

11-1543
000-001
473-01

발간등록번호

11-1543000-001473-01

FTA 대응 사료비 절감 및 생산성 향상을 위한 양돈 사양시스템 개발 최종보고서

2016

농림축산식품부

첨단생산기술개발 R&D Report

FTA 대응 사료비 절감 및 생산성 향상을 위한 양돈 사양시스템 개발 최종보고서

2016.12.12.

주관연구기관 / 서울대학교

협동연구기관 / (주)조앤김지노믹스

(주)이지팜

(주)두산생물자원

농림축산식품부

제 출 문

농림축산식품부 장관 귀하

본 보고서를 “FTA 대응 사료비 절감 및 생산성 향상을 위한 양돈 사양시스템 개발”
(개발기간 : 2013.08.26 ~ 2016.08.25)과제의 최종보고서로 제출합니다.

2016 . 12 . 12.

주관연구기관명 :	서울대학교	(대표자) 김 유 용 (인)
협동연구기관명 :	(주)조앤김지노믹스	(대표자) 조 서 애 (인)
협동연구기관명 :	(주)이지팜	(대표자) 박 혼 동 (인)
참여기관명 :	(주)두산생물자원	(대표자) 임 희 석 (인)

주관연구책임자 :	김 유 용
협동연구책임자 :	조 서 애
협동연구책임자 :	박 혼 동
참여기관책임자 :	임 희 석

국가연구개발사업의 관리 등에 관한 규정 제18조에 따라 보고서 열람에 동의합니다.

보고서 요약서

과제고유번호	313001-3	해 당 단 계 연 구 기 간	2015.08.26. ~2016.08.25	단 계 구 분	3/3
연구사업명	중 사업명	첨단생산기술개발			
	세부 사업명	첨단생산기술개발			
연구과제명	대 과 제 명	FTA 대응 사료비 절감 및 생산성 향상을 위한 양돈 사양시스템 개발			
	세부 과제명	대체원료를 이용한 저가 양돈 사료배합비 개발 자돈의 폐사율 감소 및 양돈생산성 향상을 위한 사양관리시스템 개발 자돈의 생산성과 관련된 후생학적 유전체 profile 개발 IT기반 양돈 사양관리 시스템 개발			
연구책임자	김 유 용	해당단계 참 여 연구원 수	총: 29명 내부: 9명 외부: 20명	해당단계 연 구 개 발 비	정부:400,000천원 민간:200,000천원 계:600,000천원
		총 연구기간 참 여 연구원 수	총: 83명 내부: 27명 외부: 56명	총 연구개발비	정부:1,200,000천원 민간:600,000천원 계:1,800,000천원
연구기관명 및 소속부서명	서울대학교, (주)조앤김지노믹스, (주)이지팜			참여기업명: (주)이지팜 (주)두산생물자원	
위탁연구	연구기관명:			연구책임자:	
요약	<ol style="list-style-type: none"> 1. 대체원료 4종(채종박, 팜박, 야자박, 밀)의 급여 수준이 육성 비육돈 및 임신돈의 성장 및 생리적 특성에 미치는 영향 검증을 통한 경제적 양돈 사료배합비 개발 2. 신규원료 3종(캐슈넛, 캐슈넛피, 라이신부산물)을 이용한 양돈 사료배합비 개발 3. 자돈의 건강성 증진을 위한 거세시기의 검증 및 설사방지기술 개발 4. 자돈의 폐사율 감소를 위한 이유일령의 검증 및 반층 돈사 개발 5. 돈군이동시기 조절 및 이유 후 돈군이동 지연을 통한 사양관리 시스템 개발 6. 자돈의 생산성과 관련된 후생학적 유전체 profile 개발 및 마커 발굴 7. IT기반 양돈 사양관리 시스템 개발 			보고서 면수: 498	

연구의 목적 및 내용	<ul style="list-style-type: none"> ◦ 사료비 절감을 위한 대체원료를 이용한 경제 사료 배합비 개발 ◦ 자돈의 폐사율 감소를 위한 사양시스템을 개발 및 검증 ◦ 양돈 생산성 향상을 위한 생산비 절감 사양시스템 개발 ◦ 자돈의 생산성과 관련된 후생학적 유전체 profile 개발 및 연구기반을 구축, 유전자마커를 개발 ◦ IT기반 양돈 사양관리 시스템을 개발하고 및 이를 적용한 현장실증실험 수행
연구개발성과	<ul style="list-style-type: none"> ◦ 사료비 절감을 위한 대체원료사료 및 저가 양돈사료배합비 개발 <ul style="list-style-type: none"> - 육성·비육돈 사료에 야자박과 β-mannanase를 함께 급여하였을 때 체중과 일당증체량에서 사료 내 야자박을 5-25%까지 첨가하여도 유의적인 차이는 나타나지 않았다. 하지만, 비육기에 야자박의 첨가수준이 높아질수록 일당증체량과 사료섭취량이 감소하는 것으로 보아 육성기에 야자박을 첨가하는 것이 더 효과적이며, 혈액성상과 돈육품질에서는 야자박을 25%까지 첨가하여도 부정적인 영향이 나타나지 않았다. 또한 야자박 첨가량이 증가할수록 사료비용이 감소하였다. - 임신돈 사료 내 채종박을 12%까지 사용하여도 모돈의 번식성적에는 부정적인 영향을 미치지 않았지만, 임신모돈의 체형변화 및 포유자돈의 성장성적에서도 문제가 없는 것으로 나타났다. 채종박을 3-12%첨가시 모돈 두당 최대 3,627원을 절감할 수 있는 것으로 나타났다. 채종박은 임신돈 사료 내 12%까지 첨가가 가능하며, 원료 및 사료가격의 변동을 고려하며 첨가수준을 결정하면 경제적인 사료배합비를 설정할 수 있을 것으로 사료된다. - 육성·비육돈 사료 내 팜박을 β-mannanase와 함께 16%까지 첨가하여도 육성·비육돈의 성장에 부정적인 영향을 미치지 않았으며, 오히려 돈육의 품질을 향상시키고 사료비용이 절감되고 출하일령이 단축되는 것으로 나타났다. - 육성·비육돈 사료 내 밀을 60%까지 첨가하여도 성장성적, 혈액성상, 돈육품질에 대조구와 차이가 나타나지 않았다. 비육기에는 밀의 첨가가 사료효율을 개선시키는 결과가 나타났으며, 경제성분석시 밀을 30%에서 45% 첨가시에 증체당사료비가 가장 크게 절감되는 것으로 나타났다. 육성비육돈 사료 내 밀을 60% 첨가가능하지만, 밀을 30-45% 첨가시에 가장 큰 경제적 이익 및 양돈생산성을 얻을 수 있는 것으로 사료된다. - 임신돈 사료 내 기존의 단백질 공급원인 대두박을 채종박으로 대체하였을 때 임신돈의 체형변화 및 혈액성상에서 채종박을 9%까지 첨가하여도 부정적인 영향을 미치지 않았으며, 영양소 소화율의 경우 채종박을 9% 첨가시 임신돈의 건물, 조지방, 조단백질, 조회분의 소화율에는 대조구와 유의적 차이가 나타나지 않았으며, 이를 통해 임신돈 사료 내 채종박을 9%까지 첨가하여도 영양소 이용에 부정적 영향은 없는 것으로 사료된다.

- 육성기·비육전기 사료 내 캐슈넛을 15% 까지 첨가하여도 육성·비육전기 돼지의 성장률과 사료섭취량, 사료효율에서 대조구와 동등한 성적이 나타났으므로, 육성·비육기 사료 내 캐슈넛을 15%까지 첨가하는 것은 가능할 것으로 사료된다.
- 임신돈 사료 내 밀기울 대체제로 캐슈넛피를 0-2-4-6% 첨가하였을 때 모돈의 체형변화 및 번식성적, 포유성적, 포유자돈의 번식성적, 포유성적, 유성분 및 모돈 혈액 성분에서 유의적인 차이가 나타나지 않았지만, 캐슈넛피를 4% 첨가시에 가장 좋은 효과를 가지는 것으로 나타났다.
- 라이신부산물을 이용하여 합성 라이신을 대체할 경우, 합성 라이신의 첨가량을 전량 대체시에는 부정적인 영향이 나타났지만, 라이신부산물을 자돈전기에서 2.80%, 자돈후기에서 1.76%까지 첨가할 경우 자돈의 성장 및 건강에 부정적인 영향을 미치지 않고, 대조구와 비교하여 대등한 성장을 하는 것으로 나타났다.
- 선행연구 중 선정된 좋은 사료배합비를 검증하기 위하여 밀 60%, 팥박 8% 와 시판사료를 비교해 대체원료로써 실용성을 검증하기 위한 현장 실증실험을 수행하였다. 성장성적에서는 실험 전체기간 동안 체중, 일당 증체량, 일당사료섭취량 부분에서 밀 60% 첨가한 처리구에서 가장 좋은 성적을 나타냈다. 육성비육돈 사료 내 밀 60%, 팥박 8%을 첨가시 시판사료에 비해 사료효율이 더 높았으며, 증체당사료비는 각각 272원, 354원이 절감되고, 두당 총사료비는 5,143원, 7477원 절감되는 것으로 나타났다.
- 자돈의 폐사율 감소를 위한 사양시스템 개발
 - 자돈의 건강성 증진을 위한 적정 거세일령 검증 실험 결과, 포유자돈의 거세일령이 빠를수록 포유기 동안 성장 성적이 감소되고 혈액 내 cortisol 호르몬이 증가되는 것으로 나타났다. 이러한 결과를 미루어 포유자돈의 거세는 분만 후 7일령 이후에 실시하는 것이 포유자돈의 성장과 스트레스를 감안할 때 가장 이상적이지만, 실제 농가에서 거세하는 작업강도 및 작업량을 고려해보았을 때는 3일령에 실시하는 것이 가장 적절할 것으로 사료된다.
 - 이유자돈의 사료영양적 조절을 통해 설사방지기술의 개발을 위해 보리의 첨가수준에 따른 사료배합비를 개발하여 실험을 진행하였다. 보리를 45%까지 첨가하여도 자돈의 성장성적에는 차이가 없었지만, 보리의 첨가수준이 높아질수록 설사빈도와 증체당사료비가 감소하였다. 이를 통해 자돈사료 내 보리를 45%첨가시 자돈의 건강성을 향상시킴과 동시에 사료비를 절약할 수 있는 사료배합비를 개발할 수 있을 것으로 사료된다.
 - 자돈의 건강성 증진을 위한 이유일령 검증연구에서는, 이유일령이 21-25-28-31일로 증가함에 따라 모돈의 이유 시 등지방 두께 변화량의 감소폭이 증가하고 이유자돈의 체중이 증가하는 것으로 나타났다. 하지만 이유 시 낮은 등지방 두께는 다음 산차의 분만성적에 악영향을 끼칠 수 있고, 25일령 처리구에서 폐사율이 높은 점을 미루어 보았을 때, 28일령에 이유하는 것이 가장 적합할 것으로 사료된다.

- 사육면적 증가를 위한 반층 돈사의 활용이 이유자돈의 성장성적과 스트레스에 미치는 영향을 알아보기 위해 실험을 수행하였다. 사양실험 결과, 실험 전 기간 동안 (5주) 체중에 있어서 처리구간에 통계적인 유의차가 나타나지 않았다. 또한 일당증체량에 있어서도 모든 구간에서 유의차가 발견되지 않았다. 동일한 현장 내에서 반층 돈사는 추가적인 두수의 사육이 가능하며, 반층돈사 활용시 자돈 10두의 사육면적을 확보하여 사양할 수 있는 것으로 사료된다.
- 양돈 생산성 향상을 위한 생산비 절감 사양시스템 개발
 - 선행연구 중 이유일령에 대한 연구결과를 바탕으로, 현장실증실험을 수행한 결과, 자돈·육성·비육기 전 구간에서 28일령에 이유한 돈군의 성장성적이 24일령에 이유한 돈군의 성장성적에 비해 높은 수치를 나타내었다. 면역성상에서는, 이유당시 혈중 IgG의 농도에서 28일령 처리구가 24일령 처리구에 비해 유의적으로 높은 것을 확인했으며 경제성 분석 결과에서는 28일령 처리구의 돈군의 출하일령이 10일 단축되고, 출하체중에 도달할 때까지의 사료비용은 4,982원 절감되는 것으로 계산되었다. 이를 바탕으로 이유일령은 28일령에 실시하는 것이 자돈의 건강성 및 농가의 경제성에 이익이 되는 것으로 판명되었다.
 - 돈군이동 조절을 통한 양돈 생산성 증진 기술 개발 실험결과, 돈군이동을 하지 않고 1 site에서 사육된 돼지들의 육성기 성장률이 더 높지만, 비육기 종료 시에는 2 site 처리구와 대등한 성장성적을 가지는 것으로 나타났다. 혈중 cortisol 농도를 측정한 결과 6주차 2 site 처리구의 혈중 cortisol 농도가 유의적으로 높은 것으로 보아 돈군이동시 스트레스를 받는 것으로 나타났다. 결론적으로, 1-site 사육이 육성·비육돈이 받는 스트레스를 감소시키며 성장률을 향상시킴으로써 출하일령이 5일 단축되고 더 높은 수익을 창출할 수 있는 사양시스템인 것으로 사료된다.
 - 생산비 절감을 위한 사양관리시스템 개발 실험 결과, 이유직후에 돈군이동을 하는 것이 이유후에 돈군이동을 지연하는 것보다 자돈의 성장 및 건강성 측면에서 스트레스 변화를 최소화하고 농가에게 더 효율적인 사양시스템인 것으로 사료된다.
- 자돈의 생산성과 관련된 후생학적 유전체 profile 개발
 - 자돈의 생산성과 관련된 후생학적 유전체 프로파일 개발을 위해 차세대 염기서열 분석과 methylation enrichment sequencing 통해 최초로 포유 자돈의 생산성과 관련된 후성 유전체 profile 확보 및 관련 유전자 기능 분석을 수행하였다. 이를 통해 자돈의 생산성에 영향을 미칠 것으로 파악되는 유전자들의 리스트들을 확보하였고 유전적 마커로서 활용될 수 있는 기반 지식을 확보하였다.
 - 체중에 따른 genome 상의 methylation profile에서 차이를 나타낸 유전자들이 소장과 간 조직 내에서 체중 상위 그룹의 mRNA 발현 수준이 높은 경향을 나타내는 것을 확인하였으며 이러한 유전자들 중 세포의 에너지와 성장률 및 조직 생성 등을 조절하는 기능을 갖는 유전자가 다수 포함된 것을 확인하였다.

	<ul style="list-style-type: none"> - 본 연구에 이용된 유전자들을 돼지의 후성유전체 분자 마커로 활용하여 생산성 향상을 꾀하고 경쟁력을 확보할 수 있는 양돈 시스템 확립에 이용 될 수 있을 것으로 기대된다. o IT기반 양돈 사양관리 시스템 개발 <ul style="list-style-type: none"> - 돈사 환경관리를 위한 온도, 습도, 암모니아가스, 화재감지, 정전감지등 센서를 활용한 N-Screen(스마트폰, 인터넷웹) 기반의 원격 감시 시스템 구축하였다. - 농장의 보안 및 안전사고 예방을 위한 네트워크 CCTV를 N-Screen(스마트폰, 인터넷웹) 기반의 원격 감시 시스템 구축하였다. - 양돈 선진국에서 사용 중인 분만돈 개별자동급이기, 육돈 선별기 등을 원격 감시가 가능한 국산 장비를 개발하여 도입하였다. - 분만돈 자동급이기, 육돈 선별기, 돈사환경관리 등 국내·외 장비와 국내 양돈생산경영관리 전산 시스템(피그플랜웨어)과 연계를 위한 표준 플랫폼 연구 및 N-Screen(스마트폰, 인터넷웹) 기반의 원격 감시 시스템 개발하여 도입하였다.
<p>연구개발성과의 활용계획 (기대효과)</p>	<p>(1) 기술적 측면</p> <ul style="list-style-type: none"> o 대체 원료사료의 선별 및 사용 지침의 개발로 적정 사료 배합비율의 제시하며 돼지 사양단계별 사료의 사용 효율 극대화하여 저가의 경제사료를 생산하는데 기반을 마련. o 대체원료 사료 개발과 산업체 이전(사료 업체 및 양돈 농가)을 통해 FTA를 대비하며 농가의 양돈생산성 향상 및 생산비 절감 기술 획득. o 자돈의 성장 및 건강성 증진을 위한 자돈의 설사방지 및 면역력 증진을 위한 관리 기술 확보하여 자돈의 폐사율을 줄이고 생산성을 높이는 사양관리 시스템의 개발. o 동물 후성유전체 기술 기반 확보 및 돼지 생산성 관련 고품질의 후성유전체 reference map 구축함으로써 후성유전체 분자 마커로 활용하여 생산성 향상을 도모. o 유전자 발현 기작 이해, 세포 및 기관 분화 기작 이해, 환경 요소에 의한 사육 기술 증진, 질병저항성 동물 생산 등 매우 폭넓은 생물학적 과제에 대한 방향을 제시. o 양돈 분야의 온도, 습도, 암모니아, 화재, 정전등 센서를 활용한 USN환경을 구성하여 돈사환경관리, 사료급이기, 육돈 선별기를 웹기반으로 통합관리시스템으로 일괄적으로 관리가 가능해짐. o IT융합기술에 맞는 서비스체계를 구축하고, 네트워크 CCTV를 활용한 스마트폰, 인터넷을 활용한 N-Screen원격 감시 체계 구축하여 IT융합기술과 양돈을 접목이 가능함. o 모돈-자돈-비육돈 연계의 사양시스템 개발 및 표준화를 통하여 양돈 농가의 체계적인 사양관리 시스템 정착 및 기술력을 확보함.

	<p>(2) 경제적·산업적 측면</p> <ul style="list-style-type: none"> ◦ 대체원료 사료 개발로 FTA 및 주요 곡물가 인상에 대비하여 저비용 사료 사용으로 양돈농가의 사료비 및 생산비 절감하여 양돈농가의 국제경쟁력 제고됨. ◦ 대체원료 및 신규원료를 이용한 양돈 사료배합비의 개발로 농가의 소득 증대 및 생산비 절감, 사료 제조원가 100~200원(최소 15% 이상) 절감 효과 기대됨. ◦ 자돈의 건강성 증진 및 폐사율 감소 기술의 적용으로 일반 양돈 농가의 생산성이 향상되고 수익성이 상승함. ◦ 후성유전체 결과를 적용하여 우수한 자돈을 선발함으로써 농가의 생산성 및 양돈경쟁력 향상을 유도할 수 있음. ◦ ICT 융합 smart farming system의 개발로, 외국산에 의존한 양돈 기자재 시장에 큰 파급효과가 발생하며, 국산 제품의 선호도 증가와 수입대체 효과를 기대할 수 있음. ◦ 기술력의 한계로 쉽게 개발하지 못하고 있는 양돈 사양관리 시스템의 소프트웨어 개발을 통하여, 관련 산업의 기술력 발전 및 경쟁력 창출 효과를 기대함. ◦ 모돈-자돈-비육돈 연계 사양관리 시스템의 구축으로 농가의 생산비 감소 및 생산성 증대로 FTA시대의 농가의 경쟁력을 고취시킴. ◦ 전국 평균 20%에 육박하는 폐사율을 10% 이하의 수준으로 감소시키는 기술의 개발 및 적용으로 양돈농가의 MSY를 향상시키고 FTA 시대 양돈 선진국과의 생산비 경쟁에서 이길 수 있는 양돈경쟁력을 확보함. 				
<p>중심어 (5개 이내)</p>	<p>대체원료</p>	<p>사양시스템</p>	<p>양돈생산성</p>	<p>후성유전체</p>	<p>양돈ICT융합</p>

< SUMMARY >

		코드번호	D-02
Purpose& Contents	<ul style="list-style-type: none"> ◦ Developing economical feed mixing ratio using alternative ingredients for saving feed costs ◦ Performing development and validation of the management system for the reduction of piglet mortality ◦ Developing a management system reducing production cost for improving swine production ◦ Building a research base and identifying molecular markers by developing an epigenomic profile related to productivity of piglets ◦ Performing on-site empirical experiments to develop and apply an IT-based feeding management system 		
Results	<ul style="list-style-type: none"> ◦ Development of alternative feed and low-priced feed mixing ratio for feed cost savings <ul style="list-style-type: none"> - There was no significant difference in BW (Body weight) and ADG (Average daily gain) when adding copra meal and β-mannanase on growing-finishing pigs feed. However, it was more effective in growing period considering that ADG tended to decrease in finishing period and reduce ADFI (Average daily feed intake). Also, there was no negative effect on blood profile and pork quality up to 25% addition in the analysis result. - There was no negative effect on reproductive performance of sows even using rapeseed meal up to 12% in gestating sow feed. Also, it had no negative effect on body condition score of gestating sow and growth performance of nursery piglets. It seems that supplementation of rapeseed meal up to 12% could save 3,627W per sow. Supplementation of rapeseed meal up to 12% in gestating sow feed is available. It is available making economical feed mixing ratio if we determine supplementation level of rapeseed meal with considering cost fluctuation of feed and ingredients. - There was no negative effect on growth performance of growing-finishing pigs adding palm kernel meal up to 16% with β-mannanase in growing-finishing pigs feed. It was rather considered as improving pork quality and reducing feed costs. - There was no negative effect on growth performance, blood 		

	<p>profiles, pork quality, and economical analysis adding wheat up to 60% in growing-finishing pigs feed. It rather showed improving feed efficiency in finishing period and adding wheat from 30% to 45% was the most cost-effective in economical analysis. It was available adding wheat up to 60%, but adding 30-45% of wheat was considered as the most economical and productive way.</p> <ul style="list-style-type: none"> - There was no negative effect on sow's body condition and blood profile adding up to 9% when soybean meal which was traditional protein source was replaced with rapeseed meal in gestating sow feed. Also, adding rapeseed meal up to 9% showed no significant difference among treatments in DM (Dry matter), crude fat, crude protein and crude ash. Consequently, there was no big negative effect on gestating sow adding rapeseed up to 9%. - It was considered that it would not influence negative effects on growth performance, ADFI, and feed efficiency when cashew nut up to 10% was added in growing-finishing pig feed. - It was considered that adding cashew nut hull up to 4% as an alternative of wheat bran in gestating sow feed brought the best result in sow's body condition, reproductive and lactating result, milk composition and sow blood components. - There was negative effect on piglets when using lysine cell mass as an alternative of whole synthetic lysine. However, there was no negative effect on growth performance and health of piglets and it showed similar growth rate with control treatment when lysine cell mass was added up to 2.80% in early weaning period and 1.76% in late weaning period. - There was an on-site empirical experiment to verify practicality of alternative ingredients by comparing 60% wheat, 8% palm kernel meal and commercial feed. Treatment which was added 60% wheat showed the best result in BW, ADG, and ADFI during whole experimental period. Treatments added wheat 60% and added palm kernel meal 8% showed higher feed efficiency than commercial feed and reduced cost per weight gain respectively 272 won and 354 won and reduced cost per herd respectively 5,143 won and 7,477 won.
--	---

	<ul style="list-style-type: none"> ◦ Development of management system for reducing mortality rate of piglets <ul style="list-style-type: none"> - As a result of verifying proper castration age experiment for promoting health of the piglets, growth performance was decreased and hormone cortisol in the blood was increased during nursery period as castration age was less. Doing castration of piglets after birth 7 days later was the best considering growth and stress of nursery piglets. However, we need to consider workload and intensity of work related with castration. So castration done after birth 3 day was more practical and reasonable way. - The experiment was conducted to replace corn and soybean meal partially with supplementation of various levels of barley to develop diarrhea prevention technology through controlling nutrient in weaning pig feed. The treatment added 45% barley had no negative effect on growth performance. Diarrhea incidence and cost per weight gain showed the decreasing result as barley supplementation level increase. From these results, supplementation of barley up to 45% could be a economical feed mixing ratio for improving health of piglets and saving feed cost. - The backfat thickness at weaning was decreased as weaning age increased and the weaning weight of piglets increased as weaning age increased as well. However, low backfat thickness at weaning could have a negative effect on next reproductive performance. Considering high mortality rate in 25 days-old treatment, weaning at 28 days-old was the best management. - The experiment was conducted to investigate the effects on growth performance and stress of weaning piglets when using semi-floor pen to increase rearing areas. As a result of feeding experiment, there was no significant difference among treatments in BW and ADG during whole experimental period (5 week). It was considered that semi-floor pen in the same situation could raise additional number of animals and did not have a negative effect on growth performance. ◦ Development of reducing production cost management system for improving swine productivity
--	---

- The results of the field demonstration experiments based on the results of the study on the weaning age of the previous study showed that growth performance of pigs weaning at 28 days was higher than pigs weaning at 24 days during whole piglet-growing-finishing period. In the immunity profile, the serum IgG concentration at weaning at the 28 day treatment was significantly higher than that of the 24 day treatment. In economic analysis, shipping day was 10 days faster in 28 days age treatment than 24 days age treatment. Also, feed cost until shipping weight was calculated to be reduced by 4,982 won. Based on these results, it was found that the weaning age at 28 days gave benefits to the health of the piglets and the economic profits to swine farms.
- As a result of increasing swine productivity technology development experiment through controlling pig movement, pigs growing at 1 site grew much more than 2 sites in growing period but the growth performance was similar with 2 sites treatment at the end of the finishing period. Also, serum cortisol concentrations were significantly higher in 2 site treatment group at week 6 which showed pigs got stress when they moved. In conclusion, 1-site breeding decreased stress of growing-finishing pigs, reduced 5 shipping days, and made higher profit by improving growth rate.
- As a result of developing a feeding management system experiment for reducing production cost, it was considered that moving pigs right after weaning was better than delaying pig movement after weaning in performance and health of piglets by minimizing change of stress and giving more effective management system to farm family.
- Development of epigenomic profile related to productivity of piglet
 - It was conducted to get epigenomic profile related to productivity of the first lactating piglets and to analyze genome functions through next-generation sequence listing analysis and methylation enrichment sequencing for developing epigenomic profile related to productivity of piglets. Through this experiment, it was possible to get the list of genome affecting productivity of piglet and knowledge-based which could be used as a genetic marker.

	<ul style="list-style-type: none"> - It was confirmed that genes that differ in the methylation profile of the genome according to body weight tended to show higher levels of mRNA expression in the upper body weight group in the small intestine and liver tissues. Among these genes, many genes having the function of regulating the energy, growth rate, and tissue formation of cells were contained. - It is expected that genes used in this research can be used to establish a swine system that can improve productivity and secure competitiveness by utilizing an epigenome molecular markers of pigs. ◦ Development of IT-based swine feeding management system <ul style="list-style-type: none"> - A remote monitoring system based on N-Screen (smartphones, Internetweb) using temperature, humidity, ammonia gas, fire detection, and power failure light sensor was built for managing environment in swine house. - A remote monitoring system based on N-Screen (smartphones, Internetweb) for network security CCTV was constructed to prevent security and safety accidents of farm. - Domestic equipment capable of remote monitoring such as lactating sow individual automatic feeder and pig automatic sorter used in swine developed countries was developed and adopted. - A remote monitoring system based on standard platform research and N-screen (smartphones, Internetweb) linking for domestic swine production business management computer system (pig plan web) and domestic and foreign equipment such as lactating sow automatic feeders, pig automatic sorter, environmental management was developed and adopted.
<p style="text-align: center;">Expected Contribution</p>	<p>(1) Technical aspects</p> <ul style="list-style-type: none"> ◦ It can provide an appropriate feed mix ratio and maximize the use efficiency of feed in each stage of pig production with the development of guidelines for selection and use of alternative ingredient feed to lay the foundation for producing low-cost economic feed. ◦ It can be expected to improve swine productivity of farms and gain reduction of production cost technology by preparation of FTA through the development of alternative ingredient feed and business

relocation (feed companies and swine farms).

- It can reduce mortality rate of piglets and increase productivity by developing the management system for promoting growth and health of piglets and prevention of diarrhea and immunity improvement of piglets.
- It can improve productivity using an epigenomic molecular markers by constructing a high quality epigenome reference map related to animal epigenome technology and pig productivity.
- It can provide the directions for a wide range of biological challenges such as understanding the mechanisms of gene expression, understanding the mechanisms of cell and organ differentiation, promoting breeding technology by environmental factors, and producing disease-resistant animals.
- It is possible to control all together with the integrated management system based on web which includes environmental management in swine house, feed, feeding system, pig automatic sorter by configuring USN environment using temperature, humidity, ammonia, fire, and power failure light sensor.
- It is possible to combine the IT convergence technology and swine by building a service system for the IT convergence technology, a smart phone using network CCTV, and N-Screen remote monitoring system using internet
- It can establish the systematic feeding management system and technology of pig farms through the development and standardization of management systems associated with sow-piglet-finishing pig.

(2) Economic and industrial aspects

- It can improve international competitiveness of pig farms by reducing feed costs and production costs with using low-cost feeds to prepare for FTA and rise of main grain prices by developing alternative ingredient feed.
- It can be expected for increase of the income for farm family, reduction of production cost and feed manufacturing costs by 100~200 won (minimum 15%) by developing swine feed mixing ratio using alternative ingredients and new ingredients.
- It is possible to improve productivity of general pig farms and profits by increasing the health of piglet and applying mortality rate reduction

	<p>technology.</p> <ul style="list-style-type: none"> ◦ It can lead to improve productivity of farms and swine competitiveness by selecting excellent piglets applying the epigenome results. ◦ With the development of ICT convergence smart farming system, there will be a huge ripple effect on the pig farm equipment market that depends on foreign product and increase preference of domestic products and import substitution effect can be expected. ◦ It can expect technological advances of related industries and creation of competitive advantage effect through the software development of swine management system that is not easily developed due to the limits of technology. ◦ It can reduce production costs and increase productivity of swine farms to be competitive in the FTA era by building a feeding management system associated with sow-piglet-finishing pig. ◦ It can improve MSY of swine farms and be competitive to win the production cost competition with swine developed countries in the FTA era by developing and applying technology to reduce the mortality rate which is close to national average of 20% to a level of less than 10%. 				
Keywords	Alternative feed	Management System,	Swine productivity	Epigenomics	Pig Information Communication Technology convergence

목 차

제 1 장 연구 개발 과제의 개요	23
제 1 절 연구 개발의 목적 및 필요성	23
제 1 항 연구개발 목적	23
제 2 항 연구개발 필요성	23
제 3 항 연구개발 범위	27
제 2 장 국내외 기술개발 현황	29
제 1 절 국내 연구 현황	29
제 2 절 국외 연구 현황	35
제 3 장 연구 개발 수행 내용 및 결과	39
제 1 절 대체원료(야자박)의 급여 수준이 육성-비육돈의 성장 및 도체특성에 미치는 영향	39
제 1 항 서 론	39
제 2 항 실험 방법 및 재료	40
제 3 항 연구 결과 및 고찰	43
제 2 절 임신돈 사료 내 대체원료의 적정 첨가수준 검증 및 사료 배합비 개발	56
제 1 항 서 론	56
제 2 항 실험 방법 및 재료	57
제 3 항 연구 결과 및 고찰	60
제 3 절 자돈의 건강성 증진을 위한 적정 거세시기의 검증	77
제 1 항 서 론	77
제 2 항 실험 방법 및 재료	77
제 3 항 연구 결과 및 고찰	78
제 4 절 사육면적 증가를 위한 반층 돈사의 활용이 자돈의 성장 및 스트레스에 미치는 영향	83
제 1 항 서 론	83
제 2 항 실험 방법 및 재료	83
제 3 항 연구 결과 및 고찰	85
제 5 절 사료비 절감을 위한 신규 대체원료 탐색 및 사료 배합비 개발	89
제 1 항 서 론	89
제 2 항 실험 방법 및 재료	90
제 3 항 연구 결과 및 고찰	96
제 6 절 돼지의 생산성 (이유시 체중) 관련한 후성유전체 (DNA methylation) 연구 기반 구축	103

제 1 항 서 론	103
제 2 항 실험 방법 및 재료	104
제 3 항 연구 결과 및 고찰	104
제 7 절 돈군이동시기 조절을 통한 생산비 절감 사양시스템 개발	118
제 1 항 서 론	118
제 2 항 실험 방법 및 재료	119
제 3 항 연구 결과 및 고찰	121
제 8 절 국내 양돈장에 IT융합 장비 설치 및 구축	130
제 1 항 서 론	130
제 2 항 연구내용	131
제 3 항 결론	141
제 9 절 대체원료(팜박)의 급여 수준이 육성-비육돈의 성장 및 도체특성에 미치는 영향	143
제 1 항 서 론	143
제 2 항 실험 방법 및 재료	144
제 3 항 연구 결과 및 고찰	149
제 10 절 대체원료(밀)의 급여 수준이 육성-비육돈의 성장 및 도체특성에 미치는 영향	158
제 1 항 서 론	158
제 2 항 실험 방법 및 재료	159
제 3 항 연구 결과 및 고찰	160
제 11 절 사료 내 대체원료(채종박)의 첨가수준이 임신돈의 영양소 소화율에 미치는 영향	174
제 1 항 서 론	174
제 2 항 실험 방법 및 재료	175
제 3 항 연구 결과 및 고찰	179
제 12 절 사료 내 영양적 조절을 통한 자돈의 설사방지기술 개발	183
제 1 항 서 론	183
제 2 항 실험 방법 및 재료	184
제 3 항 연구 결과 및 고찰	190
제 13 절 자돈의 건강성 증진을 위한 적정 이유일령의 검증	199
제 1 항 서 론	199
제 2 항 실험 방법 및 재료	200
제 3 항 연구 결과 및 고찰	202
제 14 절 사료비 절감을 위한 신규 대체원료 탐색 및 사료 배합비 개발 II	207
제 1 항 서 론	207
제 2 항 실험 방법 및 재료	208
제 3 항 연구 결과 및 고찰	210

제 15 절 NGS 기법을 적용한 돼지 생산성 관련(이유시 체중)한 후성유전체 (DNA methylation)정보 생산과 생물정보 분석	217
제 1 항 서 론	217
제 2 항 본 론	217
제 3 항 결 론	263
제 16 절 이유 후 돈군이동 지연이 자돈의 성장 및 건강성에 미치는 영향	265
제 1 항 서 론	265
제 2 항 실험 방법 및 재료	265
제 3 항 연구 결과 및 고찰	267
제 17 절 국내 양돈장에 IT융합 장비 설치 및 표준 플랫폼 구현	274
제 1 항 서 론	274
제 2 항 연구 내용	275
제 3 항 결 론	290
제 18 절 사료비 절감을 위한 대체원료(밀, 팜박) 사료배합비의 일반 농가 현장 실증 실험	291
제 1 항 서 론	291
제 2 항 실험 방법 및 재료	291
제 3 항 연구 결과 및 고찰	297
제 19 절 자돈의 폐사율 감소를 위한 사양시스템의 일반농가 현장실증실험	305
제 1 항 서 론	305
제 2 항 실험 방법 및 재료	306
제 3 항 연구 결과 및 고찰	310
제 20 절 사료비 절감을 위한 신규 대체원료 탐색 및 사료배합비 개발III	316
제 1 항 서 론	316
제 2 항 실험 방법 및 재료	317
제 3 항 연구 결과 및 고찰	321
제 21 절 생물정보분석을 통한 돼지 생산성 관련된 유전체 프로파일링과 마커 발굴	329
제 22 절 양돈 생산성 향상을 위한 모돈-자돈-비육돈 연계 사양시스템의 일반농가 현장실증연구 ..	416
제 1 항 서 론	416
제 2 항 실험 방법 및 재료	416
제 3 항 연구 결과 및 고찰	418
제 23 절 국내 양돈장에 설치된 IT융합 장비 평가 및 사업화 방안 마련	424
제 24 절 연구개발성과	452
제 4 장 목표 달성도 및 관련분야에의 기여도	456
제 1 항 목표달성도	456

제 2 항	관련분야 기여도	457
제 5 장	연구 개발 결과의 활용 계획	464
제 6 장	연구 개발 과정에서 수집한 해외 과학기술정보	466
제 7 장	연구개발결과의 보안등급	472
제 8 장	국가과학기술종합정보시스템에 등록된 연구시설 및 장비 현황	472
제 9 장	연구개발과제 수행에 따른 연구실 등의 안전조치 이행실적	472
제 10 장	연구개발과제의 대표적 연구실적	473
제 11 장	기타사항	473
제 12 장	참고문헌	474

< Contents >

1. Introduction of The Research	23
1) The Needs and Aims of The Research	23
a. The Aims of The Research	23
b. The Needs of The Research	23
c. Research and Development Range	27
2. The Internal and External Research Status	29
1) The Internal Research Status	29
2) The External Research Status	35
3. Experiments and Results of the Research	39
1) Effect of Supplementation Levels of Alternative Feed Ingredient (Copra Meal) on Growth Performance and Meat Quality in Growing–finishing Pigs	39
a. Introduction	39
b. Materials and Methods	40
c. Results and Discussion	43
2) Evaluation of Reasonable Supplementation Level of Alternative Feed Ingredient (Rapeseed Meal)	56
a. Introduction	56
b. Materials and Methods	57
c. Results and Discussion	60
3) Effect of Different Castration day on Nursery Performance in Suckling Piglets	77
a. Introduction	77
b. Materials and Methods	77
c. Results and Discussion	78
4) Evaluate the Effect of Semi–floor Pens on Growth and Stress in Weaning Pigs	83
a. Introduction	83
b. Materials and Methods	83
c. Results and Discussion	85
5) Exploration of Novel Alternative Feed Ingredients for Reducing Feed Cost (Cashew Nut)	89
a. Introduction	89
b. Materials and Methods	90
c. Results and Discussion	96

6) Establishment of Research Base for Epigenetics (DNA Methylation) Related with Weaning Weight	103
a. Introduction	103
b. Materials and Methods	104
c. Results and Discussion	104
7) Effect of Different Pig Flows on Growth Performance, Pork Quality and Stress Hormones in Growing–finishing Pigs	118
a. Introduction	118
b. Materials and Methods	119
c. Results and Discussion	121
8) Establishment and installation of IT Convergence Equipments in Domestic Farm	130
a. Introduction	130
b. Materials and Methods	131
c. Results and Discussion	141
9) Effect of Supplementation Levels of Alternative Feed Ingredient (Palm Kernel Meal) on Growth Performance and Meat Quality in Growing–Finishing Pigs	143
a. Introduction	143
b. Materials and Methods	144
c. Results and Discussion	149
10) Effect of Supplementation Levels of Alternative Feed Ingredient (Wheat) on Growth Performance and Meat Quality in Growing–Finishing Pigs	158
a. Introduction	158
b. Materials and Methods	159
c. Results and Discussion	166
11) Effect of Alternative Feed Ingredient (Rapeseed Meal) on Nutrient Digestibility in Gestating Sow Diet	174
a. Introduction	174
b. Materials and Methods	175
c. Results and Discussion	179
12) Development of Method for Preventing Diarrhea Through Nutritional Modification in Weaning Pig Diet	183
a. Introduction	183
b. Materials and Methods	184
c. Results and Discussion	190
13) Evaluation for Adequate Weaning Age for Improvement of Piglet Health	199

a. Introduction	199
b. Materials and Methods	200
c. Results and Discussion	202
14) Exploration of Novel Alternative Feed Ingredients for Reducing Feed Cost II (Cashew Nut Testa)	207
a. Introduction	207
b. Materials and Methods	208
c. Results and Discussion	210
15) Production and Analysis of DNA Methylation Information Related with Weaning Weight Using NGS Technique	217
a. Introduction	217
b. Materials and Methods	217
c. Results and Discussion	263
16) Effect of Delayed Pig Movement at Weaning on Growth Performance and Health in Weaning Pigs	265
a. Introduction	265
b. Materials and Methods	265
c. Results and Discussion	267
17) Realization and Installation of IT Convergence Equipments in Domestic Farm	274
a. Introduction	274
b. Materials and Methods	275
c. Results and Discussion	290
18) Study on Field Trial of Alternative Feed Ingredients(Wheat, Palm Kernel Meal) for Reducing Feed Cost	291
a. Introduction	291
b. Materials and Methods	291
c. Results and Discussion	297
19) Study on Field Trial of Nutritional Modification for Preventive Diarrhea in Weaning Pigs ..	305
a. Introduction	305
b. Materials and Methods	306
c. Results and Discussion	310
20) Exploration of Novel Alternative Feed Ingredients for Reducing Feed Cost III (Lysine Cell Mass)	316
a. Introduction	316
b. Materials and Methods	317

c. Results and Discussion	327
21) Discovery of Genetic Marker and Gene Profiling Related with Porcine Productivity by Bio-information Analysis	329
22) Study on Field Trial of Sow-Piglet-Finishing Pig Management System for Improving Swine Productivity	416
a. Introduction	416
b. Materials and Methods	416
c. Results and Discussion	418
23) Evaluation of ICT Convergence Equipments in Domestic Swine Farm and Establish the Strategy for Commercialization	424
24) Research and Development Achievement	452
4. The Accomplishment and Contribution of The Research	456
a. Accomplishment of The Research	456
b. Contribution of The Research	457
5. Planned Use of The Research	464
6. Collection of Related Foreign Science Technology about The Research	466
7. Security Rating of The Research	472
8. Status of Research Facility and Equipment Registered in National Science and Technology Information System	472
9. Implementation of Safety Measures in Laboratory Based on The Research	472
10. Representative Research Achievement of The Research	473
11. Other Detail	473
12. Reference	474

1. 연구개발과제의 개요

코드번호

D-03

1-1. 연구개발 목적

- 사료비 절감 및 생산성 향상을 위한 양돈 사양시스템 개발
- 생산비 절감 사양시스템 개발에 따른 농가의 수익성 향상
- 국내 양돈농가의 생산성 향상에 따른 FTA시대의 국가 양돈 경쟁력 제고
- 지속가능한 양돈 산업의 육성

1-2. 연구개발의 필요성

- 우리나라는 이미 미국, 칠레, 싱가포르, 스위스, 노르웨이, 아이슬란드, 리히텐슈타인과 FTA를 체결했으며, 유럽과 칠레에서의 돈육 수입에 이어 한-미 FTA가 2010년 추가 협상을 거쳐 2012년 3월 15일부터 발효되었음.
- 한-미 FTA가 발효됨에 따라 냉장 삼겹살, 목살 및 갈비의 경우는 향후 10년에 걸쳐서 관세가 철폐되었으며, 이분도채 및 전, 후지 냉장육의 경우 2014년 1월1일부터 목살 및 갈비 등의 냉동육은 2016년 1월 1일부터 관세가 전면적으로 철폐될 예정임.
- 돼지고기는 FTA 발효시점과 무관하게 2014년 1월 1일부터 무조건 관세가 철폐되어 쇠고기 (15년), 닭고기 (12년)등 다른 축산물에 비해 상대적으로 가장 빠르고 큰 타격을 받을 것으로 예상되며 (농림부, 2007), 더군다나 미국산 쇠고기 수입재개로 시장에서 밀리고, 가축분뇨 처리, 사료가격 폭등, 소모성 질환 등 삼중고로 인해 국내 양돈농가에 있어서 그 어느 때보다도 극심한 피해가 확실시 되고 있음.
- 미국으로부터의 축산물 수입량은 아래 <표 1>에 제시된 바와 같이 점점 증가 추세로 관세 장벽이 사라질 경우 더욱 수입이 가속화될 것으로 예상 됨.
- 상대적으로 낮은 가격의 외국산 수입육을 구입해 본 소비자가 동일한 소비 형태를 고착화 하지 않으리란 보장이 없기 때문에 현 시점에서 가격 경쟁력을 확보하려면 기호성의 증가를 위한 국내산 돼지고기의 품질 향상과 더불어 양돈 생산성의 개선이 매우 시급한 상황임.

<표 1> 우리나라의 돈육수입현황

순위	2006 년도		2010 년도		2012 년도	
	국가	수입량 (톤)	국가	수입량 (톤)	국가	수입량 (톤)
1	미 국	60,849	미 국	50,969	미 국	111,107
2	캐 나 다	26,060	칠 레	29,861	칠 레	27,502
3	칠 레	22,346	캐 나 다	17,742	캐 나 다	22,944
4	벨 기 에	18,497	프 랑 스	13,852	네덜란드	13,967
5	네덜란드	10,746	오스트리아	13,333	오스트리아	12,011
6	덴 마 크	10,033	벨 기 에	13,278	프 랑 스	11,336
7	헝 가 리	9,636	네덜란드	13,155	폴 란 드	10,231
8	기타	52,388	기타	27,301	기타	67,057
	계	210,555	계	179,491	계	276,155

(한국육류유통수출입협회, 2012)

<표 2> 대 미국 수입동향

(단위: 백만 \$)

	2006	2007	2008	2009	2010	증감률 (10/09, %)
농산물	2,074	2,596	5,027	3,265	4,333	32.7
수산물	151	145	140	124	126	2.2
축산물	505	686	889	702	927	32.0
임산물	247	272	345	501	574	14.5

(농림수산식품부, 2011)

<표 3> 국내 양돈농가 손익현황

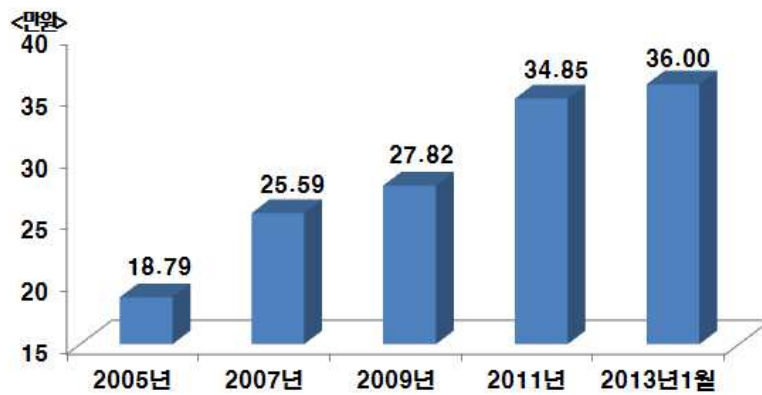
구 분	생산비 (2012년 기준)	1월~2월14일 평균 돼지가격	손익
kg당 지육가격(탕박)	4,305원	2,857원	-1,341원
두당 가격 환산 (110kg, 76% 지급률 기준)	359,898원	238,845원	-121,053원

(대한한돈협회, 2013)

- 최근 구제역 이후 수입물량 증가(277천톤, 2010년 대비 55.0% 증가)와 재입식 모돈의 증가로 인한 도축두수 증가(991만 6천 마리, 2012년 12월 기준), 그리고 경기 침체에 의한 소비부진으로 돈가가 폭락하여 수많은 양돈농가들이 빚더미에 앉거나 파산위기에 몰리게 되었음.

- 2013년 2월 기준으로, 일반적인 양돈 농가들의 돼지 한 마리 생산비는 36만원으로, 돼지 한 마리를 출하시 24만원의 판매수익이 발생하게 되면, 두당 12만원의 적자가 발생하는 상황이 발생하여 많은 양돈농가들이 피해를 입은 실정임.
- 그동안 저돈가 불황에 대한 준비에 미흡하고, 정부의 지원정책 및 가격조절정책에 의존하는 모습을 보였던 농가들이 자체적인 생산비절감에 대한 필요성을 체감하고 관련 기술 및 연구에 대한 수요가 늘어나고 있는 실정임.
- 양돈농가의 생산비 증가는 사료비용 증가가 주원인으로, 농가의 생산비 중 사료비용이 40~60%를 차지하고 있으며 국제곡물가격의 상승으로 인한 사료비 인상으로 생산비 또한 지속적으로 증가될 것으로 예상됨.
- 이러한 상황의 여파로, 농가의 돼지 한 마리당 생산비는 18만원(2005년)에서 36만원(2013년)으로 증가하였으며, 앞으로도 점차 생산비가 증가할 것으로 예상됨.

<그림 1> 양돈농가의 돼지 한 마리당 생산비 (대한한돈협회, 2012)



<표 4> 우리나라와 주요국의 양돈생산성 비교

구 분	덴마크	네덜란드	독일	미국	한국
복당 실산자수	13.8	12.6	11.5	10.4	10.6
PSY	26.4	25.8	22.4	21.2	21.1
포유자돈 폐사율	14.3%	12.8%	14.6%	12.0%	9.4%
이유자돈 폐사율	3.1%	1.9%	3.0%	3.1%	5.5%
비육돈 폐사율	4.3%	2.5%	3.8%	3.5%	4.3%
MSY	24.5	24.7	20.9	19.8	17.3

(2011 전국 양돈농가 전산성적, 2012; Dansk Swine Production, Den rullende Afprovning, rapport)

- 이러한 위기를 극복하기 위해서는 불필요한 생산비 감소와 국내 양돈농가들이 양돈 선진국 수준으로 생산성을 향상시키는 것만이 궁극적인 해결책임은 자명함.
- 국내에서는 양돈생산성 극대화를 위한 가장 기본적이면서도 중요한 사양관리가 체계 및 근거가 없는 원리에 따라 우후죽순 난립하고 있으며, 이른바 소모성 질병의 만연과 잘못된 사양관리에서 기인한 높은 자돈의 폐사율로 인해 돈육의 가격이 높은 호황기에도 흑자를 기록하는 농가는 그리 많지 않은 실정임.
- 국내 양돈농가의 가격경쟁력을 향상시키기 위한 방안은 이미 여러 해 전부터 많은 양돈업계 종사자들을 통하여 제시되어 왔고 해마다 새로운 내용이 추가되어 왔음.
- 하지만 이러한 노력에도 불구하고 국내 양돈 농가의 비육돈 두당 수익성은 특별히 개선되고 있지 않으며, 시간 변화에 따른 물가 상승률을 감안한다면 오히려 감소했다고 봐도 무방한 상황임.

<표 5> 비육돈 두당 수익성

(단위: 원)

	2006	2007	2008	2009	2010
총수입	273,642	245,604	305,253	356,515	323,377
생산비	191,221	202,903	245,711	268,234	282,987
소득	82,421	42,701	59,542	88,281	58,014

(통계청, 2011)

- 이러한 생산성 향상의 정체가 일어나는 이유는 국내의 양돈 현장에 맞지 않는 미검증된 외국의 사양관리 기술이 무분별하게 도입 및 시행되었기 때문으로, 이는 국내 양돈 산업의 양적인 성장에 비해 질적인 성장이 이루어지지 못한 주원인이기도 함.
- 현재 여러 가지 사양 기법 및 사육시스템이 무분별하게 혼동되어 사용되는 양상을 해결하기 위한 양돈 농가의 생산성을 향상시키기 위한 객관적인 검증 실험은 물론 새로운 기술개발을 위한 연구들이 요구됨.
- 또한 농장관리의 효율적인 운영, 생산비 절감, 생산성 향상을 위한 양돈장에서 과학적·자동화로 기반을 마련하기 위하여 IT융합 기술을 활용한 경쟁력을 갖추어야 함.

1-3. 연구개발 범위

1차년도

- 대체원료(야자박)의 급여 수준이 육성·비육돈의 성장 및 도체특성에 미치는 영향
- 임신돈 사료 내 대체원료(채종박)의 수준별 첨가가 임신돈의 번식성적에 미치는 영향
- 생시자돈의 거세시기가 자돈의 성장에 미치는 영향
- 사육면적 증가를 위한 반층 돈사의 활용이 자돈의 성장 및 스트레스에 미치는 영향
- 신규 대체원료 탐색 및 사료배합비 개발
- 돼지의 생산성(이유시 체중) 관련한 후성유전체(DNA methylation) 연구 기반 구축
- 돈군이동시기 조절을 통한 생산비 절감 사양시스템 개발
- 국내 양돈장 1곳을 대상으로 IT융합 돈사환경관리, 네트워크CCTV, 육돈 선별기 장비 설치, 데이터 수집 및 원격 감시를 위한 통신 인프라 구축

2차년도

- 대체원료(팜박)의 급여 수준이 육성·비육돈의 성장 및 도체특성에 미치는 영향
- 대체원료(밀)의 급여 수준이 육성·비육돈의 성장 및 도체 특성에 미치는 영향
- 사료 내 대체원료(채종박)의 첨가수준이 임신돈의 영양소 소화율에 미치는 영향
- 사료 내 영양적 조절을 통한 자돈의 설사방지기술 개발
- 자돈의 건강성 증진을 위한 적정 이유일령의 검증
- 사료비 절감을 위한 신규 대체원료 탐색 및 사료배합비 개발II
- NGS 기법을 적용한 돼지 생산성관련(이유시 체중)한 후성유전체(DNA methylation) 정보 생산과 생물정보 분석
- 이유 후 돈군이동지연이 자돈의 성장 및 건강성에 미치는 영향
- 국내 양돈장에 IT융합 장비 설치 및 표준 플랫폼 구현

3차년도

- 사료비 절감을 위한 대체원료 사료배합비의 일반농가 현장실증연구
- 자돈의 폐사율 감소를 위한 사양시스템의 일반농가 현장실증연구

- 양돈 생산성 향상을 위한 모돈-자돈-육성비육돈 연계 사양시스템의 일반농가 현장실증연구
- 사료비 절감을 위한 신규 대체원료 탐색 및 사료배합비 개발Ⅲ
- 생물정보분석을 통한 돼지 생산성 관련(이유시 체중)된 유전체 프로파일링과 마커 발굴
- 국내 양돈장에 설치된 IT융합 장비 평가 및 사업화 방안 마련

2. 국내외 기술개발 현황

코드번호

D-04

가. 국내 연구 현황

- FTA 외에도 바이오 에너지 생산, 유가폭등, 기후변화, 중국의 식량수출 억제정책 등으로 인한 국제 곡물가격의 인상 및 배합사료 가격 인상은 양축농가의 도산은 물론 사료업체의 경영수지 악화의 주요한 원인임.
- 비교적 안정적이던 국제 곡물가격이 바이오에탄올의 생산, 유가 폭등, 환율 하락, 해상 운임의 상승, 중국의 수출물량제한 정책 등에 의해 2006년 중반부터 급격하게 상승하고 있으며, 그 상승폭이 더욱 커질 것으로 전망됨.
- 미국산 옥수수 공업용도 (바이오에탄올) 사용률이 1980년 10%내외에 불과했으나 2006년에는 약 62%로 증가하고 있는 것과 같이 곡물의 대체연료 생산이라는 수요 구조 자체의 변화 때문에 과거 농산물의 풍흉에 따른 단기적이고 국지적인 가격등락 현상이 아닌 지속적이고 광범위한 곡물의 가격상승 현상이 야기되고 있음.

<표 6> 주요 원료 가격 동향

(단위 :US\$/MT)

	2008.4	2009.4	2010.4	2011.4	2012.4
옥수수	246.67	168.72	157.66	318.70	274.21
소 맥	362.23	233.47	192.82	336.12	266.32
대두박	375.32	349.57	308.05	388.22	440.62

(월드뱅크, 2012)

- 그동안 상대적인 저가의 옥수수 공급으로 사료원료 가격안정에 기여해왔던 중국의 경우도 중국에서의 곡물 원료사료에 대한 수요급증과 2006년 이후 옥수수 수출물량 제한조치로 인해 국제 원료사료 가격 상승에 큰 영향을 미치고 있음.
- 옥수수 가격의 상승은 세계 곡물시장의 특성상 사료용 소맥과 호밀, 보리, 수수 등은 물론 기타곡물 가공부산물인 소맥피, 대두박 등의 사료용 원료가격의 동반상승으로 이어지며, 설상가상으로 유제품류의 가격마저 상승하면서 사료가격의 불안정을 초래함.
- 국내 배합사료 제조비용 중 원재료비 비중이 80%를 차지하고 있고, 대부분의 원료를 수입에 의존하고 있으며, 축산물 생산비중 사료비가 40~60%를 차지하고 있는 점을 감안할 때 국제 곡물가격의 폭등은 앞으로 배합사료의 원가상승은 물론 축산물 생산비의 상승으로 계속 이어질 것임.
- 실제로, 제조업체별, 농협과 민간사료별, 축종별 배합사료 가격의 40~45%의 인상으로 양축경영에 심각한 장애요인으로 작용하고 있음 <표 7>.
- 상기된 경제적인 이유로 인해 세계 각국과 국내에서는 사료의 비용을 줄이기 위한 연구가 계속되고 있으며, 대표적으로 사료의 영양소 함량을 줄이고 영양소 이용률 향상

을 통해 극복하거나 그동안 눈여겨보지 않던 부산물류에 대한 관심이 증대됨.

<표 7> 배합사료 공장도 가격추이

(단위: 원/kg)

	'00	'05	'07	'09	'10	'11
양계용	240	263	315	560	433	501
양돈용	287	312	361	502	496	595
낙농용	229	240	325	428	409	476
고기소용	213	255	306	372	368	433

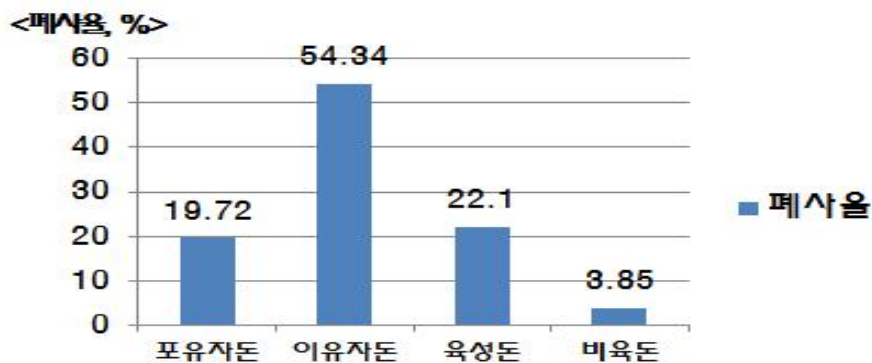
(농식품부 사료가격 통계, 2012)

- 축산업 여러 분야에 입을 수 있는 타격을 최소화시키고 국내 축산의 사료생산비를 절약시키기 위한 장기적인 대응방안의 연구가 필요한 실정이다. 우리나라에서도 이러한 문제에 대한 해결책으로 다양한 대안을 찾고 있는 상황이지만, 가장 현실적으로 받아들여지고 있는 대안은 대체원료의 개발이라 할 수 있음.
- 우리나라 양돈 사료에 가장 많이 사용되는 옥수수, 대두박 등을 대체할 수 있는 원료 사료의 탐색 및 개발은 가장 현실적인 방안이며, 특히 원료의 대부분을 수입하여 사용하는 우리나라의 경우 반드시 필요함.
- 국내의 경우, 배합사료에 사용하는 모든 원료들의 수급이 불안정하기 때문에 한 가지의 대체원료에 대한 집중적인 연구뿐만 아니라 추가적으로 다양한 원료에 대한 탐색으로 원료사료로 사용할 수 있는 원료의 범위를 확대해야함.
- 게다가 그 동안 배합사료에 사용하지 않았던 저렴한 원료들이 배합사료의 생산에 적용될 수 있도록 사료의 원료로서의 가치에 대한 명확한 평가가 기본적으로 필요함.
- 그리고 이와 더불어 고정적으로 배합사료 내에 사용하고 있던 고가의 원료들의 함량을 감소시켰을 때 경제적인 원료로 대체가 가능한지의 여부도 대체원료를 통한 사료비 절감의 목적에서 반드시 연구되어야 할 부분임.
- 최근 국내 양돈 산업의 사육형태가 규모화 · 집약화로 변화되고, 이익 창출을 위해 작은 공간에 많은 돼지를 수용하는 모습과 경제적 이익을 위해 밀폐된 무창돈사의 모습으로 변화하고 있다. 그러나 이러한 규모화는 질병 문제를 야기 시켜 양돈농가에서 소모성 질병이 만연하여 폐사율이 높아져 결국 생산성이 저하되는 등의 문제가 나타나고 있음.
- 농촌경제연구원(2006)에 따르면 돼지의 폐사율은 18.5~31.5%정도로 매년 7,000~11,000억원의 피해액을 기록하였는데, 이는 다른 축종(닭: 8%, 한·육우: 3%, 젓소: 4%)에 비해 월등히 높은 폐사율 및 피해액임.
- 전국 양돈농가 전산성적 분석 보고서(2011)에 따르면, 이유자돈시기의 폐사율이

54.34%로 가장 높은 것으로 조사되었음. 농가의 수익성은 이유 후 육성률에 달려있는데, 농가가 이유 후 육성률 95% 이상을 달성하기 위해서는 자돈의 사고율 및 폐사율을 줄이고 자돈의 건강성을 증진시키는 것은 필수적인 일임.

- 이유자돈 시기에는 면역력이 약한 시기로 소모성 질병의 노출은 곧 자돈 폐사율에 영향을 미치게 되기 때문에 이유자돈의 관리과 특히 중요함.
- 자돈기 폐사율을 감소시키기 위해서는 이유직후 이유스트레스로 인해 큰 폭으로 감소되는 자돈사료의 소화율 및 이용성을 증진시켜야 하며, 이유와 밀집사육 등의 스트레스 발생요인들을 감소시킬 수 있는 방안을 마련해야 할 것으로 사료됨.

<그림 2> 성장시기별 폐사율 (전국 양돈농가 전산성적 분석보고서, 2011)



- 자돈의 성장에 가장 큰 영향을 미치는 적절한 이유일령의 규명은 항생제 저감에 따른 건강한 이유자돈을 생산하는데 있어 필요한 요소라고 할 수 있다. 따라서 본 연구는 자돈의 이유 일령에 따른 생리적, 면역학적 능력 및 성장능력을 조사하여, 자돈의 이유 후 설사 등을 예방할 수 있는 적절한 이유일령을 규명함으로써 우리나라 현실에 가장 적합한 이유 시점을 제시할 수 있는 연구가 필요함.
- 2000년 이후 덴마크에서 성장증진을 목적으로 한 항생제 사용이 금지되면서, 자돈의 이유 후 설사발생이 급증하였다는 연구 보고가 있음 (Callesen, 2004). 마찬가지로 2011년 7월에 사료 내 항생제 첨가금지가 법적으로 고시된 우리나라에서도 자돈의 설사 문제를 해결하기 위한 대책이 시급히 요구되고 있는 실정임.
- 자돈의 설사는, 섭취하는 사료의 효율이 감소하여 소요되는 사료량 및 사료비가 증가하게 되며, 자돈의 성장정체 및 면역력 하락을 초래하여 생산성을 떨어뜨리는 주원인이 되고 있음.
- 자돈의 설사를 예방할 수 있는 기술들을 개발함으로써 자돈의 사료효율을 높이고 건강성 증진을 통한 생산성을 높일 수가 있으며, 더 나아가 자돈의 폐사율을 감소시켜 양돈농가의 수익성을 증가시킬 수가 있을 것으로 사료됨.
- 이러한 자돈의 설사를 예방하기 위하여, prebiotics 및 사료용 첨가제에 대한 연구가 활발히 진행되고 있으며, 섬유소원 및 고섬유소 함량의 원료사료를 이용하여 자돈의

수양성 설사를 방지하는 기술들도 활발히 연구되고 있음.

- 현재 우리나라는 토지면적 부족으로 한정된 사육시설에서 사육두수를 고려하지 않고 높은 사육밀도로 돼지를 사육하고 있는 실정임. 이러한 밀집사육으로 돼지의 카니발리즘 및 소모성 질병이 발생하며 성장저하 및 폐사율이 증가하게 됨.

<표 8> 돼지 성장 단계별 두당 가축시설 소요면적 (단위 : m²)

변식돈					비육돈			
웅돈	임신돈	분만돈	중부 대기돈	후보돈	자 돈 초기 (20kg 미만)	후기 (20~30kg)	육성돈 30~60kg	비육돈 60kg 이상
6.0	1.4	3.9	1.4 (스톨) 2.6 (군사)	2.3 (군사)	0.2	0.3	0.45	0.8

(가축사육시설 단위면적당 적정 가축사육기준, 농림부 고시 2004-8호)

- 많은 연구에서 사육밀도가 높아질수록 돼지의 성장정체 현상 및 개체별 체중변이가 크게 나타나며, 불량한 사육 환경에서 밀집사육으로 돼지를 사육할 경우 돈육의 품질이 저하된다는 보고가 있음.
- 사육밀도가 미치는 영향은 돼지 성장기에 따라 차이가 있었으며, 육성-비육기 보다는 자돈기에서 돼지의 사육면적에 따라 돼지의 성장률은 더 영향을 받는 것으로 보고되었음.
- 이러한 밀집사육으로 인한 피해를 막기 위해 정부에서는 성장단계별로 사육면적에 맞게 사육하도록 법적으로 사육면적을 제시하였으나 일반 농가에서는 이를 쉽게 지키고 있지 못하고 있는 실정임.
- 돼지의 성장단계에서 가장 중요한 시기인 자돈기의 성장을 극대화하기 위해서는 자돈에게 적정 사육공간을 제공하는 것은 필수적인 사안이지만, 이를 현실적으로 적용하지 못하는 일반 농가들의 현실적인 여건들을 고려한 사육시스템을 개발할 필요가 있음.
- 국내에서 시행되는 거세현황을 살펴보면, 2001년 92.6%에서 2011년 98.3%로 거세율이 지속적으로 상승하고 있으며, 대부분의 수컷 돼지들을 대상으로 거세를 시행하고 있는 실정임 (축산물품질평가원, 2012).
- 거세는 수컷에서 웅취를 제거하여 돈육의 품질 향상을 위해서 필수적으로 실시하고 있는 생시처치 방법으로 국내 대부분의 양돈농가에서 실시하고 있지만, 이에 대한 명확한 검증 실험은 수행되지 않고 기준 없이 시행되고 있음.
- 따라서 거세시점에 대한 연구를 통하여 자돈이 받는 스트레스를 최소화하고 성장을

극대화할 수 있는 사양관리 기술을 개발함으로써 농가의 생산성을 향상시킬 수 있을 것으로 사료됨.

- 돼지 게놈프로젝트가 완료 되어 전체 DNA 염기서열에 관한 보고가 되어 있고, 이에 대한 산업적 시도가 많이 이루어지는 가운데, 염기 서열이 같아도 표현형이 달라질 수 있으며, 특히 다양한 조직 및 기관의 세포는 동일한 유전자 정보를 가지고 있지만 그 기능과 형태에서 큰 차이가 있는데 이것은 각 세포유형에 특이적인 유전자 발현 양상 때문임.
- DNA methylation과 histome modification을 포함한 국내 후성유전체(epigenome) 및 후성유전학(epigenetic) 관련 연구는 1990년도 후반 이후 시작되어 최근에는 매우 빠르게 증가되고 있는 추세임.
- 축산에서 사료 급여, 스트레스, 첨가제, 사육 환경 등과 같은 환경적인 원인에 의해 후성 유전학적 변이가 나타나며, 특정 환경 변화가 일어날 경우 후성 유전학적 변이도 따라서 변화함.
- 돼지의 생산성과 관련된 복잡 형질의 분산에서 기존의 단일염기다형성(SNP)과 복제수변이 (CNV)등 유전체 수준에서 설명하지 못하는 잃어버린 유전성 (missing heritability)을 후성 유전체학은 설명할 수 있을 것으로 예상됨.
- 랜드레이스, 듀록, 버크셔 등 3개 돼지 품종의 간 조직을 이용한 연구에서 각 3,000만 개씩 모두 9,000만개의 후성 유전체를 발견 (Bang 등., 2013).
- 질병, 임신, 폐사율 같은 경제적으로 민감한 형질의 경우, 낮은 유전력을 가지고 있기 때문에 유전체 수준의 연구를 보완해야 할 필요가 있으며, 이에 대한 방안으로 후성 유전체학을 이용한 프로파일링 구축이 제시됨.
- 국내 후성유전체 및 후성유전학 관련 연구개발에 대한 정부의 투자는 2006년 19억에서 2008년 71억 원 규모로 매우 빠르게 증가하는 추세임.

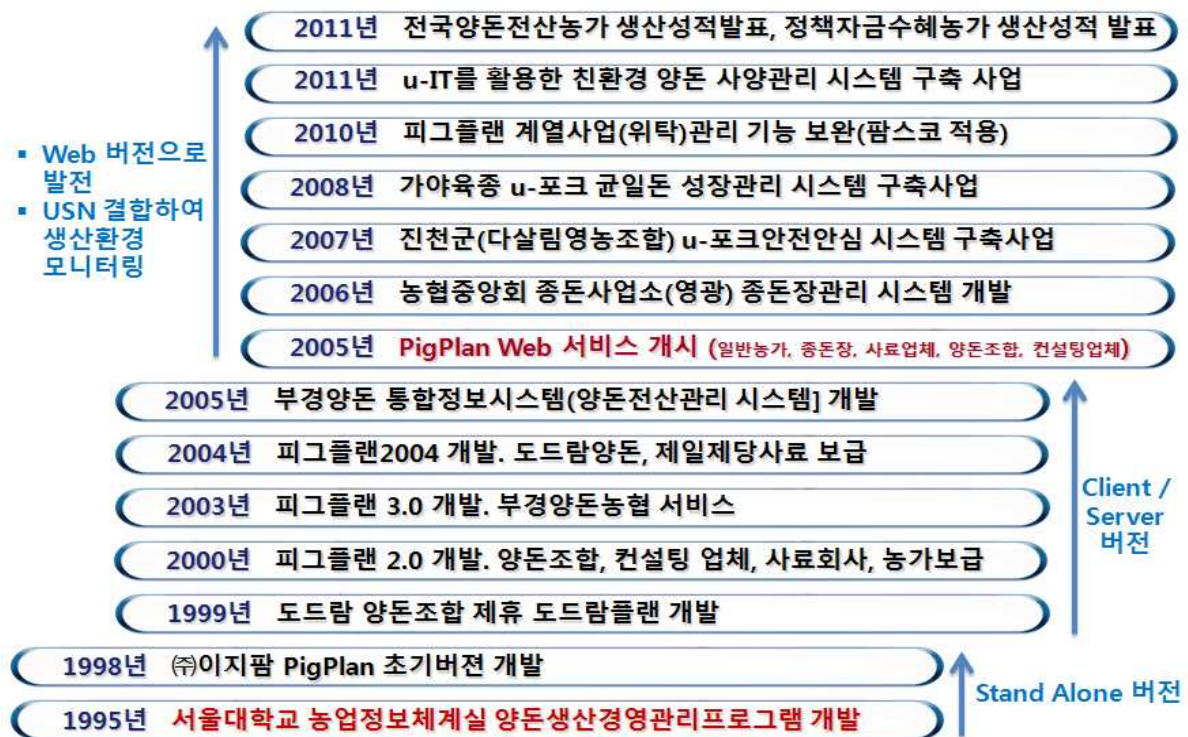
<그림 3> 후성유전학 관련 연구개발 정부 투자비 현황(2006~2008년)



(BT기술동향 보고서, 2010)

- 산업적 관점에서도 후성 유전학적 프로파일링을 이용하면 자돈에 대한 환경 적응성을 판단할 수 있고 이는 높은 성장률과 낮은 폐사율을 가진 자돈 생산의 기초 기술이 될 것임.
- 농식품 산업의 품목군 중에서 양돈분야는 정보기술(IT)이 가장 많이 발전되어 있는 산업임.

<그림 4> 피그플랜 프로그램 개발 진행 현황



- 양돈생산경영 관리프로그램의 시장을 보면, 퓨리나사료의 돈컴(100농가), 선진사료의 피그매니저(30농가), 이지팜의 피그플랜(800농가) 등이 농가에 보급된 상황 : 돈컴과 피그매니저는 사료회사로 계열 농장에 주로 보급되어 있음.
- 특히, 공동연구기관인 이지팜의 피그플랜은 전국의 모든 양돈농협과 주요 사료업체, 중돈장 등을 포괄하고 있으며, 이러한 기반을 가지고 있는 이지팜의 기술력을 가지고 IT 기반으로 한 smart farming system의 개발은 큰 시너지 효과를 낼 것으로 예상된다.
- 양돈사양에서 사용되는 여러 사양기술은 돈사 시설과 공간의 효율적 이용, 작업자의 노동 시간 단축 등을 통하여 생산비를 줄이고, 질병의 발생을 예방하기 위한 차단 방역을 실시하는 등 근본적으로 이들 사양기술은 생산성 향상을 목표로 함.
- 국내의 상업적 양돈농장에서는 질병의 차단과 공간의 집약적 이용 등을 목적으로 돼지를 일령에 따라 자돈사-육성사-비육사로 이동하여 재배치하는 3돈사 분리사육 방식

이 주로 이용되는 상황이며, 이러한 방식이 생산성 향상에 긍정적으로 작용한다는 인식이 지금까지의 일반적인 추세임.

- 그러나 최근 동물복지에 대한 관심과 함께 돈군의 이동과 개체 간의 사회적 충돌이 스트레스를 유발하여 돼지의 성장에 부정적으로 작용할 수 있다는 가능성이 지속적으로 제기되고 있는 상황임.
- 따라서 돈군 이동의 적절한 시점과 횟수는 양돈사양에서 생산성을 결정하는 중요한 요인으로 작용할 수 있으며, 양돈농가의 사양관리 시스템 측면에서도 생산비를 절감할 있는 요인으로 사료되므로, 이에 대한 검증이 필요함.
- 또한, 양돈농가의 폐사율은 이유자돈시기가 전체 폐사율 중 50% 이상을 차지하고 있는 상황에서, 이유자돈시기의 스트레스 요인들을 최소화할 수 있는 방안에 대한 사양관리 시스템의 개발이 필요함.
- 이유자돈이 받는 스트레스 요인들을 이유시점에 모두 제공하는 것이 아니라 일정기간에 걸쳐 나누어서 제공하여 자돈의 성장정체를 줄일 수 있는 사양관리 시스템의 개발이 필요함.
- 또한, 모돈으로부터 분리되는 이유스트레스와 새로운 환경에 적응하여 사회적 경쟁을 해야 하는 스트레스를 분리하여, 자돈의 성장정체 및 스트레스로 인한 부정적인 영향을 최소화 할 수 있는 사양관리 시스템의 개발이 필요함.
- 총체적으로, 지속가능한 양돈 산업의 육성 및 FTA 에 따른 농가의 경쟁력 제고를 위하여, 농가의 생산비의 큰 비중을 차지하는 사료비 절감과 농가의 생산성 향상을 위한 양돈 사양시스템에 대한 연구개발이 이루어질 경우, 외국의 축산선진국들과의 국가경쟁력에서 우위를 점할 수 있는 초석이 될 수 있을 것이라 기대됨.

나. 국외 연구 현황

- 대체원료에 대한 연구는 세계 최대 옥수수 생산국인 미국 등을 중심으로 남아메리카에서 에탄올 생산에 사용하고 남은 옥수수를 가공하여 옥수수주정박(DDGS; Dried Distillers' Grains with Solubles)을 사료 내 사용함에 따라 이에 대한 첨가 수준 및 사료효율에 관한 연구가 꾸준히 진행되고 있음.
- 유럽에서는 보리 - 밀 기반의 양돈 사료를 생산하며 밀 가격 상승으로 인한 대체원료를 찾는 상황으로 미국보다는 유럽과 호주, 나이지리아 등지에서 주로 연구되고 있음.
- EU의 경우 배합사료의 원료로 소맥과 보리를 주로 사용하는데, 우리나라와는 다르게 자국 내에서 생산되는 원료사료를 주로 사용하고 있음. 따라서 EU의 여러 나라들은 가축사료를 생산할 때 전 세계의 원료 곡물 시세에 따른 영향을 우리나라에 비해 덜 받고 높은 가격경쟁력을 유지하고 있음.
- 2012년 EU 양돈사료의 평균단가는 kg당 370원 수준으로, 국제 곡물가격의 상승으로

계속 증가하고 있는 추세이지만 우리나라의 사료비용에 비해 현저히 낮은 가격수준임.

- 유럽의 양돈선진국들은 주로 밀, 보리, 귀리 기반의 배합사료를 돼지들에게 급여하고 있으며, 사료작물을 재배하여 양돈용 사료를 자가배합하여 활용하고 있음.
- 유럽의 경우 일반적으로 밀과 보리를 기반으로 한 배합사료를 펠렛사료와 같은 가공 사료의 형태나 액상사료의 형태로 급여하여 사료효율을 높이는 방식을 적용하고 있음.
- 동남아시아에서는 열대작물인 팜 및 야자, 코코넛 등에서 기름을 추출하고 남은 박을 동물사료로 이용하는 방법에 대한 연구가 이뤄지고 있으나, 부진한 상황임.
- 외국의 축산 선진국들은 생산비절감에 부단한 노력을 하고 있으며, 우리나라와 비교해보았을 때 30% 이상 낮은 생산비를 가지고 있어, 가격경쟁력 측면에서 우위를 점하고 있는 상황임.
- 네덜란드와 덴마크의 모돈 두수는 각각 90만, 100만 마리로, 우리나라의 모돈 규모가 가장 비슷하며, 다른 양돈선진국들에 비해 사양관리기술 및 시스템의 발전방향과 현장적용성이 우리나라 상황과 가장 유사함.

<표 9> 주요국의 도체중당 생산비

도체중당 생산비 (원)	브라질	미국	덴마크	네덜란드	프랑스	영국	한국
2007년	1,598	1,804	2,428	2,513	2,545	3,011	3,440
2008년	1,909	1,963	2,927	2,875	2,988	3,133	4,000

- 덴마크의 비육돈 1두당 수익은 17,000원 수준으로, 한국의 50,000~70,000원 수준에 비해서 매우 낮은 수준임. 이러한 마진을 때문에 생산비 절감에 대한 다양한 노력 및 연구들이 이루어지고 있음.

<표 10> 주요국의 이유일령

	한국	덴마크	프랑스	미국
이유일령, 일	19.8	28.3	26.2	28.0
이유체중, kg	5.25	7.50	7.80	7.36
모돈회전율	2.10	2.34	2.41	2.38

- 반면에, 우리나라는 낮은 생산성에도 불구하고 수익이 높은 모순적인 구조를 가지고 있어 양돈농가들이 높은 생산비를 체감하지 못하고 있는 실정임.

- 2000년대 초반, 모돈으로부터의 수직감염을 방지하기 위하여 조기격리이유(SEW)를 실시하여 이유일령이 매우 단축되었으나, 이유자돈의 폐사율이 증가하고 모돈의 연산성에 부정적인 영향을 미치면서 다시 이유일령이 늘어나고 있는 추세임.
- EU에서는 동물복지의 일환으로 기본적으로 28일 내외에 이유를 의무화하고 있으며, 몇몇 나라의 경우에는 최대 40일까지 이유시기를 연장하는 방식을 적용하는 사례도 있음.
- 유럽에서는 이미 영국, 뉴질랜드, 스위스, 노르웨이 등 많은 나라들이 거세를 금지하고 있으며 2018년까지 유럽 내 거세가 금지되는 추세임.
- 네덜란드의 경우, 일부 출하돈들 중 영국 수출용으로 비거세돈을 사육하고 있으며, 호주의 경우 물리적 거세를 금지하고 100% 화학적 거세방법을 사용하고 있음.
- 생식 세포와 초기 배아에서 넓은 유전체 지역에서 히스톤의 리모델링과 DNA의 탈메틸화 과정과 같은 다발적인 후성 유전학적 변이가 전체 지놈에서 나타나는데, 이를 이용하여 생식 전략을 파악하기 위해 식물과 동물의 포유류 발생 간 유사점, 차이점을 비교 (Feng 등., 2010).
- 돼지의 Endogenous retroviruses에 대한 저항성 후성 유전체적 변이가 보고됨 (Wolf 등., 2013), 임신돈의 저단백질 사료 급여는 자돈의 글루코스-6-인간 유전자의 후성 유전학적 변이를 유도한다는 것이 보고됨 (Jia 등., 2012).
- 태반의 Imprinted 유전자의 비이상적인 발현은 돼지의 체세포 이식 후 태아 발달의 실패를 유래함을 후성 유전학적 변이를 통해 연구됨 (Wei 등., 2010). 설포라판이 돼지의 위성세포에서 근육 관련 유전자 (myostatin)의 후성 유전학적 억제를 유발하는 주요 원인으로 보고됨 (Fan 등., 2012)
- 임신돈의 저단백질 사료 급여는 HMGCR 및 CYP7a1 유전자의 후성유전학적 변이를 일으켜 향후 자돈의 간 콜레스테롤 대사에 영향을 미친다고 보고됨 (Cong 등., 2012).
- 태반의 imprinted 유전자의 비이상적인 발현은 돼지의 체세포 이식 후 태아 발달의 실패를 유래함을 후성유전학적 변이를 통해 연구됨 (Wei 등., 2010).
- 유럽양돈산업발전모델조사 보고서(농협중앙회, 2010)에 따르면, 덴마크, 네덜란드에서는 양돈 분야에서 동물복지에 취약한 임신사를 IT융합을 통한 군사 사육 방식 전환하여 사육하고, 육돈은 선별기를 통한 출하 관리하고 있음<그림 5>.
- 덴마크의 경우 농업자문서비스(DAAS) 곳에서 양돈산업분야에 필요한 장비 및 소프트웨어 개발하여 일괄 보급하고 있음.

<그림 5> IT기술을 융합한 임신사 (유럽양돈산업발전모델조사 보고서, 2010)



<분만돈 자동급이기>



<비육돈 출하 선별기>



<임신돈 군사 사육>



< 임신돈 군사급이기>

- 덴마크 양돈 사양관리는 2주간 및 3주간 그룹관리를 기본으로 하며, 주로 2-site 시스템으로 이유 후 다른 농장에서 분리사육방식을 시행하고 있음.
- 네덜란드와 덴마크의 양돈농가의 경우, 무창돈사를 기반으로 한 환기시스템과 슬러리 분뇨처리시설을 가지고 있으며, 노동집약적 사양관리방식을 적용하여 일의 효율성을 높이고 All in all out과 같은 돈군이동을 통하여 차단방역에 중점을 두고 있음.

3. 연구수행 내용 및 결과

			코드번호	D-05
<p>1차년도 연구수행 내용 및 결과(2013.08.26.~2014.08.25.)</p> <p><제1 세부과제명 : 사료비 절감을 위한 사료배합비 개발 및 자돈의 폐사를 감소를 위한 사양시스템 개발></p> <p>연구 1. 대체원료(야자박)의 급여 수준이 육성-비육돈의 성장 및 도체특성에 미치는 영향</p> <p>1. 서론 (Introduction)</p> <p>최근 몇 년 간 세계적인 유가폭등과 곡물을 이용한 바이오 연료의 생산이 증가하면서 국제 곡물가격이 폭발적으로 인상되었고, 현재도 계속해서 그 증가추세가 연장되고 있는 실정이다. 이로 인하여 가축사료용 주요 원료사료 가격이 동반 상승하는 등 이 문제를 해결해야 하는 상황에 이르렀다. 국내의 사료시장은 90% 이상의 원료사료를 외국 수입물량에 의존하고 있고 옥수수, 대두박 및 밀의 가격 상승으로 양돈 사료용 곡류 수급에 상당한 어려움을 겪으며, 사료가격을 올리기에 이르렀다. 사료가격의 상승은 고스란히 양돈 농가의 부담으로 전가될 수밖에 없으며, 이는 생산원가의 상승을 야기하여, 소비자 부담을 증가시키게 된다. 이러한 상황에서 양돈 사료에 가장 많이 사용되는 옥수수, 대두박, 밀 등의 양을 줄이고, 이를 대체할 수 있는 원료사료의 탐색 및 개발에 대한 관심이 증가되고 있다. 현재 우리나라뿐만 아니라 세계 각국에서 이러한 문제에 대한 해결책으로 다양한 대안을 찾고 있으며, 가장 현실적으로 받아들여지고 있는 해결책은 새로운 대체원료사료의 개발이다. 원료사료 중에서 현재 가장 기본적으로 사용되고 있는 옥수수나 대두박을 대체할 원료사료를 찾기 위한 실험이 세계 곳곳에서 점차 늘어나고 있는 실정이고, 벌써 많은 원료들이 대안으로 제시되었다. 하지만 아직 이러한 여러 원료 중에서 확실하게 그 대체효과를 입증 받은 경우는 없으며 단지 가능성만 꾸준히 제기되고 있다.</p> <p>배합사료를 위한 원료사료로 사용되기 위해서는 몇 가지 조건이 있다. 우선 가격적인 조건이 기존에 배합사료에 쓰이는 원료보다 좋아야 하고, 동물의 성장에 기존에 있던 원료만큼의 효과를 보여야 한다. 또한 세계적으로 원료의 생산량이 많아 꾸준한 물량을 확보하는데 어려움이 없어야 하며, 저장성 또한 우수해야 한다. 이러한 여러 가지 조건을 충족하는 대체원료로 현재 부상되고 있는 것이 바로 야자박 (copra meal)이다.</p> <p>야자박은 코코넛 열매에서 기름을 추출하고 남은 부산물로, 원료의 가격이 옥수수나 대두박에 비해 낮고 열대지방에서 다량 생산되는 부산물이라는 장점이 있어 원료사료 대체용 원</p>				

료로 부각되고 있다. Copra 박은 생산량이 많은 열대지역 국가에서 이미 양돈사료 원료로서 단백질 (Dung 등, 2002) 또는 에너지 (O'Doherty와 Mckeen, 2000) 공급원으로 사용되어 왔으며, 상대적으로 옥수수나 대두박에 비해 가격이 저렴한 편이다. 하지만, copra 박은 양돈 사료 원료로서 상대적으로 낮은 필수아미노산 소화율 (Creswell과 Brooks, 1971) 및 낮은 에너지 함량(Sauvant, 2004) 이라는 단점을 지니고 있으며, 이러한 특징은 아마도 높은 식이섬유소 함량 (건물 당 48.8%; Knudsen, 1997)과 밀접한 연관이 있을 것으로 사료된다. 이러한 copra 박 섬유소는 대부분 불용성 식이섬유소 (건물당 33.6%; Knudsen, 1997) 이며, 주요 구성형태는 mannose로 알려져 있다 (Saittagaroon 등, 1983). Copra 박에 존재하는 mannose는 β -1,4-mannose 사슬구조에 일부 α -1,6-galactose가 부착되어 있는 형태로 존재한다 (Hossain 등, 1996; Dhawan과 Kaur, 2007). 또한 이들 β -1,4-mannanase는 β -1,4-mannose 사슬에 직접적으로 작용하여, 단당류인 mannose 소량과 그보다는 많은 mannan-oligosaccharide (MOS)를 생성해 낼 수 있다고 알려져 있다 (Taramu 등, 1995; 그림 6).

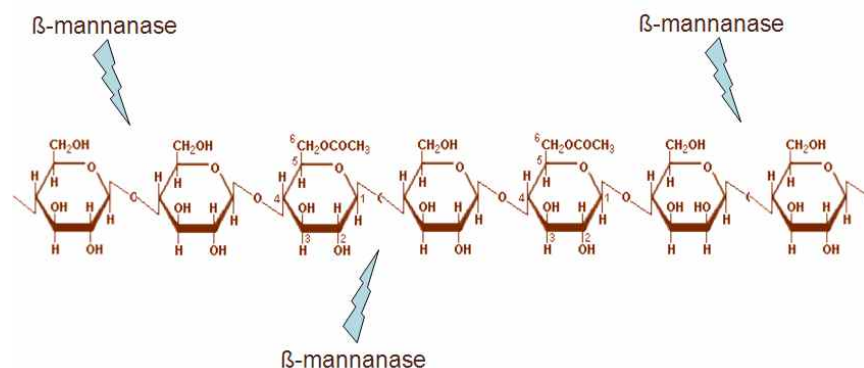


그림 6. Copra 박 내 β -1,4-mannose 사슬구조 및 β -1,4-mannanase의 작용

야자박의 비전분성 다당류는 대부분이 만난 (mannan)이며, 건물기준으로 25-30 %의 mannan을 함유하고 있다. 이는 mannan을 분해하는 효소인 mannanase의 첨가로 야자박의 이용성을 증진시키며, 단위동물 사료로 사용할 수 있는 범위를 증가시킬 수 있음을 시사한다. 이러한 배경을 바탕으로, 본 실험은 원료사료 대체 가능성을 가지고 있는 야자박을 mannanase와 함께 육성-비육돈 사료에 급여 시 사양 성적, 영양소 소화율 및 육질 분석 등을 바탕으로 적정 첨가 수준을 규명하기 위해 수행되었다.

2. 실험 방법 및 재료 (Materials and methods)

1) 실험동물 및 사양실험 (Experimental animals and feeding)

평균 체중 31.02 ± 2.04 kg 의 3원 교잡종([Yorkshire \times Landrace] \times Duroc)인 육성돈 100두를 공시하였으며, 서울대학교 농업생명과학대학교 부속실험목장에서 12주 동안 사양실험을 수행하였다. 사양실험은 총 100두의 실험돈을 5처리 5반복에 반복 당 4마리씩 성별과 체중에

따라 난괴법 (RCBD; Randomized Complete Block Design)으로 배치하였다. 실험돈들은 사료와 물의 자유 급이 (*ad libitum*)가 가능하고 온도와 배기의 조절이 용이한 돈사에서 사육되었으며, ADG (average daily gain, 일당증체량), ADFI (average daily feed intake, 일당 사료섭취량), G:F ratio (gain to feed ratio, 사료효율)등을 측정하기 위하여, 3주, 6주, 9주, 그리고 12주차에 체중과 사료 섭취량을 조사하였다.

2) 실험설계 및 실험사료 (Experimental design and feeding program)

본 실험은 β -mannanase를 첨가한 야자박의 수준별 급여의 효과를 알아보기 위하여 이에 맞게 야자박의 수준에 차이를 두어 실험 처리구를 설정하였다. 실험 처리구는 1) C5 : 5 % 야자박 + 0.1 % β -mannanase 800 IU, 2) C10 : 10 % 야자박 + 0.1 % β -mannanase 800 IU, 3) C15 : 10 % 야자박 + 0.1 % β -mannanase 800 IU, 4) C20 : 20% 야자박 + 0.1 % β -mannanase 800 IU, 5) C25 : 25 % 야자박 + 0.1 % β -mannanase 800 IU로 구성하였다. 실험사료는 옥수수, 대두박 및 밀 위주의 기초사료로 배합하였으며 4개의 성장단계로 나누어 사료를 급여하였다. 육성 전기 (0-3주), 육성 후기 (4-6주), 비육 전기 (7-9주), 비육후기 (10-12주). 영양소 함량은 NRC 사양표준 (1998)의 요구량을 충족하거나 높게 배합하였다 (3,265 kcal of ME/kg). 실험사료의 원료 및 화학적 조성은 표 11, 12, 13 및 14에 제시된 바와 같다.

3) 혈액 성상 (Blood profiles)

혈액은 실험 개시, 6주, 12주에 처리구별로 6두씩을 선발하여 목 부위에 있는 경정맥에서 채취하였으며, 채혈 후 4 °C에서 3,000 rpm으로 15분간 원심 분리하였다. 원심분리 후 혈청을 분리하여 microtube에 담아 -20 °C 냉동고에 보관하였다. Blood urea nitrogen (BUN)은 혈액분석기 (Ciba-Corning model, Ciba Corning Diagnostics Co.)를 이용하여 분석하였고, triglyceride, total cholesterol, LDL cholesterol, HDL cholesterol은 enzymatic colorimetric assay 방법으로, creatinine은 kinetic colorimetry assay 방법으로, 그리고 glucose는 enzymatic kinetic assay 방법으로 혈액분석기 (Modular analytics, PE, Roche, Germany)를 이용하여 분석하였다.

4) 돈육의 pH 및 육색 (pH and meat color)

사양실험 종료 후 각 처리구별로 비육돈 4두씩 총 24두를 선발하여 돈육 품질을 조사하기 위하여 등심근을 채취하였다. 선발된 실험돈들의 평균체중은 117.8 ± 1.06 kg 이었고, 도축 후에 미추골로부터 아래로 5개 척추사이의 등심을 채취하여, 0, 3, 6, 9, 12 그리고 24 시간에 육색의 경우 chromameter (Minolta CM-508i, Japan)을 이용하여, pH는 pH meter (Bechman Coulter Φ 500 Series, USA)를 이용하여 측정하였다.

5) 돈육 품질 (Pork quality)

(1) 보수력 (Water holding capacity)

보수력 (WHC; Water holding capacity)은 원심분리법 (Ryoichi 등, 1993)으로 측정하였다. 보수력 측정은 Laakkonen 등 (1970)의 방법에 따라 미세한 구멍이 있는 2 ml filter관의 무게를 칭량하고, 공시육을 분쇄하여 지방과 근막 (힘줄)을 제거한 후 시료를 정확히 0.5 ± 0.05 g을 원심분리관의 상부에 filter관에 넣고 무게를 잰다. Filter관을 80 °C의 Water bath에서 20분간 가열한 후 10분간 실온에서 냉각시킨다. Filter관을 원심 분리관 하부에 넣고 4°C에서 2,000 rpm, 10분 동안 원심분리 한 후 상부 filter관을 꺼내어 무게를 측정하였으며 다음 공식에 의해 보수력을 측정하였다.

$$\text{보수력} = \frac{\text{수분}(\%) - \text{유리수분}}{\text{수분}(\%)} \times 100$$

(2) 전단력 (Shear force)

채취한 샘플을 채끝 3 cm 두께의 스테이크 모양으로 근섬유방향과 직각이 되도록 근육을 절단하여 육 내부온도 70 °C까지 가열한 후 흐르는 물에 30분간 방냉하였다. 방냉한 시료에서 직경 0.5 inch 코어 (core)를 근섬유 방향에 따라 원통형으로 뚫어 시료를 채취한 후 Instron Universal Testing Machine (Model 4465, UK)를 이용하여 근섬유 방향과 직각 방향으로 절단하여 전단력을 측정하여 8회 이상 반복 측정하였다.

(3) 가열감량 (Cooking loss)

가열감량 (Cooking loss, %)은 시료를 두께 3 cm 스테이크 모양으로 절단하여 무게를 측정하고 80 °C 항온수조에서 시료의 심부온도가 70 °C도달 후 10분간 가열하여 냉각시킨 다음 무게를 측정하여 다음 공식에 의하여 계산하였다 (Honikel, 1998).

$$\text{가열감량}(\%) = \frac{\text{가열 전 시료무게}(\text{g}) - \text{가열 후 시료무게}(\text{g})}{\text{가열 전 시료 무게}(\text{g})} \times 100$$

(4) 화학 분석 및 통계 분석 (Chemical and statistical analysis)

사료의 일반성분 분석은 AOAC (1995) 방법에 따라 실시하였다. 통계분석은 SAS의 일반 선형모형 (GLM)을 이용하여 수집된 자료에 대한 유의성 검정을 실시하였다. 사양실험에서 돈방을 실험단위로 하여 최소유의차 (LSD) 다중 검정법에 의해 처리구간의 결과를 비교하였으며, $P < 0.05$ 인 경우 유의차가 있는 것으로, $P < 0.01$ 인 경우 고도의 유의차가 있는 것으로 고려하였다. 또한 linear, quadratic response를 분석하기 위해 orthogonal polynomial

contrasts를 실시하였다.

3. 연구 결과 및 고찰 (Result and discussion)

1) 사양성적 (Growth performance)

사료 내 야자박의 첨가가 육성-비육돈의 성장성적에 미치는 영향을 표 15에 나타내었다. 12주간의 사양실험 결과, 체중에서는 사료 내 야자박의 수준별 첨가에 따른 통계적인 유의차가 나타나지 않았다. 일당증체량의 경우에도 체중과 비슷하게 전 기간 동안 통계적인 유의차는 나타나지 않았으나, 비육말기 사료 내 야자박의 함량이 증가할수록 일당증체량이 감소하는 경향을 보였다 (linear, $P=0.06$). 일당 사료 섭취량에서는 비육 말기에 야자박의 첨가수준이 증가함에 따라 사료 섭취량이 감소하였다 (linear, $P<0.05$). 사료 효율에 있어서는 육성 전기에서는 사료 내 야자박의 함량이 증가할수록 사료 효율이 유의적으로 향상되는 결과를 보였으며 (linear, $P<0.01$), 비육 전기에서는 이와 반대로 사료 내 야자박의 함량이 증가할수록 사료 효율이 감소하였다 (linear, $P<0.02$).

본 실험에서 야자박 첨가 수준이 가장 높은 C25 처리구는 야자박 수준이 가장 낮은 대조구와 비교하여도 사료효율에 통계적 유의차가 나타나지 않았으며, 오히려 수치상으로 높은 사료효율을 나타내었다. 또한 성장률에 있어서도 통계적 유의차는 나타나지 않았다. 일반적으로, 야자박을 사료 내 다량 첨가할 경우 높은 비율로 함유된 mannan이 돼지의 포도당 대사 (glucose metabolism)를 방해하여 인슐린 (insulin)의 분비를 억제하거나, gastric emptying 등에 부정적인 영향을 미칠 수 있다고 알려져 있다 (Nunes와 Malmlof, 1992). 하지만 본 실험에서는 대조구와 비슷한 수준의 성장성적을 보였으며, 이는 야자박 내 함유되어 있는 mannan 분해효소인 mannanase의 함량이 야자박을 25 % 첨가한 처리구에서도 충분히 작용하여, mannan이 mannan-oligosaccharide나 mannose로 분해되어 prebiotic 및 에너지 source로 이용되었기 때문인 것으로 사료된다. 양돈 사료 내 mannanase의 첨가에 대한 연구는 꾸준히 수행되어 왔으며, 이를 이용하여 옥수수-대두박의 이용율을 증가 시키는 다양한 연구가 보고되고 있다 (Hahn 등, 1995; Petty 등, 1999, 2000; Schneider 등, 2003). 특히 Petty 등 (2002)은 옥수수-대두박 위주의 사료에서 mannanase를 첨가하였을 때 대사에너지 (metabolizable energy)의 100 kcal/kg가 높은 사료를 급여한 돼지와 비슷한 성장 성적을 나타내었다고 밝혔다. 또한 야자박에는 *Aspergillus spp.*같은 곰팡이가 서식하기 쉽다고 알려져 있지만, Thorne 등 (1990)은 그 영향이 크지 않다고 보고하였으며, 본 실험을 통해 높은 수준의 야자박 첨가는 그에 의해 예상되는 aflatoxicosis를 나타내지 않는 것을 확인할 수 있었다. 따라서 mannanase를 첨가한 야자박의 옥수수-대두박의 대체는 가능한 것으로 사료되며, 본 실험을 토대로 본 사료 내 적정수준의 첨가량은 25%인 것으로 나타났다. 하지만 야자박과 팥박에 대한 mannanase의 분해 능력에 대한 검증과 mannose 및 mannan-oligosaccharide의 생성 비율에 대한 검증이 추가적으로 필요할 것으로 사료된다.

2) 혈액성상 (Blood profiles)

사료 내 야자박의 첨가가 육성-비육돈의 혈액 성상에 미치는 영향을 표 16에 나타내었다. Glucose, total cholesterol, LDL과 HDL cholesterol, creatinine, BUN 및 total protein 항목 모두 전 구간에서 처리구들간에 통계적 유의차는 나타나지 않았다.

야자박 내 다량 함유되어 있는 대표적인 항영양인자인 mannan은 포도당 대사 (glucose metabolism)를 방해하여 insulin의 분비를 억제하는 부정적인 역할을 한다고 알려져 있다 (Leeds 등, 1980). 본 실험에서는 실험 전 구간에 걸쳐 야자박 수준 증가에 따른 혈중 glucose의 함량에 변화가 없는 것으로 미루어 볼 때, 사료 내 첨가된 mannanase가 포도당 흡수나 인슐린과 IGF-I등의 분비를 방해하는 등의 부정적인 효과가 있는 mannan을 감소시킴으로서 에너지 대사에 이용되는 포도당 흡수를 향상시킨 것으로 사료된다.

식이 섬유소는 종류와 돼지의 일령 또는 사료 급여 방법에 따라 약 7-30% 정도의 에너지 요구량이 단쇄 지방산의 흡수에 의해 공급된다 (Kass 등, 1980; Yen 등, 1991). 돼지는 대장 내 미생물에 의해 섬유소가 발효되어 단쇄 지방산이 생성되며, 대장에서 흡수된 대부분의 단쇄 지방산은 내인성 cholesterol 합성의 전구체인 acetate로 존재하여 체내 에너지 공급원으로 쓰인다고 알려져 있다 (Giusi-Perier 등, 1989). 하지만, 이와 관련되어 수행되어 온 양돈 사료 내 섬유소 증량 첨가에 따른 혈중 cholesterol 변화에 대한 선행 연구들은 일관되지 못한 결과를 나타냈다. Gargallo와 Zimmerman (1981)은 양돈 사료 내 정제된 셀룰로오스를 2, 10, 18%씩 증량 급여하면 혈중 cholesterol도 일정하게 증가한다고 보고 하였으나, Yoon 등 (2010)은 양돈 사료 내 DDGS와 β -mannanase의 첨가가 혈액 내 glucose와 cholesterol 및 중성지방에 영향을 미치지 않는다고 발표하였다.

혈중요소태질소(blood urea nitrogen)은 체내의 필수 영양소 중 하나인 아미노산의 이용에 대한 대표적인 지표로 단백질 섭취와 품질에 직접적인 연관성을 가지며 (Eggum, 1970; Hahn 등, 1995), 섭취한 질소의 체내 유지에 관여한다 (Whang과 Easter, 2000). 또한 Bergner (1977)는 혈청 내 urea 농도와 사료의 생물가 (biological value)간에 역의 상관관계가 있다고 밝힘으로써, BUN이 동물의 단백질 요구량을 결정하거나 (Hatori 등, 1994; Cai 등, 1996), 단일 아미노산의 요구량을 결정하는데 (Taylor 등, 1982; Coma 등 1995), 반응 지표로 사용되고 있다. 본 실험에서는 6주차 bun농도에서 첨가수준에 따른 linear 와 quadratic 한 경향을 나타내었지만 (linear, $P=0.06$; quadratic, $P=0.06$), 비육 말기에서는 통계적 유의차를 나타내지 않았다. 이는 사료 내 첨가된 mannanase가 mannan 구조내 β -glycosidic linkage를 분해하는 역할을 수행하여 항영양인자인 mannan을 효과적으로 분해했기 때문인 것으로 사료된다.

Creatinine은 혈중 비단백성 질소화합물의 하나로, 주로 근육의 creatine으로부터 비효소적 탈수반응에 의해 생산되는 최종대사산물로서, creatinine은 생성되어 혈중으로 유출되고 신장

에서 뇨로 배출되므로, creatinine 생성량이 신체의 총근육량을 추정할 수 있는 지표로 사용되기도 한다. Schultte (1981)은 혈중 creatinine의 농도는 총 횡문근량에 비례한다고 하였고, Baxmann (2008)은 혈액과 뇨의 creatinine 농도는 근육량과 밀접한 상관관계에 있다고 하였다. Shultte (1981)에 따르면 total plasma creatinine은 urinary creatinine와 밀접한 상관관계가 있으며, 근육량은 혈중 creatinine의 0.88배가 된다고 하였다. 본 실험에서는 야자박 처리구간에 통계적 유의차를 나타내지 않았으며, 이는 사료 내 섬유소 함량을 증가시켜도 총 사양기간 동안 처리구들 간에 생성되는 총 근육량에는 유의적인 차이가 없다는 것을 의미하며, 야자박의 첨가수준을 높여도 옥수수-대두박 위주의 사료들과 대등한 근육량을 나타내는 것으로 사료된다.

3) 돈육의 pH 변화

사료 내 야자박의 첨가가 육성-비육돈의 혈액 성상에 미치는 영향을 표 17에 나타내었다. 도축 후 시간이 경과할수록, 야자박의 함량이 가장 적은 C5 처리구와 야자박 첨가량이 가장 많은 처리구인 C25 간의 pH 변화에서는 통계적 유의차가 나타나지 않았다. 이는 곧 야자박을 25 %까지 첨가한 사료를 급여하여도 도축 후 pH에 악영향을 미치지 않는다는 것으로 저장성, 연도, 신선도 및 보수력 등의 여러 측면에서 기존의 옥수수-대두박 위주의 사료를 급여한 경우와 차이가 없다는 것을 의미한다.

돈육의 품질을 결정 짓는데 가장 중요한 요소로 작용하는 것은 도체의 사후 45분간 pH 변화이다. 이는 돈육의 신선도, 보수력, 연도, 결착력, 육색 및 조직감 등에 크게 영향을 주며, 저장성에 있어서도 매우 중요한 요인으로 작용한다. 실제로 초기 pH는 PSE (pale, soft, exudative)육의 예측치로, 최종 pH는 DFD (dark, firm, dry)의 예측치로 그 효용성이 인정되고 있다. Bole 등(1993)은 pH는 돈육의 품질과 보수성 및 연도에 밀접한 관련이 있다고 하였으며, Palansky와 Nosal (1991)은 pH가 증가하면 가열감량이 감소된다고 보고하였다. 일반적으로 도축 후에 돈육의 pH는 떨어지게 되는데 이는 바로 젖산 (lactic acid)이 생성되기 때문이다. 도축을 하게 되면 혈액의 이동이 멈추게 되고 혈액을 통해 운송되던 산소의 공급이 차단되어 근육 내 저장되어 있던 glycogen이 혐기적 해당작용에 사용되게 된다. 결국 이를 통해 젖산이 생성되어 pH가 떨어지게 되는 것이다. 이러한 이상 돈육의 원인은 크게 유전적 요인과 사양적 요인으로 나뉜다. 사양적 요인은 도축장 전, 후의 관리로 나뉘는데, 비육돈들을 출하차로 탑승 유도 시 전기봉의 사용 유무, 장시간 운송 스트레스 등의 도축 전 관리와 도축장 내 비육돈들의 기절방법, 냉장 온도에 따라서도 이상 돈육이 발생하게 된다.

