Guide : Statistics, SAS Inst. Inc. Cary. NC.
- Sinnhuber, R. O. and Yu, T. C. 1977. The 2-thiobarbituric acid reaction, an objective measure of the oxidative determination occurring in fats and oils. J. Jap. Soc. Fish Sci. 26:259-267
- Stahly, T. S., D. R. Cook and R. C. Ewan. 1997. Dietary vitamin A, E, C needs of pigs experiencing a low or high level of antigen exposure. J. Anim. Sci. 75 (Suppl. 1):194 (Abstr.).
- Stahly, T. S., N. H. Williams, S. G. Swenson and R. C. Ewan. 1995. Dietary B vitamin needs of high and moderate lean growth pigs fed from 9 to 28 kg body weight. J. Anim. Sci. 73 (Suppl. 1):193 (abstr.).
- Wilson, M. E., M. D. Tokach, R. W. Walker, J. L. Nelssen, R. D. Goodband and J. E. Pettigrew. 1993. Influence of high levels of individual B vitamins on starter pig performance. J. Anim. Sci. 71 (Suppl. 1):56 (Abstr.).

(본 논문은 아세아태평양축산학회지에 게재 중임)

4. 사료내 vitamin E와 selenium의 첨가수준이 비육돈의 성장과 육질에 미치는 영향

가. 서 론

비타민과 미량광물질은 동물체내에서 여러 가지 중요한 대사작용을 한다. 양돈에서 출하 3~5주전에 비타민과 미량광물질을 첨가하지 않아도 성장이나 도체 성장에 아무런 영향을 주지 않는다고 보고한 연구결과도있지만 (Pateience와 Gillis, 1995;1996; Mavromichalis 등, 1999), Edmon과 Arentson (1999)은 비육기간동안 비타민과 미량광물질을 첨가하지 않았을 때 성장률의 감소와 돈육의 비타민 함량이 현저하게 낮아진다고 보고했다.

지금까지의 연구 결과에서 잘 알려진 것처럼 비타민 E와 Se은 천연항산화제로서 체내에서 중요한 작용을 하는 영양소이다. 그리고 두 영양소 사이에는 상관관계가 많아서 두 영양소의 요구량은 자체 물질의 체내 축적량이나 함량외에도 다른 영양소의 함량에 의해서도 영향을 받는다고 알려져 있다. 최근에는 이 비타민 E와 Se이 항산화제로써의 작용 이외에도 성장을 촉진하거나 돼지의 경우에 육색 등 기타 여러 가지 요인에도 영향을 끼친다는 보고가 되고 있다. 따라서, 본 연구에서는 비타민 E와 Se을 비육돈 사료에 추가로 첨가하였을 때 비육돈의 성장률과 도체품질에 미치는 영향을 알아보고자 실시하였다.

나. 재료 및 방법

1) 시험돈과 시험사료

비타민 E와 Se을 비육돈 사료에 첨가하였을 때 비육돈의 성장률과 도체품질에 미치는 영향을 알아보기 위해서 총 132두 (L×Y×D, 평균 개시체중 79.35±6.37 kg)를 공시하였다. 처리는 비타민 E와 셀레늄의 첨가수준에 따라 4처리, 2×2 요인법으로 하였다.

시험기간동안 급여할 시험사료는 대사에너지 3,265 kcal/kg 그리고 조단백질이 15%가 되게 배합하였다 (표 2-5-15). 시험돈은 성별과 체중을 기초로 하여 4처리로 완전임의 배치하였다. 그리고 돈방 크기는 4.0×2.8 m였으며 바닥은 절반이 슬랏트바닥인 돈방에서 돼지를 사육하였다. 사료와 물은 자유채식시켰다. 실험이 끝난 후에는 평균체중이 102.11±4.30 kg인 거세돈 12두 (처리당 3두)를 선발하여 도체성상을 평가하였다. 또한, 돈육샘플 (*M. trapezius cervicalis*)을 취하여 폴리에틸렌 비닐에 밀봉하여 육즙 손실과 지방산패도 (thiobarbituric acid reactive substance)를 측정하기 위해 1℃ 냉장고에서 보관하였다.

영양소소화율을 측정하기 위해 시험사료 급여 4주차에 소화되지 않는 지시제 산화크롬을 0.25%로 첨가하였다. 분채취는 지시제를 첨가한 사료를 5일 급여후에 각 돈방에서 채취하였다. 분석을 위해 60℃ 열풍건조기에서 72시간 건조하였다.

2) 시료 및 통계분석

사료와 분분석은 AOAC (1990) 방법에 의하여 분석하였으며 총에너지는 열량계 (Model 1241, Parr Instrument Co., Molin, IL)를 사용하였다. 크롬은 분광계 (Contron 942, Italy)로 측정하였다.

돈육샘플의 산패도 (TBARS)는 Simmnumber와 Yu (1977)의 방법으로 측정하였고 과산화물가 (POV)는 Shantha와 Decker (1994)의 방법으로 측정하였다. 도살후 4주간 매주 분석하였다.

모든 데이터는 SAS (1985)의 GLM방식을 이용하여 분석하였다.

다. 결과 및 고찰

1) 사양성적 및 영양소소화율

비타민 E와 셀레늄을 비육돈 사료에 첨가하였을 때의 비육돈의 사양성적은 표 2-5-16에서 보는 바와 같다. 비육후기 4주간 비타민 E와 셀레늄의 첨가수준을 달리했을 때 어떤 경향을 보이는지를 알아보기 위해서 2주마다 체중을 측정하여 아래와 같은 결과를 보였다. 비타민 15 IU/kg과 셀레늄 0.15 mg/kg으로 첨가한 구

가 수치상으로 일당증체량, 사료섭취량 그리고 사료요구율이 떨어지는 경향이 있으나 처리간에 유의적인 차이가 없었다 ($p>0.05$).

표 2-5-15. 시험사료 배합율

비타민 E 셀레늄	15 IU/kg		30 IU/kg	
	0.15 mg/kg	0.3 mg/kg	0.15 mg/kg	0.3 mg/kg
옥수수	42.64	42.64	42.64	42.64
소맥	25.00	25.00	25.00	25.00
대두박	18.00	18.00	18.00	18.00
미강	5.00	5.00	5.00	5.00
당밀	4.00	4.00	4.00	4.00
우지	3.00	3.00	3.00	3.00
석회석	1.10	1.10	1.10	1.10
DCP	0.75	0.75	0.75	0.75
소금	0.30	0.30	0.30	0.30
비타민제제 ¹	0.10	0.10	0.10	0.10
미량광물질제제 ¹	0.10	0.10	0.10	0.10
L-라이신	0.01	0.01	0.01	0.01
합계	100.00	100.00	100.00	100.00
성분함량 (%)				
대사에너지 (kcal/kg)	3,265	3,265	3,265	3,265
조단백질	15	15	15	15
라이신	0.75	0.75	0.75	0.75
Met+Cys	0.53	0.53	0.53	0.53
칼슘	0.7	0.7	0.7	0.7
유효인	0.25	0.25	0.25	0.25

¹ 사료내 0.1% 첨가시 NRC (1998)요구량의 100%였으며, 비타민 E, Se은 설계에 따라 별도로 첨가하였음.

비타민 E와 셀레늄의 첨가수준에 따른 영양소소화율은 표 2-5-17에서 보는 바와 같다. 영양소소화율도 사양성적과 마찬가지로 각 처리간에 유의적인 차이는 없었다 ($p>0.05$).

최근 Lauridsen 등 (1999a)은 사료내 비타민 E의 수준을 0, 100, 200 mg/kg으로 첨가했을 때 200 mg/kg으로 첨가한 구의 일당 증체량이 떨어진다는 보고를 했으나 본 시험에서 15 IU/kg의 차이로서는 성장률에 영향이 없었다. Mavromichalis 등 (1999)은 비육후기에 비타민과 미량광물질을 첨가했을 때와 첨가하지 않았을 때 사양성적에는 영향을 주지 않는다는 보고와 같이 비타민 E나 셀레늄의 첨가수준에 따라 사양성적에 미치는 효과는 없었다.

표 2-5-16. 셀레늄과 비타민 E의 첨가수준을 달리 했을 때 사양성적에 미치는 영향

비타민 E 셀레늄	15 IU/kg		30 IU/kg		표준오차
	0.15 mg/kg	0.3 mg/kg	0.15 mg/kg	0.03 mg/kg	
0-2 주					
일당증체량	712	753	748	760	34.50
일당사료섭취량	2,201	2,248	2,293	2,361	82.71
사료효율	3.20	2.99	3.07	3.11	0.17
2-4 주					
일당증체량	853	843	838	851	85.94
일당사료섭취량	3,208	3,403	3,365	3,397	286.47
사료효율	3.76	4.04	4.03	3.99	0.036
0-4 주					
일당증체량	783	798	792	805	47.12
일당사료섭취량	2,747	2,826	2,829	2,884	150.62
사료효율	3.51	3.54	3.57	3.58	0.18

* 유의차 없음.

표 2-5-17. 셀레늄과 비타민 E의 첨가수준을 달리 했을 때 영양소소화율 미치는 영향

비타민 E 셀레늄	15 IU/kg		30 IU/kg		표준오차
	0.15 mg/kg	0.3 mg/kg	0.15 mg/kg	0.3 mg/kg	
건물	84.65	86.25	85.42	84.87	1.41
에너지	84.59	86.35	85.32	83.97	1.85
조단백질	83.44	83.57	83.03	82.06	1.32
조지방	75.97	74.30	72.63	73.16	3.69
칼슘	51.45	56.98	53.42	60.29	6.09
인	50.45	45.51	51.39	52.46	4.87

* 유의차 없음.

2) 도체성상

표 2-5-18는 도체성적 및 돈육의 품질을 조사한 결과이다. 도체성적은 사양성

적과 영양소소화율과 마찬가지로 각 처리간에 유의적인 차이는 없었다 ($p>0.05$).

표 2-5-18. 비타민 E와 셀레늄의 첨가수준을 달리 했을 때 도체성상에 미치는 영향

비타민 E 셀레늄	15 IU/kg		30 IU/kg		표준오차
	0.15 mg/kg	0.3 mg/kg	0.15 mg/kg	0.3 mg/kg	
도체성적					
지육율	68.71	67.24	68.21	67.33	1.62
정육율	46.91	46.77	47.80	48.22	2.00
등지방두께	30.00	28.67	29.67	28.67	1.29
산패도 (mg/kg)					
0일차	2.96	2.79	2.80	2.69	0.25
5일차	3.78	3.53	3.37	2.76	1.13
10일차	4.85 ^a	3.70 ^b	3.62 ^b	3.05 ^b	0.77
육즙손실 (%)					
5일차	7.13 ^a	5.76 ^{ab}	6.00 ^{ab}	3.41 ^b	2.01
10일차	7.96 ^a	8.27 ^a	8.36 ^a	5.82 ^b	1.60

^{ab} 각 처리간 유의차 있음 ($p<0.05$)

그러나 지방산패도와 육즙손실에서는 차이를 보이고 있다. 먼저 지방산패도를 살펴보면 0과 5일차에서는 처리간의 유의적인 차이가 없었다 ($p>0.05$). 그러나 10일차에는 셀레늄과 비타민 E의 첨가수준 차이에 따라 유의적인 차이 ($p<0.05$)를 보이고 있는데 비타민 15 IU/kg과 셀레늄 0.15 mg/kg가 지방산패도가 4.85 mg/kg 가장 높았다. 그리고 비타민 30 IU/kg과 셀레늄 0.30 mg/kg일때가 3.05 mg/kg로 가장 낮았다. 다음으로 육즙손실을 살펴보면 5일차에는 지방산패도와 비슷한 경향을 보이고 있다. 셀레늄과 비타민 E의 첨가량이 낮은 것보다 높은 것이 육즙손실이 적었다 ($p<0.05$). 10일차에서는 다른 처리구에 비해 셀레늄 0.30 mg/kg과 비타민 30 IU/kg첨가한 구의 육즙손실이 가장 낮았다 ($p<0.05$).

이상의 결과는 비육돈사료에 비타민 E와 셀레늄의 함량을 증가시키면 조직내 비타민 E 수준이 증가했고 돈육의 안정성 (지방산패도)이 개선되고 육즙손실을 감소시킬수 있었다고 보고한 Jensen 등 (1997) 및 Lauridsen 등 (1999b)의 보고와

일치하는 결과였다.

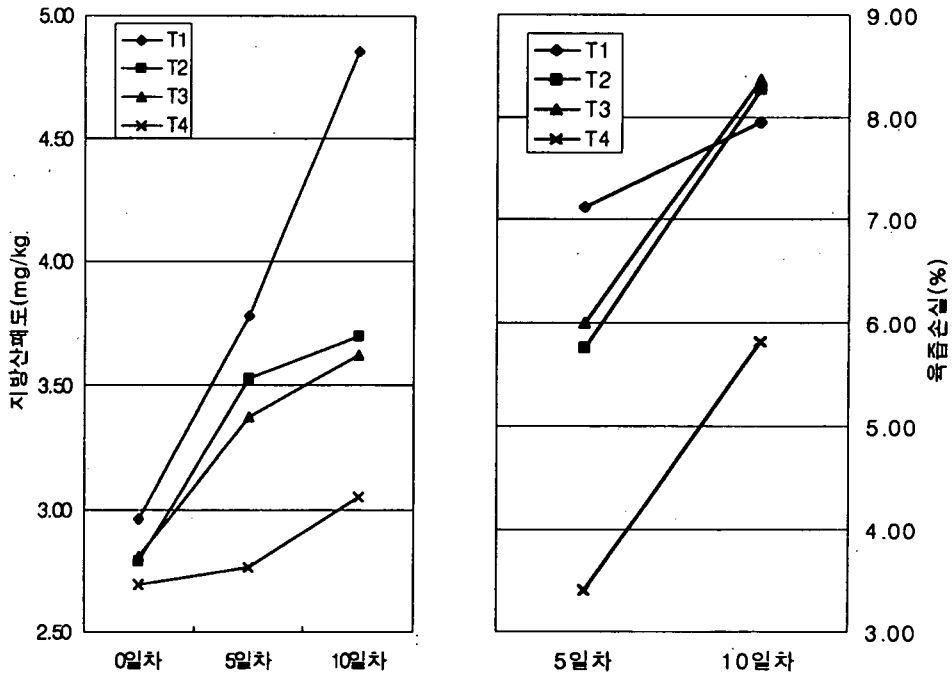


그림 2-5-2. 비타민 E와 셀레늄의 첨가수준에 따른 지방산패도와 육중손실
 (T1: 비타민 15 IU/kg과 셀레늄 0.15 mg/kg T2: 비타민 15 IU/kg과 셀레늄 0.30 mg/kg
 T3: 비타민 30 IU/kg과 셀레늄 0.15 mg/kg T4: 비타민 30 IU/kg과 셀레늄 0.30 mg/kg)

라. 결 론

셀레늄과 비타민 E를 0.3 mg/kg과 30 IU/kg으로 급여하는 것은 비육돈의 사양 성적이나 영양소소화율에는 아무런 효과가 없지만, 돈육의 저장성에는 큰 영향을 미치는 것으로 사료된다.

마. 참고문헌

AOAC. 1990. Official method of analysis (15th ed). Association of Official Analytical Chemists. Arlington, VA.

Edmond, M. S. and B. E. Arentson. 1999. Effect of supplemental vitamins and trace

- minerals on performance and carcass quality in finishing pigs. *J. Anim. Sci.* 77 (Suppl. 1):129 (abstr.).
- Jensen, C., J. Guidera, I. M. Skovgaard, H. Staun, L. H. Skibsted, S. K. Jensen, A. J. Moller, J. Buckley and G. Bertelsen. 1997. Effects of dietary α -tocopherol deposition in porcine *m. psoas major* and *m. longissimus dorsi* and on drip loss, color stability and oxidative stability of pork meat. *Meat Sci.* 45:491.
- Lauridsen, C., S. Hojsgaard and M. T. Sorensen. 1999a. Influence of dietary rapeseed oil, vitamin E, and copper on the performance and the antioxidative status of pigs. *J. Anim. Sci.* 77:906-916.
- Lauridsen, C., J. H. Nielsen, P. Henckel and M. T. Sorensen. 1999b. Antioxidative and oxidative status in muscles of pigs fed rapeseed oil, vitamin E and copper. *J. Anim. Sci.* 77:105-115.
- Mavromichalis, I., J. D. Hancock, I. H. Kim, B. W. Senne, D. H. Kropf, G. A. Kennedy, R. H. Hines and K. C. Behnke. 1999. Effects of omitting vitamin and trace mineral premixes and (or) reducing inorganic phosphorus additions on growth performance, carcass characteristics and muscle quality in finishing pigs. *J. Anim. Sci.* 77:2700-2708.
- NRC. 1998. Nutrient requirement of swine (10th Ed.). National Academy Press, Washington, D. C.
- Patience, J. F. and D. Gillis. 1995. Removal of vitamins and trace minerals from finishing diets. *Annu. Res. Rep. Prairie Swine centre, Inc. Saskatchewan, Canada.* pp. 29-31.
- Patience, J. F. and D. Gillis. 1996. Impact of pre-slaughter withdrawal of vitamin supplements. *Annu. Res. Rep. Prairie Swine Centre, Inc. Saskatchewan, Canada.* pp. 29-32.
- SAS. 1985. SAS. User's Guide : Statistics, SAS Inst. Inc. Cary. NC.
- Shantha, N. C. and E. A. Decker. 1994. Rapid sensitive iron-base spectrophotometric methods for the determination of peroxide values in food lipids. *J. Assoc. Offic. Anal. Chem. Intl.* 77:421-424.
- Sinhhubber, R. O. and T. C. Yu. 1977. The 2-thiobarbituric acid reaction, an objective measure of the oxidative determination occurring in fats and oils. *J. Jan. Soc. Fish Sci.* 26:259-267.

(본 논문은 아세아태평양축산학회지에 게재 중임)

제 3 장 청정 냉장돈육 생산기술 개발에 관한 연구

제 1절 이상육 (PSE) 발생원인 구명과 발생억제 방법 개발

1. 사육조건 및 도살전 요인에 따른 PSE육 발생현황 구명

가. 서 론

국민소득의 향상과 더불어 식생활 pattern의 변화로 육류소비가 꾸준히 증가하고 있다. 국내의 육류소비경향을 보면 국민 1인당 연간 육류소비량이 1971년 5.2 kg에서 1997년에는 28.7 kg으로 증가하였으며, 이중 돈육이 15.3 kg으로 주종을 이루고 있다. 또한 WTO체제하에서 1997년 7월 1일부터 국내 돈육시장에서 수입이 완전 개방되어 국내의 돈육시장에서 외국산 냉장돈육과의 경쟁이 본격화되었다 (축협, 1998). 이에 따라 소비자의 질적 육구와 수출돈육에 적합한 육질의 돈육생산이 중요한 시점이다.

과거 돈육생산기술은 근육의 축적과 등지방 축적억제를 위한 강도 높은 선발로 이루어졌다. 이러한 강도 높은 선발은 돈육산업에 많은 이익을 증가시켰으나 (Oliver 등, 1991; 주와 김, 1994), 이러한 선발방법은 돈육의 육질을 저하시켜 외형적으로 육색이 창백 (pale)하고 조직이 매우 연약 (soft)하며 육즙의 손실 (exudative)이 매우 큰 돈육인 PSE (pale, soft, exudative)육의 발생을 증가시켰다 (Joo 등, 1995). 이러한 돈육은 소비자의 육구를 만족시키기 힘들며, 또한 가공특성에서 조차도 매우 열악하고 유통과정 중 감량의 발생으로 많은 경제적 손실이 발생한다 (Kaffuman, 1996).

이러한 문제로 과거 양돈 선진국 등에서는 1960년대부터 PSE돈육 억제를 위한 연구가 진행되어 왔다. PSE육에 대한 최초의 인식은 1914년 독일 소시지 가공업자들이 지육생산업자들에게 이들이 유통시킨 유난히 수분이 많고, 창백한 돼지고기에 대해 불평을 한 것에서 기인하였다 (Wismer-Pedersen, 1959). 이후 1931년 Bech는 창백한 고기의 발생을 나타내는 고기의 색 발현 모식도를 제작하였으며, 1950년대 중반이후부터 돈육의 창백함과 삼출성을 과학적인 문제로 인지하기 시작하였다 (Ludvigsen, 1954; Wismer-Pedersen, 1959).

Wismer-Pedersen (1959)은 이러한 이상육을 생산하는 생돈에서 특정한 증상이

나타나지 않기 때문에 질병이 아니며, 사후 취급과정에서 발생하는 것이라고 주장하였고, 이것을 'Watery Pork'라고 하였으며, Briskey와 Wismer-Pedersen (1961)은 사후 도체의 높은 온도와 낮은 pH의 조합에 의해서 PSE돈육이 발생한다고 하였고, 이것에 대해 최초로 'PSE (pale, soft, exudative)돈육'이라는 용어를 사용하였다. PSE육은 특히 등심이나 뒷다리부위에서 가장 많이 나타나며, 심한 경우에는 지육전체가 그와 같은 증상을 나타내게 된다 (Dalympl 등, 1969; Herring 등, 1971; Davis 등, 1972; Davis 등, 1974).

매우 열악한 육질특성을 가진 PSE육은 변성된 근육단백질로 인하여 낮은 보수력 (water holding capacity)을 갖게 되며 또한 세포 유리수 함량이 높아지게 됨에 따라 광선의 흡수를 적게 하여 외관이 육색을 창백하게 하고 (한과 김, 1986), 또한 삼출되는 육즙에는 수용성 단백질과 비타민 및 무기물 등이 포함되어 영양소 손실이 크며, 조리가열시 육즙분리가 심하여 다즙성 (juiciness)이 떨어지고 건조하여 기호성 (palatability)이 떨어진다고 보고되었다 (Flynn과 Bramblett, 1975; Fox 등, 1980; 강 등, 1995).

PSE돈육을 유발시키는데 영향을 미치는 PSS유전자를 가진 돼지는 고온, 밀사, 수송, 부주의한 사양관리 등으로 스트레스를 받으면 근육의 강직과 고열을 일으키고, 비정상적으로 과도한 신진대사 현상에 의한 malignant hyperthermia를 일으킨다 (Brooks와 Cassens, 1973; Fujii 등, 1991). 이러한 스트레스에 의해서 폐사를 하지 않으면, PSS유전자를 가진 돼지는 쉽게 PSE육을 생산한다.

이러한 유전적 요인 이외에도, 사양환경이나 도축전후의 처리방법 등에 의해서도 PSE육 발생에 영향을 미치는 것으로 알려져 있다 (Kauffman 등, 1992; Monin 등, 1999; Lee와 Choi, 1999). 특히 많은 도축전후의 환경요인들은 유전적 요인들과 복합적으로 나쁜 영향을 미치는 것으로 알려져 (Warriss, 1987), 농장에서 출하하여 도축되기까지의 일련의 과정에서 스트레스를 최소화하는 것이 육질 저하를 낮추는데 매우 필요하다. 그러나 사육조건, 수송방법, 계류, 도축전 처리방법 등에 의한 PSE 육 발생원인 구명에 대한 체계적인 연구는 거의 전무한 실정이다.

따라서 본 연구에서는 성별, 사양방법, 수송방법 및 거리 등 도살전 요인에 따른 PSE육 발생현황을 구명하는데 그 목적이 있다.

나. 재료 및 방법

1) 공시축

1997년 10월부터 1998년 9월까지 (주)도드람 양돈축협과 (주)한국냉장 증부공장의 협조를 받아서 각 관련농장에서 사양된 후 (주)도드람 유통과 (주)한국냉장

중부공장에 출하되어 도축된 돼지들 (150두)을 공시축으로 하여 제반 도체특성을 조사하였다. 그리고 제5흉추에서부터 제13흉추사이의 등심근을 공시재료로 하여 제반 육질특성과 PSE육 발생율을 조사하였다.

2) 도축전 요인

성별, 출하체중, 사육방법, 출하전 절식 및 계절 등의 도축전 요인은 (주)도드람 양돈축협과 (주)한국냉장 중부공장의 관련농가에 대한 기초자료와 (주)도드람 유통과 (주)한국냉장 중부공장의 도축자료를 토대로 분류하였다. 출하체중은 90~100, 100~110, 110~120 그리고 120 kg 이상으로 분류하였고, 성별분리사육은 생체중 30 kg부터 분리사육한 것으로 하였다. 출하전 절식은 출하 12시간이전까지의 사료급여를 하고 이후 사료급여를 중단한 것으로 하였으며, 계절의 분류는 12월, 1월, 2월을 겨울로, 3월, 4월, 5월을 봄으로, 6월, 7월, 8월, 9월을 여름으로, 10월, 11월을 가을로 하였다.

3) 조사항목

가) pH와 온도

강직전 근육의 pH는 5mM Sodium iodoacetate (in 150mM KCl solution)용액 30ml에 5g의 시료를 넣어 근육의 glycolysis를 억제하여 1시간이내의 pH (pH1)로 측정하였고, 강직후 근육의 pH인 도축후 24시간후의 pH (pHu)는 시료 10g에 증류수 100ml를 가한후 측정하였다. 모든 시료는 Homogenizer (Bihon seiki, Ace, Japan)로 7,000rpm에서 1분간 균질시킨 후, Digital pH meter (Mettler Delta 340, Mettler-Tolede, Ltd., UK)로 측정하였다. 도체온도는 심부온도계 (Model Delta PC-9400, Sato Keiryoki Mfg, Co. Ltd., Japan)를 사용하여 도축후 1시간이내 (Temp1)에 측정하였다.

나) 육색

돈육의 표면육색은 백색판 (L^* , 89.39; a^* , 0.13; b^* , -0.51)으로 표준화시킨 Spectro Colormeter (Model JX-777, Color Techno. System Co., Japan)로 측정하였는데, 이때 광원은 백색형광등 (D65)을 사용하여 Hunter Lab 표색계의 L^* , a^* , b^* 값으로 나타내었다.

다) 보수력 (Water holding capacity)

등심근의 보수력은 Miller와 Harrison (1965)의 여지압착법에 따라 보수력 측정기 (Carver®, Carver Inc., USA)를 사용하여 2g의 시료를 여과지에 놓고 flexible glass를 사용하여 10,000psi에서 5분간 압착한 후 육즙면적과 유리수분 면적을 비

율로 다음 식에 의해서 측정하였다.

$$\text{보수력} = \frac{\text{유리된 수분면적}}{\text{육피면적}}$$

4) 통계분석

본 실험의 통계처리는 SAS (1990a)의 일반선형모델 (general linear model)에 의해 수행하였고 Tukey test로 유의성 5%수준에서 다중분석을 하였고, 도체특성과 육질특성에 대한 상관관계를 분석하였다 (SAS, 1990b).

다. 결과 및 고찰

1) 성별에 따른 PSE육 발생현황

성별에 따른 육질특성과 도체특성 그리고 PSE육 발생을 조사 결과는 표 3-1-1에서 보는 바와 같다. 조사된 전체 150두에 대한 평균 발생율은 26.6%로서 다소

표 3-1-1. 성에 따른 고기 및 도체 특성^A 과 PSE 발현율

성	pH ₁	Temp ₁	Color	WHC	Backfat	Incidence of PSE (%)
Barrow	5.87±0.34	36.4±4.09	53.7±4.94	1.35±0.55	22.7±5.16 ^a	29.8
Gilt	5.92±0.33	35.4±3.36	52.7±4.26	1.43±0.51	19.6±5.03 ^b	25.0

A pH₁, 1 hour postmortem pH; Temp₁, 1 hour postmortem temperature (°C); Color, Hunter L* (lightness) value; WHC, water holding capacity; Backfat, backfat thickness (mm)

^{a,b} 같은 줄내에서 다른 어깨문자 사이에 p<0.05수준에서 유의차가 있음.

높은 경향이였다. 성에 의한 발생율은 거세돈이 암퇘지보다 높은 PSE육 발생율을 나타내었다 (29.8% vs 25.0%). 이와 같은 결과는 김 (1998)이 암퇘지, 수퇘지 및 거세돼지를 조사한 결과, 44.6, 50.7 및 53.5%로 거세돼지가 높은 PSE율을 나타내었다고 하여 본 조사의 발생율보다는 다소 높았으나 유사한 경향을 나타내었다. 거세돈이 암퇘지보다 높은 발생율을 나타내는 것에 대해 Eikelenboom 등 (1974)과 Warriss (1984) 그리고 김 등 (1996)은 암퇘지와 수퇘지의 경증 (DFD)발생율이 거세돈에 비해 높게 나타났기 때문에 거세돈에서 PSE육의 발생율이 높게 나타난다고 하였다. 그러나 Wismer-Pedersen (1959)은 암퇘지가 거세돈보다 평균 6~10%정도 높은 PSE육 발생율을 나타내었다고 하여 본 조사와 상이한 차이를 나타내었다.

2) 출하체중에 따른 PSE육 발생현황

출하체중에 의한 육질특성과 도체특성 그리고 PSE육 발생률 조사결과는 표 3-1-2에서 보는 바와 같다. 출하체중별로는 출하체중이 무거울수록 유의적으로 높은 발생율을 나타내었는데 특히 110 kg이상의 출하체중에서 이보다 낮은 체중보다 높은 발생율을 나타냈다 (28.8%, 38.2%). 이러한 결과는 체중의 증가로 인한 등지방층 두께의 증가로 기인한 것으로 사료되었다. 박과 이 (1981)는 도축 후 과도한 등지방의 축적은 도체의 냉각속도를 저하시켜 이상육을 발생시키는 하나의 요인으로 작용한다고 하였으며, 박 등 (1985)은 돼지의 축적지방이 육질특성에 미치는 영향을 조사한 결과 2.1 cm이상의 등지방층 두께는 PSE육 발생율을 증가시킨다고 하였으며, Hart와 Sybesma (1964)는 등지방층이 단열판의 역할을 하므로 도체의 등지방층에 제거한 후에 냉각을 하여 효율을 높이고 육질을 개선시켰다고 하였다. 그리고 Garipey 등 (1989)은 적외선 온도계를 사용하여 도축전 돼지의 피부온도를 측정된 결과, 피부온도 32℃이상의 돼지에서 이상육으로 분류되는 정도가 71%라 하였고, 32℃이하의 온도에서는 50%미만의 이상육이 발생하여, 돼지의 도축전 온도가 이상육 발생에 영향이 있다고 하였다. 그러나 또 다른 조사에서는 등지방층이 얇은 돼지에서 PSE육 발생율이 높다고 하여 (Webb 등, 1982; Warriss와 Brown, 1987; Remple 등, 1995), 앞으로 이에 대한 조사가 더 필요할 것으로 사료된다. 또한 체중의 증가에 대해 김 등 (1996)은 도체중이 증가할수록 평균 등지방두께도 증가하며 최종 pH도 유의적으로 증가한다고 하였으나 ($P < 0.05$), 본 조사에서는 pH의 변화가 나타나지 않았다. 또한 도체중이 증가할수록 DFD육의 발현율이 높았다고 하여 본 실험과 상이한 결과를 나타내었다. 이러한 이유에 대해 김 (1998)은 돼지의 균일성 차이가 많을 경우 경향이 다를 수 있다고 하였다.

표 3-1-2. 출하체중에 따른 고기 및 도체 특성과 PSE 발현율

출하체중 (kg)	pH ₁	Temp ₁	Color	WHC	Backfat	Incidence of PSE (%)
90~100	5.97±0.45	35.0±1.55	50.9±3.36	1.27±0.51 ^D	19.2±6.02 ^D	22.2
100~110	5.87±0.29	36.4±3.66	51.9±4.81	1.27±0.44 ^b	20.7±5.14 ^{ab}	25.0
110~120	5.89±0.36	36.1±4.11	53.2±4.71	1.40±0.56 ^b	21.3±5.21 ^{ab}	28.8
120 over	5.76±0.32	37.7±3.83	54.3±4.64	1.71±0.68 ^a	24.9±5.13 ^a	38.2

^A 표 3-1-1 주석 참조.

^{a,b,c} 같은 줄내에서 다른 어깨문자 사이에 $p < 0.05$ 수준에서 유의차가 있음.

3) 성별분리사육에 따른 PSE육 발생현황

성별분리 사육방법에 의한 육질특성과 도체특성 그리고 PSE육 발생율은 표

3-1-3에서 나타내었다. 분리사육을 한 경우 혼합사육보다 PSE육 발생율이 다소 높게 나타났다 (28.3% vs 25.0%). 등지방의 두께가 분리사육에서 혼합사육보다 두껍게 나타난 것은 아마도 분리사육시 출하체중을 높이기 위해 등지방층이 두꺼워진 것으로 사료된다. 혼합사육을 할 경우 돼지의 균일성이 떨어지기 때문에 거세돈의 경우 충분한 증체가 이루어지지 않은 것으로 사료되며, 분리사육시 돈 균관리가 용이하기 때문에 전체적으로 고른 증체가 이루어진 것으로 사료된다.

표 3-1-3. 성별분리사육에 따른 고기 및 도체특성^a과 PSE 발현율

Breeding method	pH ₁	Temp ₁	Color	WHC	Backfat	Incidence of PSE (%)
Separated	5.87±0.33	37.1±3.46	53.2±4.71	1.36±0.54	22.5±5.11 ^a	28.3
Mixed	5.95±0.36	36.1±3.64	51.4±4.18	1.30±0.46	19.2±5.01 ^b	25.0

^a 표 3-1-1 주석 참조.

^{a,b,c} 같은 줄내에서 다른 어깨문자 사이에 p<0.05수준에서 유의차가 있음.

4) 출하전 사료급여에 따른 PSE육 발생현황

출하전 사료급여방법에 따른 육질특성과 도체특성 그리고 PSE육 발생율을 표 3-1-4에 나타내었다. 일반적으로 사료는 육질에 크게 영향을 미치지 않는으나, 도살전 시기에 근육내 글리코젠 함량에 변화를 줄 수 있는 특정사료의 급여는 육질에 영향을 줄 수 있다. 특히 전분질 사료와 설탕급여는 고갈된 근육의 글리코젠을 회복하게 하고 사후 pH저하를 정상적으로 일어나게 한다. 그러나 내장적출과정을 용이하게 하고 소화관으로부터 도체의 미생물오염을 최소화하기 위하여 도살전 24시간동안 급이를 중단하는 것이 바람직하다 (강 등, 1985; Judge 등, 1989; 김 등, 1998). 출하전 절식이 급식보다 PSE육 발생율이 낮게 나타났다 (21.8 vs 37.1%). 김 (1998b)에서 실험한 수송전 사료급여 여부와 계류시간의 영향에서 전반적으로 출하전 사료급여를 한 돼지들이 출하전 사료급여를 받지 못한 돼지보다 높은 PSE육 발생을 나타내었다고 하였다. Bath-Smith와 Bendall (1949)는 48~72시간의 절식이 토끼에서 최종 pH를 5.9에서 6.5로 증가시킨다고 하였으며, Eikelenboom 등 (1991)은 이동하기 전의 절식이 고기의 최종 pH를 높일수 있다고 하였다. 본 조사에서는 출하전 절식이 사료급여를 받은 돼지보다 도축후 1시간이 내의 pH에서 유의적인 차이는 없으나, 다소 높은 것으로 나타났으며 PSE육 발생을 또한 절식이 사료급여구보다 낮은 발생율을 나타내어 절식이 PSE돈육의 발생을 억제할 수 있다고 사료된다.

표 3-1-4. 출하전 사료 급여에 따른 고기 및 도체^A 특성과 PSE 발현율

Feeding before transportation	pH ₁	Temp ₁	Color	WHC	Backfat	Incidence of PSE (%)
Feed	6.01±0.38	35.6±3.57	49.5±4.42	1.30±0.52	21.3±5.15	21.8
withdrawal	5.82±0.28	37.6±3.62	54.2±3.24	1.34±0.45	22.3±5.08	37.1

^A 표 3-1-1 주석 참조.

5) 계절에 따른 PSE육 발생현황
 계절에 의한 육질특성과 도체특성 그리고 PSE육 발생을 조사결과는 표 3-1-5에서 보는 바와 같다. 계절별 발생율로는 겨울이 가장 낮은 발생율을 나타내었고 (21.47%), 그 다음 봄과 가을이 높았으며 (32.6, 35.4%), 여름철이 가장 높은 발생율 (40.0%)를 나타냈었다.

표 3-1-5. 계절에 따른 고기 및 도체특성과 PSE 발현율

Season	pH ₁	Temp ₁	Color	WHC	Backfat	Incidence of PSE (%)
Winter	5.83±0.35 ^c	34.8±5.59 ^c	49.2±5.84 ^a	1.56±0.50 ^a	21.6±4.95 ^{ab}	21.5
Spring	6.15±0.33 ^a	38.1±0.99 ^{ab}	49.1±6.11 ^a	1.23±0.37 ^b	24.7±4.99 ^a	32.6
Summer	5.89±0.36 ^{bc}	40.3±0.78 ^a	56.1±0.10 ^a	1.04±0.30 ^b	23.4±5.63 ^{ab}	40.0
Autumn	5.94±0.26 ^b	37.2±3.23 ^{bc}	42.9±3.98 ^b	0.94±0.27 ^b	19.3±5.49 ^b	35.4

^{a,b,c} 같은 줄내에서 다른 어깨문자 사이에 p<0.05수준에서 유의차가 있음.

외국의 경우 Nishio (1976)는 일본의 PSE발생율은 봄 34.2%, 여름 46%, 가을 41.3%, 겨울 26.4%의 발생율을 나타내었다고 하였으며, Forrest 등 (1963)은 봄, 가을철로 같은 낮과 밤의 기온차가 심한 계절에는 발생율이 30-40%나 되었다고 하였다. 국내의 경우 박 등 (1985)은 년중 기온이 가장 낮은 1월과 2월에 각각 22.0%와 30.1%를 나타내 가장 낮은 발생율을 보였으며, 1월은 2월보다는 약 8%로 년평균 발생율보다 16.6% 낮은 발생율을 나타내었다. 기온의 상승과 더불어 발생율도 높아졌으며, 년중 기온이 높은 7, 8, 9월에 발생율이 가장 높았으며, 특히 9월은 48.7%의 발생율로 가장 높고 년평균 발생율보다도 약 10%높게 나타났다고 하였다. 또한 박과 이 (1980) 그리고 Lee와 Choi (1998)는 계절별과 월별 조

사에서 또한 유사한 결과를 나타내어 본 실험과 일치하는 경향을 나타내었다. 여름철 PSE육 발생율이 높은 이유는 외기온의 증가로 인하여 돼지들이 체온조절을 하기 위하여 호흡수의 증가 등이 stress로 가중되어 발생율이 높은 것으로 사료되었으며, 봄과 가을철의 높은 발생율은 낮과 밤의 기온차에 의한 것으로 김 (1998b)은 출하시간대별 발생율을 조사한 결과 낮과 밤에 PSE육 발생율이 높게 발생하여 하루중 높은 온도가 발생하는 시기에도 차이가 있다 하여 일교차가 큰 봄과 가을철에도 높은 발생율을 나타낸 것으로 사료되었다.

라. 요 약

평균 PSE 발생율은 26.6%로서 다소 높은 경향이었으며, 성에 의한 발생율은 거세돈이 암돼지보다 높은 PSE육 발생율을 나타내었다 (29.8% vs 25.0%). 또한 출하체중이 무거울수록 유의적으로 높은 발생율을 나타내었는데 특히 120 kg 이상의 출하체중에서 이보다 낮은 체중보다 높은 발생율을 나타내었다 (28.8%, 38.2%).

성별분리 사육방법에 의한 PSE발생율에서 분리사육을 한 경우 혼합사육보다 PSE육 발생율이 다소 높게 나타났다 (28.3% vs 25.0%). 출하전 사료급여방법에 따른 발생율은 출하전 절식이 급식보다 PSE육 발생율이 낮게 나타났다 (21.8 vs 37.1%), 계절별 PSE육 발생율을 보면, 겨울이 가장 낮은 발생율을 나타내었고 (21.5%), 그 다음 봄과 가을이 높았으며 (32.6, 35.4%), 여름철이 가장 높은 발생율을 (40.0%)를 나타내었다.

라. 참고문헌

- Ashmore, C. R. and L. Doerr. 1971. Comparative aspects of muscle fiber types in different species. *Exp. Neurol.* 31:431.
- Augustini, C. and K. Fischer. 1982. Physiological relation of slaughter animals during transport. In: *Transport of animals intended for breeding, production and slaughter* ed. R. Moss, The Hague, Netherlands, Martinus Nijhoff Publishers. p. 125.
- Barton-Gade, P. A. 1984. Influence of halothane genotype on meat quality in pigs subjected to various preslaughter treatments. *Proc. European Meeting of Meat Res. Works.* 30:8.
- Barton-Gade, P. A. and E. V. Olsen. 1985. Experience in measuring the meat quality of stress-susceptible pigs. In: *Evaluation and Control of Meat Quality in Pigs* (Ed. P. V. Tarrant, G. Eikelenboom and G. Monin). Martinus Nijhoff Publishers,

- Dordrecht, Netherlands. p. 117.
- Bate-Smith, E. C. and J. R. Bendall. 1949. *J. Physiol.* 110:47.
- Beattie, V. E., R. N. Weatherup, B. W. Moss and N. Walker. 1999. The effect of increasing carcass weight of finishing boars and gilts on joint composition and meat quality. *Meat Sci.* 52:205.
- Bech, N. 1931. *Beretin. Forsogslab.* 139:1.
- Bendall, J. R., A. Cuthbertson and D. P. Gatherum. 1966. A survey of pH1 and ultimate pH values of British progeny-test pigs. *J. Food Technol.* 1:201.
- Borggaard, C., J. R. Andersen and P. A. Barton-Gade. 1989. Further development of the MQM-equipment for measuring water holding capacity and intramuscular fat on-line. *Proc. 35th International Congress of Meat Sci. and Technology.* Copenhagen, Denmark. p. 212.
- Briskey, E. J. 1964. Etiological status and associated studies of pale, soft, exudative porcine musculature. *Adv. Food Res.* 13:89.
- Briskey, E. J. and J. W. Wismer-Pedersen. 1961. Biochemistry of pork muscle structure. I. Rate of anaerobic glycolysis and temperature change. *J. Food Sci.* 26:297.
- Brooks, G. A. and R. G. Cassens. 1973. Respiratory functions of mitochondria isolated from stress-susceptible and stress-resistant pigs. *J. Anim. Sci.* 37:688.
- Brown, S. N. 1992. A Note of the Use of Subjective Methods for Assessing Pig Meat Quality on the Slaughter line. *Meat Sci.* 32:195.
- Cannon, J. E., J. B. Morgan, F. K. McKeith, G. C. Smith, S. Sonka, J. Heavner and D. L. Meeker. 1996. Pork chain quality audit survey: Quantification of pork quality characteristics. *J. Muscle Foods.* 7:29.
- Carr, T. R., R. G. Kauffman, D. L. Meeker and D. J. Meisinger. 1997. Factors reducing pork value. *Pork Industry Handbook. PIH-135.* Purdue University Cooperative Extension Service, West Lafayette, IN. p. 1
- Chizzolini, R., E. Novelli, A. Badiani, G. Delbono and P. Rosa. 1993a. Objective evaluation of pork quality: results of on-line measurements. *Meat Sci.* 34:79.
- Chizzolini, R., E. Novelli, A. Badiani, P. Rosa and G. Delbono. 1993b. Objective measurements of pork quality: evaluation of various techniques. *Meat Sci.* 34:49.
- Cuthbertson, A. and R. W. Pomery. 1970. The effect of length journey by road to abattoir, resting and feeding before slaughter on carcass characteristics in bacon weight pigs. *Anim. Prod.* 12:37.
- Dalrymple R. H. and R. F. Kelly. 1969. Incidence of PSE pork in Midwestern and

- Southern Hogs. *J. Anim. Sci.* 29:120(Abstr.).
- Davis C. E., H. C. Townsend, H. C. McCampbell and A. J. Mercuri. 1974. Evaluation of the character and incidence of PSE in a herd of Southeastern Grown Experimental Pigs. *J. Anim. Sci.* 385:746.
- Davis C. E., W. E. Townsend and A. J. Mercuri. 1972. Evaluation of PSE in southeastern grown experiment pigs. *J. Anim. Sci.* 35:220(Abstr.).
- Doty. 1959. Physical method. In "The Science of Meat and Meat Products." Freeman, San Francisco. p.232.
- Eagerman, B. A., F. M. Clydesdale and F. J. Francis. 1977. Determination of fresh meat color by objective methods. *J. Food Sci.* 42:707.
- Eikelenboom, G. and Nanni Costa. 1988. Fibre Optic Probe Measurements in Landrace Pigs of Different Halothane Phenotypes. *Meat Sci.* 23:9.
- Eikelenboom, G., A. H. Bolink and W. Sybesma. 1991. Effects of feed withdrawal before delivery on pork quality and carcass yield. *Meat Sci.* 29:25.
- Eikelenboom, G., D. R. Campion, R. G. Kauffman and R. G. Cassens. 1974. Early postmortem methods of detecting ultimate porcine muscle quality, *J. Anim. Sci.* 39:303.
- Eisenberg, B. R. 1975. Can electron microscopy distinguish fiber type? In: Recent Advances in Myology. *Excerpta Med. Int. Cong. Ser. Excerpta Med.*, Amsterdam. 360:316.
- Flynn A. W. and Branblett. 1975. Effects of Frozen Storage, Cooking Method quality on attributes of Pork Loins. *J. Food Sci.* 40:631.
- Forrest, J. C., E. D. Alberle, H. B. Hedrick, M. D. Judge and R. A. Merkel. 1975. Principle of Meat Science. Freeman, San Francisco, California.
- Forrest, J. C., R. F. Gundlach and E. J. Briskey. 1963. A preliminary survey of the variations in certain pork ham muscle characteristics. *Proc. XV Research Conf. Am. Meat Inst. Found.*
- Fox, J. D., S. A. Wolfram, J. D. Kemp and B. E. Langlois. 1980. Physical, Chemical, Sensory, and Microbiological Properties and Shelf Life of PSE and Normal Pork Chops. *J. Food Sci.* 45:786.
- Fujii, J., K. Otsu, F. Zorzato, D. D. Leon, V. K. Khanna, J. E. Weiler, P. J. O'Brien and D. H. MacLennan. 1991. Identification of a mutation in porcine ryanodine receptor associated with malignant hyperthermia. *Science.* 253:448.
- Garipey C., J. Amiot and S. Nadai. 1989. Ante-mortem detection of PSE and DFD by Infrared Thermography of Pigs before Stunning. *Meat Sci.* 25:37.

- Garrido, M. D., S. Pedauyé, S. Banon and J. Laencina. 1994. Objective assessment of pork quality. *Meat Sci.* 37:411.
- Greene, B. E., I. Hsin and M. W. Zpser. 1971. Retardation of oxidative color changes in raw ground beef. *J. Food Sci.* 36:940.
- Hart, P. C. and W. Sybesma. 1964. Einfluss von der Entfernung der Speckhaut auf Fleischqualität bei Schweinen. Proc. Eup. Meet. Meat Res. Workers, 10th, 1964.
- Herring, H. K., J. H. Haggard and L. J. Hansen. 1971. Studies on chemical and physical properties of pork in relation to quality. *J. Anim. Sci.* 33:758.
- Honikel, K. O. 1987. Influence of chilling on meat quality attributes of fast glycolysing pork muscles. In: Evaluation and control of meat quality in pigs. eds. P.V. Tarrant Martinus Nijhoff Publ. p. 273.
- Honkavaara, M. 1989a. Influence of selection phase, fasting and transport on porcine stress and on the development of PSE pork. *J. Agric. Sci. Finland.* 61:415.
- Honkavaara, M. 1989b. Influence of lairage on blood composition of pig and on the development of PSE pork. *J. Agric. Sci. Finland.* 61:425.
- Houde, A., S. A. Pommier and R. Roy. 1993. Detection of the ryanodine receptor mutation associated with malignant hyperthermia in purebred swine population. *J. Anim. Sci.* 71:1414.
- Joo, S. T., B. C. Kauffman, B. C. Kim and C. J. Kim. 1995. The relationship between color and water-holding capacity in post-rigor porcine longissimus muscle. *J. Muscle Food.* 6:211.
- Judge, M. D., E. D. Aberle, J. C. Forrest, H. B. Hedrick and R. A. Merkel. 1989. Principles of Meat Science. 2ed. Kendall/Hunt Pub. Co. USA.
- Kauffman, R. G., R. G. Cassens, A. Scherer and D. L. Meeker. 1992. Variations in pork quality : history, definition, extent, resolution. Natl. Pork Producers Council. Des Moines, IA.
- Kauffman, R. G. 1996. Assessing Annual Defensible and Potential Losses Due to Quality Problems in the U.S. Pork Industry. *Meat Sci and Muscle Biol. Lab. Univ. Wisconsin-Madison.*
- Khan, M. A., J. M. Papadimitriou and B. A. Kakulas. 1974. The effect of temperature on the pH stability of myosin ATPase as demonstrated histochemically. *Histochemistry.* 38:181.
- Lambooy, E. and B. Engel. 1991. Transport of slaughter pigs by truck over a long distance: Some aspects of loading density and ventilation. *Livest. Prod. Sci.* 28:163.

- Lee, Y. B. and Choi. 1999. PSE (pale, soft, exudative) Pork : The Causes and Solutions. *Asian-Aus. J. Anim. Sci.* 12(2):244.
- Ludvigsen, J. 1954. Undersogelser on rigor mortis in whale muscle. *Bichim. et Biophys. Acta.* 9:127.
- MacLennan, D. H. and M. S. phillips. 1992. Malignant Hyperthermia. *Science.* 256:789.
- Malmfors, G. 1982. Studies on some factors affecting pig meat quality. *Proc. European Meet. of Meat Res. Workers.* 28:21.
- Martoccia, L., G. M. Brambilla, G. Moccia and E. Cosentino. 1995. The effect of transport on some metabolic A. Parameters and meat quality in pigs. *Meat Sci.* 40:271.
- Miller, W. M. and D. L. Harrison. 1965. Effect of marination in sodium hexametaphosphate solution on the palatability of loin steaks, *Food Technol.* 19:94.
- Monin, G., C. Larzul, P. Le Roy, J. Culioli, J. Mourot, S. Rousset-Akrim, A. Talmant, C. Touraille and Sellier PMonin. 1999. Effects of the halothane genotype and slaughter weight on texture of pork. *J. Anim. Sci.* 77(2):408
- Murray, A. C., S. D. M. Jones and A. P. Sather. 1989a. The effect of preslaughter feed restriction and genotype for stress susceptibility on pork lean quality and composition. *Can. J. Anim. Sci.* 69:83.
- Nakajimam, E., T. R. Matsumoto, R. Yamada, K. Kawakami, K. Takede, A. Ohnishi and M. Komatsu. 1996. Technical notes: Use of a PCR-single strand conformation polymorphism (PCR-SSCP) for detection of a point mutation in the swine ryanodine receptor (RYR1) gene. *J. Anim. Sci.* 74:2904.
- Nishio, S. 1976. What is Huke Meat in pigs. *Animal Husbandry Japan.* 30:951
- O'Brien, P. J. H. Shen, C. R. Cory and X. Zhzng. 1993. Use of a DNA-based test for the mutation associated with porcine stress syndrome (malignant hyperthermia) in 10,000 breeding swine. *J. Am. Vet. Med. Assoc.* 203:842
- Oliver, L., H. Lagant, J. Gruand and M. Molnat. 1991. Genetic progress in Large White and French Landrace pigs from 1977 to 1987. *J. Rech. Porcine France.* 23:389.
- Rempel, W. E., M. Lu, D. E. Kandelgy, C. F. H. Kennedy, L. R. Irvi, J. R. Mickelson and D. F. Louis. 1995. The effect of skeletal muscle ryanodine receptor genotype on pig performance and carcass quality traits. *Anim. Sci.* 60:249.

- Santos, C. J. M. Almeida, E. C. Matias, M. J. Fraqueza, C. Roseiro and L. Sardina. 1997. Influence of lairage environmental conditions and resting time on meat quality in pigs. *Meat Sci.* 45:253.
- Santos, C., L. C. Roseiro, H. Goncalves and R. S. Melo. 1994. Incidence of different pork quality categories in a Portugese slaughterhouse: A survey. *Meat Sci.* 38:279.
- SAS. 1980a. SAS Procedures Guide for Personal computers, Version 6 Edition. SAS Institute Inc.
- SAS. 1980b. SAS/STAT Guide for Personal computer, Version 6 Edition. SAS Institute Inc.
- Schmittgen, F., H. K. Schepers, H. Jungst, U. Reul and A. Festerling. 1984. Meat quality in the pig: Experiments in determining it. *Fleischwirts.* 64:1238.
- Schwore, D., J. Blum and A. Rebsamen, A. 1980. Parameters of meat quality and stress resistance of pigs *Livest. Prod. Sci.* 7:337.
- Seidler, D., E. Bartnick and B. Nowak. 1985. PSE detection using a modified MS tester compared with other measurements of meat quality on the slaughterline. In: *Evaluation and Control of Meat Quality in Pigs* (Ed. P. V. Tarrant, G. Eikelenboom and G. Monin). Martinus Nijhoff Publishers, Dordrecht, Netherands. p. 175.
- Snyder, H. E. 1965. Analysis of pigments at the surface of fresh beef with reflectance spectrophotometry. *J. Food Sci.* 30:457.
- Stalder K. J., K. J. Chstalder, J. Maya, L. L. Christian, S. J. Moeller and K. J. Prusa. 1998. Effect of preslaughter Management on the quality of carcasses from, Porcine Stress Syndrome Heterozygous Market Hogs. *J. Anim. Sci.* 76(9):2435.
- Swatland, H. J. 1987. Remote monitoring of postmortem metabolism in pork carcasses. In: *Evaluation and Control of Meat Quality in Pigs* (Ed. P. V. Tarrant, G. Eikelenboom and G. Monin). Martinus Nijhoff, Dordrecht. p. 143.
- Swatland, H. J. and R. G. Cassens. 1973. Observations on the postmortem histochemistry of myofibers from stress susceptible pigs. *J. Anim. Sci.* 37:385.
- Taylor, A. A., S. J. Dant and J. W. L. French. 1973. Processing Wiltshire bacon form PSE-prone pigs. *J. Food Technol.* 8:167.
- Todd See, Kelly Zering and O. W. Robinson. 1998. Economic Value of Pork Quality Traits. North Carollna State University, NPPC. Internet.
- van der Wal, P. G., B. Engel, G. van Beek and C. H. Veekamp. 1995. Chilling pig carcasses: effects on temperature, weight loss and ultimate meat quality. *Meat Sci.* 40:193.

- van der Wal, P.G., A. H. Bolink and G. S. M. Merkus. 1988. Difference in quality characteristics of normal, PSE, DFD pork. *Meat Sci.* 24:79.
- van Laack, R. L. J. M. and F. J. M. Smulders. 1992. On the assessment of water-holding capacity of hot-vs cold-boned pork. *Meat Sci.* 32:139.
- Warris, P. D. and S. N. Brown. 1987. The relationship between initial pH, reflectance and exudation in pig muscle. *Meat Sci.* 20:65.
- Warriss, P. D. 1984. Incidence of carcass damage to slaughter pigs. *Proc. European meetings of meat research worker.* vol. 30:17.
- Warriss, P. D., S. N. Brown and S. J. M. Adams. 1991. Use of the Tecpro prok quality meter for assessing meat quality on the slaughterline. *Meat Sci.* 30:147.
- Webb, A. J., A. E. Carden, C. Smith and P. Imlah. 1982. Porcine stress syndrome in pig breeding. *Proc. 2nd World Congr. Genet. Apple Livest. Prod., Madrid,* 5:588.
- Wismer-Pedersen, J. 1959. Quality of Pork in Relation to rate pH Change Post-Mortem. *J. Food Sci.* 24:711.
- Young, D. 1996. A retailers response on the quality of pork. *Proc. Recip. Meat Conf.* 49:447.
- 강창기, 박구부, 성삼경, 이무하, 이영현, 정명섭, 최양일. 1995. 식육생산과 가공의 과학. 선진문화사. p128.
- 김동훈. 1998a. PSE돈육 발생요인 및 측정방법 비교 연구. 서울대학교. 박사학위논문.
- 김동훈. 1998b. 새로운 축산기술. 물돼지 (PSE)고기 발생 원인과 방지요령. 축산기술연구소, 농촌진흥청. p.170
- 김천재. 1985. 육과 육제품의 보수력. *한국식육연구회보* 6 (1):45.
- 김천재, 이의수, 김병철, 주선태, 최도영, 강종욱, 유익중, R.G. Kauffman. 1996. PSE, RSE, RFN, DFD 돈육의 생화학적 및 조직학적 특성에 관한 연구. *한국축산식품학회지* 16 (2):235.
- 박영일, 박태섭, 신영수, 이학교, 김형균, 오하식, 손창준, 한재용. 1997. PCR-RFLP 기법을 이용한 PSS 표지 검색에 관한 연구. *Anim. Gene. and Breed.*, 1 (1):73.
- 박형기, 이재구. 1980. 이상 (PSE)돈육의 발생을 조사에 관한 연구. *한축지.* 22 (2):153.
- 박형기. 1980a. 이상 (PSE)돈육의 발생요인 조사 및 그 대책에 관한 연구. *한축지* 22 (6):447.
- 이유방, 1983. 미국의 돈육유통과 가공, 제3회 양돈산업진흥을 위한 국제 심포지움 발표 논문집. p.45.
- 이유방, 최양일. 1998. PSE (pale, soft, Exudative)돈육의 원인과 해결책. *세계축산학회 개최기념. 제2회 양돈인의 날 교재.* p121.

- 주선태, 김병철. 1994. 돈육질의 객관적 측정방법에 관한 조사. 한국축산식품학회지. 14 (1):90.
- 주선태. 1995. Identification, Measurement and Explanation of Factors Associated with Color and Water-holding Capacity of Porcine Muscle. 고려대학교. 박사학위논문.
- 축협. 1998. 축산물 가격 및 수급자료, 축협중앙회.
- 한석현, 김천재. 1986. 저장온도가 PSE이상돈육의 육질에 미치는 영향. 한축지. 28 (9):612.

(본 논문은 아세아태평양 축산학회지 12(2):244에 발표 되었음)

2. 도살전후 처리방법에 따른 PSE육 발생현황 및 PSE육 육질특성 구명

가. 서 론

국민소득의 향상과 더불어 식생활 패턴의 변화로 육류소비가 꾸준히 증가하고 있다. 국내의 육류소비경향을 보면 국민 1인당 연간 육류의 총 소비량이 1971년의 5.2 kg에서 1997년에는 28.7 kg으로 증가하였으며, 이중 돼지고기가 15.3 kg으로 주종을 이루고 있다. 최근에 와서 1인당 돈육소비량의 증가추세는 다소 둔화되는 경향을 나타내고 있으나, 아직도 다른 나라에 비해 소비량이 적고 국민소득이 증가함에 따라 소비량도 계속 증가할 것으로 전망된다. 이러한 소비량의 증가외에도 소비자는 더욱 위생적이며 양질의 돈육을 요구하는 추세에 있다. 또한 수입개방에 따라 1995년 10월부터 수입냉장돼지고기의 유통기한이 연장됨에 따라 외국산 냉장돈육과의 경쟁이 본격화될 것으로 보여, 국내산 돈육에 대한 국제적 수준의 품질향상 및 위생수준이 요구되고 있다.

과거 돈육생산기술은 근육의 축적과 등지방 축적억제를 위한 강도 높은 선발로 이루어졌다. 이러한 강도 높은 선발은 돈육산업에 많은 이익을 증가시켰으나 (Oliver 등, 1991; 주와 김, 1994), 이러한 선발방법은 돈육의 육질을 저하시켜 외형적으로 육색이 창백 (pale)하고 조직이 매우 연약 (soft)하며 육즙의 손실 (exudative)이 매우 큰 돈육인 PSE (pale, soft, exudative)육의 발생을 증가시켰다 (Joo 등, 1995). 이러한 돈육은 소비자의 욕구를 만족시키기 힘들며, 또한 가공특성에서 조차도 매우 열악하고 유통과정 중 감량의 발생으로 많은 경제적 손실이 발생한다 (Kaffuman, 1996).

PSE육을 생산하는 품종의 돼지는 PSS (Porcine Stress Syndrome)라 불리는 유전자를 보유한 것으로 밝혀졌으며, 품종별로 PSS유전자의 출현빈도는 2~30%의 변이를 갖는다. PSS돼지는 취약한 사양방법, 높은 환경온도, 밀접한 돈사조건에 의해 또는 운송중에 폐사할 확율이 높고, 도살후에도 PSE육을 생산한다. 따라서

PSS양성인자를 가지는 개체를 종돈에서 제거하면 PSE와 PSS를 줄일 수 있다. 그러나 최근의 연구결과에 의하면 PSS돼지가 아니더라도 농장에서의 출하과정, 수송과정 및 도축장에서의 도살전후 취급방법에 의해서도 PSE육 발생이 영향을 받는 것으로 밝혀졌다 (Kauffman 등, 1992; Monin 등, 1999; Lee와 Choi, 1999). 특히 많은 도축전후의 환경요인들은 유전적 요인들과 복합적으로 나쁜 영향을 미치는 것으로 알려져 (Warriss, 1987), 농장에서 출하하여 도축되기까지의 일련의 과정에서 스트레스를 최소화하는 것이 육질저하를 낮추는데 매우 필요하다. 그러나 사육조건, 수송방법, 계류, 도축전 처리방법 등에 의한 PSE 육 발생원인 구명에 대한 체계적인 연구는 거의 전무한 실정이다.

따라서 본 연구에서는 제 1세부과제의 조사항목에 연계하여 수송시간, 계류방법 및 도축전후 처리방법 등에 따른 PSE육 발생현황을 조사하며, 아울러 정상육과 PSE육의 육질 및 도체특성을 구명하는데 그 목적을 두었다.

나. 재료 및 방법

1) 공시축

1997년 10월부터 1998년 9월까지 (주)도드람 양돈축협과 (주)한국냉장 중부공장의 협조를 받아서 각 관련농장에서 사양된 후 (주)도드람 유통과 (주)한국냉장 중부공장에 출하되어 도축된 돼지들 (150두)을 공시축으로 하여 제반 도체특성을 조사하였다. 그리고 제5홍추에서부터 제13홍추사이의 등심근을 공시재료로 하여 제반 육질특성과 PSE육 발생율을 조사하였다.

2) 도축전 요인

수송시간, 계류시간 등의 도축전 요인은 (주)도드람 양돈축협과 (주)한국냉장 중부공장의 관련농가에 대한 기초자료와 (주)도드람 유통과 (주)한국냉장 중부공장의 도축자료를 토대로 분류하였다. 수송시간은 출하농장에서 해당도축장까지의 수송시간으로 하였으며, 계류시간은 (주)도드람 유통과 (주)한국냉장 중부공장의 도축장에 도착한 후부터 전살직전까지로 하였다.

3) 조사항목

가) pH와 온도

강직전 근육의 pH는 5mM Sodium iodoacetate (in 150mM KCl solution)용액 30 ml에 5 g의 시료를 넣어 근육의 glycolysis를 억제하여 1시간이내의 pH (pH1)로 측정하였고, 강직후 근육의 pH인 도축후 24시간후의 pH (pHu)는 시료 10 g에 증류수 100 ml를 가한후 측정하였다. 모든 시료는 Homogenizer (Bihon seiki, Ace, Japan)로 7,000 rpm에서 1분간 균질시킨 후, Digital pH meter (Mettler Delta 340,

Mettler-Tolede, Ltd., UK)로 측정하였다. 도체온도는 심부온도계 (Model Delta PC-9400, Sato Keiryoki Mfg, Co. Ltd., Japan)를 사용하여 도축후 1시간 이내 (Temp1)에 측정하였다.

나) 육색

돈육의 표면육색은 백색판 (L*, 89.39; a*, 0.13; b*, -0.51)으로 표준화시킨 Spectro Colormeter (Model JX-777, Color Techno. System Co., Japan)로 측정하였는데, 이때 광원은 백색형광등 (D65)을 사용하여 Hunter Lab 표색계의 L*, a*, b*값으로 나타내었다.

다) 보수력 (Water holding capacity)

등심근의 보수력은 Miller와 Harrison (1965)의 여지압착법에 따라 보수력 측정기 (Carver®, Carver Inc., USA)를 사용하여 2 g의 시료를 여과지에 놓고 flexible glass를 사용하여 10,000 psi에서 5분간 압착한 후 육즙면적과 유리수분 면적을 비율로 다음 식에 의해서 측정하였다.

$$\text{보수력} = \frac{\text{유리된 수분면적}}{\text{육괴면적}}$$

라) 가열감량 (Cooking loss) 및 전단력 (Shear Force)

등심근의 가열감량은 두께 2 cm의 스테이크를 70℃에서 40분간 가열하여 가열한 후의 감량을 가열전 무게로 나눈 백분율로 표시하였으며, 전단력은 70℃에서 40분간 가열한 후 1×1×2 cm³의 크기로 시료를 채취하여 table speed 110 mm/min, chart speed 20 mm/min, load cell 10 kg의 조건에서 Sun Rheo Meter (Compac-100, Sun Scientific Co. Ltd., Japan)로 측정하였다.

마) 관능검사

관능검사는 두께 2 cm의 등심근을 스테이크를 70℃에서 40분간 가열한 후 1×1×2 cm³의 크기로 나누어 관능검사요원으로 하여금 주관적인 방법으로 평가하였다. 이때 조사한 다즙성, 연도, 풍미, 전체기호도의 4가지 항목에 대하여 1점 (매우 건조하다, 매우 질기다, 매우 풍미가 나쁘다, 매우 나쁘다)부터 5점 (매우 다즙하다, 매우 연하다, 매우 풍미가 좋다, 매우 좋다)까지로 배점을 하여 실시하였다.

바) 일반성분

등심근의 수분, 단백질, 지방 및 회분 (%)은 AOAC방법 (1980)에 따라 건조법,

젤달법, 속실팳법 및 회화법을 사용하여 측정하였다.

사) 조직학적 검사

Isopatane을 액체질소 (liquid nitrogen)에 넣어 -70℃에 도달시킨 후 채취한 등심근을 집어넣고 순간동결 시킨 후 cryostat microtome (model Cryotome®E, Life Science International Ltd., UK)를 사용하여 두께 8 μm로 한 개의 시료당 3개의 연속동결절편을 만들었다. Myosin ATPase (m-ATPase)활성은 Brooke와 Kaiser (1969)의 방법에 따라 다음과 같이 실시하였다. 절편중 한 개는 산성 (pH 4.3)의 전처리액 (0.2 M Acetic acid 67.5 ml+0.2 M Sodium acetate 32.5 ml)에서 5분간, 또 하나는 알카리 (pH 10.5)의 전처리액 (0.1 M Sodium barbital 60 ml+0.18 M CaCl₂+ deionized water 210 ml)에서 30분간 20℃에서 처리 후, 기질로서 ATP를 함유한 용액 (pH 9.4)에 전자는 45분간, 후자는 20분간 처리하였다. 그리고 1% CaCl₂에서 3회세척한후 증류수로 2회 수세하였다. 이후 0.05 M Sodium barbital에서 세척한후 다시 증류수로 2회 세척하였다. 그리고 2% CoCl₂에서 5분간 침지한 후 다시 증류수로 2회 세척하여 0.5% Ammonium sulfate에서 1분간 침지하여 검출하였다. SDH (succinic dehydrogenase)활성은 Ashmore와 Doerr (1971)의 방법에 따라 용액 (37℃, pH 7.0)에서 45분간 반응시킨후 조직을 고정하여 검출하였다. M-ATPase 활성과 SDH반응이 검출된 조직표본을 사진기가 부착된 현미경 (Nikon Optiphot, Nikon, Japan)으로 100배의 배율로 사진촬영을 하였다. 근섬유 분류동정은 Khan (1974)의 방법에 따라 알카리 전처리후의 m-ATPase 활성이 낮고, 산 전처리후의 m-ATPase 활성이 높은 근섬유를 I-R형, 이와 반대형의 근섬유중에서 SDH 활성이 높은 근섬유를 II-R형, SDH 활성이 낮은 근섬유를 II-W형으로 구별하여 (Fig. 1), 각각의 근섬유 비율을 구하였고 직경과 면적을 planimeter로 측정하였다. 이때 근섬유의 직경은 단직경을 측정하였다.

아) 미세구조의 관찰

미세구조의 관찰은 Chang 등 (1976)의 방법을 기초로 하여, 등심근 시료를 0.5 × 1 × 1 mm³ 크기로 절단한 후 2.5% glutaraldehyde (in 0.5% phosphate buffer)용액에서 전고정한 후 1% osmium tetroxide로 후고정하여 30, 50, 75%, 80, 90, 95, 100%의 ethyl alcohol로 탈수하였고, 탈수후 propylene oxide와 epoxy resin을 사용하여 포매한 뒤 ultratome을 사용하여 절편을 만든후 lead acetate와 uranyl acetate로 염색한 뒤 투과형전자현미경 (Transmission electron microscope, Hitachi H-600, Japan)을 통해 12,000배에서 검경하였다.

4) 통계분석

본 실험의 통계처리는 SAS (1990a)의 일반선형모델 (general linear model)에 의

해 수행하였고 Tukey test로 유의성 5%수준에서 다중분석을 하였고, 도체특성과 육질특성에 대한 상관을 분석하였다 (SAS, 1990b).

다. 결과 및 고찰

1) 수송시간에 따른 PSE육 발생현황

수송시간에 따른 육질특성과 도체특성 그리고 PSE육 발생율을 표 3-1-6에 나타내었다. 수송시간이 증가할수록 PSE육의 발생율이 유의적인 증가를 나타내었다 ($p < 0.05$). 수송시간은 30분 이내일 때 가장 낮은 발생율을 나타내었으며 (29.5%) 수송시간이 증가할수록 PSE육 발생율이 증가하였으며, 특히 수송시간이 1시간 이상일 때 매우 발생율 (40.0%)이 큰 것으로 나타났다.

돼지는 수송중에 받는 스트레스로 인해 체온 상승이 일어나며 (Augustini와 Fischer, 1982) 이러한 체온 상승은 도축 직후의 근육 온도 상승으로 이어져 PSE 돈육 발생에 영향을 미치는 것으로 나타났다 (Honikel, 1987; van der Wal 등, 1995). 수송거리 및 시간과 돈육 품질과의 관계는 도축장에서 일반적으로 발생 가능한 도축전 돼지 취급 상황과 연계된 짧은 거리 (18 km)수송은 PSS음성돈에는 큰 영향이 없었으나 PSS양성돈은 육질이 저하하였고 (Schworer 등, 1980) 장거리 수송보다 단거리 수송이 PSE돈육 발생율이 높은 것으로 알려져 있으나 (Cuthebertson과 Pommery, 1970; Barton-Gade, 1984; Lambooy와 Engel, 1991; Martoccia 등, 1995) 그 반대의 결과도 있다 (Murray 등, 1989a). 장거리 수송 시 PSE육 발생율이 낮은 이유는 수송 피로에 의한 근육내 glycogen 고갈이 주된 원인으로 밝혀졌다 (Malmfors, 1982). 그러나 수송시간은 농가와 도축장간의 거리에 의하기 때문에 불가항력적인 요인이므로 바꾸기는 어려울 것이다. 그러나 수송시간이 120분 이상에서 등지방층의 두께가 다른 수송시간대의 등지방층보다 유의적으로 두꺼워 이것이 교호작용을 나타내 더욱 PSE육 발생에 영향을 미친 것으로 사료되었다.

표 3-1-6. 수송 시간에 따른 고기 및 도체특성^a 과 PSE 발현율

Transportation time (minute)	pH _i	Temp _i	Color	WHC	Backfat	Incidence of PSE (%)
within 30	5.91 ± 0.35	38.2 ± 3.43 ^a	52.7 ± 4.26 ^a	1.29 ± 0.48	20.9 ± 5.44 ^d	25.0
30 ~ 120	6.00 ± 0.16	36.2 ± 2.92 ^b	53.7 ± 4.49 ^b	1.38 ± 0.27	20.4 ± 1.34 ^b	29.5
over 120	5.84 ± 0.41	36.8 ± 3.48 ^{ab}	55.3 ± 6.44 ^b	1.53 ± 0.65	25.6 ± 2.72 ^a	40.3

^a 표 3-1-2 주석 참조.

^{a,b,c} 같은 줄내에서 다른 어깨문자 사이에 $p < 0.05$ 수준에서 유의차가 있음.

2) 계류시간에 따른 PSE육 발생현황

계류시간에 의한 육질특성과 도체특성 그리고 PSE육 발생율을 표 3-1-7에 나타내었다. 4시간에서 12시간 사이의 계류시간 (19.9%)보다 적은 계류시간인 4시간 이내 (35.9%)와 장시간의 계류시간인 12시간이상 (28.9%)에서 유의적으로 높은 발생율을 나타내었다 ($p < 0.05$).

적정계류시간에 대해 De Smet 등 (1996)은 계류시간없이 도축직후 도축한 돼지와 계류시간을 가진 돼지를 비교하였을 때 계류시간을 가진 돼지의 육질이 증진되었고 하였고 (사후 40분 등심의 pH, 온도, 내부 반사율, 육색 L값, 전도율, 그리고 육즙손실에 대해 $p < 0.05$), Honkavaara (1989b)와 Santos 등 (1997)은 3~8시간의 계류시간이 육질 향상에 도움이 된다고 하였다. 그리고 매우 짧은 계류시간 (0.5~1.5시간)은 육질에 도움을 주지 못하나 (Bendall 등, 1966; Taylor 등, 1966; Cuthvertson와 Pomery, 1970), 계류없이 도축한 것보다 계류를 한 돼지에서 PSE육 발생율이 낮았다고 보고하였다 (Murray 등, 1989).

육질특성 중 PSE육의 특징중 하나인 Color L*값을 보면 단시간 계류시킨 돼지의 L*값 (55.91)이 다른 계류시간군보다 유의적으로 높게 나타내어 육색이 더 창백한 것으로 나타났다 (< 0.05). Stalder (1998) 또한 도축전 계류를 받지 못한 Nn돼지들이 Minolta-Y와 Hunter-L 수치가 높았다고 하여 ($P < 0.05$) 유사한 결과를 얻은 것으로 사료되었는데, 이러한 원인은 수송직후 stress로 인한 체내의 열발생으로 인해 단백질이 변성되며, 이러한 변성된 단백질에 의해 육색이 밝게 된다고 하였다 (Augustini와 Fischer, 1982; Honikel, 1987; van der Wal 등, 1995),

또한 장시간의 계류인 12시간 이상에서 또한 높은 발생율을 나타내었는데 (28.9%), 이것은 장시간의 계류로 인하여 돼지에게 stress가 작용된 것으로 사료되었다. 장시간의 계류에서 박 (1980)은 11~15시간 사이가 PSE의 발생율이 가장 적게 발생하였다고 하여 본 조사에서의 결과와는 상이한 차이를 나타내었다. 이것은 박 (1980)의 계류시간 분류와 본 실험과의 분류시간의 차에 의한 것으로 사료된다.

표 3-1-7. 계류 시간에 따른 고기 및 도체특성과 PSE 발현율

Holding period	pH _i	Temp _i	Color	WHC	Backfat	Incidence of PSE (%)
4 hour below	5.76 ± 0.30	38.2 ± 4.64	55.9 ± 4.81 ^a	1.30 ± 0.59	22.1 ± 4.15	35.9
4-12 hour	5.90 ± 0.33	35.5 ± 3.50	46.2 ± 3.27 ^b	1.18 ± 0.42	21.3 ± 5.30	19.9
12 hour over	5.83 ± 0.37	36.6 ± 3.06	46.4 ± 4.39 ^b	1.48 ± 1.69	21.9 ± 5.55	28.9

^{a,b} Means in the same column with different superscripts differ ($p < 0.05$).

3) 도살전후 처리방법에 따른 PSE육 발생현황

도살전후 처리방법에 따른 PSE육 발생을 조사 결과는 표 3-1-8에서 보는 바와 같다. 기절방법에서는 타액법의 경우 돼지에게 스트레스를 매우 많이 주게 되어 PSE육 발생율이 유의적으로 높았으나 (43.0%) 전기충격법의 경우 고전압 (400V)의 경우가 중전압 (350V)의 경우보다 다소 PSE육 발생율을 낮췄으나 그 차이는 크게 나타나지 않았다 (23.1% vs 26.6%). 도살후 지육냉각방법에서는 지육의 급속냉각 (도살 1시간이내에 -20℃ 냉각터널에서 1시간 30분 냉각후 예냉)이 완만냉각 (10℃ 예냉실에서 송풍냉각)보다 PSE육 발생율이 낮았는데 (18.8% vs 26.6%), 도살후 지육의 급속냉각은 사후 해당작용의 속도를 늦출 수 있어서 결과적으로 최종 pH가 높아지고 PSE육의 발생율을 낮추는 효과가 있어서 매우 권장되는 방법으로 사료되었다 (Kauffman 등, 1992).

표 3-1-8. 도살전후 처리방법에 따른 PSE육 발생을 조사

요 인	pH _i	Temp _i	Color	WHC	Backfat	PSE 발생율 (%)
기절방법별						
타액법	5.63±0.47	39.8±4.1	4.23±2.10	1.54±0.65	21.5±6.4	43.0 ^a
전기충격법						
350V	5.92±0.35	36.6±3.6	4.68±1.85	1.33±0.50	21.4±5.3	26.6 ^b
400V	6.04±0.41	37.0±4.8	4.87±2.05	1.29±0.47	20.9±5.1	23.1 ^b
지육냉각방법별						
완만냉각	5.92±0.35	36.6±3.6	4.68±1.85	1.33±0.50	21.4±5.3	26.6 ^a
급속냉각	5.89±0.33	37.1±3.4	4.94±2.12	1.18±0.35	21.9±4.7	18.8 ^b

^{a,b} 각 요인내 서로다른 머리글자는 유의차가 있음 (p<0.05).

4) 정상육과 PSE육의 도체특성 비교

정상육과 PSE육의 도체특성을 표 3-1-9에 비교하였다. 두 돼지군의 생체중, 도체중과 도체율은 유사하였으며, 다만 등지방층 두께는 PSE돈이 다소 두꺼운 경향을 나타내었으나 (23.2 mm vs 22.0 mm), 도체등급에서도 유의차가 없어 전체적인 도체구성이나 도체의 외관 등은 유사하지만, 육질에서 차이를 보이는 것으로 사료되었다.

표 3-1-9. 정상육 및 PSE육의 도체특성

Carcass traits	Live weight (kg)	Carcass weight (kg)	Dressing percent (%)	Backfat thickness (mm)	Grade
Normal	111.9±8.1	83.9±6.0	74.9±3.6	21.8±5.1	3.2±0.8
PSE	114.7±11.4	86.0±8.5	75.1±4.9	23.2±4.9	3.2±0.9

A 4=A grade, 3=B grade

5) 정상육과 PSE육의 육질특성 비교

정상육과 PSE육에 대한 육질특성을 표 3-1-10에서 비교하여 나타내었다. 육질 특성중 일반성분 (수분, 단백질, 지방, 회분)에서는 유의적인 차이가 나타나지 않았다 ($P>0.05$). 그러나 Color L*값과 보수력 (WHC) 그리고 가열감량에서 정상육과 PSE육 간에 유의적인 차이를 나타내었다 ($P<0.05$). Brown (1992) 또한 정상육과 PSE 그리고 DFD간에 유의적 차이를 나타낸다고 하여 본 실험과 일치하였다. Color L*값과 WHC는 단백질의 열변성으로 인하여 L*값이 증가된 것으로 사료되며, van der Wal 등 (1988)은 정상육과 PSE육간에 육색 L*, a*, b*값에 대해 모두 유의적 차이를 나타내었다고 하였다. WHC는 근원섬유간의 수축으로 인하여 WHC이 떨어진 것으로 사료되었다. WHC의 저하로 인하여 가열감량 또한 증가한 것으로 사료된다.

표 3-1-10. 정상육 및 PSE육의 육질 비교

Meat quality traits	Normal	PSE
Composition (%)		
Moisture	73.6 ± 1.6	74.0 ± 1.7
Protein	22.8 ± 1.2	22.7 ± 1.4
Fat	2.9 ± 1.2	2.6 ± 1.5
Ash	1.2 ± 0.1	1.2 ± 0.1
Color ^A		
L*	46.5 ± 5.8 ^b	52.2 ± 4.0 ^a
a*	4.7 ± 1.9	4.1 ± 2.1
b*	6.5 ± 2.7 ^b	9.5 ± 1.5 ^a
Water holding capacity ^B	0.96 ± 0.55 ^b	1.35 ± 0.56 ^a
Cooking loss (%)	21.5 ± 2.7 ^b	26.0 ± 3.2 ^a
Shear force (kg)	1.30 ± 0.51	2.31 ± 0.70
Panel test ^C		
Flavor	3.99 ± 0.26	4.08 ± 0.35
Tenderness	3.95 ± 0.32	3.87 ± 0.18
Juiciness	3.84 ± 0.26	3.81 ± 0.25
Total acceptability	3.91 ± 0.26	3.84 ± 0.17

A Hunter value : L* (Lightness), a* (Redness), b* (Yellowness)

B Value by Press method (Higher value is lower WHC).

C 1=very mild, very tough, very dry, very unacceptable

5=very intense, very tender, very juicy, very acceptable

^{a,b} Means in the same row with different superscripts differ ($p<0.05$).

PSE육의 보수력과 가열감량의 열악함은 가공업자와 유통업자 모두에게 경제적 손실을 가중시키며 또한 수출에서 많은 PSE육의 발생은 전체적인 육질을 저하시켜 매우 수출에 어려움을 가중시킨다. 또한 소비자는 육즙손실로 인한 영양

소의 손실이 발생하므로 우수한 육질의 생산이 절실하게 필요하다고 사료된다. 그리고 소비자 선호에 가장 많은 영향을 미치는 색도에서 PSE육이 높은 백색도와 황색도를 나타내어 소비자의 구매력을 저하시킬 수 있다. 그러나 관능적 특성에 대한 정상육과 PSE육에서의 유의적인 차이가 나타나지 않았다.

6) 조직학적 비교

근섬유의 조직학적 비교를 표 3-1-11에 나타내었다. 일반적으로 정상육이 PSE육보다 직경과 면적이 컸으나, 비율에서 PSE육이 정상육보다 유의적인 차이는 없으나 백색근섬유의 비율이 높았다. 백색근섬유는 적색근섬유보다 높은 해당작용과 혐기적 대사를 가지고 있기 때문에 PSE육의 발생돼지에서 높은 비율을 나타낸 것으로 사료된다. Swatland와 Cassens (1973)는 여러 품종을 비교하여 근섬유의 직경과 비율을 비교한 실험에서 모든 품종에 대해 백색근섬유가 높은 비율을 차지하였으며 특히 중증 PSE에서 높은 비율을 가지고 있다고 하여 본 실험과 일치하였다.

표 3-1-11. 정상육 및 PSE육의 근내 섬유소 형태의 비교

Muscle fiber ^A		Normal	PSE
IR	Diameter (μm)	20.5 ± 2.5	19.4 ± 2.8
	Area (μm^2)	648 ± 178	546 ± 116
	ratio (%)	11.9 ± 5.7	11.4 ± 3.2
IIR	Diameter (μm)	19.8 ± 5.0	13.2 ± 6.6
	Area (μm^2)	560 ± 259	468 ± 158
	ratio (%)	13.6 ± 2.8	7.8 ± 5.9
IIW	Diameter (μm)	27.33 ± 6.2	25.4 ± 2.5
	Area (μm^2)	964 ± 299	855 ± 170
	ratio (%)	80.9 ± 8.07	84.4 ± 6.5

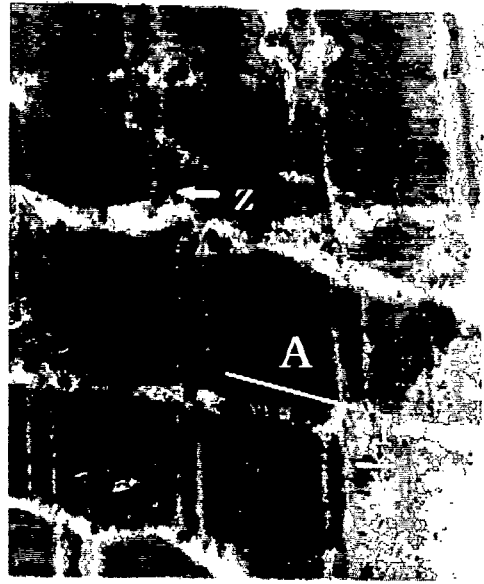
A IR, red muscle fiber; IIR, intermediate muscle fiber; IIW, white muscle fiber

그림 3-1-1은 정상육과 PSE육의 미세구조를 투과형전자현미경으로 관찰한 사진이다. 정상육과 PSE육의 미세구조는 일반적으로 커다란 차이를 나타내지 않았으나, Z-line에서 PSE육이 정상육보다 다소 두꺼운 것으로 관찰되었다.

Eisenberg (1975)가 적색근섬유와 백색근섬유 그리고 중간섬유의 Z-line을 관찰한 결과, 백색근섬유에서의 Z-line이 가장 두껍다고 하였다. 미세구조의 관찰에서 PSE육의 Z-line이 정상육보다 두껍게 보인 것은 아마도 백색근섬유의 비율이 정상육보다 높은 것에 의한 것으로 사료되었다.



Normal



PSE

그림 3-1-1. 정상육 및 PSE육의 전자 현미경 사진 (A, A band; I, I band; Z, Z-line). 실제 크기의 12,000배율

라. 요약

수송시간에 따른 PSE육 발생현황은 수송시간이 증가할수록 PSE육의 발생율이 유의적인 증가를 나타내었으며, 특히 수송시간이 1시간 이상일 때 매우 발생율이 큰 것으로 나타났다 (40.0% vs 29.5%).

계류시간에 의한 PSE육 발생율은 4시간에서 12시간 사이의 계류시간 (19.9%) 보다 적은 계류시간인 4시간 이내 (35.9%)와 장시간의 계류시간인 12시간이상 (28.9%)에서 높은 발생율을 나타내었다.

도살전후 처리방법에 따른 PSE육 발생율 조사 결과, 기절방법에서는 타액법의 경우 돼지에게 스트레스를 매우 많이 주게 되어 PSE육 발생율이 유의적으로 높았으나 (43.0%) 전기충격법의 경우 고전압 (400V)의 경우가 중전압 (350V)의 경우보다 다소 PSE육 발생율을 낮췄으나 그 차이는 크게 나타나지 않았다 (23.1% vs 26.6%). 도살후 지육냉각방법에서는 지육의 급속냉각 (도살 1시간 이내에 -20℃ 냉각터널에서 1시간 30분 냉각후 예냉)이 완만냉각 (10℃ 예냉실에서 송풍냉각)보다 PSE육 발생율이 낮았다 (18.8% vs 26.6%).

정상육과 PSE육의 도체특성은 두 돼지군의 생체중, 도체중과 도체율은 유사하였으며, 다만 등지방층 두께는 PSE돈이 다소 두꺼운 경향을 나타내었으나 (23.2 mm vs 22.0 mm), 도체등급에서도 유의차가 없어 전체적인 도체구성이나 도체의 외관 등은 유사하지만, 육질에서 차이를 보이는 것으로 사료되었다. 또한 육질특성중 일반성분 (수분, 단백질, 지방, 회분)에서는 유의적인 차이가 나타나지 않았다 ($p>0.05$). 그러나 Color L*값과 보수력 (WHC) 그리고 가열감량에서 정상육과 PSE육 간에 유의적인 차이를 나타내었다 ($p<0.05$).

근섬유의 조직학적 조사 결과, 일반적으로 정상육 근섬유의 직경과 면적이 PSE육보다 컸으나, 근섬유 비율에서 PSE육이 정상육보다 유의적인 차이는 없으나 백색근섬유의 비율이 높았다. 그리고 미세구조를 투과형전자현미경으로 관찰한 결과, 정상육과 PSE육의 미세구조는 일반적으로 커다란 차이를 나타내지 않았으나, Z-line에서 PSE육이 정상육보다 다소 두꺼운 것으로 관찰되었다.

마. 참고문헌

- Ashmore, C. R. and L. Doerr. 1971. Comparative aspects of muscle fiber types in different species. *Exp. Neurol.* 31:431.
- Augustini, C. and K. Fischer. 1982. Physiological relation of slaughter animals during transport. In: *Transport of animals intended for breeding, production and slaughter* ed. R. Moss, The Hague, Netherlands, Martinus Nijhoff Publishers. p. 125.
- Barton-Gade, P. A. 1984. Influence of halothane genotype on meat quality in pigs subjected to various preslaughter treatments. *Proc. European Meeting of Meat Res. Works.* 30:8.
- Barton-Gade, P. A. and E. V. Olsen. 1985. Experience in measuring the meat quality of stress-susceptible pigs. In: *Evaluation and Control of Meat Quality in Pigs* (Ed. P. V. Tarrant, G. Eikelenboom and G. Monin). Martinus Nijhoff Publishers, Dordrecht, Netherlands. p. 117.
- Bate-Smith, E. C. and J. R. Bendall. 1949. *J. Physiol.* 110:47.
- Beattie, V. E., R. N. Weatherup, B. W. Moss and N. Walker. 1999. The effect of increasing carcass weight of finishing boars and gilts on joint composition and meat quality. *Meat Sci.* 52:205.
- Bech, N. 1931. *Beretin. Forsogslab.* 139:1.
- Bendall, J. R., A. Cuthbertson and D. P. Gatherum. 1966. A survey of pH1 and ultimate pH values of British progeny-test pigs. *J. Food Technol.* 1:201.