4) 돈육의 육색변화

육색은 소비자가 돈육의 품질을 파악하고, 구매를 결정하는 데에 가장 중요한 요인 중 하나이다. 표 18에 mannanase를 첨가한 야자박의 수준별 급여 효과에 대한 도체의 육색 변

화 (Hunter value)에 대해서 나타내었다. Hunter L value에서는 사료 내 야자박의 증량 첨가에 따른 차이가 발생하지 않았으나, 도축 후 12시간 경과 b value에서 quadratic response가 나타났으며 (quadratic, $P<0.05$), 24시간 경과 돈육의 a와 b value에서도 quadratic response가 나타났다 (quadratic, $P<0.01$). 실험 결과를 살펴보면 CM15 처리구에서 도축 후 24시간 후의 Hunter a value가 가장 낮은 수치를 나타냈고, CM20 처리구가 가장 낮은 Hunter b value를 나타내었다. 일반적으로 Hunter a 값이 너무 낮으면 PSE육을 의심해야 하며, 너무 높으면 DFD육이 의심된다. 또한 적색도 (Hunter a value)가 감소하고 황색도 (Hunter b value)가 증가하면 돈육의 신선도에 좋지 않은 영향을 미친다고 알려져 있다. 본 실험에서는 CM15와 CM20 처리구의 경우 황색도가 낮은 수치를 나타냈지만, 적색도 또한 낮은 수치를 나타내 다른 처리구와 신선도의 차이는 없을 것으로 사료된다.

육색은 돈육의 pH와도 관계가 깊으며, 일반적으로 pH가 낮으면 drip loss의 증가로 인한 빛의 산란율이 증가하고, 육색이 창백하게 된다. 특히 육색은 돈육의 색소의 80-90%를 차지하는 미오글로빈 (myoglobin)의 양에 의해서 결정된다. 여기서 소비자들은 미오글로빈의 산화정도에 의해 선홍색을 신선육, 갈색 및 적자색을 오래되거나 부패된 것으로 판단한다. 이러한 색의 변성은 미생물의 작용, 지질산화, 온도, pH 변화 등에 의해 영향을 받으며, 식육의 품질을 결정하는 육색을 선홍색으로 유지하는 것이 매우 중요하다고 할 수 있다. 본 실험에서는 비록 도체 후 12 및 24시간 후 적색도와 황색도의 quadratic response로 인하여 야자박의 첨가가 적육과 지방간의 분포에 변화를 야기하여 육색에 변화를 일으킨다는 추측도 가능하지만, 도체 등급 결과 모두 A, B 등급을 받은 점으로 미루어 볼 때 이상 돈육의 발생은 없는 것으로 나타났다.

4. 결론 (Conclusion)

본 실험은 원료사료 대체 가능성을 가지고 있는 야자박을 mannanase와 함께 육성-비육돈 사료에 급여하여 사양 성적과 혈액 정상, 육질 분석 등을 바탕으로 적정 대체 수준을 규명하기 위해 수행되었다.

사양실험 결과, 체중과 일당증체량에서 사료 내 야자박의 수준별 첨가에 따른 통계적인 유의 차이는 나타나지 않았다. 하지만, 비육말기 사료 내 야자박의 함량이 증가할수록 일당증체량이 감소하는 경향을 보였으며 (linear, $P=0.06$), 일당 사료 섭취량에서는 비육 말기에 야자박의 첨가수준이 증가함에 따라 사료 섭취량이 감소하였다 (linear, $P<0.05$). 사료 효율에서는 육성 전기 사료 내 야자박의 함량이 증가할수록 사료 효율이 유의적으로 향상되는 결과를 보였으며 (linear, $P<0.01$), 비육 전기에서는 이와 반대로 사료 내 야자박의 함량이 증가할수록 사료 효율이 감소하였다 (linear, $P<0.02$).

혈액 성상을 분석한 결과, glucose, total cholesterol, LDL과 HDL cholesterol, creatinine, BUN 및 total protein 항목 모두 전 구간에서 처리구간 통계적 유의차가 발생하지 않았다.

하지만, HDL cholesterol의 경우 비육 말기 quadratic trend가 나타났으며 (quadratic, $P=0.08$), BUN의 경우에도 육성 후기 linear and quadratic trend (linear, $P=0.06$, quadratic, $P=0.06$)를 보였다. 돈육의 pH 변화에서는 도축 후 시간이 경과하여도 처리구 간 통계적 유의차는 발생하지 않았다. 이는 야자박을 25%까지 첨가한 사료를 급여하여도 도축 후 pH에 부정적인 영향을 미치지 않는다는 것으로 저장성, 연도, 신선도 및 보수력 등의 여러 측면에서 기존의 옥수수-대두박 위주의 사료를 급여한 경우와 차이가 없다는 것을 나타낸다. 육색의 변화에서는 Hunter L value의 경우 사료 내 야자박의 증량 첨가에 따른 차이가 발생하지 않았지만 도축 후 12시간 경과 b value에서 quadratic response가 나타났으며 (quadratic, $P<0.05$), 24시간 경과 돈육의 a와 b value에서도 quadratic response가 나타났다 (quadratic, $P<0.01$). 하지만 도체 등급에서 이상 돈육이 발생하지 않은 것을 미루어 볼 때, 육성-비육돈 사료 내 야자박을 25% 까지 첨가하여도 육색에 차이가 없는 것으로 나타났다. 결론적으로 육성비육돈 사료 내 야자박을 25%까지 첨가하여도 돼지의 성장 및 육질에는 차이가 없으며, 코프라박의 저렴한 가격으로 인한 사료비용 감소 효과가 기대된다.

표 11. 육성 전기의 실험 사료 배합비 (0-3주)

Ingredient, %	Copra meal supplementation, % ¹				
	5	10	15	20	25
Corn	54.65	53.23	51.82	50.37	48.94
Soybean meal, 45%	25.07	23.41	21.79	20.09	18.47
Wheat bran	9.88	7.96	5.99	4.17	2.23
Copra meal	5.00	10.00	15.00	20.00	25.00
Soy oil	2.76	2.76	2.76	2.76	2.76
DCP	1.17	1.09	1.02	0.90	0.90
Limestone	0.73	0.77	0.81	0.86	0.90
L-lysine·HCl	0.14	0.18	0.21	0.25	0.28
Vit. Mix ²	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10
Min. Mix ³	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10
Salt	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30
β-mannanase 800 IU	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10
Total	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00
Chemical composition⁴					
ME, kcal/kg	3,265.00	3,265.01	3,265.01	3,265.00	3,265.00
CP, %	18.00	18.00	18.00	18.00	18.00
Lysine, %	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95
Methionine, %	0.26	0.26	0.26	0.27	0.27
Ca, %	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60
Total P, %	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50

¹ C5 : 5% copra meal + 0.1% β-mannanase 800IU, C10 : 10% copra meal + 0.1% β-mannanase 800IU, C15 : 15% copra meal + 0.1% β-mannanase 800IU, C20 : 20% copra meal + 0.1% β-mannanase 800IU, C25 : 25% copra meal + 0.1% β-mannanase 800IU.

² Provided per kg of diet : Vit. A, 16,000IU; Vit. D₃, 3,200IU; Vit. E, 35IU; Vit. K₃, 5mg; Rivoftavin, 6mg; Calcium, pantothenic acid, 16mg; Niacin, 32mg; d - Biotin, 128ug; Vit. B₁₂, 20ug.

³ Provided per kg of diet: Fe, 281mg; Cu, 288mg, 143mg; Mn, 49mg; I, 0.3mg; Se, 0.3mg.

⁴ Calculated value.

표 12. 육성 후기의 실험 사료 배합비 (4-6주)

Ingredient, %	Copra meal supplementation, % ¹				
	5	10	15	20	25
Corn	58.26	56.84	55.39	53.98	52.55
Soybean meal, 45%	20.35	18.69	16.99	15.37	13.72
Wheat bran	11.21	9.29	7.47	5.50	3.58
Copra meal	5.00	10.00	15.00	20.00	25.00
Soy oil	2.74	2.74	2.74	2.74	2.74
DCP	1.11	1.02	0.92	0.81	0.77
Limestone	0.63	0.68	0.71	0.79	0.79
L-lysine·HCl	0.10	0.14	0.18	0.21	0.25
Vit. Mix ²	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10
Min. Mix ³	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10
Salt	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30
β-mannanase 800 IU	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10
Total	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00
Chemical composition⁴					
ME, kcal/kg	3,265.00	3,265.01	3,265.01	3,265.00	3,265.00
CP, %	16.30	16.30	16.30	16.30	16.30
Lysine, %	0.82	0.82	0.82	0.82	0.82
Methionine, %	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25
Ca, %	0.54	0.54	0.54	0.54	0.54
Total P, %	0.47	0.47	0.47	0.47	0.47

¹ C5 : 5% copra meal + 0.1% β-mannanase 800IU, C10 : 10% copra meal + 0.1% β-mannanase 800IU, C15 : 15% copra meal + 0.1% β-mannanase 800IU, C20 : 20% copra meal + 0.1% β-mannanase 800IU, C25 : 25% copra meal + 0.1% β-mannanase 800IU.

² Provided per kg of diet : Vit. A, 16,000IU; Vit. D₃, 3,200IU; Vit. E, 35IU; Vit. K₃, 5mg; Rivo flavin, 6mg; Calcium, pantothenic acid, 16mg; Niacin, 32mg; d - Biotin, 128ug; Vit. B₁₂, 20ug.

³ Provided per kg of diet: Fe, 281mg; Cu, 288mg, 143mg; Mn, 49mg; I, 0.3mg; Se, 0.3mg.

⁴ Calculated value.

표 13. 비육 전기의 실험 사료 배합비 (7-9주)

Ingredient, %	Copra meal supplementation, % ¹				
	5	10	15	20	25
Corn	59.93	58.50	57.06	55.67	54.24
Soybean meal, 45%	18.10	16.43	14.77	13.15	11.50
Wheat bran	11.96	10.09	8.20	6.20	4.28
Copra meal	5.00	10.00	15.00	20.00	25.00
Soy oil	2.72	2.72	2.72	2.72	2.72
DCP	1.03	0.94	0.83	0.77	0.69
Limestone	0.58	0.61	0.67	0.71	0.75
L-lysine·HCl	0.08	0.11	0.15	0.18	0.22
Vit. Mix ²	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10
Min. Mix ³	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10
Salt	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30
β-mannanase 800 IU	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10
Total	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00
Chemical composition⁴					
ME, kcal/kg	3,265.00	3,265.00	3,265.01	3,265.01	3,265.00
CP, %	15.50	15.50	15.50	15.50	15.50
Lysine, %	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75
Methionine, %	0.24	0.24	0.24	0.25	0.25
Ca, %	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50
Total P, %	0.45	0.45	0.45	0.45	0.45

¹ C5 : 5% copra meal + 0.1% β-mannanase 800IU, C10 : 10% copra meal + 0.1% β-mannanase 800IU, C15 : 15% copra meal + 0.1% β-mannanase 800IU, C20 : 20% copra meal + 0.1% β-mannanase 800IU, C25 : 25% copra meal + 0.1% β-mannanase 800IU.

² Provided per kg of diet : Vit. A, 16,000IU; Vit. D₃, 3,200IU; Vit. E, 35IU; Vit. K₃, 5mg; Rivo flavin, 6mg; Calcium, pantothenic acid, 16mg; Niacin, 32mg; d - Biotin, 128ug; Vit. B₁₂, 20ug.

³ Provided per kg of diet: Fe, 281mg; Cu, 288mg, 143mg; Mn, 49mg; I, 0.3mg; Se, 0.3mg.

⁴ Calculated value.

표 14. 비육 후기의 실험 사료 배합비 (10-12주)

Ingredient, %	Copra meal supplementation, % ¹				
	5	10	15	20	25
Corn	64.84	63.42	62.00	60.58	59.15
Soybean meal, 45%	11.65	9.99	8.33	6.67	5.02
Wheat bran	13.71	11.79	9.87	7.97	6.05
Copra meal	5.00	10.00	15.00	20.00	25.00
Soy oil	2.70	2.70	2.70	2.70	2.70
DCP	0.85	0.78	0.70	0.61	0.52
Limestone	0.59	0.62	0.66	0.70	0.75
L-lysine·HCl	0.06	0.10	0.14	0.17	0.21
Vit. Mix ²	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10
Min. Mix ³	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10
Salt	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30
β-mannanase 800 IU	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10
Total	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00
Chemical composition⁴					
ME, kcal/kg	3,265.00	3,265.02	3,265.04	3,265.01	3,265.00
CP, %	13.20	13.20	13.20	13.20	13.20
Lysine, %	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60
Methionine, %	0.22	0.22	0.22	0.23	0.23
Ca, %	0.45	0.45	0.45	0.45	0.45
Total P, %	0.40	0.40	0.40	0.40	0.40

¹ C5 : 5% copra meal + 0.1% β-mannanase 800IU, C10 : 10% copra meal + 0.1% β-mannanase 800IU, C15 : 15% copra meal + 0.1% β-mannanase 800IU, C20 : 20% copra meal + 0.1% β-mannanase 800IU, C25 : 25% copra meal + 0.1% β-mannanase 800IU.

² Provided per kg of diet : Vit. A, 16,000IU; Vit. D₃, 3,200IU; Vit. E, 35IU; Vit. K₃, 5mg; Rivoiflavin, 6mg; Calcium, pantothenic acid, 16mg; Niacin, 32mg; d - Biotin, 128ug; Vit. B₁₂, 20ug.

³ Provided per kg of diet: Fe, 281mg; Cu, 288mg, 143mg; Mn, 49mg; I, 0.3mg; Se, 0.3mg.

⁴ Calculated value.

표 15. 사료 내 야자박의 수준별 첨가가 육성-비육돈의 성장성적에 미치는 영향

Criteria	Copra meal supplementation, % ¹					SEM ²	P-value	
	5	10	15	20	25		Linear	Quadratic
Body weight, kg								
Initial	31.07	30.98	30.98	31.07	30.98	0.537	-	-
3 week	41.32	40.25	41.48	43.48	42.65	0.848	0.18	0.80
6 week	60.40	57.38	59.40	63.75	62.05	1.297	0.13	0.49
9 week	82.16	80.37	80.93	84.70	83.15	1.547	0.43	0.69
12 week	101.77	99.95	98.42	100.58	100.13	1.499	0.78	0.58
ADG, g								
0-3 week	488	441	500	591	556	25.4	0.17	0.81
4-6 week	909	816	853	965	924	27.3	0.26	0.34
7-9 week	1,036	1,095	1,025	998	1,005	22.3	0.31	0.73
10-12 week	934	933	832	756	809	31.7	0.06	0.58
0-12 week	842	821	803	828	823	13.8	0.79	0.58
ADFI, g								
0-3 week	1,557	1,464	1,415	1,596	1,406	47.0	0.63	0.93
4-6 week	2,143	2,051	2,124	2,236	2,177	66.0	0.60	0.85
7-9 week	2,969	3,024	2,894	3,078	3,291	63.9	0.11	0.21
10-12 week	3,077	3,060	2,782	2,966	2,602	70.7	0.05	0.68
0-12 week	2,437	2,400	2,303	2,469	2,369	44.3	0.84	0.73
G:F ratio								
0-3 week	0.310	0.299	0.354	0.371	0.394	0.0124	0.01	0.73
4-6 week	0.423	0.397	0.400	0.446	0.428	0.0129	0.61	0.66
7-9 week	0.350	0.361	0.355	0.324	0.307	0.0077	0.02	0.16
10-12 week	0.304	0.307	0.297	0.256	0.311	0.0098	0.60	0.38
0-12 week	0.346	0.342	0.348	0.336	0.348	0.0032	0.93	0.68

¹ C5 : 5% copra meal + 0.1% β-mannanase 800IU, C10 : 10% copra meal + 0.1% β-mannanase 800IU, C15 : 15% copra meal + 0.1% β-mannanase 800IU, C20 : 20% copra meal + 0.1% β-mannanase 800IU, C25 : 25% copra meal + 0.1% β-mannanase 800IU.

² Standard error of mean.

표 16. 사료 내 야자박의 수준별 첨가가 육성-비육돈의 혈액성상에 미치는 영향

Criteria	Copra meal supplementation, % ¹					SEM ²	P-value	
	5	10	15	20	25		Linear	Quadratic
Glucose, mg/dL								
Initial	106.17	106.17	106.17	106.17	106.17	2.414	-	-
6 week	93.17	90.67	91.17	90.00	91.83	1.178	0.72	0.53
12 week	90.17	87.67	86.83	88.00	87.67	1.305	0.65	0.60
Total cholesterol, mg/dL								
Initial	80.50	80.50	80.50	80.50	80.50	5.614	-	-
6 week	97.83	100.67	106.17	106.17	105.50	1.981	0.15	0.46
12 week	97.33	98.83	105.67	105.33	103.83	2.185	0.26	0.52
LDL-cholesterol, mg/dL								
Initial	39.83	39.83	39.83	39.83	39.83	3.525	-	-
6 week	56.33	59.83	60.50	60.50	57.17	1.368	0.83	0.26
12 week	57.33	61.00	69.83	65.67	57.83	1.612	0.73	0.37
HDL-cholesterol, mg/dL								
Initial	37.33	37.33	37.33	37.33	37.33	2.837	-	-
6 week	43.83	41.83	44.83	45.33	47.67	1.000	0.11	0.45
12 week	40.17	38.33	33.17	37.67	42.50	1.506	0.70	0.08
Creatinine, mg/dL								
Initial	0.78	0.78	0.78	0.78	0.78	0.031	-	-
6 week	1.03	0.86	1.10	0.88	1.11	0.041	0.54	0.33
12 week	1.35	1.30	1.21	1.45	1.34	0.053	0.76	0.65
Blood urea nitrogen, mg/dL								
Initial	5.73	5.73	5.73	5.73	5.73	0.776	-	-
6 week	13.07	11.20	12.67	13.10	14.00	0.321	0.06	0.06
12 week	16.85	13.93	13.12	11.73	14.53	0.548	0.48	0.14
Total protein, mg/dL								
Initial	5.73	5.73	5.73	5.73	5.73	0.049	-	-
6 week	6.22	6.55	6.98	6.25	6.17	0.174	0.76	0.20
12 week	6.42	6.30	6.93	6.55	6.15	0.078	0.76	0.11

¹ C5 : 5% copra meal + 0.1% β-mannanase 800IU, C10 : 10% copra meal + 0.1% β-mannanase 800IU, C15 : 15% copra meal + 0.1% β-mannanase 800IU, C20 : 20% copra meal + 0.1% β-mannanase 800IU, C25 : 25% copra meal + 0.1% β-mannanase 800IU.

² Standard error of mean.

표 17. 사료 내 야자박의 수준별 첨가가 도축 후 돈육의 pH 변화에 미치는 영향

Criteria	Copra meal supplementation ¹					SEM ²	P-value	
	5	10	15	20	25		Linear	Quadratic
Time after slaughter, hour								
0 hour	5.86	5.77	5.75	5.73	5.75	0.036	0.41	0.52
3 hour	5.75	5.66	5.63	5.62	5.64	0.021	0.18	0.25
6 hour	5.62	5.61	5.63	5.62	5.65	0.014	0.64	0.79
9 hour	5.62	5.63	5.66	5.64	5.66	0.013	0.48	0.75
12 hour	5.63	5.64	5.69	5.67	5.68	0.014	0.29	0.59
24 hour	5.67	5.64	5.68	5.69	5.71	0.011	0.15	0.48

¹ C5 : 5% copra meal + 0.1% β -mannanase 800IU, C10 : 10% copra meal + 0.1% β -mannanase 800IU, C15 : 15% copra meal + 0.1% β -mannanase 800IU, C20 : 20% copra meal + 0.1% β -mannanase 800IU, C25 : 25% copra meal + 0.1% β -mannanase 800IU.

² Standard error of mean.

표 18. 사료 내 야자박의 수준별 첨가가 도축 후 24시간동안의 육색 변화에 미치는 영향

Criteria	Copra meal supplementation ¹					SEM ²	P-value	
	5	10	15	20	25		Linear	Quadratic
Hunter value, L³								
0 hour	44.01	44.60	43.32	42.53	44.32	0.658	0.78	0.64
3 hour	44.59	43.33	43.88	43.28	44.85	0.734	0.93	0.47
6 hour	46.30	47.57	46.63	44.63	47.71	0.602	0.98	0.59
9 hour	47.61	47.32	47.53	46.00	48.86	0.526	0.64	0.15
12 hour	47.59	47.00	46.70	45.77	48.24	0.575	0.98	0.18
24 hour	48.37	46.69	48.17	45.97	49.30	0.727	0.70	0.14
Hunter value, a⁴								
0 hour	2.47	2.85	2.35	1.88	2.32	0.132	0.14	0.88
3 hour	3.21	2.92	2.42	2.41	2.78	0.118	0.11	0.08
6 hour	3.17	3.81	2.67	2.48	2.81	0.189	0.12	0.82
9 hour	3.52	3.35	3.04	2.91	3.69	0.153	0.93	0.15
12 hour	3.81	4.08	3.30	3.03	4.00	0.156	0.52	0.13
24 hour	4.86	4.12	3.70	3.76	4.50	0.143	0.14	0.01
Hunter value, b⁵								
0 hour	4.88	4.79	4.68	4.27	4.54	0.130	0.22	0.70
3 hour	5.57	4.79	4.92	4.81	5.05	0.151	0.33	0.15
6 hour	5.68	5.69	5.36	5.01	5.50	0.156	0.35	0.48
9 hour	5.93	5.64	5.61	5.57	6.31	0.150	0.44	0.07
12 hour	6.10	5.98	5.64	5.44	6.29	0.160	0.86	0.05
24 hour	7.14	6.04	6.27	5.94	6.74	0.185	0.35	0.01

¹ C5 : 5% copra meal + 0.1% β -mannanase 800IU, C10 : 10% copra meal + 0.1% β -mannanase 800IU, C15 : 15% copra meal + 0.1% β -mannanase 800IU, C20 : 20% copra meal + 0.1% β -mannanase 800IU, C25 : 25% copra meal + 0.1% β -mannanase 800IU.

² Standard error of mean.

³ L - luminance or brightness (vary from black to white).

⁴ a - red·green component (+a=red, -a=green).

⁵ b - yellow·blue component (+b=yellow, -b=blue).

연구 2. 임신돈 사료 내 대체원료의 적정 첨가수준 검증 및 사료 배합비 개발

1. 서론 (Introduction)

우리나라는 가축용 배합사료 생산을 위한 사료 원료의 90 % 이상을 수입에 의존하고 있어 국제 곡물가격 상승에 민감하게 반응 하는데, 특히 양돈 배합사료에 주로 이용되는 단백질 원료인 대두박의 경우 불안정한 국제 곡물 가격으로 인해 가격변화를 예측하기가 어려워지고 있다. 이를 억제할 수 있는 방안 중 하나로 대체 원료의 사용이라 할 수 있다. 채종박의 경우 채종을 착유하고 남은 부산물로 33-40 %의 단백질을 함유하고 있어 대두박과 비교하여 가격대비 비용효율이 높은 단백질 원료이다 (Bell, 1984; Quiniou 등, 2012; Rodrigues 등, 2014). 또한 대두박과 비교하여 채종박은 우수한 아미노산 조성을 보이는데 라이신 (5.5% vs. 6.2%)의 함량은 다소 낮지만 메치오닌 (2.1% vs. 1.4%)의 함량은 매우 우수하여 대두박과 함께 양돈 사료에 이용할 경우 서로 부족한 아미노산 조성을 상호 보완하여 아미노산의 불균형을 막아 상보 작용을 기대 할 수 있다 (NRC, 2012). 이 뿐만 아니라 채종박은 대두박에 비해 높은 섬유소 (14.1% vs. 3.9%)를 함유하고 있어 임신기 모돈의 공복감으로 인한 스트레스 감소 및 변비 예방에 효과적이며, 위 용적의 증가로 포유기 사료섭취량의 극대화를 기대할 수 있다 (Bell, 1984).

하지만 채종박의 경우, 항영양인자인 glucosinolates 및 erucic acid를 포함하고 있어 동물 사료로 채종박을 이용할 경우 그 사용량을 제한하고 있다 (Tripathi와 Mishra, 2007). Halkier와 Gershenzon (2006)에 의하면 glucosinolates의 독성은 glucosinolates 자체에 기인하는 것이 아니고 종실이 파괴 되면서 myrosinase가 방출되어 가수분해 되면서 유독물질을 생성하게 된다. Glucosinolates 가수분해 물질은 사료섭취량을 감소시키고, 갑상선에서 iodine의 이용성을 방해하여 iodine의 흡수를 억제하며, 갑상선 호르몬의 합성을 방해 하는 것으로 알려져 있다 (Mawson 등, 1994a). 또한 높은 수준의 glucosinolates는 번식성적에도 부정적인 영향을 미치는데 성성숙을 지연시키고, 배아의 성장률을 감소시키며, 낮은 수태율 및 태아의 발달에 부정적인 영향을 미친다고 알려져 있다 (Mawson 등, 1994b; Quiniou 등, 2012). Erucic acid의 경우 미토콘드리아의 β -oxidation 장애를 통해 지방산 산화에 부정적인 영향을 미치게 되는데, 일반적으로 erucic acid를 많이 급여하게 되면 지방을 분해해서 밖으로 내보내는 일이 느려지게 되고 간세포에 지방이 과잉 축적 되면서 lipidosis를 유발 하게 된다. 하지만 erucic acid는 기름을 짤 때 대부분 제거가 되며 채종박에는 약 20 mg/g 정도 함유하고 있는 것으로 알려져 있다 (Food standards Australia New Zealand, 2003). 결론적으로 채종박은 우수한 단백질 원료이자 지속적인 품종 개량을 통해 1980년대 평균 glucosinolates의 함량은 210 $\mu\text{mol/g}$ 이었으나 2010년 현재 이보다 3배 정도 낮은 70 $\mu\text{mol/g}$ 의

glucosinolaes를 함유 하고 있음에도 불구하고 (Tripathi와 Mishra, 2007), 국내에서는 채종박의 급여 수준을 최대 3 %이내로 제한을 두고 있어 임신모돈 사료에 채종박의 적정 급여 수준을 규명 하는 것이 시급한 상황이다. 따라서 본 실험은 이러한 배경을 바탕으로 임신모돈 사료 내 채종박의 급여 수준이 번식성적, 혈액성상 및 유성분 조성에 미치는 영향을 규명하기 위해 수행되었다.

2. 실험 방법 및 재료 (Materials and methods)

1) 실험동물 및 실험환경 (Experimental animal and housing)

평균 체중 193.0 kg의 2원 교잡종 (Yorkshire × Landrace, Darby, Korea; 평균 산차 = 3.82) 경산돈 55두를 공시하였으며, 체중, 등지방 두께 및 산차를 고려하여 5처리 11반복 및 반복 당 1두씩 완전임의 배치법 (CRD; completely randomized design)에 따라 배치하여 실험을 실시하였다. 발정이 감지된 모돈은 발정개시 시점을 기준으로 12시간 후에 1차 인공수정을 하고 다시 12시간이 경과한 뒤에 2차 인공수정 (Darby AI center, Choongju, Korea)을 실시하였다. 임신돈은 110일령에 온도 조절이 용이한 분만사로 이동하였으며, 2.5 × 1.8 m²의 사료와 물의 자유섭취 (*ad libitum*)가 가능한 분만틀 내에서 실험기간동안 사육되었다. 포유자돈을 대상으로 출생 후 24시간 이내에 견치, 단미, 철분주사, 이각 및 양자 전출입을 실시하였으며, 거세는 3일령에, 이유는 3주간의 포유기실험이 종료된 후 24±2일령에 수행하였다. 이유한 모돈은 교배사로 이동시켜 강정사양 및 1일 2회 옹돈 접촉을 통해 발정을 유도하였다.

2) 실험 사료 (Experimental diet)

실험 기간은 임신기 및 포유기로 분류하였고, 임신기에는 처리구별로 채종박 함량이 다른 임신돈 사료를 급여하였으며, 포유기에는 채종박을 급여하지 않은 일반 포유돈 사료를 급여하였다. 처리구는 사료 내 채종박 (RSM: rapeseed meal)의 급여 수준에 따라 1) RSM 0 (채종박 함량 0%), 2) RSM 3 (채종박 함량 3%), 3) RSM 6 (채종박 함량 6%), 4) RSM 9 (채종박 함량 9%) 및 5) RSM 12 (채종박 함량 12%)로 구분하였다. 모든 실험사료의 영양소 함량은 NRC 사양표준 (1998)을 기준으로 설계되었으며, 실험 사료에 사용된 채종박의 화학적 조성 및 항영양인자 함량은 표 19에 나타내었고, 임신돈 사료의 에너지 함량은 3,265 kcal ME/kg, 조단백질 함량은 12.90%, 라이신 함량은 0.74% 였으며 포유돈 사료의 에너지 함량은 3,265 kcal ME/kg, 조단백질 함량은 16.80 %, 라이신 함량은 1.09 %로 임신기 및 포유기 실험사료의 원료 및 화학적 조성은 표 20에 나타내었다.

3) 사양 실험 및 혈액 채취 (Housing and blood sampling)

본 실험에서 온도와 환기량은 환기팬과 자동제어장치에 의하여 자동으로 조절되었으며,

전체 실험기간 동안 물은 자유채식하게 하였다. 사료는 각 처리구에 맞게 오전과 오후 (8:00 및 16:00)로 나누어 일일 2회 급여하였으며 급여량은 1.2 kg/회 (2.4 kg/일)로 110일령까지 동일량을 급여하였다. 임신진단은 종부 후 21일령 전후에 재발정 확인을 하고 35일령에 초음파 임신진단기를 이용하여 최종적으로 임신을 확인하였다. 임신 110 일령에는 임신 모돈을 분만사로 옮겨 분만을 준비하였다. 체중 및 등지방 두께 (P₂) 측정은 교배 직후, 교배 110일령, 분만 후 24시간 이내 및 포유 21일령에 시행되었으며 각 실험일령에 경정맥에서 혈액을 채취하였으며 자돈의 경우 대정맥에서 혈액을 채취한 후 1,700 g, 4 °C에서 15분간 원심 분리하였다 (Eppendorf centrifuge 5810R, Hamburg, Germany). 원심 분리 후 혈청을 분리하여 분석 전까지 냉동보관 (-20 °C)하였다.

4) 분석 방법 (Analysis)

(1) 일반성분분석 (Proximate analysis)

채종박 및 사료 내 조단백 (976.05; AOAC, 1990), 조지방 (920.39; AOAC, 1990) 및 조회분 함량 (942.05; AOAC, 1990)을 분석하였으며, 모돈의 모유특성을 조사하기 위해 분만 후 24시간 이내 (초유) 및 21일령에 혈관에 옥시토신 0.5 ml를 주사하여 젖 분비를 촉진한 후 돈유 샘플을 채취하였다. 채취한 돈유는 보관용기 (Conical tube, 50 ml)에 담아 분석 시까지 -20 °C의 냉동고에 보관하였다가 유성분분석기 (MilkoScan FT20, FOSS Electric Co., Denmark)로 카세인 (casein), 유지방 (fat), 유단백질 (protein), 락토오스 (lactose), 총고형분 (total solid) 및 무지유고형분 (Solids not fat: SNF)의 함량을 측정하였다.

(2) 아미노산 분석 (Amino acid analysis)

채종박 및 사료 내 아미노산 분석은 Moore(1963) 방법을 응용하여 시료 500mg을 ampule에 넣고 6N HCl 15 ml를 가한 다음 N₂ 가스로 치환하여 신속하게 밀봉하였다. 이를 110°C 오븐에서 24시간 가수분해 시킨 뒤 방랭 하여 탈이온수를 이용하여 50 mL 플라스크에서 0.2 µm membrane filter로 여과하여 AccQ-Tag (Waters, Milford, MA, USA) 방법으로 유도체화 시킨 다음 유리아미노산을 분석하였다. 이때 칼럼은 NOVA-Pak C₁₈ (4µm) column (Waters, MA, USA), 주입량은 10µL, 칼럼 온도는 37 °C, 검출기는 fluorescence (Ex. 250nm, Em. 395nm), 이동상은 0.14 M sodium acetate (A), 60% acetonitrile (B)를 gradient 방법으로 High Performance of Chromatography (HPLC, Waters 486, Milford, MA, USA)를 이용하여 분석하였다.

(3) Glucosinolates 분석 (Glucosinolates analysis)

건조된 채종박 200mg을 5ml의 70% 메탄올을 이용하여 75°C waterbath에서 10분 동안 추출하였으며 내부표준물질로는 glucotropaeolin (ChromaDex, Irvine, CA, USA)을 사용하였으며 추출 직전에 첨가하였다 (International Standards Organization, 1992). 원심분리 (1000 ×

g, 10분) 후 상층액 중 2 ml을 분석에 이용하였다. Glucosinolates는 desulfonation 상태로 추출하기 위해 이온교환수지인 DEAE sephades A-25 (St. Louis, MO, USA)를 이용하였으며, 채종박 내 glucosinolates는 HPLC (Sunnyvale, CA, USA)를 이용하여 분석하였다. Desulfo glucosinolates는 Dionex Ultimate 3000에 UV detector가 장착된 기기를 이용하여 Synergi Fusion-RP 80A (100 × 3 mm, 4µm, Phenomenex, CA, USA)를 연결하여 사용하였으며, 이동상은 de-ionized water (A), acetonitrile (B)를 이동상으로 이용하였으며 유속 1 ml/분으로 229 nm에서 분석을 진행하였다. Glucosinolates 정량은 내부표준물질인 glucotropaeolin의 area 대비 해당 glucosinolates의 area에 내부표준물질의 몰수와 시료의 질량 그리고 각 glucosinolates별 response factor를 고려하여 계산되었다.

(4) Erucic acid 분석 (Erucic acid analysis)

채종박 내 지방산 전처리는 AOAC (1990) 방법을 응용하여 실시하였으며, 시료는 105℃에서 충분히 건조한 다음 grinding하여 사용 하였다. 시료 100 mg을 teflon cap이 있는 20ml tube에 넣은 후 표준물질 250ul와 10ml의 hexane에 1시간 정도 녹였다. 그 다음 2N potassium hydroxide (11.2g in 100ml MeOH)를 100ul 첨가 한 후 상층액 1 ml을 취한 후 이온화 검출기가 장착되어 있는 7890 Agilent Gas Liquid Chromatograph (Agilent Technologies, Palo Alto, CA, USA) 및 column SP-2560 (i.d. 100 m × 0.25 mm × 0.20 µm film)을 이용하여 성분 분석을 실시하였다. 채종박 시료의 정성 분석을 위해 Sigma사의 mixture of 37 different fatty acids (FAME 37; Supelco Inc., Bellefonte, PA, USA)를 이용하여 각각의 성분을 확인 하였으며 정량 분석을 위해 표준물질 (Pentadecanoic acid; Sigma) 250 µl를 채종박 시료에 첨가하여 추출을 실시하였다.

(5) 혈액 성상 (Blood profiles)

혈청 내 triiodothyronine (T3) 및 thyroxine (T4) 농도 측정은 electrochemiluminescence immunoassay (T3 및 T4 Kits, Roche, Mannheim, Germany)로 이용 하였으며, 혈청 내 총 콜레스테롤, 저밀도지질단백질 (LDL) 콜레스테롤 및 고밀도지질단백질 (HDL) 콜레스테롤 농도 확인을 위해 enzymatic colorimetric assay (Cholesterol Kit; LDL-C plus 2 nd generation Kit; HDL-C plus 3 nd generation Kit, Roche, Mannheim, Germany)를 이용하였다. 혈청 내 glucose 및 혈중 요소태 질소 (BUN)는 kinetic UV assay (Glucose Hexokinase Kit; UREA/BUN Kit, Roche, Mannheim, Germany)를 이용하여 농도 분석을 실시하였다.

5) 통계 분석(Statistical analysis)

통계분석은 SAS (SAS Institute, 2009)의 일반선형모형 (GLM)을 이용하여 수집된 자료에 대한 유의성 검정을 실시하였으며, 사양실험에서 모든 1마리를 실험 단위로 (CRD) 하여 최소 유의차 (LSD) 다중검정법에 의해 처리간 결과를 비교하였다. P<0.05인 경우 유의차가 있

는 것으로, $P < 0.01$ 인 경우 고도의 유의차가 있는 것으로 고려하였으며, $0.05 \leq P < 0.10$ 일 경우 경향이 있는 것으로 간주하였다. 또한 linear-quadratic response를 분석하기 위해 orthogonal polynomial contrasts를 실시하였다.

3. 연구 결과 및 고찰 (Result and discussion)

1) 채종박 내 항영양인자 분석 (Anti-nutritional factors content in RSM)

본 실험에서 이용된 채종박 및 국내 주요 사료회사 8곳의 채종박 내 glucosinolates와 erucic acid의 함량을 분석하여 그 결과를 표 21에 나타내었다. 국내 채종박의 평균 glucosinolates 함량은 건물 기준 progoitrin ($0.37 \mu\text{mol/g}$), sinigrin ($11.03 \mu\text{mol/g}$) 및 gluconapin ($40.04 \mu\text{mol/g}$)을 함유하고 있었으며, 채종박 내 총 glucosinolates 함량은 $51.44 \mu\text{mol/g}$ 이었다. Erucic acid의 함량은 건물 기준 4.53 mg/g 을 함유하고 있었다. 본 실험에서 이용된 임신모돈 사료 내 채종박의 glucosinolates는 건물 기준 progoitrin ($0.38 \mu\text{mol/g}$), sinigrin ($10.28 \mu\text{mol/g}$) 및 gluconapin ($36.64 \mu\text{mol/g}$)을 함유 하고 있었으며, 채종박 내 총 glucosinolates 함량은 $47.30 \mu\text{mol/g}$ 이었다. Erucic acid의 함량은 건물 기준 5.23 mg/g 을 함유하고 있었다. Tripathi와 Mishra (2007)의 보고에 의하면 1980년대에는 채종박 내 glucosinolates의 함량이 약 $210 \mu\text{mol/g}$ 이었으나 지속적인 품종 개량을 통해 현재는 약 $70 \mu\text{mol/g}$ 의 glucosinolates 함유하고 있는 채종박이 가축 사료로 이용되고 있다. 우리나라의 경우 대부분의 채종박을 인도에서 수입하는데 Chauhan 등 (2010)에 의하면 인도산 채종박의 경우 품종에 따라 함량 차이가 매우 크며 약 $35\text{--}125 \mu\text{mol/g}$ 으로 평균 $80 \mu\text{mol/g}$ 의 glucosinolates를 함유하고 있으며, erucic acid의 경우 평균 $0.4\text{--}55.3\%$ 를 함유 하고 있었다.

2) 임신모돈의 glucosinolates와 erucic acid의 섭취량 (Intake of glucosinolates and erucic acid)

임신기 모돈의 사료 섭취량에 따른 glucosinolates와 erucic acid의 섭취량을 표 22에 나타내었다. 임신모돈 사료 내 채종박의 급여 수준은 0, 3, 6, 9 및 12%로 채종박의 급여 수준에 따라 glucosinolates 및 erucic acid의 함량을 계산하였으며, 각 각의 처리구별 glucosinolates 함량은 0, 1.41, 2.83, 4.25 및 $5.67 \mu\text{mol/g}$ 이었고 erucic acid의 경우 각각 0, 1.41, 2.83, 4.25 및 $5.67 \mu\text{mol/g}$ 를 포함 하고 있었다. 임신기 모돈의 경우 일일 사료 급여량은 2.4 kg/일 로 제한 사양을 실시하였으며, glucosinolates와 erucic acid의 섭취량은 채종박 급여 수준에 따라 증가 하였다. Quiniou 등 (2012)에 의하면 일반적으로 임신기 모돈의 경우 하루 5 mmol 이상의 glucosinolates 섭취는 번식성적에 부정적인 영향을 미치는 것으로 알려져 있는데 본 실험 결과 채종박을 1% 까지 급여하여도 일일 glucosinolates 섭취량은 2.0 mmol 을 넘지 않았다.

3) 모든의 체중 및 등지방 두께 변화 (Change of body weight and backfat thickness)

임신모돈 사료 내 채종박의 수준별 급여가 체중 및 등지방 두께에 미치는 영향을 표 23에 나타내었다. 본 실험 결과, 임신돈 사료 내 채종박의 급여 수준이 증가 하더라도 임신돈 및 포유돈의 체중 및 등지방 두께에 있어서는 처리구간 통계적으로 유의적인 차이를 보이지 않았다. 채종박 내 glucosinolates의 함량은 어린 동물 및 초산돈에게 있어 성장을 지연 시키고 사료 섭취량을 감소시킨다고 하였지만 모든의 체중 및 등지방 두께가 감소하는 원인에 대해서는 명확한 기작이 밝혀지지 않았다 (Mawson 등, 1994a). 다만 채종박 내 erucic acid, sinapine, tannin 및 glucosinolates에 의한 영향으로 추측하고 있는데 높은 수준의 erucic acid의 급여는 사료 섭취량을 감소시키며, 쓴맛 및 입안에서 톡 쏘는듯한 맛을 내는 sinapine과 tannin에 의해 사료 기호성이 저하될 뿐 아니라 glucosides에 속하는 glucosinolates의 한 종류인 progoitrin은 oxazolidine-2-thions로 가수분해되어 사료섭취량을 감소시키는 것으로 알려져 있다 (Mawson 등, 1993a; Tripathi와 Mishra, 2007). 채종박 내 항영양인자로 인해 사료 섭취량이 감소하면서 기호성이 저하되어 성장성적에도 부정적인 영향을 미치는 것으로 추측하고 있으나 임신기의 경우 제한 사양으로 기호성 저하에 따른 모든의 체중 및 등지방 두께 감소에는 영향을 미치지 않는 것으로 사료된다. 따라서 임신돈 사료에 채종박을 12 % 까지 급여 하여도 모든의 체중 및 등지방 두께에 있어 부정적인 영향을 미치지 않았다.

4) 번식성적 (Reproductive performance)

임신모돈 사료 내 채종박의 수준별 급여가 번식성적에 미치는 영향을 표 24에 나타내었다. 본 실험의 결과, 임신기 모돈 사료 내 채종박의 급여 수준이 증가 하더라도 생존 산자수, 자돈의 복당 체중 (litter weight), 자돈의 평균체중 (piglet weight) 및 포유모돈의 사료 섭취량과 재귀발정일에 있어 처리구간 유의적인 차이를 보이지 않았다. 일반적으로 임신모돈 사료 내 glucosinolates의 함량이 높은 채종박을 급여하였을 경우 번식성적에 부정적인 영향을 미치는데 성성숙을 지연 시키고, 수태율 및 태아의 발달과 배아 생존율에 있어 부정적인 영향을 미치며, 뿐만 아니라 높은 자돈 폐사율을 보이고 재귀발정일이 지연된다고 알려져 있다 (Schuld와 Bowland, 1968; Schöne 등, 1997). 이뿐만 아니라 임신돈에게 glucosinolates의 함량이 높은 채종박을 iodine과 함께 급여하지 않을 경우 iodine 부족을 야기시키게 되며 (Mawson 등, 1994a) 이는 성성숙을 지연시키고 태아의 생존 능력에 장애가 생겨 사산돈 발생이 증가하게 된다 (Schuld와 Bowland, 1968; Devilat와 Skoknic, 1971). 그러므로 임신모돈 사료에 채종박 7-8 %의 4 $\mu\text{mol/g}$ 의 glucosinolates 급여는 번식성적의 불균형을 야기시키는 것으로 보고되고 있다 (Schuld와 Bowland, 1968; Devilat와 Skoknic, 1971; Mawson 등, 1994b). 하지만 glucosinolates 급여에 따른 번식성적에 있어서는 아직까지 정확한 기작이 밝혀지지 않았지만, glucosinolates의 과다 급여는 갑상선 기능장애를 유발하여 모돈의 영양부족을 야기 시키고, 갑상선 유발물질이 태반을 통해 태아에게 전이되어 태아의 영양소 공급이 감소되어 번식성적에도 부정적인 영향을 미치는 것으로 추측하고 있다 (Mawson 등, 1994b).

그러므로 캐나다 및 유럽에서는 모든 사료 내 채종박의 급여 수준을 3 % 내외로 제한을 하고 있으며 glucosinolates 함량은 2 $\mu\text{mol/g}$ 로 제한을 하고 있는데 초산돈 및 번식 모돈의 경우는 glucosinolates에 더 민감하게 반응하기 때문에 이보다 더 낮은 함량을 권장하고 있다 (Mawson 등, 1994b; Tripathi와 Mishra, 2007). 또한 glucosides에 속하는 glucosinolates의 한 종류인 progoitrin은 사료섭취량을 감소시키는 것으로 알려져 있는데 사료 내 progoitrin 함량이 2.30-4.65 $\mu\text{mol/g}$ 인 경우 사료섭취량을 감소시키는 것으로 알려져 있다 (Mawson 등, 1993b; Food Standards Australia New Zealand, 2003; Rehna 등, 2013). 하지만 본 실험에서는 채종박 내 progoitrin 함량이 0.38 $\mu\text{mol/g}$ 로 앞서 제시한 수준보다 현저히 낮아 포유기 모돈의 사료 섭취량에 있어서는 채종박의 급여 수준이 증가하더라도 처리구간 유의적인 차이는 나타나지 않은 것으로 사료 된다. 그러므로 본 실험결과 12%의 채종박 및 5.67 $\mu\text{mol/g}$ glucosinolates를 임신모돈 사료에 급여하여도 산자수, 복당 체중, 복당증체량 및 포유모돈의 사료섭취량과 재귀발정일에 있어서는 부정적인 영향을 미치지 않았다.

5) 혈청 내 트리요오드티로닌 (T3) 및 티록신 (T4) 농도 (Concentrations of serum triiodothyronine (T3) and thyroxine (T4))

110일령 임신모돈의 혈청 내 T3 (quadratic, $P < 0.05$) 및 T4 (linear, $P < 0.01$)의 농도는 임신돈 사료 내 채종박의 급여 수준이 증가할수록 처리구간 유의적인 차이를 보였다 (표 25). 또한 채종박 12 %를 급여한 처리구에서 가장 높은 혈청 내 T3 및 T4의 농도를 보였으나 분만 직후 24시간 및 이유 21일령과 이유자돈의 경우 혈청 내 T3 및 T4의 농도는 채종박의 급여 수준이 증가하더라도 처리구간 유의적인 차이는 나타나지 않았다 (표 25 및 26). 채종박 내 높은 수준의 glucosinolates에 iodine을 함께 급여하지 않을 경우 임신모돈의 iodine 결핍을 야기시켜 갑상선의 활력을 비정상적으로 증가시키고 혈청 내 T4의 농도를 증가시키게 된다 (Mawson 등, 1994a). 본 실험 결과, 110일령 임신모돈의 혈청 내 T3 및 T4의 농도가 채종박 급여 수준에 따라 유의적인 차이를 보였는데 Schöne 등 (2001)에 의하면 혈청 내 iodine의 농도는 호르몬 회전을 변화와 조직에서의 호르몬 요구량 및 혈청 내 T3 및 T4농도와 같은 갑상선 활력에 깊이 관여하게 된다. 그러므로 혈청 내 높은 수준의 T4농도는 갑상선 활력을 높이게 되고 이는 간과 갑상선 비대를 유발하게 된다 (Tripathi와 Mishra, 2007). 따라서 본 실험 결과 임신모돈 사료 내 채종박의 12% 급여는 110일령 임신모돈의 갑상선 호르몬의 농도를 증가시켰으나 포유모돈 및 포유자돈의 경우 채종박을 12%까지 급여하여도 갑상선 호르몬 분비에는 부정적인 영향을 미치지 않았다.

6) 혈액성상 (Blood profiles)

임신모돈 사료 내 채종박의 수준별 급여가 모돈 및 자돈의 혈액성상에 미치는 영향을 표 27 및 28에 나타내었다. 혈청 내 콜레스테롤 농도의 경우, 임신 110일령 및 분만 후 24시간에 채종박 6 및 9% 처리구에서 혈청 내 HDL 콜레스테롤의 농도가 감소하다가 채종박 12%

처리구에서 HDL 콜레스테롤의 농도가 증가하는 경향성을 보였다 (quadratic, $P=0.08$, $P=0.09$; 표 27). 하지만 혈청 내 총콜레스테롤 및 LDL 콜레스테롤의 농도는 임신모돈 사료 내 채종박의 급여수준이 증가하더라도 처리구간 유의적인 차이를 보이지 않았으며, 또한 자돈의 경우 분만 후 24시간 및 이유 21일령 자돈의 혈청 내 총 콜레스테롤, LDL 콜레스테롤 및 HDL 콜레스테롤 농도에 있어서는 처리구간 유의적인 차이를 보이지 않았다. 갑상선 호르몬은 LDL 수용체의 활성을 유지하는데 필수적인 호르몬으로 콜레스테롤의 농도 변화에 관여하는 것으로 알려져 있는데 갑상선 호르몬 분비가 저하되면 간에서 LDL 콜레스테롤의 흡수를 억제시켜 혈액 내에 LDL 콜레스테롤의 농도가 높아지는 것으로 알려져 있다 (Brent, 1994). Mckinnon와 Bowland (1979)에 의하면 glucosinolates의 농도가 높은 채종박 및 glucosinolates 및 erucic acid의 함량이 낮은 캐놀라박을 이유자돈에게 급여하였을 때 대조구와 비교하여 갑상선 기능부전증 (hypothyroid) 증상이 발견되었는데, 이 경우 채종박 및 캐놀라박을 급여한 처리구에서 glucosinolates에 의한 영향으로 혈청 내 총 콜레스테롤의 농도가 증가하였다. 하지만 본 실험 결과 혈청 내 총콜레스테롤 및 LDL 콜레스테롤의 농도에 있어서는 처리구간 유의적인 차이를 보이지 않았다. 다만 HDL 콜레스테롤의 경우 채종박을 6 및 9% 급여한 처리구에서 임신 110일령 및 분만 직후 가장 낮은 HDL 콜레스테롤 농도의 보이다가 채종박 12%를 급여한 처리구에서 다시 증가하는 경향성을 보였다. 이는 본 실험에서 채종박 급여 수준에 따른 부족한 에너지 함량을 맞추기 위해 우지 (tallow)를 0.7, 1.4, 2.0, 2.6 및 3.3%를 각 처리구별로 급여하였는데 일반적으로 우지에는 약 49%의 포화지방산을 함유하고 있는데 이 포화지방산은 일반적으로 HDL 콜레스테롤의 농도를 낮추는 것으로 알려져 있다 (Kracht 등, 2004). 하지만 채종박의 경우 단일 불포화지방산인 oleic acid가 51% 이상 함유되어 있는데 이는 단일불포화지방산을 섭취하면 총콜레스테롤 농도에 영향을 주지 않고 HDL 콜레스테롤 농도를 높일 수 있기 때문에 채종박 12%를 급여한 처리구의 경우 높은 수준의 단일 불포화지방산의 영향으로 HDL 콜레스테롤의 농도가 다시 증가한 것으로 사료 된다 (Kracht 등, 2004; NRC, 2012). 혈청 내 glucose 농도의 경우 110일령 임신모돈 사료 내 채종박의 급여수준이 증가할수록 혈청 내 glucose 농도가 linear하게 감소하였지만 (linear, $P<0.05$) 분만 24시간 및 이유 21일령에는 처리구에 따른 유의적인 차이는 나타나지 않았다 (표 27). 또한 자돈의 경우 포유기간 동안 임신모돈 사료 내 채종박의 급여 수준이 증가하더라도 처리구간의 유의적인 차이는 보이지 않았다 (표 28). 채종박은 높은 수준의 단일불포화지방산인 oleic acid (51.3%) 및 다가불포화지방산 linoleic acid (26.8%)를 포함하고 있는데 (Kracht 등, 2004), Due 등 (2008)에 의하면 단일불포화지방산이 혈청 내 glucose 농도를 감소시킨다고 하였으며, 또한 김 등 (2012)에 의하면 갑상선 호르몬 분비의 불균형이 생겼을 경우 인슐린 및 글루카곤에 이상이 생겨 glycogen의 분해가 제대로 일어나지 못해 glucose 농도에 영향을 미치게 되는데 본 실험의 경우 단일 불포화 지방산 및 110일령 임신모돈의 갑상선 호르몬 분비의 불균형에 의해 110일령 임신 모돈의 혈청 내 glucose 농도가 감소한 것으로 사료 된다. 혈청 내 요소태 질소의 농도는 동물 사료의 품질과 단백질 양에

의해 결정 되는데 (Eggum, 1970), 본 실험 결과 모돈 및 자돈의 혈청 내 요소태 질소 농도는 임신돈 사료 내 채종박의 급여 수준이 증가하여도 처리구간 유의적인 차이는 나타나지 않았다. 그러므로 본 실험 결과 채종박 12 % 급여 처리구에서 110일령 임신모돈의 혈청 내 glucose의 농도는 감소하였지만 혈청 내 총 콜레스테롤, LDL 콜레스테롤 및 혈중 요소태질소의 농도에는 부정적인 영향을 미치지 않았다.

7) 돈유 조성 (Milk composition)

임신모돈 사료 내 채종박의 수준별 급여가 초유 및 상유 조성에 미치는 영향을 표 29에 나타내었다. 임신모돈 사료 내 채종박의 급여 수준이 증가하여도 초유 및 상유의 경우 처리구간 유의적인 차이는 보이지 않았으며, Mawson 등 (1994b)에 의하면 모돈 사료 내 채종박을 급여하여도 4산차의 실험기간 동안 초유 및 상유의 영양소 조성에는 유의적인 차이를 보이지 않았으며, Fisher와 Walsh (1976) 또한 채종박을 급여하여도 초유 및 상유의 유지방, 유단백질 및 무지유고형분의 영양소 함량은 처리구간 유의적인 차이를 나타내지 않았다고 보고하고 있다. 그러므로 본 실험 결과 채종박을 12 %까지 급여하여 초유 및 상유의 조성에는 부정적인 영향을 미치지 않았다.

8) 경제성 분석(Economical analysis)

임신기 채종박의 급여가 임신모돈의 경제성에 미치는 영향을 표 30에 나타내었다. 임신기 각 처리구의 사료가격은 옥수수과 대두박을 채종박으로 대체 시 감소하는 것으로 나타났으며, 임신기는 제한사양을 통해 처리구간의 섭취량은 동일하였다. 2014년 USDA의 자료에 의하면 한국은 2011년 303,000 MT, 2012년 450,000 MT 및 2013년 421,000 MT의 채종박을 인도로부터 수입 하였으며, 2012년 대비 2013년 채종박의 수입 물량은 소폭 감소하였으나 2011년 대비 2013년에는 약 38.0 %의 채종박 수입물량이 증가 하였다. 또한 채종박의 수입물량의 총 구매금액을 원화로 단위 환산을 하였을 경우 2013년 kg당 약 357원에 채종박을 수입 하였으며, 이는 kg당 약 574원인 대두박에 비해 약 217원의 가격 차이를 보였다. 그러므로 대조구 사료를 채종박으로 3 %에서 12 %까지 대체할 경우 일일 최대 9-33원/kg정도 사료비가 절약이 되며, 임신기 전 구간을 기준으로 채종박을 12% 급여하였을 때 모돈 두당 최대 3,672원을 절감할 수 있는 것으로 나타났다. 임신기의 성장성적 및 분만성적에 처리구간의 차이가 없었음을 감안하면 임신기 사료에 채종박의 급여는 경제적 측면에서 사료비를 소폭 감소시킬 것으로 사료된다.

4. 결론 (Conclusion)

채종박의 경우 높은 단백질 함량 및 우수한 아미노산 조성에도 불구하고 국내의 경우

임신돈 사료 내 채종박의 급여수준을 최대 3 % 내외로 제한을 두고 있다. 이는 지속적인 품종 개량을 통해 1980년대 평균 glucosinolaes의 함량은 210 $\mu\text{mol/g}$ 이었으나 2010년 현재 이보다 3배 정도 낮은 70 $\mu\text{mol/g}$ 의 glucosinolaes를 함유하고 (Tripathi와 Mishra, 2007)있음에도 불구하고 여전히 1980년대의 높은 수준의 glucosinolates 함량에 기준을 두어 그 사용량에 제한을 두고 있기 때문으로 채종박의 적정 급여 수준을 재 규명해야 될 필요성이 절실하다고 생각한다. 따라서 본 실험은 채종박의 적정 급여수준을 제시한다는 점에서 매우 큰 의미를 지닌다고 할 수 있다. 본 실험 결과, 임신모돈 사료 내 채종박을 12 %까지 급여하여도 임신모돈 및 포유돈의 체중 및 등지방 두께에는 처리구간 차이는 나타나지 않았으며, 포유돈의 사료 섭취량과 재귀발정일 및 복당 산자수와 자돈의 성장 성적에 있어서도 부정적인 영향을 미치지 않았다. 또한 혈청 내 총콜레스테롤 및 LDL 콜레스테롤 농도와 혈중 요소태 질소의 농도에 있어서도 채종박 급여에 수준에 따른 처리구간 유의적인 차이는 나타나지 않았으며 초유 및 상유의 조성에 있어서도 채종박 급여 수준에 따른 차이는 보이지 않았다. 다만 임신돈 사료 내 채종박의 급여 수준이 증가할수록 110일령 임신돈의 혈청 내 T3 및 T4의 농도는 증가하였고 혈청 내 glucose의 농도는 감소하였다. 결론적으로 채종박을 임신돈 사료에 12%까지 사용하여도 모돈의 번식성적에는 부정적인 영향을 미치지 않았지만 110일령 임신돈의 혈청 내 T3 및 T4의 농도 변화에 있어 채종박의 급여수준에 따른 유의적인 차이를 보였으므로 모돈의 산차와 갑상선 호르몬의 농도를 증가시키는 잠재적 요인에 대한 추가적인 실험이 필요하다고 사료된다.

표 19. 채종박의 화학적 조성 및 항영양인자 함량

Item	Rapeseed meal
Analyzed chemical composition, %	
Crude protein	33.38
Ether extract	1.52
Crude ash	9.34
Essential amino acids, % of protein	
Arg	8.82
His	3.38
Ile	3.75
Leu	4.62
Lys	6.54
Met	1.25
Phe	3.40
Thr	5.22
Val	4.13
Glucosinolates, $\mu\text{mol/g}$	
Progoitrin	0.38
Sinigrin	10.28
Gluconapin	36.64
Total glucosinolates	47.30
Erucic acid, mg/g	5.23

표 20. 임신돈 및 포유돈 실험 사료의 원료 및 화학적 조성

Item	Rapeseed meal level in gestation, % ²					Lactation
	0	3	6	9	12	
Ingredients, %						
Corn	78.68	77.35	76.00	74.66	73.35	67.51
Soybean meal, 45%	15.24	13.05	10.84	8.67	6.46	25.57
Tallow	0.74	1.37	2.01	2.64	3.26	0.00
Soy oil	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.30
Sugar molasses	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
Rapeseed meal	0.00	3.00	6.00	9.00	12.00	0.00
L-lysine · HCl	0.37	0.37	0.37	0.36	0.35	0.60
DL-methionine	0.05	0.03	0.02	0.00	0.00	0.00
Dicalcium phosphate	2.48	2.41	2.34	2.25	2.16	2.30
Limestone	0.84	0.82	0.82	0.82	0.82	0.85
Vitamin premix ³	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.20
Mineral premix ⁴	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10
Salt	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30	0.42
Choline chloride, 50%	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.15
Analyzed chemical composition, %						
Crude protein	13.36	12.73	12.48	13.08	12.56	
Ether extract	4.87	4.49	4.84	4.46	5.80	
Crude ash	4.29	3.76	3.94	3.63	4.02	
Essential amino acids, % of protein						
Arg	6.45	6.92	6.91	6.13	6.54	
His	2.76	2.74	2.41	2.85	3.28	
Ile	3.57	3.98	3.70	3.77	3.79	
Leu	8.36	7.61	7.14	7.81	8.07	
Lys	8.07	8.68	8.38	8.68	7.81	
Met	1.20	1.32	1.24	1.42	1.15	
Phe	4.25	4.43	4.16	4.34	4.10	
Thr	3.43	3.66	3.21	3.45	3.56	
Val	4.46	4.71	4.21	4.63	4.51	

¹ Daily feed provision of gestation was 2.4 kg/d and lactation feed was provided *ad libitum* to sow.

² RSM 0: basal diet, RSM 3: basal diet + 3 % RSM, RSM 6: basal diet + 6 % RSM, RSM 9: basal diet + 9 % RSM, RSM 12: basal diet + 12 % RSM.

³ Provided per kg of diet: vitamin A, 10,000 IU; vitamin D₃, 1,500 IU; vitamin E, 35 IU; vitamin K, 3 mg; vitamin B₂, 4 mg; vitamin B₆, 3 mg; vitamin B₁₂, 15 µg; pantothenic acid, 10 mg; biotin, 50 µg; niacin, 20 mg; folic acid 500 µg.

⁴ Provided per kg of diet: Fe, 75 mg; Mn, 20 mg; Zn, 30 mg; Cu, 55 mg; Se, 100 µg; Co, 250 mg; I, 250 mg.

표 21. 국내 채종박 내 glucosinolates (Gls) 및 erucic acid 함량

Criteria	Glucosinolates, $\mu\text{mole/g}$				Erucic acid, mg/g
	Progoitrin	Sinigrin	Gluconapin	Total Gls	Erucic acid
A	0.45	14.49	54.73	69.67	3.50
B	0.33	10.13	38.15	48.60	5.09
C	0.38	11.67	41.76	53.81	5.75
D	0.31	10.13	35.36	45.79	4.86
E	0.31	9.58	33.86	43.75	4.62
F	0.38	10.33	37.94	48.65	2.84
G	0.40	11.66	41.88	53.94	4.35
H	0.38	10.28	36.64	47.30	5.23
Average	0.37	11.03	40.04	51.44	4.53

표 22. 임신모돈 사료 내 채종박의 수준별 급여가 임신기 모돈의 glucosinolates (Gls) 및 erucic acid 섭취량에 미치는 영향

Criteria	Rapeseed meal level in gestation, % ¹				
	0	3	6	9	12
Gestation feed intake, kg/d	2.40	2.40	2.40	2.40	2.40
Gls intake, $\mu\text{mol/g}$, diet ²	-	1.41	2.83	4.25	5.67
Gls intake, $\mu\text{mol/g}$, day ²	-	101.52	407.52	918.00	1632.96
Erucic acid, mg/g , diet ²	-	0.16	0.31	0.47	0.63
Erucic acid intake, mg/g , day ²	-	274.40	748.80	1123.20	1497.60

¹ RSM 0: basal diet, RSM 3: basal diet + 3 % RSM, RSM 6: basal diet + 6 % RSM, RSM 9: basal diet + 9 % RSM, RSM 12: basal diet + 12 % RSM.

² Calculated values.

표 23. 임신모돈 사료 내 채종박의 수준별 급여가 체중 및 등지방 두께에 미치는 영향

Criteria	Rapeseed meal level in gestation, % ¹					SEM ²	P-value ³	
	0	3	6	9	12		Lin.	Quad.
No. of sows ⁴	10	11	10	11	10			
Body weight, kg								
At mating	193.8	194.3	192.3	191.0	195.7	5.78	0.799	0.564
110 d of gestation	246.5	252.5	241.8	246.3	246.9	4.71	0.867	0.554
Gestation gain, d 0 to 110	52.6	58.2	49.5	55.3	51.1	1.98	0.857	0.911
24 h postpartum	220.0	230.3	220.6	225.1	224.5	4.79	0.964	0.602
21 d of lactation	214.9	228.5	215.5	223.5	214.7	5.26	0.780	0.340
Lactation change, d 0 to 21	-5.1	-1.8	-5.0	-1.6	-9.8	1.49	0.413	0.235
Backfat thickness, mm								
At mating	18.9	18.8	18.7	19.1	19.6	1.98	0.624	0.703
110 d of gestation	22.7	22.7	22.5	22.2	22.6	0.57	0.962	0.833
Gestation gain, d 0 to 110	3.8	3.9	3.8	3.0	3.0	0.65	0.527	0.872
24 h postpartum	21.8	22.2	22.3	21.9	22.2	0.68	0.828	0.937
21 d of lactation	20.1	21.4	21.1	21.0	20.3	0.74	0.891	0.443
Lactation change, d 0 to 21	-1.7	-0.9	-1.3	-0.9	-1.8	0.47	0.610	0.285

¹ RSM 0: basal diet, RSM 3: basal diet + 3 % RSM, RSM 6: basal diet + 6 % RSM, RSM 9: basal diet + 9 % RSM, RSM12: basal diet + 12 % RSM.

² Standard error of mean.

³ Abbreviation: Lin. (linear) and Quad. (quadratic).

⁴ Sows were excluded from data analysis due to leg weakness in gestation (1 sow from each of RSM 0, 6, and 12).

표 24. 임신모돈 사료 내 채종박의 수준별 급여가 번식성적에 미치는 영향

Criteria	Rapeseed meal level in gestation, % ¹					SEM ²	P-value ³	
	0	3	6	9	12		Lin.	Quad.
No. of sows ⁴	10	11	10	11	9			
Litter size, no. of piglets								
Total born	12.56	12.00	10.10	11.14	10.38	0.520	0.111	0.521
Born alive	10.67	10.55	8.80	10.43	10.22	0.420	0.765	0.674
After cross-fostering	10.78	11.00	10.70	10.38	10.13	0.187	0.160	0.412
Weaning pigs, d 21	9.89	9.64	10.00	9.63	9.25	0.254	0.470	0.371
Litter weight, kg								
At birth	16.96	16.27	13.61	15.35	15.97	0.550	0.398	0.518
After cross-fostering	17.19	16.85	16.82	15.84	15.50	0.036	0.640	0.855
21 d of lactation	54.71	50.95	57.99	52.74	51.63	1.910	0.777	0.357
Weight gain, d 0 to 21, kg/d	1.79	1.62	1.96	1.76	1.72	0.089	0.879	0.405
Piglet weight (kg)								
At birth	1.59	1.54	1.55	1.47	1.56	0.041	0.555	0.891
After cross-fostering	1.60	1.53	1.57	1.53	1.53	0.351	0.115	0.649
21 d of lactation	5.53	5.29	5.80	5.48	5.58	0.126	0.757	0.800
Weight gain, d 0 to 21, kg/d	0.19	0.18	0.20	0.19	0.19	0.005	0.599	0.716
Lactation feed intake, kg/d								
	5.03	4.77	5.01	4.67	4.56	0.137	0.296	0.805
WEI, d								
	5.1	4.9	4.6	5.1	5.3	0.16	0.411	0.142

¹ RSM 0: basal diet, RSM 3: basal diet + 3 % RSM, RSM 6: basal diet + 6 % RSM, RSM 9: basal diet + 9 % RSM, RSM 12: basal diet + 12 % RSM.

² Standard error of mean.

³ Abbreviation: Lin. (linear), Quad. (quadratic) and WEI (weaning to estrus interval).

⁴ Sows were excluded from data analysis due to leg weakness in gestation or no appetite after parturition or (1 sow from each of RSM 0, and 6; 2 sows from RSM 12).

표 25. 임신모돈 사료 내 채종박의 수준별 급여가 모돈의 혈청 내 triiodothyronine (T3) 및 thyroxine (T4)에 미치는 영향

Criteria	Rapeseed meal level in gestation, % ¹					SEM ²	P-value ³	
	0	3	6	9	12		Lin.	Quad.
No. of sows	5	5	5	5	5			
Triiodothyronine, ng/ml								
110 d of gestation	0.68	0.68	0.60	0.64	0.76	0.020	0.359	0.029
24 h postpartum	1.10	0.93	0.85	0.95	1.05	0.060	0.829	0.097
21 d of lactation	0.70	0.60	0.63	0.65	0.60	0.025	0.449	0.667
Thyroxine, ng/ml								
110 d of gestation	1.72	2.10	1.96	2.38	2.62	0.097	0.004	0.709
24 h postpartum	3.13	2.40	2.43	3.00	3.18	0.212	0.653	0.216
21 d of lactation	2.28	2.20	2.45	3.03	2.23	0.135	0.479	0.357

¹ RSM 0: basal diet, RSM 3: basal diet + 3 % RSM, RSM 6: basal diet + 6 % RSM, RSM 9: basal diet + 9 % RSM, RSM12: basal diet + 12 % RSM.

² Standard error of mean.

³Abbreviation: Lin. (linear) and Quad. (quadratic).

표 26. 임신모돈 사료 내 채종박의 수준별 급여가 자돈의 혈청 내 triiodothyronine (T3) 및 thyroxine (T4)에 미치는 영향

Criteria	Rapeseed meal level in gestation, % ¹					SEM ²	P-value ³	
	0	3	6	9	12		Lin.	Quad.
No. of nursing pigs	5	5	5	5	5			
Triiodothyronine, ng/ml								
24 h postpartum	0.70	0.60	0.63	0.65	0.60	0.025	0.448	0.666
21 d of lactation	1.13	1.18	1.15	1.15	1.15	0.040	0.940	0.850
Thyroxine, ng/ml								
24 h postpartum	2.28	2.20	2.45	3.03	2.23	0.135	0.478	0.365
21 d of lactation	4.53	5.00	5.00	5.03	5.23	0.180	0.390	0.786

¹ RSM 0: basal diet, RSM 3: basal diet + 3 % RSM, RSM 6: basal diet + 6 % RSM, RSM 9: basal diet + 9 % RSM, RSM12: basal diet + 12 % RSM.

² Standard error of mean.

³Abbreviation: Lin. (linear) and Quad. (quadratic).

표 27. 임신모돈 사료 내 채종박의 수준별 급여가 모돈의 혈액성상에 미치는 영향

Criteria	Rapeseed meal level in gestation, % ¹					SEM ²	P-value ³	
	0	3	6	9	12		Lin.	Quad.
No. of sows	5	5	5	5	5			
Total cholesterol, mg/dL								
110 d of geatation	53.40	46.20	49.40	52.20	56.60	1.53	0.244	0.311
24 h postpartum	52.75	38.50	43.25	33.50	44.50	3.04	0.338	0.183
21 d of lactation	78.50	64.75	76.50	80.00	74.00	2.56	0.744	0.749
Serum LDL cholesterol, mg/dL								
110 d of geatation	27.60	21.8	25.20	26.80	27.20	1.04	0.459	0.125
24 h postpartum	33.00	21.25	26.75	19.75	27.50	2.45	0.492	0.228
21 d of lactation	44.25	37.00	47.75	45.00	43.25	1.64	0.617	0.860
Serum HDL cholesterol, mg/dL								
110 d of geatation	21.00	18.80	18.00	18.80	21.00	0.62	1.000	0.077
24 h postpartum	18.50	13.50	14.50	11.75	16.25	1.03	0.381	0.085
21 d of lactation	30.25	27.00	29.25	36.00	30.50	1.34	0.336	1.000
Serum glucose, mg/dL								
110 d of geatation	79.80	83.20	78.60	76.40	72.80	1.35	0.020	0.264
24 h postpartum	80.75	85.50	83.75	91.75	94.00	3.26	0.202	0.871
21 d of lactation	77.25	85.00	81.25	82.75	79.25	1.96	0.914	0.377
Blood urea nitrogen, g/dL								
110 d of geatation	9.58	10.22	9.48	9.26	8.86	0.29	0.297	0.562
24 h postpartum	11.18	11.70	9.83	12.88	9.15	0.72	0.479	0.457
21 d of lactation	12.05	14.40	14.38	15.15	14.43	0.49	0.134	0.211

¹ RSM 0: basal diet, RSM 3: basal diet + 3 % RSM, RSM 6: basal diet + 6 % RSM, RSM 9: basal diet + 9 % RSM, RSM12: basal diet + 12 % RSM.

²Standard error of mean.

³Abbreviation: Lin. (linear) and Quad. (quadratic).

표 28. 임신모돈 사료 내 채종박의 수준별 급여가 자돈의 혈액성상에 미치는 영향

Criteria	Rapeseed meal level in gestation, % ¹					SEM ²	p-value ³	
	0	3	6	9	12		Lin.	Quad.
No. of nursing pigs	5	5	5	5	5			
Total cholesterol, mg/dL								
24 h postpartum	78.50	64.75	76.50	80.00	79.25	2.562	0.744	0.749
21 d of lactation	153.50	131.50	171.50	191.00	130.75	7.820	0.782	0.123
Serum LDL cholesterol, mg/dL								
24 h postpartum	44.25	37.00	47.75	45.00	43.25	1.639	0.616	0.859
21 d of lactation	87.75	64.50	108.25	112.75	70.75	6.338	0.715	0.114
Serum HDL cholesterol, mg/dL								
24 h postpartum	30.25	27.00	29.25	36.00	30.50	1.336	0.336	1.000
21 d of lactation	69.75	67.50	74.50	86.25	65.75	3.097	0.630	0.241
Serum glucose, mg/dL								
24 h postpartum	77.25	85.00	81.25	82.75	79.25	1.962	0.914	0.377
21 d of lactation	134.75	113.00	123.00	124.25	123.00	2.899	0.526	0.172
Blood urea nitrogen, mg/dL								
24 h postpartum	12.05	14.40	14.38	15.15	14.43	1.486	0.134	0.211
21 d of lactation	9.28	9.95	6.03	6.80	7.13	0.733	0.188	0.538

¹ RSM 0: basal diet, RSM 3: basal diet + 3 % RSM, RSM 6: basal diet + 6 % RSM, RSM 9: basal diet + 9 % RSM, RSM12: basal diet + 12 % RSM.

²Standard error of mean.

³Abbreviation: Lin. (linear) and Quad. (quadratic).

표 29. 임신모돈 사료 내 채종박의 수준별 급여가 모유의 영양소 함량에 미치는 영향¹

Criteria	Rapeseed meal level in gestation, % ²					SEM ³	p-value ⁴	
	0	3	6	9	12		Lin.	Quad.
Colostrum at 24 h postpartum, %								
Casein	8.41	6.18	7.50	6.29	6.53	0.403	0.216	0.469
Fat	7.38	9.24	7.91	6.53	6.21	0.467	0.340	0.484
Protein	11.09	7.96	9.78	8.19	8.54	0.562	0.238	0.441
Lactose	3.75	4.27	4.06	4.20	4.17	0.096	0.298	0.316
Total solid	25.32	23.94	22.72	21.25	21.30	0.659	0.185	0.738
Solid not fat	15.21	12.49	14.21	12.79	13.12	0.483	0.261	0.462
Milk at 21 d of lactation, %								
Casein	4.68	4.34	4.48	4.55	4.42	0.048	0.365	0.382
Fat	7.23	7.38	7.24	7.65	6.71	0.177	0.569	0.381
Protein	5.43	4.94	5.14	5.11	5.00	0.066	0.155	0.339
Lactose	5.79	6.02	5.89	6.06	5.98	0.036	0.117	0.362
Total solid	20.04	19.78	19.83	20.17	18.98	0.211	0.289	0.484
Solid-not-fat	11.30	10.93	11.05	11.10	11.06	0.055	0.404	0.215

¹ Colostrum and milk samples were collected from 5 sows in each treatment.

² RSM 0: basal diet, RSM 3: basal diet + 3 % RSM, RSM 6: basal diet + 6 % RSM, RSM 9: basal diet + 9 % RSM, RSM12: basal diet + 12 % RSM.

³ Standard error of mean.

⁴ Abbreviation: Lin. (linear) and Quad. (quadratic).

표 30. 임신모돈 사료 내 채종박의 수준별 급여가 경제성에 미치는 영향

Criteria	Rapeseed meal level in gestation, %				
	0	3	6	9	12
Feed cost, won/kg					
Feed cost	426.2	422.6	419.4	415.6	412.4
Feed intake during gestation, kg/sow					
Daily feed intake	2.4	2.4	2.4	2.4	2.4
Total feed intake, d 0 - 110	264	264	264	264	264
Feed cost, won/sow					
Daily feed cost	1,023	1,014	1,007	997	990
Total feed cost, d 0 - 110	112,509	111,567	110,717	109,709	108,882
Difference in total feed cost, won/sow, d 0 - 110					
Difference in total feed cost	0	-942	-1,792	-2,800	-3,672
Index	100.0	99.2	98.4	97.5	96.8

연구 3. 자돈의 건강성 증진을 위한 적정 거세시기의 검증

1. 서론 (Introduction)

거세는 일반적으로 양돈농가에서 웅취를 억제하고 도체 품질을 향상시키기 위해서 수컷의 고환을 임의적으로 제거하는 방법이나 성장에 부정적인 영향을 미친다고 보고되어 왔다 (Rault 등, 2011). 또한 거세의 경우, 성장 외 부정적인 영향을 미친다는 보고들과 함께 이들에 대한 결과는 상반되게 보고되고 있다. Taylor 등, (2011)의 연구에 따르면, 3일, 10일 및 17일령에 거세는 돼지의 행동에 영향을 미치지 못한다고 보고되었으며, McGlone 등, (1993)도 1일령과 20일령에 거세를 실시하였을 경우, 거세 후 6시간 동안의 행동의 변화에는 영향을 미치지 못하였다고 보고하였다. 반면, Calrrol 등, (2006)의 연구에서는 3일령의 거세가 포유자돈의 서있는 행동시간이 6일, 9일 및 12일령의 포유자돈에 비해 증가하였다고 보고되었다.

포유자돈의 성장성적과 관련하여, Kielly 등, (1999) 3일령의 거세가 성장 성적이 낮게 나타났다고 보고되었으며, McGlone 등, (1993)의 연구에서는 1일령의 거세보다 14일령의 거세보다 성장 성적이 낮게 나타났으며, 거세일령의 증가는 거세에 따른 성장에 부정적인 영향을 감소시킨다는 것을 의미하고 있다. 그러나 포유자돈 거세시기 일령 증가는 어린 시기보다 스트레스가 가중된다고 보고되었으며, 농가에서 일반적으로 적용되고 있는 거세일령에 따른 성장성적 연구는 조사될 필요가 있는 상황이다. 따라서 본 실험에서는 우리나라 양돈농가에서 일반적으로 사용되고 있는 거세시기가 성장성적 및 스트레스에 어떠한 영향을 미치는지 알아보고 자돈의 건강성 증진을 위한 적정 거세일령을 제시하고자 본 실험을 수행하였다.

2. 실험 방법 및 재료 (Materials and methods)

총 4마리의 경산 모돈과 이들 모돈 내 10-11두 (복당 수컷 6두 이상)의 포유자돈을 실험에 공시하였으며, 이들은 분만 환경이 모두 통제된 개체 분만틀 (2.50 × 1.80 m²)에서 실험이 진행되었다. 모돈은 옥수수-대두박 위주의 사료를 2.4 kg/일 급여하였으며, 임신기 사료의 영양소 함량은 에너지 3,265 ME/kg, 조단백질 12.9 g/kg, 라이신 7.4 g/kg이었다. 분만 후, 모돈은 옥수수-대두박 위주의 사료를 포유기간 21일 동안 무제한 급여하였다. 포유기 사료의 영양소 함량은 에너지 3,265 ME/kg, 조단백질 16.8 g/kg, 라이신 10.8 g/kg이었다. 임신기 및 포유기 사료는 NRC (1998) 요구량을 충족시키거나 이상의 함량으로 배합하였다.

4두의 포유모돈으로부터 총 42두의 포유자돈을 [(Yorkshire × Landrace) × Duroc, 24두 수컷, 18두 암컷] 실험에 공시되었으며, 체중을 고려하여 수컷을 각 처리구에 구배치 하였다. 처리구는 다음과 같다. 1) 암컷 (18두), 2) 1일령 거세 (8두), 3) 3일령 거세 (8두), 4) 7일령

거세 (8두) 이었다.

포유자돈의 생시처치인 철분주사, 이표, 견치 및 꼬리자르기는 분만 후 24시간 내에 실시되었다. 포유기간 동안 입불이 사료는 급여되지 않았으며, 포유자돈 수컷의 거세는 Callol 등, (2006)의 방법에 준하여 실시하였다. 멸균된 외과적 거세 수술 blade가 사용되었으며, 거세 후 포유하고 있는 모돈에게 다시 포유를 실시하였다.

체중 (body weight)의 측정은 initial, 1일령, 3일령, 7일령, 14일령 및 21일령에 측정되었으며, 체중을 토대로 일당증체량 (ADG; Average daily gain)을 산출하였다. 거세 후 10분이 지난 시점을 기준으로 거세에 따른 스트레스를 파악하고자 cortisol을 분석하였다.

본 실험의 data는 SAS (SAS Inst., Inc., Cary, NC)의 MIXED procedure를 이용하여 난괴법 실험 design으로서 통계분석을 실시하였다. MIXED procedures model에 있어 처리구 (treatment)가 fixed variable로, 반복 (replication)은 random variable로 설정되었다. 각 처리구 그룹의 least squares means의 비교는 Tukey 검정법과 함께 MIXED procedure의 PDIFF 옵션을 이용하여 pair-wise 방식으로 이루어졌다. 유의적 차이는 SAS (Saxton, 1998)의 PDMIX800 macro를 이용하여 문자로 구분되었다. 거세일령에 따른 linear 또는 quadratic 효과는 orthogonal polynomial contrasts에 의해 검정되었다. 모든 통계적 분석에 있어 유의적 차이를 검정하기 위한 α 수준은 0.05이었다.

3. 연구 결과 (Results)

거세일령이 포유자돈의 성장성적에 미치는 영향을 표 32에 제시하였다. 1일령의 거세는 비거세 처리구인 암컷과 비교 시 분만 후 3일령 체중 및 일당증체량에서 처리구간 유의적인 차이를 나타내지 않았다 ($P < 0.77$). 분만 후 3-7일 동안의 성장성적에 있어서는 1일령에 거세를 실시한 처리구가 유의적으로 낮은 체중 및 일당 증체량을 보였다 ($P < 0.05$). 분만 후 14일령까지의 성장성적에 있어서도 1일령에 거세한 수컷 처리구들이 가장 낮은 성장성적을 보였지만 ($P < 0.05$), 3일령 및 7일령에 거세한 처리구들의 경우 암컷 처리구들과 대등한 성장성적을 보였다. 포유 21일령 성장성적에 있어서는 1일령에 거세한 처리구의 체중이 가장 낮게 나타났다. 하지만 3일령에 거세한 처리구는 암컷 처리구와 대등한 성적을 보였으며, 7일령에 거세한 처리구의 경우 가장 높은 성장성적을 보였다. 또한 거세 일령이 증가됨에 따라 분만 후 3일령부터 거세시기가 늦어짐에 따라 성장 성적이 증가되는 linear response를 나타내었다.

포유자돈의 거세일령이 cortisol에 미치는 영향에 대해 표 33에 제시하였다. 본 실험결과 거세를 하지 않은 암컷 포유자돈의 cortisol 농도가 가장 낮게 나타났으며, 거세일령이 증가함에 따라 거세 후 10분 뒤에 측정한 cortisol 농도가 감소되는 것이 나타났으며, 7일령에 거세한 포유자돈의 cortisol 농도가 가장 낮게 나타났다.

4. 연구 고찰 (Discussion)

일반적으로 거세는 고통과 행동의 변화를 야기하여 포유자돈의 성장률 저하 및 생존율 감소를 야기한다고 보고되어왔다 (Rault 등, 2011). 따라서 본 연구는 이유일령이 성장성적에 미치는 영향에 대해 조사를 하였다. 본 실험결과 출생 3일령 이후의 거세는 암컷의 포유자돈과 비교 시 성장성적에 영향을 미치지 못하였다. 하지만 혈액 내 cortisol의 경우 거세를 실시하지 않은 포유자돈 암컷의 cortisol 농도가 가장 낮았으며, 거세일령이 증가함에 따라서 cortisol 농도가 감소되는 것이 관찰되었다.

Carrol 등 (2006)은 3일령, 6일령, 9일령 및 12일령의 거세가 거세 후 2시간 동안 누워있거나 서있거나 앉아있는 등의 행동에 영향을 미치지 못하였고 성장에 또한 영향을 미치지 못하였다고 보고하였다. 돈유 소비는 이유 전 성장의 첫 번째 요인이다 (Skok 등, 2007). 이번 실험에서 행동과 돈유 소비에 대해 측정하지 않았지만, 거세가 거세 후 초기의 수유에 아무 영향도 끼치지 않는 듯하다. 그러므로 이러한 결과는 돼지의 성장이 거세 후 첫 이틀간은 거세에 아무 영향을 받지 않는 것을 의미한다. 반면에 연구마다 다르기는 하지만 행동변화의 대부분은 거세 직후에 일어난다 (McGlone 등, 1993; Taylor 등, 2001).

그러나, 1일령에 거세된 돼지는 거세 후 2일 뒤 체중 감소를 보였다. 그 이후, 체중과 체중 증가는 암컷이나 다른 거세 실험군과 비교했을 때 전체 실험 기간에서 지속적으로 가장 낮았다. McGlone 등, (1993)은 1일령에 거세된 돼지가 14일령에 거세된 돼지에 비해 이유 체중이 더 낮았다고 하였다. 그러므로 이러한 결과는 1일령에 거세하는 것은 지속적으로 돼지의 성장을 저해한다는 것을 의미한다.

3일령에 돼지가 거세되었을 때, 증체량은 암컷이나 거세하지 않은 돼지 (7일령 거세)에 비해 3-7일령 사이에 약간 감소되었고, 그 결과 7일령에 약간 더 체중이 낮았다. 거세일령이 증가함에 따라 3일령 거세의 체중과 증체량은 1일령 거세와 7일령 거세의 중간에 위치했다. 반면에 7일령에 거세된 돼지는 성장 성적에 대해 거세로 인한 감소가 전혀 없었는데, 이는 7일령 거세는 돼지에게 있어서 거세에 의한 성장 감퇴를 막을 수 있음을 의미한다. 이러한 결과는 돼지가 3일령에 거세되었을 때 돼지의 성장이 거세 후 3일 동안 초기 체중을 맞춘 대조군에 비해 성장이 떨어지는 경향이 있으며 10일령 거세는 체중이나 증체량에 있어서 대조군과 비교했을 때 어떤 영향도 가지지 않는다는 Kielly 등, (1999)의 결과와도 일치한다. 모든 거세 돼지들에서 일령에 상관없이 거세로 인한 행동 변화가 있었음에도 불구하고 (McGlone 등, 1993; Taylor 등, 2001), Kielly 등, (1999)은 형제들 중에서 젓꼭지를 이미 확보해 두었기 때문에, 더 나이든 돼지가 거세 후 더 빠르게 정상적인 행동이나 성장성적을 회복한다고 주장했다. 그러므로 어린 일령에 돼지를 거세하는 것은 더 나이든 일령에 거세하는 것에 비해 성장 성적 감소를 불러일으킬 수 있다.

흥미롭게도, 포유 후기에서 (출생 후 14-21일) 암컷의 증체량은 다른 거세돈들에 보다 증

체량이 낮은 1일령 거세돈과 비슷했다. 또한 암컷의 전반적인 성장성적은 1일령 거세와 7일령 거세의 중간인 3일령 거세돈과 비슷했다. 이러한 실험 결과는 암태지가 1일령 거세돈과 14일령 거세돈 사이의 체중을 보인다는 McGlone 등, (1993)과도 일치한다. 이유 전 성장성적은 생시체중 성별, 산자 수, 유전적 요인, 산차수 그리고 한배새끼 분만 순서에 의해 영향을 받는다 (Škorjanc 등, 2007; Prasanna 등, 2010; Vasdal과 Andersen, 2012). Prasanna 등, (2010)의 연구에서는 수컷 포유자돈이 포유기 28일령 동안의 체중과 포유 21-28일령 기간에 체중이 암컷보다 체중의 증가가 더 많아진다는 연구결과를 보고하였다. 이러한 선행 연구결과들을 미루어볼 때 포유기 거세수컷이 암컷과 비교 시 거세에 따른 영향을 받지 않을 경우 더 높은 성장을 보인다는 것을 의미한다. 하지만 Škorjanc 등, (2007)의 연구에서는 포유기 동안 성별에 따른 성장성적에는 영향을 미치지 못하였다고 보고하였다.

본 연구에서는 거세를 실시하지 않은 포유모돈 암컷이 거세로 인한 스트레스를 받지 않아 가장 낮은 cortisol 농도를 보인 것으로 보인다. 또한 거세 처리구들의 경우 암컷과 비교 시 모두 높은 cortisol 농도를 보였으며, 이는 거세로 인한 스트레스로 인하여 이들의 함량이 증가된 것으로 보인다. 그러나 거세일령 만으로 보았을 경우 거세일령이 증가됨에 따라서 cortisol의 농도가 감소되는 것을 판단할 때, 분만 후 어린시기의 거세로 인한 스트레스 영향이 더 크게 나타난 것으로 보이며, 거세 일령의 증가는 거세로 인한 스트레스 민감성에 있어서 감소되는 효과가 나타난 것으로 판단된다.

5. 결론 (Conclusion)

본 실험 결과 분만 후 포유자돈의 거세일령이 빠를수록 포유기 동안 성장 성적이 감소되고 혈액 내 cortisol 호르몬이 증가되는 것으로 나타났다. 이러한 결과를 미루어 포유자돈의 거세는 분만 후 늦게 실시하는 것이 포유자돈의 성장과 스트레스를 감안할 때 가장 이상적이지만 실제 양돈농가의 작업강도 및 업무효율을 고려해보았을 때 3일령에 거세하는 것이 적절할 것으로 사료된다.

표 31. 사료배합비 및 화학적 조성

Ingredients, %	Gestation	Lactation
Maize	78.8	67.4
Soybean meal, 45% CP	14.3	24.6
Wheat bran	2.7	2.5
Sugar molasses	-	1.1
Soy oil	0.7	1.0
L-Lysine·HCl	0.3	0.4
DL-methionine	0.01	-
Dicalcium phosphate	2.3	1.5
Limestone	0.4	0.8
Vitamin Mix. ¹	0.2	0.2
Mineral Mix. ²	0.1	0.1
Salt	0.2	0.3
Choline chloride-50	0.1	0.2
Total	100.0	100.0
Chemical composition³		
Metabolizable energy, ME/kg	3,265.0	3,265.0
Crude protein	129.0	168.0
Lysine	7.4	10.8
Methionine	2.3	2.4
Calcium	9.0	9.0
Total phosphorus	7.0	7.0

¹ Provided per kg of diet: vitamin A, 10,000 IU; vitamin D₃, 1,500IU; vitamin E, 35IU; vitamin K, 3mg; vitamin B₂, 4mg; vitamin B₆, 3mg; vitamin B₁₂, 15µg; pantothenic acid, 10mg; biotin, 50µg; niacin, 20mg; folic acid 500µg.

² Provided per kg of diet: Fe, 75mg; Mn, 20mg; Zn, 30mg; Cu, 55mg; Se, 100µg; Co, 250mg; I, 250mg.

³ Calculated values.

표 32. 거세일령이 성장성적에 미치는 영향

Criteria	Treatment ¹				SEM ³	P-value ²	
	Female	1	3	7		Trt.	Linear
No. piglets	16	8	8	7			
Body weight, g							
D 1	1,580	1,533	1,606	1,502	72.9	0.78	0.66
D 3	1,788	1,739	1,744	1,794	47.0	0.77	0.43
D 7	2,631 ^a	2,297 ^b	2,487 ^{ab}	2,618 ^a	101.5	0.09	0.06
D 14	4,272 ^a	3,541 ^b	4,089 ^a	4,291 ^a	201.7	0.05	0.03
D 21	5,707 ^a	4,909 ^b	5,763 ^a	6,065 ^a	291.2	0.08	0.03
ADG, g d¹							
D 1 to 3	113.4	89.4	91.5	116.7	23.48	0.77	0.43
D 3 to 7	210.9 ^a	139.5 ^b	186.0 ^{ab}	206.1 ^a	19.35	0.05	0.05
D 7 to 14	234.4 ^a	177.6 ^b	228.7 ^a	238.9 ^a	17.39	0.07	0.05
D 14 to 21	205.1 ^b	195.5 ^b	239.2 ^a	253.4 ^a	15.14	0.04	0.03
D 7 to 21	219.7 ^a	186.6 ^b	234.0 ^a	246.2 ^a	15.15	0.08	0.03
D 1 to 21	207.4 ^a	167.5 ^b	210.1 ^a	225.2 ^a	14.56	0.08	0.02

¹ Treatments were female pigs, castration at d 1 of age (1), castration at d 3 of age (3), and castration at d 7 of age (7), respectively.

² P-values provided are for overall treatment effects (Trt), and linear effects of 3 castration ages. There were no quadratic effects ($P>0.183$).

³ Standard error of means.

^{a,b} Means with different superscripts within a row significantly differ ($P<0.10$).

표 33. 거세일령이 cortisol 농도에 미치는 영향

Criteria	Treatment ¹			
	Female	1	3	7
No. piglets	8	8	8	7
Cortisol, g				
D 1	2.54	4.66	-	-
D 3	2.41	-	3.70	-
D 7	2.39	-	-	3.39

¹ Treatments were female pigs, castration at d 1 of age (1), castration at d 3 of age (3), and castration at d 7 of age (7), respectively.

연구 4. 사육면적 증가를 위한 반층 돈사의 활용이 자돈의 성장 및 스트레스에 미치는 영향

1. 서론 (Introduction)

우리나라 축산업은 1960년대 이후의 경제발전에 힘입어 초창기의 소규모 부업형태에서 시작하여 대형화, 전문화되었으며 관련 산업에도 영향을 미치는 비중 있는 식량산업으로 발전하였다. 특히 국내 양돈 산업은 국가 경제발전에 발맞추어 지속적으로 산업규모가 커졌으며, 축산업에서 차지되는 비율이 확장되고 있는 동시에 대규모화 및 집약화로 진행 중이다. 그러나 토지면적과 관계없이 사육규모를 증가시킨 결과 여러 가지 문제점들이 대두되고 있다. 집약적 돼지사육으로 인한 밀사와 동물 복지 악화 문제를 들 수 있다. 하지만 국내의 높은 지가 및 건폐율 등의 현실적인 부분 때문에 개선되지 못하고 있는 상황이다.

European union (유럽연합)를 포함한 다른 양돈 선진국들의 경우 점점 동물복지 관련 기준을 강화하고 있는 추세이며, 우리나라의 경우 2006년 동물보호법 개정 이래로, 2008년 동물복지 등 새로운 제도로 개정된 법령 등을 시행하였으나, 동물복지 특히 국내 양돈 관련 연구 차원에서는 매우 미흡한 실정이다. 2010년 11월 발생한 구제역의 여파로 인해 동물 질병 저항력을 떨어뜨리는 밀사 문제를 해결해야 한다는 인식이 높아졌으며, 2013년 9월에는 동물복지 양돈농장 인증제를 시행하는 등 여러 양돈 선진국과의 FTA 시대에서 해외경쟁력을 획득하기 위해서도 동물 복지 개선에 힘쓰고 있다. 이러한 가축사육 동향에 맞추어 사육 면적이 제한되어 있는 국내의 사정상 이를 해결하기 위한 방법 중 하나는 양돈 선진국인 네덜란드에서 실행되고 있는 발코니 자돈사 (Platform for piglets)라고 할 수 있겠다. 하지만 무분별한 도입이 생산성을 악화시킬 수 있으므로 우리나라 실정에 맞추어 먼저 적용해야 할 필요가 있다. 국내에서는 이를 처음 도입하는 것으로 발코니 돈사를 반층 돈사 (Semi-floor for weaning pigs)로 명명하였다. 따라서 이러한 연구배경을 토대로 반층 돈사가 이유자돈의 성장 및 스트레스에 어떠한 영향을 미치는지 알아보려고 실험을 진행하였다.

2. 실험 방법 및 재료 (Materials and methods)

1) 실험동물 및 실험 설계 (Experimental animal and design)

사양실험을 위해 28 ± 3 일령에 이유한 평균체중 7.10 ± 0.05 kg의 삼원교잡종 ([Yorkshire \times Landrace] \times Duroc) 330두를 공시하여, 서울대학교 농업생명과학대학 부속실험목장에서 이유자돈 phase I 2주, phase II 3주로 총 5주간 사양시험을 수행하였다. 전체 3처리 3반복으로 NC (Negative Control)과 반층 돈사 처리구는 각각 펜 당 40두, PC (Positive Control) 처리구는 펜 당 30두로 배치하였으며, 성별과 체중에 따라 난괴법 (RCBD; Randomized

Complete Block Design) 으로 배치하였다. 처리구는 다음과 같다. 1) NC (Negative Control), 2) PC (Positive Control, 사육 면적은 같으나, 반층 돈사의 유무에 따른 비교분석 처리구) 및 3) 반층 돈사 (Semi-floor) 로 구성되었다.

2) 실험사료 (Experimental diet)

실험사료는 상업적으로 시판되는 사료를 본 실험에 사용하였으며, 화학적 조성은 다음과 같다.

표 34. 실험사료의 화학적 조성

Ingredients, (%)	Phase I	Phase II
Chemical composition¹		
Crude protein	20.08	17.80
Moisture	9.83	10.90
Crude ash	6.28	4.88
Crude fat	6.22	4.57

¹ Analyzed values

3) 사양실험 (Feeding trial) 및 폐사율 (Mortality) 조사

사양실험 기간은 총 5주간 진행되었다. 실험돈은 슬롯-콘크리트 바닥에서 사육되었으며, 4.50 × 3.00 m² 크기의 돈방에서 사육되었다. 반층 돈사 처리구의 경우 자돈용 강화 플라스틱을 이용한 돈사에서 사육되었다. 반층 돈사 처리구의 사육면적은 슬롯-콘크리트 바닥 위에 강화 플라스틱을 이용해 4.5 m² 면적을 넓혔다. 각 돈방에는 2 개의 사료 급이기와 1 개의 니플 급수기가 설치되어 있었으며, 전체 실험 기간 동안 음수량은 무제한 자유급이 (*ad libitum*) 하도록 하였다. 자돈기의 돈방 온도는 실험개시 후 첫 일주일간은 30℃를 유지하였으며, 매주 1℃씩 낮추어 자돈기 5주차에는 26℃를 유지하게 하였다. 체중 및 사료 섭취량은 사육 단계 및 사료의 변동 시점을 고려하여 개시 시점 (Initial), 2주차 (phase I) 그리고 5주차 (phase II)에 측정하여 총 체중 (BW; body weight), 일당증체량 (ADG; average daily gain; ADG), 일당사료섭취량 (ADFI; average daily feed intake), 사료효율 (G:F ratio; gain to feed ratio)을 측정하였다. 사양실험 기간 동안 성장성적 측정과 동시에 실험돈의 폐사율을 조사하였으며, 폐사율 (%)은 처리구별 폐사두수/총 두수 × 100으로 계산하였다.

4) 혈액성상 (Blood profiles)

혈액은 각 시기별로 처리당 6두씩을 선발하여 경정맥에서 채취하여 blood urea nitrogen, cortisol 및 insulin-like growth factor-1 (IGF-1) 혈액성상을 분석하였다. 혈액은 disposable

culture tube에 포집하여 3,000 rpm, 4 °C 상태로 15분 동안 원심분리 하였다. 그 후 micro tube 보관용기에 혈청만을 분리하여 분석 시까지 -20°C로 보관하였다. 보관된 혈액은 혈액 분석기를 통하여 각 사육시기별로 IgG (Immunoglobulin G), IgA (Immunoglobulin A)를 측정 하였다.

5) 통계분석 (Statistical analysis)

본 실험의 data는 SAS (SAS Inst., Inc., Cary, NC)의 Mixed procedure를 이용하여 난괴 법 실험 design으로서 ANOVA 통계분석을 실시하였다. 성장성적 및 폐사율 data의 경우 한 돈방을 experimental unit으로, 반면 유의적 차이는 SAS (Saxton, 1998)의 PDMIX800 macro 를 이용하여 문자로 구분되었다. 모든 통계적 분석에 있어 유의적 차이를 검정하기 위한 α 수준은 0.05이었다.

3. 연구 결과 및 고찰 (Result and discussion)

1) 성장 성적 (Growth performance)

반층 돈사가 이유자돈의 성장 성적에 미치는 영향을 표 35에 나타내었다. 평균체중 7.10 kg인 이유자돈 330두를 공시하여 5주차 평균 체중은 NC, PC 그리고 반층 돈사가 각각 11.69, 12.55, 12.77 kg을 나타냈다. 2주차 체중에서는 PC 처리구가 반층 돈사 처리구보다 수치상 높은 차이를 나타냈지만 5주차에는 반층 돈사의 이유자돈 체중이 가장 높은 체중 증가를 나타내었다. 일당증체량에 있어서는 모든 처리구간 유의차가 발견되지 않았다. 하지만 0-5주차 평균 증체량에 있어서 반층 돈사의 처리구가 수치상으로 가장 높았다. McConnell 등 (1987)은 팬 당 자돈수를 8두에서 24두로 증가하였을 때, 자돈의 사료섭취량과 일당증체량이 감소하였다고 보고하였다. Brum 등 (2001)의 연구결과에 의하면, 이유자돈의 사육면적은 자돈의 성장에 영향을 미치며 밀사 사양된 자돈은 적정 사육공간에서 사양한 돼지의 일당증체량과 일일섭취량에 비해 유의적으로 낮았다고 보고하였다. Wolter 등. (2000a, b) 연구 결과에도, 자돈기에 육성기 동안 group size 50두와 100두 처리구보다 25두 처리구에서 자돈의 성장률이 높게 나타났다고 보고되었다. 일당사료섭취량에서는 0-2, 2-5, 0-5주차 모든 사육기간 내에서 유의차를 보였는데, 모든 기간에서 반층 돈사 처리구가 가장 높은 사료섭취량을 보였다. 이는 반층 돈사의 활용이 자돈의 운동성 (반층 돈사 사다리)에 있어 경사가 있고 추가적인 사육면적 제공으로 인하여 운동량이 높아 사료섭취량이 더 높은 것으로 생각된다. 전체적인 사료효율에서는 0-2주차를 제외하고 처리구간 유의차가 발생하였는데, 특히 0-5주차 사료효율에서 NC와 반층 돈사 처리구에 비해 PC 처리구가 고도의 유의적인 차이를 보였다. 반층 돈사의 활용이 사료효율에 있어서는 PC 처리구보다 떨어지는데 이는 두당 사육면적에 따른 차이로 보인다. 결론적으로 이유자돈 시기에 반층 돈사의 활용이 체중과 증체량에

영향을 미치지 않는 것으로 나타났으나 성장성적에 있어 일일사료섭취량과 사료효율에서 유의적인 차이가 발생하였다. 일일사료섭취량에서는 PC 처리구보다 높았지만, 사료효율 면에서는 더 낮은 것으로 나타났다.

2) 폐사율 (Mortality)

사양실험 기간 동안 반층 돈사가 이유자돈의 폐사율에 미치는 영향을 조사하였다 (표 36). 총 5주간의 사양실험동안 330두의 이유자돈 실험돈 중 폐사는 총 3마리 발생하였으며, 결과적으로 총 폐사율 1% 미만으로 실험 종료되었다. 각 처리구당 1마리씩의 폐사가 발생한다. NC, PC 그리고 반층 돈사에서 각각 한 마리씩의 폐사가 일어났다. 하지만 반층돈사의 효과가 이유자돈의 폐사율에는 영향을 미치지 않은 것으로 나타났다. 이러한 이유로는 반층돈사가 영양적인 측면이나 건강성 측면에서 영향을 끼치지 않아 폐사율이 낮은 것으로 사료된다.

3) 혈액 성상 (Blood profiles)

반층 돈사가 이유자돈의 혈액 성상에 미치는 영향을 표 36에 나타내었다. Blood urea nitrogen은 체내의 필수 영양소 중 하나인 아미노산의 이용에 대한 대표적인 지표로 (Eggum 1970) 단백질 섭취와 품질에 직접적인 연관성을 가지며 (Eggum, 1970; Hann 등, 1995), 섭취한 질소의 체내 유지에 관여한다 (Whang과 Easter, 2000). 본 실험결과 BUN에서 5주차에 NC 처리구가 PC와 반층 돈사보다 유의적으로 높은 수치를 나타냈다. 이는 반층 돈사의 활용이 두당 사육면적을 늘려줌으로써 사육밀도에 직접적인 영향을 끼친 것으로 판단된다. NC 처리구 (0.23m²)과 PC, 반층 돈사 처리구 (0.30m²)의 사육밀도로 인해 자돈의 혈액성상 내 BUN 수치가 감소한 것으로 나타났다. 면역반응의 경우, 혈장 내 IgA와 G의 농도에 있어서는 실험 전 기간 동안 면역 변화에 대한 영향이 나타나지 않았다.

4. 결론 (Conclusion)

본 연구는 반층 돈사의 활용이 이유자돈의 성장성적과 스트레스에 미치는 영향을 알아보기 위해 수행되었다. 실험에 사용된 반층 돈사는 강화플라스틱과 철근을 이용해 제작되었으며, 이로 인해 돈사의 33 %, 약 3.0 m²의 사육면적이 증가되었다. 사육밀도는 우리나라 이유자돈 복지규격에 적절한 0.30 m²/두 (농림부, 2013)에 맞게 설계되었다. 사양실험 결과, 실험 전 기간 동안 (5주) 체중에 있어서 처리구 간에 통계적인 유의차가 나타나지 않았다. 또한 일당중체량에 있어서도 모든 구간에서 유의차가 발견되지 않았다. 하지만 2주와 5주차의 체중을 비교해보았을 때 반층 돈사의 처리구가 수치상 가장 큰 체중을 나타내었다. 이는 반층 돈사의 활용이 육성- 비육기까지의 사육기간을 거친다면 더 빠른 성장일령을 나타낼 수도 있을 것으로 판단된다. 하지만 일당사료섭취량과 사료효율에서는 일일사료섭취량 (0-2주) 구

간을 제외하고 모든 처리구에서 유의차가 나타났다. 일일사료섭취량에서 반층 돈사 처리구가 가장 큰 사료섭취량을 보였고, 사료 효율면에서는 PC 처리구에서 가장 높은 효율을 나타냈다. 이는 반층 돈사의 추가적인 사육면적 제공으로 자돈의 운동성이 증가하여 더 높은 사료 섭취량을 보이는 것으로 판단되며, 사료효율면에서는 군집간의 크기가 PC 처리구에 비해서 NC와 반층 돈사가 크기 때문에 효율이 떨어진 것으로 분석된다. 스트레스 분석에 있어서의 cortisol 수치에서는 모든 처리구 간 유의차가 발견되지 않았다. 반층 돈사의 활용이 성장성적에 있어서 부정적인 영향을 끼친 것이 없는 만큼 스트레스에 영향을 끼치지 않은 것으로 보여진다. Blood urea nitrogen에서는 NC처리구가 PC와 반층 돈사에 비해 높은 수치를 나타냈다. 이는 밀사 수준에 따른 사육밀도가 자돈의 성장성적에 영향을 끼친 것으로 판단되며, 동일한 현장 내에서 반층 돈사는 추가적인 사육두수가 가능하며, 성장에 긍정적인 영향을 미치는 것으로 사료된다.

표 35. 반층돈사가 이유자돈의 성장성적에 미치는 영향

Criteria	Treatment			SEM
	NC	PC	Semi-floor	
Body weight, kg				
Initial	7.10	7.10	7.10	
2 week	7.69	7.92	7.76	0.541
5 week	11.69	12.55	12.77	0.794
Average daily gain, g				
0 - 2 week	42	59	47	5.971
3 - 5 week	191	221	238	14.926
0 - 5 week	131	156	162	9.439
Average daily feed intake, g				
0 - 2 week	161 ^B	139 ^C	175 ^A	5.542
3 - 5 week	387 ^{ab}	322 ^b	446 ^a	22.202
0 - 5 week	298 ^{ab}	249 ^b	337 ^a	14.800
G:F ratio				
0 - 2 week	0.25	0.42	0.27	0.428
3 - 5 week	0.49 ^b	0.69 ^a	0.53 ^b	0.418
0 - 5 week	0.44 ^B	0.63 ^A	0.48 ^B	0.395

¹ NC: negative control (40 pigs/pen), B: PC:Positive control (30 pigs/pen), C: Semi-floor (40 pigs/pen).

^{A,B,C} Means with different superscripts in the same row significantly differ ($P<0.01$).

^{a,b,c} Means with different superscripts in the same row significantly differ ($P<0.05$).

표 36. 반층돈사가 이유자돈의 혈액성상에 미치는 영향

Criteria	Treatment			SEM
	NC	PC	Semi-floor	
Blood urea nitrogen, mg/dL				
Initial	13.7			
2 week	15.8	13.3	15.2	0.60
5 week	12.6 ^a	8.6 ^b	9.1 ^b	0.74
Cortisol, ug/dL				
Initial	11.1			
2 week	3.9	3.2	3.2	0.35
5 week	2.0	1.5	2.5	0.29
Plasma IgG, mg/ml				
Initial	0.719			
2 week	0.557	0.575	0.632	0.0341
5 week	0.821	0.928	0.684	0.0912
Plasma IgA, mg/ml				
Initial	1.031			
2 week	0.982	1.136	1.228	0.0553
5 week	3.328	3.686	3.392	0.2714

¹ NC: negative control (40 pigs/pen), PC: Positive control (30 pigs/pen), C: Semi-floor (40 pigs/pen).

^{A,B,C} Means with different superscripts in the same row significantly differ ($P < 0.01$).

^{a,b,c} Means with different superscripts in the same row significantly differ ($P < 0.05$).

<제1 세부과제명 : 사료비 절감을 위한 사료 배합비 개발 및 자돈의 폐사율 감소를 위한 사양시스템 개발-두산생물자원>

연구 1. 사료비 절감을 위한 신규 대체원료 탐색 및 사료 배합비 개발

1. 서론 (Introduction)

세계적인 낮은 곡물생산증가율과 신흥경제국의 곡물 수요증가, 바이오에너지 등 곡물의 수요 증가로 국제 곡물가격은 인상되었고, 현재도 계속해서 그 증가추세는 연장되고 있다. 여기에 주요 원료사료 가격 폭등이 따라오고 환율하락으로 인하여 그 추세는 더욱 가속화되어 해결책을 찾아야 하는 수준에 이르렀다.

우리나라의 경우 배합사료 제조비용 중 원재료비 비중이 80% 정도를 차지하고 있고, 그 대부분을 수입에 의존하고 있으며 축산물 생산비 중 사료비가 40-60%를 차지하고 있어 수입원료 가격의 폭등은 앞으로 국내 배합사료의 원가 상승은 물론 축산물 생산비 증가 등 국내 축산관련 여러 분야에 상당한 타격을 가져올 것으로 예상된다. 현재 우리나라뿐만 아니라 세계 여러 나라에서 이러한 문제에 대한 해결책으로 다양한 대안을 찾고 있고 현재 가장 현실적으로 받아들여지고 있는 해결책이 새로운 대체원료사료의 개발이다. 원료사료 중에서 현재 가장 기본적으로 사용되고 있는 옥수수나 대두박을 대체할 원료사료를 찾기 위한 실험이 세계 곳곳에서 점차 늘어나고 있는 실정이고, 벌써 많은 원료들이 대안으로 제시되었다. 하지만 아직 이러한 여러 원료 중에서 확실하게 그 대체효과를 입증받은 경우는 없고 그 가능성만 꾸준히 제기되고 있다.

배합사료를 위한 원료사료로 사용되기 위해서는 몇 가지 조건이 있다. 우선 가격적인 조건이 기존에 배합사료에 쓰이는 원료보다 좋아야 하고, 동물의 성장에 기존에 사용된 원료만큼의 효과를 보여야 한다. 또한, 세계적으로 원료의 생산량이 많아 꾸준한 물량을 확보하는데 어려움이 없어야 하며, 저장성 또한 우수해야 한다. 이러한 여러 가지 조건을 충족하는 대체원료로 현재 부상하고 있는 것이 바로 Cashew nut residue이다. Cashew nut은 옷과 나무에 속하는 캐슈나무의 식용 씨이며, 열대지역에서 많이 분포한다(Gibbon 과 pain, 1985). Cashew nut의 단백질함량은 21.20% 정도로 옥수수나 소맥피와 비교하여 높기 때문에 대체사료원료로서 각광을 받고 있고, 그 쓰임 또한 증가하고 있다(Sogunle 등, 2009). 또한, 육계사료에서 옥수수나 대두박의 대체원료로서 충분히 가능하다는 것이 여러 실험을 통해 증명되었다(Oddoye 등, 2012). cashew nut은 육계, 토끼, 반추동물 등에서는 기존 사료원료의 대체원료로서 많은 실험이 이루어 졌고 대체원료사료로서의 가치를 입증 받았지만, 양돈용 사료로서 적합한지에 대한 검증은 거의 이루어지지 않은 상태이다. 본 실험에서는 이러한 배경

을 바탕으로 기존의 원료사료를 대체 할 수 있는 가능성이 있는 Cashew nut을 육성·비육돈 사료에 급여하여 어느 정도 수준까지 대체할 수 있는지 사양 성과와 육질 분석 등을 바탕으로 객관적으로 평가해 보았다.

2. 실험 방법 및 재료 (Materials and methods)

1) 실험 동물 및 실험 설계 (Experimental animals and designs)

평균 체중 22.22 ± 3.291 kg의 3원 교잡종 ([Yorkshire \times Landrace] \times Duroc) 80두를 공시하였으며, 서울대학교 농생대 부속 실험목장에서 14주 동안 육성-비육기 사양실험을 수행하였다. 사양시험은 전체 4처리 5반복, 반복 당 4마리씩 성별과 체중에 따라 난괴법 (RCBD; Randomized Complete Block Design)으로 배치하였다. 실험의 처리구는 NRC (1998)의 영양소 요구량을 충족하는 기초사료를 급여한 처리구를 대조구로 설정하고 기초사료의 5%, 10% 및 15% cashew nut을 첨가하여 총 4개 처리구를 구성하였다.

실험돈들은 사료와 물의 자유 급여가 가능하고 온도 조절이 용이한 돈사에서 사육되었으며, ADG (Average daily gain, 일당증체량), ADFI (Average daily feed intake, 일당 사료 섭취량), G:F ratio (사료효율)등을 측정하기 위하여 3주, 6주, 10주, 그리고 15주차에 체중과 사료 섭취량을 기록하였다.

2) 실험 사료 (Experimental diets)

실험사료는 옥수수-대두박 위주의 기초사료(basal diet)에 처리구별로 cashew nut을 5%, 10% 및 15%를 첨가하고 기타원료사료들을 조정하여 육성·비육돈의 성장단계에 따라 영양소 요구량(NRC, 1998)에 맞게 배합하였다. 실험 기간은 육성전기(0-3주) 육성후기(4-6주), 비육전기(7-10주), 비육후기(11-14주)로 분류하였다. 실험사료의 각 단계별 원료 및 화학적 조성은 아래 표 37, 38, 39, 40에서 제시된 바와 같다.

표 37. 육성 전기 실험 사료 배합비 (0-3주)

Ingredient, %	Cashew nut supplementation, % ¹			
	0	5	10	15
Corn	63.17	59.30	55.47	51.64
SBM, 45%	24.38	23.68	22.96	22.23
Cashew nut	0.00	5.00	10.00	15.00
Palm kernel meal	4.00	4.00	4.00	4.00
Rapeseed meal	4.00	4.00	4.00	4.00
L-lysine·HCl	0.46	0.52	0.59	0.68
Methionine (99%)	0.00	0.01	0.02	0.02
Limestone	0.61	0.85	1.08	1.27
Tallow	1.68	1.31	0.93	0.56
Vit. Mix ²	0.10	0.10	0.10	0.10
Min. Mix ³	0.10	0.10	0.10	0.10
Salt	0.30	0.30	0.30	0.30
Enzyme	0.10	0.10	0.10	0.10
Total	100.00	100.00	100.00	100.00
Chemical composition⁴				
ME, kcal/kg	3,265.26	3,265.26	3,262.31	3,265.42
CP, %	18.00	18.00	18.00	18.00
Lysine, %	0.95	0.95	0.95	0.95
Methionine, %	0.26	0.26	0.26	0.26
Ca, %	0.60	0.60	0.60	0.60
Total P, %	0.57	0.57	0.57	0.57

¹ Con: corn-SBM based diet, C5: 5% Cashew nut, C10: 10% Cashew nut, C15: 15% Cashew nut.

² Provided per kg of diet : Vit A, 16,000IU; Vit D₃, 3,200IU; Vit. E, 35IU; Vit. K₃, 5mg; Rivo flavin, 6mg; Calcium, pantothenic acid, 16mg; Niacin, 32mg; d - Biotin, 128ug; Vit.B₁₂, 20ug.

³ Provided per kg of diet: Fe, 281mg; Cu, 288mg, 143mg; Mn, 49mg; I, 0.3mg; Se, 0.3mg.

⁴ Calculated value.

표 38. 육성 후기 실험 사료 배합비 (4-6주)

Ingredient, %	Cashew nut supplementation, % ¹			
	0	5	10	15
Corn	67.78	63.91	60.14	56.29
SBM, 45%	20.17	19.43	18.72	17.98
Cashew nut	0.00	5.00	10.00	15.00
Palm kernel meal	4.00	4.00	4.00	4.00
Rapeseed meal	4.00	4.00	4.00	4.00
L-lysine·HCl	0.35	0.45	0.51	0.60
Methionine (99%)	0.00	0.01	0.01	0.02
Limestone	0.50	0.71	0.93	1.14
Tallow	1.50	1.14	0.74	0.37
Vit. Mix ²	0.10	0.10	0.10	0.10
Min. Mix ³	0.10	0.10	0.10	0.10
Salt	0.30	0.30	0.30	0.30
Enzyme	0.10	0.10	0.10	0.10
Total	100.00	100.00	100.00	100.00
Chemical composition⁴				
ME, kcal/kg	3,265.26	3,265.31	3,262.28	3,265.01
CP, %	16.30	16.30	16.30	16.30
Lysine, %	0.82	0.82	0.82	0.82
Methionine, %	0.24	0.24	0.24	0.24
Ca, %	0.54	0.54	0.54	0.54
Total P, %	0.55	0.55	0.55	0.55

¹ Con: corn-SBM based diet, C5: 5% Cashew nut, C10: 10% Cashew nut, C15: 15% Cashew nut.

² Provided per kg of diet : Vit A, 16,000IU; Vit D₃, 3,200IU; Vit. E, 35IU; Vit. K₃, 5mg; Rivoiflavin, 6mg; Calcium, pantothenic acid, 16mg; Niacin, 32mg; d - Biotin, 128ug; Vit.B₁₂, 20ug.

³ Provided per kg of diet: Fe, 281mg; Cu, 288mg, 143mg; Mn, 49mg; I, 0.3mg; Se, 0.3mg.

⁴ Calculated value.

표 39. 비육 전기 실험 사료 배합비 (7-10주)

Ingredient, %	Cashew nut supplementation, % ¹			
	0	5	10	15
Corn	69.99	66.21	62.38	58.54
SBM-45	18.18	17.44	16.73	16.00
Cashew nut	0.00	5.00	10.00	15.00
Palm kernel meal	4.00	4.00	4.00	4.00
Rapeseed meal	4.00	4.00	4.00	4.00
L-lysine · HCl	0.30	0.38	0.45	0.53
Methionine	0.00	0.01	0.01	0.02
Limestone	0.38	0.60	0.83	1.05
Tallow	1.40	1.01	0.63	0.26
Vit. Mix ²	0.10	0.10	0.10	0.10
Min. Mix ³	0.10	0.10	0.10	0.10
Salt	0.30	0.30	0.30	0.30
Enzyme	0.10	0.10	0.10	0.10
Total	100.00	100.00	100.00	100.00
Chemical composition⁴				
ME, kcal/kg	3,265.12	3,265.39	3,262.15	3,265.42
CP, %	15.50	15.50	15.50	15.50
Lysine, %	0.75	0.75	0.75	0.75
Methionine, %	0.23	0.23	0.23	0.23
Ca, %	0.50	0.50	0.50	0.50
Total P, %	0.55	0.55	0.55	0.55

¹ Con: corn-SBM based diet, C5: 5% Cashew nut, C10: 10% Cashew nut, C15: 15% Cashew nut.

² Provided per kg of diet : Vit A, 16,000IU; Vit D₃, 3,200IU; Vit. E, 35IU; Vit. K₃, 5mg; Rivo flavin, 6mg; Calcium, pantothenic acid, 16mg; Niacin, 32mg; d - Biotin, 128ug; Vit.B₁₂, 20ug.

³ Provided per kg of diet: Fe, 281mg; Cu, 288mg, 143mg; Mn, 49mg; I, 0.3mg; Se, 0.3mg.

⁴ Calculated value.

표 40. 비육 후기 실험 사료 배합비 (11-14주)

Ingredient, %	Cashew nut supplementation, % ¹			
	0	5	10	15
Corn	76.11	72.32	68.46	64.64
SBM-45	12.36	11.65	10.93	10.20
Cashew nut	0.00	5.00	10.00	15.00
Palm kernel meal	4.00	4.00	4.00	4.00
Rapeseed meal	4.00	4.00	4.00	4.00
L-lysine · HCl	0.30	0.35	0.43	0.50
Methionine	0.00	0.00	0.01	0.02
Limestone	0.30	0.53	0.75	0.95
Tallow	1.23	0.84	0.47	0.09
Vit. Mix ²	0.10	0.10	0.10	0.10
Min. Mix ³	0.10	0.10	0.10	0.10
Salt	0.30	0.30	0.30	0.30
Enzyme	0.10	0.10	0.10	0.10
Total	100.00	100.00	100.00	100.00
Chemical composition⁴				
ME, kcal/kg	3,265.15	3,265.17	3,262.09	3,265.07
CP, %	13.20	13.20	13.20	13.20
Lysine, %	0.60	0.60	0.60	0.60
Methionine, %	0.20	0.20	0.20	0.20
Ca, %	0.45	0.45	0.45	0.45
Total P, %	0.52	0.52	0.52	0.52

¹ Con: corn-SBM based diet, C5: 5% Cashew nut, C10: 10% Cashew nut, C15: 15% Cashew nut.

² Provided per kg of diet : Vit A, 16,000IU; Vit D₃, 3,200IU; Vit. E, 35IU; Vit. K₃, 5mg; Rivoftavin, 6mg; Calcium, pantothenic acid, 16mg; Niacin, 32mg; d - Biotin, 128ug; Vit.B₁₂, 20ug.

³ Provided per kg of diet: Fe, 281mg; Cu, 288mg, 143mg; Mn, 49mg; I, 0.3mg; Se, 0.3mg.

⁴ Calculated value.

3) 혈액 성상 (Blood profiles)

혈액은 실험 개시, 3주, 6주, 10주, 14주에 처리구별로 6두씩을 선발하여 목 부위에 있는 경정맥에서 채취하였으며, 채혈 후 4℃에서 3,000 rpm으로 15분간 원심 분리하였다. 원심 분리 후 혈청을 분리하여 microtube에 담아 -20℃ 냉동고에 보관하였다. Blood urea nitrogen은 혈액분석기 (Ciba-Corning model, Ciba Corning Diagnostics Co.)를 이용하여 분석하였고, triglyceride, total cholesterol, Creatinine은 kinetic colorimetry assay 방법으로, 그리고 glucose는 enzymatic kinetic assay 방법으로 혈액분석기(Modular analytics, PE, Roche, Germany)를 이용하여 분석하였다.

4) 돈육의 pH 및 육색 (pH and meat color)

5주간의 비육기 사양실험 종료 후 각 처리구별로 비육돈 4두씩 총 24두를 선발하여 돈육 품질을 조사하기 위하여 등심근을 채취하였다. 선발된 실험돈들의 평균체중은 117.8 ± 1.06kg 이었고, 도축 후에 미추골로부터 아래로 5개 척추사이의 등심을 샘플링하여, 0, 3, 6, 9, 12, 24 시간에 육색의 경우 chromameter (Minolta CM-508i, Japan)을 이용하여, pH는 pH meter (Bechman Coulter Φ 500 Series, USA)를 이용하여 측정하였다.

5) 돈육 품질 (Pork quality)

① 보수력 (Water holding capacity)

보수력(Water holding capacity; WHC)은 원심분리법(Ryoichi 등, 1993)으로 측정하였다. 보수력 측정은 Laakkonen 등(1970)의 방법에 따라 미세한 구멍이 있는 2 ml filter관의 무게를 칭량하고, 공시육을 분쇄하여 지방과 근막(힘줄)을 제거한 후 시료를 정확히 0.5±0.05g을 원심분리관의 상부에 filter관에 넣고 무게를 잰다. filter관을 80℃의 Water bath에서 20분간 가열한 후 10분간 실온에서 냉각시킨다. filter관을 원심 분리관 하부에 넣고 4℃에서 2,000rpm, 10분 동안 원심분리 한 후 상부 filter관을 꺼내어 무게를 측정하였으며 다음 공식에 의해 보수력을 구하였다.

$$\text{보수력} = \frac{\text{수분}(\%) - \text{유리수분}}{\text{수분}(\%)} \times 100$$

② 전단력 (Shear force)

채취한 샘플을 채끝 3cm 두께의 스테이크 모양으로 근섬유방향과 직각이 되도록 근육을 절단하여 육 내부온도 70℃까지 가열한 후 흐르는 물에 30분간 방냉 하였다. 방냉 한 시료에서 직경 0.5 inch 코아(core)를 근섬유 방향에 따라 원통형으로 뚫어 시료를 채취한 후 Instron Universal Testing Machine(Model 4465, UK)를 이용하여 근섬유 방향과 직각 방향

으로 절단하여 전단력을 측정하여 8회 이상 반복 측정하였다.

③ 가열감량 (Cooking loss)

가열감량(Cooking loss, %)은 시료를 두께 3cm 스테이크 모양으로 절단하여 무게를 측정하고 80℃ 항온수조에서 시료의 심부온도가 70℃도달 후 10분간 가열하여 냉각시킨 다음 무게를 측정하여 다음 공식에 의하여 계산하였다(Honikel, 1998).

$$\text{가열감량(\%)} = \frac{\text{가열 전 시료무게(g)} - \text{가열 후 시료무게(g)}}{\text{가열 전 시료 무게(g)}} \times 100$$

6) 화학 분석 및 통계 분석 (Chemical and statistical analysis)

사료의 일반성분 분석은 AOAC(1995) 방법에 따라 실시하였다. 통계분석은 SAS의 일반선형모형(GLM)을 이용하여 수집된 자료에 대한 유의성 검정을 실시하였다. 사양실험에서 돈방을 실험단위(RCBD)로 하여 최소유의차(LSD) 다중검정법에 의해 처리구간의 결과를 비교하였으며, P<0.05인 경우 유의차가 있는 것으로, P<0.01인 경우 고도의 유의차가 있는 것으로 고려하였다.

3. 연구 결과 및 고찰 (Result and discussion)

1) 사양성적 (Feeding trial)

육성비육돈 사료 내 캐슈넛 첨가가 육성비육돈의 성장성적에 미치는 영향을 표 41에 나타내었다. 14주간의 사양실험 결과, 육성전기(linear, P<0.01), 육성후기(linear, P<0.05), 비육전기(linear, P<0.01) 기간 동안에 사료 내 캐슈넛 수준별 첨가에 따른 통계적인 유의적 차이를 보였으며, 비육후기 통계적인 유의차가 나타나지 않았다. 일당증체량(Average daily gain, ADG)의 경우 육성기동안 캐슈넛 수준별 첨가에 따른 유의적 차이를 보였으며(linear, P=0.03), 비육전기 그리고 비육후기 기간동안 캐슈넛 수준별 첨가가 일당증체량에 있어서 유의적으로 감소하는 경향을 보였다(linear, P=0.05). 일당 사료 섭취량 (Average daily feed intake, ADFI)에서는 비육 전기에 캐슈넛 첨가수준이 증가함에 따라 사료 섭취량이 감소하였다(linear, P<0.05). 사료 효율(gain:feed)에 있어서는 육성기 동안 사료 내 캐슈넛 함량이 증가할수록 사료 효율이 유의적으로 감소되는 결과를 보였다(linear, P<0.01). 결론적으로 육성기·비육전기 사료 내 캐슈넛을 10% 까지 첨가하여도 육성·비육전기의 성장률과 사료섭취량, 사료효율에 부정적인 영향을 미치지 않을 것으로 사료된다.

표 41. Cashew nut의 수준별 급여가 육성-비육돈의 성장에 미치는 영향

Criteria	Treatments				SEM ¹	P-value	
	CON	C05	C10	C15		Linear	Quadratic
Body weight, kg							
Initial	22.83	22.83	22.82	22.83	0.738	-	-
3 week	35.68 ^A	36.39 ^A	34.29 ^{AB}	33.03 ^B	0.997	<0.01	0.19
6 week	48.42 ^a	49.51 ^a	48.12 ^{ab}	45.14 ^b	1.082	0.03	0.06
10 week	70.94 ^A	73.31 ^A	71.91 ^A	65.02 ^B	1.434	<0.01	<0.01
14 week	92.32	95.83	93.73	91.18	1.486	0.53	0.14
ADG, g							
0-3 week	612 ^A	646 ^A	546 ^{AB}	486 ^B	21.4	<0.01	0.19
4-6 week	607	625	658	577	12.1	0.60	0.06
0-6 week	609 ^a	635 ^a	602 ^{ab}	531 ^b	14.1	0.03	0.06
7-10 week	804 ^a	850 ^a	850 ^a	710 ^b	19.6	0.05	<0.01
11-14 week	764 ^b	805 ^{ab}	779 ^b	934 ^a	25.4	0.05	0.27
7-14 week	784	827	815	822	14.9	0.49	0.60
0-14 week	709	745	724	698	10.5	0.54	0.14
ADFI, g							
0-3 week	1,308	1,461	1,263	1,357	37.9	0.86	0.65
4-6 week	1,586	2,038	1,850	1,855	78.0	0.23	0.06
0-6 week	1,447	1,750	1,557	1,606	53.4	0.43	0.14
7-10 week	2,185 ^a	2,189 ^a	2,077 ^{ab}	1,928 ^b	41.8	0.02	0.30
11-14 week	2,644	2,758	2,947	3,038	82.6	0.06	0.94
7-14 week	2,414	2,473	2,512	2,483	50.0	0.58	0.66
0-14 week	2,000	2,163	2,102	2,107	45.8	0.46	0.32
G:F ratio							
0-3 week	0.468 ^A	0.442 ^A	0.433 ^A	0.363 ^B	0.0126	<0.01	0.33
4-6 week	0.389	0.310	0.358	0.327	0.0134	0.13	0.23
0-6 week	0.423 ^A	0.366 ^B	0.388 ^{AB}	0.340 ^B	0.0111	<0.01	0.75
7-10 week	0.369 ^b	0.388 ^{ab}	0.410 ^a	0.369 ^b	0.0060	0.67	0.02
11-14 week	0.288	0.293	0.388	0.311	0.0075	0.55	0.20
7-14 week	0.325	0.335	0.325	0.332	0.0047	0.78	0.87
0-14 week	0.356	0.345	0.398	0.334	0.0050	0.13	0.97

¹Standard error of the mean

^{abc}Means in a same row with different superscript letters significantly differ (P<0.05)

^{ABC}Means in a same row with different superscript letters significantly differ (P<0.01)

2) 혈액 성분

육성비육돈 사료 내 캐슈넛 첨가가 육성비육돈의 혈액 성상에 미치는 영향을 표 42에 나타내었다. BUN 항목에서는 통계적 유의차는 나타나지 않았으며, Glucose, total cholesterol, creatinine 항목에서는 유의적 차이를 나타냈다.

BUN(blood urea nitrogen)은 체내의 필수 영양소 중 하나인 아미노산의 이용에 대한 대표적 지표(Eggum, 1970)로 단백질 섭취와 품질에 직접적인 연관성을 가지며(Eggum, 1970;

Hahn 등, 1995), 섭취한 질소의 체내 유지에 관여한다(Whang과 Easter, 2000). 또한 Bergner (1977)는 혈청 내 Urea 농도와 사료의 생물가 (biological value)간에 역의 상관관계가 있다고 밝힘으로써 BUN이 동물의 단백질 요구량을 결정하거나 (Hatori 등, 1994; Cai 등, 1996), 단일 아미노산의 요구량을 결정하는데 (Taylor 등, 1982; Coma 등 1995), 반응 지표로 사용되고 있다.

식이 섬유소는 종류와 돼지의 일령 또는 사료 급여 방법에 따라 약 7-30% 정도의 에너지 요구량이 단쇄 지방산의 흡수에 의해 공급된다(Kass et al., 1980; Yen et al., 1991). 돼지는 대장 내 미생물에 의해 섬유소가 발효되어 단쇄 지방산이 생성되며, 대장에서 흡수된 대부분의 단쇄 지방산은 내인성 cholesterol 합성의 전구체인 acetate로 존재하여 체 내 에너지 공급원으로 쓰인다고 알려져 있다(Giusi-Perier et al., 1989), 하지만, 이와 관련되어 수행되어 온 양돈 사료 내 섬유소 증량 첨가에 따른 혈중 cholesterol 변화에 대한 선행 연구들은 일관되지 못한 결과를 나타냈다. Gargallo 와 Zimmerman, (1981) 은 양돈 사료 내 정제된 셀룰로오스를 2, 10, 18 % 씩 증량 급여하면 혈중 cholesterol도 일정하게 증가한다고 보고 하였으나, Yoon 등 (2010)은 양돈 사료 내 DDGS와 β -mannanase의 첨가가 혈액 내 glucose 와 cholesterol 및 중성지방에 영향을 미치지 않는다고 발표하였다.

본 실험에서 캐슈넛 수준별 첨가는 glucose 분석항목에 있어서 전 기간에 걸쳐 유의적인 차이를 보이지 않았으며, total cholesterol 분석 항목에서는 비육후기 캐슈넛 함량이 수준별로 증가함에 따라 유의적으로 감소하는 결과를 나타냈다(linear, $P < 0.01$).

Creatinine은 혈중 비단백성 질소화합물의 하나로, 주로 근육의 creatine으로부터 비효소적 탈수반응에 의해 생산되는 최종대사산물로서, creatinine은 생성되어 혈중으로 유출되고 신장에서 뇨로 배출되므로, creatinine 생성량이 신체의 총근육량을 추정할 수 있는 지표로 사용되기도 한다. Schultte (1981)은 혈중 creatinine의 농도는 총 횡문근량에 비례한다고 하였고, Baxmann (2008)은 혈액과 뇨의 creatinine 농도는 근육량과 밀접한 상관관계에 있다고 하였다. Shultte (1981)에 따르면 total plasma creatinine은 urinary creatinine와 밀접한 상관관계($r=0.82$)가 있으며, 근육량은 혈중 creatinine의 0.88배가 된다고 하였다. 본 실험에서는 비육전기 캐슈넛 처리구 간 통계적 유의차를 나타냈으며(linear, $P=0.02$) 캐슈넛 함량이 증가함에 따라 Creatinine의 함량이 증가하였다.

표 42. 사료 내 Cashew nut의 수준별 첨가가 육성비육돈의 혈액성상에 미치는 영향

Criteria	Treatments				SEM ¹	P-value	
	CON	C05	C10	C15		Linear	Quadratic
Glucose, mg/dL							
Initial	93.00	93.00	93.00	93.00	2.933	-	-
3 week	85.33	93.17	80.67	91.00	5.578	0.76	0.70
6 week	94.33	94.67	90.17	94.83	1.419	0.81	0.44
10 week	87.33	85.83	92.00	89.17	1.542	0.46	0.85
14 week	86.67	88.17	83.17	89.17	1.184	0.84	0.41
Total cholesterol, mg/dL							
Initial	73.20	73.20	73.20	73.20	3.865	-	-
3 week	81.50	76.83	85.50	70.83	5.377	0.31	0.33
6 week	80.67	79.00	80.67	72.33	2.196	0.24	0.45
10 week	78.83	78.67	74.83	78.00	2.111	0.78	0.74
14 week	83.17	75.00	71.00	67.50	1.900	<0.01	0.45
Creatinine, mg/dL							
Initial	0.67	0.67	0.67	0.67	0.047	-	-
3 week	0.88	0.83	0.91	0.86	5.842	0.92	0.99
6 week	1.24	1.05	1.17	1.09	0.037	0.33	0.49
10 week	0.98	1.16	1.08	1.38	0.057	0.02	0.51
14 week	1.42	1.49	1.10	1.31	0.074	0.28	0.64
BUN, mg/dL							
Initial	10.44	10.44	10.44	10.44	0.728	-	-
3 week	13.18	13.13	13.07	9.98	3.118	0.23	0.40
6 week	11.15	14.02	14.30	15.08	0.569	0.02	0.34
10 week	13.23	14.35	15.25	14.17	0.456	0.40	0.27
14 week	12.53	11.55	11.32	14.58	0.569	0.26	0.08

¹Standard error of the mean

^{abc}Means in a same row with different superscript letters significantly differ (P<0.05)

^{ABC}Means in a same row with different superscript letters significantly differ (P<0.01)

3)돈육의 pH 변화

돈육의 pH 변화는 돈육의 품질을 결정하는 중요한 요인으로 신선도, 보수력, 연도, 결착력, 육색, 조직감 등의 돈육 품질에 영향을 미치며, 돈육의 저장성 측면에서도 깊은 연관을 가진다. 일반적으로 도축 후 돈육의 초기 pH는 PSE육의 예측치로, 최종 pH는 DFD의 예측치로 그 효용성이 인정되고 있다. Bole 등 (1993)은 pH 수치가 돈육의 질과 보수성 및 연도에 밀접한 관련이 있다고 하였으며, Palansky와 Nosal (1991)은 pH가 증가하면 조리 감량이 감소

된다고 보고하였다. 일반적으로 도축 후 돈육에서 glycogen의 혐기적 해당작용에 의하여 젖산(lactic acid)이 생성되어 pH는 떨어지게 된다. 하지만 과도한 운송스트레스를 받거나 도축 시 과도한 스트레스를 받을 경우 glycogen 이용에 변화가 생겨 pH가 정상적인 경향을 나타내지 않을 수도 있는데, 이러한 경우 DFD육이나 PSE육이 발생할 위험성이 높아지게 된다.

본 실험에서는 돈육의 pH 변화를 측정하기 위해 도축 후 총 6번 0, 3, 6, 12, 24 시간에 pH를 측정하였고, 보관시에는 4°C 냉장상태로 보관하였다. 캐슈넛의 사료 내 첨가하였을 시 도축 후 돈육의 pH 변화에 미치는 영향을 아래의 표 43에 나타내었다. 측정결과, 0, 3, 6, 12 시간후의 돈육의 pH에서는 처리구간의 통계적 유의차가 발생되지 않았지만, 24시간 후의 돈육의 pH에서는 처리구간의 통계적 유의차가 발생하였지만(P=0.04), 캐슈넛의 첨가에 따른 영향은 나타나지 않은 것으로 사료되며, 24시간 후 pH값이 정상적인 범위 내에 분포하는 것으로 볼 때 PSE육이나 DFD발생의 가능성은 낮은 것으로 나타났다.

표 43. 사료 내 Cashew nut의 수준별 첨가가 도축 후 돈육의 pH 변화에 미치는 영향

Criteria	Treatments				SEM ¹	P-value	
	CON	C05	C10	C15		Linear	Quadratic
Time after slaughter, hour							
0 hour	6.03	6.11	5.99	5.99	0.028	0.38	0.52
3 hour	5.68	5.85	5.82	5.77	0.033	0.44	0.15
6 hour	5.58	5.60	5.71	5.68	0.026	0.07	0.58
9 hour	5.61	5.60	5.68	5.65	0.020	0.36	0.85
12 hour	5.60	5.60	5.71	5.64	0.020	0.20	0.39
24 hour	5.66 ^{ab}	5.64 ^b	5.73 ^{ab}	5.77 ^a	0.020	0.04	0.51

¹Standard error of the mean

^{abc}Means in a same row with different superscript letters significantly differ (P<0.05)

^{ABC}Means in a same row with different superscript letters significantly differ (P<0.01)

4) 돈육의 육색변화

소비자가 돈육을 매장에서 구매할시 가장 먼저 보는 것은 바로 육색이다. 이러한 특징 때문에 육색은 소비자가 돈육의 품질을 파악하고, 구매를 결정하는 데에 가장 큰 영향을 미치게 된다. 일반적으로 Hunter a value가 너무 낮으면 PSE (pale, soft, exudative)육을 의심해야 하며, 너무 높으면 DFD (dark, firm, dry)육일 수 있다. Hunter a value를 적색도라고 하고 Hunter b value를 황색도라고 하는데, 적색도가 감소하고, 황색도가 증가하면 돈육의 신선도를 평가할 때 좋지 않은 영향을 미친다고 알려져 있다. Joo 등(1993)은 도축 후 24시간이 경과하였을 때 L 값이 58이상이면 PSE 돈육이라고 기준을 명시하였는데, 본 실험에서는 모든 처리구에서 이보다 낮은 이상적인 수치를 나타냈다.

본 실험결과, 명도(L value)에서는 12시간째에 캐슈넛의 첨가수준에 따른 linear response

가 나타났다(P=0.03). 적색도(a value)에서는 시간에 따른 처리구간의 통계적 유의차가 발생하지 않았으며, 황색도(b value)에서는 12시간과 24시간째에 처리구간의 통계적 유의차가 발생하였다(P=0.04). 전체적으로 캐슈넛의 첨가수준에 따른 육색의 변화는 정상적인 수치를 기록하였으며, 이러한 결과를 통하여 육성비육돈 사료내 캐슈넛의 첨가가 돈육의 육색에 부정적인 영향을 미치지 않으며, PSE육 및 DFD육과 같은 이상육 발생에도 직접적인 영향을 미치지 않는 것으로 볼 수 있다.

표 44. 사료 내 Cashew nut의 수준별 첨가가 도축 후 돈육의 육색 변화에 미치는 영향

Criteria	Treatments				SEM ¹	P-value	
	CON	C05	C10	C15		Linear	Quadratic
Hunter value, L²							
0 hour	42.44	40.78	42.36	43.21	0.497	0.46	0.30
3 hour	41.81	42.50	42.58	42.99	0.802	0.66	0.94
6 hour	43.50	43.67	43.83	44.48	0.572	0.55	0.84
9 hour	43.45	44.77	44.64	45.98	0.562	0.16	0.99
12 hour	43.25 ^b	45.57 ^{ab}	43.72 ^b	47.21 ^a	0.612	0.03	0.52
24 hour	44.67	48.31	47.35	48.40	0.682	0.12	0.36
Hunter value, a³							
0 hour	2.58	2.08	2.18	2.69	0.162	0.72	0.09
3 hour	2.57	2.24	2.57	2.83	0.157	0.29	0.22
6 hour	3.35	3.54	3.24	4.10	0.231	0.25	0.36
9 hour	3.52	3.44	2.88	3.83	0.254	0.83	0.22
12 hour	3.51	3.62	3.09	4.08	0.195	0.46	0.23
24 hour	4.16	4.55	3.66	5.22	0.312	0.21	0.16
Hunter value, b⁴							
0 hour	4.16	3.35	3.83	4.20	0.150	0.63	0.06
3 hour	4.41	4.03	4.70	4.69	0.163	0.22	0.48
6 hour	5.52	5.59	5.46	6.09	0.171	0.15	0.25
9 hour	5.49	5.57	5.37	6.03	0.177	0.16	0.20
12 hour	5.46 ^b	5.76 ^{ab}	5.37 ^b	6.45 ^a	0.178	0.04	0.14
24 hour	6.09 ^b	7.01 ^{ab}	6.44 ^{ab}	7.32 ^a	0.211	0.04	0.95

¹ Standard error of mean.

² L - luminance or brightness (vary from black to white).

³ a - red·green component (+a=red, -a=green).

⁴ b - yellow·blue component (+b=yellow, -b=blue).

4. 결론(Conclusion)

본 실험은 원료사료 대체 가능성을 가지고 있는 캐슈넛을 육성·비육돈 사료에 급여하여 사양 성적과 혈액 분석, 육질 분석 등을 바탕으로 적정 대체 수준을 규명하기 위해 수행되었다. 14주간의 사양실험 결과, 육성전기(linear, $P<0.01$), 육성후기(linear, $P<0.05$), 비육전기(linear, $P<0.01$) 기간 동안에 사료 내 캐슈넛 수준별 첨가에 따른 통계적인 유의적 차이를 보였으며, 비육후기 통계적인 유의차가 나타나지 않았다. 일당증체량(Average daily gain, ADG)의 경우 육성기 동안 캐슈넛 수준별 첨가에 따른 유의적 차이를 보였으며(linear, $P=0.03$), 비육전기 그리고 비육후기 기간동안 캐슈넛 수준별 첨가가 일당증체량에 있어서 유의적으로 감소하는 경향을 보였다(linear, $P=0.05$). 일당 사료 섭취량 (Average daily feed intake, ADFI)에서는 비육 전기에 캐슈넛 첨가수준이 증가함에 따라 사료 섭취량이 감소하였다(linear, $P<0.05$). 사료 효율(gain/feed)에 있어서는 육성기 동안 사료 내 캐슈넛 함량이 증가할수록 사료 효율이 유의적으로 감소되는 결과를 보였다(linear, $P<0.01$). 혈액 성상을 분석한 결과, 캐슈넛 수준별 첨가는 glucose 분석항목에 있어서 전 기간에 걸쳐 유의적인 차이를 보이지 않았으며, total cholesterol 분석 항목에서는 비육후기 캐슈넛 함량이 수준별로 증가함에 따라 유의적으로 감소하는 결과를 나타냈다(linear, $P<0.01$). 비육전기 캐슈넛 처리구 간 통계적 유의차를 나타냈으며(linear, $P=0.02$) 캐슈넛 함량이 증가함에 따라 Creatinine의 함량이 증가하였으며, BUN은 전기간에 걸쳐 유의적인 차이를 나타내지 않았다. 돈육의 pH 변화에서는 도축 24시간 후의 돈육의 pH에서는 처리구간의 통계적 유의차가 발생하였지만($P=0.04$), 캐슈넛의 첨가에 따른 영향은 나타나지 않은 것으로 사료되며, 24시간 후 pH값이 정상적인 범위 내에 분포하는 것으로 볼 때 PSE육이나 DFD발생의 가능성은 낮은 것으로 나타났다. 육색 변화에서는 명도(L value)에서는 12시간째에 캐슈넛의 첨가수준에 따른 linear response가 나타났다($P=0.03$). 적색도(a value)에서는 시간에 따른 처리구간의 통계적 유의차가 발생하지 않았으며, 황색도(b value)에서는 12시간과 24시간째에 처리구간의 통계적 유의차가 발생하였다($P=0.04$). 전체적으로 캐슈넛의 첨가수준에 따른 육색의 변화는 정상적인 수치를 기록하였으며, 이러한 결과를 통하여 육성비육돈 사료내 캐슈넛의 첨가가 돈육의 육색에 부정적인 영향을 미치지 않는다고 사료된다.

<제1 협동과제명 : 자돈의 생산성과 관련된 후생학적 유전체 profile 개발>

연구 1. 돼지의 생산성 (이유시 체중) 관련한 후성유전체 (DNA methylation) 연구 기반 구축

1. 서론 (Introduction)

최근 돼지 게놈 프로젝트가 완료되어 전체 DNA 염기서열에 대해 보고가 됨에 따라 이를 이용한 산업적 접근이 다양하게 시도되고 있다. 특히 다양한 조직 및 기관의 세포는 동일한 유전자 정보를 가짐에도 불구하고 그 기능과 형태에서 큰 차이가 있는데 이는 각 세포 유형에 특이적으로 발현되는 유전자의 발현 양상 때문이며 이를 연구하는 후성유전체학 (Epigenetics)이 주목을 받고 있다. 축산 분야에서 접근해 볼 때 사료의 급여, 스트레스, 첨가제 종류 및 사육 환경 등과 같은 환경적인 원인에 의해 후성 유전학적 변이가 나타나며, 특정한 환경 변화가 일어날 경우 후성 유전학적 변이도 변화한다. 돼지의 생산성과 관련된 복잡형질의 분산에서 기존의 단일염기다형성과 복제수 변이 (CNV) 등 유전체 수준에서 설명하지 못하는 잃어버린 유전성(missing heritability)을 후성 유전체학을 통해 설명할 수 있을 것으로 기대된다. 그러나 의료 분야의 후성유전체는 실용화 가능성이 높아서 진행이 많이 된 상태지만, 농업의 후성유전체 연구는 국제적으로도 아직 태동단계에 있다. 산업적 관점에서 보았을 때 후성유전학적 프로파일링을 이용하면 자돈에 대한 환경 적응성을 판단할 수 있고 이는 높은 성장률과 낮은 폐사율을 가진 자돈 생산을 위한 기초자료로 제공될 수 있다는 점에서 후성 유전체 연구는 매우 높은 잠재 가치를 가지고 있다. 국내의 후성유전체 및 후성유전학 연구는 인간의 질병과 관련된 분석 연구가 대부분이다. 하지만 이미 랜드레이스, 유록, 버크셔 등 3가지 돼지 품종의 간 조직을 이용한 연구에서 각 3천 만개 씩 모두 9천 만개의 후성유전체를 발견한 사례가 존재한다고 보고되었다 (Bang과 Kim 등. 2013). 경제동물의 후성유전체에 대한 국외의 연구는 대부분 생식세포, 수정란, 태중 성장 단계의 epigenetic modification에 의한 re-programming 관련 논문이며, Yang 등 (2011)의 연구에서 돼지 조직의 DNA methylation pattern에 관한 연구결과와 같이 조직별 후성 유전체적 변이에 관한 연구결과는 있으나, 육질과의 연관성 또는 이를 동물 육종에 활용하는 연구보고는 거의 없다. 따라서 무궁한 잠재 가치를 지니고 있는 경제동물에 대한 후성 유전체 연구는 반드시 진행되어야 하며 이를 위해 돼지의 생산성 관련 후성 유전체 연구 기반의 구축은 우리나라 축산업을 위해 반드시 필요한 분야라고 할 수 있다. 이러한 연구배경을 토대로 돼지의 생산성 (이유 시 체중)과 관련한 후성유전체 (DNA methylation) 연구 기반을 구축하고자 본 연구가 수행되었다.

2. 실험 방법 및 재료 (Materials and methods)

1) 시료의 확보

자돈의 성장률 향상을 위한 후성학적 연구를 위해 성장률의 차이를 보이는 후보군을 선발한다. 연구대상의 선발 및 실험 디자인에 있어서 무엇보다 중요한 변이 통제를 위해 영향을 미칠 수 있을 것으로 예상되는 효과 중에 하나인 모체효과 (Maternal Effect)를 제거하기 위해 모든 1두에서 생산된 자돈 중에서 성장률이 가장 뛰어난 1두와 가장 떨어지는 자돈 1두를 선발하였다.

축종 : 3원 교잡종([Y×L]×D; 요크셔, 랜드레이스, 듀록)

일령 : 생후 21일령 (이유 시 일령)

이유 시 체중 (평균 이유체중 6kg)

모든 1두에서 생산된 체중이 가장 많이 나가는 자돈과 적게 나가는 자돈을 선발하여 반복 실험을 위해 모든 3두에서 총 6두를 샘플링 하였고 이유 시 체중은 다음과 같다.

표 45. 본 연구에 사용된 자돈의 이유 시 체중

	High	Low
모돈 1	7.8	5.44
모돈 2	8.14	4.72
모돈 3	8.5	6.42
평균	8.15	5.53

이유 전까지 자돈은 모돈의 모유를 통해서 영양을 공급받는데 모유의 소화와 흡수에 중요한 역할을 하는 장기는 간과 소장이다. 각각의 개체에서 간과 소장조직을 샘플링하여 후성유전체 분석을 위한 간과 소장 조직을 확보하였다.

2. 실험 결과 및 고찰 (Results and discussion)

1) DNA QC

성공적인 차세대 염기서열 분석을 수행하기 위해서는 무엇보다 Sequencing에 사용되는 DNA의 품질이 중요하다 이를 위해서 Sequencing 플랫폼인 Illumina의 기준에 따라 DNA Quality Control을 수행한다.

No.	Case	Tissue	Sample	Trinean			Picogreen Con.(ng/ul)	Volume (ul)	Amount (ng)	QC결과	Fail 사유
				DNA-Con.(ng/ul)	A260/280	A260/230					
1	1	간	low	1952	1.83	0.48	312.48	25	7811.9	Pass	
2	2	간	low	2730	1.86	0.52	422.87	25	10571.7	Pass	
3	3	간	low	2948	1.83	0.63	581.06	25	14526.6	Pass	
4	4	소장	low	2965	1.78	0.7	1016.1	25	25402.5	Pass	
5	5	소장	low	2980	1.82	0.58	1303.24	25	32580.9	Pass	
6	6	소장	low	3773	1.78	0.71	1389.7	25	34742.4	Pass	
7	7	간	high	3473	1.85	0.62	471.79	25	11794.8	Pass	
8	8	간	high	2535	1.75	0.69	414.23	25	10355.8	Pass	
9	9	간	high	2415	1.83	0.53	559.77	25	13994.3	Pass	
10	10	소장	high	2275	1.72	0.65	920.04	25	23000.9	Pass	
11	11	소장	high	2750	1.89	0.55	859.82	25	21495.6	Pass	
12	12	소장	High	3630	1.83	0.74	1451.56	25	26288.9	Pass	

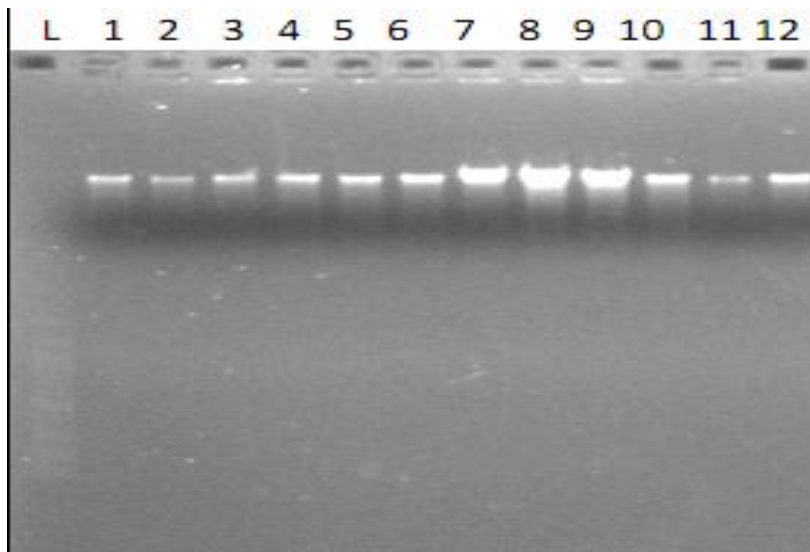


그림 7. DNA QC 결과

Trinean, Picogreen assay, Gel electrophoresis를 이용한 DNA QC에서 총 12개의 Sample 은 NGS를 진행하기 위한 충분한 양의 DNA가 확보되었음을 알 수 있었다. 위의 Gel 사진에서 순서대로 4-9, 13-18까지 총 12개의 샘플이 위 표의 샘플별 그림이다.

2) MBD-IP

Genome base상의 Methylation을 파악하는 방법은 여러 가지 방법이 있지만 최근의 추세는 면역침전을 이용한 Enrichment 방식의 Methylation Detection 방법이 많이 사용된다.

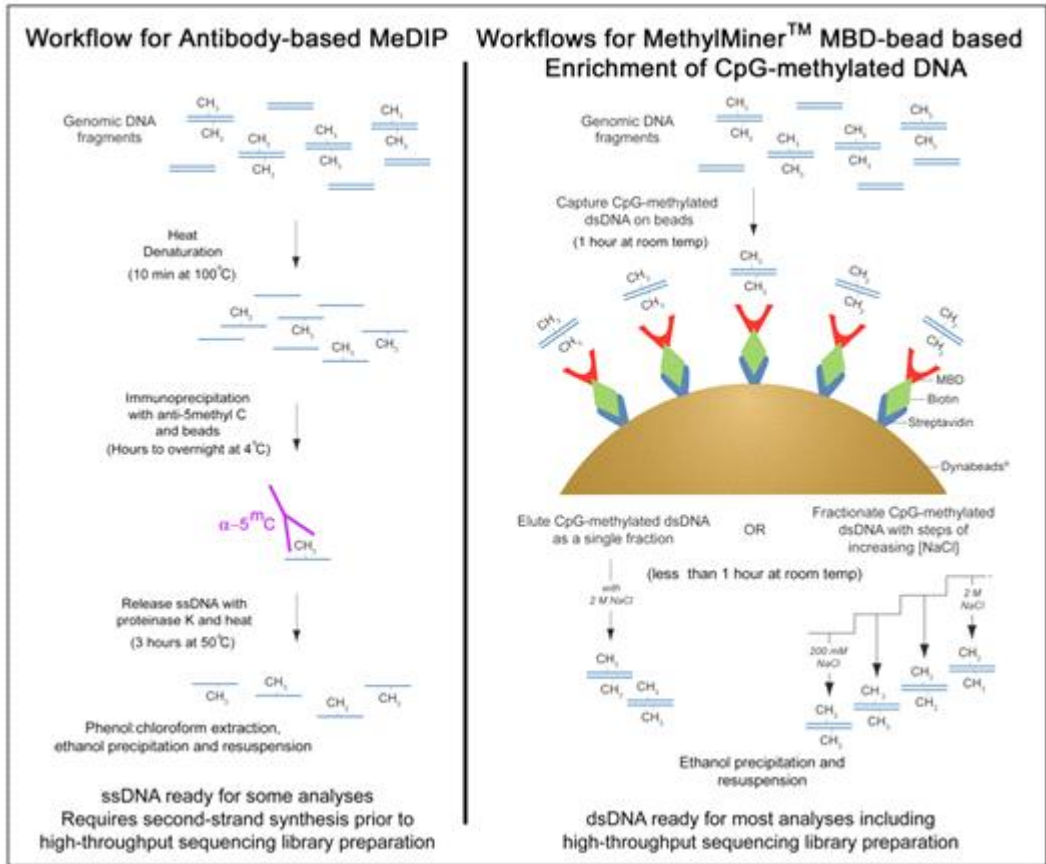


그림 8. Methylated DNA 면역 침전 방법

NGS를 이용한 Methylation 연구는 위와 같이 크게 두 가지 방법을 이용해서 전체 DNA 중에서 Methylation이 있는 DNA만을 선별하게 되는데 MEDIP과 MBD 방식이 그것이다. 두 방식은 동일하게 항체나 단백질 등을 이용하여 Methyl기가 붙어 있는 시스테인과 결합시키고 해당 항체나 단백질을 특이적으로 인식하는 항체를 이용하여 해당 항체 혹은 단백질과 결합되어 있는 DNA를 면역침전 시키는 방식이다. 이와 같은 방식은 기존의 Bisulfite를 이용한 Sanger Sequencing 방식에 비해 장점을 가지는데 이는 표 46 에 정리되어있다. MEDIP과MBD와 같이 면역침전 방식을 이용하여 진행되는 Methylation 분석의 경우 기존의 분석방법 중에서 가장 높은 수준(26M)의 CpG 커버리지를 보이는 BS shotgun 방식에 비해 거의 비슷한 수준인 25M의 CpG Coverage를 보이고 CpG island Coverage에 있어서는 동일한 수준의 Detection 능력을 보이는 것으로 알려져 있다. 이런 높은 수준의 Coverage와 함께 가격은 기존의 방법에 비해 10배 이상 저렴하기 때문에 Genome-wide methylation 분석에 가장 많이 활용되고 있다.

표 46. DNA Methylation 분석 방법 비교

	CpG coverage	CpG island Coverage	Resolution	Illmina Lanes
Genome Total	28M	28K	NA	NA
BS shotgun	26M	27K	1	10
RRBS	0.2-1M	15K	1	1
MBD and MeDIP Seq	25M	27K	1 and 200	1
Golden Gate	1,500	800	1	NA
Infinium	480,000(2012)	12,000	1	NA

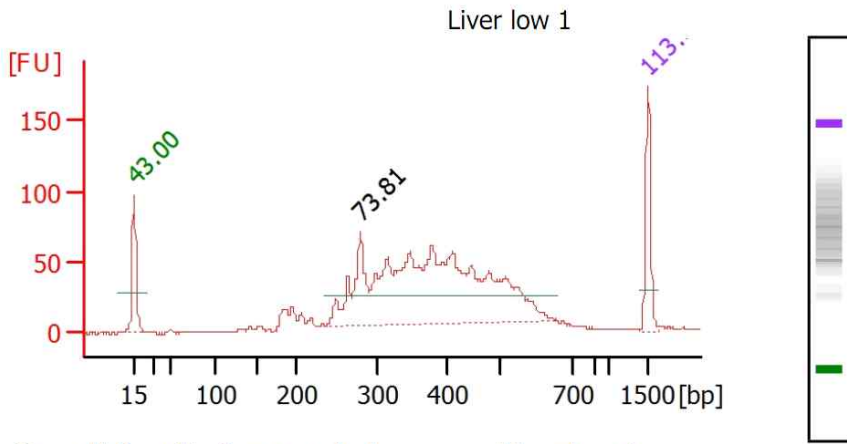
면역침전 반응을 통해 Capture된 Methylated DNA는 NGS 시퀀싱을 위해 양쪽에 Adaptor와 Index 시퀀스 등을 연결해줄 필요가 있다. Index sequence는 12개의 Sample을 한번에 1개의 Lane에서 진행하기 위해서 필요한 것으로 생산된 데이터에서 샘플별로 데이터를 분리하는데 필요하다. 사용된 Index 정보는 다음과 같다.

표 47. Library Index 정보

No.	샘플 이름	Tube labeling	Experion		Index 1	Index 1 Seq.
			Size(bp)	Con.(ng/ul)		
1	Liver_low_1	Liver_low_1	330	22.81	1	ATCACG
2	Liver_low_2	Liver_low_2	330	9.68	10	TAGCTT
3	Liver_low_3	Liver_low_3	330	7.78	20	GTGGCC
4	Intestine_low_1	Intestine_low_1	330	2.15	3	TTAGGC
5	Intestine_low_2	Intestine_low_2	330	11.39	9	GATCAG
6	Intestine_low_3	Intestine_low_3	330	14.87	25	ACTGAT
7	Liver_High_1	Liver_High_1	330	17.19	8	ACTTGA
8	Liver_High_2	Liver_High_2	330	23.86	11	GGCTAC
9	Liver_High_3	Liver_High_3	330	7.06	22	CGTACG
10	Intestine_High_1	Intestine_High_1	330	7.59	5	ACAGTG
11	Intestine_High_2	Intestine_High_2	330	18.17	6	GCCAAT
12	Intestine_High_3	Intestine_High_3	330	11.46	15	ATGTCA

Index Sequence와 Adaptor Sequence를 처리한 후 Bioanalyzer를 이용하여 NGS를 수행하기 전 Library 구축이 잘 되었는지를 파악한다.

Electropherogram Summary



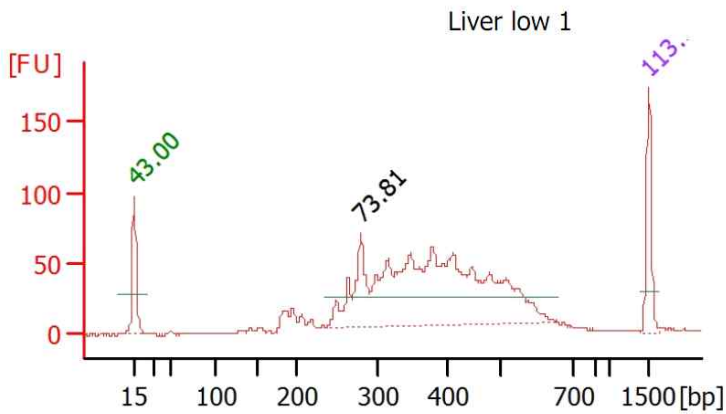
Overall Results for sample 1 : Liver low 1

Number of peaks found: 1

Peak table for sample 1 : Liver low 1

Peak	Size [bp]	Conc. [ng/ μ l]	Molarity [nmol/l]	Observations
1	15	4.20	424.2	Lower Marker
2	279	22.81	123.7	
3	1,500	2.10	2.1	Upper Marker

Electropherogram Summary

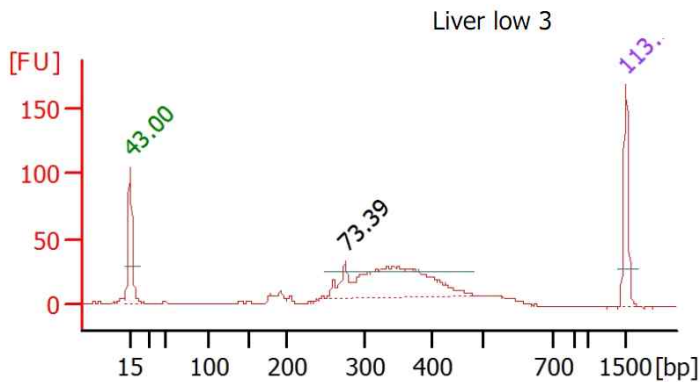


Overall Results for sample 1 : Liver low 1

Number of peaks found: 1

Peak table for sample 1 : Liver low 1

Peak	Size [bp]	Conc. [ng/ μ l]	Molarity [nmol/l]	Observations
1	15	4.20	424.2	Lower Marker
2	279	22.81	123.7	
3	1,500	2.10	2.1	Upper Marker

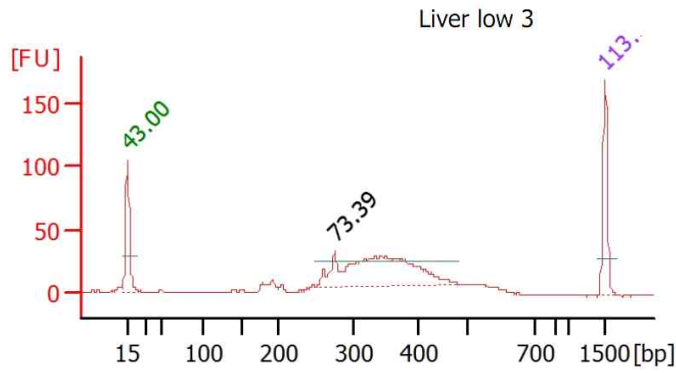


Overall Results for sample 3 : Liver low 3

Number of peaks found: 1

Peak table for sample 3 : Liver low 3

Peak	Size [bp]	Conc. [ng/ μ l]	Molarity [nmol/l]	Observations
1	15	4.20	424.2	Lower Marker
2	276	7.78	42.7	
3	1,500	2.10	2.1	Upper Marker

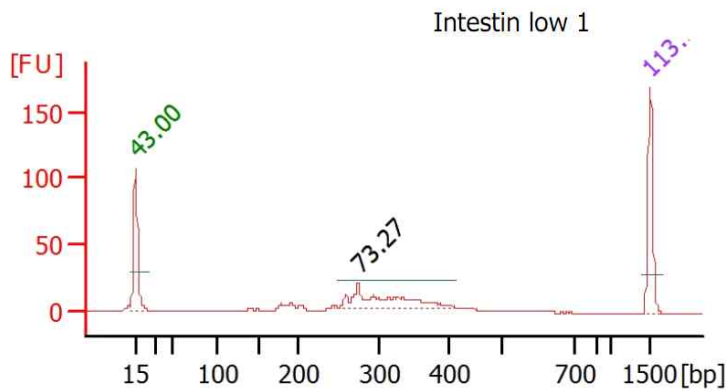


Overall Results for sample 3 : Liver low 3

Number of peaks found: 1

Peak table for sample 3 : Liver low 3

Peak	Size [bp]	Conc. [ng/ μ l]	Molarity [nmol/l]	Observations
1	15	4.20	424.2	Lower Marker
2	276	7.78	42.7	
3	1,500	2.10	2.1	Upper Marker

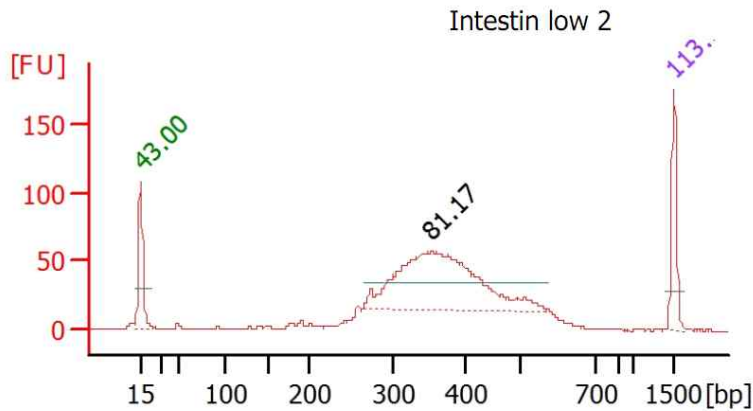


Overall Results for sample 4 : Intestin low 1

Number of peaks found: 1

Peak table for sample 4 : Intestin low 1

Peak	Size [bp]	Conc. [ng/ μ l]	Molarity [nmol/l]	Observations
1	15	4.20	424.2	Lower Marker
2	275	2.15	11.9	
3	1,500	2.10	2.1	Upper Marker

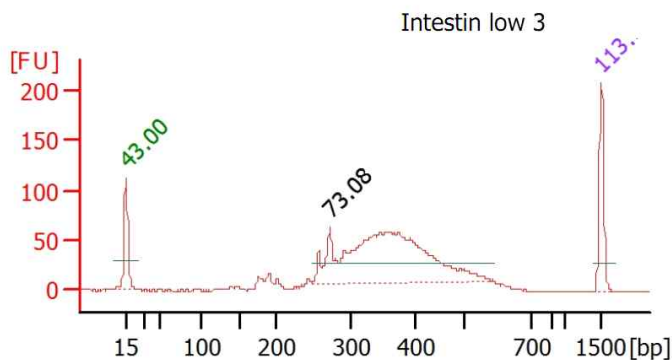


Overall Results for sample 5 : Intestin low 2

Number of peaks found: 1

Peak table for sample 5 : Intestin low 2

Peak	Size [bp]	Conc. [ng/μl]	Molarity [nmol/l]	Observations
1	15	4.20	424.2	Lower Marker
2	352	11.39	48.9	
3	1,500	2.10	2.1	Upper Marker



Overall Results for sample 6 : Intestin low 3

Number of peaks found: 1

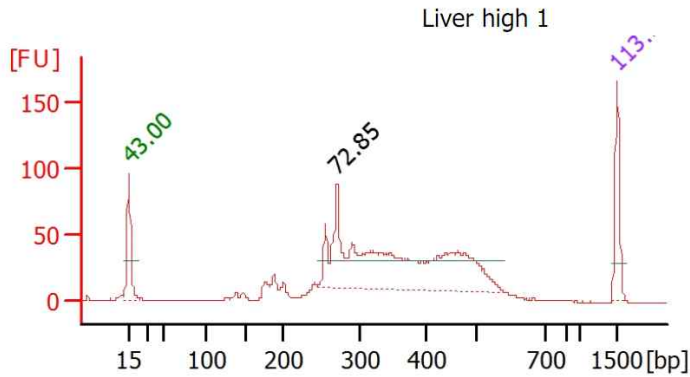
Peak table for sample 6 : Intestin low 3

Peak	Size [bp]	Conc. [ng/μl]	Molarity [nmol/l]	Observations
1	15	4.20	424.2	Lower Marker
2	273	14.87	82.6	
3	1,500	2.10	2.1	Upper Marker

그림 9. Library QC Result

3) 분석 기반 구축

NGS를 이용한 Methylation 분석의 경우 특정 Base나 유전자 별 DNA Methylation이 아닌 지역의 Methylation 정보를 샘플 간에 비교하게 된다. 이를 위해서는 NGS를 통해서 생

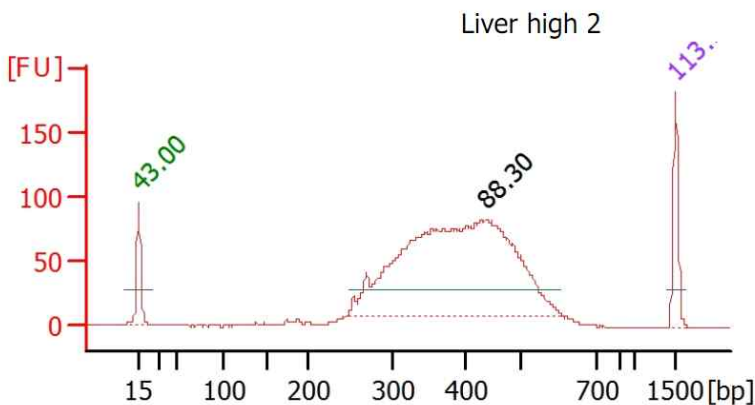


Overall Results for sample 7 : Liver high 1

Number of peaks found: 1

Peak table for sample 7 : Liver high 1

Peak	Size [bp]	Conc. [ng/μl]	Molarity [nmol/l]	Observations
1	15	4.20	424.2	Lower Marker
2	271	17.19	96.2	
3	1,500	2.10	2.1	Upper Marker



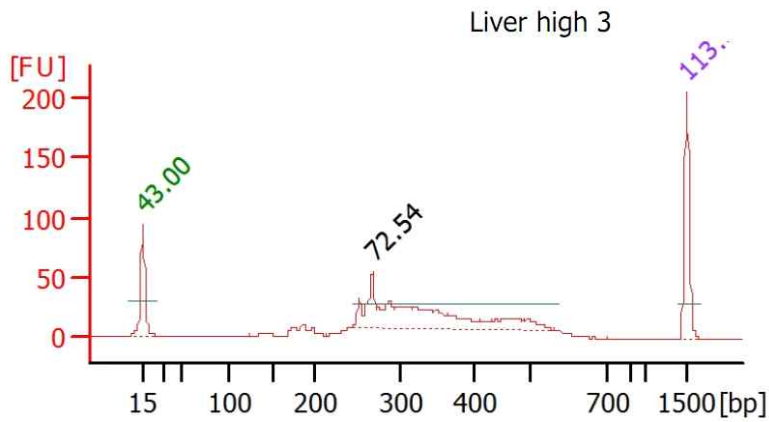
Overall Results for sample 8 : Liver high 2

Number of peaks found: 1

Peak table for sample 8 : Liver high 2

Peak	Size [bp]	Conc. [ng/μl]	Molarity [nmol/l]	Observations
1	15	4.20	424.2	Lower Marker
2	436	23.86	82.9	
3	1,500	2.10	2.1	Upper Marker

산된 데이터를 알려져 있는 Reference Genome에 정렬하고 두 비교 대상간의 Read 정렬의 Pattern을 통계적으로 분석하여 DMR (Differentially Methylated Region)을 찾아내게 된다. 데이터의 생산 전 데이터의 분석 기반 구축을 위해서 가장 먼저 수행해야하는 일은 Reference Genome을 확보하고 Downstream 분석에 사용될 Program과 방법들을 적립하는 것이 무엇보다 중요하다.

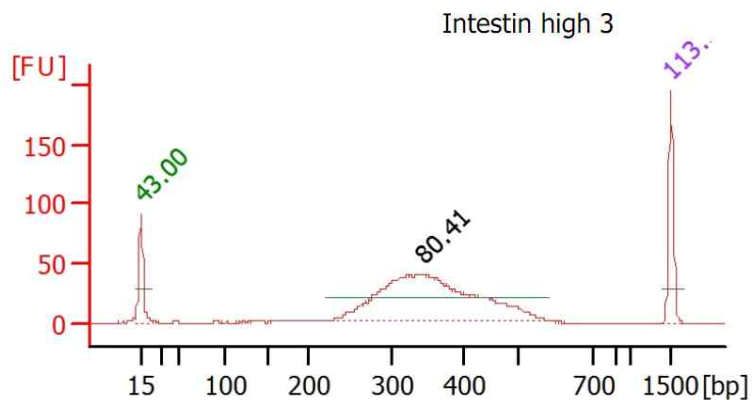


Overall Results for sample 9 : Liver high 3

Number of peaks found: 1

Peak table for sample 9 : Liver high 3

Peak	Size [bp]	Conc. [ng/μl]	Molarity [nmol/l]	Observations
1	15	4.20	424.2	Lower Marker
2	268	7.06	39.9	
3	1,500	2.10	2.1	Upper Marker



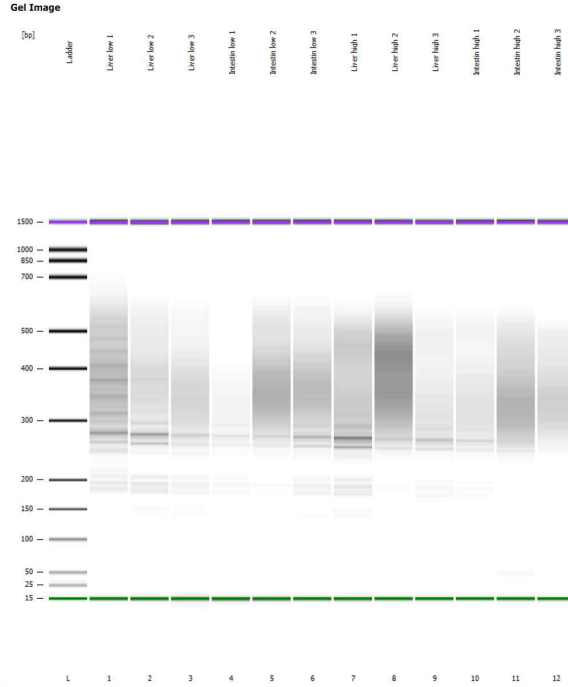
Overall Results for sample 12 : Intestin high 3

Number of peaks found: 1

Peak table for sample 12 : Intestin high 3

Peak	Size [bp]	Conc. [ng/μl]	Molarity [nmol/l]	Observations
1	15	4.20	424.2	Lower Marker
2	345	11.46	50.4	
3	1,500	2.10	2.1	Upper Marker

그림 10. 돼지 참조 유전체 서열 (NCBI)



Sus scrofa (pig)
pig

Lineage: Eukaryota[1044]; Metazoa[381]; Chordata[199]; Craniata[194]; Vertebrata[194]; Euteleostomi[190]; Mammalia[91]; Eutheria[87]; Laurasiatheria[42]; Cetartiodactyla[17]; Suina[1]; Suidae[1]; Sus[1]; Sus scrofa[1]

The pig (*Sus scrofa*) is a member of the artiodactyls, or cloven-hoofed mammals, which are an evolutionary clade distinct from the primates and rodents. Pigs exist in both feral and domesticated populations that have distinct phenotypes and karyotypes. The haploid genome of the domesticated pig is estimated to be 2800 Mb. The diploid genome is [More...](#)

Sequence data: genome assemblies: 3; sequence reads: 6 (See [Genome Assembly and Annotation report](#))

분석에 사용될 Reference Genome은 Sus Scrofa 3로 3대 데이터베이스를 통해서 염색체별 Sequence 정보화 함께 Gene annotation 정보 등이 Download가 가능하다. 이를 기반으로 고 성장군과 저성장군 간의 Methylation 차이를 확인한다. 생산된 Raw data는 돼지의 참조유전체 서열에 Mapping 하기 전 QC과정을 거치게 되는데 이것은 생산된 Read의 Quality Score를 기준에 따라 걸러 내거나 시퀀싱에 필요하여 첨가된 Adaptor, 또는 Index 시퀀스가 남아 오염된 Read등을 정리하는 과정이라 할 수 있다. 그림 11는 대표적으로 NGS rawdata의 정보과약에 주로 사용되는 FASTQC이다. FASTQC를 비롯한 여러 다양한 Tool등을 활용하여 분석에 활용될 정확한 Read 정보를 활용할 수 있도록 Rawdata QC과정을 수행할 예정이다. 이후 QC과정을 거친 데이터는 참조유전체 서열에 정렬을 하게 되는데 다양한 Short Read 정렬 프로그램을 이용하여 정렬을 수행하게 된다. 최근 가장 널리 활용되는 Short Read 프로그램 중에 하나는 Nature지에 논문으로 나온 Bowtie2로 빠른 속도와 함께 높은 정확도로 기존에 사용되던 BWA 이상으로 많이 활용되고 있다.

FastQC

Function	A quality control tool for high throughput sequence data.
Language	Java
Requirements	A suitable Java Runtime Environment The Picard BAM/SAM Libraries (included in download)
Code Maturity	Stable. Mature code, but feedback is appreciated.
Code Released	Yes, under GPL v3 or later .
Initial Contact	Simon Andrews

[Download Now](#)

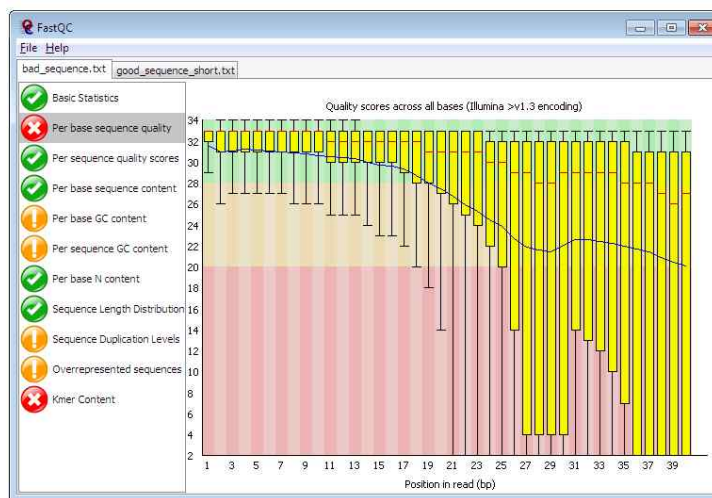


그림 11. FASTQC 프로그램 홈페이지

Fast gapped-read alignment with Bowtie 2

Ben Langmead^{1,2} & Steven L Salzberg¹⁻³

As the rate of sequencing increases, greater throughput is demanded from read aligners. The full-text minute index is often used to make alignment very fast and memory-efficient, but the approach is ill-suited to finding longer, gapped alignments. Bowtie 2 combines the strengths of the full-text minute index with the flexibility and speed of hardware-accelerated dynamic programming algorithms to achieve a combination of high speed, sensitivity and accuracy.

그림 12. Bowtie2

참조유전체 서열에 Read의 정렬이 끝나게 되면 DNA의 증폭과정에서 발생하는 PCR duplicate나 Genome상의 반복서열 부분에 붙어 정확한 위치를 파악하기 힘든 Read들을 제외하기 위한 Filtering과정을 수행할 예정이다. 이런 과정이 진행되어야 정확한 조건간의 비교가 이루어 질 수 있다. 이후 통계적으로 Methylation에서 유의미한 차이를 보이는 Peak Region을 찾기 위해 통계분석을 수행한다.

MEDIPS: genome-wide differential coverage analysis of sequencing data derived from DNA enrichment experiments

Matthias Lienhard^{1,*}, Christina Grimm^{1,2}, Markus Morkel^{1,3}, Ralf Herwig¹ and Lukas Chavez^{1,4}

+ Author Affiliations

*To whom correspondence should be addressed.

그림 13. MEDIPS

MEDIPS는 대표적으로 사용되는 Enrichment 기반의 NGS 데이터 분석 Package이다. 반복이 충분하고 MBD를 이용해 Enrichment된 본 데이터의 분석을 수행하는데 적합한 Tool로 생각된다. 이를 이용하여 고성장군과 저성장군 간의 통계적으로 유의미한 차이를 보이는 Peak를 찾아내고 이를 바탕으로 관련 유전자등의 연구를 수행한다.

4. 결 론 (Conclusion)

돼지 생산성 관련 (이유 시 체중)한 후성유전체 (DNA methylation) 연구와 생물정보 분석을 위한 기반 구축을 1차 년도 연구 목표로 하였으며 그 내용을 정리하면 다음과 같다. 이유자돈의 성장률 향상을 위한 후성학적 연구를 위해 체중이 가장 많이 나가는 자돈군과 체중이 적게 나가는 자돈군을 선발하여 각각의 개체에서 분석을 위하여 간과 소장조직을 샘플링하여 사용하였다. 후성유전체 분석을 수행하기 위한 시퀀싱은 DNA 추출, MBD-IP, Library 제작, Library 증폭, 클러스터 생성, paired end 시퀀싱 및 시퀀싱 데이터의 QC 과정으로 진행된다. 1차 년도에는 위 과정 중 library 제작까지 진행하였으며, 성공적인 시퀀싱에 사용되는 DNA 추출은 Trinean과 picogreen assay와 전기영동장치를 통하여 순도 높고 충분한 양이 추출되었는지를 확인하는 단계부터 library 구축이 잘 되었는지를 Bioanalyzer를 이용하여 검증하는 단계까지 진행하였다. 또한, 후성유전체의 생물정보 분석을 위한 돼지의 reference genome을 확보하였으며, downstream 분석에 사용될 프로그램과 방법들을 구축하였다. 2차 년도에 생산되는 시퀀싱 raw data는 mapping전 FASTQC 진행, 다양한 short read 정렬 프로그램인 Bowtie2 활용을 통한 참조유전체 서열에의 정렬, 정확한 위치 파악이 힘든 read들을 제외하는 Filtering 과정 수행, 통계적으로 Methylation에서 유의미한 차이는 보이는 peak region을 찾기 위한 통계분석 과정이 수행된다. 이를 이용하여 성장이 빠른 개체군과 성장이 늦은 개체군 간의 Read 정렬의 Pattern을 통계적으로 분석하여 DMR (Differentially Methylated Region)을 찾아내는 파이프라인과 생물정보 분석 방법을 구축하였다.

<제2 협동과제명 : 양돈 생산비 절감 및 IT기반 양돈 사양관리 시스템 개발>

연구 1. 돈군이동시기 조절을 통한 생산비 절감 사양시스템 개발

1. 서론 (Introduction)

현재 국내 양돈농가들은 사료가격 폭등, 소모성 질병 그리고 고비용의 분뇨처리비용 등의 다양한 어려움에 처해 있는 실정이다. 특히 우리나라는 외국에 비해 낮은 양돈 생산성과 높은 생산비로 인하여 축산 선진국보다 국가 경쟁력이 다소 떨어지는 편이며, 외국의 사양관리 체계를 검증 없이 들여와 사용하고 있는 경우가 많아 우리나라 실정에 맞지 않게 되는 사례들이 발생하고 있어, 우리나라 실정에 맞는 올바른 사양관리프로그램의 개발이 시급한 상황이다.

양돈사양관리기술 중에서 돈사시설의 효율적 이용과 차단방역으로 인한 생산성 향상을 목표로 성장단계별 (자돈기, 육성기 및 비육기) 분리 사육 기술이 적용되고 있다. 성장단계별 분리 사육 기술은 All in - All out 관리를 기본으로 하여 양돈농장에서 이용되는 기술로 양돈농장 내 사육공간의 집약적 이용, 질병차단 등의 목적으로 일반적으로 이루어지고 있다. 국내의 상업적인 농장의 사양 환경에서 돼지는 이유 후 출하까지 자돈사, 육성사, 비육사 등 일반적으로 2-3차례 이상의 돈사 이동을 거치게 된다. 이러한 돈군의 이동에 따른 환경의 변화와 개체 간의 사회적 충돌이 스트레스를 유발하여 돼지의 성장에 부정적으로 작용할 수 있다는 가능성이 지속적으로 제기되고, 또한 성장정체는 비육돈의 출하일령을 늦추어 사료비용을 높이고 돈사 이용효율을 떨어뜨려 전반적인 생산비용을 상승시키고, 출하일령 지연으로 돈육의 품질에 부정적으로 작용하기도 한다.

돈군의 흐름에 대한 사양실험은 1960년대부터 시작되었는데, Teague와 Grifo는 1961년 연구에서 육성-비육기 동안의 돈군 이동이 사료 요구율을 증가시켜 생산성에 부정적인 영향을 미치는 것으로 나타났다. 또한 사양과정 중 돈군의 이동을 환경 변화에 의한 동물의 스트레스와 이상행동, 동물복지의 측면에서 부정적으로 보는 견해가 나타나기 시작했다 (Friend 등, 1983; Rundgren, 1988). 최근의 연구에서는 돈사 이동과 그에 따른 돈군의 변화를 돼지의 투쟁행동, 부상 발생을 유발하는 스트레스 요인으로 보고 있으며 (Tan과 Shackleton, 1990), 이러한 스트레스 요인이 돼지의 성장률을 감소시킨다는 결과가 주를 이루고있다 (Tan과 Shackleton, 1990; Hessing과 Tielen, 1994; Ekkel과 Savenije, 1996). 위에서 살펴본 바와 같이 최근에 돼지의 성장 극대화를 위해 육성-비육기를 출하 시까지 한 돈방에서 사육하는 사양관리프로그램이 제시되었으며, 이를 적용하는 양돈농가가 늘어난 실정이다. 따라서 본 연구는 이러한 배경을 바탕으로 실제 농가에서 사용하고 있는 돈군이동 비교실험을 통하여 어

면 사양방법으로 돼지를 사양하였을 때 농가의 수익성을 높일 수 있는지를 육성-비육돈의 성장성적, 혈액성상, 면역성상 및 돈육 품질을 통해 규명하고자 한다.

2. 실험 재료 및 방법 (Materials and Methods)

1) 실험동물 (Experimental animals)

평균 체중 28.01 ± 0.005 kg의 3원 교잡종 ([Yorkshire \times Landrace] \times Duroc) 육성돈 56 두를 공시하여 총 12주 동안 육성-비육기 사양실험을 수행하였다. 실험 동물은 전체 2처리 7반복, 반복 당 4두씩 성별과 체중을 기준으로 randomized complete block (RCB) design에 의하여 구배치하였다.

2) 실험설계 및 실험 사료 (Experimental design and feed)

본 실험의 처리구는 다음과 같다 :

1) 1-site: 육성-비육기 1 site 사육 / 육성-비육기 (1.6×3.1 m²)

2) 2-site: 육성-비육기 2 site 사육 / 육성기 (1.3×2.5 m²), 비육기 (1.6×3.1 m²)

실험 기간은 육성 전기 (0-3주), 육성 후기 (4-6주), 비육전기 (7-9주), 비육 후기 (10-12주)로 사육단계를 분류하였고, 공시한 실험동물들을 6주간 사육하고 2 site 처리구는 실험내용에 따라 비육사로 이동하여 6주간 사양하였다. 실험사료는 옥수수과 대두박을 기초로 하는 배합사료를 이용하였으며, 영양소 함량은 NRC 사양표준 (1998)의 영양소 요구량을 충족하도록 하였다. 비타민 및 미량광물질들은 NRC 사양표준 (1998)의 요구수준과 같거나 높게 배합하였다. 실험사료의 원료 및 화학적 조성은 표 48 에 제시된 바와 같다.

3) 사양 실험 (Feeding trial)

사양실험은 1-site 처리구의 경우 육성-비육기를 1.6×3.1 m² 크기의 돈방에서 사육되었으며, 2-site 처리구의 경우 육성기를 1.3×2.5 m² 크기의 돈방에서, 비육기를 1.6×3.1 m² 크기의 돈방에서 사육되었다. 각 돈방에는 하나의 사료 급이기와 니플 급수기가 설치되어 전체 실험 기간 동안 물과 사료를 자유 채식 (*ad libitum*)하도록 하였다. 사양실험은 각각 육성전기 3주, 육성후기 3주, 비육전기 3주, 비육후기 3주로 총 12주간 진행되었다. 체중 및 사료 섭취량은 사육 단계 및 사료 종류의 변동 시점을 고려하여, 각 사육단계가 종료되는 시점에 측정하여 일당증체량 (ADG; average daily gain), 일일사료섭취량 (ADFI; average daily feed intake), 사료효율 (G:F ratio; gain:feed ratio)을 계산하였다.

4) 혈액 성상 (Blood profiles)

혈액은 개시 시점에 임의적으로 6두의 경정맥에서 혈액을 채혈하였으며, 실험 개시 이후에

는 각 사육단계 종료시에 처리 당 6두씩을 선발하여 경정맥에서 채취하였으며, 6주차에는 2-site 처리구의 경우 돈군이동 후 채혈을 실시하였다. 채혈 후 4 °C에서 3,000 rpm으로 15분간 원심분리 하였다. 분리된 혈청은 micro tube에 옮겨서 분석 시까지 -20 °C에 보관하였다. BUN은 자동생화학 분석기 (Ciba-Corning model, Ciba Corning Diagnostics Co.)를 이용하여 분석하였다.

5) 돈육의 pH 및 육색 (pH and color of pork)

12주간 육성-비육기 사양실험 종료 후 각 처리구별로 비육돈 4두씩 총 8두를 선발하여 돈육 품질을 조사하기 위하여 등심근을 채취하였다. 선발된 실험돈들의 평균체중은 109.7 ± 3.08 kg 이었고, 도축 후 미추골로부터 아래로 5개 척추사이의 등심을 샘플링하여, 0, 3, 6, 9, 12, 24 시간에 육색의 경우 chromameter (Minolta CM-508i, Japan)를 이용하여, pH는 pH meter (Nechman Coulter Φ 500 Series, USA)를 이용하여 측정하였다.

6) 돈육 품질 (Pork quality)

보수력 (WHC: Water holding capacity)은 원심분리법 (Ryoichi 등, 1993)으로 측정하였다. 보수력 측정은 Laakkonen 등 (1970)의 방법에 따라 미세한 구멍이 있는 2 ml filter관의 무게를 칭량하고, 공시육을 분쇄하여 지방과 근막 (힘줄)을 제거한 후 시료를 정확히 0.5 ± 0.05 g을 원심분리관의 상부에 filter관에 넣고 무게를 잰다. Filter관을 80°C의 Water bath에서 20분간 가열한 후 10분간 실온에서 냉각시킨다. filter관을 원심 분리관 하부에 넣고 4°C에서 2,000rpm, 10분 동안 원심분리 한 후 상부 filter관을 꺼내어 무게를 측정하였으며 다음 공식에 의해 보수력을 구하였다.

$$\text{보수력} = \frac{\text{수분}(\%) - \text{유리수분}}{\text{수분}(\%)} \times 100$$

전단력 분석 시, 채끝 3cm 두께의 스테이크 모양으로 근섬유방향과 직각이 되도록 근육을 절단하여 육 내부온도 70°C까지 가열한 후 흐르는 물에 30분간 방냉 하였다. 방냉한 시료에서 직경 0.5inch 코어 (core)를 근섬유 방향에 따라 원통형으로 뚫어 시료를 채취한 후 Instron Universal Testing Machine (Model 4465, UK)를 이용하여 근섬유 방향과 직각 방향으로 절단하여 전단력을 측정하여 8회 이상 반복 측정하였다. 가열감량 (Cooking loss, %)은 시료를 두께 3cm 스테이크 모양으로 절단하여 무게를 측정하고 80°C 항온수조에서 시료의 심부온도가 70°C도달 후 10분간 가열하여 냉각시킨 다음 무게를 측정하여 다음 공식에 의하여 계산하였다(Honikel, 1998).

$$\text{가열감량}(\%) = \frac{\text{가열 전 시료무게}(\text{g}) - \text{가열 후 시료무게}(\text{g})}{\text{가열 전 시료 무게}(\text{g})} \times 100$$

7) 화학분석 및 통계분석

사료의 일반성분 분석은 AOAC (1995) 방법에 따라 실시하였으며, 통계분석은 SAS의 General Linear Model (GLM)을 이용하여 수집된 자료의 유의성을 검정하였다. 성장성적의 경우 돈방을 experimental unit으로 설정하였으며, 혈액분석의 경우 각 개체를 unit으로 설정하였다. $P < 0.05$ 인 경우 유의차가 있는 것으로, $P < 0.01$ 인 경우 고도의 유의차가 있는 것으로 간주하였다. $0.05 \leq P < 0.10$ 일 경우 경향이 있는 것으로 고려하였다.

3. 실험 결과 및 고찰 (Results and Discussion)

1) 성장 성적 (Growth performance)

돈군이동시기 조절이 육성-비육돈의 성장성적에 미치는 영향을 표 49에 제시하였다. 사양 실험 결과, 체중에서는 6주차의 육성기 종료 시 1 site 처리구의 체중이 2 site에 비해 높은 경향이 나타났으나 ($P=0.10$), 비육기 종료 시에는 처리구간의 통계적 유의차는 나타나지 않았다. 일당증체량(ADG)에서는 육성후기 (4-6주)에는 1 site 처리구의 일당증체량이 2 site 처리구에 비해 유의적으로 높은 결과가 나타났지만 ($P < 0.01$), 비육전기 (7-9주)에는 2 site 처리구의 일당증체량이 유의적으로 높은 결과가 나타났다 ($P < 0.05$) 이에 대한 영향으로 육성기 (0-6주)와 비육기 (7-12주) 각각에서 통계적인 유의차가 발생하였다 ($P < 0.05$). 일당사료섭취량에서는 비육전기 (7-9주)에 1 site 처리구의 일당사료섭취량이 2 site 처리구에 비해 유의적으로 높은 경향이 나타났지만($P=0.10$), 다른 기간에서는 처리구간 통계적 유의차가 나타나지 않았다. 사료효율에서, 육성후기(4-6주)에는 1 site 처리구의 사료효율이 2 site 처리구에 비해 유의적으로 높은 결과가 나타났지만 ($P < 0.01$), 비육전기(7-9주)에는 2 site 처리구의 사료효율이 유의적으로 높아지는 결과가 나타났다 ($P < 0.01$). 이에 대한 영향으로 육성기 (0-6주)와 비육기 (7-12주) 각각에서 사료효율에 있어 통계적인 유의차가 발생하였다 ($P < 0.01$, $P=0.08$). 이러한 육성기의 결과는 포유 자돈기부터 출하 시까지 돈군 이동 없이 한 돈방에서 사양한 돼지가 사육단계별로 돈군이동하며 사양한 경우보다 증체량과 사료섭취량에서 더 좋은 성적을 보였다는 연구 (Ekkel 등, 1995)와 일치하며, 육성기에 비육사의 사육면적에서 사육되어($1.24 \text{ m}^2/\text{두}$) 2 site 처리구에 비해 ($0.81 \text{ m}^2/\text{두}$) 사육밀도에 따른 부정적인 효과가 감소하는 영향이 나타난 것으로 사료된다. 비육기의 결과는 돼지를 사육단계별로 돈군 이동시키는 방식으로 사육한 경우가 비육기의 성장률이 더 높고, 출하일령이 단축되는 효과가 있다는 Sherritt 등 (1972)의 연구결과 일치하는 결과가 나타났는데, 이러한 결과는 돼지의 성장에 따른 돈군이동을 통한 적정 사육면적의 제공이 비육기의 성장성적을 개선시킨 것으로 사료된다. 결론적으로 육성기부터 비육기까지 돈군이동 없이 1 site에서 사육하는 것이 육성기의 성장성적에는 이롭지만, 비육기에서는 돈군이동 및 사육면적 확대에 따른 보상

성장이 비육기의 성장성적을 개선시켜 출하 시에는 대등한 성장성적을 가지는 것으로 사료된다.

2) 혈액 성상

돈군이동시기 조절이 육성-비육돈의 혈액성상에 미치는 영향을 표 50에 제시하였다. 혈중 요소태 질소 농도를 분석한 결과, 처리구간의 통계적인 유의차가 나타나지 않았다. 혈중 cortisol 농도에서는, 돈군을 이동한 6주차에서 처리구간의 통계적인 유의차가 나타났는데 ($P=0.03$), 돈군을 이동한 2 site 처리구의 혈중 cortisol 농도가 돈군을 이동하지 않은 1 site 처리구에 비해 높은 cortisol 농도를 가지는 것으로 나타났다. 일반적으로 cortisol은 동물의 심리적 스트레스를 측정하는 지표로 이용되며 (Warriss 등, 1998), 도살 없이 비교적 간단한 방법으로 cortisol 농도를 분석하는 것이 가능하다 (Ruis 등, 1997). 본 실험결과에서 돈군이동을 한 처리구의 혈중 cortisol 농도가 유의적으로 높아지는 결과가 나타났는데, 이러한 혈중 cortisol 농도의 증가는 돼지가 돈군 이동 시 스트레스를 받았다는 것을 의미한다. 돈군의 돈사이동은 돼지의 투쟁행동, 부상 발생을 유발하는 스트레스 요인으로 보고되고 있으며 (Tan과 Shackleton, 1990), 이러한 스트레스 요인들은 돼지의 성장률을 감소시키는 부정적인 영향을 미칠 가능성이 높다 (Tan과 Shackleton, 1990; Hessing과 Tielen, 1994; Ekkel 등, 1996). 결과적으로 돈군이동은 돼지에게 스트레스 요인으로 작용하여 혈중 cortisol 농도를 증가시키는 것으로 사료된다.

3) 면역 성상 (Immune response)

돈군이동시기 조절이 육성-비육돈의 면역성상에 미치는 영향을 표 51에 제시하였다. 분석 결과 IgA는 전 구간에서 유의적인 차이를 보이지 않았다. IgG의 경우에는 9주차에 유의적인 차이를 보이며 돈군을 이동하지 않는 1 site 처리구에서 높게 나타났다 ($P<0.01$). IgG는 체액 면역을 대표하는 것으로 알려져 있으며 태반을 통해 흡수된 IgG는 자돈 출생 직후 면역 체계를 관여하며, 이유 후 발생하는 외부 병원균에 의한 자돈의 설사 방어 기작에 핵심적 역할을 한다(Rooke와 Bland, 2002). IgA는 모유에서 가장 많은 비율을 차지하고 있으며, 모돈이 예전에 만났던 병원균에 대한 방어 기억을 포함하고 있다. 모유에서 분비된 secretory IgA 항체는 자돈의 소화기, 호흡기, 비뇨기 등 병원성 대장균에 노출되기 쉬운 부위에서 점막에서 면역 체계를 형성하여, 자돈이 스스로 항체를 생산하기 전까지 구강을 통해서 감염되는 세균에 대한 방어를 담당한다(Brandtzaeg, 2003). 많은 스트레스 요인들은 체액과 세포내 면역에 영향을 줄 수 있다(Laudenslager 등, 1988; Monjan 과 Collector, 1977). 이는 돈군이동으로 인한 스트레스가 IgG에 영향을 주어 그 농도가 감소한 것으로 보이며, 돈군이동을 하지 않은 1 site 처리구에서 보다 바람직한 면역성상이 나타났다.

4) 돈육의 pH (pH of pork)

돈육의 pH 변화는 돈육의 품질을 결정하는데 매우 중요한 요인으로 신선도, 보수력, 연도, 결합력, 육색 및 조직감 등에 크게 영향을 주며, 저장성에 있어서도 매우 중요한 요인으로 작용한다. 일반적으로 도축 직후에 돈육의 pH는 pH 7.0 내외에서부터 서서히 강하하여 6-8 시간 후에는 pH 5.6-5.7에 이르고 약 24시간 후에는 최종 pH인 5.3-5.6으로 점차 떨어지게 되며, 초기 pH는 PSE (pale, soft, exudative)육의 예측치로, 최종 pH는 DFD (dark, firm, dry)육의 예측치로 그 효용성이 인정되고 있다. 돈군이동시기 조절이 도축 후 돈육의 pH 변화에 미치는 영향을 표 52에 제시하였다. pH 측정결과, 0-12 시간동안에는 처리구간의 통계적인 유의차가 나타나지 않았지만, 24시간째에 1 site 처리구의 pH값이 2 site 처리구에 비해 유의적으로 높은 수치를 기록하였다 (P=0.05). 24시간째 pH값을 비교해볼 때, 2 site 처리구의 최종 pH는 정상육 범위에 해당되었으며, 1 site 처리구도 DFD육 기준인 pH 6.1 미만인 수치가 측정되었다는 점을 고려해보았을 때, 도축 후 돈육의 pH변화에 따른 이상육으로의 변화징후는 없는 것으로 사료된다. 결론적으로 돈군이동시기의 조절은 도축 후 돈육의 초기 24시간 pH변화에는 유의적인 영향을 미치지 않으며, 이상육 발생의 가능성도 낮은 것으로 사료된다.

5) 돈육의 육색 (Color of pork)

소비자의 고기 구입을 결정하게 되는 가장 큰 요인 중 하나는 육색이다. 육색은 소비자가 돈육의 품질을 파악하고 구매를 결정하는 데에 가장 큰 영향을 미칠 수 있는 관능적 특성이기 때문이다. 따라서, 본 실험에서는 돈육의 육색을 chromameter로 측정하여 도축 후 30분 후부터를 실험개시시간으로 지정하여 총 6번 0, 3, 6, 9, 12, 24 시간에 육색을 측정하여 그 변화를 조사하였으며, 돈군이동시기 조절이 도축 후 돈육의 육색에 미치는 영향을 표 53에 제시하였다. 백색도 (L value)와 황색도 (b value)에서는 처리구간의 통계적 유의차가 발생하지 않았지만, 적색도 (a value)에서는 3시간, 9시간, 12시간째에 2 site 처리구의 적색도가 1 site에 비해 높은 유의적 경향이 나타났다 (P=0.09, P=0.08, P=0.07). 적색도가 높아질수록 도체의 등급이 높아지는 밀접한 관련이 있다는 보고(김 등, 2012)를 고려할 때, 2-site 사육 시 돈육의 적색도가 증가함으로써 돈육의 품질 및 도체등급이 향상될 가능성이 있는 것으로 사료된다.

6) 돈육의 품질 (Pork quality)

돈군이동시기의 조절이 돈육의 품질에 미치는 영향을 표 54에 제시하였다. 돈육의 일반성분을 분석한 결과 처리구간의 통계적 유의차가 발견되지 않았다. 이러한 결과를 통하여 돈군이동시기의 조절이 돈육의 일반성분조성에는 유의적인 영향을 미치지 못하는 것으로 사료된다. 돈육의 품질 중 보수력, 전단력, 가열감량 항목은 현재 분석이 진행 중에 있으며, 7월 중으로 결과가 나올 예정입니다. 결과가 나오는 대로 보고서 보완을 하도록 하겠습니다.

7) 경제성 분석 (출하성적)

돈군이동시기의 조절이 출하성적에 미치는 영향을 표 55에 제시하였다. 출하성적 및 농가의 수익성을 조사하기 위하여 출하 시 지육중량, 지육율, 지육가격, 등지방 두께 및 출하일령을 조사하였다. 분석결과, 1 site 처리구의 지육중량, 지육율, 지육가격이 2 site 처리구에 비하여 통계적 유의차는 나타나지 않았지만 수치상으로 더 높은 결과를 나타냈다. 이는 돈군이동을 하지 않고 1 site 사육을 한 돼지의 출하성적이 더 우수한 것을 의미하며 지육중량 및 지육율 증가로 인하여 더 높은 수익을 창출할 수 있을 것으로 사료된다. 육성돈 공시일부터의 출하일령을 추산한 결과, 1 site 처리구의 출하일령이 2 site 처리구에 비해 4.7일 단축되는 효과가 나타났다 (P=0.01). 결론적으로 돈군이동을 하지 않은 1 site 사육 시, 더 높은 출하성적과 출하일령의 단축으로 농가의 수익성을 향상시킬 수 있을 것으로 사료된다.

4. 결론 (Conclusion)

본 연구는 돈군이동시기의 조절이 육성-비육돈에 미치는 영향을 조사하고 이를 통해 농가의 수익성을 향상시킬 수 있는 사양시스템 개발을 목적으로 수행되었다. 사양실험 결과, 돈군이동을 하지 않고 1 site에서 사육된 돼지들의 육성기 성장률이 더 높지만, 비육기 종료 시에는 2 site 처리구와 대등한 성장성적을 가지는 것으로 나타났지만, 혈중 cortisol 농도를 측정한 결과 6주차 2 site 처리구의 혈중 cortisol 농도가 유의적으로 높은 것으로 보아 돈군이동 시 스트레스를 받는 것으로 나타났다. 도축 후 돈육의 pH 및 육색변화에서는 처리구에 따른 유의적인 영향이 나타나지 않았으며, 돈육의 일반성분조성에서도 처리구간의 유의적인 차이가 나타나지 않았다. 경제성 분석 결과, 1-site 사육시 지육중량 및 지육율이 높아 더 높은 지육가격을 받을 수 있으며, 출하일령이 단축됨에 따라 농가의 수익성 또한 증대될 것으로 사료된다. 결론적으로, 1-site 사육이 육성-비육돈이 받는 스트레스를 감소시키며 성장률을 향상시킴으로써 출하일령이 단축되고 더 높은 수익을 창출할 수 있는 사양시스템인 것으로 사료된다.

표 48. 실험 사료 배합비와 화학적 조성

Ingredients, %	사육 단계			
	육성전기 (0-3주)	육성후기 (4-6주)	비육전기 (7-9주)	비육후기 (10-12주)
Corn	61.31	66.46	68.89	75.71
SBM-45	23.44	18.89	16.74	10.53
Palm kernel meal	5.00	5.00	5.00	5.00
Rapeseed Meal	5.00	5.00	5.00	5.00
Wheat bran	1.61	1.60	1.66	1.68
L-lysine·HCl	0.13	0.09	0.06	0.05
DL-methionine	0.00	0.00	0.00	0.00
Limestone	0.75	0.66	0.63	0.65
Soy-oil	1.31	0.95	0.77	0.33
DCP	0.95	0.85	0.75	0.55
Vit. Mix ¹⁾	0.10	0.10	0.10	0.10
Min. Mix ²⁾	0.10	0.10	0.10	0.10
Salt	0.30	0.30	0.30	0.30
Sum	100.00	100.00	100.00	100.00
Chemical Composition³⁾				
ME (kcal/kg)	3265.00	3265.01	3265.01	3265.03
CP (%)	18.00	16.30	15.50	13.20
Lysine (%)	0.95	0.82	0.75	0.60
Methionine (%)	0.27	0.25	0.25	0.23
Ca (%)	0.60	0.54	0.50	0.45
Total P (%)	0.50	0.47	0.45	0.40

¹⁾ Provided the following quantities of vitamins per kg of complete diet : Vit A, 16,000IU; Vit D₃, 3,200IU; Vit. E, 35IU; Vit. K₃, 5mg; Rivoftavin, 6mg; Calcium pantothenic acid, 16mg; Niacin, 32mg; d - Biotin, 128ug; Vit. B₁₂, 20ug.

²⁾ Provided the following quantities of minerals per kg of complete diet : Fe, 281mg; Cu, 288mg, 143mg; Mn, 49mg; I, 0.3mg; Se, 0.3mg.