- Borggaard, C., J. R. Andersen and P. A. Barton-Gade. 1989. Further development of the MQM-equipment for measuring water holding capacity and intramuscular fat on-line. Proc. 35th International Congress of Meat Sci. and Technology. Copenhagen, Denmark. p. 212.
- Briskey, E. J. 1964. Etiological status and associated studies of pale, soft, exudative porcine musculature. Adv. Food Res. 13:89.
- Briskey, E. J. and J. W. Wismer-Pedersen. 1961. Biochemistry of pork muscle structure. I. Rate of anaerobic glycolysis and temperature change. J. Food Sci., 26:297.
- Brooks, G. A. and R. G. Cassens. 1973. Respiratory functions of mitochondria isolated from stress-susceptible and stress-resistant pigs. J. Anim. Sci. 37:688.
- Brown, S. N. 1992. A Note of the Use of Subjective Methods for Assessing Pig Meat Quality on the Slaughter line. Meat Sci. 32:195.
- Cannon, J. E., J. B. Morgan, F. K. McKeith, G. C. Smith, S. Sonka, J. Heavner and D. L. Meeker. 1996. Pork chain quality audit survey: Quantification of pork quality characteristics. J. Muscle Foods. 7:29.
- Carr, T. R., R. G. Kauffman, D. L. Meeker and D. J. Meisinger. 1997. Factors reducing pork value. Pork Industry Handbook. PIH-135. Purdue University Cooperative Extension Service, West Lafayette, IN. p. 1
- Chizzolini, R., E. Novelli, A. Badiani, G. Delbono and P. Rosa. 1993a. Objective evaluation of pork quality: results of on-line measurements. Meat Sci. 34:79.
- Chizzolini, R., E. Novelli, A. Badiani, P. Rosa and G. Delbono. 1993b. Objective measurements of pork quality: evaluation of various techniques. Meat Sci. 34:49.
- Cuthbertson, A. and R. W. Pomery. 1970. The effect of length journey by road to abattoir, resting and feeding before slaughter on carcass characteristics in bacon weight pigs. Anim. Prod. 12:37.
- Dalrymple R. H. and R. F. Kelly. 1969. Incidence of PSE pork in Midwestern and Southern Hogs. J. Anim. Sci. 29:120(Abstr.).
- Davis C. E., H. C. Townsend, H. C. McCampbell and A. J. Mercuri. 1974. Evaluation of the character and incidence of PSE in a herd of Southeastern Grown Experimental Pigs. J. Anim. Sci. 385:746.
- Davis C. E., W. E. Townsend and A. J. Mercuri. 1972. Evaluation of PSE in southeastern grown experiment pigs. J. Anim. Sci. 35:220(Abstr.).
- Doty. 1959. Physical method. In "The Science of Meat and Meat Products." Freeman, San Francisco. p.232.

- Eagerman, B. A., F. M. Clydesdale and F. J. Francis. 1977. Determination of fresh meat color by objective methods. *J. Food Sci.* 42:707.
- Eikelenboom, G. and Nanni Costa. 1988. Fibre Optic Probe Measurements in Landrace Pigs of Different Halothane Phenotypes. *Meat Sci.* 23:9.
- Eikelenboom, G., A. H. Bolink and W. Sybesma. 1991. Effects of feed withdrawal before delivery on pork quality and carcass yield. *Meat Sci.* 29:25.
- Eikelenboom, G., D. R. Campion, R. G. Kauffman and R. G. Cassens. 1974. Early postmortem methods of detecting ultimate porcine muscle quality, *J. Anim. Sci.* 39:303.
- Eisenberg, B. R. 1975. Can electron microscopy distinguish fiber type? In: *Recent Advances in Myology*. Excerpta Med. Int. Cong. Ser. Excerpta Med., Amsterdam. 360:316.
- Flynn A. W. and Branblett. 1975. Effects of Frozen Storage, Cooking Method quality on attributes of Pork Loins. *J. Food Sci.* 40:631.
- Forrest, J. C., E. D. Alberle, H. B. Hedrick, M. D. Judge and R. A. Merkel. 1975. *Principle of Meat Science*. Freeman, San Francisco, California.
- Forrest, J. C., R. F. Gundlach and E. J. Briskey. 1963. A preliminary survey of the variations in certain pork ham muscle characteristics. *Proc. XV Research Conf. Am. Meat Inst. Found.*
- Fox, J. D., S. A. Wolfram, J. D. Kemp and B. E. Langlois. 1980. Physical, Chemical, Sensory, and Microbiological Properties and Shelf Life of PSE and Normal Pork Chops. *J. Food Sci.* 45:786.
- Fujii, J., K. Otsu, F. Zorzato, D. D. Leon, V. K. Khanna, J. E. Weiler, P. J. O'Brien and D. H. MacLennan. 1991. Identification of a mutation in porcine ryanodine receptor associated with malignant hyperthermia. *Science.* 253:448.
- Gariépy C., J. Amiot and S. Nadai. 1989. Ante-mortem detection of PSE and DFD by Infrared Thermography of Pigs before Stunning. *Meat Sci.* 25:37.
- Garrido, M. D., S. Pedauyé, S. Banon and J. Laencina. 1994. Objective assessment of pork quality. *Meat Sci.* 37:411.
- Greene, B. E., I. Hsin and M. W. Zpser. 1971. Retardation of oxidative color changes in raw ground beef. *J. Food Sci.* 36:940.
- Hart, P. C. and W. Sybesma. 1964. Einfluss von der Entfernung der Speckhaut auf Fleischqualität bei Schweinen. *Proc. Eup. Meet. Meat Res. Workers*, 10th, 1964.
- Herring, H. K., J. H. Haggard and L. J. Hansen. 1971. Studies on chemical and physical properties of pork in relation to quality. *J. Anim. Sci.* 33:758.

- Honikel, K. O. 1987. Influence of chilling on meat quality attributes of fast glycolysing pork muscles. In: Evaluation and control of meat quality in pigs. eds. P.V. Tarrant Martinus Nijhoff Publ. p. 273.
- Honkavaara, M. 1989a. Influence of selection phase, fasting and transport on porcine stress and on the development of PSE pork. *J. Agric. Sci. Finland.* 61:415.
- Honkavaara, M. 1989b. Influence of lairage on blood composition of pig and on the development of PSE pork. *J. Agric. Sci. Finland.* 61:425.
- Houde, A., S. A. Pommier and R. Roy. 1993. Detection of the ryanodine receptor mutation associated with malignant hyperthermia in purebred swine population. *J. Anim. Sci.* 71:1414.
- Joo, S. T., B. C. Kauffman, B. C. Kim and C. J. Kim. 1995. The relationship between color and water-holding capacity in post-rigor porcine longissimus muscle. *J. Muscle Food.* 6:211.
- Judge, M. D., E. D. Aberle, J. C. Forrest, H. B. Hedrick and R. A. Merkel. 1989. *Principles of Meat Science.* 2ed. Kendall/Hunt Pub. Co. USA.
- Kauffman, R. G., R. G. Cassens, A. Scherer and D. L. Meeker. 1992. Variations in pork quality : history, definition, extent, resolution. *Natl. Pork Producers Council.* Des Moines, IA.
- Kauffman, R. G. 1996. Assessing Annual Defenable and Potential Losses Due to Quality Problems in the U.S. Pork Industry. *Meat Sci and Muscle Biol. Lab. Univ. Wisconsin-Madison.*
- Khan, M. A., J. M. Papadimitriou and B. A. Kakulas. 1974. The effect of temperature on the pH stability of myosin ATPase as demonstrated histochemically. *Histochemistry.* 38:181.
- Lambooy, E. and B. Engel. 1991. Transport of slaughter pigs by truck over a long distance: Some aspects of loading density and ventilation. *Livest. Prod. Sci.* 28:163.
- Lee, Y. B. and Choi. 1999. PSE (pale, soft, exudative) Pork : The Causes and Solutions. *Asian-Aus. J. Anim. Sci.* 12(2):244.
- Ludvigsen, J. 1954. Undersogelser on rigor mortis in whale muscle. *Bichim. et Biophys. Acta.* 9:127.
- MacLennan, D. H. and M. S. Phillips. 1992. Malignant Hyperthermia. *Science.* 256:789.
- Malmfors, G. 1982. Studies on some factors affecting pig meat quality. *Proc. European Meet. of Meat Res. Workers.* 28:21.

- Martoccia, L., G. M. Brambilla, G. Moccia and E. Cosentino. 1995. The effect of transport on some metabolic A. Parameters and meat quality in pigs. *Meat Sci.* 40:271.
- Miller, W. M. and D. L. Harrison. 1965. Effect of marination in sodium hexametaphosphate solution on the palatability of loin steaks, *Food Technol.* 19:94.
- Monin, G., C. Larzul, P. Le Roy, J. Culioli, J. Mourot, S. Rousset-Akrim, A. Talmant, C. Touraille and Sellier PMonin. 1999. Effects of the halothane genotype and slaughter weight on texture of pork. *J. Anim. Sci.* 77(2):408
- Murray, A. C., S. D. M. Jones and A. P. Sather. 1989a. The effect of preslaughter feed restriction and genotype for stress susceptibility on pork lean quality and composition. *Can. J. Anim. Sci.* 69:83.
- Nakajimam, E., T. R. Matsumoto, R. Yamada, K. Kawakami, K. Takede, A. Ohnishi and M. Komatsu. 1996. Technical notes: Use of a PCR-single strand conformation polymorphism (PCR-SSCP) for detection of a point mutation in the swine ryanodine receptor (RYR1) gene. *J. Anim. Sci.* 74:2904.
- Nishio, S. 1976. What is Huke Meat in pigs. *Animal Husbandry Japan.* 30:951
- O'Brien, P. J. H. Shen, C. R. Cory and X. Zhzng. 1993. Use of a DNA-based test for the mutation associated with porcine stress syndrome (malignant hyperthermia) in 10,000 breeding swine. *J. Am. Vet. Med. Assoc.* 203:842
- Oliver, L., H. Lagant, J. Gruand and M. Molnat. 1991. Genetic progress in Large White and French Landrace pigs from 1977 to 1987. *J. Rech. Porcine France.* 23:389.
- Rempel, W. E., M. Lu, D. E. Kandelgy, C. F. H. Kennedy, L. R. Irvi, J. R. Mickelson and D. F. Louis. 1995. The effect of skeletal muscle ryanodine receptor genotype on pig performance and carcass quality traits. *Anim. Sci.* 60:249.
- Santos, C. J. M. Almeida, E. C. Matias, M. J. Fraqueza, C. Roseiro and L. Sardina. 1997. Influence of lairage environmental conditions and resting time on meat quality in pigs. *Meat Sci.* 45:253.
- Santos, C., L. C. Roseiro, H. Goncalves and R. S. Melo. 1994. Incidence of different pork quality categories in a Portugese slaughterhouse: A survey. *Meat Sci.* 38:279.
- SAS. 1980a. SAS Procedures Guide for Personal computers, Version 6 Edition. SAS Institute Inc.
- SAS. 1980b. SAS/STAT Guide for Personal computer, Version 6 Edition. SAS

Institute Inc.

- Schmittgen, F., H. K. Schepers, H. Jungst, U. Reul and A. Festerling. 1984. Meat quality in the pig: Experiments in determining it. *Fleischwirts.* 64:1238.
- Schwore, D., J. Blum and A. Rebsamen, A. 1980. Parameters of meat quality and stress resistance of pigs *Livest. Prod. Sci.* 7:337.
- Seidler, D., E. Bartnick and B. Nowak. 1985. PSE detection using a modified MS tester compared with other measurements of meat quality on the slaughterline. In: *Evaluation and Control of Meat Quality in Pigs* (Ed. P. V. Tarrant, G. Eikelenboom and G. Monin). Martinus Nijhoff Publishers, Dordrecht, Netherlands. p. 175.
- Snyder, H. E. 1965. Analysis of pigments at the surface of fresh beef with reflectance spectrophotometry. *J. Food Sci.* 30:457.
- Stalder K. J., K. J. Chstalder, J. Maya, L. L. Christian, S. J. Moeller and K. J. Prusa. 1998. Effect of preslaughter Management on the quality of carcasses from, Porcine Stress Syndrome Heterozygous Market Hogs. *J. Anim. Sci.* 76(9):2435.
- Swatland, H. J. 1987. Remote monitoring of postmortem metabolism in pork carcasses. In: *Evaluation and Control of Meat Quality in Pigs* (Ed. P. V. Tarrant, G. Eikelenboom and G. Monin). Martinus Nijhoff, Dordrecht. p. 143.
- Swatland, H. J. and R. G. Cassens. 1973. Observations on the postmortem histochemistry of myofibers from stress susceptible pigs. *J. Anim. Sci.* 37:385.
- Taylor, A. A., S. J. Dant and J. W. L. French. 1973. Processing Wiltshire bacon from PSE-prone pigs. *J. Food Technol.* 8:167.
- Todd See, Kelly Zering and O. W. Robinson. 1998. Economic Value of Pork Quality Traits. North Carolina State University, NPPC. Internet.
- van der Wal, P. G., B. Engel, G. van Beek and C. H. Veekamp. 1995. Chilling pig carcasses: effects on temperature, weight loss and ultimate meat quality. *Meat Sci.* 40:193.
- van der Wal, P.G., A. H. Bolink and G. S. M. Merkus. 1988. Difference in quality characteristics of normal, PSE, DFD pork. *Meat Sci.* 24:79.
- van Laack, R. L. J. M. and F. J. M. Smulders. 1992. On the assessment of water-holding capacity of hot-vs cold-boned pork. *Meat Sci.* 32:139.
- Warriss, P. D. and S. N. Brown. 1987. The relationship between initial pH, reflectance and exudation in pig muscle. *Meat Sci.* 20:65.
- Warriss, P. D. 1984. Incidence of carcass damage to slaughter pigs. *Proc. European meetings of meat research worker.* vol. 30:17.
- Warriss, P. D., S. N. Brown and S. J. M. Adams. 1991. Use of the Tecpro prok

- quality meter for assessing meat quality on the slaughterline. Meat Sci. 30:147.
- Webb, A. J., A. E. Carden, C. Smith and P. Imlah. 1982. Porcine stress syndrome in pig breeding. Proc. 2nd World Congr. Genet. Apple Livest. Prod., Madrid, 5:588.
- Wismer-Pedersen, J. 1959. Quality of Pork in Relation to rate pH Change Post-Mortem. J. Food Sci. 24:711.
- Young, D. 1996. A retailers response on the quality of pork. Proc. Recip. Meat Conf. 49:447.
- 강창기, 박구부, 성삼경, 이무하, 이영현, 정명섭, 최양일. 1995. 식육생산과 가공의 과학. 선진문화사. p128.
- 김동훈. 1998a. PSE돈육 발생요인 및 측정방법 비교 연구. 서울대학교. 박사학위논문.
- 김동훈. 1998b. 새로운 축산기술. 물태지 (PSE)고기 발생 원인과 방지요령. 축산기술연구소, 농촌진흥청. p.170
- 김천재. 1985. 육과 육제품의 보수력. 한국식육연구회보 6 (1):45.
- 김천재, 이의수, 김병철, 주선태, 최도영, 강종욱, 유익종, R.G. Kauffman. 1996. PSE, RSE, RFN, DFD 돈육의 생화학적 및 조직학적 특성에 관한 연구. 한국축산식품학회지 16 (2):235.
- 박영일, 박태섭, 신영수, 이학교, 김형균, 오하식, 손창준, 한재용. 1997. PCR-RFLP 기법을 이용한 PSS 표지 검색에 관한 연구. Anim. Gene. and Breed., 1 (1):73.
- 박형기, 이재구. 1980. 이상 (PSE)돈육의 발생을 조사에 관한 연구. 한축지. 22 (2):153.
- 박형기. 1980a. 이상 (PSE)돈육의 발생요인 조사 및 그 대책에 관한 연구. 한축지 22 (6):447.
- 이유방, 1983. 미국의 돈육유통과 가공, 제3회 양돈산업진흥을 위한 국제 심포지움 발표 논문집. p.45.
- 이유방, 최양일. 1998. PSE (pale, soft, Exudative)돈육의 원인과 해결책. 세계축산학회 개최기념. 제2회 양돈인의 날 교재. p121.
- 주선태, 김병철. 1994. 돈육질의 객관적 측정방법에 관한 조사. 한국축산식품학회지. 14 (1):90.
- 주선태. 1995. Identification, Measurement and Explanation of Factors Associated with Color and Water-holding Capacity of Porcine Muscle. 고려대학교. 박사학위논문.
- 축협. 1998. 축산물 가격 및 수급자료, 축협중앙회.
- 한석현, 김천재. 1986. 저장온도가 PSE이상돈육의 육질에 미치는 영향. 한축지. 28(9):612.

(본 논문은 아세아태평양 축산학회지에 게재 예정임)

3. PSE육 판정을 위한 육질 판정기준 개발

가. 서 론

국민소득의 향상과 더불어 식생활 패턴의 변화로 육류소비가 꾸준히 증가하고 있다. 이러한 소비량의 증가 외에도 소비자는 더욱 위생적이며 양질의 돈육을 요구하는 추세에 있다. 신선돈육의 품질에서 가장 중요한 특성은 육색, 보수력 등이며 이는 여러 가지 요인에 의해 영향을 받는다.

pH는 육질을 판단하는 중요한 특성으로서 도축전 생체항상성에 의해 일정 pH를 유지하고 있으나, 도축후 pH는 급격히 저하되기 시작된다. 도축시 방혈과 동시에 산소공급이 중단되므로 육색소와 결합된 산소가 일단 소모된 다음에는 혐기상태가 된다. 이때부터 ATP의 호기적 생산은 불가능해지고 비효율적 혐기적 대사 과정만 존재하게 된다. 즉 creatin phosphate (CP)로부터, 그리고 CP가 고갈된 후에는 glycogen이 lactic acid로 변화는 과정을 거쳐 사후 일정기간동안 ATP의 제한된 생성이 계속된다. 이러한 작용으로 생체내 glycogen이 완전히 고갈이 될 때까지 젖산의 축적이 계속되어 근육의 pH의 저하를 가져온다 (강 등, 1985). 이러한 pH의 변화는 특히 외부의 자극 (stress)을 많이 받게 되면 더욱 가속화되어 도축직전 체내 glycogen의 분해가 빠르게 진행될 때 이상육인 PSE (pale, soft, exudative)육을 생성하게 된다. 이러한 원리를 이용하여 Wismer-Pedersen (1959)은 도축 45분 후에 돼지 도체 등심근에서 pH를 측정하여 도축 24~48시간 후의 보수성과 반비례관계가 있다는 사실을 발견하고 이를 pH1으로 명명한 이래 유럽 국가를 중심으로 조기에 PSE육을 판정하는 수단으로 활용되어 왔다. pH1에 의한 PSE 돈육 판정 기준은 학자마다 약간씩 차이가 있어 Tayler (1966), Warriss 등 (1991) 그리고 Bendall 등 (1966)은 pH1<6.0을 PSE육 판정에 사용하였고, Santos 등 (1994)은 pH1<5.9를, Schmitten 등 (1984) 과 Garrido 등 (1994)은 pH1<5.8을 PSE돈육으로 규정하였다. 이와는 다르게 van der Wal 등 (1988)은 최종 pH를 사용하여 PSE (pH<5.5)와 정상육 (pH 5.5~6.0) 그리고 DFD (pH >6.4)로 분류하였다.

신선육의 육색은 매장에서 최초로 소비자가 구입을 결정하게 하는 중요한 육질특성이다. 육색소 (myoglobin)와 혈액색소 (hemoglobin)와 관련된 색택의 변화는 신선육 표면에 있어서 갈색색소 (metmyoglobin)가 총 색소의 30-40%에 도달하게 되면 소비자들은 구매를 기피한다 (Greene 등, 1971). 그 외 소비자들은 매우 어두운 것과 매우 창백한 것의 두 종류 고기 모두 선호하지 않으며, 특히 소비자들이 중요하게 여기는 것은 '색의 균일화'라고 하였다 (Todd 등, 1998).

신선육의 육색은 주로 마이오글로빈 (myoglobin)의 농도로 결정되지만 시각적으로 나타나는 매장이나 냉장고의 불빛 등에 의해 변화될 수 있다. 따라서 고기의 표면으로부터 반사되는 빛을 측정하는 등 다양한 방법이 사용되고 있으며 (Doty, 1959; Snyder, 1965; Forrest 등, 1975; Eagerman 등, 1977), 이들은 시각적 측정과 밀접한 관련이 있는 정보를 제공한다. 또한 육색은 보수성을 예측할 수 있는 지표가 될 수 있으며 (Borggard 등, 1989), PSE육의 특성들 (paleness, softness, exudation)과 밀접한 관련이 있는 것으로 알려져 있다 (Briskey, 1964). 그러나 육색이 PSE육의 특성 중에서 견도 (firmness)와 삼출성 (exudation)은 나타내지 못한다는 주장이 제기되고 있다 (Swatland, 1987; van Laak 등, 1992). 육색과 보수성은 상호 관련이 있는 것처럼 보이지만 생화학적인 특성은 독립적인 것으로 나타나고 있다 (Warriss와 Brown, 1987; van Laak 등, 1992). 육색은 색도판을 이용하여 육안으로 측정하는 주관적인 방법과 색차계, FOP (fibre optic probe) 및 Goefometer 등을 이용한 객관적인 방법을 통하여 측정할 수 있다. 객관적 육색 측정치의 육질 판정 기준값은 학자에 따라 달라 CIE L*을 기준으로 할 때 PSE>53 (Santos 등, 1994), PSE>50 (Joo 등, 1995)이며, Joo 등 (1995)은 CIE L*값과 주관적 육색 측정치, 육즙손실, 보수성 및 pHu와의 상관계수가 각각 -0.87, 0.82, 0.78 및 0.80으로 매우 높으며 a*값 (적색도)은 L*값 (백색도)이나 b* (황색도)에 비해 주관적 육색 측정치 및 육즙손실과의 상관관계가 낮은 것으로 보고하였다. Chizzolini 등 (1993a, b)도 주관적 육색 측정치와 CIE L*값이 가장 관련이 크고, a*, b*값은 같은 정도의 관련성이 있으나 a*값 자체는 PSE돈육의 색깔을 표현하는 데에 크게 기여하지 않는다고 하였다.

도축 후 근육은 해당작용에 의해 pH가 저하되어 최종 pH가 5.5 정도로 낮아지며 보수력을 결정하고 있는 주성분인 myosin과 actin의 등전점 (isoelectric point)인 pH 5.0 부근에서 최소를 나타낸다 (강 등, 1995). 등전점은 음전하군 (-)의 수와 양전하군 (+)의 수가 똑같은 상태이기 때문에 단백질의 net charge가 최소이며 등전점에 가까울수록 (+), (-)전하가 서로 잡아당기는 힘이 강해 단백질의 구조는 치밀해지며, 물분자가 결합할 net charge가 줄어 보수력이 감소한다. PSE육과 DFD육과 같은 이상육의 육색은 신선육의 보수력과도 밀접한 관계가 있다. 또한 신선육의 보수성은 근육의 pH와도 높은 상관성이 있는 것으로 나타나며, 육즙손실과도 밀접한 관련이 있다.

본 연구에서는 주관적인 육색과 객관적인 육색수치, pH, 탄력성, 조직감 등의 육질특성사이의 상관을 조사하여 발골라인에서 PSE육 판정을 위해 사용될 수 있는 육색기준표를 개발하는데 그 목적을 둔다.

나. 재료 및 방법

(주)도드람 양돈축협의 협조를 받아서 각 관련농장에서 사양된 후 (주)도드람 유통과 안성축산진흥공사에 출하되어 도축된 돼지들 (150두)을 공시축으로 하여, 관행적인 방법으로 도축한 후 도체특성을 조사하였다. 도축 24시간후 냉도체의 좌반도체의 제5흉추에서부터 제13흉추사이의 등심근을 공시재료로 하여 육질특성을 조사하였다.

근육의 최종 pH는 시료 10 g에 증류수 100 ml를 가한 후 1분간 균질시킨 뒤 Digital pH meter (Mettler Delta. 340, Metter-Toledo, Ltd., UK)로 측정하였다. 돈육의 표면육색은 백색판 (L^* , 89.39; a^* , 0.13; b^* , -0.51)으로 표준화시킨 Spectro Colormeter (Model JX-777, Color Techno. System Co., Japan)로 측정하였는데, 이때 광원은 백색형광등 (D65)을 사용하여 Hunter Lab 표색계의 L^* , a^* , b^* 값으로 나타내었다. 근육의 탄력성은 시료크기 $2 \times 2 \times 1$ cm로 하여 Rheo meter (CR-100, Sun Scientific Ltd., Japan)의 Mode 20에서 50%진입하였을 때 최대 하중치를 측정하였다. 근육의 주관적인 육색은 5점만점으로 하여 1=매우 창백함, 5=매우 어두움으로 하여 5명의 panelist가 판정하였고, firmness 역시 5점 만점으로 하여 1=매우 조직이 연약함, 5= 매우 조직이 단단함으로 해서 5명의 panelist가 판정하였으며, 그 외 등심육의 근육내지방 침착도 (marbling) 역시 5점 만점으로 하여 1=근육내 지방침착도가 매우 낮음, 5= 근육내 지방 침착도가 매우 높음으로 하여 5명의 panelist가 판정하였다.

다. 결과 및 고찰

등심근의 표면육색을 1점 (extremely PSE)에서 5점 (DFD)으로 분류하여 제작한 육색기준표는 그림 3-1-2에서 보는 바와 같다. 개발된 육색기준표를 사용하여 주관적 육색과 기타 조사된 육질특성을 비교한 결과는 표1에서 보는바와 같다. 전체적으로 육색 L^* 값은 육색 1번일 때 높은 백색도 (59.08)를 나타내었으며, 육색 5번으로 갈수록 유의적으로 낮은 백색도 (42.45)를 나타내었다 ($p < 0.05$). 육색 b^* 값 또한 육색 5번으로 갈수록 유의적으로 낮은 수치를 나타내었으나 ($p < 0.05$) 육색 a^* 에서는 유의적인 차이는 나타나지 않았다 ($p > 0.05$).

최종 pH에서는 육색 1번과 2번에서 pH가 5.61과 5.73으로 유의적으로 낮은 수치를 나타내었으나, 매우 낮은 수치는 아니었으며, 육색 4번과 5번에서 pH가 6.33, 6.27로 유의적으로 높은 수치를 나타내었다. 최종 pH는 식육의 보수력과 매우 밀접한 관계가 있는 것으로 pH가 등전점인 5.0으로 낮아질수록 식육의 보수력이 감소되어 최종 pH가 간접적으로 육색 1번이 낮은 보수력을 가지며, 육색 4번과 5번이 높은 보수력을 가지는 것을 나타낼 수 있는 지수이다.

Firmness는 주관적인 판정에 의해 총 배점 5점을 기준으로 판정하였으며, 전체적으로 육색 1번이 유의적으로 낮은 수치 (1.54)를 나타내었으며, 육색 4번과 5번에서 각각 3.07, 2.83으로 유의적으로 높은 수치를 나타내었다. 그리고 근내지방 침착도 (marbling) 역시 주관적인 판정에 의해 판정을 하였다. 전체적으로 육색 1, 2, 3, 4에서는 유의적인 차이를 나타내지 않았으나 5번에서는 유의적으로 낮은 수치를 나타내었다.

표 3-1-2는 육질그룹간의 육질특성을 비교한 것으로서, 최근 육질 분류 기준으로 사용되고 있는 RSE와 RFN을 추가로 분리하였다. RSE는 외관은 선홍색을 나타내나 (reddish) 조직이 무르며 (soft), 높은 육즙의 삼출성 (exudative)을 나타내는 육질이며, RFN은 가장 이상적인 육질로서 정상육이라 할 수 있다.

육질 그룹간 육색기준표에 대한 점수는 PSE가 유의적으로 가장 낮은 2.14를 나타내었으며, RSE가 2.9, RFN이 3.85, DFD가 4.0 순으로 유의적인 증가를 나타내었다 ($p < 0.05$). 그리고 육색 L*과 b*값에서는 PSE가 유의적으로 높은 수치 (각각 56.73, 13.61)를 나타내었으며, DFD가 유의적으로 가장 낮은 수치 (각각 41.73, 9.1)를 나타내었다. 그러나 육색 a*에서는 유의적인 차이는 있으나, a*이 PSE, RFN 그리고 DFD에서는 유의적인 차이를 나타내지 않았다.

또한 최종 pH에서는 PSE와 RSE에서 유의적으로 낮은 수치 (5.66, 5.73)를 나타내었으며, RFN과 DFD에서 유의적으로 높은 수치 (6.48, 6.47)로 나타났다. Firmness에서는 PSE가 유의적으로 가장 낮은 수치 (1.8)을 나타내었으며, RSE가 2.31, 그리고 RFN과 DFD유의적으로 높은 수치 (3.31, 3.11)를 나타내었다.

표 3-1-13은 육질 특성간의 단순상관을 나타낸 것으로 육색기준표와 L값간의 높은 부의 상관 ($r = -0.71$)을 나타내었으며 pHu와 Firm과는 높은 정의 상관 (pHu, $r = 0.65$; Firm, $r = 0.62$)을 나타내었다. 육색 L값은 pHu와 Firm간에 매우 높은 부의 상관 (pHu, $r = -0.57$; firm, $r = 0.68$)을 나타내었다. pHu와 Firm간에 높은 정의 상관 ($r = 0.57$)을 나타내었다.

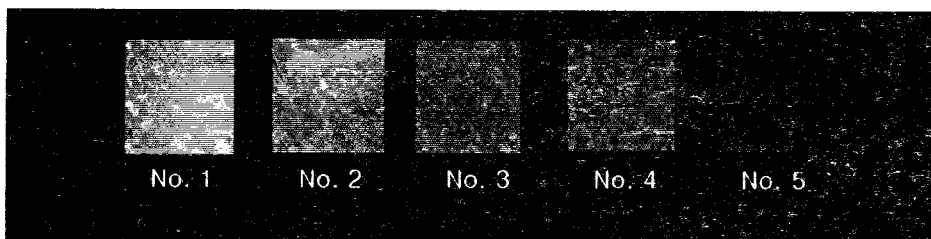


그림 3-1-2. 기준 육색

(No. 1=extremely PSE, No. 2=Semi PSE, No. 3~4=normal, No. 5=DFD).

표 3-1-12. 육색기준표 분리에 의한 육질특성 비교

Variable	육색기준표				
	1	2	3	4	5
L*	59.08 ± 5.49 ^a	53.14 ± 4.82 ^b	50.14 ± 4.89 ^b	43.18 ± 2.61 ^c	42.45 ± 0.35 ^c
a*	12.63 ± 4.08	11.47 ± 3.88	11.52 ± 3.35	10.90 ± 3.22	11.50 ± 2.26
b*	13.67 ± 2.16 ^a	12.74 ± 2.20 ^a	11.87 ± 2.28 ^{ab}	9.73 ± 2.23 ^b	9.75 ± 0.35 ^b
탄력성 (kg)	4.88 ± 2.79	5.43 ± 2.19	5.25 ± 1.47	4.87 ± 1.94	-
pH _u	5.61 ± 0.18 ^c	5.73 ± 0.21 ^{bc}	5.93 ± 0.29 ^b	6.33 ± 0.35 ^a	6.27 ± 0.00 ^a
firmness	1.54 ± 0.55 ^c	2.10 ± 0.49 ^b	2.28 ± 0.61 ^b	3.07 ± 0.29 ^a	2.83 ± 0.00 ^a
Marbling	1.81 ± 0.78 ^{ab}	2.17 ± 0.69 ^{ab}	2.58 ± 0.96 ^a	2.50 ± 0.91 ^{ab}	1.67 ± 0.00 ^b

Hunter value : L*, 명도 (Lightness); a*, 적색도 (redness); b*, 황색도 (yellowness)
탄력성 (kg): 가로 (2 cm)×세로 (2 cm)×두께 (1 cm)의 시료를 직경 2 cm의 원 판으로 진입 50% (0.5 cm)하였을 때 받는 최대힘의 양을 표시한 것임.

pH_u: 최종 pH; Firmness: 주관적 판정에 의한 기준으로서 총 배점을 5점으로 하여 1점은 매우 조직이 연약함, 5점은 조직이 매우 단단함으로 하였음; Marbling: 주관적 판정에 의한 기준으로서 총 배점을 5점으로 하여 1점은 근내지방 침착도가 매우 낮음, 5점은 근내지방 침착도가 매우 풍부함으로 하였음.

^{a,b,c} 서로 다른 머릿글자는 유의적인 차이를 나타냄 (p<0.05).

표 3-1-13. 육질그룹간 (PSE, RSE, RFN, DFD)의 육질특성 비교

	PSE	RSE	RFN	DFD
육색	2.14 ± 0.74 ^c	2.9 ± 0.52 ^b	3.85 ± 0.38 ^a	4 ± 0.0 ^a
L*	56.73 ± 4.21 ^a	46.94 ± 2.35 ^b	44.08 ± 1.85 ^{bc}	41.73 ± 0.06 ^c
a*	13.09 ± 3.71 ^a	9.52 ± 2.44 ^b	10.52 ± 2.7 ^{ab}	10.6 ± 0.95 ^{ab}
b*	13.61 ± 1.99 ^a	11.35 ± 2.23 ^b	9.2 ± 1.68 ^c	9.1 ± 0.44 ^c
Springiness (kg)	5.69 ± 1.89	4.88 ± 2.06	4.71 ± 1.68	4.55 ± .
pH _u	5.66 ± 0.15 ^b	5.73 ± 0.14 ^b	6.48 ± 0.27 ^a	6.47 ± 0.09 ^a
Firmness	1.8 ± 0.53 ^c	2.31 ± 0.38 ^b	3.31 ± 0.19 ^a	3.11 ± 0.1 ^a
Marbling	2.15 ± 0.84	2.31 ± 0.92	2.6 ± 0.7	2.17 ± 0

육질그룹 기준: PSE (pale, soft, exudative), L>50, FIRM<3 pHu<6.0; RSE (reddish, soft, exudative), 42<=L<=50, FIRM<3, PHU<6.0; RFN (reddish, soft, non-exudative), 42<=L<=50, FIRM=>3, pHu=>6.0; DFD (dark, firm, dry), L<42, FIRM=>3, pHu=>6.0; Hunter value : L*, 명도 (Lightness); a*, 적색도 (redness); b*, 황색도 (yellowness); 탄력성 (kg): 가로 (2 cm)×세로 (2 cm)×두께 (1 cm)의 시료를 직경 2 cm의 원판으로 진입 50% (0.5 cm)하였을 때 받는 최대힘의 양을 표시한 것임.

pH_u: 최종 pH; Firmness : 주관적 판정에 의한 기준으로서 총 배점을 5점으로 하여 1점은 매우 조직이 연약함, 5점은 조직이 매우 단단함으로 하였음.

Marbling: 주관적 판정에 의한 기준으로서 총 배점을 5점으로 하여 1점은 근내지방 침착도가 매우 낮음, 5점은 근내지방 침착도가 매우 풍부함으로 하였음.

^{a,b,c} 서로 다른 머릿글자는 유의적인 차이를 나타냄 (p<0.05).

표 3-1-14. 육질특성간의 단순상관

	L	a	b	Springiness	pH _U	FIRM	FAT
COLOR	-0.7****	-0.14	-0.48****	-0.01	0.65****	0.62****	0.30****
L		0.42****	0.63****	0.14	-0.57****	-0.68****	-0.25****
a			0.72****	0.13	-0.17*	-0.37****	-0.06
b				0.13	-0.52****	-0.65****	-0.13
springiness					-0.06	-0.21	0.12
pH _U						0.57****	0.29****
FIRM							0.43****

*, p<0.05; **, p<0.01; ***, p<0.001; ****, p<0.0001

라. 요약

등심근의 표면육색을 No. 1 (Extremely PSE)에서 No.5 (DFD)으로 분류하여 개발된 육색기준표를 사용하여 육질특성과 비교하였을 때, 전체적으로 육색 L*값은 육색 1번일 때 높은 백색도 (59.08)를 나타내었으며, 육색 5번으로 갈수록 유의적으로 낮은 백색도 (42.45)를 나타내었다. 그의 육색 b*값도 유사한 경향을 나타내었으나 육색 a*값은 유의적인 차이가 없었다. 최종 pH는 육색 1번과 2번에서 유의적으로 낮은 수치를, 그리고 육색 4번과 5번에서 유의적으로 높은 수치를 나타내어 주관적인 육색과 밀접한 관계를 나타내었다. Firmness 역시 육색이 1번에서 5번으로 증가할수록, 수치가 증가되는 경향을 나타내었으나, 근내지방 침착도 (marbling)는 육색과의 사이에 일정한 경향을 보이지 않았다.

육질특성중 Color L*, firmness, pH를 기준으로 하여 돈육을 4가지 그룹 (PSE, RSE, RFN, DFD)으로 분류하였을 때, 주관적인 육색은 PSE가 2.14로 가장 낮았고, 정상육인 RFN은 3.85, 그리고 DFD는 4.0으로서 매우 밀접한 관계를 나타내어 개발된 육색기준표가 이상육의 판정에 매우 정확하게 이용될 수 있음을 보여 주었다. 그러나 근육내지방 침착도는 일정한 경향을 나타내지 않았다.

육질 특성간의 단순상관에서 육색기준표에 사용된 주관적 육색과 L값간에 높은 부의 상관 (r=-0.71)을 나타내었으며 pH_U와 firmness와는 높은 정의 상관 (pH_U, r=0.65; Firmness, r=0.62)을 나타내었다. 육색 L값은 pH_U와 firmness간에 매우 높은 부의 상관 (pH_U, r=-0.57; firmness, r=0.68)을 나타내었으며, pH_U와 firmness간에 높은 정의 상관 (r=0.57)을 나타내었다. 그러나 Springiness는 육질특성과는 높은 상관을 나타내지 않았다.

마. 참고문헌

- Ashmore, C. R. and L. Doerr. 1971. Comparative aspects of muscle fiber types in different species. *Exp. Neurol.* 31:431.
- Augustini, C. and K. Fischer. 1982. Physiological relation of slaughter animals during transport. In: *Transport of animals intended for breeding, production and slaughter* ed. R. Moss, The Hague, Netherlands, Martinus Nijhoff Publishers. p. 125.
- Barton-Gade, P. A. 1984. Influence of halothane genotype on meat quality in pigs subjected to various preslaughter treatments. *Proc. European Meeting of Meat Res. Works.* 30:8.
- Barton-Gade, P. A. and E. V. Olsen. 1985. Experience in measuring the meat quality of stress-susceptible pigs. In: *Evaluation and Control of Meat Quality in Pigs* (Ed. P. V. Tarrant, G. Eikelenboom and G. Monin). Martinus Nijhoff Publishers, Dordrecht, Netherlands. p. 117.
- Bate-Smith, E. C. and J. R. Bendall. 1949. *J. Physiol.* 110:47.
- Beattie, V. E., R. N. Weatherup, B. W. Moss and N. Walker. 1999. The effect of increasing carcass weight of finishing boars and gilts on joint composition and meat quality. *Meat Sci.* 52:205.
- Bech, N. 1931. *Beretin. Forsogslab.* 139:1.
- Bendall, J. R., A. Cuthbertson and D. P. Gatherum. 1966. A survey of pH1 and ultimate pH values of British progeny-test pigs. *J. Food Technol.* 1:201.
- Borggaard, C., J. R. Andersen and P. A. Barton-Gade. 1989. Further development of the MQM-equipment for measuring water holding capacity and intramuscular fat on-line. *Proc. 35th International Congress of Meat Sci. and Technology.* Copenhagen, Denmark. p. 212.
- Briskey, E. J. 1964. Etiological status and associated studies of pale, soft, exudative porcine musculature. *Adv. Food Res.* 13:89.
- Briskey, E. J. and J. W. Wismer-Pedersen. 1961. Biochemistry of pork muscle structure. I. Rate of anaerobic glycolysis and temperature change. *J. Food Sci.*, 26:297.
- Brooks, G. A. and R. G. Cassens. 1973. Respiratory functions of mitochondria isolated from stress-susceptible and stress-resistant pigs. *J. Anim. Sci.* 37:688.
- Brown, S. N. 1992. A Note of the Use of Subjective Methods for Assessing Pig Meat Quality on the Slaughter line. *Meat Sci.* 32:195.

- Cannon, J. E., J. B. Morgan, F. K. McKeith, G. C. Smith, S. Sonka, J. Heavner and D. L. Meeker. 1996. Pork chain quality audit survey: Quantification of pork quality characteristics. *J. Muscle Foods*. 7:29.
- Carr, T. R., R. G. Kauffman, D. L. Meeker and D. J. Meisinger. 1997. Factors reducing pork value. *Pork Industry Handbook*. PIH-135. Purdue University Cooperative Extension Service, West Lafayette, IN. p. 1
- Chizzolini, R., E. Novelli, A. Badiani, G. Delbono and P. Rosa. 1993a. Objective evaluation of pork quality: results of on-line measurements. *Meat Sci*. 34:79.
- Chizzolini, R., E. Novelli, A. Badiani, P. Rosa and G. Delbono. 1993b. Objective measurements of pork quality: evaluation of various techniques. *Meat Sci*. 34:49.
- Cuthbertson, A. and R. W. Pomery. 1970. The effect of length journey by road to abattoir, resting and feeding before slaughter on carcass characteristics in bacon weight pigs. *Anim. Prod*. 12:37.
- Dalrymple R. H. and R. F. Kelly. 1969. Incidence of PSE pork in Midwestern and Southern Hogs. *J. Anim. Sci*. 29:120(Abstr.).
- Davis C. E., H. C. Townsend, H. C. McCampbell and A. J. Mercuri. 1974. Evaluation of the character and incidence of PSE in a herd of Southeastern Grown Experimental Pigs. *J. Anim. Sci*. 385:746.
- Davis C. E., W. E. Townsend and A. J. Mercuri. 1972. Evaluation of PSE in southeastern grown experiment pigs. *J. Anim. Sci*. 35:220(Abstr.).
- Doty. 1959. Physical method. In "The Science of Meat and Meat Products." Freeman, San Francisco. p.232.
- Eagerman, B. A., F. M. Clydesdale and F. J. Francis. 1977. Determination of fresh meat color by objective methods. *J. Food Sci*. 42:707.
- Eikelenboom, G. and Nanni Costa. 1988. Fibre Optic Probe Measurements in Landrace Pigs of Different Halothane Phenotypes. *Meat Sci*. 23:9.
- Eikelenboom, G., A. H. Bolink and W. Sybesma. 1991. Effects of feed withdrawal before delivery on pork quality and carcass yield. *Meat Sci*. 29:25.
- Eikelenboom, G., D. R. Campion, R. G. Kauffman and R. G. Cassens. 1974. Early postmortem methods of detecting ultimate porcine muscle quality, *J. Anim. Sci*. 39:303.
- Eisenberg, B. R. 1975. Can electron microscopy distinguish fiber type? In: Recent Advances in Myology. *Excerpta Med. Int. Cong. Ser. Excerpta Med.*, Amsterdam. 360:316.
- Flynn A. W. and Branblett. 1975. Effects of Frozen Storage, Cooking Method quality

- on attributes of Pork Loins. *J. Food Sci.* 40:631.
- Forrest, J. C., E. D. Alberle, H. B. Hedrick, M. D. Judge and R. A. Merkel. 1975. *Principle of Meat Science*. Freeman, San Francisco, California.
- Forrest, J. C., R. F. Gundlach and E. J. Briskey. 1963. A preliminary survey of the variations in certain pork ham muscle characteristics. *Proc. XV Research Conf. Am. Meat Inst. Found.*
- Fox, J. D., S. A. Wolfram, J. D. Kemp and B. E. Langlois. 1980. Physical, Chemical, Sensory, and Microbiological Properties and Shelf Life of PSE and Normal Pork Chops. *J. Food Sci.* 45:786.
- Fujii, J., K. Otsu, F. Zorzato, D. D. Leon, V. K. Khanna, J. E. Weiler, P. J. O'Brien and D. H. MacLennan. 1991. Identification of a mutation in porcine ryanodine receptor associated with malignant hyperthermia. *Science.* 253:448.
- Garipey C., J. Amiot and S. Nadai. 1989. Ante-mortem detection of PSE and DFD by Infrared Thermography of Pigs before Stunning. *Meat Sci.* 25:37.
- Garrido, M. D., S. Pedauyé, S. Banon and J. Laencina. 1994. Objective assessment of pork quality. *Meat Sci.* 37:411.
- Greene, B. E., I. Hsin and M. W. Zpser. 1971. Retardation of oxidative color changes in raw ground beef. *J. Food Sci.* 36:940.
- Hart, P. C. and W. Sybesma. 1964. Einfluss von der Entfernung der Speckhaut auf Fleischqualität bei Schweinen. *Proc. Eup. Meet. Meat Res. Workers, 10th, 1964.*
- Herring, H. K., J. H. Haggard and L. J. Hansen. 1971. Studies on chemical and physical properties of pork in relation to quality. *J. Anim. Sci.* 33:758.
- Honikel, K. O. 1987. Influence of chilling on meat quality attributes of fast glycolysing pork muscles. In: *Evaluation and control of meat quality in pigs*. eds. P.V. Tarrant Martinus Nijhoff Publ. p. 273.
- Honkavaara, M. 1989a. Influence of selection phase, fasting and transport on porcine stress and on the development of PSE pork. *J. Agric. Sci. Finland.* 61:415.
- Honkavaara, M. 1989b. Influence of lairage on blood composition of pig and on the development of PSE pork. *J. Agric. Sci. Finland.* 61:425.
- Houde, A., S. A. Pommier and R. Roy. 1993. Detection of the ryanodine receptor mutation associated with malignant hyperthermia in purebred swine population. *J. Anim. Sci.* 71:1414.
- Joo, S. T., B. C. Kauffman, B. C. Kim and C. J. Kim. 1995. The relationship between color and water-holding capacity in post-rigor porcine longissimus muscle. *J. Muscle Food.* 6:211.

- Judge, M. D., E. D. Aberle, J. C. Forrest, H. B. Hedrick and R. A. Merkel. 1989. Principles of Meat Science. 2ed. Kendall/Hunt Pub. Co. USA.
- Kauffman, R. G., R. G. Cassens, A. Scherer and D. L. Meeker. 1992. Variations in pork quality : history, definition, extent, resolution. Natl. Pork Producers Council. Des Moines, IA.
- Kauffman, R. G. 1996. Assessing Annual Defenable and Potential Losses Due to Quality Problems in the U.S. Pork Industry. Meat Sci and Muscle Biol. Lab. Univ. Wisconsin-Madison.
- Khan, M. A., J. M. Papadimitriou and B. A. Kakulas. 1974. The effect of temperature on the pH stability of myosin ATPase as demonstrated histochemically. Histochemistry. 38:181.
- Lambooy, E. and B. Engel. 1991. Transport of slaughter pigs by truck over a long distance: Some aspects of loading density and ventilation. Livest. Prod. Sci. 28:163.
- Lee, Y. B. and Choi. 1999. PSE (pale, soft, exudative) Pork : The Causes and Solutions. Asian-Aus. J. Anim. Sci. 12(2):244.
- Ludvigsen, J. 1954. Undersogelser on rigor mortis in whale muscle. Bichim. et Biophys. Acta. 9:127.
- MacLennan, D. H. and M. S. phillips. 1992. Malignant Hyperthermia. Science. 256:789.
- Malmfors, G. 1982. Studies on some factors affecting pig meat quality. Proc. European Meet. of Meat Res. Workers. 28:21.
- Martoccia, L., G. M. Brambilla, G. Moccia and E. Cosentino. 1995. The effect of transport on some metabolic A. Parameters and meat quality in pigs. Meat Sci. 40:271.
- Miller, W. M. and D. L. Harrison. 1965. Effect of marination in sodium hexametaphosphate solution on the palatability of loin steaks, Food Technol. 19:94.
- Monin, G., C. Larzul, P. Le Roy, J. Culioli, J. Mouro, S. Rousset-Akrim, A. Talmant, C. Touraille and Sellier PMonin. 1999. Effects of the halothane genotype and slaughter weight on texture of pork. J. Anim. Sci. 77(2):408
- Murray, A. C., S. D. M. Jones and A. P. Sather. 1989a. The effect of preslaughter feed restriction and genotype for stress susceptibility on pork lean quality and composition. Can. J. Anim. Sci. 69:83.
- Nakajimam, E., T. R. Matsumoto, R. Yamada, K. Kawakami, K. Takede, A. Ohnishi

- and M. Komatsu. 1996. Technical notes: Use of a PCR-single strand conformation polymorphism (PCR-SSCP) for detection of a point mutation in the swine ryanodine receptor (RYR1) gene. *J. Anim. Sci.* 74:2904.
- Nishio, S. 1976. What is Huke Meat in pigs. *Animal Husbandry Japan.* 30:951
- O'Brien, P. J. H. Shen, C. R. Cory and X. Zhzng. 1993. Use of a DNA-based test for the mutation associated with porcine stress syndrome (malignant hyperthermia) in 10,000 breeding swine. *J. Am. Vet. Med. Assoc.* 203:842
- Oliver, L., H. Lagant, J. Gruand and M. Molnat. 1991. Genetic progress in Large White and French Landrace pigs from 1977 to 1987. *J. Rech. Porcine France.* 23:389.
- Rempel, W. E., M. Lu, D. E. Kandelgy, C. F. H. Kennedy, L. R. Irvi, J. R. Mickelson and D. F. Louis. 1995. The effect of skeletal muscle ryanodine receptor genotype on pig performance and carcass quality traits. *Anim. Sci.* 60:249.
- Santos, C. J. M. Almeida, E. C. Matias, M. J. Fraqueza, C. Roseiro and L. Sardina. 1997. Influence of lairage environmental conditions and resting time on meat quality in pigs. *Meat Sci.* 45:253.
- Santos, C., L. C. Roseiro, H. Goncalves and R. S. Melo. 1994. Incidence of different pork quality categories in a Portugese slaughterhouse: A survey. *Meat Sci.* 38:279.
- SAS. 1980a. SAS Procedures Guide for Personal computers, Version 6 Edition. SAS Institute Inc.
- SAS. 1980b. SAS/STAT Guide for Personal computer, Version 6 Edition. SAS Institute Inc.
- Schmitt, F., H. K. Schepers, H. Jungst, U. Reul and A. Festerling. 1984. Meat quality in the pig: Experiments in determining it. *Fleischwirts.* 64:1238.
- Schwore, D., J. Blum and A. Rebsamen, A. 1980. Parameters of meat quality and stress resistance of pigs *Livest. Prod. Sci.* 7:337.
- Seidler, D., E. Bartnick and B. Nowak. 1985. PSE detection using a modified MS tester compared with other measurements of meat quality on the slaughterline. In: *Evaluation and Control of Meat Quality in Pigs* (Ed. P. V. Tarrant, G. Eilelenboom and G. Monin). Martinus Nijhoff Publishers, Dordrecht, Netherlands. p. 175.
- Snyder, H. E. 1965. Analysis of pigments at the surface of fresh beef with reflectance spectrophotometry. *J. Food Sci.* 30:457.
- Stalder K. J., K. J. Chstalter, J. Maya, L. L. Christian, S. J. Moeller and K. J.

- Prusa. 1998. Effect of preslaughter Management on the quality of carcasses from, Porcine Stress Syndrome Heterozygous Market Hogs. *J. Anim. Sci.* 76(9):2435.
- Swatland, H. J. 1987. Remote monitoring of postmortem metabolism in pork carcasses. In: *Evaluation and Control of Meat Quality in Pigs* (Ed. P. V. Tarrant, G. Eikelenboom and G. Monin). Martinus Nijhoff, Dordrecht. p. 143.
- Swatland, H. J. and R. G. Cassens. 1973. Observations on the postmortem histochemistry of myofibers from stress susceptible pigs. *J. Anim. Sci.* 37:385.
- Taylor, A. A., S. J. Dant and J. W. L. French. 1973. Processing Wiltshire bacon from PSE-prone pigs. *J. Food Technol.* 8:167.
- Todd See, Kelly Zering and O. W. Robinson. 1998. Economic Value of Pork Quality Traits. North Carolina State University, NPPC. Internet.
- van der Wal, P. G., B. Engel, G. van Beek and C. H. Veekamp. 1995. Chilling pig carcasses: effects on temperature, weight loss and ultimate meat quality. *Meat Sci.* 40:193.
- van der Wal, P.G., A. H. Bolink and G. S. M. Merkus. 1988. Difference in quality characteristics of normal, PSE, DFD pork. *Meat Sci.* 24:79.
- van Laack, R. L. J. M. and F. J. M. Smulders. 1992. On the assessment of water-holding capacity of hot-vs cold-boned pork. *Meat Sci.* 32:139.
- Warris, P. D. and S. N. Brown. 1987. The relationship between initial pH, reflectance and exudation in pig muscle. *Meat Sci.* 20:65.
- Warriss, P. D. 1984. Incidence of carcass damage to slaughter pigs. *Proc. European meetings of meat research worker.* vol. 30:17.
- Warriss, P. D., S. N. Brown and S. J. M. Adams. 1991. Use of the Tecpro prok quality meter for assessing meat quality on the slaughterline. *Meat Sci.* 30:147.
- Webb, A. J., A. E. Carden, C. Smith and P. Imlah. 1982. Porcine stress syndrome in pig breeding. *Proc. 2nd World Congr. Genet. Apple Livest. Prod., Madrid,* 5:588.
- Wismer-Pedersen, J. 1959. Quality of Pork in Relation to rate pH Change Post-Mortem. *J. Food Sci.* 24:711.
- Young, D. 1996. A retailers response on the quality of pork. *Proc. Recip. Meat Conf.* 49:447.
- 강창기, 박구부, 성삼경, 이무하, 이영현, 정명섭, 최양일. 1995. 식육생산과 가공의 과학. 선진문화사. p128.
- 김동훈. 1998a. PSE돈육 발생요인 및 측정방법 비교 연구. 서울대학교. 박사학위 논문.
- 김동훈. 1998b. 새로운 축산기술. 물돼지 (PSE)고기 발생 원인과 방지요령. 축산기

- 술연구소, 농촌진흥청. p.170
- 김천재. 1985. 육과 육제품의 보수력. 한국식육연구회보 6 (1):45.
- 김천재, 이의수, 김병철, 주선태, 최도영, 강종욱, 유익종, R.G. Kauffman. 1996. PSE, RSE, RFN, DFD 돈육의 생화학적 및 조직학적 특성에 관한 연구. 한국축산식품학회지 16 (2):235.
- 박영일, 박태섭, 신영수, 이학교, 김형균, 오하식, 손창준, 한재용. 1997. PCR-RFLP 기법을 이용한 PSS 표지 검색에 관한 연구. Anim. Gene. and Breed., 1 (1):73.
- 박형기, 이재구. 1980. 이상 (PSE)돈육의 발생을 조사에 관한 연구. 한축지. 22 (2):153.
- 박형기. 1980a. 이상 (PSE)돈육의 발생요인 조사 및 그 대책에 관한 연구. 한축지 22 (6):447.
- 이유방, 1983. 미국의 돈육유통과 가공, 제3회 양돈산업진흥을 위한 국제 심포지움 발표 논문집. p.45.
- 이유방, 최양일. 1998. PSE (pale, soft, Exudative)돈육의 원인과 해결책. 세계축산학회 개최기념. 제2회 양돈인의 날 교재. p121.
- 주선태, 김병철. 1994. 돈육질의 객관적 측정방법에 관한 조사. 한국축산식품학회지. 14 (1):90.
- 주선태. 1995. Identification, Measurement and Explanation of Factors Associated with Color and Water-holding Capacity of Porcine Muscle. 고려대학교. 박사학위논문.
- 축협. 1998. 축산물 가격 및 수급자료, 축협중앙회.
- 한석현, 김천재. 1986. 저장온도가 PSE이상돈육의 육질에 미치는 영향. 한축지. 28(9):612.

(본 논문은 아세아태평양 축산학회지에 게재 예정)

4. 국내의 PSE육 발생억제방법의 개발

가. 서론

육질은 가공업자와 소비자에게서 점차 중요시되어 가고있다 (주, 1995; Young, 1996; Lee와 Choi, 1998; Beattuem 1999). 과거 외국에서는 1914년 독일 소시지 가공업자들이 지육생산업자들에게 이들이 유통시킨 유난히 수분이 많고, 창백한 돼지고기에 대해 불평을 한 것에서 기인하여 (Wismer-Pedersen, 1959), 1950년대 중반이후부터 돈육의 창백함과 삼출성을 과학적인 문제로 인지하기 시작하였다 (Ludvigsen, 1954; Wismer-Pedersen, 1959). Briskey와 Wismer-Pedersen (1961)은 사후

도체의 높은 온도와 낮은 pH의 조합에 의해서 PSE돈육이 발생한다고 하였다. 일반적으로 이상육인 PSE (pale, soft, exudative)육은 등심이나 뒷다리부위에서 가장 많이 나타나며, 심한 경우에는 지육전체가 이상육을 나타내게 된다 (Dalympl, 등, 1969; Herring 등, 1971; Davis 등, 1972; Davis 등, 1974).

매우 열악한 가공특성을 가진 PSE육은 변성된 근육단백질로 인하여 낮은 보수력 (water holding capacity)을 갖게 되며 또한 세포 유리수 함량이 높아지게 됨에 따라 광선의 흡수를 적게 하여 외관이 육색을 창백하게 하고 (한과 김, 1986), 또한 삼출되는 육즙에는 수용성 단백질과 비타민 및 무기물 등이 포함되어 영양소 손실이 크며, 조리가열시 육즙분리가 심하여 다즙성 (juiciness)이 떨어지고 건조하여 기호성 (palatability)이 떨어진다고 하며 (Flynn과 Bramblett, 1975; Fox 등, 1980; 강 등, 1995), 이상육 사용시 중량손실 (Merkel, 1971; Kauffman 등, 1978)과 생산수율의 저하 (Kemp 등, 1969; Taylor 등, 1973) 그리고 유화안정성이 떨어진다고 (Merkel, 1971).

지난 50년동안 근육축적과 등지방층 두께 감소를 위한 강도 높은 선발은 PSS (Porcine Stress Syndrom)와 PSE돈육의 발생빈도를 증가시켰다. 이러한 PSE돈육의 발생빈도와 그 정도는 유전, 영양상태, 사양방법, 도살전 처리, 기절방법, 그리고 도살후 냉각방법등에 따라 달라진다. 그리고 PSE문제에 대한 PSS유전자의 경제적 기여도는 20% 정도이므로, 유전육종적인 노력이외에도 도축 전후 처리과정에서의 PSE돈육 발생억제방안에도 더 큰 노력이 경주되어야 할 것이다. 일반적으로 돈육질은 농장에서의 사양방법, 출하과정, 수송과정 그리고 도축장에서의 도축전후 처리방법 등에 따라 10~25%까지 영향을 받는 것으로 알려져, 농장 사양 단계에서 출하, 도축단계를 거쳐 최종 유통단계까지 PSE돈육 발생억제를 위한 연구가 지속되어야 할 것으로 보인다.

본 연구의 목적은 국내 PSE육 발생억제방법을 개발하고자, 제1절과 2절에서 도출된 PSE육 발생현황을 기초로 사양조건, 출하 및 수송조건, 도축전후 요인들을 효율적으로 관리하여 1차년도와 동일한 산하농장에서 출하되는 돼지들을 대상으로 PSE육 발생억제 여부를 조사하는 데 있다. 연구를 수행하기 위해서 1차년도와 마찬가지로 (주)도드람 양돈축협과 (주)도드람유통의 협조를 받아 산하농장에서 출하되는 돼지들의 사양조건, 출하조건, 도축전후 조건들을 효율적으로 관리하여 도축된 돼지도체 특성조사와 제반육질 특성을 조사하며, 이에따른 PSE돈육 발생억제 여부를 조사하였다. 또한 제1, 제3세부과제와 연계한 통합과제 형태로 전통적인 구돈사와 환기조절이 되는 신돈사에서 사양한 출하돼지들의 돈사 형태, 출하일령 등에 따른 PSE육 발생현황과 도체 및 육질특성조사 연구도 진행하였다.

나. 재료 및 방법

1차년도에서 도출된 PSE육 발생억제방안들을 (주)도드람 양돈축협의 관련농장 (총 30개농장중 21농장)에 적용시켜, 각 농장에서 사양되고 출하된 돼지들을 대상으로 이상육 (PSE육 ; Pale, Soft, Exudative)의 발생억제여부를 조사하였다. 이상육을 발생시킬 수 있는 환경요인중 사육조건별, 사양방법별, 수송 및 계류방법별, 도축전후 처리방법별로 이상육의 발생비율을 조사하였다. 출하된 후 (주)도드람유통과 안성축협진흥공사에서 도축된 돼지도체에서 도축 1시간이내부터 도축후 3시간, 그리고 도축후 24시간까지의 pH와 도체온도를 측정하였고, 도체특성과 도체등급을 조사하였다. 등급판정후 등심근시료 (제3흉추~제7흉추사이)를 공시된 돼지도체에서 발골한 후, 냉장상태로 충북대학교 육가공실험실로 신속히 운반하여 보수력, 육색 및 가열감량 등의 제반육질특성을 조사하였다. 또한 제1, 제3세부과제와 연계한 통합과제 형태로 전통적인 구돈사와 환기조절이 되는 신돈사에서 사양시켜 출하일령을 160, 170, 180일령으로 조절하여 출하시킨 돼지들의 PSE육 발생현황, 도체 및 육질특성도 상기와 동일하게 분석·조사하였다.

다. 결과 및 고찰

1) 성 및 사양조건별 이상육 (PSE육) 발생을 조사

성 및 사양조건에 따른 이상육 발생율은 표 3-1-15와 3-1-16에서 보는바와 같다. 조사된 110두에 대한 2년차 평균발생율은 20.1%로서 전년도 발생율 26.6%에 비해서 유의적으로 감소하였다 (표 3-1-15). 이는 전년도에 도출된 발생억제방안들이 실제 적용된 결과로, 환경요인들이 효율적으로 이상육발생을 상당부분 억제시킨 것으로 사료되었다. 전체적으로 도축후 1시간이내의 낮은 pH와 높은 도체온도를 나타내는 돼지도체가 PSE육을 생산하는 경향이 높았으며, 조사된 육질특성중 육색과 보수력이 가장 큰 결정요인으로 나타났다. 성별로는 거세돈이 암돼지보다 높은 PSE육 발생율을 나타냈으나 (20.6% VS 17.4%), 다른 환경요인들이 잘 조절된다면 그 차이는 감소될 것으로 사료되었다 (표 3-1-15). 출하체중별로는 (표 3-1-16) 출하체중이 무거울수록 발생율이 높아졌으나, 전년도에 비해 전반적으로 이상육 발생율이 감소되었다. 특히 (주)도드람양돈축협의 출하돼지의 평균생체중인 110~120kg의 출하체중에서 전년도에 비해 PSE육 발생율이 감소되었다 (28.8% VS 22.3%). 성별분리사육별로는 전년도에는 분리사육이 혼합사육보다 이상육발생율이 높았으나 (28.3% VS 25.0%), 2년차의 조사결과로는 분리사육과 혼합사육간에는 커다란 차이가 나타나지 않아 (20.3% VS 21.0%) 성별분리사육요인은 큰 문제가 되지 않는 것으로 사료되었다.

표 3-1-15. 성별에 따른 PSE육 발생율조사

요인	pH1	Temp1	육색 ^A	보수력 ^B	PSE육 발생율 (%)
1년차평균 (n=150)	5.92±0.35	36.64±3.57	54.37±4.46	1.33±0.50	26.6
2년차평균 (n=110)	5.95±0.37	35.73±5.19	51.73±4.34	1.31±0.30	20.1
성별					
1년차					
거세돈	5.87±0.34	36.37±4.09	53.69±4.94	1.35±0.55	29.8
암돼지	5.92±0.33	35.37±3.36	52.70±4.26	1.43±0.51	25.0
2년차					
거세돈	5.82±0.28	37.11±2.01	51.73±4.34	1.40±0.65	20.6
암돼지	5.93±0.25	35.03±7.51	45.10±5.47	1.42±0.53	17.4

^A CIE L*수치임 (수치가 클수록 명도가 높은것임).

^B PRESS방법에 의한 수치임 (수치가 클수록 보수력이 낮은것임).

표 3-1-16. 사육조건에 따른 PSE육 발생율조사

요인	pH1	Temp1	육색	보수력	PSE육 발생율 (%)
출하제중별					
1년차					
90~100 kg	5.97±0.45	35.00±1.55	50.90±3.36	1.27±0.51	22.2
100~110 kg	5.87±0.29	36.43±3.66	51.93±4.81	1.27±0.44	25.0
110~120 kg	5.89±0.36	36.06±4.11	53.18±4.71	1.40±0.56	28.8
120 kg이상	5.76±0.32	37.67±3.83	54.27±4.64	1.71±0.68	38.2
2년차					
90~100 kg	5.90±0.48	33.73±1.19	49.41±6.08	1.22±0.61	18.2
100~110 kg	5.95±0.34	34.46±7.44	49.28±5.56	1.32±0.50	22.9
110~120 kg	5.91±0.36	36.08±4.46	50.60±4.78	1.38±0.62	22.3
120 kg이상	5.81±0.30	37.41±3.45	52.77±7.26	1.62±0.63	29.2
성별분리사육별					
1년차					
분리사육	5.87±0.33	37.15±3.46	53.18±4.71	1.36±0.54	28.3
혼합사육	5.95±0.36	36.08±3.64	51.39±4.18	1.30±0.46	25.0
2년차					
분리사육	5.88±0.34	36.64±3.81	51.26±5.65	1.30±0.62	20.3
혼합사육	5.98±0.38	37.93±2.28	51.96±6.14	1.27±0.51	21.0

2) 사양방법별 이상육 발생율 조사

가) 돈사형태, 출하일령 및 성별에 따른 이상육 (PSE육) 발생율

돈사형태에 따른 이상육 발생율은 표 3-1-17에서 보는 바와 같다. 구돈사의 경우 24.2%의 발생율을 나타내어 신돈사의 13.7%보다 유의적으로 높은 발생율을 나타내었다. 전반적으로 신돈사에서 출하된 돼지도체의 경우 유의적으로 높은 pH와 보수력을 나타냈다. 성별에 따른 이상육 발생율은 표 3-1-18에서 보는 바와 같다. 암돼지의 경우 18.9%의 발생율을 나타내어 거세돈의 20.1%보다 낮은 발생율을 나타내었으나, 유의적인 차이는 보이지 않았다. 출하일령에 따른 이상육 발생율은 표 3-1-19에서 보는 바와 같다. 170일령 출하돼지의 경우 23.3%의 발생율을 나타내어 가장 높은 수준을 보였고, 그 다음이 160일령 (17.1%), 180일령 (14.3%)의 순으로 이상육 발생율이 낮아졌는데, 160일령과 180일령 사이에는 유의적인 차이는 보이지 않았다.

표 3-1-17. 돈사형태에 따른 PSE육 발생율 조사

	pH _i ^A	pH _u ^B	육색 ^C	보수력 ^D	PSE (%)
구돈사 (n=90)	6.01±0.26 ^D	5.59±0.19 ^D	54.51±4.28	6.09±1.46 ^A	24.2
신돈사 (n=90)	6.17±0.21 ^A	5.68±0.24 ^A	54.58±4.98	3.81±2.71 ^D	13.7

^A 도축 1시간 이내 pH.

^B 도축 24시간 후 pH.

^C CIE L*수치임 (수치가 클수록 명도가 높음).

^D 육즙손실 (%).

표 3-1-18. 성별에 따른 PSE육 발생율 조사

	pH _i	pH _u	육색	보수력	PSE (%)
암돼지	6.10±0.25	5.66±0.22	54.90±4.96	5.05±2.78	18.9
거세돈	6.08±0.25	5.61±0.19	55.40±4.80	4.86±2.75	20.1

표 3-1-19. 출하일령에 따른 PSE육 발생율 조사

	pH _i	pH _u	육색	보수력	PSE (%)
160	6.09±0.22	56.54±5.06	56.54±5.06	5.04±2.12 ^A	12.50
170	6.09±0.28	5.67±0.24	55.45±4.37	6.01±2.83 ^B	23.08
180	6.09±0.25	5.66±0.21	53.54±4.74	3.86±2.88 ^D	21.95

^{a,b} 각 요인내 서로다른 머리글자는 유의차가 있음 (p<0.05).

구돈사에서 출하된 돼지의 출하일령과 성별에 따른 이상육 발생율을 보면 (표 3-1-20) 160일령과 170일령의 경우 암퇘지가 거세돈보다 유의적으로 높은 발생율은 나타냈으나, 180일령에서는 오히려 거세돈이 암퇘지보다 유의적으로 높은 발생율을 나타냈다. 전반적으로 170일령에서 이상육 발생율이 가장 높았고, 그 다음 160일령, 180일령 순으로 발생율이 낮아지는 경향을 나타내었다.

표 3-1-20. 출하일령과 성별에 따른 PSE육 발생율 조사 (구돈사)

		pH _I	pH _u	육색	보수력	PSE (%)
160	암퇘지	6.00±0.25	5.58±0.10	59.6±4.94	6.89±2.39	29.8
	거세돈	6.07±0.27	5.62±0.22	55.6±4.76	3.74±1.44	11.5
170	암퇘지	5.87±0.25	5.49±0.10	57.3±4.70	8.06±3.15	38.4
	거세돈	5.96±0.26	5.52±0.60	56.1±3.30	7.82±2.35	28.6
180	암퇘지	6.11±0.20	5.73±0.24	53.3±4.34	4.52±1.72	14.2
	거세돈	6.04±0.32	5.58±0.18	5.73±3.01	5.73±3.01	20.1

신돈사에서 출하된 돼지의 출하일령과 성별에 따른 이상육 발생율을 보면 (표 3-1-21) 출하일령과 관계없이 거세돈이 암퇘지보다 높은 이상육 발생율을 나타내었다. 전반적으로 170일령에서 이상육 발생율이 가장 높았고, 160일령, 180일령 순으로 발생율이 낮아지는 경향을 나타냈는데, 160일령의 거세돈을 제외하고는 모든 부분에서 구돈사보다는 이상육 발생율이 낮았다.

표 3-1-21. 출하일령과 성별에 따른 PSE육 발생율 조사 (신돈사)

		pH _I	pH _u	육색	보수력	PSE (%)
160	암퇘지	6.15±0.15	5.57±0.10	54.2±4.21	4.83±1.37	10.8
	거세돈	6.16±0.19	5.56±0.14	56.5±5.37	4.70±1.93	18.1
170	암퇘지	6.32±0.19	5.85±0.19	53.4±3.77	4.15±1.46	14.6
	거세돈	6.18±0.19	5.78±0.28	55.2±5.17	4.21±1.45	20.3
180	암퇘지	6.14±0.27	5.74±0.27	51.7±4.07	2.11±1.99	8.9
	거세돈	6.08±0.24	5.62±0.14	55.9±4.05	2.89±3.25	10.2

나) 돈사형태, 출하일령 및 성별에 따른 도체특성

구돈사에서 출하된 돼지의 출하일령과 성별에 따른 도체특성을 보면 (표 3-1-22) 출하일령이 160일에서 180일로 증가함에 따라 도체의 등지방 두께가 증가하였는데 암퇘지보다는 거세돈에서 증가폭이 큰 경향을 나타냈다. 도체등급에

서는 성별의 차이는 크게 나타나지 않았으나, 170일령에서 도체등급이 가장 낮았으며, 160일령 그리고 180일령 순서로 도체등급이 우수해지는 경향을 보였다.

표 3-1-22. 출하일령과 성별에 따른 도체특성조사 (구돈사)

		생체중 (kg)	도체중 (kg)	등지방두께 (mm)	도체등급 ^A
160	암돼지	113.33±6.86	83.5±5.15	2.10±0.54	3.40±0.70
	거세돈	105.6±9.08	79.2±6.81	2.06±0.50	3.20±0.92
170	암돼지	108.89±7.48	81.67±5.61	2.10±0.62	3.11±1.67
	거세돈	113.87±10.00	85.40±7.50	2.43±0.44	3.20±1.03
180	암돼지	112.67±8.32	84.50±6.24	2.17±0.33	3.70±0.48
	거세돈	109.70±6.31	82.27±4.73	2.26±0.39	3.64±0.67

^A 3~4=A등급

신돈사에서 출하된 돼지의 출하일령과 성별에 따른 도체특성을 보면 (표 3-1-23) 암돼지의 경우에는 출하일령이 증가할수록, 등지방 두께가 두꺼워졌으나, 거세돈의 경우에는 170일령이 가장 등지방 두께가 얇았고, 180일령에서 가장 등지방 두께가 두꺼운 경향이였다. 도체등급에서는 전반적으로 출하일령에 관계없이 암돼지가 거세돈보다 우수한 등급을 나타냈으며, 암돼지는 170일령에서 그리고 거세돈은 180일령에서 가장 우수한 도체등급을 나타내었다.

표 3-1-23. 출하일령과 성별에 따른 도체특성조사 (신돈사)

		생체중 (kg)	도체중 (kg)	등지방두께 (mm)	도체등급 ^A
160	암돼지	107.62±3.90	80.44±4.19	2.44±0.48	3.78±0.44
	거세돈	106.58±7.65	80.36±4.01	3.04±0.51	3.27±0.79
170	암돼지	110.58±2.27	84.30±2.83	2.56±0.30	3.90±0.32
	거세돈	110.50±1.64	83.70±2.00	2.89±0.52	3.11±0.93
180	암돼지	110.13±3.93	83.50±3.13	2.74±0.45	3.80±0.63
	거세돈	108.03±4.11	81.50±4.20	3.18±0.54	3.40±0.84

^A 3~4=A등급

3) 수송 및 계류 방법별 이상육 발생을 조사

수송 및 계류 방법에 따른 PSE육 발생을 조사결과는 표 3-1-24에서 보는 바와

같다. 수송시간별로는 120분 이상이 가장 높은 발생율을 나타내었고, 60~120분이나 60분이내의 수송시간순서로 발생율이 낮아졌는데 (28.0%, 20.1%, 18.0%), 전년도에 비해 발생율이 감소하였으나, 장시간의 수송은 운반중의 돼지에 많은 스트레스를 가하는 요인이므로, 출하시간을 쾌적한 시간대로 하거나 과적수송을 피하고 계류시간을 충분히 주어야 할 것으로 사료되었다. 출하전 절식여부에서는 전년도와 마찬가지로 출하전 사료급여가 절식의 경우보다 PSE육 발생율을 높여 (24% VS 14.3%), 가급적 출하전에는 사료급여를 하지 않는 것이 좋을 것으로 사

표 3-1-24. 수송 및 계류방법에 따른 PSE육 발생율 조사

요인	pH1	Temp1	육색	보수력	PSE육 발생율 (%)
수송시간별					
1년차					
60분이내	5.91±0.35	36.55±3.72	52.71±4.26	1.29±0.48	25.0
60-120분이내	6.00±0.16	37.13±2.50	53.69±4.49	1.38±0.27	29.5
120분 이상	5.84±0.41	37.84±3.48	55.27±6.44	1.53±0.65	40.3
2년차					
60분이내	5.96±0.37	35.96±3.98	49.37±5.94	1.26±0.54	18.0
60-120분이내	6.01±0.21	37.04±2.39	53.60±5.26	1.35±0.28	20.1
120분 이상	5.80±0.29	37.78±1.89	54.18±3.24	1.32±0.23	28.0
출하전절식별					
1년차					
절식	6.01±0.38	35.65±3.57	49.49±4.42	1.30±0.52	21.8
급식	5.82±0.28	37.62±3.62	54.18±3.24	1.34±0.45	37.1
2년차					
절식	5.95±0.38	35.70±5.43	46.37±4.59	1.32±0.56	14.3
급식	5.73±0.32	38.63±2.69	53.06±5.61	1.23±0.20	24.0
계류시간별					
1년차					
4시간 이내	5.76±0.30	38.17±4.64	55.91±4.81	1.67±0.59	35.9
4-12시간	5.90±0.33	35.45±3.50	49.79±3.27	1.21±0.42	19.9
12시간 이상	5.83±0.37	36.60±3.06	52.32±4.39	1.30±1.69	28.9
2년차					
4시간 이내	5.74±0.53	39.85±1.17	49.79±3.27	1.45±0.24	26.7
4-12시간	6.00±0.38	35.52±3.90	45.31±4.43	1.23±0.46	10.1
12시간 이상	5.92±0.32	36.80±1.86	48.81±6.25	1.33±0.60	20.6

료되었다. 관행적인 출하돼지의 요금정산은 생체중을 기준으로 하였으므로, 절식이 크게 권장되지 못했으나 점차 유통업계에서는 도체중이나 최종육질에 대한 부분이 강조되고 있으므로 이부분 역시 개선될 것으로 보인다. 계류시간별에서는 농장으로부터 수송되어온 돼지가 도살되기까지 4~12시간 계류한 것이 가장 낮은 PSE육 발생률 (10.1%)을 나타내었으며, 계류시간이 4시간 이내로 짧은 경우에는 가장 높은 발생률 (26.7%)을 나타냈으나, 계류시간이 12시간 이상으로 긴 경우에도 높은 발생률 (20.6%)을 나타내어 안정을 요하는 수준의 적당한 계류시간이 도축장에서 매우 중요한 요인인 것으로 사료되었다. 그러나 현행 대형도축장에서의 계류형태는 12시간에서 24시간까지의 장시간의 계류형태로 유지되는 경향으로 가고 있어, 이에 대한 세부 분석은 현재 진행중에 있다.

4) 도축전후 처리방법별 이상육 발생률 조사

도살후 지육 냉각방법에 따른 이상육 발생률조사는 표 3-1-25에서 보는 바와 같다. 지육의 급속냉각 (도살1시간이내에 -20℃냉각터널에서 1시간 30분 냉각후 예냉)이 완만냉각 (10℃예냉실에서 송풍냉각)보다 PSE육 발생률이 낮았는데 (10.8% VS 20.1%), 도살후 지육의 급속냉각은 사후해당작용의 속도를 늦추고 도체온도를 신속히 감소시켜, 결과적으로 최종 pH가 높아지고 PSE육의 발생률을 낮추는 효과가 나타났다. 그러나 완만냉각의 경우도 예냉실에서 지육의 과밀현수를 피하고, 특히 지육간거리를 20cm내외 유지시킴으로서 전년도에 비해 PSE육 발생률을 낮출 수 있었던바 (26.6% VS 20.1%), 도축장에서 효율적인 예냉실관리가 매우 중요한 사안으로 판단되었다.

표 3-1-25. 도축 전후 처리방법에 따른 PSE육 발생률 조사

요인	pH1	Temp1	육색	보수력	PSE육 발생률 (%)
지육냉각방법별					
1년차					
완만냉각	5.92±0.35	36.6±3.6	54.37±4.46	1.33±0.50	26.6
급속냉각	5.89±0.33	37.1±3.4	50.37±5.94	1.18±0.35	18.8
2년차					
완만냉각	5.95±0.37	35.7±5.2	51.73±4.34	1.31±0.30	20.1
급속냉각	5.94±0.20	35.7±5.2	46.66±5.91	1.23±0.21	10.8

라. 요약

2년차 평균 PSE 발생률은 20.1%로서 전년도 발생률 26.6%에 비해서 감소하였

는데, 이는 전년도에 도출된 발생억제방안들이 실제 적용된 결과로, 환경요인들이 효율적으로 PSE육 발생을 상당부분 억제시킨 것으로 사료되었다. 전체적으로 도축후 1시간이내의 낮은 pH와 높은 도체온도를 나타내는 돼지도체가 PSE육을 생산하는 경향이 높았으며, 조사된 육질 특성중 육색과 보수력이 가장 큰 결정요인으로 나타났다. 성별로는 거세돈이 암돼지보다 높은 PSE육 발생율을 나타냈으나 (20.6% vs 17.4%), 다른 환경요인들이 잘 조절된다면 그 차이는 감소될 것으로 사료되었다. 출하체중별로는 출하체중이 무거울수록 발생율이 높아졌으나, 전년도에 비해 전반적으로 이상육 발생율이 감소되었다. 특히 (주)도드람양돈축협외 출하돼지의 평균생체중인 110~120kg의 출하체중에서 전년도에 비해 PSE육 발생율이 감소되었다 (28.8% VS 22.3%). 성별분리사육별로는 전년도에는 분리사육이 혼합사육보다 이상육발생율이 높았으나 (28.3% VS 25.0%), 2년차의 조사결과로는 분리사육과 혼합사육간에는 커다란 차이가 나타나지 않아 (20.3% VS 21.0%) 성별분리사육요인은 큰 문제가 되지 않는 것으로 사료되었다.

돈사형태에 따른 이상육 발생율에서 구돈사의 경우 24.2%의 발생율을 나타내어 신돈사의 13.7%보다 높은 발생율을 나타냈으나, 제반 도축전후 환경요인들을 잘 관리한다면 PSE육 발생율은 많이 낮출 수 있을 것으로 사료되었다. 구돈사에서 출하일령과 성별에 따른 PSE육 발생현황을 보면, 암돼지의 경우 180일령에서 발생율이 가장 낮은 반면에 170일령에서 가장 높은 경향이였다 (14.2% vs 38.4%). 반면에 거세돈의 경우 170일령에서 가장 발생율이 높았고, 160일령에서 발생율이 낮아 (28.6% vs 11.5%) 성별로 출하일령을 고려할 필요성이 제기되었다. 신돈사에서 출하일령과 성별에 따른 PSE육 발생현황은 구돈사와 유사한 경향이였다.

수송시간에 따른 PSE육 발생율 조사결과에서도 전년도에 비해 발생율이 감소하였으나, 장시간의 수송은 운반중의 돼지에 많은 스트레스를 가하는 요인이므로, 출하시간을 쾌적한 시간대로 하거나 과적수송을 피하고 계류시간을 충분히 주어야 할 것으로 사료되었다. 출하전 절식여부에서는 전년도와 마찬가지로 출하전 사료급여가 절식의 경우보다 PSE육 발생율을 높여 (24% VS 14.3%), 가급적 출하전에는 사료급여를 하지 않는 것이 좋을 것으로 사료되었다. 계류시간별에서도 농장으로부터 수송되어온 돼지가 도살되기까지 4~12시간 계류한 것이 가장 낮은 PSE육 발생율 (10.1%)을 나타내었으며, 계류시간이 4시간 이내로 짧은 경우에는 가장 높은 발생율 (26.7%)을 나타냈으나, 계류시간이 12시간 이상으로 긴 경우에도 높은 발생율 (20.6%)을 나타내어 안정을 요하는 수준의 적당한 계류시간이 도축장에서 매우 중요한 요인인 것으로 사료되었다.

도살후 지육 냉각방법에 따른 이상육 발생율조사에서도 지육의 급속냉각 (도살1시간이내에 -20℃냉각터널에서 1시간 30분 냉각후 예냉)이 완만냉각 (10℃에

냉실에서 송풍냉각)보다 PSE육 발생율이 낮았다 (10.8% VS 20.1%). 그러나 완만 냉각의 경우도 예냉실에서 지육의 과밀현수를 피하고, 특히 지육간거리를 20 cm 내외 유지시킴으로서 전년도에 비해 PSE육 발생율을 낮출 수 있었던바 (26.6% VS 20.1%), 도축장에서 효율적인 예냉실관리가 매우 중요한 사안으로 판단되었다.

마. 참고문헌

- Ashmore, C. R. and L. Doerr. 1971. Comparative aspects of muscle fiber types in different species. *Exp. Neurol.* 31:431.
- Augustini, C. and K. Fischer. 1982. Physiological relation of slaughter animals during transport. In: *Transport of animals intended for breeding, production and slaughter* ed. R. Moss, The Hague, Netherlands, Martinus Nijhoff Publishers. p. 125.
- Barton-Gade, P. A. 1984. Influence of halothane genotype on meat quality in pigs subjected to various preslaughter treatments. *Proc. European Meeting of Meat Res. Works.* 30:8.
- Barton-Gade, P. A. and E. V. Olsen. 1985. Experience in measuring the meat quality of stress-susceptible pigs. In: *Evaluation and Control of Meat Quality in Pigs* (Ed. P. V. Tarrant, G. Eikelenboom and G. Monin). Martinus Nijhoff Publishers, Dordrecht, Netherlands. p. 117.
- Bate-Smith, E. C. and J. R. Bendall. 1949. *J. Physiol.* 110:47.
- Beattie, V. E., R. N. Weatherup, B. W. Moss and N. Walker. 1999. The effect of increasing carcass weight of finishing boars and gilts on joint composition and meat quality. *Meat Sci.* 52:205.
- Bech, N. 1931. *Beretin. Forsogslab.* 139:1.
- Bendall, J. R., A. Cuthbertson and D. P. Gatherum. 1966. A survey of pH1 and ultimate pH values of British progeny-test pigs. *J. Food Technol.* 1:201.
- Borggaard, C., J. R. Andersen and P. A. Barton-Gade. 1989. Further development of the MQM-equipment for measuring water holding capacity and intramuscular fat on-line. *Proc. 35th International Congress of Meat Sci. and Technology.* Copenhagen, Denmark. p. 212.
- Briskey, E. J. 1964. Etiological status and associated studies of pale, soft, exudative porcine musculature. *Adv. Food Res.* 13:89.
- Briskey, E. J. and J. W. Wismer-Pedersen. 1961. Biochemistry of pork muscle

- structure. I. Rate of anaerobic glycolysis and temperature change. *J. Food Sci.*, 26:297.
- Brooks, G. A. and R. G. Cassens. 1973. Respiratory functions of mitochondria isolated from stress-susceptible and stress-resistant pigs. *J. Anim. Sci.* 37:688.
- Brown, S. N. 1992. A Note of the Use of Subjective Methods for Assessing Pig Meat Quality on the Slaughter line. *Meat Sci.* 32:195.
- Cannon, J. E., J. B. Morgan, F. K. McKeith, G. C. Smith, S. Sonka, J. Heavner and D. L. Meeker. 1996. Pork chain quality audit survey: Quantification of pork quality characteristics. *J. Muscle Foods.* 7:29.
- Carr, T. R., R. G. Kauffman, D. L. Meeker and D. J. Meisinger. 1997. Factors reducing pork value. *Pork Industry Handbook*. PIH-135. Purdue University Cooperative Extension Service, West Lafayette, IN. p. 1
- Chizzolini, R., E. Novelli, A. Badiani, G. Delbono and P. Rosa. 1993a. Objective evaluation of pork quality: results of on-line measurements. *Meat Sci.* 34:79.
- Chizzolini, R., E. Novelli, A. Badiani, P. Rosa and G. Delbono. 1993b. Objective measurements of pork quality: evaluation of various techniques. *Meat Sci.* 34:49.
- Cuthbertson, A. and R. W. Pomery. 1970. The effect of length journey by road to abattoir, resting and feeding before slaughter on carcass characteristics in bacon weight pigs. *Anim. Prod.* 12:37.
- Dalrymple R. H. and R. F. Kelly. 1969. Incidence of PSE pork in Midwestern and Southern Hogs. *J. Anim. Sci.* 29:120(Abstr.).
- Davis C. E., H. C. Townsend, H. C. McCampbell and A. J. Mercuri. 1974. Evaluation of the character and incidence of PSE in a herd of Southeastern Grown Experimental Pigs. *J. Anim. Sci.* 385:746.
- Davis C. E., W. E. Townsend and A. J. Mercuri. 1972. Evaluation of PSE in southeastern grown experiment pigs. *J. Anim. Sci.* 35:220(Abstr.).
- Doty. 1959. Physical method. In "The Science of Meat and Meat Products." Freeman, San Francisco. p.232.
- Eagerman, B. A., F. M. Clydesdale and F. J. Francis. 1977. Determination of fresh meat color by objective methods. *J. Food Sci.* 42:707.
- Eikelenboom, G. and Nanni Costa. 1988. Fibre Optic Probe Measurements in Landrace Pigs of Different Halothane Phenotypes. *Meat Sci.* 23:9.
- Eikelenboom, G., A. H. Bolink and W. Sybesma. 1991. Effects of feed withdrawal before delivery on pork quality and carcass yield. *Meat Sci.* 29:25.
- Eikelenboom, G., D. R. Campion, R. G. Kauffman and R. G. Cassens. 1974. Early

- postmortem methods of detecting ultimate porcine muscle quality, *J. Anim. Sci.* 39:303.
- Eisenberg, B. R. 1975. Can electron microscopy distinguish fiber type? In: *Recent Advances in Myology. Excerpta Med. Int. Cong. Ser. Excerpta Med., Amsterdam.* 360:316.
- Flynn A. W. and Branblett. 1975. Effects of Frozen Storage, Cooking Method quality on attriutes of Pork Loins. *J. Food Sci.* 40:631.
- Forrest, J. C., E. D. Alberle, H. B. Hedrick, M. D. Judge and R. A. Merkel. 1975. *Principle of Meat Science.* Freeman, San Francisco, California.
- Forrest, J. C., R. F. Gundlach and E. J. Briskey. 1963. A preliminary survey of the variations in certain pork ham muscle characteristics. *Proc. XV Research Conf. Am. Meat Inst. Found.*
- Fox, J. D., S. A. Wolfram, J. D. Kemp and B. E. Langlois. 1980. Physical, Chemical, Sensory, and Microbiological Properties and Shelf Life of PSE and Normal Pork Chops. *J. Food Sci.* 45:786.
- Fujii, J., K. Otsu, F. Zorzato, D. D. Leon, V. K. Khanna, J. E. Weiler, P. J. O'brien and D. H. MacLennan. 1991. Identification of a mutation in porcine ryanodine receptor associated with malignant hyperermia. *Science.* 253:448.
- Garipey C., J. Amiot and S. Nadai. 1989. Ante-mortem detection of PSE and DFD by Infrared Thermography of Pigs before Stunning. *Meat Sci.* 25:37.
- Garrido, M. D., S. Pedauyé, S. Banon and J. Laencina. 1994. Objective assessment of pork quality. *Meat Sci.* 37:411.
- Greene, B. E., I. Hsin and M. W. Zpser. 1971. Retardation of oxidative color changes in raw ground beef. *J. Food Sci.* 36:940.
- Hart, P. C. and W. Sybesma. 1964. Einfluss von des Eutfernung der Speckout auf Fleischqualitat bei Schweinen. *Proc. Eup. Meet. Meat Res. Workers, 10th, 1964.*
- Herring, H. K., J. H. Haggard and L. J. Hansen. 1971. Studies on chemical and physical properties of pork in relation to quality. *J. Anim. Sci.* 33:758.
- Honikel, K. O. 1987. Influence of chilling on meat quality attributes of fast glycolysing pork muscles. In: *Evaluation and control of meat qaltiy in pigs.* eds. P.V. Tarrant Martinus Nijhoff Publ. p. 273.
- Honkavaara, M. 1989a. Influence of selection phase, fasting and transport on porcine stress and on the development of PSE pork. *J. Agric. Sci. Finland.* 61:415.
- Honkavaara, M. 1989b. Influence of lairage on blood composition of pig and on the development of PSE pork. *J. Agric. Sci. Finland.* 61:425.