³⁾ Calculated values

표 49. 돈균이동시기 조절이 육성·비육돈의 성장성적에 미치는 영향

Criteria	Treatment ¹⁾		SEM ²⁾	P-value
	1 site	2 site		
Body weight, kg				
Initial	28.01	28.01	0.005	-
3 week	39.81	39.11	1.224	0.79
6 week	61.01	54.51	1.956	0.10
9 week	80.33	76.69	1.734	0.31
12 week	95.80	93.04	1.528	0.39
ADG, g				
0-3 week	562	528	20.9	0.44
4-6 week	1,009	733	50.9	<0.01
7-9 week	920	1,056	31.0	0.02
10-12 week	736	778	24.3	0.42
0-6 week	786	630	30.6	<0.01
7-12week	828	917	23.3	0.05
0-12 week	807	774	12.1	0.18
ADFI, g				
0-3 week	1,449	1,335	48.0	0.25
4-6 week	2,017	2,164	61.3	0.25
7-9 week	3,014	2,797	65.2	0.10
10-12 week	3,371	3,487	70.5	0.44
0-6 week	1,733	1,749	48.6	0.87
7-12week	3,193	3,142	54.3	0.66
0-12 week	2,463	2,445	43.9	0.85
G:F ratio				
0-3 week	0.387	0.398	0.0073	0.48
4-6 week	0.502	0.335	0.0255	<0.01
7-9 week	0.306	0.381	0.0146	<0.01
10-12 week	0.220	0.225	0.0092	0.80
0-6 week	0.454	0.359	0.0142	<0.01
7-12week	0.260	0.294	0.0098	0.08
0-12 week	0.327	0.318	0.0045	0.28

¹⁾ 1 site : Finishing-site for growing-finishing period

2 site : Growing-site for growing period, finishing-site for finishing period

²⁾ Standard error of mean

표 50. 돈균이동시기 조절이 육성·비육돈의 혈액성상에 미치는 영향

Criteria	Treatment ¹⁾		SEM ²⁾	P-value
	1 site	2 site		
Blood urea nitrogen (mg/dL)				
Initial	9.50	9.50	1.047	-
3 week	10.47	9.62	0.509	0.43
6 week	10.61	12.63	0.774	0.20
9 week	15.08	12.56	0.823	0.15
12 week	12.92	13.00	0.729	0.90
Cortisol (ng/mL)				
Initial	3.40	3.40	0.123	-
3 week	3.37	3.60	0.298	0.71
6 week	4.30	7.50	0.701	0.03
9 week	3.73	3.45	0.528	0.80
12 week	3.50	4.02	0.753	0.75

¹⁾ 1 site : Finishing-site for growing-finishing period

2 site : Growing-site for growing period, finishing-site for finishing period

²⁾ Standard error of mean

표 51. 돈균이동시기 조절이 육성·비육돈의 면역성상에 미치는 영향

Criteria	Treatment ¹⁾		SEM ²⁾	P-value
	1 site	2 site		
IgA, mg/ml				
Initial	0.549	0.549	0.0495	-
3 week	1.860	1.893	0.1903	0.93
6 week	0.502	0.658	0.0398	0.05
9 week	1.508	1.976	0.1879	0.25
12 week	1.981	2.368	0.3724	0.63
IgG, mg/ml				
Initial	0.584	0.584	0.1191	-
3 week	0.962	0.884	0.0780	0.64
6 week	0.980	0.614	0.1080	0.11
9 week	1.137	0.323	0.1555	<0.01
12 week	1.078	1.465	0.1214	0.11

¹⁾ 1 site : Finishing-site for growing-finishing period

2 site : Growing-site for growing period, finishing-site for finishing period

²⁾ Standard error of mean

표 52. 돈균이동시기 조절이 돈육의 pH에 미치는 영향

Criteria	Treatment ¹⁾		SEM ²⁾	P-value
	1 site	2 site		
Time after slaughter				
0 hour	5.86	5.78	0.046	0.40
3 hour	5.76	5.64	0.055	0.29
6 hour	5.73	5.58	0.055	0.24
9 hour	5.71	5.58	0.052	0.25
12 hour	5.70	5.59	0.045	0.25
24 hour	5.82	5.65	0.046	0.05

¹⁾ 1 site : Finishing-site for growing-finishing period

2 site : Growing-site for growing period, finishing-site for finishing period

²⁾ Standard error of mean

표 53. 돈균이동시기 조절이 돈육의 육색에 미치는 영향

Criteria	Treatment ¹⁾		SEM ²⁾	P-value
	1 site	2 site		
Hunter L value*				
0 h	44.88	44.76	1.308	0.97
3 h	45.92	45.65	1.357	0.93
6 h	47.57	46.85	1.063	0.76
9 h	47.97	48.14	1.145	0.94
12 h	46.62	47.95	0.986	0.56
24 h	48.56	48.71	1.130	0.95
Hunter a value*				
0 h	2.16	2.77	0.266	0.28
3 h	2.57	3.04	0.141	0.09
6 h	2.75	3.21	0.184	0.23
9 h	2.63	3.50	0.253	0.08
12 h	3.17	3.73	0.155	0.07
24 h	3.94	3.90	0.234	0.93
Hunter b value*				
0 h	5.22	5.16	0.245	0.91
3 h	5.43	5.44	0.291	0.99
6 h	5.76	5.61	0.251	0.79
9 h	5.58	5.94	0.308	0.61
12 h	5.68	5.92	0.216	0.64
24 h	6.60	6.31	0.253	0.60

¹⁾ 1 site : Finishing-site for growing-finishing period

2 site : Growing-site for growing period, finishing-site for finishing period

²⁾ Standard error of mean

* L : luminance or brightness (vary from black to white),

a : red-green component (+a=red, -a=green),

b : yellow-blue component (+b=yellow, -b=blue)

표 54. 돈균이동시기 조절이 돈육의 품질에 미치는 영향

Criteria	Treatment ¹⁾		SEM ²⁾	P-value
	1 site	2 site		
Proximate analysis, %				
Moisture	21.95	22.53	0.183	0.12
Crude protein	65.44	64.68	0.281	0.20
Crude fat	1.98	1.64	0.145	0.61
Crude ash	10.06	10.01	0.306	0.87
Physiochemical property				
Cooking loss ³⁾	32.59	33.26	0.590	0.63
Shear force ⁴⁾	3.37	3.50	0.178	0.74
WHC ⁵⁾	57.82	56.20	0.487	

1) 1 site : Finishing-site for growing-finishing period
 2 site : Growing-site for growing period, finishing-site for finishing period
 2) Standard error of mean
 3) Cooking loss unit: %
 4) Shear force unit: kg/0.5 inch²
 5) WHC: water holding capacity.

표 55. 돈균이동시기 조절이 출하성적에 미치는 영향

Criteria	Treatment ¹⁾		SEM ²⁾	P-value
	1 site	2 site		
Carcass weight, kg	85.00	82.25	0.981	0.11
Carcass yield, %	76.92	75.55	0.586	0.85
Carcass price, 1000 won ³⁾	499.5	480.9	8.278	0.18
Days to 110kg, d	104.5	109.2	2.474	0.01
Backfat thickness, mm	27.0	24.5	1.359	0.10

1) 1 site : Finishing-site for growing-finishing period
 2 site : Growing-site for growing period, finishing-site for finishing period
 2) Standard error of mean
 3) Carcass price from 17, June (Korea Institute for Animal Products Quality Evaluation ,2014)

연구 2. 국내 양돈장에 IT융합 장비 설치 및 구축

1. 서론 (Introduction)

국내 양돈 산업이 전문화, 대형화로 변화됨에 따라 인건비 사료비 등 생산비의 상승이 우리나라의 양돈업계가 있어 해결해야할 문제로 대두되고 있다. 또한 FTA 등 무역 자유화로 인해 우리나라의 양돈 산업은 양돈 선진국과의 무한 자유 경쟁 시대에 접어들게 됨으로써 그들과의 경쟁을 피할 수 없게 되었다. 소비자들 역시도 동물 복지와 안전한 먹거리에 대한 요구를 함에 따라 국내 양돈 농장에서의 생산비 절감, 생산성 향상, 동물 복지형 사육 방식 등의 변화를 감수해야만 국제적 경쟁력을 확보할 수 있다. 이에 따라 농장관리의 효율적인 운영, 생산비 절감, 생산성 향상을 위해 양돈장에서는 과학적 자동화로 체제를 전환해야하고 이에 대한 기반을 마련하기 위하여 IT 융합기술을 활용한 경쟁력을 갖추어야 한다. 국내에서 양돈분야는 농식품 산업의 여러 품목군 중에서 정보 서비스가 가장 많이 진행된 산업이다. 국외의 상황을 살펴볼 때, 덴마크, 네덜란드 등의 양돈 선진국에서는 양돈분야에서 동물 복지에 취약한 임신사를 IT 융합을 통한 군사 사육 방식으로 전환하여 사육하고, 육성 비육돈은 선별기를 통해 출하관리를 하고 있다. 특히 덴마크는 농업 자문 서비스를 통해 양돈 산업 분야에 필요한 장비 및 소프트웨어를 개발하여 일괄 보급하고 있는 실정이다. 기술적인 측면에서 살펴봤을 때 국내에서는 현재 무창돈사의 형태가 많이 보급되어 환기, 화재, 정전 등에 취약하고, 특히 화재로 인한 피해가 많아 돈사 환경을 IT 장비와 융합하여 온도, 습도, 암모니아 농도 등을 조절하고 화재, 정전 센서 등과 네트워크 CCTV를 활용한 원격 감시를 할 필요가 있다. 또한 양돈 생산비의 50%를 넘는 사료비를 감소시키기 위해 사료 허실 관리를 위한 사료 자동 급이기가 필요하며 육성 비육돈 출하 시 축산물 품질 평가원 등급 기준에 맞는 규격돈을 출하하기 위해서도 보다 정확한 출하 선별기가 필요하다. 이를 실현하기 위해서 1차 산업인 양돈분야와 IT 융합을 통한 양돈 생산/경영관리를 위한 과학적인 관리체계 마련이 시급하다. 경제 산업적인 측면에서도, 최근 양돈 농장들이 규모화 됨에 따라 돈사의 정전, 화재로 인한 피해가 급증하게되고, 농장의 악취로 인한 주변 주민의 민원이 많이 발생하고, 가축분뇨로 인한 환경 오염 관리 등이 필요하다. 양돈 선진국의 경우 국제 곡물가 상승 및 동물 복지법 발효로 인해 사료급이기와 IT 기술을 융합한 사양관리를 하고 있으며, 이에 우리나라에서도 일부 양돈 농가에서 수입 장비를 도입하게 되었으며 이에 따른 국산화된 IT 융합 사료 급이기, 출하 선별기 개발이 필요하며 양돈 IT 융합장비와 양돈생산경영 관리시스템과 연계를 위한 표준화된 플랫폼 개발이 필요하다. 사회 문화적인 측면으로도 안전한 먹거리, 동물 복지에 대한 소비자의 관심을 충족시키기 위한 방편으로 IT 기반 양돈 사양관리 시스템의 개발이 필요하다. 따라서, 이러한 국내 양돈상황을 토대로

본 연구에서는 국내 양돈장에 적합한 IT융합 장비 설치 및 구축을 위한 연구가 수행되었다.

2. 연구 내용

1) 국내 양돈장 1곳을 대상으로 IT융합 돈사환경관리, 네트워크CCTV, 비육돈 선별기 장비 설치

2) 데이터 수집 및 원격 감시를 위한 통신 인프라 설치

- 돈사환경관리를 위한 온도, 습도, 암모니아, 화재, 정전 등을 원격에서 감시 할 수 있는 IT융합 장비 개발 및 농장 설치
- IT융합 돈사환경관리 장비와 네트워크 CCTV는 양돈전산관리에 탁월한 농장인 ‘바른양돈’ 양돈장을 선정
- ‘바른양돈’에 데이터 수집 및 원격 감시를 위한 통신 인프라 설치 전 농장의 현황을 파악하고 농장주와 협의하여 베이비하우스 중 신베이비 하우스 복도에 센서 장비를 설치
- 대상 양돈장 : ‘바른양돈’ (소재지 : 경상남도 하동군)



- 대상 양돈장 돈사 현황
- 센서 장비는 데이터 수집 시 최상의 통신상태를 유지할 수 있는 숙소와 가까운 돈사인 베이비 하우스에 설치
- 숙소내에 스마트 원격 제어 시스템을 설치
- 원격제어 장치를 통하여 화재, 정전 등을 스마트폰에서 알람으로 제공받아 농장을 감시
- 온도, 습도, 암모니아, 이산화탄소 데이터는 원격제어장치를 통해 양돈생산경영관리 프로그램(피그플랜)에 전송되고 양돈생산경영관리 프로그램에서 수집된 데이터는 향후 보고서 형태로 데이터가 제공



- 설치 장비 : 온도, 습도, 이산화탄소, 암모니아, 화재, 정전 원격 감시장비
- 설치 공사 사진 (스마트 원격 제어 시스템)



설치후



설치후

공	종	바른양돈 스마트 원격제어 시스템	위	치	경남 하동_바른양돈
내	용	주제어 장치 설치	일	자	2014.02.13



설치전



설치후

공 종	바른양돈 스마트 원격제어 시스템	위 치	경남 하동_바른양돈
내 용	암모니아(NH3) 센서	일 자	2014.02.13

- 향후 돈사환경관리 환경자료분석 예시
- ‘바른양돈’ 베이비하우스에 설치된 센서 장비로부터 수집된 데이터를 양돈생산경영관리 프로그램을 통해 환경 자료 분석을 할 수 있음





□ 농장의 돈사 내·외부에 원격 감시 할 수 있는 IT융합 장비 네트워크CCTV 설치

- 대상 양돈장 : 바른양돈(소재지 : 경상남도 하동군)
- 총 네트워크CCTV 설치 수는 8대임
- 데이터 수집을 위한 원활한 좌우 동선을 선정하여 각 돈사별 상황을 감시할 수 있는 최적의 위치에 CCTV를 설치



- 설치 사진(카메라 8대)



설치전



설치후

공 종	바른양돈 스마트 원격제어 시스템	위 치	경남 하동_바른양돈
내 용	카메라 설치 1	일 자	2014.02.13



설치후



설치후

공 종	바른양돈 스마트 원격제어 시스템	위 치	경남 하동_바른양돈
내 용	카메라 설치 2	일 자	2014.02.13



설치후



설치후

공 종	바른양돈 스마트 원격제어 시스템	위 치	경남 하동_바른양돈
내 용	카메라 설치 3	일 자	2014.02.13



설치후



설치후

공 종	바른양돈 스마트 원격제어 시스템	위 치	경남 하동_바른양돈
내 용	카메라 설치 4	일 자	2014.02.13

			
설치후		설치후	
공 종	바른양돈 스마트 원격제어 시스템	위 치	경남 하동_바른양돈
내 용	카메라 설치 5	일 자	2014.02.13

			
설치후		설치후	
공 종	바른양돈 스마트 원격제어 시스템	위 치	경남 하동_바른양돈
내 용	카메라 설치 6	일 자	2014.02.13

			
설치후		설치후	
공 종	바른양돈 스마트 원격제어 시스템	위 치	경남 하동_바른양돈
내 용	카메라 설치 7	일 자	2014.02.13

			
설치후		설치후	
공 종	바른양돈 스마트 원격제어 시스템	위 치	경남 하동_바른양돈
내 용	카메라 설치 8	일 자	2014.02.13

- CCTV 모니터링 화면
- 현장 사용자의 편의성을 위해 인터넷웹 및 스마트폰을 통해 CCTV화면 제공
- 원격지에서 PTZ 제어로 CCTV 화면 조정 가능



공 증	바른양돈 스마트 원격제어 시스템	위 치	경남 하동_바른양돈
내 용	CMS 모니터 운영	일 자	2014.02.13



공 증	바른양돈 스마트 원격제어 시스템	위 치	경남 하동_바른양돈
내 용	앱 모니터 운영	일 자	2014.02.13

□ 비육사에 원격 감시 할 수 있는 IT융합 장비 육돈 선별기 1대 설치

- 육돈 선별기 설치 대상 농장은 제2협동과제 수행 참여기업인 (주)이지팜과 협약이 맺어져 있음

며 농림축산식품부(농림수산식품부) 지정 양돈 지역품목실습장 및 농림수산식품교육문화정보원 지정 농식품 ICT 융복합 교육장으로 지정된 산수유양돈교육농장을 선정

- 돈선별기는 육돈 선별을 위해 비육사에 설치하며 돈선별기를 비육사 중앙에 놓고 선별기에서 빠져나오는 각각의 문에 따라서 펜스를 설치
- 대상 양돈장 : 산수유양돈교육농장(소재지 : 전라남도 구례군)



- 선별기 설치 사진
- 농장내 돼지의 이동경로를 고려한 선별기 위치 선정 및 펜스 설치
- 돼지의 동선, 최소한의 급이 구역 및 휴식공간을 고려하여 농장 맞춤형 장비 설치



- 설치 완료 사진
- 좌측의 육돈이 선별기를 지나갈 경우 육돈의 체중에 따라서 선별기의 좌우문이 따로 개폐되어 출하등급 상승, 출하 노동 절약, 출하전 절식 등 농가 수익을 극대화

- 돈선별기 컨트롤러에서 돼지가 입구에서 장난을 치는 것을 방지하기 위해 입구체중을 설정하고 기준체중을 설정하여 사용자가 원하는 출하두수 및 출하체중을 직접 설정



3. 결론 (Conclusion)

국내 양돈장에 적합한 IT융합 장비 설치 및 구축을 위한 연구를 농장 1곳을 선택하여 수행하였다. 농장 설치결과, 주 제어 장치의 설치로 온도 및 습도의 자동 조절이 가능할 것으

로 기대되며 암모니아 센서의 설치로 돈사 내 암모니아 농도를 지속적으로 감시가 가능하여 암모니아 농도가 한계치를 초과할 경우 돈사 관리인에게 자동으로 경고를 할 수 있는 것으로 나타났다. 또한 CCTV를 돈사 곳곳에 설치함으로써 관리인이 돈사를 일정 시간 비울지라도 인터넷 웹 혹은 스마트폰 앱을 이용해 외부에서 돈사 내 상황을 지속적으로 모니터링할 수 있어, 화재 등으로 인한 피해를 방지하거나 그 피해를 최소화할 수 있다. 마지막으로 육돈 선별기를 통해 육성 비육돈들의 상태를 지속적으로 확인할 수 있으며, 육돈 선별기를 통해 출하시기에 임박한 비육돈을 선별하기 용이해 지고 선발이 더욱 정확해 지며 자동식이기 때문에 훨씬 편리해 노동력 절감효과가 있다. 결과적으로 양돈장에 IT 융합 장비를 사용함으로써 농장의 사육 환경을 간편하게 조절할 수 있으며, 농장의 상황을 손쉽게 통제하고 확인할 수 있는 시스템 구축이 가능한 것으로 나타났다. 또한 비육돈사에 출하돈 선별관리 시스템의 적용은 출하돈의 육량과 등급을 더욱 정확히 예측할 수 있고 이로 인한 노동력 및 노동비를 절감할 수 있는 것으로 사료된다.

2차년도 연구수행 내용 및 결과 (2014.08.26.~2015.08.25.)

<제1 세부과제명 : 사료비 절감을 위한 사료배합비 개발 및 자돈의 폐사율 감소를 위한 사양시스템 개발>

연구 1. 대체원료(팜박)의 급여 수준이 육성-비육돈의 성장 및 도체특성에 미치는 영향

1. 서론 (Introduction)

최근, 에탄올과 바이오디젤과 같은 바이오연료의 생산량이 증가함에 따라 옥수수과 대두박과 같은 양돈사료에 사용되는 곡물의 국제 거래 가격이 또한 증가하고 있다. 이러한 양돈사료에 사용되는 원료가격의 상승은 전체 사료비의 증가로 이어지기 때문에, 양돈사료에 사용될 수 있는 농업부산물 또는 기존의 원료사료들을 대체할 수 있는 대체원료의 중요성이 점차 커지고 있는 실정이다 (Wachenheim 등, 2006)

팜박(palm kernel meal, PK)은 양돈사료에서 대체원료로써 유용하게 사용되고 있는 원료 중 하나로 높은 이용성과, 적절한 영양소 함량, 합리적인 가격, 많은 생산량이 팜박원료의 장점으로 손꼽힌다 (Onifade 와 Babatunde, 1998; Perez 등, 2000; Sundu 등, 2006; Sumathi 등, 2008). 원료사료로써 팜박은 돼지, 닭, 토끼 등과 같은 단위동물에 대하여 많은 연구들이 이루어져 왔다 (Onifade 와 Babatunde, 1998; Perez 등, 2000; Okoye 등, 2006; Fatufe 등, 2007). 그러나 팜박을 양돈사료에 사용하는데 어느정도 제한사항이 있는데, 그것은 옥수수 및 대두박에 비해 낮은 기호성과 높은 섬유소함량 그리고 몇몇 항영양인자를 함유하고 있는 것이다 (Sundu 와 Dingle, 2003; Jang, 2012). 특히 팜박 내에는 존재하는 NSP인자인 만난(mannan)은 장내에서 glucose의 흡수를 저해하는 것으로 알려져 있으며 (Rainbird, 1984), 이에 따라 IGF 및 인슐린분비와 같은 탄수화물 대사에 장애를 일으키는 것으로 알려져 있다 (Nune 과 Malmlorf, 1992). 기존에 양돈사료내 팜박의 첨가에 대한 연구결과들을 살펴보았을 때, 육성비육돈 사료 내 팜박의 적정 첨가수준은 매우 다양하게 보고되고 있다 (Babatunde 등, 1975; O'Doherty 와 McKeon, 2000).

많은 연구들에서 팜박이 첨가된 사료에 팜박 내 만난을 분해할 수 있는 효소인 mannanase를 첨가할 경우, 돼지의 성장 및 사료효율을 향상시킬 수 있는 것으로 나타났다 (Dingle, 1997; Jackson 등, 1999). β -만나네이즈(β -mannanase)는 만난의 β -1,4 glycosidic 연결을 가수분해하는 분해효소의 일종으로, 이를 첨가함으로써 팜박의 이용성을 증가시킬 수 있다 (Hong, 2009; Kim, 2011). 이러한 효과에 따라 팜박을 10%에 β -만나네이즈를 첨가할

경우 육성비육돈의 성장에 부정적인 영향을 미치지 않았다는 연구결과가 보고되었다 (Lee, 2009).

따라서 본 실험에서는 β -만나네이즈를 첨가하였을 때 기존의 연구들보다 더 높은 수준의 팜박을 사용할 수 있는지에 대한 가능성을 평가하여 보기 위해 수행되었다.

2. 재료 및 방법 (Materials and Methods)

1) 실험 설계 및 실험사료 (Experimental design and diet)

본 실험은 평균체중 $30.50 \pm 3.039\text{kg}$ 의 총 120두의 3원교잡종([Yorkshire \times Landrace] \times Duroc)의 육성돈을 공시하여 서울대학교 실험농장에서 실험을 수행하였다. 실험돈들은 체중과 성별에 따라 5처리구, 4반복, 반복당 6두씩 난괴법(RCBD; randomized complete block design)으로 배치하여 수행되었다. 실험처리구는 각 처리사료에 팜박의 첨가수준을 달리하여 설정하여 팜박의 첨가수준을 처리구에 따라 0, 4, 8, 12, 16%로 설계하였다. 실험사료는 총 4개의 단계로 육성전기(0-3주), 육성후기(4-6주), 비육전기(7-9주), 비육후기(10-12)로 구성하였다. 실험사료 내 영양소 함량은 NRC(1998)요구량을 충족시키거나 초과하게 하였으며, 실험사료 배합비 및 화학적 조성은 표 56, 57, 58, 59에 제시하였다.

2) 사양실험

실험돈들은 12주간 무창돈사의 육성비육사육시설에서 사육되었으며, 전체 실험기간 동안 물과 사료를 자유 급이하였다 (*ad libitum*). 실험돈의 체중과 사료급여량은 실험개시시(0주), 3주, 6주, 9주, 12주에 측정하여 일당증체량(ADG), 일당사료섭취량(ADFI), 사료효율(G:F ratio)을 계산하였다.

3) 혈액성상

혈액채취는 처리구당 임의로 6두씩 선발하여 이들의 목의 경정맥에서 채혈하였으며, 3시간의 절식 후 채혈하였다. 채취한 혈액은 EDTA tube에 포집하여, 원심분리기(Eppendorf centrifuge 6810R, Germany)에 4°C에 15분간 3,000rpm으로 원심분리하였다. 그 후 상층액을 분리하여 보관용기(micro tube)에 담아서 -20°C 냉동고에 분석시까지 보관하였다. 혈중 BUN 농도는 혈액분석기(Ciba-Corning model, Express Plus Ciba Corning Diagnostics Co. USA)를 이용하여 분석하였다.

표 56. 사료배합비 및 화학적 조성 (육성전기)

Ingredients, %	Treatments ¹				
	CON	PKM4	PKM8	PKM12	PKM16
Corn	65.59	61.86	58.16	54.43	50.70
Soy bean meal	27.35	26.68	25.99	25.32	24.65
Wheat bran	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00
Palm kernel meal	0.00	4.00	8.00	12.00	16.00
Tallow	0.73	1.18	1.62	2.07	2.52
MDCP	1.26	1.20	1.13	1.07	1.01
Limestone	0.47	0.47	0.47	0.47	0.47
L-lysine-HCl	0.00	0.01	0.03	0.04	0.05
Vit. Mix ²	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10
Min. Mix ³	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10
Salt	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30
β -mannanase ⁴	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10
Total	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00
Chemical composition⁵					
ME, kcal/kg	3265.00	3265.00	3265.07	3265.07	3265.08
Crude protein, %	18.00	18.00	18.00	18.00	18.00
Lysine, %	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95
Methionine, %	0.28	0.28	0.28	0.28	0.28
Ca, %	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60
P, %	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50

¹Con : PKM 0% + β -mannanase 0.1%, PKM4 : PKM 4% + β -mannanase 0.1%, PKM8 : PKM 8% + β -mannanase 0.1%, PKM12 : PKM 12% + β -mannanase 0.1%, PKM16 : PKM 16% + β -mannanase 0.1% .

²Provided the following quantities of vitamins per kg of complete diet : Vit A, 16,000IU; Vit D₃, 3,200IU; Vit. E, 35IU; Vit. K₃, 5mg; Rivoiflavin, 6mg; Calcium pantothenic acid, 16mg; Niacin, 32mg; d - Biotin, 128ug; Vit.B₁₂, 20ug.

³Provided the following quantities of minerals per kg of complete diet: Fe, 187 mg; Cu, 88 mg; Mn, 167 mg; I, 1 mg; Se, 1mg; Zn, 103 mg.

⁴Calculated value.

⁵ β -Mannanase (800 IU/Kg), provided from CTC bio inc. Korea

표 57. 사료배합비 및 화학적 조성 (육성후기)

Ingredients, %	Treatments ¹				
	CON	PKM4	PKM8	PKM12	PKM16
Corn	70.62	66.90	63.15	59.45	55.75
SBM	22.83	22.15	21.50	20.81	20.13
Wheat bran	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00
Palm kernel meal	0.00	4.00	8.00	12.00	16.00
Tallow	0.35	0.80	1.25	1.69	2.13
MDCP	1.19	1.13	1.07	1.00	0.93
Limestone	0.41	0.41	0.41	0.41	0.41
L-lysine-HCl	0.00	0.01	0.02	0.04	0.05
Vit. Mix ²	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10
Min. Mix ³	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10
Salt	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30
β -mannanase ⁴	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10
Total	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00
Chemical composition⁵					
ME, kcal/kg	3265.02	3265.05	3265.00	3265.07	3265.02
Crude protein, %	16.30	16.30	16.30	16.30	16.30
Lysine, %	0.83	0.83	0.83	0.83	0.83
Methionine, %	0.26	0.26	0.26	0.26	0.26
Ca, %	0.54	0.54	0.54	0.54	0.54
P, %	0.47	0.47	0.47	0.47	0.47

¹Con : PKM 0% + β -mannanase 0.1%, PKM4 : PKM 4% + β -mannanase 0.1%, PKM8 : PKM 8% + β -mannanase 0.1%, PKM12 : PKM 12% + β -mannanase 0.1%, PKM16 : PKM 16% + β -mannanase 0.1% .

²Provided the following quantities of vitamins per kg of complete diet : Vit A, 16,000IU; Vit D₃, 3,200IU; Vit. E, 35IU; Vit. K₃, 5mg; Rivoiflavin, 6mg; Calcium pantothenic acid, 16mg; Niacin, 32mg; d - Biotin, 128ug; Vit.B₁₂, 20ug.

³Provided the following quantities of minerals per kg of complete diet: Fe, 187 mg; Cu, 88 mg; Mn, 167 mg; I, 1 mg; Se, 1mg; Zn, 103 mg.

⁴Calculated value.

⁵ β -Mannanase (800 IU/Kg), provided from CTC bio inc. Korea

표 58. 사료배합비 및 화학적 조성 (비육전기)

Ingredients, %	Treatments ¹				
	CON	PKM4	PKM8	PKM12	PKM16
Corn	70.82	67.08	63.35	59.64	55.95
SBM	20.43	19.73	19.06	18.40	17.69
Wheat bran	6.00	6.00	6.00	6.00	6.00
Palm kernel meal	0.00	4.00	8.00	12.00	16.00
Tallow	0.66	1.12	1.57	2.01	2.45
MDCP	1.11	1.07	1.01	0.93	0.87
Limestone	0.38	0.38	0.38	0.38	0.38
L-lysine-HCl	0.00	0.02	0.03	0.04	0.06
Vit. Mix ²	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10
Min. Mix ³	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10
Salt	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30
β -mannanase ⁴	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10
Total	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00
Chemical composition⁵					
ME, kcal/kg	3265.06	3265.02	3265.02	3265.09	3265.00
Crude protein, %	15.50	15.50	15.50	15.50	15.50
Lysine, %	0.78	0.78	0.78	0.78	0.78
Methionine, %	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25
Ca, %	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50
P, %	0.45	0.45	0.45	0.45	0.45

¹Con : PKM 0% + β -mannanase 0.1%, PKM4 : PKM 4% + β -mannanase 0.1%, PKM8 : PKM 8% + β -mannanase 0.1%, PKM12 : PKM 12% + β -mannanase 0.1%, PKM16 : PKM 16% + β -mannanase 0.1% .

²Provided the following quantities of vitamins per kg of complete diet : Vit A, 16,000IU; Vit D₃, 3,200IU; Vit. E, 35IU; Vit. K₃, 5mg; Rivoflavin, 6mg; Calcium pantothenic acid, 16mg; Niacin, 32mg; d - Biotin, 128ug; Vit.B₁₂, 20ug.

³Provided the following quantities of minerals per kg of complete diet: Fe, 187 mg; Cu, 88 mg; Mn, 167 mg; I, 1 mg; Se, 1mg; Zn, 103 mg.

⁴Calculated value.

⁵ β -Mannanase (800 IU/Kg), provided from CTC bio inc. Korea

표 59. 사료배합비 및 화학적 조성 (비육전기)

Ingredients, %	Treatments ¹				
	CON	PKM4	PKM8	PKM12	PKM16
Corn	77.48	73.78	70.07	66.37	62.64
SBM	14.34	13.66	12.98	12.30	11.63
Wheat bran	6.00	6.00	6.00	6.00	6.00
Palm kernel meal	0.00	4.00	8.00	12.00	16.00
Tallow	0.20	0.64	1.08	1.52	1.97
MDCP	0.98	0.91	0.84	0.77	0.71
Limestone	0.40	0.40	0.40	0.40	0.40
L-lysine-HCl	0.00	0.01	0.03	0.04	0.05
DL-methionine	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Vit. Mix ²	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10
Min. Mix ³	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10
Salt	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30
β -mannanase ⁴	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10
Total	100.00	100.00	100.00	100.00	0.10
Chemical composition⁵					
ME, kcal/kg	3265.06	3265.01	3265.05	3265.00	3265.01
Crude protein, %	13.20	13.20	13.20	13.20	13.20
Lysine, %	0.62	0.62	0.62	0.62	0.62
Methionine, %	0.23	0.23	0.23	0.23	0.23
Ca, %	0.45	0.45	0.45	0.45	0.45
P, %	0.40	0.40	0.40	0.40	0.40

¹Con : PKM 0% + β -mannanase 0.1%, PKM4 : PKM 4% + β -mannanase 0.1%, PKM8 : PKM 8% + β -mannanase 0.1%, PKM12 : PKM 12% + β -mannanase 0.1%, PKM16 : PKM 16% + β -mannanase 0.1% .

²Provided the following quantities of vitamins per kg of complete diet : Vit A, 16,000IU; Vit D₃, 3,200IU; Vit. E, 35IU; Vit. K₃, 5mg; Rivoflavin, 6mg; Calcium pantothenic acid, 16mg; Niacin, 32mg; d - Biotin, 128ug; Vit.B₁₂, 20ug.

³Provided the following quantities of minerals per kg of complete diet: Fe, 187 mg; Cu, 88 mg; Mn, 167 mg; I, 1 mg; Se, 1mg; Zn, 103 mg.

⁴Calculated value.

⁵ β -Mannanase (800 IU/Kg), provided from CTC bio inc. Korea

4) 도체 특성 및 돈육 품질

도체의 품질 및 특성을 분석하기 위하여 처리구당 평균체중과 일치하는 4두씩을 선발하여 도축하여 배최장등심근(longissimus muscle)을 채취하였다. 등심근은 10번째 갈비뼈의 오른쪽 부위에서 채취하였다. 도축후 30분 후를 개시시간으로 고려하였으며, 돈육의 pH 및 육색은 개시시간, 3시간, 6시간, 12시간, 24시간 째에 측정하였다. 돈육의 pH는 pH미터기

(Thermo orion, USA)를 이용하여 측정하였으며, 육색은 CIE color 측정방식(L, a, b)를 이용하여 CR300(Minolta camera, Co., Japan)을 사용하여 측정하였다. 돈육의 일반성분 분석을 AOAC(1995)의 방법으로 분석하였다. 보수력(water holding capacity, WHC)은 원심분리 방법으로 분석하였으며, 보수력을 측정한 이후의 돈육샘플을 폴리에틸렌비닐백에 밀봉하여 72℃까지 돈육온도를 높여서 그 무게를 측정하여 가열감량을 계산하였다. 가열 이후에, 근섬유 방향과 평행하게 지름0.5인치로 돈육을 분쇄한 후 전단력 분석을 시행하였다 (Warner Bratzler Shear, USA). 돈육의 지방산패도 분석(TBARS)는 Ahn 등. (1999)의 분석방법을 이용하여 측정하였다. 돈육의 지방산조성은 Folch 등. (1957)의 방법으로 전처리한 후, gas chromatography (HP 7890, Agilent Technologies, Santa Clara, CA, USA)를 이용하여 분석하였다.

5) 경제성 분석

모든 실험돈들은 동일한 사육환경에서 사육되었으므로, 경제성 분석은 사료가격과 사료효율(G:F ratio)만을 고려하여 계산하였다. 증체 당 총 사료비는 총 사료섭취량과 사료가격, 사료효율을 고려하여 산출하였다. 출하일령은 실험종료시의 체중부터 도축체중(110kg)까지의 기간을 9-12주의 일당증체량을 고려하여 추산하였다.

6) 통계 분석

통계분석은 SAS의 General Linear Model (GLM)을 이용하여 수집된 자료의 유의성을 검증하였다. 성장성적의 경우 반복별 데이터값을 experimental unit으로 설정하였으며, 혈액분석과 돈육분석의 경우 각 개체를 unit으로 설정하였다. 팜박 첨가수준의 증가에 따른 효과를 추정하기 위해 orthogonal polynomial contrast를 통해 거저리 유충의 첨가수준에 따른 linear 및 quadratic effect를 조사하였으며, $P < 0.05$ 인 경우 유의차가 있는 것으로, $P < 0.01$ 인 경우 고도의 유의차가 있는 것으로 간주하였다. $0.05 \leq P < 0.10$ 일 경우 경향이 있는 것으로 고려하였다.

3. 실험 결과 및 고찰 (Results and Discussion)

1) 성장성적(growth performance)

육성비육돈 사료내 팜박의 수준별 첨가가 성장성적에 미치는 영향을 표 60에 나타내었다. 전체 사양실험기간 동안, 체중, 일당증체량, 사료효율에서 처리구간의 유의적인 차이가 나타나지 않았다. 그러나 일당사료섭취량에서 팜박의 첨가수준이 증가할수록 일당사료섭취량도 증가하는 결과가 나타났다 (linear, $P < 0.05$). 또한 팜박의 첨가수준이 증가함에 따라 사료효

율이 0-6주에는 linear하게 감소하는 경향이 나타났다 (linear, P=0.09).

최근 몇 년간 양돈사료 내 팜박의 첨가효과에 대한 연구들이 진행되고 있다. Lee (2009)는 팜박을 10%까지 첨가하고 β -mannanase를 0.1% 첨가할 경우 육성비육돈의 성장성적에는 부정적인 영향을 미치지 않는다고 하였으며, 또한 박(2009)의 연구결과에 따르면 옥수수-대두박 위주의 사료에 팜박을 10%까지 β -mannanase 첨가없이 대체가 가능하다고 하였다, 본 실험에서는 0.1% β -mannanase 첨가시 팜박의 첨가수준을 16%까지 증가시켜도 체중, 일당증체량, 사료효율에는 처리구간의 유의차가 나타나지 않았다. 이러한 결과는 비록 사료 내 높은 수준의 만난의 인슐린의 분비 및 공복에 부정적인 영향을 주지만(Nune 과 Malmlof, 1992), β -mannanase를 0.1% 첨가함으로써 팜박내 만난의 이용성을 높여준 것으로 사료된다. 기존 연구에서는 단위동물에서 팜박은 낮은 기호성을 가지고 있는 것으로 보고되었는데 (Gohl, 1981), 본 실험결과에서는 PKM의 첨가수준이 증가하여도 육성비육돈의 사료섭취량에 부정적인 영향을 주지 않고 오히려 사료섭취량을 증가시키는 효과를 나타냈다. Ravindran 등(1984)은 사료내 NDF 함량이 높아질수록 사료내 에너지 소화율이 감소하는 영향이 있다고 보고하였는데, 이를 고려해보았을 때 팜박 첨가수준이 증가함에 따라 사료 내 NSP 함량이 증가하게 되어 에너지 소화율이 감소하게 됨에 따라 육성비육돈이 에너지를 충족하기 위하여 사료섭취량이 증가된 것으로 사료된다. 결론적으로 육성비육돈 사료 내 팜박을 β -mannanase와 함께 16%까지 첨가하여도 성장성적에 부정적인 영향을 미치지 않았으므로, 옥수수 대두박을 팜박으로 16%까지 대체가 가능한 것으로 사료된다.

표 60. 육성비육돈 사료 내 팜박의 수준별 첨가가 성장성적에 미치는 영향¹

Criteria	Treatments ²					SEM ³	P-value	
	CON	PKM4	PKM8	PKM12	PKM16		Lin.	Quad.
Body weight⁴, kg								
Initial	30.50	30.50	30.50	30.50	30.50	0.586	-	-
3 wk	44.64	44.42	44.76	44.60	44.96	0.588	0.94	0.96
6 wk	63.30	62.74	63.09	64.33	64.16	0.802	0.30	0.22
9 wk	79.99	80.52	81.51	81.65	80.60	1.010	0.36	0.89
12 wk	96.67	99.09	101.45	101.17	98.73	1.328	0.13	0.55
ADG, g								
0-3 wk	673	663	679	672	688	14.3	0.94	0.96
4-6 wk	889	873	873	940	914	17.6	0.26	0.17
7-9 wk	794	847	877	824	783	21.3	0.62	0.34
10-12 wk	794	884	949	930	863	32.9	0.23	0.52
0-6 wk	781	768	776	806	801	11.4	0.30	0.22
7-12 wk	794	865	913	877	823	18.5	0.14	0.22
0-12 wk	788	817	845	841	812	12.7	0.14	0.56
ADFI, g								
0-3 wk	1,826	1,734	1,828	1,876	1,877	24.1	0.31	0.20
4-6 wk	2,702	2,984	3,050	3,090	3,001	61.3	0.03	0.29
7-9 wk	2,877	2,945	2,952	3,049	2,953	44.1	0.26	0.88
10-12 wk	3,251	3,456	3,616	3,652	3,681	68.1	0.03	0.51
0-6 wk	2,264	2,359	2,439	2,483	2,439	36.4	0.02	0.70
7-12 wk	3,064	3,200	3,284	3,351	3,317	48.3	0.04	0.71
0-12 wk	2,664	2,780	2,862	2,917	2,878	40.2	0.03	0.70
G:F ratio								
0-3 wk	0.369	0.383	0.371	0.360	0.367	0.0080	0.67	0.51
4-6 wk	0.329	0.294	0.288	0.305	0.305	0.0061	0.22	0.08
7-9 wk	0.276	0.289	0.299	0.271	0.267	0.0084	0.96	0.36
10-12 wk	0.245	0.256	0.261	0.255	0.236	0.0076	0.70	0.67
0-6 wk	0.345	0.326	0.318	0.324	0.329	0.0041	0.09	0.17
7-12 wk	0.260	0.271	0.278	0.262	0.249	0.0058	0.62	0.57
0-12 wk	0.296	0.295	0.295	0.289	0.283	0.0043	0.65	0.82

¹A total 120 crossbred pigs was fed from average initial body 30.50 ± 3.039 kg and the average final body weight was 99.42 kg.

²Con : PKM 0% + β-mannanase 0.1%, PKM4 : PKM 4% + β-mannanase 0.1%, PKM8 : PKM 8% + β-mannanase 0.1%, PKM12 : PKM 12% + β-mannanase 0.1%, PKM16 : PKM 16% + β-mannanase 0.1%.

³Standard error of mean.

⁴Values are means for four pens of six pigs per pen.

2) 혈액성상 (Blood profiles)

육성비육돈 사료 내 팜박의 첨가수준이 혈중요소태질소(BUN, blood urea nitrogen)에 미치는 영향을 표 61에 나타내었다. 전체 실험기간동안, 혈중 BUN 농도는 팜박의 첨가수준에 상관없이 정상적인 수치(9.8~17.2)를 보였다. Munchow와 Bergner (1968)은 사료의 생물학적 가치와 BUN 농도는 음의 상관관계가 있다고 보고하였으며, 과도한 단백질의 섭취는 단백질의 이용율을 감소시키고, 요를 통해 배출되는 질소의 양을 증가시킨다고 하였다 (Han 등., 2001). 그러므로 BUN농도의 증가는 여분의 아미노산들이 비효율적으로 혈액 내에서 존재하고 있는 것이며, 배출되기 전에 BUN의 형태로 존재하는 것이다 (Jeong 등., 2010). 본 실험에서는 PKM을 16%까지 첨가하여도 단백질 및 아미노산 이용율에는 부정적인 영향을 미치지

지 않았으며, 이러한 결과는 PKM을 β -mannanase와 함께 10%까지 첨가하도 유의적 효과가 육성비육돈에서 나타나지 않았다는 Kim 등. (2011)의 결과와 일치한다. 결론적으로 PKM을 16%까지 β -mannanase와 함께 급여시 혈중요소태질소의 농도에는 부정적인 영향을 미치지 않는 것으로 사료된다.

표 61. 육성비육돈 사료 내 팜박의 수준별 첨가가 혈중요소태질소에 미치는 영향.

Criteria	Treatments ²					SEM ³	P-value	
	CON	PKM4	PKM8	PKM12	PKM16		Lin.	Quad.
BUN, mg/dL								
Initial	----- 10 -----					-	-	-
3 week	11.3	13.0	11.7	13.7	10.8	0.61	0.36	0.91
6 week	11.3	9.8	14.0	11.0	10.6	0.51	0.55	0.57
9 week	14.0	17.2	15.0	13.1	15.3	0.64	0.47	0.10
12 week	12.2	14.0	12.6	12.6	13.9	0.44	0.96	0.40

¹Least squares means of 6 observations per treatment.

²Con : PKM 0% + β -mannanase 0.1%, PKM4 : PKM 4% + β -mannanase 0.1%, PKM8 : PKM 8% + β -mannanase 0.1%, PKM12 : PKM 12% + β -mannanase 0.1%, PKM16 : PKM 16% + β -mannanase 0.1%.

³Standard error of mean.

3) 도체특성 (Carcass traits)

육성비육돈 사료 내 팜박의 첨가수준이 도체특성에 미치는 영향을 표 62에 나타내었다. 본 실험에서는 돈육의 조수분, 조단백질, 조지방, 조회분의 함량에는 처리구간의 유의적인 차이는 나타나지 않았다. 이러한 결과는 Kim(2011)의 결과와 일치하는 데, Kim(2011)의 연구에서도 팜박을 β -mannanase와 함께 급여시 돈육의 일반성분조성에는 유의적인 차이가 나타나지 않았다. 돈육의 이화학적 특성에서는 전단력에서는 처리구간의 유의적인 차이는 나타나지 않았지만, 가열감량에서는 팜박의 첨가수준이 증가할수록 가열감량이 linear하게 감소하는 결과가 나타났다(linear, P=0.04). 보수력은 돈육의 품질에 중요한 요소이며 (Maribo 등., 1998), 보수력이 높을수록 돈육품질은 향상된다 (Lucy, 1972). 이러한 결과를 종합하여 볼 때, 팜박을 β -mannanase와 함께 급여시 팜박을 16%까지 첨가할수록 돈육의 품질에는 긍정적인 효과를 미치는 것으로 사료된다.

표 62. 육성비육돈 사료 내 팜박의 수준별 첨가가 도체특성에 미치는 영향

Criteria	Treatments ²					SEM ³	P-value	
	CON	PKM4	PKM8	PKM12	PKM16		Lin.	Quad.
Proximate analysis, %								
Moisture	74.90	74.24	74.06	74.24	73.36	0.234	0.37	0.44
Crude protein	21.40	20.83	21.76	22.28	21.74	0.216	0.12	0.27
Crude fat	3.60	3.17	3.17	3.23	3.23	0.240	0.78	0.76
Crude ash	1.42	1.50	1.63	1.46	1.49	0.048	0.83	0.24
Physiochemical property								
Cooking loss ⁴	36.45	35.03	33.65	33.93	36.02	0.398	0.04	0.34
Shear force ⁵	5.60	4.90	4.54	5.03	5.39	0.267	0.49	0.38
WHC ⁶	97.57	98.37	98.01	98.01	97.80	0.093	0.09	<0.01

¹Least squares means for four pigs per treatment.

²Con : PKM 0% + β -mannanase 0.1%, PKM4 : PKM 4% + β -mannanase 0.1%, PKM8 : PKM 8% + β -mannanase 0.1%, PKM12 : PKM 12% + β -mannanase 0.1%, PKM16 : PKM 16% + β -mannanase 0.1%.

³Standard error of mean.

⁴Cooking loss unit: %

⁵Shear force unit: kg/0.5 inch²

⁶WHC: water holding capacity

4) 돈육의 pH 및 육색

육성비육돈 사료 내 팜박의 첨가수준이 돈육의 육색에 미치는 영향을 표 63에 나타내었다. 실험결과, 도축 후 0, 3, 6, 12 24시간째의 돈육의 적색도(a*)와 황색도(b*)에서 팜박의 첨가수준에 따른 유의적인 차이는 나타나지 않았다. 그러나 명도(L value)에서는 3시간과 12시간째에서 통계적 유의차가 나타났으며, 팜박의 첨가수준이 증가할수록, 명도(L*)가 증가하는 결과가 나타났다 (linear, P<0.05). 그러나 도축후 24시간째의 돈육의 명도(L)는 정상적인 수준을 기록하였다 (38~50). Bendall과 Wismer-pederson (1962)은 돈육의 황색도가 증가하고 적색도가 감소하는 것은 돈육의 신선도가 저하되는 결과라고 보고하였지만, 본 연구에서는 팜박의 첨가수준이 증가하여도 돈육의 적색도와 황색도에는 부정적인 영향을 미치지 않아 돈육의 신선도에는 영향을 미치지 않는 것으로 사료된다. 이러한 결과는 팜박을 β -mannanase와 함께 10%까지 급여한 Kim (2011)의 연구결과와도 일치한다. 그러므로, 이러한 결과는 팜박을 16%까지 첨가하여도 돈육의 육색에는 부정적인 영향을 미치지 않는 것으로 사료된다.

도축 후 돈육의 24시간동안의 pH 결과는 표 64에 제시하였다. 측정된 결과, 도축 직후에는 처리구간의 유의적인 차이는 나타나지 않았다. 도축 후 3시간째에는 팜박의 첨가수준이 증가할수록 pH수치도 증가하는 결과가 나타났으며 (linear, P<0.05), 도축 후 6시간째에는 팜박의 첨가수준이 증가할수록 pH수치가 증가하는 유의적 경향이 나타났다 (linear, P=0.07). 도축 후 돈육의 pH 변화는 돈육의 품질을 결정하는 중요한 요소로써, 돈육의 신선도, 보수력, 부

드러움, 육색, 보관성에 영향을 미친다 (Brewer과 McKeith, 1999; Binder 등., 2004). 본 실험의 연구결과와 기존의 돈육품질에 대한 연구결과들을 고려해 보았을 때, 팜박을 16% 까지 첨가하여도 돈육의 품질과 관련된 pH 수치에는 부정적인 영향을 미치지 않은 것으로 사료된다.

표 63. 육성비육돈 사료 내 팜박의 수준별 첨가가 도축후 돈육의 육색에 미치는 영향¹

Criteria	Treatments ²					SEM ³	P-value	
	CON	PKM4	PKM8	PKM12	PKM16		Lin.	Quad.
CIE value⁴, L								
0 hr	39.85 ^{ab}	38.35 ^{bc}	39.76 ^{ab}	37.63 ^c	40.29 ^a	0.361	0.06	0.59
3 hr	40.87 ^{AB}	39.44 ^{BC}	39.35 ^{BC}	38.26 ^C	41.45 ^A	0.333	0.01	0.75
6 hr	41.41	39.45	39.58	39.57	42.99	0.516	0.29	0.39
12 hr	44.80 ^a	40.86 ^b	42.12 ^{ab}	40.81 ^b	43.74 ^a	0.497	0.02	0.17
24 hr	45.81	42.77	42.92	43.58	45.12	0.510	0.22	0.13
CIE value, a								
0 hr	0.73	0.90	1.11	1.37	1.37	0.248	0.10	0.87
3 hr	1.30	1.75	1.79	1.97	2.06	0.361	0.17	0.68
6 hr	2.09	2.60	2.25	2.62	3.71	0.287	0.61	0.89
12 hr	2.70	2.59	2.84	3.44	3.10	0.238	0.25	0.45
24 hr	3.27	3.35	2.96	3.15	3.62	0.473	0.78	0.92
CIE value, b								
0 hr	3.51	3.27	3.60	3.34	3.90	0.778	0.77	0.95
3 hr	4.45	4.27	4.32	4.05	4.84	0.101	0.25	0.82
6 hr	4.90	4.86	4.34	4.63	5.67	0.183	0.50	0.71
12 hr	5.80	4.91	5.20	5.25	5.59	0.148	0.40	0.21
24 hr	6.15	5.52	5.53	5.49	6.11	0.183	0.35	0.53

¹Least squares means for four pigs per treatment.

²Con : PKM 0% + β -mannanase 0.1%, PKM4 : PKM 4% + β -mannanase 0.1%, PKM8 : PKM 8% + β -mannanase 0.1%, PKM12 : PKM 12% + β -mannanase 0.1%, PKM16 : PKM 16% + β -mannanase 0.1%.

³Standard error of mean.

⁴CIE L: luminance or brightness (vary from black to white), a: red and green component (+a:red, -a:green), b: yellow and blue component (+b:yellow, -a:blue)

^{ABC} Means in a same row with different superscript letters significantly differ ($P < 0.01$)

^{abc} Means in a same row with different superscript letters significantly differ ($P < 0.05$)

표 64. 육성비육돈 사료 내 팜박의 수준별 첨가가 도축후 돈육의 pH변화에 미치는 영향¹.

Criteria	Treatments ²					SEM ³	P-value	
	CON	PKM4	PKM8	PKM12	PKM16		Lin.	Quad.
pH value after slaughter								
0 hr	6.07	6.17	6.14	6.15	6.06	0.027	0.47	0.52
3 hr	5.86	6.01	6.02	6.03	5.94	0.024	0.03	0.16
6 hr	5.86	5.94	5.97	5.97	5.93	0.020	0.07	0.37
12 hr	5.82	5.85	5.95	5.92	5.85	0.024	0.15	0.56
24 hr	5.73	5.73	5.87	5.79	5.76	0.025	0.22	0.54

¹Least squares means for four pigs per treatment.

²Con : PKM 0% + β -mannanase 0.1%, PKM4 : PKM 4% + β -mannanase 0.1%, PKM8 : PKM 8% + β -mannanase 0.1%, PKM12 : PKM 12% + β -mannanase 0.1%, PKM16 : PKM 16% + β -mannanase 0.1%.

³Standard error of mean.

5) 돈육의 지방산 조성 (pork fatty acid composition)

육성비육돈 사료 내 팜박의 첨가수준이 돈육의 지방산 조성에 미치는 영향을 표 64에 제시하였다. 측정결과, 돈육 내 palmitic acid, 포화지방산(SFA), 불포화지방산(USFA), 불포화지방산/포화지방산(USFA/SFA) 비율에서 유의적인 효과가 나타났다. 팜박의 첨가수준이 증가할수록, palmitic acid와 포화지방산은 유의적으로 증가하였으며 (linear, $P<0.05$, $P<0.01$), 불포화지방산과 USFA/SFA비율은 유의적으로 감소하는 결과가 나타났다 (linear, $P<0.01$, $P<0.05$). 이러한 결과는 팜박 내 지방산 조성이 포화지방산이 불포화지방산에 비해 더 높은 비율로 함유되어 있기 때문인 것으로 사료되며, 그 결과 육성비육돈 사료 내 팜박의 첨가수준의 증가는 돈육내 포화지방산의 함량을 증가시킨다.

표 65. 육성비육돈 사료 내 팜박의 수준별 첨가가 돈육의 지방산 조성에 미치는 영향¹.

Criteria	Treatments ²					SEM ³	P-value	
	CON	PKM4	PKM8	PKM12	PKM16		Lin.	Quad.
Fatty acid composition, %								
C14:0	1.83	2.17	1.87	1.82	2.00	0.070	0.63	0.24
C16:0	22.26 ^b	22.39 ^b	23.55 ^a	24.08 ^a	23.98 ^a	0.237	<0.01	0.56
C16:1	4.18	4.12	4.42	4.13	3.96	0.122	0.89	0.70
C18:0	11.48	11.48	11.25	11.51	11.41	0.138	0.93	0.70
C18:1 n-9	38.26	38.18	38.02	38.58	38.47	0.206	0.75	0.57
C18:2 n-6	12.66	12.42	12.27	11.69	11.83	0.213	0.23	0.75
C20:0	0.18	0.18	0.16	0.15	0.16	0.005	0.05	0.95
C18:3 n-6	0.36	0.35	0.31	0.35	0.34	0.019	0.68	0.59
C20:1	0.83	0.86	0.74	0.66	0.63	0.037	0.10	0.52
C18:3 n-3	0.77	0.68	0.60	0.64	0.76	0.031	0.16	0.35
C20:2	0.78	0.71	0.61	0.57	0.64	0.031	0.02	0.83
C22:0	0.82	0.80	0.81	0.78	0.81	0.041	0.81	0.96
C20:3 n-6	1.12	1.15	0.96	0.98	1.02	0.040	0.17	0.96
C20:4 n-6	3.36	3.41	3.43	3.10	3.07	0.104	0.49	0.45
C22:6 n-3	1.11	1.10	1.02	0.95	0.95	0.050	0.33	0.84
SFA ⁴	36.58 ^C	37.03 ^{BC}	37.63 ^{AB}	38.35 ^A	38.34 ^A	0.208	<0.01	0.70
UFA ⁵	63.42 ^A	62.91 ^{AB}	62.37 ^{BC}	61.65 ^C	61.66 ^C	0.206	<0.01	0.77
UFA/SFA ratio	1.73 ^A	1.70 ^{AB}	1.66 ^{BC}	1.61 ^C	1.61 ^C	0.015	<0.01	0.79
MUFA ⁶	43.26	43.15	43.17	43.37	43.05	0.193	0.88	0.77
PUFA ⁷	20.16	19.82	19.20	18.28	18.61	0.283	0.04	0.64

¹Least squares means for four pigs per treatment.

²Con : PKM 0% + β -mannanase 0.1%, PKM4 : PKM 4% + β -mannanase 0.1%, PKM8 : PKM 8% + β -mannanase 0.1%, PKM12 : PKM 12% + β -mannanase 0.1%, PKM16 : PKM 16% + β -mannanase 0.1%.

³Standard error of mean.

⁴SFA = saturated fatty acids

⁵UFA = unsturated fatty acids

⁶MUFA = monounsaturated fatty acids

⁷PUFA = polyunsturated fatty acids

6) 지방산패도 (lipid oxidation, TBARS assay)

육성비육돈 사료 내 팜박의 첨가수준이 돈육의 지방산패도에 미치는 영향을 표 66에 제시하였다. 측정결과, 도축 후 1일째 돈육내 지방산패도가 팜박의 첨가수준이 증가할수록 지방산패정도는 유의적으로 감소하는 결과가 나타났다 (linear, P=0.01). TBARS분석은 지방의 산패정도와 유통기한을 평가할 수 있는 중요한 척도로써 (McMillin, 2008), 돈육 내 불포화 지방산의 증가는 돈육의 산패도를 증가시키는 것으로 알려져 있다 (Hur 등., 2005). 따라서 본 연구결과에서는 팜박의 첨가수준이 증가할수록 돈육 내 불포화지방산 함량이 감소하였으므로, 이러한 결과의 일환으로 지방산패도 역시 감소하는 결과를 가져온 것으로 사료된다. 결론적으로 팜박을 16% 까지 첨가할수록 돈육의 지방산패도는 감소하는 것으로 사료된다.

표 66. 육성비육돈 사료 내 팜박의 수준별 첨가가 돈육의 지방산패도에 미치는 영향¹.

Criteria	Treatments ²					SEM ³	P-value	
	CON	PKM4	PKM8	PKM12	PKM16		Lin.	Quad.
Day								
1	0.337	0.313	0.289	0.295	0.292	0.0064	0.01	0.22
3	0.511	0.494	0.499	0.489	0.497	0.0059	0.40	0.77
7	0.353	0.386	0.362	0.326	0.311	0.0101	0.19	0.07

¹Least squares means for four pigs per treatment.

²Con : PKM 0% + β -mannanase 0.1%, PKM4 : PKM 4% + β -mannanase 0.1%, PKM8 : PKM 8% + β -mannanase 0.1%, PKM12 : PKM 12% + β -mannanase 0.1%, PKM16 : PKM 16% + β -mannanase 0.1%.

³Standard error of mean.

7) 경제성 분석

육성비육돈 사료 내 팜박의 첨가수준이 증체당 사료비, 출하일령, 출하시까지의 총사료비에 미치는 영향을 표 67에 제시하였다. 경제성 분석결과, 증체당 사료비, 출하일령, 출하체중까지의 소요 사료비용에서 처리구간의 통계적인 유의차는 나타나지 않았다. 하지만, 출하일령과, 예상 소요 사료비용에서 팜박을 첨가한 처리구들이 대조구에 비해 수치적으로 출하일령이 단축되고 소요사료비용 또한 감소하는 것으로 나타났다. 이러한 결과는 팜박을 옥수수과 대두박의 대체원료로써 16%까지 사용하여 사료비용을 절감할 수 있지만, 보다 높은 경제적인 효율을 고려해본다면, 팜박을 육성비육돈 사료내 8%까지 첨가하는 것이 가장 좋을 것으로 사료된다.

표 67. 육성비육돈 사료 내 팜박의 수준별 첨가가 농가의 경제성에 미치는 영향.

Criteria	Treatments ¹					SEM ²	P-value	
	CON	PKM4	PKM8	PKM12	PKM16		Lin.	Quad.
Feed cost per weight gain, won/kg								
0-3 wk	996	951	971	993	949	21.3	0.96	0.51
4-6 wk	1,066	1,188	1,191	1,107	1,090	23.5	0.59	0.07
7-9 wk	1,242	1,202	1,136	1,239	1,240	37.3	0.86	0.48
10-12 wk	1,318	1,246	1,219	1,252	1,305	39.1	0.63	0.61
0-6 wk	1,037	1,088	1,095	1,061	1,035	12.9	0.52	0.13
7-12 wk	1,280	1,216	1,166	1,237	1,270	27.1	0.55	0.33
0-12 wk	1,166	1,162	1,139	1,154	1,160	16.5	0.76	0.83
Days to market weight(110kg) from 31.5kg, days								
	100.78	96.98	94.60	95.15	97.10	1.809	0.23	0.54
Estimated feed cost to market weight(110kg) from 31.5kg, won								
	94,053	92,611	91,230	92,837	92,910	1801.0	0.78	0.71

¹Con : PKM 0% + β -mannanase 0.1%, PKM4 : PKM 4% + β -mannanase 0.1%, PKM8 : PKM 8% + β -mannanase 0.1%, PKM12 : PKM 12% + β -mannanase 0.1%, PKM16 : PKM 16% + β -mannanase 0.1%.

²Standard error of mean.

4. 결론 (Conclusion)

팜박의 첨가수준을 16%까지 증가하여도 육성비육돈의 체중, 일당증체량, 사료효율에는 유의적인 차이가 없었지만, 일당사료섭취량은 점차 증가하는 것으로 나타났다. 혈중 BUN농도와 돈육품질에도 팜박을 16%까지 첨가하여도 부정적인 영향을 미치지 않았으며, 오히려 돈육의 품질이 향상되고 지방산패도가 감소되는 결과를 나타냈다. 또한 팜박을 16%까지 첨가시 출하일령 및 소요사료비가 수치적으로 감소하였음을 알수있었다. 결론적으로 육성비육돈 사료 내 팜박을 β -mannanase와 함께 16%까지 첨가하여도 육성비육돈의 성장에 부정적인 영향을 미치지 않으며, 오히려 돈육의 품질을 향상시키고 사료비용을 절감할 수 있는 것으로 사료된다.

연구 2. 대체원료(밀)의 급여 수준이 육성-비육돈의 성장 및 도체특성에 미치는 영향

1. 서론 (Introduction)

한국 양돈 산업은 FMD, PRRS, PED 와 같은 질병과 한국과 유럽, 중국, 미국 간의 FTA 체결로 인한 내·외부적인 상황들로 인하여 불안한 상황에 처해 있다. 원료사료 가격 또한 옥수수, 대두박의 가격이 바이오 원료 (bio-fuel)와 에탄올의 생산량에 따라 변동이 심함에 따라 일정하지 않은 상황이다. 옥수수와 대두박은 한국 양돈사료 내에서 상당한 비중을 차지하는 원료이다. 따라서 이와 같은 가격변동이 심한 상황에서는 가격과 수급이 안정한 대체원료를 찾는 것이 급선무라고 할 수 있다.

밀은 보리와 함께 유럽과 미국에서 원료사료 내에 주로 쓰이고 있는 원료이며, 밀의 총 에너지는 옥수수와 비교했을 때 91% 에서 97% 으로 비교적 낮은 수준을 보이고 있지만 (Zijlstra 등, 1999; Wiseman, 2000; Sauvant 등, 2004, NRC, 2012), 조단백질과 라이신, 트립토판, 스레오닌과 같은 아미노산의 함량은 옥수수의 함량보다 높다 (Stein 등, 2001; Pedersen 등, 2007). 돼지에게 영양소 요구량을 충족시켜준 상황 하에 밀을 주 원료로 배합하여 사료를 급여하였을 때에는, 옥수수를 주 원료로 한 사료를 급여한 돼지와 비교하였을 때 성장성적은 증가하고, 돈육의 품질은 비슷한 수준을 보인다는 선행 연구들이 있다 (Gil 등, 1966; Bell 과 Keith, 1993; Han 등 2005). Cromwell (2002)은 밀이 돼지의 사양기간 전체 기간 동안의 사료내의 옥수수를 대체할 수 있다고 보고한 바가 있으며, 밀의 인 소화율은 밀안의 내생 phytase 의 효과로 옥수수보다 높은 수준을 나타내고 있다 (MacMasters 등, 1971; Pointillart 등, 1984). 하지만 내생 phytase의 양은 미량이어서, 약 1,000 FTU 의 phytase를 따로 사료 내에 첨가해 주어야 한다 (Johansen 과 poulsen, 2003). 이와 같이 사료 내 밀의 첨가가 성장성적과 돈육의 품질에서 옥수수를 기본으로 한 사료와 비교했을 때와 비슷한 수준을 보이고 있다.

현재의 가격적인 측면으로는 옥수수가 밀보다 저렴하지만, 밀의 생산량이 증가하고 산업에서 쓰이는 밀의 양이 2016년에는 증가 할 것이라는 FAO의 발표에 따라, 밀의 가격이 옥수수보다 낮아질 수 있는 가능성이 있다. 따라서 본 실험은 옥수수-대두박 기초사료 내에, 밀의 수준별 첨가가 육성-비육돈의 성장성적, 돈육품질, 혈액성상, 경제성에 미치는 영향을 규명하고자 진행 되었다.

2. 재료 및 방법 (Materials and methods)

1) 실험 동물 및 실험 진행 (Experimental animal and design)

평균 체중 $27.75 \pm 6.391\text{kg}$ 인 삼원 교잡종 ([Landrace x Yorkshire] x Duroc) 육성돈 120두를 공시하였으며, 서울대학교 농업생명과학대학 부속 실험 농장에서 11주 동안 사양실험을 수행하였다. 사양실험은 총 5처리 4반복 돈방당 6두씩 성별과 체중에 따라 난괴법 (RCBD; Randomized Complete Block Design)으로 배치하였다. 처리구는 밀의 처리 수준에 따라 설정하였으며, 1) CON (대조구) : Basal diet 급여 (Corn-SBM based diet) 2) W15 : 밀 15% 첨가 3) W30 : 밀 30% 첨가 4) W45 : 밀 45% 첨가 5) W60 : 밀 60% 첨가로 실험을 수행하였다. 사양실험은 총 4단계로 구성되었으며, 육성전기 0 - 3주, 육성후기 4 - 6주, 비육전기 7 - 9주, 비육후기 10 - 11주로 구성되었다.

2) 실험사료 (Experimental diet)

옥수수-대두박 위주로 실험사료의 기초사료(basal diet)를 배합하였으며, 사육단계에 따라 영양소 요구량을 고려하여 배합을 실시하였다. 실험사료의 대사에너지(ME)는 전체 실험기간 동안 $3,265\text{kcal/kg}$ 이었으며, 라이신(lysine)은 육성전기, 육성후기, 비육전기, 비육후기에 각각 0.95%, 0.83%, 0.78%, 0.62% 이었다. 밀은 각각 15%, 30%, 45%, 60% 가 각 처리구별로 첨가되었으며, 나머지 요구량은 NRC (2012)와 같거나 높게 요구량을 충족시켜 주었다. 실험사료의 원료 및 화학적 조성은 표 68 (육성전기), 표 69 (육성후기), 표 70 (비육전기), 표 71 (비육후기)에 제시된 바와 같다.

3) 사양실험 (Housing)

각 돈방에는 하나의 사료 급이기와 니플 급수기가 설치되어 있어 전체 실험기간 동안 물과 사료는 무제한 자유 채식 (*ad libitum*)을 하도록 하였다. 돈방 온도는 육성기에는 26°C 를 유지하게 하였으며, 비육기에는 24°C 를 유지하였다. 체중 및 사료 섭취량은 사육 단계 및 사료 종류의 변동 시점을 고려하여, 각 사양단계가 끝나는 주차에 측정하여 일당증체량 (average daily gain; ADG), 일당사료섭취량 (average daily feed intake; ADFI), 사료효율 (gain:feed ratio; G:F ratio)을 계산하였다.

4) 혈액성상 (Blood profile)

실험 개시 시 혈중요소태질소 (BUN : Blood Urea Nitrogen), 크레아티닌, 총 단백질을 조사하기 위해 실험 개시 시점에 임의적으로 경정맥에서 6두의 혈액을 채혈하였으며, 실험 개시 일 이후에는 각 사육단계별 체중 측정 시 처리별로 6두씩 총 30두의 혈액을 채취하였다. 혈액은 disposable culture tube에 포집하여 3,000 rpm, 4 °C 상태로 15분 동안 원심분리 하였다. 그 후 micro tube 보관용기에 혈청만을 분리하여 분석 시까지 -20 °C로 보관하였다. BUN은 자동생화학 분석기 (ADVIA 1650, Japan)와 호르몬 분석기 (Immulite 2000, DPC, USA)를 이용하여 분석하였으며, 크레아티닌과 총 단백질 함량은 kinetic colorimetry assay using a blood analyzer (Modular analytics, PE, Roche, Germany)를 이용하여 분석하였다.

5) 돈육의 품질 (Pork quality)

11주간의 육성, 비육기 사양실험 종료 후 각 처리구 별로 비육돈 4두씩 총 20두를 선발하여 돈육의 이화학적 특성 조사를 위해 등심근을 채취하였다. 육색은 Chromameter (Minolta CM-508i, Japan)를 이용하여 각각 도축 후 3, 6, 12, 24 시간에 미추골부터 아래로 5개 척추 사이의 등심을 샘플링하여 중간부위에 십자를 내어 3 부위의 Hunter system 의 L, a, b 값을 측정하였다. 돈육의 pH는 등심의 늑골 마지막 부위의 일정한 부분을 채취하여 도축 후 3, 6, 12, 24시간에 pH meter (Model 720, Thermo Orion, USA)를 이용하여 측정하였다. 보수력 (WHC)은 centrifuge 방법을 통해 측정이 되었으며, 돈육을 분쇄하여 필터 튜브에 샘플링한 후 워터 베스에서 80°C에 20분동안 가열한 후 10°C의 센트리퓨지에 2,000rpm으로 10분동안 처리하였다 (Eppendorf centrifuge 5810R, Germany). 보수력 측정 후에는 가열감량 (Cooking loss)을 측정하기 위해 폴리에틸렌 가방에 담아 72°C의 워터베스에서 가열 한 뒤에 가열 전과 후의 무게를 측정하였다. 가열 후에는, 근육의 근섬유와 핵을 0.5인치의 지름의 관에 포집한 후에 전단력 (Shear force)을 측정 하였다 (Warner Bratzler Shear. USA).

6) 경제성 분석 (Economical analysis)

경제성 분석은 시험 기간 동안 동일 환경에서 사육되었으므로, 제반 부대비용을 고려하지 않고 사료비용만을 기준으로 하였으며, 시험 사료의 kg당 생산 가격은 실험이 수행된 2015년 9 ~ 2015 12월까지의 사용원료 구입단가를 기준으로 계산하였다. 각 처리구간의 경제성은 사료 kg당 생산 가격과 시험 사양 기간 중의 사료섭취량과 사료 단가(kg/원)로서 사료비와 kg 증체당 사료비를 각각 구하여 비교하였다.

7) 통계분석 (Statistical analysis)

본 실험의 data는 SAS (SAS Inst., Inc., Cary, NC)의 일반선형모형 (GLM)을 이용하여 통계분석을 실시하였다. 성장성적 data의 경우 한 돈방을 experimental unit으로 설정하였으며, 혈액분석의 경우 실험돈 각 개체를 unit으로 설정하였다. 밀의 첨가수준 절감에 따른 효과를 추정하기 위해 orthogonal polynomial contrast를 통해 linear 및 quadratic effect를 조사하였으며, 모든 통계적 분석에 있어 $P \leq 0.05$ 인 경우 유의차가 있는 것으로, $0.05 < P \leq 0.08$ 일때 경향이 있는 것으로 간주하였다.

표 68. 육성전기 실험사료의 사료배합비와 성분표 (Growing I).

Ingredients, %	Treatments ¹				
	CON	W15	W30	W45	W60
Corn	62.18	48.50	34.82	21.11	7.45
SBM, 45% CP	28.08	26.31	24.55	22.80	21.08
Wheat	0.00	15.00	30.00	45.00	60.00
Wheat bran	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00
Palm kernel meal	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00
Tallow	1.44	1.86	2.28	2.71	3.13
MDCP	0.83	0.76	0.69	0.63	0.56
Limestone	0.87	0.92	0.96	1.00	1.04
L-lysine-HCl	0.00	0.04	0.09	0.13	0.18
DL-methionine	0.00	0.01	0.01	0.02	0.02
Vit. Mix ²	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10
Min. Mix ³	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10
Salt	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30
Phytase	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10
Total	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00
Chemical composition⁴					
ME, kcal/kg	3265.01	3265.01	3265.04	3265.02	3265.01
Crude protein, %	18.00	18.00	18.00	18.00	18.00
Lysine, %	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95
Methionine, %	0.28	0.28	0.28	0.28	0.28
Ca, %	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60
Total P, %	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50

¹ Con : Wheat 0%, W 15: Wheat 15%, W 30: Wheat 30%, W 45: Wheat 45%, W 60: Wheat 60%

² Provided the following quantities of vitamins per kg of complete diet: vitamin A, 8,020 IU; vitamin C, 100 IU; vitamin D3, 1,604 IU; vitamin K3, 1.6 mg; rivoftavin, 1.6 mg; calcium pantothenic acid, 6 mg; niacin, 10 mg; biotin, 40 µg; vitamin B12, 10 µg.

³ Provided the following quantities of minerals per kg of complete diet: Fe, 187 mg; Cu, 88 mg; Mn, 167 mg; I, 1 mg; Se, 1mg; Zn, 103 mg.

⁴ Calculated value.

표 69. 육성후기 실험사료의 사료배합비와 성분표 (Growing II).

Ingredients, %	Treatments ¹				
	CON	W15	W30	W45	W60
Corn	66.94	53.28	39.57	25.90	12.18
SBM, 45% CP	23.68	21.90	20.16	18.37	16.64
Wheat	0.00	15.00	30.00	45.00	60.00
Wheat bran	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00
Palm kernel meal	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00
Tallow	1.25	1.66	2.09	2.51	2.94
MDCP	0.75	0.68	0.61	0.54	0.47
Limestone	0.78	0.82	0.87	0.92	0.97
L-lysine-HCl	0.00	0.05	0.09	0.14	0.18
DL-methionine	0.00	0.01	0.01	0.02	0.02
Vit. Mix ²	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10
Min. Mix ³	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10
Salt	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30
Phytase	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10
Total	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00
Chemical composition⁴					
ME, kcal/kg	3265.01	3265.01	3265.03	3265.00	3265.02
Crude protein, %	16.30	16.30	16.30	16.30	16.30
Lysine, %	0.83	0.83	0.83	0.83	0.83
Methionine, %	0.26	0.26	0.26	0.26	0.26
Ca, %	0.54	0.54	0.54	0.54	0.54
Total P, %	0.47	0.47	0.47	0.47	0.47

¹ Con : Wheat 0%, W15: Wheat 15%, W30: Wheat 30%, W45: Wheat 45%, W60: Wheat 60%

² Provided the following quantities of vitamins per kg of complete diet: vitamin A, 8,020 IU; vitamin C, 100 IU; vitamin D3, 1,604 IU; vitamin K3, 1.6 mg; rivoflavin, 1.6 mg; calcium pantothenic acid, 6 mg; niacin, 10 mg; biotin, 40 µg; vitamin B12, 10 µg.

³ Provided the following quantities of minerals per kg of complete diet: Fe, 187 mg; Cu, 88 mg; Mn, 167 mg; I, 1 mg; Se, 1mg; Zn, 103 mg.

⁴ Calculated value.

표 70. 비육전기 실험사료의 사료배합비와 성분표 (Finishing I).

Ingredients, %	Treatments ¹				
	CON	W15	W30	W45	W60
Corn	69.25	55.59	41.87	28.19	14.52
SBM, 45% CP	21.60	19.86	18.08	16.33	14.58
Wheat	0.00	15.00	30.00	45.00	60.00
Wheat bran	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00
Palm kernel meal	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00
Tallow	1.14	1.54	1.98	2.40	2.81
MDCP	0.68	0.60	0.53	0.47	0.40
Limestone	0.74	0.77	0.84	0.87	0.90
L-lysine-HCl	0.00	0.04	0.09	0.13	0.17
DL-methionine	0.00	0.00	0.01	0.01	0.02
Vit. Mix ²	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10
Min. Mix ³	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10
Salt	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30
Phytase	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10
Total	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00
Chemical composition⁴					
ME, kcal/kg	3265.01	3265.03	3265.03	3265.00	3265.05
Crude protein, %	15.50	15.50	15.50	15.50	15.50
Lysine, %	0.78	0.78	0.78	0.78	0.78
Methionine, %	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25
Ca, %	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50
Total P, %	0.45	0.45	0.45	0.45	0.45

¹ Con : Wheat 0%, W15: Wheat 15%, W30: Wheat 30%, W45: Wheat 45%, W60: Wheat 60%

² Provided the following quantities of vitamins per kg of complete diet: vitamin A, 8,020 IU; vitamin C, 100 IU; vitamin D3, 1,604 IU; vitamin K3, 1.6 mg; rivoflavin, 1.6 mg; calcium pantothenic acid, 6 mg; niacin, 10 mg; biotin, 40 µg; vitamin B12, 10 µg.

³ Provided the following quantities of minerals per kg of complete diet: Fe, 187 mg; Cu, 88 mg; Mn, 167 mg; I, 1 mg; Se, 1mg; Zn, 103 mg.

⁴ Calculated value.

표 71. 비육후기 실험사료의 사료배합비와 성분표 (Finishing II).

Ingredients, %	Treatments ¹				
	CON	W15	W30	W45	W60
Corn	75.55	61.91	48.19	34.52	20.82
SBM, 45% CP	15.69	13.90	12.15	10.38	8.65
Wheat	0.00	15.00	30.00	45.00	60.00
Wheat bran	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00
Palm kernel meal	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00
Tallow	0.92	1.33	1.76	2.18	2.60
MDCP	0.51	0.46	0.40	0.32	0.24
Limestone	0.74	0.75	0.80	0.85	0.90
L-lysine-HCl	0.00	0.05	0.10	0.14	0.18
DL-methionine	0.00	0.00	0.00	0.01	0.01
Vit. Mix ²	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10
Min. Mix ³	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10
Salt	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30
Phytase	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10
Total	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00
Chemical composition⁴					
ME, kcal/kg	3265.04	3265.03	3265.03	3265.01	3265.01
Crude protein, %	13.20	13.20	13.20	13.20	13.20
Lysine, %	0.62	0.62	0.62	0.62	0.62
Methionine, %	0.23	0.23	0.23	0.23	0.23
Ca, %	0.45	0.45	0.45	0.45	0.45
Total P, %	0.40	0.40	0.40	0.40	0.40

¹ Con : Wheat 0%, W15: Wheat 15%, W30: Wheat 30%, W45: Wheat 45%, W60: Wheat 60%

² Provided the following quantities of vitamins per kg of complete diet: vitamin A, 8,020 IU; vitamin C, 100 IU; vitamin D3, 1,604 IU; vitamin K3, 1.6 mg; rivoflavin, 1.6 mg; calcium pantothenic acid, 6 mg; niacin, 10 mg; biotin, 40 µg; vitamin B12, 10 µg.

³ Provided the following quantities of minerals per kg of complete diet: Fe, 187 mg; Cu, 88 mg; Mn, 167 mg; I, 1 mg; Se, 1mg; Zn, 103 mg.

⁴ Calculated value.

3. 실험 결과 및 고찰 (Results and Discussions)

1) 성장 성적 (Growth performance)

사료 내 밀의 수준별 첨가가 육성-비육돈의 성장성적에 미치는 영향을 표 72 에 나타내었다. 밀의 수준에 따른 체중, 일당증체량, 일당사료섭취량에서는 전체 사양기간에서 차이가 나타나지 않았지만, 사료효율 (G:F ratio) 에 있어서는 비육기 전체기간에서 밀의 함량이 증가함에 따라 퀴드라틱한 경향이 나타났다 (quadratic response, $P=0.06$). 수치상으로 Control 처리구보다 밀을 첨가한 모든 처리구 에서 높은 수치를 나타내었다.

선행 연구에서는 밀 40% 와 옥수수 20% 를 첨가한 처리구와 밀 20% 와 옥수수 40% 를 첨가한 처리구간의 사료효율을 비교하였을 때, 밀을 40% 첨가한 처리구 에서 수치상으로 높은 G:F ratio를 나타내었다 (Lunen 과 Schulze, 1996). 또한 Brady (2002)등이 발표한 바에 따르면, 사료 내 phytase의 첨가가 밀을 함유하고 있는 사료의 건물, 에너지 소화율을 증가시켰고, 비육기의 사료 효율에서는 수치적으로 높은 결과가 나온 결과가 있었다. 위의 결과를 바탕으로, 본 실험에서도 사료 내 phytase를 첨가해 주었으므로 사료 내 밀의 수준별 첨가가 사료효율을 개선 시켰다고 사료 된다.

밀의 에너지수준은 옥수수보다 약간 낮은 수준을 보이고 있으나 (Zijlstra 등, 1999; Wiseman, 2000; Sauvant 등, 2004; NRC, 2012), 조단백질이나 필수 아미노산 같은 경우에는 옥수수와 비슷하거나 높은 수준을 함유하고 있다 (Stein 등, 2001; Pedersen 등, 2007). 또한 이전의 밀을 가지고 수행한 실험에서도 밀은 옥수수와 같은 수준으로 돼지의 총 사양기간 동안에 성장성적을 나타낸다고 보고하고 있으므로 (Gil 등, 1966; Bell 과 Keith, 1993; Han 등 2005) 본 실험에서도 같은 결과가 나온 것으로 사료된다.

표 72. 밀의 수준별 첨가가 육성-비육돈의 성장성적에 미치는 영향¹.

Criteria	Treatments ²					SEM ³	P-value ⁴	
	CON	W15	W30	W45	W60		Lin.	Quad.
Body weight⁵, kg								
Initial	27.75	27.75	27.75	27.75	27.75	-	-	-
3 wk	40.44	42.16	39.00	40.41	41.78	1.320	0.55	0.27
6 wk	55.51	56.08	53.94	54.38	56.87	2.014	0.89	0.43
9 wk	75.50	78.30	76.71	76.57	79.93	2.461	0.53	0.93
11 wk	91.70	92.09	91.13	92.19	95.81	2.898	1.00	0.95
ADG, g								
0-3 wk	623	686	543	603	668	39.4	0.60	0.16
4-6 wk	718	663	711	685	718	28.0	0.60	0.97
7-9 wk	952	1,058	1,084	1,057	1,098	27.6	0.17	0.24
10-11 wk	996	985	1,030	1,116	1,134	25.6	0.65	0.18
0-6 wk	657	674	627	634	693	31.4	0.83	0.46
7-11 wk	963	1,029	1,019	1,080	1,113	24.8	0.59	0.35
0-11 wk	758	766	756	767	810	21.3	0.95	1.00
ADFI, g								
0-3 wk	1,452	1,523	1,361	1,525	1,549	79.3	0.89	0.59
4-6 wk	1,809	1,695	1,656	1,777	1,963	80.2	0.34	0.74
7-9 wk	2,799	2,755	2,801	2,726	2,866	96.7	0.94	0.94
10-11 wk	2,931	2,783	2,726	2,891	3,026	54.5	0.24	0.66
0-6 wk	1,630	1,609	1,508	1,651	1,756	77.0	0.58	0.64
7-11 wk	2,936	2,845	2,849	2,874	3,016	75.4	0.65	0.84
0-11 wk	2,195	2,143	2,091	2,179	2,299	72.1	0.59	0.73
G:F ratio								
0-3 wk	0.421	0.448	0.390	0.399	0.435	0.0115	0.47	0.09
4-6 wk	0.406	0.391	0.436	0.373	0.368	0.0110	0.88	0.82
7-9 wk	0.345	0.385	0.397	0.392	0.384	0.0092	0.08	0.06
10-11 wk	0.340	0.357	0.379	0.387	0.376	0.0086	0.61	0.08
0-6 wk	0.404	0.417	0.417	0.384	0.396	0.0070	0.32	0.53
7-11 wk	0.329	0.363	0.360	0.378	0.370	0.0064	0.13	0.06
0-11 wk	0.348	0.357	0.365	0.354	0.354	0.0053	0.42	0.53

¹ A total 120 crossbred pigs was fed from average initial body 27.75 ± 6.391 kg and the average final body weight was 92.58 kg.

² Con : Wheat 0%, W 15: Wheat 15%, W 30: Wheat 30%, W 45: Wheat 45%, W 60: Wheat 60%

³ Standard error of mean.

⁴ Abbreviation: Lin. (linear) and Quad. (quadratic).

⁵ Values are means for four pens of six pigs per pen.

2) 혈액성상 (Blood profile)

밀의 수준별 첨가에 따른 육성-비육돈의 혈액성상을 표 73 에 나타내었다. 크레아티닌과 BUN 에서는 유의적인 차이가 나타나지 않았지만, 총 단백질의 경우 6주차에서 쿼드라틱한 경향을 나타내었으며 (quadratic response, $P=0.08$), 수치상으로는 Control 과 W15에서 가장 높은 수치를 보였으며, 나머지 처리구 에서는 낮은 수치를 보였다.

혈액 내 총 단백질의 농도는 충분하지 못한 단백질의 섭취로 인하여 나타날 수 있다는 선행 연구가 있으며 (Bergsjö 등, 1993), 사료 내 단백질의 함량에 따라서도 달라질 수 있다. 또한 총 단백질의 농도는 체내 수분의 함량의 변화도 나타내며 체내 수분 농도는 사료내 원료의 종류에 따른 삼투압에 따라서도 혈액 내 총 단백질의 함량이 달라진다는 선행연구도 있다 (Huang 등, 2006). Swamy 등은 2003년에 DON (deoxynivalenol), FA (fusaric acid), ZEA (zearalenone) 등과 같은 마이코톡신에 오염된 밀이 다량 포함된 사료를 급여 하였을 때, 그렇지 않은 처리구에 비해 낮은 총 단백질 수준을 보였다고 보고하였다. 따라서 본 실험에서의 단백질 요구량은 모든 실험기간동안 처리구간에 같은 수준으로 설정 하였으며, 사료섭취량 또한 유의적인 차이가 나타나지 않았으나 총 단백질이 낮은 수준을 보인 이유는 6주차 사료에 쓰인 밀에 마이코톡신이 정상범위보다 높은 수치가 함유되어 있어 나타난 결과일 수도 있으므로, 밀을 주 원료로 할 때에는 마이코톡신의 오염을 주의해서 사용해야 할 것으로 사료된다.

체내 근육생성의 지표로 쓰이는 크레아티닌과, 아미노산의 이용효율의 지표로 나타내는 BUN 같은 경우에는 유의적인 차이가 나타나지 않았기 때문에, 밀의 수준별 첨가는 근육생성이나 체내 아미노산의 이용에 부정적인 영향을 끼치지 않는다고 할 수 있다.

표 73. 밀의 수준별 첨가가 육성-비육돈의 혈액성상에 미치는 영향¹.

Criteria	Treatments ²					SEM ³	P-value ⁴	
	CON	W15	W30	W45	W60		Lin.	Quad.
Creatinine, mg/dL								
Initial		-----	0.73	-----		-	-	-
3 week	0.70	0.78	0.93	0.64	0.79	0.047	0.27	0.69
6 week	0.89	0.94	1.10	0.87	0.77	0.037	0.34	0.40
9 week	0.73	0.99	1.01	0.94	0.82	0.052	0.14	0.38
11 week	1.00	1.03	0.94	0.99	1.06	0.039	0.93	0.57
BUN, mg/dL								
Initial		-----	8.2	-----		-	-	-
3 week	14.8	12.5	12.3	13.4	15.4	0.52	0.13	0.51
6 week	11.1	11.8	11.0	13.4	12.6	0.38	0.90	0.41
9 week	13.6	14.2	12.5	14.6	13.7	0.58	0.95	0.82
11 week	10.8	13.5	12.2	14.3	14.1	0.64	0.36	0.46
Total protein, mg/dL								
Initial		-----	6.2	-----		-	-	-
3 week	6.6	6.8	6.8	6.4	6.3	0.07	0.23	0.41
6 week	6.8	6.9	6.6	6.4	6.1	0.09	0.70	0.08
9 week	6.9	6.9	6.9	6.6	6.5	0.09	0.95	0.38
11 week	6.9	6.7	6.7	6.4	6.4	0.09	0.93	0.19

¹ Least squares means of 6 observations per treatment.

² Con : Wheat 0%, W 15: Wheat 15%, W 30: Wheat 30%, W 45: Wheat 45%, W 60: Wheat 60%

³ Standard error of mean.

⁴ Abbreviation: Lin. (linear) and Quad. (quadratic).

3) 돈육의 품질 (Pork quality)

밀의 수준별 첨가에 따른 돈육의 일반 성분분석 과 돈육의 이화학적 특성을 표 74 에 나타내었다. 돈육의 일반성분 결과 조희분에서 밀의 수준이 증가함에 따라 linear 하게 감소하는 결과가 나타났으며 (P=0.05), 그 외에 다른 항목에서는 유의적인 차이가 나타나지 않았다. 돈육의 이화학적 특성 또한 가열감량, 전단력, 보수력에서도 유의적인 차이가 나타나지 않았다.

표 75 에는 밀의 수준별 첨가에 따른 돈육의 육색 결과를 나타내었다. 육색 결과, 황색도에서 6시간에 쿼드라틱한 경향 나타났으나 (quadratic response, P=0.08), 그 외에 모든 처리구에서 유의적인 차이를 발견하지 못하였다. 육색은 소비자가 돈육의 품질을 파악하고, 구매를 결정하는 데에 가장 중요한 요인 중에 하나이다. 그러나 육색은 단독으로 육의 상태를 나타내기에는 불충분하다고 할 수 있지만, Hunter a 값이 너무 낮으면 PSE (pale, soft, exudative)육을 의심해야 하며 너무 높으면 DFD (dark, firm, dry)육이 의심된다. 일반적으로 적색도가 감소하고 황색도가 증가하면 돈육의 신선도에 좋지 않은 영향을 미친다고 알려

저 있다. 하지만 본 실험에서는 모든 결과가 정상범위 안에 나타났으므로, 돈육에 악영향을 끼치지 않는다고 사료된다.

밀의 수준별 첨가에 따른 돈육의 pH를 표 76 에 나타내었다. 도축 후 0시간에서의 pH 결과 퀴드라틱한 결과가 나타났으며 (quadratic effect, P=0.01), 도축 후 12시간에서도 퀴드라틱한 경향이 나타났다 (quadratic response, P=0.06). 그 외의 시간에서는 유의적인 차이가 나타나지 않았다. 수치상으로는 Control 과 W15에서 높은 수치를 보였으며 그 외에 처리구에서는 비교적으로 낮은 수치를 보였다. pH는 모두 정상범위인 5.5 에서 6.0의 결과를 보였다. 식육은 pH의 고저에 따라 신선도, 보수력, 연도, 전단력, 육색, 조직감 등에 크게 영향을 받으며, 저장성에 있어서도 매우 중요한 요인으로 작용한다. 또한 pH는 초기 pH와 최종 pH가 돈육의 육질을 판단하는데 있어서 기준으로 사용되고 있으며, 초기 pH는 PSE육의 예측치로, 최종 pH는 DFD의 예측치로 그 실용성이 인정되고 있다 (Maganhini 등, 2007). 돈육의 낮은 pH는 PSE를 유발할 가능성이 크며, 높은 pH는 DFD를 유발할 가능성이 크지만, 본 실험에서는 pH가 정상범위에 있기 때문에 돈육의 PSE나 DFD의 발생에는 영향을 끼치지 않을 것이라고 사료된다.

표 74. 밀의 수준별 첨가가 육성-비육돈의 돈육의 일반성분과 이화학적 특성에 미치는 영향¹.

Criteria	Treatments ²					SEM ³	P-value ⁴	
	CON	W15	W30	W45	W60		Lin.	Quad.
Proximate analysis, %								
Moisture	70.01	70.16	69.08	70.02	68.39	0.146	0.88	0.34
Crude protein	24.41	24.23	24.80	24.54	24.23	0.258	0.86	0.82
Crude fat	3.79	4.39	3.87	3.29	4.49	0.309	0.45	0.47
Crude ash	1.64	1.46	1.47	1.43	1.43	0.024	0.05	0.10
Physiochemical property, %								
Cooking loss ⁵	65.78	65.89	64.44	64.44	65.05	0.333	0.13	0.58
Shear force ⁶	33.66	34.20	33.74	32.20	32.70	0.836	0.35	0.32
WHC ⁷	6.88	6.65	6.08	6.07	6.17	1.566	0.74	0.56

¹ Least squares means for four pigs per treatment.

² Con : Wheat 0%, W15: Wheat 15%, W30: Wheat 30%, W45: Wheat 45%, W60: Wheat 60%

³ Standard error of mean.

⁴ Abbreviation: Lin. (linear) and Quad. (quadratic).

⁵ Cooking loss unit: %

⁶ Shear force unit: kg/0.5 inch²

⁷ WHC: water holding capacity

표 75. 밀의 수준별 첨가가 육성-비육돈의 돈육의 육색에 미치는 영향¹.

Criteria	Treatments ²					SEM ³	P-value ⁴	
	CON	W15	W30	W45	W60		Lin.	Quad.
Hunter value⁵, L								
0 hr	41.62	42.62	41.19	43.89	44.66	0.847	0.97	0.85
3 hr	42.78	44.75	46.19	46.29	44.18	0.896	0.53	0.25
6 hr	45.16	46.30	43.50	44.60	47.74	0.706	0.76	0.34
12 hr	47.44	49.06	46.44	45.95	47.54	0.742	0.43	0.32
24 hr	50.43	48.88	49.58	49.39	49.42	0.586	0.53	0.92
Hunter value⁵, a								
0 hr	2.97	2.48	1.93	2.95	2.03	0.193	0.21	0.52
3 hr	3.30	3.88	4.30	3.29	2.64	0.278	0.32	0.73
6 hr	3.37	3.75	3.45	3.63	4.07	0.178	0.63	0.96
12 hr	4.77	5.36	4.50	5.01	5.66	0.245	0.66	0.62
24 hr	5.27	5.49	5.24	5.87	5.69	0.236	0.99	0.76
Hunter value⁵, b								
0 hr	5.22	5.32	4.43	5.42	5.02	0.204	0.75	0.47
3 hr	5.11	5.97	6.27	6.02	5.41	0.185	0.10	0.11
6 hr	6.13	5.52	6.50	5.90	6.42	0.147	0.61	0.08
12 hr	7.11	7.83	6.70	6.72	7.38	0.235	0.42	0.21
24 hr	7.60	7.67	7.08	7.54	7.36	0.173	0.88	0.44

¹ Least squares means for four pigs per treatment.

² Con : Wheat 0%, W15: Wheat 15%, W 0: Wheat 30%, W45: Wheat 45%, W60: Wheat 60%

³ Standard error of mean.

⁴ Abbreviation: Lin. (linear) and Quad. (quadratic).

⁵ Hunter L: luminance or brightness (vary from black to white), a: red and green component (+a:red,-a:green), b: yellow and blue component (+b:yellow, -a:blue)

표 76. 밀의 수준별 첨가가 육성-비육돈의 돈육의 pH에 미치는 영향¹.

Criteria	Treatments ²					SEM ³	P-value ⁴	
	CON	W15	W30	W45	W60		Lin.	Quad.
pH value after slaughter								
0 hr	5.92	5.91	5.68	5.71	5.73	0.038	0.84	0.01
3 hr	5.68	5.68	5.59	5.65	5.62	0.017	0.81	0.17
6 hr	5.68	5.68	5.56	5.65	5.55	0.018	0.66	0.04
12 hr	5.61	5.65	5.54	5.55	5.54	0.019	0.57	0.06
24 hr	5.63	5.64	5.55	5.57	5.57	0.020	0.97	0.16

¹ Least squares means for four pigs per treatment.

² Con : Wheat 0%, W15: Wheat 15%, W30: Wheat 30%, W45: Wheat 45%, W60: Wheat 60%

³ Standard error of mean.

⁴ Abbreviation: Lin. (linear) and Quad. (quadratic).

4) 경제성 분석 (Economical analysis)

밀의 수준별 첨가에 따른 육성-비육돈의 경제성을 분석한 결과를 표 77에 나타내었다. 증체당 사료비는 모든 처리구간 유의적인 차이가 나타나지 않았다. 각 처리구간의 경제성은 밀을 첨가한 사료 kg당 생산 가격과 시험 사양 기간 중의 사료섭취량과 사료 단가(kg/원)로서 사료비와 kg 증체당 사료비를 각각 구하여 비교하였다. 육성전기 사료의 가격은 CON(342원/kg), W15(344원/kg), W30(346원/kg), W45(349원/kg), W60(351원/kg), 육성후기 사료의 가격은 CON(328원/kg), W15(330원/kg), W30(333원/kg), W45(335원/kg), W60(338원/kg), 비육 전기 사료의 가격은 CON(321원/kg), W15(323원/kg), W30(326원/kg), W45(328원/kg), W60(331원/kg), 비육 후기 사료의 가격은 CON(302원/kg), W15(304원/kg), W30(307원/kg), W45(309원/kg), W60(311원/kg)으로 모든 실험기간 동안 CON 처리구가 제일 낮았고 밀이 첨가됨에 따라 사료비도 증가하였다. 각 시기별 사료 가격에서 사료 효율을 나누면 kg당 생산비가 계산된다. 총 사육기간 동안의 증체당 사료비는 CON(3,461원/kg), W15(3,331원/kg), W30(3,320원/kg), W45(3,428원/kg), W60(3,466원/kg)으로 유의적인 차이는 없었지만 밀을 15, 30% 첨가한 처리구에서 수치적으로 낮은 결과를 나타내었다. 하지만, 출하일령은 밀을 45, 60% 첨가한 처리구에서 가장 낮았다. 따라서 수치적 이지만 가장 효율적인 밀의 첨가량은 경제성을 보았을 때에는 30%에서 45% 사이가 적절하다고 사료된다.

표 77. 육성-비육돈 사료내 밀의 수준별 첨가가 농가의 경제성에 미치는 영향.

Criteria	Treatments ²					SEM ³	P-value ⁴	
	CON	W 15	W 30	W 45	W 50		Lin.	Quad.
Feed cost per weight gain, won/kg								
0-3 week	815	774	900	877	828	22.0	0.68	0.11
3-6 week	818	847	799	906	927	23.7	0.88	0.85
6-9 week	939	841	833	842	870	20.4	0.12	0.22
9-11 week	889	859	819	804	842	18.9	0.66	0.13
0-11 week	3,461	3,331	3,320	3,428	3,466	49.2	0.31	0.92
Total feed cost per pig, won/head								
0-3 week	10,414	11,006	9,896	11,182	11,427	578.3	0.86	0.79
3-6 week	12,444	11,758	11,566	12,513	13,916	565.1	0.48	0.95
6-9 week	18,858	18,678	19,160	18,773	19,903	664.1	0.98	0.86
9-11 week	12,388	11,852	11,670	12,515	13,190	242.2	0.33	0.98
0-11 week	54,103	53,293	52,321	54,982	58,436	1869.7	0.68	0.99
Days to market weight(110kg) from 27.27kg, days								
	95.36	95.17	96.39	92.79	89.94	2.863	0.86	0.86

1 Least squares means of 6 observations per treatment.

2 Con : Wheat 0%, W 15: Wheat 15%, W 30: Wheat 30%, W 45: Wheat 45%, W 60: Wheat 60%

3 Standard error of mean.

4 Abbreviation: Lin. (linear) and Quad. (quadratic).

4. 결론 (Conclusion)

본 실험은 옥수수-대두박 기초사료 내에, 밀의 서로 다른 수준별 첨가가 육성-비육돈의 성장성적, 돈육품질, 혈액성상, 경제성에 미치는 영향을 규명하고자 진행 되었다. 성장성적에서는 비육기 때의 사료효율을 제외한 나머지 에서는 유의적인 차이가 나타나지 않았지만, 비육기의 사료효율에서는 밀을 첨가한 처리구 전체에서 사료효율이 높은 경향을 나타내었다. 혈액성상에서는 총 단백질에서 6주차에 Control 과 W 15 보다 나머지 처리구가 낮은 경향을 보였으며, 그외 나머지 항목에서는 유의적인 차이를 나타내지 않았다.

돈육의 품질에서는 밀을 첨가함에 따른 부정적인 영향을 발견하지 못하였으며, 육색, pH 모두 정상범위 안에 있었다. 경제성 분석에서는 유의적인 차이는 나타나지 않았지만, 수치적으로는 증체당 사료비의 경우에는 밀을 15, 30% 첨가 하였을 때 비교적 낮았으며, 밀의 함량이 45, 60% 었을 때 출하 일령이 줄어들었다. 경제적인 측면으로만 보았을 때에는 밀의 첨가량은 30% 에서 45% 라고 사료된다.

따라서, 밀을 60%까지 첨가하여도 돼지의 성장성적, 혈액성상, 돈육의 품질, 경제성 분석에 부정적인 영향을 끼치지 않았으므로, 육성-비육 돈 사료 내에 밀을 60% 까지 첨가하여도 무방하다고 사료된다.

연구 3. 사료 내 대체원료(채종박)의 첨가수준이 임신돈의 영양소 소화율에 미치는 영향

1. 서론 (Introduction)

우리나라는 가축용 배합사료 생산을 위한 사료 원료의 90 % 이상을 수입에 의존하고 있어 국제 곡물가격 상승에 특히 민감하게 반응 하는데, 특히 양돈 배합사료에 주로 이용되는 단백질 원료인 대두박의 경우 불안정한 국제 곡물 가격으로 인해 가격변화를 예측하기가 어려워지면서 원료 사료의 가격 상승을 야기 시키고 있다. 이를 억제할 수 있는 방안 중 하나로 대체 원료의 사용이라 할 수 있다. 채종박의 경우 채종을 착유하고 남은 부산물로 33-40%의 단백질을 함유하고 있어 대두박과 비교하여 가격 대비 비용 효율이 높은 단백질 원료이다 (Bell, 1984; Quiniou 등, 2012; Rodrigues 등, 2014). 또한 대두박과 비교하여 채종박은 우수한 아미노산 조성을 보이는데 라이신 (5.5% vs. 6.2%)의 함량은 다소 낮지만 메치오닌 (2.1% vs. 1.4%)의 함량은 매우 우수하여 대두박과 함께 양돈 사료에 이용할 경우 서로 부족한 아미노산 조성을 상호 보완하여 아미노산의 불균형을 막아 상보 작용을 기대 할 수 있다 (NRC, 2012). 이 뿐만 아니라 채종박은 대두박에 비해 높은 섬유소 (14.1% vs. 3.9%)를 함유하고 있어 임신기 모돈의 공복감으로 인한 스트레스 감소 및 변비 예방에 효과적이다 (Bell, 1984).

하지만 채종박의 경우, 항영양인자인 glucosinolaes 및 erucic acid를 포함하고 있어 동물 사료로 채종박을 이용할 경우 그 사용량에 제한을 하고 있다 (Tripathi와 Mishra, 2007). Halkier와 Gershenzon (2006)에 의하면 glucosinolates의 독성은 glucosinolates 자체에 기인하는 것이 아니고 종실이 파괴 되면서 myrosinase가 방출되어 가수분해 되면서 유독물질을 생성하게 된다. Glucosinolaes 가수분해 물질은 사료 섭취량을 감소시키고, 갑상선에서 iodine의 이용성을 방해하여 iodine의 흡수를 억제하며, 갑상선 호르몬의 합성을 방해 하는 것으로 알려져 있다 (Mawson 등, 1994a). 또한 높은 수준의 glucosinolates는 번식성적에도 부정적인 영향을 미치는데 성성숙을 지연시키고, 배아의 성장률을 감소시키며, 낮은 수태율 및 태아의 발달에 부정적인 영향을 미친다고 알려져 있다 (Mawson 등, 1994b; Quiniou 등, 2012). Erucic acid의 경우 미토콘드리아의 β -oxidation 장애를 통해 지방산 산화에 부정적인 영향을 미치게 되는데, 일반적으로 erucic acid를 많이 급여하게 되면 지방을 분해해서 밖으로 내보내는 일이 느려지게 되고 간세포에 지방이 과잉 축적 되면서 lipidosis를 유발 하게 된다. 하지만 erucic acid는 기름을 짤 때 대부분 제거가 되며 채종박에는 약 20 mg/g 정도 함유하고 있는 것으로 알려져 있다 (Food standards Australia New Zealand, 2003). 결론적으로 채종박은 우수한 단백질 원료이자 지속적인 품종 개량을 통해 1980년대 평균 glucosinolaes의 함량은 210 $\mu\text{mol/g}$ 이었으나 2010년 현재 이보다 3배 정도 낮은 70 $\mu\text{mol/g}$

의 glucosinolaes를 함유 하고 있음에도 불구하고 (Tripathi와 Mishra, 2007), 국내 에서는 채종박의 급여 수준을 최대 3 % 이내로 제한을 두고 있어 임신모돈 사료에 채종박의 적정 급여 수준을 규명 하는 것이 시급한 상황이다. 따라서 본 실험은 이러한 배경을 바탕으로 임신모돈 사료 내 채종박의 급여 수준이 임신돈의 소화율에 미치는 영향을 규명하기 위해 수행되었다.

2. 실험 방법 및 재료 (Materials and methods)

1) 실험 동물 및 실험 설계 (Experimental animal and design)

2원 교잡종 (Yorkshire × Landrace, Darby, Korea) 경산돈 4두를 공시하였으며, 4처리 4반복 및 반복 당 1두씩 4 × 4 Latin-square design으로 대사틀에 1두씩 배치하였다. 각 소화율 실험은 5일의 적응기를 가진 뒤 6일째부터 나흘간 실험사료를 급여하였다. 사료를 매일 오전 7시와 오후 7시에 1,200g씩 급여하였으며, 물은 자유롭게 채식하도록 하였다.

2) 실험 사료 (Experimental diet)

실험 기간에는 처리구별로 채종박 함량이 다른 임신돈 사료를 급여하였으며, 처리구는 사료 내 채종박 (RSM: rapeseed meal)의 급여 수준에 따라 1) RSM 0 (채종박 함량 0%), 2) RSM 3 (채종박 함량 3%), 3) RSM 6 (채종박 함량 6%) 및 4) RSM 9 (채종박 함량 9%)로 구분하였다. 모든 실험사료의 영양소 함량은 NRC 사양표준 (1998)을 기준으로 설계되었으며, 실험 사료에 사용된 채종박의 화학적 조성 및 항영양인자 함량은 표 78에 나타내었고, 임신돈 사료의 에너지 함량은 3,265 kcal ME/kg, 조단백질 함량은 16.80 %, 라이신 함량은 1.09 %였으며 실험사료의 원료 및 화학적 조성은 표 79에 나타내었다.