- Houde, A., S. A. Pommier and R. Roy. 1993. Detection of the ryanodine receptor mutation associated with malignant hyperthermia in purebred swine population. *J. Anim. Sci.* 71:1414.
- Joo, S. T., B. C. Kauffman, B. C. Kim and C. J. Kim. 1995. The relationship between color and water-holding capacity in post-rigor porcine longissimus muscle. *J. Muscle Food.* 6:211.
- Judge, M. D., E. D. Aberle, J. C. Forrest, H. B. Hedrick and R. A. Merkel. 1989. *Principles of Meat Science.* 2ed. Kendall/Hunt Pub. Co. USA.
- Kauffman, R. G., R. G. Cassens, A. Scherer and D. L. Meeker. 1992. Variations in pork quality : history, definition, extent, resolution. Natl. Pork Producers Council. Des Moines, IA.
- Kauffman, R. G. 1996. Assessing Annual Defenable and Potential Losses Due to Quality Problems in the U.S. Pork Industry. *Meat Sci and Muscle Biol. Lab. Univ. Wisconsin-Madison.*
- Khan, M. A., J. M. Papadimitriou and B. A. Kakulas. 1974. The effect of temperature on the pH stability of myosin ATPase as demonstrated histochemically. *Histochemistry.* 38:181.
- Lambooy, E. and B. Engel. 1991. Transport of slaughter pigs by truck over a long distance: Some aspects of loading density and ventilation. *Livest. Prod. Sci.* 28:163.
- Lee, Y. B. and Choi. 1999. PSE (pale, soft, exudative) Pork : The Causes and Solutions. *Asian-Aus. J. Anim. Sci.* 12(2):244.
- Ludvigsen, J. 1954. Undersogelser on rigor mortis in whale muscle. *Bichim. et Biophys. Acta.* 9:127.
- MacLennan, D. H. and M. S. phillips. 1992. Malignant Hyperthermia. *Science.* 256:789.
- Malmfors, G. 1982. Studies on some factors affecting pig meat quality. *Proc. European Meet. of Meat Res. Workers.* 28:21.
- Martocchia, L., G. M. Brambilla, G. Moccia and E. Cosentino. 1995. The effect of transport on some metabolic A. Parameters and meat quality in pigs. *Meat Sci.* 40:271.
- Miller, W. M. and D. L. Harrison. 1965. Effect of marination in sodium hexametaphosphate solution on the palatability of loin steaks, *Food Technol.* 19:94.
- Monin, G., C. Larzul, P. Le Roy, J. Culioli, J. Mourot, S. Rousset-Akrim, A. Talmant, C. Touraille and Sellier PMonin. 1999. Effects of the halothane genotype

- and slaughter weight on texture of pork. *J. Anim. Sci.* 77(2):408
- Murray, A. C., S. D. M. Jones and A. P. Sather. 1989a. The effect of preslaughter feed restriction and genotype for stress susceptibility on pork lean quality and composition. *Can. J. Anim. Sci.* 69:83.
- Nakajimam, E., T. R. Matsumoto, R. Yamada, K. Kawakami, K. Takeda, A. Ohnishi and M. Komatsu. 1996. Technical notes: Use of a PCR-single strand conformation polymorphism (PCR-SSCP) for detection of a point mutation in the swine ryanodine receptor (RYR1) gene. *J. Anim. Sci.* 74:2904.
- Nishio, S. 1976. What is Huke Meat in pigs. *Animal Husbandry Japan.* 30:951
- O'Brien, P. J. H. Shen, C. R. Cory and X. Zhzng. 1993. Use of a DNA-based test for the mutation associated with porcine stress syndrome (malignant hyperthermia) in 10,000 breeding swine. *J. Am. Vet. Med. Assoc.* 203:842
- Oliver, L., H. Lagant, J. Gruand and M. Molnat. 1991. Genetic progress in Large White and French Landrace pigs from 1977 to 1987. *J. Rech. Porcine France.* 23:389.
- Rempel, W. E., M. Lu, D. E. Kandelgy, C. F. H. Kennedy, L. R. Irvi, J. R. Mickelson and D. F. Louis. 1995. The effect of skeletal muscle ryanodine receptor genotype on pig performance and carcass quality traits. *Anim. Sci.* 60:249.
- Santos, C. J. M. Almeida, E. C. Matias, M. J. Fraqueza, C. Roseiro and L. Sardina. 1997. Influence of lairage environmental conditions and resting time on meat quality in pigs. *Meat Sci.* 45:253.
- Santos, C., L. C. Roseiro, H. Goncalves and R. S. Melo. 1994. Incidence of different pork quality categories in a Portugese slaughterhouse: A survey. *Meat Sci.* 38:279.
- SAS. 1980a. SAS Procedures Guide for Personal computers, Version 6 Edition. SAS Institute Inc.
- SAS. 1980b. SAS/STAT Guide for Personal computer, Version 6 Edition. SAS Institute Inc.
- Schmittgen, F., H. K. Schepers, H. Jungst, U. Reul and A. Festerling. 1984. Meat quality in the pig: Experiments in determining it. *Fleischwirts.* 64:1238.
- Schwoe, D., J. Blum and A. Rebsamen, A. 1980. Parameters of meat quality and stress resistance of pigs *Livest. Prod. Sci.* 7:337.
- Seidler, D., E. Bartnick and B. Nowak. 1985. PSE detection using a modified MS tester compared with other measurements of meat quality on the slaughterline. In: *Evaluation and Control of Meat Quality in Pigs* (Ed. P. V. Tarrant, G. Eilelenboom and G. Monin). Martinus Nijhoff Publishers, Dordrecht, Netherands.

p. 175.

- Snyder, H. E. 1965. Analysis of pigments at the surface of fresh beef with reflectance spectrophotometry. *J. Food Sci.* 30:457.
- Stalder K. J., K. J. Chstalder, J. Maya, L. L. Christian, S. J. Moeller and K. J. Prusa. 1998. Effect of preslaughter Management on the quality of carcasses from, Porcine Stress Syndrome Heterozygous Market Hogs. *J. Anim. Sci.* 76(9):2435.
- Swatland, H. J. 1987. Remote monitoring of postmortem metabolism in pork carcasses. In: *Evaluation and Control of Meat Quality in Pigs* (Ed. P. V. Tarrant, G. Eikelenboom and G. Monin). Martinus Nijhoff, Dordrecht. p. 143.
- Swatland, H. J. and R. G. Cassens. 1973. Observations on the postmortem histochemistry of myofibers from stress susceptible pigs. *J. Anim. Sci.* 37:385.
- Taylor, A. A., S. J. Dant and J. W. L. French. 1973. Processing Wiltshire bacon from PSE-prone pigs. *J. Food Technol.* 8:167.
- Todd See, Kelly Zering and O. W. Robinson. 1998. Economic Value of Pork Quality Traits. North Carolina State University, NPPC. Internet.
- van der Wal, P. G., B. Engel, G. van Beek and C. H. Veekamp. 1995. Chilling pig carcasses: effects on temperature, weight loss and ultimate meat quality. *Meat Sci.* 40:193.
- van der Wal, P.G., A. H. Bolink and G. S. M. Merkus. 1988. Difference in quality characteristics of normal, PSE, DFD pork. *Meat Sci.* 24:79.
- van Laack, R. L. J. M. and F. J. M. Smulders. 1992. On the assessment of water-holding capacity of hot-vs cold-boned pork. *Meat Sci.* 32:139.
- Warris, P. D. and S. N. Brown. 1987. The relationship between initial pH, reflectance and exudation in pig muscle. *Meat Sci.* 20:65.
- Warriss, P. D. 1984. Incidence of carcass damage to slaughter pigs. *Proc. European meetings of meat research worker.* vol. 30:17.
- Warriss, P. D., S. N. Brown and S. J. M. Adams. 1991. Use of the Tecpro prok quality meter for assessing meat quality on the slaughterline. *Meat Sci.* 30:147.
- Webb, A. J., A. E. Carden, C. Smith and P. Imlah. 1982. Porcine stress syndrome in pig breeding. *Proc. 2nd World Congr. Genet. Apple Livest. Prod., Madrid,* 5:588.
- Wismer-Pedersen, J. 1959. Quality of Pork in Relation to rate pH Change Post-Mortem. *J. Food Sci.* 24:711.
- Young, D. 1996. A retailers response on the quality of pork. *Proc. Recip. Meat Conf.* 49:447.
- 강창기, 박구부, 성삼경, 이무하, 이영현, 정명섭, 최양일. 1995. 식육생산과 가공의 과학. 선진문화사. p128.

- 김동훈. 1998a. PSE돈육 발생요인 및 측정방법 비교 연구. 서울대학교. 박사학위 논문.
- 김동훈. 1998b. 새로운 축산기술. 물돼지 (PSE)고기 발생 원인과 방지요령. 축산기술연구소, 농촌진흥청. p.170
- 김천재. 1985. 육과 육제품의 보수력. 한국식육연구회보 6 (1):45.
- 김천제, 이의수, 김병철, 주선태, 최도영, 강종욱, 유익종, R.G. Kauffman. 1996. PSE, RSE, RFN, DFD 돈육의 생화학적 및 조직학적 특성에 관한 연구. 한국 축산식품학회지 16 (2):235.
- 박형일, 박태섭, 신영수, 이학교, 김형균, 오하식, 손창준, 한재용. 1997. PCR-RFLP 기법을 이용한 PSS 표지 검색에 관한 연구. Anim. Gene. and Breed., 1 (1):73.
- 박형기, 이재구. 1980. 이상 (PSE)돈육의 발생을 조사에 관한 연구. 한축지. 22 (2):153.
- 박형기. 1980a. 이상 (PSE)돈육의 발생요인 조사 및 그 대책에 관한 연구. 한축지 22 (6):447.
- 이유방, 1983. 미국의 돈육유통과 가공, 제3회 양돈산업진흥을 위한 국제 심포지움 발표 논문집. p.45.
- 이유방, 최양일. 1998. PSE (pale, soft, Exudative)돈육의 원인과 해결책. 세계축산학회 개최기념. 제2회 양돈인의 날 교재. p121.
- 주선태, 김병철. 1994. 돈육질의 객관적 측정방법에 관한 조사. 한국축산식품학회지. 14 (1):90.
- 주선태. 1995. Identification, Measurement and Explanation of Factors Associated with Color and Water-holding Capacity of Porcine Muscle. 고려대학교. 박사학위논문.
- 축협. 1998. 축산물 가격 및 수급자료, 축협중앙회.
- 한석현. 김천재. 1986. 저장온도가 PSE이상돈육의 육질에 미치는 영향. 한축지. 28(9):612.

(한국동물자원과학회지에 게재 예정임)

5. Halothane test에 의한 PSS돈의 검출

가. 서 론

PSE돈육을 유발시키는데 영향을 미치는 PSS유전자를 가진 돼지는 고온, 밀사, 수술, 부주의한 사양관리 등으로 스트레스를 받으면 근육의 강직과 고열을 일으키고, 비정상적으로 과도한 신진대사 현상에 의한 malignant hyperthermia를 일으킨다 (Brooks와 Cassens, 1973). 이러한 스트레스 감수성 돼지는 일반적으로 돼지

몸의 폭이 크고 후구가 잘 발달된 근육형 돼지에서 잘 발생되며, 생산된 돈육도 외관이 열악하고 육즙분리가 심하여 기호성도 떨어지며 (Cannon 등, 1996), 미국의 경우 PSE돈육에 의한 경제적 손실은 연간 1억불 이상이 될 것이라 보고되었다 (Carr 등, 1997). 이 유전자를 보유한 모돈의 경우 산자수가 정상돼지보다 떨어지며, 비육돈의 경우도 폐사되거나 PSE돈육으로 발생하는 경우가 많으므로 양돈농가가 보유하고 있는 모돈 및 종돈들에 대한 PSS 검출이 매우 중요하다고 할 수 있다. 외국의 경우에는 품종간 차이는 다소 있지만 PSS 유전자에 대한 헤테로 (N/n) 비율은 15~20%, PSS (n/n)는 1.5~2%로 보고되고 있다 (MacLennan과 Phillips, 1992; Houde 등, 1993; O'Brien 등, 1993; Nakajima 등, 1996).

PSS돈 검출을 위해서 Halothane검사가 매우 효율적으로 이용될 수 있으며, 최근에는 할로텐 DNA probe test를 이용하여 검출하기도 한다 (Eikelenboom 등, 1974; Fujii 등, 1991). Barton-Gade와 Olsen (1985)은 PSE육을 발생시키는 돼지를 판정하기 위해 Halothane test를 거쳐 양성과 음성으로 나누고, 이중 양성 판정된 돼지를 도축하여 보수성과 pH를 측정하였다. 실험결과 4개 품종중 Duroc과 Hampshire종은 Halothane 음성으로 나타난 반면, Landrace종과 Large White종에서 5% 정도 양성반응을 나타내어 PSS인자를 갖고 있는 것으로 판정되었다. Halothane양성인 두 품종의 돼지를 도축후 보수성과 pH를 측정한 결과 88~100%의 돼지가 PSE육으로 판정되었으며 특히 등심부위와 햄부위에서 육질의 저하가 심하게 나타났다고 보고하였다.

본 과제에서는 Halothane test에 의한 PSS돈 검출방법을 농장에 적용하여 양성 및 음성돈을 판정하고, 사양 후 출하된 양성 및 음성돈의 육질 및 도체특성을 규명하며, 아울러 유전적 요인에 의한 PSE육 발생현황을 규명하는데 그 목적을 둔다.

나. 재료 및 방법

Halothane 양성, 음성돈의 사양시험을 하기 위해 예비실험으로 (주)도드람양돈 축협산하 농장중 PSE육 발생율이 높은곳 2곳, 평균인곳 2곳, 낮은곳 2곳으로 총 6개소 농장에서 각 3두씩 총 18두의 모돈에서 혈액을 채취하여 유전자 검색방법 (PCR-RFLP)으로 PSS유전인자 보유현황을 조사한 결과, PSE육 발생율이 높은 농장 1개소의 조사두수 3두중 2두에서 PSS유전인자가 hetero형으로 보유된 것이 판명되어 이 농장 (원산농장)의 협조를 받아 hetero형의 PSS 유전인자를 보유한 모돈에서 생산된 자돈을 대상으로 halothane 검사에 의한 PSS돈 검출을 수행하였다. 생체중 25~30 kg되는 자돈에게 3분간 halothane (in oxygen)을 Aika Anesthetic gas machine (Halomatic Compact 70, Aika Medical Co., Japan)을 이용하여 흡입시켰다. 3분을 기준으로 첫 1분은 4% halothane (in oxygen 2~3 liter/min)의 양을 흡입시

킨 후, 1분이내에 동공이 풀린 것을 확인한 후, 남은 2분동안 2% halothane (in oxygen 1~2 liter/min)을 흡입시켰다. 흡입마취후 뒷다리 근육의 경직정도, 피부의 반점발현 및 항문을 통한 체온 측정을 통해 양성돈과 음성돈을 판정하였다. Halothane 검사후 양성돈 (20두)과 음성돈 (20두)을 각각 다른 돈방에 분리시킨 후 동일사육조건하에서 출하체중까지 사양시험에 공시하였다. 출하체중까지 일당 증체량 등을 조사하며, 도축후 도체특성 및 제반육질 특성을 조사할 예정으로 있다. 그외 시험에 공시된 각 halothane 양성돈과 음성돈으로부터 혈액을 채취하여 유전자 검색방법 (PCR-RFLP)으로 hetero와 homo형의 PSS유전인자 보유현황도 조사하였다.

다. 결과 및 고찰

협조기관인 (주)도드람 양돈축협 산하 농장 중에서 PSE육 발생현황에 따라 발생율이 높은곳, 평균인곳, 낮은곳을 각 2곳씩 총 6개소 농장에서 모든 3두씩을 선발하여 총 18두의 모돈을 대상으로 혈액을 채취하여 유전자 검색방법 (PCR-RFLP)으로 PSS 유전인자 보유현황을 조사하였다. 조사결과 PSS 유전인자 열성 homo형 (n/n)은 없었으며, PSE육 발생율이 높은 농장 1개소의 조사두수 3두 중 2두에서 PSS 유전인자가 hetero형 (N/n)으로 보유된 것이 판명되어 전체 18두 중 PSS (N/n) 비율은 11%였다. 이는 PSS 유전인자 조사에서 PSS (N/n)비율은 15~20%, PSS (n/n)은 1.5~2.0%라고 한 외국의 조사결과 (O'Brien 등, 1993 ; Nakajima 등, 1996)에 비해 PSS (N/n)비율은 다소 낮은 경향이였다.

정상돈 (N/N)과 PSS hetero돈 (N/n)에 대해 halothane 검사를 한 결과는 표 3-1-26에서 보는 바와 같다.

헤테로돈은 정상돈에 비해 마취정도가 매우 심해 늦게 풀리는 경향이였으며, 피부발적도 매우 유의적으로 나타나 halothane 양성돈으로 판정되었다. 그러나 항문을 통한 체온에서는 유의적인 차이가 나타나지 않아, 체온단독으로 halothane 양성판정에는 큰 무리가 있는 것으로 사료되었다.

표 3-1-26. Halothane 판정결과

마취반응	Homozygous (NN), n=15	Heterozygous (Nn), n=15
마취정도 ^A	1.20 ± 0.41 ^b	1.80 ± 0.86 ^a
피부발적 ^B	1.07 ± 0.26 ^b	2.40 ± 1.12 ^a
직장온도 (°C)	40.22 ± 0.36 ^b	39.65 ± 0.34 ^b

^A 마취반응 : 마취가 빨리 풀리면=1점, 마취가 늦게 풀리면=3점.

^B 피부발적 : 1점 = 마취시 피부에 반점이 없음, 4점 = 피부에 붉은 반점이 매우 많음.

정상돈 (N/N)과 PSS hetero돈 (N/n)의 75일령까지의 체중변화는 표 3-1-27에서 보는 바와 같다. 이유체중, 40일령 및 75일령 체중 모두에서 두 돼지군사이에 유의적인 차이는 나타나지 않았으나, 헤테로돈이 정상돈보다 육성중기로 가면서 다소 체중이 무거워지는 경향이였다.

표 3-1-27. 유전자형에 따른 성장일령별 체중 (kg)

	Homozygous (NN), n=15	Heterozygous (Nn), n=15
이유체중 (30일령)	15.33 ± 2.33	15.53 ± 1.82
육성초기 (40일령)	26.85 ± 5.04	28.90 ± 4.40
육성중기 (75일령)	53.40 ± 3.49 ^a	46.53 ± 4.44 ^b

라. 요약

유전자 검색방법 (PCR-RFLP)으로 모돈 18두의 PSS유전인자 보유 현황을 조사한 결과 PSS 헤테로돈 (N/n)은 2두 (11%)로 나타났으며, PSS 열성호모돈 (n/n)은 발견되지 않았다.

정상돈 (NN)과 PSS 헤테로돈의 halothane 검사결과, 헤테로돈은 마취정도가 매우 심해 마취가 늦게 풀리고, 피부발적도 유의적으로 나타나 halothane 양성으로 판정되었다. 그러나 직장체온에서는 두 돼지군사이에 유의적인 차이가 없었다. 정상돈과 헤테로돈의 체중변화에서는 두 돼지군 사이에 유의적인 차이가 나타나지 않았으나, 헤테로돈이 정상돈보다 육성중기로 가면서 다소 체중이 무거워지는 경향을 보였다.

마. 참고문헌

- Ashmore, C. R. and L. Doerr. 1971. Comparative aspects of muscle fiber types in different species. *Exp. Neurol.* 31:431.
- Augustini, C. and K. Fischer. 1982. Physiological relation of slaughter animals during transport. In: *Transport of animals intended for breeding, production and slaughter* ed. R. Moss, The Hague, Netherlands, Martinus Nijhoff Publishers. p. 125.
- Barton-Gade, P. A. 1984. Influence of halothane genotype on meat quality in pigs subjected to various preslaughter treatments. *Proc. European Meeting of Meat Res. Works.* 30:8.

- Barton-Gade, P. A. and E. V. Olsen. 1985. Experience in measuring the meat quality of stress-susceptible pigs. In: Evaluation and Control of Meat Quality in Pigs (Ed. P. V. Tarrant, G. Eikelenboom and G. Monin). Martinus Nijhoff Publishers, Dordrecht, Netherlands. p. 117.
- Bate-Smith, E. C. and J. R. Bendall. 1949. *J. Physiol.* 110:47.
- Beattie, V. E., R. N. Weatherup, B. W. Moss and N. Walker. 1999. The effect of increasing carcass weight of finishing boars and gilts on joint composition and meat quality. *Meat Sci.* 52:205.
- Bech, N. 1931. *Beretin. Forsogslab.* 139:1.
- Bendall, J. R., A. Cuthbertson and D. P. Gatherum. 1966. A survey of pH1 and ultimate pH values of British progeny-test pigs. *J. Food Technol.* 1:201.
- Borggaard, C., J. R. Andersen and P. A. Barton-Gade. 1989. Further development of the MQM-equipment for measuring water holding capacity and intramuscular fat on-line. Proc. 35th International Congress of Meat Sci. and Technology. Copenhagen, Denmark. p. 212.
- Briskey, E. J. 1964. Etiological status and associated studies of pale, soft, exudative porcine musculature. *Adv. Food Res.* 13:89.
- Briskey, E. J. and J. W. Wismer-Pedersen. 1961. Biochemistry of pork muscle structure. I. Rate of anaerobic glycolysis and temperature change. *J. Food Sci.* 26:297.
- Brooks, G. A. and R. G. Cassens. 1973. Respiratory functions of mitochondria isolated from stress-susceptible and stress-resistant pigs. *J. Anim. Sci.* 37:688.
- Brown, S. N. 1992. A Note of the Use of Subjective Methods for Assessing Pig Meat Quality on the Slaughter line. *Meat Sci.* 32:195.
- Cannon, J. E., J. B. Morgan, F. K. McKeith, G. C. Smith, S. Sonka, J. Heavner and D. L. Meeker. 1996. Pork chain quality audit survey: Quantification of pork quality characteristics. *J. Muscle Foods.* 7:29.
- Carr, T. R., R. G. Kauffman, D. L. Meeker and D. J. Meisinger. 1997. Factors reducing pork value. *Pork Industry Handbook. PIH-135.* Purdue University Cooperative Extension Service, West Lafayette, IN. p. 1
- Chizzolini, R., E. Novelli, A. Badiani, G. Delbono and P. Rosa. 1993a. Objective evaluation of pork quality: results of on-line measurements. *Meat Sci.* 34:79.
- Chizzolini, R., E. Novelli, A. Badiani, P. Rosa and G. Delbono. 1993b. Objective measurements of pork quality: evaluation of various techniques. *Meat Sci.* 34:49.
- Cuthbertson, A. and R. W. Pomery. 1970. The effect of length journey by road to

- abattoir, resting and feeding before slaughter on carcass characteristics in bacon weight pigs. *Anim. Prod.* 12:37.
- Dalrymple R. H. and R. F. Kelly. 1969. Incidence of PSE pork in Midwestern and Southern Hogs. *J. Anim. Sci.* 29:120(Abstr.).
- Davis C. E., H. C. Townsend, H. C. McCampbell and A. J. Mercuri. 1974. Evaluation of the character and incidence of PSE in a herd of Southeastern Grown Experimental Pigs. *J. Anim. Sci.* 385:746.
- Davis C. E., W. E. Townsend and A. J. Mercuri. 1972. Evaluation of PSE in southeastern grown experiment pigs. *J. Anim. Sci.* 35:220(Abstr.).
- Doty. 1959. Physical method. In "The Science of Meat and Meat Products." Freeman, San Francisco. p.232.
- Eagerman, B. A., F. M. Clydesdale and F. J. Francis. 1977. Determination of fresh meat color by objective methods. *J. Food Sci.* 42:707.
- Eikelenboom, G. and Nanni Costa. 1988. Fibre Optic Probe Measurements in Landrace Pigs of Different Halothane Phenotypes. *Meat Sci.* 23:9.
- Eikelenboom, G., A. H. Bolink and W. Sybesma. 1991. Effects of feed withdrawal before delivery on pork quality and carcass yield. *Meat Sci.* 29:25.
- Eikelenboom, G., D. R. Campion, R. G. Kauffman and R. G. Cassens. 1974. Early postmortem methods of detecting ultimate porcine muscle quality, *J. Anim. Sci.* 39:303.
- Eisenberg, B. R. 1975. Can electron microscopy distinguish fiber type? In: *Recent Advances in Myology. Excerpta Med. Int. Cong. Ser. Excerpta Med., Amsterdam.* 360:316.
- Flynn A. W. and Branblett. 1975. Effects of Frozen Storage, Cooking Method quality on attributes of Pork Loins. *J. Food Sci.* 40:631.
- Forrest, J. C., E. D. Alberle, H. B. Hedrick, M. D. Judge and R. A. Merkel. 1975. *Principle of Meat Science.* Freeman, San Francisco, California.
- Forrest, J. C., R. F. Gundlach and E. J. Briskey. 1963. A preliminary survey of the variations in certain pork ham muscle characteristics. *Proc. XV Research Conf. Am. Meat Inst. Found.*
- Fox, J. D., S. A. Wolfram, J. D. Kemp and B. E. Langlois. 1980. Physical, Chemical, Sensory, and Microbiological Properties and Shelf Life of PSE and Normal Pork Chops. *J. Food Sci.* 45:786.
- Fujii, J., K. Otsu, F. Zorzato, D. D. Leon, V. K. Khanna, J. E. Weiler, P. J. O'Brien and D. H. MacLennan. 1991. Identification of a mutation in porcine ryanodine

- receptor associated with malignant hyperthermia. *Science*. 253:448.
- Garipey C., J. Amiot and S. Nadai. 1989. Ante-mortem detection of PSE and DFD by Infrared Thermography of Pigs before Stunning. *Meat Sci*. 25:37.
- Garrido, M. D., S. Pedauyé, S. Banon and J. Laencina. 1994. Objective assessment of pork quality. *Meat Sci*. 37:411.
- Greene, B. E., I. Hsin and M. W. Zpser. 1971. Retardation of oxidative color changes in raw ground beef. *J. Food Sci*. 36:940.
- Hart, P. C. and W. Sybesma. 1964. Einfluss von der Entfernung der Speckhaut auf Fleischqualität bei Schweinen. *Proc. Eup. Meet. Meat Res. Workers*, 10th, 1964.
- Herring, H. K., J. H. Haggard and L. J. Hansen. 1971. Studies on chemical and physical properties of pork in relation to quality. *J. Anim. Sci*. 33:758.
- Honikel, K. O. 1987. Influence of chilling on meat quality attributes of fast glycolysing pork muscles. In: *Evaluation and control of meat quality in pigs*. eds. P.V. Tarrant Martinus Nijhoff Publ. p. 273.
- Honkavaara, M. 1989a. Influence of selection phase, fasting and transport on porcine stress and on the development of PSE pork. *J. Agric. Sci. Finland*. 61:415.
- Honkavaara, M. 1989b. Influence of lairage on blood composition of pig and on the development of PSE pork. *J. Agric. Sci. Finland*. 61:425.
- Houde, A., S. A. Pommier and R. Roy. 1993. Detection of the ryanodine receptor mutation associated with malignant hyperthermia in purebred swine population. *J. Anim. Sci*. 71:1414.
- Joo, S. T., B. C. Kauffman, B. C. Kim and C. J. Kim. 1995. The relationship between color and water-holding capacity in post-rigor porcine longissimus muscle. *J. Muscle Food*. 6:211.
- Judge, M. D., E. D. Aberle, J. C. Forrest, H. B. Hedrick and R. A. Merkel. 1989. *Principles of Meat Science*. 2ed. Kendall/Hunt Pub. Co. USA.
- Kauffman, R. G., R. G. Cassens, A. Scherer and D. L. Meeker. 1992. Variations in pork quality : history, definition, extent, resolution. *Natl. Pork Producers Council*. Des Moines, IA.
- Kauffman, R. G. 1996. *Assessing Annual Defensible and Potential Losses Due to Quality Problems in the U.S. Pork Industry*. *Meat Sci and Muscle Biol. Lab.* Univ. Wisconsin-Madison.
- Khan, M. A., J. M. Papadimitriou and B. A. Kakulas. 1974. The effect of temperature on the pH stability of myosin ATPase as demonstrated histochemically. *Histochemistry*. 38:181.

- Lambooy, E. and B. Engel. 1991. Transport of slaughter pigs by truck over a long distance: Some aspects of loading density and ventilation. *Livest. Prod. Sci.* 28:163.
- Lee, Y. B. and Choi. 1999. PSE (pale, soft, exudative) Pork : The Causes and Solutions. *Asian-Aus. J. Anim. Sci.* 12(2):244.
- Ludvigsen, J. 1954. Undersogelser on rigor mortis in whale muscle. *Bichim. et Biophys. Acta.* 9:127.
- MacLennan, D. H. and M. S. phillips. 1992. Malignant Hyperthermia. *Science.* 256:789.
- Malmfors, G. 1982. Studies on some factors affecting pig meat quality. *Proc. European Meet. of Meat Res. Workers.* 28:21.
- Martoccia, L., G. M. Brambilla, G. Moccia and E. Cosentino. 1995. The effect of transport on some metabolic A. Parameters and meat quality in pigs. *Meat Sci.* 40:271.
- Miller, W. M. and D. L. Harrison. 1965. Effect of marination in sodium hexametaphosphate solution on the palatability of loin steaks, *Food Technol.* 19:94.
- Monin, G., C. Larzul, P. Le Roy, J. Culioli, J. Mourot, S. Rousset-Akrim, A. Talmant, C. Touraille and Sellier PMonin. 1999. Effects of the halothane genotype and slaughter weight on texture of pork. *J. Anim. Sci.* 77(2):408
- Murray, A. C., S. D. M. Jones and A. P. Sather. 1989a. The effect of preslaughter feed restriction and genotype for stress susceptibility on pork lean quality and composition. *Can. J. Anim. Sci.* 69:83.
- Nakajimam, E., T. R. Matsumoto, R. Yamada, K. Kawakami, K. Takede, A. Ohnishi and M. Komatsu. 1996. Technical notes: Use of a PCR-single strand conformation polymorphism (PCR-SSCP) for detection of a point mutation in the swine ryanodine receptor (RYR1) gene. *J. Anim. Sci.* 74:2904.
- Nishio, S. 1976. What is Huke Meat in pigs. *Animal Husbandry Japan.* 30:951
- O'Brien, P. J. H. Shen, C. R. Cory and X. Zhzng. 1993. Use of a DNA-based test for the mutation associated with porcine stress syndrome (malignant hyperthermia) in 10,000 breeding swine. *J. Am. Vet. Med. Assoc.* 203:842
- Oliver, L., H. Lagant, J. Gruand and M. Molnat. 1991. Genetic progress in Large White and French Landrace pigs from 1977 to 1987. *J. Rech. Porcine France.* 23:389.
- Rempel, W. E., M. Lu, D. E. Kandelgy, C. F. H. Kennedy, L. R. Irvi, J. R.

- Mickelson and D. F. Louis. 1995. The effect of skeletal muscle ryanodine receptor genotype on pig performance and carcass quality traits. *Anim. Sci.* 60:249.
- Santos, C. J. M. Almeida, E. C. Matias, M. J. Fraqueza, C. Roseiro and L. Sardina. 1997. Influence of lairage environmental conditions and resting time on meat quality in pigs. *Meat Sci.* 45:253.
- Santos, C., L. C. Roseiro, H. Goncalves and R. S. Melo. 1994. Incidence of different pork quality categories in a Portugese slaughterhouse: A survey. *Meat Sci.* 38:279.
- SAS. 1980a. SAS Procedures Guide for Personal computers, Version 6 Edition. SAS Institute Inc.
- SAS. 1980b. SAS/STAT Guide for Personal computer, Version 6 Edition. SAS Institute Inc.
- Schmittgen, F., H. K. Schepers, H. Jungst, U. Reul and A. Festerling. 1984. Meat quality in the pig: Experiments in determining it. *Fleischwirts.* 64:1238.
- Schwoe, D., J. Blum and A. Rebsamen, A. 1980. Parameters of meat quality and stress resistance of pigs *Livest. Prod. Sci.* 7:337.
- Seidler, D., E. Bartnick and B. Nowak. 1985. PSE detection using a modified MS tester compared with other measurements of meat quality on the slaughterline. In: *Evaluation and Control of Meat Quality in Pigs* (Ed. P. V. Tarrant, G. Eilelenboom and G. Monin). Martinus Nijhoff Publishers, Dordrecht, Netherands. p. 175.
- Snyder, H. E. 1965. Analysis of pigments at the surface of fresh beef with reflectance spectrophotometry. *J. Food Sci.* 30:457.
- Stalder K. J., K. J. Chstalder, J. Maya, L. L. Christian, S. J. Moeller and K. J. Prusa. 1998. Effect of preslaughter Management on the quality of carcasses from, Porcine Stress Syndrome Heterozygous Market Hogs. *J. Anim. Sci.* 76(9):2435.
- Swatland, H. J. 1987. Remote monitoring of postmortem metabolism in pork carcasses. In: *Evaluation and Control of Meat Quality in Pigs* (Ed. P. V. Tarrant, G. Eikelenboom and G. Monin). Martinus Nijhoff, Dordrecht. p. 143.
- Swatland, H. J. and R. G. Cassens. 1973. Observations on the postmortem histochemistry of myofibers from stress susceptible pigs. *J. Anim. Sci.* 37:385.
- Taylor, A. A., S. J. Dant and J. W. L. French. 1973. Processing Wiltshire bacon form PSE-prone pigs. *J. Food Technol.* 8:167.
- Todd See, Kelly Zering and O. W. Robinson. 1998. Economic Value of Pork Quality Traits. North Carrollna State University, NPPC. Internet.

- van der Wal, P. G., B. Engel, G. van Beek and C. H. Veekamp. 1995. Chilling pig carcasses: effects on temperature, weight loss and ultimate meat quality. *Meat Sci.* 40:193.
- van der Wal, P.G., A. H. Bolink and G. S. M. Merkus. 1988. Difference in quality characteristics of normal, PSE, DFD pork. *Meat Sci.* 24:79.
- van Laack, R. L. J. M. and F. J. M. Smulders. 1992. On the assessment of water-holding capacity of hot-vs cold-boned pork. *Meat Sci.* 32:139.
- Warriss, P. D. and S. N. Brown. 1987. The relationship between initial pH, reflectance and exudation in pig muscle. *Meat Sci.* 20:65.
- Warriss, P. D. 1984. Incidence of carcass damage to slaughter pigs. *Proc. European meetings of meat research worker.* vol. 30:17.
- Warriss, P. D., S. N. Brown and S. J. M. Adams. 1991. Use of the Tecpro prok quality meter for assessing meat quality on the slaughterline. *Meat Sci.* 30:147.
- Webb, A. J., A. E. Carden, C. Smith and P. Imlah. 1982. Porcine stress syndrome in pig breeding. *Proc. 2nd World Congr. Genet. Apple Livest. Prod., Madrid,* 5:588.
- Wismer-Pedersen, J. 1959. Quality of Pork in Relation to rate pH Change Post-Mortem. *J. Food Sci.* 24:711.
- Young, D. 1996. A retailers response on the quality of pork. *Proc. Recip. Meat Conf.* 49:447.
- 강창기, 박구부, 성삼경, 이무하, 이영현, 정명섭, 최양일. 1995. 식육생산과 가공의 과학. 선진문화사. p128.
- 김동훈. 1998a. PSE돈육 발생요인 및 측정방법 비교 연구. 서울대학교. 박사학위논문.
- 김동훈. 1998b. 새로운 축산기술. 물돼지 (PSE)고기 발생 원인과 방지요령. 축산기술연구소, 농촌진흥청. p.170
- 김천재. 1985. 육과 육제품의 보수력. *한국식육연구회보* 6 (1):45.
- 김천제, 이의수, 김병철, 주선태, 최도영, 강종욱, 유익중, R.G. Kauffman. 1996. PSE, RSE, RFN, DFD 돈육의 생화학적 및 조직학적 특성에 관한 연구. *한국축산식품학회지* 16 (2):235.
- 박영일, 박태섭, 신영수, 이학교, 김형균, 오하식, 손창준, 한재용. 1997. PCR-RFLP 기법을 이용한 PSS 표지 검색에 관한 연구. *Anim. Gene. and Breed.,* 1 (1):73.
- 박형기, 이재구. 1980. 이상 (PSE)돈육의 발생을 조사에 관한 연구. *한축지.* 22 (2):153.
- 박형기. 1980a. 이상 (PSE)돈육의 발생요인 조사 및 그 대책에 관한 연구. *한축지* 22 (6):447.
- 이유방, 1983. 미국의 돈육유통과 가공, 제3회 양돈산업진흥을 위한 국제 심포지

음 발표 논문집. p.45.

이유방, 최양일. 1998. PSE (pale, soft, Exudative)돈육의 원인과 해결책. 세계축산학회 개최기념. 제2회 양돈인의 날 교재. p121.

주선태, 김병철. 1994. 돈육질의 객관적 측정방법에 관한 조사. 한국축산식품학회지. 14 (1):90.

주선태. 1995. Identification, Measurement and Explanation of Factors Associated with Color and Water-holding Capacity of Porcine Muscle. 고려대학교. 박사학위논문.

축협. 1998. 축산물 가격 및 수급자료, 축협중앙회.

한석현, 김천재. 1986. 저장온도가 PSE이상돈육의 육질에 미치는 영향. 한축지. 28(9):612.

(이 연구 결과는 한국동물자원과학회지에 게재 예정임)

6. PSE육 조기판정을 위한 신속측정방법의 개발

가. 서 론

돈육의 육질을 판정하는데는 육색, 조직감등의 주관적 판정이나 pH, 기계적 육색측정치나 육즙분리등의 객관적 분석치가 이용되어왔다. 그중 돈육의 주관적 육색은 PSE나 DFD와 같은 이상육과 정상육을 구별하는데 오랜기간 이용되어 왔으나, 보수성등과 같은 육질특성을 정확하게 예측하는데는 어려움이 많다. (Warner, 1994; van Laack 등, 1994). pH는 사후 근육의 해당작용을 추정하게 해주며, 그외 보수력이나 육색과도 높은 관계를 갖고 있어 아직도 육질 측정에 많이 이용되고 있다 (Bendall 과 Swatland, 1988). 그러나 pH수치 단독으로는 육질, 특히 강직적 돈육의 육질을 판정하는데는 정확도가 떨어지는 경향이 있다 (Chizzolini 등, 1993; Kauffman 등, 1993). 그외 돈육의 광학적 또는 전기적 성질을 이용하여 육질의 특성을 판정하는 연구도 많이 시도되었다 (Chizzolini 등, 1993; Oliver 등, 1991).

도축직후나 도축 24시간후의 돼지 도체에서 PSE육의 신속하고 정확한 판정을 위해 여러 가지 기기들의 적용이 시도되었는데, reflectance value를 이용하는 Hennessy Grading System (Hennessy & Chong Ltd., Auckland, NZ), light transmission을 이용하는 Fibre Optic Probe (TBL, Leeds, UK), 그리고 역시 reflectance value를 이용하는 Fat-O-Meater (Fa. SFK, Hvidovre, Denmark)등이 시도되었다. 이들은 pH수치와 보수력수치를 이용한 PSE육 판정과의 비교에서 높은 판별력을 보인 것으로 보고된바 있으나 (Seidler 등, 1985; Eikelenboom과 Nanni Costa, 1988; Irie와 Swatland, 1993; Miri 등, 1992), 장비의 가격이 비싸거나 신뢰

성이 떨어지는 등의 단점이 있다.

본 연구의 목적은 국내 육가공장 발골라인에서 비파괴적이며, 가격이 저렴하고 이상육을 조기판정하는 방법을 개발하는데 있다.

나. 재료 및 방법

PSE육 조기판정을 위한 신속측정방법의 개발에서는 가격이 저렴하여 경제적이면서도 발골라인에서 비파괴적으로 도체별로 쉽게 측정이 가능한 측정방법을 시도한 결과, portable pH meter, filter paper test와 portable conductivity meter의 세가지 방법이 선택되었다. (주)도드람유통의 협조하에 바른터 육가공장의 발골라인에서 분할된 냉도체의 등심부위에서 기계적 측정치를 조사하고, 제 10흉추와 제 13흉추 사이의 등심근을 공시재료로하여 육질특성을 조사하여 상관분석을 통해 가장 바람직한 신속 측정방법을 조사하고 있다.

다. 결과 및 고찰

PSE육 신속측정방법개발에서 가격이 저렴하여 경제적이면서도 발골라인에서 비파괴적으로 손쉽게 도체별로 측정이 가능한 방법을 시도한 결과 portable pH meter (HANA HI9024 pH meter, HANNA Instrument, Portugal), filter paper test와 portable conductivity meter (NWK LT*K21 Conductivity meter, NWK-Binär GmbH, Germany)의 세가지 방법이 선발되었다.

냉도체의 최종 pH수치를 3개 그룹으로 나누어 5.4이하, 5.4~5.7 그리고 5.7이상으로 분류한 결과 (표 3-1-28), pH 5.7이상구에서는 정상육에서 약간의 암적색육사이의 범주를 나타내었다. 반면에 pH 5.4이하구에서는 보수력이 낮고, 명도가 높으며, 육색도 창백한 경향이어서 심한 PSE육이거나 semi-PSE육인 것으로 나타났다. 그외 pH 5.4~5.7에서는 상기 두 그룹에 비해서 중간적인 경향을 나타냈으나, 육색에서는 semi-PSE육에 가까운 외관을 보였다. 이상의 결과에서 portable pH meter를 사용하여 등심부위의 최종 pH를 측정된 후 등심부 단면의 육색판정을 병행한다면 PSE육의 조기 판정이 상당부분 가능할 것으로 사료된다.

최근에 미국 Wisconsin 대학의 Kauffman 박사팀에 의해 개발된 filter paper 방법 (Kauffman 등, 1986; Joo, 1995)은 돼지 등심부위에 맞는 작은 직경 (5 cm)의 여과지를 건조시킨 후, 1분간 도체의 등심부 단면에 접촉시킨 후 흡수된 수분의 양을 측정하는 간이측정법인데, 매우 간편하고 편리한 방법으로 판단되어서 시도하였다. Filter paper 검사에 의한 냉도체 측정수치를 3개 그룹으로 나누어 30 mg 이하, 30~100, 100 mg이상으로 분류한 결과 (표 3-1-29), 100 mg 이상구에서는 명도가 높고, 육색은 창백한 적색을 나타내어 PSE육 범주를 나타내었으며, 반면

에 30 mg 이하구에서는 정상적인 pH, 낮은 명도와 정상적인 육색을 나타내어 정상육의 범위를 보여주었다. 그러나 30~100 mg 구에서도 낮은 명도와 정상적인 육색을 나타내어 상기 냉도체 pH 측정치에 비해서는 다소 변별도가 떨어지는 경향을 보였지만, PSE육 판정에는 역시 우수하게 사용 될 수 있을 것으로 사료된다.

표 3-1-28. 냉도체 pH 측정치에 의한 육질특성 조사

육질특성	pH<5.4	5.4<pH<5.7	pH>5.7
FPW ^A	85.70±40.92	81.06±44.90	98.48±40.51
L* ^B	53.35±7.41 ^a	51.65±4.88 ^{ab}	48.69±4.31 ^d
a* ^B	8.64±4.44	7.88±2.93	8.70±3.23
b* ^B	11.98±1.88 ^a	11.83±1.16 ^a	10.80±0.76 ^d
육색 ^C	2.80±0.80 ^d	2.80±0.68 ^d	3.37±0.66 ^a
Marbling ^D	1.68±0.45	2.38±0.89	2.31±0.90

^{a, d} 서로 다른 머릿글자는 유의차가 있음 (p<0.05).

^A Filter paper weight (여과지 검사에 의한 무게)

^B Color meter에 의한 측정치; L* (명도), a* (적색도), b* (황색도)

^C 주관적 육색수치 (1=매우 창백하다; 매우 진한 적색이다)

^D 등심부위의 근육내지방 침착도 (1=지방침착이 없다; 5=지방침착이 매우 많다).

상기 냉도체 pH 측정치와 여과지 검사수치와 조사된 육질특성간의 상관분석 결과는 표 3-1-30에서 보는 바와 같다. 예측한 대로 pH측정치와 여과지 검사수치 사이에는 상관이 낮았으며, pH측정치는 명도 (L*)와 황색도 (b*)와는 유의적으로 부의 상관을 보였으며, 육색과는 유의적으로 정의상관을 나타내어 매우 이용가능이 높은 신속측정방법임이 판명되었다. 그러나 여과지 검사수치도 육색측정치 (L*, a*, b*)와는 모두 유의적으로 정의 상관을 나타내어 PSE육 판정에는 효과적으로 이용될 수 있음을 보여주고 있다. 그외 육색은 명도 (L*)와 황색도 (b*)와 유의적으로 부의 상관을 나타내어 육색측정치도 상기 냉도체 측정치와 병행하여 이용될 때 정확도를 매우 높일 수 있는 것으로 사료된다.

라. 요약

가격이 저렴하며 발골라인에서 비파괴적으로 손쉽게 도체열로 육질측정이 가능한 PSE육 신속측정방법을 시도한 결과 Portable pH meter, filter paper test와

portable conductivity meter가 선발되었다.

표 3-1-29. 냉도체 여과지 검사수치에 의한 육질특성조사

육질특성	FPW<30	30<FPW<100	FPW>100
pH	5.66±0.11	5.60±0.10	5.71±0.24
L*	49.02±4.95 ^b	48.53±3.03 ^b	52.69±5.51 ^a
a*	6.01±1.20 ^b	5.47±1.24 ^b	9.97±2.92 ^a
b*	11.28±0.90 ^{ab}	11.00±0.90 ^b	11.89±1.36 ^a
육색	3.09±0.243	3.17±0.27	2.82±0.91
Marbling	2.20±0.78	1.97±0.72	2.43±0.93

^{a,b} 서로 다른 머릿글자는 유의차가 있음 (p<0.05).

표 3-1-30. 냉도체 신속측정치와 육질특성간의 상관분석

	Filter paper wetness	L*	a*	b*	Marbling score	Meat color
pH	0.19	-0.27*	0.14	-0.41***	0.10	0.40***
Filter paper wetness (mg)	-	0.36**	0.65****	0.29*	0.20	-0.21
L*		-	0.33**	0.67****	-0.01	-0.63****
a*			-	0.53****	-0.05	-0.01
b*				-	-0.04	-0.39***
Marbling score					-	-0.07
Meat color						-

최종 pH 측정치를 3개 그룹으로 나누어 5.4이하, 5.4~5.7, 그리고 5.7이상으로 분류한 결과, pH 5.7이상구에서는 보수력이 높았고, 명도가 낮으며, 육색도 진한 적색을 나타내어 정상육에서 약간의 DFD육 사이의 범주를 나타냈다. 반면에 pH 5.4이하구에서는 보수력이 낮고, 명도가 높으며, 육색도 창백한 경향이어서 PSE육이거나 semi-PSE육인 것으로 판단되었다.

여과지검사 측정치를 30 mg 이하, 30~100, 그리고 100 mg 이상으로 분류한 결과, 100 mg 이상구에서는 명도가 높고, 육색은 창백한 적색을 나타내어 PSE육 범주를 나타냈다.

30 mg 이하구에서는 낮은 명도와 정상적인 육색을 나타내어 정상육의 범위를 보였다. 그러나 30~100 mg 구에서도 낮은 명도와 정상적인 육색을 나타내어 상

기 pH 측정치에 대해서는 다소 변별도가 떨어지는 경향이였다.

전체 기계적 측정치와 육질특성간의 상관관계를 조사한 결과, pH 측정치는 육색 L*, a*와는 부의 상관관계를, 주관식 육색수치와는 정의 상관관계를 나타내어 매우 이용 가능성이 높은 측정방법으로 판단되었다. 그러나 여과지 검사측정치도 육색과는 부의 상관관계를 그리고 육색 L*과 b* 수치와는 정의상관관계를 나타내어, 육색측정과 병행하여 이용된다면 PSE육 판정에 변별도를 증가시킬 수 있을것으로 사료되었다.

마. 참고문헌

- Ashmore, C. R. and L. Doerr. 1971. Comparative aspects of muscle fiber types in different species. *Exp. Neurol.* 31:431.
- Augustini, C. and K. Fischer. 1982. Physiological relation of slaughter animals during transport. In: *Transport of animals intended for breeding, production and slaughter* ed. R. Moss, The Hague, Netherlands, Martinus Nijhoff Publishers. p. 125.
- Barton-Gade, P. A. 1984. Influence of halothane genotype on meat quality in pigs subjected to various preslaughter treatments. *Proc. European Meeting of Meat Res. Works.* 30:8.
- Barton-Gade, P. A. and E. V. Olsen. 1985. Experience in measuring the meat quality of stress-susceptible pigs. In: *Evaluation and Control of Meat Quality in Pigs* (Ed. P. V. Tarrant, G. Eikelenboom and G. Monin). Martinus Nijhoff Publishers, Dordrecht, Netherlands. p. 117.
- Bate-Smith, E. C. and J. R. Bendall. 1949. *J. Physiol.* 110:47.
- Beattie, V. E., R. N. Weatherup, B. W. Moss and N. Walker. 1999. The effect of increasing carcass weight of finishing boars and gilts on joint composition and meat quality. *Meat Sci.* 52:205.
- Bech, N. 1931. *Beretin. Forsogslab.* 139:1.
- Bendall, J. R., A. Cuthbertson and D. P. Gatherum. 1966. A survey of pH1 and ultimate pH values of British progeny-test pigs. *J. Food Technol.* 1:201.
- Borggaard, C., J. R. Andersen and P. A. Barton-Gade. 1989. Further development of the MQM-equipment for measuring water holding capacity and intramuscular fat on-line. *Proc. 35th International Congress of Meat Sci. and Technology.* Copenhagen, Denmark. p. 212.
- Briskey, E. J. 1964. Etiological status and associated studies of pale, soft, exudative porcine musculature. *Adv. Food Res.* 13:89.

- Briskey, E. J. and J. W. Wismer-Pedersen. 1961. Biochemistry of pork muscle structure. I. Rate of anaerobic glycolysis and temperature change. *J. Food Sci.*, 26:297.
- Brooks, G. A. and R. G. Cassens. 1973. Respiratory functions of mitochondria isolated from stress-susceptible and stress-resistant pigs. *J. Anim. Sci.* 37:688.
- Brown, S. N. 1992. A Note of the Use of Subjective Methods for Assessing Pig Meat Quality on the Slaughter line. *Meat Sci.* 32:195.
- Cannon, J. E., J. B. Morgan, F. K. McKeith, G. C. Smith, S. Sonka, J. Heavner and D. L. Meeker. 1996. Pork chain quality audit survey: Quantification of pork quality characteristics. *J. Muscle Foods.* 7:29.
- Carr, T. R., R. G. Kauffman, D. L. Meeker and D. J. Meisinger. 1997. Factors reducing pork value. *Pork Industry Handbook. PIH-135.* Purdue University Cooperative Extension Service, West Lafayette, IN. p. 1
- Chizzolini, R., E. Novelli, A. Badiani, G. Delbono and P. Rosa. 1993a. Objective evaluation of pork quality: results of on-line measurements. *Meat Sci.* 34:79.
- Chizzolini, R., E. Novelli, A. Badiani, P. Rosa and G. Delbono. 1993b. Objective measurements of pork quality: evaluation of various techniques. *Meat Sci.* 34:49.
- Cuthbertson, A. and R. W. Pomery. 1970. The effect of length journey by road to abattoir, resting and feeding before slaughter on carcass characteristics in bacon weight pigs. *Anim. Prod.* 12:37.
- Dalrymple R. H. and R. F. Kelly. 1969. Incidence of PSE pork in Midwestern and Southern Hogs. *J. Anim. Sci.* 29:120(Abstr.).
- Davis C. E., H. C. Townsend, H. C. McCampbell and A. J. Mercuri. 1974. Evaluation of the character and incidence of PSE in a herd of Southeastern Grown Experimental Pigs. *J. Anim. Sci.* 385:746.
- Davis C. E., W. E. Townsend and A. J. Mercuri. 1972. Evaluation of PSE in southeastern grown experiment pigs. *J. Anim. Sci.* 35:220(Abstr.).
- Doty. 1959. Physical method. In "The Science of Meat and Meat Products." Freeman, San Francisco. p.232.
- Eagerman, B. A., F. M. Clydesdale and F. J. Francis. 1977. Determination of fresh meat color by objective methods. *J. Food Sci.* 42:707.
- Eikelenboom, G. and Nanni Costa. 1988. Fibre Optic Probe Measurements in Landrace Pigs of Different Halothane Phenotypes. *Meat Sci.* 23:9.
- Eikelenboom, G., A. H. Bolink and W. Sybesma. 1991. Effects of feed withdrawal before delivery on pork quality and carcass yield. *Meat Sci.* 29:25.

- Eikelenboom, G., D. R. Campion, R. G. Kauffman and R. G. Cassens. 1974. Early postmortem methods of detecting ultimate porcine muscle quality, *J. Anim. Sci.* 39:303.
- Eisenberg, B. R. 1975. Can electron microscopy distinguish fiber type? In: *Recent Advances in Myology*. Excerpta Med. Int. Cong. Ser. Excerpta Med., Amsterdam. 360:316.
- Flynn A. W. and Branblett. 1975. Effects of Frozen Storage, Cooking Method quality on attriutes of Pork Loins. *J. Food Sci.* 40:631.
- Forrest, J. C., E. D. Alberle, H. B. Hedrick, M. D. Judge and R. A. Merkel. 1975. *Principle of Meat Science*. Freeman, San Francisco, California.
- Forrest, J. C., R. F. Gundlach and E. J. Briskey. 1963. A preliminary survey of the variations in certain pork ham muscle characteristics. *Proc. XV Research Conf. Am. Meat Inst. Found.*
- Fox, J. D., S. A. Wolfram, J. D. Kemp and B. E. Langlois. 1980. Physical, Chemical, Sensory, and Microbiological Properties and Shelf Life of PSE and Normal Pork Chops. *J. Food Sci.* 45:786.
- Fujii, J., K. Otsu, F. Zorzato, D. D. Leon, V. K. Khanna, J. E. Weiler, P. J. O'brien and D. H. MacLennan. 1991. Identification of a mutation in porcine ryanodine receptor associated with malignant hyperermia. *Science.* 253:448.
- Gariepy C., J. Amiot and S. Nadai. 1989. Ante-mortem detection of PSE and DFD by Infrared Thermography of Pigs before Stunning. *Meat Sci.* 25:37.
- Garrido, M. D., S. Pedauyé, S. Banon and J. Laencina. 1994. Objective assessment of pork quality. *Meat Sci.* 37:411.
- Greene, B. E., I. Hsin and M. W. Zpser. 1971. Retardation of oxidative color changes in raw ground beef. *J. Food Sci.* 36:940.
- Hart, P. C. and W. Sybesma. 1964. Einfluss von des Eutfernung der Speckout auf Fleischqualität bei Schweinen. *Proc. Eup. Meet. Meat Res. Workers*, 10th, 1964.
- Herring, H. K., J. H. Haggard and L. J. Hansen. 1971. Studies on chemical and physical properties of pork in relation to quality. *J. Anim. Sci.* 33:758.
- Honikel, K. O. 1987. Influence of chilling on meat quality attributes of fast glycolysing pork muscles. In: *Evaluation and control of meat qaltiy in pigs*. eds. P.V. Tarrant Martinus Nijhoff Publ. p. 273.
- Honkavaara, M. 1989a. Influence of selection phase, fasting and transport on porcine stress and on the development of PSE pork. *J. Agric. Sci. Finland.* 61:415.
- Honkavaara, M. 1989b. Influence of lairage on blood composition of pig and on the

- development of PSE pork. *J. Agric. Sci. Finland.* 61:425.
- Houde, A., S. A. Pommier and R. Roy. 1993. Detection of the ryanodine receptor mutation associated with malignant hyperthermia in purebred swine population. *J. Anim. Sci.* 71:1414.
- Joo, S. T., B. C. Kauffman, B. C. Kim and C. J. Kim. 1995. The relationship between color and water-holding capacity in post-rigor porcine longissimus muscle. *J. Muscle Food.* 6:211.
- Judge, M. D., E. D. Aberle, J. C. Forrest, H. B. Hedrick and R. A. Merkel. 1989. *Principles of Meat Science.* 2ed. Kendall/Hunt Pub. Co. USA.
- Kauffman, R. G., R. G. Cassens, A. Scherer and D. L. Meeker. 1992. Variations in pork quality : history, definition, extent, resolution. *Natl. Pork Producers Council.* Des Moines, IA.
- Kauffman, R. G. 1996. Assessing Annual Defenable and Potential Losses Due to Quality Problems in the U.S. Pork Industry. *Meat Sci and Muscle Biol. Lab.* Univ. Wisconsin-Madison.
- Khan, M. A., J. M. Papadimitriou and B. A. Kakulas. 1974. The effect of temperature on the pH stability of myosin ATPase as demonstrated histochemically. *Histochemistry.* 38:181.
- Lambooy, E. and B. Engel. 1991. Transport of slaughter pigs by truck over a long distance: Some aspects of loading density and ventilation. *Livest. Prod. Sci.* 28:163.
- Lee, Y. B. and Choi. 1999. PSE (pale, soft, exudative) Pork : The Causes and Solutions. *Asian-Aus. J. Anim. Sci.* 12(2):244.
- Ludvigsen, J. 1954. Undersogelser on rigor mortis in whale muscle. *Bichim. et Biophys. Acta.* 9:127.
- MacLennan, D. H. and M. S. phillips. 1992. Malignant Hyperthermia. *Science.* 256:789.
- Malmfors, G. 1982. Studies on some factors affecting pig meat quality. *Proc. European Meet. of Meat Res. Workers.* 28:21.
- Martoccia, L., G. M. Brambilla, G. Moccia and E. Cosentino. 1995. The effect of transport on some metabolic A. Parameters and meat quality in pigs. *Meat Sci.* 40:271.
- Miller, W. M. and D. L. Harrison. 1965. Effect of marination in sodium hexametaphosphate solution on the palatability of loin steaks, *Food Technol.* 19:94.

- Monin, G., C. Larzul, P. Le Roy, J. Culioli, J. Mourot, S. Rousset-Akrim, A. Talmant, C. Touraille and Sellier PMonin. 1999. Effects of the halothane genotype and slaughter weight on texture of pork. *J. Anim. Sci.* 77(2):408
- Murray, A. C., S. D. M. Jones and A. P. Sather. 1989a. The effect of preslaughter feed restriction and genotype for stress susceptibility on pork lean quality and composition. *Can. J. Anim. Sci.* 69:83.
- Nakajimam, E., T. R. Matsumoto, R. Yamada, K. Kawakami, K. Takeda, A. Ohnishi and M. Komatsu. 1996. Technical notes: Use of a PCR-single strand conformation polymorphism (PCR-SSCP) for detection of a point mutation in the swine ryanodine receptor (RYR1) gene. *J. Anim. Sci.* 74:2904.
- Nishio, S. 1976. What is Huke Meat in pigs. *Animal Husbandry Japan.* 30:951
- O'Brien, P. J. H. Shen, C. R. Cory and X. Zhzng. 1993. Use of a DNA-based test for the mutation associated with porcine stress syndrome (malignant hyperthermia) in 10,000 breeding swine. *J. Am. Vet. Med. Assoc.* 203:842
- Oliver, L., H. Lagant, J. Gruand and M. Molnat. 1991. Genetic progress in Large White and French Landrace pigs from 1977 to 1987. *J. Rech. Porcine France.* 23:389.
- Rempel, W. E., M. Lu, D. E. Kandelgy, C. F. H. Kennedy, L. R. Irvi, J. R. Mickelson and D. F. Louis. 1995. The effect of skeletal muscle ryanodine receptor genotype on pig performance and carcass quality traits. *Anim. Sci.* 60:249.
- Santos, C. J. M. Almeida, E. C. Matias, M. J. Fraqueza, C. Roseiro and L. Sardina. 1997. Influence of lairage environmental conditions and resting time on meat quality in pigs. *Meat Sci.* 45:253.
- Santos, C., L. C. Roseiro, H. Goncalves and R. S. Melo. 1994. Incidence of different pork quality categories in a Portugese slaughterhouse: A survey. *Meat Sci.* 38:279.
- SAS. 1980a. SAS Procedures Guide for Personal computers, Version 6 Edition. SAS Institute Inc.
- SAS. 1980b. SAS/STAT Guide for Personal computer, Version 6 Edition. SAS Institute Inc.
- Schmittgen, F., H. K. Schepers, H. Jungst, U. Reul and A. Festerling. 1984. Meat quality in the pig: Experiments in determining it. *Fleischwirts.* 64:1238.
- Schwore, D., J. Blum and A. Rebsamen, A. 1980. Parameters of meat quality and stress resistance of pigs *Livest. Prod. Sci.* 7:337.
- Seidler, D., E. Bartnick and B. Nowak. 1985. PSE detection using a modified MS

- tester compared with other measurements of meat quality on the slaughterline. In: Evaluation and Control of Meat Quality in Pigs (Ed. P. V. Tarrant, G. Eilelenboom and G. Monin). Martinus Nijhoff Publishers, Dordrecht, Netherands. p. 175.
- Snyder, H. E. 1965. Analysis of pigments at the surface of fresh beef with reflectance spectrophotometry. *J. Food Sci.* 30:457.
- Stalder K. J., K. J. Chstalder, J. Maya, L. L. Christian, S. J. Moeller and K. J. Prusa. 1998. Effect of preslaughter Management on the quality of carcasses from, Porcine Stress Syndrome Heterozygous Market Hogs. *J. Anim. Sci.* 76(9):2435.
- Swatland, H. J. 1987. Remote monitoring of postmortem metabolism in pork carcasses. In: Evaluation and Control of Meat Quality in Pigs (Ed. P. V. Tarrant, G. Eikelenboom and G. Monin). Martinus Nijhoff, Dordrecht. p. 143.
- Swatland, H. J. and R. G. Cassens. 1973. Observations on the postmortem histochemistry of myofibers from stress susceptible pigs. *J. Anim. Sci.* 37:385.
- Taylor, A. A., S. J. Dant and J. W. L. French. 1973. Processing Wiltshire bacon form PSE-prone pigs. *J. Food Technol.* 8:167.
- Todd See, Kelly Zering and O. W. Robinson. 1998. Economic Value of Pork Quality Traits. North Carrollna State University, NPPC. Internet.
- van der Wal, P. G., B. Engel, G. van Beek and C. H. Veekamp. 1995. Chilling pig carcasses: effects on temperature, weight loss and ultimate meat quality. *Meat Sci.* 40:193.
- van der Wal, P.G., A. H. Bolink and G. S. M. Merkus. 1988. Difference in quality characteristics of normal, PSE, DFD pork. *Meat Sci.* 24:79.
- van Laack, R. L. J. M. and F. J. M. Smulders. 1992. On the assessment of water-holding capacity of hot-vs cold-boned pork. *Meat Sci.* 32:139.
- Warris, P. D. and S. N. Brown. 1987. The relationship between initial pH, reflectance and exudation in pig muscle. *Meat Sci.* 20:65.
- Warriss, P. D. 1984. Incidence of carcass damage to slaughter pigs. *Proc. European meetings of meat research worker.* vol. 30:17.
- Warriss, P. D., S. N. Brown and S. J. M. Adams. 1991. Use of the Tecpro prok quality meter for assessing meat quality on the slaughterline. *Meat Sci.* 30:147.
- Webb, A. J., A. E. Carden, C. Smith and P. Imlah. 1982. Porcine stress syndrome in pig breeding. *Proc. 2nd World Congr. Genet. Apple Livest. Prod., Madrid,* 5:588.
- Wismer-Pedersen, J. 1959. Quality of Pork in Relation to rate pH Change Post-Mortem. *J. Food Sci.* 24:711.

- Young, D. 1996. A retailers response on the quality of pork. Proc. Recip. Meat Conf. 49:447.
- 강창기, 박구부, 성삼경, 이무하, 이영현, 정명섭, 최양일. 1995. 식육생산과 가공의 과학. 선진문화사. p128.
- 김동훈. 1998a. PSE돈육 발생요인 및 측정방법 비교 연구. 서울대학교. 박사학위논문.
- 김동훈. 1998b. 새로운 축산기술. 물돼지 (PSE)고기 발생 원인과 방지요령. 축산기술연구소, 농촌진흥청. p.170
- 김천재. 1985. 육과 육제품의 보수력. 한국식육연구회보 6 (1):45.
- 김천재, 이의수, 김병철, 주선태, 최도영, 강종욱, 유익중, R.G. Kauffman. 1996. PSE, RSE, RFN, DFD 돈육의 생화학적 및 조직학적 특성에 관한 연구. 한국축산식품학회지 16 (2):235.
- 박영일, 박태섭, 신영수, 이학교, 김형균, 오하식, 손창준, 한재용. 1997. PCR-RFLP 기법을 이용한 PSS 표지 검색에 관한 연구. Anim. Gene. and Breed., 1 (1):73.
- 박형기, 이재구. 1980. 이상 (PSE)돈육의 발생을 조사에 관한 연구. 한축지. 22 (2):153.
- 박형기. 1980a. 이상 (PSE)돈육의 발생요인 조사 및 그 대책에 관한 연구. 한축지 22 (6):447.
- 이유방, 1983. 미국의 돈육유통과 가공, 제3회 양돈산업진흥을 위한 국제 심포지움 발표 논문집. p.45.
- 이유방, 최양일. 1998. PSE (pale, soft, Exudative)돈육의 원인과 해결책. 세계축산학회 개최기념. 제2회 양돈인의 날 교재. p121.
- 주선태, 김병철. 1994. 돈육질의 객관적 측정방법에 관한 조사. 한국축산식품학회지. 14 (1):90.
- 주선태. 1995. Identification, Measurement and Explanation of Factors Associated with Color and Water-holding Capacity of Porcine Muscle. 고려대학교. 박사학위논문.
- 축협. 1998. 축산물 가격 및 수급자료, 축협중앙회.
- 한석현, 김천재. 1986. 저장온도가 PSE이상돈육의 육질에 미치는 영향. 한축지. 28(9):612.

(본 논문은 제9회 축산종합학술대회에서 발표 되었음)

제 2절 위생돈육 생산을 위한 미생물 최소화 방안에 관한 연구

1. 서 론

최근 국민 소득증대, 핵가족화, 시장 개방화 등의 국내외적 환경변화에 따른 식생활 패턴의 변화로 동물성 단백질 식품인 식육류의 소비가 계속 증가하여 1993년도에 총 식육 및 육제품의 개인 일일평균소비량이 45.2 g에서 1998년도에는 58.3 g으로 증가하였으며, 이중 돼지고기가 가장 높아 27.7 g을 차지하고 있다. 육류소비의 양상도 냉동육 위주에서 신선 냉장육 위주로 전환됨에 따라 소비자들은 신선하고 안전한 고품질 식육제품에 대한 구매욕이 높아지고 있다. 그러나 냉장육의 위생관리가 미비하여 *E.coli* O157:H7 등 병원성미생물에 의한 식중독사고가 세계 각국에서 문제시되고 있다. 우리 나라의 경우에도 1998년도에 수입쇠고기에서 *E. coli* O157:H7균이 검출되어 소비자들이 식육에서의 미생물 오염을 크게 우려하게 되었다.

식육제품의 안전성은 생물학적 위해요인, 화학적 위해요인, 물리적 위해요인의 정도에 따라 좌우된다고 하여도 과언이 아니다. 이 중에서 미생물의 오염은 소비자에게 심각한 식중독을 발생시킬 수 있는 가장 중요한 요인이라 할 수 있다. 미생물 오염은 사육, 도축, 가공, 저장 및 유통 등 가축의 전체 생산공정의 각 단계에서 발생할 수 있다. 따라서 식육제품의 안전성을 높이기 위해서는 식육제품 생산 전반에 걸친 철저한 위생관리가 요구될 것이다. 통상적인 품질관리는 최종 식육제품에 대한 검사 관리로 시행되어 왔으나 최근 식육제품의 위생관리에서는 product microbiology 대신 process microbiology에 중점을 두고 있으며, 이러한 위생관리 체계의 대표적인 것으로 위해요인중점관리기준제도 (Hazard Analysis Critical Control Point:HACCP)가 있으며 대부분의 국가에서 HACCP 개념에 기초하여 품질 관리를 수행하고 있다. HACCP은 식품 생산 공정 중 어느 곳에서 위해 요소가 발생하는가를 알아내고 위해요소의 발생을 방지하기 위한 공정 단계별로 중점적으로 관리하는 체계적인 계획이다. 즉, 식품생산체계에 있어서 위해요인이나 중요한 상황이 발생 가능한 모든 단계에 대한 관리가 지속적으로 이루어지는 것을 확인함으로써 문제의 발생을 사전에 예방하도록 고안되어져 있다. 우리 나라의 경우 도축장의 위생수준은 매우 열악하고 영세한 구조를 가지고 있어 철저한 위생관리가 제대로 이루어지지 못하고 있는 실정이다. 이 중 몇몇의 도축장 및 1차 가공장은 자체적인 Total quality Management 체계를 확립하여 품질관리를 하고 있으나, 이러한 체계에서는 최종제품에 대한 관리위주이기

때문에 어느 가공단계에서 위해 요인이 발생하는가를 파악하기가 어려워 문제 발생시 원인 추적이 불가능하다. 따라서 안전한 식육생산을 위한 도축 및 가공단계에서 HACCP제도의 적용이 시급하다고 할 수 있다.

본 연구는 위생적인 돈육 생산을 위하여 돈육의 미생물 수준을 10^3 까지 낮출 수 있는 위생관리 방안을 모색하여 소비자에게 안전하고 위생적인 돈육을 공급하여 건전한 국민식생활 향상에 기여하고자 하는 목표 하에 수행되었다. 이러한 목표 달성을 위하여 돈육 생산단계인 사육, 도축, 가공 및 유통의 모든 단계에서 미생물의 증감 및 위해 요소를 조사하고, 각 단계에서 발생할 수 있는 정확한 위해 요인을 정리하였고, 수집된 위해 정보를 활용하여 사육단계에서 위해 요소를 최소화할 수 있는 지침서 및 도축장과 1차 가공장의 위생관리규범 (Sanitary Standard Operating Procedure: SSOP)과 HACCP 적용 방안을 개발하여 우리나라에서 위생적인 돈육 생산을 위한 종합적인 Total Quality Management 표준안을 개발하기 위하여 수행하였다.

2. 재료 및 방법

가. 미생물 위해분석

1) 시료채취

본 연구에서는 생산 단계별 미생물 위해요인을 분석하기 위하여 경기, 충청, 강원, 전라, 경상, 제주지역에서 한국육류수출입협회 회원사 도축장을 대상으로 6곳의 도축장을 선정하였다. 또한 사육농장은 위 6곳의 도축장에서 관리하고 있는 돼지 사육농장을 대상으로 하였다.

가) 사육단계

돼지 사육시 고려되어야 할 사료·물과 돈사 바닥에서 시료를 채취하였다. 물은 지하수와 돈사내 급수시설 두 곳에서 멸균된 speciman cup에 채취하였고, 사료는 돈사외부의 feedbean과 돈사내 사료급이기 두 곳에서 멸균된 speciman cup에 시료를 채취하였다. 돈사바닥의 경우 멸균 pepton수 10 ml를 미리 채운 멸균 면봉 (DIFCO)와 멸균 template (10×10 cm)를 사용한 swabbing 방법으로 시료를 채취하였다. 모든 미생물 시료는 6시간 이내에 냉장상태로 운반하여 미생물 분석실험을 실시하였다.

나) 도축 및 부분육 가공단계

도축장에서는 멸균 면봉과 멸균 template를 사용한 swabbing방법으로 이분도체

와 예냉실의 도체에서 시료를 채취하였고, 도체에서 샘플채취는 three-point 법으로 belly, ham, jowl의 순서로 채취하였다. 부분육가공장에서는 부분육을 생산하는 도마에서 swabbing방법으로 시료를 채취하였다. 채취한 시료는 6시간 이내에 냉장상태로 운반하여 미생물분석실험을 실시하였다.

다) 유통단계

돈육 유통단계에서의 미생물 오염도 조사를 위해서 각 도축장 및 가공장에서 생산된 냉장육제품을 추적하여 진열 판매된지 2일 된 등심부위를 구입하여 시료로 사용하였다. 구입한 돈육을 약 10 g을 취하여 이를 전자동 중량 희석기 (Delta Dilutor 2500, SPAIN)와 자동시료균질기 (Masticator Silver Panoramic 400, SPAIN)를 이용하여 희석하였다.

2) 실험방법

채취한 시료의 미생물 실험은 총균수, *Salmonella spp.*, *Staphylococcus aureus*, *Listeria monocytogenes*, *E.coli* O157:H7, *Campylobacter jejuni*, *Yersinia enterocolitica* 의 확인실험은 식품공전과 Bacteriological Analytical Manual방법에 준하여 실험하였고 구체적인 방법은 다음과 같다.

가) 총세균수

시험용액 1 ml와 각 단계 희석액 1 ml씩을 각 멸균페트리 접시 2매에 무균적으로 취한 후 43~45℃로 유지한 표준천천배지 15 ml를 무균적으로 분주하고 검체와 배지를 잘 섞고 냉각응고 시켰다. 냉각응고 시킨 페트리접시를 35±1℃에서 48시간 배양한 후 생성집락을 계수를 하였다.

나) 살모넬라 (*Salmonella spp.*)

시험용액 1 ml를 Selenite F Broth (Difco) 10 ml에 접종하고 37±1℃ 48시간 증균배양 후 MacConkey Agar (Difco)에서 분리배양 하였다. MacConkey agar에서 유당을 비분해 하고 무색인 의심집락 3~5개 정도를 선정하여 TSI배지에 천자이식한 뒤 *Salmonella*와 유사한 생화학반응을 보이는 집락을 대상으로 Vitek (Biomérieux Co. ltd)을 이용하여 *Salmonella spp.*임을 확인하였다.

다) 황색포도상구균 (*Staphylococcus aureus*)

시험용액을 10% NaCl Tryptic Soy Broth (Difco)에 접종하여 37±1℃ 24시간 증균배양 후 Mannitol Salt Agar (Difco)에서 분리배양 하였다. 분리배지인 Mannitol salt agar상에서 Mannitol을 분해하고 진한황색인 의심집락 3~5개 선정하여 coagulase응집반응과 catalase 시험을 하였다. 두 생화학반응 모두 양성인 집

락을 대상으로 vitek을 이용하여 *S. aureus*임을 확인하였다.

라) 리스테리아균 (*Listeria monocytogenes*)

시험용액을 *Listeria enrichment broth* (Merck)에 접종하여 30℃ 24시간 1차 증균한 후, 1차 증균액 100 μ l를 *Fraser listeria enrichment broth* (Merck)에 접종하여 30℃ 24시간 2차 증균하였다. 2차 증균액을 *Oxford agar* (Merck)에서 분리배양하여 진한 밤색 환을 갖는 의심집락을 3~5개를 선정하였다. 의심되는 집락을 TSYEA 배지에 이식한 후 Vitek을 통해 *Listeria spp.* 임을 확인하였다. 최종동정은 API *listeria kit* (Biomereux Co. ltd)와 APLAB plus 동정 Program을 이용하여 *L. monocytogenes*임을 확인하였다.

마) 병원성 대장균 O157:H7 (*E. Coli* O157:H7)

시험용액을 mEC증균배지 (Merck)에 넣어 37 \pm 1℃에서 24시간 증균 후 *Fluorocult E.coli O157:H7 selective agar* (Merck)와 *Sorbitol MacConkey agar* (Difco)에서 각각 분리배양하여 sorbitol 비분해하는 등의 의심집락을 분리하여 Vitek과 혈청반응시험을 통해 *E.coli* O157:H7임을 확인하였다.

바) 캄필로박터 제주니 (*Campylobacter jejuni*)

시험용액 50 μ l를 microaerobic 조건을 유지시킨 배양장치에서 *Campylobacter selective agar* (Merck)에 시료를 접종하여 37℃ 48시간 분리배양 하였다. 분리집락 중 oxidase test 양성인 것에 대해 Vitek을 통해 Glucose 이용가능성 여부를 확인하였다. 이 두가지 조건을 만족하는 콜로니에 대해서 42℃와 25℃에서 차례로 성장여부를 확인한 결과 42℃와 25℃ 모두에서 정상적인 성장을 보이는 것은 *C. coli*로 결정하고, 42℃에서만 정상적인 성장을 보이는 것은 *C. jejuni*로 결정하였다.

사) 예시니아 엔테로콜리티카 (*Yersinia enterocolitica*)

시험용액 1 ml을 Peptone sorbitol bile배지 10ml에 접종하여 10℃에서 7일간 저온배양한 뒤, *Yersinia selective agar* (Difco)에서 30℃ 48시간 분리배양하였다. 전형적인 적색의 의심집락에 대하여 Vitek을 이용하여 *Y. enterocolitica*임을 확인하였다.

나. 도축 및 육가공장 HACCP 개발

1) HACCP 및 SSOP 표준안 개발

본 연구를 위해서 경기, 강원, 전라, 경상도 지역의 한국육류수출입협회 회원사인 돼지도축장과 부분육 가공공장에서 기초자료를 수집하여 돼지 도축장

HACCP계획을 수행하였다. 먼저 위해분석을 위한 준비과정인 HACCP팀의 구성하고, 최종 돈육제품에 대한 기술 및 유통방법 작성, 제품용도와 소비대상의 확인과 우리나라의 일반적인 돼지 도축·가공장의 전공정 흐름도를 작성하였다. 다섯 단계의 위해분석을 위한 준비과정을 작성한 후, 위해분석을 포함한 다음의 7가지 기본원칙을 준수하여 우리 나라 돼지 도축·가공장 공정별 HACCP계획을 개발하였다.

2) HACCP 시범적용

경기지역에서 육류수출입협회 회원사이고 2000년 7월 1일부터 HACCP제도를 적용해야하는 도축장 두 곳을 선정하였다. 두 도축장의 작업환경은 작업장 구조 및 작업라인이 효율적이고 최신설비를 갖춘 A도축장 및 부분육 가공장, 작업장의 구조와 작업라인이 비효율적이고 시설이 노후된 G 도축장 및 부분육 가공장에 각각 HACCP 제도를 시범적용을 위하여 각 도축장에 HACCP적용 전후 미생물 오염도 조사와 각 도축장에 맞게 HACCP제도를 개발하였다.

가) 각 도축장에 HACCP적용 전후 미생물 오염도 조사

HACCP적용전 각 도축장의 미생물 오염실태를 파악하기 위해 각 도축장 및 부분육 가공장을 3차례 방문하여, 도축장에서는 이분도체, 최종수세후, 예냉도체에서 swabbing 방법, 부분육 가공장에서는 작업대와 작업칼, 운송벨트 및 포장육에서 swabbing 방법으로 샘플을 채취하였다. A와 G가공장에서 생산하는 돈육의 유통시 오염실태를 알아보기 유통된지 1일된 돈육을 도소매점에서 구입하였다. 채취한 시료는 4시간 이내에 냉장상태로 운반하여 총세균수, 대장균, *Salmonella spp.*, *Staphylococcus aureus*, *Listeria monocytogenes*, *E.coli* O157:H7, *Campylobacter jejuni*, *Yersinia enterocolitica*를 실험하였고, 실험 방법은 앞에서 기술한 방법으로 실시하였다.

나) HACCP적용

미생물 위해요인 분석후, 본 연구에서 작성한 SSOP와 HACCP 표준안과 USDA표준안과 농림부 표준안을 기본으로 하여 시범도축장에 적합한 수정 SSOP와 HACCP를 개발하였다.

3. 결과 및 고찰

가. 미생물 위해분석

1) 사육단계에서 미생물 위해분석

우리나라의 돼지 사육단계에서 야기될 수 있는 미생물 오염도를 조사하기 위하여 우리나라 6개 지역의 미생물 오염도를 조사한 도축장에서 관리하는 돼지 사육시설에서 미생물의 잠재적 오염원인 사료 및 물과 사육환경인 돈사 바닥표면에서 시료를 채취하여 실험한 결과를 표 3-2-1~6에 나타내었다.

표 3-2-1. A 지역 돼지 사육단계에서의 총균수 및 병원성균 조사

Sample	총세균수	<i>Salmonella</i> spp.	<i>S.aureus</i>	<i>L.mono-cytogens</i>	<i>E. coli</i> O157:H7	<i>C.jejuni</i>	<i>Y.enterocolitica</i>
물 ^{1)a}	5.0×10^1	ND ⁶⁾	ND	ND	ND	ND	ND
물 b ³⁾	8.95×10^6	검출	검출	ND	ND	검출	ND
사료 ^{4)a}	2.4×10^5	ND	ND	ND	ND	ND	ND
사료b	3.25×10^5	검출	ND	ND	ND	ND	ND
돈사바닥 ⁵⁾	6.17×10^5	검출	검출	ND	ND	검출	ND

¹⁾ cfu/ml, ²⁾ a : 돈사내에 들어가기 전의 시료, ³⁾ b : 돈사내에서 채취한 시료
⁴⁾ cfu/g, ⁵⁾ cfu/cm², ⁶⁾ ND : Not detect

표 3-2-2. B 지역 돼지 사육단계에서의 총균수 및 병원성균 조사

Sample	총세균수	<i>Salmonella</i> spp.	<i>S.aureus</i>	<i>L.mono-cytogens</i>	<i>E. coli</i> O157:H7	<i>C.jejuni</i>	<i>Y.enterocolitica</i>
물 ^{1)a}	3.07×10^4	ND ⁶⁾	ND	ND	ND	ND	ND
물 b ³⁾	8.5×10^4	검출	ND	ND	ND	ND	검출
사료 ^{4)a}	2.4×10^5	ND	검출	ND	ND	ND	ND
사료b	3.25×10^5	ND	검출	ND	ND	ND	ND
돈사바닥 ⁵⁾	6.17×10^4	ND	검출	ND	ND	ND	ND

¹⁾ cfu/ml, ²⁾ a : 돈사내에 들어가기 전의 시료, ³⁾ b : 돈사내에서 채취한 시료.
⁴⁾ cfu/g, ⁵⁾ cfu/cm², ⁶⁾ ND : Not detect.

표 3-2-1~6의 결과에 의하면 우리나라의 돼지 사육장에서 물은 사료급이기에 들어가기 전 총세균수가 $10 \sim 10^2$ cfu/ml였으며 병원성 미생물도 한 건도 검출되지 않았다. 그러나 돈사내 사료급이기의 급수시설에서 채취한 물에서는 총세균수가 $10^3 \sim 10^6$ cfu/ml로 증가하였는데, 특히 A, E지역과 F 지역의 경우 사료급이기에 물의 총균수가 10^1 cfu/ml에서 $10^5 \sim 10^6$ cfu/ml로 급격한 증가를 나타내어 이 지역에서는 사료급이기의 급수시설에 대한 세척을 강화해야 할 것으로 사료되었다. 사료급이기 물에서 *Salmonella* spp.가 A, B, C, D, E, F지역에서 모두 검출되었고, *S. aureus*는 A, D, E 지역에서 발견되었고, B 지역에서 저온성 세균인 *Y. enterocolitica*가 검출되었다. 돼지들이 먹는 물에서의 총세균수와 병원성 미생물균

총 조사를 통하여 돼지들이 물에 의한 오염보다 사료급여기의 급수시설에서 물을 먹을 때 돼지들에 의한 교차오염이 일어나는 것으로 조사되어 사료급여기의 급수시설에 대한 세척을 강화하는 위생관리가 필요하다고 사료된다.

표 3-2-3. C 지역 돼지 사육단계에서의 총균수 및 병원성균 조사

Sample	총세균수	<i>Salmonella</i> spp.	<i>S.aureus</i>	<i>L.mono-cytogens</i>	<i>E. coli</i> O157:H7	<i>C.jejuni</i>	<i>Y.enterocolitica</i>
물 ^{1)a})	1.53×10^2	ND ⁶⁾	ND	ND	ND	ND	ND
물 b ³⁾	1.14×10^6	검출	ND	ND	ND	ND	ND
사료 ^{4)a}	6.3×10^4	ND	ND	ND	ND	ND	ND
사료b	1.66×10^5	ND	검출	ND	ND	검출	ND
돈사바닥 ⁵⁾	6.80×10^5	검출	검출	ND	ND	검출	ND

¹⁾ cfu/ml, ²⁾ a : 돈사내에 들어가기 전의 시료, ³⁾ b : 돈사내에서 채취한 시료.

⁴⁾ cfu/g, ⁵⁾ cfu/cm², ⁶⁾ ND : Not detect.

표 3-2-4. D 지역 돼지 사육단계에서의 총균수 및 병원성균 조사

Sample	총세균수	<i>Salmonella</i> spp.	<i>S.aureus</i>	<i>L.mono-cytogens</i>	<i>E. coli</i> O157:H7	<i>C.jejuni</i>	<i>Y.enterocolitica</i>
물 ^{1)a})	1.17×10^2	ND ⁶⁾	ND	ND	ND	ND	ND
물 b ³⁾	4.0×10^3	검출	검출	ND	ND	ND	ND
사료 ^{4)a}	1.25×10^5	ND	ND	ND	ND	ND	ND
사료b	2.2×10^5	ND	ND	ND	ND	검출	ND
돈사바닥 ⁵⁾	1.95×10^5	검출	검출	ND	ND	ND	ND

¹⁾ cfu/ml, ²⁾ a : 돈사내에 들어가기 전의 시료, ³⁾ b : 돈사내에서 채취한 시료.

⁴⁾ cfu/g, ⁵⁾ cfu/cm², ⁶⁾ ND : Not detect.

사료의 경우에 돈사의외부의 feedbean과 돈사내의 사료급여기의 총균수 변화는 적었지만 $10^3 \sim 10^7$ cfu/g로 총세균수의 결과가 매우 높았다. 병원성 미생물인 *S.aureus*는 B지역을 제외하고 사료급여기에 들어오기 전 feedbean내에서 오염된 것으로 나타났으며, *C.jejuni*는 C, D지역에서 사료급여기의 사료에서 검출되었다. 사료에서 가장 중요하게 관리되어야 하는 *Salmonella* spp.는 feedbean내 사료에서는 검출되지 않았으나, A와 F지역 돈사내 사료급여기에서 검출되었다. 사료의 경우 돈사내 사료급여기에서의 돼지들에 의한 오염보다는 주로 feedbean에서 오염이 높은 것으로 사료되어 feedbean의 소독 및 세척관리가 이루어진다면 사료에 의한

미생물 오염 위험성은 감소될 것으로 사료되었다. 사료급이기에서 *Salmonella spp.*의 검출은 사료공장에서 사료의 오염보다는 사육환경에 의한 것으로 조사되어 사료급이기에서 *Salmonella spp.*의 오염을 예방해야 한다.

표 3-2-5. E 지역 돼지 사육단계에서의 총균수 및 병원성균 조사

Sample	총세균수	<i>Salmonella spp.</i>	<i>S.aureus</i>	<i>L.mono-cytogens</i>	<i>E. coli</i> O157:H7	<i>C.jejuni</i>	<i>Y.enterocolitica</i>
물 ^{1)a²⁾}	1.0×10^1	ND ⁶⁾	ND	ND	ND	ND	ND
물 b ³⁾	1.35×10^2	검출	검출	ND	ND	검출	ND
사료 ^{4)a}	3.85×10^4	ND	ND	ND	ND	ND	ND
사료b	3.0×10^5	ND	ND	ND	ND	ND	ND
돈사바닥 ⁵⁾	1.96×10^4	검출	검출	ND	ND	검출	검출

1) cfu/ml, 2) a : 돈사내에 들어가기 전의 시료, 3) b : 돈사내에서 채취한 시료.
4) cfu/g, 5) cfu/cm², 6) ND : Not detect.

표 3-2-6. F 지역 돼지 사육단계에서의 총균수 및 병원성균 조사

Sample	총세균수	<i>Salmonella spp.</i>	<i>S.aureus</i>	<i>L.mono-cytogens</i>	<i>E. coli</i> O157:H7	<i>C.jejuni</i>	<i>Y.enterocolitica</i>
물 ^{1)a²⁾}	3.75×10^1	ND ⁶⁾	ND	ND	ND	ND	ND
물 b ³⁾	3.26×10^5	검출	ND	ND	ND	ND	ND
사료 ^{4)a}	6.4×10^4	ND	검출	ND	ND	ND	ND
사료 b	4.68×10^7	검출	검출	ND	ND	ND	ND
돈사바닥 ⁵⁾	2.46×10^6	검출	검출	ND	ND	ND	검출

1) cfu/ml, 2) a : 돈사내에 들어가기 전의 시료, 3) b : 돈사내에서 채취한 시료.
4) cfu/g, 5) cfu/cm², 6) ND : Not detect.

돈사 바닥의 총균수는 $10^4 \sim 10^6$ cfu/cm²으로 조사되었는데, 돈사 내부가 타 지역에 비해 시설이 낙후되어 보이는 B와 E지역에서 총균수가 10^4 cfu/cm²로 다른 지역의 총균수 ($10^5 \sim 10^6$ cfu/cm²)보다 적게 나타난 것은 시설보다 위생관리의 필요성을 보여준다 하겠다. *S. aureus*는 모든 지역에서 검출되었고, 돼지분변에서 많이 발견³⁾되는 *C. jejuni*는 A, B, F 지역에서 검출되었다. 또한 B 지역을 제외한 모든 지역의 돈사 바닥에서 *Salmonella spp.*가 검출되었으며, 저온성 세균인 *Y. enterocolitica*가 E와 F 지역에서 검출되었다. 그러나 *L. monocytogens*과 *E. coli*

O157:H7균은 검출되지 않았으나, 다른 병원성 미생물이 많이 검출되어 돼지 사육단계에서 돈사의 소독관리가 중요하다는 것을 확인하였다.

2) 도축·유통단계에서 미생물 위해분석

우리나라 돼지 도축장의 미생물학적 위해요소 파악하기 위하여 우선적으로 지역별 도축장 및 부분육가공장을 조사하였다. 도축장내에서는 도체의 미생물 오염도를 파악하기 위하여 도축장의 주된 미생물의 오염원인은 장내미생물에 의한 것'이므로 내장제거 직후의 이분도체와 최종도체인 냉장도체를, 부분육가공장의 미생물 위해는 가공장의 작업환경이 돈육의 또다른 오염을 유발하는 잠재된 위해요인'될 수 있으므로 작업대를 분석하였고, 유통상태 현황을 분석하기 위한 각 도축 및 가공장에서 유통되어 판매되는 돈육의 총세균수와 병원성 미생물에 대하여 조사한 결과는 표 3-2-7~12와 같다.

표 3-2-7. A 지역 도축장·육가공장 및 유통육에서의 총균수 및 병원성균 조사

Sample	총세균수	<i>S.aureus</i>	<i>E. coli</i> O157:H7	<i>L.mono-</i> <i>cytogenes</i>	<i>Salmonella</i> <i>spp.</i>	<i>C.jejuni</i>	<i>Y.entero-</i> <i>colitica</i>
이분도체 ¹⁾	2.23×10^4	검출	ND ³⁾	ND	ND	ND	ND
예냉도체	7.86×10^0	ND	ND	ND	ND	ND	ND
육가공장 작업대	3.36×10^1	검출	ND	ND	ND	ND	ND
유통육 ²⁾	1.24×10^0	ND	ND	ND	ND	ND	ND

¹⁾ cfu/cm², ²⁾ cfu/g, ³⁾ ND : Not Detected.

표 3-2-7에 나타난 것처럼 A 지역 도축장 이분도체의 총세균수는 10^3 cfu/cm², 예냉도체의 경우에는 7.86 cfu/cm²이다, 병원성균의 경우 이분도체에서 *S. aureus*가 검출되었으나 냉장도체에서는 검출되지 않았고 총세균수도 많이 감소한 것으로 보아 위생상태가 아주 양호하였다. 부분육가공장의 작업대에서는 10^1 cfu/cm²의 결과를 나타내었으며, 병원성균인 *S. aureus*가 검출되었다. 유통육에서는 병원성균은 검출되지 않았지만 총미생물수를 조사한 결과 10^0 cfu/g으로 도축장의 냉장도체와 비교해 볼 때 오염의 증가가 심각하였으므로 이는 유통시 냉장체계에 대한 확립이 절대적으로 필요한 것으로 사료된다. 표 3-2-8에 나타난 B지역 도축장에서는 총세균수가 이분도체와 냉장도체 모두 10^3 cfu/cm²의 결과를 나타내었다. 미생물에 의한 오염이 가장 높게 나타나는 내장적출후 이분도체와 손질과 세척한 냉장도체의 오염도가 비슷한 것은 내장적출후의 도체 세척공정에 대해 개

선이 필요한 것으로 조사되었다. 또한 저온성 병원성균인 *Y. enterocolitica*가 냉장 도체에서 검출된 것은 예냉실에 대한 적절한 관리가 필요하다고 사료된다. 부분육가공장의 작업대의 총세균수는 10^5 cfu/cm²로, 유통육 경우에는 10^5 cfu/g 로 조사되었으며 병원성균은 검출되지 않았다. 표 3-2-9의 C 지역 도축장의 총세균수는 이분도체에서 10^5 cfu/cm², 예냉도체에서 10^3 cfu/cm²의 결과를 나타내었다. 육가공장의 작업대 총세균수는 10^3 cfu/cm²로 조사되었고, 유통육의 경우는 10^5 cfu/g으로 예냉도체에 비해 오염도가 증가하였으므로 유통중 냉장상태의 개선이 필요하다고 사료되었다. 병원성균의 조사결과 도축장의 도체와 부분육가공장의 작업대, 유통육에서 모두 *S. aureus*가 검출되었다. 이 균은 주로 칼이나 그 밖의 도구로 인해 내부에서 표면으로 직접 이행되거나, 이전의 작업으로 오염된 기구와 환경에 간접적으로 이행되거나, 오염된 작업자의 손이나 의류에 의해서 육류에 옮겨가므로¹⁷⁾ 작업자가 이 균의 오염에 직접적으로 영향을 미칠 가능성이 높아 작업공정위생기준의 설정하여 관리하는 것이 필요하다고 할 수 있다. C 지역의 결과는 표 3-2-10에 나타난 것처럼 이분도체의 총세균수는 내장적출후 10^3 cfu/cm², 예냉도체는 10^1 cfu/cm²로 조사되었고 병원성균인 *S. aureus*가 이분도체에서만 검출되어 비교적 위생관리는 양호하였다. 육가공장의 작업대의 총세균수는 10^4 cfu/cm²로 조사되었고 병원성균인 *S. aureus*가 검출되었으며 부분육가공장의 작업환경 개선과 작업공정위생기준의 설정하여 관리하는 것이 필요하다고 사료된다. 유통육의 총세균수는 10^6 cfu/g의 결과는 유통시 오염이 냉장도체보다 많이 증가하여 유통중 냉장상태의 개선이 시급하다고 사료된다. 표 3-2-11에 나타난 E 지역 도축장의 이분도체에서 10^5 cfu/cm², 예냉도체는 10^2 cfu/cm²으로 조사되었으며 병원성균은 검출되지 않았다. 부분육가공장의 작업대에서 총세균수는 10^5 cfu/cm², *L. monocytogenes*와 *S. aureus*의 병원성균이 검출되었고, 또한 유통육에서 10^6 cfu/g 를 나타내었고 병원성균인 *L. monocytogenes*와 *S. aureus*가 검출되었다. 부분육가공장의 작업대와 유통육에서 병원성균이 검출된 것으로 조사되어, 도축 단계이후 공정에서 이균들이 2차 오염되는 것으로 추측되어 부분육가공장의 작업공정위생기준의 설정하여 관리하는 것이 시급하며, 특히 이 균들에 대한 위생관리가 필요하다고 사료된다. 표 3-2-12와 같이 F 지역에서는 도축장의 예냉 도체의 총세균수는 10^4 cfu/cm² 로 다른 지역보다 높은 수치를 나타내었고, 이분도체와 예냉도체의 오염수준이 비슷한 결과 내장적출후 도체 손질과 세척공정이 깨끗하게 이루어지지 않았다는 것이므로 이들 작업공정위생관리의 개선과 예냉실의 온도 관리가 필요하다고 사료된다. 부분육가공장의 작업대의 총세균수는 10^5 cfu/cm²였고, 유통육은 10^6 cfu/g로 조사되었다. 병원성균인 *S. aureus*가 이분도체에서 검출되었고 부분육가공장의 작업대에서 *L. monocytogenes*이 검출되었다.

표 3-2-8. B 지역 도축장·육가공장 및 유통육에서의 총균수 및 병원성균 조사

Sample	총세균수	<i>S.aureus</i>	<i>E. coli</i> O157:H7	<i>L.mono-</i> <i>cytogenes</i>	<i>Salmonella</i> <i>spp.</i>	<i>C.jejuni</i>	<i>Y.entero-</i> <i>colitica</i>
이분도체 ¹⁾	9.13×10^4	ND ³⁾	ND	ND	ND	ND	ND
예냉도체	1.37×10^4	ND	ND	ND	ND	ND	검출
육가공장 작업대	2.19×10^5	ND	ND	ND	ND	ND	ND
유통육 ²⁾	9.23×10^5	ND	ND	ND	ND	ND	ND

1) cfu/cm², 2) cfu/g, 3) ND : Not Detected.

표 3-2-9. C 지역 도축장·육가공장 및 유통육에서의 총균수 및 병원성균 조사

Sample	총세균수	<i>S.aureus</i>	<i>E. coli</i> O157:H7	<i>L.mono-</i> <i>cytogenes</i>	<i>Salmonella</i> <i>spp.</i>	<i>C.jejuni</i>	<i>Y.entero-</i> <i>colitica</i>
이분도체 ¹⁾	1.09×10^5	검출	ND ³⁾	ND	ND	ND	ND
예냉도체	4.96×10^3	검출	ND	ND	ND	ND	ND
육가공장 작업대	5.13×10^3	검출	ND	ND	ND	ND	ND
유통육 ²⁾	5.70×10^5	검출	ND	ND	ND	ND	ND

1) cfu/cm², 2) cfu/g, 3) ND : Not Detected.

표 3-2-10. D 지역 도축장·육가공장 및 유통육에서의 총균수 및 병원성균 조사

Sample	총세균수	<i>S.aureus</i>	<i>E. coli</i> O157:H7	<i>L.mono-</i> <i>cytogenes</i>	<i>Salmonella</i> <i>spp.</i>	<i>C.jejuni</i>	<i>Y.entero-</i> <i>colitica</i>
이분도체 ¹⁾	3.36×10^4	검출	ND ³⁾	ND	ND	ND	ND
예냉도체	9.12×10^1	ND	ND	ND	ND	ND	ND
육가공장 작업대	1.44×10^4	검출	ND	ND	ND	ND	ND
유통육 ²⁾	7.40×10^5	ND	ND	ND	ND	ND	ND

1) cfu/cm², 2) cfu/g, 3) ND : Not Detected.

표 3-2-11. E 지역 도축장·육가공장 및 유통육에서의 총균수 및 병원성균 조사

Sample	총세균수	<i>S.aureus</i>	<i>E. coli</i> O157:H7	<i>L.mono-</i> <i>cytogenes</i>	<i>Salmonella</i> spp.	<i>C.jejuni</i>	<i>Y.entero-</i> <i>colitica</i>
이분도체 ¹⁾	1.12×10^3	ND	ND	ND	ND	ND	ND
예냉도체	5.77×10^4	ND	ND	ND	ND	ND	ND
육가공장 작업대	1.84×10^3	검출	ND	검출	ND	ND	ND
유통육 ²⁾	3.86×10^0	검출	ND	검출	ND	ND	ND

¹⁾ cfu/cm², ²⁾ cfu/g, ³⁾ ND : Not Detected.

표 3-2-12. F 지역 도축장·육가공장 및 유통육에서의 총균수 및 병원성균 조사

Sample	총세균수	<i>S.aureus</i>	<i>E. coli</i> O157:H7	<i>L.mono-</i> <i>cytogenes</i>	<i>Salmonella</i> spp.	<i>C.jejuni</i>	<i>Y.entero-</i> <i>colitica</i>
이분도체 ¹⁾	1.43×10^3	검출	ND ³⁾	ND	ND	ND	ND
예냉도체	4.53×10^4	ND	ND	ND	ND	ND	ND
육가공장 작업대	1.93×10^3	ND	ND	검출	ND	ND	ND
유통육 ²⁾	1.75×10^0	ND	ND	ND	ND	ND	ND

¹⁾ cfu/cm², ²⁾ cfu/g, ³⁾ ND : Not Detected.

사육단계에서 물은 돈사에 들어가기 전에는 총세균수는 10^2 cfu/ml 이하였으나 돈사내 사료급이기에서 채취한 물의 총세균수는 10^6 cfu/ml로 증가하였고, 사료의 경우에 돈사외부의 feedbean과 돈사내의 사료급이기의 총균수 변화는 적었지만 $10^3 \sim 10^7$ cfu/g로 매우 높은 결과를 나타내었다. 또한 돈사 바닥의 총균수는 $10^4 \sim 10^6$ cfu/cm²으로 조사되었다. 도축단계에서 이분도체에서 10^4 cfu/cm², F 지역을 제외한 지역에서 예냉도체의 총세균수는 10^3 cfu/cm²이하로 확인되어 Grill등이 보고한 캐나다 도축장에서 생산된 도체의 오염수준인 10^3 cfu/cm²와 Hong등이 결과와 비슷한 오염수준을 나타내었다. 작업대의 총균수를 조사한 결과 10^5 cfu/cm²로, 유통육은 10^6 cfu/g로 높게 나타났다. 병원성 미생물의 경우 우리나라 전 지역에서 최근 문제시 되고 있는 *E. coli* O157:H7는 단 1건도 검출되지 않았다. *L. monocytogenes*은 가공 및 유통단계에서 검출되었으나 사육단계에서는 단 1건도 검출되지 않는 것으로 보아 *L. monocytogenes*에 대한 오염은 도축단계이후에서 많이

고려되어야 하는 것으로 사료되며, 허 등의 *L.monocytogens*의 오염은 기구 등의 환경재료와 작업자의 손을 통하여 2차오염 된다는 보고처럼 본 조사에도 *L.monocytogens*의 오염은 가공 및 유통단계에서의 2차 오염되는 것으로 추측된다. 반면에 돼지 가공단계에서 한 건도 검출되지 않았던 *Salmonella sp.*는 사육단계에서 사료급이기의 사료와 돈사바닥에서 검출되어 사육시 *Salmonella*에 오염되지 않도록 많은 관리가 필요하다고 사료된다. WHO²¹⁾에서도 살모넬라 발병감소를 위해서 사육시 살모넬라에 오염되지 않은 장소와 살모넬라에 오염되지 않은 먹이와 물의 이용에 대한 감시가 필요하다고 하였고, Osterom³⁾도 사육시 엄격한 위생 관리는 살모넬라의 감소시킨다고 하였고, 다른 나라에서도 돼지 사료를 중요한 *Salmonella*의 중요한 오염원으로 관리하고 있어 사육농장에서는 돈사와 돈사내 사료급이기에 *Salmonella* 오염에 대한 더욱 관리가 필요하다고 사료되어진다. 주로 돼지 분변에서 많이 발견되는 균인 *C. jejuni*는 주로 돼지 돈사 바닥에서 검출되었고, 도축이후 단계에서는 *C. coli*는 전체 시료중 8건이 검출되었으나 *C. jejuni*는 검출되지 않았다. 이는 *C. jejuni*가 주된 오염균인 가금류와는 달리 돼지는 *C. coli*의 중요한 원인이기 때문이라 할 수 있다. *Campylobacter*종은 내구성이 강한 미생물이 아니므로 이들에 의한 도체 오염에 대한 심각성은 저하된다고 할 수 있다. *Y. enterocolitica*는 B 지역 물과, E, F지역 돈사 바닥에서 검출되었는데, 특히 B지역의 경우는 도축장의 예냉실에서 이 균이 검출되었으므로 B 지역에서는 *Y. enterocolitica*에 많은 주의가 필요하다고 사료되어진다. 또한 *S. aureus*가 돈육 생산의 모든 단계에서 가장 많이 검출되어, 이 미생물에 대한 관리가 필요하다. 특히 작업대와 유통육에서의 검출로 종사자들의 손이나 칼에 의한 오염으로 추측되므로 가공장 종사자와 판매자의 개인위생관리를 위한 교육이 필요하다고 사료되었다.

나. 도축 및 육가공장 HACCP 개발

1) HACCP 및 SSOP 표준안 개발

돈육 가공단계에서의 HACCP제도를 수립하기 위하여 돈육생산공정에서 발생할 수 있는 위해요소를 위에서 미생물 분석한 결과를 바탕으로, 위해분석을 포함한 7가지 기본원칙을 준수하여 우리 나라의 돼지 도축·가공장 실정에 맞는 일반적인 HACCP 모델을 개발하였다. HACCP 제도의 시행을 위해서 선행되어야 할 중요한 작업의 하나로 위생관리표준안 (SSOP)의 개발이다. SSOP는 HACCP계획이 실효성을 얻기 위해서는 HACCP제도를 적용하기 전에 도축장과 육가공장에 실행되어야 하는 위생관리기준으로서 별첨 1에 우리나라 실제 도축장과 부분육

가공장에서 적용할 수 있는 범위로 개발하였다.

HACCP 개발하기전에 먼저 돼지 도축·가공장 생산공정 흐름도를 작성하여야 하는데 우리나라의 일반적인 돼지의 도축공정을 살펴보면 그림 3-2-1과 같다.

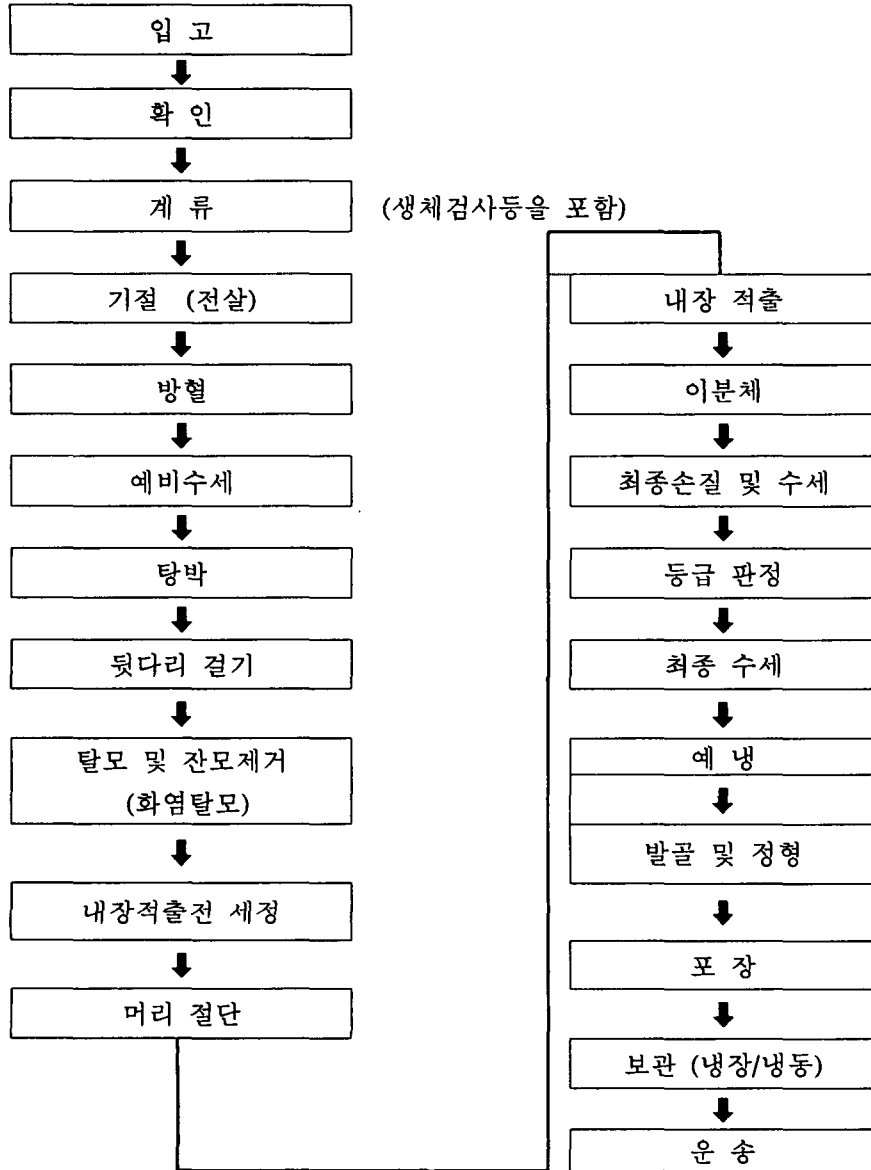


그림 3-2-1. 우리나라 일반적인 돼지도축 및 가공단계의 제조공정 흐름도

HACCP개발의 7가지 원칙중 가장 먼저 위해목록 작성으로 앞에서 실시한 도축과 가공단계에서의 미생물 위해 분석을 통하여 우리나라의 돼지 도축장과 부분육가공장에서 발생가능한 잠재적 위해요소 목록을 작성하고 확인된 위해요소를 관리하기 위한 관리방안을 표 3-2-13에 나타내었다. 다음 단계인 도축 및 가공공정별 CCP 결정하는 것으로 잠재적 위해요소들이 돈육제품의 안전성에 위협을 미칠 수 있는지에 대하여 결정하여야 한다. 위해요소의 심각성은 일반적으로 기술적인 정보와 역학조사등을 종합하여 결정하고 만약 심각한 위해요소라고 판단되면 NACMCF의 CCP결정도를 통해 CCP를 결정한다. CCP가 결정되면 각 공정의 위해요소를 방지하는 조치가 적절히 이루어지고 있는 지를 판단하는 허용기준을 설정하고, CCP의 허용기준이 잘 준수되고 있는지를 평가하고 판단하기 위한 정기적으로 모니터링방법을 설정하고, 모니터링을 실시하여 허용기준을 초과한 경우 시정조치를 설정하고, HACCP계획이 유효한지 검증방법을 설정하여 각 CCP에 대한 허용기준, 모니터링방법, 시정조치 및 검증방법을 표 3-2-14에 나타내었다.

2) HACCP 시범적용

가) 각 도축장에 HACCP적용 전후 미생물 오염도 조사

최신설비의 작업환경을 가진 A도축장 및 부분육 가공장과 유통육, 시설이 노후된 작업환경을 가진 G 도축장 및 부분육 가공장과 유통육의 미생물 실험결과는 표 3-2-15과 16에 나타내었다. 또한 도축·가공 및 유통단계에서의 대장균 검출률 결과를 그림 2에 나타내었다.

표 3-2-15에서 나타난 것처럼 A 도축장 및 가공장의 실험 결과를 보면 전체 면적을 실험한 작업용 칼을 제외하고 총균수가 10^3 cfu/cm²을 초과하지 않아서 위생관리 상태가 양호하였다. 그림 2에서 나타난 것처럼 도축장의 이분도체에서 대장균 검출율은 60%였으며, 최종수세 도체에서는 30%, 예냉도체에서는 검출되지 않았다. 그러나 예냉실에서 1차 가공을 위하여 부분육 가공장으로 옮겨진 도체에서 대장균이 검출되어 이 가공장의 최종제품인 포장육에서 10% 검출되었다. 돈육에서 대장균의 오염은 도축과정중 내장적출시 오염으로 기인되는 것이므로 도축중 도체 수세작업을 강화하여야 한다고 사료된다. A도축장 및 가공장의 경우가장 큰 특징은 가공장의 마지막 제품인 부분육의 경우 총세균수가 10^2 이던 것이 유통육에서는 10^3 으로 증가하였고 특히 대장균 오염도는 그림 2에서 나타난 것처럼 가공단계까지 감소되던 대장균이 유통육에서 급격히 증가하는 경향을 나타내어 A 가공장에서는 지육의 보관 및 유통단계의 온도관리가 필요하다고 사료되었다.

표 3-2-13. 우리나라 일반적인 돼지 도축 및 가공단계에서의 위해요인 분석표

공정 단계	위해발생경로	위해요인	예방조치
생축 반입	-생축의 건강상태 -주사바늘등의 이물질 -수송차에 의한 오염	화학적: 항생물질 물리적: 주사바늘 생물학적; 병원체, 기생충	-잔류물질 휴약기간 홍보 -반입검사 -수송차의 세척 및 소독관리
계류	-계류장에서 교차오염 -계류장청결상태 -도축시 장파열	생물학적: 병원체 화학적: 잔류 세척제 물리적: 없음	-계류장세척과 생축 세척 -생체검사를 통한 병축 격리 -6시간 이상의 계류 및 절식
전살	없음		
방혈	-자도에 의한 교차 오염	생물학적: 병원체 화학적, 물리적:없음	- 매 도체마다 83℃로 소독한 자도사용 -도체간의 거리유지
예비수세	- 세척수에 의한 오염	생물학적: 병원체 화학적, 물리적:없음	- 음용수에 적합한 물 사용
탕박	- 탕박수에 의한 도체 오염	생물학적: 병원체 화학적 : 탕박물질 물리적 : 없음	- 62℃이상의 온도에서 5분간 탕박하며 탕박수 교환은 자체적으로 설정(교환이 어려우므로 예비수세 권장) - 상처를 통한 식육내 미생물 오염은 상처부위를 폐기
탈모	없음	생물학적 : 병원체 화학적, 물리적:없음	- 자동기기 설비 점검
화염 탈모	없음		- 자동기기 설비 점검
세척 (내장 적출전)	-탈모로 인해 미생물이 직접 도체표면으로 오염.	생물학적 : 병원체 화학적, 물리적:없음	- 수압과 수세시간을 지키
머리 절단	- 절단자도 - 세척수가 튀어서 절단면 오염	생물학적: 병원체 화학적, 물리적: 없음	- 매 도체마다 83℃로 소독한 자도사용 - 세척수에 의한 오염은 이동설비의 높이 조절

공정 단계	위해발생경로	위해요인	예방조치
항문 적출	- 분변오염가능	생물학적: 병원체 화학적, 물리적: 없음	- 항문결찰
가슴 절개	- 자도에 의한 오염 - 위장관 절단	생물학적: 병원체 화학적, 물리적: 없음	- 매 도체마다 83℃로 소독한 자도사용 - 위장관이 절단된 도체는 따로 처리
내장 적출	- 내장터짐에 의한 장내미생물 오염	생물학적: 병원체 화학적, 물리적: 없음	- 숙련된 작업자 - 내장이 터진 도체는 따로 처리
이분체	- 자동분할기에 의한 오염	생물학적: 병원체 화학적: 없음 물리적: 뼈조각, 털	- 매 도체마다 전동분할기 튜널소독
3차 세척	- 이분체의 표면 - 내부의 이물질에 의한 오염	생물학적: 병원체 화학적: 없음 물리적: 분변, 혈액, 작은 뼈, 털	- 육안으로 확인되는 분변 및 제거되지 않는 내장을 제거하기 위해 소독된 자도 및 꼼꼼한 세척이 필요 - 수압과 수세시간을 지킴
등급 판정	없음		
최종 세척	- 세척 불량에 의한 오염 - 육안으로 보이는 오염물질	생물학적 : 병원체 화학적, 물리적: 없음	- 도축의 마지막 단계이므로 적당한 수압과 온도로 세척. 도축에 의해 유도된 미생물 감소에 중요한 단계 - 유기산 (1-2%)분무
예냉	- 온도관리 불량 - 예냉실 세척소독 상태 불량 - 도체간 접촉상태 - 종사자에 의한 오염	생물학적: 병원체 화학적: 윤활유 물리적: 레일의 먼지	- 예냉실의 온도관리, 시간, 기류, 세척 관리 (도체표면 온도: 5℃이하/12시간이후, 도체내부온도: 5℃이하/24시간 이후) - 도체간의 일정한 간격유지 - 장갑사용시 소독관리 및 지육 자동운반 시스템설치

공정 단계	위해발생경로	위해요인	예방 조치
육가 공장 이동	- 이동엘레베이터, 이동통로 도체이동 시간과 온도관리 불량에 의한 미생물 증식 오염	생물학적: 병원체 화학적, 물리적: 없 음	- 이동공간을 외부차단·온도관 리 - 벽과 바닥에 도체가 닿지 않고 이동통로의 세척 및 소독관리 - 작업량에 따라 도체이동량 조 절
절단 및 발골 작업	- 칼, 도마, 벨트콘베 이어에 의한 오염 - 작업자에 의한 오염 - 작업장 온도관리 불량	생물학적: 병원체 화학적, 물리적: 없음	- 83℃ 소독기와 알코올분무로 소독하고 작업개시전후에 세척·소독관리 - 작업자 위생관리준수 - 작업장온도 (10℃이하) 관리 - 기구, 작업대, 부분육의 정기 적인 미생물 검사
포장	- 작업자에 의한 오염 - 포장자재의 불량 - 작업장 온도유지	생물학적: 병원체 화학적: 포장지 물리적: 없음	- 작업자 위생관리준수 - 작업장온도 (10℃이하) 관리 - 포장자재 품질확인 (성적서)
보관	- 포장불량 - 온도관리 불량	생물학적: 병원체 화학적, 물리적: 없음	- 외부에서 자동온도관리 - 냉동실과 냉장실 세척 및 소독 관리
운송	- 수송차량의 온도 관리 - 수송차량의 세척 소독 상태	생물학적: 병원체 화학적, 물리적: 없음	- 외부에서 자동온도관리 - 수송후 수송차량 세척 및 소독관리

표 3-2-14. 돼지 도축장 및 가공장의 일반적인 HACCP 모델

CCP 번호	구분	내용
CCP1-B	처리공정	내장적출 전 세척 (탈모공정으로 도체표면으로 미생물 이동)
	위 해	병원성 미생물의 잔존
	허용한계	- 물의 압력 : 35 psi 이상/도체 물의 양 : 500 ml 이상/도체 (세척 기계사용시) 세척시간은 10 초 이상/도체 (고압분사식 호스사용)
	감시방법	- 고압분사식 호스의 압력 및 세척시간 계속적 감시 - 세척기의 적절한 작동 점검 : 매일 3번 기록 (아침·오후 작업전, 휴식후) - 육안적 오염물질 유무 확인 : 1시간마다 무작위검사 실시 (도체의 1-2%), 관리책임자
	시정조치	- 생산을 멈추고 세척을 강화 - 세척기 재조정 (압력과 물의 양을 조절) - 검색빈도 증가 및 생산속도 감소
	기록	- 계속적인 monitoring 결과는 기록 (CCPI 점검표에 기록) - 위반사항이나 시정조치내역 기록 - 모든 기록은 날짜, 서명이 기록되어야 함.
CCP2-B	검증방법	- 무작위 미생물 검사 (매월 1회 검사 실시) : 세척전후의 도체 (1000두중 1건) : 살모넬라, 대장균수 검사 - 육안적 오염물질 제거 확인 : 무작위검사 실시 (도체의 1-2%)
	처리공정	이분도체 후 세척 (마무리 손질단계로 육안오염물질 완전한 제거)
	위 해	병원성 미생물의 잔존
	허용한계	- 눈에 보이는 오염물질 (분변, 장내용물, 작은 뼈)를 완전히 제거 - 물의 압력 35 psi 이상, 세척시간은 10 초 이상/도체로 세척 실시
	감시방법	- 육안적 오염물질 (분변, 장내용물, 작은 뼈) 유무 확인 : 1시간마다 무작위검사 실시 (도체의 1-2%), 관리책임자

CCP 번호	구분	내용
	시정조치	<ul style="list-style-type: none"> - 오염된 도체가 발생하는 %만큼 생산속도 감소하고 세척강화 - 검사 빈도수 증가 (100% 또는 도체의 지속적인 검사) - 내장이 터진 도체는 별도의 레일에서 처리
	기록	<ul style="list-style-type: none"> - 지속적인 monitoring 결과는 기록 (CCP2 점검표에 기록) - 위반사항이나 시정조치내역 기록 - 모든 기록은 날짜, 서명이 기록되어야 함.
	검증방법	<ul style="list-style-type: none"> - 무작위 미생물 검사 (매월 1회 검사실시) : 마무리 손질전후의 도체 (1000두중 1건) : 살모넬라, 대장균수검사 - 육안적 오염물질제거 확인 : 무작위검사실시 (1-2%)
CCP3-B	처리공정	최종수세 (도체의 완전한 세정 및 병원성균 감소단계)
	위해	병원성 미생물의 잔존
	허용한계	<ul style="list-style-type: none"> - 물의 압력 35 psi 이상, 세척시간 10초이상/도체 - 육안적 오염물질의 100% 감시 - 유기산 더운물 및 항미생물제 사용 : 1-2% 젖산 500 ml/도체 (30초 이상잔류), 물온도는 15-55℃
	감시방법	<ul style="list-style-type: none"> - 손세척에 대한 지속적 감시 및 세척기 작동상태 점검 : 매일 작업전, 휴식후, 점심시간마다 기록 - 육안적 오염물질 유무 확인 : 1시간마다 무작위검사실시 (도체의 1-2%), 관리책임자
	시정조치	<ul style="list-style-type: none"> - 손세척의 경우 생산속도를 감소시키고 세척시간 증가 - 세척기작동상태 재조절 - 세척이 안 된 도체는 재세척
	기록	<ul style="list-style-type: none"> - monitoring 결과는 기록 (CCP3 점검표에 기록) - 위반사항이나 시정조치내역 기록 - 모든 기록은 날짜, 서명이 기록되어야 함.
	검증방법	<ul style="list-style-type: none"> - 무작위 미생물 검사 (매월 2회 검사실시) : 최종수세후의 도체 (1000두중 1건) : 살모넬라, 대장균수검사 - 육안적 오염물질제거 확인 : 무작위검사실시 (도체의 1-2%)

CCP 번호	구분	내용
CCP4-B	처리공정	예냉 (도체 온도 감소하여 미생물 증식 최소화)
	위해	병원성 미생물 잔존 및 미생물 증식
	허용한계	- 도체 온도 점검 : 심부온도 5℃이하/24시간내, 표면온도 5℃이하/12시간내 - 도체간에 일정한 간격 유지
	감시방법	- 냉각효율 점검 (공기공급률 및 속도, 습도, 도체간의 간격) : 매일 작업전, 휴식후, 점심시간마다 기록 - 온도계 점검 : 매일 - 냉각실 온도 점검 : 1일 5회 이상 점검 - 도체표면 및 심부온도 측정 : 5두/1일/예냉실
	시정조치	- 도체간격 조정하고 예냉온도 및 공기속도 조절 - 예냉장치 보수유지 (적정온도때까지 도체 입고 중지)
	기록	- 예냉실 온도 및 도체온도 결과는 기록 (CCP4 점검표에 기록) - 위반사항이나 시정조치내역 기록 - 모든 기록은 날짜, 서명이 기록되어야 함.
CCP5-B	검증방법	- 무작위 미생물 검사 (매일 1회 검사실시) : 예냉 12시간후 도체표면 (1000두중 5건), 지표세균인 대장균수 검사 - 도체가 예냉실에서 반출되기 전 HACCP기록 점검 - 도체온도 각 예냉실 당 5두/1일
	처리공정	부분육 보관 (적정 온도유지로 미생물증식 최소화)
	위해	미생물증식
	허용한계	- 냉장실 : $0\pm 1^{\circ}\text{C}$ 이하 냉동실 : $-18\pm 1^{\circ}\text{C}$ 이하
	감시방법	- 온도계 표준화 매일 점검 - 냉각실 온도 1시간마다 점검하고 자동온도관리장치
CCP5-B	시정조치	- 냉각기 보수유지 - 적정 보관온도가 유지되는 냉각실로 부분육 이동
	기록	- 온도점검결과는 기록 (CCP5 점검표에 기록) - 위반사항이나 시정조치내역 기록 - 모든 기록은 날짜, 서명이 기록되어야 함.

CCP 번호	구분	내용
	검증방법	- 무작위 미생물 검사 (매일 검사, 3전/각 보관실) : 살모넬라, 대장균수검사, - 부분육이 반출되기 전 HACCP기록 점검
CCP6-B	처리공정	부분육 운송 (운송차량의 적정 온도유지)
	위해	미생물증식
	허용한계	- 냉장차량 : $0 \pm 1^{\circ}\text{C}$ 이하 냉동차량 : $-18 \pm 1^{\circ}\text{C}$ 이하
	감시방법	- 온도계 표준화 매일 점검 - 운송차량의 냉장실 온도 출발전·후 점검 - 자동온도관리장치
	시정조치	- 차량의 냉각기 보수유지
	기록	- 온도점검결과는 기록 (CCP6 점검표에 기록) - 위반사항이나 시정조치내역 기록 - 모든 기록은 날짜, 서명이 기록되어야 함.
	검증방법	- 무작위 미생물 검사 : 살모넬라, 대장균수검사, - 부분육이 반출되기 전 HACCP기록 점검

G 도축장 및 부분육 가공장은 도축장의 경우 시설이 노후되어 있고 도축공정이 우리나라 일반적인 도축공정을 따르고 있는 A 도축장과 달리 별첨 2에서 나타난 것처럼 내장적출후에 2차수세 공정단계가 있었다. 도축단계에서 내장적출후 세척수 사용은 장내미생물의 오염 확산을 유도하므로 보통 내장적출전에 충분한 세척을 해야한다¹⁹⁾고 하였다. 그래서 G 도축장에서는 내장적출한 도체와 2차수세 후의 도체에서 시료를 채취하여 미생물 검사를 한 결과 표 3-2-16과 그림 3-2-2에 나타내었다. 2차수세후 총세균수 변화와 대장균검출률이 많이 증가하여 내장적출 후 수세는 장내미생물의 오염을 확산시킴을 확인하였다. G 도축장의 총세균수 실험결과 최종수세 및 예냉단계에서 미생물 수의 감소가 보이지 않았다. 가공장의 부분육의 총세균수 실험결과 10^3 cfu/cm²를 나타내었으나 유통육에서는 미생물 수가 증가할 거라는 예상과 달리 유통후에도 약간의 증가만 보였을뿐 10^3 cfu/cm²을 유지하였다. 그림 2처럼 도축과정중 내장적출시 오염으로 기인되는 대장균의 오염은 내장적출후 수세에서 급격히 증가한 후 감소하였다가 가공장의 최종제품인 부분육에서 급격한 증가를 나타내었다. 병원성 미생물인 *S. aureus*가 가장 많이 검출되었으며 도축의 전 공정에서 검출되었으며, 부분육 가공장의 경우 작업대, 칼에서 대장균과 병원성 미생물인 *Y. enterocolitica*와 *S. aureus*가 검출되어 돈육으로 오염가능성을 보여주는 것으로 작업대와 작업용 칼의 소독과 세척관리에 대한 보완이 시급하다고 생각된다. 특히 돼지의 편도선, 혀, 내장등에서 많이 발견되는 *Y. enterocolitica*는 공정상의 위생관리에 따라 발생율이 달라질 수 있다고 보고되고 있어 공정상 위생관리가 철저히 이루어 진다면 이 균의 오염도가 저하될

것이라 사료된다. 총세균수, 대장균오염도 및 병원성 미생물검출결과로 G 도축장에서 도축중 도체 세정작업을 강화와 최종수세작업에 수정 및 보완방법과 필요하다고 사료되었다.

표 3-2-15. A도축장 및 부분육 가공장 실험 결과

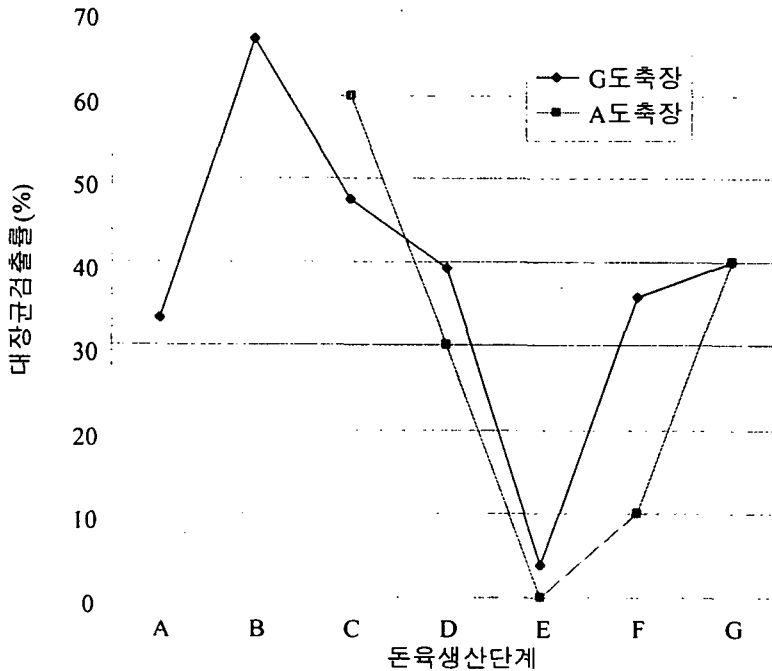
Sample	Total Bacteria count (cm ²)	<i>Salmonella</i> spp.	<i>S.aureus</i>	<i>Listeria monocytogen</i>	<i>E. coli</i> O157:H7	<i>Campylobacter jejuni</i>	<i>Yersinia enterocolitica</i>
이분체	1.5 × 10 ³	ND ¹⁾	ND	ND	ND	ND	검출
최종수세	2.7 × 10 ²	ND	ND	ND	ND	ND	ND
예냉실	1.1 × 10 ¹	ND	ND	ND	ND	ND	ND
육가공전 도체	1.1 × 10 ¹	ND	ND	ND	ND	ND	ND
운송벨트	1.7 × 10 ¹	ND	ND	ND	ND	ND	ND
작업대	3.8 × 10 ¹	ND	ND	ND	ND	ND	ND
칼 ³⁾	1.2 × 10 ³	ND	ND	ND	ND	ND	ND
부분육	3.3 × 10 ²	ND	ND	ND	ND	ND	ND
유통육	5.37 × 10 ³	ND	ND	ND	ND	ND	ND

¹⁾ Not detected, ²⁾ 칼은 전체 면적을 계산한 것 임.

표 3-2-16. G 도축장 및 부분육 가공장 실험 결과

Sample	Total Bacteria count (cm ²)	<i>Salmonella</i> spp.	<i>S.aureus</i>	<i>Listeria monocytogen</i>	<i>E. coli</i> O157:H7	<i>Campylobacter jejuni</i>	<i>Yersinia enterocolitica</i>
내장적출	4.35 × 10 ²	ND ¹⁾	검출	ND	ND	ND	검출
내장적출후 수세	4.88 × 10 ³	ND	검출	ND	ND	ND	검출
이분체	5.82 × 10 ³	ND	검출	ND	ND	ND	검출
최종수세	5.26 × 10 ²	ND	검출	ND	ND	ND	ND
예냉실	1.12 × 10 ³	ND	검출	ND	ND	ND	ND
운송벨트	4.9 × 10 ¹	ND	ND	ND	ND	ND	ND
작업대	3.87 × 10 ²	ND	ND	ND	ND	ND	검출
작업대끝	2.5 × 10 ²	ND	ND	ND	ND	ND	ND
칼 ²⁾	1.54 × 10 ⁴	ND	검출	ND	ND	ND	ND
부분육	1.30 × 10 ³	ND	ND	ND	ND	ND	ND
유통육	2.51 × 10 ³	ND	ND	ND	ND	ND	ND

¹⁾ Not detected, ⁴⁾ 칼은 전체 면적을 계산한 것 임.



(A: 내장적출, B: 내장적출후 수세, C: 이분도체, D: 최종수세, E: 예냉도체, F: 부분육가공장의 돈육, G: 유통육)

그림 3-2-2. 돈육 생산단계별 대장균검출률

두 도축장의 미생물 결과를 비교해 본 결과 G도축장은 수세단계가 불량하여 도축단계에서 미생물오염제거가 충분하지 않았고 예냉실의 온도관리가 불량하여 냉각으로 인한 미생물감소가 적었다. 그러나 A도축장의 경우 부분육 가공이후의 유통단계에서 세균수 및 대장균오염도가 G도축장보다 증가하여 지육의 보관 및 유통단계에서 관리가 필요하다고 사료되었다.

나) HACCP 적용

두 도축장 및 가공장에 HACCP를 적용하여 이 제도 전·후의 미생물 오염도를 조사하여 HACCP의 실효성을 검증하고자 하였다. 두 도축장 및 가공장의 공정흐름도를 작성하였으며, 미생물위해요인을 조사하였다. A 도축장은 그림 1에서 제시한 우리나라 일반적인 공정흐름도와 같았으나 G 도축장의 경우는 별첨 2와 같았다. A 도축장의 경우 자체적으로 SSOP와 HACCP제도를 개발하고 있었으나, G 도축장은 전혀 준비되어 있지 않아 G 도축장과 협의하여 SSOP와 HACCP모델을

본 연구의 표준안과 농림부 표준안, USDA 표준안을 토대로 G 도축장에 맞게 수정하여 HACCP제도를 개발할 때 수행되어야 할 단계를 별첨 2에 나타내었다. 그러나 올해 3월 26일 경기도 파주시에서 발생한 구제역 발생으로 인하여 도축장들의 HACCP 적용에 대한 준비와 노력들이 거의 중단되었고 올 7월1일부터 시행하기로 한 HACCP제도 시행도 연기되어 도축장에 두 도축장에 HACCP 제도를 적용하지 못하였다.

4. 요 약

본 연구는 위생적인 (총균수 10^3 이하) 돈육을 생산하기 위하여 도축장 및 가공장에서 적용할 수 있는 종합적인 위생관리방안을 도출하기 위하여 선정된 6개 도축장 및 가공장의 돼지사육단계에서부터 도축, 가공, 유통단계의 돈육에서 미생물검사를 수행하였다.

가. 사육단계

1) 사육장 급수시설

돼지 사육 농장에서 사용하는 물에 대한 오염상태를 조사한 결과 저장 탱크의 물에서는 $1.0 \times 10^1 \sim 3.07 \times 10^2$ 으로 비교적 낮은 수준이었으나 돈사내에 설치된 nipple에서 채취한 물은 $1.35 \times 10^2 \sim 8.95 \times 10^6$ 으로 높은 총균수를 나타내었다. 물탱크에서 돈사까지 이동되는 동안 물이 오염되거나 돼지들에 의하여 물이 오염될 수 있으므로 돈사 내 급수시설에 대한 소독 및 세척을 보다 자주 위생관리를 실시하여야 할 것이다.

2) 사육장 사료

돼지 사육 농장에 설비되어 있는 Feed bean과 돈사 내에 사료 급이기에서 채취한 사료의 미생물 오염상태를 조사한 결과 Feed bean의 사료에서는 $3.85 \times 10^4 \sim 2.4 \times 10^5$ 으로 비교적 오염수준이 높았다. 돈사내의 사료 급이기에서 채취된 사료에서는 $1.66 \times 10^5 \sim 4.68 \times 10^7$ 으로 높은 총균수를 나타내었다. 따라서 사육단계에서 돼지의 미생물 오염을 최소화하기 위해서는 돈사 밖에 설치된 Feed bean에 빗물이 들어가지 않도록 관리하여야 하며 흡습을 가능한 방지하고 사료를 건조된 상태에서 공급하여야 한다.

3) 사육환경

돈사바닥에서 채취한 시료의 미생물 수준은 $6.17 \times 10^4 \sim 2.46 \times 10^6$ 으로 비교적

높은 편이었다. 돼지의 오염은 주로 돈사 내에서 발생될 수 있으므로 돈사를 체계적으로 관리하는 세척과 소독에 관한 방안을 마련해야 하고 출하 전에 돼지의 배설물이 묻지 않도록 주의하며 출하전 돼지를 물로 샤워를 하는 것도 도움이 될 것이다.

나. 도축 단계

선정된 6개 도축장에서 내장적출 및 세척 후 이분도체의 belly, ham, jowl에서 채취된 미생물 총균수는 $2.23 \times 10^3 \sim 1.43 \times 10^5$ 으로 다소 차이가 있었다. 이러한 도체가 예냉실에서는 $7.86 \times 10^0 \sim 4.53 \times 10^4$ 으로 낮아졌다. 이는 세척을 철저히 수행하고 예냉실의 온도를 낮게 (2°C 이하)유지할 때 미생물을 효과적으로 관리할 수 있다는 가능성을 보여주고 있다.

도축장은 가축을 기절, 방혈, 박피, 내장적출, 이분도체로 가공하는 일련의 과정으로 살아있는 근육이 식육으로 전환되는 단계이기 때문에 도축장의 위생상태는 식육제품의 위생 안전성에 가장 큰 영향을 미칠 수 있다. 따라서 도축 단계에서 위생관리제도는 필수적으로 수행되어야 할 것이다. 특히 도축단계에서는 세척과 예냉 온도관리로 미생물 제거와 미생물 증식을 방지하여 돈육의 최초 미생물 수준을 최소화하여야 할 것이다.

우리 나라 도축장에 미생물 관리를 위한 HACCP 적용에는 몇 가지 어려움 있는 것으로 조사되었다. 가장 큰 문제는 HACCP 적용 전에 선행되어야 하는 SSOP로 시설 및 설비기준을 맞추기 위해서는 조사된 도축장들이 대부분 대폭적인 건물의 개축이 필요하였다. 도축장의 건물 및 시설의 제한에 따라 도축작업 공정의 길이가 짧고 대부분의 작업 연결이 구조적으로 비효율적이었으며, 설비의 경우 기계에 의한 작업보다 수작업이 많아 인체에 의한 오염가능성이 높았다.

다. 가공 단계

선정된 6개 가공장의 작업 도마에서 채취된 총균수는 $3.36 \times 10^1 \sim 2.19 \times 10^5$ 으로 다양한 차이를 나타내었다. 또한 작업 도마에서 채취된 시료에서는 작업자에 의한 오염으로 자주 검출되는 황색포도상구균과 냉장온도에서도 잘 자라는 병원성 세균인 *Listeria monocytogenes*균이 검출되었다. 이는 작업장을 보다 철저한 위생관리가 필요하다는 것을 의미한다. 작업도마는 휴식 또는 교대시간이나 식사시간마다 교체를 하던가 앞 뒤 면을 바꿔 사용하거나 세척 후 에틸알콜 등으로 소독을 하여야 할 것이다.

라. 유통 단계

선정된 6개 가공장에서 생산된 포장육을 추적하여 판매되고 있는 도·소매점에서 구입하여 조사한 총균수는 $5.7 \times 10^5 \sim 7.4 \times 10^6$ 으로 매우 높은 수준을 나타내었다. 이는 도축 및 가공단계에서 10^3 이하로 위생적으로 처리되었던 돼지고기의 총균수가 높은 수준으로 나타나 우리 나라의 유통과정에서의 Cold-chain System의 온도가 제대로 관리되지 않는다는 것을 의미한다. 또한 황색포도상구균과 냉장온도에서도 잘 자라는 병원성 세균인 *Listeria monocytogenes*균도 검출되어 소비자에게 식중독을 발생시킬 우려를 나타내었다. 사육단계, 도축 및 가공단계에서 아무리 위생관리를 철저히 하여도 최종 소비단계인 유통단계에서 위생 및 온도관리를 철저히 하지 않는다면 아무런 소용이 없을 것이다. 따라서 유통과정에서는 5°C 이하로 온도관리를 철저히 하여 미생물의 증식을 최소화하여야 할 것이다.

5. 참고문헌

- Agriculture and Agri-Food Canada. 1998. HACCP Implementation Manual, General Policy, Development of Generic HACCP Models.
- AOAC International. 1995. Food and Drug Administration Bacteriology Analytical Manual 8th ed.
- Bauman, H. E. 1992. Introduction to HACCP, In HACCP principles and Application, Pierson, New York, p. 1.
- Brackett, R. E. 1998. Presence and persistence of *Listeria monocytogenes* in food and water, Food Technol. 42. pp. 162~164.
- Department of Agriculture FSIS. 1996. Federal Register, Vol. 61(144):38937.
- Department of Agriculture FSIS. 1996. Pathogen Reduction : Hazard Analysis and Critical Control Point (HACCP) System; Final Rule, 9 CFR part 304, et. al. Part III Sanitation Standard Operation Procedures, pp. 38928~38938.
- Grill, C. O. and J. Bryant. 1992. The Contamination of Pork with Spoilage Bacteria during Commercial Dressing, Chilling and Cutting of Pig Carcasses. Int. J. Food Microbiology, 16:51~62.
- Huis, J. H. J. in't Veld, R. W. A. W. Mulder and J. M. A. Sniider. 1994. Impact of Animal Husbandary and Slaughter Technologies on Microbial Contamination of Meat, Meat Science. 36:123~154.
- Brown, M. H. 1982. Meat Microbiology, Science publishers Ltd.

- Tompkin, R. B. 1994. HACCP in the meat and poultry industry, Food Control. 5:153 ~161.
- USDA Food Safety and Inspection Service. 1997. HACCP -14, Generic HACCP Model for Pork Slaughter.
- WHO. 1983. Guideline on preservation and control of salmonellosis, VHP/83.42, Geneva.
- 강영재. 1993. 식품위해요소중점관리기준, HACCP란 무엇인가?, 식품과학과 산업 26(3):4~16.
- 김병철, 박구부, 성삼경, 이무하, 이성기, 정명섭, 주선태, 최양일. 1998. 근육식품의 과학, 선진문화사.
- 농림부. 1999. 도축장 위해요소중점관리기준 (HACCP) 적용매뉴얼.
- 보건복지부. 1998. 국민영양조사보고서 (unpublished).
- 신광순. 1998. HACCP 이론과 실천모델, 신광출판사.
- 한국HACCP 연구회. 1997. 세계각국의 HACCP 제도와 규정. 제 1집.
- 한국식품공업협회. 1997. 식품공전.
- 허정호, 손성기, 이주홍, 임삼규, 박영호, 조명희, 손원근, 강호조. 1997. 도축단계별 도체 및 환경재료에서 *Listeria monocytogenes*의 분리, 한국수의공중보건학회지. 20(1):69~78.
- 홍종해, 김옥경. 1997. 식육처리장 (도축장 및 도계장)과 유통과정에서의 축산식품에 대한 위생적 안전성 관리대책 수립을 위한 종합적 조사 연구, 대한수의사회, 농림부.

(본 연구 결과는 세편으로 나누어 학회지에 게재 되었는데 한편은 한국식품학회지 19(1):36-40에 발표되었으며, 또 한편은 아세아태평양 축산학회지 12(2):253-260에 발표되었고 마지막 한편은 J. Food Protection에 게재 예정이다.)

6. 별첨

도축장 및 육가공장
위생관리기준안

문서번호

제정일자

I. 적용범위

이 기준안은 도축업의 영업자와 모든 종업원등이 지켜야 할 기본적인 위생관리 기준 및 방법으로써, 작업장 (도축장 및 육가공장)시설, 제조기구 및 설비시설, 종업원과 돈육보관 및 운송 등의 위생관리에 적용한다.

II. 적용 목적

이 기준안은 작업장 환경, 도축과정 및 1차 가공과정, 작업자 등에서 발생할 수 있는 돈육제품의 오염이나 변질을 사전에 방지하기 위한 구체적인 절차 및 방법을 설정하여 실행함으로써, 소비자에게 안전하고 위생적인 돈육제품 판매를 목적으로 한다.

III. 용어의 정의

1. 작업장

돈육 생산시설 및 돈육 보관시설 등이 설치된 장소로서 계류장, 도살실, 지육처리실, 냉장처리실, 육가공공장 및 기타 장소를 말한다.

2. 제조기구 및 설비

돈육제품 제조에 관련되는 작업 도구 및 제조설비, 냉동설비 등을 말한다.

3. 종업원 위생

종업원의 청결상태, 복장상태, 건강상태 및 손 세척상태 등을 말한다.

4. 위생관리 책임자

위생관리기준안의 전반적인 사항을 관리하여야 한다.

5. 검사원

위생관리기준안의 실시사항을 점검하고 점검결과 및 시정조치내용을 점검일지에 기록하여야 한다.

IV. 작업장 관리기준

관리기준은 작업장 주변, 도축작업장, 육가공장을 위생적인 관리를 통하여 돈육제품의 품질 안전성 확보 및 오염방지를 목적으로 한다.

1. 작업장 주변 관리

작업장의 주변은 해충 또는 해충의 알이 서식할 수 있도록 하는 오물이 제거

되어야하며, 매연, 소음, 악취, 분진 등이 존재하지 않아야 한다.

작업장의 주변에 있는 도로, 광장, 주차장, 시설의 출입구 부근은 청결하게 관리되고,포장되어 오염원이 발생하지 않도록 한다.

배수구를 적절히 설치하여 빗물이 고이지 않도록 관리하여 해충의 서식지를 제거하고, 폐기물 또는 폐수에 의한 오염을 방지한다.

2. 도축장

2.1 도축장은 계류장, 생체검사실, 격리실, 작업실, 검사실험실, 소독준비실, 폐수처리실, 폐기물처리실. 탈의실, 목욕실, 휴게실, 식당, 사무실 등이 있어야 한다.

2.2 작업실은 도살실, 지육처리실, 내장처리실로 구획하여 설치한다.

도축장은 부패균이나 미생물확산을 억제하기 위해서는 오염구역과 비오염구역(준청결지역, 청결지역)으로 명확히 분리하여 관리하도록 한다.

2.3.1 오염구역과 비오염구역사이에 차단설비가 되어서 작업자 및 작업기구들의 이동을 철저히 관리해야 한다.

2.3.2 오염구역은 원료돈 하차, 계류, 생체검사장, 전살, 방혈지역까지이며 다음과 같이 관리되어야 한다.

◆ 계류실 : 가축 종류별로 구획하여 개방식으로 설치하여야 하며 가축을 하역할 수 있는 하차시설과 출입을 통제할 수 있는 출입문이 있어야 한다. 또한 가축을 세척할 수 있는 샤워 시설과 물을 충분히 공급할수 있는 급수시설이 있어야 하고 조명을 약간 어둡게 조절하여 안정과 피로회복의 효과를 높일 수 있어야 한다.

◆ 생체검사장 : 작업실과 인접한 곳에 설치하고 생체검사에 필요한 설비(조명, 보정장치등)를 갖추어야 하며, 생체검사장과 도축작업실간에는 생축이 이동할 수 있는 지정된 통로가 설치되어야 한다.

◆ 전살지역 : 전살시키는데 충분한 공간을 갖고 있으며, 생축의 이탈을 막는 시설을 설치해야 한다.

◆ 방혈지역 : 도체간의 혈액이 교차오염되지 않도록 이동작업대에서의 도체간의 적절한 간격(0.9m 이상)을 유지해야 한다.

2.3.3 준청결지역은 탕박부터 등급판정까지이며 다음과 같이 관리하여야 한다.

◆ 박피 및 탕박구역 : 도체간의 교차오염을 방지하는 설비를 설치해야 하며

(타도제, 벽설비등과 0.3m 이상의 적절한 거리를 유지), 박피는 충분한 높이 (바닥과의 거리 0.3m 이상)로 매달아 바닥의 이물이 부착되지 않도록 한다. 탕박은 적당한 수온과 위생적인 물을 충분히 공급할 수 있는 급수, 급탕시설이 설치되어야 한다.

◆ 화염방사 (잔모제거)구역 : 도체가 이물에 의해 오염되지 않고 적절히 표면의 잔모가 제거될 수 있도록 충분한 공간과 적당한 설비가 확보되어야 한다.

◆ 머리절단 구역 : 도체간의 교차오염을 방지하는 설비가 설치되어야 하며, 절단된 머리부위는 바닥의 오염물에 오염되지 않도록 관리되는 설비가 설치되어야 한다.

◆ 내장적출 구역 : 내장을 적출한 후 바닥에 접촉되지 않고 검사대에 올려놓을 수 있는 구조로 설비되어야 한다.

◆ 이분체작업 구역 : 전동식의 도체절단기와 도체고정장치가 설치되고 각각의 도체분할 작업마다 튕날을 소독하는 설비가 설치되어야 한다.

2.3.4 청결지역은 최종수세, 예냉실등이며 다음과 같이 관리한다

◆ 최종수세 구역 : 도체를 충분한 세척과 소독할수 있는 설비를 설치해야한다.

◆ 예냉실 : 5℃이하 (약 4℃가 적당)로 냉장할 수 있는 장치를 갖추어야 하며, 이분체의 예냉실과 내장의 냉장실을 구분하여 설치해야 한다.

2.4 소독준비실에는 소독에 필요한 장비 및 약품이 있어야 하고, 바닥은 내수성 재질이어야 한다

2.5 작업실 천정 (특히, 증기가 많이 발생하는곳)은 내수성 재료를 사용하고 용축수, 곰팡이 등을 방지하도록 수시로 청소하여야 하며, 조명이나 배관이 노출되지 않는 것이 유리하고 생축의 체장을 고려하여 적절한 높이로 설비되어야 한다.

2.6 작업실 내벽은 바닥으로부터 1.5 m 이상까지 내수처리 하여야 하며, 연결부위는 곡선처리하여 작업과 청소가 편리하도록 설비되어야 한다.

2.7 작업실 바닥은 적절한 경사 (1/100)를 가진 세척과 청소가 용이하고 미끄럽지 않은 구조와 파손시 즉시 보수관리하여야 한다.

2.8 창문은 바닥면에서 적절한 높이에 설치하고 방충망을 설치하여 해충류나 설치류의 침입을 막아야 하며 작업과 검사가 용이하도록 자연채광을 최대한 살려야

한다.

2.9 출입문은 접촉으로 인한 오염을 방지하기에 충분한 폭 (1.52m 이상)으로 설치하며, 자동 또는 반자동개폐식으로 설치하여야 한다 (필요시 공기스크린장치 설치).

2.10 작업장에는 적절한 위치에 역류방지장치 (U자관)와 취퇴치장치가 설치된 배수구가 필요하며 배수구 덮개는 항부식성 재질을 사용한 상부개폐식으로 설치하여야 한다.

3. 육가공장

3.1 도축작업장과 육가공장은 명확히 구별되어 구획되어야 한다.

3.2 육가공장의 내부는 냉장 (10℃이하)온도를 유지하여야 한다.

3.3 육가공장의 천장은 조명이나 배관이 노출되지 않아야 하며, 내벽과 바닥의 연결부위는 곡선처리하고 바닥은 적절한 경사 (1/100)로 세척과 청소가 용이하고 미끄럽지 않은 구조로 파손시 즉시 보수관리하여야 한다.

3.4 창문은 바닥면에서 적절한 높이에 설치하고 방충망을 설치하여야 한다.

3.5 출입문은 접촉으로 인한 오염을 방지하기 위해 공기스크린 장치를 설치하여야 한다.

3.6 육가공장에는 역류방지장치 (U자관)와 취퇴치장치가 설치된 배수구를 설치하여야 한다.

4. 조명 및 환기

4.1 작업장내 전구 및 전구시설등이 파손시 식육을 오염시키지 않도록 보호시설 및 청소와 교환등의 청결관리를 하여야 한다.

4.2 작업장내 조명은 도축작업실이 220 lux 이상, 생체검사장은 110 lux이상, 일반 작업장 75 lux 이상의 조도를 유지해야 하며, 다른 색으로 보이는 광선을 사용하지 말아야 한다.

4.3 환기시설을 적절히 설치하고 흡기구는 오염된 공기나 해충 등의 흡입을

방지하는 위치에 적절한 여과시설을 갖추어 설치해야 한다.

5. 폐기물 및 폐수처리시설

5.1 작업 중에 발생하는 각종 폐기물 처리는 폐기물관리법규정에 의해 적합한 시설을 설치하거나 폐기물 처리업체에 위탁해 처리해야 한다.

5.2 작업 중에 발생하는 폐수나 혈액을 위생적으로 처리하는 폐수처리시설은 수질환경보전법의 관련규정에 적합한 시설이어야 하며 수질 오염을 방지할 수 있는 충분한 거리에 설치해야 한다.

6. 화장실, 탈의실, 휴게실, 샤워시설

6.1 화장실은 작업실에 영향을 주지않는 곳에 위치하여야 하고, 수세식으로 설치하고 세제 및 종이타월을 구비하여 출입시 수세하여야 한다.

6.2 화장실 청소 및 소독은 1회/일 이상이어야 하며 바닥은 건조상태를 유지하여 미생물 번식을 막아야 한다.

6.3 수도꼭지는 자동 또는 반자동으로 작동되도록 설치하고, 문은 자동문을 설치하여 오염물질이 접촉을 통해 확산되지 않도록 한다.

6.4 탈의실·휴게실 및 샤워시설은 청결히 관리하여야 하며 옷장, 신발장, 조명에도 세밀한 점검을 통해 작업장 오염을 차단한다.

7. 소독조 및 손세척 장치

7.1 완전한 위생상태가 갖추어진 도축장 및 육가공장의 출입구에는 작업자의 손을 씻거나 살균하는 설비와 소독조가 반드시 설치되어야 한다.

7.2 세척되고 살균된 손이 재오염 되지 않도록 하는 자동식 또는 발누름식의 급수조절장치 등의 설비를 설계하여 설치하여야 한다.

7.3 손 및 팔의 세척용으로 음용에 적합한 물이 충분히 공급되는 스테인레스 등의 내구성 재질의 수조가 적당한 크기와 높이로 설치되어야 한다.

7.4 작업전에 소독조 및 손세척 장치는 소독수, 비누 준비상태 및 청결 상태를 관리하여야 하며, 소독수는 1일 1회 이상 교환하여야 한다.

8. 방충 및 방서관리

8.1 도축장이나 육가공장의 어느 지역에도 해충이 존재해서는 안 된다.

8.2 쥐의 침입이 가능한 배수구 및 균열 등을 정기 점검하여 보수하여야 한다.

8.3 도축장 및 육가공장에는 반드시 방충, 방서 시설이 있어야 한다.

8.4 원칙적으로 살충제사용은 금하며 만약 사용할 필요성이 인정되는 경우 검사원의 승인을 받아 작업을 중단한 뒤 실시하고, 작업후 충분히 수세하여 잔류물질이 남아있지 않도록 하여한다.

9. 용수관리

9.1 급수 시설로 지하수를 사용할 때는 먹는물 관리법의 관련규정에 의한 먹는물 수질검사기준에 적합한 지하수등을 공급하여야 하며, 지하수원은 오염원(폐기물 및 분뇨처리장 등)과 20 m 이상 떨어진 곳에 설치되어야 한다.

9.2 용수저장탱크는 한달에 1회 이상 청소를 실시하고 오염물질의 유입방지 및 잠금장치 설치를 하여 관리한다.

9.3 원수와 처리수에 대한 수질검사는 탁도, 경도 및 미생물학적 검사등을 월 1회 실시하여야 한다.

10. 작업장 청소관리

10.1 작업장의 바닥과 벽은 매일 생산직후 청소 및 소독을 실시하고 오염이 우려되는 경우 청소주기를 증가시켜야 한다.

10.2 작업장 세척절차는 작업중 발생된 부스러기를 쓸어내어 제거한 후, 사용이 승인된 세척제로 사용법에 따라 세척한다.

10.3 작업장의 천정은 필요시 세척되어야 하지만 최소 1주일에 한 번 세척한다.

10.4 예냉실 벽, 바닥은 매일 물청소 및 소독하여야 하고 오염시 소독을 실시해야 한다.

10.5 매주말은 청소와 살균소독을 강화하고 월요일은 청소후 작업을 하여야 한다.

10.6 작업장 청소 및 소독관리에 관한 자세한 사항은 VII. 작업전·후 위생관리 2. 청소 및 소독관리를 참조하여야 한다.

V. 제조기구 및 설비관리

이 관리기준은 작업장의 제조기구 및 설비관리와 세척에 적용하여 위생적으로 관리함으로써 돈육 제품의 안전성 확보 및 오염방지를 목적으로 한다.

1. 제조기구 및 설비시설

1.1 도체 (식육)에 직접 접촉하는 기계 및 기구류의 재료는 항부식성 금속을 원칙으로 하며, 장갑, 앞치마 등은 미생물오염의 매개체가 되지 않는 재질을 사용하여야 한다.

1.2 도체 (식육)가 직접 접촉되는 기구 및 기계류의 이음새 등에 식육의 조각이나 먼지가 축적되지 않고 세척에 의해 완전히 제거되고 확인될 수 있도록 매끄러운 구조나 분해되는 구조로 제작되어야 한다.

1.3 기구 및 설비시설은 충분히 위생적이고 무독성의 재료를 사용해야 한다.

1.4 작업대는 세척과 소독이 편리한 구조와 재질로 녹슬지 않는 재질을 사용해야 하고 자도 소독이 이루어지도록 열탕수가 설치되어야 한다.

1.5 기구 등의 소독기에는 온탕의 온도를 확인할 수 있는 온도계가 설치되어야 하며, 소독수나 온수를 교환할 수 있는 장치가 있어야 한다.

1.6 부분육 제품의 포장재료는 위생적이고 규격에 적합한 것을 사용해야 한다.

1.7 도축작업실부터 냉장, 냉동실시설, 육가공작업실까지 아이빔을 설치하여야 하고 아이빔의 높이와 간격은 도체가 바닥이나 벽에 닿지 않도록 한다.

2. 제조기구 및 설비시설 관리

2.1 설비는 청소하기 편리하게 바닥면에 밀착되거나 (방수처리 필요) 또는 바닥에서 적당한 높이에 설치하며, 천정과 벽에서도 적당한 거리를 유지하여 설치

되어야 한다.

2.2 제조기구 및 설비는 제조공정 흐름별로 적정하게 배치하여 오염을 방지하고 세척, 소독, 청소하기에 편리하게 설치되어야 한다.

2.3 도체 (식육)와 직접 접촉하는 기구는 각 도체마다 소독하여 교차오염을 제거해야 한다.

2.4 제조설비는 제조목적 이외의 사용을 금하고 오염지역과 비오염지역간의 설비 및 기구 이동을 금하며 부득이한 경우 사전에 반드시 소독한다.

3. 기구 및 설비의 세척 및 소독

3.1 모든 기구·설비는 항상 작업개시 전·후에 소독되어야 하고 세척되어야 한다.

3.1.1 용기내부의 식육접촉면과 기구의 식육접촉면은 오염을 방지하기 위해 필요에 따라서 자주 세척하여야 한다.

3.1.2 설비청소는 45~50℃의 온수를 사용하며 오염부위를 고압으로 세척한다.

3.1.3 시설 장비는 작업종료 후에는 반드시 건조시키고, 기계부품의 경우 세척 후 식용구리스를 도포하여 녹스는 것을 방지한다.

3.2 작업자 개인 도구 및 용구의 세척 및 소독방법은 아래와 같다.

3.2.1 개인용 도구 및 용구의 경우 작업개시 전에 반드시 70% 알코올을 분무하고 작업을 시작하며, 작업중에도 수시로 분무하여야 한다.

3.2.2 작업자는 개인도구 및 용구는 세제 및 온수 세척하여 육안검사 한 후 지정된 장소에 보관한다.

1) 자외선 보관함 : 칼, 칼칼이 등

2) 벽걸이 : 앞치마, 토시

3) 각종 도구함 : 청소도구, 숟들, 알코올 스프레이, 검사도구, 공구등

3.2.3 작업용 자도는 83℃이상의 열탕수에서 소독하고 교대 사용을 하여야 한다.

3.3 세척제는 반드시 시설, 장비, 도체, 가공육에 유해하지 않도록 사용하여야 한다.

3.4 제조기구 및 설비시설의 청소 및 소독관리에 관한 자세한 사항은 VII. 작업전·후 위생관리 2. 청소 및 소독관리를 참조하여야 한다.

VI. 종업원 위생관리

이 관리기준은 작업장에서 종업원의 개인위생, 복장위생, 작업장 출입 및 위생교육과 적용하여 위생적인 돈육 생산을 목적으로 한다.

1. 종업원 개인위생

- 1.1 손, 팔, 손톱등을 청결히 유지해야 하며, 매니큐어나 짙은 화장은 금한다.
- 1.2 시계, 반지등의 장신구는 착용하지 않도록하여 분실이나 오염을 방지한다.
- 1.3 작업시 잡담을 하거나 음식섭취, 껌을 씹는 등 비위생적인 행동을 삼가야 한다.
- 1.4 도체, 기구, 설비등이 땀, 머리카락, 담배, 화장품, 피부연고 등에 의하여 오염되는 것을 방지하기 위해 조치를 취하여야 한다.
- 1.5 담배는 흡연구역에서만 피워야 한다.
(흡연금지장소 : 작업장, 기타 인화물질이 있는 장소)
- 1.6 작업중 오염구역 작업자가 비오염구역으로 이동하는 것을 금한다.
- 1.7 도축과 육가공공정에 위해를 끼칠 수 있는 병원성 질환을 가지고 있는 작업자는 제품과 직접 접촉하는 작업에서 제외시켜야 한다.
- 1.8 다음과 같은 질병보균자 및 감염자는 도축 및 가공작업에 종사할 수 없다.
 - 1) 소화기계 전염병이 있는자
 - 2) 화농성질환 및 전염성 피부병 환자
 - 3) 엑스선검사에 의한 결핵환자 (단, 비전염성 경우 제외)
 - 4) 발열,구토, 편도선염 또는 호흡기병등의 증상이 있는자
 - 5) B형 간염환자 (전염성이 없는 비활동성 간염 제외)

2. 복장위생

- 2.1 작업중에는 위생모자, 장갑, 위생복, 머리핀, 위생화 등을 적절히 착용해야 한다.

2.2 위생복은 주 2회 이상 세척하여야 하며, 더러울 때는 수시로 세탁하여야 한다.

2.3 위생모는 머리카락이 모자 밖으로 나오지 않게 한다.

2.4 위생화, 위생모는 수시로 세척하여 깨끗이 유지한다.

2.5 앞치마, 토시 및 위생장갑은 깨끗하여야 하며 작업장내에서만 착용하여야 한다.

3. 작업장 출입

3.1 위생복을 입고 작업장 밖으로 나가서는 안되며, 작업중 화장실 출입시에는 앞치마 장갑등은 지정된 장소에 벗어 두어야 한다.

3.2 위생복, 위생모, 위생화를 착용하지 않은 사람은 작업장내에 절대 출입할 수 없다.

3.3 감기 또는 기타 감염성 질병에 감염된 종업원은 완치될때까지 작업장 출입을 금한다.

3.4 작업장에 출입할 때는 위생화를 소독수에 담가야 한다.

3.5 작업장 출입시에는 준비해둔 비누로 손을 깨끗이 씻고 출입한다.

3.6 작업장 출입구이외의 곳으로 작업장 출입을 삼가야 한다.

3.7 도축 및 가공처리구역은 종업원, 검사원 이외의 사람은 출입을 통제하며, 작업장에 외부인이 출입코자하는 경우에는 검사원의 사전 승인을 얻어야 한다.

4. 손세척 및 소독

4.1 손 세척 및 소독 설비는 화장실, 작업장 출입구내에 설치한다.

4.2 종업원들은 다음의 경우 반드시 손세척을 수행하여야 한다

- 1) 작업복 착용후 작업전에
- 2) 화장실 이용후

- 3) 휴식시간 이후 다시 작업을 시작하기전
- 4) 오염된 물건을 사용한 후

4.3 물과 비누를 이용하여 손 세척후 70% 알콜로 손을 소독한다.

5. 교육과 훈련

5.1 위생관리책임자는 월 1회 위생교육을 정기적으로 실시하고, 매일 아침 작업전에 위생 교육을 실시한다.

5.2 작업자와 책임자는 도축과 육가공 공정에 대한 적절한 작업기술과 식품의 오염방지이론을 교육받아야 하며, 청결하고 안전한 식품생산에 필요한 수준으로 훈련되어야 한다.

5.3 위생관리책임자는 매월 위생교육 일지를 점검하고 필요시 전 종업원에 대한 집합 위생교육을 실시할 수 있다.

6. 종업원의 건강진단

6.1 도축장 및 가공장에서 도체 및 식육을 접촉하는 작업을 하는 종업원은 국가지정 의료기관에서 건강진단을 받아 보건증을 사무실 (의무실)에 비치한다.

6.2 회사는 모든 종업원들이 국가지정 의료기관에서 년 1회 건강진단을 받을 수 있도록 해야하며 경비는 회사에서 부담한다.

VII. 작업 전·후 위생관리

작업 전·후 위생관리를 통하여 돈육제품의 안전성 확보와 오염방지를 목적으로 한다.

1. 작업전·후 위생관리

1.1 도축작업과 육가공 작업에 모두 해당한다.

1.2 작업장의 벽, 천장과 바닥은 습기, 오물등이 없는지 작업 전·후에 수시로 점검해야 하며, 하수구는 깨끗이 청소하여 작업후 찌꺼기등 기타 이물질이 남지 않도록 한다.

1.3 작업대는 작업후 깨끗이 청소 및 소독하여 가능한 작업대에 불결한 물건을 놓아서는 안되며, 각 작업대마다 70% 알콜이 준비되어 있어야 한다.

1.4 작업장 출입구에는 항상 손 세척대와 소독조가 비치되어 1일 1회 이상 건조기 또는 종이타월등의 유무를 관리하여야 한다.

1.5 작업기구와 장비는 작업전에 도체 (식육)와 직접 접촉하는 장비와 기구 등의 표면의 이물질이 존재하지 않도록 청결상태를 관리하여야 한다.

1.6 작업 기구들은 작업완료후 세척 및 건조 후 제자리에 정리해두어야 한다.

1.7 개인장비인 칼, 칼갈이는 작업 후에 수으로 세척하여 70% 알콜로 소독하고 자외선 보관함에 보관하고 작업장 밖으로 반출하여서는 안된다.

1.8 작업전 설비시설의 작동상태 및 청결상태를 점검하고 가동될 수 있도록 하여야 한다.

1.9 열탕수 (83℃) 및 탕박조 (62℃)의 수온의 상태를 관리해야 한다

1.10 냉장고와 냉동고 (예냉실 포함)은 항상 청결해야 하며, 온도가 적정하게 유지되는지 작업전·후에 관리해야하며, 불필요한 인원의 출입을 통제해야 한다.

Ⅷ. 작업중 위생관리

작업중에 발생할 수 있는 오염원인을 관리하여 돈육제품의 안전성 확보와 오염방지를 목적으로 한다.

1. 작업중의 관리

1.1 도축작업중 위생관리

1.1.1 하차대 및 계류장은 수시로 청소하여 생체간에 미생물 오염을 줄일수 있도록 관리하고, 계류장에서 충분히 휴식 및 급수상태를 관리하여야 한다.

1.1.2 작업장 바닥은 항상 청결하여야 하며, 작업중에 발생하는 부스러기, 지방, 피, 분변, 쓰레기등이 바닥에 떨어진 채 방치되어서는 안되며 수시로 청소하여 한다.

1.1.3 작업자는 처리과정동안 도체의 교차 오염을 방지하기 위해 수시로 자도,

다른 손 도구, 톱 그리고 기타 장비들을 83℃이상의 물로 소독해야 한다.

1.1.4 내장적출 단계의 작업자는 손, 팔, 옷, 앞치마, 구두, 그리고 자도 등을 청결하게 관리하여야 하고 내장의 상태에 따라 관리해야 한다.

1.1.5 오염원으로부터 오염된 경우, 그 작업원은 샤워를 하고 작업을 다시 시작하기 전에 옷을 갈아 입어야 한다.

1.2 가공작업중 위생관리

1.2.1 작업자는 식육의 오염예방을 위하여 공정 중에 필요하다면 손, 장갑, 칼, 자도 그 외의 손도구, 도마 등을 세정하고 70% 알콜로 소독하여야 한다.

1.2.2 작업자는 가공과정동안 지육간의 오염을 방지하기 위해 작업 도구를 83℃이상의 물에 담귀 소독해야하며 온도가 유지되는지 관리해야 한다.

1.2.3 모든 설비, 자동전달장치, 작업대와 기타 식육접촉면을 필요한 날마다 세정하고 소독하여야 한다.

1.2.4 작업자는 걸옷을 갈아입고, 손을 씻고 승인된 손소독제 (소독제는 염소 50PPM에 상응하는것)로 손을 소독하고 그실에서 사용할 깨끗한 장갑을 착용하고, 각 실을 출입 할 때 소독액조에 장화를 담그고 통과하여야 한다.

1.2.5 작업복은 작업자가 각 실을 나올 때 지정된 지역에 걸어 두어야 한다. 작업복은 항상 청결하게 유지하여야 하고, 최소한 하루에 한번 갈아 입어야 한다.

1.3 쓰레기통은 여유있게 준비하여 작업중에 발생하는 쓰레기를 담을 수 있도록 관리되어야 하며 휴식시간에 깨끗이 비워야 한다.

1.4 작업중 위생복을 입은 상태에서 작업장 밖으로 출입하지 않아야 하며 화장실 출입시는 앞치마와 장갑을 작업장의 지정된 장소에 걸어두어야 한다.

1.5 도축작업장은 종업원, 검사원 이외의 사람은 출입을 통제하며, 작업장에 외부인이 출입코자하는 경우에는 검사원의 사전 승인을 얻어야 한다.

1.6 종업원 개인위생, 복장위생, 건강상태, 손씻기 등에 관한 사항은 VI.종업원 위생관리를 참조하여야 한다.

2. 식육의 위생적 취급 절차 및 보관·운송관리

2.1 도축과정중 해체는 가축을 매단 상태에서 하여야 하며 바닥에 떨어졌을 때에는 검사원의 지시에 따라 위생적으로 처리 (오염부위 제거 및 소독 등)하거나

폐기하여야 한다.

2.2 도체 및 식육은 벽, 바닥에 닿지 않도록 위생적으로 취급, 운반하여야 하고, 냉장·냉동중에서도 위생적으로 보관되어야 한다.

2.3 도축공정에서 나온 내장과 외피 등은 분리되어 구획되어진 장소에 보관되어야 하며, 육가공공정의 돈육은 포장상태 및 보관상태에 따라 구분된 장소에서 보관되어야 한다.

2.4 식용으로 부적합한 식육이나 도체는 별도로 구별되어진 장소에 보관한다.

2.5 모든 보관실에는 보관중인 식육의 종류, 수량, 입고일, 가공일, 출고예정일, 보관방법, 그 외의 필요사항을 기록한 지정된 양식을 비치하여야 한다.

2.6 각각의 보관실은 필요에 따라 냉장 또는 냉동장치를 설치하여 적절한 온도, 습도, 송풍속도 등이 조정가능하여야 하고 자동온도기록장치 등을 설치해야 한다.

2.4 식육의 운송관리

2.4.1 식육이 운송중에 위생적으로 관리될 수 있도록 운송용구, 외부포장재, 운송용차량 등은 적절히 설계되고, 소독·세척되어야 한다.

2.4.2 식육의 운송용차량의 보관함에는 보관실과 같은 조건을 유지할 수 있는 설비를 설치하여야 한다.

2.4.3 운송용 보관함의 내부온도를 외부에서 파악할 수 있도록 설비되어야 한다.

IX. 위생점검기록 및 시정조치

1. 일일위생점검 및 시정조치

1.1 작업자들은 『작업장 위생관리, 제조기구 및 설비위생관리, 종업원 위생관리, 작업전·후 위생관리, 작업중 위생관리』을 준수하여야 한다.

1.2 매일 검사보조원은 『작업장 위생관리, 제조기구 및 설비위생관리, 종업원 위생관리, 작업전·후 위생관리, 작업중 위생관리』에 따라 작업전·후, 종업원, 작업중의 위생상태를 점검하여 ‘일일위생점검표’에 기록하여 위생관리책임자의 승인을 받아야 한다.

1.2.1 작업전·후 위생관리

작업장 위생관리, 제조기구 및 설비위생관리, 작업전·후 위생관리』에 따라 매일 작업 전·후 작업장, 제조기구와 설비의 청소 및 위생상태를 점검하여야 한다.

1.2.2 종업원 위생관리

『종업원 위생관리』에 따라 매일 작업전에 종업원의 위생상태를 점검하여야 한다.

1.2.3 작업중 위생관리

『작업장 위생관리, 제조기구 및 설비위생관리, 종업원 위생관리, 작업중 위생관리』에 따라 작업방법, 기구 세척 및 소독방법, 종업원의 위생상태 등을 점검하여야 한다.

1.3 만약 점검 결과 부적합 사항은 응급조치를 한 후 개선등의 시정조치를 하며 그 기록을 현장 담당자가 확인 날인한다.

2. 작업장위생점검 및 시정조치

2.1 작업장위생점검

2.1.1 위생검사원은 주 1회 작업장 위생점검 및 종업원 위생점검을 실시하여 '작업장위생점검표'를 작성하고 위생관리책임자의 검토와 공장장의 승인을 받는다.

2.1.2 위생검사원은 작업장 및 종업원 위생점검시 중대한 부적합 사항이 적발되었을 경우 '시정조치 및 예방조치 요구서'를 작성하여 위생관리책임자의 검토와 공장장의 승인을 받아서 해당 생산책임자에게 통보하여 시정 및 예방조치를 하도록 한다.

2.1.3 해당 생산부에서는 시정 및 예방조치사항에 따라 적발내용의 원인규명과 대책 수립 및 시정조치를 취하도록 하며 시정조치 내용은 구체적인 실시 내용을 기록, 보관하고 위생관리책임자는 그 유효성을 검토하여야 한다.

2.2 작업장 청결도 점검

2.2.1 작업장 청결은 '작업장청결점검표'의 목표에 따라 위생관리책임자가 관리한다.

2.2.2 미생물실험자는 매주 1회 작업전에 도축장, 1차가공실, 예냉실, 부산물실의 낙하세균 및 표면세균을 채취하여 미생물 분석 표준실험에 의하여 실험을 실시하고 결과를 '작업장청결점검표'에 기록한 후 공장장의 승인을 받아야 한다.

2.2.3 위생관리책임자는 작업장청결도 검사 결과 목표기준을 초과하였을 경우 재청소, 소독과 위생교육등의 시정조치하고, 다음번 검사와 비교 검토하여야 한다.

3. 작업공정점검 및 시정조치

3.1 위생검사원은 '작업공정점검표'에 따라 작업공정, 기구와 설비시설의 소독 방법, 작업장 상태 및 작업자의 위생상태 등이 잘 수행되는지 점검하고 기록 관리한다.

3.2 위생검사원은 작업장 및 종업원 위생점검시 중대한 부적합 사항이 적발되었을 경우 작업을 중단시키고 응급조치한다. 또한 '시정조치 및 예방조치 요구서'를 작성하여 위생관리책임자의 검토와 공장장의 승인을 받아서 해당 생산책임자에게 통보하여 시정 및 예방조치를 하도록 한다.

3.3 해당 생산부에서는 시정 및 예방조치사항에 따라 적발내용의 원인규명과 대책 수립 및 시정조치를 취하도록 하며 시정조치 내용은 구체적인 실시 내용을 기록, 보관하고 위생관리책임자는 그 유효성을 검토하여야 한다.

4. 관련문서

점검일지명	일지 번호	보존년한	보관장소
일일점검표		2년	
작업장위생점검표		2년	
작업장청결점검표		2년	
작업공정점검표		2년	
시정조치 및 예방조치 요구서		2년	
위생관리 유효성평가표		2년	

7. 별첨 2

G도축장의 HACCP 적용실례

※ 이 별첨은 G 도축장을 모델로 하여 작성한 실례로서 HACCP를 적용하고자 하는 일반 도축장에서 응용할 수 있도록 일련의 순서를 작성한 것임.

1 HACCP팀 구성

HACCP 계획 운영을 위한 회사내에 자체적인 HACCP팀을 구성해야 한다
HACCP 팀의 인원도 각 회사의 규모에 따라 조정될 수 있다.

HACCP 팀	직책	성명	자격	역할
팀장	공장장		외부전문기관으로부터 HACCP교육을 수료한 자	HACCP계획 총괄
팀원	생산과장 또는 품질관리과장		전체 공정을 파악하고 있는자	HACCP계획 수행여부를 직접 감시
팀원	도축작업반장 또는 수의사		도축공정을 파악하고 있는자	도축 작업장의 HACCP수행 및 기록확인
팀원	가공작업반장		발골,정형,부분육 생산공정 및 포장 공정을 파악하고 있는 자	가공장의 HACCP수행 및 기록확인
팀원	외부전문가		HACCP 전문가 (한국보건산업진흥원)	도축장의 HACCP수행 중 문제해결을 위한 자문및 상담

2 최종제품에 대한 설명

제품설명서	
제품 : 돼지고기	
1. 일반적 제품명	삼겹살
2. 축산물 용도	소매용, 도매용, 납품용
3. 포장형태	진공포장
4. 보관온도에 따른 유통기간?	5℃이하 저장 20일
날짜 :	년 월 일 책임자 인

3 제조공정 흐름도 작성



4. SSOP의 적용

본 보고서의 별첨 1에 작성된 위생관리기준 (SSOP)에 따른 시설 및 설비를 갖추어야 한다.

5. 위해분석 및 예방관리방법

본 보고서 표 3-2-14에서 수행된 각 생산단계별 지표미생물 검사와 병원성 미생물검사를 실시하여 각 공정별 생물학적 위해요소의 중요성을 판단하는데 기초

자료로 제공되며 각 작업장별 경향분석을 파악하는데 사용된다.

돼지의 입고·계류를 포함하여 도축·가공공정에 따라 미생물학적, 화학적, 물리학적 위해를 분석하고 위해요소의 목록을 작성하여 확인된 위해요소를 관리하기 위한 예방조치를 단계별로 작성한다.

공정 단계	위해 요인		예방조치	위해오염경로
생축 반입	생물학적	병원체, 기생충	-잔류물질 휴약기간 홍보 -반입검사 -수송차의 세척 및 소독관리	-생축의 건강상태 -주사바늘등의 이물질 -수송차에 의한 오염
	화학적	항생물질		
	물리적	주사바늘		
계류	생물학적	병원체	-계류장세척과 생축 세척 -생체검사를 통한 병축 격리 -6시간 이상의 계류 및 절식	-계류장에서교차오염 -계류장청결상태 -도축시 장파열
	화학적	잔류세척제		
	물리적	없음		
전살				
방혈	생물학적	병원체	- 매 도체마다 83℃로 소독한 자도사용 -도체간의 거리유지	-자도에 의한 교차 오염
	화학적	없음		
	물리적	없음		
예비수세	생물학적	병원체	- 음용수에 적합한 물 사용	- 세척수에 의한 오염
	화학적	없음		
	물리적	없음		
탕박	생물학적	병원체	-62℃이상의 온도에서 5분간 탕박하며 탕박수 교환은 자체적으로 설정 (교환이 어려우므로 예비수세 권장) -상처를 통한 식육내 미생물 오염은 상처부위를 폐기	- 탕박수에 의한 도체오염
	화학적	탕박물질		
	물리적	없음		
탈모	생물학적	병원체	- 자동기기 설비 점검	없음
	화학적	없음		
	물리적	없음		
화염탈모	없음		- 자동기기 설비 점검	없음
머리절단	생물학적	병원체	- 매 도체마다 83℃로 소독한 자도사용 -세척수에 의한 오염은 이동설비의 높이 조절	-절단자도 -세척수가 튀어서 절단면 오염
	화학적	없음		
	물리적	없음		

공정단계	위해 요인		예방조치	위해오염경로
	생물학적	병원체		
항문적출	생물학적	병원체	없음	- 분변오염가능
	화학적	없음		
	물리적	없음		
가슴절개	생물학적	병원체	-매 도체마다 83℃로 소독한 자도사용 -위장관이 절단된 도체는 따로 처리	- 자도에 의한 오염 - 위장관 절단
	화학적	없음		
	물리적	없음		
내장적출	생물학적	병원체	-숙련된 작업자는 내장적출시 미생물오염 저하 -내장이 터진 도체 따로 처리	- 내장터짐에 의한 장내미생물 오염
	화학적	없음		
	물리적	없음		
2차 세척	생물학적	병원체	- 장내내용물이 도체에 남지 않도록 세척강화 -내장이 터진 도체 따로 처리 - 고압분사식 호스 사용	-수세에 의한 장내미생물의 오염 확산
	화학적	없음		
	물리적	없음		
이분체	생물학적	병원체	-매 도체마다 전동분할기 톱날소독	-자동분할기에 의한 오염
	화학적	없음		
	물리적	뼈조각, 털		
3차 세척	생물학적	병원체	-육안으로 확인되는 분변 및 제거되지 않는 내장을 제거하기 위해 소독된 자도 및 꼼꼼한 세척이 필요 -고압분사식호스사용 및 수세시간을 지킴	-이분체의 표면 -내부의 이물질에 의한 오염
	화학적	없음		
	물리적	분변, 혈액, 작은뼈, 털		
등급판정	없음			없음
최종세척	생물학적	병원체	-도축의 마지막 단계이므로 적당한 수압과 온도로 세척 (도축에 의해 유도된 미생물 감소에 중요한 단계)	-세척불량에 의한 오염 -육안으로 보이는 오염물질
	화학적	없음		
	물리적	없음		

공정 단계	위해 요인		예방조치	위해오염경로
	생물학적	병원체		
예냉실	생물학적	병원체	<ul style="list-style-type: none"> - 예냉실의 온도관리, 시간, 기류, 세척 관리 (도체표면온도: 5℃이하 / 12시간 이후, 도체내부온도; 5℃이하/ 24시간이후) - 도체간의 일정한 간격유지 - 사용자 장갑 소독관리 	<ul style="list-style-type: none"> - 온도관리 및 예냉실 세척소독상태 불량 - 도체간 접촉상태 - 종사자에 의한 오염
	화학적	윤활유		
	물리적	레일먼지		
육가 공장 이동	생물학적	병원체	<ul style="list-style-type: none"> -도체 이동 엘리베이터 세척 및 소독관리 	<ul style="list-style-type: none"> -이동엘레베이터에 도체 접촉으로 인한 미생물 오염
	화학적	없음		
	물리적	없음		
절단 및 발골 작업	생물학적	병원체	<ul style="list-style-type: none"> - 알콜분무로 소독하고 작업 개시전후에 세척·소독관리 -작업자 위생관리준수 -작업장온도 (10℃이하) 관리 -기구, 작업대, 부분육의 정기적인 미생물 검사 	<ul style="list-style-type: none"> - 칼, 도마, 벨트콘베이어에 의한 오염 - 작업자에 의한 오염 - 작업장 온도관리 불량
	화학적	없음		
	물리적	없음		
포장	생물학적	병원체	<ul style="list-style-type: none"> - 작업자 위생관리준수 -작업장온도 (10℃이하) 관리 -포장자재 품질확인 (성적서) 	<ul style="list-style-type: none"> - 작업자에 의한 오염 - 포장자재의 불량 - 작업장 온도유지
	화학적	포장지		
	물리적	없음		
보관	생물학적	병원체	<ul style="list-style-type: none"> - 외부에서 자동온도관리 - 냉동실과 냉장실 세척 및 소독 관리 	<ul style="list-style-type: none"> - 포장불량 - 온도관리 불량
	화학적	없음		
	물리적	없음		
운송	생물학적	병원체	<ul style="list-style-type: none"> - 외부에서 자동온도관리 - 수송후 수송차량 세척 및 소독관리 	<ul style="list-style-type: none"> -수송차량의 온도관리 -수송차량의 세척소독 상태
	화학적	없음		
	물리적	없음		

6. CCP 결정

돈육제품의 안전성을 위협할 수 있는 위해요소를 예방, 제거, 또는 허용수준까지 감축하기 위한 중점적 관리가 필요한 공정을 결정하여 필요한 조치가 시행되도록 하는 단계이다.