표 78. 임신돈 실험 사료의 채종박 영양소 및 항영양인자 조성

Item	Rapeseed meal
Analyzed chemical composition, %	
Crude protein	33.38
Ether extract	1.52
Crude ash	9.34
Essential amino acids, % of protein	
Arg	8.82
His	3.38
Ile	3.75
Leu	4.62
Lys	6.54
Met	1.25
Phe	3.40
Thr	5.22
Val	4.13
Glucosinolates, $\mu\text{mol/g}$	
Progoitrin	0.38
Sinigrin	10.28
Gluconapin	36.64
Total glucosinolates	47.30
Erucic acid, mg/g	5.23

표 79. 임신돈 실험 사료의 원료 및 화학적 조성

Item	Rapeseed meal level in gestation, % ²			
	0	3	6	9
Ingredients, %				
Corn	78.68	77.35	76.00	74.66
Soybean meal, 45% CP	15.24	13.05	10.84	8.67
Tallow	0.74	1.37	2.01	2.64
Soy oil	0.00	0.00	0.00	0.00
Sugar molasses	1.00	1.00	1.00	1.00
Rapeseed meal (RSM)	0.00	3.00	6.00	9.00
L-lysine • HCl	0.37	0.37	0.37	0.36
DL-methionine	0.05	0.03	0.02	0.00
Dicalcium phosphate	2.48	2.41	2.34	2.25
Limestone	0.84	0.82	0.82	0.82
Vitamin premix ³	0.10	0.10	0.10	0.10
Mineral premix ⁴	0.10	0.10	0.10	0.10
Salt	0.30	0.30	0.30	0.30
Analyzed chemical composition, %				
Crude protein	16.44	16.12	17.20	16.74
Ether extract	7.63	8.35	5.71	7.90
Crude ash	5.92	5.86	5.03	5.43

¹ Daily feed provision of gestation was 2.4 kg/d.

² RSM 0: basal diet, RSM 3: basal diet + 3 % RSM, RSM 6: basal diet + 6 % RSM, RSM 9: basal diet + 9 % RSM

³ Provided per kg of diet: vitamin A, 10,000 IU; vitamin D₃, 1,500IU; vitamin E, 35IU; vitamin K, 3mg; vitamin B₂, 4mg; vitamin B₆, 3mg; vitamin B₁₂, 15µg; pantothenic acid, 10 mg; biotin, 50 µg; niacin, 20 mg; folic acid 500 µg.

⁴ Provided per kg of diet: Fe, 75 mg; Mn, 20 mg; Zn, 30 mg; Cu, 55 mg; Se, 100 µg; Co, 250 mg; I, 250 mg.

3) 데이터 수집 (Data collection)

임신진단은 종부 후 21일령 전후에 재발정 확인을 하고 35일령에 초음파 임신진단기를 이용하여 최종적으로 임신을 확인하였다.

실험 개시 시 급여하는 사료량의 0.5% 만큼 산화크롬 (Cr_2O_3)을 칭량하여 개시 지시제로 사용하였으며 실험 종료 시에는 급여하는 사료량의 0.5% 만큼 산화철 (Fe_2O_3)을 칭량하여 종료 지시제로 사용하였다. 분 채취는 분에서 산화크롬을 확인한 시점부터 산화철을 확인할 때까지 실시하였다.

실험 사료가 급여되는 나흘 동안의 체중 및 등지방 변화도 측정하였다. 등지방은 초음파 측정기(Lean-meter, Renco Corp., Minneapolis, USA)로 P₂(양측 마지막 늑골에서 65mm 내려간 위치)에서 측정된 값의 평균으로 계산하였다. 혈액은 체중 측정 시 사료 급여 전에 정맥에서 추출되어 4℃에서 3000 rpm으로 15분간 원심분리(Eppendorf centrifuge 5810R, Hamburg, Germany)하여 분석 시까지 -20℃에서 보관되었다.

4) 분석 방법 (Analysis)

(1) 일반성분 분석 (Proximate analysis)

채종박 및 사료 내 조단백 (976.05; AOAC, 1990), 조지방 (920.39; AOAC, 1990) 및 조회분 함량 (942.05; AOAC, 1990)을 분석 하였으며, 분, 뇨의 일반 성분 분석을 위해 AOAC (1995) 방법으로 건물, 수분, 조단백, 조지방, 조회분 등을 분석하였다.

(2) 혈액 성상 (Blood profiles)

혈청 내 glucose 및 혈중 요소태 질소 (BUN)는 kinetic UV assay (Glucose Hexokinase Kit; UREA/BUN Kit, Roche, Mannheim, Germany)를 이용하여 농도 분석을 실시하였다.

5) 통계 분석(Statistical analysis)

통계분석은 SAS (SAS Institute, 2009)의 일반선형모형 (GLM)을 이용하여 수집된 자료에 대한 유의성 검정을 실시하였으며, 사양실험에서 모든 1마리를 실험 단위로 (CRD) 하여 최소 유의차 (LSD) 다중 검정법에 의해 처리 간 결과를 비교하였다. $P < 0.05$ 인 경우 유의차가 있는 것으로, $P < 0.01$ 인 경우 고도의 유의차가 있는 것으로 고려하였으며, $0.05 \leq P < 0.10$ 일 경우 경향이 있는 것으로 간주하였다. 또한 linear, quadratic response를 분석하기 위해 orthogonal polynomial contrasts를 실시하였다.

3. 연구 결과 및 고찰 (Result and discussion)

1) 모돈의 체중 및 등지방 두께 변화 (Change of body weight and backfat thickness)

임신모돈 사료 내 채종박의 수준별 급여가 체중 및 등지방 두께에 미치는 영향을 표 80에 나타내었다. 본 실험 결과, 임신돈 사료 내 채종박의 급여 수준이 증가 하더라도 임신돈의 체중 및 등지방 두께에 있어서는 처리구간 통계적으로 유의적인 차이를 보이지 않았다. 채종박 내 glucosinolates의 함량은 어린 동물 및 초산돈에게 있어 성장을 지연 시키고 사료 섭취량을 감소시킨다고 하였지만 모돈의 체중 및 등지방 두께가 감소하는 원인에 대해서는 명확한 기작이 밝혀지지 않았다 (Mawson 등, 1994a). 다만 채종박 내 erucic acid, sinapine, tannin 및 glucosinolates에 의한 영향으로 추측하고 있는데 높은 수준의 erucic acid의 급여는 사료 섭취량을 감소시키며, 쓴맛 및 입안에서 특 쏘는 듯한 맛을 내는 sinapine과 tannin에 의해 사료 기호성이 저하 될 뿐 아니라 glucosides에 속하는 glucosinolates의 한 종류인 progoitrin은 oxazolidine-2-thions로 가수분해 되어 사료 섭취량을 감소시키는 것으로 알려져 있다 (Mawson 등, 1993a; Tripathi와 Mishra, 2007). 채종박 내 항영양인자로 인해 사료 섭취량이 감소하면서 기호성이 저하되어 성장 성적에도 부정적인 영향을 미치는 것으로 추측하고 있으나 임신기의 경우 제한 사양으로 기호성 저하에 따른 모돈의 체중 및 등지방 두께 감소에는 영향을 미치지 않는 것으로 사료된다. 따라서 임신돈 사료에 채종박을 급여 하여도 모돈의 체중 및 등지방 두께에 있어 부정적인 영향을 미치지 않았다.

표 80. 임신모돈 사료 내 채종박의 수준별 급여가 체중 및 등지방 두께에 미치는 영향

Criteria	Rapeseed meal level in gestation, % ¹				SEM ²	P-value ³	
	0	3	6	9		Lin.	Quad.
Body weight, kg							
Initial	238.5	237.0	236.9	239.5	1.240	0.935	0.982
Final	238.7	235.9	235.3	239.6	2.125	0.883	0.994
Change	0.3	-1.2	-1.6	0.1	0.929	0.345	0.841
Backfat thickness, mm							
Initial	15.4	15.6	15.6	14.4	0.595	0.898	0.886
Final	15.9	16.3	15.8	14.9	0.582	0.906	0.843
Change	0.5	0.6	0.1	0.5	0.217	1.000	0.655

¹ RSM 0: basal diet, RSM 3: basal diet + 3 % RSM, RSM 6: basal diet + 6 % RSM, RSM 9: basal diet + 9 % RSM, RSM12: basal diet + 12 % RSM.

² Standard error of mean.

³ Abbreviation: Lin. (linear) and Quad. (quadratic).

2) 혈액성상 (Blood profiles)

임신모돈 사료 내 채종박의 수준별 급여가 모돈의 혈액성상에 미치는 영향을 표 81에 나타내었다. 혈청 내 glucose 농도의 경우 처리구에 따른 유의적인 차이는 나타나지 않았다 (표 81). 채종박은 높은 수준의 단일 불포화 지방산인 oleic acid (51.3 %) 및 다가불포화지방산 linoleic acid (26.8 %)를 포함하고 있는데 (Kracht 등, 2004), Due 등 (2008)에 의하면 단일 불포화 지방산이 혈청 내 glucose 농도를 감소시킨다고 하였으며, 또한 김 등 (2012)에 의하면 갑상선 호르몬 분비의 불균형이 생겼을 경우 인슐린 및 글루카곤에 이상이 생겨 glycogen의 분해가 제대로 일어나지 못해 glucose 농도에 영향을 미치게 되는데 본 실험의 경우 이러한 감소가 나타나지 않았다. 혈청 내 요소태 질소의 농도는 동물 사료의 품질과 단백질 양에 의해 결정 되는데 (Eggum, 1970). 본 실험 결과 모돈의 혈중 요소태 질소 농도는 임신돈 사료 내 채종박의 급여 수준이 증가 하여도 처리구간 유의적인 차이는 나타나지 않았다. 그러므로 본 실험 결과 채종박 급여 처리구에서 임신모돈의 혈 중 glucose의 농도 및 혈중 요소태질소의 농도에는 부정적인 영향을 미치지 않았다

표 81. 임신모돈 사료 내 채종박의 수준별 급여가 모돈의 혈액성상에 미치는 영향

Criteria	Rapeseed meal level in gestation, % ¹				SEM ¹	P-value ³	
	0	3	6	9		Lin.	Quad.
Glucose, mg/dL							
Initial	45.3	47.4	40.9	46.5	2.891	0.959	0.505
Final	43.5	55.0	41.6	41.2	6.515	0.313	0.310
Blood urea nitrogen, g/dL							
Initial	35.5	43.8	41.4	53.6	7.519	0.668	0.255
Final	42.7	44.2	44.6	39.8	2.158	0.263	0.489

¹ RSM 0: basal diet, RSM 3: basal diet + 3 % RSM, RSM 6: basal diet + 6 % RSM, RSM 9: basal diet + 9 % RSM, RSM12: basal diet + 12 % RSM.

²Standard error of mean.

³Abbreviation: Lin. (linear) and Quad. (quadratic).

3) 영양소 소화율(Nutritional digestibility)

임신모돈 사료 내 채종박의 수준별 급여가 모돈의 영양소 소화율에 미치는 영향을 표 82에 나타내었다. 사료 내 건물의 경우 임신돈 사료 내 채종박 첨가량이 증가함에 따라 어떠한 유의차도 보이지 않았으나, 첨가량이 증가함에 따라 소화율이 quadratic하게 감소하는 경향을 보였다. 단백질의 경우 채종박의 첨가량에 의한 어떠한 유의적인 차이도 보이지 않았다.

회분과 지방의 경우 채종박 첨가량이 증가함에 따라 소화율이 quadratic하게 유의적으로 감소하는 결과를 보였다.

이를 통해 채종박이 첨가되었을 때 건물 함량의 소화율이 quadratic 하게 감소하는 것은 이전의 실험들(Lo and Hill, 1971, Choi et al., 2014)이 지적하는 바와 같이 단백질의 소화율이 떨어지기 때문이 아니라, 회분과 지방 성분이기 때문으로 사료된다. 채종박에는 표 82에서 보듯이 Ash 함량이 9% 이상 포함되어있다. 또한 배합비 상에 채종박 첨가량이 9%까지 첨가되더라도 limestone을 비롯한 광물질 원료의 첨가량이 감소하지 않기 때문에 결과적으로 채종박 첨가량이 증가함에 따라 광물질 함량이 증가할 수밖에 없다. Ash의 대부분을 차지하는 광물질들의 경우 체내에 과량이 첨가되어도 요구량 이상은 배설되기 때문에 흡수량이 일정할 경우에 공급량이 많아질수록 수치상 이용율은 떨어질 수밖에 없다.

채종박 역시 다른 유박류처럼 유지 함량이 높은 편이다. 또한 채종박 첨가량이 증가함에 따라 배합비 상에 fat source인 tallow가 증가하는 결과를 보였다. 때문에 소화 효소가 부족하기 쉬운 지방의 특성상 첨가량이 증가하여도 이용할 수 있는 지방의 양이 일정 수준을 초과할 수 없기 때문에 ash와 마찬가지로 소화율이 떨어지는 것으로 생각된다. 더불어 Lo and Hill(1971)에 따르면 채종박은 동물 체내에서 에너지의 소화율을 떨어뜨리는 효과가 있으며 이는 glucosinolate를 비롯한 항영양인자에 의한 영향으로 이에 따라 영양소 공급원인 지방의 소화율도 떨어지는 것으로 생각된다. 하지만 ash와 fat 소화율을 저하시키는 정확한 mechanism은 아직 밝혀지지 않았다.

표 82. 임신모돈 사료 내 채종박의 수준별 급여가 영양소 소화율에 미치는 영향

Criteria	Rapeseed meal level in gestation, % ¹				SEM ²	P-value ³	
	0	3	6	9		Lin.	Quad.
Digestibility, %							
DM	88.65	88.83	87.17	83.50	4.720	0.598	0.079
Crude protein	90.94	90.90	91.67	84.17	8.534	0.653	0.420
Crude ash	65.51	53.62	42.70	42.26	17.550	0.245	0.025
Crude fat	83.83	86.42	79.13	79.06	7.297	0.518	0.046

¹ RSM 0: basal diet, RSM 3: basal diet + 3 % RSM, RSM 6: basal diet + 6 % RSM, RSM 9: basal diet + 9 % RSM, RSM12: basal diet + 12 % RSM.

² Standard error of mean.

³ Abbreviation: Lin. (linear) and Quad. (quadratic).

4. 결론 (Conclusion)

본 연구는 임신기의 양돈사료에서 기존의 단백질 공급원인 대두박을 채종박으로 대체하였

을 때 모든의 체형, 혈액 성분, 영양소 소화율 등에 부정적인 영향을 미치지 않고 어느 정도 수준까지 사용이 가능한가를 규명하기 위해 수행되었다. 실험에 사용된 처리구는 각각 0, 3, 6, 9 % 만큼 대두박을 채종박으로 대체한 총 4개의 처리구로 소화율 실험이 진행되었다.

실험 결과, 실험 전 처리구에 있어 채종과 등지방 두께에서 처리구 간 통계적 유의차가 나타나지 않았다. 일반적으로 대체원료 사용 시에 가장 큰 문제점 중의 하나로 알려진 사료 섭취량의 경우 임신돈은 정량 급여가 일반적이기 때문에 사료 섭취량에 유의적인 영향을 끼치지 못하고, 그렇기 때문에 체형에도 유의적인 차이를 보이지 않아 대두박 대체제로서 채종박의 가능성을 보여주었다.

혈액성상 역시 혈중 glucose 농도와 BUN(blood urea nitrogen) 농도 모두에서 , 처리구간의 통계적 유의차가 발생하지 않았다. 이러한 결과로 보아 임신돈 사료 내 채종박의 첨가는 임신돈의 혈액 성분에도 부정적인 영향을 미치지 않음을 알 수 있다.

소화율 결과에서는 건물 소화율, 단백질 소화율, 회분 소화율 및 지방 소화율 등 모든 항목에 있어서 linear한 통계적 유의차가 나타나지 않았다. 하지만 건물 소화율에서는 quadratic한 감소 경향이 나타났으며, 회분 소화율과 지방 소화율에 있어서는 통계적으로 유의적인 quadratic한 감소가 나타났으며, 수치상으로 볼 때 9% 첨가 처리구에서 가장 낮은 소화율을 보였다. 그러나 채종박의 첨가량 증가에 따른 결과로 보기는 힘들며, 건물 소화율과 지방 소화율의 경우 Control 처리구에 비해 3% 채종박 처리구에서 수치적으로 향상된 결과를 보였다.

결론적으로 채종박을 이용하여 대두박을 대체할 경우 9 %까지 임신돈의 체형에 영향을 미치지 않는 것으로 나타났으며, 임신돈의 혈액성상에도 부정적인 영향을 미치지 않는 것으로 나타났다. 영양소 소화율의 경우 채종박의 첨가수준이 9%일 경우 회분과 지방에서의 소화율이 낮아지지만, 체형 및 혈액 성분 결과와 비교해 볼 때 임신돈 사료 내 채종박을 9 %까지 첨가하는 것은 임신돈에 부정적인 결과를 가져온다고 단정할 수 없다. 따라서 대두박 대체목적으로 육성·비육돈 사료 내 채종박을 9%까지 첨가하여도 임신돈의 체형, 혈액성상 및 영양소 소화율에 부정적인 영향을 미치지 않을 것으로 사료된다.

연구 4. 사료 내 영양적 조절을 통한 자돈의 설사방지기술 개발

1. 서론 (Introduction)

현재 우리나라는 외국과의 FTA 체결, 가축분뇨의 해양투기 금지, 구제역, 소모성 질환 등의 삼중고로 인하여 양돈농가가 큰 어려움을 겪고 있는 실정이다. 생산비에 있어, 가장 많은 부분을 차지하고 있는 사료비는, 제조비용 중 원 재료비 비중이 80% 정도를 차지하고 있고, 그 대부분을 수입에 의존하고 있으며, 이는 곧 수입원료 가격 폭등이 국내 배합사료의 원가 상승과 축산물 생산비 증가 등 국내 축산관련 여러 분야에 상당한 타격을 가져올 것으로 예측되고 있는 실정이다. 현재 우리나라뿐만 아니라 세계 여러 나라에서 이러한 문제에 대한 해결책으로 다양한 대안을 찾고 있고 그 중 현실적으로 받아들여지고 있는 해결책이 원료사료 중 고가의 비중을 차지하고 있는 원료들을 대체할 수 있는 대체원료의 이용이다. 이유자돈 사료의 경우 가장 고가의 주요원료는 우유 가공 원료들로 이중 유당 및 whey powder의 2011년 국내에서 1kg당 가격은 각각 1700원, 1800원 정도였다. 현재 유제품의 수요가 생산량보다 감소되어 유당의 가격은 예전과 비슷한 가격대를 형성하고 있으나 여전히 높은 가격대이고, 사료 연구 분야에서 이를 부산물이나 더 저렴한 물질로 대체하려는 연구가 활발히 진행 중에 있다. 그러나 현실적으로 이유자돈용 사료 내에서 유제품을 영양적, 경제적으로 모두 완전히 대체 할 수 있는 물질들이 보편적으로 사용되기까지는 아직 많은 시간이 필요한 실정이다. 그러한 물질들의 대표적인 예로는 SDPP(Spray Dried Porcine Plasma), Sucrose, Enzyme-Hydrolyzed, Extruded rice등이 있으며, 현재 이들 대부분은 생산비가 높고, 수급 가능한 물량이 많지 않은 등 여러 문제점을 갖고 있다.

유당은 이유자돈 사료에 있어서 주요 원료로 사용되고 있으며, 이유자돈 소화기관의 환경과 성장능력 및 사료 섭취량을 향상시키는 것으로 널리 알려져 왔다(Graham et al., 1981). 그리고 Frobish 등(1970)과 Lawrence 등(1983)은 이유자돈에 지방과 유제품의 공급은 이유로 인한 이유자돈의 사료섭취량의 감소 및 성장지연을 줄일 수 있고, 지방의 첨가는 지방산 소화율 개선, 증체율 및 사료 효율을 개선시킨다고 보고하였다. 그러나 Mahan 등(2004)은, 이유자돈 일령이 증가 할수록 사료 내 유당을 증가시켰을 때 자돈의 성장능력을 개선시키는데 있어서 큰 영향을 미치지 못하며, 오히려 과도한 유당 및 영양소의 축적은 장 내 병원성 미생물군의 성장을 촉진하여 설사를 유발한다고 하였다. 이는 소화기관내 다른 탄수화물 소화효소의 발달이 급격히 이루어지는 이유 후 1-2주부터는 이유자돈 사료 내 유당 함량을 감소시킬 수 있다는 사실을 설명하고 있다. 이로 인해 상대적으로 가격이 저렴하고 자돈이 이용할 수 있는 대체원료 중 보리가 있다.

보리는 성장속도가 매우 빨라 다른 작물과 2모작이 가능하며 단위면적당 생산량이 높으므로 원료가격이 옥수수나 대두박에 비해 월등히 낮고 열대지방에서 다량 생산되는

부산물이라는 장점을 가져, 곡류 원료사료 대체용 원료로 부각되고 있다. 보리 영양적인 특징을 살펴보면, 전분 함량이 48-72%, 조단백질 함량이 9-16%, total β -glucan 함량이 21-11%, acid detergent fiber(ADF)는 4-8%, neutral detergent fiber (NDF)는 12-20%로 보고되었으며(Bhatty et al., 1984; Henry, 1988), 보리는 에너지원으로서 양돈사료에 이용되어 왔는데(Newman and Neman, 1990), 이러한 특징으로 보리는 양돈 사료에서 옥수수과 가스화에너지(DE)는 옥수수와 유사하나 대사에너지(ME)는 옥수수 및 다른 곡류에 비하여 낮은 것으로 보고되었다(NRC, 1988). 이러한 차이는 보리 외피의 섬유소에 의한 것으로, 조섬유 함량이 5.1%로서 에너지가 낮은 주요 요인이며(Patience and Thacker, 1989), 옥수수 대비 상대적인 가치가 90-95%로 알려져 있다(The Kansas nutrition guide, 1997). Froseth(1984)는 보리에는 필수 영양소의 균형이 적절히 이루어져 있어 양돈 사료로 이용하기에 적합하다고 하였다. Bell과 Keith(1993)는 보리는 돈육의 품질을 향상시키며, 살코기 함량을 높이고 등지방 두께를 감소시키는 효과가 있다고 보고하였다. 이유자돈 내에서 옥수수나 수수보다 조섬유 함량이 높아 이용성이 다소 떨어지지만, 보리내의 식이섬유인 β -glucan이 장내의 영양소 흡수율을 증가 시키고, 면역을 증가시키는 장점이 있다(J. B. Ewaschuk et al., 2011). 이러한 장점을 지니고 있는 보리를 자돈 사료에 첨가함으로써 자돈의 장건강과 면역증진, 성장능력 향상을 기대할 수 있고, 유제품의 부분적 대체가 가능한 곡류 사료로 사용될 수 있다.

따라서 본 연구는 이유자돈기의 돼지 사료에 유제품의 함량을 줄이고, 부분적 에너지 대체로서 보리의 수준별 급여가 이유자돈의 성장성적, 영양소 소화율, 혈중요소태질소, 설사빈도의 규명 및 경제성을 분석하기 위하여 수행되었다.

2. 실험 방법 및 재료 (Materials and methods)

1) 실험동물 및 실험 설계 (Experimental animal and design)

평균 체중 $7.04 \pm 1.48\text{kg}$ 인 삼원 교잡종 YLD([Yorkshire \times Landrace] \times Duroc) 이유자돈 (28 \pm 3 일령) 128두를 공시하여 6주 동안 사양실험을 수행하였다. 사양실험은 총 4처리 8반복으로 돈방당 4두씩 성별과 체중에 따라 난괴법 (RCBD; Randomized Complete Block Design)으로 배치하였다. 처리구는 실험사료의 보리 첨가량 및 시중사료에 따라 설정하였으며, Phase I - 1)Barley 0 : 유제품 39% 첨가 + 보리 0% 첨가 (NRC 사양표준을 충족시키는 corn-soy bean meal based diet) 2)Barley 10 : 유제품 26% + 보리10% 첨가 3)Barley 20 : 유제품 13% + 보리 20% 첨가 4)Barley 30 : 유제품 0% + 보리 30% 첨가. Phase II - 1)Barley 0 : 유제품 15% 첨가 + 보리 0% 첨가 2)Barley 10 : 유제품 10% +

보리10% 첨가 3)Barley 20 : 유제품 5% + 보리 20% 첨가 4)Barley 30 : 유제품 0% + 보리 30% 첨가. PhaseⅢ - 1)Barley 0 : 유제품 0% 첨가 + 보리 0% 첨가 2)Barley 10 : 유제품 0% + 보리10% 첨가 3)Barley 20유제품 0% + 보리 20% 첨가 4)Barley 30 : 유제품 0% + 보리 30% 첨가로 실험을 수행하였다.

2) 실험 사료 (Experimental diet)

옥수수-대두박 위주로 실험사료의 기초사료(basal diet)를 배합하였으며, 사육단계에 따라 영양소 요구량 (NRC, 1998)을 고려하여 배합을 실시하였다. 실험사료의 대사에너지 (ME; metabolizable energy)는 Phase I (0~2주)에 3350.20kcal/kg 이었고, PhaseⅡ(3~4주)에 3307.21kcal/kg 이었고, PhaseⅢ (5~6주)에 3277.35kcal/kg 이었다. 이유초기에 자돈들의 환경변화와 먹이변화 등의 복합적인 원인으로 낮아지는 소화율로 인한 체내 에너지 부족의 완충을 위해 ME를 다소 높게 설정하여, Phase의 진행에 따라 점차 낮아지도록 설정하였다. 라이신(lysine)의 함량은 Phase I, PhaseⅡ, PhaseⅢ에 각각 1.35%, 1.15%, 1.05% 이었다. 보리는 각각 0%, 10%, 20%, 30%가 처리별로 각각 첨가되었으며, 옥수수와 대두박을 통해 영양소 요구량을 충족시켜 주었다. 조단백질, 비타민, 미량광물질 및 다른 영양소들은 NRC (1998)의 요구수준과 같거나 높게 배합하였으며, 실험사료와 한국유업의 POG 1호, 2호, 3호의 원료 및 화학적 조성은 표 83 (Phase I), 표 84 (PhaseⅡ), 표 85 (PhaseⅢ)에 각각 제시된 바와 같다.

표 83. 사료배합비 및 화학적 조성 (Phase I)

Ingredients, %	Barley 0	Barley 10	Barley 20	Barley 30
EP corn	12.83	16.64	20.56	24.46
Dehulled-SBM(48%)	39.70	37.36	34.88	32.40
Fish meal	1.70	1.70	1.70	1.70
HP300	1.00	1.00	1.00	1.00
SBP	3.00	3.00	3.00	3.00
Whey powder	9.00	6.00	3.00	0.00
Lactose	30.00	20.00	10.00	0.00
Barley	0.00	10.00	20.00	30.00
Soy-oil	0.01	1.65	3.26	4.88
MCP	1.10	1.05	1.00	0.95
Limestone	0.91	0.86	0.81	0.76
L-Lysine-HCl	0.00	0.00	0.06	0.12
DL-methionine	0.11	0.10	0.09	0.09
Vit. Mix ¹⁾	0.12	0.12	0.12	0.12
Min. Mix ²⁾	0.12	0.12	0.12	0.12
Salt	0.20	0.20	0.20	0.20
Choline-Cl(25%)	0.10	0.10	0.10	0.10
ZnO	0.10	0.10	0.10	0.10
Total	100.00	100.00	100.00	100.00
Chemical composition ³⁾				
ME, kcal/kg	3,350.23	3,350.30	3,350.00	3,350.28
CP, %	23.00	23.00	23.00	23.00
Lysine, %	1.35	1.35	1.35	1.35
Methionine, %	0.44	0.44	0.44	0.44
Ca, %	0.80	0.80	0.80	0.80
Total P, %	0.65	0.65	0.65	0.65

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

²⁾ Provided the following per kilogram of diet : Se, 0.1mg; I, 0.3mg; Mn, 24.8mg; CuSO₄, 54.1mg; Fe, 127.3mg; Zn, 84.7mg; Co, 0.3mg.

³⁾ Calculated values

표 84. 사료배합비 및 화학적조성 (phase II)

Ingredients, %	Barley 0	Barley 10	Barley 20	Barley 30
EP corn	45.97	41.41	36.89	32.34
SBM(44%)	18.09	17.35	16.66	15.95
Dehulled-SBM(48%)	18.09	17.41	16.68	15.98
Whey powder	6.00	4.00	2.00	0.00
Lactose	9.00	6.00	3.00	0.00
Barley	0.00	10.00	20.00	30.00
Soy-oil	0.31	1.30	2.27	3.25
MCP	1.04	1.03	1.01	1.00
Limestone	0.88	0.85	0.81	0.77
L-Lysine · HCl	0.02	0.05	0.08	0.11
DL-methionine	0.06	0.06	0.06	0.06
Vit. Mix ¹⁾	0.12	0.12	0.12	0.12
Min. Mix ²⁾	0.12	0.12	0.12	0.12
Salt	0.20	0.20	0.20	0.20
Choline-Cl(25%)	0.10	0.10	0.10	0.10
Total	100.00	100.00	100.00	100.00
Chemical composition ³⁾				
ME, kcal/kg	3,307.23	3,307.25	3,307.20	3,307.17
CP, %	23.00	23.00	23.00	23.00
Lysine, %	1.15	1.15	1.15	1.15
Methionine, %	0.37	0.37	0.37	0.37
Ca, %	0.75	0.75	0.75	0.75
Total P, %	0.63	0.63	0.63	0.63

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

²⁾ Provided the following per kilogram of diet : Se, 0.1mg; I, 0.3mg; Mn, 24.8mg; CuSO₄, 54.1mg; Fe, 127.3mg; Zn, 84.7mg; Co, 0.3mg.

³⁾ Calculated values

표 85. 사료배합비 및 화학적조성 (phase III)

Ingredients, %	Barley 0	Barley 10	Barley 20	Barley 30
EP corn	66.92	57.48	48.02	38.56
SBM(44%)	30.52	29.38	28.24	27.11
Barley	0.00	10.00	20.00	30.00
Soy-oil	0.00	0.63	1.28	1.93
MCP	1.04	1.01	0.98	0.95
Limestone	0.75	0.72	0.69	0.66
L-Lysine·HCl	0.17	0.18	0.19	0.19
DL-methionine	0.06	0.06	0.06	0.06
Vit. Mix ¹⁾	0.12	0.12	0.12	0.12
Min. Mix ²⁾	0.12	0.12	0.12	0.12
Salt	0.20	0.20	0.20	0.20
Choline-Cl(25%)	0.10	0.10	0.10	0.10
Total	100.00	100.00	100.00	100.00
Chemical composition ³⁾				
ME, kcal/kg	3,277.80	3,277.13	3,277.23	3,277.24
CP, %	23.00	23.00	23.00	23.00
Lysine, %	1.05	1.05	1.05	1.05
Methionine, %	0.34	0.34	0.34	0.34
Ca, %	0.70	0.70	0.70	0.70
Total P, %	0.60	0.60	0.60	0.60

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

²⁾ Provided the following per kilogram of diet : Se, 0.1mg; I, 0.3mg; Mn, 24.8mg; CuSO₄, 54.1mg; Fe, 127.3mg; Zn, 84.7mg; Co, 0.3mg.

³⁾ Calculated values

3) 사양 실험 및 혈액 채취 (Feeding trial and blood sampling)

실험돈은 슬롯-콘크리트 바닥에서 사육되었으며, 돈방의 크기는 $0.90 \times 2.15\text{m}^2$ 이었다. 총 6주간의 사양실험 기간 동안 사육되었으며, 전체 시험 기간 동안 물과 사료는 무제한 자유 채식토록 하였다(*ad libitum*). 체중 및 사료 섭취량은 사육 단계 및 사료 종류의 변동 시점을 고려하여 2주차 및 4주차, 6주차에 측정하여 일당증체량(ADG : Average daily gain), 일당사료섭취량(ADFI : Average daily Feed Intake), 사료효율(G:F ratio : gain to feed ratio)을 계산하였다. 또한 혈중요소태질소 (BUN : Blood Urea Nitrogen)와 혈중 당 농도(BGL : Blood Glucose Level)를 조사하기 위해 체중 측정 시 경정맥에서 혈액을 채취하였으며, 채혈 후 4°C 에서 3,000 rpm 으로 15분간 원심 분리하였다. 원심 분리 후 혈청을 분리하여 -20°C 에서 분석 전까지 보관하였다.

4) 영양소 소화율 (Metabolic trial)

대사 실험은 $11.74 \pm 0.72\text{kg}$ 인 이유자돈 20두를 처리를 고려하여 완전임의 배치법(CRD : Completely randomized design)으로 배치하여 실시하였다. 모든 돼지는 1두씩 각각의 대사틀에 수용되었으며, 7일간의 적응기를 거친 후 5일간 대사실험을 실시하였다. 실험기간 동안 사료는 매일 07:00과 19:00에 2회 급여하였으며, 분은 전분 채취법을 이용하여 채취하였고, 뇨는 플라스틱 케이스를 이용하여 매일 채취하였다. 사료 섭취량과 분, 뇨 발생량은 매일 기록하였다. 분과 뇨는 각각 분석할 때까지 -20°C 에서 보관하였으며, 분석 시 분은 60°C 의 건조기에서 72시간동안 건조하여 이후 1mm Wiley mill을 이용하여 분쇄하였다. 사료와 분, 뇨의 일반 성분 조사를 위해 AOAC(1995) 방법으로 건물, 수분, 조단백, 조지방, 조회분, 조섬유 등을 분석하였다.

5) 설사 빈도(Diarrhea incidence)

설사 빈도나 정도를 조사하는 방법은 다양하게 존재하나 가장 많이 쓰이는 방법은 분의 색깔, 연도(수분함량), 실험돈의 상태를 3단계 혹은 5단계로 구분하여 점수를 부여하여 판단하게 되는데 이는 자칫 실험수행자 개인의 의도가 반영되거나 객관적이지 못할 수 있는 위험이 있다. 따라서 설사빈도 측정을 실험 개시 후 매일 오전 8시에 사양 실험돈을 대상으로 실시하였으며, 각 돈방 별로 4두의 자돈들을 대상으로 항문 주위의 수양성 설사(watery diarrhea)흔적을 가진 개체 수를 파악하여 설사빈도를 측정하였다. 수양성 설사 흔적이 없는 돈방의 설사빈도를 0으로 측정하였으며, 모든 개체의 항문 주위가 수양성 설사 흔적을 보였을 때의 설사 빈도를 4로 하여 실험 기간 42일 동안 측정하였으며, 설사 빈도의 전체적인 경

향 파악을 위하여, 각 실험단계별(Phase I, Phase II, Phase III)로 나누어 정리하였다.

6) 경제성 분석 (Economic analysis)

경제성분석은 처리구들의 각 Phase별로 1kg 증체하는데 소요된 사료량에 1kg당 사료 가격을 곱하여 체중 1kg 증체 당 생산비를 구하여 비교하였다. 실험 기간 동안 동일 환경에서 사육되었으므로 제반 부대비용을 고려하지 않았으며, 사료비용만을 기준으로 계산하였다. 사양실험 기간 중의 사료섭취량과 사료 단가(kg/원 + kg/생산비 50원)를 이용하여 총 사료비와 증체 kg 당 사료비 그리고 0~6주까지의 사료비를 각각 계산하여 처리구 간 비교하였다. POG의 kg당 생산 가격은 일반양돈농가에 공급되는 가격과 같거나 조금 낮게 산정하였으며, 실험이 수행된 시점의 각 단계별 실험수행 당시 입고된 사료가격을 기준으로 계산하였다.

7) 통계 분석 (Statistical analysis)

통계분석은 SAS(2006)의 일반선형모형(GLM)을 이용하여 수집된 자료에 대한 유의성 검정을 실시하였으며, 돈방을 실험단위로 하여 요인 분석 및 최소유의차 (LSD) 다중 검정법에 의해 처리 간의 결과를 비교하였다.

3. 실험 결과 및 고찰 (Results and Discussion)

1) 성장 능력 (Growth performance)

보리의 첨가가 이유자돈의 성장 능력에 미치는 영향에 대해서 표 86에 나타내었다. Phase I (2주차) 체중, 일당사료섭취량(ADFI), 사료 효율(G:F ratio)에서 보리를 30% 첨가한 처리구의 자돈이 가장 낮은 성장성적을 나타내었으며 ($P < 0.01$), 보리를 증량 급여할수록 linear 하게 감소하는 효과 또한 나타났다(linear response, $P < 0.05$). 그러나 Phase II(3~4주)와 Phase III(5~6주)에서는 모든 처리구가 동일한 체중, 일당사료섭취량 및 사료효율을 나타내었다.

Mahan and Newton(1993)은 이유자돈으로 0~5주 동안 사료에 Dried skim milk base, starch 및 dextrose, lactose를 첨가, 급여하여 실험 하였는데, 일당증체량을 비교하면, 보리의 수준별 차이를 둔 처리구들의 0~6주간의 평균 일당증체량(429g)의 결과는 위 선행연구의 0~5주간 일당증체량의 평균인 332g과 유사한 경향을 나타내었다. 0~2주에서 유제품을 가장 많이 첨가한 Barley 0의 일당증체량은 244g이었고, Mahan and Newton의 0~2주 lactose 첨가구는 254g으로 항생제가 첨가되었던 것을 감안하면 비슷한 수준이었다.

또한, 본 실험의 이유 후 초기(Phase I) 성장성적 결과는 이유자돈 사료 내 유제품 사용은 생산성을 높이고, 건물 섭취량 및 질소와 에너지 소화율을 향상시키는 효과가 있다는 선행 연구 결과와 비슷한 결과를 나타내었다(Cera 등, 1988; Mahan, 1993; Tokach 등, 1995). Phase II와 Phase III의 종합적인 결과는 Goodband 와 Hines(1988)의 실험에서의 결과와 부분적으로 일치하는 결과를 나타내었다. 이 실험에서 Grain sorghum을 보리 0, 10, 20, 30, 40% 로 대체한 결과, 모두 동등한 성장성적을 나타내었고, 보리를 whey powder 0, 10, 20% 로 첨가량을 대체한 실험에서도 0~2주간에는 whey powder를 20% 첨가한 처리구가 0, 10% 첨가한 처리구에 비해 유의적으로 높은 일당증체량을 보였으나, 0~5주간의 결과에서는 0, 10, 20% 첨가한 처리구 모두 동일한 수준으로 나타났다. 본 실험의 결과에서도 비록 Phase I에서 보리와 같은 섬유소보다 유제품 함량이 높은 사료를 섭취한 처리구(Barley 0, 10)의 자돈에서 체중과 일당증체량 및 사료효율이 높은 효과를 나타내었지만, 이후 Phase II 와 III에서는 모두 동일한 수준으로 나타났다. 이렇게 이유초기에 사료 내 유제품 함량이 높았던 처리구의 높은 성장 성적이 실험 종료인 6주차에 다른 처리구들과 수준이 같아진 것은 이유초기에 위의 선행 연구에서처럼 Phase I(0~2주)에 유제품의 긍정적인 효과가 나타나지만, 각 phase별로 유제품의 함량이 줄어들고, 곡류사료의 비율이 늘어남에 따라 사료변화에 대한 일시적인 부적응으로 인해 성장률이 떨어지게 된 것이 원인으로 사료된다.

표 86. 보리의 수준별 첨가가 자돈의 성장성적에 미치는 영향

	Barley 0	Barley 10	Barley 20	Barley 30	SEM ¹⁾	P-Value
Body weight, kg						
Initial ²⁾	7.04	7.05	7.02	7.11		-
2 week	10.46 ^a	10.02 ^{ab}	9.49 ^b	9.58 ^b	0.323	0.01
4 week	15.84	14.88	14.73	15.20	0.578	0.46
6 week	23.96	23.08	22.91	24.18	0.849	0.49
Average Daily Gain, g						
0-2 wk ²⁾	244 ^a	212 ^{bc}	176 ^b	176 ^b	11.9	0.01
2-4 wk	384	348	374	402	22.8	0.59
4-6 wk	580	586	584	642	23.4	0.56
0-6 wk	445	421	388	462	17.6	0.10
Average Daily Feed Intake, g						
0-2 wk ²⁾	308 ^a	299 ^{ab}	259 ^c	284 ^b	10.8	0.01
2-4 wk	728	688	704	682	19.1	0.67
4-6 wk	1186	1108	1101	1185	38.2	0.54
0-6 wk	851	746	733	809	18.0	0.27
Gain : Feed ratio						
0-2 wk ²⁾	0.794 ^a	0.710 ^b	0.682 ^{bc}	0.622 ^c	0.0173	0.01
2-4 wk	0.527	0.505	0.531	0.589	0.0206	0.24
4-6 wk	0.490	0.528	0.531	0.542	0.0097	0.66
0-6 wk	0.523	0.565	0.529	0.571	0.0108	0.56

¹⁾ Standard error of means.

²⁾ Linear response (P<0.05)

^{a,b} Means with different superscripts significant difference (P<0.01).

2) 영양소 소화율 (Nutrient digestibility)

표 87에 보리의 첨가수준이 영양소 소화율에 미치는 영향에 대해 나타내었다. 건물 (dry matter), 조단백질 (crude protein), 조지방 (crude fat), 회분 (ash), 조지방 (crude fat)의 소화율에 있어서 각각의 처리구를 비교하였을 때, 다른 항목에서는 유의적인 차이가 없었으나, 보리의 첨가량이 증가함에 따라 crude fat 소화율이 높아지는 linear effect가 발견되었다 ($P < 0.01$). 일당 질소 축적량에서는 조단백질과 질소 섭취량에서 각 처리구 별로 뚜렷한 유의적 차이를 보이며 보리의 첨가량 증가에 따라 질소 축적량과 섭취량이 감소하는 linear effect를 나타내었다 ($P < 0.01$).

서론부 내용에서 보리의 식이 섬유소가 영양소 이용성을 떨어뜨린다고 하였는데, 공급된 crude protein량(CP intake)과 질소량(N-intake)이 Barley 0, 10, 20, 30순서로 유의적으로 높았음에도 불구하고 질소 축적량에서 Barley 0 처리구를 제외하고 모두 동일한 수준이었다. 또한 이유자돈 사료에 수용성 식이섬유(soluble dietary fiber)의 수준 증가는 장내 점도를 증가시키고 영양소 소화율을 감소시킬 수 있어 오히려 성장율을 감소시킨다고 하였는데(Shi and Noblet, 1994; Canh et al., 1998; Davidson and McDonald, 1998), 이 실험에서는 보리의 첨가수준을 증가할수록 질소 축적량(N-retention)이 linear 하게 감소하는 효과가 나타났으나 (linear response, $P < 0.01$), 질소 소화율(N-digest(%))에서는 보리를 전혀 첨가하지 않은 Barley 0과 가장 많이 첨가한 Barley 30 처리구간 통계적 유의차가 발생하지 않은 것으로 보아, 이유자돈 사료 내 보리를 30% 까지 증량 급여하여도 질소 소화율에 부정적인 영향을 미치지 않는다고 결론 내릴 수 있다.

표 87. 보리의 수준별 급여가 이유자돈의 영양소소화율에 미치는 영향.

	Barley 0	Barley 10	Barley 20	Barley 30	SEM ¹⁾	P-Value
Nutrient digestibility						
Dry matter	94.02	93.77	93.92	93.87	0.169	0.99
Crude protein	92.61	92.10	92.33	92.28	0.254	0.62
Ash	74.98	74.22	75.35	76.30	0.793	0.73
Crude fat ²⁾	76.66 ^c	84.22 ^b	87.77 ^b	88.96 ^b	1.507	0.01
N-retention, g/day						
N-Feces	1.13	1.16	1.09	1.07	0.039	0.40
N-urine	5.01	5.38	5.12	4.88	0.140	0.01
N-retention ²⁾	9.17	8.18	7.95	7.95	0.147	0.01
N-digest(%)	59.90	55.56	56.16	57.19	0.997	0.01

¹⁾ Standard error of means.

²⁾ Linear response ($P < 0.01$)

^{a,b} Means with different superscripts significant difference ($P < 0.01$).

3) 혈중 요소태 질소 (Blood Urea Nitrogen; BUN)

다음 표 88에 사료 내 보리 수준에 따른 BUN의 농도를 나타내었다. BUN 농도는 전 구간에서 통계적 유의차를 나타내지 않았다.

요소는 C, H, O, N으로 이루어진 작은 유기물로 체내에서 혈액뿐만 아니라 다른 기관의 일반적인 구성성분이다. 섭취된 사료 내의 단백질이 분해되면서 나오는 NH_3 가 간과 신장에서 요소로 합성되는데 독성이 강한 NH_3 가 요소로 합성되지 않는다면 단백질이 포함된 사료를 섭취한 동물에게 부정적인 결과를 가져올 것이다. 따라서 NH_3 가 체내에서 악영향을 주는 것을 막기 위해 간에서 요소로 합성되고 결과적으로 뇨를 통해 체외 배설된다. 요소는 NH_3 와는 달리 독성이 없고 수용성이므로 기관 및 혈액 내에 높은 농도로 존재할 수 있다. Urea는 단백질과 아미노산 대사의 주요 최종 산물로서 대개 신장을 통해 배설되므로 신장의 기능을 평가하는 지표로 사용되어 왔다. 하지만 직접 Urea를 측정하지 않고 혈중의 Urea를 측정하였는데, 그 이유는 신장에서 여과되어 배설되지 못한 Urea가 혈중으로 재흡수 되기 때문이다. 이러한 혈중 Urea는 신장의 여과량에 의해 가장 큰 영향을 받지만 단백질 섭취량, 소화관 내의 혈액 존재, 뇨량 등에 의해서도 영향을 받는다. 따라서 일반적으로 BUN은 아미노산의 이용에 대한 대표적인 지표로 쓰인다(Eggum, 1970). BUN은 단백질 섭취와 그 품질에 직접적인 연관성을 가지며, 체내의 식이 아미노산 균형과 역의 상관관계 (negative correlation)를 갖는다(Eggum, 1970; Hahn et al., 1995). 또한 Bergner (1977)는 혈청 내 Urea 농도와 사료의 생물가(biological value)는 역의 상관관계가 있다고 밝혔다. 따라서 BUN은 동물의 단백질 요구량을 결정하거나 (Hatori 등, 1994; Cai 등, 1996), 단일 아미노산의 요구량을 결정하는데 (Taylor 등, 1982; Coma 등 1995), 반응지표로서 사용되어 왔다. 또한 질소 대사(nitrogen metabolism)는 식이 아미노산 농도에 따라 빠르게 변하는 것으로 알려져 있는데 (Fuller 등 1979), BUN은 오랜 기간 동안 사료를 섭취하였을 때 아미노산에 대한 이용을 등을 나타낼 수 있다(Nam과 Aherne, 1995). 또한 BUN은 섭취한 질소의 체내 유지에 관여한다(Whang and Easter, 2000). BUN value는 일당증체량 및 사료효율과 역의 상관관계를 갖는다(Hahn 등, 1995).

일반적으로 이유자돈 사료 내 유제품 사용은 생산성을 높이고, 건물 섭취량 및 질소와 에너지 소화율을 향상시키는 효과가 있다고 하였고(Cera et al., 1988; Mahan, 1993; Tokach et al., 1995), 혈중 요소태 질소(BUN)는 단백질 분해의 최종 산물로서 과량의 단백질 흡수는 혈중 요소태 질소의 함량을 증가시키고 뇨 내 요소의 배출을 증가시킨다고 하였다(Eggum, 1970). 앞의 소화율에서 알 수 있듯, 모든 처리구의 뇨 내의 질소 함량은 동일하였으나, Phase I, II에서 사료 내 유제품 함량이 높은 Barley 0 경우 수치상으로 Barley 10, 20, 30에 비해 대체로 낮은 값을 나타내었고, 질소 축적량(N-retention)에서도 유의적으로 높은 수준을 나타내었다. Phase III에서 모든 처리구에 유제품을 전혀 사용하지 않았는데, Barley 0의 Phase I, II에서 지속적으로 높았던 유제품 사용이 줄어들게 됨에 따라 상대적으로 떨어지게

되는 질소 이용율의 폭이 높은 BUN값이 나타나게 된 원인으로 사료된다.

Phase I에서 나타나는 BUN의 처리구간의 수치적 성상은 일당증체량(ADG)과 사료효율 (Gain : Feed)에서의 성상과 역의 상관관계를 나타내었다. 따라서 유제품의 함량에 대한 효과는 phase별 사료급여 시 사료 원료의 변화에 민감하게 작용하며 부정적인 영향을 주는 것으로 사료되고, 이는 이용되지 못하고 배출되는 질소량이 많아짐을 뜻하며, 배출된 영양소들은 사료비 지출을 늘릴 뿐 아니라 환경오염의 원인이 될 수도 있다는 것을 시사한다.

따라서 본 실험의 결과 Phase I, II에서 보리의 첨가 수준에 따라 대체되어지는 유당의 수준에 따라 BUN의 농도가 상이 하였지만 유의적인 차이는 나타나지 않았으며, 실험이 종료되는 Phase III에서 Barley 0을 제외한 모든 처리구가 유의적인 차이를 나타내지 않은 것은 이유자돈의 소화흡수 기능이 발달함에 따라 적정수준의 단백질 흡수를 했기 때문으로 사료된다.

4) 혈중 당 농도 (Blood Glucose Level; BGL)

혈중 당 농도 측정 결과 아래 표 88에 나타낸 것과 같이 모든 phase와 처리구 간에 어떠한 유의적인 차이도 나타나지 않았다.

국 등(2005)은 일반적으로 혈중 Glucose는 탄수화물의 최종산물로 혈액 내를 순환하며 산화되어 에너지를 공급하는 역할을 한다고 하였고, 혈청 glucose의 수준은 insulin의 동화 작용과 glucagon, catecholamine과 glucocorticoids의 이화작용에 의하여 변화하는데 insulin과 glucagon 은 서로 길항작용을 하며(Smith, 1989,) 혈중 glucose의 증가는 간에서 당 생산이 증가하고 있음을 의미하며 glucose의 감소는 축적된 체내 지방의 분해로 glucose의 이용이 감소되기 때문인 것으로 알려져 있다(Brockman and Bergman, 1975).

본 실험에서 측정된 혈중 당 농도 측정 결과는 모든 phase에서 각 처리구 모두 동일한 수준으로, 어느 처리구도 혈중 glucose의 부족으로 인한 체내에 축적된 지방의 분해가 일어나지 않았다고 할 수 있다. 이는 간접적으로 보리를 급여한 이유자돈의 보리 내 당을 분해하여 이용하는 능력이 낮지 않음을 시사한다. 따라서 이유자돈 사료 내 보리의 수준별 첨가로 유제품 사용량을 줄이는 것은 혈중 glucose 수준에 어떠한 부정적인 영향도 미치지 않았다고 할 수 있다.

표 88. 보리의 수준별 급여가 이유자돈의 BUN¹⁾ 과 BGL²⁾ 에 미치는 영향

	Barley 0	Barley 10	Barley 20	Barley 30	SEM ³⁾	P-Value
BUN, mg/dL						
Initial	9.20	9.20	9.20	9.20	-	-
2 week	12.45	14.70	14.18	14.15	0.494	0.34
4 week	14.58	14.82	14.97	13.48	0.581	0.25
6 week	13.78	10.43	11.67	10.10	0.392	0.12
BGL, mg/dL						
Initial	93.29	93.29	93.29	93.29	-	-
2 week	98.83	94.83	98.83	96.17	2.028	0.33
4 week	100.33	97.17	96.00	102.50	1.756	0.70
6 week	104.33	103.33	97.17	104.17	2.593	0.73

¹⁾ Blood Urea Nitrogen

²⁾ Blood Glucose Level

³⁾ Standard error of means.

5) 설사 빈도(Diarrhea incidence)

표 89에 총 6주간의 사양 실험을 통해 각 처리별로 설사의 빈도 또는 설사의 정도를 조사하였다. 그림 14은 총 6주간의 사양 실험을 통해 각 처리별로 설사의 빈도를 그래프로 나타내었다. Phase I에서는 평균 pen당 설사하는 개체수가 1~2두로, 보리 20% 이상 첨가구가 다른 첨가구 들에 비해 낮은 결과를 나타내었고, Phase II에서는 보리 30%첨가구에서 설사 발생이 유의적으로 낮음을 나타내었다(P<0.01). Phase III 에서는 pen당 설사 개체수가 1두 미만으로 대체로 안정적으로 되었으나 보리가 10% 이하인 처리구에서는 다른 처리구들에 비해 높은 설사 발생량을 나타내었다. 모든 Phase 간 보리의 첨가수준에 따라 linear한 설사 감소율이 나타났다(P<0.01).

과거에는 이유 자돈의 설사가 단순하게 수양성 설사를 하며, 위축되다가 일정기간 후 회복되는 경향을 보여 왔으며, 항생제로 치료할 경우 개선되는 것으로 나타났다. 그러나 현재 이유자돈의 설사는 항생제에 대한 반응성이 감소하거나 없고, 이유 후 전신소모성질병 (PMWS; post weaning multi systemic wasting syndrome)과 유사 증상을 보이며, 그 원인도 다양하다. 보통 설사를 하는 이유 자돈은 열과 경련이 나고, 복식호흡을 하거나 위축되어 심하면 폐사에 이르게 되며, 설사로만 끝나는 것이 아니라 호흡기 질병까지 동반한다. 설사의 원인으로는 주로 5가지 들 수 있다. 먼저 과식성 설사로 이유 후 1~2주 사이에 발생한다. 둘째, 영양성 설사로 사료 교체에 의해 발생하며, 주로 결장염으로 진단된다. 셋째로, 기계적 설사로 사료에 자돈이 감당하지 못할 정도로 단단하거나 거친 원료가 포함되었을 때 발생한다. 넷째로, 알러지에 의한

설사이다. 이것은 특정 사료, 그중에도 단백질 성분에 의해 발생한다. 다섯째, 원인으로 가장 중요한 것은 병원성 미생물에 의한 설사이다. 자돈의 설사는 영양적 설사의 발생도 그 원인 중 하나이지만 일반적으로 대장균이나, 살모넬라 등 병원균에 의해 일어나는 설사가 대부분을 차지한다. 그러나 본 연구에서는 영양적 요인인 보리 수준에 따라 이들이 설사빈도에 미치는 영향을 조사하였다.

본 실험에서 보리의 첨가량이 늘어날수록 각 phase에서 설사 발생개체 수가 줄어드는 것을 알 수 있다. McDonald 등(1999, 2001)의 연구결과에서는 이유자돈 사료에 대한 식이섬유의 첨가는 장내에서 대장균 증식을 감소시킬 수 있어 설사발생을 크게 줄일 수 있다고 하였다. 또한 섬유소 함량이 높은 보리를 많이 첨가한 처리구에서 설사의 빈도가 더 적은 것은 Hans(2011), Inborr(1988) Ball 와 Aherne(1982)등 많은 논문들의 내용 및 결과와 일치한다. Ewaschuk 등(2011)은 보리내의 식이섬유 β-glucan의 장내의 영양소 흡수율을 증가 시키고, 면역을 증가시키는 장점이 있다고 하였는데, 비록 본 실험에서 보리의 첨가에 따른 장 조직학적 변화나 면역력 향상을 확인하지 않았으나, 이러한 첨가량에 따라 설사빈도수의 감소는 보리 내의 식이 섬유소의 긍정적인 영향으로부터 기인되었다고 추측해 볼 수 있다. 따라서 이유자돈 사료내의 보리 첨가는 설사 발생을 줄이고, 장내 건강에 도움을 주었다고 할 수 있다.

표 89. 보리의 첨가가 이유자돈의 설사빈도에 미치는 영향

	Barley 0	Barley 10	Barley 20	Barley 30	SEM ²⁾	P-Value
Diarrhea incidence¹⁾						
Phase I³⁾	1.9 ^a	1.8 ^a	1.5 ^{ab}	1.2 ^b	0.08	0.01
Phase II	0.9 ^a	0.7 ^a	0.7 ^a	0.4 ^b	0.06	0.01
Phase III	0.8 ^a	0.6 ^{ab}	0.5 ^{bc}	0.2 ^{cd}	0.06	0.01

¹⁾Diarrhea incidence : 0(no occurrence) to 4(diarrhea on all pigs); Data were measured by average total diarrhea incidence during each phases.

²⁾ Standard error of means.

³⁾ 2 weeks each phase

^{ab} Means with different superscripts significant difference (P<0.01).



그림 14. 보리의 수준별 첨가가 이유자돈의 설사빈도에 미치는 영향

6) 경제성 분석 (Economical analysis)

표 90에 보리의 수준별 첨가가 사료비에 미치는 영향에 대한 경제성 분석결과를 나타내었다. 각각의 처리구, Phase별로 두당 사료섭취량에 kg당 사료가격을 곱하여 두당 증체량으로 나누어 kg당 증체하는데 소요된 사료비를 구하였다. 실험에 사용된 주요 원료의 가격은 EP corn 533원, Dehulled-SBM(48%) 548원, SBM(44%) 538원, Whey-powder 1,840원, Lactose 1,720원, Barley 505원 이었다.

실험 당시 사료의 공급단가를 적용하여 계산한 6주간 이유자돈의 두당 1kg 증체시 사료비용은 Barley 0, 10, 20 처리구 순으로, 가장 적게 비용이 들어간 Barley 30처리구(1088원)에 비해 각각 474원(43.57%), 254원(23.35%), 215원(19.76%), 108원(9.93%)이 추가적으로 소요되었다.

Barley 0%와 Barley 30%의 6주간의 체중은 동일한 수준인데, 두당 6주간 평균 총 사료비는 각각 12,202원, 6,110원으로 생산비에서 큰 차이가 발생하였다. 이는 500두 규모의 농가가 연간 이유자돈 10,000두를 위의 두 사료로 육성기 전까지 생산한다고 가정하면 이유자돈기 6주에서만 약 6,100 만원 차이가 난다. 생산 성적이 우수한 농가일수록 그 차이는 훨씬 더 클 것으로 예상된다.

표 90. 이유자돈 사료에 Phase별 보리 첨가 시 발생하는 경제성 분석

	Barley 0	Barley 10	Barley 20	Barley 30
Phase I¹⁾				
kg당 사료 가격(원)	1,133	989	847	705
두당 증체량,kg	3.42	2.97	2.47	2.47
두당 사료섭취량,kg	4.31	4.19	3.62	3.97
Feed Cost for weight 1kg(원) ²⁾	1,427	1,393	1,242	1,134
Phase II				
kg당 사료 가격(원)	783	733	682	632
두당 증체량,kg	5.38	4.87	5.24	5.62
두당 사료섭취량,kg	10.19	9.64	9.85	9.54
Feed Cost for weight 1kg(원) ²⁾	1,484	1,452	1,283	1,073
Phase III				
kg당 사료 가격(원)	583	591	600	609
두당 증체량,kg	8.13	8.20	8.18	8.98
두당 사료섭취량,kg	15.54	14.77	14.50	15.60
Feed Cost for weight 1kg(원) ²⁾	1,115	1,064	1,063	1,057
Total Phase				
6주간 평균 두당 kg 증체당 사료비(원)	1,342	1,303	1,196	1,088

¹⁾ 2 weeks each Phase I, PhaseII, PhaseIII

²⁾ 평균 1두당 1kg증체당 소요된 사료가격

4. 결론 (Conclusion)

본 연구는 이유자돈의 사료에 있어 고가의 유제품 사용을 줄이고, 저가의 보리를 수준별로 첨가하여, 유제품, 옥수수, 대두박을 부분적으로 대체하여, 이유자돈 생산비의 저감 방법을 모색하고자 수행 되었다.

보리의 수준별 첨가는 Phase I에서 보리를 전혀 첨가하지 않고 유제품이 30%첨가된 처리구(Barley 0)가 보리 20% 30%를 첨가한 처리구에 비해 유의적으로 체중 및 일당증체량, 사료섭취량, 사료효율에서 높았으나, Phase II에서 그러한 차이는 없어졌으며, 실험 종료인 Phase III에서도 더 이상의 차이는 나타나지 않았다.

이유 후 초기(Phase I)의 Barley 0, 10의 높은 성장성적은 이유자돈 사료 내 유제품 사용은 생산성을 높이고, 건물 섭취량 및 질소와 에너지 소화율을 향상시키는 효과가 있다는 보고와 일맥상통하는 결과였다(Cera et al., 1988; Mahan, 1993; Tokach et al., 1995). 그러나 이후 Phase II부터 사료내의 유제품의 함량이 줄어들고, 옥수수와 대두박의 곡류사료량이 늘어남에 따라 일시적¹⁰인 소화 부적응으로 성장률의 저하가 일어나는 것으로 사료된다. Ewaschuk 등(2011)은 보리 내의 Beta-glucan은 이유자돈의 장내 면역에 긍정적인 효과를 줄 수 있다고 하였고, McDonald 등(1999, 2001)은 이유자돈 사료에 대한 식이섬유의 첨가는 장내에서 대장균 증식을 감소시킬 수 있어 설사발생을 크게 줄일 수 있다고 하였는데, 보리를 초기부터 30% 급여한 Barley 30 처리구의 경우, 비록 Phase I에서 가장 낮은 성장성적을 나타내었지만, 다른 처리구들 보다 유의적으로 설사빈도가 낮아 상대적으로 장 건강과 소화작용에 긍정적인 영향을 준 것으로 판단되며, 특히 Phase II와 Phase III에서 그러한 긍정적인 효과가 지속되면서 성장성적에서 유제품을 사용한 처리구들에 비해 성장 성적에 있어서 어떠한 부정적인 차이도 나타나지 않았다.

최근의 돼지 영양과 사료 내 섬유소 수준과 관련된 연구결과들을 살펴보면, 사료내 식이섬유 첨가는 돼지의 영양 및 설사감소 측면에서 매우 중요한 의미를 갖는다. 식이섬유의 첨가는 위와 장관 내 소화물의 통과율을 빠르게 하고(Salobir, 1999), 변비를 줄이고(Davidson and Mc-Donald, 1998), 장내 미생물 발효를 통한 하부 장기의 에너지 및 필수 영양소의 좋은 공급원 역할을 할 수 있다(Sakata and Iganaki, 2001). 또 한 이유자돈 사료에 대한 식이섬유의 첨가는 장내에서 대장균 증식을 감소시킬 수 있어 설사발생을 크게 줄일 수 있다(McDonald et al., 1999, 2001).

영양소 소화율과 BUN 측정 결과에서도 위의 결과를 뒷받침 한다. 보리의 첨가량이 증가함에 따라 Crude fat 소화율이 높아지는 linear effect가 발견되었다($P < 0.01$). 일당 질소 축적량에서는 조단백질과 질소 섭취량에서 각 처리구 별로 뚜렷한 유의적 차이를 보이며 보리의 첨가량 증가에 따라 질소 축적량과 섭취량이 감소하는 linear effect를 나타내었다($P < 0.01$). 성장성적에서 높은 값을 나타낸 POG가 유의적으로 가장 낮은 Urine 내 질소량과 가장 높은

질소축적량, 질소 소화율을 나타내었다($P < 0.01$). 유제품 함량이 가장 높은 Barley 0는 다른 동일 수준의 Barley 10, 20, 30보다 높은 질소 축적량을 보였으나, Phase III(6주차)에 가장 높은 BUN을 기록하였고, 이는 Phase III에서 가장 낮은 일당증체량과 사료효율을 나타낸 것 결과와 깊은 연관성이 있는 것으로 사료된다.

사료의 성장에 대한 경제성 분석에서 이유자돈의 6주간 증체 kg당 사료비는 Barley 30이 가장 낮았으며, 보리의 첨가량에 따라 일정하게 낮아졌다. 실험에 사용된 보리는 kg당 가격이 505원으로 함량이 높은 주요 원료 중 옥수수, 대두박을 포함하여 가장 가격이 저렴한 원료였다.

이유자돈 말기의 사료효율의 저하는 육성기때의 성장정체로 이어지는 심각한 문제의 우려가 있다. 특히 경제성 분석결과 이유자돈 1 kg 증체당 사료비가 약 두 배의 차이가 발생하였으므로, 이러한 생산 효율의 격차를 육성-비육기에 반드시 줄여야 할 것이다. 이를 정확히 규명하기 위해서는 이유자돈기 이후 육성-비육실험을 실시하여 이유자돈기때의 높은 성장률을 육성-비육기에도 유지 되는가에 대한 검증, 나아가 보완 할 수 있는 방법 모색을 위한 실험이 추가적으로 필요하다고 판단된다.

연구 5. 자돈의 건강성 증진을 위한 적정 이유일령의 검증

1. 서론 (Introduction)

양돈경영에 있어서 건강하고 균일한 자돈의 생산, 모돈의 회전율과 산자수를 높이고 포유기 폐사율을 낮추어 이유두수를 높임으로써 PSY를 높이는 것이 가장 중요하다. 지금까지 모돈의 회전율과 이유두수를 높이기 위하여 많은 선행 연구와 노력을 해 오고 있다. 이전에는 많은 양돈장에서 모돈의 회전율을 높이기 위하여 조기이유를 실시하였으며, 2-3 주 령 사이의 이유는 이후 자돈의 성장에 부정적인 영향 없이 모돈의 번식성적을 극대화할 수 있는 것으로 보고되었다. (Frangman 등, 1996; Drum 등, 1998; Parience 등, 2000). 그러나 포유 자돈의 조기이유에 따른 폐사율의 상승, 항생제 사용의 증가, 돈 사 환경 조성의 어려움 등 격리 조기 이유의 문제점이 지속적으로 드러나고, 기대했던 수직감염의 예방효과나 모돈 회전율의 극대화가 이론적인 계산과는 차이가 있었다. 특히 이전의 연구 결과에서 이유일령과 이유체중은 밀접한 관계를 가지고 있으며 (Miller 등, 1994), 이유일령이 낮거나 이유체중이 낮은 자돈은 이유 후 관리가 어렵고 (Pluske 등, 1995), 질병에 감염될 확률이 높고 (Blecha 등, 1983), 체중이 높은 자돈에 비해 체중이 낮은 자돈의 생산성이 떨어진다고 보고되었다 (Manhan 과 Lepine, 1991; Patience 등, 2000). 그리고 일찍 이유한 자돈은 소화기관이 미성

숙 되어 있고 체지방축적이 낮아 (Sloat 등, 1985) 늦게 이유한 자돈보다 체온조절 능력이 떨어진다. 그리고 모돈은 분만후 일정한 포유기간을 거치고 이유를 하면 3-7일 이내에 재귀발정이 오게 되는데 이때 포유기간이 적을수록 재귀발정일이 짧아지고 모돈 회전율이 증가된다는 것이 조기이유의 이론적인 배경중 하나이다. 하지만, 포유기간 14일령 전후에 조기이유를 실시할 때에는 모돈이 분만 후 충분한 휴식을 취하지 못해 자궁회복이 덜된 상태에서 재귀발정이 일어나고, 이때 중부를 하게 되면 임신이 실패할 가능성이 높다.

유럽의 경우 고능력 모돈의 개량으로 이유일령이 점차 증가하고 있는 실정이다. 우리나라에서는 자돈의 성장능력 개선을 위해 28일령 이유가 권장되었고 (정현정 2006), 포유모돈의 연산성 개선 및 자돈의 면역력 증진을 위해 25일령 이유실시가 권장되었다 (김유용, 2012). 하지만 기존의 실험처리구가 28일령 이내로 제한되어 있었던 한계를 고려하여, 28일령이상의 이유일령을 고려한 적정 이유일령 검증실험을 수행하고자 한다.

2. 실험 재료 및 방법 (Materials and methods)

1) 실험 동물 및 실험 설계 (Experimental animal and design)

평균 체중 222.2 ± 29.22 kg 의 2원 교잡종 (Yorkshire \times Landrace; 평균 산차 = 3.65) 임신돈 40두를 공시하였으며, 체중, 등지방 두께 및 산차를 고려하여 4처리 10반복 및 반복 당 1두씩 완전임의 배치법 (CRD: completely randomized design)에 따라 배치하여 실험을 실시하였다.

2) 실험사료 (Experimental diet)

실험사료는 4개의 처리구 모두 동일한 사료를 급여하였으며, (주)대한사료 에서 생산하는 포유돈 사료를 급여 하였다. 사료내 영양소 요구량은 NRC 사양표준(1998)에 일치하거나 초과되게 설정되었다.

사료 급이는 분만 후 5일까지는 1kg 씩 증량급여 하였으며, 5일 이후에는 무제한 급이를 실시하였다.

3) 사양실험 (Housing)

돈군은 임신 110일령에 온도 조절이 용이한 분만사로 이동하였으며, 2.5×1.8 m²의 사료와 물의 자유섭취가 가능한 분만 틀 내에서 실험기간동안 사육되었다. 자돈은 출생 후 24시간 이내에 견치, 단미, 철분주사, 이각 및 양자 전출입을 실시하였으며, 거세는 3일령에, 각각

의 처리구에 맞게 1) 21일령, 2) 25일령, 3) 28일령, 4) 31일령 에 실시하였다. 이유한 모돈은 교배사로 이동시켜 강정사양 및 1일 2회 웅돈 접촉을 통해 발정을 유도하였다. 모돈의 체중 및 등지방 두께 (P_2) 측정은 분만 후 24시간 이내 및 이유 시기에 시행되었다.

모돈이 분만한 후에 태반이 모두 배출된 시점을 기준으로 자돈의 생시체중을 측정하였고 총 산자수 (number of total born), 총 실산자수(number of born alive), 사산돈(still born) 및 미이라(mummy)수를 기록하였다. 이유 당일에는 자돈의 체중을 측정하였다.

4) 분석방법 (Analysis)

1) 폐사율 및 카니발리즘 (Mortality rate and cannibalism)

포유기 동안의 폐사율은 총 실산자수에서 이유당시의 이유두수의 차이로 계산을 하였으며, 카니발리즘은 포유자돈들 간의 물어뜯는 행위에 의한 출혈이 있을때 카니발리즘이 있다고 규정하였다.

2) 포유자돈 혈액성상 및 면역성상 (Blood profile and Immune response)

포유자돈의 혈액성상과 면역성상을 측정하기 위해 이유시 혈액을 채취하였다. 채취한 혈액은 4°C에서 3,000 rpm 으로 15분간 원심 분리하였다. 분리된 혈청은 micro tube에 옮겨서 분석 시까지 -20°C에 보관하였다. Cortisol과 IGF-1은 각각 자동생화학 분석기 (ADVIA 1650, Japan)와 호르몬 분석기 (Immulite 2000, DPC, SUA)를 이용하여 분석되었다. 면역성상의 지표인 IgA와 IgG는 ELISA Kit (Pig IgA ELISA Kit, Ca. No. E101-102, Bethyl; Pig IgG ELISA Kit, Ca. No. E101-104, Bethyl)를 이용하여 혈청 내 IgA와 IgG함량을 분석하였다.

5) 통계분석 (Statistical analysis)

통계분석은 SAS (SAS Institute, 2009)의 일반선형모형 (GLM)을 이용하여 수집된 자료에 대한 유의성 검정을 실시하였으며, 사양실험에서 모돈 1마리를 실험 단위로 (CRD) 하여 최소 유의차 (LSD) 다중검정법에 의해 처리간 결과를 비교하였다. $P<0.05$ 인 경우 유의차가 있는 것으로, $P<0.01$ 인 경우 고도의 유의차가 있는 것으로 고려하였으며, $0.05 \leq P < 0.10$ 일 경우 경향이 있는 것으로 간주하였다. 또한 linear - quadratic response를 분석하기 위해 orthogonal polynomial contrasts를 실시하였다.

3. 실험 결과 및 고찰 (Results and Discussions)

1) 모돈의 성장 성적 (Growth performance)

이유일령이 모돈의 체중, 등지방의 변화, 이유 후 재귀발정일령(WEI)에 미치는 영향을 표 91에 나타내었다. 이유 일령에 따른 모돈의 체중의 변화에서는 유의적인 차이가 나타나지 않았지만, 이유일령이 연장됨에 따라 이유시 모돈의 등지방 두께가 linear 하게 감소하였다 (linear response, $P < 0.05$). WEI 에서도 유의적 차이는 발생하지 않았지만, 포유기 동안의 모돈의 사료섭취량에서는 25일령에 이유한 모돈의 사료 섭취량이 가장 높은 결과를 보였다 ($P < 0.05$).

모돈의 등지방두께는 모돈 영양상태의 지표로서, 모돈의 번식과 생산에 중요한 역할을 한다고 알려져 있으며 (Maes 등, 2004), 그중 포유기간 동안 등지방의 손실은 WEI에 부정적인 영향을 미친다고 보고되었다 (De Rensis 등, 2005; Serenius 등 2006). 또한, 포유기간을 12일과 21일을 처리구로 한 실험에서 등지방 손실이 유의적으로 12일 포유한 처리구에서 많게 나타났다 (Koketsu 등, 1998). 본 실험에서도 포유기간이 늘어남에 따라 이유시 등지방 두께가 유의적으로 감소하였다. 하지만 WEI에는 악영향을 끼치지 않았다. 등지방 두께가 14mm 이하일 경우에는 번식성적에 악영향을 미칠 수 있다는 선행 연구가 있으며, 이유시 등지방 두께가 14mm 보다 낮은 모돈은 다음 산차의 배란율 및 산자수 등의 분만성적에 부정적인 영향이 발생할 수 있다는 보고가 있다 (Young 등, 1991; Hughes, 1993; Tantasuparuk 등, 2001). 따라서 수치상으로 가장 낮은 수준을 보이는 31일령 이유한 모돈의 다음 산차의 분만성적에 영향을 끼칠 수 있다고 사료된다.

이유 시 모돈의 등지방 두께가 이유 일령이 길어짐에 따라 감소한 이유는 모돈의 사료섭취가 모돈의 유지와 포유에 필요한 양 만큼의 영양소를 충분히 공급해 주지 못해 체내의 지방과 단백질을 전환하여 사용한 이화작용의 결과로 보여진다 (Aherne 등, 1999).

ADFI 에 있어서는 21일령의 처리구가 가장 낮은 수준을 보였는데 ($P < 0.05$), WEI 에서는 유의적인 차이는 나타나지 않았지만, 21일령의 처리구에서만 수치적으로 5일 이상의 결과가 나왔다. 이것은 포유기간 동안 사료섭취량이 낮은 모돈에서, WEI 가 유의적으로 증가했다는 선행연구를 미루어 볼 때 (Eissen 등, 2002), 본 실험에서도 같은 결과가 나타난 것으로 사료된다.

표 91. 이유일령이 모돈의 체중, 등지방의 변화, 이유 후 재취발정일(WEI)에 미치는 영향

Item	Treatments ²				SEM ³	p-value ⁴	
	D21	D25	D28	D31		Lin.	Quad.
No. of sows ⁵	10	10	10	10			
Body weight (kg)							
After cross-fostering	210.6	230.5	223.5	222.3	4.72	0.65	0.13
At weaning	199.7	226.5	211.0	215.7	5.76	0.66	0.13
Changes (d 0 to 21)	-10.9	-4.0	-12.5	-6.6	2.53	0.91	0.56
Backfat thickness (mm)							
After cross-fostering	24.2	18.9	20.3	19.6	0.93	0.13	0.33
At weaning	21.8 ^a	17.5 ^{ab}	17.3 ^{ab}	15.5 ^b	0.93	0.03	0.46
Changes (d 0 to 21)	-2.4	-1.4	-3.0	-4.1	0.55	0.05	0.09
WEI (d)	5.2	4.6	4.7	4.6	0.11	0.13	0.09
ADFI (kg)	4.49 ^c	6.39 ^a	5.47 ^b	5.51 ^b	0.21	0.28	<0.01

¹ Initial average weight of sows: 222.2 ± 29.22 kg.

² D21: weaning at day 21, D25: weaning at day 25, D28: weaning at day 28, D31: weaning at day 31

³ Standard error of mean.

⁴ Abbreviation: Lin. (linear) and Quad. (quadratic).

⁵ Daily feed provision of lactation feed was provided *ad libitum*.

^{abc} Means with different superscripts within the same row significantly differ (P<0.05)

2) 이유성적 (Weaning performance)

이유일령에 따른 포유모돈의 이유성적을 표 92에 나타내었다. 본 실험의 결과 25일령과 28일령에 이유한 처리구에서 복당 이유두수가 가장 크게 나타났다. 또한 복당 이유 체중은 이유일령이 증가함에 따라 linear 하게 증가하였으며 (P<0.01), 31일령 처리구에서 수치상 가장 높게 나타났으며, 28일령과 25일령에서는 유의적인 차이가 나타나지 않았다. 이유시점의 체중의 차이는 차후의 성장과 사료 효율 및 소화율 등에 영향을 끼치며, 소화효소 분비능력, 소장 형태 및 기능 발달, 면역기능 등에 영향을 끼친다고 이미 보고된 바 있다 (Efrid 등, 1982; Passile 등, 1989).

1990년대 중·후반 분리조기이유(Segregated Early weaning; SEW)의 유행으로 포유 후 20일 전에 이유하는 자돈의 성장성적에 대한 연구가 미국을 중심으로 활발히 진행되었으나, 자돈의 면역력 저하에 따른 폐사율 증가와 모돈의 연산성에 부정적인 영향을 미친다고 밝혀진

바 있다. 선행연구에서는 12일령 과 14일령에 이유한 처리구보다 18일령과 21일령에 이유한 자돈의 성장률이 크다는 보고가 있으며 (Main 등, 2004; Davis 등, 2006), 이러한 성장 능력의 향상은 차후의 육성, 비육 기간의 성장에도 긍정적인 영향을 끼친다고 보고하였다. 또한 Leibbrandt 등이 1975년에 보고한 바에 의하면, 14 일령, 21일령 에 이유한 자돈보다 28일령 에 이유한 자돈이 이유 후 환경에 대한 적응력이 뛰어나고, 이유 후 성장에도 긍정적인 효과를 나타낸다고 하였다.

폐사율은 25일령 처리구에서 유의적으로 높은 차이를 보였으며, 이것은 25일령 처리구의 복 당 산자수가 많은 반면에 체중이 적은 자돈들이 많아 포유기간 동안 폐사한 것으로 사료된다.

위 결과들을 종합했을때, 이유일령이 늘어날수록 이유체중이 증가하고, 25일령과 28일령은 유의적인 차이가 없는 반면에, 25일령의 포유자돈에서 폐사가 많았으므로, 28일령 또는 31일령 이유가 가장 적합하다고 사료된다.

표 92. 이유일령이 포유모돈의 복 당 산자 수와 포유능력에 미치는 영향

Item	Treatments ²				SEM ³	p-value ⁴	
	D21	D25	D28	D31		Lin.	Quad.
No. of sows ⁵	10	10	10	10			
Litter size, no. of piglets							
After cross-fostering	10.56 ^c	13.10 ^a	11.70 ^b	10.75 ^a	0.224	0.18	<0.01
At weaning	10.11 ^b	11.30 ^a	11.20 ^a	10.25 ^b	0.175	0.74	<0.01
Mortality rate, %	4.40 ^b	15.32 ^a	5.69 ^b	6.10 ^b	0.170	0.39	0.03
Litter weight, kg							
After cross-fostering	16.76	16.19	16.51	16.15	4.141	0.15	0.13
At weaning	57.22 ^b	76.73 ^{ab}	75.89 ^{ab}	90.13 ^a	2.627	<0.01	0.20
Piglet weight, kg							
After cross-fostering	1.59	1.47	1.41	1.52	0.357	0.57	0.12
At weaning	5.67 ^b	6.79 ^{ab}	6.59 ^{ab}	8.77 ^a	0.223	<0.01	0.51

¹ Initial average weight of sows: 222.2 ± 29.22 kg.

² D21: weaning at day 21, D25: weaning at day 25, D28: weaning at day 28, D31: weaning at day 31

³ Standard error of mean.

⁴ Abbreviation: Lin. (linear) and Quad. (quadratic).

⁵ Daily feed provision of lactation feed was provided *ad libitum*.

^{abc} Means with different superscripts within the same row significantly differ (P<0.05)

3) 혈액 성상 및 면역 성상 (Blood profile and immune response)

이유일령에 따른 이유 당시 이유자돈의 혈액성상과 면역성상을 표 93 에 나타내었다. 스트레스 지수의 지표로 사용될 수 있는 cortisol에서는 유의적 차이가 나타나지 않았지만, 성장

호르몬으로부터 유래되는 IGF-1 에 있어서는 이유일령이 증가함에 따라 linear 하게 증가하였다 (P<0.05). 이와 같은 결과는 돼지의 경우 성장호르몬은 생후 10일에서 45일 사이에는 증가하는 추세를 나타내며, IGF-1 또한 이와 같이 증가한다는 선행 연구와 일치한다 (I Louveau 등, 1991).

면역성상에 있어서는 IgA, IgG 모두 유의적 차이가 나타나지 않았다. 면역 글로불린인 IgG 는 혈액 내 Immuno-globulin 중 가장 많은 농도를 차지하고 있으며, 갓 태어난 자돈이 외부환경으로부터의 후천적 면역력을 획득하게 한다. 또한 포유자돈은 초유 내 IgG를 가지고 체내에서 생후 7일부터는 합성을 하고, 생후 7일에서 28일 사이에는 그 양이 증가한다는 선행 연구가 있으나(Rooke 등 2003), 실험의 결과에서는 각 처리구간의 유의적인 차이가 나타나지 않았다.

표 93. 이유일령에 따른 이유 당시 이유자돈의 혈액성상과 면역성상

Item	Treatments ²				SEM ³	p-value ⁴	
	D21	D25	D28	D31		Lin.	Quad.
Blood profile							
Cortisol, µg/dL	4.4	5.0	6.1	5.5	0.60	0.50	0.65
IGF-1, ng/ml	25.3 ^a	30.7 ^{ab}	38.3 ^{ab}	49.9 ^b	4.06	0.02	0.67
Immune response, mg/ml							
IgG	7.21	5.64	6.47	8.09	6.82	0.16	0.21
IgA	0.14	0.09	0.13	0.12	0.12	0.80	0.53

¹ Initial average weight of sows: 222.2 ± 29.22 kg.

² D21: weaning at day 21, D25: weaning at day 25, D28: weaning at day 28, D31: weaning at day 31

³ Standard error of mean.

⁴ Abbreviation: Lin. (linear) and Quad. (quadratic).

^{abc} Means with different superscripts within the same row significantly differ (P<0.05)

4) 포유자돈의 카니발리즘

포유기간동안 자돈의 카니발리즘은 관찰되지 않았다.

4. 결론 (Conclusion)

본 연구는 이유 일령에 따른 모돈의 성장성적과 자돈의 성장성적, 그리고 자돈의 혈액 성상과 면역 성상 등을 알아보고, 적절한 이유 일령을 규명하고자 수행되었다. 실험은 21일령, 25일령, 28일령, 31일령 총 4개 처리구로 진행되었다.

모돈의 성장성적에서는 모돈의 체중의 변화 와 WEI 에서는 유의적 차이가 나타나지 않았

지만, 이유시 모돈의 등지방 두께에서는 이유일령이 증가함에 따라 linear 하게 감소하였다. 사료 섭취량에서는 25일령에 이유한 처리구의 모돈이 가장 높은 사료섭취량을 보였다. 이유시에 모돈의 낮은 등지방은 다음 산차의 포유 능력에 악영향을 끼칠 수 있다. WEI 와 사료 섭취량에 있어서도 21일령 처리구가 가장 안좋은 결과를 나타냈다. 따라서 모돈의 성장성적에 있어서는 25일령과 28일령 이유가 적합한 것으로 사료된다.

모돈의 이유성적에서는 이유일령이 증가함에 따라 복당 이유 체중이 증가하였으며, 25일령과 28일령에 이유한 처리구에서는 유의적인 차이가 나타나지 않았다. 폐사율은 25일령이 가장 높았는데, 이러한 결과를 바탕으로 포유자돈의 성장에 있어서는 28일령이나 31일령 이유한 처리구가 가장 적합한 것으로 사료된다.

포유자돈의 혈액성상을 분석한 결과로는, 이유당시에 이유일령에 따른 Cortisol 수치는 유의적인 차이를 나타내지 않았지만, IGF-1 수치는 일령이 증가함에 따라 증가하는 결과가 나타났다. 면역반응에서는 유의적인 차이를 발견하지 못하였다.

결과적으로, 모돈의 이유시 등지방 두께가 이유일령이 증가함에 따라 감소하고, 자돈의 이유 체중이 이유일령이 증가함에 따라 함께 증가하는 것으로 나타났다. 하지만 이유시 낮은 등지방 두께는 다음 산차의 분만성적에 악영향을 끼칠 수 있고, 25일령 처리구에서 폐사율이 높은점을 미루어 보았을 때, 28일령에 이유하는 것이 가장 적합할 것으로 사료된다.

<제1 세부과제명 : 사료비 절감을 위한 사료 배합비 개발 및 자돈의 폐사율 감소를 위한 사양시스템 개발-두산생물자원>

연구 1. 사료비 절감을 위한 신규 대체원료 탐색 및 사료 배합비 개발 II

1. 서론 (Introduction)

세계적인 낮은 곡물생산증가율과 신흥경제국의 곡물 수요증가, 바이오에너지 등 곡물의 수요 증가로 국제 곡물가격은 인상되었고, 현재도 계속해서 그 증가추세는 연장되고 있다. 여기에 주요 원료사료 가격 폭등이 따라오고 환율하락으로 인하여 그 추세는 더욱 가속화되어 해결책을 찾아야 하는 수준에 이르렀다.

우리나라의 경우 배합사료 제조비용 중 원재료비 비중이 80 % 정도를 차지하고 있고, 그 대부분을 수입에 의존하고 있으며 축산물 생산비 중 사료비가 50-60 %를 차지하고 있어 수입원료 가격의 폭등은 앞으로 국내 배합사료의 원가 상승은 물론 축산물 생산비 증가 등 국내 축산관련 여러 분야에 상당한 타격을 가져올 것으로 예상된다. 현재 우리나라뿐만 아니라 세계 여러 나라에서 이러한 문제에 대한 해결책으로 다양한 대안을 찾고 있고 현재 가장 현실적으로 받아들여지고 있는 해결책이 새로운 대체원료사료의 개발이다. 원료사료 중에서 현재 가장 기본적으로 사용되고 있는 옥수수나 대두박을 대체할 원료사료를 찾기 위한 실험이 세계 곳곳에서 점차 늘어나고 있는 실정이고, 벌써 많은 원료들이 대안으로 제시되었다. 하지만 아직 이러한 여러 원료 중에서 확실하게 그 대체효과를 입증 받은 경우는 없고 그 가능성만 꾸준히 제기되고 있다.

배합사료를 위한 원료사료로 사용되기 위해서는 몇 가지 조건이 있다. 우선 가격적인 조건이 기존에 배합사료에 쓰이는 원료보다 좋아야 하고, 동물의 성장에 기존에 사용된 원료만큼의 효과를 보여야 한다. 또한, 세계적으로 원료의 생산량이 많아 꾸준한 물량을 확보하는데 어려움이 없어야 하며, 저장성 또한 우수해야 한다. 이러한 여러 가지 조건을 충족하는 대체원료로 현재 부상하고 있는 것이 바로 Cashew nut residue이다. Cashew nut은 옷과 나무에 속하는 캐슈나무의 식용 씨이며, 열대지역에서 많이 분포한다 (Gibbon과 pain, 1985). Cashew nut의 단백질함량은 21.20 % 정도로 옥수수나 소맥피와 비교하여 높기 때문에 대체사료원료로서 각광을 받고 있고, 그 쓰임 또한 증가하고 있다 (Sogunle 등, 2009). 또한, 육계사료에서 옥수수나 대두박의 대체원료로서 충분히 가능하다는 것이 여러 실험을 통해 증명되었다 (Oddoye 등, 2012). Cashew nut은 육계, 토끼, 반추동물 등에서는 기존 사료원료의 대체원료로서 많은 실험이 이루어 졌고 대체원료사료로서의 가치를 입증 받았지만, 양돈용 사료로서 적합한지에 대한 검증은 거의 이루어지지 않은 상태이다. 따라서 본 실험에서는 이

러한 배경을 바탕으로 대체원료의 가능성을 보인 cashew nut을 육성-비육돈에게 급여 시 대체효과에 가능성을 규명해 보았다.

2. 실험 방법 및 재료 (Materials and methods)

1) 실험동물 및 사양환경 (Experimental animal and housing environment)

본 실험은 2월 교잡종(Yorkshire × Landrace) F1 경산모돈(평균 체중 $211.53 \pm 8.86\text{kg}$; 평균 산차 4.8) 40두를 공시하여, 4처리, 10반복, 반복당 한 두씩 완전임의 배치법(CRD: completely randomized design)으로 배치하여 실시하였다. 임신기에는 임신 110일령까지 임신사의 스톨에(임신 스톨의 넓이 $2.4 \times 0.64\text{m}^2$) 사양하고, 110일령에 분만사(분만틀의 넓이 $2.5 \times 1.8\text{m}^2$)로 이동하여 사육되었으며, 실험 임신사와 분만사의 온도 및 환기량은 환기팬과 자동제어장치에 의하여 자동으로 조절되었다. 또한 2산차와 3산차 이상 모돈에게는 임신시기에는 사료를 각각 2.2kg/day, 2.4kg/day로 급여 했으며, 분만 후에는 5일간 사료를 제한급여 하고, 5일 후부터는 무제한급여를 실시하였다. 모든 자돈은 분만 후 3일령에 땃줄 및 꼬리를 자르고 수컷은 거세를 하였으며, 모든 자돈에게 철분제(150mg/ml)를 주사하였다.

2) 실험 사료 및 실험 설계 (Experimental diet and treatment)

본 실험은 캐슈넛피 첨가량에 따라 설계되었으며, wheat bran 대체 원료로 캐슈넛피를 0%, 2%, 4%, 6% 첨가하여 처리구를 설정하였다. C0: 캐슈넛피 0% (wheat bran 6%)첨가; C2: 캐슈넛피 2% (wheat bran 4%)첨가; C4: 캐슈넛피 4% (wheat bran 2%)첨가; C6 캐슈넛피 6% (wheat bran 0%)첨가.

실험사료는 옥수수-대두박 위주(corn-soybean meal basal)로 사료를 배합하였으며, 임신돈 실험 사료의 조단백질 함량은 각각 12.90%, 라이신(lysine)은 0.74% 이었으며, 모든 영양소 함량은 NRC 사양표준(1998)과 같거나 높게 배합하였다. 실험에 사용된 임신돈 사료 배합성분을 표 94 에 나타내었다.

표 94. 사료배합비 및 화학적 조성 (임신돈 사료)

Item	C0	C2	C4	C6
Ingredient, %				
Corn	72.63	73.39	74.14	74.90
SBM	14.75	14.77	14.79	14.81
Tallow	2.65	1.83	1.02	0.20
Wheat bran	6.00	4.00	2.00	0.00
Cashew nut testa	0.00	2.00	4.00	6.00
L-lysine	0.17	0.17	0.17	0.17
DL-methionine	0.03	0.03	0.03	0.03
MDCP	1.80	1.84	1.92	2.00
Limestone	1.37	1.37	1.33	1.29
Vit. Mix ¹	0.10	0.10	0.10	0.10
Min. Mix ²	0.10	0.10	0.10	0.10
Choline chloride-50	0.10	0.10	0.10	0.10
Salt	0.30	0.30	0.30	0.30
Sum	100.00	100.00	100.00	100.00
Chemical composition³				
ME	3,265.33	3,265.08	3,265.26	3,265.02
CP	12.90	12.90	12.90	12.90
Lys	0.74	0.74	0.74	0.74
Met	0.20	0.20	0.20	0.20
Ca	0.90	0.90	0.90	0.90
Total P	0.70	0.70	0.70	0.70

¹ Provided per kg of diet: Vit A, 16,000IU; Vit D3, 3,200IU; Vit. E, 35IU; Vit. K3, 5mg; Rivoftavin, 6mg; Calcium 288mg; Pantothenic acid, 16mg; Niacin, 32mg; d - Biotin, 128ug; Vit.B12, 20ug.

² Provided per kg of diet: Fe, 281mg; Cu, 143mg; Mn, 49mg; I, 0.3mg; Se, 0.3mg.

³ Calculated value.

3) 샘플 채취 및 조사항목 (Sample collection and measurements)

- (1) 임신 모돈 체중, 사료섭취량 및 등지방 두께 변화 : 모돈의 생리적 변화를 알아보기 위하여 35일령, 70일령과 110일령 체중, P2부위의 등지방 두께를 측정하였다.
- (2) 포유 모돈의 체중, 등지방 두께 변화, 사료섭취량 : 포유 모돈의 생리적 변화를 알아보기 위하여 분만 후 24시간 이내와 21일째의 체중, P₂부위의 등지방 두께, 사료섭취량을 측정하였다.
- (3) 포유 자돈의 성장능력 및 포유 모돈의 포유능력: 양자처리 후 포유를 개시하고 자돈의 성장능력 및 모돈의 포유능력을 측정하기 위해 분만 후 24시간 이내, 21일에 자돈

의 체중 및 일당증체량을 측정하였다.

(4) 모돈의 유성분(Milk composition) 분석: 초유 및 돈유는 분만 후 24이내, 포유 21일차에 oxytocin 0.5IU/ml을 혈관 주사하여 채취하였으며, 수집된 돈유는 -20℃인 냉동고에 분석할 때까지 보관하였다. 채취한 돈유는 유성분 분석기(MilkoScan FT20, FOSS Electric Co., Denmark)로 유지방(fat), 유단백질(protein), 락토오스(lactose), 무지유고형분(Solids No Fat : SNF)을 측정하였다.

(5) 재귀발정일 측정: 이유 후 모돈의 재귀발정일(WEI, weaning to estrus interval) 측정을 위해 이유 후 임신사에서 발정이 오는 첫날까지의 기간을 측정하였다.

(6) 모돈의 혈액 분석 :모돈의 혈액은 임신35일령, 70일령, 110일령, 분만 후 12시간이내 및 포유 21일차에 채취하였으며, 채취한 혈액은 serum tube에 포집하여 3,000rpm, 4℃ 상태로 15분 동안 원심분리 하였다. 그 후 micro tube 보관용기에 혈청만을 분리하여 분석 시까지 -20℃로 보관하였다. 보관된 혈액은 혈액 분석기를 통하여 분석을 실시하였으며, 혈액분석기 (Ciba-Corning model, Ciba Corning Diagnostics Co.)를 이용하여 insulin과 glucose를 분석하였다.

4) 통계 분석(Statistical analysis)

통계분석은 SAS (SAS Institute, 2009)의 일반선형모형 (GLM)을 이용하여 수집된 자료에 대한 유의성 검정을 실시하였으며, 사양실험에서 모돈 1마리를 실험 단위로 (CRD) 하여 최소 유의차 (LSD) 다중검정법에 의해 처리간 결과를 비교하였다. $P < 0.05$ 인 경우 유의차가 있는 것으로, $P < 0.01$ 인 경우 고도의 유의차가 있는 것으로 고려하였으며, $0.05 \leq P < 0.10$ 일 경우 경향이 있는 것으로 간주하였다. 또한 linear - quadratic response를 분석하기 위해 orthogonal polynomial contrasts를 실시하였다.

3. 연구 결과 및 고찰 (Results and discussion)

1) 임신-포유기 모돈의 체중, 등지방 변화, 재귀발정일와 사료섭취량 (body weight, backfat thickness, WEI and daily feed intake)

임신모돈 사료네 캐슈넛 피 수준별 첨가가 임신-포유 모돈의 체중, 등지방 변화, 재귀발정일 및 포유기 모돈 사료 섭취량에 미치는 영향을 표 95에 나타내었다. 실험결과, 임신 35일

령에서 포유 3주차까지 모돈의 체중과 체중의 변화량에 있어서 통계적인 유의차는 발견되지 않았다. 포유시기에 모돈 체중 변화량이 linear 하게 감소하는 경향이 발견되었지만($P=0.09$), 캐슈넛 피를 4% 첨가한 처리구에서 포유 21일령에 체중 변화량이 대조구보다 수치적으로 87% 감소하는 결과가 나타났다. 일반적으로 이유 시 모돈의 체중은 분만 시 모돈의 체중에 비해 감소하는데, 사료를 통해 얻는 영양소보다 포유를 하면서 소모하는 영양소의 양이 더 많기 때문에 체내에 축적되어 있는 영양소를 분해하여 포유에 사용하게 되며, 때문에 정도의 차이는 있지만 일반적으로 모돈의 체중이 감소하게 된다는 것은 잘 알려져 있다(Mullan과 Williams, 1989; Yang 등, 1989). 이렇게 모돈의 체중이 감소하면 재귀 발정일에 부정적인 영향을 미칠 수 있다 (김유용 등, 2011). 본 실험 결과 임신모돈 사료 내 캐슈넛 피를 4% 첨가하는 것이 수치적으로 포유기 모돈 체중 감소량이 제일 적은 것으로 나타났다.

임신모돈 사료 내 캐슈넛 피의 수준별 첨가가 임신-포유 모돈의 등지방과 등지방 두께 변화에 미치는 영향을 표 95에 나타내었다. 임신 70일령, 110일령, 임신기 등지방 두께 증가량, 분만 직후, 포유 21일령의 등지방 두께 변화량에서는 유의적인 차이가 나타나지 않았다. 그러나 캐슈넛 피를 4%까지 첨가한 처리구에서 포유기 등지방 두께 변화량이 수치적으로 제일 낮은 것으로 나타났다. 일반적으로 사료섭취량이 불충분한 모돈은 다량의 모유를 분비하기 위해 체내에 축적되어 있는 영양소를 분해하며, 따라서 체중 및 등지방 감소, 골격약화 등의 변화가 발생된다(Dourmad 등, 1994). 따라서 임신모돈 사료 내 캐슈넛 피를 4%까지 첨가하는 것이 모돈의 체내 축적된 영양소를 많이 사용하지 않는 것으로, 모돈에게 가장 좋은 것으로 사료된다.

포유 모돈의 사료섭취량에 대한 결과는 표 95에 제시하였다. 본 실험에서는 임신모돈 사료 내 캐슈넛 피의 수준별 증가는 포유기 모돈의 일당 사료 섭취량을 linear 하게 증가시키는 경향이 나타났다 ($P=0.09$). 본 실험에서는 통계적으로 사료섭취량에 영향을 미치지 않았으나 임신기 캐슈넛 피를 첨가하는 처리구가 대조구보다 사료섭취량이 1kg 정도 많은 것으로 나타났다.

일반적으로 포유 모돈의 사료섭취량이 낮을 경우 이유 후 체상태가 부정적인 상태가 되는데 이 경우 이유 후 재귀발정일 (weaning to estrus interval; WEI)의 증가 (King과 Williams, 1984; Baidoo 등, 1992), 배란수 감소 (Foxcroft 등, 1995)등의 문제를 유발한다. 본 실험에서는 포유기 모돈의 재귀발정일에 있어서 임신모돈 사료 내 캐슈넛 피의 수준별 첨가는 quadratic response를 나타내었다 ($P=0.02$). 캐슈넛 피를 2% 첨가한 처리구의 모돈의 이유 후 재귀발정일이 가장 짧은 것으로 나타났다. 이는 포유 모돈의 사료섭취량의 차이가 재귀발정일에 영향을 미친 것으로 사료된다.

표 95. 임신돈 사료내 캐슈넛피의 수준별 첨가가 임신돈의 체중, 등지방두께, 사료섭취량, 재귀발 정일에 미치는 영향

Item	Cashew Nut Testa				SEM ¹⁾	p-value	
	C0	C2	C4	C6		Lin.	Quad.
No. of sows	10	10	10	10			
Body weight (kg) in gestating sows							
35 day	212.20	210.30	211.05	212.55	3.52	0.96	0.83
70 day	230.35	230.20	224.80	228.75	3.57	0.77	0.79
110 day	257.30	261.20	251.44	253.75	3.44	0.55	0.91
35-110 change	45.10	50.90	40.39	41.20	1.61	0.12	0.43
Body weight (kg) in lactating sows							
24h postpartum	230.05	233.85	223.25	227.20	3.73	0.61	0.99
21 d of lactation	210.30	218.70	212.69	215.75	3.66	0.77	0.74
Farrowing to 21 d	19.75	15.15	10.56	11.45	1.99	0.09	0.47
Backfat thickness (mm) in gestating sows							
35 day	17.35	17.90	19.75	17.65	0.86	0.74	0.48
70 day	16.95	17.40	19.45	16.35	0.88	0.98	0.34
110 day	19.80	18.15	18.94	18.20	0.95	0.67	0.83
35-110 change	2.45	0.25	-0.81	0.55	0.60	0.25	0.17
Backfat thickness (mm) in lactating sows							
24h postpartum	17.90	18.30	18.75	18.85	0.90	0.71	0.93
21 d of lactation	15.45	16.30	18.13	16.30	0.78	0.57	0.44
Farrowing to 21 d	2.45	2.00	0.62	2.55	0.56	0.84	0.32
Daily feed intake in lactation (kg/day)							
	4.20	5.14	5.02	5.14	0.18	0.09	0.24
Weaning to estrus interval (day)							
	6.00	4.93	5.30	5.7	0.16	0.69	0.02

¹⁾Standard error of mean.

2) 모돈의 번식능력과 포유 자돈의 성장능력(Reproductive performance and Piglet growth performance)

임신모돈 사료 내 캐슈넛피의 수준별 첨가가 포유자돈 성장능력에 미치는 영향을 보기 위해 분만 직후, 21일령에 복당 생산 두수, 복당 체중(litter weight), 복당 증체량(litter weight gain), 자돈 1두당 평균 체중, 및 자돈 평균 증체량을 조사하였다 (표 96). 임신기 사료 내 캐슈넛피의 수준별 첨가가 생시 자돈체중에 미치는 영향에 관한 연구는 수행된 적 없었으며, 본 실험 결과 포유기동안 복당 산자두수, 생시두수, 사산두수와 21일령 복당 자돈 두수에서 유의적인 차이를 발견할 수 없었다. 하지만 캐슈넛피를 2% 첨가한 처리구는 대조구보다 산자두수가 10% 많은 것으로 나타났으며, 4%까지 첨가했을 때는 대조구보다 12.5% 많은 것으로 나타났다.

복당 분만 자돈 체중은 모돈 사료 내 캐슈넛피의 수준별 첨가에 따라 linear 하게 감소하는 결과가 나타났다 (P=0.04). 복당 개시 체중은 모돈 사료 내 캐슈넛피의 첨가 수준이 증가할수록 linear 하게 감소하는 것으로 나타났지만 (P=0.01), 21일령 복당 체중 및 복당 체중

증체량에는 통계적으로 유의적인 차이를 발견할 수 없었다. 따라서 임신 모돈 사료 내 캐슈넛피의 수준별 첨가는 포유시기의 복당 자돈 체중에 부정적 영향을 주지 않은 것으로 사료된다.

두당 자돈 분만 체중은 임신 모돈 사료 내 캐슈넛 피의 수준별 첨가에 따라 linear하게 감소하는 경향이 발견되었다 (P=0.06). 따라서 두당 자돈 계시 체중이 linear하게 감소하는 결과가 나타났으며 (P=0.01), 대조구에서 가장 높은 체중을 나타내었다 (P<0.01). 하지만 21일령 두당 자돈 체중 및 두당 자돈 체중 증체량에서는 통계적 유의차가 나타나지 않았다. 결론적으로 임신 모돈 사료 내 캐슈넛피의 수준별 첨가는 포유시기에 포유자돈에게 부정적인 영향을 주지 않는 것으로 사료된다.

표 96. 임신돈 사료내 캐슈넛피의 수준별 첨가가 임신돈의 번식성적에 미치는 영향

Item	Cashew Nut Testa				SEM ¹⁾	p-value	
	C0	C2	C4	C6		Lin.	Quad.
No. of sows	10	10	10	10	-	-	-
Reproductive performance							
Total born/litter	14.00	15.40	15.78	13.90	0.49	0.99	0.15
No. of born alive	13.00	13.80	14.25	13.10	0.37	0.40	0.49
No. of stillbirths	1.00	1.60	1.53	0.80	0.22	0.96	0.24
After cross-foster	11.90	11.90	11.85	11.80	0.08	0.62	0.87
21 day of lactation	11.40	11.10	11.50	10.50	0.19	0.15	0.33
Litter weight, kg							
Litter birth weight	21.79	21.72	21.07	18.26	0.06	0.04	0.26
After cross-foster	19.30	17.80	16.22	16.17	0.04	0.01	0.30
21 day of lactation	55.93	56.65	55.36	52.69	1.75	0.48	0.62
Litter weight gain	36.63	38.85	39.14	36.52	1.56	0.99	0.44
Piglet weight, kg							
Piglet birth weight	1.59	1.42	1.34	1.39	0.04	0.06	0.18
After cross-foster**	1.62 ^A	1.50 ^{AB}	1.37 ^B	1.37 ^B	0.03	0.01	0.28
21 day of lactation	4.90	5.09	4.78	4.94	0.10	0.85	0.92
Piglet weight gain	3.28	3.59	3.41	3.57	0.09	0.41	0.68

¹⁾Standard error of mean.