G 도축장 및 가공공정에서 CCP 결정도

공정 단계	잠재적위해가 중요한가	위해의 심각성 결정확단계	Q1. 위해의 예방 방법이 있는가/예 Q2로	Q2. 위해를 관리할 수 있는가 /예 CCP 아니면 Q3로	Q3. 허용수준을 초과할 수 있나/예 Q4로 아니면 CCP×	Q4 다음공정에 관리할 수 있는가/아니오 CCP,예 CCP×
생축 반입	C: 아니오 B: 예 P: 아니오	C: 항생제, 살충제에 의한 잠재적인 식품안전성의 위해성은 돈육에 의한 사람의 질병과의 관계가 보고되어진 바가 없다 P: 고려되어질 물리적인 위해를 검출할 장비가 없으며 가공단계에서 관리되어짐 B: 돼지는 사람에 대한 병원성균과 기생충의 잠재적인 운반체이지만 동물들에게는 징후가 없어 검출 방법이 없다	아니오			
계류	C: 아니오 B: 아니오	C: SSOP에 의해 세제에 대한 위험성과 노출이 줄어든다. B: 교차오염과 장파열의 발생을 줄이기 위해 계류시 휴식과 물을 섭취하게 한다.(Miller, et. al, 1996)				
전살						

공정 단계	잠재적위해 가중요한가	위해의 심각성 결정화단계	Q1. 위 해 의 예방 방법이 있 는 가 / 예 Q2로	Q2 위해를 관 리할 수 있는 가 /예 CCP 아니오 Q3로	Q3. 허용수준 을 초과할 수 있나/예 Q4로 아니오 CCP×	Q4다음공정에 서 관리할 수 있는가/아니오 CCP,예 CCP×
방혈	B: 아니오	B: 낮은 위험. 찌른 상처는 교차오염으로 인해 증양이 되거나 폐기처분되어질 수도 있는 잠재성을 갖고있다. 모든 찌른 상처는 가공과정 동안에 손질해 폐기된다.				
탕박	B: 아니오 C: 아니오	C: 탕박물에 부적절하게 사용되는 화학물질로 인한 잠재적인 오염을 제한한다. B: 탕박하는 동안 찌른 상처를 통한 내부오염이 잠재함을 표시하지만, 모든 찌른 상처는 그 다음 과정에서 폐기되므로 위험은 매우 낮다.(Woltersdorf, 1996)				
탈모	B: 아니오					
화염탈모	B: 아니오	화염탈모가 병원성균을 제어하는 것을 보여주는 과학적 근거는 부족. 오염물질을 감소시키기는 하지만 제거하지는 못한다 (Gill, 1994).				

공정 단계	잠재적 위험 가 중요한가	위험의 심각성 결정화단계	Q1. 위험의 예 방 방법이 있 는가/예Q2로	Q2. 위험을 관 리할 수 있는 가 /예 CCP 아니오 Q3로	Q3. 허용수준 을 초과할 수 있다/예Q4로 아니오 CCP×	Q4. 다음공정에 서 관리할 수 있는가/아니오 CCP, 예CCP×
머리 절단	B: 아니오	인간에게는 식인성 질병에 대한 위험이 높지않다.				
항문 적출	B: 예	작업과정에서 분변에 의한 미생물오염이 있으므로 항문결찰후 적출이 권장된다.	아니오 (공정수정 요구)			
가슴 절개	B: 아니오					
내장 적출	B: 예	B : 작업자의 실수에 의해 내장내용물에 오염될 가능성이 있으나 발생률이 낮고 잘 훈련된 작업자의 경우 발생율을 낮출 수 있다. 또한 내장적출시 오염된 도체는 별도의 레일에서 관리하여 교차오염을 감 소할 수 있다.	예	아니오	예	예(세척 및 최종손질 공정)
2차 세척	B : 예	B: 내장터짐에 의한 장내미생물 오염이 잘못된 세척에 의해 도체 전체로 오염을 확산시킬 위험이 높다.	예	예 CCP1		

공정 단계	잠재적 위험이 중요한가	위해의 심각성 결정화단계	Q1.위해의 예방 방법이 있는가/예Q2로	Q2위해를 관리할 수 있는가 /예 CCP 아니면 Q3로	Q3 허용수준을 초과할 수 있나/예Q4로 아니면 CCP×	Q4다음공정에 서 관리할 수 있는가/아니오 CCP,예CCP×
이분체	B: 아니오 P: 아니오	P: 작은 뼈조각이 외부표면에 존재하나. 최종세정시 쉽게 제거되므로 위험이 낮다. B : 절단톱을 통한 교차오염 확산에 대한 잠재력이 존재하는데 SSOP를 통해 제어				
3차 세척 (마무리 손질)	B: 예 P: 아니오	P, B : 작은 뼈조각들이나 육안으로 보이는 오염원을 가공전에 제거해야 하며 분변이나 내장내용물에 의한 오염을 많이 신경 써야 한다.	예	예 CCP2		
등급 판정						
최종 세척	B: 예 P: 아니오	P : 작은입자들은 쉽게 세척. 위험이 낮음 B : 이전의 도살단계로부터 유도된 미생물들을 감소하기에 적당한 단계로서 이 단계에서 미생물 오염을 줄이지 못하면 돈육의 오염에 많은 심각한 영향을 줄 수 있다	예	예 CCP3		

공정 단계	잠재적 위험이 중요한가	위해의 심각성 결정화단계	Q1.위해의 예방 방법이 있는가/예Q2로	Q2위해를 관리할 수 있는가 /예 CCP 아니면 Q3로	Q3. 허용수준을 초과할 수 있나/예Q4로 아니면 CCP×	Q4다음공정에 서 관리할 수 있는가/아니오 CCP,예CCP×
예냉I	C; 아니오 P: 아니오 B: 예	C와 P는 SSOP로서 관리가능 B: 온도조절을 통해 지육 미생물의 성장을 최소화할 수 있도록 계속적, 지속적인 관리로 위해의 심각성을 저하시켜야 한다.	예	예 CCP4		
가공장 이동	B: 예 P: 아니오	P와 B : SSOP를 통해 관리가능하며 시설 변경이나 지육자동운반시스템등의 설비투자	예	아니오	예	아니오
절단 및 발골작업	B: 예	B : SSOP를 잘 준수하면 지육내 미생물오염을 최소화 할 수 있다.	CP			
포장	C: 아니오 P: 아니오 B: 예	P, C, B : SSOP를 잘 준수하면 지육내 미생물오염이나 화학적 오염을 쉽게 최소화 할 수 있다.	CP			
보관	B: 예	B: 온도조절을 통해 지육 미생물의 성장을 최소화하지 않으면 미생물증식으로 인한 위해가 심각해질 수 있다.	예	예 CCP5		
운송	B: 예	B: 온도조절을 통해 지육 미생물의 성장을 최소화하지 않으면 미생물증식으로 인한 위해가 심각해질 수 있다.	예	예 CCP6		

7. HACCP 작업표 작성

중요관리점이 결정되면 HACCP 작업표에 각 CCP에 따른 허용한계, 모니터링 방법, 시정조치 및 검증방법을 작성한다.

CCP 번호	구분	내용
CCP1-B	처리공정	내장적출 후 세척 (분변 및 장내미생물에 의한 오염)
	위해	병원성 미생물의 잔존
	허용한계	- 고압분사식호스 사용하여 물의 압력은 35psi 이상, 세척 시간은 도체당 10초 이상 - 눈에 보이는 분변이나 장내용물이 없어야 함
	감시방법	- 고압분사식 호스의 압력 및 세척시간 계속적 감시 : 매일 3번 기록 (아침·오후 작업전, 휴식후) - 육안적 오염물질 유무 확인 : 1시간마다 무작위검사 실시 (도체의 1-2%), 관리책임자
	시정조치	- 생산을 멈추고 세척을 강화 - 검색빈도 증가 및 생산속도 감소
	기록	- 지속적인 monitoring 결과는 기록 (CCPI 점검표에 기록) - 위반사항이나 시정조치내역 기록 - 모든 기록은 날짜, 서명이 기록되어야 함.
CCP2-B	검증방법	- 무작위 미생물 검사 (매월 1회 검사 실시) : 세척전후의 도체 (1000두중 1건) : 살모넬라, 대장균수검사 - 육안적 오염물질 제거 확인 : 무작위검사 실시 (도체의 1-2%)
	처리공정	이분도체후 세척 (마무리 손질단계로 육안오염물질 제거)
	위해	병원성 미생물의 잔존
	허용한계	- 눈에 보이는 오염물질 (분변, 장내용물, 작은 뼈)를 제거 - 고압분사식 호스를 이용 (물의 압력 35psi 이상, 도체당 세척시간은 10초이상 세척 실시)

CCP 번호	구분	내용
	감시방법	- 고압분사식 호스의 압력 및 세척시간 연속적 감시 : 매일 3번 기록 (아침·오후 작업전, 휴식후) - 육안적 오염물질 (분변, 장내용물, 작은 뼈) 유무 확인 : 1시간마다 무작위검사 실시 (도체의 1-2%), 관리책임자
	시정조치	- 오염도체가 발생하는 %만큼 생산속도 감소하고 세척강화 - 검사 빈도수 증가 (100% 또는 도체의 지속적인 검사) - 내장이 터진 도체는 별도의 레일에서 처리
	기록	- 지속적인 monitoring 결과는 기록 (CCP2 점검표에 기록) - 위반사항이나 시정조치내역 기록 - 모든 기록은 날짜, 서명이 기록되어야 함.
	검증방법	- 무작위 미생물 검사 (매월 1회 검사 실시) : 마무리 손질전후의 도체 (1000두중 1건) : 살모넬라, 대장균수 검사 - 육안적 오염물질 제거 확인 : 무작위검사 실시 (1-2%)
CCP3-B	처리공정	최종수세 (도체의 완전한 세정 및 병원성균 감소단계)
	위해	병원성 미생물의 잔존
	허용한계	- 고압분사식 호스를 이용 (물의 압력 35psi 이상, 도체당 세척시간은 10초이상 세척 실시) - 육안적 오염물질의 100% 제거
	감시방법	- 고압분사식 호스의 압력 및 세척시간 연속적 감시 : 매일 3번 기록 (아침·오후 작업전, 휴식후) - 육안적 오염물질 유무 확인 : 1시간마다 무작위검사 실시 (도체의 1-2%), 관리책임자
	시정조치	- 손세척의 경우 생산속도를 감소시키고 세척시간 증가 - 세척이 안 된 도체는 재세척
	기록	- monitoring 결과는 기록 (CCP3 점검표에 기록) - 위반사항이나 시정조치내역 기록 - 모든 기록은 날짜, 서명이 기록되어야 함.

CCP 번호	구 분	내 용
	검증방법	- 무작위 미생물 검사 (매월 2회 검사실시) : 최종수세후의 도체 (1000두중 1건) : 살모넬라, 대장균수검사 - 육안적 오염물질제거 확인 : 무작위검사실시 (도체의 1-2%)
CCP4-B	처리공정	예냉 (도체 온도 감소하여 미생물 증식 최소화)
	위 해	병원성 미생물 잔존 및 미생물 증식
	허용한계	- 도체 온도 점검 (심부온도 5℃이하 / 24시간내, 표면온도 5℃이하 / 12시간내) - 도체간에 일정한 간격 (20 cm) 유지
	감시방법	- 냉각효율 점검 (공기공급률 및 속도, 습도, 도체간의 간격) - 온도계 점검 : 매일 - 냉각실 온도 점검 : 1일 5회 이상 점검 - 도체표면 및 심부온도 측정 : 5두/1일/예냉실
	시정조치	- 도체간격 조정하고 예냉온도 및 공기속도 조절 - 예냉장치 보수유지 (적정온도때까지 도체 입고 중지)
	기록	- 예냉실 온도 및 도체온도 결과는 기록 (CCP4 점검표에 기록) - 위반사항이나 시정조치내역 기록 - 모든 기록은 날짜, 서명이 기록되어야 함.
	검증방법	- 무작위 미생물 검사 (매일 1회 검사실시) : 예냉 12시간후 도체표면 (1000두중 5건), 지표세균인 대장균 검사 - 도체가 예냉실에서 반출되기 전 HACCP기록 점검 - 도체온도 각 예냉실 당 5두/1일
CCP5-B	처리공정	부분육 보관 (적정 온도유지로 미생물증식 최소화)
	위 해	미생물증식
	허용한계	- 냉장실 0 ± 1℃ 이하, 냉동실 -18 ± 1℃ 이하 온도유 지

CCP 번호	구 분	내 용
	감시방법	- 온도계 표준화 매일 점검 - 냉각실 온도 1시간마다 점검하고 자동온도관리장치
	시정조치	- 냉각기 보수유지 - 적정 보관온도가 유지되는 냉각실로 부분육 이동
	기록	- 온도점검결과는 기록 (CCP5 점검표에 기록) - 위반사항이나 시정조치내역 기록 - 모든 기록은 날짜, 서명이 기록되어야 함.
	검증방법	- 무작위 미생물 검사 (매일 검사, 3건/각 보관실) : 살모넬라, 대장균수검사, - 부분육이 반출되기 전 HACCP기록 점검
CCP6-B	처리공정	부분육 운송 (운송차량의 적정 온도유지)
	위 해	미생물증식
	허용한계	- 냉장차량 : $0 \pm 1^{\circ}\text{C}$ 이하 냉동차량 : $-18 \pm 1^{\circ}\text{C}$ 이하 온도유지
	감시방법	- 온도계 표준화 매일 점검 - 운송차량의 냉각실 온도 출발전·후 점검하고 자동온도 관리장치
	시정조치	- 차량의 냉각기 보수유지
	기록	- 온도점검결과는 기록 (CCP6 점검표에 기록) - 위반사항이나 시정조치내역 기록 - 모든 기록은 날짜, 서명이 기록되어야 함.
	검증방법	- 무작위 미생물 검사 : 살모넬라, 대장균수검사, - 부분육이 반출되기 전 HACCP기록 점검

최종세척점검표

일자: _____

허용한계 : 82℃물로 도체표

HACCP팀원: _____

면을 10초 이상 세척

수정조치 : 작업정지

HACCP감독자: _____

감독자에게 통보

재작업

시 간	물온도	세척시간 (초)	물분무기		수 정 조 치	팀원 서명	감독자 확 인
			작동	고장			

예냉온도점검표

일자: _____

HACCP팀원: _____

HACCP감독자: _____

허용한계 : 도체심부온도가 5℃이하로
 24시간 예냉 또는
 예냉 12시간 이내에는 표면온도 4℃이하
 예냉 24시간 이내에는 표면온도 2℃이하
 수정조치 : 냉장시설 점검 및 고장수리
 냉장고 온도가 적합하게 될
 때까지 도체입고 금지

시 간	온 도		냉장경과 시간 (시간)	수 정 조 치	탄원 서명	감독자 확 인
	심부	표면				

제품 보관 온도 점검표

일자: _____

HACCP팀원: _____

HACCP감독자: _____

허용한계 : 5℃이하에서 저장
 수정조치 : 냉장시설 점검 및
 고장수리, 냉장온도가 적
 합하게 될 때까지 제품
 입고 금지

시 간	온 도	보관시간 (시간)	수 정 조 치	탄 원 서 명	감독자 확 인

제품 운송 온도 점검표

일자: _____

HACCP팀원: _____

HACCP감독자: _____

허용한계 : 5℃이하에서 운송
 수정조치 : 냉장시설 점검 및
 고장수리, 냉장온도가 적합
 하게 될 때까지 제품운송
 금지

시 간	온 도	운송시간 (시간)	수 정 조 치	탄 원 서 명	감독자 확 인

제 3절 항균성물질 생체검사법 개발에 관한 연구

1. 서 론

가. 연구개발의 목적

축산 식품은 항균성 물질을 비롯한 동물약품, 농약류, 중금속, 그리고 곰팡이 독소 등 각종의 화학물질에 의하여 오염 가능하다. 그러나 국내에서 이들 오염물질에 의한 안전성 확보를 위한 연구는 생산성 위주의 정부 시책에 밀리어 위축되어 현재 우리 축산식품의 안전성을 전반적으로 예측할 수 있는 조사 연구는 미흡한 실정이다. 특히 최근 돼지에서 Dioxin 오염 파동을 겪으면서 국내외적으로 깃털중의 유해물질 잔류에 대한 우려의 목소리가 커지고 있는 실정이다.

국내에서는 밀집 사육으로 인하여 호흡기 질병이 빈발하고 있으며, 사료 생산원가를 절감하기 위하여 위생적으로나 영양학적으로 저급의 원료사료를 사용하기 때문에 호흡기 질병과 소화기 질병이 만연하고 있다. 따라서 이와 같은 여건을 극복하고 사료 효율을 증대시키고 증체율을 높이기 위하여 그리고 각종의 질병을 예방할 목적으로 다양한 종류의 항균성 물질을 사료 첨가용 제제로 사용하고 있다. 이들 물질의 오, 남용에 의하여 내성균을 갖는 세균의 종류가 증가하고 있으며, 다제 약제에 대한 내성 발현율도 증가하고 있다. 이와 같은 이유로 세균성 질병 발병시 질병을 치료하기 위하여 권장 용량의 2배에서 8배 용량의 항균성 물질을 투여하는 지경이 되었다. 또한 돼지의 경우 내성 발현 문제와 더불어 적절한 비육후기 사료가 개발되어 있지 아니하여 항균성 물질이 첨가된 육성 혹은 비육전기 사료를 비육 후기까지 급여함으로써 조직중에 이들 물질이 잔류함으로써 사회적인 문제를 야기하고 있고, 내성균 자체도 질병 치료의 장애 요인으로 작용하고 있다. 치료약인 경우 권장 용량을 투여하였을 때 제시된 휴약기간을 지키기만 하면 조직중의 잔류문제는 걱정할 필요가 없으나 권장 용량 보다 높은 용량을 투여하였을 경우는 휴약기간을 예측할 수 없어 조직중에 이들 약제가 잔류하게 된다. 따라서 도축전에 혈액 등의 체액을 이용하여 사용한 약제의 조직중 잔류를 예측할 수 있는 생체검사방법이 개발된다면 잔류방지의 유효한 대책이 될 수 있을 것이다.

최근 광우병파동, DOP파동, 닭고기에서의 살모넬라 오염 보도, 일본과 미국에서의 *E. coli* O157에 의한 식중독 사고 및 국내 쇠고기 내장에서 이 균의 오염 발표 등에 의하여 국내 축산은 전반적인 위기를 맞고 있으며 이에 따른 소비 감소 추세와 축산 농가와 관련 업체의 경제적인 손실은 어느 시기 보다도 막대한

실정이다. 따라서 UR협정의 타결로 각종의 축산식품의 수입 개방이 임박하여 생산비 절감과 위생적인 안전성 확보에 힘쓰면서 지속적인 소비 창출에 힘써야 할 것이다. 특히 국민의 식생활 양상이 동물성 식품에 대한 의존성이 증가하면서 위생적으로 처리된 고가의 식품을 선호할 것으로 예견되는 바 소비자의 성향에 부응하고 지속적으로 소비를 창출하기 위하여는 위생적인 생산, 처리, 가공 및 유통 체계가 확립되어야 할 것이다.

CODEX의 일반원칙분과위원회와 수출입검사 및 인증제도 분과위원회에서는 어육제품과 식육의 국제교역시에는 필수적으로 위해요소중점관리기준 (Hazard Analysis Critical Control Point: HACCP) 제도를 운용하는 도살장에서 생산된 고기만이 수출될 수 있다고 규정하고 있기 때문에 우리 나라의 돈육의 수출도 HACCP 제도를 수행하지 않는 도살장에서 생산된다면 앞으로 수출하기가 어려워질 것이다. 따라서 육가공 산업체의 경제적손실이 매우 커질것으로 예상된다.

설파메타진은 돼지에 있어서 위축성 비염의 예방과 치료에 효과가 있어 널리 사용되고 있었다. 그러나 이 약제는 실험동물에서 발암성이 있는 것으로 보고되어 잔류 검사의 주요 대상 약제가 되었다. 일본으로 수출한 돼지고기에서 이 약제가 잔류하여 국제적으로 물의를 일으키고 있다. 대일 수출 양돈가에 의하면 이 약제의 휴약기간에 해당하는 15일 이상 20여일간의 휴약기간을 준수하였는데도 약제가 잔류하여 반쯤되는 사례가 있었다. 본 연구진의 연구 결과에 의하면 설파메타진 투여 종료 후 5-7일 사이에 돈방 청소를 실시한 경우는 휴약 15일 후에 조직중 잔류량이 허용기준인 0.1 ppm 이하로 감소하지만 돈방 청소를 실시하지 않은 경우는 휴약 21일까지도 허용기준 이상의 높은 농도로 조직중에 잔류량이 증명되어 분변을 통하여 재순환됨을 알 수 있었다. 해외에서의 연구 결과를 종합하면 설파메타진을 주사한 병돈과 투약하지 않은 건강 돈을 동일 돈방에 합사할 경우 병돈의 배설물을 통하여 배설된 약제가 건강돈에 흡수되어 조직중 잔류를 일킬 수 있음이 확인되어 있다. 따라서 후기 사료로 바꿀 경우 사료 저장용기와 급이가 등의 청소를 철저히 시행할 것을 권장하고 있다. 본 연구진의 미발표 연구에 의하면 설파메타진을 첨가한 사료를 조제한 다음 약제가 첨가되지 않은 사료를 제조하였을 때 비첨가 사료의 세 번째 Batch에서도 이 약제가 오염되어 있음을 알 수 있었다. 그러나 그 정도로 오염되어 있을 때 조직중의 잔류에 문제를 일으키는지에 대하여는 연구한 바 없다. 이상의 사실들로 미루어 볼 때 사료 생산 공정이 조직중의 약제 잔류에 영향을 미칠 수 있음을 예측케 한다.

국내외적으로 유해물질 잔류조사는 도축장이나 유통과정에서 실시하는 사후 검사제도를 택하고 있다. 우리 나라에 있어서 사후검사제도는 잔류 양상과 정도를 파악하는 것외에는 잔류방지 수립에 도움을 주지 못하고 있다. 선진 외국의 경우 사후 검사제도를 선택하더라도 문제시된 양축장을 추적하여 그 원인을 규

명하고 추후 잔류가 재발하지 않도록 지도, 감독한다. 이러한 제도적 장치가 미비한 국내의 실정으로는 출하전 혹은 도축전에 혈액 등의 체액을 이용하여 조직중의 잔류를 예측할 수 있는 기법을 도입하면 유용할 것이다. 미국이나 캐나다의 경우 STOP test나 LAST test 등의 bioassay 기법을 개발하여 양축 농가에서 활용할 수 있도록 하고 있다. 이 방법은 시간이 오래 걸리고 결과가 반정량적이기 때문에 스크리닝기법으로 활용 가능하다. 본 연구진은 이미 돼지의 혈액을 사용하여 설파메타진의 조직중 잔류를 예측할 수 있는 ELISA법을 개발하여 도축장에서의 실용화 연구에 착수하고 있다. 가축에 다양한 약제가 사용되고 있기 때문에 이들 약제에 대한 광범위한 생체검사기법의 개발이 요구되고 있다.

향후 HACCP제도의 시행은 수출을 위한 도축 및 육가공업자 뿐만 아니라 국내 수급용 생산업자에게도 적용될 것이다. 현재 미국, 호주 등도 수출용 생산업자에게 적용을 하고 있으나, 세계무역기구 위생 및 식물위생 조치의 적용에 관한 협정 (Agreement on the Application of Sanitary and Phytosanitary Measure: SPS협정)의 동등성 (Equivalence) 조항에 의하면 식품제조에 있어서 내수용 또는 수출용을 막론하고 동일한 기준·규격이 적용되어야 한다고 명시되어 있기 때문이다.

생산비 절감 및 생산성 향상과 더불어 고품질의 수출용 돈육 생산 및 공급은 우리나라 축산업이 당면하고 있는 지상 과제로서, 특히 유해물질 잔류 방지 대책은 시급히 해결되어야 할 문제이다. 국내에서는 NRP계획에 의하여 도축장에서 항생항균제의 잔류조사를 실시하고 있으며 금년부터는 농약류에 대한 잔류조사가 추가 실시될 예정이다. 이와 같은 사후검사 체계로는 잔류방지에 도움이 되지 않을 뿐더러 문제시되는 약제가 도출되면 집중 감시에 의하여 이 약의 사용을 억제하는 소극적인 대응책이 나올 가능성이 크다. 실제로 설파메타진은 값이 저렴하고 효과가 우수할 뿐만 아니라 다양한 약제와 혼용이 가능한 좋은 약제임에도 불구하고 국내에서는 이 약제의 사용을 기피하고 있다. 보다 적극적인 잔류방지 대책은 내성균의 발현을 최소화하고 생체검사법을 개발하므로써 약제 선택의 폭을 넓혀 생산성 향상에 기여할 수 있는 기법이 도입되어야 할 것이다.

장기적으로는 양질의 균형잡힌 사료 개발, 사양 방법 및 환경 개선을 통하여 내병성을 높여 꼭 필요한 경우에만 첨가사용하고 질병의 예방에 주력하므로써 치료용 항균제의 사용도 절제하는 방향으로 질병관리 체계가 수립되어야 할 것이다. 사양 여건의 개선에 의하여 항균성 물질에 대한 의존도가 어느 정도 감소되면 사료 첨가용 면역증강제의 개발 및 사료에 기인한 미생물의 증식 억제용 유기산 제제 등의 사용을 확대해 나갈 수 있을 것이다.

나. 연구개발의 내용 및 범위

본 연구에서 사용한 ELISA키트는 단 시간내에 다수의 시료를 검사할 수 있는

신속, 정확 (반정량적), 간편한 키트를 사용하였다. 본 연구에서는 우선 ELISA 키트의 각 항균성물질에 대한 검출감도를 조사하기 위하여 각 항균성물질의 표준 용액을 사용하여 표준곡선을 작성하여 각 항균성 물질에 대한 검출감도를 조사하였다. 그리고 돼지에 대한 항균성물질의 생체검사법을 개발하기 위하여 휴약기간이 명확히 설정되어 있는 penicillin계 항생물질 중에서 penicillin G, ampicillin과 amoxicillin을, tetracycline계 항생물질 중에는 oxytetracycline, chlortetracycline, tetracycline 및 doxycycline을 그리고 설파제 중에는 sulfadimethoxine과 sulfamonomethoxine을 각각 최대 권장용량 씩 돼지에 투여하였다. 각각의 동물에서 투약 전 (무투약 대조군)과 휴약기간 중에 혈액을 채취하여 각 항균성물질의 혈중 농도 변화를 ELISA법으로 측정하였다. 각 항균성물질의 검출감도, 투약 전 채혈한 혈액의 흡광도치 그리고 투약한 가축에서의 항균성물질 혈중 농도의 휴약기간중 변동 추이 조사 결과를 바탕으로 항균성물질 잔류 음성과 양성 판정을 내릴 수 있는 기준 표준용액의 농도를 결정하였다. 즉, 휴약기간 종료시점에서의 혈중 농도를 기준으로하여 이 농도와 가장 근접한 농도를 기준표준액 농도로 정하였다. 야외에서 혈액을 채취하여 본 연구에서 개발한 방법에 준하여 항균성물질의 혈중농도를 측정할 경우 이 기준표준액 보다 높을 때는 양성, 낮을 때는 음성으로 판정할 수 있게 하였다. 필요한 경우 혈장의 희석 배수를 달리하여 시료로 사용하였다. 위의 기준 표준용액의 농도는 검출감도 이상이면서, 무투약 대조군의 혈액과 휴약기간 만료 후에 채혈한 혈액에서 양성 반응을 보이지 않을 정도로 충분히 높은 농도가 되게 하였고, 가능한 한 휴약기간 종료 일자에 근접한 혈액 시료에서 투여한 항균성 물질이 검출될 수 있도록 가능한 한 낮은 농도로 정하였다. 본 실험에서 사용한 측정용 키트는 신속, 정확하게 반정량할 수 있으면서 항균성물질을 계열별로도 측정 가능하며 분석에 소요되는 비용도 저렴한 ELISA (LacTek 및 IDS) Kit를 사용하였다.

2. 재료 및 방법

미국의 통계에 의하면 식품위생 분야에서 유해물질의 잔류에 기인한 위해성은 4%에 지나지 않는다고 한다. 지난번 우유중 DOP잔류 사건, Dioxin 오염사건 등에서 보듯이 소비자는 그 위해성에 비하여 과잉 반응을 보이는 것이 우리의 현실이다. 이제까지의 유해물질 잔류검사 제도는 사후 검사제도로써 도축 후 검사 결과를 얻었을 때에는 이미 유통 중이거나 소비된 후이어서 축산식품의 안전성 확보에 기여하지 못하는 실정이다. 뿐만 아니라 유해물질로 오염되어 있는 양돈장을 추적할 수 없어 그 원인을 구명함으로써 추후 잔류를 예방할 수 있는 대책을 수립하는데에도 기여하지 못하는 제도이다. 따라서 도축전에 혈액 등의 체

액을 사용하여 잔류 조사를 실시하여 조직중의 잔류량을 예측할 수 있는 기법을 개발하는 것이 시급히 요청되고 있다. 이 검사에 의하여 허용 농도 이상으로 잔류할 것으로 예견되는 돼지의 도축을 보류 혹은 거부한 한다면 안전성이 확보된 돼지 고기를 유통시킬 수 있을 뿐만 아니라 양축농가를 추적하여 잔류 원인을 구명할 수 있을 것이다. 따라서 본 연구에서는 사전검사제도를 국내에 도입하기 위하여 생축을 대상으로 잔류검사를 실시할 수 있는 기법 (생체검사법)을 개발하기 위하여 다음과 같이 실험하였다.

가. 실험동물

본 연구의 생체검사법 개발에는 경기 이천의 애농원에서 사육하는 체중 60 kg 내외의 성돈을 사용하였다. 돼지는 항균성물질이 첨가되지 않은 사료로 사육하였으며 기타 사양조건은 현장의 평소 조건을 그대로 적용하였다.

나. 시험약제

본 연구에 사용한 생체검사법 개발 대상 약제는 β -lactam계 항생제 중에서 penicillin류에 속하는 약제 3종 (ampicillin, amoxicillin 및 penicillin G), tetracycline계 항생제중에서 4종 (Oxytetracycline, chlortetracycline, tetracycline, doxycycline) 그리고 합성항균제에 속하는 설파제 중에서 2종 (sulfadimethoxine 및 sulfamomomethoxine)을 선정하였다.

다. 약제의 투여 및 혈액시료의 채취

생체검사법 개발 대상인 약제는 다음과 같이 투여한 다음 투약전과 최종 투약 후 휴약기간 중에 혈액을 채혈하였다. 혈액은 항응고제가 처리된 vacutainer로 채취하여 실험실에 운반한 후 곧 혈장을 분리하여 냉동 보관하면서 혈중 약제농도 분석에 사용하였다.

Amoxicillin에 대한 생체검사법 개발 : 성돈 20두를 대상으로 amoxicillin (Pfizer, Clamoxyl L.A., 휴약기간 14일)을 체중 kg당 15 mg씩 4회에 걸쳐 근육주사한 다음 투약 전과 최종 투여 1일, 2일, 4일, 6일, 8일, 11일 및 휴약기간 만료 시점인 14일째에 채혈하였다.

Ampicillin에 대한 생체검사법 개발 : 성돈 20두를 대상으로 ampicillin (바이엘 코리아, 비노탈주사, 휴약기간 7일)을 체중 kg당 5 mg씩 4회에 걸쳐 근육주사

한 다음 투약 전과 최종 투여 1일, 2일, 4일, 6일 그리고 휴약기간 만료시점 후인 8 및 11일째에 채혈하였다.

Penicillin에 대한 생체검사법 개발 : 성돈 20두를 대상으로 penicillin (녹십자수의약품, 페니실린주, 본제 ml당 procaine penicillin G 및 penicillin G sodium 각 30만 및 10만 단위 함유, 휴약기간 7일)을 체중 kg당 4,000단위씩 4회에 걸쳐 근육주사한 다음 투약 전과 최종 투여 1일, 2일, 4일, 6일 그리고 휴약기간 만료시점 후인 8 및 11일째에 채혈하였다.

Oxytetracycline에 대한 생체검사법 개발 : 성돈 15두를 대상으로 oxytetracycline HCl (Pfizer, Terramycin Injectable Solution, 50 mg/ml, 휴약기간 10일)을 체중 kg 당 10 mg씩 1일 1회 5일간 근육주사한 다음 투약 전과 최종 투여 1일, 2일, 4일, 6일, 8일 그리고 휴약기간 만료시점인 10일째에 채혈하였다.

Chlortetracycline에 대한 생체검사법 개발 : 성돈 15두를 대상으로 chlortetracycline HCl (유한양행, 오로확 B, 110 g/kg, 휴약기간 5일)을 사료 kg당 1.1 g씩을 사료에 혼합하여 5일간 경구투여한 다음 투약전과 최종 투약 후 1, 2, 3, 4 및 휴약기간 만료시점인 5일째에 채혈하였다

Tetracycline에 대한 생체검사법 개발 : 성돈 15두를 대상으로 tetracycline HCl (대성미생물, 티마이신, 60 g/kg, 휴약기간 5일)을 음수 10 l당 1.0 g을 용해하여 5일에 걸쳐 음수투여 한 다음 투약전과 최종 투약 후 1, 2, 3, 4 및 휴약기간 만료시점인 5일째에 채혈하였다

Doxycycline에 대한 생체검사법 개발: Doxycycline monohydrate (Cenavisa S/A, Spain, 200 mg/ml, 휴약기간 20일)을 10두의 70 kg 내외의 돼지에 체중 kg당 20 mg씩을 3일간 근육주사한 다음 투약전과 투약 후 1, 2, 3, 7, 10, 14 및 휴약만료시점인 20일째에 채혈하였다.

Sulfamonomethoxine에 대한 생체검사법 개발: Sulfamonomethoxine Na (모노설파-200주, 과학사료, 200 mg/ml, 휴약기간 5일)을 20두의 70 kg 내외의 돼지에 첫날은 10 ml씩 그리고 익일부터는 5 ml씩을 3일간 근육주사한 다음 투약전, 투약 후 1, 2, 3, 4 및 5일째에 채혈하였다.

Sulfadimethoxine에 대한 생체검사법 개발: Sulfadimethoxine Na (메톡신-40 주사제, 녹십자수의약품, 400 mg/ml, 휴약기간 14일)을 체중 70 kg 내외의 돼지 20두에 개체 당 10 ml씩을 주사한 투약전, 투약 후 1, 2, 3, 4, 5 및 6일까지 채혈하였다.

라. 혈중 약제 농도의 측정법

1) 형광면역측정법

가) 형광면역측정법의 원리

이 분석법은 항원성물질에 대한 항체 (다클론 혹은 단클론)와 해당 항원성물질 (항원)이 특이적으로 결합하는 원리를 이용한 면역측정법이다. 즉 형광물질을 표지한 항체에 대하여 고상에 부착한 항원과 시료중의 항원을 경쟁적으로 반응시킬 때 시료중에 항원성물질이 이것이 많으면 보다 많은 양의 항체와 결합하여 고상에 부착시킨 항원과 결합하는 항체의 양이 감소할 것이다. 이때 항원과 결합한 형광물질 표지 항체의 양을 형광광도계로 측정하고 그 형광 광도를 항원성물질 기준 표준액의 것과 비교한다.

나) 시약 및 시험기구

항원을 흡착시킨 모세관 ; 실리콘 처리 보로실리케이트 모세관 (Drumont Scientific사, 길이 4 cm내외, 내경 0.65 mm, 외경 1 mm 혹은 이와 동등한 것)에 다음과 같은 방법으로 항원을 흡착시킨 것. 즉, 측정하고자 하는 항원성물질에 BSA 등의 단백질을 접합시켜 정제한 흡착용 항원을 PBS에 단백질량으로 20-40 $\mu\text{g/ml}$ 되게 녹여 모세관에 흡입시켜 4~7°C에서 30분에서 1시간 동안 반응시킨다. 이후 아스피레이타를 사용하여 증류수로 세척하고 공기를 관류하여 건조시킨다. 여기에 Proclin과 BSA가 각각 0.05% 및 0.1%되게 들어있는 PBS완충액 (pH 7.2)을 모세관에 흡입시켜 1시간 동안 반응시킨 다음 증류수로 세척하고 공기를 관류하여 건조시킨다. 이 모세관은 어두운 곳에서 건조한 상태로 보존한다.

형광표지 항체 ; 항체에 적절한 방법으로 형광물질 (Cy-5 혹은 이와 동등한 것)을 표지한 것. 이것 일정량을 3)의 반응 용기에 취하고 냉동 건조한다.

반응 용기 ; 마이크로타이타 플레이트의 웰 혹은 비슷한 용적을 가진 용기
진동교반기

아스피레이타

마이크로프로세서가 내장된 형광광도계 및 기록계 ; 레이저광선 여기 장치가 부착된 것

혈청 (장) 희석액 (20 mM PBS, pH 6.0 ± 0.2) ; 2.5 g의 potassium phosphate monobasic과 0.28 g의 potassium phosphate dibasic을 증류수에 녹여 1 l되게 하고 1 M NaOH나 HCl로 pH를 조절하여 사용한다.

기준 표준액 ; 각 항원성물질의 휴약 종료일의 혈중 농도와 상응하는 농도의 표준액, 단 형광광도계에 마이크로프로세서가 내장되어 있는 경우 기준 표준액은 필요없음

다) 시험방법

혈청 (혹은 혈장)을 측정하고자 하는 항원성물질의 종류와 동물의 종류에 따

라서 혈청 희석액으로 5~200배 희석한다. 희석 시료를 형광표지 항체가 들어 있는 플레이트의 웰에 가하고 진동 교반기로 10초간 섞어 준 다음 아스피레이타를 사용하여 항원이 흡착되어 있는 모세관에 흡입하여 2분간 반응시킨다. 증류수를 관류시켜 모세관을 세척한 다음 공기를 관류하여 건조시킨다. 고상에 흡착된 항원과 결합한 형광표지 항체의 형광강도를 레이저광선 여기 장치가 부착된 형광광도계로 측정한다.

라) 판정

기준 표준액에 대하여 위와 같은 방법으로 시험하여 시료중의 잔류량이 기준 표준액의 농도 보다 높은 농도일 때 1차 양성으로 판정한다. 단, 형광광도계의 마이크로프로세서에 기준표준액의 형광강도를 내장시켜 이것 보다 높은 것은 양성으로 판정할 수도 있다. 1차 양성인 시료는 위에서와 동일한 방법으로 재시험하여 음성으로 판정될 경우 음성으로 확정하고 양성으로 판정될 경우 양성으로 확정한다.

2) 효소면역측정법 I (LacTek Kit)

가) 효소면역측정법의 원리

이 분석법은 항균성물질에 대한 항체 (다클론 혹은 단클론)와 해당 항균성물질 (항원)이 특이적으로 결합하는 원리를 이용한 면역측정법이다. 즉 고상에 부착시킨 항체에 대하여 시료중의 항원과 효소를 표지한 항원을 경쟁적으로 반응시킬 때 시료중에 항균성물질이 많으면 이것이 많은 양의 항체와 결합하여 고상에 부착시킨 항체와 결합하는 효소표지 항원의 양이 감소할 것이다. 여기에 효소에 대한 기질을 가하여 발색시킨 다음 발색 정도를 분광광도계로 측정하고 그 흡광도를 항균성물질 기준 표준액의 것과 비교한다.

나) 시약 및 시험기구

항체를 흡착시킨 시험관 ; 폴리스티렌 재질의 10 ml용 시험관, 혹은 이와 등등한 것에 항체를 흡착시킨 것

냉동 건조한 기준 표준액 ; 희석 용액에 녹였을 때 각 항균성물질의 농도가 휴약 종료일의 혈중 농도와 상응하는 농도의 표준액

표준품 희석액 ; PBS 완충액

냉동 건조한 효소 표지 항균성 물질 ; 항균성물질에 HRP를 적절한 방법으로 접합시켜 정제한 후 냉동 건조한 것

효소 표지 항균성물질 희석액 ; PBS 완충액

발색제 ; ABTS와 과산화수소수를 구연산 완충액에 녹인 것.

발색 정지액 ; 1% SDS액
 세척액 ; 0.02%되게 Tween 20을 생리적 식염수에 녹인 것
 혈청 (장) 회석액 (20 mM PBS, pH 6.0±0.2) ; 2.5 g의 potassium phosphate monobasic과 0.28 g의 potassium phosphate dibasic을 증류수에 녹여 1 l되게 하고 1 M NaOH나 HCl로 pH를 조절하여 사용한다.
 자동피펫 및 피펫팁 ; 10~250 ml용
 교반기
 분주기
 아스피레이타 혹은 JetWasher
 분광광도계 및 기록계

다) 시험방법

혈청 (혹은 혈장)을 측정하고자 하는 항원성물질의 종류와 동물의 종류에 따라서 혈청 회석액으로 5~200배 희석한다. 회석액에 녹인 기준 표준액과 회석액으로 희석한 시료 각 250 ml씩을 항체가 흡착되어 있는 시험관에 취하고 즉시 효소 표지 항원 250 ml씩을 가하여 3분간 교반기로 격렬히 교반하면서 실온에서 반응시킨다. JetWasher를 사용하여 세척액으로 시험관의 반응액을 씻어내고 (혹은 아스피레이타를 사용하여 반응액을 제거하고 여기에 충분한 용량의 세척액을 가하여 반복 씻어 준 다음) 시험관을 뒤집어 잔류물을 제거한다. 여기에 발색제 500 ml씩을 가하여 실온에서 3분간 반응시킨 다음 발색 정지액 500 ml씩을 가하여 섞고 즉시 분광광도계로 흡광도를 측정한다.

라) 판정

기준 표준액의 흡광도와 비교하여 시료중의 잔류 농도가 높을 경우 1차 양성으로 판정한다. 1차 양성인 시료는 위에서와 동일한 방법으로 재시험하여 음성으로 판정될 경우 음성으로 확정하고 양성으로 판정될 경우 양성으로 확정한다.

3) 효소면역측정법 2 (International Diagnostic System, IDS)

가) 검사의 원리

Microtiter well에 항균제에 대한 항체를 흡착시키고 효소를 접합시킨 항균제 (항원)을 반응시킨다. 여기에 시료 혹은 표준액 (항원)을 가하여 효소를 접합시킨 항균제와 흡착시킨 항체 간에 경쟁적 반응을 유도한다. 이후 효소에 대한 기질을 가하여 반응시켜 발생을 유도한다.

나) 검사 방법

냉동건조된 표준혈청에 혈청회석액 1 ml을 가하여 잘 녹이고 1시간 동안 실온에 방치하였다가 10회 정도 잘 섞어 기준 표준액으로 사용한다 (10 Ppb). 냉동건조시킨 항원-효소접합체에 효소회석액 12 ml을 가하여 1시간 정도 방치한 후, 10회 정도 흔들어 섞어준다.

혈청 100 μ l와 표준혈청 (음성대조) 100 μ l에 시료 (표준액)회석액 2 ml을 각각 가하여 잘 혼합한다 (21배 회석). 위에서 제조한 표준혈청 (음성대조), 농도별로 제조한 항균제 표준액, 회석 혈청·시료 100 μ l씩을 microtiter well에 분주한다. 여기에 항원-효소접합체액 100 μ l씩을 다시 분주한 다음 잘 섞은 후, 3-4회 정도 흔들어 주면서 10분간 실온에서 반응시킨다. 이후 well내의 용액을 제거하고 세척액으로 3-4회 세척하고 여분의 물기는 마지막 세척 후 휴지를 이용하여 제거한다.

여기에 기질용액 100 μ l를 첨가하여 잘 섞어 주면서 실온에서 5-10분간 반응시킨 다음 반응정지액을 가하여 반응을 정지시키고 즉시 450 nm에서 흡광도를 측정하여 표준곡선을 작성하고 (항균제 표준액을 사용한 경우), 시료의 흡광도를 이용하여 표준곡선에서 혈중 농도를 산출한다.

다) 생체검사 개발 이후의 결과 해석

흡광도가 기준표준액의 흡고아도 보다 낮으면 양성, 높으면 음성으로 판정한다. 음성대조혈청의 흡광도가 1.700-2.500사이이면 실험 결과가 신뢰성이 있는 것으로 판정한다.

마. 각 약제에 대한 표준곡선의 작성 및 검출감도 조사

각 약제에 대한 검출감도를 조사하기 위하여 시험약제 표준액을 농도별로 혈장에 첨가하여 표준곡선을 작성하였다. 즉,

1) Penicillin계 약제에 대한 표준곡선 작성

Penicillin G, amoxicillin 및 ampicillin 표준액을 최종농도가 각각 1, 2, 5 및 10 ppb되게 혈장중에 첨가하여 표준액 시료를 조제하였다. 이 표준액을 시료로하여 LacTek kit를 사용하여 ELISA를 실시하여 흡광도를 측정, 표준곡선을 작성하였다. 각 표준곡선에서 각 약제의 검출감도를 추정하였다.

2) Tetracycline계 약제에 대한 표준곡선 작성

Tetracycline, oxytetracycline, chlortetracycline 및 doxycycline 표준액을 최종농도

가 각각 1, 10, 50, 100 및 500 ppb되게 혈장중에 첨가하여 표준액 시료를 조제하였다. 이 표준액을 시료로하여 LacTek kit를 사용하여 ELISA를 실시하여 흡광도를 측정, 표준곡선을 작성하였다. 각 표준곡선에서 각 약제의 검출감도를 추정하였다.

3) 설파제에 대한 표준곡선 작성

Sulfamonomethoxine, sulfadimethoxine 및 sulfamerazine 표준액을 최종농도가 각각 1, 10, 25 100, 250 및 1000 ppb되게 혈장중에 첨가하여 표준액 시료를 조제하였다. 이 표준액을 시료로하여 IDS kit를 사용하여 ELISA를 실시하여 흡광도를 측정, 표준곡선을 작성하였다. 각 표준곡선에서 각 약제의 검출감도를 추정하였다.

3. 결과 및 고찰

가. Penicillin계 항생제에 대한 생체검사법 개발

1) Penicillin, ampicillin 및 amoxicillin에 대한 표준곡선 작성 및 검출감도 조사

Penicillin, ampicillin 및 amoxicillin에 대한 검출감도를 알아 보기 위하여 표준곡선을 작성하였던 바 그림 3-3-1에서와 같은 결과를 얻었다. 이들 약제의 검출감도는 약간 다르나 모두 1 ppb 수준까지 검출 가능하였다. 5 ppb 이하의 낮은 농도를 기준으로 할 때 penicillin과 ampicillin의 검출감도가 amoxicillin에 비하여 높았다.

2) Amoxicillin에 대한 생체검사법 개발

우선 페니실린으로 4 ppb에 해당하는 농도를 임시 기준표준액 농도로 하여 실험동물 20두의 평균 혈중 농도 변화 추이를 조사하였던 바 그림 3-3-2에서와 같고 개체별 혈중 농도 변화를 조사하였던 바 표 3-3-1에서와 같다. 평균적으로 휴약 8일 이후는 4 ppb 이하로 혈중 농도가 감소하여 음성 반응을 보였다. 그러나 개체별로는 휴약 11일까지 양성 반응을 보이는 것도 있었다. 무투약 대조구 60두에서는 모두 음성 반응을 보였다.

3) Ampicillin에 대한 생체검사법 개발

우선 페니실린으로 4 ppb에 해당하는 농도를 임시 기준표준액 농도로 하여 실험동물 20두의 개체별 혈중 농도 변화를 조사하였던 바 표 3-3-2에서와 같은

결과를 얻었다. 개체에 따라서 휴약 4일 부터는 혈중 농가 4 ppb 이하로 감소하였다. 무투약 대조구 60두에 대하여 조사하였던 바 모두 4 ppb이하로 음성 반응을 보였다.

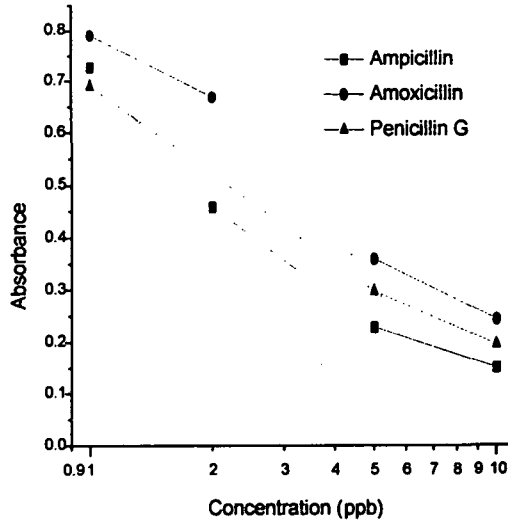


그림 3-3-1. Saline 내 β -lactams의 표준 곡선

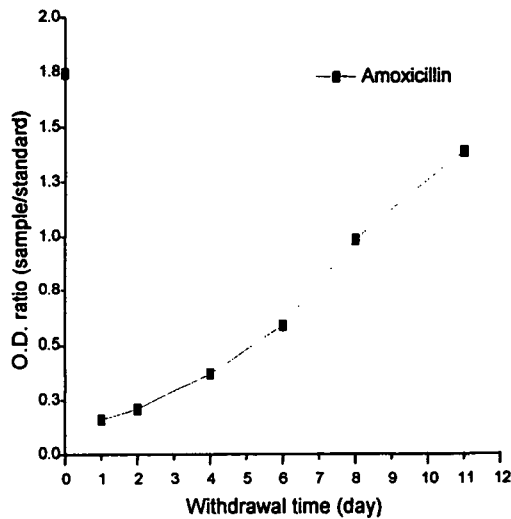


그림 3-3-2. 돼지 혈청 내 amoxicillin의 농도변화

표 3-3-1. 돼지 개체별 혈중 amoxicillin의 농도 변화

잔류검사 결과		휴약기간 (일)							
		- 5	1	2	4	6	8	11	14
Amoxicillin	양성반응 수	0	20	20	20	20	11	1	0
	음성반응 수	60	0	0	0	0	9	19	20

기준 표준액 농도: penicillin G 4 ppb

표 3-3-2. 돼지 개체별 혈중 ampicillin의 농도 변화

잔류검사 결과		휴약기간 (일)						
		- 5	1	2	4	6	8	11
Ampicillin	양성반응 수	0	8	4	0	0	0	0
	음성반응 수	60	12	16	20	20	20	20

기준 표준액 농도: penicillin G 4 ppb

4) Penicillin G에 대한 생체검사법 개발

우선 페니실린으로 4 ppb에 해당하는 농도를 임시 기준표준액 농도로 하여 실험동물 20두의 개체별 혈중 농도 변화를 조사하였던 바 표 3-3-3에서와 같은 결과를 얻었다. 개체에 따라서 휴약 4일 부터는 혈중 농도가 4 ppb 이하로 감소하였다. 무투약 대조구 60두에 대하여 조사하였던 바 모두 4 ppb이하로 음성 반응을 보였다.

표 3-3-3. 돼지 개체별 혈중 penicillin의 농도변화

잔류검사 결과		휴약기간 (일)						
		- 5	1	2	4	6	8	11
Penicillin	양성반응 수	0	7	4	2	0	0	0
	음성반응 수	60	13	16	18	20	20	20

기준 표준액 농도: penicillin G 4 ppb

5) 기준 표준액 농도의 조정에 의한 검출율 증가 및 검출기간 연장 연구

이상의 실험에서 페니실린으로 4 ppb에 해당하는 농도를 임시 기준표준액 농도로 사용하여 페니실린, 앰피실린 및 아목시실린에 대한 생체검사법을 개발하였다. 휴약기간이 14일인 아목시실린의 경우 휴약 11까지 혈액에서의 검출이 가능하였으나 휴약기간이 7일인 페니실린과 앰피실린의 경우 휴약 2~4일까지만 검

출되어 검출기간을 연장하기 위하여 기준 표준액의 농도를 2 ppb로 낮추어 재실험하였다. 그 결과 무투약대조구 40두에 대하여 조사하였던 바 10두에서 의양성을 보여 기준 표준액 농도를 낮추면 약제를 투약하지 않은 돼지에서 의양성 반응을 보이기 때문에 기준 농도를 낮출 수 없다는 결론을 얻었다. 따라서 기준 표준액 농도를 4 ppb로 정하였다.

나. Tetracycline계 항생제에 대한 생체검사법 개발

1) Oxytetracycline, chlortetracycline, tetracycline 및 doxycycline에 대한 표준곡선 및 검출감도

Oxytetracycline, chlortetracycline 및 tetracycline에 대한 검출감도를 알아보기 위하여 표준곡선을 작성하였던 바 그림 3-3-3에서와 같은 결과를 얻었다. Oxytetracycline, chlortetracycline 및 tetracycline의 검출감도는 약간 다르나 각각 10 ppb, 100 ppb, 50 ppb 수준까지 검출 가능하였다. 10 ppb 이하의 낮은 농도를 기준으로 할 때 oxytetracycline과 tetracycline의 검출감도가 chlor-tetracycline에 비하여 높았다. 따라서 투약 시험 결과 저 농도의 기준표준액 농도를 사용하는 것이 요구되면 검출감도가 높은 약제를 사용하는 것이 좋을 것으로 판단된다.

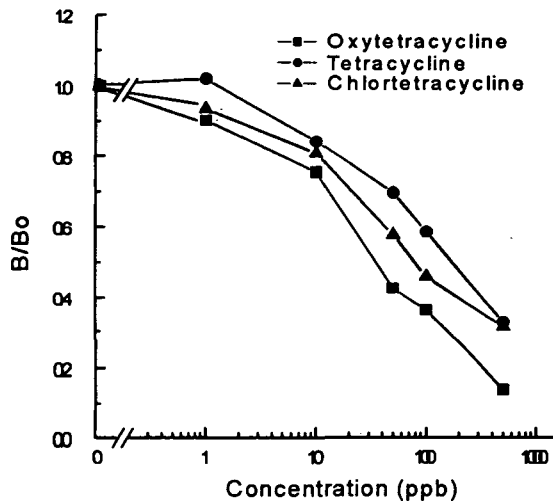


그림 3-3-3. Tetracyclines의 표준곡선

독시사이클린 표준품을 1, 10, 50, 100 및 500 ppb되게 만든 다음 LacTek TC 키트를 이용하여 표준곡선을 작성하였던 바 농도 의존적으로 흡광도가 변하였으며 검출감도는 100 ppb 이하인 것으로 나타났다 (그림 3-3-4).

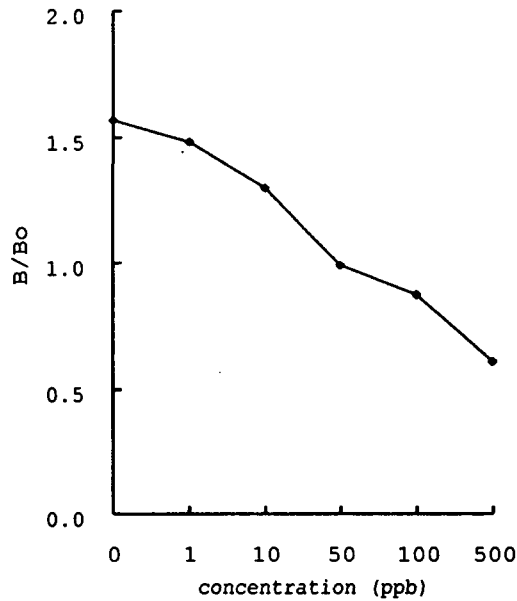


그림 3-3-4. Doxycycline의 표준곡선

2) Oxytetracycline에 대한 생체검사법 개발

성돈 15두를 대상으로 oxytetracycline (Pfizer, Terramycin Inj. Solution, 휴약기간 10일)을 체중 10 kg당 2.0 ml씩 1일 1회씩 5회에 걸쳐 근육 주사한 다음 휴약기간까지 경시별로 채혈하여 약제의 농도 변화를 조사하였다. 우선 oxytetracycline 10 ppb 농도를 임시 기준표준액 농도로 하여 실험동물 15두의 평균 혈중 농도 변화 추이를 조사하였던 바 그림 3-3-5에서와 같고 개체별 혈중 농도 변화를 조사하였던 바 표 3-3-4에서와 같다. 평균적으로 휴약 8일 이후는 10 ppb 이하로 혈중 농도가 감소하여 음성 반응을 보였다. 그러나 개체별로는 휴약 8일까지 양성 반응을 보이는 것도 있었다. 그러나 무투약 대조구 45두에 대하여 조사하였던 바 모두 10 ppb이하로 음성 반응을 보였다.

표 3-3-4. 돼지 개체별 oxytetracycline의 농도변화

잔류 시험결과		휴약기간 (일)						
		-5	1	2	4	6	8	10
Oxytetracycline	양성반응 수	0	15	15	14	8	7	0
	음성반응 수	45	0	0	1	7	8	15

기준 표준액 농도: 10 ppb.

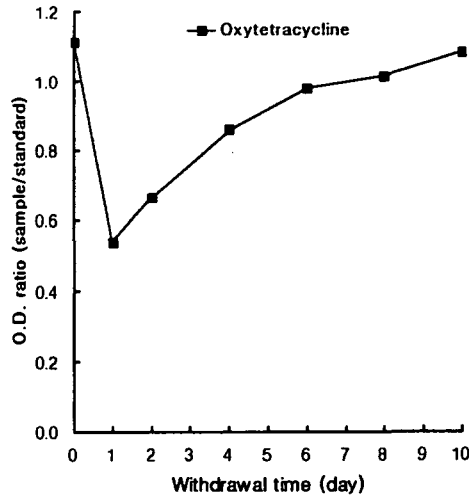


그림 3-3-5. 돼지 혈중 Oxytetracycline의 농도 변화곡선

3) Chlortetracycline에 대한 생체검사법 개발

성돈 15두를 대상으로 chlortetracycline (유한양행, 오로확-B, 휴약기간 5일)을 사료 kg당 1.1 g을 혼합하여 5일에 걸쳐 경구투여 한 다음 휴약기간 다음날까지 경시별로 채혈하여 약제의 농도 변화를 조사하였다. 우선 chlortetracycline 100 ppb 농도를 임시 기준표준액 농도로 하여 실험동물 15두의 평균 혈중 농도 변화 추이를 조사하였던 바 그림 3-3-6에서와 같고 개체별 혈중 농도 변화를 조사하였던 바 표 3-3-5에서와 같은 결과를 얻었다. 개체에 따라서 휴약 2일 부터는 혈중 농도가 100 ppb 이하로 감소하였다. 무투약 대조구 45두에 대하여 조사하였던 바 모두 100 ppb이하로 음성 반응을 보였다. 그러나 무투약 대조구 45두에 대하여 조사하였던 바 모두 10 ppb이하로 음성 반응을 보였다.

표 3-3-5. 돼지 개체별 혈중 chlortetracycline의 농도변화

잔류 검사 결과		휴약기간 (일)					
		-5	1	2	3	4	5
Chlortetracycline	양성반응 수	0	15	4	2	2	0
	음성반응 수	45	0	11	13	13	15

기준 표준액 농도: 100 ppb.

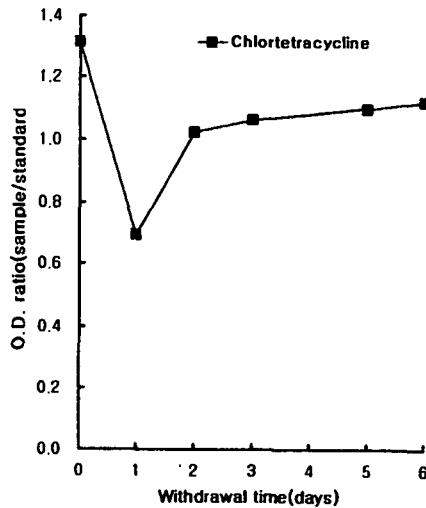


그림 3-3-6. 돼지 혈중 chlortetracycline의 농도변화 곡선

4) Tetracycline에 대한 생체검사법 개발

성돈 15두를 대상으로 tetracycline (대성미생물, 티마이신, 휴약기간 5일)을 음수 10 kg 당 1.0 g을 용해하여 5일에 걸쳐 음수투여 한 다음 휴약기간 다음날까지 경시별로 채혈하여 약제의 농도 변화를 조사하였다. 우선 실험동물 15두의 평균 혈중 농도 변화 추

이를 조사한 결과는 그림 3-3-7에서와 같고 개체별 혈중 농도 변화 추이를 조사하였던 바 표 3-3-6에서와 같은 결과를 얻었다. 개체별로 휴약 3까지 검출가능하였다.

표 3-3-6. 돼지 개체별 혈중 tetracycline의 농도변화

잔류 검사 결과		휴약기간 (일)					
		-5	1	2	3	4	5
Tetracycline	양성반응 수	0	15	6	1	0	0
	음성반응 수	45	0	9	14	15	15

기준 표준액 농도: 100 ppb.

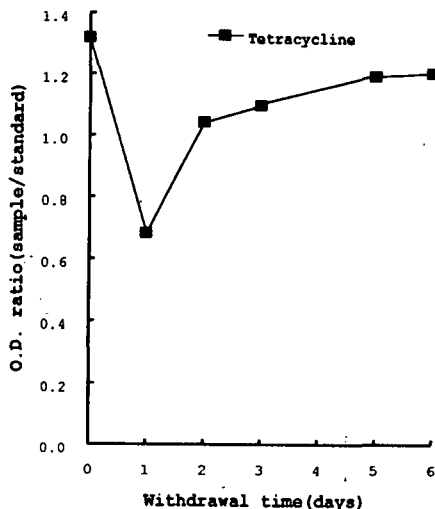


그림 3-3-7. 돼지 혈중 tetracycline 농도변화 곡선

5) 독시사이클린에 대한 생체검사법 개발

독시사이클린 (doxycycline monohydrate, Cenavisa S/A, Spain, 200 mg/ml, 휴약 기간 20일)을 10두의 70 kg 내외의 돼지에 체중 kg당 20 mg씩을 3일간 근육주사한 다음 투약전 투약 후 1, 2, 3, 7, 10, 14 및 20일에 채혈하여 LacTek TC 키트로 혈중 농도를 조사하였다 (표 3-3-7). 그 결과 음성/양성 기준표준액 농도를 50 ppb로 하였을 때 무투약 대조군에서 10두 중 1두가 투약군에서는 휴약 20일까지 10두중 9두가 양성 반응을 보였다. 기준표준액 농도를 100 ppb하였을 때 무투약 대조군과 휴약 20일째에서 모두 음성 반응을 보여 기준 표준액 농도를 100 ppb로 설정하였다. 그러나 투약군중에서 1마리에서는 휴약기간 중 내내 음성반응을 보였다.

표 3-3-7. 돼지 개체별 혈중 doxycycline의 농도변화

잔류 검사 결과	휴약기간 (일)							
	-5	1	2	3	7	10	14	20
Doxycycline 양성반응 수	0	9	9	9	9	9	4	0
음성반응 수	10	1	1	1	1	1	6	10

기준 표준액 농도: 50 ppb.

다. 설파제에 대한 생체검사법 개발

1) 설파제에 대한 표준곡선 작성 및 검출감도 조사

설파모노메톡신, 설파디메톡신, 설파메타진의 표준품의 농도를 각각 1, 2, 5,

10, 20, 50, 100, 500 및 1000 ppb되게 만든 다음 General sulfa EIA (IDS) 키트를 이용하여 표준곡선을 작성하였던 바 농도 의존적으로 흡광도가 변하였으며 검출 감도는 설파디메톡신과 설파모노메톡신의 경우 10 ppb 이하인 것으로 나타났다 (그림 3-3-8). 이 키트에서 검출 가능하다고 제시되어 있는 설파메라진은 1000 ppb 농도까지 검출할 수가 없었다.

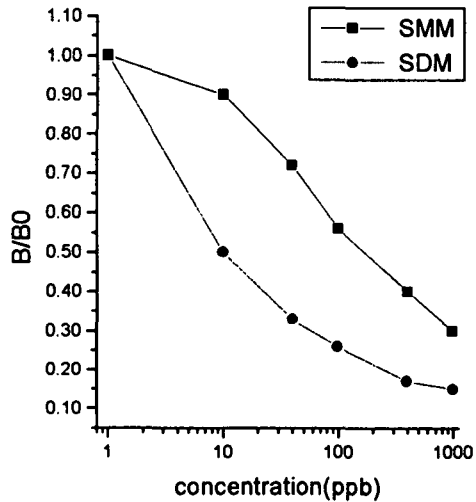


그림 3-3-8. sufladimethoxine (SDM) and sulfamomomethoxine (SMM)의 표준곡선

2) Sulfadimethoxine에 대한 생체검사법 개발

설파디메톡신 (Sulfadimethoxine Na, Sulfa-40 injection, 녹십자수의약품, 400 mg/ml, 휴약기간 14일)을 20두의 70 kg 내외의 돼지에 체중 kg당 첫날은 110 mg 씩을 그리고 익일부터는 55 mg씩 4일간 근육주사한 다음 투약전 투약 후 1, 2, 3, 5, 7, 10 및 14일에 채혈하여 General sulfa EIA (IDS) 키트를 사용하여 혈중 농도를 조사하였다 (표 3-3-8). 그 결과 음성/양성 기준표준액 농도를 40 ppb로 하였을 때 무투약 대조군에서 20두 모두가 음성 반응을 보였고 투약군에서는 휴약 20일까지 20두 모두가 양성반응을 보였다 (그림 3-3-9). 기준 표준액 농도를 조절하거나 혈청을 희석하여 휴약 20일째에서 모두 음성 반응을 보이도록 기준 표준액 농도를 조절하고 있다.

표 3-3-8. 돼지 개체별 혈중 sulfadimethoxine의 농도변화

		휴약기간 (일)								
잔류 검사 결과		-3	1	2	3	5	7	10	14	
Sulfadime- thoxine	양성반응 수	0	20	20	20	20	20	20	20	
	음성반응 수	20	0	0	0	0	0	0	0	

기준 표준액 농도: 10 ppb.

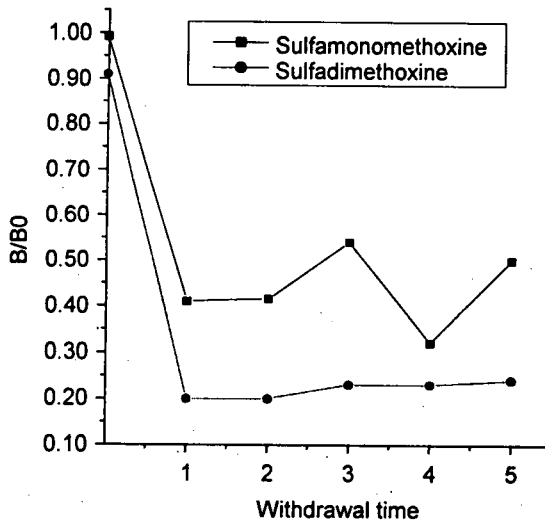


그림 3-3-9. 돼지 혈중 Sulfa drugs의 농도변화 곡선

3) Sulfamonomethoxine에 대한 생체검사법 개발

Sulfamonomethoxine에 대한 생체검사법 개발: Sulfamonomethoxine Na (모노설파-200주, 과학사료, 200 mg/ml, 휴약기간 5일)을 20두의 70 kg 내외의 돼지에 첫 날은 10 ml씩 그리고 익일부터는 5 ml씩을 3일간 근육주사한 다음 투약전, 투약 후 1, 2, 3, 4 및 5일째에 채혈하여 generalsulfa kit (IDS)를 사용하여 혈중 농도 변화를 조사하였던 바 표 3-3-9에서 같은 결과를 얻었다.

표 3-3-9. 돼지 개체별 sulfadimethoxine의 농도변화

잔류 검사 결과		휴약기간 (일)					
		-3	1	2	3	4	5
Sulfamono- methoxine	양성반응 수	0	20	20	20	20	20
	음성반응 수	20	0	0	0	0	0

기준 표준액 농도: 10 ppb.

구미의 여러나라에서는 다양한 종류의 생체검사법이 개발되어 도축장과 양축장에서 응용되고 있으나 우리 실정에는 맞지 않아 이를 활용하는데 어려움이 있다. 이중에서 Swab Test On Premises (STOP) 은 일종의 미생물학적인 방법으로서 잔류 항균성물질에 의한 비특이적인 세균발육억제시험법에 속한다. 이 방법을 지난 10여년 동안 미국과 캐나다의 도축장에서 생체검사법으로 활용되고 있다

(Korsrud 등, 1998). Live Animal Swab Test (LAST) 은 오주이나 혈액시료를 면봉에 묻혀 시행하는 일종의 미생물학적인 방법으로서 도축장과 농장에서 사용되는 생체검사법이다 (Boison 등 1995). 이들 STOP test와 LAST test는 그 결과를 얻는데 18시간 이상이 소요된다. 외국의 경우 가축이 도축장에서 24시간 이상 계류하기 때문에 이 검사법을 적용할 경우 항균성 물질의 조직중 잔류를 예측할 수 있으나 우리나라에서는 계류시간이 짧기 때문에 단시간내에 검사결과를 얻을 수 있는 방법이 개발되어야 할 것이다.

Sweeney 등 (1993)은 sulfamethazine을 투여한 돼지에서 오줌중으로 배설되는 약물의 농도를 측정함으로써 조직중의 농도를 추정할 수 있는 박충크로마토그래피법 (Sulfa-On-Site Test, SOS)을 개발하였다. 이 방법은 현재 외국에서 뿐만 아니라 국내의 도축장에서 일본으로 수출하는 돼지고기에 대하여 적용하고 있다. 이 연구의 결과에 의하면 오줌중의 sulfamethazine 농도는 조직중 농도의 약 8배로서 조직중 잔류허용기준인 0.1 ppm을 기준으로 할 때 오줌중의 농도가 0.8 ppm 이상이면 양성으로 판정하고 있다. Landoni 등 (1992)은 서방형 oxytetracycline제제를 송아지의 근육내로 주사한 다음 근육, 신장, 지방, 담즙, 타액 및 오줌중의 농도 변화를 미생물학적 방법으로 조사하였던 바 오줌중에서는 투약 3일까지 검출가능하다고 하였다. MacNeil 등 (1989)은 oxytetracycline을 송아지에 투약한 다음 혈중 농도변화를 STOP test, TLCB 및 HPLC법으로 측정 비교하였을 때 STOP법으로 휴약 19일까지 검출 가능하다고 하였다. TerNune 등 (1989)의 연구 결과에 의하면 oxytetracycline을 투약한 소의 오줌을 대상으로 LAST법의 정확성을 조사하였던 바 생체검사법으로 활용하기에는 그 결과가 일관성이 결여되어 있다고 하였다.

William 등 (1989)은 oxytetracycline 20 mg/kg을 돼지에 투여한 다음 혈중 농도 변화를 조사하였던 바 투약 3일 후에 0.2 μ l/ml 이하로 감소되었다고 하였으며, Banting 등 (1996)은 3종의 tetracycline계 항생제 20 mg/kg를 돼지에 투여한 다음 혈중 농도를 조사하였을 때 투약 2일 후에 0.40-0.50 μ l/ml의 농도를 보였다고 하였다. Kiloy 등 (1996)은 chlortetracycline 11 mg/kg을 정맥내로 주사하였을 때 24시간 후에 0.1 μ l/ml 수준이었다고 하였으며, Kniffen 등 (1989)은 같은 용량의 tetracycline을 정맥내로 투약하였을 때 48시간 후에 0.1 μ l/ml 수준이라고 하였다. 그리고 Neilson 등 (1996)의 보고에 의하면 oxytetracycline, chlortetracycline, 그리고 tetracycline을 각각 10 mg/kg씩 돼지에 정맥내로 투여하였을 때 oxytetracycline은 24시간 후에 0.05 μ l/ml, chlortetracycline과 tetracycline은 30시간 후에 0.05 μ l/ml 수준이라고 하였다.

한편 Boison 등 (1995)은 Penicillin G를 투여한 동물에서 혈중 농도와 조직중의 농도를 비교하였던 바 서로 명확한 상관관계를 밝힐 수 없다고 하였고,

Korsurd 등 (1998)은 procaine penicillin G를 투여하였을 때 간장에서는 투약 24시간 후에, 근육에서는 48시간 후에 그리고 혈장에서는 4일 후에는 검출되지 않는다고 하였다.

4. 요약

본 연구의 결과에 의하면 돼지의 혈액중에서의 oxytetracycline, chlortetracycline, tetracycline 및 doxycycline의 검출감도는 각각 10, 100, 50 ppb 및 100 ppb로서 oxytetracycline, tetracycline, chlortetracycline 및 doxycycline의 순서였다. 평균 체중 65 kg의 건강한 비육돈 15두를 대상으로 oxytetracycline (휴약기간 10일), chlortetracycline (휴약기간 5일), tetracycline (휴약기간 5일) 및 doxycycline (휴약기간 20일)을 각각 권장 최대용량을 투약한 다음 휴약기간 중 경시별로 채혈하여 혈액을 10배 희석하여 기준표준액 농도를 oxytetracycline 10 ppb에 해당하는 농도로 하였을 때 oxytetracycline은 휴약 8일까지 검출 가능하였으나 chlortetracycline, tetracycline과 doxycycline은 휴약 24시간 후에도 검출할 수 없었다. 따라서 이들 3 약제를 투약한 동물의 혈액을 희석하지 않고 기준표준액 농도를 chlortetracycline 100 ppb 그리고 tetracycline과 doxycycline은 50 ppb에 해당하는 농도로 정하였을 때 각각 휴약 4일, 휴약 3일 그리고 휴약 20일까지 검출 가능하였다. 이상의 결과로 보아 혈액 시료를 10배 희석한 것과 희석하지 않은 것을 대상으로 동시에 조사하여 10배 희석한 것에서 양성반응을 보이면 양성, 희석하지 않은 것에서 음성이면 음성 판정을 내리고 희석하지 않은 것에서 양성 반응, 희석한 것에서 음성 반응을 보이면 의양성으로 판정하는 것이 타당할 것으로 사료된다.

또한 돼지 혈액중에서의 penicillin G, ampicillin 및 amoxicillin의 검출감도는 각각 1 ppb 이하였다. 평균 체중 65 kg의 건강한 비육돈 20두를 대상으로 penicillin G (휴약기간 7일), ampicillin (휴약기간 7일), amoxicillin (휴약기간 14일)을 각각 권장 최대용량을 투약한 다음 휴약기간중 경시별로 채혈하여 혈액을 10배 희석하여 약제의 혈중 농도 변화를 조사하였던 바 penicillin G 4 ppb에 해당하는 농도를 기준표준액 농도로 할 경우 penicillin G는 휴약 4일까지, ampicillin은 휴약 2일까지 그리고 amoxicillin은 휴약 8일까지 검출 가능하였다. 따라서 penicillin계 항생제의 경우는 혈액을 10배 희석하여 기준표준액 농도를 4 ppb로 할 경우 이보다 농도가 높을 경우 양성으로, 낮을 경우는 음성으로 판정 가능할 것이다.

Sulfamonomethoxine, sulfadimethoxine 및 sulfamerazine에 대한 표준곡선을 작성하여 검출감도를 조사하였던 바 각각 10, 100 및 1,000 ppb인 것으로 나타났다.

Sulfadimethoxine을 20두의 70 kg 내외의 돼지에 체중 kg당 첫날은 110 mg씩 그리고 익일부터는 55 mg씩 4일간 근육주사한 다음 혈장을 20배 희석하고 기준

표준액 농도를 40 ppb로 하였을 때 휴약 20일까지 20두 모두가 양성반응을 보여 휴약 종료시점까지 검출 가능하였다. 그리고 sulfamonomethoxine을 20두의 70 kg 내외의 돼지에 첫날은 10 ml씩 그리고 익일부터는 5 m씩을 3일간 근육주사한 다음 혈장을 20배 희석하고 기준표준액 농도를 40 ppb로 하였을 때 휴약 5일까지 20두 모두가 양성반응을 보여 휴약 종료시점까지 검출 가능하였다.

이상의 실험 결과로부터 본 연구에 사용된 항균성물질에 대하여 위에서 제시한 기준표준액 농도를 기준으로 하여 혈액중에 이 보다 높은 농도가 검출될 경우 양성, 낮을 경우 음성 판정을 내린다면 의양성의 오차를 최소화할 수 있을 것으로 사료된다. 따라서 이 검사법에 의하여 양성반응을 보일 경우 도축을 거부 혹은 연기함으로써 원천적으로 유해물질의 잔류를 예방할 수 있는 사전검사법으로 활용 가능할 것이다. 또한 양돈장에서 질병을 예방하거나 치료하기 권장 용량 보다 많게 혹은 권장기간 보다 길게 약제를 투약한 경우 휴약기간을 예측할 수 없게된다. 이 경우 투약한 돼지의 혈액을 채취하여 본 방법으로 검사를 실시함으로써 조직중의 잔류를 예측할 수 있는 방법으로도 활용 가능할 것이다.

5. 참고문헌

- Banting, A. L., and J. D. Baggot. 1996. Comparison of the pharmacokinetics and local tolerance of three injectable oxytetracycline formulations in pigs. *J. Vet. Pharmacol. Ther.* 19(1):50-5.
- Boison, J. O., G. O. Korsrud, M. G. Papich and J. D. MacNeil. 1995. Comparison of four commercially available rapid test kits with liquid chromatography for detecting penicillin G residues in bovine plasma. *J. AOAC Int.* 78:1144-1152.
- Booth, N. H. 1988. Toxicology of drug and chemical residues. In: *Veterinary pharmacology and therapeutics*, 6th ed (Ed. N. H. Booth and L. E. McDonald), Iowa State University Press, Ames, Iowa. pp. 1149-1205.
- Clifford, M. N. 1985. The history of immunoassays in food analysis. In: *Immunoassays in food analysis*. Elsevier Applied Science Publishers, New York. pp. 3-10.
- Code of Animal Feed Regulations. 1997. Department of Livestock Management. Ministry of Agriculture and Forestry of Korea, Kwachon, Korea.
- Cullor, J. S., A. Van Eenennaam, I. Gardner, L. Perani, J. Dellinger, W. L. Smit, T. Thompson, M. A. Payne, L. Jensen and W. M. Guterbock. 1994. Performance of various tests used to screen antibiotic residues in milk samples from individual animals. *J. AOAC Int.* 77(4):862-870.

- Gardner, I. A., J. S. Cullor, F. D. Galey, W. Sischo, M. Salman, B. Slenning, H. N. Erb and J. W. Tyler. 1996. Alternatives for the validation of diagnostic assays used to detect antibiotic residues in milk. *J. Am. Vet. Med. Assoc.* 209:46-52.
- Hall, W. F., T. S. Kniffen, D. P. Bane, R. F. Bevill and G. D. Koritz. 1989. Plasma concentrations of oxytetracycline in swine after administration of the drug intramuscularly and orally in feed. *JMVMA.* 194(9):1265-1268.
- Huber, W. G. 1988. Chemotherapy of microbial, fungal, and viral. In: *Veterinary pharmacology and therapeutics* (Ed. N. H. Booth and L. E. McDonald), Iowa State University Press, Ames, Iowa. pp. 765-860.
- Kilroy, C. R., W. F. Hall, D. P. Bane, R. F. Bevill and G. D. Koritz. 1990. Chlortetracycline in swine--bioavailability and pharmacokinetics in fasted and fed pigs. *J. Vet. Pharmacol. Ther.* 13(1):49-58.
- Kniffen, T. S., D. P. Bane, W. F. Hall, G. D. Koritz and R. F. Bevill. 1989. Bioavailability, pharmacokinetics, and plasma concentration of tetracycline hydrochloride fed to swine. *Am. J. Vet Res.* 50(4):518-21.
- Korsrud, G. O., J. O. Boison, J. F. Nouws and J. D. MacNeil. 1998. Bacterial inhibition tests used to screen for anti-microbial veterinary drug residues in slaughtered animals. *J. AOAC Int.* 81(1):21-24.
- Korsrud, G. O., C. D. C. Salisbury, A. C. E. Fesser and J. D. MacNeil. 1995. Laboratory evaluation of the Charm Farm test for anti-microbial residues in meat. *J. Food Prot.* 58:1129-1132.
- Kunesch, J. P. 1986. Therapeutics. PP 803-812. In: *Diseases of Swine*, 6th ed (Ed. A. D. Leman, B. Straw, R. D. Glock, W. L. Mengeling, R. H. E. Penny and E. Scholl) Iowa State Univ. Press, Ames.
- Landoni, M. F. and J. O. Errecalde. 1992. Tissue concentrations of a long-acting oxytetracycline formulation after intramuscular administration in cattle. *Rev. Sci. Tech.* 11(3):909-915.
- Mitchell, J. M., M. W. Griffiths, S. A. McEwen, W. B. McNab and A. J. Yee. 1998. Antimicrobial drug residues in milk and meat: causes, concerns, prevalence, regulations, tests, and test performance. *J. Food Prot.* 61(6):742-56.
- Nielsen, P. and N. Gyrd-Hansen. 1996. Bioavailability of oxytetracycline, tetracycline and chlortetracycline after oral administration to fed and fasted pigs. *J. Vet. Pharmacol. Therap.* 19:305-311.
- Nielsen, P., and N. J. Gyrd-Hansen. 1994. Bioavailability of penicillin V after oral administration to fed and fasted pigs. *J. Vet. Pharmacol. Ther.* 17(2):160-162.

- Paige, J. C. 1994. Analysis of tissue residues. FDA Vet. 9(6):4-6.
- Sternesj, A., G. Sand and G. Johnsson. 1998. A Novel Rapid Enzyme Immunoassay (Fluorophos BetaScreen) for Detection of β -Lactam Residues in Ex-Farm Raw Milk. J. Food Prot. 61(7):808-811.
- Sweeney, R. W., P. C. Bardalaye, C. M. Smith, L. R. Soma and C. E. Uboh. 1993. Pharmacokinetic model for predicting sulfamethazine disposition in pigs. Am. J. Vet. Res. 54(5):750-754.
- Szekacs, A. 1994. Development of enzyme-linked immunosorbent assay (ELISA) systems for environmental monitoring. Acta Biol. Hung. 45:77-80.

(본 연구 결과는 세편의 논문으로 나누어서 다음과 같이 학회지에 게재되었거나 게재 예정이다. 1. 설파메타진에 대한 생체검사의 경우 "Development of Live Animal Screening Enzyme-linked Immunosorbent assay (ELISA) for the Tissue Residues of Sulfamethazine in Pigs" 라는 제목으로 현재 Indian Veterinary Journal에 투고하여 게재심사 중이며, 2. 테트라사이클린계 항생제에 대한 생체검사법은 "Development of Live Animal Screening Enzyme-linked Immunosorbent assay (ELISA) for the Tissue Residues of Tetracycline Antibiotics in Pigs" 라는 제목으로 Journal of Veterinary Medicine Science에 투고하여 현재 심사 중이고, 3. 페니실린계 항생제에 대한 생체검사법은 "Development of Live Animal Screening Enzyme-linked Immunosorbent assay (ELISA) for the Tissue Residues of Penicillin Antibiotics in Pigs" 라는 제목으로 아세아태평양 축산학회지 13권 12호 (2000년)에 게재 예정이다.)

제 4절 청정 돈육생산 저해 질병 원인체 및 내성균 발현 억제에 관한 연구

1. 서 론

본 연구의 목적은 국내 양돈산업의 주요 생산 저해 질병인 호흡기 질병 및 소화기 질병을 대상으로 호흡기 질환 의심돈의 비좁, 폐사돈의 병변 가검물 (폐장 등)로부터 주요 원인균 분리 및 혈청형을 규명하고, 치료약제선발과 이에 대한 야외적용 효과를 조사하며 질병예방에 의한 효과 조사를 위하여 주요 원인균별 백신투여에 따른 항체 형성 유무 및 질병 발생 상황을 조사함으로써 청정돈 생산 기틀을 마련하며 설사 또는 하리 등의 증상을 보이는 동물의 분변이나 폐사돈의 병변 가검물 (장조직)로부터 주요 원인균을 분리 동정하고, 이에 따른 약제 감수성시험을 실시하여 치료약제를 선별함과 동시에 항균물질이 아닌 비특이 면역증강제 및 생균제제 등의 동물 생체내 무잔류, 무해물질 투여를 병용함으로써 야외 적용효과를 조사하고, 또한, 양돈장의 계열화 및 기업화에 따라 양돈장별 주요 질병의 분포가 상이함이 예측되므로 이의 파악을 통한 생산 계열별 질병차단 프로그램을 개발하는 것이다.

이를 위하여 양돈장과 도축장으로부터 분변, 장기 조직 등의 가검을 채취하여 주요 질병 원인균을 분리하여 그 생화학적 특성 등을 조사함으로써 분리균을 동정 확인하였고, 원인체별로 약제 감수성을 조사하여 내성 정도와 치료 및 예방약제를 선별할 수 있는 기초 자료를 수집하였다. 아울러 내성 유도 plasmid 분포를 분석함으로써 이 내성인자가 사람에게 감염을 일으키는 균에 전달되는 여부를 판단할 수 있는 기초자료를 수집하였다. 또한 돼지에 문제시되는 주요 바이러스를 분리하고 그 특성을 조사하여 변이 균주 및 바이러스 변이도를 분석하였다. 이러한 자료를 토대로 하여 청정돈 생산 저해 질병별 감수성 약제 선별, 선발약제 이용 효과적인 적용 프로그램 개발 여부, 숙주 면역 증진 비특이 면역 증강제 적용 여부, 숙주 면역 분석 기법 개발 및 적용성 여부, 주요 바이러스 질병 방제 백신 적용 프로그램 개발 여부 등을 분석하였다.

2. 재료 및 방법

가. 돼지 주요 바이러스성 질병 및 세균성 질병 조사 연구

1) 돼지 바이러스성 질병 조사 연구

가) 돼지콜레라 (HC) 항체가 검사

돼지 콜레라의 항체를 측정하기 위해 간접면역 형광항체법 (IFA)을 이용하였다. 형광항체법을 위해 96 well microplate에 hog cholera virus (LOM strain)로 감염된 PK-15cell이 monolayer가 형성되도록 배양하였다. Cell suspension (0.2 ml, 1×10^5 cell/ml)을 96 well plate에 분주한 후 37°C에서 24시간 배양 후 monolayer가 형성된 것을 확인하였다. 멸균된 phosphate buffered solution (PBS, pH 7.4)을 이용하여 3회 세척 후 0.2 ml의 virus solution ($10^{3.0}$ TCID 50/ml)을 분주하여 감염시켰다. 37°C에서 72시간 배양 후 배양액을 버리고 5% 아세톤이 되도록 한 에탄올을 분주 (0.1 ml/well)하여 고정시키고 냉동실에 보관하였다. 양성, 음성 대조군 혈청과 함께 샘플혈청은 PBS로 4배수 희석하였으며 IFA plate는 ethanol을 버리고 공기에서 건조 후 PBS로 3회 세척 후 희석된 혈청을 well당 0.1 ml씩 분주 후 37°C에서 45분간 반응 시키고 PBS로 3회 세척 후 anti-swine IgG fluorescein isothiocyanate conjugate (FITC)를 1:400으로 희석하여 well당 50 μ l씩 분주 후 37°C에서 1시간 반응 후 PBS로 3회 세척하고 형광 현미경을 이용하여 관찰하였다.

나) 돼지 생식기 호흡기 증후군 (PRRS)의 항체가 검사

MARC-145에 modified live PRRS virus를 감염시켜 96 well micropalte에 준비하였다. 바이러스 1 volume ($10^{5.5}$ TCID 50/ml)을 cell suspension 100 volume (1×10^5 cell/ml)과 섞은 후 well당 0.1 ml씩 분주하고 37°C에서 48시간 배양 후 초기 세포변성효과가 관찰될 경우 100% cold ethanol로 고정 후 -20°C에 보관하였다. 혈청샘플에 대하여 돼지콜레라와 같은 방법을 사용하여 검사하였다.

다) 전염성위장염 (TGE)의 항체가 검사

혈청 중화시험법을 이용하였으며 위와 같은 방법으로 혈청을 희석하였으며 TGE 바이러스 ($10^{5.0}$ TCID)를 사용하였다. ST cell suspension (0.1 ml, 1×10^5 ml)을 분주하여 48시간 후 세포변성효과를 관찰하였다.

라) 돼지 오제스키병 (AD) 항체가 검사

혈청 중화시험법을 이용하였으며 가검혈청은 비동화를 위해 56°C항온 수조에서 30분간 처리한 후 96 well cell culture plate에 minimum essential medium (MEM)으로 희석하였다. Plate에 MEM을 50 μ l씩 분주 후 가검혈청을 50 μ l분주하여 2배수 희석하고 오제스키 바이러스 ($2 \times 10^{2.0}$ TCID)를 50 μ l씩 분주하고 37°C에서 30분간 반응한 후 Vero cell suspension (0.1 ml, 1×10^5 ml)을 분주하고 37°C에서 최소 48시간 배양하여 세포변성효과를 관찰하였다.

2) 돼지 세균성 질병 조사 연구

가) 돼지 소화기 및 호흡기 질병 원인균 분리, 동정

소화기 및 호흡기 질병이 있는 돼지로부터 가검물을 채취하여 Blood agar에 접종한 후 단독 colony를 분리하여 그람 염색한 후 생화학적 검사 (biochemical test) 및 Vitek system (Bio Merieux)을 이용하여 균을 분리, 동정하였다.

나) 주요 돼지 소화기 및 호흡기 질병 원인균에 대한 항생제 감수성 검사

설사 자돈의 직장 분변으로부터 분리한 원인균에 대한 항생제 감수성 검사는 Bauer와 Kirby의 방법에 따라 실시하였다. Becton Dickinson Microbiology System (BBL, USA)의 Bacitracin, tetracycline, ampicillin, norfloxacin, vancomycin, gentamicin, streptomycin, sulfamethoxazole-trimethoprim, carbenicillin, nalidixic acid, neomycin, amikacin, colistin, chloramphenicol과 Hoechst Rousset Co.의 cefquinone, A/S Rosco (Denmark)의 ceftiofur 및 Bayer AG의 enrofloxacin 등 17종의 항생제를 사용하였으며, National Committee for Clinical Laboratory Standard (NCCLS)의 기준에 의하여 감수성 여부를 판정하였다. Tryptic soy agar에서 37°C 24시간 배양한 균을 Muller Hinton broth (Difco)에서 18시간 배양한 후 멸균 생리식염수로 희석하여 MacFarland scale No. 0.5 BaSO₄ 표준 비색관에 맞추었다. 접종균액을 멸균된 면봉으로 Muller Hinton agar에 골고루 바른 다음, 항생제 디스크를 20 mm 간격으로 배지 표면에 부착시키고 37°C에서 18시간 배양한 후 발육억제대를 측정하여 각 항생제에 대한 감수성 여부를 판정하였다.

다) 설사 자돈으로부터 분리한 *E. coli*의 독소형 및 plasmid profile 분석

(1) LT/STa multiplex PCR

PCR 기법을 이용하여 LT, ST의 유전자 분포를 확인하기 위한 PCR primer의 sequence는 표 3-4-1과 같았다. Tryptic soy broth (Difco)에 37°C에서 18시간 동안 배양한 균을 집균하여 phenol/chloroform 용액과 ethanol을 이용하여 DNA를 분리하여 template DNA로 이용하였다. PCR 반응액은 10 mM Tris-HCl (pH 8.4), 50 mM KCl, 4 mM MgCl₂, 10 mM dNTP, 각각 100 pM primer, 2 unit *Taq* polymerase, 1 μl template DNA를 넣어 최종 반응량이 50 μl가 되게 하였다. PCR 반응을 최초 denaturation 94°C, 5분간 실시한 후, denaturation 94°C, 1분, annealing 55°C, 1분, extension 72°C, 1분으로 하여 35회 반복 실시한 다음, 마지막 extension을 72°C, 5분간 실시하였다. PCR 증폭산물은 2% agarose gel에서 전기영동한 후 ethidium bromide로 염색하여 UV illuminator를 이용하여 확인하였다.

표 3-4-1. LT/STa gene 증폭을 위한 PCR primer의 염기서열

Primers	Oligonucleotide sequence	증폭산물의 크기
LT (Foward)	5'-CAGACTATCAGTCAGAGGTTG-3'	417 bps
LT (Reverse)	5'-TTCATACTGATTGCGCA-3'	
ST (Foward)	5'-CCCCTCTTTTAGTCAGTC-3'	165 bps
ST (Reverse)	5'-CCAGCACAGGCAGGATTACA-3'	

(2) K88/987P multiplex PCR

PCR 기법을 이용하여 K88 및 987P의 유전자 분포를 확인하기 위한 PCR primer의 sequence는 표 3-4-2와 같았다. PCR 반응 용액은 10 mM Tris-HCl (pH 8.4), 50 mM KCl, 10 mM MgCl₂, 10 mM dNTP, 각각 100 pM primer, 2 unit *Taq* polymerase, 2.5 μ l template DNA를 넣어 최종 반응량이 50 μ l가 되게 하였다. PCR 반응을 최초 denaturation 94 $^{\circ}$ C, 5분간 실시한 후, denaturation 95 $^{\circ}$ C, 1분, annealing 56 $^{\circ}$ C, 1분, extension 72 $^{\circ}$ C, 1분으로 하여 35회 반복 실시한 다음, 마지막 extension을 72 $^{\circ}$ C, 5분간 실시하였다. PCR 증폭산물은 2% agarose gel에서 전기영동한 후 ethidium bromide로 염색하여 UV illuminator를 이용하여 확인하였다.

표 3-4-2. K88/987P gene 증폭을 위한 PCR primer의 염기서열

Primers	Oligonucleotide sequence	증폭산물의 크기
K88 (Foward)	5'-CATTGCTGCATCTGCTG-3'	184 bps
K88 (Reverse)	5'-TTGGTTCCACCATTGGTC-3'	
987P (Foward)	5'-CCTCTCTGTTTCAGTGGTTAC-3'	350 bps
987P (Reverse)	5'-GGCGTTGTTGTCTGAATGT-3'	

(3) Plasmid profile

설사 자돈의 분변에서 분리한 *E. coli*로부터 alkaline lysis 방법을 이용하여 plasmid를 분리한 후, 분리한 plasmid DNA는 0.8% agarose gel 상에서 loading하고 0.5 \times TBE 용액 (45 mM tris-borate, 1 mM EDTA, pH 8.0)에서 70V, 2시간 전기영동하였고, 전기영동 후 ethidium bromide 용액 (1 μ g/ml)에서 염색한 후 UV illuminator를 이용하여 plasmid의 양상을 관찰하였다.

라) 돼지 폐렴병소로부터 분리한 *P. multocida*의 plasmid profile 및 *tox*A 유전자 분포

(1) Plasmid profile

돼지 폐병변에서 분리한 *P. multocida*로부터 alkaline lysis 방법을 이용하여 plasmid를 분리한 후, 분리한 plasmid DNA는 0.8% agarose gel 상에서 loading하고 0.5×TBE 용액 (45 mM tris-borate, 1 mM EDTA, pH 8.0)에서 80V, 4시간 전기영동하였고, 전기영동 후 ethidium bromide 용액 (1 μg/ml)에서 염색한 후 UV illuminator를 이용하여 plasmid의 양상을 관찰하였다. Plasmid의 size는 Supercoiled DNA maker (Gibco)와 Lamda DNA/*Hind*III (promega)를 size maker로 하여 계산하였다.

(2) *toxA* 유전자 검색

돼지 폐병소에서 분리한 *P. multocida*에서 *toxA* 유전자를 검출하기 위하여 표 3-4-3과 같은 primer를 사용하였고, 10×PCR buffer (Bioneer Co.) 5 μl, 50 mM MgCl₂ 2 μl, 10 mM dNTPs 0.8 μl, 100 pM의 forward와 reverse primer, 100 ng의 template DNA, 1 unit의 *Taq* polymerase (Bioneer Co.)를 첨가하고 최종량이 50 μl가 되도록 증류수를 넣은 후 denaturation은 94℃ 30초, annealing 55℃ 30초, extension은 72℃에서 30초간으로 하여 40회 반복 실시하였고 최종 extension은 72℃에서 5분간 실시하였다. PCR 증폭산물은 1% agarose gel에서 전기영동한 후 ethidium bromide로 염색하여 UV illuminator를 이용하여 유전자 증폭산물을 확인하였다.

표 3-4-3. *toxA* gene 증폭을 위한 PCR primer의 염기서열

Primers	Oligonucleotide sequence	증폭산물의 크기
Foward	5'-CTTAGATGAGCGACAAGG-3'	846 bps
Reverse	5'-GAATGCCACACCTCTATAG-3'	

나. 돈사 환경 위생에 관한 연구

1) 총세균수 측정 (Total Bacterial Count)

Sample (Water)을 취하여 10진 희석법을 이용하여 멸균식염수로 10⁹까지 희석한 후, 각각의 희석액을 2장의 plate count agar (DIFCO)에 1 ml씩 접종하였다. 37℃ incubator에서 24시간 배양하여 집락의 형성을 확인한 후, 각 희석배수에서의 집락의 수를 count하였다. 각각의 희석배수에서의 집락의 수를 통계처리하여 Sample에서의 균수 (CFU/ml)를 계산하였다.

2) 대장균군수 측정 (Coliform Count)

Sample (water)을 취하여 10진 희석법을 이용하여 멸균식염수로 10^7 까지 희석한 후, 각각의 희석액을 2장의 VRBA (violet red bile agar, DIFCO)에 1 ml씩 접종하였다. 37°C incubator에서 24시간 배양하여 집락의 형성을 확인한 후, 각 희석배수에서의 집락의 수를 count하였다. 각각의 희석배수에서의 집락의 수를 통계처리하여 Sample에서의 균수 (CFU/ml)를 계산하였다.

3) 낙하세균의 분리.동정

Blood agar plate ((주)코메드)를 돈사의 여러 곳에 위치시키고 낙하세균을 수집한 후 37°C 에서 24-48시간 배양하고, 단독 colony를 분리하여 그람 염색을 실시하고, 생화학적 검사를 실시한 후 Vitek system을 이용하여 최종 확인하였다.

다. 숙주 면역 증진 비특이 면역 증강제 선발 여부

1) 비특이 면역 증강제 투여에 따른 돼지 생체 혈액내 백혈구 아집단 분포비율 검사

돼지 전대정맥에서 채혈한 혈액을 acid citrate dextrose (ACD) -ethylenediamine tetraacetic acid (EDTA)가 첨가된 시험관에 혼합하여 잘 섞은 후 Hypaque Ficoll (Hisopaque, Sigma)에 중층하여 1,500 rpm에서 30분간 원심분리한 후 백혈구를 채취하였다. 이를 phosphate buffered saline (pH 7.2)으로 3회 세척한 뒤 RPMI-1640 배지 (Gibco)에 부유시킨 후 trypan blue exclusion technique에 따라 생존 세포수를 측정하여 최종 농도가 $1 \times 10^7/\text{ml}$ 이 되도록 조절하여 검사에 이용하였다. 백혈구의 세포 표면항원 (cell surface molecules)인 MHC class II, Po (porcine)CD4, PoCD8, Non T/Non B ($\gamma \delta$ TCR)에 특이적인 단클론항체를 이용하였다. V-bottomed 96 well-microplate의 한 well당 단클론항체 $50 \mu\text{l}$ ($15 \mu\text{g}/\text{ml}$)와 혈액에서 분리한 $1 \times 10^7/\text{ml}$ 의 백혈구 $100 \mu\text{l}$ 를 첨가, 반응시키고 원심세척한 후, FITC-conjugated goat anti-mouse IgG+IgM antibody (Caltag)를 $100 \mu\text{l}$ 씩 첨가, 반응시키고 원심세척한 후, 2% PBS-formalin 용액을 $200 \mu\text{l}$ 첨가하여 고정시켰다. 염색이 끝난 세포는 flow cytometry를 이용하여 측정하고 측정과 자료분석은 FACSCalibur 및 CellQuest program (Becton Dickinson)을 이용하여 실시하였다.

2) 혈액 및 림프절의 백혈구 활성화력 측정

복강을 개복하여 무균적으로 장간막 림프절을 분리한 후 40-mesh screen에 통

과시켜 장간막 림프절로부터 림프구를 분리하였고, 혈액은 앞에서 언급한 방법으로 백혈구를 분리하여 같은 방법으로 생존 세포수를 측정하여 최종농도가 $1 \times 10^7/\text{ml}$ 이 되도록 조절하여 검사에 이용하였다. Mitogen으로는 Sigma로부터 Concanavalin A (Con A), Phytohemagglutinin (PHA), Pokeweed mitogen (PWM), *S. typhimurium* lipopoly- saccharide (LPS)를 구입하여 사용하였으며, mitogen과 림프구를 $100 \mu\text{l}$ 씩 첨가하여 37°C , 72시간 배양한 후 $1 \mu\text{Ci}$ 의 [^3H]-thymidine (6.7 Ci/mmol , New England Nuclear Co.)을 첨가하여 18시간 추가 배양한 후 glass fiber filter strip (BRANDEL, Inc.)에 세포를 수집하고 scintillation counter (Wallac)를 이용하여 측정하였다.

라. 바이러스 분리

1) 돼지 생식기 호흡기 증후군바이러스 (PRRSV)의 분리

양돈장에서 호흡기 증상을 나타내는 자돈을 부검하여 폐장을 적출하였다. 유제처리한 조직으로부터 TOTAL RNA isolation kit (Promega)을 이용하여 RNA를 분리 후 RT-PCR과정을 거쳐 PRRSV의 핵산으로부터 cDNA를 합성하였다. RT-PCR은 $5 \mu\text{l}$ RNA에 10 pM reverse primer를 넣고 95°C 에서 5분 반응 후 즉시 얼음에서 5분 방치하였다. 최종 산물이 $25 \mu\text{l}$ 가 되게 하기 위해 $10 \mu\text{l}$ RNase-free 증류수, $5 \mu\text{l}$ $5 \times$ reaction buffer, DTT (10 mM), $1 \mu\text{l}$ dNTP (200 mM), 1 U MML reverse transcriptase를 혼합하여 37°C 에서 1시간 배양하였다. 합성된 cDNA를 증폭하기 위해서 PCR 반응액은 $2.5 \mu\text{l}$ $1 \times$ PCR buffer, 2.0 mM MgCl_2 , 10 mM dNTP, 각각 1.0 pM primer, 1 unit *Taq* polymerase, $2 \mu\text{l}$ template cDNA를 넣어 최종 반응량이 $50 \mu\text{l}$ 가 되게 하였다. PCR 반응을 최초 denaturation 94°C , 5분간 실시한 후, denaturation 94°C , 30초, annealing 58°C , 30초, extension 72°C , 1분 30초로 하여 30회 반복 실시한 다음, 마지막 extension을 72°C , 3분간 실시하였다. PCR 증폭산물은 2% agarose gel에서 전기영동한 후 ethidium bromide로 염색하여 UV illuminator를 이용하여 확인하였다.

표 3-4-4. PRRSV를 증폭을 위한 PCR primer의 염기서열

Primers	Oligonucleotide sequence	증폭산물의 크기
(Foward)	5'-GTACATTCTGGCCCCTGCC-3'	668 bps
(Reverse)	5'-GCCCTAATTGAATAGGTGAC-3'	

2) 돼지 Circo 바이러스 (PCV)의 분리

임상증상을 나타내는 자돈을 부검하여 폐장을 적출하였다. 유제처리한 조직으로부터 TOTAL DNA isolation kit (Promega)을 이용하여 DNA를 분리하였다. PCV의 핵산을 증폭하기 위한 primer의 염기서열은 다음 표와 같으며 PCR 반응액은 2.5 μ l 10 \times PCR buffer, 2.0 mM MgCl₂, 10 mM dNTP, 각각 1.0 pM primer, 1 unit *Taq* polymerase, 2 μ l template DNA를 넣어 최종 반응량이 50 μ l가 되게 하였다. PCR 반응을 최초 denaturation 94 $^{\circ}$ C, 5분간 실시한 후, denaturation 94 $^{\circ}$ C, 30초, annealing 63 $^{\circ}$ C, 30초, extension 72 $^{\circ}$ C, 30초로 하여 초기 7회 반복 실시한 다음, denaturation 94 $^{\circ}$ C, 30초, annealing 57 $^{\circ}$ C, 30초, extension 72 $^{\circ}$ C, 30초로 하여 후기 23회 반복 후 마지막 extension을 72 $^{\circ}$ C, 3분간 실시하였다.

PCV-2의 경우 위와 같은 조성으로 혼합하였으며 PCR 반응을 최초 denaturation 94 $^{\circ}$ C, 5분간 실시한 후, denaturation 94 $^{\circ}$ C, 30초, annealing 56 $^{\circ}$ C, 30초, extension 72 $^{\circ}$ C, 30초로 하여 30회 반복 실시한 다음 마지막 extension을 72 $^{\circ}$ C, 3분간 실시하였다. PCR 증폭산물은 2% agarose gel에서 전기영동한 후 ethidium bromide로 염색하여 UV illuminator를 이용하여 확인하였다.

표 3-4-5. PCV 증폭을 위한 PCR primer의 염기서열

Primers	Oligonucleotide sequence	증폭산물의 크기
VF-1 (Foward)	5'-AGCGGCAGCACCTCGGCAGC-3'	396 bps
VR-1 (Reverse)	5'-GACCTGTCTACTGCTGTGAG-3'	

표 3-4-6. PCV-2를 증폭을 위한 PCR primer의 염기서열

Primers	Oligonucleotide sequence	증폭산물의 크기
VF-2 (Foward)	5'-GTCACAGCAGTAGACAGGT-3'	360 bps
VR-2 (Reverse)	5'-GAAGAATGGAAGAAGCGGA-3'	

3) 돼지 인플루엔자 바이러스 (SIV)의 분리

장기유제액으로부터 세포에 접종하고 일정한 간격으로 hemadsorption test를 실시하여 양성 세포만을 선택하였다. 멸균된 피펫을 이용하여 cell sheet를 scraping 하여 배지에 넣은 뒤 200 \times g, 10분간 실온에서 원심하여 cell을 가라앉힌 후 상층

액은 버렸다. PBS로 cell을 세척해준 뒤 다시 원심하여 상층액을 버리고 소량의 신선한 PBS로 재부유시켜 cells의 밀도를 높였다. Kit내에 첨부된 teflon coated slides 상의 wells에 cells suspension ($25 \mu\text{l}$, $1 \times 10^5/\text{ml}$) 분주한 뒤 실온에서 충분히 건조시켜 10분간 신선한 acetone으로 고정시켰다. 세포를 고정시켜둔 well을 충분히 덮을 만큼 influenza A virus $25 \mu\text{l}$ 를 분주하고 다른 well에는 동량의 influenza B virus를 분주하고 positive control slide 상의 well에도 virus를 분주하였다. Slides를 moist chamber에 넣어 37°C 에서 15분간 incubation한 후 5분간 PBS에 담그고 부드럽게 세척 하였다. PBS를 버린 후 slides를 실온에서 건조시키고 각 well의 중앙에 IMAGEN mounting fluid를 한 방울 적정한 뒤 coverslip을 덮고 200-500배의 배율에서 형광현미경으로 관찰하였다.

4) 돼지 오제스키바이러스 (PRV)의 분리

돼지로부터 장기를 적출하여 10% 조직 유제액이 되도록 한 후 $1000 \times g$, 10분간 원심 후 상층액을 직경 $0.2 \mu\text{m}$ filter를 통과 시켰다. $50 \mu\text{l}$ vero cell suspension ($1 \times 10^5/\text{ml}$) $150 \mu\text{l}$ 을 분주 후 37°C 에서 7일간 관찰하며 세포변성효과를 확인하였다. 확인되지 않을 경우 3회 blind passage를 통해 확인하였다.

5) 돼지 콜레라바이러스 (HCV)의 분리

돼지 콜레라로 의심되는 돼지를 부검하여 장기를 적출하였다. 조직을 동결절편하여 슬라이드상에 조직을 건조시키고 -20°C 에 보관 후 아세톤으로 실온에서 10분 동안 고정 후 PBS로 5분간 3회 세척하였다. 돼지 콜레라 단크론항체를 슬라이드에 도포 후 실온에서 1시간 배양하였다. 배양액을 버리고 PBS로 3회 세척하였다. FITC conjugated anti mouse IgG용액으로 조직을 덮은 후 실온에서 1시간 배양하고. PBS로 3회 세척 후 mounting buffer를 슬라이드에 떨어뜨리고 커버슬립을 올린 후 형광현미경으로 관찰하였다.

3. 결과 및 고찰

가. 돼지 주요 바이러스성 질병 및 세균성 질병 조사 연구

1) 돼지 바이러스성 질병 조사 연구

가) 양돈장의 생산단계별 돼지 생식기 호흡기 증후군 (PRRS)의 항체 양성 분포

전업 양돈장 (500두 이상 : 모돈 50두 이상)의 생산 단계별 돼지 생식기 호흡기 증후군 (PRRS)의 항체 양성 분포 조사를 실시하였는데, 그 결과는 다음의 표 3-4-7에서 보는 것과 같다. 양돈장의 생산 단계별 돼지콜레라 (HC), 오제스키병 (AD) 및 전염성 위장염 (TGE) 항체 분포 조사는 가검혈청 231두를 대상으로 바이러스 및 진단 kit를 확보하여 검사를 실시하였다.

표 3-4-7. 생산단계별 돼지 생식기 호흡기 증후군 (PRRS)의 항체 양성 분포

양돈장	채혈 두수 (항체 양성 두수)				Total
	모돈/웅돈	자돈	육성돈	비육돈	
1	4 (0)	3 (0)	6 (4)	3 (0)	16
2	3 (1)	3 (0)	3 (0)	2 (2)	11
3	2 (0)	2 (0)	4 (4)	2 (2)	10
4	3 (2)	3 (0)	4 (4)	-	10
5	3 (0)	3 (0)	4 (4)	-	10
6	-	6 (0)	14 (9)	-	20
7	3 (0)	3 (0)	6 (6)	3 (3)	15
8	4 (0)	-	13 (13)	-	17
9	6 (0)	-	-	-	6
10	14 (6)	3 (0)	3 (2)	-	20
11	2 (0)	2 (0)	3 (3)	3 (3)	10
12	7 (0)	4 (1)	6 (6)	3 (1)	20
13	52 (11)	-	-	-	52
14	2 (0)	2 (1)	4 (3)	-	8
15	6 (2)	-	-	-	6
Total	111 (22)	34 (2)	70 (58)	16 (11)	231
%	19.8	5.9	82.9	68.8	

* 간접형광항체법으로 검사 (1 : 16 이상)

나) 양돈장의 생산단계별 돼지콜레라 (HC) 및 전염성위장염 (TGE) 항체보유 현황

(1) 돼지의 사양 단계별로 돼지콜레라 (HC) 바이러스에 대한 항체 현황을 조사한 결과 표 3-4-8에서와 같은 결과를 얻었다. 모돈과 웅돈 모두가 항체 양성돈이었으며 사양 단계를 거치면서 모든 돈군이 항체 양성화 경향을 보였다.

표 3-4-8. 돼지콜레라 (HC) 바이러스 항체보유 현황

양돈장 수	채 혈 두 수				계
	모돈/웅돈	자돈	육성돈	비육돈	
20	157	49	102	26	334
양성두 수*	157	39	102	26	324
%	100	79.6	100	100	97.0

* 간접형광항체법 (회석배수 1:16 이상)

(2) 돼지의 사양 단계별로 전염성위장염 (TGE) 항체보유 현황을 조사한 결과 표 3-4-9에서와 같은 결과를 얻었다. 자돈의 경우 모돈과 웅돈으로부터 감염되거나 모체이항항체를 보유하는 것으로 나타났다.

표 3-4-9. 전염성 위장염 (TGE) 항체보유 현황

양돈장 수	채 혈 두 수				계
	모돈/웅돈	자돈	육성돈	비육돈	
20	157	49	102	26	334
검사두수	140	49	NT	NT	206
양성두수*	89	20	-	-	109
%	63.6	40.8	-	-	52.9

* 중화항체가 (회석배수 1:64 이상)

다) 배양 세포 확립 (바이러스 분리용)

바이러스 분리용 세포인 ST cells, PK-15 cells, MDCK cells, Vero cells, MARC-145 cells, MA104 cells 등 6종을 확보하여 배양하였다.

라) 표준 바이러스 확보

바이러스성 질병의 원인체를 분리하여 동정하기 위하여 필요한 표준 바이러스주를 확보하여 계대 배양하였으며, 확보한 표준바이러스는 HC virus, AD virus, TGE virus, PED virus, PRRS virus 등 5종이었다.

2) 돼지 세균성 질병 조사 연구

가) 돼지 소화기 및 호흡기 질병 원인균 분리, 동정

돼지 소화기 및 호흡기 질병 원인균을 분리하여 생화학적 검사 및 Vitek system을 이용하여 균을 동정한 결과 표 3-4-10에서와 같은 결과를 얻었다. 호흡기 질병의 경우 *Pasteurella multocida*와 *Actinobacillus pleuropneumoniae*가 주요 원인체였으며 *Bordetella bronchiseptica*도 분리되었다. 소화기 질병의 경우는 *Escherichia coli*, *Salmonella typhimurium* 및 *Clostridium perfringens*가 공히 문제시 되고 있었다.

표 3-4-10. 돼지 소화기 및 호흡기 질병 원인체 분리, 동정 균주 수

구분	균종	분리 균주 수	비고
호흡기계	<i>P. multocida</i>	49	
	<i>A. pleuropneumoniae</i>	41	
	<i>B. bronchiseptica</i>	14	
소화기계	<i>E. coli</i>	108	
	<i>S. typhimurium</i>	26	
	<i>C. perfringens</i>	31	

나) 주요 돼지 호흡기 및 소화기 질병 원인균에 대한 항생제 감수성 검사

주요 돼지 호흡기 및 소화기 질병 원인균에 대한 항균제 내성을 조사한 결과 표 3-4-11에서와 같은 결과를 얻었다. 공시 균주에 따라서 약제 감수성은 차이가 있었으나 대체로 chloramphenicol, tetracycline계 약제, β -lactam계 약제 그리고 설파제 등에 대하여는 내성 정도가 높았고 비교적 최근에 개발된 퀴놀론계 약제에 대하여는 감수성이 높은 것으로 나타났다.

다) 설사 자돈으로부터 분리한 *E. coli*의 독소형 및 plasmid profile 분석

(1) *E. coli*의 독소형 분석

대장균에서 생성되는 장독소 유전자의 보유양상을 조사하기 위하여 이들 유전자에 특이적인 primer를 Genebank에서 얻은 정보를 이용하여 작성하였고, 이들 primer를 이용하여 STa와 LT 장독소 유전자를 증폭한 결과, 그림 3-4-1에서와 같이 165 bp와 417 bp 크기의 STa 및 LT 유전자가 증폭되었다.

표 3-4-11. 주요 돼지 소화기 질병 원인균의 항생제 감수성

항 생 제	원 인 체								
	<i>E. coli</i> (n = 108)			<i>C. perfringens</i> (n = 31)			<i>S. typhimurium</i> (n = 26)		
	R*	I**	S***	R	I	S	R	I	S
Amikacin (AM)	5	58	45	1	-	30	6	0	20
Ampicillin (AN)	82	1	25	27	-	4	0	1	25
Bacitracin (B)	108	0	0	3	-	28	26	0	0
Carbenicillin (CB)	76	0	32	1	-	30	8	0	18
Cefaguard (CEQ)	0	3	105	0	-	31	0	0	26
Ceftiofur (XNL)	0	2	106	0	-	31	4	0	22
Chloramphenicol (C)	77	7	24	2	-	29	10	1	15
Colistin (CL)	4	68	36	26	-	5	17	9	0
Danofloxacin (DFX)	-	-	-	-	-	-	0	0	26
Enrofloxacin (ENR)	43	8	57	0	-	31	0	0	26
Gentamicin (GM)	57	32	19	18	-	13	2	14	10
Nalidixic acid (NA)	70	9	29	4	-	27	0	2	24
Neomycin (N)	72	28	8	24	-	7	1	25	0
Norfloxacin (NOR)	42	8	58	0	-	31	0	0	26
Streptomycin (S)	103	3	2	26	-	5	26	0	0
Tetracycline (Te)	92	11	5	1	-	30	16	2	8
Trimetoprim/ Sulfamethoxazole (SXT)	93	2	13	24	-	7	9	3	14
Vancomycin (VA)	105	2	1	-	-	-	26	0	0

* R : Resistant, ** I : Intermediate, *** S : Susceptible

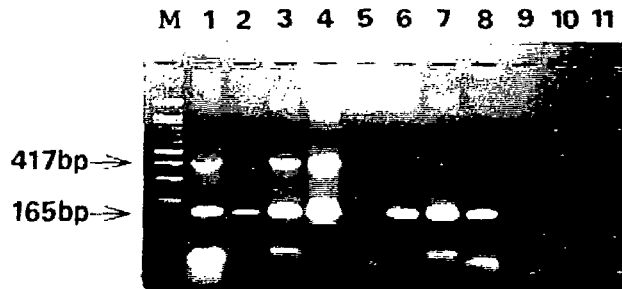


그림 3-4-1. Multiplex PCR을 이용한 *E. coli* ST와 LT gene 증폭의 전기영동 분석 결과, Lane M: Molecular weight marker (100bp ladder), lane 1: positive control (*E. coli* O148:728, ST⁺, LT⁺). lanes 2-4: *E. coli* isolates (ST⁺, LT⁺), lane 5: negative control (no template DNA), lanes 6-8: *E. coli* isolates (ST⁺, LT⁺), and lanes 9-11: *E. coli* isolates (ST⁺, LT⁺)

표 3-4-12. 주요 돼지 호흡기 질병 원인균의 항생제 감수성

항 생 제	원 인 체								
	<i>P. multocida</i> (n = 49)			<i>B. bronchiseptica</i> (n = 14)			<i>A. pleuropneumonica</i> (n = 41)		
	R*	I**	S***	R	I	S	R	I	S
Amikacin (AM)	29	6	14	8	1	5	15	4	22
Ampicillin (AN)	3	11	35	0	12	12	9	11	18
Bacitracin (B)	8	30	10	11	1	2	3	9	29
Carbenicillin (CB)	7	2	40	1	2	11	3	8	30
Chloramphenicol (C)	9	2	37	1	0	13	3	0	38
Colistin (CL)	46	2	1	0	2	12	3	22	16
Gentamicin (GM)	12	3	33	1	6	7	9	10	22
Nalidixic acid (NA)	8	22	19	0	1	13	10	3	28
Neomycin (N)	6	19	23	0	2	12	12	17	12
Norfloxacin (NOR)	7	1	14	0	4	10	0	0	41
Streptomycin (S)	19	20	9	14	0	0	19	3	19
Tetracycline (Te)	27	2	20	0	0	14	3	5	33
Trimetoprimе/	44	2	3	10	0	4	10	4	27
Sulfamethoxazole (SXT)									
Vancomycin (VA)	7	36	5	14	0	0	19	6	16

* R : Resistant, ** I : Intermediate, *** S : Susceptible

설사자돈에서 분리한 대장균 108주에 대하여 LT 및 STa 유전자의 분포를 PCR 기법을 이용하여 조사한 결과 표 3-4-13에서와 같이 *E. coli*의 독소형을 분석한 결과 공시균주 중 약 27%에서 내열성 독소 또는 내열성 독소와 이열성 독소를 동시에 보유한 것으로 나타나 이들 독소가 대장균 감염증에 의한 소화기 유발에 중요한 요인의 하나로 작용하는 것으로 나타났다.

표 3-4-13. *E. coli*의 독소형

Toxins	균 주 수 (n=108)
Heat-stable toxin (ST)	18 (16.7%)
Heat-labile toxin (LT)	0
ST & LT	11 (10.2%)

(2) 섬모 유전자의 분포

설사 분변으로부터 분리한 대장균의 섬모 유전자 분포양상을 조사하기 위하

여 multiplex PCR 기법을 이용하여 K88과 987P 섬모 유전자를 증폭한 결과 그림 3-4-2와 같이 184 bp와 350 bp 크기의 K88과 987 P 섬모 유전자가 증폭되었다.

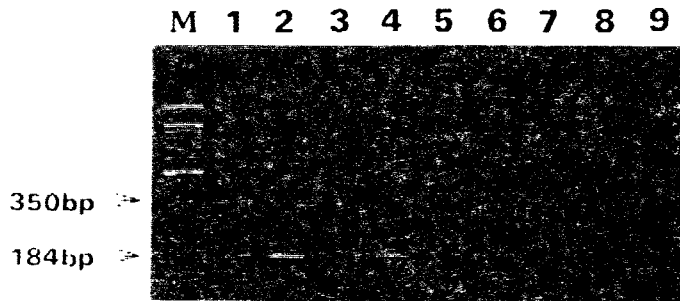


그림 3-4-2. Multiplex PCR을 이용한 *E. coli* K88과 987P gene 증폭의 전기영동 분석 결과, Lane M: Molecular weight marker (100bp ladder), lane 1: positive control (K88⁺, 987P⁺), lanes 2-5: *E. coli* isolates (K88⁺), lanes 6-8: *E. coli* isolates (K88⁺, 987P⁺), lane 9: negative control (no template DNA)

(3) 분리 원인균의 plasmid profile 분석

실사 자돈에서 분리한 대장균에서 plasmid 분포양상을 조사한 결과 표 3-4-14에 서와 같이 총 54주 (52.9%)가 plasmid를 함유하고 있었으며, 크기는 125 kb에서부 터 1.1 kb까지로 다양하였으며 함유하고 있는 plasmid의 수도 1개에서 9개까지로 다양하였다. Plasmid의 크기 및 수와 장독소 또는 pili 유전자 보유간에는 상관관 계는 확인할 수 없었다.

라) 돼지 폐렴병소로부터 분리한 *P. multocida*의 plasmid profile 및 *toxA* 유전 자 분포

(1) 분리 원인균의 plasmid profile 분석

돼지 폐렴병소로부터 분리한 *P. multocida* 40주에 대하여 plasmid 보유양상을 조사한 결과 표 3-4-15와 같이 21주 (52.5%)가 plasmid를 보유하고 있지 않았으며 19주 (47.5%)만이 plasmid를 보유하고 있었다. 이들은 보유양상에 따라서 5가지 형태로 구분할 수 있었으며 plasmid size는 약 53.3 kb에서부터 2.4 kb까지 다양하 게 나타났다.

(2) *toxA* 유전자의 검출

P. multocida 3A 및 4D 표준주 및 야의 분리주의 *toxA* 유전자 함유여부를

PCR 기법을 이용하여 검색한 결과 그림 3-4-3과 같이 약 846 bps 크기의 유전자를 증폭할 수 있었다. 돼지 폐렴병소에서 분리, 동정된 *P. multocida* 야의 분리주 39주에 대하여 PCR 기법을 이용하여 *toxA* 유전자를 검색한 결과 표 3-4-16에서 보는 바와 같이 검사 균주의 77% (30주)가 *toxA* 유전자를 보유하고 있었고, 나머지 23% (9주)는 보유하고 있지 않았다.

표 3-4-14. 설사 자돈에서 분리한 대장균의 Plasmid profile과 장독소 및 pili 유전자 보유간의 상관관계

No.	Size of Plasmids (Kb)	Enterotoxin	Pili	No.	Size of plasmids (Kb)	Enterotoxin	Pili
I-1		ST ⁺		II-12	6.6		
I-4		ST ⁺ , LT ⁺	K88 ⁺	II-13	2.7		
I-5			K88 ⁺	II-14		ST ⁺	K88 ⁺
I-6			K88 ⁺	II-15	5.9		
I-7	125		K88 ⁺	II-19	2.7		
I-9	125, 5.3			II-23	125, 4.4		
I-11		ST ⁺		II-25			K88 ⁺
I-14			K88 ⁺	II-26	1.8		
I-17		ST ⁺ , LT ⁺	K88 ⁺	II-27	3.3		
I-18		ST ⁺ , LT ⁺	K88 ⁺	II-28	5.3		
I-22	125, 3.5, 2.2			II-29	125, 3.8, 3.2		
I-24	125, 3.8			II-30	5.2, 3.5		
I-25	125, 3.8		K88 ⁺	II-33	125, 2.5		
I-26	125, 4.1, 2.4			II-34	4.0	ST ⁺ , LT ⁺	
I-27	125, 3.3, 2.6, 2.3	ST ⁺		II-35	4.4	ST ⁺	
I-28		ST ⁺		II-36	3.7, 1.2	ST ⁺	
I-32	3.8	ST ⁺ , LT ⁺	K88 ⁺	II-39	125, 4.0	ST ⁺	
I-33		ST ⁺ , LT ⁺		II-40	3.5	ST ⁺	K88 ⁺
I-34	4.1			II-41	4.4	ST ⁺ , LT ⁺	
I-35	125, 3.8			II-42	5.3, 1.1	ST ⁺ , LT ⁺	K88 ⁺
I-36			K88 ⁺	II-43	3.4	ST ⁺	
I-37	4.1, 2.9, 1.9			II-44	6.6		
I-38	3.8			II-45	125, 7.8, 4.4, 3.7, 3.2, 2.6, 2.3, 1.7, 1.5		
I-39	5.3, 3.8, 2.7, 1.4	ST ⁺		II-46	9.4, 4.4, 2.8, 2.2, 1.6		
I-41	125, 4.1			II-48	1.7	ST ⁺	K88 ⁺
I-42	125, 4.4, 2.3			II-49		ST ⁺	K88 ⁺
II-2	125, 4.4, 3.9			II-50	1.7	ST ⁺ , LT ⁺	K88 ⁺
II-3	125			II-51	5.9		
II-4		ST ⁺		II-53	2.3	ST ⁺	
II-6	125	ST ⁺ , LT ⁺	K88 ⁺	II-55	8.8, 2.9	ST ⁺	
II-7	125, 3.8, 2.1	ST ⁺		II-56	4.4, 3.2		
II-8	2.3	ST ⁺		II-57	5.9		
II-9	125, 4.4			II-59	5.9, 4.4, 4.0, 3.2		
II-11	4.4, 2.3			II-60	125, 8.2, 4.9, 4.0, 3.1	ST ⁺ , LT ⁺	

표 3-4-15. 돼지 폐렴병소로부터 분리한 *P. multocida*의 plasmid 보유양상

Plasmid profile의 형태	분리 균주수	Plasmid의 크기 (kb)
I	2	53.3
II	2	2.49
III	3	5.84
IV	10	5.52, 2.72
V	2	8.37, 6.56, 3.88, 3.06

나. 돈사 환경 위생에 관한 연구

본 연구에서는 제3세부과제를 지원하기 위하여 돈사의 환경 위생에 관한 연구를 수행하였다.

1) 각 양돈장별 돈사 청정도 검사

가) 돈사내 낙하세균수

각기 사육 규모가 다른 양돈장별로 환경관련 주요 미생물 분포 상황을 파악함으로써 사육환경에 따른 생산오염 가능성을 확인코저 각 돈사의 문과 창에서 대장균군, 일반세균 그리고 진균류를 중심으로 공기 오염도를 조사한 결과 표 3-4-17에서와 같은 결과를 얻었다. 모든 돈사에 있어서 대체로 문에 비하여 창에서의 오염도가 높았으며 모든 균이 문제시되었지만 특히 진균류가 많이 검출되어 창문에 대한 주기적인 청결 및 방제대책이 필요함을 알 수 있었다.

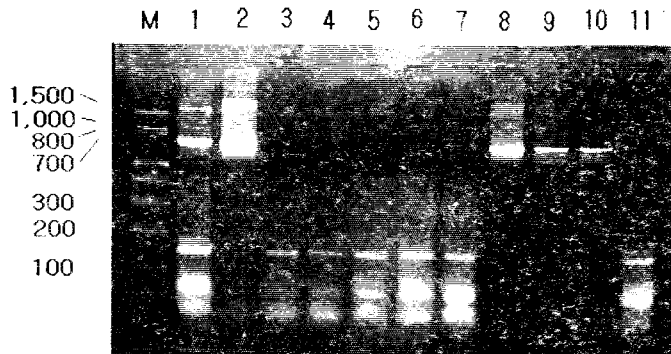


그림 3-4-3. PCR에 의한 *P. multocida* 3A 및 4D 표준주 및 야외 분리주의 *toxA* 유전자 증폭의 전기영동 결과, Lane M: Molecular weight marker (100bp ladder), lane 1: *P. multocida* 3A, lane 2: *P. multocida* 4D, lane 3-6: nonotoxicogenic strains of *P. multocida* isolates, lane 7-10: toxicogenic strains of *P. multocida* isolates, lane 11: negative control (no template DNA)

표 3-4-16. 돼지 폐렴병소로부터 분리한 *P. multocida* 야의 분리주의 *toxA* 유전자의 검출

<i>toxA</i> 유전자의 검출	분리 균주수
양성	30 (77%)
음성	9 (23%)

표 3-4-17. 돈사내 낙하 세균수 조사 (양돈장별)

돈사구분	위치	균종	균 수				비고
			1 차	2 차	3 차	4 차	
A	문	대장균군	4	0	5	0	
		일반세균	163	43	1155	3480	
		진균류	37	9	53	37	
	창	대장균군	3	0	4	7	
		일반세균	83	121	870	4680	
		진균류	32	+	36	1950	
B	문	대장균군	1	0	1		
		일반세균	29	39	224		
		진균류	41	3	76	돈사를	
	창	대장균군	0	0	0	A와 합사	
		일반세균	86	55	206		
		진균류	20	8	26		
C	문	대장균군	1	미실시	0	0	
		일반세균	44	"	26	465	
		진균류	14	"	8	11	
	창	대장균군	2	"	1	0	
		일반세균	190	"	134	405	
		진균류	79	"	26	16	
D	문	대장균군	0	"	1	0	
		일반세균	18	"	77	825	
		진균류	9	"	20	41	
	창	대장균군	2	"	0	1	
		일반세균	110	"	235	1740	
		진균류	26	"	56	81	

나) 각 양돈장별 낙하세균 분리, 동정 결과

일반 한천배양법 및 순간공기흡입장치 (Satorius)를 이용하여 낙하세균 분리 및 동정 시험 결과 *Staphylococcus auricularis*, *Streptococcus uberis*, *E. coli*, *Enterococcus* (2주), *Micrococcus* (2주), *Salmonella* (OC)의 총 9주를 분리하였다.

다) 돈사내 음수 오염균 조사

3회에 걸친 음수의 총세균과 Coliform Count 결과, 각각 평균 1,467,968 cfu/ml, 65,445 cfu/ml이었으나 종합적인 방제대책 (주기적인 음수 오염도 조사, 정수 및 배설구 소독 등) 수립과 적용에 따른 2차와 3차 검사결과 총세균 10,000 cfu/ml, Coliform 250 cfu/ml 이하를 유지하였다. 또한 주요 위해 세균에 대한 분리. 동정 결과 *Salmonella*, *Listeria*의 경우 분리가 되지 않았고, *E. coli*와 *Staphylococcus spp.*는 각각 12.5% (1/8), 62.5% (5/8)의 분리율을 보였다.

라) 신축돈사 청정도 검사

(1) 신축 설계 및 일반 돈사내 낙하 세균수 조사

본 과제에서 설계제안된 신축 및 일반 돈사의 환경 위생을 일반세균류 장내세균류 진균류를 중심으로 오염도를 측정된 결과는 다음 표 3-4-18과 같이 문쪽에 비해 창가쪽에 더 높은 오염도를 나타냈으며 진균류의 오염도가 보다 증가한 것으로 관찰되었다. 따라서 외부환경요인에 의한 오염도를 줄이기 위하여 필터를 장착한 환기시설을 이용하거나 공기흐름의 방향을 조절함으로써 외부의 오염요인이 돈사로 유입되지 않도록 하는 방안이 필요할 것으로 사료되었다.

표 3-4-18. 신축 및 일반 돈사내 낙하 세균수 조사

돈사구분	위치	균종	균 수		비고
			1차	2차	
A돈사 (신축돈사)	창	일반세균	4706	720	
		장내세균류	2	0	
		진균류	2155	-	
	중앙	일반세균	5442	1980	
		장내세균류	2608	0	
		진균류	3232	-	
	문	일반세균	2	131	
		장내세균류	2	0	
		진균류	737	-	
B돈사 (구 돈사)	창	일반세균	1758	600	
		장내세균류	8	2	
		진균류	851	-	
	중앙	일반세균	2552	2280	
		장내세균류	9	53	
		진균류	1304	-	
	문	일반세균	2721	4580	
		장내세균류	4	2	
		진균류	794	-	

(2) 낙하세균 분리, 동정 결과

돈사내 낙하세균 분리 동정결과 신축돈사에서 의 오염도가 신축 당시에 비해 공기 유입 등의 방안제시와 함께 크게 감소하였으며 또한, *E. coli*, *Enterococcus* 등과 같은 일반 장내 미생물은 분리되었으나 *Salmonella*, *Staphylococcus spp.*, *Salmonella* 등과 같은 주요 병원성 미생물은 분리되지 않았다.

(3) 돈사내 음수 오염균 조사

2회에 걸친 돈사에 공급되어지는 음수에 대한 오염도 조사 결과 신축돈사에서 일반세균은 1040 cfu/ml, 대장균은 불검출 수준의 낮은 오염도를 나타내었다.

다. 청정돈 생산 저해 질병별 감수성 약제 선발

1) 가검물 분리주에 대한 항생제 감수성 검사 결과

주요 소화기 및 호흡기 원인균 (*E. coli*, *P. multocida*, *A. pleuropneumonia*) 에 대한 항생제 감수성 시험 결과 최근 개발되어진 Cefitiofur에는 높은 감수성을 보였으나 기존에 사용되어져 왔던 항생제에 대해서는 대부분 높은 내성을 보이고 있어 약제 사용에 신중한 고려가 필요할 것으로 사료되었다.

2) 선발약제 이용 효과적인 적용 프로그램 개발 여부

검사의뢰 되어진 가검물로부터 분리한 주요 소화기 및 호흡기 질병 원인체에 대한 항생제 감수성 시험 결과 대부분의 분리주가 10가지 이상의 약제에 내성을 보이고 있었으며 소화기 원인체의 경우 최근 사용되어진 Enrofloxacin에 대하여도 50%이상의 높은 내성율을 보이고 있음을 알 수 있었다.

라. 출하일령에 따른 출하돈의 도체병변 결과

1) 출하돈의 폐병변검사

출하일령을 160일령, 170일령 및 180일령으로 경기도 중부지역 D양돈장 180두, 서울대학교 영양실험 H양돈장의 돈사 139두 및 돈사환경실험 C양돈장의 돈사 150두 등의 총 469두에 대하여 폐병변을 검사하였던 바 표 3-4-19 및 표 3-4-20과 같다.

표 3-4-19. 출하일령에 따른 출하돈의 폐병변 및 폐병변 지수

농장	출하일령 (일)	Pulmonary lesions (%)								평균 폐병변 지수
		검사두수	0* (0)**	1-10 (1)	11-20 (2)	21-30 (3)	31-40 (4)	>40 (5)		
D	160	60	2 (3.3)	16 (26.7)	22 (36.7)	10 (16.7)	8 (13.3)	2 (3.3)	2.3	
	170	60	10 (16.7)	24 (40.0)	21 (35.0)	4 (6.7)	1 (1.6)	0 (0)	1.7	
	180	60	5 (8.3)	22 (36.7)	19 (31.6)	10 (16.7)	4 (6.7)	0 (0)	1.9	
계		180	17 (9.3)	62 (34.3)	62 (34.3)	25 (13.8)	13 (7.2)	2 (1.1)	1.97	
H	160	35	3 (8.6)	7 (20.0)	13 (37.1)	10 (28.6)	2 (5.7)	0 (0)	2.2	
	170	50	14 (28.0)	18 (36.0)	15 (30.0)	1 (2.0)	1 (2.0)	1 (2.0)	1.7	
	180	54	3 (5.6)	23 (42.6)	17 (31.5)	10 (18.5)	1 (1.8)	0 (0)	1.7	
계		139	20 (14.4)	48 (34.5)	45 (32.4)	21 (15.1)	4 (2.9)	1 (0.7)	1.7	
C	160	50	11 (22.0)	39 (78.0)	0 (0)	0 (0)	0 (0)	0 (0)	1.0	
	170	50	18 (36.0)	31 (62.0)	1 (2.0)	0 (0)	0 (0)	0 (0)	1.0	
	180	50	27 (54.0)	22 (44.0)	1 (2.0)	0 (0)	0 (0)	0 (0)	1.0	
계		150	56 (37.4)	92 (61.3)	2 (1.3)	0 (0)	0 (0)	0 (0)	1.0	

* 폐병변, ** 폐병변 지수

표 3-4-20. 출하일령에 따른 출하돈의 폐병변과 흉막염

농장	출하일령 (일)	검사두수 (%)	유행성폐렴	흉막폐렴	흉막염	평균 폐병변 지수
			두수 (%)	두수 (%)	두수 (%)	
D	160	58	48 (82.8)	5 (8.6)	5 (8.6)	20.9
	170	50	45 (90.0)	2 (4.0)	3 (6.0)	18.2
	180	55	37 (67.3)	6 (10.9)	12 (21.8)	19.6
계		163	130 (79.8)	13 (7.9)	20 (12.3)	19.57
H	160	32	25 (78.1)	4 (12.5)	3 (9.4)	20.5
	170	36	27 (75.0)	3 (8.3)	6 (16.7)	19.9
	180	51	46 (90.2)	3 (5.9)	2 (3.9)	18.7
계		119	98 (82.4)	10 (8.4)	11 (9.2)	19.7
C	160	39	35 (89.7)	0 (0)	4 (10.3)	3.0
	170	32	31 (96.9)	0 (0)	1 (3.1)	5.5
	180	23	20 (86.9)	1 (4.4)	2 (8.7)	7.3
계		94	86 (91.5)	1 (1.0)	7 (7.5)	5.3

2) 위축성 비염 (Atrophic rhinitis)

양돈장의 출하일령에 따른 출하돈의 위축성 비염병변 발현율은 표 3-4-21과 같다.

표 3-4-21. 출하일령에 따른 출하돈의 위축성 병변의 발현

농장	출하일령 (일)	검사두수 (%)	Incidence to grade of snot score					Mean score	
			0	1	2	3	4		5
D	160	8/12 (66.7)	4 (33.4)	3 (25.0)	3 (25.0)	1 (8.3)	1 (8.3)	0 (0)	2.0
	170	10/12 (83.3)	2 (16.7)	5 (41.6)	3 (25.0)	2 (16.7)	0 (0)	0 (0)	1.7
	180	9/12 (75.0)	3 (25.0)	2 (16.7)	3 (25.0)	3 (25.0)	1 (8.3)	0 (0)	2.3
계		27/36 (75.0)	9 (25.0)	10 (27.8)	9 (25.0)	6 (16.7)	2 (5.5)	0 (0)	2.0
H	160	3/7 (42.9)	4 (57.1)	1 (14.3)	0 (0)	2 (28.6)	0 (0)	0 (0)	2.3
	170	6/10 (60.0)	4 (40.0)	4 (40.0)	2 (20.0)	0 (0)	0 (0)	0 (0)	1.3
	180	4/10 (40.0)	6 (60.0)	1 (10.0)	2 (20.0)	1 (10.0)	0 (0)	0 (0)	2.0
계		13/27 (48.2)	14 (51.9)	6 (22.2)	4 (14.8)	3 (11.1)	0 (0)	0 (0)	1.87
C	160	4/10 (40.0)	6 (60.0)	3 (30.0)	1 (10.0)	0 (0)	0 (0)	0 (0)	1.3
	170	6/10 (60.0)	4 (40.0)	3 (30.0)	2 (20.0)	1 (10.0)	0 (0)	0 (0)	1.7
	180	5/10 (50.0)	5 (50.0)	2 (20.0)	2 (20.0)	1 (10.0)	0 (0)	0 (0)	1.8
계		15/30 (50.0)	15 (50.0)	8 (26.7)	5 (16.7)	2 (6.6)	0 (0)	0 (0)	1.6

3) 간회충반점 (Liver milk spots)

출하돈의 간회충반점의 출현과 병변정도는 표 3-4-22와 같다.

표 3-4-22. 출하일령에 따른 간회충반점 출현과 병변정도

농장	출하일령 (일)	검사두수	Incidence (%) of liver white spot score			양성두수 (%)
			0	1	2	
D	160	60	46 (76.7)	10 (16.7)	4 (6.6)	14 (23.3)
	170	60	45 (75.0)	10 (16.7)	5 (8.3)	15 (25.0)
	180	60	46 (76.7)	11 (18.3)	3 (5.0)	14 (23.3)
계		180	137 (76.1)	31 (17.2)	12 (6.7)	43 (23.9)
H	160	35	27 (77.1)	7 (20.0)	1 (2.9)	8 (22.9)
	170	50	38 (76.0)	9 (18.0)	3 (6.0)	12 (24.0)
	180	54	47 (87.0)	5 (9.3)	2 (3.7)	7 (13.0)
계		139	112 (80.6)	21 (15.1)	6 (4.3)	27 (19.4)
C	160	50	42 (84.0)	6 (12.0)	2 (4.0)	8 (16.0)
	170	50	44 (88.0)	4 (8.0)	2 (4.0)	6 (12.0)
	180	50	43 (86.0)	4 (8.0)	3 (6.0)	7 (14.0)
계		150	129 (86.0)	14 (9.3)	7 (4.7)	21 (14.0)

4) 증식성 회장염 (Proliferative ileitis)

출하돈의 증식성 회장염에 대한 검사로서 회장 말단부의 비후소견은 C양돈장과 H양돈장에서는 관찰할 수 없었으나 D양돈장에서는 3예에서 관찰되었다 (표 3-4-23).

표 3-4-23. 출하일령에 따른 회장 비후 출현율

농장	출하일령 (일)	검사두수	정상회장 두수	회장비후 두수	출현율 (%)
D	160	60	58	2	3.3
	170	60	60	0	0
	180	60	59	1	1.7
계		180	177	3	1.7
H	160	35	35	0	0
	170	50	50	0	0
	180	54	54	0	0
계		139	139	0	0
C	160	50	50	0	0
	170	50	50	0	0
	180	50	50	0	0
계		150	150	0	0

마. 숙주 면역 증진 비특이 면역 증강제 선발 여부

최근 축산식품에서 크게 논란이 되고 있는 항균제 및 소독제 등의 잔류문제를 해소하고, 생체면역 증진을 통한 질병방제 및 생산성 향상 연구 노력이 전세계적으로 이루어지고 있어, 국내에서 이용되고 있는 비특이 면역 증강제 중 2종 (Tx-1, Tx-2)을 선발하여 야외적용시험을 실시함으로써 그 적용 가능성을 파악코자 하였다.

1) 비특이 면역 증강제 투여에 따른 돼지 생체 혈액내 백혈구 아집단 분포 비율

가) CD4⁺ 림프구의 비율

세균 및 바이러스에 대한 생체면역을 주관하는 CD4⁺ T 림프구 분포 비율의 변화를 조사하였던 바, 그림 3-4-4에서와 같이 비특이 면역 증강제 투여군이 비투여군에 비해 투여 3주경부터 증가하기 시작하여 8주경에는 유의성 있는 높은 비율을 나타내었다.

나) CD8⁺ 림프구의 비율

그림 3-4-5에서와 같이 바이러스 및 세포내 기생 미생물의 제거에 주요한 역할을 하는 CD8⁺ T 림프구 분포 비율 조사 결과, 비특이 면역 증강제 투여군에서 투여 3주경부터 증가하였으며 이는 13주까지 지속하여 비투여군에 비해 유의성 있는 높은 비율을 나타내었다.

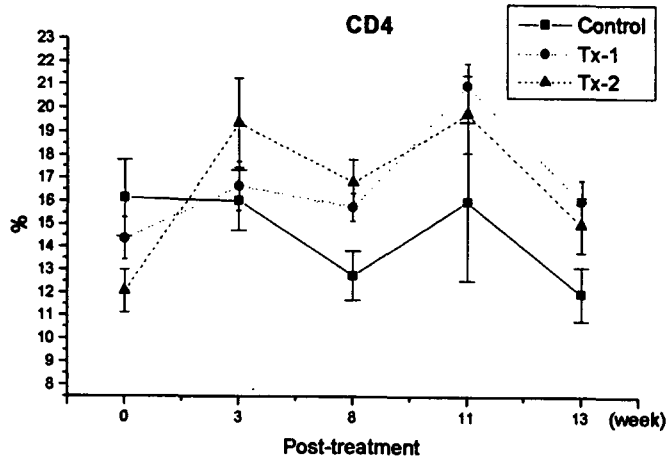


그림 3-4-4. 비특이 면역 증강제-1 투여군 (Tx-1)과 비특이 면역 증강제-2 투여군 (Tx-2), 비투여군 (Control)의 CD4⁺ T 림프구의 분포 비율

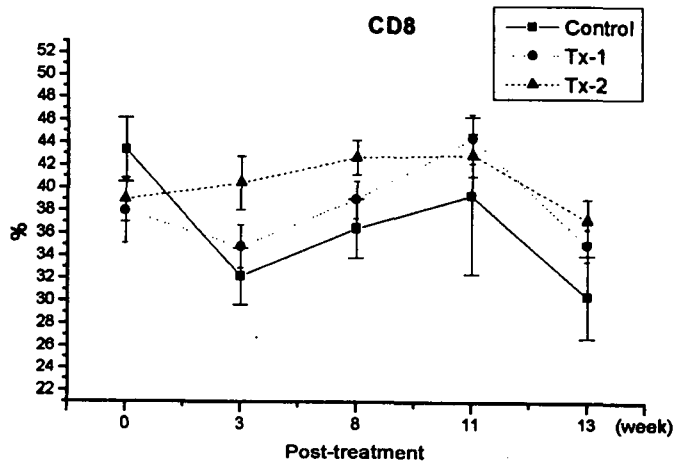


그림 3-4-5. 비특이 면역 증강제-1 투여군 (Tx-1)과 비특이 면역 증강제-2 투여군 (Tx-2), 비투여군 (Control)의 CD8⁺ T 림프구의 분포 비율

다) MHC class II 발현세포의 비율

숙주 생체 침입 미생물에 대한 탐식작용 및 세포성 면역 형성을 위한 항원전달 역할을 하고 있는 macrophage가 대부분인 MHC class II 발현세포의 경우 그림 3-4-6에서와 같이 비특이 면역 증강제 투여군에서 유의성 있게 높은 비율을 나타내었다.

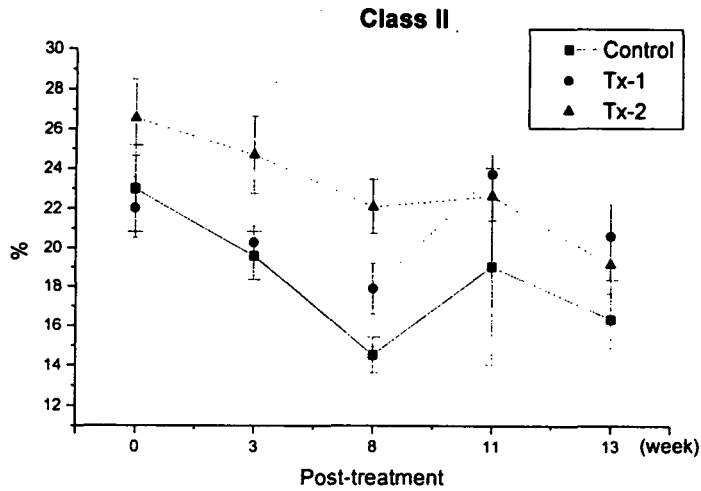


그림 3-4-6. 비특이 면역 증강제-1 투여군 (Tx-1)과 비특이 면역 증강제-2 투여군 (Tx-2), 비투여군 (Control)의 MHC class II 발현세포의 분포 비율

라) Non T/Non B (N 림프구)의 비율

세포내 기생 바이러스 및 세균에 대항하는 림프구로 알려져 있는 N 세포의 분포비율도 그림 3-4-7과 같이 비특이 면역 증강제-2 투여군에서 투여 3주 경과 부터 유의성 있는 높은 비율을 나타내었다.

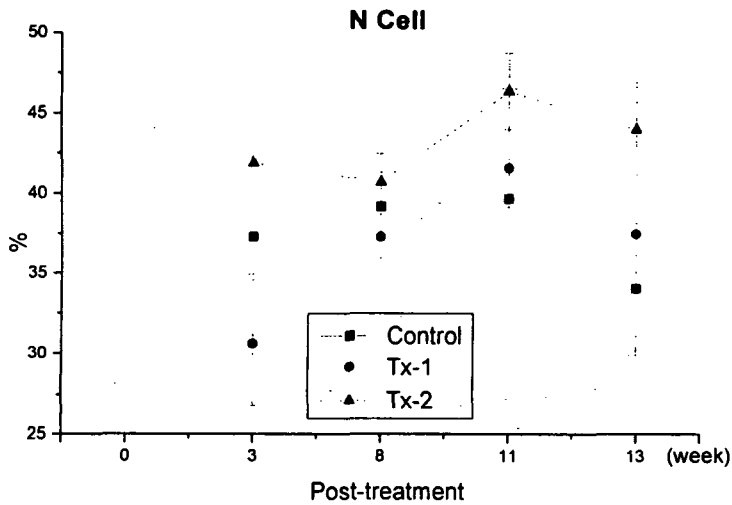


그림 3-4-7. 비특이 면역 증강제-1 투여군 (Tx-1)과 비특이 면역 증강제-2 투여군 (Tx-2), 비투여군 (Control)의 Non T/Non B (N 림프구)의 분포 비율

2) 혈액 및 림프절의 백혈구 활성화력 측정

그림 3-4-8과 그림 3-4-9에서와 같이 비특이 면역 증강제 투여군에서 Con A, PHA, PWM, LPS의 자극에 의한 림프구 증식성이 높은 stimulation index (SI)를 나타내었다.

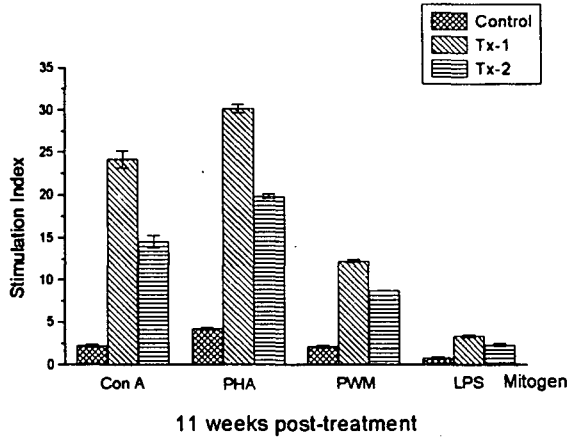


그림 3-4-8. 비특이 면역 증강제-1 (Tx-1), 비특이 면역 증강제-2 (Tx-2), 비특이군 (Control) 말초혈액 림프구의 mitogen (Con A, PHA, PWM, LPS) 자극에 대한 stimulation index (SI)

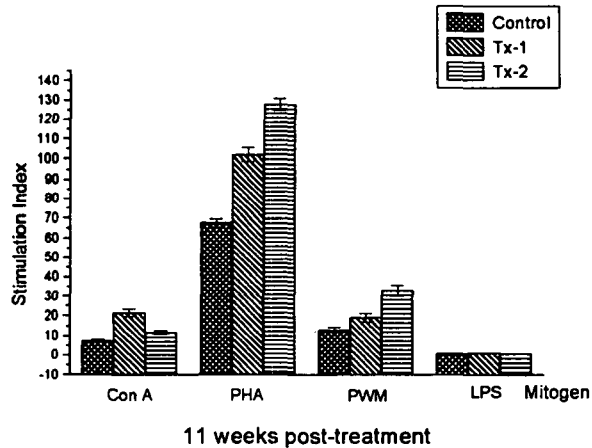


그림 3-4-9. 비특이 면역 증강제-1 (Tx-1), 비특이 면역 증강제-2 (Tx-2), 비특이군 (Control) 장간막 림프절 림프구의 mitogen (Con A, PHA, PWM, LPS) 자극에 대한 stimulation index (SI)

바. 주요 바이러스 질병 방제 백신 적용 프로그램 개발 여부

생산규모 500두 (모돈 50두) 이상 양돈장 20개소를 대상으로 돼지콜레라 (HC), 돼지 생식기 호흡기 증후군 (PRRS), 전염성 위장염 (TGE), 오제스키병 (AD) 백신프로그램 효과를 조사하였다.

1) 바이러스 분리 및 특성조사

돼지 콜레라바이러스 (HCV), 돼지 오제스키 바이러스 (PRV), 돼지 인플루엔자 바이러스 (SIV), 돼지 circo 바이러스 (PCV), 돼지 생식기 호흡기 증후군 바이러스 (PRRSV)를 분리하고, 그 특성을 조사한 결과는 다음과 같다.

표 3-4-24. 바이러스 분리 및 특성 조사

분리바이러스		특성	병원성 조사
HCV, B97-136	1주	만성형	Lethality ; < 5%
PRV	2주	호흡기형	Growth Retardation
SIV	2주	-	-
PCV I	3주	비병원성	-
PCV II	6주	-	PMWS-associated
PRRSV	3주	호흡기형	TR score ; < 2.0
6종	17주		

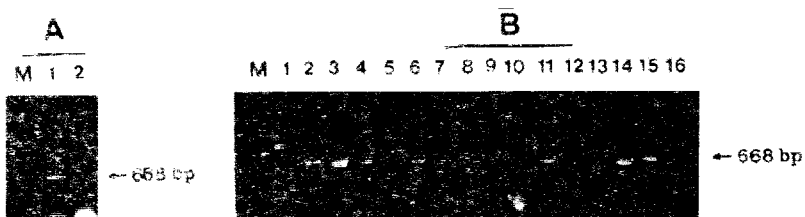


그림 3-4-10. A, PRRSV 검출을 위한 primer를 이용한 RT-PCR의 sensitivity, Lane M: molecular weight marker (100bp ladder), lane 1: PRRSV (VR-2332) infected MARC-145 cells, lane 2: MARC-145 cells, B, 호흡기 증상을 나타내는 돼지로부터 RT-PCR을 이용한 PRRSV의 검출

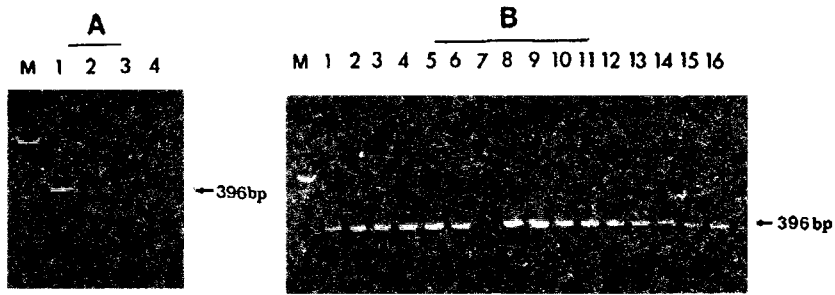


그림 3-4-11. A, Specificity of the primers for the differentiation PCV type 1 and 2. Lane M: molecular weight marker (50bp ladder), lanes 1-2: PCV primer (VF-1과 VR-1)를 이용한 PCV 감염 PK-15 cell과 PCV free PK-15 cell로부터 추출한 DNA, lanes 4-5: PCV-2 primer (VF-2, VR-2)를 이용한 PCV 감염 PK-15 cell과 PCV free PK-15 cell로부터 추출한 DNA, B, Field sample로부터 type 1 PCV의 검출



그림 3-4-12. Postweaning Multisystemic Wasting Syndrome (PMWS)을 나타내는 돼지로부터 type II PCV의 검출, Lane M: molecular weight maker (50 bp ladder)

2) 양돈장의 백신프로그램 분석

양돈장의 생산 규모별로 백신프로그램을 분석한 결과는 표 3-4-25과 같다.

4. 요약

가. 청정돈육 생산 저해 질병 원인체 분포 조사

1) 주요 바이러스성 질병 항체 분포 및 질병 발생 양상

국가적 박멸계획에 따라 진행되고 있는 돼지콜레라는 90% 이상의 높은 항체가를 보여 조기에 야외발생제어의 가능성을 암시하였으며, 오제스키의 경우는 최근 산발적 확산 경향을 보이고 있으나 조사대상 농장에서는 야외항체가 검출되

지 않았다. 주요 설사병의 원인으로 지목되고 있는 바이러스 설사병 (TGE와 PED)은 아직 미흡한 수준의 면역으로 지속적 예방이 요구되며, PRRS는 주로 이 유사돈의 시기에 감염이 확산되는 것으로 확인되었다.

표 3-4-25. 양돈장의 백신프로그램 분석

농장규모 (모돈수)	농장명 (모돈수)	백신프로그램 (주)				
		HC**	PRRS	TGE/PED (분만전)	AD	호흡기
100두미만	A (70)	5, 8	-	-	-	1, 3
	B (55)	6, 8	-	4, 2	-	1, 3, 5, 7
	C (80)	6, 8	-	4	-	1, 3
	D (80)	6, 8	-	-	-	3, 5, 7
	E (80)	6, 8	-	5, 2	-	1, 3
100~<150	ㄱ (120)	5, 8	-	5, 2	-	1, 3
	ㄴ (100)	5, 8	-	2	-	2, 4
	ㄷ (130)	5, 8	?	-	-	1, 3, 5, 7
	ㄹ (120)	5, 8	-	-	-	1, 3
	ㅁ (120)	6, 8	3주	4, 2	-	1, 3, 5, 7
150~<200	① (160)	5, 8	-	-	-	1, 3, 5, 7
	② (180)	5, 7	?	4, 2	-	3
	③ (150)	6, 9	?	4, 2	-	-
	④ (195)	6, 8	?	5, 3	-	1, 3
	⑤ (150)	6, 8	-	4, 2	+	1, 3
200두 이상	가 (1000)	5, 8	-	-	-	1, 3
	나 (250)	6, 8	-	2	년 2회	15
	다 (300)	6, 8	?	4, 2	-	1, 3, 6, 10
	라 (1200)	6, 8	?	4, 2	-	1, 3
	마 (250)	6, 8	3주	-	년 2회	1, 3

* 1차년도와 2차년도의 항체보유 상황과 2차년도의 병인체 분리결과에 따른 현재 사용중인 백신프로그램, ** National vaccination program recommended.

? PRRS vaccination needed, + PRV isolated

2) 주요 세균성 호흡기 및 소화기 질병 분포 양상

호흡기 질병의 경우 *Pasteurella multocida*와 *Actinobacillus pleuropneumoniae*가 주요 원인체였으며, 소화기 질병의 경우 *Escherichia coli*, *Salmonella typhimurium* 및 *Clostridium perfringens*가 공히 문제시되고 있었다.

나. 분리 원인체 특성 및 내성 변이성 분석

1) 설사 자돈으로 분리한 *E. coli*의 특성에 관한 연구

항생제 감수성 검사 결과 대부분의 균주가 다제 약제 내성을 나타내어 항생제 내성이 증가하고 있었으며, 장독소 및 섬모의 유전자의 보유상황을 조사한 결과 설사에 관련된 대장균의 분포는 ST와 K88이 주인 것으로 사료되었다. Plasmid 보유양상을 조사한 결과 장독소 및 섬모 유전자 보유양상과 뚜렷한 상관관계는 관찰되지 않았으나 추후 병원성 인자의 유전과 관련하여 이에 대한 심도 있는 연구가 필요하다고 사료되었다.

2) 돼지 폐렴병소에서 분리한 *P. multocida*의 특성에 관한 연구

항생제 감수성 검사 결과 분리주의 60%가 2 약제 이상에 대하여, 23%가 5약제 이상에 대하여 저항성을 나타내어 많은 균주들이 다제 내성을 나타내었으며, plasmid profile을 조사한 결과 분리주의 47.5%가 plasmid를 보유하고 있으나 항생제 감수성 및 역학적 분포상향과는 상관성이 인정되지 않았다. 폐렴병소에서 분리한 *P. multocida* 균주의 77%가 *toxA* 유전자를 보유하고 있어 ToxA 단백질이 돼지 pneumonic pasteurellosis의 유발에 깊이 관여하는 것으로 사료되었다.

다. 청정돈 생산 저해 질병별 감수성 약제 선발 및 선발약제 이용 효과적인 적용 프로그램 개발

효과적인 질병치료를 위한 항생제의 사용을 위하여 사료에 첨가되는 항생제 사용여부 결정과 함께 질병 원인체 따른 항생제 처치시 신중한 항생제 선택이 필요하며 주기적으로 이와 같은 주요 원인체별 약제 감수성 시험을 실시하여 근본적인 사전 대책 마련이 필요하리라 사료되었다.

라. 숙주 면역 증진 비특이 면역 증강제 선발 및 숙주 면역 분석 기법 개발 및 적용

청정돈 생산을 위하여 잔류 및 위해 물질로써 작용할 수 있는 사료 첨가제 항생제 등의 대체물질로서 비특이 면역 증강제를 이용한 질병 방제 및 생산성 향상 가능성이 확인되었으며, 추후 이러한 비특이 면역 증강제에 특이적으로 반응하는 생체세포의 기능을 분석함으로써 적절한 시기 및 사용 기간 등을 제시할 필요성이 있다고 사료되었다.

마. 양돈장의 주요 바이러스 질병 방제 백신프로그램 적용 분석 결과

돼지콜레라의 백신프로그램은 국가가 권장하는 접종일령에 실시하고 있는 것

으로 분석되고 있으며 야외 발생 억제에 큰 효과를 거두는 것으로 인정된다. 그러나 오제스키의 경우는 발생농장 위주의 접종에서 발생농장 인근까지를 포함하는 지역방역으로의 전환이 절실히 요구되었다. 바이러스성 설사병의 예방프로그램은 모체항체 형성 중심의 방역체제를 바탕으로 하며, 호흡기 질병 예방프로그램은 농장의 피해 상황에 따라 융통성 있는 프로그램으로 생산성 향상과 청정돈 생산을 이룰 수 있는 것으로 사료되었다.

5. 참고문헌

- Ahn, B. C., K. H. Cho and B. H. Kim. 1994. Studies on *Pasteurella multocida* isolated from pneumonic lungs of slaughter pigs. Korean J Vet Res. 34:511-516.
- Bauer, A. W. and W. M. J. C. Kirby. 1973. Antibiotic susceptibility testing by a standardized disc method. Am J Vet Res. 34:293-294.
- Becker, B. A. and M. L. Misfeldt. 1993. Evaluation of the mitogen-induced proliferation and cell surface differentiation antigens of lymphocytes from pigs 1 to 30 days of age. J Anim Sci. 71(8):2073-2078.
- Berg, R. D. 1998. Probiotics, prebiotics or conbiotics. Trends in Microbiology. 6(3): 89-92.
- Bianchi, A. T., R. J. Zwart, S. H. Jeurissen and H. W. Moonen-Leusen. 1992. Development of the B- and T-cell compartments in porcine lymphoid organs from birth to adult life : an immunohistological approach. Vet Immunol Immunopathol, 33(3):201-221.
- Bonneau, M. and B. Laarveld. 1999. Biotechnology in animal nutrition, physiology and health. Livest. Prod. Sci. 59:223-241.
- Butera, S. T. and S. Krakowka. 1986. Assessment of lymphocyte function during vitamin A deficiency. Am. J. Vet. Res. 47(4):850-855.
- Davis, W. C., S. Marusic, H. A. Lewin, G. A. Splitter, L. E. Perryman, T. C. McGuire and J. R. Gorham. 1987. The development and analysis of species specific and cross reactive monoclonal antibodies to leukocyte differentiation antigens and antigens of the MHC for use in the study of the immune system in cattle and other species. Vet Immunol Immunopathol. 15:337-376.
- Davis, W. C., M. J. Hamilton, Y. H. Park, R. A. Larsen, C. R. Wyatt and K. Okada. 1990. Ruminant leukocyte differentiation molecules. MHC, differentiation antigens, and cytokines in animals and birds. Monographs in Animal Immunol. 1:47-70.
- Gordon, M. A. and A. E. 2000. John. Porcine circoviruses: a review. J. Vet. Diagn.

- Invest. 12:3-14.
- Hamel, A. L., L. L. Lin, C. Sachvie, E. Grudeski and G. P. Nayar. 2000. PCR detection and characterization of type-2 porcine circovirus. *Can. J. Vet. Res.* 64 (1):44-52.
- Hoie, S., K. Falk and B. M. Lium. 1991. An abattoir survey of pneumonia and pleuritis in slaughter weight swine from 9 selected herds. IV. Bacteriological findings in chronic pneumonic lesions. *Acta Vet. Scand.* 32(3):395-402, 1991.
- Kono, Y., T. Kanno, M. Shimizu, S. Yamada, S. Ohashi, M. Nakamine and J. Shirai. 1996. Nested PCR for detection and typing of porcine reproductive and respiratory syndrome (PRRS) virus in pigs. *J. Vet. Med. Sci.* 58(10):941-946.
- Kristi, A. C., H. W. Kenneth and A. C. Curtis. 1999. Comparison of four clinical specimen type for detection of Influenza A and B viruses by optical immunoassay (FLU OIA Test) and cell culture methods. *J. Clin. Microbiol.* 37(12):3971-3974.
- Laevens, H., F. Koenen, H. Deluyker, D. Berkvens and A. de Kruif. 1998. An experimental infection with classical swine fever virus in weaner pigs. I. Transmission of the virus, course of the disease, and antibody response. *Vet. Q.* 20(2):41-45.
- Laevens, H., H. Deluyker, F. Koenen, G. Van Caenegem, J. P. Vermeersch and A. de Kruif. 1998. An experimental infection with a classical swine fever virus in weaner pigs. II. The use of serological data to estimate the day of virus introduction in natural outbreaks. *Vet. Q.* 20(2):46-49.
- Larochelle, R., M. Antaya, M. Morin and R. Magar. 1999. Typing of porcine circovirus in clinical specimens by multiplex PCR. *J. Virol. Methods.* 80(1):69-75.
- Lichtensteiger, C. A., S. M. Steenbergen, R. M. Lee, D. D. Polson and E. R. Vimr. 1996. Direct PCR analysis for toxigenic *Pasteurella multocida*. *J. Clin. Microbiol.* 34(12):3035-3039.
- Park, B. K., Y. H. Park and K. S. Seo. 2000. Relation between lymphocyte subpopulations of peripheral blood and immune responses of modified live hog cholera virus vaccine in pigs treated with an ionized alkali mineral complex. *J. Vet. Sci.* 1(1):49-52.
- Park, J. M., J. Y. Kim and J. O. Byeon. 1983. Isolation and serotyping of *Pasteurella multocida* from pigs with respiratory disease. *Res Reports of the Office of Rural Development (Korea).* 25:97-104.
- Pedersen, K. B., F. M. Aarestrup, N. E. Jensen, F. Bager, L. B. Jensen, S. E. Jorsal, T. K. Nielsen, H. C. Hansen, A. Meyling and H. C. Wegener HC. 1999. The need for a veterinary antibiotic policy. *Vet. Record.* 145(2):50-53.

- Pijoan, C. and B. E. Straw. 1999. Pneumonic Pasteurellosis. In Diseases of Swine, 8th ed. Iowa State University Press, Ames, Iowa. pp. 511-520.
- Pointon, A. M., A. R. Mercy, L. Backstrom and G. D. Dial. 1992. Disease surveillance at slaughter. In Diseases of swine, 7th edition, Ed. Leman *et al.*, Iowa State University Press. pp. 968-987.
- Register, K. B. and R. D. Wesley. 1994. Molecular characterization of attenuated vaccine strains of transmissible gastroenteritis virus. *J. Vet. Diagn. Invest.* 6(1):16-22.
- Saalmuller, A. and J. Bryant. 1994. Characteristics of porcine T lymphocytes and T-cell lines. *Vet. Immunol. Immunopathol.* 43:45-52.
- Sambrook, J., E. F. Fritish and T. Maniatis. 1989. Molecular cloning; A laboratory manual 2nd ed. Cold Spring Harbor Laboratory Press. pp. 1.25-1.28.
- Simkins, R. A., P. A. Weilnu, J. Bias and L. J. Saif. 1992. Antigenic variation among transmissible gastroenteritis virus (TGEV) and porcine respiratory coronavirus strains detected with monoclonal antibodies to the S protein of TGEV. *Am. J. Vet. Res.* 53(7):1253-1258.
- Siwicki, A. K., D. P. Anderson and O. W. Dixon. 1989. Comparisons of nonspecific and specific immunomodulation by oxolinic acid, oxytetracycline and levamisole in salmonids. *Vet. Immunol. Immunopathol.* 23(1-2):195-200.
- Siwicki, A. K., P. Klein, M. Morand, W. Kiczka and M. Studnicka. 1998. Immunostimulatory effects of dimerized lysozyme (KLP-602) on the nonspecific defense mechanisms and protection against furunculosis in salmonids. *Vet. Immunol. Immunopathol.* 61(2-4):369-378.
- Sunde, M., K. Fossum, A. Solberg and H. Sorum. 1998. Antibiotic resistance in *Escherichia coli* of the normal intestinal flora of swine. *Microb. Drug Resist.* 4(4):289-299.
- Visser, N. 1997. Vaccination strategies for improving the efficacy of programs to eradicate Aujeszky's disease virus. *Vet. Microbiol.* 55(1-4):61-74.
- 권창희, 권병준, 이한정, 조재진, 황의경, 신진호, 윤용덕, 강영배, 안수환, 김용희, 허원, 전무형, G. Wensvoort. 1994. 돼지생식기호흡기증후군 (Porcine reproductive and respiratory syndrom; PRRS) 바이러스의 국내분리주 작성에 관한 연구. *Korean. J. Vet. Res.* 34(1):77-83.
- 권혁무, 피재호, 성환우. 1998. 국내분리 돼지전염성 위장염 바이러스의 antigenic site A와 D를 포함하는 spike gene의 염기분석. *Korean J. Vet. Res.* 38(2):319-327.
- 김종만, 진남섭, 김종완. 1997. 가축의 설사변에서 분리한 대장균과 살모넬라균의

- 항균물질 감수성과 마우스에서의 치료효과. 대한수의학회지, 37(2):389-403.
- 윤용덕, 김종만, 김동성. 1984. 자돈의 대장균성 설사증에 관한 연구 1. 설사 자돈으로부터 분리된 병원성 대장균의 혈청형 분포조사. 농시보고. 26(1) (축산, 가위), 66-71.
- 윤용덕, 김종만, 김동성. 1984. 자돈의 대장균성 설사증에 관한 연구 2. 자돈의 대장균성 설사증 백신개발. 농시보고. 26(1)(축산, 가위):72-79.
- 이중복, 안수환, 송재영, 김영희, 설동섭. 1988. 돼지 오제스키병에 관한 연구 : 감염자돈으로부터 원인체의 분리 및 동정. Korean J. Vet. Res. 28(1):99-103.
- 한경수, 류광수, 박봉균. 1999. 한국의 돼지생식기호흡기증후군 (PRRS) 발생경향. Korean J. Vet. Res. 39(1):133-137.
- 함희진, 민경섭, 채찬희. 1997. 포유자돈 소장에서 분리된 대장균의 생화학적 성상과 항생제 감수성 결과. 대한수의학회지. 37(4):773-777.

(본 연구에서 얻어진 결과는 네편의 논문으로 나누어서 다음과 같이 학회지에 발표하였거나 발표할 예정이다. 1. 돼지 폐렴병소에서 분리한 *Pasteurella multocida*에 관한 연구 : 항균제 감수성, plasmid profile 및 *toxA* 유전자 분포, 대한수의학회지, 39(6), 1091-1099, 1999. 발표 되었으며, 2. 설사자돈으로부터 분리한 *Escherichia coli*의 특성에 관한 연구 : 항균제 감수성, 장독소 및 섬모의 유전형의 분포 및 plasmid profile, 대한수의학회지, 40(2), 301-310, 2000. 발표 되었고, 3. *Diagnosis of porcine circovirus-2 associated disease in lung tissues submitted from Korean swine populations*, J. Vet. Med. Sci., 2001년 발표 예정이며, 4. *Immunostimulatory effects of anionic alkali mineral complex solution Barodon in porcine lymphocytes*. Vet. Immunol. Immunopathol., 발표 예정임다.)

제 4 장 사육단계별 적정 환경제어 시스템 개발 에 관한 연구

제 1절 우리 나라 대표적 무창돈사의 환경분석 (환기시 스템 및 열환경 및 물리적 환경분석)

우리 나라의 사육단계별 기존 돈사의 구조적 형태 및 환경제어 시스템 (환기 시스템 포함)에 대한 분석 및 실태파악은 양돈이 경쟁력 있는 産業으로 育成하기 위하여 필수적 기반시설인 청정 표준돈사모형을 정립하는 데 매우 중요하다. 우선 우리 나라에서 구조 및 환경적 측면에서 비교적 무창돈사의 건축이 양호하게 이루어졌다고 알려진 농장을 농림부-지역양돈조합으로부터 추천을 받아, 이중 일부돈사를 대표돈사로 선정하여, 원형 무창돈사의 열, 물리환경을 사육단계에 따라 무창 분만사, 자돈사, 육성·비육돈사 등 세 성장단계에 따른 열환경 및 물리적 환경을 분석하였다.

1. 임신/분만사

가. 박용범씨 농장 (안성소재)



그림 4-1-1. 박씨농장의 임신사 내부전경

1) 사육현황

표 4-1-1. 박씨 농장의 사육현황

항 목		내 용
위 치		경기도 안성읍 보개면 남풍리
사육두수		3,000두 (임신돈 100두+자돈 1,500두+육성돈 1,400두)
돈사형태		화란식 무창돈사
임신사		10개의 각돈방 (pen)/돈방×6개 돈방
임신 돈사 크기	임신돈사 제원	길이 (L)×폭 (W)×측벽고 (D)= 35 m×11 m×2.4 m
	각돈방의 크기	9.6 m (l)× 5.0 m (w) ×2.4 m (h)
	지붕틀춤 (B)	1.6 m
	마루대고 (H)	4.0 m
	복도넓이	35 m (L) × 1.4 m (p)
돈방당 입식 임신돈수 및 체중		1두/pen×10 pens/돈방 = 임신돈 10여두/돈방 체중 : 2, 3차산 220~250kg
돈방내 통로폭		800 mm
Pit 깊이		400 mm

2) 임신사의 건축형태 및 환기시스템

박씨 농장 임신사의 내부는 그림 4-1-1과 같으며, 구조물은 칼라鋼板판넬로 시공되었고 그림 4-1-2와 같이 복도를 돈사의 길이에沿하는 두는 전형적인 화란식 돈사형태로 건축되어 있었다.人氣는 복도로 유입된 공기를 돈방의 입구벽 상부 planar 入氣口 (그림 4-1-3참조)를 통해서 실내로 유입되며, 排氣는 입구 맞은 便域에 chimney fan을 통하여 강제배기하고 있었다.

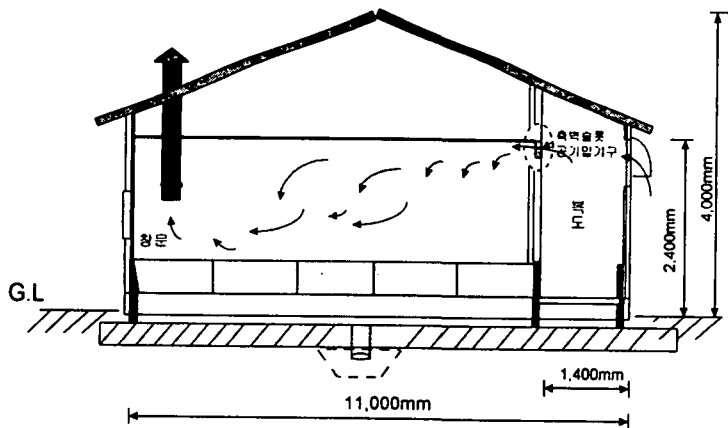


그림 4-1-2. 박씨 농장 임신사의 측면도와 가상 공기흐름도

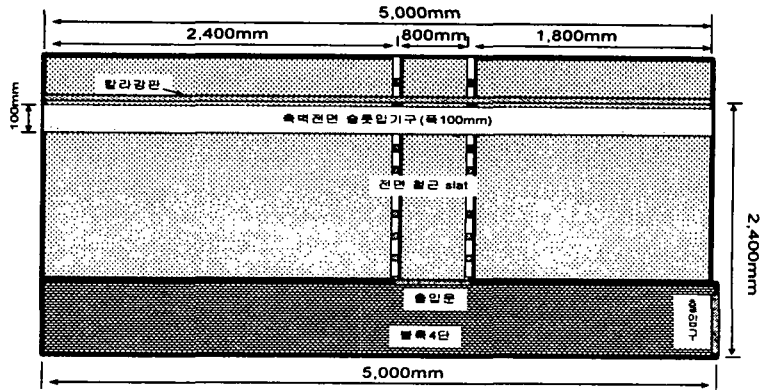


그림 4-1-3. 박씨농장 임신분만사의 입기구

3) 임신사의 환경평가

박씨농장 임신사의 실내환경을 평가하기 위하여 그림 4-1-4와 같이 수평적

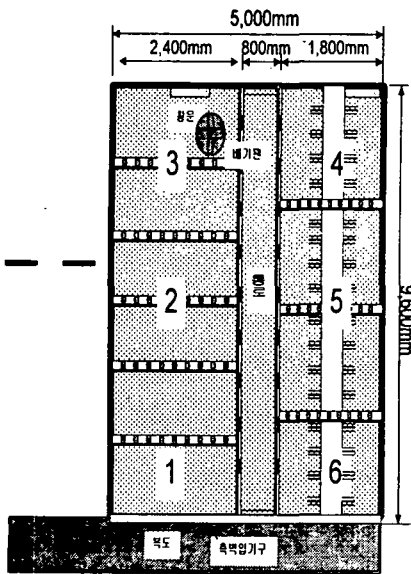


그림 4-1-4. 박씨농장 임신분만사의 환경변수 측정분포

(longitudinal)으로 6 지점 (= 前,中央,後 ; 3 지점×左,右; 2지점), 수직적 (lateral)으로 上, 中, 下 3 지점, 총 18 지점을 측정하였다. 기본적으로 박씨농장의 임신돈방의 人氣II는 人II벽 상단에 0.1m x 5.0m 크기의 planar slot으로 되어 있으며, 겨울을 제외하고는 완전 개방하고 있었다. 혹한기에는 입기구를 합판으로 된 baffle를 이용하여 30° 정도만 개방하여 유입공기량을 감소시킬 수 있으나 이는 팬 rpm을 낮춤으로써 환기율저하를 달성할 수 있음을 이해할 필요가 있다. 排氣 (exhaust air)는 그림 4-1-4와 같이 굴뚝팬 (chimney fan)을 좌측단 각돈방 바닥으로부터 1.2 m 되는 지점에 설치하여 음압식 강제환기를 하고 있었다. 박씨농장 임신사내 공기속도는 표 4-1-2와 같이 0.1~0.3 m/s의 분포를 나타내었다.

임신사내 공기유동을 분석한 결과, 전체적으로 停滯地域 (stagnant region) 없이 양호한 공기유동형태를 나타내었다. 이러한

결과는 현재 임신돈방의 환기시스템이 양호하게 설계되어서라기보다 방문조사시점이 봄이라 中間段階 (intermediate phase) 공기유동율을 적용되는 시점이라 판단되어 공기의 운동량 (the momentum of the flow at the slot inlet)이 작았기 때문에, 특히, 입기구 下部地域 (지점 1, 6)에 停滯地域을 관찰하지 못하였기 때문에 판단된다. 왜냐하면 이런 형태의 환기시스템에서의 공기유동은 특히 혹서기에 필연적으로 발현될 수 밖에 없다. 그러므로 한 두 차례 방문분석으로 환기시스템의 효율을 분석, 평가하는 것은 결과를 호도할 수 있음을 유의할 필요가 있다.