^{A,B,C}means with different superscripts within the same row significantly differ (P<0.01)

3) 유성분 분석(Milk composition)

임신모돈 사료 내 캐슈넛 피의 수준별 첨가가 포유 모돈의 돈유 성분에 미치는 영향을 표 97에 나타내었다. 일반적으로 모돈의 유성분은 품종, 모돈의 건강상태, 사료의 영양수준에 따라 변화하는 것으로 알려져 있으며 (Klaver 등, 1981; Jackson 등, 1995; Daza 등, 2004), 자

돈의 성장에 직접적인 영향을 미친다. 본 실험결과, 사료 내 캐슈넛 피의 수준별 첨가에 따른 초유 내 fat, lactose 및 total solid 농도에 있어서 quadratic response가 나타났다 (각, P=0.03; P=0.02; P=0.03). 초유에 fat과 total solid는 캐슈넛 피 2% 첨가 처리구에서 가장 낮은 함량을 나타내었고, lactose 함량은 캐슈넛 피를 4% 첨가한 처리구에서 가장 높은 것으로 나타났다. 또한 사료 내 캐슈넛 피의 수준별 첨가가 초유 내 casein, protein 및 solid not fat 농도와 포유 21일령 돈유 성분에 유의적인 영향을 미치지 못하는 못하였다. 일반적으로 돈유 성분은 포유 자돈 성적에 영향을 준다고 알려져 있으나 (Daza 등, 2004), 본 실험에서는 임신모돈 사료 내 캐슈넛 피의 수준별 첨가가 포유 자돈 성적에 부정적 영향을 주지 않은 것으로 사료된다.

표 97. 임신돈 사료내 캐슈넛피의 수준별 첨가가 포유돈의 유성분조성에 미치는 영향

Item	Cashew Nut Testa				SEM ¹⁾	p-value	
	C0	C2	C4	C6		Lin.	Quad.
No. of sows	10	10	10	10			
Casein, %							
24h postpartum	4.98	4.49	4.22	6.07	0.32	0.32	0.10
21 d of lactation	4.36	4.57	4.30	4.22	0.07	0.22	0.26
Fat, %							
24h postpartum	7.62	5.27	7.11	8.24	0.48	0.25	0.03
21 d of lactation	6.18	7.35	6.44	6.29	0.20	0.68	0.06
Protein, %							
24h postpartum	6.37	5.76	5.23	7.91	0.44	0.31	0.10
21 d of lactation	4.81	5.00	4.72	4.61	0.08	0.22	0.35
Lactose, %							
24h postpartum	4.48	4.66	4.77	4.17	0.08	0.22	0.02
21 d of lactation	6.22	6.06	6.25	6.09	0.04	0.49	0.95
Total solid, %							
24h postpartum	20.28	17.30	18.57	22.68	0.85	0.21	0.03
21 d of lactation	18.29	19.71	18.49	18.06	0.27	0.38	0.07
Solid not fat, %							
24h postpartum	10.86	10.56	10.01	12.15	0.37	0.34	0.14
21 d of lactation	11.10	11.19	11.07	10.88	0.05	0.09	0.16

¹⁾Standard error of mean.

4) 모돈의 혈액 성분 (Blood profiles of sows)

임신모돈 사료 내 캐슈넛피의 수준별 첨가가 임신 및 포유 모돈 혈액 내 insulin과 glucose에 미치는 영향을 표 98에 나타내었다. Insulin은 임신 110일령, 분만일 및 포유 21일령에서 유의적인 차이를 나타내지 않았지만, 임신 70일령에서는 임신 모돈 사료 내 캐슈넛 피의 첨가 수준이 증가할수록 linear하게 감소하는 결과가 나타났다 (P<0.03). Insulin 농도는 포유모돈 유방과 체내대사 및 지방합성과 관련이 있으며 (Fulks 등, 1975; Schams 등,

1994), 본 연구에서는 임신기 70일령에 모든 체중 및 등지방에 있어서 유의적인 차이가 나타나지 않았기 때문에 Insulin의 감소 정도가 모돈에게 부정적인 영향을 줄 정도가 아닌 것으로 사료된다.

임신모돈 사료 내 캐슈넛 피를 첨가한 사료를 급여한 처리구에서는 임신 및 포유기 모돈의 혈액 내 glucose 함량에 있어서 유의적인 차이가 나타나지 않았다. 포유기에서 임신모돈 사료 내 캐슈넛 피의 수준별 첨가에 따라 포유돈의 일당 사료 섭취량이 linear하게 증가했으며, 포유 21일령 모돈 혈액 내 glucose 농도에 있어서는 quadratic trend를 나타내었다 (P=0.07). 포유 21일령에 모든 혈액 내 glucose농도는 대조구에서 가장 높았으며, 이 처리구에서 일당 사료 섭취량이 가장 낮은 결과를 나타내었다. 이러한 결과는 Glucose 농도가 증가하면, 사료섭취량에 부정적인 영향을 준다고 보고한 Yannick 등 (1998)의 결과와 일치한다. 결론적으로 임신돈 사료 내 캐슈넛피의 첨가는 임신기 모돈 혈액 내 glucose 농도에 유의적인 영향을 미치지 못하는 것으로 나타났으며, 모돈의 혈액 성분에 부정적인 영향을 미치지 않는 것으로 사료된다.

표 98. 임신돈 사료내 캐슈넛피의 수준별 첨가가 임신기 및 포유기 혈액성상에 미치는 영향

Item	Cashew Nut Testa				SEM ¹⁾	p-value	
	C0	C2	C4	C6		Lin.	Quad.
Insulin (ug/L)							
35 day	0.065	0.065	0.065	0.065	-	-	-
70 day	0.088	0.086	0.054	0.059	0.007	0.03	0.73
110 day	0.079	0.081	0.062	0.075	0.008	0.62	0.68
24h postpartum	0.081	0.102	0.087	0.093	0.081	0.84	0.75
21 d of lactation	0.095	0.087	0.088	0.061	0.095	0.14	0.51
Glucose (mg/dL)							
35 day	71.167	71.167	71.167	71.167	-	-	-
70 day	66.500	68.500	67.250	67.250	1.258	0.92	0.65
110 day	79.750	77.000	76.250	74.750	1.315	0.28	0.84
24h postpartum	84.750	95.500	83.000	89.750	2.250	0.95	0.81
21 d of lactation	82.667	74.500	74.250	78.250	3.472	0.34	0.07

¹⁾Standard error of mean.

4. 결론(Conclusion)

본 연구는 임신모돈 사료 내 wheat bran 대체제로 캐슈넛 피의 수준별 첨가가 모돈의 체형변화, 번식성적, 포유성적, 돈유 성분 및 모돈 혈액 성분에 미치는 영향을 조사하여 임신모돈 사료 내 wheat bran 대체제로 캐슈넛피 적용 가능 수준을 규명하기 위해 수행되었다.

본 실험결과 모돈의 임신 35일령, 70일령, 110일령, 분만일, 포유 21일령에 체중, 체중 변화

량, 등지방 두께 및 등지방 두께 변화량에 있어 통계적인 유의차는 발견되지 않았다. 하지만 포유시기에, 캐슈넛 피의 첨가 수준이 증가할수록 포유기에 모돈 일당 사료 섭취량이 linear 하게 증가하는 경향이 나타났으며 ($P=0.09$), 모돈 이유 후 재귀발정일은 캐슈넛 피를 2% 첨가한 처리구에서 가장 짧은 quadratic response가 나타났다 ($P=0.02$). 포유자돈 성장능력에 있어서는 복당 산자두수, 생시두수, 사산두수 및 21일령 복당 자돈 두수에서 유의적인 차이를 발견할 수 없었다. 하지만 캐슈넛 피를 2% 첨가한 처리구와 4% 첨가한 처리구는 산자두수에 있어서 대조구보다 각각 10%, 12.5% 많게 나타났다. 하지만 캐슈넛 피를 6%까지 첨가하면 4% 첨가한 처리구보다 21일령 복당 자돈 두수가 9.5% 적은 것으로 나타났다. 복당 분만 자돈 체중은 모돈 사료 내 캐슈넛 피 첨가 수준이 증가할수록 linear 하게 감소하였지만 ($P=0.04$), 캐슈넛 피를 4%까지 첨가해도 대조구에 비해 수치적으로는 큰 차이가 나타나지 않았다. 복당 개시 체중은 모돈 사료 내 캐슈넛 피 첨가 수준이 증가할수록 linear 하게 감소하였지만 ($P=0.01$), 21일령 복당 체중 및 복당 체중 증체량에는 통계적으로 유의적인 차이를 발견할 수 없었다. 두당 자돈 분만 체중은 사료 내 캐슈넛 피 첨가 수준이 증가할수록 linear 하게 감소하는 경향이 발견되었으며 ($P=0.06$), 이로 인해 두당 자돈 개시 체중이 linear 한 결과를 나타내었다($P=0.01$). 하지만 21일령 두당 자돈 체중과 두당 자돈 체중 증체량에는 통계적으로 유의적인 차이를 발견할 수 없었다. 유성분 분석 결과, 사료 내 캐슈넛 피의 첨가 수준이 증가함에 따라 초유 내 fat, lactose 및 total solid 농도에 quadratic response가 나타났다 (각, $P=0.03$; $P=0.02$; $P=0.03$). 초유 내 fat과 total solid는 캐슈넛 피 2% 첨가 처리구에서 가장 낮았으며, lactose는 캐슈넛 피 4% 첨가 처리구에서 가장 높게 나타났다. 하지만 사료 내 캐슈넛 피의 첨가수준은 초유 내 casein, protein, solid not fat 함량 및 포유 21일령 돈유 성분에는 유의적인 영향을 미치지 않았다. 모돈 혈액 내 Insulin 농도는 임신 110일령, 분만일 및 포유일 21일령에서 유의적인 차이를 나타내지 않았지만, 임신 70일령에서는 임신 모돈 사료 내 캐슈넛 피의 첨가 수준이 증가할수록 Insulin 농도가 linear하게 감소하였다 ($P<0.03$). 모돈 혈액 내 glucose 농도는 유의적인 차이가 나타나지 않았다.

결론적으로 임신돈 사료 내 wheat bran 대체제로 캐슈넛 피를 4%까지 첨가하였을 때 모돈과 포유자돈의 번식성적, 포유성적, 유성분 및 모돈 혈액 성분에서 가장 좋은 결과를 나타낸 것으로 사료된다. 따라서 임신 모돈 사료 내 wheat bran을 대체하기 위해서 캐슈넛 피를 사용할 시 4%까지 사용하는 것이 가장 좋은 것으로 사료된다.

<제1 협동과제명 : 자돈의 생산성과 관련된 후생학적 유전체 profile 개발>

연구 1. NGS 기법을 적용한 돼지 생산성 관련(이유시 체중)한 후성유전체 (DNA methylation)정보 생산과 생물정보 분석

1. 서론 (Introduction)

1년차 과제에서는 돼지 생산성 관련 (이유시 체중) 후성유전체 (DNA methylation) 연구를 위해서 각 모체별로 체중이 가장 많이 나가는 자돈과 체중이 적게 나가는 자돈을 그룹당 3 마리씩 선발하여 비교 그룹을 구성하고 자돈의 영양소 소화에 중요한 역할을 하는 간과 소장 샘플링하여 DNA를 추출하였다. 각 조직별 Genome 상에 이루어진 Methylation을 Profile하기 위해서 DNA에 발생한 Methylation을 인지하여 Enrichment 할 수 있는 MBD (Methyl Binding Protein Domain)을 이용하여 Methylation이 이루어져있는 DNA fragment 만을 Enrichment하고 이를 Illumina Sequencing을 수행할 수 있도록 Library를 구축하였다. 이와 더불어 생산된 데이터를 분석할 수 있는 생물정보학적 분석 파이프라인과 기타 필요한 공개 데이터를 확보하여 생산된 데이터를 효과적으로 처리 및 분석할 수 있는 준비가 완료되었다. 2년차 과제에서는 데이터의 생산과 생산된 데이터를 1년차 과제를 통해 구축된 분석 방법을 이용하여 이유 자돈의 Whole Genome Methylation Profile을 파악하고 성장률의 차이를 보이는 두 그룹간의 비교를 통해 후성 유전학적 조절기작 중의 하나인 DNA methylation이 성장률의 차이에 미치는 영향 및 관련 유전자에 대한 분석을 수행한다. 1년차 과제 수행을 통해 구축된 라이브러리를 이용하여 Illumina의 Hiseq2000 Sequencer를 이용하여 데이터의 생산을 수행하고 이를 분석하여 이유 자돈의 Whole genome methylation Pattern 파악 및 관련유전자에 대한 분석을 수행한다. 체중의 차이를 보이는 이유 자돈의 whole genome methylation pattern과 관련 유전자에 대한 연구는 아직까지 한번도 수행된 적이 없는 최초의 연구이며 이를 통해 기존에 GWAS등의 Association study를 통해 밝혀진 SNP등과 같은 Genetic Variation 이외에 후성 유전적 마커들을 발굴하고 표현형과의 연관성에 대한 실마리를 풀어 줄 수 있을 것으로 기대한다.

2. 본론

1) Library amplification, Cluster generation, sequencing 및 data QC

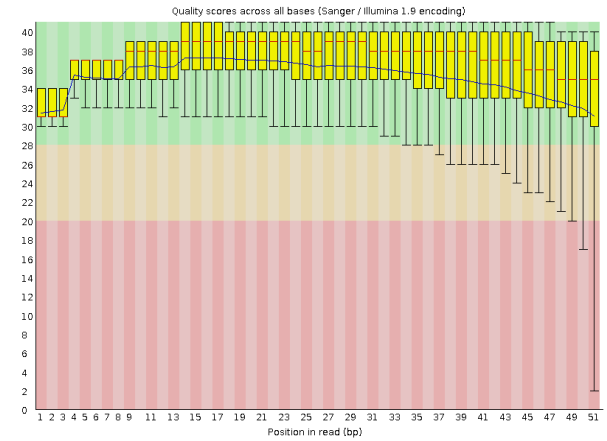
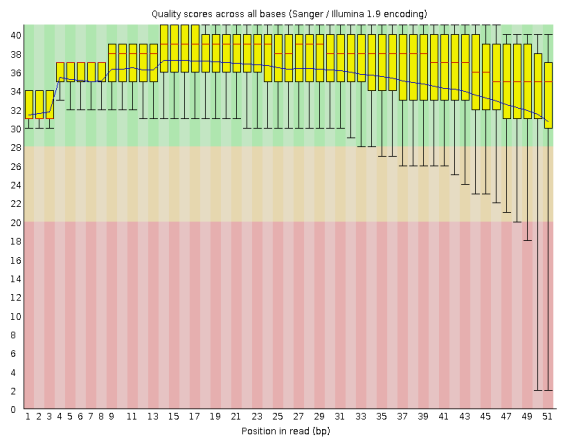
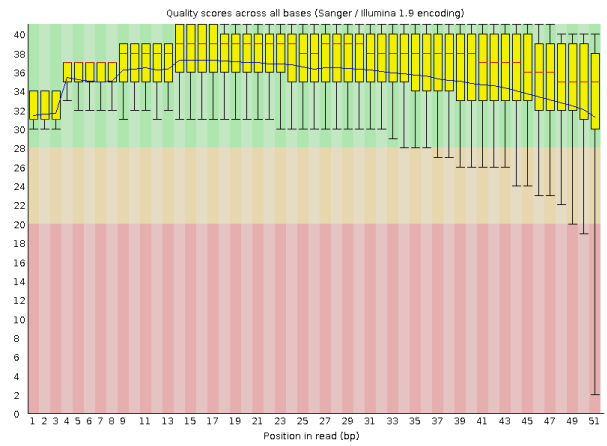
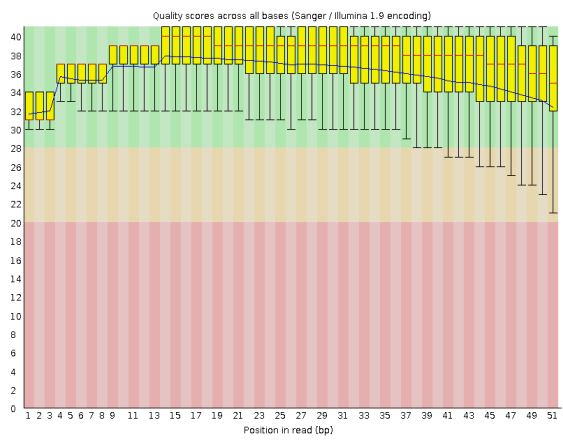
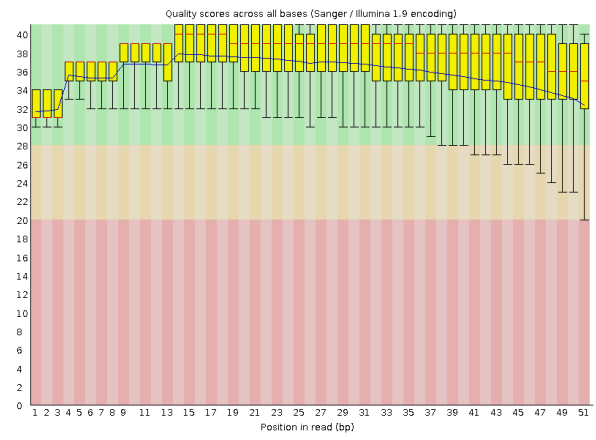
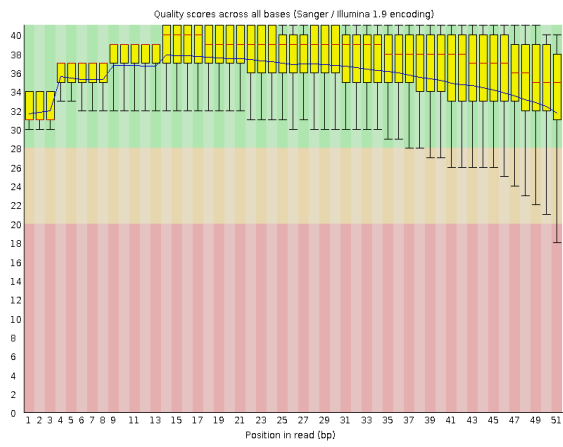
1년차에 기획한 실험 디자인에 기초하여 선발 및 구축된 Methylation Enriched Library에 대

한 시퀀싱 데이터 생산을 수행한다. 데이터의 생산은 분석의 목적인 DMR (Differentially Methylated Region)의 발굴에 맞추어 50bp single-end 진행되었다. 본 연구에서는 처음 계획이었던 Paired-end sequencing이 아닌 Single-end sequencing을 수행하였는데 이는 본 연구의 목적인 Methylated DNA 분석에 있어서 paired-end 데이터의 경우 생산된 데이터의 Redundancy가 높고 비용이 상대적으로 많이 들기 때문이다. 데이터의 생산은 Hiseq2000을 이용하여 1 lane에 Multiplexing하여 수행하였으며 최종적으로 생산된 데이터는 다음과 같다.

표 99. Summary of raw data used in this analysis.

Sample Name	Read Length	Total Base	Read Count	GC(%)	Trimmed Read
Intestin_High1	51	2,235,709,134	43,837,434	59	799,359
Intestin_High2	51	3,511,527,276	68,853,476	58	1,101,409
Intestin_High3	51	2,971,440,591	58,263,541	57	928,441
Intestin_low1	51	1,205,962,320	23,646,320	59	459,145
Intestin_low2	51	2,599,680,018	50,974,118	60	1,175,982
Intestin_low3	51	2,417,069,673	47,393,523	59	990,352
Liver_High1	51	1,783,584,903	34,972,253	55	596,041
Liver_High2	51	1,202,022,009	23,569,059	57	438,977
Liver_High3	51	28,74,248,922	56,357,822	58	1,131,306
Liver_low1	51	1,052,455,380	20,636,380	57	619,610
Liver_low2	51	2,315,096,856	45,394,056	56	900,427
Liver_low3	51	2,067,181,674	40,532,974	58	892,186

총 12개의 조직 샘플에 대해서 Read 길이 51bp로 데이터 생산이 되었으며 각 샘플은 Multiplexing과정의 특성상 아주 균등한 Read 수를 가지지는 않았다. 샘플별 데이터 생산량의 차이는 두 그룹을 비교함에 있어서 Bias로 작용할 수 있는데 이는 샘플별 데이터 생산량 및 GC bias를 보정한 Normalization을 통해 보완한다. FASTQC를 통해 데이터의 기본적인 품질을 검토하게 되는데 각 샘플 별 Quality Score의 분포는 다음과 같다.



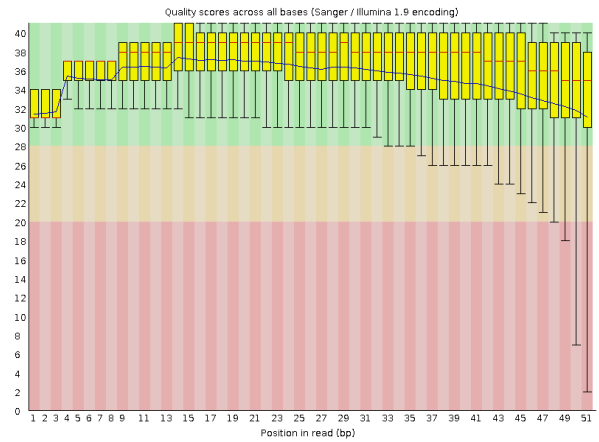
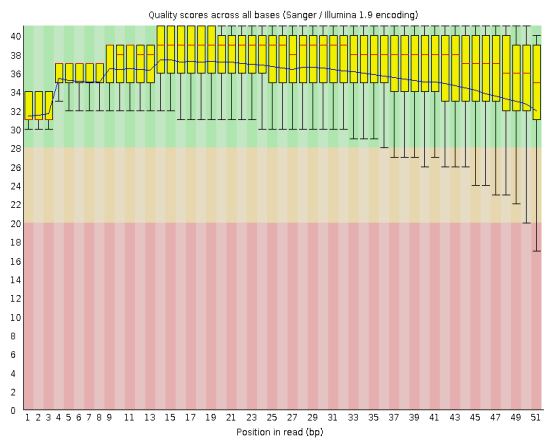
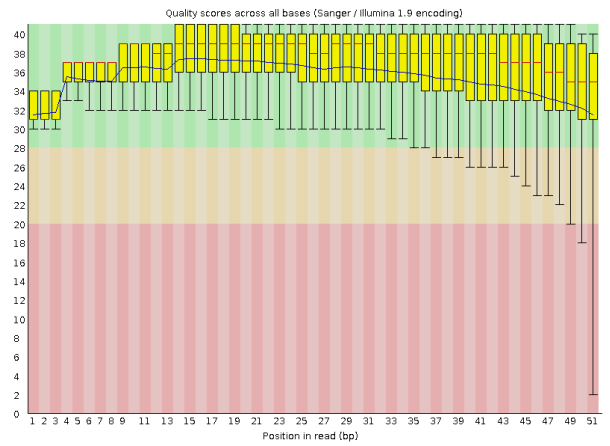
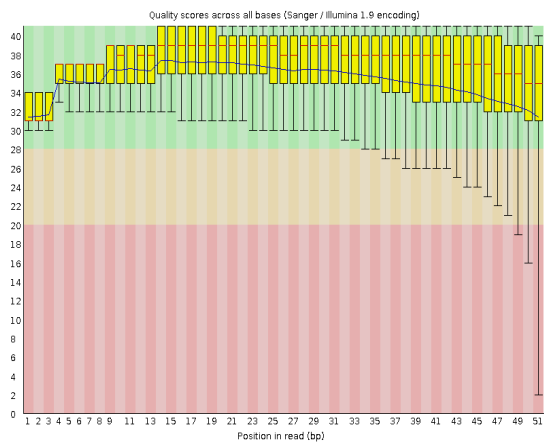
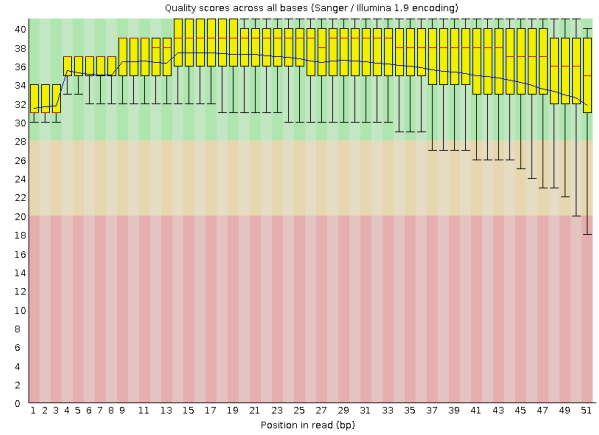
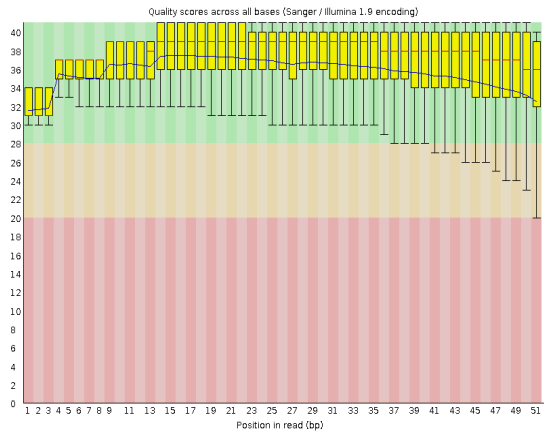


그림 15. Per base sequence quality distribution using FASTQC

데이터의 Quality 스코어의 분포를 살펴보면 생산된 데이터들은 평균 30이상의 Quality Score를 가지며 전반적으로 제대로 수행된 Illumina Library의 Quality를 보이는 것을 확인할 수 있다.

분석 수행에 앞서 Raw Data 속에 포함된 Sequencing error를 줄이고 sequencing 과정에서 부착되는 Adapter sequence등을 제거해야 하는데 Trimmomatic을 이용하여 Quality Score 20 이하 제거 및 Adapter Sequence Trimming을 수행한다.



그림 16. Trimmomatic Homepage

Trimmomatic을 수행한 이후의 실질적으로 분석에 사용된 Read들의 정보는 표 99에 생산데이터와 함께 정리되어 있다.

2) 후성유전체 정보 확보와 생물정보 분석

기본 프로세스와 Quality Control을 수행한 이후 준비된 Read들은 1년차 과제를 통해 확보된 돼지의 Reference Genome인 Sus Scrofa 10.2에 정렬한다. Read의 정렬에는 대표적인 Short Read Alignment 프로그램인 Bowtie2를 이용해서 기본옵션을 통해 진행하며 Alignment의 결과는 다음과 같다.

표 100. Summary of read alignment rate of each sample using bowtie2 with default option.

(%)

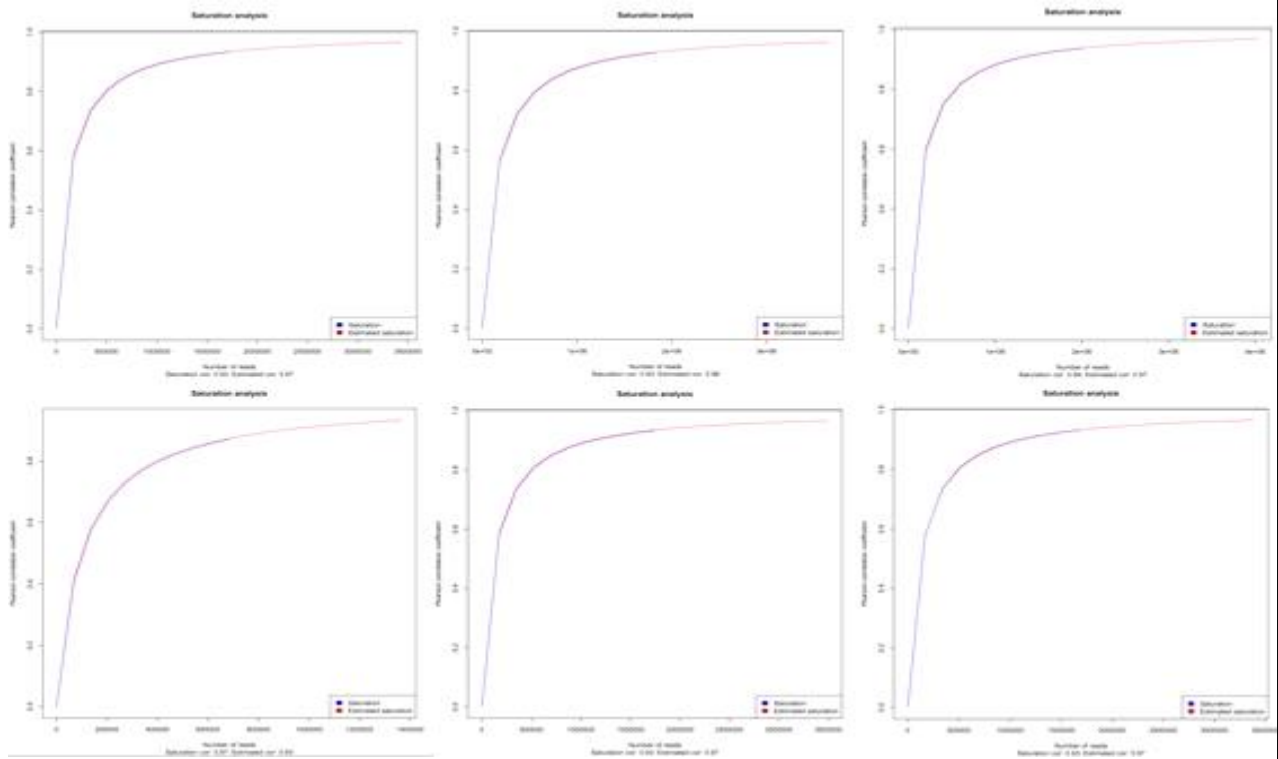
Intestine	Intestine_High1	Intestine_High2	Intestine_High3	Intestine_low1	Intestine_low2	Intestine_low3
Overall Alignment rate	71.02	73.65	75.50	71.33	66.50	72.00
Aligned exactly 1 time	32.33	40.75	35.71	38.28	31.67	33.92
Aligned over 1 time	38.69	32.89	39.78	33.28	34.83	38.08
Unaligned	28.98	26.35	24.50	28.67	33.50	28.00
Liver	Intestine_High1	Intestine_High2	Intestine_High3	Intestine_low1	Intestine_low2	Intestine_low3
Overall Alignment rate	75.11	73.75	71.05	63.06	68.71	73.74
Aligned exactly 1 time	40.00	37.46	36.33	33.97	37.31	35.31
Aligned over 1 time	35.10	36.30	34.72	29.10	31.40	38.43
Unaligned	24.89	26.25	28.95	36.94	31.29	26.26

전반적인 Alignment Rate를 살펴보면 Read 길이가 짧고 Quality Control을 수행했음에도 불구하고 높지 않은 70%대의 높지 않은 Alignment Rate를 보이는 것을 확인 할 수 있다. 이 결과는 Methylation이 일어나는 부위가 대부분 CG Rich Region이기 때문에 Reference Genome상에 존재하는 상당수의 Unassembled 혹은 Gap region에 많은 부분이 포함되어 발생하는 경우로 생각해 볼 수 있다. 또한 기존에 비슷한 연구를 닭에서 수행한 결과에서도 전반적인 Whole genome에 비해 MBD나 MEDIP을 이용하여 Methylated CG region만을 Capturing하여 Sequencing한 경우 Alignment Rate가 상당수 떨어지는 점을 감안했을 때 본 분석을 수행함에 있어 현재 생산된 데이터는 분석을 수행하는데 문제가 없음을 확인할 수 있다.

본격적인 DNA Methylation 분석에 앞서 생산된 데이터가 분석을 수행하기에 앞서 생산된 Methylation Enriched 데이터가 분석을 수행하는데 문제가 없는지를 테스트해야 하는데 Saturation 분석, Enrichment 분석 등을 수행하게 된다. Saturation 분석은 Read의 생산량이

분석을 수행하는데 충분한지를 테스트하는 분석으로 데이터 셋을 랜덤하게 두 셋으로 나누어 Read에 의해 CpG Island 가 포화되는 정도를 비교하는 분석 방법이다. 두셋의 Correlation을 계산하여 그 값이 높을수록 동일한 결과를 준다는 의미로 분석을 수행함에 있어서 데이터의 생산량이 모자라지 않음을 의미한다. Saturation 분석을 비롯한 기본적인 데이터의 기초 분석은 공개 R패키지인 MEDIPS를 이용하여 수행하였으며 다음 그림 17은 본 분석에 사용된 각 샘플 별 데이터를 이용하여 수행된 Saturation 분석 결과이다.

Intestine



Liver

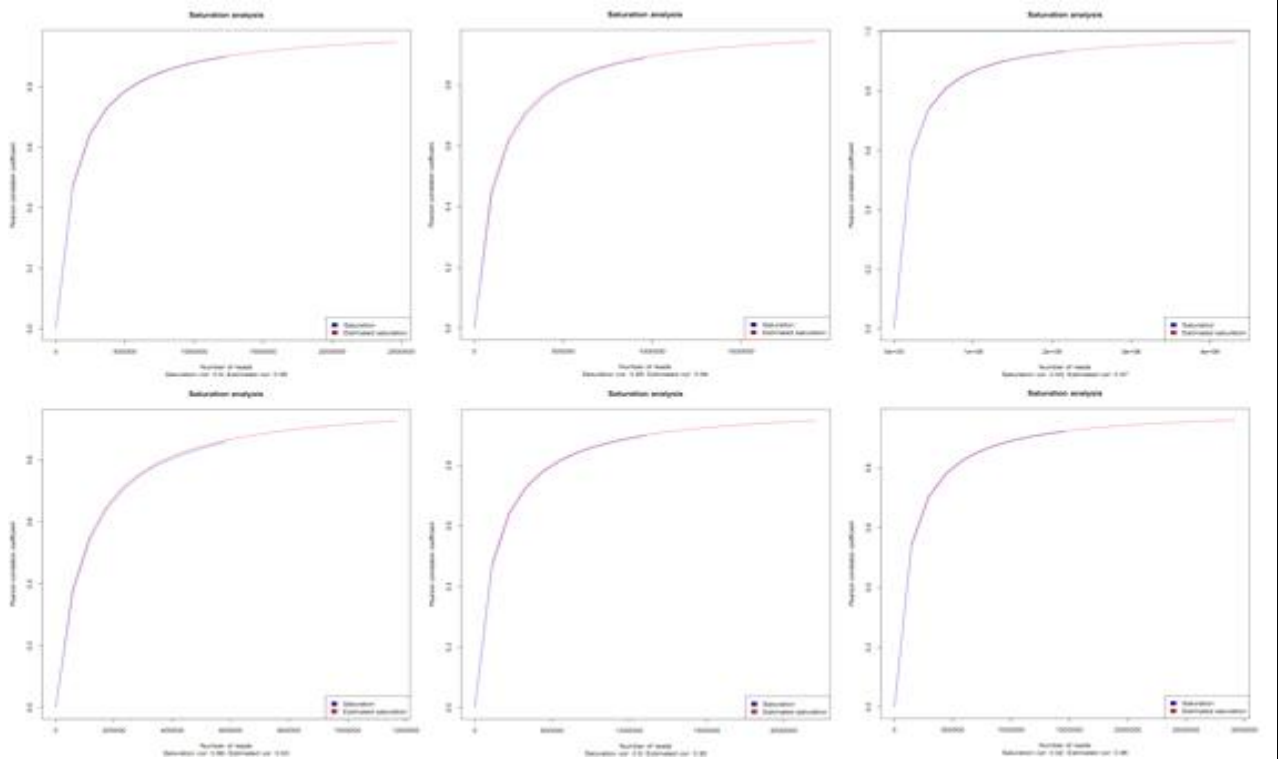


그림 17. Saturation Plot for 12 samples using MEDIPs.

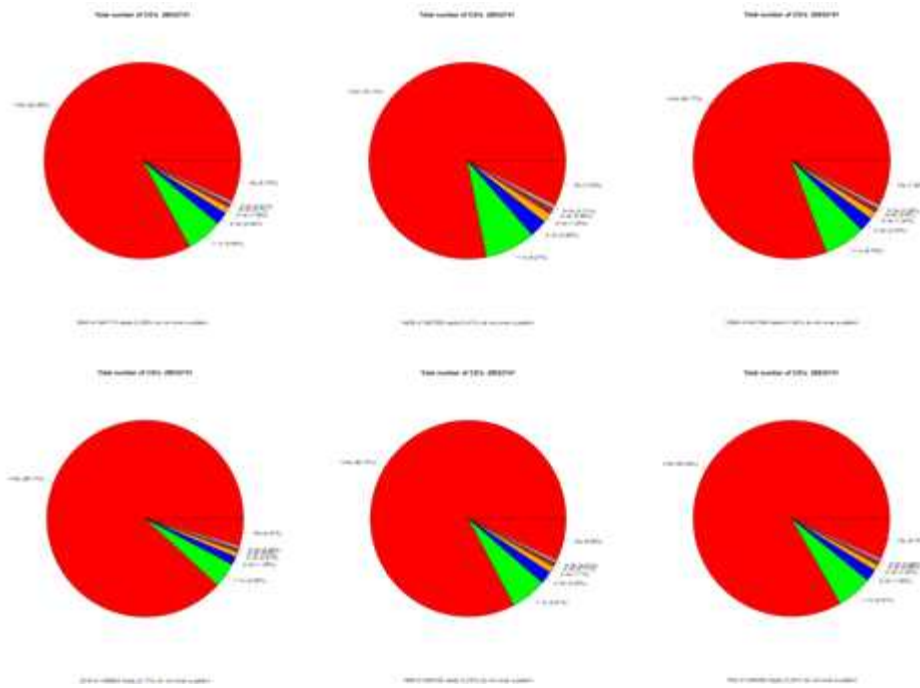
표 101. Summary of Enrichment score of each sample using MEDIPs.

Intestine	Intestine_High1	Intestine_High2	Intestine_High3	Intestine_Low1	Intestine_Low2	Intestine_Low3
Enrichment Score (relH)	4.51	4.33	4.49	4.65	4.58	4.53
Enrichment Score (GoGe)	2.43	2.30	2.40	2.47	2.44	2.43
Liver	Liver_High1	Liver_High2	Liver_High3	Liver_Low1	Liver_Low2	Liver_Low3
Enrichment Score (relH)	4.01	4.43	4.37	4.34	4.16	4.47
Enrichment Score (GoGe)	2.19	2.34	2.31	2.30	2.27	2.42

Saturation 분석결과 모든 샘플에서 충분한 정도의 Saturation이 이루어 지는 것을 확인할 수 있었으며 따라서 현재 생산된 데이터는 분석을 수행하는데 충분함을 확인할 수 있었다. 다음으로는 Enrichment test를 수행하였는데 Enrichment test는 MBD-seq을 이용하여 실제 whole genome 에서 얼마나 효과적으로 CpG Region이 CpG가 아닌 지역에 비해 Enrichment 되었는지를 확인할 수 있다. Enrichment Score를 통해 확인한 본 분석의 데이터는 충분히 Enrichment가 되어 이후의 분석을 수행하는데 있어 문제가 없음을 확인할 수 있었다.

다음으로는 전체 Genome상에 Methylation이 일어날수 있는 CpG Region에 Mapping되는 Read의 Coverage를 통해서 고성장 Group과 저성장 Group간에 Methylation Pattern의 전반적인 Coverage의 차이를 확인하였다.

Intestine



Liver

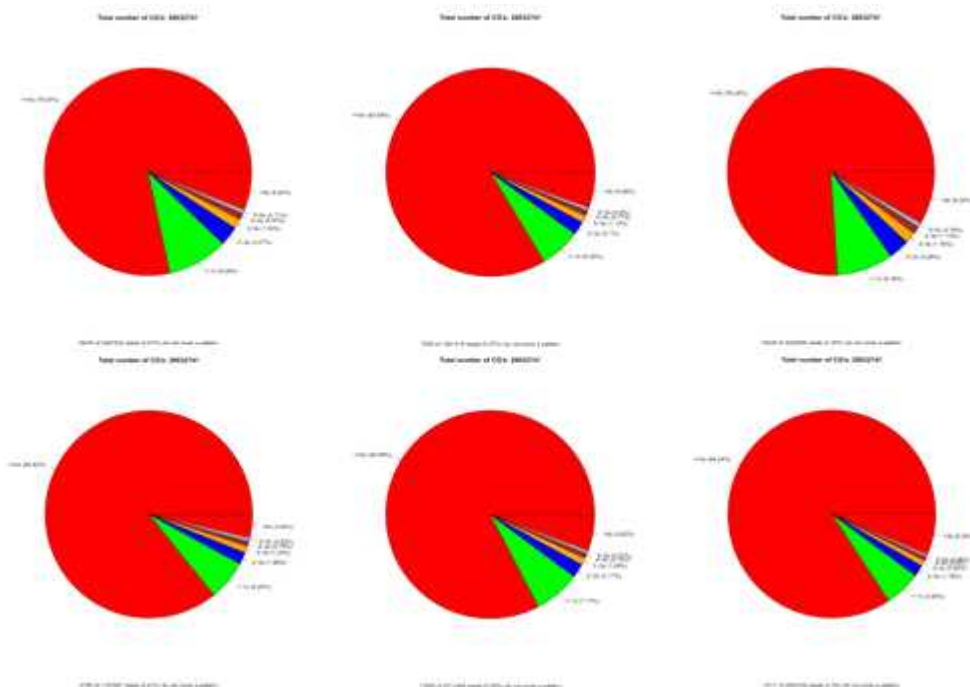
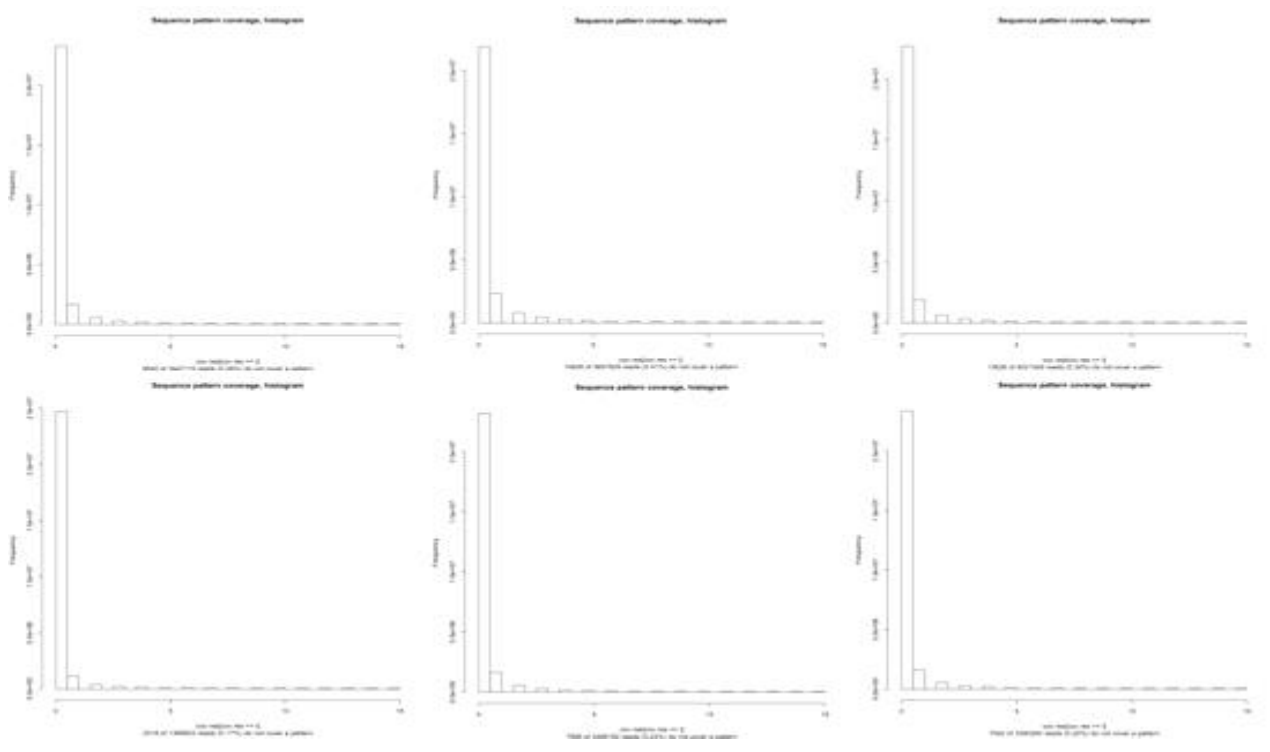


그림 18. CpG coverage pie chart using MEDIPs.

그림 18은 CpG지역의 Coverage를 파이차트로 나타낸 그림이다. 소장과 간 조직의 CpG 커버리지 Pattern을 확인했을 때 Mapping 이 되는 비율의 경우 각 Group간 큰 차이는 보이지 않는 것으로 확인이 되었다. 그러나 이 결과는 전체 Whole genome 상에서 Read가 Mapping되는 수의 비율을 나타낸 것이기 때문에 실질적으로 Genome의 Physical Locus에서 보여지는 차이에 대해서는 반영하지 못한다. 해당 결과를 아래 그림19과 같이 Histogram으로 표현하여 비교하여도 눈에 띄는 큰 차이점은 발견하지 못했다.

Intestine



Liver

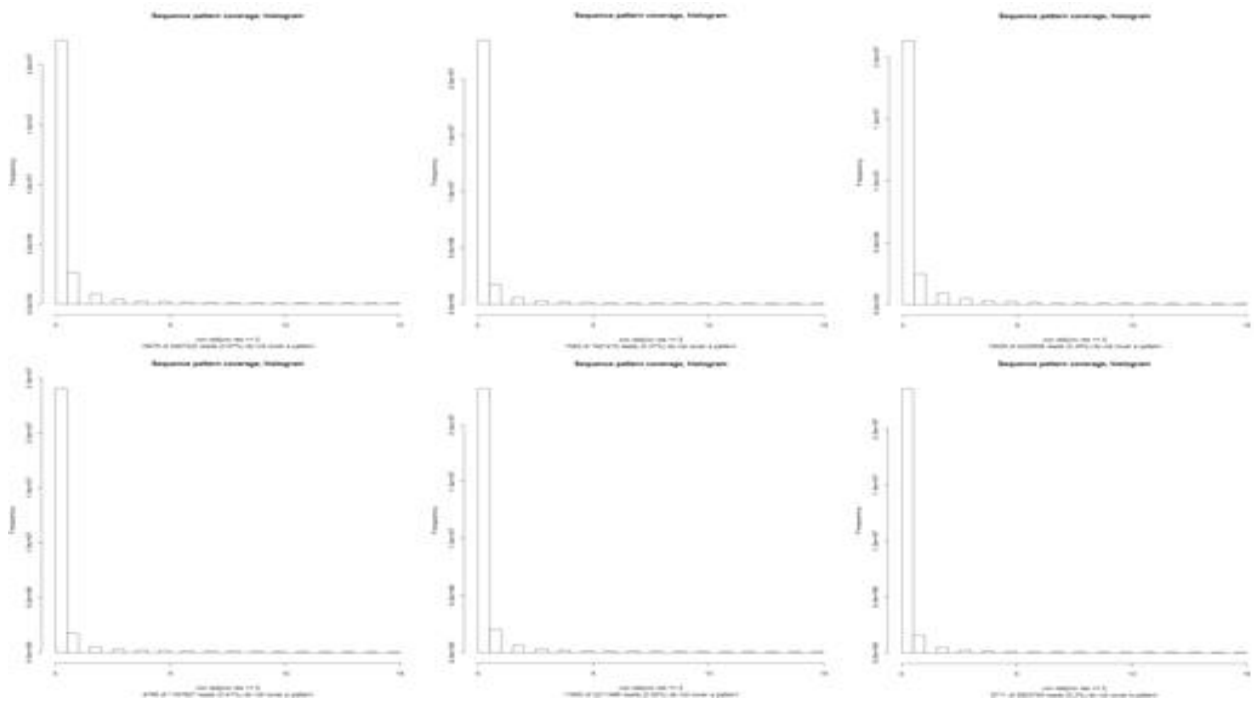


그림 19. CpG coverage histogram using MEDIPs.

각 샘플별 유사도를 파악하기 위해 샘플별 Pair-wise correlation을 구해 비교하였다.

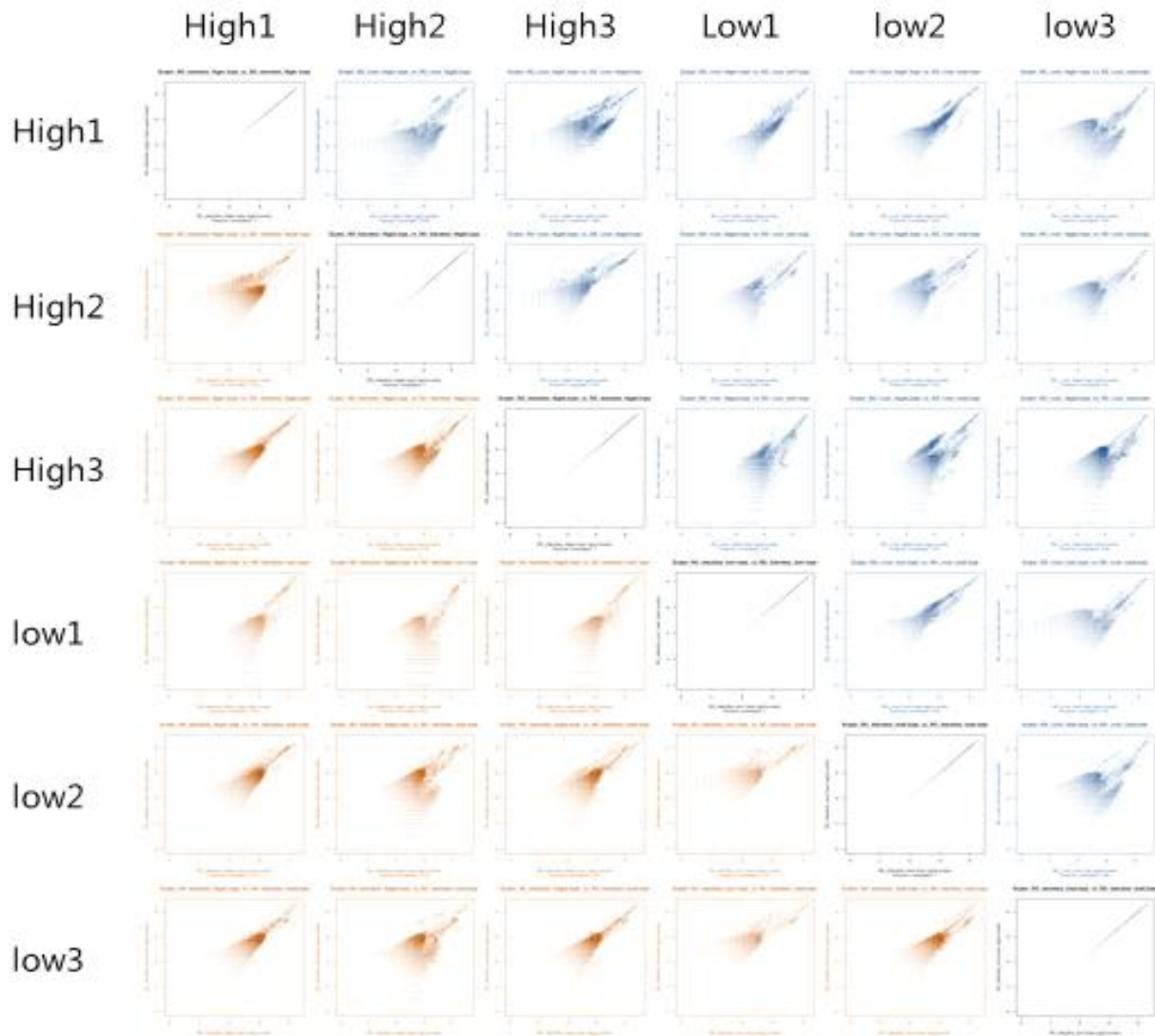


그림 20. Pair-wise correlation plot between all samples used in this analysis.

각 샘플별 Correlation을 통해 살펴본 결과 CpG Coverage 패턴과 마찬가지로 전반적인 CpG coverage 양상의 경우 그 값이나 분포에 있어 그룹별로 눈에 띄게 구분되는 양상을 보이지는 않았다.

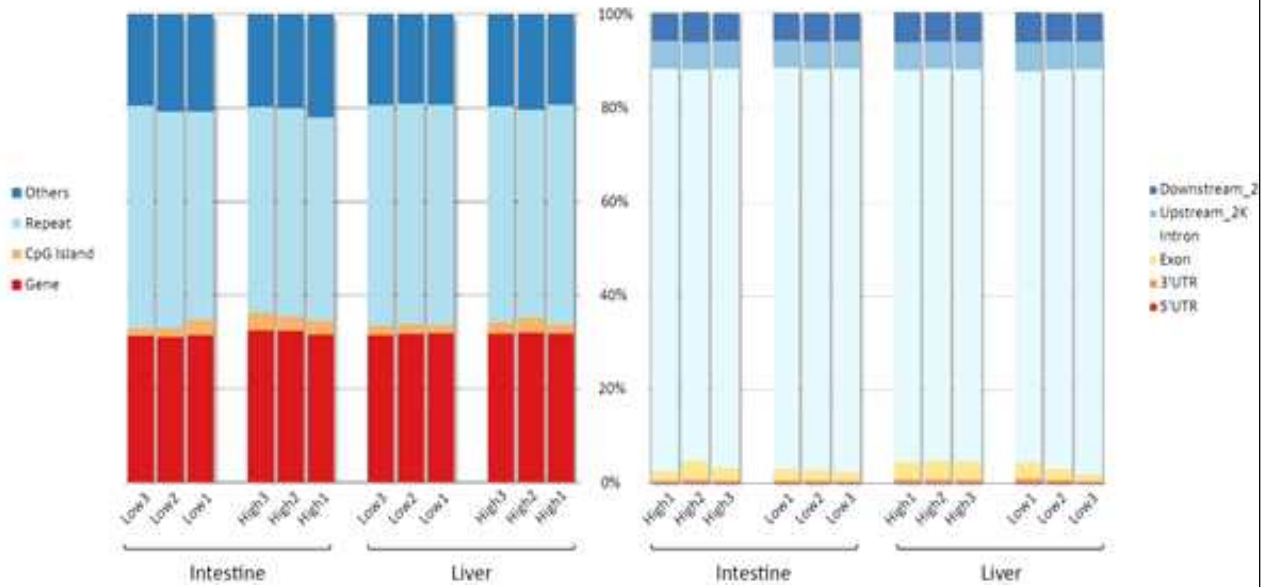


그림 21. Genomic distribution of the uniquely mapped bases in two organ.

- a. All uniquely mapped bases were classified into four type : bases uniquely mapped to Genes (red), CpG Island (orange), Repeats(light blue), Others(blue).
- b. Uniquely mapped bases in gene region were classified into 6 regions : bases uniquely mapped to 5'-UTR(red), 3'-UTR(Orange), Exon(yellow), Intron(sky blue), Upstream_2K(light blue), Downstream_2K(Blue).

그림 21은 Methylation이 있어 Read가 Mapping된 위치를 유전자 단위로 구분하여 나타낸 그림이다. 전반적인 Pattern을 파이차트와 히스토그램을 통해 나타냈을 때와 마찬가지로 고성장 그룹과 저성장 그룹간의 Global Pattern은 눈에 띄는 큰 차이를 보이지 않았다. 대부분의 Methylation은 유전자와 Repeat 부분에 존재하였으며 이에 따라 Methylation이 일어난 유전자를 파악하고 이에 대한 분석이 필요할 것을 확인할 수 있었다.

MEDIPS와 EdgeR 방법을 이용하여 각 조직 별로 고성장과 저성장 그룹에서 차이를 보이는 DMR을 발굴하고 관련 위치에 대한 분석을 수행하였다. MEDIPS를 통해 발굴된 DMR은 Peak Analyzer를 이용하여 위치 및 관련 유전자를 분석하였으며 그 결과는 다음과 같다.

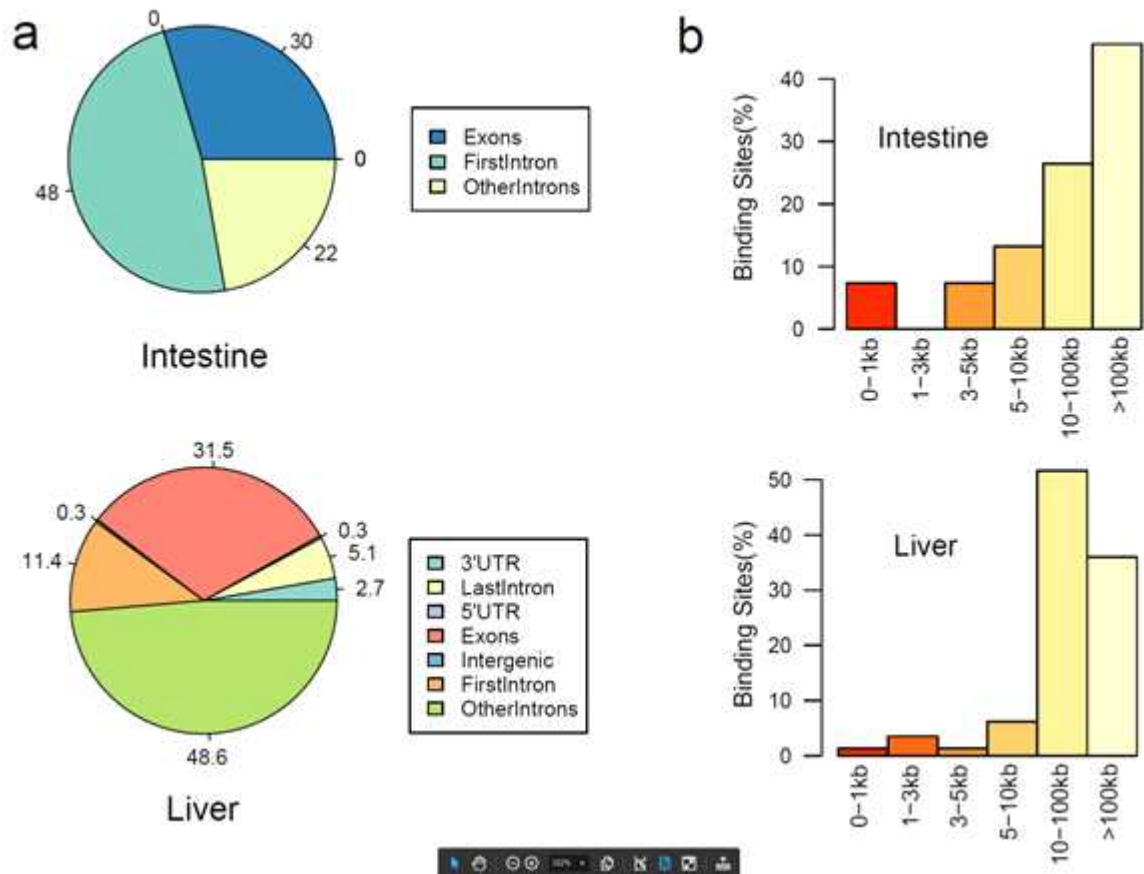


그림 22. Annotation result of differentially methylated genes using Peak Analyzer.

a. Location and proportion of differentially methylated genes in two samples.

b. Distance distribution of nearest downstream genes from DMR.

Global Methylated pattern과는 다르게 DMR의 경우 각 조직별로 차이를 보였다. 소장
 의 경우 대부분의 DMR 지역은 Exone과 Intron 지역에 분포하였으며 간의 경우는 UTR과
 Intergenic Region을 포함 하는 위치에 Peak이 발생하는 것을 확인 할 수 있었다. DMR 지
 역과 가장 가까운 위치에 존재하는 유전자와의 거리도 조직간의 차이를 보였는데 상대적으
 로 간에서의 유전자의 거리가 소장에 비해서 가까운 것을 확인할 수 있었다. 다음으로 DMR
 과 관련이 있는 유전자를 발굴하였는데 유전자의 리스트는 다음과 같다.

⌘ 102. Differentially methylated gene list in small intestine and liver.

Intestine

Ensembl Gene ID	Gene Symbol	Gene Description
ENSSSCG00000002523	CDC42BPB	CDC42 binding protein kinase beta (DMPK-like) [Source:HGNC Symbol;Acc:1738]
ENSSSCG00000019556	7SK.46	7SK RNA [Source:RFAM;Acc:RF00100]
ENSSSCG00000012939	BRMS1	breast cancer metastasis suppressor 1 [Source:HGNC Symbol;Acc:17262]
ENSSSCG00000013658	S1PR2	sphingosine-1-phosphate receptor 2 [Source:HGNC Symbol;Acc:3169]
ENSSSCG00000026161	E2F6	E2F transcription factor 6 [Source:HGNC Symbol;Acc:3120]
ENSSSCG0000001025	DSP	desmoplakin [Source:HGNC Symbol;Acc:3052]
ENSSSCG00000014802	NUMA1	nuclear mitotic apparatus protein 1 [Source:HGNC Symbol;Acc:8059]
ENSSSCG00000016912	PPAP2A	phosphatidic acid phosphatase type 2A [Source:HGNC Symbol;Acc:9228]
ENSSSCG00000030936	CH242-154 K8.2	

liver

Ensembl Gene ID	Gene Symbol	Gene Description
ENSSSCG00000022314	CLIC4	chloride intracellular channel 4 [Source:HGNC Symbol;Acc:13518]
ENSSSCG0000004008	WDR27	WD repeat domain 27 [Source:HGNC Symbol;Acc:21248]
ENSSSCG0000004012	THBS2	thrombospondin 2 [Source:HGNC Symbol;Acc:11786]
ENSSSCG0000005608	ANGPTL2	Sus scrofa angiopoietin-like 2 (ANGPTL2), mRNA. [Source:RefSeq mRNA;Acc:NM_001109946]
ENSSSCG0000005607	RALGPS1	Ral GEF with PH domain and SH3 binding motif 1 [Source:HGNC Symbol;Acc:16851]
ENSSSCG0000005679	ASB6	Sus scrofa ankyrin repeat and SOCS box containing 6 (ASB6), mRNA. [Source:RefSeq mRNA;Acc:NM_001099937]

ENSSSCG0 000005717	UCK1	uridine-cytidine kinase 1 [Source:HGNC Symbol;Acc:14859]
ENSSSCG0 000005719	RAPGEF1	Rap guanine nucleotide exchange factor (GEF) 1 [Source:HGNC Symbol;Acc:4568]
ENSSSCG0 0000029715	OLFM1	olfactomedin 1 [Source:HGNC Symbol;Acc:17187]
ENSSSCG0 0000012834	MUC5B	mucin 5B, oligomeric mucus/gel-forming [Source:HGNC Symbol;Acc:7516]
ENSSSCG0 0000012837	CHID1	chitinase domain containing 1 [Source:HGNC Symbol;Acc:28474]
ENSSSCG0 0000012838	TSPAN4	tetraspanin 4 [Source:HGNC Symbol;Acc:11859]
ENSSSCG0 0000029723	PHRF1	PHD and ring finger domains 1 [Source:HGNC Symbol;Acc:24351]
ENSSSCG0 0000012857	CARS	cysteinyl-tRNA synthetase [Source:HGNC Symbol;Acc:1493]
ENSSSCG0 0000012956	PACS1	phosphofurin acidic cluster sorting protein 1 [Source:HGNC Symbol;Acc:30032]
ENSSSCG0 0000013024	NRXN2	neurexin 2 [Source:HGNC Symbol;Acc:8009]
ENSSSCG0 0000013034	PLCB3	phospholipase C, beta 3 (phosphatidylinositol-specific) [Source:HGNC Symbol;Acc:9056]
ENSSSCG0 0000024545	CHRM1	Sus scrofa cholinergic receptor, muscarinic 1 (CHRM1), mRNA. [Source:RefSeq mRNA;Acc:NM_214034]
ENSSSCG0 0000013474	S1PR4	sphingosine-1-phosphate receptor 4 [Source:HGNC Symbol;Acc:3170]
ENSSSCG0 0000022289	PCDH1	protocadherin 1 [Source:HGNC Symbol;Acc:8655]
ENSSSCG0 0000014427	FBXO38	F-box protein 38 [Source:HGNC Symbol;Acc:28844]
ENSSSCG0 0000007541	PDGFA	platelet-derived growth factor alpha polypeptide [Source:HGNC Symbol;Acc:8799]
ENSSSCG0 0000007580	WIPI2	Sus scrofa WD repeat domain, phosphoinositide interacting 2 (WIPI2), mRNA. [Source:RefSeq mRNA;Acc:NM_001190295]
ENSSSCG0 0000024245	AIMP2	aminoacyl tRNA synthetase complex-interacting multifunctional protein 2 [Source:HGNC Symbol;Acc:20609]
ENSSSCG0 0000007602	BALAP2L1	BAL1-associated protein 2-like 1 [Source:HGNC Symbol;Acc:21649]
ENSSSCG0 0000023304	SRRM2	serine/arginine repetitive matrix 2 [Source:HGNC Symbol;Acc:16639]

ENSSSCG0 000008026	CRAMP1L	Crm, cramped-like (Drosophila) [Source:HGNC Symbol;Acc:14122]
ENSSSCG0 000008040	TSC2	tuberous sclerosis 2 [Source:HGNC Symbol;Acc:12363]
ENSSSCG0 000008041	PKD1	polycystic kidney disease 1 (autosomal dominant) [Source:HGNC Symbol;Acc:9008]
ENSSSCG0 0000026367	IFT172	intraflagellar transport 172 homolog (Chlamydomonas) [Source:HGNC Symbol;Acc:30391]
ENSSSCG0 0000024665	TRAPPC12	trafficking protein particle complex 12 [Source:HGNC Symbol;Acc:24284]
ENSSSCG0 000005907	ADCK5	aarF domain containing kinase 5 [Source:HGNC Symbol;Acc:21738]
ENSSSCG0 000005930	SLC45A4	solute carrier family 45, member 4 [Source:HGNC Symbol;Acc:29196]
ENSSSCG0 000005934	TRAPPC9	trafficking protein particle complex 9 [Source:HGNC Symbol;Acc:30832]
ENSSSCG0 0000021586	ZHX2	zinc fingers and homeoboxes 2 [Source:HGNC Symbol;Acc:18513]
ENSSSCG0 000006758	SYT6	synaptotagmin VI [Source:HGNC Symbol;Acc:18638]
ENSSSCG0 000000955	TBC1D22A	TBC1 domain family, member 22A [Source:HGNC Symbol;Acc:1309]
ENSSSCG0 0000000036	PACSIN2	protein kinase C and casein kinase substrate in neurons 2 [Source:HGNC Symbol;Acc:8571]
ENSSSCG0 0000000075	MKL1	megakaryoblastic leukemia (translocation) 1 [Source:HGNC Symbol;Acc:14334]
ENSSSCG0 0000000545	KLHL42	kelch-like family member 42 [Source:HGNC Symbol;Acc:29252]
ENSSSCG0 0000000614	GRIN2B	glutamate receptor, ionotropic, N-methyl D-aspartate 2B [Source:HGNC Symbol;Acc:4586]
ENSSSCG0 0000000906	TMCC3	transmembrane and coiled-coil domain family 3 [Source:HGNC Symbol;Acc:29199]
ENSSSCG0 0000002637	DBNDD1	dysbindin (dystrobrevin binding protein 1) domain containing 1 [Source:HGNC Symbol;Acc:28455]
ENSSSCG0 0000020924	MC1R	Sus scrofa melanocortin 1 receptor (alpha melanocyte stimulating hormone receptor) (MC1R), mRNA. [Source:RefSeq mRNA;Acc:NM_001008690]
ENSSSCG0 0000023677	CHMP1A	charged multivesicular body protein 1A [Source:HGNC Symbol;Acc:8740]
ENSSSCG0 0000003128	LIG1	ligase I, DNA, ATP-dependent [Source:HGNC Symbol;Acc:6598]

ENSSSCG0 0000030857	LENG8	Uncharacterized protein [Source:UniProtKB/TrEMBL;Acc:K7GMJ1]
ENSSSCG0 0000003350	MIB2	mindbomb E3 ubiquitin protein ligase 2 [Source:HGNC Symbol;Acc:30577]
ENSSSCG0 0000003350	MIB2	mindbomb E3 ubiquitin protein ligase 2 [Source:HGNC Symbol;Acc:30577]
ENSSSCG0 0000028706	MORN1	MORN repeat containing 1 [Source:HGNC Symbol;Acc:25852]
ENSSSCG0 0000021232	SYNC	syncoilin, intermediate filament protein [Source:HGNC Symbol;Acc:28897]
ENSSSCG0 0000003897	MOB3C	MOB kinase activator 3C [Source:HGNC Symbol;Acc:29800]
ENSSSCG0 0000003973	CTPS1	CTP synthase 1 [Source:HGNC Symbol;Acc:2519]
ENSSSCG0 0000000994	GMDS	GDP-mannose 4,6-dehydratase [Source:HGNC Symbol;Acc:4369]
ENSSSCG0 0000026323	FAM50B	family with sequence similarity 50, member B [Source:HGNC Symbol;Acc:18789]
ENSSSCG0 0000001025	DSP	desmoplakin [Source:HGNC Symbol;Acc:3052]
ENSSSCG0 0000001513	SYNGAP1	synaptic Ras GTPase activating protein 1 [Source:HGNC Symbol;Acc:11497]
ENSSSCG0 0000001750	PAQR8	Sus scrofa progestin and adipoQ receptor family member VIII (PAQR8), mRNA. [Source:RefSeq mRNA;Acc:NM_213740]
ENSSSCG0 0000030999	MYH6	myosin, heavy chain 6, cardiac muscle, alpha [Source:HGNC Symbol;Acc:7576]
ENSSSCG0 0000002029	MYH7	Sus scrofa myosin, heavy chain 7, cardiac muscle, beta (MYH7), mRNA. [Source:RefSeq mRNA;Acc:NM_213855]
ENSSSCG0 0000002440	CCDC88C	coiled-coil domain containing 88C [Source:HGNC Symbol;Acc:19967]
ENSSSCG0 0000002619	PAQR8	Membrane progestin receptor beta [Source:UniProtKB/Swiss-Prot;Acc:Q865K9]
ENSSSCG0 0000021289	GAK	cyclin G associated kinase [Source:HGNC Symbol;Acc:4113]
ENSSSCG0 0000008675	LETM1	leucine zipper-EF-hand containing transmembrane protein 1 [Source:HGNC Symbol;Acc:6556]
ENSSSCG0 0000008682	WHSC1	Wolf-Hirschhorn syndrome candidate 1 [Source:HGNC Symbol;Acc:12766]
ENSSSCG0 0000008684	POLN	polymerase (DNA directed) nu [Source:HGNC Symbol;Acc:18870]

ENSSSCG0 0000008681	NELFA	negative elongation factor complex member A [Source:HGNC Symbol;Acc:12768]
ENSSSCG0 0000029745	FAM193A	family with sequence similarity 193, member A [Source:HGNC Symbol;Acc:16822]
ENSSSCG0 0000008721	ABLIM2	actin binding LIM protein family, member 2 [Source:HGNC Symbol;Acc:19195]
ENSSSCG0 0000014575	SCUBE2	signal peptide, CUB domain, EGF-like 2 [Source:HGNC Symbol;Acc:30425]
ENSSSCG0 0000014568	ST5	suppression of tumorigenicity 5 [Source:HGNC Symbol;Acc:11350]
ENSSSCG0 0000014628	APBB1	amyloid beta (A4) precursor protein-binding, family B, member 1 (Fe65) [Source:HGNC Symbol;Acc:581]
ENSSSCG0 0000014802	NUMA1	nuclear mitotic apparatus protein 1 [Source:HGNC Symbol;Acc:8059]
ENSSSCG0 0000014811	INPPL1	inositol polyphosphate phosphatase-like 1 [Source:HGNC Symbol;Acc:6080]
ENSSSCG0 0000028201	CWF19L2	CWF19-like 2, cell cycle control (S. pombe) [Source:HGNC Symbol;Acc:26508]
ENSSSCG0 0000015239	BARX2	BARX homeobox 2 [Source:HGNC Symbol;Acc:956]
ENSSSCG0 0000026412	PLXNA2	plexin A2 [Source:HGNC Symbol;Acc:9100]
ENSSSCG0 0000010912	KIF14	kinesin family member 14 [Source:HGNC Symbol;Acc:19181]
ENSSSCG0 0000027314	CAMSAP2	calmodulin regulated spectrin-associated protein family, member 2 [Source:HGNC Symbol;Acc:29188]
ENSSSCG0 0000011160	ADARB2	adenosine deaminase, RNA-specific, B2 (non-functional) [Source:HGNC Symbol;Acc:227]
ENSSSCG0 0000029602		Sus scrofa WD repeat domain 37 (WDR37), mRNA. [Source:RefSeq mRNA;Acc:NM_001244454]
ENSSSCG0 0000009268	GULDH	Sus scrofa CRY protein (CRY), mRNA. [Source:RefSeq mRNA;Acc:NM_213881]
ENSSSCG0 0000024667	MICU2	mitochondrial calcium uptake 2 [Source:HGNC Symbol;Acc:31830]
ENSSSCG0 0000021818	ENOX1	ecto-NOX disulfide-thiol exchanger 1 [Source:HGNC Symbol;Acc:25474]
ENSSSCG0 0000017142	BAIAP2	BAI1-associated protein 2 [Source:HGNC Symbol;Acc:947]
ENSSSCG0 0000017140	CHMP6	charged multivesicular body protein 6 [Source:HGNC Symbol;Acc:25675]

ENSSSCG0 0000017146	RNF213	ring finger protein 213 [Source:HGNC Symbol;Acc:14539]
ENSSSCG0 0000017205	SAP30BP	SAP30 binding protein [Source:HGNC Symbol;Acc:30785]
ENSSSCG0 0000026646	RFFL	ring finger and FYVE-like domain containing E3 ubiquitin protein ligase [Source:HGNC Symbol;Acc:24821]
ENSSSCG0 0000011241	DCLK3	doublecortin-like kinase 3 [Source:HGNC Symbol;Acc:19005]
ENSSSCG0 0000030016	PDE9A	phosphodiesterase 9A [Source:HGNC Symbol;Acc:8795]
ENSSSCG0 0000021991	NDUFV3	NADH dehydrogenase (ubiquinone) flavoprotein 3, 10kDa [Source:HGNC Symbol;Acc:7719]
ENSSSCG0 0000021698	RRP1B	ribosomal RNA processing 1B [Source:HGNC Symbol;Acc:23818]
ENSSSCG0 0000027165	UBE2G2	ubiquitin-conjugating enzyme E2G 2 [Source:HGNC Symbol;Acc:12483]
ENSSSCG0 0000028571	FAM207A	family with sequence similarity 207, member A [Source:HGNC Symbol;Acc:15811]
ENSSSCG0 0000010140	RTN4R	reticulon 4 receptor [Source:HGNC Symbol;Acc:18601]
ENSSSCG0 0000010564	POLL	polymerase (DNA directed), lambda [Source:HGNC Symbol;Acc:9184]
ENSSSCG0 0000010756	MGMT	O-6-methylguanine-DNA methyltransferase [Source:HGNC Symbol;Acc:7059]
ENSSSCG0 0000010757	EBF3	early B-cell factor 3 [Source:HGNC Symbol;Acc:19087]
ENSSSCG0 0000010759	GLRX3	glutaredoxin 3 [Source:HGNC Symbol;Acc:15987]
ENSSSCG0 0000007478	ATP9A	<i>Sus scrofa</i> ATPase, class II, type 9A (ATP9A), mRNA. [Source:RefSeq mRNA;Acc:NM_001114672]
ENSSSCG0 0000007513	RAB22A	<i>Sus scrofa</i> RAB22A, member RAS oncogene family (RAB22A), mRNA. [Source:RefSeq mRNA;Acc:NM_001123174]
ENSSSCG0 0000007516	STX16	<i>Sus scrofa</i> syntaxin 16 (STX16), mRNA. [Source:RefSeq mRNA;Acc:NM_001123199]
ENSSSCG0 0000007517	NPEPL1	<i>Sus scrofa</i> aminopeptidase-like 1 (NPEPL1), mRNA. [Source:RefSeq mRNA;Acc:NM_001123148]
ENSSSCG0 0000024694	TAF4	TAF4 RNA polymerase II, TATA box binding protein (TBP)-associated factor, 135kDa [Source:HGNC Symbol;Acc:11537]
ENSSSCG0 0000016409	UBE3C	ubiquitin protein ligase E3C [Source:HGNC Symbol;Acc:16803]

ENSSSCG0 0000016578	FLNC	filamin C, gamma [Source:HGNC Symbol;Acc:3756]
ENSSSCG0 0000012741	MAMLD1	mastermind-like domain containing 1 [Source:HGNC Symbol;Acc:2568]
ENSSSCG0 0000012832	MXRA5	matrix-remodelling associated 5 [Source:HGNC Symbol;Acc:7539]

☿ 103. Gene list of NDG(nearest downstream gene) and TSS(nearest transcription starting site) analysis.

Intestine_NDG(FDR<0.05)

Ensembl Gene ID	Gene Description
ENSSSCG0 0000004287	DEAD (Asp-Glu-Ala-Asp) box polypeptide 43 [Source:HGNC Symbol;Acc:18677]
ENSSSCG0 0000012950	Ras and Rab interactor 1 [Source:HGNC Symbol;Acc:18749]
ENSSSCG0 0000008631	PQ loop repeat containing 3 [Source:HGNC Symbol;Acc:28503]
ENSSSCG0 0000024423	Sus scrofa thyroid peroxidase (TPO), mRNA. [Source:RefSeq mRNA;Acc:NM_001184752]
ENSSSCG0 0000006125	Sus scrofa calbindin 1, 28kDa (CALB1), mRNA. [Source:RefSeq mRNA;Acc:NM_001130226]
ENSSSCG0 0000028765	U6 spliceosomal RNA [Source:RFAM;Acc:RF00026]
ENSSSCG0 0000003256	protein kinase C, gamma [Source:HGNC Symbol;Acc:9402]
ENSSSCG0 0000001026	small nuclear ribonucleoprotein 48kDa (U11/U12) [Source:HGNC Symbol;Acc:21368]
ENSSSCG0 0000002527	ankyrin repeat domain 9 [Source:HGNC Symbol;Acc:20096]
ENSSSCG0 0000002629	F-box protein 9 [Source:HGNC Symbol;Acc:13588]
ENSSSCG0 0000015024	chromosome 11 open reading frame 1 [Source:HGNC Symbol;Acc:1163]
ENSSSCG0 0000022021	probable ATP-dependent RNA helicase DDX4 [Source:RefSeq peptide;Acc:NP_001001910]
ENSSSCG0 0000007348	solute carrier family 32 (GABA vesicular transporter), member 1 [Source:HGNC Symbol;Acc:11018]
ENSSSCG0 0000024958	G protein-coupled receptor 173 [Source:HGNC Symbol;Acc:18186]

ENSSSCG0 0000022372	Sus scrofa solute carrier family 6 (amino acid transporter), member 14 (SLC6A14), mRNA. [Source:RefSeq mRNA;Acc:NM_001166042]
ENSSSCG0 0000004285	Sus scrofa oocyte expressed protein homolog (dog) (OOEP), mRNA. [Source:RefSeq mRNA;Acc:NM_001198917]
ENSSSCG0 0000012942	neuronal PAS domain protein 4 [Source:HGNC Symbol;Acc:18983]
ENSSSCG0 0000013659	DNA (cytosine-5-)-methyltransferase 1 [Source:HGNC Symbol;Acc:2976]
ENSSSCG0 0000006122	N-terminal EF-hand calcium binding protein 1 [Source:HGNC Symbol;Acc:20983]
ENSSSCG0 0000006571	integrator complex subunit 3 [Source:HGNC Symbol;Acc:26153]
ENSSSCG0 0000000925	chromosome 12 open reading frame 29 [Source:HGNC Symbol;Acc:25322]
ENSSSCG0 0000021329	U6 spliceosomal RNA [Source:RFAM;Acc:RF00026]
ENSSSCG0 0000003973	CTP synthase 1 [Source:HGNC Symbol;Acc:2519]
ENSSSCG0 0000001022	signal sequence receptor, alpha [Source:HGNC Symbol;Acc:11323]
ENSSSCG0 0000002627	glutathione S-transferase alpha 4 [Source:HGNC Symbol;Acc:4629]
ENSSSCG0 0000019570	7SK RNA [Source:RFAM;Acc:RF00100]
ENSSSCG0 0000025133	Sus scrofa integrin, beta 2 (complement component 3 receptor 3 and 4 subunit) (ITGB2), mRNA. [Source:RefSeq mRNA;Acc:NM_213908]
ENSSSCG0 0000016907	DEAH (Asp-Glu-Ala-His) box polypeptide 29 [Source:HGNC Symbol;Acc:15815]
ENSSSCG0 0000027932	U6 spliceosomal RNA [Source:RFAM;Acc:RF00026]

Intestine_TSS(FDR<0.05)

Ensembl Gene ID	Gene Description
ENSSSCG0 0000016912	phosphatidic acid phosphatase type 2A [Source:HGNC Symbol;Acc:9228]
ENSSSCG0 0000000924	chromosome 12 open reading frame 50 [Source:HGNC Symbol;Acc:26665]

ENSSSCG0 0000003973	CTP synthase 1 [Source:HGNC Symbol;Acc:2519]
ENSSSCG0 0000021528	U6 spliceosomal RNA [Source:RFAM;Acc:RF00026]
ENSSSCG0 0000002523	CDC42 binding protein kinase beta (DMPK-like) [Source:HGNC Symbol;Acc:1738]
ENSSSCG0 0000019556	7SK RNA [Source:RFAM;Acc:RF00100]
ENSSSCG0 0000023796	interleukin 18 binding protein [Source:HGNC Symbol;Acc:5987]
ENSSSCG0 0000004287	DEAD (Asp-Glu-Ala-Asp) box polypeptide 43 [Source:HGNC Symbol;Acc:18677]
ENSSSCG0 0000012939	breast cancer metastasis suppressor 1 [Source:HGNC Symbol;Acc:17262]
ENSSSCG0 0000026161	E2F transcription factor 6 [Source:HGNC Symbol;Acc:3120]
ENSSSCG0 0000024423	Sus scrofa thyroid peroxidase (TPO), mRNA. [Source:RefSeq mRNA;Acc:NM_001184752]
ENSSSCG0 0000006122	N-terminal EF-hand calcium binding protein 1 [Source:HGNC Symbol;Acc:20983]
ENSSSCG0 0000028765	U6 spliceosomal RNA [Source:RFAM;Acc:RF00026]
ENSSSCG0 0000024958	G protein-coupled receptor 173 [Source:HGNC Symbol;Acc:18186]
ENSSSCG0 0000012600	angiotensin II receptor, type 2 [Source:HGNC Symbol;Acc:338]

Liver_NGD(FDR<0.05)

Ensembl Gene ID	Gene Description
ENSSSCG0 0000018052	5',3'-nucleotidase, mitochondrial [Source:HGNC Symbol;Acc:15769]
ENSSSCG0 0000020149	5.8S ribosomal RNA [Source:RFAM;Acc:RF00002]
ENSSSCG0 0000020166	5S ribosomal RNA [Source:RFAM;Acc:RF00001]

ENSSSCG0 0000020261	5S ribosomal RNA [Source:RFAM;Acc:RF00001]
ENSSSCG0 0000011133	6-phosphofructo-2-kinase/fructose-2,6-biphosphatase 3 [Source:HGNC Symbol;Acc:8874]
ENSSSCG0 0000030670	7SK RNA [Source:RFAM;Acc:RF00100]
ENSSSCG0 0000019570	7SK RNA [Source:RFAM;Acc:RF00100]
ENSSSCG0 0000014574	A kinase (PRKA) interacting protein 1 [Source:HGNC Symbol;Acc:1170]
ENSSSCG0 0000014430	actin binding LIM protein family, member 3 [Source:HGNC Symbol;Acc:29132]
ENSSSCG0 0000003357	actin-related protein T2 [Source:HGNC Symbol;Acc:24026]
ENSSSCG0 0000000612	activating transcription factor 7 interacting protein [Source:HGNC Symbol;Acc:20092]
ENSSSCG0 0000012836	adaptor-related protein complex 2, alpha 2 subunit [Source:HGNC Symbol;Acc:562]
ENSSSCG0 0000000037	ADP-ribosylation factor GTPase activating protein 3 [Source:HGNC Symbol;Acc:661]
ENSSSCG0 0000008650	allantoicase [Source:HGNC Symbol;Acc:17377]
ENSSSCG0 0000004001	alpha-1-B glycoprotein [Source:HGNC Symbol;Acc:5]
ENSSSCG0 0000024245	aminoacyl tRNA synthetase complex-interacting multifunctional protein 2 [Source:HGNC Symbol;Acc:20609]
ENSSSCG0 0000014628	amyloid beta (A4) precursor protein-binding, family B, member 1 (Fe65) [Source:HGNC Symbol;Acc:581]
ENSSSCG0 0000022410	ankyrin repeat domain 11 [Source:HGNC Symbol;Acc:21316]
ENSSSCG0 0000007593	ankyrin repeat domain 61 [Source:HGNC Symbol;Acc:22467]
ENSSSCG0 0000014391	ArfGAP with RhoGAP domain, ankyrin repeat and PH domain 3 [Source:HGNC Symbol;Acc:24097]
ENSSSCG0 0000016577	ATPase, H ⁺ transporting, lysosomal 14kDa, V1 subunit F [Source:HGNC Symbol;Acc:16832]
ENSSSCG0 0000002822	autocrine motility factor receptor, E3 ubiquitin protein ligase [Source:HGNC Symbol;Acc:463]
ENSSSCG0 0000016373	BCL2-related ovarian killer [Source:HGNC Symbol;Acc:1087]
ENSSSCG0 0000020678	BTG3 associated nuclear protein [Source:HGNC Symbol;Acc:13450]

ENSSSCG0 0000003126	calcium binding protein 5 [Source:HGNC Symbol;Acc:13714]
ENSSSCG0 0000007567	carbohydrate (chondroitin 4) sulfotransferase 12 [Source:HGNC Symbol;Acc:17423]
ENSSSCG0 0000014435	Casein kinase I isoform alpha [Source:UniProtKB/Swiss-Prot;Acc:O19175]
ENSSSCG0 0000015622	CD34 molecule [Source:HGNC Symbol;Acc:1662]
ENSSSCG0 0000017722	chemokine (C-C motif) ligand 11 [Source:HGNC Symbol;Acc:10610]
ENSSSCG0 0000001751	cholinergic receptor, nicotinic, alpha 5 (neuronal) [Source:HGNC Symbol;Acc:1959]
ENSSSCG0 0000003129	chromosome 19 open reading frame 68 [Source:HGNC Symbol;Acc:34495]
ENSSSCG0 0000030125	Sus scrofa 15 kDa selenoprotein (SEP15), mRNA. [Source:RefSeq mRNA;Acc:NM_001085443]
ENSSSCG0 0000008686	chromosome 4 open reading frame 48 [Source:HGNC Symbol;Acc:34437]
ENSSSCG0 0000001001	chromosome 6 open reading frame 201 [Source:HGNC Symbol;Acc:21620]
ENSSSCG0 0000009545	collagen, type IV, alpha 2 [Source:HGNC Symbol;Acc:2203]
ENSSSCG0 0000025629	collectin sub-family member 11 [Source:HGNC Symbol;Acc:17213]
ENSSSCG0 0000029481	complexin 1 [Source:HGNC Symbol;Acc:2309]
ENSSSCG0 0000001512	cutA divalent cation tolerance homolog (E. coli) [Source:HGNC Symbol;Acc:21101]
ENSSSCG0 0000026326	cyclin F [Source:HGNC Symbol;Acc:1591]
ENSSSCG0 0000025401	cyclin-dependent kinase 10 [Source:HGNC Symbol;Acc:1770]
ENSSSCG0 0000020976	cysteine and glycine-rich protein 1 [Source:HGNC Symbol;Acc:2469]
ENSSSCG0 0000020976	cysteine and glycine-rich protein 1 [Source:HGNC Symbol;Acc:2469]
ENSSSCG0 0000024444	DEAD (Asp-Glu-Ala-Asp) box polypeptide 59 [Source:HGNC Symbol;Acc:25360]
ENSSSCG0 0000010565	deleted in primary ciliary dyskinesia homolog (mouse) [Source:HGNC Symbol;Acc:24542]
ENSSSCG0 0000012851	dopamine receptor D4 [Source:HGNC Symbol;Acc:3025]

ENSSSCG0 0000005852	ectonucleoside triphosphate diphosphohydrolase 8 [Source:HGNC Symbol;Acc:24860]
ENSSSCG0 0000002620	EF-hand domain (C-terminal) containing 1 [Source:HGNC Symbol;Acc:16406]
ENSSSCG0 0000002026	embryonal Fyn-associated substrate [Source:HGNC Symbol;Acc:16898]
ENSSSCG0 0000000081	ENTH domain containing 1 [Source:HGNC Symbol;Acc:26352]
ENSSSCG0 0000029808	eukaryotic translation initiation factor 2B, subunit 3 gamma, 58kDa [Source:HGNC Symbol;Acc:3259]
ENSSSCG0 0000010865	exonuclease 1 [Source:HGNC Symbol;Acc:3511]
ENSSSCG0 0000005925	exosome component 4 [Source:HGNC Symbol;Acc:18189]
ENSSSCG0 0000030485	extracellular leucine-rich repeat and fibronectin type III domain containing 1 [Source:HGNC Symbol;Acc:33154]
ENSSSCG0 0000014632	family with sequence similarity 160, member A2 [Source:HGNC Symbol;Acc:25378]
ENSSSCG0 0000029745	family with sequence similarity 193, member A [Source:HGNC Symbol;Acc:16822]
ENSSSCG0 0000028571	family with sequence similarity 207, member A [Source:HGNC Symbol;Acc:15811]
ENSSSCG0 0000009428	family with sequence similarity 216, member B [Source:HGNC Symbol;Acc:26883]
ENSSSCG0 0000002718	fatty acid 2-hydroxylase [Source:HGNC Symbol;Acc:21197]
ENSSSCG0 0000005909	F-box and leucine-rich repeat protein 6 [Source:HGNC Symbol;Acc:13603]
ENSSSCG0 0000030827	fibroblast growth factor receptor 3 [Source:HGNC Symbol;Acc:3690]
ENSSSCG0 0000022630	FLYWCH family member 2 [Source:HGNC Symbol;Acc:25178]
ENSSSCG0 0000007576	forkhead box K1 [Source:HGNC Symbol;Acc:23480]
ENSSSCG0 0000003198	fuzzy planar cell polarity protein [Source:HGNC Symbol;Acc:26219]
ENSSSCG0 0000013032	G protein-coupled receptor 137 [Source:HGNC Symbol;Acc:24300]
ENSSSCG0 0000002439	G protein-coupled receptor 68 [Source:HGNC Symbol;Acc:4519]
ENSSSCG0 0000009562	G protein-coupled receptor kinase 1 [Source:HGNC Symbol;Acc:10013]

ENSSSCG0 0000028015	galactose-3-O-sulfotransferase 3 [Source:HGNC Symbol;Acc:24144]
ENSSSCG0 0000000994	GDP-mannose 4,6-dehydratase [Source:HGNC Symbol;Acc:4369]
ENSSSCG0 0000028672	glucokinase (hexokinase 4) regulator [Source:HGNC Symbol;Acc:4196]
ENSSSCG0 0000010759	glutaredoxin 3 [Source:HGNC Symbol;Acc:15987]
ENSSSCG0 0000011243	golgin A4 [Source:HGNC Symbol;Acc:4427]
ENSSSCG0 0000023433	guanine nucleotide binding protein (G protein) alpha 12 [Source:HGNC Symbol;Acc:4380]
ENSSSCG0 0000022164	heat shock transcription factor 2 binding protein [Source:HGNC Symbol;Acc:5226]
ENSSSCG0 0000022164	heat shock transcription factor 2 binding protein [Source:HGNC Symbol;Acc:5226]
ENSSSCG0 0000010765	inositol polyphosphate-5-phosphatase, 40kDa [Source:HGNC Symbol;Acc:6076]
ENSSSCG0 0000014434	interleukin 17B [Source:HGNC Symbol;Acc:5982]
ENSSSCG0 0000025308	interleukin 17D [Source:HGNC Symbol;Acc:5984]
ENSSSCG0 0000008020	intraflagellar transport 140 homolog (Chlamydomonas) [Source:HGNC Symbol;Acc:29077]
ENSSSCG0 0000017112	iroquois homeobox 4 [Source:HGNC Symbol;Acc:6129]
ENSSSCG0 0000013888	Janus kinase 3 [Source:HGNC Symbol;Acc:6193]
ENSSSCG0 0000002652	kelch domain containing 4 [Source:HGNC Symbol;Acc:25272]
ENSSSCG0 0000002652	kelch domain containing 4 [Source:HGNC Symbol;Acc:25272]
ENSSSCG0 0000014396	KIAA0141 [Source:HGNC Symbol;Acc:28969]
ENSSSCG0 0000030369	KIAA1522 [Source:HGNC Symbol;Acc:29301]
ENSSSCG0 0000010770	kinase non-catalytic C-lobe domain (KIND) containing 1 [Source:HGNC Symbol;Acc:29374]
ENSSSCG0 0000012955	kinesin light chain 2 [Source:HGNC Symbol;Acc:20716]
ENSSSCG0 0000011162	La ribonucleoprotein domain family, member 4B [Source:HGNC Symbol;Acc:28987]

ENSSSCG0 0000002712	lactate dehydrogenase D [Source:HGNC Symbol;Acc:19708]
ENSSSCG0 0000007599	lemur tyrosine kinase 2 [Source:HGNC Symbol;Acc:17880]
ENSSSCG0 0000010764	leucine rich repeat containing 27 [Source:HGNC Symbol;Acc:29346]
ENSSSCG0 0000008675	leucine zipper-EF-hand containing transmembrane protein 1 [Source:HGNC Symbol;Acc:6556]
ENSSSCG0 0000008675	leucine zipper-EF-hand containing transmembrane protein 1 [Source:HGNC Symbol;Acc:6556]
ENSSSCG0 0000003549	low density lipoprotein receptor adaptor protein 1 [Source:HGNC Symbol;Acc:18640]
ENSSSCG0 0000017170	mannosyl (alpha-1,6-)-glycoprotein beta-1,6-N-acetyl-glucosaminyltransferase, isozyme B [Source:HGNC Symbol;Acc:24140]
ENSSSCG0 0000000546	MANSC domain containing 4 [Source:HGNC Symbol;Acc:40023]
ENSSSCG0 0000012741	mastermind-like domain containing 1 [Source:HGNC Symbol;Acc:2568]
ENSSSCG0 0000003351	matrix metallopeptidase 23B [Source:HGNC Symbol;Acc:7171]
ENSSSCG0 0000025488	minichromosome maintenance complex component 3 [Source:HGNC Symbol;Acc:6945]
ENSSSCG0 0000007578	monocyte to macrophage differentiation-associated 2 [Source:HGNC Symbol;Acc:30133]
ENSSSCG0 0000028706	MORN repeat containing 1 [Source:HGNC Symbol;Acc:25852]
ENSSSCG0 0000016410	motor neuron and pancreas homeobox 1 [Source:HGNC Symbol;Acc:4979]
ENSSSCG0 0000012835	mucin 6, oligomeric mucus/gel-forming [Source:HGNC Symbol;Acc:7517]
ENSSSCG0 0000007680	myosin, light chain 10, regulatory [Source:HGNC Symbol;Acc:29825]
ENSSSCG0 0000018023	Sus scrofa COX10 homolog, cytochrome c oxidase assembly protein, heme A: farnesyltransferase (yeast) (COX10), nuclear gene encoding mitochondrial protein, mRNA. [Source:RefSeq mRNA;Acc:NM_001244626]
ENSSSCG0 0000012742	myotubularin 1 [Source:HGNC Symbol;Acc:7448]
ENSSSCG0 0000008683	N-acetyltransferase 8-like (GCN5-related, putative) [Source:HGNC Symbol;Acc:26742]

ENSSSCG0 0000017114	NADH dehydrogenase (ubiquinone) Fe-S protein 6, 13kDa (NADH-coenzyme Q reductase) [Source:HGNC Symbol;Acc:7713]
ENSSSCG0 0000007603	neuronal pentraxin II [Source:HGNC Symbol;Acc:7953]
ENSSSCG0 0000013475	nicalin [Source:HGNC Symbol;Acc:26923]
ENSSSCG0 0000008039	nth endonuclease III-like 1 (E. coli) [Source:HGNC Symbol;Acc:8028]
ENSSSCG0 0000014570	nuclear receptor interacting protein 3 [Source:HGNC Symbol;Acc:1167]
ENSSSCG0 0000014794	nucleoporin 98kDa [Source:HGNC Symbol;Acc:8068]
ENSSSCG0 0000028720	nucleoredoxin [Source:HGNC Symbol;Acc:18008]
ENSSSCG0 0000012856	nucleosome assembly protein 1-like 4 [Source:HGNC Symbol;Acc:7640]
ENSSSCG0 0000006936	outer dense fiber of sperm tails 2-like [Source:HGNC Symbol;Acc:29225]
ENSSSCG0 0000005680	paired related homeobox 2 [Source:HGNC Symbol;Acc:21338]
ENSSSCG0 0000014437	peroxisome proliferator-activated receptor gamma, coactivator 1 beta [Source:HGNC Symbol;Acc:30022]
ENSSSCG0 0000014438	phosphodiesterase 6A, cGMP-specific, rod, alpha [Source:HGNC Symbol;Acc:8785]
ENSSSCG0 0000023949	pim-3 oncogene [Source:HGNC Symbol;Acc:19310]
ENSSSCG0 0000000907	plexin C1 [Source:HGNC Symbol;Acc:9106]
ENSSSCG0 0000007590	PMS2 postmeiotic segregation increased 2 (S. cerevisiae) [Source:HGNC Symbol;Acc:9122]
ENSSSCG0 0000023041	poly(rC) binding protein 3 [Source:HGNC Symbol;Acc:8651]
ENSSSCG0 0000002747	polyamine modulated factor 1 binding protein 1 [Source:HGNC Symbol;Acc:17728]
ENSSSCG0 0000026662	PR domain containing 7 [Source:HGNC Symbol;Acc:9351]
ENSSSCG0 0000027777	proline rich Gla (G-carboxyglutamic acid) 1 [Source:HGNC Symbol;Acc:9469]
ENSSSCG0 0000003196	prostate tumor overexpressed 1 [Source:HGNC Symbol;Acc:9632]
ENSSSCG0 0000022744	protease, serine, 21 (testisin) [Source:HGNC Symbol;Acc:9485]

ENSSSCG0 0000030630	proteasome (prosome, macropain) subunit, alpha type, 7 [Source:HGNC Symbol;Acc:9536]
ENSSSCG0 0000006927	protein kinase N2 [Source:HGNC Symbol;Acc:9406]
ENSSSCG0 0000005761	protein phosphatase 1, regulatory subunit 26 [Source:HGNC Symbol;Acc:29089]
ENSSSCG0 0000012884	protein phosphatase 6, regulatory subunit 3 [Source:HGNC Symbol;Acc:1173]
ENSSSCG0 0000027135	protein phosphatase, Mg ²⁺ /Mn ²⁺ dependent, 1G [Source:HGNC Symbol;Acc:9278]
ENSSSCG0 0000025582	PX domain containing 1 [Source:HGNC Symbol;Acc:21361]
ENSSSCG0 0000005841	RAB, member RAS oncogene family-like 6 [Source:HGNC Symbol;Acc:24703]
ENSSSCG0 0000029426	ras homolog family member G [Source:HGNC Symbol;Acc:672]
ENSSSCG0 0000023978	RecQ protein-like 5 [Source:HGNC Symbol;Acc:9950]
ENSSSCG0 0000029414	Sus scrofa ficolin (collagen/fibrinogen domain containing) 1 (FCN1), mRNA. [Source:RefSeq mRNA;Acc:NM_214160]
ENSSSCG0 0000008698	regulator of G-protein signaling 12 [Source:HGNC Symbol;Acc:9994]
ENSSSCG0 0000025624	regulatory associated protein of MTOR, complex 1 [Source:HGNC Symbol;Acc:30287]
ENSSSCG0 0000025624	regulatory associated protein of MTOR, complex 1 [Source:HGNC Symbol;Acc:30287]
ENSSSCG0 0000015238	Rho GTPase activating protein 32 [Source:HGNC Symbol;Acc:17399]
ENSSSCG0 0000000998	ribonuclease P/MRP 40kDa subunit [Source:HGNC Symbol;Acc:20992]
ENSSSCG0 0000024974	ribosomal protein L13 [Source:HGNC Symbol;Acc:10303]
ENSSSCG0 0000024974	ribosomal protein L13 [Source:HGNC Symbol;Acc:10303]
ENSSSCG0 0000004002	ribosomal protein S5 [Source:HGNC Symbol;Acc:10426]
ENSSSCG0 0000027353	ribosomal protein S7 [Source:HGNC Symbol;Acc:10440]
ENSSSCG0 0000009281	sarcoglycan, gamma (35kDa dystrophin-associated glycoprotein) [Source:HGNC Symbol;Acc:10809]
ENSSSCG0 0000009281	sarcoglycan, gamma (35kDa dystrophin-associated glycoprotein) [Source:HGNC Symbol;Acc:10809]

ENSSSCG0 0000030206	serine/threonine kinase 33 [Source:HGNC Symbol;Acc:14568]
ENSSSCG0 0000030206	serine/threonine kinase 33 [Source:HGNC Symbol;Acc:14568]
ENSSSCG0 0000014444	Transporter [Source:UniProtKB/TrEMBL;Acc:F1RL73]
ENSSSCG0 0000022004	SH3-domain binding protein 2 [Source:HGNC Symbol;Acc:10825]
ENSSSCG0 0000001022	signal sequence receptor, alpha [Source:HGNC Symbol;Acc:11323]
ENSSSCG0 0000020173	Small Cajal body specific RNA 23 [Source:RFAM;Acc:RF00427]
ENSSSCG0 0000001026	small nuclear ribonucleoprotein 48kDa (U11/U12) [Source:HGNC Symbol;Acc:21368]
ENSSSCG0 0000019614	Small nucleolar RNA SNORA72 [Source:RFAM;Acc:RF00139]
ENSSSCG0 0000020406	Small nucleolar RNA SNORD112 [Source:RFAM;Acc:RF01169]
ENSSSCG0 0000020006	Small nucleolar RNA U13 [Source:RFAM;Acc:RF01210]
ENSSSCG0 0000021251	solute carrier family 12 (potassium/chloride transporter), member 7 [Source:HGNC Symbol;Acc:10915]
ENSSSCG0 0000020831	solute carrier family 22 (organic anion/urate transporter), member 11 [Source:HGNC Symbol;Acc:18120]
ENSSSCG0 0000012855	solute carrier family 22, member 18 [Source:HGNC Symbol;Acc:10964]
ENSSSCG0 0000002450	solute carrier family 24 (sodium/potassium/calcium exchanger), member 4 [Source:HGNC Symbol;Acc:10978]
ENSSSCG0 0000027768	solute carrier family 29 (equilibrative nucleoside transporter), member 4 [Source:HGNC Symbol;Acc:23097]
ENSSSCG0 0000018046	solute carrier family 47 (multidrug and toxin extrusion), member 1 [Source:HGNC Symbol;Acc:25588]
ENSSSCG0 0000013890	solute carrier family 5 (sodium/iodide cotransporter), member 5 [Source:HGNC Symbol;Acc:11040]
ENSSSCG0 0000016416	sonic hedgehog [Source:HGNC Symbol;Acc:10848]
ENSSSCG0 0000019165	ssc-mir-143 [Source:miRBase;Acc:MI0013098]
ENSSSCG0 0000018753	ssc-mir-205 [Source:miRBase;Acc:MI0002440]
ENSSSCG0 0000019083	ssc-mir-210 [Source:miRBase;Acc:MI0008220]

ENSSSCG0 0000018124	ssc-mir-493 [Source:miRBase;Acc:MI0022152]
ENSSSCG0 0000019061	ssc-mir-95 [Source:miRBase;Acc:MI0002436]
ENSSSCG0 0000003348	SSU72 RNA polymerase II CTD phosphatase homolog (S. cerevisiae) [Source:HGNC Symbol;Acc:25016]
ENSSSCG0 0000007517	Sus scrofa aminopeptidase-like 1 (NPEPL1), mRNA. [Source:RefSeq mRNA;Acc:NM_001123148]
ENSSSCG0 0000007520	Sus scrofa GNAS complex locus (GNAS), transcript variant 4, mRNA. [Source:RefSeq mRNA;Acc:NM_001130215]
ENSSSCG0 0000003970	Sus scrofa guanylate cyclase activator 2B (uroguanylin) (GUCA2B), mRNA. [Source:RefSeq mRNA;Acc:NM_001160275]
ENSSSCG0 0000008019	Sus scrofa hematological and neurological expressed 1-like (HN1L), mRNA. [Source:RefSeq mRNA;Acc:NM_001048070]
ENSSSCG0 0000008701	Sus scrofa low density lipoprotein receptor-related protein associated protein 1 (LRPAP1), mRNA. [Source:RefSeq mRNA;Acc:NM_001113436]
ENSSSCG0 0000003898	Sus scrofa MAP kinase interacting serine/threonine kinase 1 (MKNK1), mRNA. [Source:RefSeq mRNA;Acc:NM_001143719]
ENSSSCG0 0000002029	Sus scrofa myosin, heavy chain 7, cardiac muscle, beta (MYH7), mRNA. [Source:RefSeq mRNA;Acc:NM_213855]
ENSSSCG0 0000000006	Sus scrofa peroxisome proliferator-activated receptor alpha (PPARA), mRNA. [Source:RefSeq mRNA;Acc:NM_001044526]
ENSSSCG0 0000022372	Sus scrofa solute carrier family 6 (amino acid transporter), member 14 (SLC6A14), mRNA. [Source:RefSeq mRNA;Acc:NM_001166042]
ENSSSCG0 0000013035	Sus scrofa ubiquitous PKC-potentiated PPI inhibitor (PHI-1), mRNA. [Source:RefSeq mRNA;Acc:NM_214115]
ENSSSCG0 0000007514	Sus scrofa VAMP (vesicle-associated membrane protein)-associated protein B and C (VAPB), mRNA. [Source:RefSeq mRNA;Acc:NM_001123213]
ENSSSCG0 0000016381	sushi, nidogen and EGF-like domains 1 [Source:HGNC Symbol;Acc:24696]
ENSSSCG0 0000006750	synaptonemal complex protein 1 [Source:HGNC Symbol;Acc:11487]
ENSSSCG0 0000000948	synaptotagmin I [Source:HGNC Symbol;Acc:11509]
ENSSSCG0 0000008601	syndecan 1 [Source:HGNC Symbol;Acc:10658]
ENSSSCG0 0000007601	tectonin beta-propeller repeat containing 1 [Source:HGNC Symbol;Acc:22214]
ENSSSCG0 0000024763	testis expressed 29 [Source:HGNC Symbol;Acc:20370]