표 4-1-2. 박씨 농장 임신사 공기속도분포 (단위 : m/s)

측정위치	복도	①	②	③	④	⑤	⑥	통로
상	0.14	0.14	0.07	0.15	0.14	0.09	0.14	0.14
중	0.62	0.1	0.12	0.32	0.15	0.17	0.15	0.14
하	0.24	0.13	0.16	0.17	0.16	0.22	0.31	0.24

표 4-1-3은 온도의 측정결과로서 바깥 복도는 15℃ 정도를 나타냈으며, 돈방내 온도는 입기구가 위치한 각돈방 1, 6의 온도가 0.3℃ 정도 떨어질 뿐 全地點에 걸쳐 20℃ 내외로 임신사의 적온대를 유지하고 있었음. 분진농도는 0.017 mg/m³로 매우 낮았으며, 실내 암모니아 가스농도의 분포는 3~5 mg/l로 관찰되었다.

표 4-1-3. 박씨 농장 임신사의 지점별 온도분포 (단위 : ℃)

측정위치	복도	①	②	③		④	⑤	⑥		통로 (中)
				온도	RH			온도	RH	
상	14.9	19.9	19.2	21.6	44.1%	20.4	19.7	18.7	46.8%	19.4
중	15.7	18.9	19.2	22.1	44.2%	20.6	19.4	18.2	45.7%	19.5
하	15.2	19.0	19.3	23.8	44.7%	20.7	19.5	19.4	45.0%	19.6

RH: 상대습도.

임신사내 실내 열환경 및 화학적 환경은 대체로 양호하였으나, 현장조사가 양돈에 적합한 환경으로 알려진 3~4월에 수행되어 이를 사계절 대표 환경으로 단정하기에는 이르다. 앞서서도 언급하였지만 특히, 혹서기에 현장실증실험을 다시 실시하여 임신사의 환경에 관한 종합적인 의견을 제시해야 할 것으로 판단되었다.

나. 영광 축협중돈장

1) 사육현황

표 4-1-4. 영광 축협외 사육현황

항 목		내 용
위 치		전남 영광군 대마면
사육두수		종부임신돈 640두
돈사형태		미국 sand 시스템
임신사		640두 = 480개소의 stall (480두) + 각돈방 40개소 (4두/각돈방×40각돈방=160두)로 구성
종부 임신돈 사	임신사 제원	길이 (L)×폭 (W)×측벽고 (D)=100m×12.8m ×4.8m
	지붕틀춤 (B)	2.3m
	마루대고 (H)	4.8m
	복도넓이	100m × 1.1m
돈방당 입식종부임신 돈수 및 체중		1두/stall×480 stalls, 4두/각돈방×40각돈방 체중 : 2차산 160~180kg
돈방내 통로폭		1,200 mm
Pit 깊이		900 mm



그림 4-1-5. 영광축협외 종부임신사의 내부전경

2) 종돈장 임신사의 환기시스템

임신사는 전체적으로 칼라강판패널로 미국의 sand시스템을 turnkey base로 건축되었으며, 그림 4-1-6과 같이 돈사양쪽에 복도를 두고, 작업인의 출입이 상대적

으로 자유롭게 하였다. 돈사중앙 ventor로 入氣된 공기는 돈사 양측벽의 팬에 의하여 排氣되는 전형적인 陰厩시스템을 이루고 있었다. 入氣는 지붕 위에 설치된 ventor의 cooling pad를 통과하게 하여 특히 혹서기에 공기를 調和 (conditioned)할 수 있도록 하였다. 배기팬으로 두 수준으로 배기량을 조절할 수 있게 하였다. 축협종돈장의 종부 임신돈사의 제원은 그림 4-1-7, 그림 4-1-8과 같다.

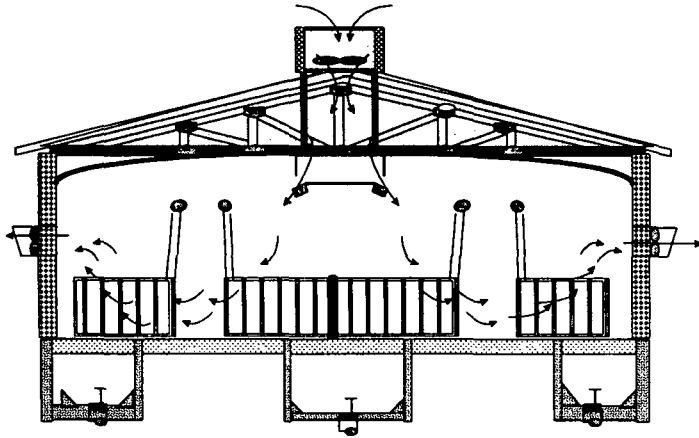


그림 4-1-6. 종돈장 종부임신사의 측면도와 가상 공기흐름도

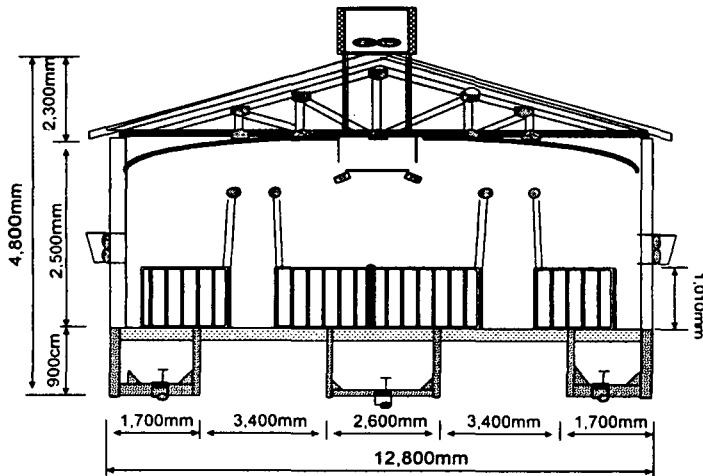


그림 4-1-7. 종돈장 종부임신사의 단면도와 제원

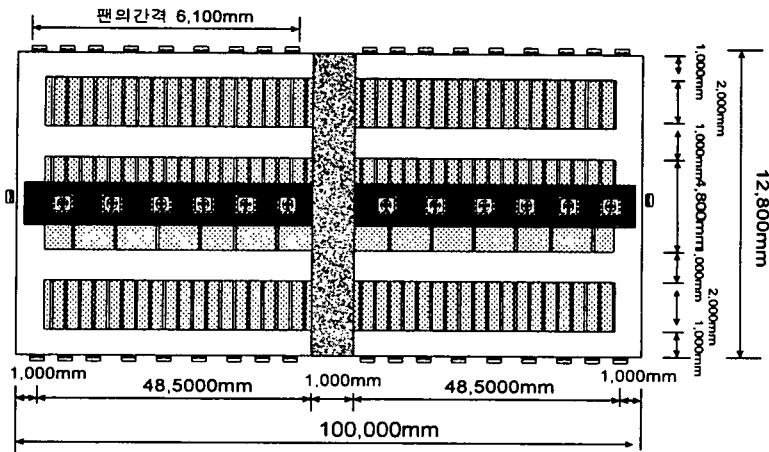


그림 4-1-8. 종돈장 임신사의 평면도와 제원

3) 환기시스템의 환경분석 및 평가

가) 실험방법

1998년 3월말 그림 4-1-9와 같이 종부임신돈이 입식된 상태에서 외기 및 돈방 내 10 측정점을 선정하여 온도, 공기속도, 암모니아 농도, 습도 등을 계측하였다.

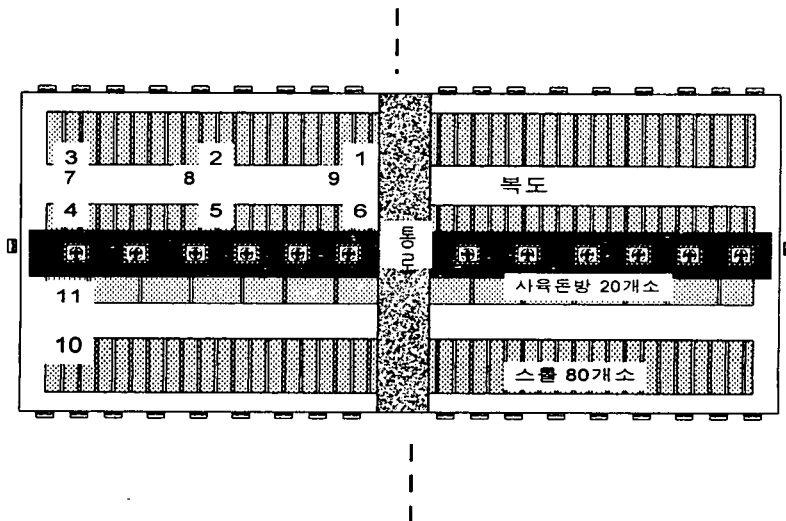


그림 4-1-9. 종돈장 종부임신사의 단면도 및 측정위치

나) 결과 및 고찰

(1) 임신사 유속분포

개인농장의 임신사내 공기속도는 표 4-1-3과 같으며, 공기입기구는 전체적으로 남쪽돈방쪽은 천정덕트의 배플 (baffle)를 45 °정도, 북쪽 돈방은 90 ° 개방하여 환기하고 있었다. planar덕트의 개폐는 인위적으로 각도를 조절할 수 있도록 하였으며, 공기입기구는 복도를 따라 6 cm 정도 개방하고 있었다. 임신사의 유속분포는 0.17 m/s~1.0 m/s로서 상대적으로 均布되어 있는 것으로 판단되나, 통로에서의 유속은 1.83 m/s~2.31 m/s로 통로 좌우측 중부임신돈의 체표면에 직접 닿는다는 결과를 가져와 특히 흑한기에 대류 열손실로 인한 성장장애가 우려되었다. 그러나 흑서기에는 오히려 긍정적인 효과를 기대할 수 있다.

표 4-1-5. 임신사 공기속도 분포 (단위: m/s)

측정위치	①	②	③	④	⑤	⑥	복도			⑩	⑪	통로
							⑦	⑧	⑨			
상	0.17	0.15	0.17	0.20	0.17	0.47	0.27	0.74	0.11	0.18	0.25	1.83
중	0.16	0.28	0.17	0.45	0.44	0.34	0.32	0.41	0.14	1.96	0.20	2.12
하	0.24	0.16	0.15	0.40	1.31	0.92	0.94	0.16	0.14	0.28	0.14	2.31

(2) 임신사 온도분포

임신사의 온도분포는 표 4-1-6과 같이 전반적으로 적온에 가까운 21℃ 내외를 유지하고 있었다. 임신사내에 분진은 거의 없었으며 (0.006 mg/m³), 암모니아 가스는 2~3 mg/l로서 나타나어 그리 심각한 편이 아니었다. 현장조사가 수행된 3월말~5월말은 시기적으로 돈사내의 환경이 큰 문제가 없음을 알 수 있었다.

표 4-1-6. 임신사의 온도분포 (단위 : °C)

측정위치	①	②	③	④	⑤	⑥	복도			⑩	⑪	통로
							⑦	⑧	⑨			
상	21.2	21.3	21.6	21.3	22.1	22.1	21.0	21.7	22.2	21	20.8	20.9
중	21.2	21.2	21.5	21.5	21	22.1	21.1	21.5	22.1	21	20.8	20.7
하	21.2	21.2	21.6	21.5	21	22.0	21.2	21.2	22.1	20.8	20.8	20.8

(3) 임신사 습도분포

중부 임신돈사내의 습도의 분포는 표 4-1-7과 같이 대체로 50~55% 수준으로

전반적으로 낮게 나타났다.

표 4-1-7. 영광축협 임신사의 습도분포 (단위: %)

측정위치	①	②	③	④	⑤	⑥	복도			⑩	⑪	통로
							⑦	⑧	⑨			
상	52.7	57.8	50.9	42.4	56.9	54.7	48.5	57.2	54	54.8	54.9	53.2
중	53.2	57.2	51.1	51.2	57	54.9	50	57.5	54.1	54.6	54.4	54.1
하	53.9	56.9	51.7	51.7	57	55.5	51.5	57.7	55	55.1	55.4	53.9

다) 문제점 및 개선방안

영광 축협종돈장의 임신돈사 운영의 문제점 및 개선안은 다음과 같다.

(1) 환경제어

- 무창돈사는 기본적으로 中壓시스템 (neutral ventilation system)으로 입배기 율을 검증할 필요가 있음. 왜냐하면 통로를 항상 개방한 채 사육하고 있기 때문임.
- 안개분무를 통하여 공기 입기구에 설치된 baffle의 역할을 검증한 결과 공기의 흐름을 제어할 수 있는 방향으로 개방되어 있는 것이 아니라 baffle의 방향을 반대로 한 결과 돈사내의 공기흐름이 우수하게 나타났음.
- 배기팬의 용량은 2단계로 되어 있어 중간단계의 환기율을 조절이 불가능함. 팬의 rpm을 임의로 조절할 수 있게 하여 다단계 환기율을 적용할 수 있게 함.
- Cooling 패드로 유입되는 입기팬의 속도조절기가 부착이 되어 있지 않아 입기율을 조절할 수 없음 (유속은 8 m/s 정도). 오히려 팬작동을 중지하고, 복도 출입구문을 밀폐함으로써 돈사를 음압시스템으로 전환하여 환기효율을 제고함이 바람직함.
- Cooling 패드에서 trickling water flow rate를 조절할 수 없어, 여름철에는 너무 많은 수분이 유입되므로 습도가 80% 이상 될 뿐 아니라, 특히 장마철에는 고습도 때문에 병원성 미생물이 서식 가능성이 높음.
- 돈사환경은 온도만을 감응하며, 습도 등 다른 환경변수를 감응할 수 없어 통합 청정환경을 구축하는 데 어려움이 있어 보임. 그러므로 온도 및 습도를 동시에 제어 할 수 있는 통합시스템의 구축이 시급함.
- 돈방의 출입구의 연결부위에서의 소음이 100 dB 이상으로 이에 대한 대책이 마련되어야 할 것으로 판단됨

(2) 사양관리

- Sand돈사의 돈방구조는 전반적으로 원활한 운용이 가능하다고 주장하나, 옹돈 1두당 암돼돼지와 마리수 (평균 12~13두 정도)로 좋은 결과를 얻기 어려울 뿐만 아니라, 지속적인 사육으로 인하여 옹돈의 수명을 빨리 단축시키는 결과를 가져 올 수 있음.

- 돈방측벽 하단부에 돼지의 활동을 제어 할 목적으로 설치된 7 자모양의 칼날이 부착되어 자칫 돼지다리 부위에 손상을 심하게 가져 올 염려가 있었음.

- 사조의 입구가 옆돈방에 너무 가깝게 위치하여 옆돼지와 사료배분 문제나 개체관리가 문제가 야기될 수 있음.

다. 원농장

1) 사육현황

표 4-1-8. 원농장의 사육현황

항 목		내 용
위 치		충북 논산시 연무읍 마전리 1062 - 9
사육두수		모돈 300두, 자돈생산 6,000두/년, 수출 5,000두
돈사형태		화란식 무창돈사
임신사		14개 각돈방 (pen)/돈방 (bay) × 5개 돈방 (bay)으로 구성
임신 돈사	돈사제원	길이 (L) × 폭 (W) × 측벽고 (D) = 26m × 15m × 2.4m
	돈방제원	길이 (l) × 폭 (w) × 측벽고 (h) = 26m × 3.8m × 2.4m
	지붕틀춤 (B)	1.6m
	마루대고 (H)	4.0m
	복도넓이	26m (L) × 0.8m (p)
각돈방 (pen) 크기		9.6m (ℓ) × 5.0m (w) × 2.4m (h)
돈방당 입식 임신돈수 및 체중		5돈방 × (1두/각돈방 × 14개 각돈방)에 2, 3次産 체중 220~250kg 임신돈 70여두 입식
돈방내 통로폭		800 mm
Pit 깊이		400~800 mm
분뇨수거형태		피트 스크레이퍼



그림 4-1-10. 원농장 임신분만사의 복도 및 공기슬롯 입기구



그림 4-1-11. 원농장 임신분만사의 전경

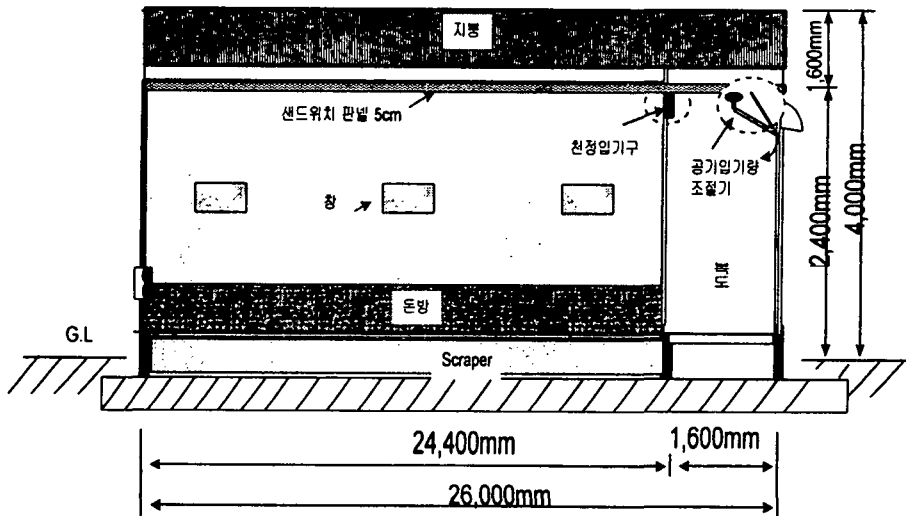


그림 4-1-12. 원농장의 임신사 측면도

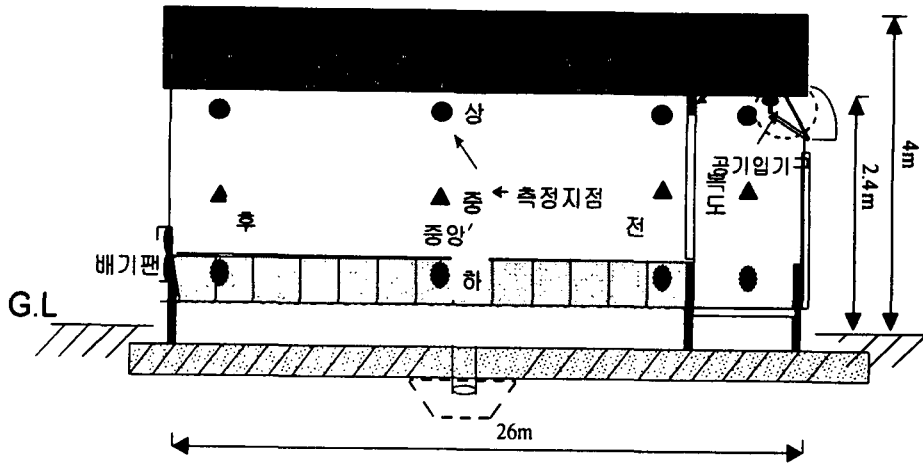


그림 4-1-13. 원농장의 임신돈방의 측정위치

2) 분만사의 환기시스템

원농장의 분만사는 칼라강판판넬로 건축 (천정포함)되었으며, 그림 4-1-12, 그림 4-1-13과 같이 복도를 한쪽 측벽에 연한 전형적인 화란식 돈사형태를 하고 있었다. 입구에 下向배플 (baffle)을 설치하여 유입공기가 복도측벽을 타고 상향하게하여 입기온 상승효과를 기대함. 공기는 입구벽 상부에 0.3 m×3.87 m의 planar slot을 통하여 실내로 유입되며, 배기는 입기 맞은 편 벽에 배기팬을 설치하여 터널식 (L/W=細長比 7 정도) 강제환기를 하고 있음 (그림 4-1-13).

3) 분만방 (포유자돈방)의 환경분석 및 평가

분만방의 細長比 (aspect ratio, l/w=6.9)를 크게하여 터널식 (tunnel)식 환기효과를 기대한 듯하나 기본적으로 각돈방의 柵이 고체재료로 되어 있어 공기유동의 측면에서는 방해물이 되므로 환기형태의 선택이 바람직하지 않다. 또한 입기구와 배기구가 하나인 이런 형태의 환기시스템은 필연적으로 전하 및 후상지역은 pocket를 만들 수 밖에 없으므로 이에 대한 환기시스템의 보완이 필요하다.

표 4-1-9와 같이 돈방 全地點에 걸쳐 공기유속이 0.10~0.48 m/sec으로 관찰되어 전반적으로 공기유동이 양호하나 출입문에서 2, 3, 4번째 각돈방에서는 약간 정체되는 듯함을 관찰할 수 있다. 특히 이러한 문제는 혹서기에 매우 뚜렷하게 나타날 수 있다.

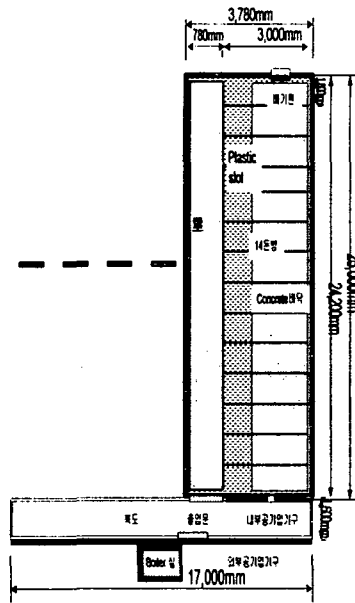


그림 4-1-14. 원농장 임신돈방의 평면도

표 4-1-9. 분만방 (포유자돈방) 속도분포 (단위 : m/s)

측정위치	복도	전 (前)	중앙	후 (後)
上	0.19	0.48	0.14	0.17
中	0.13	0.16	0.0	0.32
下	0.31	0.14	0.14	2.05

각돈방당 평균 포유자돈수는 11두이었으며, 돈방내 온도는 입기구가 개방되어 있는 출입구쪽은 18.5℃로 다른 지점에 비하여 조금 낮은 경향이 있으나, 중앙부와 반대편 돈방은 20℃전후를 유지하여 열환경은 양호하였다. 그러나 양호한 돈사내 열환경은 前記한 기존 환기시스템의 문제점을 감안한다면, 이는 외기상에 의한 실내환경의 형성으로 봄이 타당하다. 이를 과학적으로 증명하기 위하여 보다 장 기간에 걸친 현장조사가 일어나야 할 것으로 이해된다.

표 4-1-7과 같이 분진농도는 0.013 mg/m³으로 전반적으로 낮게 나타났다. 소음은 70~80 dB로, 배기팬쪽으로 갈수록 높았으며, 이 수준의 소음에 돼지가 장기간 노출될 때는 생산성 저하를 유발할 수 있으므로 저소음팬에 대한 관심을 가져야 할 것으로 판단되었다.

표 4-1-10. 온도분포 (단위: °C)

측정위치		前	中	後
온도	上	18.5	19.4	20.5
	中	18.6	19.7	20.7
	下	18.8	20.0	20.8
상대습도 (%)		43.1	43.3	40.0
암모니아 (mg/l)		4	4	6.5
소음 (dB)		70.9	73	80
분진 (mg/m ³)		0.013		

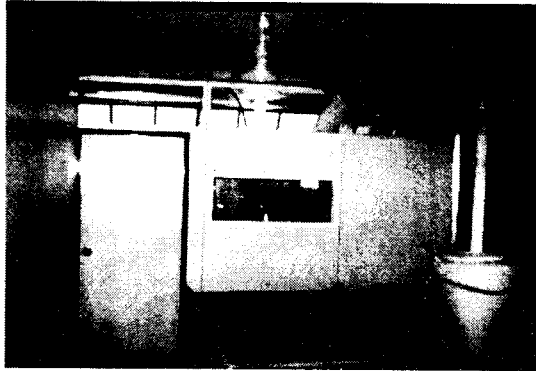


그림 4-1-15. 분만사 (포유자돈사)의 연무를 이용한 공기유동실험

라. 삼육농장



그림 4-1-16. 삼육농장 임신사의 전경

1) 사육현황

표 4-1-11. 삼육농장의 사육현황

항 목	내 용	
위 치	경기도 용인군 백암면 박곡리	
사육두수	분만돈 190여두	
돈사형태	무창돈사	
분만사	약 190여두는 7개의 돈방 (compartment)으로, 스톨설치 196개로 구성되어 있음.	
종부 임신돈사	임신사 제원	길이 (L)×폭 (W)×측벽고 (D)=14 m×5.8 m×3 m
	지붕틀춤 (B)	2.0 m
	마루대고 (H)	5.0 m
	복도넓이	100 m×1.1 m
돈방당 입식종부임신 돈수 및 체중	1두/스톨, 28두씩/각돈방×7 각돈방에 수용 체중 : 2, 3차산 ; 160~180 kg	
돈방내 통로폭	1,200 mm	
Pit 깊이	2,000 mm	

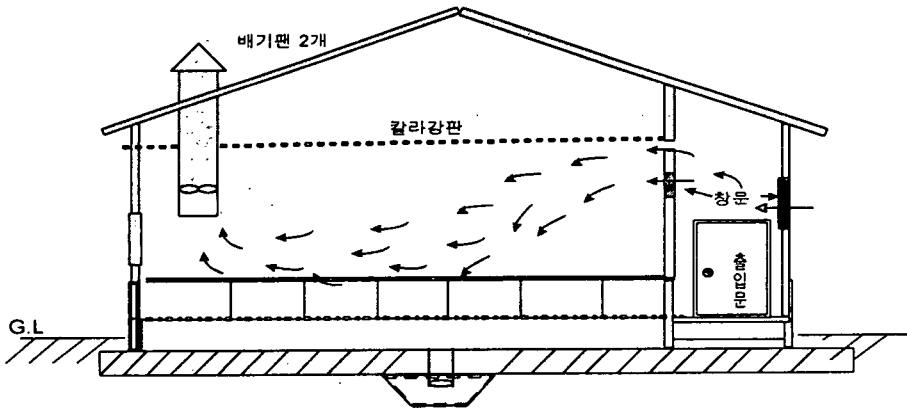


그림 4-1-17. 임신사의 측면도와 가상 공기흐름도

2) 임신사의 환기시스템

임신사는 전체적으로 칼라강판판넬로 시공되었으며, 돈사는 한쪽 복도식으로, 양쪽측벽에 팬을 부착하여 환기를 하고 있었다. 그림 4-1-19와 같이 출입구문 위에 설치된 입기구와 출입문 양쪽 측벽의 planar slot inlet에서 입기되고 있었으며, 돈사 양쪽벽의 팬에 의하여 배기되고 있었다 (그림 4-1-17). 임신돈사의 제원은 그림 4-1-18과 같다.

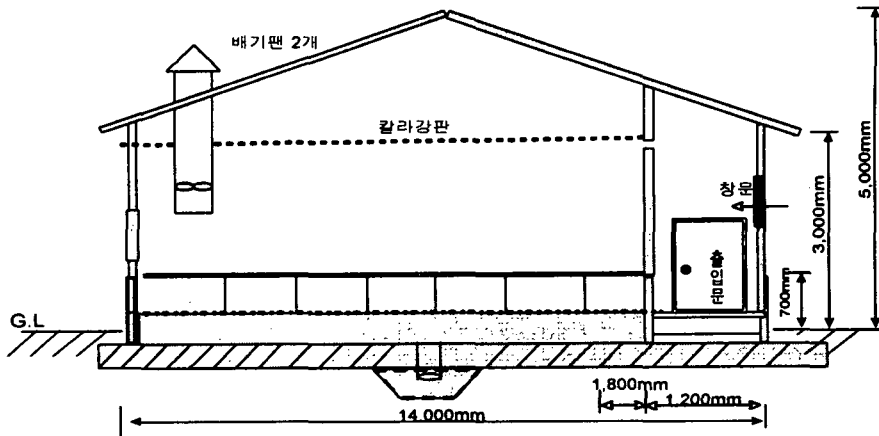


그림 4-1-18. 임신사의 측면도와 제원

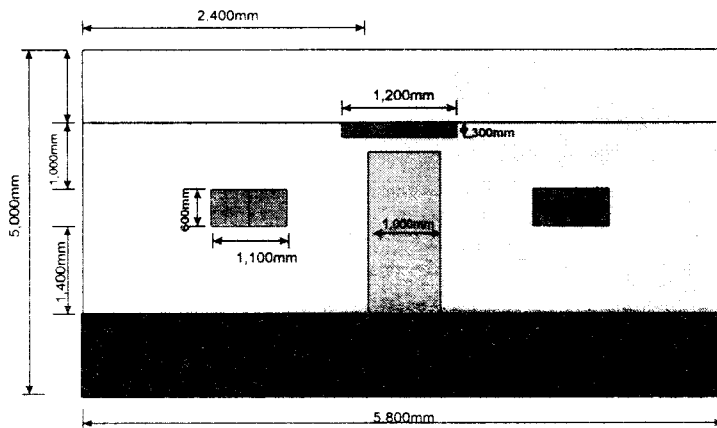


그림 4-1-19. 임신사의 단면도 및 제원

3) 환기시스템의 환경분석 및 평가

그림 4-1-20과 같이, 임신돈이 입식된 상태에서 임신사내 환경을 평가하기 위하여 외기 및 돈방내 6개 측정점을 선정하여 공기속도, 암모니아 농도, 습도 등을 측정하였다.

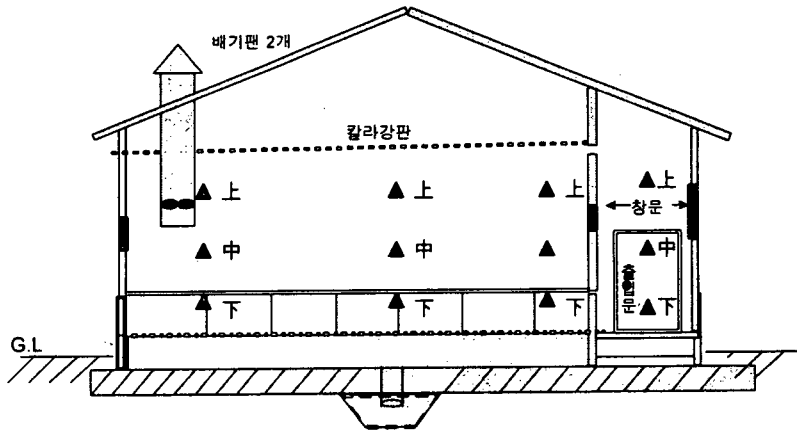


그림 4-1-20. 임신사의 단면도 및 측정지점

삼육농장의 임신사내 공기속도는 표 4-1-12와 같으며, 공기입기구는 전체적으로 출입문 위쪽에 가로 1,200 mm×300 mm 정도 크기의 입기구와 출입문 양쪽 1,100×600 mm 크기의 두 개의 완전 개방된 입기구를 통하여 유입되고 있었다.

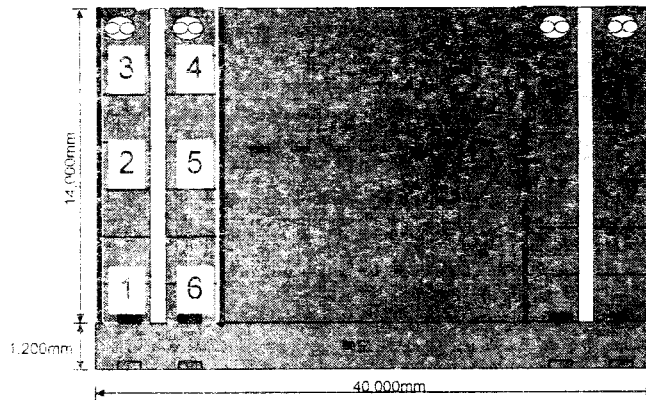


그림 4-1-21. 임신사의 단면도 및 측정지점

표 4-1-12. 임신사 공기속도분포 (단위 : m/s)

측정위치	1번	2번	3번	4번	5번	6번	복도	통로쪽 복도
상	0.00	0.15	0.20	0.14	0.18	0.00	0.17	0.31
중	0.91	0.0	0.36	0.36	0.14	0.25	0.20	0.23
하	0.01	0.16	0.14	0.20	0.14	0.00	0.17	0.25

그러나 입기구의 위치선정 및 크기 등은 농장주가 임의의 위치에 선정하여 돈사구조로 보아 환기시스템 설계가 제대로 되지 않은 것으로 판단되었다. 또한 배기팬의 위치는 양쪽측벽을 따라 설치되어 있었으나, 배기팬이 제대로 작동되지 않거나 아예 팬배선만 되어 있는 곳도 있어 제대로 환기시스템이 정비되어 있지 않는 듯하였다. 유속은 전체적으로 0.0~0.36 m/s의 범주에 있으나 유속이 전혀 나타나지 않는 지점도 여러 곳 관찰되어 정체지역이 적지 않음을 알 수 있다. 즉, 환기효율이 양호하지 않음을 알 수 있다.

임신사내 습도는 대체로 75~80% 정도로 높았으나, 현장조사일이 흐린 날이었음을 고려할 필요가 있다. 암모니아 농도는 출입구 쪽에서는 대체로 2 mg/l로 나타났으며, 배기팬 쪽으로 갈수록, 증가하여 5 mg/l을 수준을 나타내었다. 소음은 75 dB~85 dB 수준으로 상대적으로 높았으나 팬 고장이 소음의 원인이었다.

2. 자돈사

가. 다비육종 (죽산所在)

1) 사육현황

표 4-1-13. 다비육종의 사육현황

항 목		내 용
위 치		경기도 안성군 죽산면
사육두수		3,500 두
돈사형태		화란식 무창돈사
임신사		3,000두 (3주째부터~7주간 사육)는 16개의 돈방으로, 돈방은 18개의 각돈방 (pen)으로 구성되어 있음
자돈사	자돈사제원	길이 (L)×폭 (W)×측벽고 (D)=102 m×14.1 m×2.7 m
	돈방제원	길이 (l)×폭 (w)×측벽고 (h)=12.6 m×5.9 m×2.2 m
	각돈방제원	길이 (l)×폭 (w) = 2.55m×1.4m
	지붕틀춤 (B)	1.3 m
	마루대고 (H)	4.0 m
	복도넓이	102 m (L)×1.4 m (p)
각돈방 (pen) 크기		9.6 m (l)×5.0 m (w)×2.4 m (h)
돈방당 입식 임신돈수 및 체중		~12두/각돈방 * 18개 각돈방 ≈ 220두 수용 체중 : 3 kg~25 kg (3주째부터~7주간 사육)
돈방내 통로폭		800 mm
Pit 깊이		600 mm

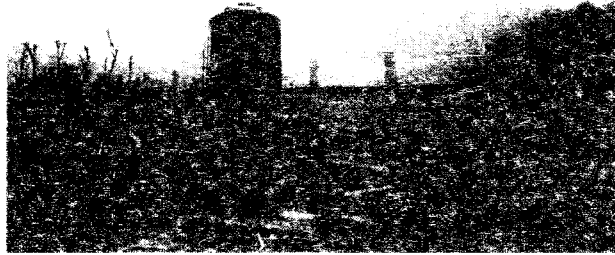


그림 4-1-22. 다비육종 자전경

2) 자돈사의 기존 환기시스템

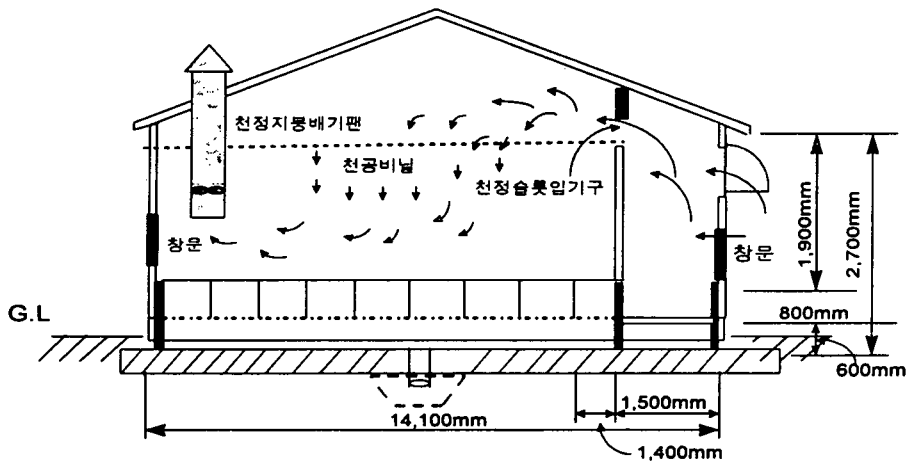


그림 4-1-23. 다비육종 자돈사의 측면도와 가상 공기흐름도

다비농장의 자돈사는 전체적으로 판넬로 시공되었으며, 한쪽 벽면은 복도식으로, 양측벽에 창문형이고, 입기는 복도 측, 창문과 입기구를 통해서 들어온 공기가 돈사입구벽의 상부입기구를 통해서 들어와 천공비닐을 통해 실내로 들어가고, 배기는 입기반대편의 지붕 한쪽에서 수직배기팬 (용량 WLV 4/500)을 설치하여 강제환기를 하고 있음 (그림 4-1-23).

3) 자돈사 실내환경의 문제점

- 현재 자돈사는 여름철 혹서기에 환기불량으로 인하여 가스집적과 더불어 실내온이 외기온보다 3~4℃ 정도 높아 열부하로 인한 생산효율저하가 뚜렷함.
- 겨울철에는 습도가 낮아 (상대습도 43%) 목이 따끔거렸으며, 전체적으로 공기순환이 잘 되지 않음.
- 9, 10번 돈방 (그림 4-1-28)의 돼지성적이 다른 돈방보다 떨어짐.

4) 제기된 문제해결을 위한 실증실험 및 결과

가) 현장조사

- 개선전 열 및 물리환경 변수 즉, 온도, 습도, 공기속도 및 유동형태 측정
- 다비육종 자돈사 개선안 제시
- 개선후 열 및 화학적 환경변수의 개선효과 평가

나) 개선방향의 논리

· 그림 4-1-28과 같이 복도의 중앙부분과 右中央 (돈방번호 11~14)이 0.15 m/s 내외의 속도를 나타낼 뿐 공기속도의 크기가 돈사의 上下左右 모든 지점에서 거의 속도가 감지되지 않았음 ⇨ 자돈사내의 실내온과 외기온과 온도차, 즉 $\Delta t (=t_o-t_i)$ 를 최소화하기 위하여 환기량 및 공기속도를 증가시킬 수 있는 환기시스템으로 개선해야 함.

· 그림 4-1-29와 같이 복도의 온도는 26.4℃ (외기온과 동일)이며, 자돈사내의 실내온과 외기온과 온도차 ($\Delta t=t_o-t_i$)는 평균 0.755℃이며, 표준편차 (σ)는 0.238로 95%의 신뢰도 구간에서 다음의 온도차 범위는 $0.645^\circ\text{C} \leq \Delta t \leq 0.865^\circ\text{C}$ 의 감소를 나타냄. 온도차가 상대적으로 낮아 자돈의 체열이 돈사내에 집적될 때 실내온이 상승할 우려가 있음 ⇨ 환기량 및 공기속도의 증가로 체감온도 및 온도추가감소 유도 가능시스템으로 개선해야 함.

다) 개선방안제시

앞 절 「개선방향의 논리」에서 논의하였듯이 환기량의 증가 (공기 속도증가)와 온도추가감소를 위한 기존 자돈사의 환기시스템개선을 위하여 고려해야 할 점은 우선 환경개선 효율 (기술적인 면), 개선에 소요되는 경비 (경제적인 면) 및 개선으로 인한 돈방의 외형적 손상 (심미적인 면) 등을 종합적으로 고려하여 그림 4-1-24, 그림 4-1-25와 같이 환기시스템 개선안을 제시함.

5) 개선후 현장실증 실험 및 개선효과

실시한 非人植 자돈방내의 기류형성을 유도하기 위하여, 운동량 및 에너지 보

전의 법칙 (law of momentum and energy conservation)을 적용하여 그림 4-1-25와 같이 출입구벽에 슬롯의 크기를 설계하였으며, 분무에 의한 공기유동의 가시화 실험결과 그림 4-1-26, 그림 4-1-27과 같이 유입공기가 제트류를 형성하도록 함.

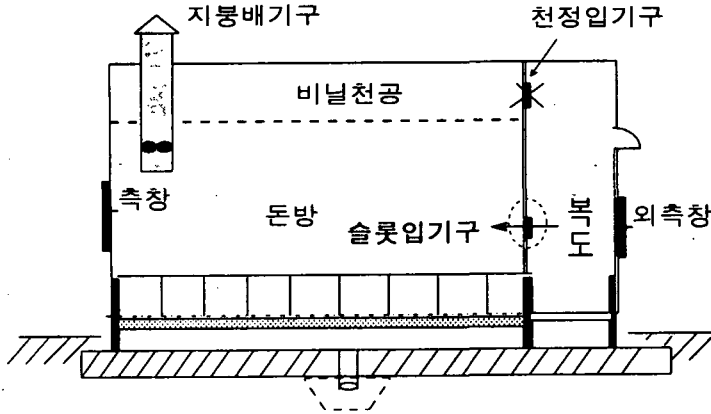


그림 4-1-24. 다비육종 자돈사 환기시스템 개선안

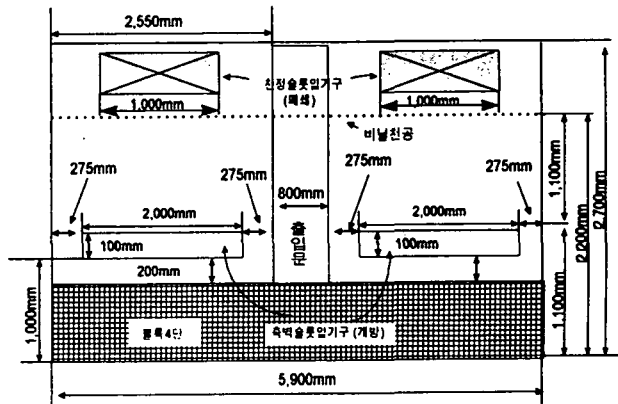


그림 4-1-25. 다비육종 자돈사의 슬롯입기구의 위치 및 크기

가) 개선후 자돈사의 환경개선평가 및 분석

(1) 공기유동 및 유속 : 개선후 자돈사내 전체적인 공기유동의 형태는 그림 4-1-26, 그림 4-1-27에서와 같이 돈방 앞뒤를 가로 지르는 즉, 돼지체고에서 공기의 대류를 유도할 수 있는 장점이 있다. 그림 4-1-28의 개선후의 공기속도 분포를 분석하면 右側房 (각돈방 #1~#5), 左側房 (각돈방 #14~#18), 복도의 중앙상부의

공기속도는 전체적으로 0.2~1.0 m/s를, 左下側 각돈방 (각돈방 #10~#13) 및 복도의 중앙하부는 0.2~0.4 m/s를, 그러나 우하측 각돈방 (각돈방 #7~#9)는 0~0.2m/s를 나타내어 개선전에 비하여 훨씬 공기속도의 크기가 개선됨을 관찰하였음.

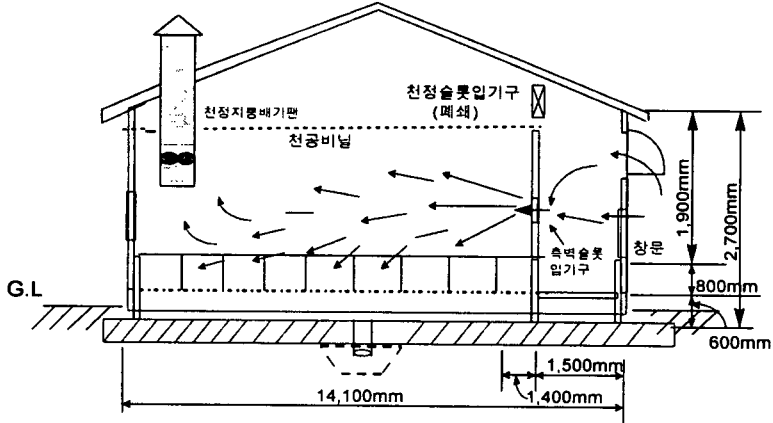


그림 4-1-26. 다비육종 자돈사의 공기흐름도

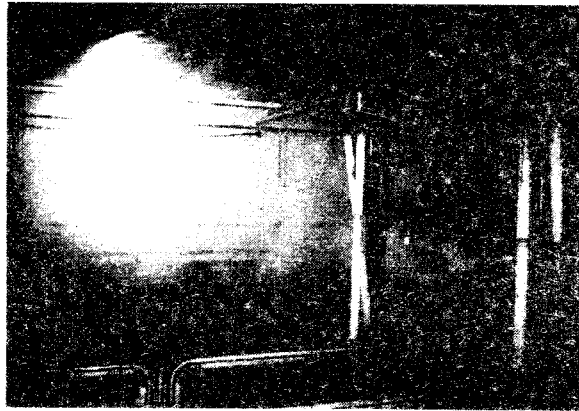



그림 4-1-27. 개선후 자돈사내 smoke generator에 의한 공기흐름 가시화

(2) 온도분포: 그림 4-1-29와 같이 복도의 온도는 25.6℃ (외기온과 동일)이며, 자돈방내의 실내온과 외기온과 온도차 ($\Delta t = t_o - t_i$)는 평균 0.85℃이며, 표준편차 (σ)는 0.298로 95%의 신뢰구간에서 다음의 온도차 범위는 $0.712^\circ\text{C} \leq \Delta t \leq 0.99^\circ\text{C}$ 의 감소를 나타냄. 온도차가 상대적으로 개선전보다 0.1℃ 추가 감소효과가 있는

것으로 분석되었으며, 자돈이 입식된 돈사에서는 이런 효과가 증폭되어 나타날 것으로 판단됨.

벽입기구		창문	4.49 m/s 복도	벽입기구
18	0 m/s : 0.14 m/s 0 : 3.91 0 : 0.24	上 0.15 m/s : 0.3 m/s 中 0.13 : 0.26 下 0.0 : 0.17		0 m/s : 0.14 m/s 0 : 3.21 0 : 0.17 1
17	0 : 0.30 0 : 0.53 0 : 0.17	上 0.14 : 0.45 中 0.0 : 0.38 下 0.0 : 0.15		0.15 : 0.21 0 : 0.57 0 : 0.74 2
16	0 : 0.36 0 : 0.26 0 : 0.18	上 0.0 : 0.55 中 0.0 : 0.45 下 0.0 : 0.45		0 : 0.24 0 : 0.48 0 : 0.83 3
15	0 : 0.14 0 : 0.26 0 : 0.15	上 0.0 : 0.27 中 0.0 : 0.26 下 0.14 : 0.42		0.14 : 0.23 0 : 0.66 0 : 0.57 4
14	0.14 : 0.24 0.15 : 0.23 0 : 0.14	上 0.14 : 0.16 中 0.15 : 0.27 下 0.15 : 0.45		0 : 0.54 0 : 0.33 0 : 0.26 5
13	0.15 : 0.28 0.15 : 0.16 0 : 0.14	上 0.15 : 0.17 中 0.0 : 0.14 下 0.14 : 0.16		0 : 0.16 0 : 0.16 0 : 0.14 6
12	0.15 : 0.22 0.14 : 0.15 0 : 0.15	上 0.17 : 0.15 中 0.14 : 0.17 下 0.14 : 0.15		0 : 0.14 0 : 0.14 0 : 0 7
11	0.17 : 0.40 0.14 : 0.20 0 : 0.24	上 0.22 : 0.31 中  0.18 : 0.20 下 0.0 : 0.16		0.16 : 0.14 0.14 : 0.14 0 : 0 8
10	0 : 0.34 0 : 0.14 0 : 0.14	上 0.63 : 0.68 中 0.16 : 0.14 下 0.0 : 0.0		0 : 0 0 : 0.15 0 : 0 9

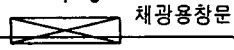



그림 4-1-28. A (개선전), B (개선후) 자돈사의 속도분포

천정입기구		26.4°C 창문	천정입기구	
		복도		
18	26.2°C : 25.0°C	上 25.6°C	25.5°C : 25.6°C	1
	26.2 : 25.1	中 25.6	25.5 : 25.5	
	26.1 : 24.9	下 25.6	25.5 : 25.3	
17	26.1 : 24.8	上 25.6	25.5 : 25.2	2
	26.0 : 24.718	中 25.6	25.5 : 25.1	
	26.0 : 24.6	下 25.6	25.5 : 25.0	
16	26.0 : 24.6	上 25.6	25.5 : 24.9	3
	26.0 : 24.6	中 25.6	25.5 : 24.9	
	25.9 : 24.6	下 25.6	25.5 : 24.9	
15	25.9 : 24.4	上 25.5	25.4 : 24.8	4
	25.8 : 24.4	中 25.6	25.5 : 24.8	
	25.8 : 24.6	下 25.6	25.4 : 24.8	
14	25.8 : 24.4	上 25.6	25.3 : 24.7	5
	25.8 : 24.4	中 25.5	25.3 : 24.7	
	25.8 : 24.4	下 25.6	25.3 : 24.7	
13	25.7 : 24.4	上 25.6	25.4 : 24.6	6
	25.7 : 24.4	中 25.6	25.4 : 24.6	
	25.7 : 24.4	下 25.6	25.4 : 24.6	
12	25.7 : 24.4	上 25.5	25.5 : 24.6	7
	25.7 : 24.4	中 25.6	25.5 : 24.6	
	25.6 : 24.4	下 25.5	25.4 : 24.6	
11	25.6 : 24.5	上 25.5	25.6 : 24.6	8
	25.6 : 24.4	中  25.5	25.5 : 24.6	
	25.6 : 24.4	下 25.5	25.5 : 24.6	
10	25.6 : 24.5	上 25.4	25.6 : 24.6	9
	25.6 : 24.5	中 25.5	25.6 : 24.6	
	25.6 : 24.5	下 25.4	25.6 : 24.6	

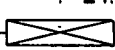
 재광용창문

그림 4-1-29. A (개선전), B (개선후) 자돈사의 온도분포

나. 서울대 부속 목장 영양학실 자돈사

1) 사육현황

표 4-1-14. 서울대 부속목장 영양학실 자돈사의 사육현황

항 목	내 용	
위 치	경기도 수원시 서둔동 103번지	
사육두수	160 두	
돈사형태	화란식 무창돈사	
자돈사	160두는 40개의 각돈방으로 구성되어 있음	
자 돈 사	자돈사제원	길이 (L)×폭 (W)×축벽고 (D)=14 m×6 m×2.7 m
	돈방제원	길이 (l)×폭 (w)×축벽고 (h)=12.6 m×6 m×2.7 m
	각돈방제원	길이 (l)×폭 (w)=2.55 m×1.4 m×0.6 m
	지붕틀춤 (B)	1.5 m
	마루대고 (H)	4.0 m
각돈방 (pen) 크기	9.6 m (l)×5.0 m (w)×2.4m (h)	
돈방당 입식자돈수 및 체중	~12두/각돈방 * 18개 각돈방 ≈ 220두 수용 체중 : 3kg~25kg (3주째부터~7주간 사육)	
돈방내 통로폭	800 mm	
Pit 깊이	600 mm	

2) 부속목장 자돈사 실내환경의 문제점

· 기존 환기시스템 (pit 팬가동)하에서 돈방 전지점에서 거의 공기유동이 감지되지 않았음. smoke generator로 연기를 분무한 결과, 연기가 완전히 없어지는 시간이 약 25분 정도 걸렸으며, 돈사밖 피트배기 chimney에서 배출연기를 육안인자가 불가능할 정도로 환기효율이 불량하였음 (그림 4-1-30).

· 입식 이유자돈이 일주일내에 열스트레스로 10여두가 폐사함.

3) 부속목장 자돈사 실내환경 개선안

가) 환기시스템의 형태

현재 돈방내 환기는 입구벽 상부에 입기구 (31 mm×61 mm) 2개를 설치하여 피트배기팬에 의하여 형성된 음압에 의하여 공기를 lateral하게 유동하게 되어 있음 (그림 4-1-30). 이는 四面이 固體壁으로 둘러싸인 각돈방의 환경을 개선하는데 도움이 되지 못하므로 그림 4-1-31과 같이 천정 입기구 하나에 (다른 하나의 입기구는 밀폐시킴) 원형 duct를 설치하여 공기가 쏠돈방에 고루 분포되도록 함.

나) 환기시스템 제어논리

현재 pit 배기팬과 측벽 배기팬의 팬용량을 하나의 제어기로 동시에 100%로 작동하게 되어 있음 ⇨ pit환경과 돈방환경은 서로 독립적으로 운영되어야 하므로 자돈사1 및 2를 위한 두 개의 제어기 A,B를 제어기A는 자돈사1과 자돈사2의 pit환경제어용으로, 제어기B는 자돈사1 및 2의 돈방환경제어를 팬제어용으로 1:1 배선하여야 함.

다) pit 배기문제

현재 3개의 천공 (지름 12 mm)을 통하여 pit 배기를 하도록 되어 있으나, 2번째 천공은 시멘트로 밀봉하여 실제 양열 4개의 천공만 기능을 하고 있음 (그림 4-1-32) ⇨ 밀폐천공에서 시멘트 fragment를 제거하여 천공의 숫자를 최대한으로 늘리도록 함.

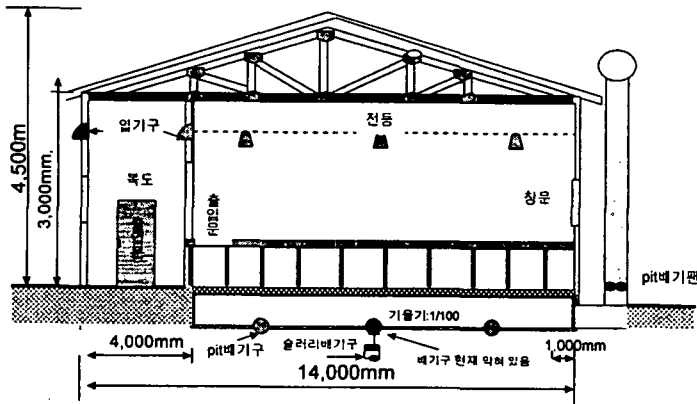


그림 4-1-30. 부속목장 기존 자돈사 환기시스템

4) 부속목장 개선후 현장실증 실험 및 개선효과

가) 개선후 자돈사의 환경개선평가 및 분석

(1) 공기유동 및 유속

기존 자돈사의 공기유동의 형태 (그림 4-1-32-1)는 돈방 전후를 가로 지르는 즉, 돼지體高에서 공기의 대류를 유도할 수 있도록 설계되어 있으나, 피트팬이 제대로 역할을 하지 못함에 따라 거의 유속을 감지하지 못하였다. 이를 그림 4-1-32-2와 같이 개선함에 따라 그림 4-1-34와 같이 연무에 의한 공기유동 가시화가 가능하였다. 그림 4-1-33의 측점에 따라 개선후의 공기속도 분포를 분석하면

표 4-1-15와 같이 우측방 (돈방 #1~#5), 좌측방 (돈방 #14~#18), 복도의 중앙상부의 공기속도는 전체적으로 0.2~1.0 m/s를, 좌하측 돈방 (돈방 #10~#13) 및 복도의 중앙하부는 0.2~0.4 m/s를, 그러나 우하측 돈방 (돈방 #7~#9)는 0~0.2 m/s를 나타내어 개선전에 비하여 훨씬 속도의 크기가 개선됨을 관찰하였다.

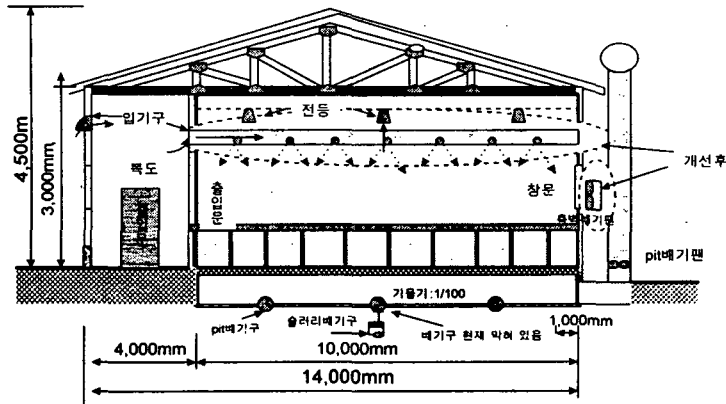


그림 4-1-31. 부속목장 환기시스템 개선안

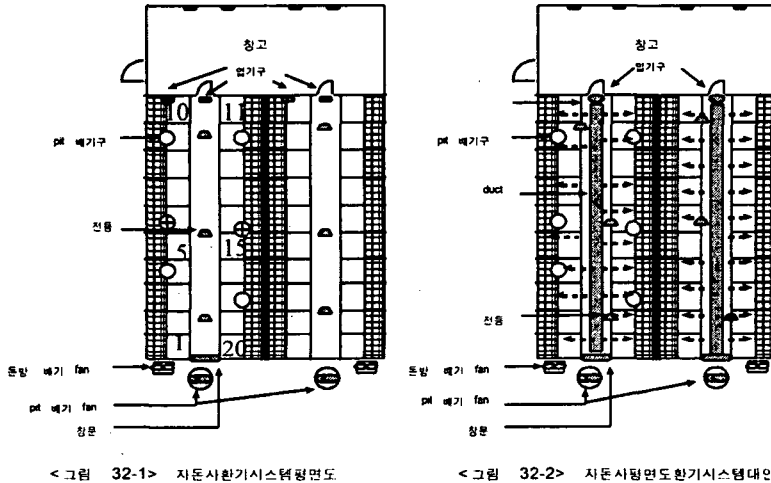


그림 4-1-32. 부속목장 환기시스템 개선전후의 평면도

표 4-1-15. 서울대 부속목장 영양학실 자돈방 공기속도분포 (단위:m/s)

측점 처리	#1			#2			#3			
	상	중	하	상	중	하	상	중	하	
좌	전	1.13	0	0	1.55	0	0	1.35	0	0
	후	5.45	0.14	0	5.28	0.25	0.18	4.86	0.23	0.19
우	전	2.25	0	0	1.94	0	0	1.82	0	0
	후	5.59	0.14	0	5.64	0.30	0.14	5.49	0.28	0.14

· 온도분포: 표 4-1-16과 같이 복도의 온도는 29.6℃이며, 자돈방내의 실내온과 외기온과 온도차 ($\Delta t = t_o - t_i$)는 평균 2℃로 나타나 온도저하 측면에서 복도의 역할은 우수하며, 배기팬의 측면부착으로 인하여 온도차가 상대적으로 개선전보다 약 1℃ 추가 감소효과가 있는 것으로 분석되었다.

표 4-1-16. 돈방내 온도분포

변수	위치	외기온	복도	돈사내
온도 (℃)		31.8	29.6	29.0

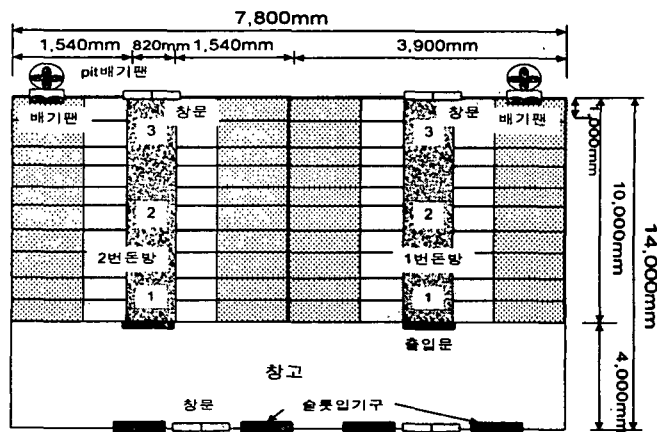


그림 4-1-33. 서울대 부속목장 영양학실 자돈방내 측정위치

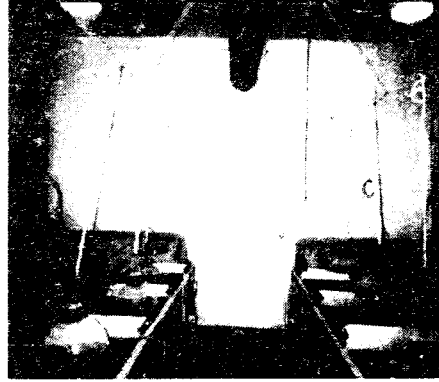
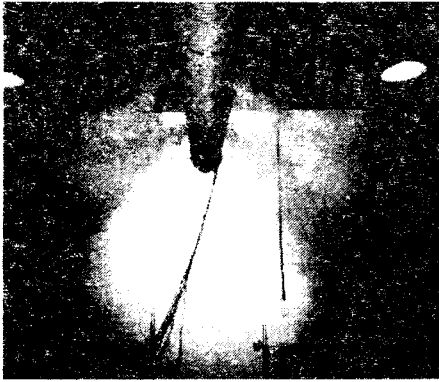


그림 4-1-34. 개선후 자돈방의 연무가시화 실험 및 자돈방내부전경

3. 육성/비육돈사

가. 이수길씨 농장

1) 사육환경

표 4-1-17. 이수길씨 농장의 사육현황

항 목		내 용
위 치		경기도 안성군
사육두수		1,500두
돈사형태		화란식 무창돈사
비육사		8개의 돈방 (compartment)으로, 하나의 돈방은 8개의 각돈방 (pen)으로 구성되어 있음.
자돈사	자돈사제원	길이 (L)×폭 (W)×측벽고 (D)=41 m×11 m×2.4 m
	돈방제원	길이 (l)×폭 (w)×측벽고 (h)=9.6 m×6.8 m×2.4 m
	각돈방제원	길이 (l)×폭 (w)=2.55 m×1.4 m
	지붕틀춤 (B)	1.6 m
	마루대고 (H)	4.0 m
	복도넓이	41 m×1.4 m
돈방당 입식자돈수 및 체중		10두/각돈방, 8개 각돈방 수용, 80두 수용 체중: 50~110 kg
돈방내 통로폭		800 mm
Pit 깊이		600 mm



그림 4-1-35. 이씨농장 비육돈사 내부전경

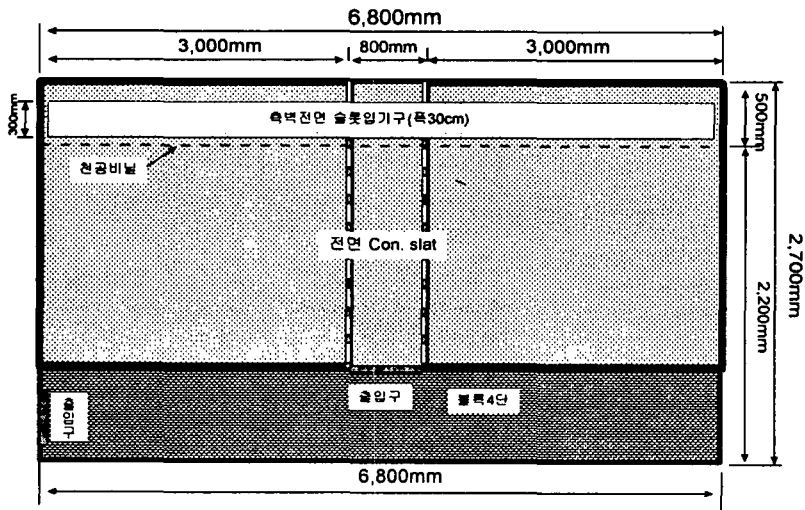


그림 4-1-36. 이씨농장 무창 비육사의 단면도

2) 비육사의 환기시스템

비육사는 전형적인 화란식 돈사로 전체적으로 강판판넬로 건축되어 있으며, 한쪽 벽면에 복도를 두었다. 복도에서 공기는 비육돈방의 상부 planar slot 입기구를 통해서 (그림 4-1-36) 돈방내부로 유입되어 점적비닐 천공을 거쳐 실내로 유입되게 하였다. 排氣는 人氣 반대편의 chimney팬을 설치하여 음압 강제환기를 하고 있었다 (그림 4-1-36, 그림 4-1-37).

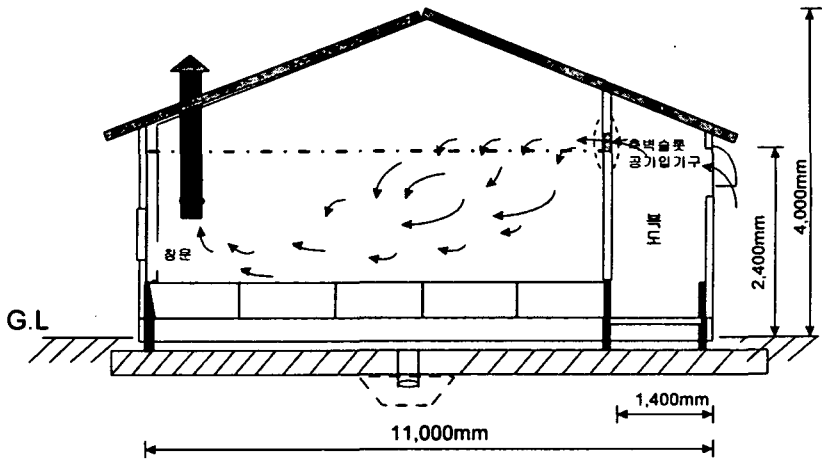


그림 4-1-37. 이씨 농장 비육사의 측면도와 가상 공기흐름도

3) 비육돈방의 환경분석 및 평가

80여두의 비육돈이 입식된 상태에서 실험을 실시하였으며, 비육사내 열, 화학적 환경변수인 온도, 공기속도, 암모니아 농도, 습도 등을 그림 4-1-38과 같은 지점에서 측정하여 실내환경을 평가하고자 하였다.

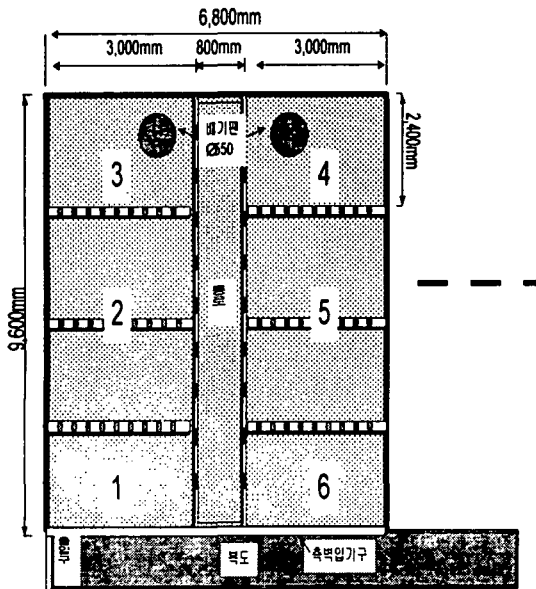


그림 4-1-38. 이씨농장의 비육돈방의 측정위치

이씨농장의 비육돈방은 화란식 형태로 임신돈방에다 천정에 점적천공비닐과 배기팬을 추가 설치한 것이 특이하였다. 공기흐름은 표 4-1-18과 같이 출입구쪽에서 대체로 0.1~0.18 m/sec를 나타냈으며, 천공비닐의 사용으로 인하여 돈사내의 중앙부분에서 공기의 흐름이 빠르게 나타났다 (0.32~0.76 m/sec). 배기팬이 있는 출입구 반대편 지점에서 배기팬이 작동되는 중앙부위 (배기덕트 중앙부)에서는 높은 수치를 나타냄. (6.06~6.46 m/sec). 쏘지점에 걸쳐 상대적으로 높은 유속을 나타내었다.

표 4-1-18. 비육사내 공기속도분포 (단위 : m/s)

측점위치	복도	1번	2번	3번	4번	5번	6번	통로
상	0.6	0.18	0.65	0.23	0.15	0.15	0.15	0.16
중	0.42	0.2	0.76	6.46	6.06	0.46	0.1	0.14
하	0.2	0.14	0.54	0.33	0.44	0.32	0.14	0.24

표 4-1-19와 같이 바깥 복도에서의 온도는 대체로 15℃ 정도 유지되고 있었으며, 실내돈방은 약 20℃ 내외로 적온대를 유지하였다. 비록 비육돈방이지만 돈사내에 분진농도는 0.021 mg/m³으로, 매우 낮았으며, 암모니아 가스농도도 3~4 ppm으로 양호한 상태를 유지하였다. 상대적으로 습도가 낮은 겨울에는 돈방 내부가 加溫으로 인하여 너무 건조해지므로 加濕 (humidification)에 관한 대책이 필요한 것으로 판단되었다.

비육육성돈사는 기본적으로 무창돈사가 맞지 않다고 인식되고 있으나 예비현장실증실험결과 열, 화학적 환경변수에 의한 실내환경은 전체적으로 양호한 것으로 나타났다. 그러나 현장조사가일이 3~4월로 외부환경이 상대적으로 양돈에 적합하였으므로, 혹서기에 현장실증실험을 다시 실시하여 돈사환경에 관한 종합적인 (소음 포함)의견을 제시하여야 할 것으로 인식되었다.

표 4-1-19. 온도측정결과 (단위 : ℃)

측정위치	복도	①	②	③		④	⑤	⑥		통로 (中)
				온도	습도, %			온도	습도, %	
상	14.8	20.4	20.2		39.1		17.2	15.8	36.8	19.7
중	14.7			19.4	38.7	18.0			35.7	19.5
하	15.2	20.3	20.2	19.0	37.8	17.6	16.6	15.5	35.0	19.8

나. 삼육농장 육성사

1) 사육현황

표 4-1-20. 삼육농장의 사육현황

항 목	내 용	
위 치	경기도 용인군 백암면 박곡리	
사육두수	육성돈 2,100두	
돈사형태	무창돈사	
육성돈사	약 154여두/돈방×14개 돈방	
육성 돈사	육성방	길이 (L)×폭 (W)×측벽고 (D)=14 m×5 m×3 m
	지붕틀춤 (B)	2.14 m
	마루대고 (H)	5.0 m
	돈방 복도폭	0.7 m
돈방당 육성돈수 및 체중	11두/각돈방×14 각돈방=154두/돈방 체중 : 30~60 kg	
복도통로폭	1,200 mm	
Pit 깊이	2,000 mm	

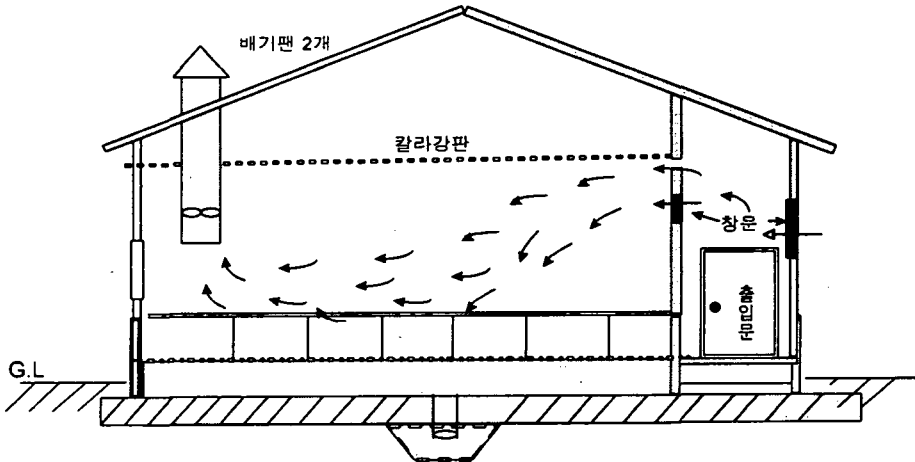


그림 4-1-39. 육성돈사의 측면도와 가상 공기흐름도

2) 육성사의 환기시스템

육성사는 전체적으로 칼라강판판넬로 건축되었으며, 한쪽 벽면에 복도를 두었으며, 복도에서 공기는 출입문 상부의 planar slot 입기구 (가로 1.2 m, 세로 30 cm)를 통해서 실내로 반대편 측벽에 부착된 배기팬과 chimney 팬으로 배기하고 있었다 (그림 4-1-39). 육성사의 제원은 그림 4-1-40과 같다.

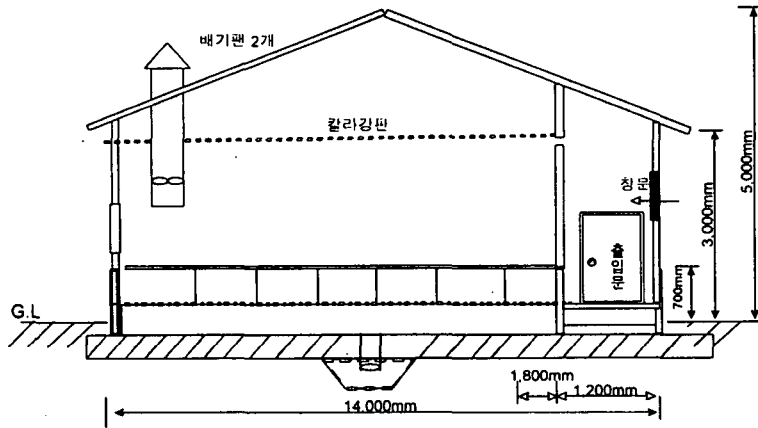


그림 4-1-40. 육성사의 측면도와 제원

2) 환기시스템의 환경분석 실험

육성돈사의 단면도는 그림 4-1-41과 같이 돈방의 크기는 가로 5 m 높이 5 m 의 돈사구조로 육성돈이 입식된 상태에서 실험을 실시하였으며, 육성사내 환경을 평가하기 위하여 그림 4-1-42, 43의 위치에 6개 측정점을 선정하여 공기속도, 암모니아 농도, 습도 등을 측정하였다.

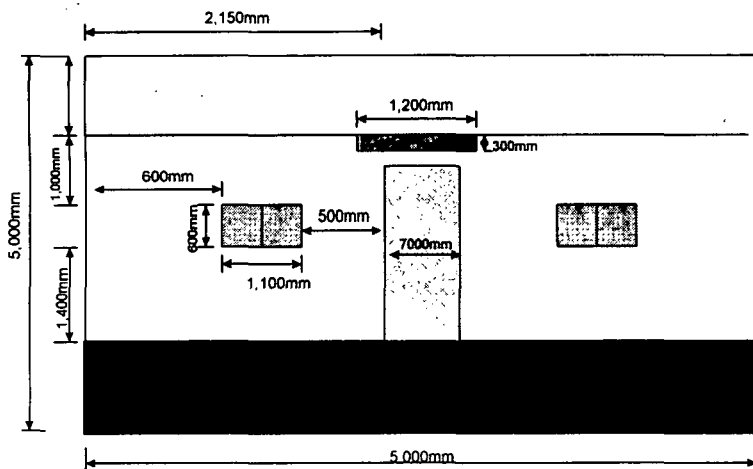


그림 4-1-41. 육성돈사의 단면도 및 제원

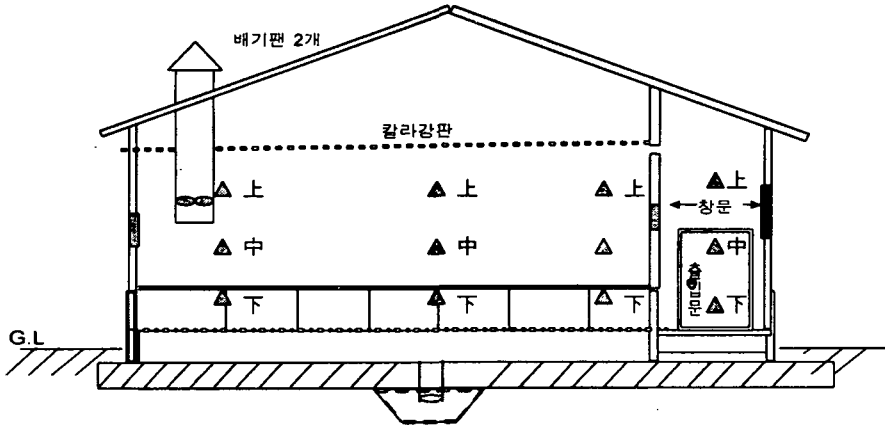


그림 4-1-42. 육성사의 전체단면도 측정지점

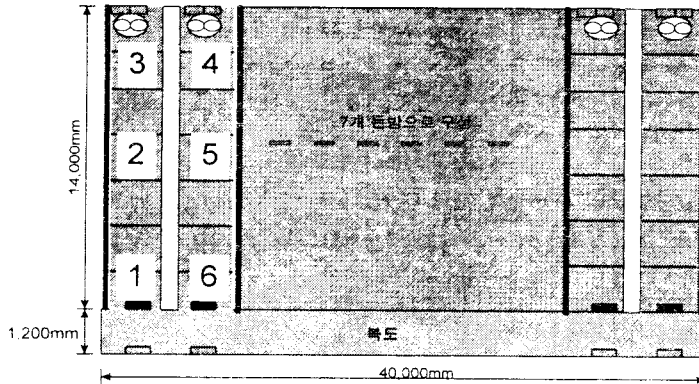


그림 4-1-43. 육성사의 단면도 및 측정지점

4) 육성돈방의 환경분석 및 평가

삼육농장의 육성돈방은 화란식 형태로 건축을 하였으나, 공기입기구는 농장주의 설계에 의하여 입기구를 설치한 점이 특이하였다. 공기흐름은 표 4-1-21과 같이 출입구쪽에서 대체로 0.16~1.23 m/sec를 나타냈으며, 특히 출입문 상부의 공기입기구에 의하여 육성돈방내에서의 통로에서의 공기유속은 0.36~0.89 m/sec로 빠르게 나타났다.

표 4-1-21. 육성사 공기속도 결과 (단위 : m/s)

측정위치	①	②	③	④	⑤	⑥	통로/복도
상	1.23	0.00	0.00	0.15	0.15	0.23	0.68
중	0.25	0.29	0.13	0.14	0.14	0.18	0.35
하	0.16	0.17	0.19	0.15	0.17	0.21	0.89

또한 육성사의 습도는 78% 정도로 측정되어 육성돈방내의 습도는 높았으며, 암모니아 농도는 출입구 쪽에서는 대체로 2~3 ppm으로 나타났으며, 배기팬 쪽으로 갈수록 차츰 증가하여 5~11 pp을 수준을 나타내어 육성사의 공기입기구의 변형으로 인한 돈사내의 환기효율을 높일 필요가 있었다. 또한 돈방내의 암모니아는 pit에서 발생하는 가스에 의한 것이 대부분이지만 삼육농장의 돈사 pit 깊이는 2 m로 너무 깊어 분뇨처리문제와 함께 복합적으로 보였다. 삼육농장 육성사의 문제점은 무창돈사의 개념만 접목 시켰을 뿐, 환기에 대한 기초적인 이해없이 농장주 개인의 고안에 의한 환기방식을 채택하여 돈사내에서의 환기효율은 낮게 나타났으며, 특히 관리자의 무창돈사에 대한 개념이 부족하여 출입문을 열어 놓은 상태에서 환기시스템 (배기팬)을 가동하였다. 따라서 삼육농장은 돈사관리상 전반적으로 문제가 있으며, 환기부분에 대한 상당한 개선이 필요한 것으로 판단되었다.

4. 참고문헌

- Anderson, D. P., G. W. Beard and R. P. Hanson. 1964. The adverse effects of ammonia on chickens, including resistance to infection with newcastle disease virus. Avian Dis. 8(3):369-379.
- Andersons, D. P., C. W. Beard and R. P. Hanson. 1964. The adverse effects of ammonia on chickens including resistance to infection with Newcastle Disease. Avian Disease 8:369-379.
- Andersons, D. P., C. W. Beard and R. P. Hanson. 1966. Influence of poultry house dust, ammonia and carbon dioxide on the resistance of chickens to Newcastle Disease. Avian Disease 10(2):177-188.
- Andersons, D. P., F. L. Chermis and R. P. Hanson. 1964. Studies on measuring the enviroment of turkeys raised in confinement. Poult. Sci. 43(2):305-318.
- Barnes, E. M., G. C. Mead and D. A. Barnum. 1972. The intestinal flora of the chicken in the period 2 to 6 weeks of age, with particular reference to the

- anaerobic bacteria. *Brit. Poult. Sci.* 13:617-622.
- Beckett, F. E. 1965. Effective temperature as a means of evaluating a design hog environment. *TRANSACTIONS of the ASAE* 11(4):163-166.
- Bitton, G. 1994. Role of microorganisms in biogeochemical cycles. In: *Wastewater microbiology*. A. John Willey & Sons, Inc. pp. 51-73.
- Bond, T. E., H. Heitman, Jr. and C. F. Kelly. 1965. Effects of increased air velocities on heat and moisture loss and growth of swine. *TRANSACTIONS of the ASAE* 8(2):167-169.
- Bone, E., A. Tamm and M. Hill. 1976. The production of urinary phenols by gut bacteria and their possible role in the causation of large bowel cancer. *Am. J. Clin. Nutr.* 29:1448-1454.
- Charles, D. R. and C. G. Payne. 1966. The influence of graded levels of atmospheric ammonia on chickens. I. Effects on respiration and on the performance of boilers and replacement growing stock. *Br. Poult. Sci.* 7(3):177-187.
- Charles, D. R. and C. G. Payne. 1966. The influence of graded levels of atmospheric ammonia on chickens. II. Effects on respiration and on the performance of boilers and replacement growing stock. *Br. Poult. Sci.* 7(3):189-198.
- Cho, K. S., L. M. Hirai and M. Shoda. 1991b. Degradation characteristics of hydrogen sulphide, methanethiol, dimethyl sulfide and dimethyl disulfide by *Thiobacillus thioparus* DW44 isolated from peat biofilter. *J. Ferm. and Bioeng.* 71(6):384-389.
- Cho, K. S., L. Zhang, M. Hirai and M. Shoda. 1991a. Removal characteristics of hydrogen sulphide and methanethiol by *Thiobacillus* sp. isolated from peat in biological deodorization. *J. Ferm. and Bioeng.* 71(1):44-49.
- Curtis, S. E. 1972. Air environment and animal performance. *J. Anim. Sci.* 35(3):628-634.
- Curtis, S. E., C. R. Anderson, J. Simon, A. H. Jensen. 1975a. Effects of aerial ammonia, hydrogen sulfide and swine-house dust on rate of gain and respiratory-tract structure in swine. *J. Anim. Sci.* 41(3):735-739.
- Curtis, S. E., J. G. Drummond, K. W. Kelly, D. J. Grunloh, V. J. Meares, H. W. Norton and A. H. Jensen. 1975b. Diurnal and annual fluctuations of aerial bacterial and dust levels in enclosed swine houses. *J. Anim. Sci.* 41(5):1502-1511.
- Day, D. L. 1983. Ecological and pollutional aspects of manure production. In: *Livestock manure management*. pp. 3.1-3.17.
- Day, D. L., E. L. Hansen and S. Anderson. 1965. Gases and odors in confinement

- swine building. *Trans. Amer. Soc. Agr. Eng.* 8(1):118-121.
- Doig, P. A. and R. A. Willoughby. 1971. Response of swine to atmospheric ammonia and organic dust. *J. Am. Vet. Med. Assoc.* 159(11):1353-1361.
- Donham, K. J. 1991. Association of environmental air contaminants with disease and productivity in swine. *Am. J. Vet. Res.* 52(10):1723-1730.
- Drummond, J. G., S. E. Curtis, J. Simon and H. W. Norton. 1980. Effects of aerial ammonia on growth and health of young pigs. *J. Anim. Sci.* 50(6):1085-1091.
- Drury, L. N. 1966. Air velocity and broiler growth in a diurnally cycled environment. *TRANSACTIONS of the ASAE* 9(3):329-331.
- E. Lambooy, 1988, Road transport of pigs over a long distance: some aspects of behaviour, temperature and humidity during transport and some effects of the last two factors *Animal production.*, 46:257-263
- Gordon, W. A. M. 1963. Environmental studies in pig housing. IV-The bacterial content of air in piggeries and its influence on disease incidence. *Brit. Vet. J.* 119:263-271.
- Hamilton, W. A. 1985. Sulphate anaerobic bacteria and anaerobic corrosion. *Annu. Rev. Microbiol.* 39:195-217.
- Hazen, T. E. and D. W. Mangold. 1960. Functional and basic requirements of swine housing. *Agricultural Engineering* 41(9):585-590.
- Hill, I. R. and R. Kenworthy. 1970a. Microbiology of pigs and their environment in relation to weaning. *J. Appl. Bacteriol.* 33:299-316.
- Ingram, D. L. 1965. The effect of humidity on temperature regulation and cutaneous water loss in the young pig. *Res. Vet. Sci.* 6(1):9-17.
- Kabuga, J. D. and S. Y. Annor, 1992, A note on the development of behaviour of intensively managed piglets in the humid tropics *Animal production*, 54:157-159
- Malayer, J. R., K. E. Brandt, M. L. Green, D. T. Kelly, A. L. Sutton, M. A. Diekman, 1988, Influence of manure gases on the onset of puberty of replacement gilts *Animal production.*, 46:277-282
- Kanagawa, T. and D. P. Kelly. 1986. Breakdown of dimethyl sulphide by mixed cultures and by *Thiobacillus thioparus*. *FEMS Microbiol. Letters.* 34:13-19.
- Kolacz, J. W., R. B. Wescott, A. R. Dommert. 1970. Microflora of hormone miniature swine : fecal flora of adult sows. *Am. J. Vet. Res.* 31(7):1173-1178.
- L.R. Giles, E. Belinda Dettmann, R. F. Lowe, 1988, Influence of diurnally fluctuating high temperature on growth and energy retention of growing pigs *Animal production.*, 47:467-474

- Lille, R. J. 1970. Air pollutants affecting the performance of domestic animals ; a literature review. Agricultural Research Service, United States Dept, of Agric., Washington, D. C.:34-40.
- M. S. Cockram, T. G. Rowan, 1989, Effects of air temperature on the abomasal and small intestinal digestion of a milk substitute diet given to young calves Animal production, 48:67-74
- M. S. Cockram, T. G. Rowan, 1989, Effects of air temperature, air velocity and Feeding level on apparent digestibility, water intake, water loss and growth in calves given a milk substitute diet Animal production, 48:51-65
- Malayer, J. R., K. E. Brandt, M. L. Green, D. T. Kelly, A. L. Sutton. 1988. Influence of manure gases on the onset of puberty of replacement gilts. Anim. Prod. 46:277-282.
- Mara, D. D. and J. I. Oragui. 1981. Occurrence of *Rhodococcus coprophilus* and associated actinomycetes in feces, sewage, and freshwater. Appl. Environ. Microbiol. 42(6):1037-1042.
- Miner, J. R. and T. E. Hazen. 1969. Ammonia and amines : Components of swine-building odor. Trans. Amer. Soc. Agr. Eng. 12:772-774.
- Morrison, S. R., R. L. Givens and H. Heitman, Jr. 1976. Effects of air movement on swine at high temperature. Int. J. Biometeor. 20(4):337-343.
- Morrison, S. R., T. E. Bond and H. Heitman Jr. 1968. Effect of humidity on swine at temperature. TRANSACTIONS of the ASAE 11(4):256-258.
- Morrison, S. R., T. E. Bond and P. Finn-Kelcey. 1966. The influence of humidity on growth rats and feed utilization of swine. Int. J. biometeorology 10:163-168.
- Muehling, A. J. 1971. Gases and odors from stored swine wastes. J. Anim. Sci. 30(4):526-531.
- Mutai, M. 1983. Utilization and effect of lactic acid bacteria. Kor. J. Appl. Microbiol. Bioeng. 11(4):339-345.
- N. R. Scott., 1984, Livestock Buildings and equipment : A Review J. agric. Engineering Res., 29:93-114
- Palmgren, U., G. Strom, G. Blomquist and P. Malmberg. 1986. Collection of airborne micro-organisms on nuclepore filters, estimation and analysis-CAMNEA method. J. Appl. Bacteriol. 61:401-406.
- R. Geers, B. Dellaert, V. GoedSeels, A. Hoogerbrugge, E. Vravken, F. Maes, D. Berckmans, 1989, An assessment of optimal air temperatures in pig houses by the quantification of behavioural and health-related problems Animal production.,

48:571-578

- Roller, W. L and R. F. Goldman, 1969. Response of swine to acute heat exposure. TRANSACTIONS of the ASAE 12(1):164-169, 174.
- S. A. Edwards, A. W. Armsby, 1988, Effects of floor area allowance on performance of growing pigs kept on fully slatted floors *Animal production.*, 46:453-459
- Smith, H. W. 1965. The development of the flora of the alimentary tract in young animals. *J. Pathol. and Bacteriol.* 90:495-513.
- Stombaugh, D. P., H. S. Teague and W. L. Roller. 1969. Effects of atmospheric ammonia on the pig. *J. Anim. Sci.* 28:844-847.
- T. Sakai, M. Nishino, M. Hamakawa, C.-S. Yoon and T. Thirapatsakun, 1992. A note on the effects of environmental temperature on live-weight gain during fattening of pigs *Animal production*, 54:147-149
- Taiganides, E. P. and R. K. White. 1969. The menace of noxious gases in animal units. *Trans. Amer. Soc. Agr. Eng.* 12:359-362, 367.
- Takahashi, M., Y. Benno and T. Mitsuoka. 1980. Utilization of ammonia nitrogen by intestinal bacteria isolated from pigs. *Appl. and Environ. Microbiol.* 39(1):30-35.
- Tamminga, S. 1992. Gaseous pollutants produced by farm animal enterprises. In *Farm animals and the environment.* ed. Phillips, C. and D. Piggins. CAB International.:345-357.
- Tamminga, S. 1995. Animal nutrition as a tool to manipulate animal waste quality. In: *International Symposium on Livestock Waste : A Renewable Resources.* pp. 7-21.
- Togashi, I., M. Suzuki, M. Hirai, M. Shoda and H. Kubota. 1986. Removal of NH₃ by a peat biofilter without and with nitrifier. *J. Ferment. Technol.* 64(5):425-432.
- Valentine, H. 1964. A study of the effect of different ventilation rates on the ammonia concentrations in the atmosphere of broiler houses. *Brit. Poult. Sci.* 5(2):149-159
- Van Horn, H. H., A. C. Wilkie, W. J. Powers and R. A. Nordstedt. 1994. Components of dairy manure management systems. *J. Dairy Sci.* 77:2008-2030.
- Van Kampen, M. 1976. Evaporative temperature regulation in birds. In : *Progress in animal biometeorology. The effect of temperature on animals.* (Ed.) H. D. Johnson. Progress in biometeorology. Swets and Zeitlinger B.V. Amsterdam. pp. 158-166.
- Wilson, W. O., C. F. Kelly, R. T. Lorenzen and A. E. Woodward. 1957. Effect of wind on growth of fryers after two weeks of age. *Poultry Sci.* 36(5):978-984.

- Winn, P. N. and E. F. Godfrey. 1967. The effect of humidity on growth and feed conversion of broiler chickens. *Int. J. Biometer.* 11(1):39-50.
- Zhang, L., M. Hirai and M. Shoda. 1991. Removal characteristics of dimethyl sulfide, methanethiol and hydrogen sulfide by *Hyphomicrobium* sp. 155 isolated from peat biofilter. *J. Ferm. and Bioeng.* 72(5):392-396.
- 瀬能誠之. 1985. 共乾施設における浮遊粉塵と濃度・粒度特性. *農業施設.* 16(2). 19-28.
- 瀬能誠之. 1988. 農業施設空間内における浮遊粉塵と浮遊微生物環境に関する研究 (I). *農業施設.* 19(1). 16-21.
- 瀬能誠之. 1988. 農業施設空間内における浮遊粉塵と浮遊微生物環境に関する研究 (II)-共乾施設の環境特性-. *農業施設.* 19(2). 51-54.
- 相原良安. 1975. 畜舎壁体内通気層の轉熱特性に関する研究 (I) -定性的特性について-. *農業施設.* 6(1). 19-26.
- 이상길. 돈사내 미생물과 관리자의 건강. 1991. 월간양돈 12.
- 조석행. 돈사내 환경이 돼지에 미치는 영향. 1991. 월간양돈 11.
- 佐佐木 皓二. 1989. 空氣-空氣型ヒトポンプによる温室環境調節-温室暖房について-. *農業施設.* 20(1). 121-127.
- 清水. 1994. 豚の生殖器・呼吸器症候群 (PRRS)の現状と問題. *畜産の研究.* 48(10). 3-10.

(본 연구 결과는 세편의 논문으로 나누어져 각각 한국축산시설환경학회지 5권 1호 페이지 1-15 및 6권 1호 페이지 1-14에 발표되었으며, 한국동물자원과학회지에 게재 예정임)

제 2절 Heat pump를 이용한 냉난방 시스템 설계 및 적용

1. 공기-물 heat pump 시스템의 구성

본 연구의 두 번째 주요 내용중 하나는 특히 혹서기, 혹한기의 일정시간 減溫하거나 加溫할 수 있는 열환경 조절장치가 필요하다. 우리 나라는 여름철에는 고온다습하며, 겨울철에 저온건조하기 때문에 감온과 가온이 가능한 즉, 돈사의 열환경 조절이 가능한 장치로서 일반적으로 heat pump가 널리 쓰인다.

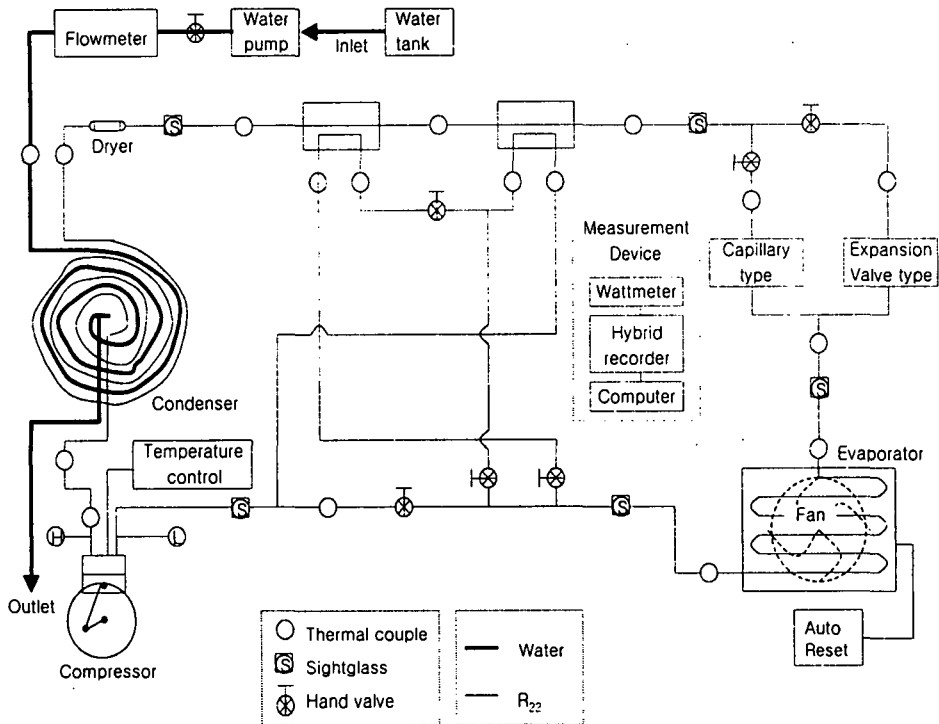


그림 4-2-1. 공기-물 heat pump 회로구성

본 연구에서는 공기를 열원으로 하여 물을 열전달매체로 하는 공기-물 heat pump를 그림 4-2-1와 같이 회로를 구성하여, heat pump를 제작하였으며, 이를 자돈사에 설치하여 효율을 검정하였다.

2. Heat pump의 설계

본 연구의 air to water 열펌프 실험장치는 그림 4-2-2, 3, 4와 같다. 시스템 주요구성체의 입출구 온도와 공기온도를 측정하기 위하여 T-type thermocouple 을 부착하여 hybrid recoder를 통하여 기록하였으며, compressor의 소모전력을 측정하기 위하여 전력계를 부착하였다. 압축기는 밀폐 로타리형 10마력으로, condenser는 二重 管形 공기 순환식으로 구성하였다. 人氣송풍기는 siroco fan (多翼 송풍기)을 사용하였으며, 최대풍량은 3,500 CMH (m^3/h)으로 약 2마력이다. System의 성적계수 (COP ; Coefficient Of Performance)는 일반적으로 1kw (= 860 kcal/hr)로 10HP (≈ 7.5 kw)를 사용하여 6,450 kcal/hr로 설계하였다.

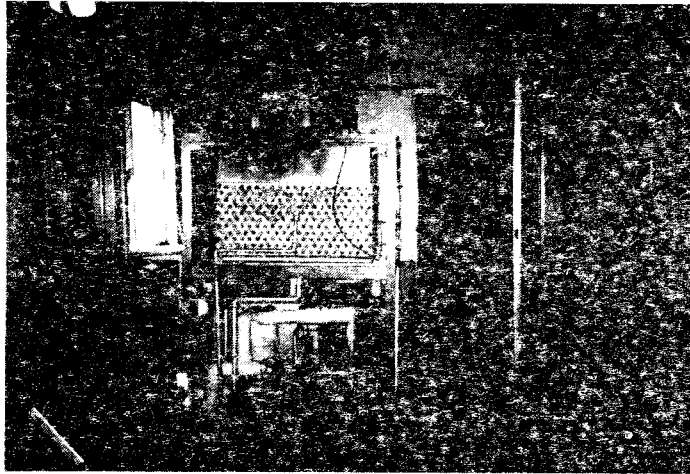


그림 4-2-2. Heat pump의 실상도

3. 실험방법

시스템의 적용에 따른 온도반응이 적은 육성돈 돼지가 입식된 원형육성·비육돈사에서 '99년 12월 21일~현재까지 실험을 수행하였으며, 그림 4-2-3, 그림 4-2-4에서 제시하고 있는 heat pump에서 송풍온도, 습도, 가스 (암모니아) 돈사내의 온도와 소모전력을 측정하여 heat pump의 돈사시설에 대한 적용가능성을 분석하였다.

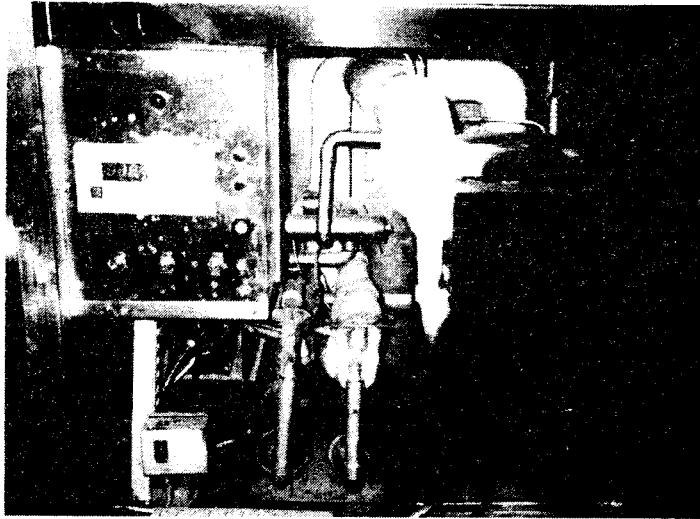


그림 4-2-3. Heat pump의 압축기 (compressor)

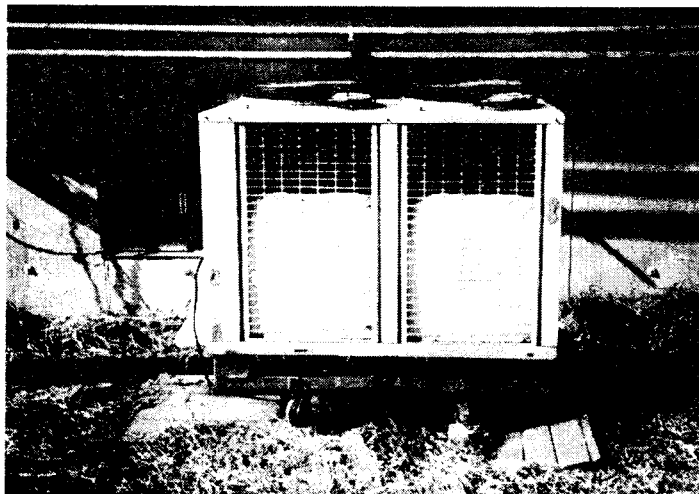


그림 4-2-4. Heat pump의 열교환기

4. 결과 및 고찰

가. 겨울철 heat pump (열펌프) 시스템의 효율분석

겨울철에는 공기-공기 (heat pump) 열펌프로 가온하여 얻은 결과는 그림 4-2-5 과 같다. 외기온이 3℃인 경우, heat pump에서 가온되어 송풍덕트로 자돈사에 유입되는 공기온도는 약 25℃로서 약 22℃의 온도차를 보였다. $Q=mc_p\Delta t$ 에서 heat pump에 의한 열량을 산정할 수 있다.

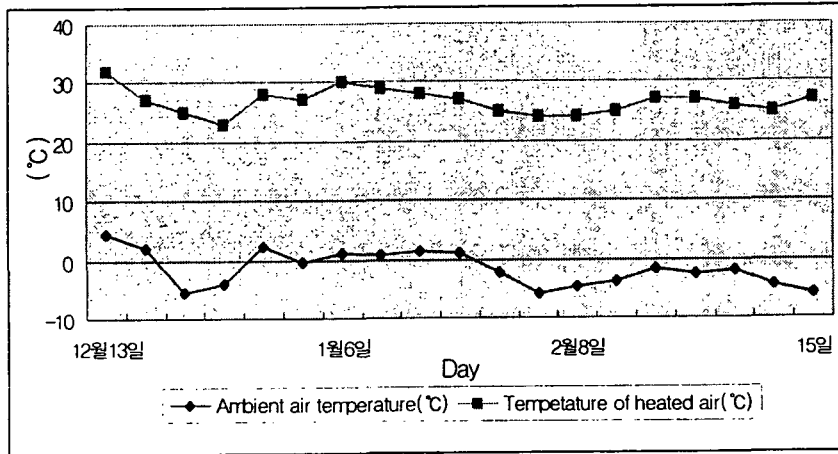


그림 4-2-5. 외기온의 온도변화와 heat pump (duct)에서의 온도변화

일반적으로 heat pump는 전기저항식 heater보다 약 30% 정도 효율이 높은 것으로 계산되었으며, 부속목장 원형실험돈사의 복도에 설치한 결과 실내온도의 변화는 그림 4-2-5과 같이 나타났다. 외기와 복도온도와의 차는 약 15℃ 내외, 복도와 덕트공기의 온도차는 약 10℃ 내외로 단일시스템으로 기존 열풍기나 전열기보다 훨씬 효율이 높은 것으로 나타났다.

그림 4-2-6는 heat pump에서 발생하는 열량을 돈사내로 유입하였을 때의 온도 분포를 나타낸 것으로 초기 육성·비육돈방에는 2000년 1월 30일까지는 620 w 전기보온등을 각돈방당 1개씩 (총 19개)를 설치하여 加溫하였으며, 이 때 소모된 전력소모량은 15.7 kw/h로 일일 376.8 kw/일이었다. 동일 실내온도를 유지를 위한 heat pump를 가동을 실험한 결과 전력소모량은 9.7 kw/h로 일일 232.8 kw이 소모되어 38% 정도의 에너지 절약효과가 있는 것으로 나타났다.

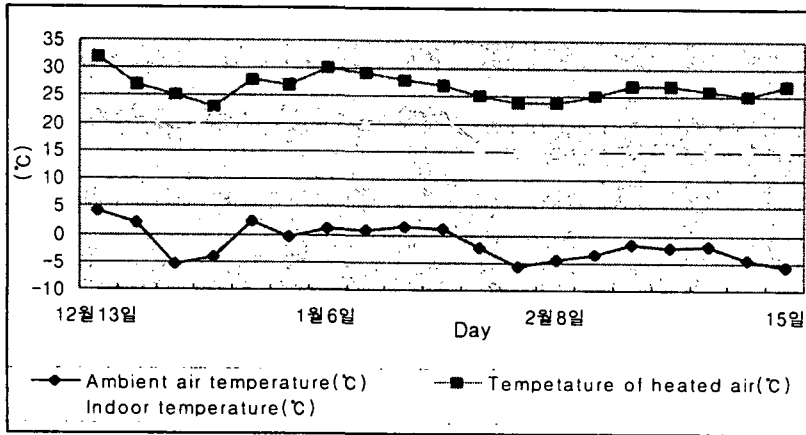


그림 4-2-6. 겨울철 외기온의 변화와 자돈사내 온도변화 비교

나. 여름철 heat pump (열펌프) 시스템의 효율분석

여름철에는 비열이 높은 물을 열매개체로 하여 공기-물 (air-water) heat pump 를 이용하여 여름철 일중 가장 더운 오후 2시~4시 사이에 운전하여 그림 4-2-7 과 같은 결과를 얻었다. 여름철 원형실험 자돈사의 외기온은 30°C 이상으로 측정 되었으며, 돈사복도에 설치된 heat pump의 설정온도에 의하여 복도내의 환경온도는 약 4~5°C 낮게 유지하였으나 이를 시스템의 성능으로 평가하는 것은 부적절 하다. 왜냐하면 복도가 제대로 밀폐되어 있지 않아 외부공기에 일부 노출되어 있 기 때문이다.

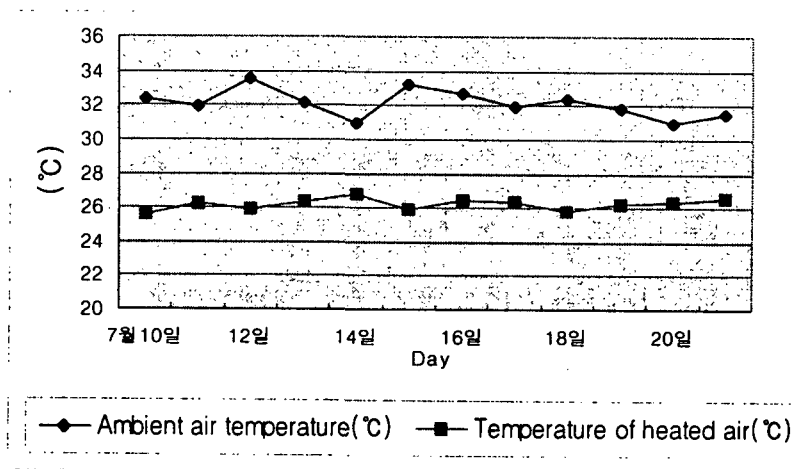


그림 4-2-7. 외기온의 온도변화와 Heat pump (duct)에서의 온도변화

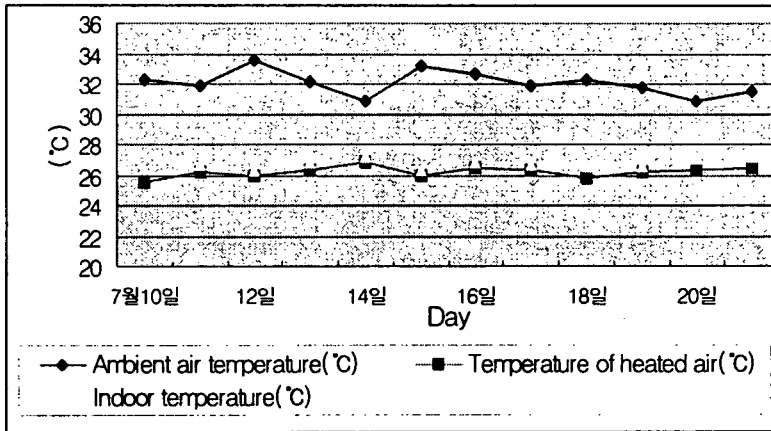


그림 4-2-8. 겨울철 외기온의 변화와 돈사내 온도변화 비교

Heat pump에서 발생하는 냉각열을 자돈사내로 유입하였을 때의 온도분포는 그림 4-2-8과 같다. 기본적으로 외기온과 자돈방의 온도는 일정한 온도차를 두고 거의 같은 양상으로 변화하나, heat pump에 의한 냉각열이 공급되는 오후 2시~4시까지는 4~5°C 저하되어 자돈의 생육적온인 26°C 전후를 유지하여 쾌적한 열환경을 유지하였다. 특히 여름철에 많이 발생하는 열스트레스로 인한 식욕저하 현상은 나타나지 않았으며, 사료섭취량도 무처리에 비하여 30% 이상 높아져 출하일령의 단축을 예견할 수 있으며 청정돼지고기 생산의 가능성을 보였다.

5. 참고문헌

- Anderson, D. P., G. W. Beard and R. P. Hanson. 1964. The adverse effects of ammonia on chickens, including resistance to infection with newcastle disease virus. *Avian Dis.* 8(3):369-379.
- Andersons, D. P., C. W. Beard and R. P. Hanson. 1964. The adverse effects of ammonia on chickens including resistance to infection with Newcastle Disease. *Avian Disease* 8:369-379.
- Andersons, D. P., C. W. Beard and R. P. Hanson. 1966. Influence of poultry house dust, ammonia and carbon dioxide on the resistance of chickens to Newcastle Disease. *Avian Disease* 10(2):177-188.
- Andersons, D. P., F. L. Chermis and R. P. Hanson. 1964. Studies on measuring the environment of turkeys raised in confinement. *Poult. Sci.* 43(2):305-318.
- Barnes, E. M., G. C. Mead and D. A. Barnum. 1972. The intestinal flora of the

- chicken in the period 2 to 6 weeks of age, with particular reference to the anaerobic bacteria. *Brit. Poul. Sci.* 13:617-622.
- Beckett, F. E. 1965. Effective temperature as a means of evaluating a design hog environment. *TRANSACTIONS of the ASAE* 11(4):163-166.
- Bitton, G. 1994. Role of microorganisms in biogeochemical cycles. In: *Wastewater microbiology*. A. John Willey & Sons, Inc. pp. 51-73.
- Bond, T. E., H. Heitman, Jr. and C. F. Kelly. 1965. Effects of increased air velocities on heat and moisture loss and growth of swine. *TRANSACTIONS of the ASAE* 8(2):167-169.
- Bone, E., A. Tamm and M. Hill. 1976. The production of urinary phenols by gut bacteria and their possible role in the causation of large bowel cancer. *Am. J. Clin. Nutr.* 29:1448-1454.
- Charles, D. R. and C. G. Payne. 1966. The influence of graded levels of atmospheric ammonia on chickens. I. Effects on respiration and on the performance of boilers and replacement growing stock. *Br. Poul. Sci.* 7(3):177-187.
- Charles, D. R. and C. G. Payne. 1966. The influence of graded levels of atmospheric ammonia on chickens. II. Effects on respiration and on the performance of boilers and replacement growing stock. *Br. Poul. Sci.* 7(3):189-198.
- Cho, K. S., L. M. Hirai and M. Shoda. 1991b. Degradation characteristics of hydrogen sulphide, methanethiol, dimethyl sulfide and dimethyl disulfide by *Thiobacillus thioparus* DW44 isolated from peat biofilter. *J. Ferm. and Bioeng.* 71(6):384-389.
- Cho, K. S., L. Zhang, M. Hirai and M. Shoda. 1991a. Removal characteristics of hydrogen sulphide and methanethiol by *Thiobacillus* sp. isolated from peat in biological deodorization. *J. Ferm. and Bioeng.* 71(1):44-49.
- Curtis, S. E. 1972. Air environment and animal performance. *J. Anim. Sci.* 35(3):628-634.
- Curtis, S. E., C. R. Anderson, J. Simon, A. H. Jensen. 1975a. Effects of aerial ammonia, hydrogen sulfide and swine-house dust on rate of gain and respiratory-tract structure in swine. *J. Anim. Sci.* 41(3):735-739.
- Curtis, S. E., J. G. Drummond, K. W. Kelly, D. J. Grunloh, V. J. Meares, H. W. Norton and A. H. Jensen. 1975b. Diurnal and annual fluctuations of aerial bacterial and dust levels in enclosed swine houses. *J. Anim. Sci.* 41(5):1502-1511.
- Day, D. L. 1983. Ecological and pollutional aspects of manure production. In: *Livestock manure management*. pp. 3.1-3.17.

- Day, D. L., E. L. Hansen and S. Anderson. 1965. Gases and odors in confinement swine building. *Trans. Amer. Soc. Agr. Eng.* 8(1):118-121.
- Doig, P. A. and R. A. Willoughby. 1971. Response of swine to atmospheric ammonia and organic dust. *J. Am. Vet. Med. Assoc.* 159(11):1353-1361.
- Donham, K. J. 1991. Association of environmental air contaminants with disease and productivity in swine. *Am. J. Vet. Res.* 52(10):1723-1730.
- Drummond, J. G., S. E. Curtis, J. Simon and H. W. Norton. 1980. Effects of aerial ammonia on growth and health of young pigs. *J. Anim. Sci.* 50(6):1085-1091.
- Drury, L. N. 1966. Air velocity and broiler growth in a diurnally cycled environment. *TRANSACTIONS of the ASAE* 9(3):329-331.
- E. Lambooy, 1988, Road transport of pigs over a long distance: some aspects of behaviour, temperature and humidity during transport and some effects of the last two factors *Animal production.*, 46:257-263
- Gordon, W. A. M. 1963. Environmental studies in pig housing. IV-The bacterial content of air in piggeries and its influence on disease incidence. *Brit. Vet. J.* 119:263-271.
- Hamilton, W. A. 1985. Sulphate anaerobic bacteria and anaerobic corrosion. *Annu. Rev. Microbiol.* 39:195-217.
- Hazen, T. E. and D. W. Mangold. 1960. Functional and basic requirement of swine housing. *Agricultural Engineering* 41(9):585-590.
- Hill, I. R. and R. Kenworthy. 1970a. Microbiology of pigs and their environment in relation to weaning. *J. Appl. Bacteriol.* 33:299-316.
- Ingram, D. L. 1965. The effect of humidity on temperature regulation and cutaneous water loss in the young pig. *Res. Vet. Sci.* 6(1):9-17.
- Kabuga, J. D. and S. Y. Annor, 1992, A note on the development of behaviour of intensively managed piglets in the humid tropics *Animal production*, 54:157-159
- Malayer, J. R., K. E. Brandt, M. L. Green, D. T. Kelly, A. L. Sutton, M. A. Diekman, 1988, Influence of manure gases on the onset of puberty of replacement gilts *Animal production.*, 46:277-282
- Kanagawa, T. and D. P. Kelly. 1986. Breakdown of dimethyl sulphide by mixed cultures and by *Thiobacillus thioparus*. *FEMS Microbiol. Letters.* 34:13-19.
- Kolacz, J. W., R. B. Wescott, A. R. Dommert. 1970. Microflora of hormel miniature swine : fecal flora of adult sows. *Am. J. Vet. Res.* 31(7):1173-1178.
- L.R. Giles, E. Belinda Dettmann, R. F. Lowe, 1988, Influence of diurnally fluctuating high temperature on growth and energy retention of growing pigs *Animal*

- production., 47:467-474
- Lille, R. J. 1970. Air pollutants affecting the performance of domestic animals ; a literature review. Agricultural Research Service, United States Dept, of Agric., Washington, D. C.:34-40.
- M. S. Cockram, T. G. Rowan, 1989, Effects of air temperature on the abomasal and small intestinal digestion of a milk substitute diet given to young calves Animal production, 48:67-74
- M. S. Cockram, T. G. Rowan, 1989, Effects of air temperature, air velocity and Feeding level on apparent digestibility, water intake, water loss and growth in calves given a milk substitute diet Animal production, 48:51-65
- Malayer, J. R., K. E. Brandt, M. L. Green, D. T. Kelly, A. L. Sutton. 1988. Influence of manure gases on the onset of puberty of replacement gilts. Anim. Prod. 46:277-282.
- Mara, D. D. and J. I. Oragui. 1981. Occurrence of *Rhodococcus coprophilus* and associated actinomycetes in feces, sewage, and freshwater. Appl. Environ. Microbiol. 42(6):1037-1042.
- Miner, J. R. and T. E. Hazen. 1969. Ammonia and amines : Components of swine-building odor. Trans. Amer. Soc. Agr. Eng. 12:772-774.
- Morrison, S. R., R. L. Givens and H. Heitman, Jr. 1976. Effects of air movement on swine at high temperature. Int. J. Biometeor. 20(4):337-343.
- Morrison, S. R., T. E. Bond and H. Heitman Jr. 1968. Effect of humidity on swine at temperature. TRANSACTIONS of the ASAE 11(4):256-258.
- Morrison, S. R., T. E. Bond and P. Finn-Kelcey. 1966. The influence of humidity on growth rats and feed utilization of swine. Int. J. biometeorology 10:163-168.
- Muehling, A. J. 1971. Gases and odors from stored swine wastes. J. Anim. Sci. 30(4):526-531.
- Mutai, M. 1983. Utilization and effect of lactic acid bacteria. Kor. J. Appl. Microbiol. Bioeng. 11(4):339-345.
- N. R. Scott., 1984, Livestock Buildings and equipment : A Review J. agric. Engineering Res., 29:93-114
- Palmgren, U., G. Strom, G. Blomquist and P. Malmberg. 1986. Collection of airborne micro-organisms on nuclepore filters, estimation and analysis-CAMNEA method. J. Appl. Bacteriol. 61:401-406.
- R. Geers, B. Dellaert, V. Goedseels, A. Hoogerbrugge, E. Vravken, F. Maes, D. Berckmans, 1989, An assessment of optimal air temperatures in pig houses by the

- quantification of behavioural and health-related problems *Animal production.*, 48:571-578
- Roller, W. L and R. F. Goldman, 1969. Response of swine to acute heat exposure. *TRANSACTIONS of the ASAE* 12(1):164-169, 174.
- S. A. Edwards, A. W. Armsby, 1988, Effects of floor area allowance on performance of growing pigs kept on fully slatted floors *Animal production.*, 46:453-459
- Smith, H. W. 1965. The development of the flora of the alimentary tract in young animals. *J. Pathol. and Bacteriol.* 90:495-513.
- Stombaugh, D. P., H. S. Teague and W. L. Roller. 1969. Effects of atmospheric ammonia on the pig. *J. Anim. Sci.* 28:844-847.
- T. Sakai, M. Nishino, M. Hamakawa, C.-S. Yoon and T. Thirapatsakun, 1992. A note on the effects of environmental temperature on live-weight gain during fattening of pigs *Animal production*, 54:147-149
- Taiganides, E. P. and R. K. White. 1969. The menace of noxious gases in animal units. *Trans. Amer. Soc. Agr. Eng.* 12:359-362, 367.
- Takahashi, M., Y. Benno and T. Mitsuoka. 1980. Utilization of ammonia nitrogen by intestinal bacteria isolated from pigs. *Appl. and Environ. Microbiol.* 39(1):30-35.
- Tamminga, S. 1992. Gaseous pollutants produced by farm animal enterprices. In *Farm animals and the environment.* ed. Phillips, C. and D. Piggins. CAB International.:345-357.
- Tamminga, S. 1995. Animal nutrition as a tool to manipulate animal waste quality. In: *International Symposium on Livestock Waste : A Renewable Resources.* pp. 7-21.
- Togashi, I., M. Suzuki, M. Hirai, M. Shoda and H. Kubota. 1986. Removal of NH₃ by a peat biofilter without and with nitrifier. *J. Ferment. Technol.* 64(5):425-432.
- Valentine, H. 1964. A study of the effect of different ventilation rates on the ammonia concentrations in the atmosphere of broiler houses. *Brit. Poult. Sci.* 5(2):149-159
- Van Horn, H. H., A. C. Wilkie, W. J. Powers and R. A. Nordstedt. 1994. Components of dairy manure management systems. *J. Dairy Sci.* 77:2008-2030.
- Van Kampen, M. 1976. Evaporative temperature regulation in birds. In : *Progress in animal biometeorology. The effect of temperature on animals.* (Ed.) H. D. Johnson. Progress in biometeorology. Swets and Zeitlinger B.V. Amsterdam. pp. 158-166.
- Wilson, W. O., C. F. Kelly, R. T. Lorenzen and A. E. Woodward. 1957. Effect of

- wind on growth of fryers after two weeks of age. Poultry Sci. 36(5):978-984.
- Winn, P. N. and E. F. Godfrey. 1967. The effect of humidity on growth and feed conversion of broiler chickens. Int. J. Biometer. 11(1):39-50.
- Zhang, L., M. Hirai and M. Shoda. 1991. Removal characteristics of dimethyl sulfide, methanethiol and hydrogen sulfide by *Hyphomicrobium* sp. 155 isolated from peat biofilter. J. Ferm. and Bioeng. 72(5):392-396.
- 瀬能誠之. 1985. 共乾施設における浮遊粉塵と濃度・粒度特性. 農業施設. 16(2). 19-28.
- 瀬能誠之. 1988. 農業施設空間内における浮遊粉塵と浮遊微生物環境に関する研究 (I). 農業施設. 19(1). 16-21.
- 瀬能誠之. 1988. 農業施設空間内における浮遊粉塵と浮遊微生物環境に関する研究 (II)-共乾施設の環境特性-. 農業施設. 19(2). 51-54.
- 相原良安. 1975. 畜舎壁体内通気層の轉熱特性に関する研究 (I) -定性的特性について-. 農業施設. 6(1). 19-26.
- 이상길. 돈사내 미생물과 관리자의 건강. 1991. 월간양돈 12.
- 조석행. 돈사내 환경이 돼지에 미치는 영향. 1991. 월간양돈 11.
- 佐佐木 皓二. 1989. 空氣-空氣型ヒートポンプによる温室環境調節-温室暖房について-. 農業施設. 20(1). 121-127.
- 清水. 1994. 豚の生殖器・呼吸器症候群 (PRRS)の現状と問題. 畜産の研究. 48(10). 3-10.

(본 논문은 아세아태평양축산학회지 12권 8호 페이지 1310-1315에 발표된 논문임)

제 3절 통합환경제어시스템의 시스템 설계 및 적용

1. 계절별, 사육단계별 환기시스템의 이론적 운영전략 및 제어기 개발

가. 돈사제어 시스템의 목적

돈사의 환경제어 시스템의 목적은 돼지를 사육함에 있어서 돼지에게 계절별, 사육단계별 최적 환경조건 자동적으로 조성하게 함으로써 돼지들이 청정환경에서 성장하도록 하는 데 그 목적이 있으며, 또 다른 목적은 차후에 시스템과 접목될 인공지능 (A.I. ; artificial intelligence) 시스템에 있어서 자기학습과 환경대체능력을 통해서 돈사에서 일어나는 모든 작업을 자동화함으로써 사육 시스템 단일화, 인건비 절감 등을 추구하는 데 있다.

나. 제어시스템의 방식

돈사 제어 시스템은 크게 온도의 반응, 습도의 반응, 긴급상황 등 3단계로 이루어진다. 각 요소는 중앙처리기 - IPS, 온도 - 온도센서 3PS, 습도 - 습도센서 3PS, 경보 - 경보기 IPS으로 구성되어 있다.

1) 온도에의 한 반응

온도에 의한 반응은 온도가 上限溫度 (upper threshold temperature)와 下限溫度 (lower threshold temperature) 이상, 또는 이하로 저하될 때 fan, cooling pad, heat pump 등을 가동하여 돈사내의 온도를 낮추고, 또는 온도가 내려 갈 때는 heat pump를 가동시켜 온도를 보정하여 돈사내 온도를 최적화시킨다.

2) 습도에의 한 반응

습도에 의한 반응은 습도가 높을 때는 온도에서와 마찬가지로 fan을 또는 fan, cooling pad, mister를 이용하여 돈사내의 습도를 낮추거나 높임으로써 실내습도를 보정하여 돈사내를 최적화시킨다.

3) 긴급상황의 경보

화재, 홍수, 단전 등 긴급상황이 발생하였을 때, 예를 들어, 불이 났을 때는

소방설비를 가동시키고, 소방서에 자동신고를 되는 등의 돈사 豫察시스템 구축하고자 하였다.

다. 제어시스템의 구성

제어시스템의 구성은 크게 각 시스템의 소프트웨어 (software)와 하드웨어 (hardware) 두 가지로 구별할 수 있다.

1) 소프트웨어 구성

소프트웨어는 프로그램 언어는 Visual C++, Visual Basic으로, Display창은 Visual Basic으로, 내부 제어 프로그램은 Visual C++로 작성하였다.

2) 하드웨어 구성

하드웨어는 기본적으로 돈사내에 설치하는 센서들 (온도센서, 습도센서)와 중앙처리 장치, 경보시스템, 경보기 등으로 구성하였다.

라. 제어시스템의 설명

기본적인 제어논리는 그림 4-3-1와 같다.

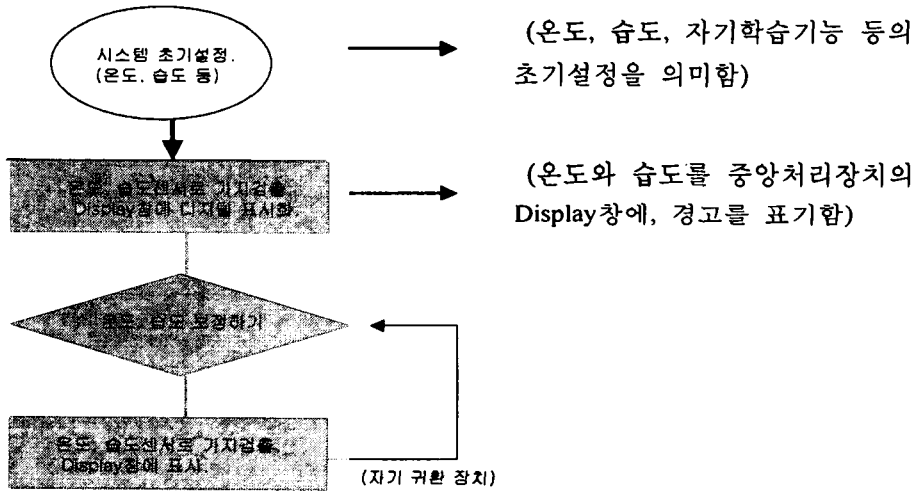


그림 4-3-1. 제어시스템 논리순서도

마. 제어시스템의 순서 및 프로그램

1) 동작순서 및 표시

돈사제어 시스템이 동작되면, 우선 온도, 습도 등과 같은 돈사내의 환경변수를 설정하며, 제어시스템은 각 공정을 수행해면서 환경을 조정하여 적정 온도, 습도환경을 조성한다.

2) 돈사제어시스템의 동작순서 및 사용설명

가) 초기화면 (display)

그림 4-3-2은 프로그램 실행의 첫 번째 창으로 서울대학교 축산환경실험실의 돈사자동화 시스템으로 돈사내의 환경 (온도, 습도)와 다른 위험요소 사육에 필요한 모든 일들을 제어할 수 있으며, 돈사내의 환경을 즉시 Display화면에서 볼 수 있으므로 돈사의 현황을 실시간으로 파악할 수 있다. 또, 돈사에 긴급상황이 발생시 신속대응이 가능하도록 구성하였다.



그림 4-3-2. 돈사제어시스템 초기화 화면

나) 프로그램 초기화 화면 (Display)

그림 4-3-3는 프로그램 초기화 화면을 나타낸 것으로 장치번호는 시스템 번호를 말하며, 장치 유형은 시스템의 사용 용도에 따라 구분된다. 먼저 확인 버튼은 프로그램이 실행되는 메인 창이 나타나며, 우선 프로그램이 실행되기 전에 돈사 내의 환경 (온도, 습도)를 설정해야 한다. 그리고 취소 버튼은 프로그램이 종료된다. 또한 프로그램이 작동하기 시작하면 모든 프로그램상에서 화재나 긴급한 상황이 발생 했을 때는 화면 (Display)에 붉은 색이 뜨고, 경고음과 사이렌이 울린다.

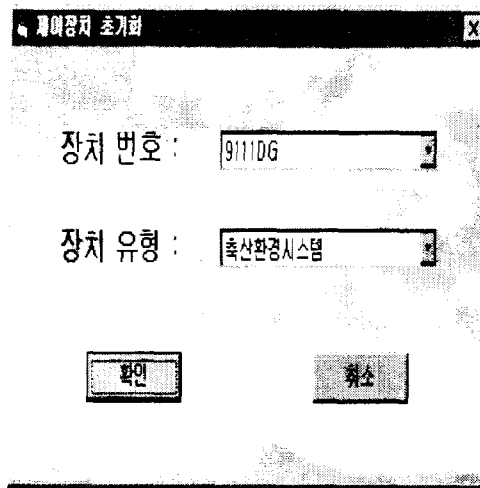


그림 4-3-3. 돈사제어 프로그램 초기화 화면

다) 메인 화면 (Display)

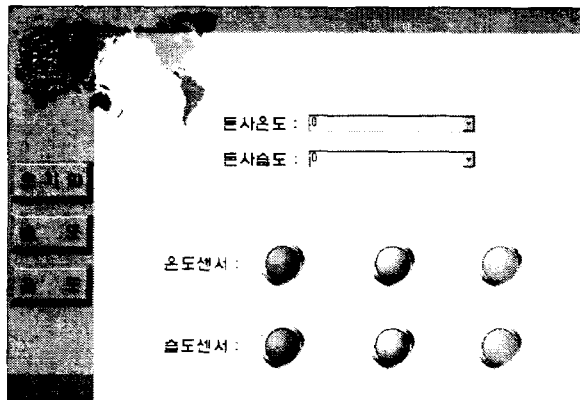


그림 4-3-4. 돈사제어시스템 메인 화면

그림 4-3-4는 돈사제어 메인을 나타낸 것으로 각각의 기능을 설명하면 다음과 같다.

- 초기화 버튼 : 프로그램 초기화 화면과 돈사내의 환경 (온도, 습도)를 다시 설정할 수 있다.

- 습도 버튼 : 습도전용 (Display)창이 뜨고 습도와 각 구성요소별 습도와 센서 작동유무, fan, humidifier 동작 유無 등을 보여준다.

- 온도 버튼 : 온도전용 (Display)창이 뜨고 온도와 각 구성요소별 온도와 센서 작동유무, fan, 온풍기 동작 유無 등을 보여준다.

온도센서, 습도센서의 동작유무는 ON 일 때는 빨강색 불이, OFF일 때는 파란색불이 들어오게 된다.

라) 돈사 온도 화면 (Display)

- 초기화 버튼 : 메인 화면으로 화면 (Display)이 바뀐다.
 - 습도 버튼 : 습도전용 화면 (Display) 창으로 바뀐다.

각 온도센서의 동작 유무는 ON 때는 赤色 불이, OFF일 때는 靑色불이 들어온다. 이 때 작동되는 온도센서의 램프를 누르면 각 위치마다 온도가 표시된다. 溫度高低에 따라서 팬/cooling pad, 난방기를 작동하게 한다. 이 때 작동될 때는 강도가 표시된다 (그림 4-3-5).

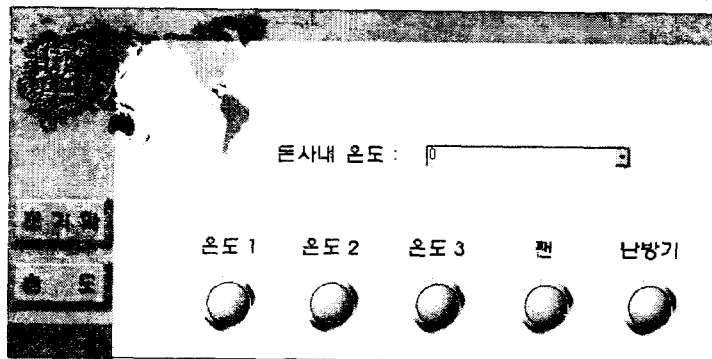


그림 4-3-5. 돈사제어시스템 돈사온도 화면

마) 돈사 습도 화면

- 초기화 버튼 : 메인 화면으로 화면 (Display)이 바뀐다.
- 온도 버튼 : 온도전용 화면 (Display)창 으로 바뀐다.

그림 4-3-6에서와 같이 습도센서의 동작 유무는 ON 때는 赤色불이, OFF일 때는 青色불이 들어온다. 이 때 작동되는 습도센서의 램프를 누르면 각 위치마다 온도가 표시된다. 또한 濕度高低에 따라서 팬/humidifer가 작동하도록 한다. 이 때 작동시 강도가 표시된다.

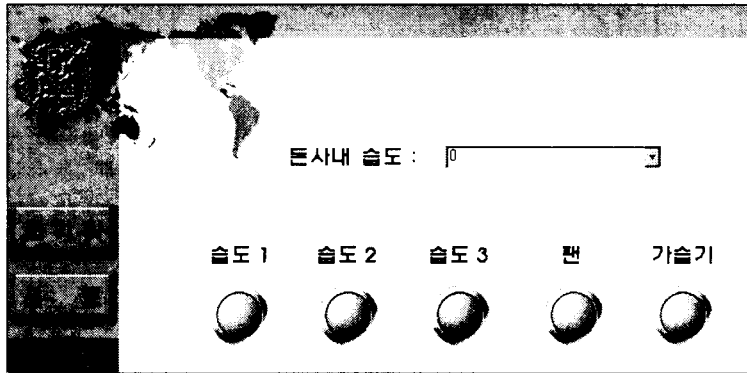


그림 4-3-6. 돈사제어시스템 돈사습도 화면

바) 돈사 경보 화면 (긴급 사항)

돈사에서 긴급상황 발생시 그림 4-3-7과 같은 화면 (Display)이 뜬다.

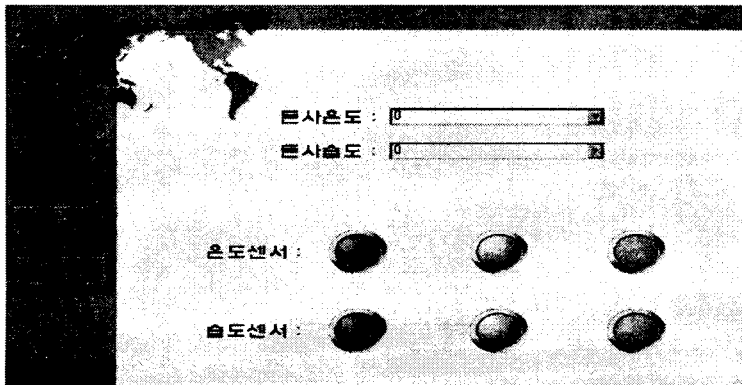


그림 4-3-7. 비상시 돈사제어시스템 경보 화면

2. 재구축한 종합환경시스템의 일체형 환경현장연구

가. 자돈방 환기시스템의 효율 현장실증실험

여름철 자돈이 입식 (2000년 6월 19일~2000년 7월 30일)된 상태에서 자돈사 내 공기속도, 온도, 습도, 암모니아 농도 등을 분석하였다. 측점은 그림 4-3-8과 같이 골고루 분포시켜 자돈사의 환경을 대표하도록 하였다.

1) 여름철 자돈사 현장검증 실험결과

그림 4-3-9은 여름철 자돈방의 실험기간 동안의 온도분포를 나타낸 것으로 외부의 온도는 17~33℃로 변화폭이 심하나 돈사내부는 외부기온의 영향을 크게 받지 않고 적정온도범위를 유지하였다. 특히 6월 28일경부터는 낮 동안의 외부기온이 일시적으로 높아져 33℃가 되어도 heat pump의 가동으로 돈사내부는 25℃를 유지하였다. 이러한 현상은 적정 단열과 환경제어기의 작동으로 인하여 냉방기가 가동되어 돈사내 적온을 유지시킬 수 있었다.

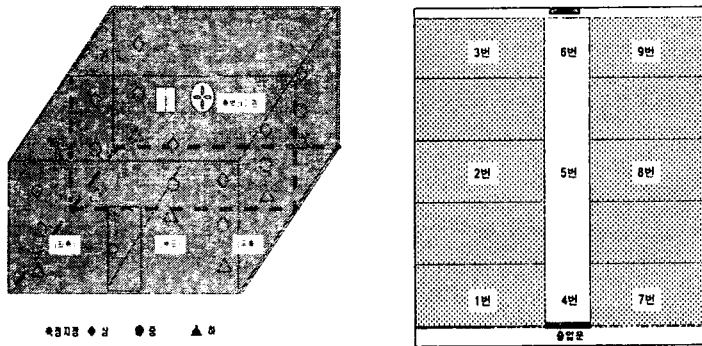


그림 4-3-8. 자돈방내 환경변수 측정위치

그림 4-3-10은 여름철 자돈사육에 있어서 외기의 습도범위는 61~88%로 측정되었으며, 돈사내부 습도는 67~82% 수준으로 유지하였다. 돈사내 습도가 유지된 것은 냉방기에서 나오는 습기에 의하여 복도에서 유입되는 공기중 습도함유량이 높아진 공기가 돈사내로 유입된 결과로 여름철 별도의 가습장치가 없어도 냉방기에 의하여 돈사내의 적정습도를 유지할 수 있었다.

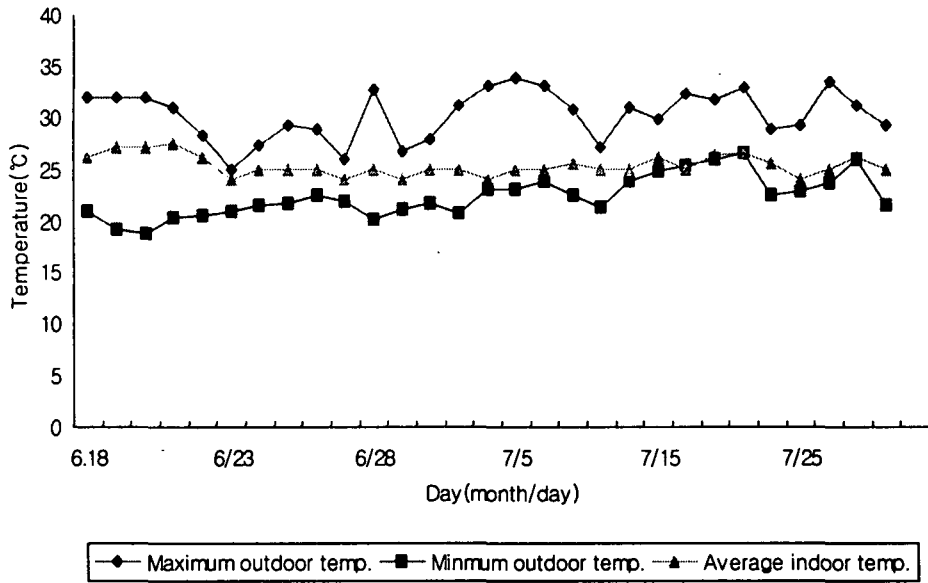


그림 4-3-9. 여름철 실험자돈방의 경시적 온도변화

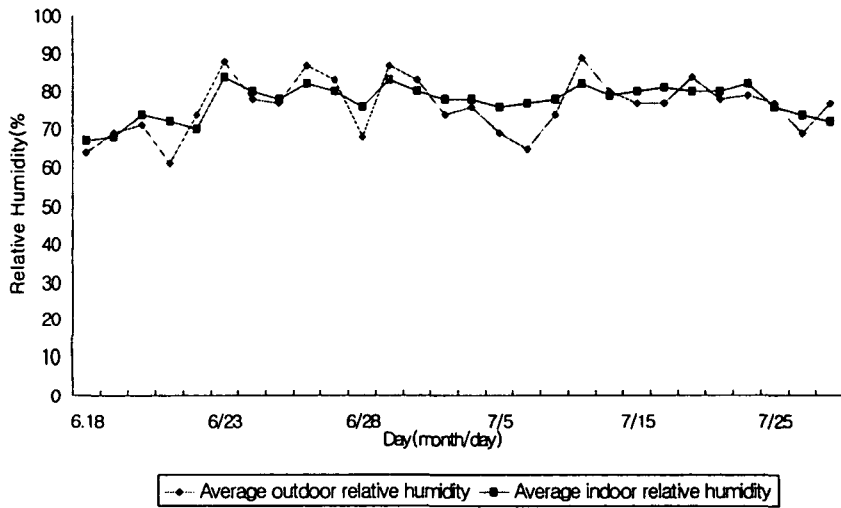


그림 4-3-10. 하절 실험자돈방의 경시적 상대습도 변화

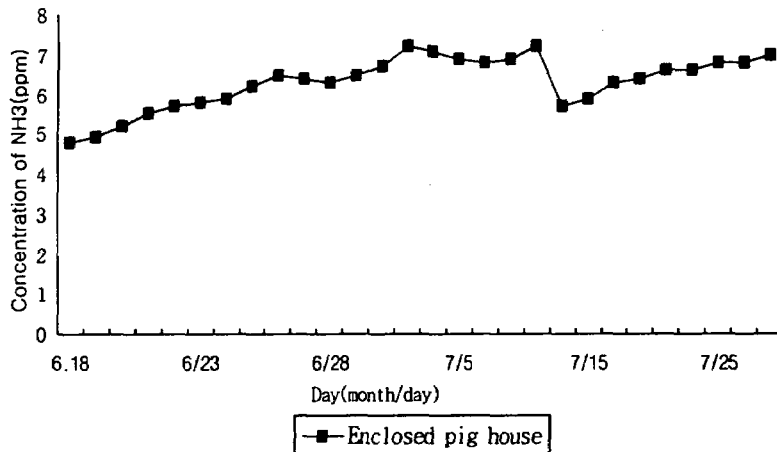


그림 4-3-11. 무창자돈사의 암모니아 농도 변화

그림 4-3-11은 여름철 실험자돈사의 유해가스 (암모니아)의 농도를 분석한 결과로서, 실험자돈방은 6주 동안의 사육으로 인하여 점차적으로 암모니아의 농도는 증가하여도 4.8~7.2 mg/l를 유지하였다. 7월 11일 분뇨배출로 인하여 암모니아 농도는 2 mg/l 정도 저감되었는데, 이는 슬러리돈사의 경우, 암모니아 농도는 피트의 슬러리배출과 매우 밀접한 관계가 있는 것으로 판단되어 향후 이들 변수와의 관계를 구명할 필요가 있다.

나. 실험육성·비육사의 환경

1) 여름철 제어성적

그림 4-3-12는 여름철 육성·비육사의 온도변화를 나타낸 것으로 실험기간 동안 외부기온은 최저 23℃ 최고 34℃의 범위를 유지하였으며, 일일 온도의 차이는 평균 10℃전후 차이를 나타내어 heat pump의 가동 (오후 2시~5시)으로 인한 육성·비육돈방내에서 열환경 (온도)에 미치는 영향은 긍정적이었음을 관찰하였다. 無窓은 돼지 체열을 실내에서 조절하기가 어려운 점 때문에 기피해왔던 것이 사실이지만, 원형사 실험을 통하여 적절한 냉방기의 선정과 제어기에 의하여 육성비육돈에 적합한 환경을 제공할 수 있음을 알 수 있었다.

여름철 실험기간 동안 외부상대습도는 그림 4-3-13에서 보는 바와 같이 70~82% 범위 내에서 유지 되었으며, 평균상대습도는 75% 이었다. 여름철의 무창돈사는 외부에서의 안개분무 등으로 인하여 돈사내부는 습기가 높은 점이 문제가 될 수 있지만, 실험돈사의 상대습도는 75% 전후 범위에서 유지되어 육성·비육

기간 동안 돈사내부의 습도는 적정범위를 유지하였다. 이것은 일반적인 돈사에서 안개분무 등으로 인하여 돈사내의 습도는 높아지는 단점이 있지만, 제어기에 의하여 오후 2~5시 사이에 가동된 냉방기에 의하여 안개분무기에 의한 습도보다는 낮게 공급되어 여름철 습도문제는 나타나지 않았다. 따라서 냉방기의 선정에 있어서 Heat pump는 여름철 습도의 적절한 제어를 할 수 있는 보조시스템으로 대두되었다.

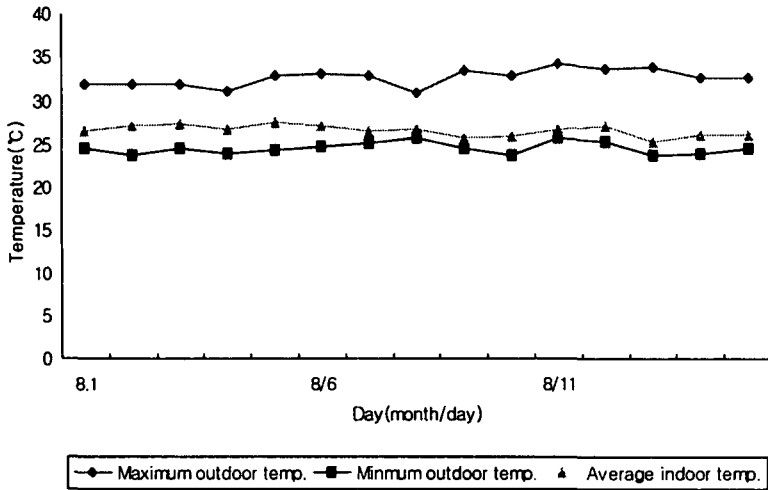


그림 4-3-12. 여름철 육성·비육돈사의 경시적 온도변화

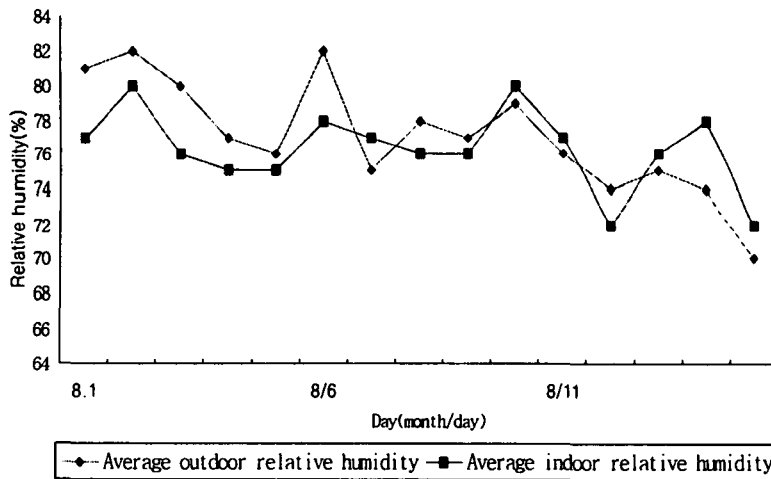


그림 4-3-13. 여름철 육성·비육돈사의 경시적 상대습도 변화

그림 4-3-14는 여름철 실험육성돈사의 유해가스 (암모니아)의 농도를 분석한 결과로서, 실험돈사는 6.7~14.2 mg/l내에서 유지되어 대체적으로 허용농도인 20 mg/l (MWPS, 1990)보다 낮아 환경제어가 효과적으로 이루어졌다. 그러나 상대적 고농도는 저류조문제로 피트슬러리를 제거하지 않은 채 사육하였기 때문으로 이해된다. 그러므로 돈사 가스저감을 위한 피트의 슬러리 배출전략을 정립할 필요가 있다.

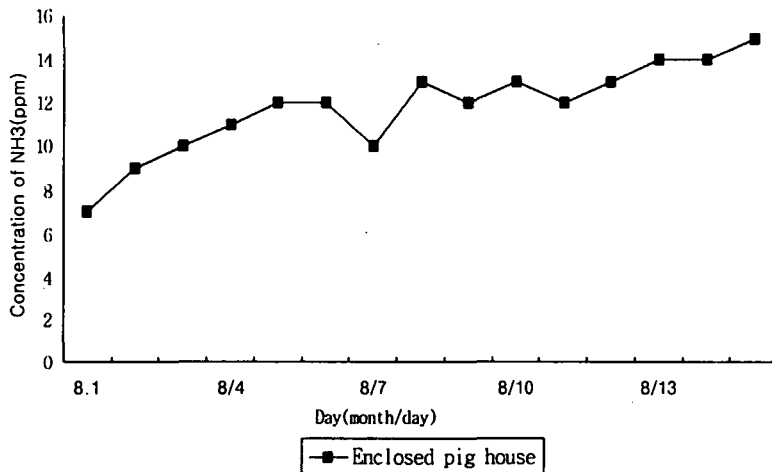


그림 4-3-14. 하절 실험 육성·비육돈사의 경시적 NH₃ 농도 변화

3. 참고문헌

- Anderson, D. P., G. W. Beard and R. P. Hanson. 1964. The adverse effects of ammonia on chickens, including resistance to infection with newcastle disease virus. *Avian Dis.* 8(3):369-379.
- Andersons, D. P., C. W. Beard and R. P. Hanson. 1964. The adverse effects of ammonia on chickens including resistance to infection with Newcastle Disease. *Avian Disease* 8:369-379.
- Andersons, D. P., C. W. Beard and R. P. Hanson. 1966. Influence of poultry house dust, ammonia and carbon dioxide on the resistance of chickens to Newcastle Disease. *Avian Disease* 10(2):177-188.
- Andersons, D. P., F. L. Chermis and R. P. Hanson. 1964. Studies on measuring the environment of turkeys raised in confinement. *Poult. Sci.* 43(2):305-318.

- Barnes, E. M., G. C. Mead and D. A. Barnum. 1972. The intestinal flora of the chicken in the period 2 to 6 weeks of age, with particular reference to the anaerobic bacteria. *Brit. Poult. Sci.* 13:617-622.
- Beckett, F. E. 1965. Effective temperature as a means of evaluating a design hog environment. *TRANSACTIONS of the ASAE* 11(4):163-166.
- Bitton, G. 1994. Role of microorganisms in biogeochemical cycles. In: *Wastewater microbiology*. A. John Willey & Sons, Inc. pp. 51-73.
- Bond, T. E., H. Heitman, Jr. and C. F. Kelly. 1965. Effects of increased air velocities on heat and moisture loss and growth of swine. *TRANSACTIONS of the ASAE* 8(2):167-169.
- Bone, E., A. Tamm and M. Hill. 1976. The production of urinary phenols by gut bacteria and their possible role in the causation of large bowel cancer. *Am. J. Clin. Nutr.* 29:1448-1454.
- Charles, D. R. and C. G. Payne. 1966. The influence of graded levels of atmospheric ammonia on chickens. I. Effects on respiration and on the performance of boilers and replacement growing stock. *Br. Poult. Sci.* 7(3):177-187.
- Charles, D. R. and C. G. Payne. 1966. The influence of graded levels of atmospheric ammonia on chickens. II. Effects on respiration and on the performance of boilers and replacement growing stock. *Br. Poult. Sci.* 7(3):189-198.
- Cho, K. S., L. M. Hirai and M. Shoda. 1991b. Degradation characteristics of hydrogen sulphide, methanethiol, dimethyl sulfide and dimethyl disulfide by *Thiobacillus thioparus* DW44 isolated from peat biofilter. *J. Ferm. and Bioeng.* 71(6):384-389.
- Cho, K. S., L. Zhang, M. Hirai and M. Shoda. 1991a. Removal characteristics of hydrogen sulphide and methanethiol by *Thiobacillus* sp. isolated from peat in biological deodorization. *J. Ferm. and Bioeng.* 71(1):44-49.
- Curtis, S. E. 1972. Air environment and animal performance. *J. Anim. Sci.* 35(3):628-634.
- Curtis, S. E., C. R. Anderson, J. Simon, A. H. Jensen. 1975a. Effects of aerial ammonia, hydrogen sulfide and swine-house dust on rate of gain and respiratory-tract structure in swine. *J. Anim. Sci.* 41(3):735-739.
- Curtis, S. E., J. G. Drummond, K. W. Kelly, D. J. Grunloh, V. J. Meares, H. W. Norton and A. H. Jensen. 1975b. Diurnal and annual fluctuations of aerial bacterial and dust levels in enclosed swine houses. *J. Anim. Sci.* 41(5):1502-1511.
- Day, D. L. 1983. Ecological and pollutional aspects of manure production. In:

- Livestock manure management. pp. 3.1-3.17.
- Day, D. L., E. L. Hansen and S. Anderson. 1965. Gases and odors in confinement swine building. *Trans. Amer. Soc. Agr. Eng.* 8(1):118-121.
- Doig, P. A. and R. A. Willoughby. 1971. Response of swine to atmospheric ammonia and organic dust. *J. Am. Vet. Med. Assoc.* 159(11):1353-1361.
- Donham, K. J. 1991. Association of environmental air contaminants with disease and productivity in swine. *Am. J. Vet. Res.* 52(10):1723-1730.
- Drummond, J. G., S. E. Curtis, J. Simon and H. W. Norton. 1980. Effects of aerial ammonia on growth and health of young pigs. *J. Anim. Sci.* 50(6):1085-1091.
- Drury, L. N. 1966. Air velocity and broiler growth in a diurnally cycled environment. *TRANSACTIONS of the ASAE* 9(3):329-331.
- E. Lambooy, 1988, Road transport of pigs over a long distance: some aspects of behaviour, temperature and humidity during transport and some effects of the last two factors *Animal production.*, 46:257-263
- Gordon, W. A. M. 1963. *Environmental studies in pig housing. IV-The bacterial content of air in piggeries and its influence on disease incidence.* *Brit. Vet. J.* 119:263-271.
- Hamilton, W. A. 1985. Sulphate anaerobic bacteria and anaerobic corrosion. *Annu. Rev. Microbiol.* 39:195-217.
- Hazen, T. E. and D. W. Mangold. 1960. Functional and basic requirement of swine housing. *Agricultural Engineering* 41(9):585-590.
- Hill, I. R. and R. Kenworthy. 1970a. Microbiology of pigs and their environment in relation to weaning. *J. Appl. Bacteriol.* 33:299-316.
- Ingram, D. L. 1965. The effect of humidity on temperature regulation and cutaneous water loss in the young pig. *Res. Vet. Sci.* 6(1):9-17.
- Kabuga, J. D. and S. Y. Annor, 1992, A note on the development of behaviour of intensively managed piglets in the humid tropics *Animal production*, 54:157-159
- Malayer, J. R., K. E. Brandt, M. L. Green, D. T. Kelly, A. L. Sutton, M. A. Diekman, 1988, Influence of manure gases on the onset of puberty of replacement gilts *Animal production.*, 46:277-282
- Kanagawa, T. and D. P. Kelly. 1986. Breakdown of dimethyl sulphide by mixed cultures and by *Thiobacillus thioparus*. *FEMS Microbiol. Letters.* 34:13-19.
- Kolacz, J. W., R. B. Wescott, A. R. Dommert. 1970. Microflora of horned miniature swine : fecal flora of adult sows. *Am. J. Vet. Res.* 31(7):1173-1178.
- L.R. Giles, E. Belinda Dettmann, R. F. Lowe, 1988, Influence of diurnally fluctuating

- high temperature on growth and energy retention of growing pigs *Animal production*, 47:467-474
- Lille, R. J. 1970. Air pollutants affecting the performance of domestic animals ; a literature review. Agricultural Research Service, United States Dept, of Agric., Washington, D. C.:34-40.
- M. S. Cockram, T. G. Rowan, 1989, Effects of air temperature on the abomasal and small intestinal digestion of a milk substitute diet given to young calves *Animal production*, 48:67-74
- M. S. Cockram, T. G. Rowan, 1989, Effects of air temperature, air velocity and Feeding level on apparent digestibility, water intake, water loss and growth in calves given a milk substitute diet *Animal production*, 48:51-65
- Malayer, J. R., K. E. Brandt, M. L. Green, D. T. Kelly, A. L. Sutton. 1988. Influence of manure gases on the onset of puberty of replacement gilts. *Anim. Prod.* 46:277-282.
- Mara, D. D. and J. I. Oragui. 1981. Occurrence of *Rhodococcus coprophilus* and associated actinomycetes in feces, sewage, and freshwater. *Appl. Environ. Microbiol.* 42(6):1037-1042.
- Miner, J. R. and T. E. Hazen. 1969. Ammonia and amines : Components of swine-building odor. *Trans. Amer. Soc. Agr. Eng.* 12:772-774.
- Morrison, S. R., R. L. Givens and H. Heitman, Jr. 1976. Effects of air movement on swine at high temperature. *Int. J. Biometeor.* 20(4):337-343.
- Morrison, S. R., T. E. Bond and H. Heitman Jr. 1968. Effect of humidity on swine at temperature. *TRANSACTIONS of the ASAE* 11(4):256-258.
- Morrison, S. R., T. E. Bond and P. Finn-Kelcey. 1966. The influence of humidity on growth rats and feed utilization of swine. *Int. J. biometeorology* 10:163-168.
- Muehling, A. J. 1971. Gases and odors from stored swine wastes. *J. Anim. Sci.* 30(4):526-531.
- Mutai, M. 1983. Utilization and effect of lactic acid bacteria. *Kor. J. Appl. Microbiol. Bioeng.* 11(4):339-345.
- N. R. Scott., 1984, *Livestock Buildings and equipment : A Review J. agric. Engineering Res.*, 29:93-114
- Palmgren, U., G. Strom, G. Blomquist and P. Malmberg. 1986. Collection of airborne micro-organisms on nuclepore filters, estimation and analysis-CAMNEA method. *J. Appl. Bacteriol.* 61:401-406.
- R. Geers, B. Dellaert, V. GoedSeels, A. Hoogerbrugge, E. Vravken, F. Maes, D.

- Berckmans, 1989, An assessment of optimal air temperatures in pig houses by the quantification of behavioural and health-related problems *Animal production.*, 48:571-578
- Roller, W. L and R. F. Goldman, 1969. Response of swine to acute heat exposure. *TRANSACTIONS of the ASAE* 12(1):164-169, 174.
- S. A. Edwards, A. W. Armsby, 1988, Effects of floor area allowance on performance of growing pigs kept on fully slatted floors *Animal production.*, 46:453-459.
- Smith, H. W. 1965. The development of the flora of the alimentary tract in young animals. *J. Pathol. and Bacteriol.* 90:495-513.
- Stombaugh, D. P., H. S. Teague and W. L. Roller. 1969. Effects of atmospheric ammonia on the pig. *J. Anim. Sci.* 28:844-847.
- T. Sakai, M. Nishino, M. Hamakawa, C.-S. Yoon and T. Thirapatsakun, 1992. A note on the effects of environmental temperature on live-weight gain during fattening of pigs *Animal production*, 54:147-149
- Taiganides, E. P. and R. K. White. 1969. The menace of noxious gases in animal units. *Trans. Amer. Soc. Agr. Eng.* 12:359-362, 367.
- Takahashi, M., Y. Benno and T. Mitsuoka. 1980. Utilization of ammonia nitrogen by intestinal bacteria isolated from pigs. *Appl. and Environ. Microbiol.* 39(1):30-35.
- Tamminga, S. 1992. Gaseous pollutants produced by farm animal enterprises. In *Farm animals and the environment.* ed. Phillips, C. and D. Piggins. CAB International.:345-357.
- Tamminga, S. 1995. Animal nutrition as a tool to manipulate animal waste quality. In: *International Symposium on Livestock Waste : A Renewable Resources.* pp. 7-21.
- Togashi, I., M. Suzuki, M. Hirai, M. Shoda and H. Kubota. 1986. Removal of NH₃ by a peat biofilter without and with nitrifier. *J. Ferment. Technol.* 64(5):425-432.
- Valentine, H. 1964. A study of the effect of different ventilation rates on the ammonia concentrations in the atmosphere of broiler houses. *Brit. Poult. Sci.* 5(2):149-159
- Van Horn, H. H., A. C. Wilkie, W. J. Powers and R. A. Nordstedt. 1994. Components of dairy manure management systems. *J. Dairy Sci.* 77:2008-2030.
- Van Kampen, M. 1976. Evaporative temperature regulation in birds. In : *Progress in animal biometeorology. The effect of temperature on animals.* (Ed.) H. D. Johnson. Progress in biometeorology. Swets and Zeitlinger B.V. Amsterdam. pp. 158-166.

- Wilson, W. O., C. F. Kelly, R. T. Lorenzen and A. E. Woodward. 1957. Effect of wind on growth of fryers after two weeks of age. *Poultry Sci.* 36(5):978-984.
- Winn, P. N. and E. F. Godfrey. 1967. The effect of humidity on growth and feed conversion of broiler chickens. *Int. J. Biometer.* 11(1):39-50.
- Zhang, L., M. Hirai and M. Shoda. 1991. Removal characteristics of dimethyl sulfide, methanethiol and hydrogen sulfide by *Hyphomicrobium* sp. 155 isolated from peat biofilter. *J. Ferm. and Bioeng.* 72(5):392-396.
- 瀬能誠之. 1985. 共乾施設における浮遊粉塵と濃度・粒度特性. *農業施設.* 16(2). 19-28
- 瀬能誠之. 1988. 農業施設空間内における浮遊粉塵と浮遊微生物環境に関する研究 (I). *農業施設.* 19(1). 16-21
- 瀬能誠之. 1988. 農業施設空間内における浮遊粉塵と浮遊微生物環境に関する研究 (II)-共乾施設の環境特性-. *農業施設.* 19(2). 51-54
- 相原良安. 1975. 畜舎壁体内通気層の轉熱特性に関する研究 (I) -定性的特性について-. *農業施設.* 6(1). 19-26.
- 이상길. 돈사내 미생물과 관리자의 건강. 1991. 월간양돈 12
- 조석행. 돈사내 환경이 돼지에 미치는 영향. 1991. 월간양돈 11
- 佐佐木 皓二. 1989. 空氣-空氣型ヒトポンプによる温室環境調節-温室暖房について-. *農業施設.* 20(1). 121-127
- 清水. 1994. 豚の生殖器・呼吸器症候群 (PRRS)の現状と問題. *畜産の研究.* 48(10). 3-10.

(본 연구 결과는 한국동물자원과학회지에 게재 예정임)

제 4절 부 록

1. 환경제어기 프로그램

프로그램 (Display)의 구성은 다음과 같이 작성하였다.

(메인창)

```
Private Sub CmdHumSence_Click ()
```

```
FrmHumSence.Show
```

```
Unload FrmMain
```

```
End Sub
```

```
Private Sub CmdTempSence_Click ()
```

```
FrmTempSence.Show
```

```
Unload FrmMain
```

```
End Sub
```

```
Private Sub Form_Load ()
```

```
Dim Str1 As String
```

```
Str1 = "정상상태 입니다."
```

```
str2 = "적정온도를 초과함으로 온도조절 시스템을 가동합니다
```

```
str3 = "적정습도에 미달함으로 온도조절 시스템을 가동합니다
```

```
LblTemp.Caption = Str1
```

```
LblHum.Caption = Str1
```

```
Timer1.Interval = 500
```

```
End Sub
```

```
Private Sub Timer1_Timer ()
```

```
'ImgFireOn & Off 제어
```

```
If (ImgFireOn.Enabled = True) Then
    ImgFireOn.Picture = LoadPicture ("c:\program source\측사자동화\green.bmp")
    ImgFireOn.Enabled = False
```

Else:

```
ImgFireOn.Picture = LoadPicture ("c:\program source\측사자동화\off.bmp")
    ImgFireOn.Enabled = True
```

End If

'ImgTempOn & Off 제어

```
If (ImgTempOff.Enabled = True) Then
    ImgTempOff.Picture = LoadPicture ("c:\program source\측사자동화\red.bmp")
    ImgTempOff.Enabled = False
```

Else:

```
    ImgTempOff.Picture = LoadPicture ("c:\program source\측사자동화\off.bmp")
    ImgTempOff.Enabled = True
```

End If

'ImgHudOn & Off 제어

```
If (ImgHumOff.Enabled = True) Then
    ImgHumOff.Picture = LoadPicture ("c:\program source\측사자동화\red.bmp")
    ImgHumOff.Enabled = False
```

Else:

```
    ImgHumOff.Picture = LoadPicture ("c:\program source\측사자동화\off.bmp")
    ImgHumOff.Enabled = True
```

End If

End Sub

(센서창)

```
Private Sub CmdHum_Click ()
```

```
FrmHumSence.Show  
Unload FrmTempSence
```

```
End Sub
```

```
Private Sub CmdTotal_Click ()  
FrmMain.Show  
Unload FrmTempSence  
End Sub
```

```
Private Sub Form_Load ()  
Timer1.Interval = 500  
End Sub
```

```
Private Sub Timer1_Timer ()  
'1번 센서 작동상태 확인  
If (ImgTNo1On.Enabled = True) Then  
ImgTNo1On.Picture = LoadPicture ("c:\program source\측사자동화\green.bmp")  
ImgTNo1On.Enabled = False
```

```
Else:  
ImgTNo1On.Picture = LoadPicture ("c:\program source\측사자동화\off.bmp")  
ImgTNo1On.Enabled = True
```

```
End If
```

```
'2번 센서 작동상태 확인  
If (ImgTNo2On.Enabled = True) Then  
ImgTNo2On.Picture = LoadPicture ("c:\program source\측사자동화\green.bmp")  
ImgTNo2On.Enabled = False
```

```
Else:  
ImgTNo2On.Picture = LoadPicture ("c:\program source\측사자동화\off.bmp")  
ImgTNo2On.Enabled = True  
End If
```

'3번 센서 작동상태 확인

If (ImgTNo3On.Enabled = True) Then

ImgTNo3On.Picture = LoadPicture ("c:\program source\측사자동화\green.bmp")

ImgTNo3On.Enabled = False

Else:

ImgTNo3On.Picture = LoadPicture ("c:\program source\측사자동화\off.bmp")

ImgTNo3On.Enabled = True

End If

'난방기 작동제어

If (ImgHConOff.Enabled = True) Then

ImgHConOff.Picture = LoadPicture ("c:\program source\측사자동화\red.bmp")

ImgHConOff.Enabled = False

Else:

ImgHConOff.Picture = LoadPicture ("c:\program source\측사자동화\off.bmp")

ImgHConOff.Enabled = True

End If

'팬작동 제어

If (ImgFConOff.Enabled = True) Then

ImgFConOff.Picture = LoadPicture ("c:\program source\측사자동화\red.bmp")

ImgFConOff.Enabled = False

Else:

ImgFConOff.Picture = LoadPicture ("c:\program source\측사자동화\off.bmp")

ImgFConOff.Enabled = True

End If

End Sub

```
Private Sub CmdHumSence_Click ()
```

```
FrmHumSence.Show
```

```
Unload FrmMain
```

```
End Sub
```

```
Private Sub CmdTempSence_Click ()
```

```
FrmTempSence.Show
```

```
Unload FrmMain
```

```
End Sub
```

```
Private Sub Form_Load ()
```

```
Dim Str1 As String
```

```
Str1 = "정상상태 입니다."
```

```
str2 = "적정온도를 초과함으로 온도조절 시스템을 가동합니다."
```

```
str3 = "적정습도에 미달함으로 온도조절 시스템을 가동합니다."
```

```
LblTemp.Caption = Str1
```

```
LblHum.Caption = Str1
```

```
Timer1.Interval = 500
```

```
End Sub
```

(센서2)

```
Private Sub Timer1_Timer ()
```

```
'ImgFireOn & Off 제어
```

```
If (ImgFireOn.Enabled = True) Then
```

```
ImgFireOn.Picture = LoadPicture ("c:\program source\축사자동화\green.bmp")
```

```
ImgFireOn.Enabled = False
```

```
Else:
```

```
ImgFireOn.Picture = LoadPicture ("c:\program source\축사자동화\off.bmp")
```

```
ImgFireOn.Enabled = True
```

End If

'ImgTempOn & Off 제어

If (ImgTempOff.Enabled = True) Then

ImgTempOff.Picture = LoadPicture ("c:\program source\축사자동화\red.bmp")

ImgTempOff.Enabled = False

Else:

ImgTempOff.Picture = LoadPicture ("c:\program source\축사자동화\off.bmp")

ImgTempOff.Enabled = True

End If

'ImgHudOn & Off 제어

If (ImgHumOff.Enabled = True) Then

ImgHumOff.Picture = LoadPicture ("c:\program source\축사자동화\red.bmp")

ImgHumOff.Enabled = False

Else:

ImgHumOff.Picture = LoadPicture ("c:\program source\축사자동화\off.bmp")

ImgHumOff.Enabled = True

End If

End Sub

Private Sub Timer1_Timer ()

'ImgFireOn & Off 제어

If (ImgFireOn.Enabled = True) Then

ImgFireOn.Picture = LoadPicture ("c:\program source\축사자동화\green.bmp")

ImgFireOn.Enabled = False

Else:

ImgFireOn.Picture = LoadPicture ("c:\program source\축사자동화\off.bmp")

ImgFireOn.Enabled = True

End If

'ImgTempOn & Off 제어

If (ImgTempOff.Enabled = True) Then

ImgTempOff.Picture = LoadPicture ("c:\program source\측사자동화\red.bmp")

ImgTempOff.Enabled = False

Else:

ImgTempOff.Picture = LoadPicture ("c:\program source\측사자동화\off.bmp")

ImgTempOff.Enabled = True

End If

'ImgHudOn & Off 제어

If (ImgHumOff.Enabled = True) Then

ImgHumOff.Picture = LoadPicture ("c:\program source\측사자동화\red.bmp")

ImgHumOff.Enabled = False

Else:

ImgHumOff.Picture = LoadPicture ("c:\program source\측사자동화\off.bmp")

ImgHumOff.Enabled = True

End If

2. 환경검증형 원형 돈사모델 설계도면- (분만사, 자돈사, 육성 비육돈사)

가. 환경검증형 원형돈사모델의 설계도면

1) 설계조건

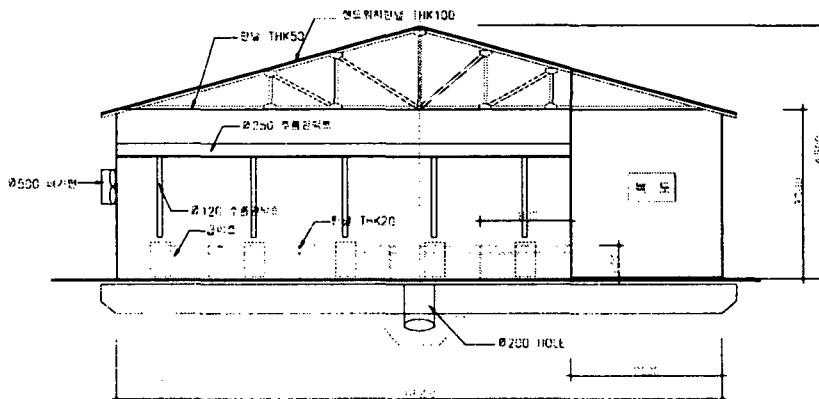
성장 단계별	제원,m		각돈 방수	바닥 시스템	환기시스템
	W x L x H	용마루고 (지붕틀춤)			
분만사	5.4x9.0x3.0	4.5 (1.5)	10	플라스틱 바닥재	입기:개인환기구 배기:측벽팬
자돈사	4.6x9.0x3.0	4.5 (1.5)	10	"	입기:덕트시스템/천정多孔空氣口 배기:측벽팬
육성·비 육돈사	12.0x20x3.0	4.5 (1.5)	19	전면 콘슬랫	입기:양측벽처마슬롯입기구 배기:측벽배기팬

위의 표는 원형돈사의 표준규격으로 다음과 같은 조건을 따른다.

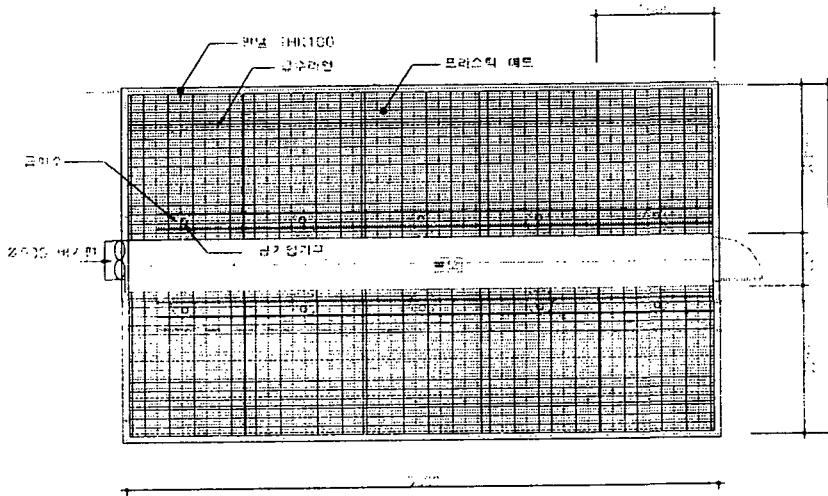
가. 분만사 10두를 기준으로 설정했을때의 환기형태 및 설계도로서, 분만돈의 두수에 따라 반복적으로 건축을 실시하여야 생산성을 높일 수 있다.

나. 자돈사 100두를 기준으로 설정했을때의 환기형태 및 설계도로서, 축산사육 규모에 따라 폭을 반복적으로 건축한다.

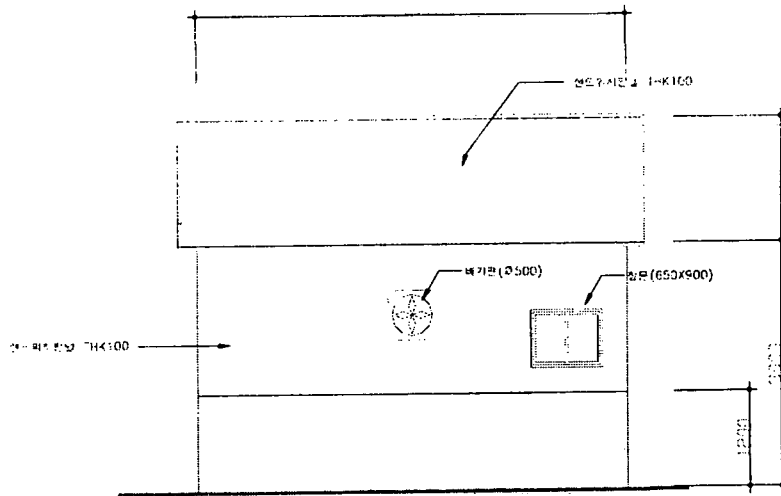
다. 육성·비육돈사는 우리 나라에 맞게 폭을 12 m로 건축하여 환기를 실시하며, 돈사의 길이에 따른 환기방식은 같지만, 만약 폭을 넓게 할 경우에는 환기방식을 달리 하여야 한다. 또한 육성·비육사의 바닥은 전면 콘슬랫으로 건축한다.



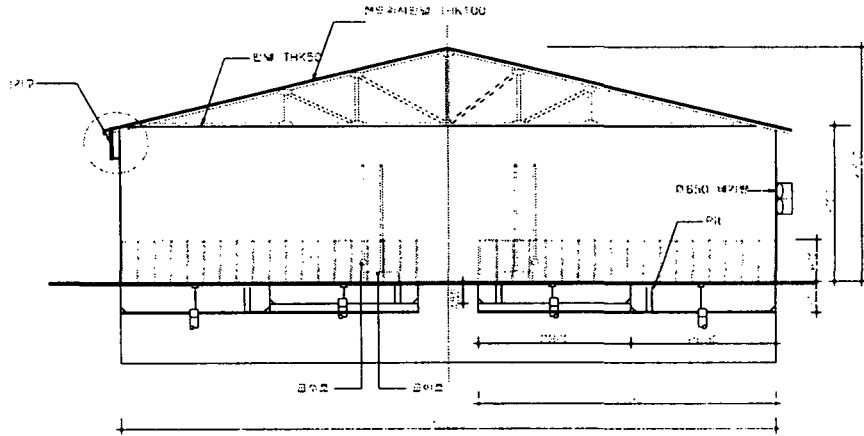
<분만돈사 단면도>



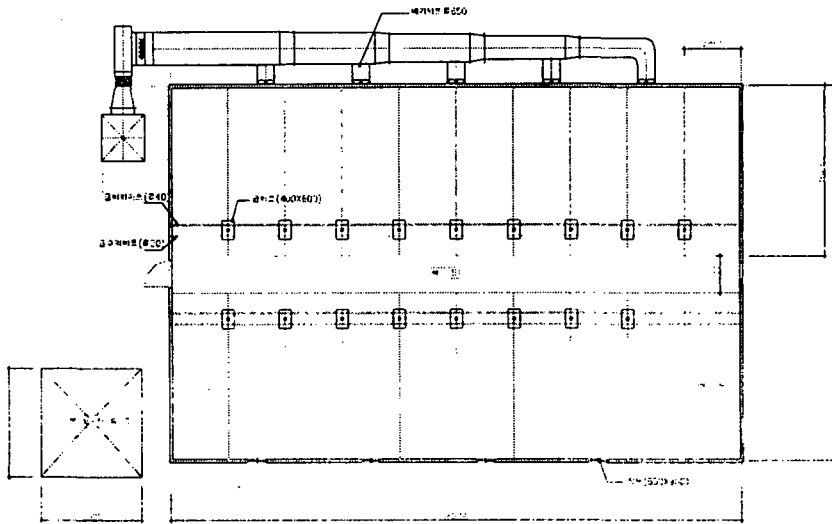
<분만돈사 평면도>



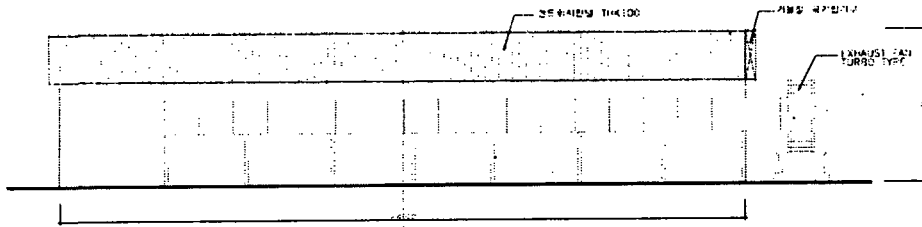
<분만돈사 배면도>



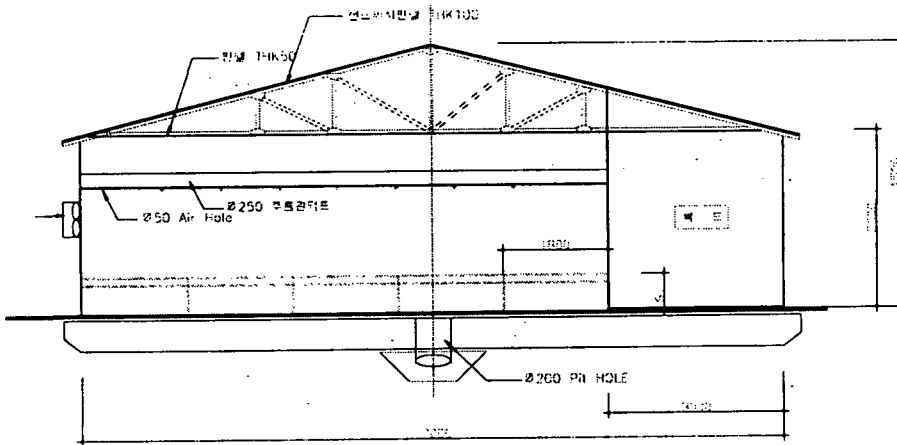
<육성돈사 단면도>



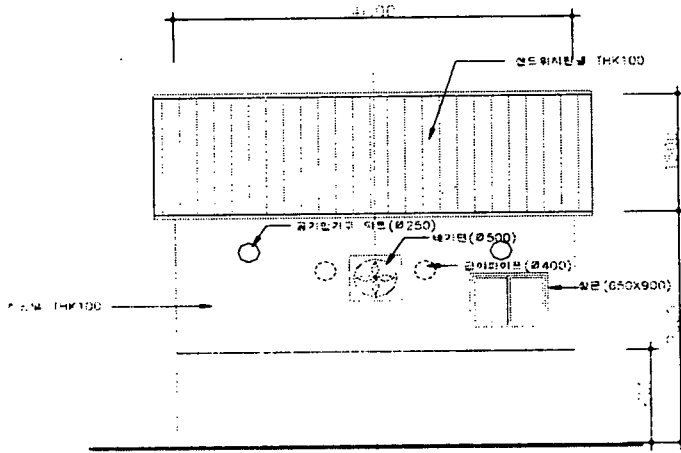
<육성돈사 평면도>



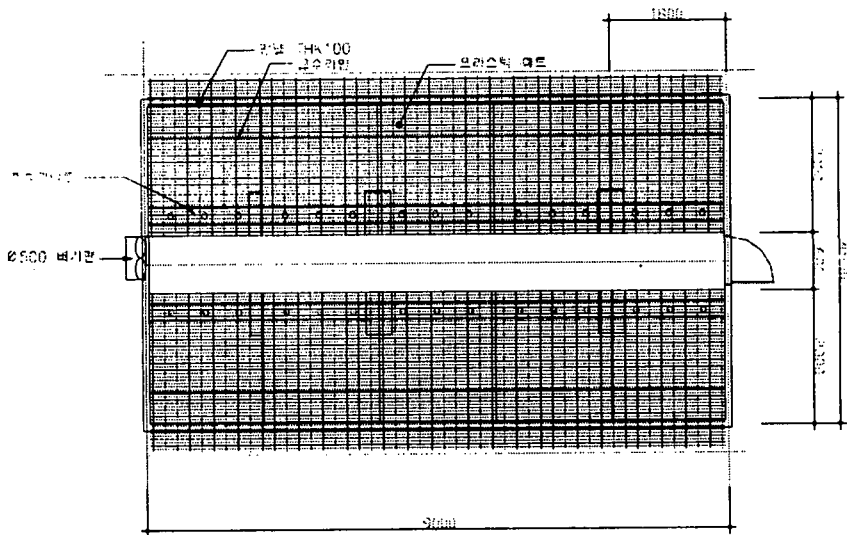
<육성돈사 배면도>



<자돈사 단면도>



<자동사 배면도>



<자동사 평면도>