ENSSSCG0 0000024911	Metallothionein [Source:UniProtKB/TrEMBL;Acc:I3LP58]
ENSSSCG0 0000005934	trafficking protein particle complex 9 [Source:HGNC Symbol;Acc:30832]
ENSSSCG0 0000010760	transcription elongation regulator 1-like [Source:HGNC Symbol;Acc:23533]
ENSSSCG0 0000002636	transcription factor 25 (basic helix-loop-helix) [Source:HGNC Symbol;Acc:29181]
ENSSSCG0 0000028995	transducin-like enhancer of split 2 (E(sp1) homolog, Drosophila) [Source:HGNC Symbol;Acc:11838]
ENSSSCG0 0000007915	transmembrane protein 114 [Source:HGNC Symbol;Acc:33227]
ENSSSCG0 0000009553	tubulin, gamma complex associated protein 3 [Source:HGNC Symbol;Acc:18598]
ENSSSCG0 0000020301	U6 spliceosomal RNA [Source:RFAM;Acc:RF00026]
ENSSSCG0 0000000900	vezatin, adherens junctions transmembrane protein [Source:HGNC Symbol;Acc:18258]
ENSSSCG0 0000001010	Werner helicase interacting protein 1 [Source:HGNC Symbol;Acc:20876]
ENSSSCG0 0000001010	Werner helicase interacting protein 1 [Source:HGNC Symbol;Acc:20876]
ENSSSCG0 0000027365	wingless-type MMTV integration site family, member 7B [Source:HGNC Symbol;Acc:12787]
ENSSSCG0 0000008682	Wolf-Hirschhorn syndrome candidate 1 [Source:HGNC Symbol;Acc:12766]
ENSSSCG0 0000027774	ZFP28 zinc finger protein [Source:HGNC Symbol;Acc:17801]
ENSSSCG0 0000029799	zinc finger and BTB domain containing 8 opposite strand [Source:HGNC Symbol;Acc:24094]
ENSSSCG0 0000001515	zinc finger and BTB domain containing 9 [Source:HGNC Symbol;Acc:28323]
ENSSSCG0 0000029641	zinc finger and SCAN domain containing 10 [Source:HGNC Symbol;Acc:12997]
ENSSSCG0 0000010866	Sus scrofa saccharopine dehydrogenase (putative) (SCCPDH), mRNA. [Source:RefSeq mRNA;Acc:NM_001244389]
ENSSSCG0 0000010911	zinc finger protein 281 [Source:HGNC Symbol;Acc:13075]
ENSSSCG0 0000023019	zinc finger, SWIM-type containing 5 [Source:HGNC Symbol;Acc:29299]
ENSSSCG0 0000015627	zona pellucida binding protein [Source:HGNC Symbol;Acc:15662]

ENSSSCG0 0000029922	Nucleolar GTP-binding protein 1 [Source:UniProtKB/TrEMBL;Acc:I3LJ02]
ENSSSCG0 0000026744	zinc finger, DHHC-type containing 20 [Source:HGNC Symbol;Acc:20749]
ENSSSCG0 0000009278	Sus scrofa fibroblast growth factor 9 (glia-activating factor) (FGF9), mRNA. [Source:RefSeq mRNA;Acc:NM_213801]
ENSSSCG0 0000009425	laccase (multicopper oxidoreductase) domain containing 1 [Source:HGNC Symbol;Acc:26789]
ENSSSCG0 0000009540	ligase IV, DNA, ATP-dependent [Source:HGNC Symbol;Acc:6601]
ENSSSCG0 0000026536	DCN1, defective in cullin neddylation 1, domain containing 2 [Source:HGNC Symbol;Acc:20328]
ENSSSCG0 0000017142	BAI1-associated protein 2 [Source:HGNC Symbol;Acc:947]
ENSSSCG0 0000017146	ring finger protein 213 [Source:HGNC Symbol;Acc:14539]
ENSSSCG0 0000017169	SEC14-like 1 (<i>S. cerevisiae</i>) [Source:HGNC Symbol;Acc:10698]
ENSSSCG0 0000017204	integrin, beta 4 [Source:HGNC Symbol;Acc:6158]
ENSSSCG0 0000017569	chondroadherin [Source:HGNC Symbol;Acc:1909]
ENSSSCG0 0000021617	fibronectin type III domain containing 8 [Source:HGNC Symbol;Acc:25286]
ENSSSCG0 0000017802	basic helix-loop-helix family, member a9 [Source:HGNC Symbol;Acc:35126]
ENSSSCG0 0000022844	U6 spliceosomal RNA [Source:RFAM;Acc:RF00026]
ENSSSCG0 0000023864	U6 spliceosomal RNA [Source:RFAM;Acc:RF00026]
ENSSSCG0 0000018014	zinc finger protein 18 [Source:HGNC Symbol;Acc:12969]
ENSSSCG0 0000018047	family with sequence similarity 83, member G [Source:HGNC Symbol;Acc:32554]
ENSSSCG0 0000030247	EPM2A (laforin) interacting protein 1 [Source:HGNC Symbol;Acc:19735]
ENSSSCG0 0000024302	growth associated protein 43 [Source:HGNC Symbol;Acc:4140]
ENSSSCG0 0000012063	Down syndrome critical region gene 3 [Source:HGNC Symbol;Acc:3044]
ENSSSCG0 0000012087	solute carrier family 37 (glucose-6-phosphate transporter), member 1 [Source:HGNC Symbol;Acc:11024]

ENSSSCG0 0000023078	WD repeat domain 4 [Source:HGNC Symbol;Acc:12756]
ENSSSCG0 0000021991	NADH dehydrogenase (ubiquinone) flavoprotein 3, 10kDa [Source:HGNC Symbol;Acc:7719]
ENSSSCG0 0000028812	Z6 small nucleolar RNA [Source:RFAM;Acc:RF00285]
ENSSSCG0 0000025133	Sus scrofa integrin, beta 2 (complement component 3 receptor 3 and 4 subunit) (ITGB2), mRNA. [Source:RefSeq mRNA;Acc:NM_213908]
ENSSSCG0 0000025133	Sus scrofa integrin, beta 2 (complement component 3 receptor 3 and 4 subunit) (ITGB2), mRNA. [Source:RefSeq mRNA;Acc:NM_213908]
ENSSSCG0 0000030696	solute carrier family 19 (folate transporter), member 1 [Source:HGNC Symbol;Acc:10937]
ENSSSCG0 0000022693	Sus scrofa ladybird homeobox 1 (LBX1), mRNA. [Source:RefSeq mRNA;Acc:NM_001206336]
ENSSSCG0 0000026302	marker of proliferation Ki-67 [Source:HGNC Symbol;Acc:7107]
ENSSSCG0 0000010757	early B-cell factor 3 [Source:HGNC Symbol;Acc:19087]
ENSSSCG0 0000010761	serine/threonine kinase 32C [Source:HGNC Symbol;Acc:21332]
ENSSSCG0 0000010776	calcyon neuron-specific vesicular protein [Source:HGNC Symbol;Acc:17938]
ENSSSCG0 0000010779	synaptonemal complex central element protein 1 [Source:HGNC Symbol;Acc:28852]
ENSSSCG0 0000010792	proline-rich acidic protein 1 [Source:HGNC Symbol;Acc:23304]
ENSSSCG0 0000016368	FERM, RhoGEF and pleckstrin domain protein 2 [Source:HGNC Symbol;Acc:16460]
ENSSSCG0 0000016374	THAP domain containing 4 [Source:HGNC Symbol;Acc:23187]
ENSSSCG0 0000017110	cyclin-dependent kinase 7 [Source:HGNC Symbol;Acc:1778]
ENSSSCG0 0000017110	cyclin-dependent kinase 7 [Source:HGNC Symbol;Acc:1778]
ENSSSCG0 0000017120	solute carrier family 6 (neutral amino acid transporter), member 19 [Source:HGNC Symbol;Acc:27960]
ENSSSCG0 0000007477	Sus scrofa nuclear factor of activated T-cells, cytoplasmic, calcineurin-dependent 2 (NFATC2), mRNA. [Source:RefSeq mRNA;Acc:NM_001113452]
ENSSSCG0 0000007515	adenomatosis polyposis coli down-regulated 1-like [Source:HGNC Symbol;Acc:26892]

ENSSSCG0 0000007515	adenomatosis polyposis coli down-regulated 1-like [Source:HGNC Symbol;Acc:26892]
ENSSSCG0 0000028268	U6 spliceosomal RNA [Source:RFAM;Acc:RF00026]
ENSSSCG0 0000018790	ssc-mir-133a-1 [Source:miRBase;Acc:MI0010681]
ENSSSCG0 0000019004	ssc-mir-1 [Source:miRBase;Acc:MI0010682]
ENSSSCG0 0000016408	DnaJ (Hsp40) homolog, subfamily B, member 6 [Source:HGNC Symbol;Acc:14888]
ENSSSCG0 0000016411	nucleolar protein with MIF4G domain 1 [Source:HGNC Symbol;Acc:13244]
ENSSSCG0 0000027561	chromosome X open reading frame 30 [Source:HGNC Symbol;Acc:27298]
ENSSSCG0 0000030421	GDP dissociation inhibitor 1 [Source:HGNC Symbol;Acc:4226]

Liver_TSS(FDR<0.05)

Ensembl Gene ID	Gene Description
ENSSSCG0 0000010865	exonuclease 1 [Source:HGNC Symbol;Acc:3511]
ENSSSCG0 0000010912	kinesin family member 14 [Source:HGNC Symbol;Acc:19181]
ENSSSCG0 0000027314	calmodulin regulated spectrin-associated protein family, member 2 [Source:HGNC Symbol;Acc:29188]
ENSSSCG0 0000011133	6-phosphofructo-2-kinase/fructose-2,6-biphosphatase 3 [Source:HGNC Symbol;Acc:8874]
ENSSSCG0 0000020060	U6 spliceosomal RNA [Source:RFAM;Acc:RF00026]
ENSSSCG0 0000011160	adenosine deaminase, RNA-specific, B2 (non-functional) [Source:HGNC Symbol;Acc:227]
ENSSSCG0 0000029602	Sus scrofa WD repeat domain 37 (WDR37), mRNA. [Source:RefSeq mRNA;Acc:NM_001244454]
ENSSSCG0 0000009268	Sus scrofa CRY protein (CRY), mRNA. [Source:RefSeq mRNA;Acc:NM_213881]
ENSSSCG0 0000026744	zinc finger, DHHC-type containing 20 [Source:HGNC Symbol;Acc:20749]

ENSSSCG0 0000009278	Sus scrofa fibroblast growth factor 9 (glia-activating factor) (FGF9), mRNA. [Source:RefSeq mRNA;Acc:NM_213801]
ENSSSCG0 0000021818	ecto-NOX disulfide-thiol exchanger 1 [Source:HGNC Symbol;Acc:25474]
ENSSSCG0 0000009544	collagen, type IV, alpha 1 [Source:HGNC Symbol;Acc:2202]
ENSSSCG0 0000009561	Sus scrofa ATPase, H ⁺ /K ⁺ exchanging, beta polypeptide (ATP4B), mRNA. [Source:RefSeq mRNA;Acc:NM_001001258]
ENSSSCG0 0000030670	7SK RNA [Source:RFAM;Acc:RF00100]
ENSSSCG0 0000024675	ssc-mir-338 [Source:miRBase;Acc:MI0014773]
ENSSSCG0 0000017140	charged multivesicular body protein 6 [Source:HGNC Symbol;Acc:25675]
ENSSSCG0 0000025624	regulatory associated protein of MTOR, complex 1 [Source:HGNC Symbol;Acc:30287]
ENSSSCG0 0000017146	ring finger protein 213 [Source:HGNC Symbol;Acc:14539]
ENSSSCG0 0000017146	ring finger protein 213 [Source:HGNC Symbol;Acc:14539]
ENSSSCG0 0000020578	Small Cajal body specific RNA 16 [Source:RFAM;Acc:RF00424]
ENSSSCG0 0000017204	integrin, beta 4 [Source:HGNC Symbol;Acc:6158]
ENSSSCG0 0000020101	U6 spliceosomal RNA [Source:RFAM;Acc:RF00026]
ENSSSCG0 0000022844	U6 spliceosomal RNA [Source:RFAM;Acc:RF00026]
ENSSSCG0 0000028465	elaC ribonuclease Z 2 [Source:HGNC Symbol;Acc:14198]
ENSSSCG0 0000018047	family with sequence similarity 83, member G [Source:HGNC Symbol;Acc:32554]
ENSSSCG0 0000011241	doublecortin-like kinase 3 [Source:HGNC Symbol;Acc:19005]
ENSSSCG0 0000021991	NADH dehydrogenase (ubiquinone) flavoprotein 3, 10kDa [Source:HGNC Symbol;Acc:7719]
ENSSSCG0 0000021698	ribosomal RNA processing 1B [Source:HGNC Symbol;Acc:23818]
ENSSSCG0 0000028812	Z6 small nucleolar RNA [Source:RFAM;Acc:RF00285]
ENSSSCG0 0000027165	ubiquitin-conjugating enzyme E2G 2 [Source:HGNC Symbol;Acc:12483]

ENSSSCG0 0000028571	family with sequence similarity 207, member A [Source:HGNC Symbol;Acc:15811]
ENSSSCG0 0000030696	solute carrier family 19 (folate transporter), member 1 [Source:HGNC Symbol;Acc:10937]
ENSSSCG0 0000016349	NADH dehydrogenase (ubiquinone) 1 alpha subcomplex, 10, 42kDa [Source:HGNC Symbol;Acc:7684]
ENSSSCG0 0000016381	sushi, nidogen and EGF-like domains 1 [Source:HGNC Symbol;Acc:24696]
ENSSSCG0 0000010140	reticulon 4 receptor [Source:HGNC Symbol;Acc:18601]
ENSSSCG0 0000010564	polymerase (DNA directed), lambda [Source:HGNC Symbol;Acc:9184]
ENSSSCG0 0000010756	O-6-methylguanine-DNA methyltransferase [Source:HGNC Symbol;Acc:7059]
ENSSSCG0 0000010757	early B-cell factor 3 [Source:HGNC Symbol;Acc:19087]
ENSSSCG0 0000010759	glutaredoxin 3 [Source:HGNC Symbol;Acc:15987]
ENSSSCG0 0000010792	proline-rich acidic protein 1 [Source:HGNC Symbol;Acc:23304]
ENSSSCG0 0000007478	Sus scrofa ATPase, class II, type 9A (ATP9A), mRNA. [Source:RefSeq mRNA;Acc:NM_001114672]
ENSSSCG0 0000007513	Sus scrofa RAB22A, member RAS oncogene family (RAB22A), mRNA. [Source:RefSeq mRNA;Acc:NM_001123174]
ENSSSCG0 0000007516	Sus scrofa syntaxin 16 (STX16), mRNA. [Source:RefSeq mRNA;Acc:NM_001123199]
ENSSSCG0 0000007517	Sus scrofa aminopeptidase-like 1 (NPEPL1), mRNA. [Source:RefSeq mRNA;Acc:NM_001123148]
ENSSSCG0 0000024694	TAF4 RNA polymerase II, TATA box binding protein (TBP)-associated factor, 135kDa [Source:HGNC Symbol;Acc:11537]
ENSSSCG0 0000018790	ssc-mir-133a-1 [Source:miRBase;Acc:MI0010681]
ENSSSCG0 0000019004	ssc-mir-1 [Source:miRBase;Acc:MI0010682]
ENSSSCG0 0000017110	cyclin-dependent kinase 7 [Source:HGNC Symbol;Acc:1778]
ENSSSCG0 0000017112	iroquois homeobox 4 [Source:HGNC Symbol;Acc:6129]
ENSSSCG0 0000030301	mitochondrial ribosomal protein L36 [Source:HGNC Symbol;Acc:14490]
ENSSSCG0 0000017120	solute carrier family 6 (neutral amino acid transporter), member 19 [Source:HGNC Symbol;Acc:27960]

ENSSSCG0 0000016577	ATPase, H ⁺ transporting, lysosomal 14kDa, V1 subunit F [Source:HGNC Symbol;Acc:16832]
ENSSSCG0 0000025318	U6 spliceosomal RNA [Source:RFAM;Acc:RF00026]
ENSSSCG0 0000000037	ADP-ribosylation factor GTPase activating protein 3 [Source:HGNC Symbol;Acc:661]
ENSSSCG0 0000000075	megakaryoblastic leukemia (translocation) 1 [Source:HGNC Symbol;Acc:14334]
ENSSSCG0 0000000545	kelch-like family member 42 [Source:HGNC Symbol;Acc:29252]
ENSSSCG0 0000000614	glutamate receptor, ionotropic, N-methyl D-aspartate 2B [Source:HGNC Symbol;Acc:4586]
ENSSSCG0 0000000906	transmembrane and coiled-coil domain family 3 [Source:HGNC Symbol;Acc:29199]
ENSSSCG0 0000023949	pim-3 oncogene [Source:HGNC Symbol;Acc:19310]
ENSSSCG0 0000020924	Sus scrofa melanocortin 1 receptor (alpha melanocyte stimulating hormone receptor) (MC1R), mRNA. [Source:RefSeq mRNA;Acc:NM_001008690]
ENSSSCG0 0000023677	charged multivesicular body protein 1A [Source:HGNC Symbol;Acc:8740]
ENSSSCG0 0000022410	ankyrin repeat domain 11 [Source:HGNC Symbol;Acc:21316]
ENSSSCG0 0000020149	5.8S ribosomal RNA [Source:RFAM;Acc:RF00002]
ENSSSCG0 0000024490	U6 spliceosomal RNA [Source:RFAM;Acc:RF00026]
ENSSSCG0 0000020678	BTG3 associated nuclear protein [Source:HGNC Symbol;Acc:13450]
ENSSSCG0 0000002718	fatty acid 2-hydroxylase [Source:HGNC Symbol;Acc:21197]
ENSSSCG0 0000025417	Bardet-Biedl syndrome 2 [Source:HGNC Symbol;Acc:967]
ENSSSCG0 0000003196	prostate tumor overexpressed 1 [Source:HGNC Symbol;Acc:9632]
ENSSSCG0 0000027774	ZFP28 zinc finger protein [Source:HGNC Symbol;Acc:17801]
ENSSSCG0 0000004001	alpha-1-B glycoprotein [Source:HGNC Symbol;Acc:5]
ENSSSCG0 0000003350	mindbomb E3 ubiquitin protein ligase 2 [Source:HGNC Symbol;Acc:30577]
ENSSSCG0 0000028706	MORN repeat containing 1 [Source:HGNC Symbol;Acc:25852]

ENSSSCG0 0000022314	chloride intracellular channel 4 [Source:HGNC Symbol;Acc:13518]
ENSSSCG0 0000021232	syncoilin, intermediate filament protein [Source:HGNC Symbol;Acc:28897]
ENSSSCG0 0000003897	MOB kinase activator 3C [Source:HGNC Symbol;Acc:29800]
ENSSSCG0 0000029808	eukaryotic translation initiation factor 2B, subunit 3 gamma, 58kDa [Source:HGNC Symbol;Acc:3259]
ENSSSCG0 0000003973	CTP synthase 1 [Source:HGNC Symbol;Acc:2519]
ENSSSCG0 0000000992	forkhead box F2 [Source:HGNC Symbol;Acc:3810]
ENSSSCG0 0000000994	GDP-mannose 4,6-dehydratase [Source:HGNC Symbol;Acc:4369]
ENSSSCG0 0000026323	family with sequence similarity 50, member B [Source:HGNC Symbol;Acc:18789]
ENSSSCG0 0000021528	U6 spliceosomal RNA [Source:RFAM;Acc:RF00026]
ENSSSCG0 0000001515	zinc finger and BTB domain containing 9 [Source:HGNC Symbol;Acc:28323]
ENSSSCG0 0000001750	Sus scrofa progesterin and adipoQ receptor family member VIII (PAQR8), mRNA. [Source:RefSeq mRNA;Acc:NM_213740]
ENSSSCG0 0000002029	Sus scrofa myosin, heavy chain 7, cardiac muscle, beta (MYH7), mRNA. [Source:RefSeq mRNA;Acc:NM_213855]
ENSSSCG0 0000002439	G protein-coupled receptor 68 [Source:HGNC Symbol;Acc:4519]
ENSSSCG0 0000002619	Membrane progesterin receptor beta [Source:UniProtKB/Swiss-Prot;Acc:Q865K9]
ENSSSCG0 0000021289	cyclin G associated kinase [Source:HGNC Symbol;Acc:4113]
ENSSSCG0 0000008675	leucine zipper-EF-hand containing transmembrane protein 1 [Source:HGNC Symbol;Acc:6556]
ENSSSCG0 0000008683	N-acetyltransferase 8-like (GCN5-related, putative) [Source:HGNC Symbol;Acc:26742]
ENSSSCG0 0000029745	family with sequence similarity 193, member A [Source:HGNC Symbol;Acc:16822]
ENSSSCG0 0000019061	ssc-mir-95 [Source:miRBase;Acc:MI0002436]
ENSSSCG0 0000014575	signal peptide, CUB domain, EGF-like 2 [Source:HGNC Symbol;Acc:30425]
ENSSSCG0 0000014568	suppression of tumorigenicity 5 [Source:HGNC Symbol;Acc:11350]

ENSSSCG0 0000014627	sphingomyelin phosphodiesterase 1, acid lysosomal [Source:HGNC Symbol;Acc:11120]
ENSSSCG0 0000014628	amyloid beta (A4) precursor protein-binding, family B, member 1 (Fe65) [Source:HGNC Symbol;Acc:581]
ENSSSCG0 0000014794	nucleoporin 98kDa [Source:HGNC Symbol;Acc:8068]
ENSSSCG0 0000023796	interleukin 18 binding protein [Source:HGNC Symbol;Acc:5987]
ENSSSCG0 0000014811	inositol polyphosphate phosphatase-like 1 [Source:HGNC Symbol;Acc:6080]
ENSSSCG0 0000014998	aminoadipate-semialdehyde dehydrogenase-phosphopantetheinyl transferase [Source:HGNC Symbol;Acc:14235]
ENSSSCG0 0000028201	CWF19-like 2, cell cycle control (S. pombe) [Source:HGNC Symbol;Acc:26508]
ENSSSCG0 0000015239	BARX homeobox 2 [Source:HGNC Symbol;Acc:956]
ENSSSCG0 0000015622	CD34 molecule [Source:HGNC Symbol;Acc:1662]
ENSSSCG0 0000004008	WD repeat domain 27 [Source:HGNC Symbol;Acc:21248]
ENSSSCG0 0000004012	thrombospondin 2 [Source:HGNC Symbol;Acc:11786]
ENSSSCG0 0000005608	Sus scrofa angiopoietin-like 2 (ANGPTL2), mRNA. [Source:RefSeq mRNA;Acc:NM_001109946]
ENSSSCG0 0000005679	Sus scrofa ankyrin repeat and SOCS box containing 6 (ASB6), mRNA. [Source:RefSeq mRNA;Acc:NM_001099937]
ENSSSCG0 0000005717	uridine-cytidine kinase 1 [Source:HGNC Symbol;Acc:14859]
ENSSSCG0 0000029715	olfactomedin 1 [Source:HGNC Symbol;Acc:17187]
ENSSSCG0 0000005841	RAB, member RAS oncogene family-like 6 [Source:HGNC Symbol;Acc:24703]
ENSSSCG0 0000012834	mucin 5B, oligomeric mucus/gel-forming [Source:HGNC Symbol;Acc:7516]
ENSSSCG0 0000012837	chitinase domain containing 1 [Source:HGNC Symbol;Acc:28474]
ENSSSCG0 0000012853	Sus scrofa interferon regulatory factor 7 (IRF7), mRNA. [Source:RefSeq mRNA;Acc:NM_001097428]
ENSSSCG0 0000012857	cysteinyI-tRNA synthetase [Source:HGNC Symbol;Acc:1493]
ENSSSCG0 0000012956	phosphofurin acidic cluster sorting protein 1 [Source:HGNC Symbol;Acc:30032]

ENSSSCG0 0000013024	neurexin 2 [Source:HGNC Symbol;Acc:8009]
ENSSSCG0 0000013034	phospholipase C, beta 3 (phosphatidylinositol-specific) [Source:HGNC Symbol;Acc:9056]
ENSSSCG0 0000024545	Sus scrofa cholinergic receptor, muscarinic 1 (CHRM1), mRNA. [Source:RefSeq mRNA;Acc:NM_214034]
ENSSSCG0 0000013890	solute carrier family 5 (sodium/iodide cotransporter), member 5 [Source:HGNC Symbol;Acc:11040]
ENSSSCG0 0000013474	sphingosine-1-phosphate receptor 4 [Source:HGNC Symbol;Acc:3170]
ENSSSCG0 0000022289	protocadherin 1 [Source:HGNC Symbol;Acc:8655]
ENSSSCG0 0000014427	F-box protein 38 [Source:HGNC Symbol;Acc:28844]
ENSSSCG0 0000014434	interleukin 17B [Source:HGNC Symbol;Acc:5982]
ENSSSCG0 0000018701	ssc-mir-378-1 [Source:miRBase;Acc:MI0013088]
ENSSSCG0 0000014437	peroxisome proliferator-activated receptor gamma, coactivator 1 beta [Source:HGNC Symbol;Acc:30022]
ENSSSCG0 0000014444	Transporter [Source:UniProtKB/TrEMBL;Acc:F1RL73]
ENSSSCG0 0000007541	platelet-derived growth factor alpha polypeptide [Source:HGNC Symbol;Acc:8799]
ENSSSCG0 0000007580	Sus scrofa WD repeat domain, phosphoinositide interacting 2 (WIPI2), mRNA. [Source:RefSeq mRNA;Acc:NM_001190295]
ENSSSCG0 0000024245	aminoacyl tRNA synthetase complex-interacting multifunctional protein 2 [Source:HGNC Symbol;Acc:20609]
ENSSSCG0 0000007602	BAl1-associated protein 2-like 1 [Source:HGNC Symbol;Acc:21649]
ENSSSCG0 0000008061	transcription elongation factor B (SIII), polypeptide 2 (18kDa, elongin B) [Source:HGNC Symbol;Acc:11619]
ENSSSCG0 0000022744	protease, serine, 21 (testisin) [Source:HGNC Symbol;Acc:9485]
ENSSSCG0 0000008026	Crm, cramped-like (Drosophila) [Source:HGNC Symbol;Acc:14122]
ENSSSCG0 0000030676	keratinocyte associated protein 3 [Source:HGNC Symbol;Acc:28943]
ENSSSCG0 0000008605	tetratricopeptide repeat domain 32 [Source:HGNC Symbol;Acc:32954]
ENSSSCG0 0000027353	ribosomal protein S7 [Source:HGNC Symbol;Acc:10440]

ENSSSCG0 0000025629	collectin sub-family member 11 [Source:HGNC Symbol;Acc:17213]
ENSSSCG0 0000006951	coiled-coil domain containing 166 [Source:HGNC Symbol;Acc:41910]
ENSSSCG0 0000005930	solute carrier family 45, member 4 [Source:HGNC Symbol;Acc:29196]
ENSSSCG0 0000005933	chromatin accessibility complex 1 [Source:HGNC Symbol;Acc:13544]
ENSSSCG0 0000005934	trafficking protein particle complex 9 [Source:HGNC Symbol;Acc:30832]
ENSSSCG0 0000005934	trafficking protein particle complex 9 [Source:HGNC Symbol;Acc:30832]
ENSSSCG0 0000021586	zinc fingers and homeoboxes 2 [Source:HGNC Symbol;Acc:18513]
ENSSSCG0 0000006758	synaptotagmin VI [Source:HGNC Symbol;Acc:18638]
ENSSSCG0 0000006927	protein kinase N2 [Source:HGNC Symbol;Acc:9406]
ENSSSCG0 0000006930	Sus scrofa SH3-domain GRB2-like endophilin B1 (SH3GLB1), mRNA. [Source:RefSeq mRNA;Acc:NM_001168421]
ENSSSCG0 0000012600	angiotensin II receptor, type 2 [Source:HGNC Symbol;Acc:338]
ENSSSCG0 0000012741	mastermind-like domain containing 1 [Source:HGNC Symbol;Acc:2568]
ENSSSCG0 0000012832	matrix-remodelling associated 5 [Source:HGNC Symbol;Acc:7539]

위와 같이 발굴된 유전자 중 Gene body에 Methylation이 일어난 유전자들이 어떤 기능을 하는지 알아보기 위해서 IPA(Ingenuity Pathway Analysis)를 수행하였다.

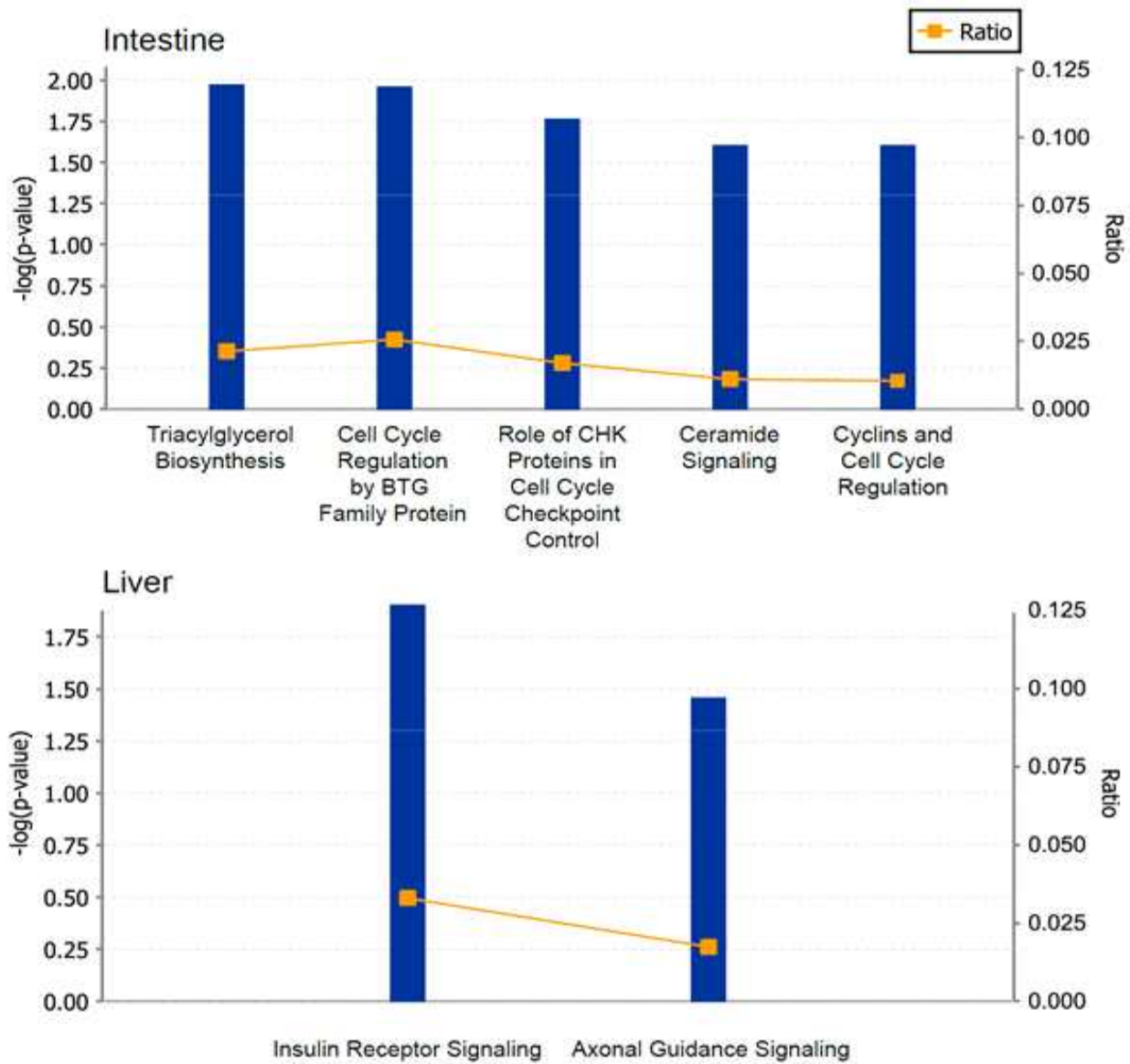


그림 23. Enriched canonical pathways of differentially methylated genes using IPA.

p-value : p-value of Fisher's exact test for enriched pathway,

ratio : proportion of genes in the pathway, gray line : cut off line for transformed p-value 0.05.

IPA을 통해 DMR과 관련이 있는 유전자들이 관여하는 기능을 살펴본 결과 소장에서는 트라이아실 글리세롤 생합성 및 기타 세포의 성장과 셀의 Cycle에 관여하였으며 이런 기능들에는 PPAP2A, E2F6 and S1Pr2과 같은 유전자가 관여하는 것으로 나타났다. 간에서는 인슐린

수용체 관련 Pathway와 Axonal Guidance Signaling Pathway가 활성화 되는 것으로 나타났고 RAPGEF1, TSC2, INPPL1, BAIAP2, PLXNA2, CHMP1A and RTN4R 유전자 등이 관여하는 것으로 나타났다. 추가적으로 유전자들 간의 기능적 Network를 파악하기 위해 Gene network 분석을 수행하였다.

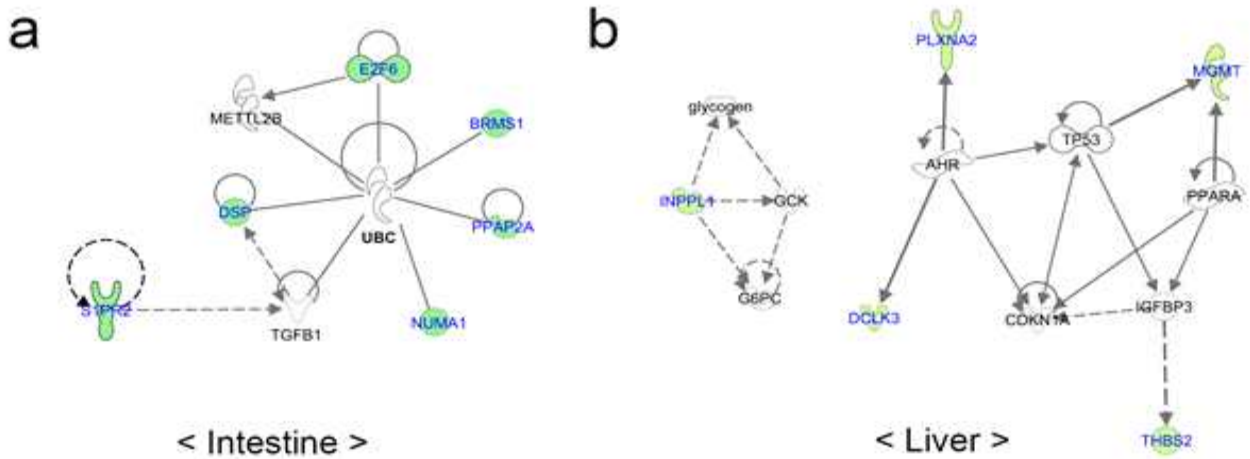


그림 24. Identified gene networks using differentially methylated genes.

Networks of potentially interacting proteins were placed into node. Nodes with green color indicate the identified differentially methylated genes in this study

소장의 경우 유비퀴틴 C를 중심으로 Pathway 분석에서 주요한 유전자로 나오는 유전자들이 복합적으로 작용하여 성장률의 차이를 나타내는 것으로 파악 되었으며 간에서는 상대적으로 주요 유전자들이 각각의 작용을 통해 성장률에 영향을 미치는 것으로 파악되었다

표 104. Differentially methylated genes list using MEDIPs and peak analyzer. (FDR < 0.05)

Organ	Ensembl Gene ID	Gene Symbol	Gene Description
Small Intestine	ENSSSCG00000012939	BRMS1-201	Breast cancer metastasis suppressor 1
	ENSSSCG00000013658	S1PR2-201	Sphingosine-1-phosphate receptor 2
	ENSSSCG00000026161	E2F6-201	E2F transcription factor 6
	ENSSSCG00000001025	DSP-201	Desmoplakin
	ENSSSCG00000014802	NUMA1-201	Nuclear mitotic apparatus protein 1
	ENSSSCG00000016912	PPAP2A-201	Phosphatidic acid phosphatase type 2A
Liver	ENSSSCG00000004012	THBS2-201	Thrombospondin 2
	ENSSSCG00000005719	RAPGEF1-201	Rap guanine nucleotide exchange factor (GEF) 1
	ENSSSCG00000007602	BAIAP2L1-201	BAI1-associated protein 2-like 1
	ENSSSCG00000008040	TSC2-201	Tuberous sclerosis 2
	ENSSSCG00000010140	RTN4R-201	Reticulon 4 receptor
	ENSSSCG00000010756	MGMT-201	O-6-methylguanine-DNA methyltransferase
	ENSSSCG00000011241	DCLK3-201	Doublecortin-like kinase 3
	ENSSSCG00000014811	INPPL1-201	Inositol polyphosphate phosphatase-like 1
	ENSSSCG00000023677	CHMP1A-201	Charged multivesicular body protein 1A
	ENSSSCG00000026412	PLXNA2-201	Plexin A2

표 104은 본 분석을 통해 파악된 후성유전체 조절에 따라 성장률의 차이에 주요한 영향을 미치는 것으로 유전자들의 리스트이다. 해당 유전자들의 기능 및 조절에 대한 추가적인 연구와 이해를 통해 자돈의 포유시기에 성장률을 끌어 올릴 수 있는 후속연구에 기반 지식을 제공 할 수 있을 것으로 생각된다.

3. 결론

본 연구는 연구의 목적인 자돈의 생산성과 관련된 후생학적 유전체 프로파일 개발을 위해 차세대염기서열 분석과 Methylation Enrichment sequencing 통해 최초로 포유 자돈의 생산성과 관련된 후성 유전체 Profile 확보 및 관련 유전자 기능 분석을 수행하였다. 이를 통해

자돈의 생산성에 영향을 미칠 것으로 파악되는 유전자들의 리스트들을 확보하였고 유전적 마커로서 활용될 수 있는 기반 지식을 확보하였다. 본 연구는 자돈의 성장률에 영향을 미치는 후성 유전적 조절기작인 Methylation의 연관 관계를 밝힌 최초의 연구로 본 연구결과를 바탕으로 앞으로 후속적인 연구를 통해 돼지의 생산성 향상을 꾀하고 양돈 경쟁력을 확보할 수 있는 기반 지식을 확보하는데 그 의의가 있다고 하겠다.

<제2 협동과제명 : 양돈 생산비 절감 및 IT기반 양돈 사양관리 시스템 개발>

연구 1. 이유 후 돈군이동 지연이 자돈의 성장 및 건강성에 미치는 영향

1. 서론 (Introduction)

현대의 양돈 시스템에서 자돈들은 이유하면서 이유자돈사로 옮겨지게 되는데, 그곳에서 자돈들은 새로운 환경에서 살아남으면서 성장하기 위하여 고품의 사료에 빠르게 적응해야한다. 일반적으로 모돈과 결별하는 것, 새로운 환경과 사회적 분위기에 대한 스트레스, 새로운 병원에 대한 노출 등 다양한 스트레스에 노출된다. 이렇게 사료로 오는 물리적 스트레스와 새로운 환경에 적응해야만 하는 사회적 스트레스가 한꺼번에 오면서 이유자돈은 식욕감소, 성장정체, 설사 등 엄청난 고통을 겪게 되고, 생산성에도 막대한 지장을 초래하게 된다 (Manner 와 Spieler, 1997; Kyrakis 등, 1999).

이유로 인한 생물학적 대사변화, 면역체계, 장 기능 등의 요소들은 짧게 그리고 길게 이유 일령에 상관없이 돼지의 성장과 건강에 영향을 미친다(Campbell 등, 2013). 이러한 부정적인 요소들을 최소화하기 위해 이유 스트레스를 줄이는 연구가 많이 수행되었다. 먼저 사회적 스트레스를 최소화하기 위해 돈방당 자돈 체중을 균일하게 유지시켜 동등한 기회를 주거나 수컷, 암컷만 따로 모아서 그룹화 하는 것이 공격적 행동을 줄여주는 것으로 나타났다(Colson 등, 2006). 영양적 스트레스 최소화를 위해서는 소장 발달이 이루어지고 소화효소가 사용되기 시작하는 분만 후 10일령에 고품사료를 섭취하는 것을 제한하는 것이 권고 되어졌다 (Souza 등, 2012). 또한 이유 후 돈군 이동으로 인한 환경적 스트레스가 동물의 이상행동, 동물 복지 측면에서 부정적으로 보는 견해가 나타나기 시작했으며(Friend 등, 1983; Rundgren, 1988). 결과적으로 돈군 이동으로 나타나는 공격적인 행동은 혈장에서의 cortisol 수치를 상승시키고 사료섭취량과 성장성적에 영향을 끼친다(Moore 등, 1994; Ruis 등, 2001; Otten 등, 2002). 물론 모돈과 떨어짐, 고품사료로 인한 성장정체를 막기는 힘들지만 일부 양돈농가의 현장에서 시행하고 있는 이유 후 돈군 이동 지연방법이 이유 스트레스를 최소화하여 농가의 수익성을 높일 수 있는지를 자돈의 성장성적, 혈액성상, 면역성상, 경제성분석을 통해 규명하고자 한다.

2. 실험 재료 및 방법 (Materials and Methods)

1) 실험 동물

평균 체중 6.77 ± 1.395 kg의 3원 교잡종 ([Yorkshire \times Landrace]) \times Duroc) 이유자돈 180두를 공시하여 총 5주 동안 사양실험을 수행하였다. 실험 동물들은 전체 3처리 6반복, 반복당 10마리로 사양하였다.

2) 실험설계 및 실험 사료

본 실험의 처리구는 다음과 같다.

D0 : 이유 직후 분만사에서 자돈사로 이동

D3 : 이유 후 3일차에 분만사에서 자돈사로 이동

D5 : 이유 후 5일차에 분만사에서 자돈사로 이동

실험 기간은 자돈 전기(0-2주), 자돈 후기(3-5주)로 사육단계를 분류하였고, 공시한 실험 동물들을 5주간 사양하였다. 실험사료는 대한사료에서 생산되는 자돈사료를 급여하였다.

3) 사양 실험

각 돈방에는 하나의 사료 급이기와 니플 급수기가 설치되어 전체 실험 기간 동안 물과 사료를 자유 채식 (*ad libitum*)하도록 하였다. 사양실험은 각각 자돈전기2주, 자돈후기 3주로 총 5주간 진행되었다. 체중 및 사료 섭취량은 사육 단계 및 사료 종류의 변동 시점을 고려하여, 이유시, 돈군이동 전후, 각 사육단계가 종료되는 시점에 측정하여 체중 (body weight; BW), 일당증체량 (average daily gain; ADG), 일일사료섭취량 (average daily feed intake; ADFI), 사료효율 (gain: feed ratio; G:F ratio)을 계산하였다.

4) 혈액 성상

혈액은 돈군이동 전, 후로도 채혈을 실시하였다. 실험 개시 이후에는 각 사육단계 종료시에 처리당 6두씩을 선발하여 경정맥에서 채취하였다. 채혈 후 4°C에서 3,000rpm으로 15분간 원심분리 하였다. 분리된 혈청은 micro tube에 옮겨서 분석 시까지 -20 °C에 보관하였다. BUN은 자동생화학 분석기 (Modular analytics, PE model)를 이용하여 분석하였고 cortisol은 자동생화학 분석기 (γ -counter, COBRA 5010 QUANTUM model)를 이용하였다.

5) 면역성상

면역글로불린을 조사하기 위해 이유 전후, 2주차, 5주차에 경정맥에서 혈액을 채취하였다. 채혈 후 4°C에서 3,000 rpm 으로 15분간 원심 분리하였다. 원심분리 후 혈청을 분리하여 분

석 전까지 냉동 보관하였다. 혈청 내 면역글로불린 정상 분석을 위해 IgG와 IgA를 ELISA 방법을 통해 분석이 진행되었으며, 분석 kit로 ELISA accessory starter kit (E101; Bethyl Laboratories Inc., USA)와 quantitation kit (E100; BETHYL)가 사용되었다. 혈청 내 면역글로불린 함량은 mg/g으로 표시하였다.

6) 설사빈도

설사빈도 측정은 시험 개시 후 매일 오전 8시에 사양 시험돈을 대상으로 측정하였으며, 각 돈방의 모든 자돈들을 대상으로 항문주위의 수양성 설사(watery diarrhea)흔적을 가진 개체수를 파악하였다. 설사빈도는 수양성 설사 흔적이 없는 돈방의 설사빈도를 0으로 측정하였으며, 모든 개체의 항문 주위가 수양성 설사 흔적을 보였을 때의 설사빈도를 5로 하여 전 시험 기간 동안 측정하였다.

7) 경제성 분석

경제성 분석은 대한사료에서 생산되는 자돈사료 가격을 기준으로 산출하였으며, 전 사양 기간 동안 이유자돈의 1kg 단위증체에 소요되는 사료비용은 본 시험의 사양성적에서 나온 사료 섭취량과 증체량을 기준으로 분석하였다.

8) 통계 분석

본 실험의 data는 SAS (SAS Inst., Inc., Cary, NC)의 Linear Quadratic, ANOVA를 이용하여 통계분석을 실시하였다. 성장성적의 경우에는 돈방을 experimental unit으로 설정하였으며, 혈액분석의 경우 각 개체를 unit으로 설정하였다. $P < 0.05$ 인 경우 유의차가 있는 것으로, $P < 0.01$ 인 경우 고도의 유의차가 있는 것으로 간주하였다. $0.05 \leq P < 0.10$ 일 경우 경향이 있는 것으로 고려하였다.

3. 실험 결과 및 고찰 (Results and Discussion)

1) 성장 성적

이유 후 돈군이동지연이 이유자돈의 성장성적에 미치는 영향을 표 105에 제시하였다. 사양 실험 결과, 성장성적에서 자돈기 전 기간동안 모든 처리구에서 Body Weight, ADG, ADFI, G:F ratio가 통계적인 유의차를 나타내지 않았다. 처리구별로 받을 수 있는 스트레스 요인으

로는 D0(이유 스트레스, 돈군이동 스트레스, 우유-사료 스트레스), D3(환경변화 스트레스, 돈군이동 스트레스, 우유-사료 스트레스), D5(환경변화 스트레스, 돈군이동 스트레스, 우유-사료 스트레스)를 들 수 있다. 본 실험 결과 D0과 D3, D5처리구간 성장성적이 차이가 나지 않는 것으로 사료된다.

Dividich and Seve (2000)에 의하면 이유자돈에 있어 이유시기는 사회적, 환경적 스트레스 뿐만아니라 자돈의 섭취패턴, 고형사료로 전환 등의 극심한 변화를 준다. 이러한 섭취변화는 고형사료의 소화, 사료섭취량 저하를 초래하고 중장기적으로 이유자돈의 성장, 에너지 대사, 내분비 조절대사에 영향을 미친다. 또한 이유후 자돈들의 사료섭취량은 이유초기에 감소하며 이는 일시적인 성장정체와 영양실조를 야기하고 이유스트레스와 사료의 적응은 장내 미생물 구성을 변화시켜 이유자돈의 대사에 영향을 미친다고 보고하였다.

본 시험결과 이유후 돈군이동지연이 이유자돈의 성장능력에 있어서 부정적인 영향을 미치지 않는 것으로 나타났으므로, 돈군 이동 지연 이유가 성적성적에 유의미한 영향을 주지는 못하였다.

표 105. 이유 후 돈군이동지연이 이유자돈의 성장성적에 미치는 영향

Criteria	Treatment ¹⁾			SEM ²⁾	P-value	
	D0	D3	D5		Linear	Quadratic
Body weight, kg						
Initial	6.78	6.74	6.79	0.180	-	-
2 week	9.36	9.34	9.08	0.234	0.64	0.94
5 week	15.65	16.11	15.64	0.631	0.80	0.98
ADG, g						
0-2 week	184	185	163	8.187	0.48	0.79
3-5 week	299	322	312	23.342	0.63	0.95
0-5 week	253	267	252	15.908	0.80	0.99
ADFI, g						
0-2 week	277	238	240	-	-	-
3-5 week	547	491	503	-	-	-
0-5 week	439	390	397	-	-	-
G:F ratio						
0-2 week	0.665	0.780	0.682	0.0340	0.73	0.34
3-5 week	0.547	0.656	0.621	0.0456	0.38	0.77
0-5 week	0.577	0.686	0.636	0.0397	0.43	0.65

¹⁾D0: Transition at weaning; D3: Transition at 3days after weaning; D5: Transition at 5days after weaning

²⁾Standard error of mean

2) 혈액 성분

이유 후 돈군이동 지연이 자돈의 혈액내 BUN(Blood Urea Nitrogen)과 cortisol 농도에 미치는 영향을 표 106에 제시하였다. 일반적으로 BUN은 아미노산의 이용에 대한 대표적인 지

표로 쓰이며(Eggum, 1970), BUN은 단백질 섭취와 그 품질에 직접적인 연관성을 가진다(Eggum, 1970; Hahn 등, 1995). 혈중 요소태 질소 함량의 증가는 혈중 잉여 아미노산의 증가를 의미하며, 그 함량이 낮을수록 체단백질 합성이 활발하다는 것을 의미한다. Campbell 등에 의하면 이유 스트레스로 인한 사료섭취량 감소, 소화장애는 자돈의 혈액내 BUN농도를 증가시키며 이유초기 설사의 원인이 된다고 보고하였다.

혈중 BUN 농도를 분석한 결과, 돈군이동 전, 후에서 통계적인 유의차를 보이지 않았다($P>0.05$). 이유 후 돈군이동 전에서 BUN 수치가 linear하게 감소하였는데($P=0.02$), 이는 자돈의 일령이 증가할수록 사료섭취량이 많아지고 영양소 소화도 증가하기 때문에 BUN 수치가 감소하는 것으로 사료된다(Callesen 등, 2007). 결론적으로, 본 실험결과에서는 이유 후 돈군이동 지연이 BUN에 있어 부정적인 영향을 끼치지 않는 것으로 사료된다.

혈중 cortisol 농도를 분석한 결과, 돈군을 이동한 처리구에서 통계적인 유의차가 나타났다($P=0.03$). 또한 이유 후 돈군이동 전, 후의 cortisol 농도 차이(cortisol changes)가 linear하게 증가하였고(Linear, $P<0.01$), D5처리구가 유의적으로 가장 큰 차이를 보였다($P<0.01$). cortisol은 동물의 심리적 스트레스를 측정하는 지표로 이용되며 고품사료를 섭취하는 이유 자돈에서 높게 나온다(Mason 등, 2003). 혈중 내 cortisol 농도가 증가한다는 것은 stress 상황에 노출되어 있는 것이며, stress 환경에서 벗어나면 다시 정상 범위에 들어온다(Rashkova, 2010).이유 후 돈군이동은 자돈들로 하여금 서열을 재확립하기 위한 공격행동을 야기하며(Blackshaw 등, 1987; McGlone 등, 1985; Arey and D.S., 1999) 이러한 지속적인 공격행동은 혈중 내 스트레스 호르몬, 심장 박동수, 부상, 사료 접근성, 공간 제한 등의 증가를 야기한다(Jeremy N 등, 2005). 또한 이유후 돈군이동으로 인한 스트레스가 타액과 혈장에서 의 cortisol 수치를 상승시킨다는 연구결과도 보고되었다.(Moore 등, 1994; Ruis 등, 2001; Otten 등, 2002). 따라서, 이유 후 돈군이동이 지연될수록 돈군이동시의 cortisol 농도가 높아지는 결과를 통해 스트레스를 더 많이 받는 것으로 사료되며, 이유시 돈군이동을 하는 것이 스트레스를 최소화할 수 있다.

표 106. 이유 후 돈군이동시지연이 이유자돈의 혈액성상에 미치는 영향

Criteria	Treatment ¹⁾			SEM ²⁾	P-value	
	D0	D3	D5		Linear	Quadratic
Blood urea nitrogen (mg/dL)						
Before	11.30 ^a	9.36 ^{ab}	6.51 ^b	0.914	0.02	0.77
After	12.35	7.85	9.68	1.207	0.32	0.18
Cortisol (µg/dL)						
Before	4.93	4.55	3.33	0.438	0.15	0.65
After	6.60 ^b	9.30 ^{ab}	12.90 ^a	1.054	0.01	0.81
Changes	1.65 ^B	4.72 ^B	9.52 ^A	1.149	<0.01	0.62

¹⁾D0: Transition at weaning; D3: Transition at 3days after weaning; D5: Transition at 5days after weaning

²⁾Standard error of mean

^{ab} Values with different superscripts in the same row are significantly ($P<0.05$).

^{AB} Values with different superscripts in the same row are significantly ($P<0.01$).

3) 설사빈도

이유 후 돈군이동지연이 이유자돈의 설사빈도에 미치는 영향을 표 107에 제시하였다. 실험 결과, 설사빈도에서 자돈기 전 기간동안 모든 처리구에서 통계적인 유의차를 보이지 않았다. 하지만 수치상으로 이유자돈 전기인 0-2주 동안에서의 설사빈도가 이유자돈 후기인 3-5주에 비해 높게 나타난 것을 볼 수가 있다. 3-5주차에 설사빈도가 감소하였으나, 이 시기에서의 자돈설사는 사료의 과다섭취로 인해 발생한 것으로 보여진다(Sorensen 등, 2009).

일반적으로, 자돈은 이유를 하면서 급격한 환경의 변화와 수송스트레스, 사료교체에 따른 영양 스트레스로 인하여 이유 초기에 설사가 많이 발생한다(Van der poel 등, 1989). 보통 3-4일의 잠복기를 가지며 이유 후 일주일내 설사 발생율이 높다(Sorensen 등, 2009). 스트레스로 인한 영양소 소화, 흡수장애와 대장으로 유입되는 수분의 양에 따라 설사를 유발하며 빠른 속도의 소화물 배출과 장내 염증으로 인한 영양소의 흡수저하로 이어져 위축과 탈수가 동반하게 된다(Hetty, 1998).

이유스트레스에 의한 낮은 성장률은 용모위축의 원인이되며 이는 영양소 소화, 흡수장애를 일으키며(Hampson and Kidder, 1986; Kenworthy, 1976; Nabuurs 등, 1993) 사료섭취량 감소는 장염발생과 용모길이(Villi Height), 용와깊이(Crypt Depth)에 큰 영향을 준다(McCracken, 1999). 본 실험결과, 이유 후 돈군이동지연이 이유자돈시기의 설사빈도에 부정적인 영향을 주지 않았다.

표 107. 이유 후 돈군이동지연이 이유자돈의 설사빈도에 미치는 영향

Criteria	Treatment ¹⁾			SEM ²⁾	P-value	
	D0	D3	D5		Linear	Quadratic
Diarrhea scores³⁾						
0-2 week	2.61	2.48	2.68	0.066	0.66	0.27
3-5 week	1.28	1.22	1.19	0.027	0.25	0.85
0-5 week	1.81	1.73	1.78	0.035	0.78	0.43

¹⁾D0: Transition at weaning; D3: Transition at 3days after weaning; D5: Transition at 5days after weaning

²⁾ Standard error of mean

³⁾ 0: No signs of diarrhea in pen, 5: All pigs had signs of diarrhea in pen

4) 면역성상

이유 후 돈군 이동지연이 이유자돈의 면역성상에 미치는 영향을 표 108에 제시하였다. 이 유사점을 기준으로 이유, 2주차 5주차에 혈액을 채취하여 혈청에서 IgG와 IgA를 분석하였는데, 처리구간에 통계적 유의차가 나타나지 않았다. 이유시 IgG에서 유의적인 경향이 나왔는데($P=0.07$), 초유는 분만 후 24-36시간에 가장 많은 분비량을 보이다가 이후 점차 줄어들게 된다(Speer 등, 1959; Brown 등, 1960). 즉 이유 직후 자돈은 모돈으로부터 초유를 공급받기 때문에 D0처리구에서 가장 높은 값을 보이는 것으로 사료된다.

IgG는 체액 면역을 대표하는 것으로 알려져 있으며 태반을 통해 흡수된 IgG는 자돈 출생 직후 면역체계를 관여하며, 이유 후 발생하는 외부 병원균에 의한 자돈의 설사 방어 기작에 핵심적 역할을 한다(Rooke와 Bland, 2002). IgA는 모유에서 가장 많은 비율을 차지하고 있으며, 모돈이 예전에 만났던 병원균에 대한 방어 기억을 포함하고 있다. 모유에서 분비된 secretory IgA항체는 자돈의 소화기, 호흡기, 비노기 등 병원성 대장균에 노출되기 쉬운 부위에서 점막에서 면역 체계를 형성하여, 자돈이 스스로 항체를 생산하기 전까지 구강을 통해서 감염되는 세균에 대한 방어를 담당한다(Brandtzaeg, 2003). 많은 스트레스 요인들은 체액과 세포내 면역에 영향을 주며(Laudenslager 등, 1988; Monjan 과 Collector, 1977) 자돈에게 스트레스는 행동장애, 면역과 생리작용에 많은 변화를 준다(Morrow-Tesch 등, 1994). 하지만 본 실험결과, 이유 후 돈군이동지연이 자돈의 혈중 면역글로불린농도에 관련된 면역성상에 유의적인 영향을 주지 않는 것으로 사료된다.

표 108. 이유 후 돈군이동지연이 이유자돈의 면역성상에 미치는 영향

Criteria	Treatment ¹⁾			SEM ²⁾	P-value	
	D0	D3	D5		Linear	Quadratic
Serum IgG (mg/ml)						
Weaning	5.48	4.47	4.03	0.297	0.07	0.63
2 week	3.65	4.04	3.33	0.308	0.75	0.54
5 week	5.75	7.43	5.67	0.655	0.97	0.34
Serum IgA (mg/ml)						
Weaning	0.15	0.16	0.19	0.012	0.17	0.65
2 week	0.04	0.03	0.04	0.002	0.61	0.07
5 week	0.08	0.06	0.06	0.005	0.16	0.65

¹⁾D0: Transition at weaning; D3: Transition at 3days after weaning; D5: Transition at 5days after weaning
²⁾ Standard error of mean

5) 경제성 분석

돈군이동시기 조절이 양돈생산 경제성에 미치는 영향을 표 109에 제시하였다. 경제성 분석은 사료 구입비를 기준으로 하여 계산하였으며, 이유전기 사료인 대한 에코프리3호의 가격은 kg당 922원, 이유후기 사료 에코솔루션 2호의 가격은 kg당 801원으로 경제성을 분석하였다. 폐사두수에 의한 농가 손실액을 측정하기 위해 kg당 5,591원(2015년 6월 23일 기준, 축산물품질평가원)을 기준으로 하였을 때 D0(87,499원), D3(90,070원), D5(87,443원)을 손실액으로 측정할 수 있었다. 처리구간 사료가격과 표 109에 제시된 성장성적을 기준으로 이유 자돈 1kg 증체 시 필요한 사료비용을 보게 되면, 통계적으로 유의적 차이를 볼 수 없었다. 결과적으로 본 시험의 성장성적과 사료비를 통해 계산되어진 이유 후 두당 총 사료비는 처리구별로 유의적 차이가 나타나지 않았으며 이유 후 돈군이동지연을 통해 양돈 농가의 경제적 이득을 증대시키기는 어려울 것으로 사료된다.

표 109. 이유 후 돈군이동이동 지연이 농가의 경제성에 미치는 영향

Criteria	Treatment ¹⁾			SEM ²⁾	P-value	
	D0	D3	D5		Linear	Quadratic
Weaning phase I (0-2 wk)						
Feed cost, ₩/kg ³⁾	977	977	977	-	-	-
Total feed cost, ₩/kg	3,689	3,255	3,282	57.343	<0.01	<0.01
Total weight gain, kg/head	2.64	2.53	2.34	0.113	0.36	0.88
Total feed intake, kg/head	3.78	3.33	3.36	0.058	<0.01	<0.01
Feed cost/weight gain, ₩/kg	1,411	1,312	1,485	60.344	0.66	0.37
Weaning phase II (3-5 wk)						
Feed cost, ₩/kg	801	801	801	-	-	-
Total feed cost, ₩/kg	9,203	8,271	8,463	97.513	<0.01	<0.01
Total weight gain, kg/head	7.19	6.28	6.66	0.338	0.59	0.46
Total feed intake, kg/head	11.49	10.33	10.56	0.121	<0.01	<0.01
Feed cost/weight gain, ₩/kg	1,298	1,447	1,301	74.144	0.99	0.42
Overall (0-5 wk)						
Total feed cost, ₩/kg	12,893	11,526	11,744	148.619	<0.01	<0.01
Total weight gain, kg/head	9.83	8.81	9.00	0.416	0.51	0.58
Feed cost/weight gain, ₩/kg	1,326	1,386	1,340	58.043	0.93	0.73
Mortality, head	5	10	5	-	-	-

¹⁾D0: Transition at weaning; D3: Transition at 3days after weaning; D5: Transition at 5days after weaning

²⁾ Standard error of mean

³⁾ Feed cost/weight gain (₩/kg)=[Total feed intake (kg/head) × Total feed cost (₩/head)] ÷ Total weight gain (kg/head)

4. 결론 (Conclusion)

본 연구는 이유 후 돈균이동지연이 자돈의 성장 및 건강성에 미치는 영향을 조사하고 이를 통해 농가의 수익성을 향상시킬 수 있는 사양시스템을 개발하기 위한 목적으로 수행되었다. 성장성적에서는 자돈의 체중과 일당증체량, 일일사료섭취량 및 사료효율에서 처리구간 유의적인 차이가 나타나지 않았는데, 이러한 결과는 이유 후 돈균이동지연이 자돈의 성장에 부정적인 영향을 미치지 않았으며, 이유 날에 돈균이동을 해도 성장성적에 부정적인 영향을 미치지 않는 것으로 나타났다. 혈중 BUN 농도를 분석한 결과, 돈균이동 전, 후에서 통계적인 유의적 차이를 보이지 않았다 ($P>0.05$). 혈중 cortisol 농도를 측정된 결과, 돈균이동지연 시, 자돈의 이유후 돈균이동 시기가 늦어질수록, 돈균이동에 의한 스트레스는 더 커지는 것으로 사료된다. 면역성상 분석결과 IgG와 IgA 모두 다 유의적인 차이를 보이지 않았다. 설사빈도에서 수치상으로 이유자돈 전기인 0-2주 동안에서의 설사빈도가 이유자돈 후기인 3-5주에 비해 높게 나타났지만, 처리구간의 통계적 유의차는 나타나지 않았다. 경제성 분석결과 성장성적과 사료비를 통해 계산되어진 이유 후 두당 총 사료비는 처리구별로 유의적 차이가 나타나지 않았으며 이유 후 돈균이동지연을 통해 양돈 농가의 경제적 이득을 증대시키기는 어려울 것으로 사료된다.

결론적으로 이유직후에 돈균이동(D0)을 하는 것이 돈균이동지연(D3, D5)을 하는 것보다 자돈의 성장 및 건강성 측면에서 스트레스 변화를 최소화하고 농가에게 더 효율적인 사양시스템인 것으로 사료된다.

연구 2. 국내 양돈장에 IT융합 장비 설치 및 표준 플랫폼 구현

1. 서론 (Introduction)

국내 양돈 산업이 전문화, 대형화로 변화됨에 따라 인건비 사료비 등 생산비의 상승이 우리나라의 양돈업계가 있어 해결해야할 문제로 대두되고 있다. 또한 FTA 등 무역 자유화로 인해 우리나라의 양돈 산업은 양돈 선진국과의 무한 자유 경쟁 시대에 접어들게 됨으로써 그들과의 경쟁을 피할 수 없게 되었다. 소비자들 역시도 동물 복지와 안전한 먹거리에 대한 요구를 함에 따라 국내 양돈 농장에서의 생산비 절감, 생산성 향상, 동물 복지형 사육 방식 등의 변화를 감수해야만 국제적 경쟁력을 확보할 수 있다. 이에 따라 농장관리의 효율적인 운영, 생산비 절감, 생산성 향상을 위해 양돈장에서는 과학적 자동화로 체제를 전환해야하고 이에 대한 기반을 마련하기 위하여 IT 융합기술을 활용한 경쟁력을 갖추어야 한다. 국내에서 양돈분야는 농식품 산업의 여러 품목군 중에서 정보 서비스가 가장 많이 진행된 산업이다.

국외의 상황을 살펴볼 때, 덴마크, 네덜란드 등의 양돈 선진국에서는 양돈분야에서 동물 복지에 취약한 임신사를 IT 융합을 통한 군사 사육 방식으로 전환하여 사육하고, 육성 비육돈은 선별기를 통해 출하관리를 하고 있다. 특히 덴마크는 농업 자문 서비스를 통해 양돈 산업 분야에 필요한 장비 및 소프트웨어를 개발하여 일괄 보급하고 있는 실정이다.

기술적인 측면에서 살펴봤을 때 국내에서는 현재 무창돈사의 형태가 많이 보급되어 환기, 화재, 정전 등에 취약하고, 특히 화재로 인한 피해가 많아 돈사 환경을 IT 장비와 융합하여 온도, 습도, 암모니아 농도 등을 조절하고 화재, 정전 센서 등과 네트워크 CCTV를 활용한 원격 감시를 할 필요가 있다. 또한 양돈 생산비의 50%를 넘는 사료비를 감소시키기 위해 사료 허실 관리를 위한 사료 자동 급이기가 필요하며 육성 비육돈 출하 시 축산물 품질 평가원 등급 기준에 맞는 규격돈을 출하하기 위해서도 보다 정확한 출하 선별기가 필요하다. 이를 실현하기 위해서 1차 산업인 양돈 분야와 IT 융합을 통한 양돈 생산/경영관리를 위한 과학적인 관리체계 마련이 시급하다.

경제 산업적인 측면에서도, 최근 양돈 농장들이 규모화 됨에 따라 돈사의 정전, 화재로 인한 피해가 급증하게되고, 농장의 악취로 인한 주변 주민의 민원이 많이 발생하고, 가축 분뇨로 인한 환경 오염 관리 등이 필요하다. 양돈 선진국의 경우 국제 곡물가 상승 및 동물 복지법 발효로 인해 사료급이기와 IT 기술을 융합한 사양관리를 하고 있으며, 이에 우리나라에서도 일부 양돈 농가에서 수입 장비를 도입하게 되었으며 이에 따른 국산화된 IT 융합 사료 급이기, 출하 선별기 개발이 필요하며 양돈 IT 융합장비와 양돈생산경영 관리시스템과 연계를 위한 표준화된 플랫폼 개발이 필요하다. 사회 문화적인 측면으

로도 안전한 먹거리, 동물 복지에 대한 소비자의 관심을 충족시키기 위한 방편으로 IT 기반 양돈 사양관리 시스템의 개발이 필요하다. 따라서 이러한 국내 양돈 상황을 토대로 본 연구에서는 국내 양돈장에 적합한 IT융합 장비 설치 및 구축을 위한 연구가 수행되었다.

2. 연구 내용

1) 국내 양돈장 1곳을 대상으로 IT융합 분만돈 자동 급이기 장비 설치

□ 분만사에 원격 감시 할 수 있는 IT융합 장비 분만돈 자동 급이기 20대 설치

- 대상 양돈장 : '바른양돈' 신농장 (소재지 : 경상남도 하동군)



- 대상 양돈장의 신축 농장 분만사에 분만돈 자동급이기 20대를 설치





- 모돈개체별 사료공급을 통한 사료 절감 및 생산성 향상을 위한 자동급이기는 급이통, 급이기 컨트롤러, 사료토출부로 구성됨
- 동작 방식 : 모터방식 사료 투입 및 센서를 사용한 잔량 체크, 터치센서 활용 사료 투하
- 주요 기능 : 1일 급이량, 횟수, 급이시간 조정 및 투여량 서버 전송 기능



- 자동급이기는 모돈의 산차, BCS, 포유자돈을 고려한 개체별 사료공급을 통해 사료비를 절감, 동시에 이유자돈수 증대 등 전반적인 농장의 효율성을 높이고, “생산비 절감 및

양돈 생산성 향상”이라는 연구과제의 성과를 기대할 수 있음

- 자동급이기는 각 급이기마다 통신선이 서로 연결되어 있으며 이 통신선(RS485)은 게이트웨이에 연결되어 데이터가 수집됨



- 원격감시 표준 플랫폼 프로그램은 분만돈 자동급이기, 돈선별기 등을 게이트웨이와 RS232C 통신을 통해 원격으로 제어하고 모니터링 할 수 있음



- 분만돈 자동급이기 도입으로 분만 모돈의 분만 일령에 따른 개체별 사료량 급이 설정, 분만 모돈 개체에 따른 사료 급이량 측정, 모돈 상태에 따른 개체별 사양 정보 관리 및 급이량 분석 가능
- 이로 인해 사료의 허실 및 부패 방지로 사료 효율을 증가시켜 생산비 절감
- 자동 급이기는 컨트롤러 및 서버가 각각 독립적으로 존재해 서버에 이상이 있어 통신이 되지 않더라도 자체적으로 분만 모돈에게 사료 급이가 가능
- 급이기 컨트롤러는 간편한 사용자 인터페이스로 편리한 개체별 사료섭취 설정 및 모니터링



- 급이기 컨트롤러는 급이전략설정, 급이가동설정, 메뉴버튼으로 화면을 나눌 수 있음



- ①은 현재 시간을 나타냅니다.
- ②1회투여량(kg)는 모터 회전시 사료토출부를 통해 돼지에게 급여되는 사료량을 설정합니다.

- ③ 급이시간(분)은 각 횟수별로 첫 투여되는 시간부터 몇분간 급이를 계속할지 설정합니다.
- ④ 물공급은 사료 외에 물과 연결시 몇초간 물공급을 진행할지 설정합니다.
- ⑤ 급이기번호는 급이기 ID를 뜻합니다.
- ⑥ 증감량(kg)은 증감간격일 설정되었을 경우 증감간격별로 몇 kg을 증가 또는 감소 시킬지 설정합니다. 통합관계시스템과 연동시는 사용하지 않으셔도 무방합니다.
- ⑦ 증감간격(일)은 설정된 증감량을 몇일 기준으로 적용할지 설정합니다. 통합관계시스템과 연동시는 사용하지 않으셔도 무방합니다.
- ⑧ 전일급이량(kg)은 이전날 현급이량을 합산하여 나타냅니다.
- ⑨ 횟수는 총 5회까지 설정할 수 있도록 셋팅되어 있습니다.
- ⑩ 작동시간은 총 5회까지 설정할 수 있으며 순차적으로 각 급이할 시간을 설정합니다. 사용하지 않을 횟수에는 작동시간을 0으로 셋팅하면 됩니다.
- ⑪ 급이량 설정(kg)은 각 횟수별로 급이할 급이량을 설정합니다. 사용하지 않을 횟수에서는 급이량을 0으로 셋팅하면 됩니다.
- ⑫ 현급이량(kg)은 각 횟수별로 현재시간에 투여된 급이량을 나타냅니다.
- ⑬ 메뉴는 각 방향별로 메뉴를 이동할 수 있습니다.
- ⑭ 증가/감소는 선택된 메뉴에서 숫자를 증가 또는 감소 시킬 수 있습니다.
- ⑮ 저장은 변경된 값을 저장합니다.

2) 돈사환경관리, 네트워크CCTV, 육돈선별기, 분만돈 자동급이기 원격감시 표준 플랫폼 프로그램 구현

- 농장에 설치하는 돈사환경관리, 네트워크CCTV, 육돈선별기, 분만돈 자동급이기 등 IT융합 장비와 원격에서 감시 할 수 있는 표준 플랫폼 설계 및 프로그램 구현
- 대상 양돈장인 '바른양돈'에 원격감시 표준 플랫폼 프로그램을 설치





- 분만사에 설치된 분만돈 자동 급이기의 메뉴는 급이전략, 급이설정, 급이모니터링, 급이 상세모니터링, 급이 분석으로 구성됨

양돈 ICT 통합관리 시스템 Ver 1.1

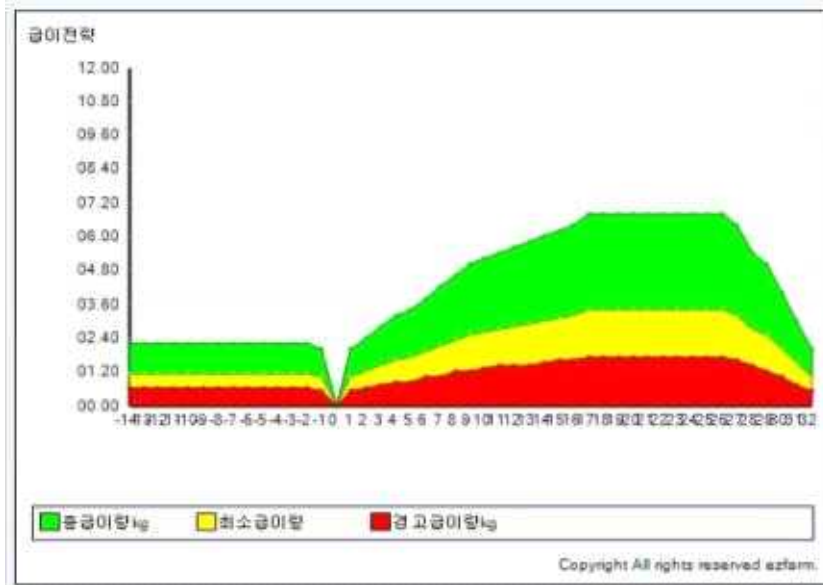
양돈 ICT 통합관리 **유아돈 자동급이기**

급이전략 | 급이설정 | **급이 모니터링** | 급이 상세 모니터링 | 급이분석

급이 모니터링

장비번호	모돈번호	전략	일자	입식일	분생예정일	전략적용 비율 (%)	급이설정량 (Kg)	현재급여량 (Kg)	권장급여량 (Kg)	1	2	3	4	5	작업
1	5-52	3산+	-7	2015-06-13	2015-06-30	100	2.2	1.1	2.2	1.1	0	0	0	0	업실
2	5-50	3산+	-6	2015-06-13	2015-06-29	100	2.2	1.2	2.2	1.2	0	0	0	0	업실
3	5-51	3산+	-6	2015-06-13	2015-06-29	100	2.2	1.2	2.2	1.2	0	0	0	0	업실
4	2-302	3산+	-2	2015-06-13	2015-06-25	100	2.2	1.2	2.2	1.2	0	0	0	0	업실
5	2-424	3산+	-6	2015-06-13	2015-06-29	100	2.2	1.2	2.2	1.2	0	0	0	0	업실
6	4-218	3산+	-2	2015-06-13	2015-06-25	100	2.2	1.2	2.2	1.2	0	0	0	0	업실
7	4-222	3산+	-2	2015-06-13	2015-06-25	100	2.2	1.2	2.2	1.2	0	0	0	0	업실
8	2-416	1산	-8	2015-06-20	2015-07-01	100	2.2	1.2	2.2	1.2	0	0	0	0	업실
9	2-304	3산+	-6	2015-06-13	2015-06-29	100	2.2	1.2	2.2	1.2	0	0	0	0	업실
10	1-94	3산+	-2	2015-06-13	2015-06-25	100	3.2	1.7	2.2	1.7	0	0	0	0	업실
11	1-382	3산+	-8	2015-06-20	2015-07-01	100	2.2	1.2	2.2	1.2	0	0	0	0	업실
12	3-234	3산+	-8	2015-06-20	2015-07-01	100	2.2	1.2	2.2	1.2	0	0	0	0	업실
13	2-426	3산+	-8	2015-06-20	2015-07-01	100	2.2	1.2	2.2	1.2	0	0	0	0	업실
14	3-27	3산+	-8	2015-06-20	2015-07-01	100	3.2	1.6	2.2	1.6	0	0	0	0	업실
15	5-55	3산+	-8	2015-06-20	2015-07-01	100	2.2	1.2	2.2	1.2	0	0	0	0	업실
16	5-54	3산+	-8	2015-06-20	2015-07-01	100	2.2	1.2	2.2	1.2	0	0	0	0	업실
17	4-60	3산+	-8	2015-06-20	2015-07-01	100	2.2	1.2	2.2	1.2	0	0	0	0	업실
18	2-118	3산+	-8	2015-06-20	2015-07-01	100	2.2	1.2	2.2	1.2	0	0	0	0	업실
19	3-84	3산+	-2	2015-06-13	2015-06-25	100	2.2	1.2	2.2	1.2	0	0	0	0	업실

- 모든자동급이기 프로그램은 시스템 사용초기 사용자별 급이전략을 셋팅하고 해당급이기와 입식된 모돈을 급이설정 메뉴를 활용하여 연결하고 매일 매일 급이 모니터링을 통해 현재 급이 상황을 조회하고 제어
- 급이전략 메뉴는 분만전, 분만시, 분만 후 각 모돈의 상태에 따라 사료 급이를 다르게 할 수 있도록 급이 프로그램을 제공



- 기본 제공된 급이 전략은 농장별로 손쉽게 수정 가능하도록 설계

일차	1회급이량	2회급이량	3회급이량	4회급이량
12	7	2.8	16	2.8
13	7	3	16	2.8
14	7	3	16	3
15	7	3.2	16	3
16	7	3.2	16	3.2
17	7	3.4	16	3.4
18	7	3.4	16	3.4
19	7	3.4	16	3.4
20	7	3.4	16	3.4
21	7	3.4	16	3.4
22	7	3.4	16	3.4
23	7	3.4	16	3.4
24	7	3.4	16	3.4
25	7	3.4	16	3.4
26	7	3.4	16	3.4
27	7	3.2	16	3.2

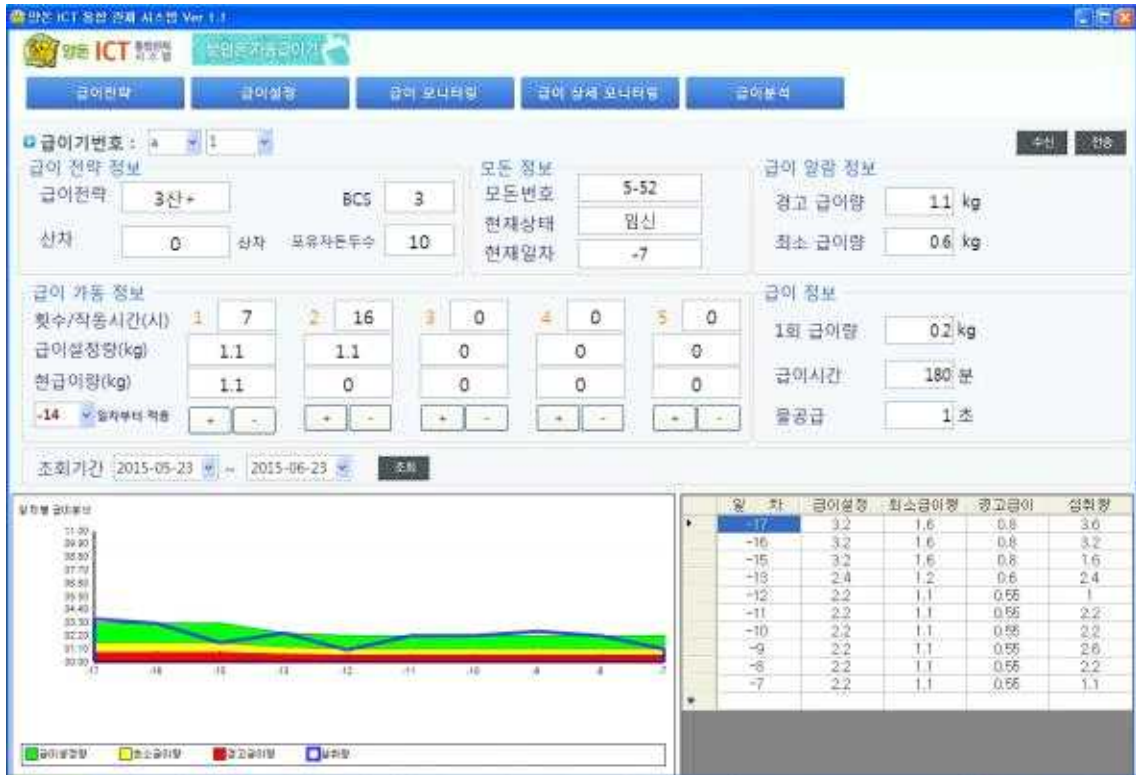
- 급이 설정 메뉴는 모든의 BCS, 포유자돈 두수 등 개체별 세세한 상태에 따라 급이 프로그램을 모돈별로 적용할 수 있도록 하며 양돈전산관리 프로그램(피그플랜)과 연동하여 사용자가 손쉽게 모돈번호 등을 입력 또는 선택하게 함



- 급이 모니터링 메뉴는 각 급이기에 등록된 모돈의 상태를 한눈에 볼 수 있도록 직관적인 인터페이스를 제공하며 급이 모니터링 화면에서 급이설정을 손쉽게 할 수 있도록 함



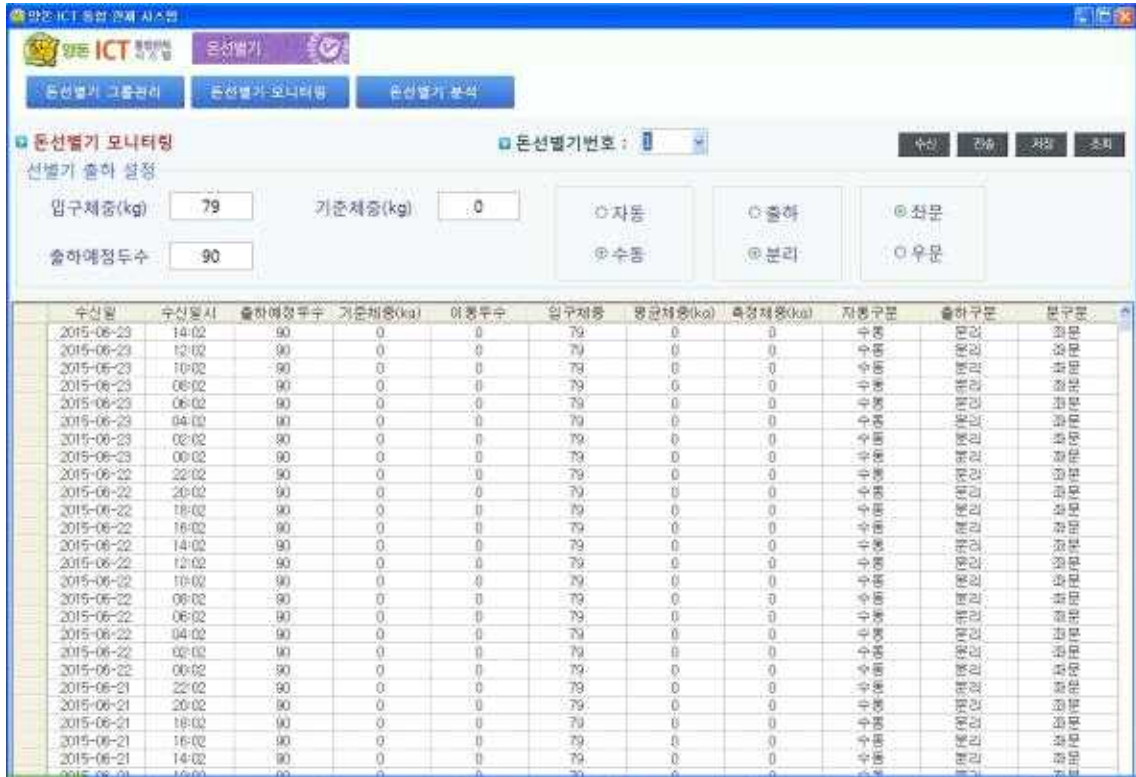
- 급이 상세 모니터링은 해당 급이기에 입식된 모든의 상세 정보를 표와 그래프로 제공



- 급이 분석 메뉴는 급이기별(모든별), 기간별로 급이된 내역을 표와 그래프로 조회



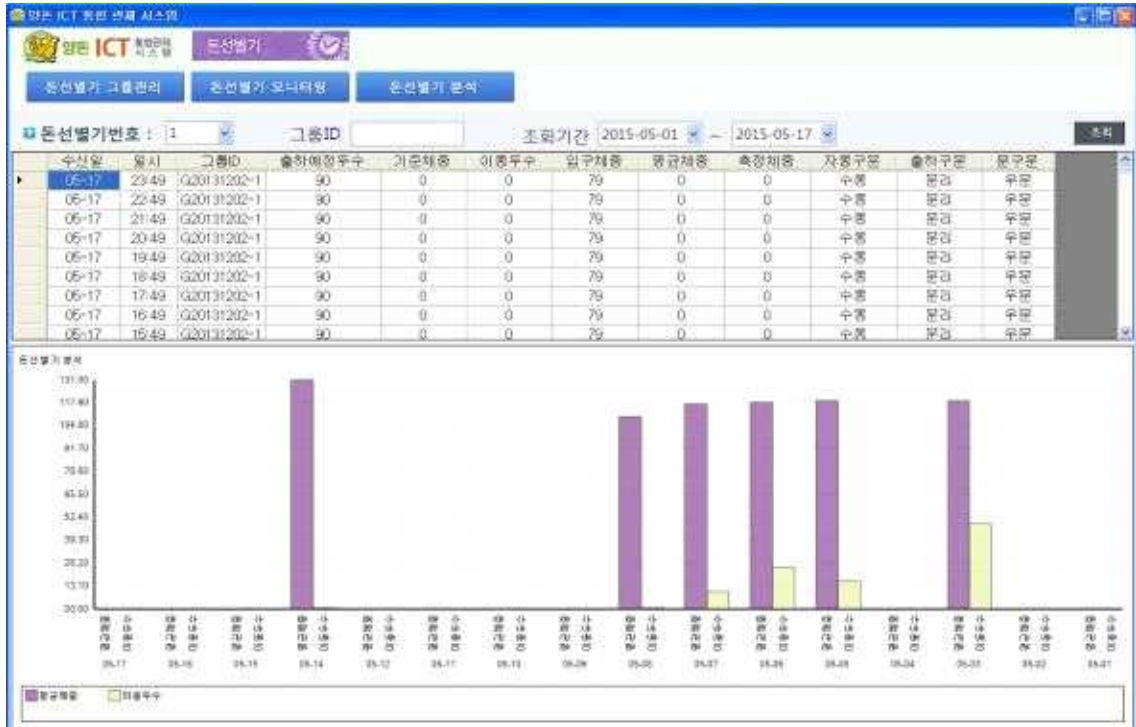
- 돈선별기 메뉴는 돈선별기가 설치된 비육사 메뉴 선택을 통해 제공되며 돈선별기는 돈선별기 그룹관리, 돈선별기 모니터링, 돈선별기 분석으로 구성됨



- 돈선별기 그룹관리는 돈선별기를 사용하는 해당 돈방에 이동하는 그룹의 이동 두수를 관리할 수 있도록 제공하는 화면이며 돈선별기 모니터링은 돈선별기 출하 설정을 통해 돈선별기를 제어하고 엑셀 형태로 제공된 화면을 통해 시간대별 수신 데이터를 조회하고 모니터링 할 수 있음.



- 돈선별기 분석 메뉴를 통해 돈선별기의 상세 내역을 조회함



- 각 돈사별로 제공된 표준 플랫폼을 활용하여 각 장비의 모니터링 및 제어를 하며 별도의 설치 및 프로그램이 필요한 장비는 프로그램 링크를 활용할 수 있도록 함

□ 스마트폰, 인터넷 웹 등을 활용하여 원격 감시 프로그램 구현

- 표준 플랫폼의 C/S 방식으로 구현되어 각 해당 PC에 설치되며 이 데이터는 별도의 양돈전산관리 프로그램과 연계되어 인터넷 웹 및 스마트폰 앱에서 해당 자료를 조회
- 원격지에서 모든의 급이 현황을 조회하여 모든의 상태를 체크해야 하는지 사용자에게 정보 제공

장비	모든번호	산차	현재상태	경과일	목표	실량	체크
1	58-72	0-2	임신중	5	3	3	
2	78-28	0-1	임신중	6	3	2.4	
3	66-146	0-1	임신중	5	3	3	
4	77-33	0-0	후보중	233	3	3	
5	74-154	0-1	임신중	6	3	3	
6	76-138	0-1	임신중	5	3	2.1	v
7	76-31	0-1	임신중	4	3	2.7	
8	76-08	0-1	임신중	7	3	3	
9	80-127	0-1	임신중	5	0.9	0.3	v
10	74-47	0-1	임신중	5	3	3	
11	66-10	0-1	임신중	6	3	0.9	v
12	75-102	0-1	임신중	6	3	2.7	
13	57-137	0-3	임신중	6	2.7	2.7	
14	76-134	0-1	임신중	6	2.7	2.7	
15	76-41	0-1	임신중	6	2.7	2.7	
16	66-47	0-1	임신중	32	3	3	

- 인터넷 웹을 통해서도 모돈별 급이현황을 확인

PIGPLAN
 Prog. ID : 334013
 산출기간 : 2015-06-22에서 2015-06-22까지

번호	급이기업체	장비번호	모돈번호	숙정일	상취량(KG)	상취량(KG)	상취율(%)
1	이지팜	01	58-72	2015-06-22	3	3	100
2	이지팜	02	78-28	2015-06-22	3	2.4	80
3	이지팜	03	66-146	2015-06-22	3	3	100
4	이지팜	04	77-33	2015-06-22	3	3	100
5	이지팜	05	74-154	2015-06-22	3	3	100
6	이지팜	06	76-138	2015-06-22	3	2.1	70
7	이지팜	07	76-31	2015-06-22	3	2.7	90
8	이지팜	08	76-08	2015-06-22	3	3	100
9	이지팜	09	80-127	2015-06-22	0.9	6.3	33.3
10	이지팜	10	74-47	2015-06-22	3	3	100
11	이지팜	11	66-10	2015-06-22	3	0.9	30
12	이지팜	12	75-102	2015-06-22	3	2.7	90
13	이지팜	13	57-137	2015-06-22	2.7	2.7	100
14	이지팜	14	76-134	2015-06-22	2.7	2.7	100

- 인터넷 웹에서는 보다 상세하게 일일 섭취량을 분석 할 수 있음

PIGPLAN
 Prog. ID : 334014
 농장명 : 바른양돈
 산출일 : 2015-06-22

*101을알았면(포유돈자돈알았거나, 모돈교사료이름)가 일치되어야 하며, PIGPLAN과 연계되어 있고, 양돈장 보고서를 볼 수 있습니다. | 101을알았면 연계문의 : 001-421-3416

급이기	모돈번호	산차	최종작업	현재상태	중량(KG)	1회급		2회급		3회급		4회급		5회급		급이총량	
						목표	실량	목표	실량	목표	실량	목표	실량	목표	실량	목표	실량
						8시	13시	17시	목표	실량	목표	실량	목표	실량	목표	실량	
1	58-72	0-2	교배	임신중	5	0.9	0.9	0.9	0.9	1.2	1.2					3	3
2	78-28	0-1	교배	임신중	6	0.9	0.9	0.9		1.2	1.2					3	2.4
3	66-146	0-1	교배	임신중	5	0.9	0.9	0.9	0.9	1.2	1.2					3	3
4	77-33	0-0	견양	후분봉	233	0.9	0.9	0.9	0.9	1.2	1.2					3	3
5	74-154	0-1	교배	임신중	6	0.9	0.9	0.9	0.9	1.2	1.2					3	3
6	76-138	0-1	교배	임신중	5	0.9	0.9	0.9	0.9	1.2					3	2.1	
7	76-31	0-1	교배	임신중	4	0.9	0.6	0.9	0.9	1.2	1.2					3	2.7
8	76-08	0-1	교배	임신중	7	0.9	0.9	0.9	0.9	1.2	1.2					3	3
9	80-127	0-1	교배	임신중	5	0.9										0.9	
10	74-47	0-1	교배	임신중	5	0.9	0.9	0.9	0.9	1.2	1.2					3	3

제 4 장 결론

국내 양돈장에 IT융합 장비 설치 및 구축을 위해 국내 양돈장에 적합한 IT융합 장비 설치 및 구축을 위한 연구를 농장 1곳을 선택하여 수행하였다. 농장 설치결과, 분만돈 자동 급이기의 설치로 분만 모돈에게 신선한 사료를 자유롭게 먹을 수 있도록 유도하고, 고가의 사료 허실을 방지하였다.

모돈 자동급이기 도입으로 포유모돈의 사료섭취량을 극대화하여 유전적 잠재력을 극대화할 수 있는데 모돈의 사료 섭취량 극대화 -> 모돈의 젖 생산량 증가 -> 이유 자돈 체중 증가 -> 모돈 체평점(BCS) 건전성 유지 -> 이유·교배 간격을 줄이고 수태율 증가 -> 다음산차 산자수 증가 등의 순환을 이끌어 낼 수 있다.

원격 감시 플랫폼 프로그램을 활용하여 분만돈 자동 급이기는 모돈의 산차, BCS, 포유자돈을 고려한 개체별 사료공급으로 이유자돈수 증대 및 비생산일수 감소 효과를 기대할 수 있다.

또한 스마트폰앱을 활용하여 원격지에서 모돈의 개체별 급이 현황을 조회하여 추후 체크가 필요한 모돈의 확인할 수 있고 인터넷웹을 통해 보다 자세한 일일 섭취량 분석을 통해 모돈의 상태를 효율적으로 분석할 수 있다.

3차년도 연구수행 내용 및 결과 (2015.08.26.~2016.08.25.)

<제1 세부과제명 : 사료비 절감을 위한 사료배합비 개발 및 자돈의 폐사율 감소를 위한 사양시스템 개발>

연구 1. 사료비 절감을 위한 대체원료(밀, 팜박) 사료배합비의 일반 농가 현장 실증 실험

1. 서론 (Introduction)

국내 양돈 사료는 전 세계적으로 생산되는 곡물의 생산량 및 가격에 매우 의존적이라 할 수 있으며, 우리나라의 경우 배합사료에 사용되는 원료의 90% 이상을 수입에 의존하고 있어서 원료 가격이 상승하면 양돈농가의 생산비를 상승시키게 된다. 또한 생산비의 가장 주요한 요인으로 작용하는 것은 사료비인데 이는 농가 수익과 직접적으로 연결된다. 현 시점에서는 국제곡물가격이 안정하여 옥수수과 대두박의 가격이 다른 원료들에 비해 저렴하지만 변동하는 국제곡물가격을 고려한다면 대체원료 탐색이 필요하며, 특히 밀(Wheat)과 팜박(Palm kernel meal)이 많은 연구가 진행되고 있다.

밀은 보리와 함께 유럽과 미국에서 원료사료 내에 주로 쓰이고 있는 원료이며, 밀의 총 에너지는 옥수수와 비교했을 때 91% 에서 97% 으로 비교적 낮은 수준을 보이고 있지만 (Zijlstra 등, 1999; Wiseman, 2000; Sauvart 등, 2004, NRC, 2012), 조단백질과 라이신, 트립토판, 쓰레오닌과 같은 아미노산의 함량은 옥수수의 함량보다 높다 (Stein 등, 2001; Pedersen 등, 2007).

팜박은 단백질의 함량이 15~18% 정도로 옥수수나 소맥피에 비해 높은 편이지만, 비전분성다당류인 mannan을 함유하고 있고, 기호성이 낮으며 아미노산 이용률이 낮아서 단위동물 사료로 주목받지 못하였다 (McDonald 등, 1988). 하지만 팜박을 이용한 사료에 mannan을 분해할 수 있는 효소인 mannanase를 첨가함으로써 팜박의 이용성을 높여 줄 수 있다는 연구결과가 있다.

본 실험은 이전에 수행되었던 밀과 팜박을 수준별로 급여하였을 때 육성 비육돈의 성장 및 도체특성에 미치는 영향의 결과를 바탕으로 시판되고 있는 commercial 사료와 비교하여 평가해보기 위해 수행되었다.

2. 재료 및 방법 (Materials and Methods)

1) 실험 동물 및 실험 설계

사양실험을 위해 평균체중 46.25 ± 3.142 kg 의 삼원교잡종 ([Yorkshire \times Landrace] \times Duroc) 육성돈 90두를 공시하여, 육성기 (0-3주), 비육전기 (4-6주), 비육후기 (7-8주)로 나누어 각 시기별로 체중과 사료 섭취량을 측정하였다. 전체 3처리 돈방 당 30두씩 성별과 체중에 따라 배치하였다.

2) 실험 사료

옥수수-대두박 위주로 실험사료의 기초사료(basal diet)를 배합하였으며, 사육단계에 따라 영양소 요구량을 고려하여 배합을 실시하였다. 실험사료의 대사에너지(ME)는 전체 실험기간동안 3,265kcal/kg 이었으며, 라이신(lysine)은 육성기, 비육전기, 비육후기에 각각 0.95%, 0.84%, 0.63% 이었다. 밀은 60%, 팥박은 8% 가 각 처리구별로 첨가되었으며, 마지막 처리구는 commercial 사료를 사용하였다. 나머지 요구량은 NRC (2012)와 같거나 높게 요구량을 충족시켜 주었다. 실험사료의 원료 및 화학적 조성은 표 110 (육성기), 표 111 (비육전기), 표 112 (비육후기) 에 제시된 바와 같다.

표 110. 육성기 실험사료의 사료배합비와 성분표.

Ingredients, %	Treatments ¹	
	W60	PKM8
Corn	7.45	52.38
SBM, 45% CP	21.02	26.95
Wheat	60.00	4.00
Wheat bran	3.00	4.00
Palm kernel meal	3.00	8.00
Tallow	3.13	2.40
MDCP	0.56	0.70
Limestone	1.04	0.95
L-lysine-HCl	0.18	0.02
DL-methionine	0.02	0.00
Vit. Mix ²	0.10	0.10
Min. Mix ³	0.10	0.10
Salt	0.30	0.30
Xylanase	0.10	0.00
β-mannanase	0.00	0.10
Total	100.00	100.00
Chemical composition⁴		
ME, kcal/kg	3265.02	3265.01
Crude protein, %	16.30	16.30
Lysine, %	0.84	0.84
Methionine, %	0.25	0.25
Ca, %	0.54	0.54
Total P, %	0.47	0.47

¹ W60 : wheat 60%, PKM8 : PKM 8%.

² Provided the following quantities of vitamins per kg of complete diet: vitamin A, 8,020 IU; vitamin C, 100 IU; vitamin D3, 1,604 IU; vitamin K3, 1.6 mg; riboflavin, 1.6 mg; calcium pantothenic acid, 6 mg; niacin, 10 mg; biotin, 40 μ g; vitamin B12, 10 μ g.

³ Provided the following quantities of minerals per kg of complete diet: Fe, 187 mg; Cu, 88 mg; Mn, 167 mg; I, 1 mg; Se, 1mg; Zn, 103 mg.

⁴ Calculated value.

표 111. 비육전기 실험사료의 사료배합비와 성분표.

Ingredients, %	Treatments ¹	
	W60	PKM8
Corn	12.18	61.16
SBM, 45% CP	16.64	22.57
Wheat	60.00	0.00
Wheat bran	3.00	4.00
Palm kernel meal	3.00	8.00
Tallow	2.94	2.19
MDCP	0.47	0.60
Limestone	0.97	0.86
L-lysine-HCl	0.18	0.02
DL-methionine	0.02	0.00
Vit. Mix ²	0.10	0.10
Min. Mix ³	0.10	0.10
Salt	0.30	0.30
Xylanase	0.10	0.00
β-mannanase	0.00	0.10
Total	100.00	100.00
Chemical composition⁴		
ME, kcal/kg	3265.02	3265.01
Crude protein, %	16.30	16.30
Lysine, %	0.84	0.84
Methionine, %	0.25	0.25
Ca, %	0.54	0.54
Total P, %	0.47	0.47

¹ W60 : wheat 60%, PKM8 : PKM 8%.

² Provided the following quantities of vitamins per kg of complete diet: vitamin A, 8,020 IU; vitamin C, 100 IU; vitamin D3, 1,604 IU; vitamin K3, 1.6 mg; riboflavin, 1.6 mg; calcium pantothenic acid, 6 mg; niacin, 10 mg; biotin, 40 μ g; vitamin B12, 10 μ g.

³ Provided the following quantities of minerals per kg of complete diet: Fe, 187 mg; Cu, 88 mg; Mn, 167 mg; I, 1 mg; Se, 1mg; Zn, 103 mg.

⁴ Calculated value.

표 112. 비육후기 실험사료의 사료배합비와 성분표.

Ingredients, %	Treatments ¹	
	W60	PKM8
Corn	20.82	69.77
SBM, 45% CP	8.65	14.57
Wheat	60.00	0.00
Wheat bran	3.00	4.00
Palm kernel meal	3.00	8.00
Tallow	2.60	1.86
MDCP	0.24	0.40
Limestone	0.90	0.78
L-lysine-HCl	0.18	0.02
DL-methionine	0.01	0.00
Vit. Mix ²	0.10	0.10
Min. Mix ³	0.10	0.10
Salt	0.30	0.30
Xylanase	0.10	0.00
β-mannanase	0.00	0.10
Total	100.00	100.00
Chemical composition⁴		
ME, kcal/kg	3265.01	3265.04
Crude protein, %	13.20	13.20
Lysine, %	0.63	0.63
Methionine, %	0.21	0.21
Ca, %	0.45	0.45
Total P, %	0.40	0.40

¹ W60 : wheat 60%, PKM8 : PKM 8%.

² Provided the following quantities of vitamins per kg of complete diet: vitamin A, 8,020 IU; vitamin C, 100 IU; vitamin D3, 1,604 IU; vitamin K3, 1.6 mg; riboflavin, 1.6 mg; calcium pantothenic acid, 6 mg; niacin, 10 mg; biotin, 40 µg; vitamin B12, 10 µg.

³ Provided the following quantities of minerals per kg of complete diet: Fe, 187 mg; Cu, 88 mg; Mn, 167 mg; I, 1 mg; Se, 1mg; Zn, 103 mg.

⁴ Calculated value.

3) 사양 실험

각 돈방에는 하나의 사료 급이기와 니플 급수기가 설치되어 있어 전체 실험기간 동안 물과 사료는 무제한 자유 채식 (*ad libitum*)을 하도록 하였다. 체중 및 사료 섭취량은 사육 단계 및 사료 종류의 변동 시점을 고려하여, 각 사양단계가 끝나는 주차에 측정하여 일당증체량 (average daily gain; ADG), 일당사료섭취량 (average daily feed intake; ADFI), 사료효

율 (gain:feed ratio; G:F ratio)을 계산하였다.

4) 혈액 성분

실험 개시 시 혈중요소태질소 (BUN : Blood Urea Nitrogen), 크레아티닌을 조사하기 위해 실험 개시 시점에 임의적으로 경정맥에서 6두의 혈액을 채혈하였으며, 실험 개시 일 이후에는 각 사육단계별 체중 측정 시 처리별로 6두씩 총 18두의 혈액을 채취하였다. 혈액은 disposable culture tube에 포집하여 3,000 rpm, 4 °C 상태로 15분 동안 원심분리 하였다. 그 후 micro tube 보관용기에 혈청만을 분리하여 분석 시까지 -20 °C로 보관하였다. BUN은 kinetic UV assay 검사법을 (Modular analytics, PE model)를 이용하여 분석하였고, 크레아티닌은 kinetic colorimetry assay using a blood analyzer (Modular analytics, PE, Roche, Germany)를 이용하여 분석하였다.

5) 돈육의 품질

8주간의 육성, 비육기 사양실험 종료 후 각 처리구 별로 비육돈 3두씩 총 9두를 선발하여 돈육의 이화학적 특성 조사를 위해 등심근을 채취하였다. 도축 후에 미추골로부터 아래로 5개 척추사이의 등심을 샘플링하여, 0, 3, 6, 12, 24 시간에 육색의 경우 Hunter system의 L, a, b 값을 chromameter (Minolta CM-508i, Japan)을 이용하여, pH는 pH meter (Bechman Coulter Φ 500 Series, USA)를 이용하여 측정하였다.

보수력 (WHC)은 Filter관 (VIDAS tubes, BIOMERIEUX, France)에 시료를 넣고 80 °C water bath에서 20분간 가열한 후, 10분간 상온에서 방냉시켰다. Filter관을 원심분리기를 이용하여 10 °C에서 2,000 rpm으로 10분간 원심분리 하고 시료의 감량을 측정하여 보수력을 계산하였다. 보수력 측정 후에는 가열감량 (cooking loss)은 일정한 크기로 등심근을 잘라내어 무게를 잰 후 polyethylene bag에 넣고 80 °C water bath에서 40분간 가열한 후 20분간 수냉한 후 시료의 감량치를 계산하였다. 전단력은 가열감량을 측정한 시료에서 근섬유 결 방향으로 core를 채취한 후 Warner- Bratzler sheat meter (G-R Elec. Mfg. CO., USA)로 전단력을 측정하였다.

6) 경제성 분석

경제성 분석은 제조업체의 2016년 3~5월 판매단가를 기준으로 개시부터 출하체중 도달까지 소요된 총 사료비용에 근거하여 결정되었다. 총 사료섭취량과 사료가격을 통해 증체량 당 사료가격(원)을 계산하고 이를 통해 각 성장단계 및 110kg 출하체중 도달까지 총 사료비용을 산출하였다.

7) 통계분석 (Statistical analysis)

본 실험의 data는 SAS (SAS Inst., Inc., Cary, NC)의 일반선형모형 (GLM)을 이용하여 통계분석을 실시하였다. 혈액분석과 돈육 품질의 경우 실험돈 각 개체를 unit으로 설정하였다. 모든 통계적 분석에 있어 $P < 0.05$ 인 경우 유의차가 있는 것으로, $0.05 < P < 0.10$ 일 경우 유의적 경향이 있는 것으로 간주하였다.

3. 실험 결과 및 고찰 (Results and Discussion)

1) 사양성적 (Feeding trial)

사료 내 밀 60%, 팜박 8% 첨가와 commercial 사료가 육성-비육돈의 성장성적에 미치는 영향을 표 113 에 나타내었다. 체중과 일당증체량에서는 밀 60% 첨가한 A 처리구에서 전 구간에서 가장 좋은 성적을 보였다. 일당사료섭취량에서는 비육전기(4-6주)를 제외하고 밀 60% 첨가한 A 처리구에서 가장 높은 섭취량을 보였다. 그러나 사료효율에서는 비육전기(4-6주), 비육기(4-8주)를 제외하고 팜박 8% 첨가한 B 처리구에서 가장 높은 수치를 나타내었다. 전체 실험 기간 동안의 결과를 commercial 사료 기준으로 밀 60%, 팜박 8% 첨가 사료를 비교해본 결과, 체중과 일당증체량, 일당사료섭취량에서는 밀 60% 첨가한 A 처리구에서 가장 높은 값을 보였고, 사료효율에서는 팜박 8% 첨가한 B 처리구에서 가장 높은 값을 보였다. 결과적으로 사료 내 밀 60%, 팜박 8% 첨가가 commercial 사료와 비교해 대등한 결과를 나타냈다.

표 113. 밀 60%, 팜박 8%, commercial 사료가 육성-비육돈의 성장성적에 미치는 영향.

Criteria	Treatment ¹		
	W60	PKM8	Commercial
Body weight, kg			
Initial	46.15	46.21	46.40
3 week	71.12	70.79	69.58
6 week	96.85	92.32	93.06
8 week	111.80	106.60	106.72
ADG, g			
0-3 week	1,189	1,171	1,084
4-6 week	1,225	1,044	1,129
7-8 week	1,068	995	932
4-8 week	1,162	1,023	1,061
0-8 week	1,172	1,078	1,077
ADFI, g			
0-3 week	2,947	2,650	2,848
4-6 week	3,539	3,496	3,653
7-8 week	4,220	3,565	3,923
4-8 week	3,811	3,524	3,761
0-8 week	3,487	3,196	3,419
G:F ratio			
0-3 week	0.404	0.442	0.381
4-6 week	0.346	0.293	0.309
7-8 week	0.253	0.279	0.238
4-8 week	0.305	0.290	0.282
0-8 week	0.336	0.337	0.315
Treatment²	W60	PKM8	Commercial
BW	104.76%	99.89%	100%
ADG	108.82%	99.91%	100%
ADFI	101.99%	93.48%	100%
G:F ratio	106.66%	106.98%	100%

¹ W60 : wheat 60%, PKM8 : PKM 8%, DC : doosan commercial

² Commercial 사료 100% 기준, 0-8주 성장성적으로 비교.

2) 혈액 성분 (Blood urea nitrogen, creatinine)

사료 내 밀 60%, 팜박 8% 첨가와 commercial 사료가 육성-비육돈의 혈액에 미치는 영향을 표 114에 나타내었다. 혈중 크레아티닌에서는 유의적인 차이가 나타나지 않았지만, BUN의 경우 6주차에서 유의적인 차이가 나타났으며 ($P < 0.01$), 두산 commercial 사료 처리구에서 가장 높은 수치를 보였다. BUN 같은 경우에는 아미노산 이용에 대한 대표적 지표로 사용되어 왔으며(Eggum, 1970), BUN 함량의 증가는 혈중 잉여 아미노산의 증가를 의미하며, 함량

이 낮을수록 체단백질 합성이 활발하다는 것을 의미한다. 본 실험에서는 사료 내 밀 60%, 팜박 8% 첨가한 처리구가 commercial 사료 처리구보다 6주차에서는 아미노산 이용효율이 높다는 것을 알 수 있었다.

체내 근육생성의 지표로 쓰이는 크레아티닌은 근육의 대사산물로서 크레아티닌이 생성 되서 혈중으로 유출되어 신장에서 노로 배출되므로, creatinine 생성량이 신체의 총 근육량을 추정할 수 있는 지표로 사용되기도 한다(Baxmann, 2008). 본 실험에서는 혈액 내 크레아티닌 농도가 처리구간 통계적인 유의차가 없었으므로, 밀 60%, 팜박 8% 사료가 근육 성장에 부정적인 영향을 끼치지 않는 것으로 사료된다.

표 114. 밀 60%, 팜박 8%, commercial 사료가 육성-비육돈 혈액성상에 미치는 영향.

Criteria	Treatments ¹			SEM ²	P-value
	W60	PKM8	Commercial		
BUN, mg/dL					
Initial		----- 13.4 -----		-	-
3 week	15.3	13.3	17.2	0.91	0.26
6 week	9.3 ^B	8.7 ^B	15.2 ^A	0.83	<0.01
8 week	13.0	13.2	15.2	0.61	0.30
Creatinine, mg/dL					
Initial		----- 0.9 -----			
3 week	0.8	0.8	0.8	0.04	0.89
6 week	1.1	1.0	0.9	0.04	0.45
8 week	1.0	1.2	1.0	0.05	0.27

¹ W60 : wheat 60%, PKM8 : PKM 8%, DC : doosan commercial

^{AB} Means in a same row with different superscript significantly different (P<0.01).

² Standard error of mean.

3) 돈육의 품질 (Pork quality)

사료 내 밀 60%, 팜박 8% 첨가와 commercial 사료에 따른 돈육의 일반성분과 돈육의 이화학적 특성을 표 115 에 나타내었다. 돈육의 일반성분 분석 결과 모든 항목에서 유의적인 차이가 나타나지 않았다. 또한 돈육의 이화학적 특성인 가열감량, 전단력, 보수력에서도 유의적인 차이가 나타나지 않았다.

표 116 에서는 사료 내 밀 60%, 팜박 8% 첨가와 commercial 사료에 따른 돈육의 육색 결과를 나타냈다. 육색 결과, 적색도에서 12시간에 유의적인 경향이 나타났고 황색도에서 24시간에 유의적인 경향이 나타났고. 그 외에 모든 처리구에서 유의적인 차이가 나타나지 않았다. 육색은 소비자가 구매를 하는데 가장 중요한 요인 중에 하나이다. Hunter a 값이 너무

낮으면 PSE (pale, soft, exudative)육을 의심해야 하며 높을 경우에는 DFD (dark, firm, dry)육을 의심해야 한다. Joo 등(1993)은 도축 후 24시간이 경과하였을 때 L 값 이 58이상이면 PSE 돈육이라고 기준을 명시하였는데, 본 실험에서는 모든 처리구에서 이보다 낮은 이상적인 수치를 나타냈다.

사료 내 밀 60%, 팜박 8% 첨가와 commercial 사료에 따른 돈육의 pH 결과를 표 117에 나타냈다. 모든 시간에서 처리구에 따른 통계적인 유의적인 차이가 나타나지 않았다. 수치상으로는 6시간을 제외하고 commercial 사료인 C 처리구에서 pH가 가장 높았지만, 모두 정상범위에 속한 결과를 보였다. 식육은 pH에 따라 신선도, 보수력, 연도, 전단력, 육색, 조직감 등에 크게 영향을 미치며, pH에 따라 PSE 와 DFD 육을 예측하기도 한다(Maganhini 등, 2007). 본 실험에서는 pH가 정상범위에 있기 때문에 돈육의 PSE나 DFD의 발생에는 부정적인 영향을 끼치지 않을 것으로 사료된다.

사료 내 밀 60%, 팜박 8% 첨가와 commercial 사료에 따른 돈육의 지방산 조성에 미치는 영향을 표 118 에 나타내었다. 측정결과, 돈육 내 palmitic acid, 포화지방산(SFA), 불포화지방산(USFA), 불포화지방산/포화지방산(USFA/SFA) 비율에서 유의적인 효과가 나타나지 않았다. 본 실험에서는 밀 60%, 팜박 8% 사료가 지방산 조성에 부정적인 영향을 끼치지 않는 것으로 사료된다.

표 115. 밀 60%, 팜박 8%, commercial 사료가 육성-비육돈의 돈육의 일반성분과 이화학적 특성에 미치는 영향.

Criteria	Treatments ¹			SEM ²	P-value
	W60	PKM8	Commercial		
Proximate analysis, %					
Moisture	73.28	73.71	73.18	0.139	0.11
Crude protein	24.04	23.67	24.28	0.635	0.61
Crude fat	1.83	2.36	2.40	0.014	0.46
Crude ash	1.24	1.14	1.21	0.018	0.62
Physiochemical property, %					
Cooking loss ³	29.35	28.81	72.54	1.673	0.78
Shear force ⁴	56.25	48.51	27.70	6.733	0.72
WHC ⁵	72.55	68.80	53.86	2.303	0.46

¹ W60 : wheat 60%, PKM8 : PKM 8%, DC : doosan commercial

² Standard error of mean.

³ Cooking loss unit : %.

⁴ Shear force unit : kg/0.5 inch².

⁵ WHC : water holding capacity.

표 116. 밀 60%, 팜박 8%, commercial 사료가 육성-비육돈의 돈육의 육색에 미치는 영향.

Criteria	Treatments ¹			SEM ²	P-value
	W60	PKM8	Commercial		
Hunter value³, L					
0 hr	42.50	40.55	41.74	1.019	0.83
3 hr	40.43	37.69	40.59	1.068	0.58
6 hr	41.38	41.34	41.25	0.590	0.99
12 hr	46.21	46.06	45.53	1.138	0.91
24 hr	50.48	43.02	42.97	0.806	0.96
Hunter value³, a					
0 hr	4.63	4.36	5.06	0.371	0.80
3 hr	4.80	5.59	6.35	0.432	0.17
6 hr	4.90	5.31	6.33	0.388	0.18
12 hr	5.57	6.72	6.18	0.350	0.06
24 hr	6.48	6.54	6.81	0.399	0.13
Hunter value³, b					
0 hr	3.97	3.33	3.63	0.145	0.26
3 hr	4.14	4.11	4.38	0.253	0.88
6 hr	4.24	4.19	4.47	0.191	0.71
12 hr	4.62	5.53	6.42	0.337	0.19
24 hr	5.83	4.81	5.58	0.307	0.05

¹ W60 : wheat 60%, PKM8 : PKM 8%, DC : doosan commercial

² Standard error of mean.

³ Hunter L : luminance or brightness (vary from black to white), a : red and green component (+a:red,-a:green), b : yellow and blue component (+b:yellow, -a:blue).

표 117. 밀 60%, 팜박 8%, commercial 사료가 육성-비육돈의 돈육의 pH에 미치는 영향.

Criteria	Treatments ¹			SEM ²	P-value
	W60	PKM8	Commercial		
Time after slaughter					
0 hr	5.77	5.91	5.95	0.054	0.55
3 hr	5.58	5.57	5.69	0.028	0.30
6 hr	5.50	5.43	5.49	0.018	0.24
12 hr	5.60	5.50	5.68	0.032	0.11
24 hr	5.57	5.50	5.59	0.018	0.08

¹ W60 : wheat 60%, PKM8 : PKM 8%, DC : doosan commercial

² Standard error of mean.

표 118. 밀 60%, 팜박 8%, commercial 사료가 육성-비육돈의 돈육의 지방산에 미치는 영향.

Criteria	Treatments ¹			SEM ²	P-value
	W60	PKM8	Commercial		
Fatty acid composition, %³					
C14:0	1.17	1.29	1.17	0.064	0.41
C16:0	22.81	23.59	23.11	0.348	0.34
C16:1	2.81	2.95	2.59	0.272	0.67
C18:0	12.73	12.10	12.85	0.231	0.12
C18:1n9c	34.63	34.61	34.09	0.287	0.39
C18:1n7	3.74	3.65	3.87	0.098	0.35
C18:2n6c	15.21	15.10	15.74	0.647	0.76
C20:0	0.14	0.13	0.14	0.008	0.44
C18:3n6	0.16	0.14	0.13	0.009	0.18
C20:1	0.54	0.56	0.56	0.029	0.92
C18:3n3	0.34	0.29	0.35	0.017	0.08
C20:2	0.31	0.28	0.32	0.017	0.29
C20:3n6	0.56	0.58	0.57	0.031	0.96
C20:3n3	0.06 ^b	0.13 ^a	0.06 ^b	0.010	<0.01
C20:4n6	4.46	4.35	4.19	0.240	0.74
C20:5n3	0.16	0.14	0.16	0.014	0.53
C22:6n3	0.17 ^a	0.12 ^b	0.09 ^b	0.010	0.01
ΣSFA ⁴	36.85	37.11	37.27	0.220	0.45
ΣMUFA ⁵	41.73	41.77	41.12	0.604	0.71
ΣPUFA ⁶	21.42	21.13	21.61	0.810	0.61
PUFA/SFA	0.58	0.57	0.58	0.025	0.93

¹ A : wheat 60%, B : PKM 8%, C : commercial.

² Standard error of mean.

³ Least squares means for 3 pigs per treatment.

⁴SFA = saturated fatty acids

⁵MUFA = monounsaturated fatty acids

⁶PUFA = polyunsaturated fatty acids

5) 경제성 분석

사료 내 밀 60%, 팜박 8% 첨가와 commercial 사료에 따른 경제성을 분석한 결과를 표 119에 나타내었다. 각 처리구간의 경제성은 사료 kg당 생산가격과 사양기간 중의 사료섭취량과 사료단가(kg/원)로서 사료비와 1kg 증체당 사료비를 각각 구하여 비교하였다. 1kg 증체당 사료비는 commercial 사료 C 처리구가 4-6주를 제외하고 가장 높았고, 4-6주는 팜박 8% 사료 B 처리구가 가장 높았다. 육성기 사료의 가격은 A(358원/kg), B(352원/kg), C(343원/kg), 비육전기 A(345원/kg), B(337원/kg), C(343원/kg), 비육후기 A(319원/kg), B(312원/kg), C(334원/kg)으로 실험기간 동안 육성기를 제외하고 팜박 8% B 처리구의 사료 가격이 제일 낮았다.

총 사육기간 동안의 마리당 총 사료비용은 밀 60% 처리구가 가격 높았지만, 출하 체중 도달일령은 가장 낮았다. 그러나 출하 체중 도달 총 비용을 고려해보았을 때 팜박 8% 처리구

에서 가장 낮은 가격을 보였다. 가격만 고려할 경우 출하 체중 도달시 총 비용이 가장 낮은 팜박 8% 처리구가 가장 효율적이고, 출하 일령을 고려시에는 가장 빨리 출하 할 수 있는 밀 60% 처리구가 가장 효율적일 것으로 사료된다

표 119. 밀 60%, 팜박 8%, commercial 사료가 농가의 경제성에 미치는 영향.

Criteria	Treatments ¹		
	W60 ²	PKM8 ³	Commercial ⁴
Feed cost per weight gain, won/kg			
0-3 week	888	796	901
4-6 week	996	1,149	1,109
7-8 week	1,262	1,119	1,408
0-8 week	3,146	3,064	3,418
Total feed cost per pig, won/head			
0-3 week	22,168	19,594	20,502
4-6 week	25,625	24,740	26,297
7-8 week	28,301	23,380	27,546
0-8 week	76,094	67,684	74,345
Days to market weight(110kg) from 46.25kg, days			
	54	59	59
Total feed cost per pig, won/head (reached 110kg BW)			
	73,823	71,489	78,966

¹ W60 : wheat 60%, PKM8 : PKM 8%, DC : doosan commercial

² W60 : growing period (358원), early finishing period (345원), late finishing period (319원).

³ PKM8 : growing period (352원), early finishing period (337원), late finishing period (312원).

⁴ Commercial : growing period (343원), early finishing period (343원), late finishing period (334원).

4. 결론 (Conclusion)

본 실험은 이전에 수행되었던 사료 내 밀, 팜박의 서로 다른 수준별 첨가가 육성-비육돈의 성장성적, 혈액성장, 돈육품질, 경제성에 미치는 영향에 대한 결과를 바탕으로, 밀 60%, 팜박 8% 와 commercial 배합사료를 비교해보기 위해 진행되었다. 성장성적에서는 실험 전체기간 동안 체중, 일당증체량, 일당사료섭취량 부분에서 밀 60% 첨가한 A 처리구에서 가장 좋은 성적을 나타냈다. 혈액성상에서는 6주차에 BUN 농도가 commercial 처리구보다 밀 60%, 팜박 8% 처리구가 더 낮게 나타났으며, 나머지 항목에서는 유의적인 차이를 나타내지 않았다.

돈육의 품질에서는 모든 항목에서 유의적인 차이는 나타나지 않았지만, 황색도 b 값이 밀 60%, commercial 처리구가 팜박 8% 처리구보다 높은 경향을 나타냈다. 경제성 분석에서는

수치적으로 출하 체중 도달 일령에서는 밀 60% 처리구가 가장 빨랐고, 출하 체중 도달 총 비용에서는 commercial 사료 처리구가 가장 비용이 높았고, 팜박 8% 처리구가 가장 낮은 값을 보였다. 본 실험에서는 밀 60%, 팜박 8% 처리구 모두 commercial 사료 처리구보다 경제성을 갖고 있는 것으로 사료된다.

따라서 사료 내 밀 60%, 팜박 8%를 첨가하여도 육성-비육돈의 성장성적, 혈액성상, 돈육의 품질, 경제성 분석에서 대등한 결과가 나타난 것으로 사료된다.

연구 2. 자돈의 폐사율 감소를 위한 사양시스템의 일반농가 현장실증실험

1. 서론 (Introduction)

현재 우리나라는 외국과의 FTA 체결, 가축분뇨의 해양투기 금지, 구제역, 소모성 질환 등의 삼중고로 인하여 양돈농가가 큰 어려움을 겪고 있는 실정이다. 생산비에 있어, 가장 많은 부분을 차지하고 있는 사료비는, 제조비용 중 원 재료비 비중이 80% 정도를 차지하고 있고, 그 대부분을 수입에 의존하고 있으며, 이는 곧 수입곡물의 가격 폭등이 국내 배합사료의 원가 상승과 축산물 생산비 증가 등 국내 축산과 관련된 여러 분야에 상당한 타격을 가져올 것으로 예측되고 있는 실정이다. 현재 우리나라뿐만 아니라 세계 여러 나라에서 이러한 문제에 대한 해결책으로 다양한 대안을 찾고 있고 그 중 현실적으로 받아들여지고 있는 해결책이 원료사료 중 고가의 비중을 차지하고 있는 원료들을 대체할 수 있는 대체원료의 이용이다. 이러한 대체 원료중에 설사방지에도 가장 효과적인 곡류로 지목되는 것이 바로 보리이다. 하지만 보리는 축우산업에서는 많은 연구가 되고 있는 반면 양돈산업에서는 세부연구가 많지 않은 실정이다. 이러한 이유에는 보리내 항영양인자인 β -glucan 의 영향으로 기호성을 떨어뜨리고 사료효율을 떨어뜨린다는 선행 연구들이 있기 때문이다. 하지만 보리의 식이 섬유소가 영양소 이용성을 떨어뜨린다고 하였는데, 이유자돈 사료에 수용성 식이섬유(soluble dietary fiber)의 수준 증가는 장내 점도를 증가시키고 영양소 소화율을 감소시킬 수 있어 오히려 성장율을 감소시킨다고 하였다(Shi 와 Noblet, 1994; Canh 등, 1998; Davidson 와 McDonald, 1998). 또한 보리는 성장속도가 매우 빨라 다른 작물과 2모작이 가능하여 단위면적당 생산량이 높으므로 원료가격이 옥수수나 대두박에 비해 월등히 낮고 열대지방에서 다량 생산되는 부산물이라는 장점을 가져, 곡류 원료사료 대체용 원료로 부각되고 있다. 보리의 영양적인 특징을 살펴보면, 전분 함량이 48-72%, 조단백질 함량이 9-16%, total β -glucan 함량이 21-11%, acid detergent fiber(ADF)는 4-8%, neutral detergent fiber (NDF)는 12-20%로 보고되었고(Bhatty, 1984; Henry, 1988), 에너지원으로서도 이용되어 왔는데(Newman 와 Newman, 1990), 이러한 특징으로 보리는 양돈 사료에서 옥수수와 가소화에너지(DE)는 옥수수와 유사하나 대사에너지(ME)는 옥수수 및 다른 곡류에 비하여 낮은 것으로 보고되었다(NRC, 1988). 이러한 차이는 보리 외피의 섬유소에 의한 것으로, 조섬유 함량이 5.1%로서 에너지가 낮은 것이 주요 요인이며(Patience 와 Thacker, 1989), 옥수수 대비 상대적인 가치가 90-95%로 알려져 있다(The Kansas swine nutrition guide, 1997). Froseth (1984)에 의하면 보리에는 필수 영양소의 균형이 적절히 이루어져 있어 양돈 사료로 이용하기에 적합하다고 하였다. Bell과 Keith (1993)는 보리는 돈육의 품질을 향상시키며, 살코기 함량을 높이고 등지방 두께를 감소시키는 효과가 있다고 보고하였다. 이유자돈 내에서 옥수수나 수수보다 조섬유 함량이 높아 이용성이 다소 떨어지지만, 보리내의 식이섬유인 β -glucan이 장내의 영

양소 흡수율을 증가 시키고, 면역을 증가시킨다는 장점이 있다(Ewaschuk 등, 2011). 이러한 장점을 지니고 있는 보리를 자돈 사료에 첨가함으로써 자돈의 장건강과 면역증진, 성장능력 향상을 기대할 수 있다.

따라서 본 실험에서는 보리를 수준별로 첨가하였을 때 나타나는 성장성적, 혈액성상, 설사 빈도 및 경제성 분석으로 대체 가능한 원료로서의 평가가능성을 알아보고자 수행하였다.

2. 실험 방법 및 재료 (Materials and Methods)

1) 실험동물 및 실험설계 (Experimental animal and design)

평균 체중 5.97 ± 0.32 kg인 삼원 교잡종 YLD([Yorkshire \times Landrace] \times Duroc) 이우자돈 (28 \pm 3 일령) 200두를 공시하였으며, 서울대학교 농업생명과학대학 부속실험목장에서 5주 동안 사양실험을 수행하였다. 사양실험은 총 4처리 5반복으로 돈방당 10두씩 성별과 체중에 따라 난괴법 (RCBD; Randomized Complete Block Design)으로 배치하였다. 처리구는 실험사료의 보리 첨가량 및 시중사료에 따라 설정하였으며, 1) CON : control + 보리 0% 첨가 (NRC, 2012 사양표준을 충족시키는 corn-soy bean meal based diet), 2) B15 : basal diet + 보리 15% 첨가, 3) B30 : basal diet + 보리 30% 첨가, 4) B45 : basal diet + 보리 45% 첨가 로 실험을 수행하였다.

2) 실험 사료 (Experimental diet)

옥수수-대두박 위주로 실험사료의 기초사료(basal diet)를 배합하였으며, 사육단계에 따라 영양소 요구량 (NRC, 2012)을 고려하여 배합을 실시하였다. 실험사료의 대사에너지 (ME; metabolizable energy)는 Phase I (0~2주), Phase II (3~5주)에 각각 3,265.00 kcal/kg 로 배합하였다. 보리의 특성상 심이섬유 성분이 포함되어 있어 다른 요인들에 영향을 받지 않기 위해 유제품 함량은 Phase 별 각각 10, 5 %로 고정하였다. 라이신(lysine)의 함량은 Phase I, Phase II에 각각 1.35%, 1.15%이었다. 보리는 각각 0%, 15%, 30%, 45%가 처리구별로 각각 첨가되었으며, 옥수수와 대두박을 통해 영양소 요구량을 충족시켜 주었다. 조단백질, 비타민, 미량광물질 및 다른 영양소들은 NRC (2012)의 요구수준과 같거나 높게 배합하였으며, 실험사료의 원료 및 화학적 조성은 표 120 (Phase I), 표 121 (Phase II)에 각각 제시된 바와 같다.

표 120. 사료배합비 및 화학적 조성 (phase I)

Ingredients, %	Treatment ¹⁾			
	CON	B15	B30	B45
Corn	60.01	46.40	32.99	19.55
SBM	29.38	26.21	24.27	21.29
Barley	0.00	15.00	30.00	45.00
Whey powder	2.00	2.00	2.00	2.00
Lactose	3.00	3.00	3.00	3.00
Soypeptide	1.50	2.53	2.52	3.39
Soy-oil	0.84	1.54	2.24	2.94
MDCP	1.22	1.17	1.13	1.07
Limestone	1.02	0.90	0.78	0.67
L-Lysine-HCl	0.16	0.18	0.20	0.22
DL-met	0.04	0.04	0.04	0.04
Vit. Mix	0.10	0.10	0.10	0.10
Min. mix	0.10	0.10	0.10	0.10
Salt	0.30	0.30	0.30	0.30
ZnO	0.10	0.10	0.10	0.10
Choline-Cl(50%)	0.23	0.23	0.23	0.23
Total	100.00	100.00	100.00	100.00
Chemical composition²⁾				
ME, kcal/kg	3,265.23	3,265.19	3,265.17	3,265.00
CP, %	20.56	20.56	20.56	20.56
Lysine, %	1.35	1.35	1.35	1.35
Methionine, %	0.35	0.35	0.36	0.35
Ca, %	0.80	0.80	0.80	0.80
Total P, %	0.65	0.65	0.65	0.65

¹⁾CON : Control, B15 : Basal diet + barley 15%, B30 : Basal diet + barley 30%,
B45 : Basal diet + barley 45%.

²⁾Calculated values.

표 121. 실험사료의 사료배합비 및 화학적 조성 (phase II)

Ingredients, %	Treatment ¹⁾			
	CON	B15	B30	B45
Corn	50.39	36.78	23.24	9.38
SBM	33.09	31.13	28.87	28.46
Barley	0.00	15.00	30.00	45.00
Whey powder	4.00	4.00	4.00	4.00
Lactose	6.00	6.00	6.00	6.00
Soypeptide	2.02	2.03	2.28	0.99
Soy-oil	0.92	1.62	2.31	3.01
MDCP	1.39	1.34	1.28	1.25
Limestone	1.15	1.04	0.93	0.81
L-Lysine-HCl	0.26	0.28	0.30	0.32
DL-met	0.08	0.08	0.09	0.08
Vit. Mix	0.10	0.10	0.10	0.10
Min. mix	0.10	0.10	0.10	0.10
Salt	0.30	0.30	0.30	0.30
ZnO	0.10	0.10	0.10	0.10
Choline-Cl(50%)	0.10	0.10	0.10	0.10
Total	100.00	100.00	100.00	100.00
Chemical composition²⁾				
ME, kcal/kg	3,265.00	3,265.23	3,265.17	3,265.00
CP, %	18.88	18.88	18.88	18.88
Lysine, %	1.15	1.15	1.15	1.15
Methionine, %	0.30	0.30	0.30	0.30
Ca, %	0.70	0.70	0.70	0.70
Total P, %	0.60	0.60	0.60	0.60

¹⁾CON : Control, B15 : Basal diet + barley 15%, B30 : Basal diet + barley 30%,
B45 : Basal diet + barley 45%.

²⁾Calculated values.

3) 사양 실험 및 혈액 채취 (Feeding trial and blood sampling)

실험돈은 강화 플라스틱 슬롯 바닥에서 사육되었으며, 각 돈방의 크기는 $1.80 \times 1.63 \text{ m}^2$ 이었다. 총 5주간의 사양실험 기간 동안 사육되었으며, 전체 시험 기간 동안 물과 사료는 무제한 자유 채식토록 하였다(*ad libitum*). 체중 및 사료 섭취량은 사육 단계 및 사료 종류의 변동 시점을 고려하여 2주차 및 5주차에 측정하여 체중 (BW : Body weight), 일당증체량 (ADG : Average daily gain), 일당사료섭취량 (ADFI : Average daily feed intake), 사료효율 (G:F ratio : Gain to feed ratio)을 계산하였다. 혈액성상을 분석하기 위해 면역글로불린 IgG, IgA의 농도 분석과 혈중요소태질소 (BUN : Blood urea nitrogen)를 조사하기 위해 체중 측정 시 경정맥에서 혈액을 채취하였으며, 채혈 후 4°C에서 3,000 rpm 으로 15분간 원심 분리하였다. 원심 분리 후 혈청을 분리하여 -20°C에서 분석 전까지 보관하였다.

4) 설사 빈도(Diarrhea incidence)

설사 빈도나 정도를 조사하는 방법은 다양하게 존재하나 가장 많이 쓰이는 방법은 분의 색깔, 연도(수분함량), 실험돈의 상태를 3단계 혹은 5단계로 구분하여 점수를 부여하여 판단하게 되는데 이는 자칫 실험수행자 개인의 의도가 반영되거나 객관적이지 못할 수 있는 위험이 있다. 따라서 설사빈도 측정을 실험 개시 후 매일 오전 8시에 사양 실험돈을 대상으로 실시하였으며, 각 돈방 별로 10두의 자돈들을 대상으로 항문 주위의 수양성 설사(watery diarrhea)흔적을 가진 개체 수를 파악하여 설사빈도를 측정하였다. 수양성 설사 흔적이 없는 돈방의 설사빈도를 0으로 측정하였으며, 모든 개체의 항문 주위가 수양성 설사 흔적을 보였을 때의 설사 빈도를 10로 하여 실험 기간 총 35일 동안 측정하였으며, 설사 빈도의 전체적인 경향 파악을 위하여, 각 실험단계별(Phase I, Phase II)로 나누어 정리하였다.

5) 경제성 분석 (Economic analysis)

경제성분석은 처리구들의 각 Phase별로 1kg 증체하는데 소요된 사료량에 1kg당 사료 가격을 곱하여 체중 1kg 증체 당 생산비를 구하여 비교하였다. 실험 기간 동안 동일 환경에서 사육되었으므로 제반 부대비용을 고려하지 않았으며, 사료비용만을 기준으로 계산하였다. 사료비용은 크게 옥수수, SBM, 보리의 사료섭취량과 사료 단가 (kg/W)를 이용하여 총 사료비와 증체 kg 당 사료비 그리고 0~5주까지의 사료비를 각각 계산하여 처리구와 phase별로 비교하였다. 실험이 수행된 시기의 각 단계별 실험수행 당시 입고된 사료가격을 기준으로 계산하였다.

6) 통계 분석 (Statistical analysis)

통계분석은 SAS(2006)의 일반선형모형(GLM)을 이용하여 수집된 자료에 대한 유의성 검정을 실시하였으며, 돈방울 실험단위로 하여 요인 분석 및 최소유의차 (LSD) 다중 검정법에 의해 처리 간의 결과를 비교하였다. LSD 검정을 이용하여 $P < 0.01$ 인 경우 고도의 유의차가 있는 것으로, $P < 0.05$ 인 경우 유의차가 있는 것으로 간주하였다.

3. 실험 결과 및 고찰 (Results and Discussion)

1) 성장 능력 (Growth performance)

보리의 첨가가 이유자돈의 성장 능력에 미치는 영향을 아래 표 122에 나타내었다. 보리를 0%, 15%, 30%, 45% 첨가한 처리구(이하 : CON, B15, B30, B45)의 성장성적은 모든 처리구가 동일한 수준이었다. 체중(BW)에 있어 CON 처리구가 가장 높은 17.183 kg을 기록하였으나, 보리 첨가 수준이 증가하여도 동등한 성장성적을 기록하였다. 총 5주간의 사양실험동안 일당증체량(ADG)과 사료효율(G:F ratio)에 있어서는 체중과 유사하게 CON 처리구가 가장 높은 수치를 기록했다. 그러나 일당사료섭취량(ADFI)에서는 B45 처리구가 825g으로 가장 높았다. 보리의 첨가 수준이 증가할수록 사료섭취량은 증가하는 수치를 보였으나, 이에 따른 유의적인 차이는 나타나지 않았다.

Mahan 와 Newton(1993)은 이유자돈으로 0~5주 동안 사료에 Dried skim milk 베이스, starch 및 dextrose, lactose와 barley를 첨가, 급여하여 실험 하였는데, ADG를 비교해보면, 보리의 수준별 차이를 둔 처리구들의 0~5주간 평균 ADG는 316g이었고, 위 선행연구에서의 0~5주간 ADG 평균은 332g으로 유사한 결과를 나타내었다. Liao 등 (2006)의 선행연구에서도 보리를 30% 이상 첨가한 처리구가 CON 처리구보다 더 높은 사료섭취량을 기록하였는데, 본 연구에서도 보리의 수준별 첨가가 증가할수록 사료섭취량은 더 높은 것으로 나타났다. Hollis 와 palmer, (1971)의 연구에서 보리를 첨가한 처리구와 corn-based meal diet를 비교하였는데 ADG는 동등하게 나타났으나 G:F ratio에서 88% 감소했다고 나타났다. 본 연구에서는 CON과 B45 처리구를 비교해 볼 때 ADG(320 vs 314g)는 유사하게 나타났고, G:F ratio(0.485 vs 0.442)는 91%로 감소하여 선행연구와 유사하게 나타났다. 총 5주간의 실험기간동안 옥수수과 SBM을 보리 0, 15, 30, 45%로 대체한 결과, 모두 동일한 성장성적을 나타내었기 때문에 이유자돈에게 보리를 45%까지 첨가하여 사료를 급여하여도 이유자돈의 성장에 어떠한 부정적인 영향도 미치지 않았다고 판단된다.

표 122. 보리의 수준별 첨가가 이유자돈의 성장성적에 미치는 영향

Criteria	Treatment ¹⁾				SEM ²⁾	P-value
	CON	B15	B30	B45		
Body weight, kg						
Initial	5.97	5.97	5.97	5.97	0.01	-
2 week	8.408	8.144	8.312	8.349	0.2674	0.6787
5 week	17.183	16.551	16.852	16.945	0.3264	0.8525
ADG, g						
0 - 2 week	174	155	167	170	7.4	0.6771
3 - 5 week	418	400	407	409	9.2	0.9345
0 - 5 week	320	302	311	314	6.9	0.8514
ADFI, g						
0 - 2 week	260	256	273	288	6.9	0.3003
3 - 5 week	1,150	1,135	1,179	1,183	17.8	0.7581
0 - 5 week	794	783	817	825	31.7	0.5081
G:F ratio						
0 - 2 week	0.678	0.604	0.637	0.589	0.0211	0.4813
3 - 5 week	0.363	0.352	0.344	0.346	0.0056	0.3842
0 - 5 week	0.485	0.454	0.452	0.442	0.0102	0.4409

¹⁾CON : Control, B15 : basal diet + barley 15%, B30 : basal diet + barley 30%, B45 : basal diet + barley 45%.

²⁾Standard error of mean.

2) 혈액성상 (Blood profiles)

다음 표 123에 사료 내 보리 수준에 따른 혈액성상의 농도를 나타내었다. 보리 첨가 수준에 따른 면역글로불린 G와 A(이하 : IgG, IgA)에서는 총 실험기간 동안 유의적인 차이를 보이지 않았다. 혈중요소태질소(Blood urea nitrogen; 이하 : BUN) 농도에서도 Phase I(0~2주)과 Phase II(3~5주) 및 총 실험기간 동안 유의적인 차이를 발견하지 못했다.

면역 글로불린은 IgG, IgA, IgD, IgE, IgM으로 이루어져있는데, 특히 IgG와 IgA가 총 글로불린의 각각 70, 20%를 차지한다. 일반적으로 IgG는 혈청내 항체에 많이 함유되어 있으며, 자돈기에 유해 감염원 및 박테리아 등의 침입을 방지해주는 역할을 한다. IgA 역시 유사한 감염방어에 관여하지만 분비항체로서 혈청 내 점막면에서 역할을 수행한다고 알려져 있다. 장 용모세포의 손상을 막는 역할은 주로 항체가 수행하는데 가장 효과적인 것이 IgA(Tomasi, 1968)고 그 다음이 IgG이다. 돼지의 태아는 태반을 통해 항체를 공급받을 수 없고(Sterzl 등, 1965), 모돈으로부터 분만 후 초유를 통해서만 여러 질병에 대한 항체를 이행 받아 자신을 보호할 수 있게 된다. 그러나 초유는 분만 후 24-36시간에 가장 많은 분비량을 보이다가 이후 점차 줄어들게 되며(Speer 등, 1959; Brown 등, 1960), 이 때문에 본격

적인 면역형성이 일어나기 전인 약 3주령에는 체액면역이 급격히 줄어들어 면역적으로 위험한 상태에 놓이게 된다. 또한, 이유를 기점으로 모돈과 격리되어 새로운 환경에 적응해야만 하는 스트레스를 겪게 된다. 대개 이유 후 일주일을 스트레스 극복기간으로 간주하며, 이 기간에는 병원에 대한 면역력이 급격히 떨어지므로 이유 전 면역력을 충분히 증강시킬 필요가 있다. 하지만 보리 첨가 수준에 따른 어떠한 유의적인 차이도 나타나지 않은 것으로 보아 부정적인 영향은 없는 것으로 사료된다. 일반적으로 BUN은 아미노산의 이용에 대한 대표적인 지표로 쓰인다(Eggum, 1970). BUN은 단백질 섭취와 그 품질에 직접적인 연관성을 가지며, 체내의 식이 아미노산 균형과 역의 상관관계 (negative correlation)를 갖는다(Eggum, 1970; Hahn et al., 1995). 또한 Bergner (1977)는 혈청 내 Urea 농도와 사료의 생물가(biological value)는 역의 상관관계가 있다고 밝혔다. 따라서 BUN은 동물의 단백질 요구량을 결정하거나 (Hatori 등, 1994; Cai 등, 1996), 단일 아미노산의 요구량을 결정하는데 (Taylor 등, 1982; Coma 등 1995), 반응지표로서 사용되어 왔다. 또한 질소 대사(nitrogen metabolism)는 식이 아미노산 농도에 따라 빠르게 변하는 것으로 알려져 있는데 (Fuller 등 1979), BUN은 오랜 기간 동안 사료를 섭취하였을 때 아미노산에 대한 이용율 등을 나타낼 수 있다(Nam과 Aherne, 1995). 또한 BUN은 섭취한 질소의 체내 유지에 관여한다(Whang and Easter, 2000). BUN value는 일당증체량 및 사료효율과 역의 상관관계를 갖는다(Hahn 등, 1995). 하지만 보리 첨가 수준에 따른 BUN 수치에는 유의적인 차이가 발견되지 않았으므로 부정적인 영향은 없는 것으로 사료된다.

표 123. 보리의 수준별 첨가가 이유자돈의 혈액성상에 미치는 영향

	Treatment ¹⁾				SEM ²⁾	P-value	
	CON	B15	B30	B45		Lin.	Quad.
Blood analysis							
IgG, mg/dL							
Initial 258				50.4	-	-
Phase I	328	353	319	385	16.6	0.360	0.111
Phase II	450	428	571	516	35.2	0.376	0.255
IgA, mg/dL							
Initial 0.70.....				0.462	-	-
Phase I	0.69	0.58	0.71	0.70	0.029	0.542	0.683
Phase II	0.59	0.42	0.53	0.30	0.064	0.432	0.805
BUN, mg/dL							
Initial 12.8				2.84	-	-
Phase I	10.7	14.0	11.3	11.1	0.80	0.214	0.527
Phase II	12.2	10.8	8.9	6.3	0.89	0.087	0.868

¹⁾CON : Control, B15 : Basal diet + barley 15%, B30 : Basal diet + barley 30%, B45 : Basal diet + barley 45%.

²⁾Standard error of means.

3) 설사 빈도(Diarrhea incidence)

표 124에 총 5주간의 사양 실험을 통해 각 처리별로 설사의 빈도를 조사하였다. Phase I에서는 평균 pen당 설사하는 개체수가 약 3~4두로, 보리 첨가 수준에 따라 수치적으로 낮아지는 결과를 나타내었고, Phase II와 Total period에서는 보리 첨가 수준이 증가할수록 설사 발생이 고도의 유의적인 차이가 나타났다($P < 0.01$). 모든 Phase 간에 보리의 첨가수준에 따라 linear한 설사 감소율이 나타났다($P < 0.01$).

현재 이유자돈의 설사는 항생제에 대한 반응성이 감소하거나 없고, 이유 후 전신소모성질병(PMWS; post weaning multi systemic wasting syndrome)과 유사 증상을 보이며, 그 원인도 다양하다. 보통 설사를 하는 이유 자돈은 열과 경련이 나고, 복식호흡을 하거나 위축되어 심하면 폐사에 이르게 되며, 설사로만 끝나는 것이 아니라 호흡기 질병까지 동반한다. 설사의 원인으로서는 주로 5가지를 들 수 있다. 먼저 과식성 설사로 이유 후 1~2주 사이에 발생한다. 둘째, 영양성 설사로 사료 교체에 의해 발생하며, 주로 결장염으로 진단된다. 셋째로, 기계적 설사로 사료에 자돈이 감당하지 못할 정도로 단단하거나 거친 원료가 포함되었을 때 발생한다. 넷째로, 알러지에 의한 설사이다. 이것은 특정 사료, 그중에도 단백질 성분에 의해 발생한다. 다섯째, 원인으로서는 가장 중요한 것은 병원성 미생물에 의한 설사이다. 자돈의 설사는 영양적 설사의 발생도 그 원인 중 하나이지만 일반적으로 대장균이나, 살모넬라 등 병원균에 의해 일어나는 설사가 대부분을 차지한다. 그러나 본 연구에서는 영양적 요인인 보리 수준에 따라 이들이 설사빈도에 미치는 영향을 조사하였다.

본 실험에서 보리의 첨가량이 늘어날수록 각 phase에서 설사 발생개체 수가 줄어드는 것을 알 수 있다. McDonald 등(1999, 2001)의 연구결과에서는 이유자돈 사료에 대한 식이섬유의 첨가는 장내에서 대장균 증식을 감소시킬 수 있어 설사발생을 크게 줄일 수 있다고 하였다. 또한 섬유소 함량이 높은 보리를 많이 첨가한 처리구에서 설사의 빈도가 더 적은 것은 Hans(2011), Inborr(1988), Ball 와 Aherne(1982)등 많은 논문들의 내용 및 결과와 일치한다. Ewaschuk 등(2011)은 보리내의 식이섬유 β -glucan의 장내의 영양소 흡수율을 증가 시키고, 면역을 증가시키는 장점이 있다고 하였는데, 비록 본 실험에서 보리의 첨가에 따른 장 조직학적 변화나 면역력 향상을 확인하지 않았으나, 이러한 첨가량에 따라 설사빈도수의 감소는 보리 내의 식이 섬유소의 긍정적인 영향으로부터 기인되었다고 추측해 볼 수 있다. 따라서 이유자돈 사료내의 보리 첨가는 설사 발생을 줄이고, 장내 건강에 도움을 주었다고 할 수 있다. 아래 그림 27은 총 5주간의 사양 실험을 통해 각 처리별로 설사의 빈도를 그래프로 나타내었다.

표 124. 보리의 수준별 첨가가 이유자돈의 설사빈도에 미치는 영향

	Treatment ¹⁾				SEM ²⁾	P-value	
	CON	B15	B30	B45		Lin.	Quad.
Diarrhea incidence³⁾							
Phase I	4.73	4.57	4.21	4.04	0.190	0.225	0.796
Phase II	2.27 ^A	2.10 ^B	2.00 ^B	1.83 ^C	0.051	<0.01	0.628
Total	3.25 ^a	3.09 ^a	2.89 ^{ab}	2.71 ^b	0.096	0.048	0.911

¹⁾CON : Control, B15 : Basal diet + barley 15%, B30 : Basal diet + barley 30%, B45 : Basal diet + barley 45%.

²⁾Standard error of means.

³⁾Diarrhea incidence : 0(no occurrence) to 10(diarrhea on all pigs); Data were measured by average total diarrhea incidence during each phases.

^{A,B,C} Means with different superscripts significant difference (P<0.01).

^{ab} Means with different superscripts significant difference (P<0.05).

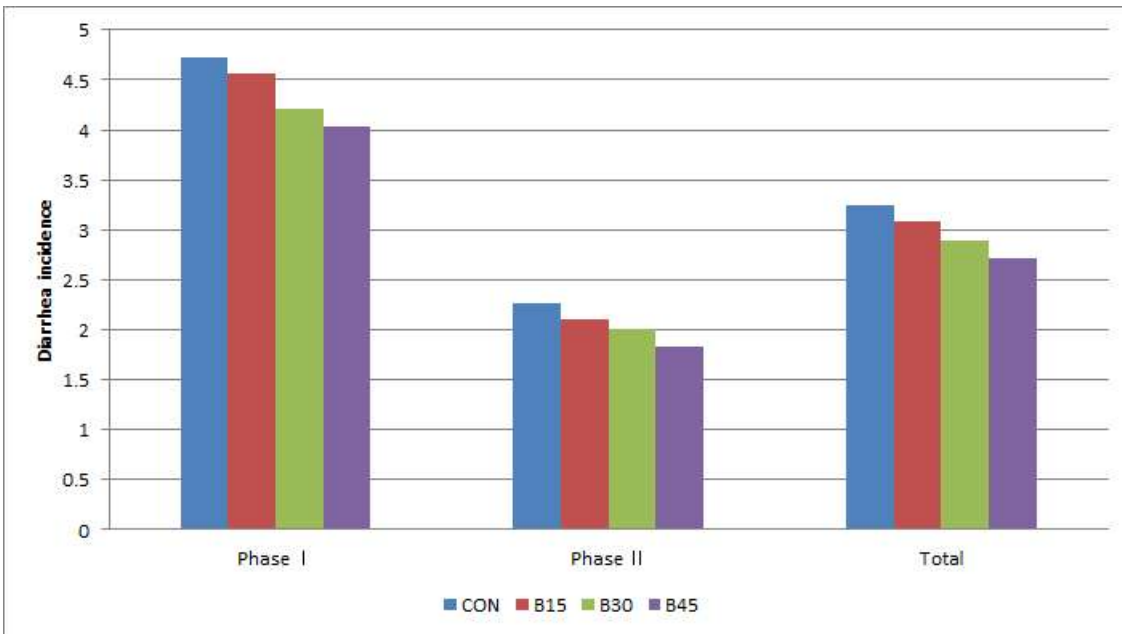


그림 27. 보리의 수준별 첨가가 이유자돈의 설사빈도에 미치는 영향

4) 경제성 분석 (Economical analysis)

표 125에 보리의 수준별 첨가가 사료비에 미치는 영향에 대한 경제성 분석결과를 나타내었다. 각각의 처리구, Phase별로 두당 사료섭취량에 kg당 사료가격을 곱하여 두당 증체량으로 나누어 kg당 증체하는데 소요된 사료비를 구하였다. 실험에 사용된 주요 원료의 가격은 2015년 08월 시세와 환율을 적용했을 때 EP corn (201.6원), SBM(48%) (430.9원), Unhulled Barley (149.4원) 이었다. 다른 요인들은 제외하고 3가지 주요원료의 단가로 경제성

분석을 실행하였고, 다른 항목들은 배제하였다. 실험 당시 사료의 공급단가를 적용하여 계산한 총 5주간 이유자돈의 두당 1kg 증체시 사료비용은 CON, B15, 30, 45 처리구 순으로, 가장 적게 비용이 들어간 B45 처리구 (545원)에 비해 각각 22원(3.96%), 52원(8.67%), 61원(10.03%)이 추가적으로 소요되었다.

CON과 B45의 실험기간 동안 총 체중은 동일한 수준인데, 두당 5주간 평균 총 사료비는 각각 7,270원, 6,540원으로 생산비에서 큰 차이가 발생하였다. 이는 500두 규모의 농가가 연간 이유자돈 1만두를 위의 두 사료로 육성기 전까지 생산한다고 가정하면 이유자돈기 5주에서만 약 730만원 정도의 차이가 난다. 생산 성적이 우수한 농가일수록 그 차이는 훨씬 더 클 것으로 사료된다.

표 125. 보리의 수준별 첨가가 농가의 경제성에 미치는 영향

	Treatment ¹⁾			
	CON	B15	B30	B45
Phase I				
kg당 사료 가격, ₩	247.6	228.9	215.9	198.4
두당 증체량, kg	2.438	2.174	2.342	2.379
두당 사료섭취량, kg	3.640	3.584	3.822	4.032
Feed cost for weight 1kg, ₩	369.8	377.4	352.3	336.3
Phase II				
kg당 사료 가격, ₩	244.2	230.7	216.1	208.8
두당 증체량, kg	8.778	8.400	8.547	8.589
두당 사료섭취량, kg	24.150	23.835	24.759	24.843
Feed cost for weight 1kg, ₩	671.8	654.8	626.0	603.9
Total Period²⁾				
Feed cost for weight 1kg, ₩	606	597	567	545

¹⁾ CON : Control, Barley 15 : Basal diet + barley 15%. Barley 30 : Basal diet + barley 30%. Barley 45 : Basal diet + barley 45%.

²⁾ 2 weeks & 3 weeks each Phase I, Phase II

4. 결론 (Conclusion)

본 연구는 이유자돈의 사료에 있어 영양적 조절을 통해 설사방지기술의 개발을 위해 보리의 수준별 첨가로 옥수수, 대두박을 부분적으로 대체하여, 이유자돈 생산비의 저감 방법을 모색하고자 수행 되었다. 보리의 4가지 수준별 첨가 처리구와 함께 수행된 모든 phase에서 체중, 일당증체량, 사료섭취량, 사료효율이 유의적인 차이를 나타내지 않았다. 또한 혈액성상 분석에서도 다른 요인들이 발견되지 않았다. 하지만 설사빈도와 경제성 분석에 있어서는 B45 처리구가 가장 낮게 나타났으며, 첨가 수준에 따라 linear하게 감소하는 결과를 나타내었다. 따라서 본 연구에서는 이유자돈 사료내 보리를 45%까지 첨가하였을 때 설사를 방지하는 가장 큰 효과가 있는 것으로 사료된다.

<제1 세부과제명 : 사료비 절감을 위한 사료 배합비 개발 및 자돈의 폐사율 감소를 위한 사양시스템 개발-두산생물자원>

연구 3. 사료비 절감을 위한 신규 대체원료 탐색 및 사료배합비 개발III

- 자돈 사료 내 합성 라이신을 대체하기 위해 라이신 부산물 첨가가 자돈의 성장성적에 미치는 영향

1. 서론 (Introduction)

국내 양돈 농가에서 사료비는 생산비의 50%~70%를 차지한다. 생산비의 많은 부분을 차지하고 있어서 농가를 비롯한 축산 분야에 생산비는 큰 영향을 미치고 있다. 이에 따라 생산비를 어떻게 하면 낮출 수 있을까 하는 것이 농장의 경쟁력을 좌우하기도 한다. 한국의 경우 사료의 주요 원료들을 수입에 의존하는 경향이 강하고 이에 따라 가격과 여러 환경적인 요소에 큰 영향을 받는다. 양돈 사료 내에 쓰이고 있는 원료들의 가격은 예측하기 어렵고 변수가 많기 때문에 양돈 산업의 안정화를 위해서는 생산비를 낮춰야만 한다. 생산비를 낮추는 방법 중 한 가지로 사료원료 중 가장 값이 비싼 원료인 단백질과 아미노산을 낮추는 방법을 찾아보려고 한다. 이에 따라 자돈 사료 내 합성 아미노산을 대체할 수 있는 경제성 있는 사료원료를 검토해 보았다.

대부분의 단백질 공급원은 가격이 비싸기 때문에 동물의 단백질 요구량보다 높게 사료 내 단백질 함량을 설정하기는 쉽지가 않다. 돼지의 단백질 요구량을 맞추기 위해 제 1 제한 아미노산인 Lysine은 주로 L-Lysine·HCl이나 L-Lysine·H₂SO₄와 같은 합성아미노산을 사료 내에 첨가하고 있다. 양돈 곡물 원료사료의 제한아미노산을 자세히 살펴보면 보리, 귀리, 수수, 라이밀, 밀 등의 제 1제한 아미노산이 라이신이며 제한 아미노산의 경우 동물사료를 배합할 때 반드시 고려되어야 하며 부족할 경우 추가적으로 첨가하여야 성장저하를 예방할 수 있다.

합성아미노산을 대체하기 위해 살펴본 것으로 Lysine의 부산물인 Lysine cell mass이다. Lysine cell mass는 Lysine을 생산하는 과정에서 미생물의 배양에 이용되는 코리네박테리아(Corynebacteria)의 유기물을 농축 건조한 제품으로 차세대 훌륭한 조단백질의 공급원이다. 짧은 막대 타입으로 그램 양성균이고 호기성을 띄며 박테리아를 생산하는 전형적인 아미노산인 lysine의 부산물이다. 다량의 조단백질(60%~65%)을 함유하고 있으며 영양이 풍부한 powder type의 제품의 경우 혼합이 용이하다. 또한 전 축종이 사용 가능하다는 장점이 있으며 특히 단위동물인 돼지에게 저렴한 단백질공급원이 되어 사료비를 절감할 수 있다는 큰 장점이 있다.

국내 양돈사료에서 사용되고 있는 L-Lysine·HCl의 가격은 다른 원료사료에 비해 값이 비싸고 또 언제 더 가격이 오를지 모르기 때문에 이에 대비하여 합성 아미노산을 대체할 수 있는 대체제를 연구하게 되었다. Lysine cell mass에 대한 연구는 사료 어분대체제로서 사용이 가능한 어류나 육계에 있어서 단백질 및 아미노산 공급원으로 사용 가능한 연구는 있으나 아직까지 돼지에게 있어서 이용 가능하다는 검증된 연구가 없다. 따라서 본 연구는 이유자돈기 사료 내 L-Lysine·HCl를 전량 대체가 가능한지 보는 연구로써 Lysine cell mass를 첨가하는 것이 이유자돈에 어떠한 영향을 미치는지 평가해보기 위해 수행되었다.

2. 실험 재료 및 방법 (Materials and methods)

1) 실험 동물 및 실험 설계 (Experimental animal and design)

평균체중 6.44 ± 1.191 kg의 삼원교잡종 ([Yorkshire × Landrace] × Duroc) 이유자돈 144두를 공시하여 수행되었다. 실험돈은 사료와 물의 자유 급이가 가능하고, 온도 조절이 용이한 돈사에서 사육되었으며, 일당증체량, 일당사료섭취량, 사료효율을 측정하기 위하여 자돈전기 (0~2주), 자돈후기 (3~5주) 로 나누어 각 시기별로 체중과 사료 섭취량을 측정하였다.

전체 6처리 3반복으로 돈방 당 8두씩 (암컷 4두, 수컷 4두씩)을 난피법 (Randomized complete block design; RCBD)으로 배치하였으며 각 돈방당 평균 체중과 성별을 기준으로 배치하였다. 실험의 처리구는 Phase 1의 경우 1) CON : NRC (1998)의 영양소 요구량을 충족하는 옥수수-대두박 위주의 기초 사료, 2) A : 기초사료 + Lysine Cell Mass 0.70% 첨가, 3) B : 기초사료 + Lysine Cell Mass 1.40% 첨가, 4) C : 기초사료 + Lysine Cell Mass 2.10% 첨가, 5) D : 기초사료 + Lysine Cell Mass 2.80% 첨가. 6) E : 기초사료 + Lysine Cell Mass 3.50% 첨가하였다. Phase 2의 경우 1) CON : NRC (1998)의 영양소 요구량을 충족하는 옥수수-대두박 위주의 기초 사료, 2) A : 기초사료 + Lysine Cell Mass 0.44% 첨가, 3) B : 기초사료 + Lysine Cell Mass 0.88% 첨가, 4) C : 기초사료 + Lysine Cell Mass 1.32% 첨가, 5) D : 기초사료 + Lysine Cell Mass 1.76% 첨가. 6) E : 기초사료 + Lysine Cell Mass 2.20% 첨가하였다. 처리구 E의 Lysine 함량은 이번 실험의 목적인 Lysine 전량 대체하는 Lysine Cell Mass 수준으로 첨가하였다.

2) 실험사료 (Experimental diet)

옥수수-대두박을 실험사료의 기초사료 (basal diet)로 이용하였으며, 사육시기에 맞추어 라이신 부산물(Lysine Cell Mass)을 수준별로 첨가하여 실험사료의 배합을 실시하였으나 CP는 예외적으로 NRC, 2012 기준 total nitrogen에 6.25를 곱한 값을 요구량으로 설정하였다. 실험사료의 대사에너지(ME : metabolizable energy)는 모든 실험기간 동안 3,265.00 kcal/kg 이었

다. 단백질 함량은 Phase I 에서 20.56%, Phase II 에서 18.88%로, 라이신(lysine)의 함량은 Phase I 에서 1.35%, Phase II 에서 1.15%에 맞춰 배합하였다. 트레오닌(threonine)의 함량은 Phase I 에서 0.86%, Phase II 에서 0.74%로 배합되었다. 라이신부산물은 Phase I 에서 대조구를 제외한 5개의 처리구에서 각각 0.70% 수준별로 증가시켰으며 Phase II 에서 대조구를 제외한 5개의 처리구에서 각각 0.44% 수준별로 증가시켜 배합하였다. 영양소소 함량은 NRC 사양표준 (1998)의 요구량을 충족하였다. 주요 실험사료의 원료 및 화학적 농도는 각 실험단계별로 표 126 (phase I), 표 127 (phase II)에 각각 제시하였다.

표 126. 자돈 전기 실험 사료 배합비 (Phase I)

Ingredients	Control	A (0.70%)	B (1.40%)	C (2.10%)	D (2.80%)	E(3.50%)
Ground corn	33.28	33.59	33.86	34.15	34.40	34.70
SBM, 45%	34.97	33.96	32.98	31.98	31.00	30.01
Barley	15.00	15.00	15.00	15.00	15.00	15.00
Whey Powder	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
Lactose	11.00	11.00	11.00	11.00	11.00	11.00
Soy-oil	1.25	1.30	1.36	1.42	1.49	1.54
MDCP	1.45	1.45	1.46	1.47	1.49	1.49
Limestone	1.03	1.03	1.03	1.03	1.03	1.03
DL-met, 80%	0.08	0.08	0.07	0.08	0.07	0.07
L-threonine, 99%	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07
Vit. Mix ¹⁾	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10
Min. Mix ²⁾	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10
Salt	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30
ZnO, 77.3%	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10
L-Lysine·HCl	0.27	0.22	0.16	0.11	0.05	0.00
Lysine cell mass	0.00	0.70	1.40	2.10	2.80	3.50
Sum	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00
Chemical composition ³⁾						
ME, kcal/kg	3,265.02	3,265.03	3,265.02	3,265.04	3,265.01	3,265.00
CP, %	20.56	20.56	20.56	20.56	20.56	20.56
Lysine, %	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35
Methionine, %	0.35	0.35	0.35	0.35	0.35	0.35
Threonine, %	0.86	0.86	0.86	0.86	0.86	0.86
Ca, %	0.80	0.80	0.80	0.80	0.80	0.80
Total P, %	0.65	0.65	0.65	0.65	0.65	0.65

¹⁾ Provided the following per kilogram of diet: vitamin A, 8,000 IU; vitamin D₃, 1,800IU; vitamin E, 60IU; thiamine, 2mg; riboflavin, 7mg; calcium pantothenic acid, 25mg; niacin, 27mg; pyridoxine, 3mg; biotin, 0.2mg; folic acid, 1mg; vitamin B₁₂, 0.03mg

²⁾ Provided the following per kilogram of diet : Se, 0.3mg; I, 1mg; Mn, 51.6mg; CuSO₄, 105mg; Fe, 150mg; Zn, 72mg; Co, 0.5mg

³⁾ Calculated values

표 127. 자돈 후기 실험 사료 배합비 (Phase II)

Ingredients	Control	A(0.44%)	B(0.88%)	C(1.32%)	D(1.76%)	E(2.20%)
Ground corn	44.93	45.10	45.24	45.44	45.62	48.80
SBM, 45%	29.95	29.33	28.85	28.11	27.48	26.87
Barley	15.00	15.00	15.00	15.00	15.00	15.00
Whey Powder	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
Lactose	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00
Soy-oil	1.24	1.28	1.31	1.36	1.40	1.43
MDCP	1.20	1.22	1.22	1.23	1.24	1.24
Limestone	0.90	0.89	0.89	0.89	0.89	0.89
DL-met, 80%	0.04	0.03	0.03	0.03	0.03	0.02
L-threonine, 99%	0.01	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00
Vit. Mix ¹⁾	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10
Min. Mix ²⁾	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10
Salt	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30
ZnO, 77.3%	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05
L-Lysine·HCl	0.18	0.15	0.11	0.07	0.04	0.00
Lysine cell mass	0.00	0.44	0.88	1.32	1.76	2.20
Sum	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00
Chemical composition ³⁾						
ME, kcal/kg	3,265.04	3,265.04	3,265.01	3,265.01	3,265.00	3,265.02
CP, %	18.88	18.88	18.88	18.88	18.88	18.88
Lysine, %	1.16	1.16	1.16	1.16	1.16	1.16
Methionine, %	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30
Threonine, %	0.74	0.74	0.74	0.74	0.74	0.74
Ca, %	0.70	0.70	0.70	0.70	0.70	0.70
Total P, %	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60

¹⁾ Provided the following per kilogram of diet: vitamin A, 8,000 IU; vitamin D₃, 1,800IU; vitamin E, 60IU; thiamine, 2mg; riboflavin, 7mg; calcium pantothenic acid, 25mg; niacin, 27mg; pyridoxine, 3mg; biotin, 0.2mg; folic acid, 1mg; vitamin B₁₂, 0.03mg

²⁾ Provided the following per kilogram of diet : Se, 0.3mg; I, 1mg; Mn, 51.6mg; CuSO₄, 105mg; Fe, 150mg; Zn, 72mg; Co, 0.5mg

³⁾ Calculated values

3) 사양실험 (Housing)

사양실험은 자돈전기 2주, 자돈후기 3주로 총 5주간 진행되었다. 자돈기의 실험돈은 플라스틱 배드 바닥에서 사육되었으며, 각 돈방에는 하나의 사료 급이기와 니플 급수기가 설치되어 있었으며, 전체 실험 기간 동안 물과 사료는 무제한 자유채식(*ad libitum*)하도록 하였다. 돈방 온도는 실험 개시 후 첫 일주일간은 31°C를 유지하였으며, 매주 1°C씩 낮추어 자돈기 5주차에는 26°C를 유지하게 하였다. 자돈기의 사양실험은 각각 자돈 전기 (Phase I) 0-2주, 자돈 후기 (Phase II) 2-5주로 나누어서 진행하였다. 체중 및 사료 섭취량은 사육 단계 및 사료 종류의 변동 시점을 고려하여, 실험 개시(Initial)기간을 기점으로 2주, 5주차에 측정하여 일당증체량(ADG, average daily gain), 일일사료섭취량(ADFI, average daily feed intake), 사료효율(G:F ratio, gain:feed ratio)을 계산하였다.

4) 설사 빈도 조사 (Diarrhea score)

설사빈도 측정은 실험 개시 후 매일 오전 8시에 사양 실험돈을 대상으로 측정하였으며, 각 돈방의 모든 자돈들을 대상으로 항문주위의 수양성 설사(watery diarrhea)흔적을 가진 개체수를 실험기간인 35일 동안 파악하였다. 설사빈도는 수양성 설사 흔적이 없는 돈방의 설사빈도를 0으로 측정하였으며, 모든 개체의 항문 주위가 수양성 설사 흔적을 보였을 때의 설사빈도를 4로 하여 측정하였다. 설사 빈도의 전체적인 경향 파악을 위하여, 자돈기의 각 실험단계별 (Phase I - II)로 나누어 통계 분석을 하였다.

5) 혈액 성상 (Blood analysis)

혈액은 실험 개시시, 2주차, 5주차 각 시기별로 처리당 6두씩을 선발하여 경정맥에서 채취하여 혈액성상을 분석하였다. 혈액은 serum tube에 포집하여 3,000rpm, 4°C 상태로 15분 동안 원심분리 (Eppendorf centrifuge 5810R, Germany)하였다. 그 후 micro tube 보관용기에 혈청만을 분리하여 분석 시까지 -20°C로 보관하였다. 보관된 혈액은 녹십자에 혈액분석을 의뢰하여, 각 사육시기별로 cortisol, insulin, IGF-1, BUN을 측정하였다. Cortisol은 RIA (Radioimmunoassay) 검사법으로 γ -counter (COBRA 5010 QUANTUM model)를 이용하여 분석하였고, insulin은 ECLIA (Electrochemiluminescence immunoassay) 검사법으로 Modular analytics (Modular E model)를 이용하여 분석하였다. IGF-1은 CLIA (Chemiluminescent Immunoassay) 검사법으로 Liaison XL (Liaison XL model)을 이용하여 분석하였으며, BUN은 kinetic UV assay 검사법으로 Modular analytics (PE model)를 이용하여 분석하였다.

6) 면역 성상 (Immunological analysis)

면역글로불린을 조사하기 위해 실험개시시, 2주차, 5주차에 자돈의 경정맥에서 처리당 6마

리씩 총 36마리의 혈액을 채취하였다. 혈액은 serum tube에 포집하였고, 포집한 혈액은 4°C에서 3,000 rpm 으로 15분간 원심 분리 (Eppendorf centrifuge 5810R, Germany) 하였다. 그 후, micro tube 보관용기에 혈청만을 분리하여 분석 시까지 -20°C로 보관하였다. 혈청 내 IgG와 IgA의 수치를 ELISA 방법을 통해 분석하였으며, ELISA accessory starter kit (E101; Bethyl Laboratories Inc., USA)와 quantitation kit (E100; BETHYL)를 분석 kit로 이용하였다. 혈청 내 면역글로불린 함량은 mg/ml으로 표시하였다.

7) 경제성 분석 (Economic analysis)

경제성 분석은 시험 사료 주문시의 사료 업계의 원료 도입 가격(2015년 10월)을 기준으로 산출하였으며, 시험 사료 배합비에 맞추어 각각 Phase의 1kg당 단가를 계산하였다. 사양 기간 동안 이유자돈의 1kg 당 증체에 소요되는 사료비용은 본 시험의 성장성적에서 나온 G:F ratio와 사료 가격을 기준으로 분석하였다.

8) 화학 분석 및 통계분석 (Chemical and statistical analysis)

사료의 일반성분 분석은 AOAC (1995) 방법에 따라 실시하였으며, 본 실험의 data는 SAS (SAS Inst., Inc., Cary, NC)의 glm procedure를 이용하여 통계분석을 실시하였다. 성장성적 data의 경우 한 돈방을 experimental unit으로, 혈액성상의 경우 실험돈 1두를 experimental unit으로 설정하였다. 유의적 차이는 Fisher의 최소유의차검증 (LSD; least significant difference)을 이용하여 문자로 구분되었다. 모든 통계적 분석에 있어 $P < 0.05$ 인 경우 유의차가 있는 것으로, $P < 0.01$ 인 경우 고도의 유의차가 있는 것으로 간주하였다.

3. 실험 결과 및 고찰 (Results and Discussion)

1) 사양성적 (Feeding trial)

자돈 사료 내 합성 라이신 전량 대체재로 Lysine Cell Mass 첨가가 이유자돈의 성장성적에 미치는 영향을 표 128에 제시하였다. 사양실험 결과, 2주차와 5주차 모두에서 D 처리구가 수치상으로 가장 높은 BW 성적을 나타냈으며, 5주차에서 E 처리구가 다른 처리구에 비해 가장 낮은 체중을 보였다 (Quadratic, $P = 0.04$). 일당증체량 (ADG, average daily gain)에서는 0~2주차까지는 유의차를 보이지 않은 반면 3~5주차에서 E 처리구가 다른 처리구에 비해서 가장 낮은 일당증체량을 보였다 ($P < 0.05$). 일당사료섭취량 (ADFI, average daily feed intake)에서는 유의차를 보이지 않았다. 사료효율 (G:F ratio)에서는 3~5주차에서 E 처리구가 다른 처리구에 비해서 가장 낮은 사료효율을 보였다 ($P < 0.01$). 선행 연구인 육계에게 Lysine Cell Mass를 첨가 급여한 실험에서는, 초기에 Lysine Cell Mass 첨가가 육계의 증체량과 사

료섭취량을 높이는 결과 ($P < 0.05$)를 나타낸 것으로 보고되었지만, 그 이유에 대해서는 명확히 규명되지 않았다 (Piao 등, 1998). 하지만 돼지에서 Lysine Cell Mass를 첨가 급여한 본 실험에서는 L-Lysine·HCl을 전량 대체한 E 처리구가 모든 성장 성적에서 부정적 영향이 나타내었지만 D 처리구 (Lysine Cell Mass를 Phase I에서 2.80%, Phase II에서 1.76% 첨가)에서는 성장 성적에서 어떠한 부정적인 영향을 보이지 않았다. 따라서 이유자돈 사료 내 Lysine Cell Mass를 Phase I에서 2.80%, Phase II에서 1.76%까지 첨가하였을 때 성장성적에서 부정적인 영향이 없는 것으로 보아 합성 라이신 (L-Lysine·HCl)을 어느 정도 대체할 수 있을 것으로 보인다.

표 128. 자돈사료 내 합성라이신 대체제로 라이신부산물 첨가수준에 따른 성장성적

Criteria	Treatment							P-value	
	Con	A	B	C	D	E	SEM ¹⁾	Lin	Qua
	Body weight, kg								
Initial	6.44	6.44	6.44	6.44	6.44	6.44	0.280	-	
2 week	8.81	8.02	8.49	8.19	9.43	8.28	0.436	0.38	0.30
5 week	17.30	16.07	16.99	16.97	17.32	13.36	0.779	0.17	0.04
ADG, g									
0-2 week	171	114	120	126	213	131	16.113	0.16	0.23
3-5 week	404 ^a	399 ^a	403 ^a	411 ^a	405 ^a	219 ^b	22.513	<0.01	<0.01
0-5 week	311	275	300	300	328	180	18.903	0.31	0.01
ADFI, g									
0-2 week	283	272	283	225	304	293	24.448	0.38	0.78
3-5 week	793	761	809	766	781	641	32.410	0.24	0.09
0-5 week	589	565	598	550	591	502	27.319	0.61	0.19
G:F ratio									
0-2 week	0.601	0.414	0.545	0.544	0.704	0.395	0.049	0.76	0.17
3-5 week	0.510 ^A	0.525 ^A	0.501 ^A	0.538 ^A	0.519 ^A	0.327 ^B	0.020	<0.01	<0.01
0-5 week	0.528	0.487	0.512	0.547	0.557	0.329	0.025	0.16	0.01

¹⁾Standard error of the mean.

^{ab)}Means in a same row with different superscript letters significantly differ ($P < 0.05$).

^{AB)}Means in a same row with different superscript letters significantly differ ($P < 0.01$).

2) 혈액 성분 (Blood urea nitrogen, IGF-1, Insulin, Cortisol)

자돈 사료 합성 라이신 대체제로 라이신부산물의 첨가가 자돈의 혈중요소태질소 (BUN; blood urea nitrogen), 혈중 IGF-1, insulin, cortisol 분비에 미치는 영향을 표 129에 나타내었다. BUN은 아미노산의 이용에 대한 대표적인 지표로 사용되어 왔다 (Eggum, 1970). 체내 아미노산의 균형이 잘 잡혀 있을수록 혈중 BUN의 수치가 감소하는데 본 실험에서는 5주차에서 linear하게 증가하는 결과가 나왔다 ($P=0.02$). 이는 이유자돈 사료에 있어 Lysine Cell Mass의 첨가가 체내 nitrogen 이용성에 부정적인 효과를 보이는 것으로 사료되며 이에 관한 연구는 더 필요할 것으로 사료된다.

인슐린 유사 성장인자 (IGF-1)는 성장호르몬의 자극으로 분비되며 조직들의 성장과 분화에 관여하는 인자로 심혈관계의 구조와 기능의 조절에도 중요하고 뼈의 성장에도 매우 중요한 역할을 한다. 또한 영양 상태에 의해 크게 좌우되며 영양상태가 불량할 경우 인슐린 유사 성장인자의 분비가 감소하게 된다 (Bayes-Genis, 2000). 본 실험결과 Lysine Cell Mass의 첨가가 자돈 혈액 내 유사 성장인자에 유의적인 영향을 나타내지 않았다 ($P>0.05$).

Cortisol은 동물의 심리적 스트레스를 측정하는 지표로 이용 된다 (Ruis 등, 1997). 동물이 스트레스를 받을수록 혈중 cortisol 농도가 증가하게 되는데 본 실험 결과 2주차에 Lysine Cell Mass 첨가수준이 높아질수록 혈중 내 cortisol 수치가 quadratic하게 감소하는 결과가 나타났다 (Quadratic, $P<0.01$).

Insulin은 단백질 분해를 억제하여 성장 호르몬에 의한 단백질 합성이 더욱 잘 일어날 수 있도록 도와준다. 본 실험결과 Lysine Cell Mass첨가 자돈 혈액 내 insulin에 유의적인 영향을 나타내지 않았다 ($P>0.05$).

혈액성상을 분석결과를 종합하면 자돈사료 내 라이신 대체제로 라이신부산물의 첨가는 BUN을 증가시키고 cortisol을 감소시키는 것을 보았을 때 이유자돈에 있어 혈중 nitrogen이 이용성에 부정적인 영향을 주지만 이유자돈 스트레스 감소에 어느 정도 영향을 미치는 것으로 사료된다.

표 129. 자돈사료 내 합성라이신 대체제로 라이신부산물 첨가가 이유자돈의 BUN, IGF-1 Cortisol, Insulin 농도에 미치는 영향

Criteria	Treatment						SEM ¹⁾	P - value	
	Con	A	B	C	D	E		Lin.	Quad.
BUN, mg/dL									
Initial	9.60	9.60	9.60	9.60	9.60	9.60	-	-	-
2 week	15.83	16.75	14.35	19.03	16.37	13.88	0.632	0.15	0.90
5 week	9.77 ^C	12.53 ^{AB}	11.58 ^{BC}	9.72 ^C	13.25 ^{AB}	14.90 ^A	0.443	0.02	<0.01
IGF-1, mg/dL									
Initial	60.01	60.01	60.01	60.01	60.01	60.01	-	-	-
2 week	39.07	65.05	64.18	54.08	60.12	36.77	5.464	0.87	0.30
5 week	100.27	110.08	80.72	88.47	129.33	86.58	7.044	0.80	0.91
Cortisol, µg/dL									
Initial	2.20	2.20	2.20	2.20	2.20	2.20	-	-	-
2 week	8.20 ^A	3.62 ^B	5.25 ^B	4.73 ^B	4.03 ^B	3.72 ^B	0.381	0.89	<0.01
5 week	1.92	5.00	6.03	4.80	3.10	5.60	0.493	0.38	0.12
Insulin, ng/mL									
Initial	0.80	0.80	0.80	0.80	0.80	0.80	-	-	-
2 week	0.98	0.85	0.60	0.90	0.40	0.73	0.064	0.21	0.82
5 week	0.80	0.60	0.50	0.52	0.72	0.87	0.071	0.10	0.56

¹⁾Standard error of the mean.

^{ABC}Means in a same row with different superscript letters significantly differ (P<0.01).

3) 설사빈도

자돈 사료 합성 라이신 대체제로 라이신부산물의 첨가가 자돈의 설사빈도에 미치는 영향을 표 130에 나타내었다. 실험 결과, 설사빈도에서 자돈기 전 기간 동안 모든 처리구에서 통계적인 유의차를 보이지 않았다. 하지만 수치상으로 A 처리구를 제외한 이유자돈 전기인 0-2주 동안에서의 설사빈도가 이유자돈 후기인 3-5주에 비해 높게 나타난 것을 볼 수가 있다.

일반적으로, 자돈은 이유를 하면서 급격한 환경의 변화와 수송스트레스, 사료교체에 따른 영양 스트레스로 인하여 이유 초기에 설사가 많이 발생한다 (Monjan 등, 1977). 스트레스를 받으면 우선 제일 먼저 사료 섭취량이 줄고 이로 인하여 체중감소로 위축이 된다. 위축의 정도가 심하면 바로 설사를 하게 되고 이러한 일련의 과정을 PWS(Post weaning syndrome) 이라고 부른다. 한편 스트레스를 받으면 이유자돈 체내에서의 대사산물이 활성산소의 영향으로 산화 상태가 되어 소장외 소화흡수기능을 담당하는 상피세포가 손상을 받아 설사를 하게 된다. 또한, 스트레스를 받기 시작한 이유초기에는 소장의 무게가 크게 감소하고 영양소를 흡수하는 소장의 용모의 높이가 줄고, crypt depth가 깊어진다.

본 실험결과 설사 빈도에서 Lysine Cell Mass의 첨가 수준에 따른 처리구간 통계적인 유차는 없었다. 따라서 자돈 사료 내 Lysine Cell Mass첨가는 이유 자돈기 설사빈도에 부정적인 영향을 끼치지 않는 것으로 사료된다.

표 130. 자돈 사료 합성 라이신 대체제로 라이신부산물의 첨가가 자돈의 설사빈도에 미치는 영향

Criteria	Treatment						SEM ¹⁾	P-value	
	Con	A	B	C	D	E		Linear	Quadratic
Diarrhea scores²⁾									
0-2 week	1.82	1.79	1.81	1.80	1.82	1.79	0.008	0.74	0.72
3-5 week	1.85	1.74	1.85	1.85	1.83	1.85	0.008	0.96	0.86
0-5 week	1.85	1.85	1.92	1.81	1.84	1.84	0.012	0.72	0.32

¹⁾Standard error of the mean.

²⁾0: No signs of diarrhea in pen, 4: All objects have signs of diarrhea in pen

4)면역 정상

자돈 사료 내 Lysine Cell Mass의 첨가수준이 이유자돈의 면역정상에 미치는 영향을 표 131에 제시하였다. 이유시점을 기준으로 이유, 2주차와 5주차에 혈액을 채취하여 혈청에서 IgG와 IgA를 분석하였는데 2주차 IgG에서 유의적 차이를 보였다 (P<0.01).

IgA는 모유에서 가장 많은 비율을 차지하고 있으며 모돈이 예전에 만났던 병원균에 대한 방어 기억을 포함하고 있다. 모유에서 분비된 secretory IgA항체는 자돈의 소화기, 호흡기, 비뇨기 등 병원성 대장균에 노출되기 쉬운 부위에서 점막에서 면역 체계를 형성하여 자돈이 스스로 항체를 생산하기 전까지 구강을 통해서 감염되는 세균에 대한 방어를 담당한다 (Brandtzaeg, 2003). IgG는 체액 면역을 대표하는 것으로 알려져 있으며 태반을 통해 흡수된 IgG는 자돈 출생 직후 면역체계를 관여하며 이유 후 발생하는 외부 병원균에 의한 자돈의 설사 방어 기작에 핵심적 역할을 한다 (Rooke와 Bland, 2002). IgG는 2차 항체반응을 주도하는 면역 단백질로서 혈중 IgG의 함량은 이유자돈의 성장률과 폐사율에 영향을 준다 (Blecha 등, 1983).

본 실험에서는 자돈의 혈중 IgA의 농도는 처리구간 유의적인 차이를 보이지 않았지만 2주차 IgG에서 유의적 차이를 보였다 (P<0.01). 따라서 L-Lysine·HCl의 대체제로서 Lysine Cell Mass를 이용하는 것이 자돈의 IgA의 농도에 영향을 미치지 않는 것으로 확인되었으며 Lysine Cell Mass가 IgG에 미치는 영향은 추가적인 연구가 필요하다. 결과적으로 이유자돈 사료 내 Lysine Cell Mass의 첨가가 자돈의 장내 면역에서는 부정적인 영향을 주지 않는 것

으로 사료된다.

표 131. 자돈 사료 내 Lysine Cell Mass의 첨가수준이 이유자돈의 면역성상에 미치는 영향

Criteria	Treatment						SEM ¹⁾	P - value	
	Con	A	B	C	D	E		Lin.	Quad.
Serum IgA (mg/ml)									
Initial	0.16	0.16	0.16	0.16	0.16	0.16	-	-	-
2 week	0.35	0.22	0.34	0.33	0.28	0.27	0.025	0.94	0.18
5 week	0.58	0.51	0.50	0.72	0.48	0.50	0.042	0.78	0.28
Serum IgG (mg/ml)									
Initial	2.41	2.41	2.41	2.41	2.41	2.41	-	-	-
2 week	2.54 ^a	2.28 ^{ab}	2.02 ^{bc}	1.93 ^c	2.03 ^{bc}	2.08 ^{bc}	0.057	0.69	0.09
5 week	4.96	3.84	4.91	4.18	3.57	4.32	0.182	0.92	0.17

¹⁾Standard error of the mean.

^{abc}means in a same row with different superscript letters significantly differ (P<0.01).

5) 경제성 분석

자돈 사료 내 Lysine Cell Mass의 첨가수준이 이유자돈의 경제성 분석에 미치는 영향을 표 132에 제시하였다. 본 실험의 분석에 사용된 원료 가격은 실험 당시 사료의 공급단가 (두산생물자원, 2015년 10월 20일)를 기준으로 하였으며, 실험의 특성상 가공비용, 인건비용 등을 모두 제외하고 원료사료에 의한 사료가격을 기준으로 비교하였다. 자돈 전기 기간 동안에 Lysine Cell Mass를 첨가한 사료의 가격을 살펴보면 첨가량이 높아질수록 사료의 1kg당 가격이 538원, 539원, 540원, 543원, 544원, 545원으로 소폭 증가하였고, 자돈 후기 기간 동안의 사료의 1kg당 가격 또한 493원, 494원, 494원, 496원, 497, 508원으로 소폭 증가하였다.

성장성적을 반영하여 이유 자돈 1kg 증체시 필요한 사료비용을 계산해본 결과, 3~5주차에서 유의적인 차이가 나타났다. E 처리구에서 가장 경제성이 낮았으며 (P<0.05), 이를 제외한 처리구에서는 유의적 차이를 보이지 않았다. 자돈기 사료비를 살펴보면 C 처리구와 E 처리구에서 가장 많이 차이가 난다. Feed cost per weight gain에서 Phase I에 C 처리구의 경우 1,021원인데 반해 E 처리구는 2,724원이다. 3~5주차에서도 C 처리구의 경우 922원인데 반해 E 처리구는 1,666원이다. 이렇게 C 처리구와 E 처리구를 통해 사료비에서 크게 차이 나는 것을 확인할 수 있다.

표 132. 자돈 사료 내 Lysine Cell Mass의 첨가수준이 이유자돈의 면역성상에 미치는 영향

Item ¹⁾	Treatment						SEM ²⁾	P-value	
	Con	A	B	C	D	E		Linear	Quadratic
Weaning phase I (0-2 week)									
Feed cost, won/kg	538	539	540	543	544	545	-	-	-
Feed cost per weight gain, won/kg	907	1,444	1,303	1,021	782	2,724	294.5	0.47	0.14
Weaning phase II (3-5 week)									
Feed cost, won/kg	493	494	494	496	497	508	-	-	-
Feed cost per weight gain, won/kg	1,029 ^b	943 ^b	970 ^b	922 ^b	966 ^b	1,666 ^a	79.7	0.01	0.03
Overall (0-5 week)									
Feed cost, won/kg	511	512	512	514	515	522	-	-	-
Feed cost per weight gain, won/kg	981	1,144	1,103	962	892	2,089	160.6	0.21	0.09

¹⁾ A total of 144 crossbred pigs with an average initial body weight 6.44 ± 1.191 kg.

²⁾ Standard error of the mean.

4. 결론 (Conclusion)

본 연구는 자돈 사료 내 합성 라이신을 라이신 부산물로 전량 대체하였을 때 자돈의 체형, 혈액 성분, 면역 성분 등에 부정적인 영향을 미치지 않고 어느 정도 수준까지 사용이 가능한가를 규명하기 위해 수행되었다. 실험에 사용된 처리구는 Phase I의 경우 각각 0%, 0.70%, 1.40%, 2.10%, 2.80%, 3.50%만큼 첨가하였고 Phase II의 경우 각각 0%, 0.44%, 0.88%, 1.32%, 1.76%, 2.20%만큼 첨가하여 합성 라이신을 라이신 부산물로 대체한 총 6개의 처리구로 실험이 진행되었다.

실험 결과, 성장 성적에서 Body Weight, ADG, G:F ratio에서 통계적인 유의차가 나타났다. 자돈에게 Lysine Cell Mass를 첨가 급여한 결과 합성라이신 전량 대체의 목적인 처리구 E의 경우 모든 성장 성적에서 부정적 영향이 나타났지만 Lysine Cell Mass를 Phase I에서 2.80%, Phase II에서 1.76%까지 첨가까지는 성장 성적에 부정적인 영향이 나타나지 않았다. 그렇기 때문에 Lysine Cell Mass 부분적 첨가는 합성라이신의 대체제로서 가능성을 보여주었다.

혈액성상 중 BUN(blood urea nitrogen)과 Cortisol에서 구간의 통계적 유의차가 발생했고 IGF-1과 Insulin에서는 유의차가 발생하지 않았다.

설사빈도에서는 Lysine Cell Mass의 첨가 수준에 따른 처리구간 통계적인 유의차는 없었기 때문에 자돈 사료 내 Lysine Cell Mass는 자돈전기에 3.50%까지 또 자돈후기에 2.20%까지 L-Lysine·HCl를 대체하는 것이 이유 자돈기 설사빈도에 부정적인 영향을 끼치지 않는

것으로 사료된다. 또한 면역성상에서는 자돈의 혈중 IgA의 농도는 처리구간 유의적인 차이를 보이지 않았지만 2주차 IgG에서 유의적 차이를 보였다 ($P<0.01$).

결론적으로 Lysine Cell Mass를 이용하여 합성 라이신을 대체할 경우 합성 라이신 전량 대체의 목적인 E 처리구를 통해 살펴보았을 때 자돈에 부정적인 영향이 나타났지만 Lysine Cell Mass를 Phase I에서 2.80%, Phase II에서 1.76%까지 첨가까지는 자돈에게 부정적인 영향이 나타나지 않았다. 따라서 합성라이신 대체 목적으로 자돈 사료 내 Lysine Cell Mass를 부분적으로 첨가 할 수 있을 것 이라고 사료된다.

<제1 협동과제명 : 자돈의 생산성과 관련된 후생학적 유전체 profile 개발>
 연구 1. 생물정보분석을 통한 돼지 생산성 관련(이유시 체중)된 유전체 프로파일링과 마커 발굴

돼지의 sample에서 DNA methylation pattern을 분석하여, 차등적으로 methylation이 일어났다고 판단되는 지역을 통계적 방법(FDR 0.05 기준으로 필터링 진행)을 사용하여 선별하였다. DMR을 QTL database의 정보와 mapping 시켜본 결과는 아래의 표에 수록되어 있다.

표 133. 돼지의 간에서 추출한 Sample에서의 Differentially Methylated Regions (DMR) 의 QTL mapping 결과

QTL name	Chr	Region
Bone/lean meat ratio in ham	chr8	1014901~1015000, 1067201~1067300, 1750001~1750300, 4267701~4267800
HDL cholesterol	chr3	34922501~34922600, 40626901~40627100, 40764001~40764100, 41755801~41756200, 42278601~42278700, 42289501~42289600, 42679801~42680000
	chr9	39991001~39991100, 40047301~40047400, 40048901~40049000
	chr12	5643001~5643100
Toll-like receptor 9 level	chr2	3200801~3201200, 5223101~5223200, 6612501~6612600, 6918101~6918200, 8212601~8212700
	chr11	24168701~24169000
	chr12	1518401~1518600, 1601601~1601700, 1759801~1760100, 2007501~2007700, 2087801~2088000, 4275501~4275600, 5643001~5643100, 26896001~26896100, 41709501~41709800, 42319101~42319400, 48890101~48890200, 56136601~56136800, 56356601~56356800, 59166401~59166500, 59746501~59746800
	chr14	150637801~150637900, 150918301~150918600, 151018001~151018200, 151220201~151220400, 151341201~151341300
	chr18	1588101~1588200, 2133801~2133900, 28125701~28125800
Relative area of type IIa fibers	chr6	12761901~12762000
Testicular parenchyma color	chrX	109600301~109600700, 109604201~109604300, 109607001~109607400, 109607701~109608000, 109613701~109614100, 109614401~109614700, 109620301~109620700, 109621101~109621200, 109621301~109621400, 109733401~109733500, 109733901~109734300, 109737001~109737100
Percentage angular fibers	chr15	43700701~43700800, 43871501~43871600
Feed intake	chr2	3200801~3201200, 5223101~5223200, 6612501~6612600, 6918101~6918200, 8212601~8212700
	chr4	17146901~17147000
	chr5	5202201~5202500
	chr9	62607401~62607500
	chr14	122353001~122353300

CD8-positive leukocyte percentage	chr17	59380001~59380200, 65763701~65763800, 66127901~66128100, 66151501~66151800
HDL/LDL ratio	chr2	156395801~156395900, 157329001~157329200, 157670201~157670300, 157675001~157675200, 157820301~157820400, 158196201~158196300
Skin thickness	chr4	111283301~111283500, 116576701~116577000
	chr7	34350501~34350600
Water holding capacity	chr1	10810901~10811000
	chr2	3200801~3201200, 59456401~59456700, 67325301~67325500, 67327701~67327900, 75915301~75915400, 149693101~149693300, 156395801~156395900, 157329001~157329200, 157670201~157670300, 157675001~157675200
	chr4	490701~490800, 973401~973500, 1985401~1985600, 2442801~2442900, 2672501~2672600, 2900201~2900300, 111283301~111283500, 116576701~116577000
	chr5	93090401~93090500, 93090601~93090700, 93091101~93091200
	chr6	49210801~49211100, 50581501~50581600, 53416201~53416300, 56226301~56226400, 57664101~57664200, 58219701~58219800, 58928401~58928500, 58947501~58947600, 76106701~76106800, 83045501~83045800
Bicarbonate level	chr3	34922501~34922600, 40626901~40627100, 40764001~40764100, 41755801~41756200, 42278601~42278700, 42289501~42289600, 42679801~42680000
	chr7	52680001~52680100, 81038601~81038800, 81068301~81068400
Sarcocystis miescheriana IgM levels	chr13	23957801~23957900
Physis score	chr6	26510101~26510200, 26513101~26513200, 26519201~26519400, 26522301~26522400, 26540201~26540500
	chr7	52680001~52680100
	chr13	155135201~155135500
backfat between the last 3rd and 4th lumbar	chr2	67325301~67325500, 67327701~67327900
	chr7	34350501~34350600
uterine horn length	chr5	49504001~49504100, 62271401~62271700
	chr6	83045501~83045800
	chr7	52680001~52680100, 119528201~119528300
PRRSV susceptibility	chr4	140185601~140186000
	chr11	1062401~1062500, 1069401~1069800
Ear area	chr5	49504001~49504100, 62271401~62271700
	chr7	34350501~34350600, 52680001~52680100, 119528201~119528300
	chrX	109600301~109600700, 109604201~109604300, 109607001~109607400, 109607701~109608000, 109613701~109614100, 109614401~109614700, 109620301~109620700, 109621101~109621200, 109621301~109621400, 109733401~109733500, 109733901~109734300, 109737001~109737100, 139095101~139095200, 139221101~139221200, 139815401~139815800, 143915001~143915100, 143920201~143920300

Spinal curvature	chr4	116576701~116577000
Body weight (16 days)	chr2	59456401~59456700, 67325301~67325500, 67327701~67327900, 75915301~75915400
	chr9	148296301~148296500, 149784501~149784600
	chr17	65763701~65763800, 66127901~66128100, 66151501~66151800
Skin weight	chr4	141803301~141803400
	chr6	26510101~26510200, 26513101~26513200, 26519201~26519400, 26522301~26522400, 26540201~26540500
Belly percentage	chr7	81038601~81038800, 81068301~81068400, 119528201~119528300
Temperature 40 minutes post mortem (loin)	chr13	155135201~155135500
Abdominal fat percentage	chr4	17146901~17147000
pH 1 hr post-mortem	chr14	150637801~150637900, 150918301~150918600, 151018001~151018200, 151220201~151220400, 151341201~151341300, 152371001~152371200, 152513501~152513600, 152978401~152978500, 153373001~153373100, 153373201~153373300, 153404401~153404800, 153576801~153577100
Leptin level	chr9	39991001~39991100, 40047301~40047400, 40048901~40049000
Side fat thickness	chr2	3200801~3201200, 5223101~5223200, 6612501~6612600, 6918101~6918200, 8212601~8212700
	chr3	34922501~34922600, 40626901~40627100, 40764001~40764100, 41755801~41756200, 42278601~42278700, 42289501~42289600, 42679801~42680000, 118768101~118768300, 126380401~126380500
	chr6	76106701~76106800
	chr7	52680001~52680100, 81038601~81038800, 81068301~81068400
	chr9	62607401~62607500
	chr13	155135201~155135500
Loin and ham percentage in carcass	chr1	301574301~301574700, 303697301~303697500, 305457301~305457400, 305530201~305530600
	chr2	3200801~3201200, 5223101~5223200, 6612501~6612600, 6918101~6918200, 8212601~8212700
	chr5	93090401~93090500, 93090601~93090700, 93091101~93091200
	chr6	12761901~12762000, 14510201~14510600, 49210801~49211100, 50581501~50581600, 53416201~53416300, 56226301~56226400, 57664101~57664200, 58219701~58219800, 58928401~58928500, 58947501~58947600
	chr7	34350501~34350600, 52680001~52680100
	chr13	155135201~155135500
	chrX	109600301~109600700, 109604201~109604300, 109607001~109607400, 109607701~109608000, 109613701~109614100, 109614401~109614700, 109620301~109620700, 109621101~109621200, 109621301~109621400, 109733401~109733500, 109733901~109734300, 109737001~109737100

Body weight (5 weeks)	chr13	211240801~211241100
Lean cuts percentage	chr3	34922501~34922600, 40626901~40627100, 40764001~40764100, 41755801~41756200, 42278601~42278700, 42289501~42289600, 42679801~42680000
	chr6	49210801~49211100, 50581501~50581600, 53416201~53416300
Monocyte percentage	chr3	34922501~34922600
average daily gain	chr1	10810901~10811000, 301574301~301574700, 303697301~303697500, 305457301~305457400, 305530201~305530600
	chr2	3200801~3201200, 5223101~5223200, 6612501~6612600, 6918101~6918200, 8212601~8212700, 59456401~59456700, 67325301~67325500, 67327701~67327900, 75915301~75915400, 149693101~149693300, 156395801~156395900, 157329001~157329200, 157670201~157670300, 157675001~157675200, 157820301~157820400, 158196201~158196300
	chr3	34922501~34922600, 40626901~40627100, 40764001~40764100, 41755801~41756200, 42278601~42278700, 42289501~42289600, 42679801~42680000, 118768101~118768300
	chr4	490701~490800, 973401~973500, 1985401~1985600, 2442801~2442900, 2672501~2672600, 2900201~2900300, 17146901~17147000, 111283301~111283500, 116576701~116577000, 141803301~141803400
	chr5	93090401~93090500, 93090601~93090700, 93091101~93091200
	chr6	12761901~12762000, 14510201~14510600, 26510101~26510200, 26513101~26513200, 26519201~26519400, 26522301~26522400, 26540201~26540500, 49210801~49211100, 50581501~50581600, 53416201~53416300, 56226301~56226400, 57664101~57664200, 58219701~58219800, 58928401~58928500, 58947501~58947600, 76106701~76106800, 83045501~83045800
	chr7	1019701~1019900, 1079301~1079400, 1115401~1115700, 1323501~1323600, 1454001~1454100, 2371701~2371800, 3721101~3721300, 5014701~5015100, 34350501~34350600, 52680001~52680100, 81038601~81038800, 81068301~81068400, 119528201~119528300
	chr8	1014901~1015000, 1067201~1067300, 1750001~1750300, 4267701~4267800
	chr9	468101~468300, 691301~691600, 968801~969000, 3966801~3966900, 3982501~3982600, 7099201~7099300, 7362501~7362600, 7562901~7563200, 39991001~39991100, 40047301~40047400, 40048901~40049000, 62607401~62607500, 148296301~148296500, 149784501~149784600
	chr10	17609101~17609200, 27602101~27602200, 27602301~27602400, 27761001~27761100
	chr12	41709501~41709800, 42319101~42319400
	chr13	23957801~23957900, 155135201~155135500, 211240801~211241100

	chr14	122353001~122353300
	chr17	65763701~65763800, 66127901~66128100, 66151501~66151800
	chr18	1588101~1588200, 2133801~2133900
	chrX	36440501~36440600
Reflectance value	chr14	150637801~150637900, 150918301~150918600, 151018001~151018200, 151220201~151220400, 151341201~151341300
Loin eye area linear	chr4	490701~490800, 973401~973500, 1985401~1985600, 2442801~2442900, 2672501~2672600, 2900201~2900300
	chr18	20878201~20878300
Palmitoleic acid content	chr1	10810901~10811000
	chr9	39991001~39991100, 40047301~40047400, 40048901~40049000, 62607401~62607500
	chr12	1518401~1518600, 1601601~1601700, 1759801~1760100, 2007501~2007700, 2087801~2088000
	chr14	122353001~122353300
Mean corpuscular hemoglobin concentration	chr2	8212601~8212700
	chr11	24168701~24169000, 84345301~84345400, 84965301~84965600, 85349601~85349900, 85453101~85453300
	chr14	122353001~122353300
Mycoplasma hyopneumoniae antibody titer	chr2	59456401~59456700, 67325301~67325500, 67327701~67327900, 75915301~75915400, 149693101~149693300
	chr7	5014701~5015100
	chr18	1588101~1588200, 2133801~2133900, 28125701~28125800
Lumbar vertebra number	chr2	59456401~59456700, 67325301~67325500, 67327701~67327900, 75915301~75915400, 149693101~149693300
	chr7	52680001~52680100, 81038601~81038800, 81068301~81068400
	chr10	17609101~17609200, 27602101~27602200, 27602301~27602400, 27761001~27761100, 70768401~70768500, 71458401~71458500
	chr12	26896001~26896100
Immunoglobulin G level	chr2	156395801~156395900, 157329001~157329200, 157670201~157670300, 157675001~157675200, 157820301~157820400, 158196201~158196300
Empty body protein content	chr6	26510101~26510200, 26513101~26513200, 26519201~26519400, 26522301~26522400, 26540201~26540500, 76106701~76106800, 83045501~83045800
	chr9	468101~468300, 691301~691600, 968801~969000, 3966801~3966900, 3982501~3982600, 7099201~7099300, 7362501~7362600, 7562901~7563200
	chrX	109600301~109600700, 109604201~109604300, 109607001~109607400, 109607701~109608000, 109613701~109614100, 109614401~109614700, 109620301~109620700, 109621101~109621200, 109621301~109621400, 109733401~109733500, 109733901~109734300, 109737001~109737100
Epididymis weight	chrX	109600301~109600700, 109604201~109604300, 109607001~109607400, 109607701~109608000, 109613701~109614100, 109614401~109614700,

		109620301~109620700, 109621101~109621200, 109621301~109621400, 109733401~109733500, 109733901~109734300, 109737001~109737100
pH 45 minutes post mortem	chr3	34922501~34922600, 40626901~40627100, 40764001~40764100, 41755801~41756200, 42278601~42278700, 42289501~42289600, 42679801~42680000, 118768101~118768300, 126380401~126380500
	chr5	108033801~108033900
	chr6	49210801~49211100, 50581501~50581600, 53416201~53416300, 56226301~56226400, 57664101~57664200, 58219701~58219800, 58928401~58928500, 58947501~58947600, 76106701~76106800, 83045501~83045800
	chr12	26896001~26896100, 41709501~41709800, 42319101~42319400, 48890101~48890200, 56136601~56136800, 56356601~56356800, 59166401~59166500, 59746501~59746800
	chr13	23957801~23957900
Backfat thickness between 3rd and 4th rib	chr2	3200801~3201200, 5223101~5223200, 6612501~6612600, 6918101~6918200, 8212601~8212700
	chr3	118768101~118768300
	chr4	111283301~111283500, 116576701~116577000
	chr5	49504001~49504100, 62271401~62271700
	chr6	153751801~153751900
	chr7	34350501~34350600, 52680001~52680100
	chr11	24168701~24169000
	chr14	150637801~150637900, 150918301~150918600, 151018001~151018200, 151220201~151220400, 151341201~151341300, 152371001~152371200, 152513501~152513600, 152978401~152978500, 153373001~153373100, 153373201~153373300, 153404401~153404800, 153576801~153577100
chrX	109600301~109600700, 109604201~109604300, 109607001~109607400, 109607701~109608000, 109613701~109614100, 109614401~109614700, 109620301~109620700, 109621101~109621200, 109621301~109621400, 109733401~109733500, 109733901~109734300, 109737001~109737100	
Drip loss	chr1	301574301~301574700, 303697301~303697500, 305457301~305457400, 305530201~305530600, 308351201~308351300
	chr2	3200801~3201200, 5223101~5223200, 6612501~6612600, 6918101~6918200, 8212601~8212700, 59456401~59456700, 67325301~67325500, 67327701~67327900, 75915301~75915400, 149693101~149693300, 156395801~156395900, 157329001~157329200, 157670201~157670300, 157675001~157675200, 157820301~157820400, 158196201~158196300
	chr3	34922501~34922600, 40626901~40627100, 40764001~40764100, 41755801~41756200, 42278601~42278700, 42289501~42289600, 42679801~42680000
	chr4	17146901~17147000, 111283301~111283500, 116576701~116577000

	chr5	5202201~5202500
	chr6	12761901~12762000, 14510201~14510600, 26510101~26510200, 26513101~26513200, 26519201~26519400, 26522301~26522400, 26540201~26540500, 49210801~49211100, 50581501~50581600, 53416201~53416300, 56226301~56226400, 57664101~57664200, 58219701~58219800, 58928401~58928500, 58947501~58947600
	chr7	81038601~81038800, 81068301~81068400
	chr9	468101~468300, 691301~691600, 968801~969000, 3966801~3966900, 3982501~3982600, 7099201~7099300, 7362501~7362600, 7562901~7563200, 62607401~62607500
	chr12	26896001~26896100, 41709501~41709800, 42319101~42319400, 48890101~48890200, 56136601~56136800, 56356601~56356800, 59166401~59166500, 59746501~59746800, 62680101~62680200
	chr15	43700701~43700800, 43871501~43871600
	chr18	20878201~20878300, 28125701~28125800
Actinobacillus pleuropneumoniae susceptibility	chr2	3200801~3201200, 5223101~5223200, 6612501~6612600, 6918101~6918200, 8212601~8212700, 59456401~59456700, 67325301~67325500, 67327701~67327900, 75915301~75915400, 149693101~149693300
	chr6	12761901~12762000, 14510201~14510600, 26510101~26510200, 26513101~26513200, 26519201~26519400, 26522301~26522400, 26540201~26540500, 49210801~49211100, 50581501~50581600, 53416201~53416300, 56226301~56226400, 57664101~57664200, 58219701~58219800, 58928401~58928500, 58947501~58947600, 76106701~76106800, 83045501~83045800
	chr12	1518401~1518600, 1601601~1601700, 1759801~1760100, 2007501~2007700, 2087801~2088000, 4275501~4275600, 5643001~5643100, 26896001~26896100, 41709501~41709800, 42319101~42319400, 48890101~48890200, 56136601~56136800, 56356601~56356800, 59166401~59166500
	chr13	23957801~23957900, 155135201~155135500
	chr17	59380001~59380200, 65763701~65763800, 66127901~66128100, 66151501~66151800
	chr18	1588101~1588200, 2133801~2133900, 20878201~20878300, 28125701~28125800
Lean meat percentage	chr1	301574301~301574700, 303697301~303697500, 305457301~305457400, 305530201~305530600
	chr2	3200801~3201200, 5223101~5223200, 6612501~6612600, 6918101~6918200, 8212601~8212700, 67325301~67325500, 67327701~67327900
	chr3	118768101~118768300
	chr4	490701~490800, 973401~973500, 141803301~141803400
	chr6	49210801~49211100, 50581501~50581600, 53416201~53416300, 56226301~56226400, 57664101~57664200, 58219701~58219800, 58928401~58928500, 58947501~58947600, 76106701~76106800, 83045501~83045800

	chr7	1019701~1019900, 1079301~1079400, 1115401~1115700, 1323501~1323600, 1454001~1454100, 2371701~2371800, 3721101~3721300, 5014701~5015100, 34350501~34350600, 52680001~52680100, 81038601~81038800, 81068301~81068400, 119528201~119528300
	chr9	468101~468300, 691301~691600, 968801~969000, 3966801~3966900, 3982501~3982600, 7099201~7099300, 7362501~7362600, 7562901~7563200
	chr12	5643001~5643100
	chr13	155135201~155135500
	chr15	43700701~43700800, 43871501~43871600
	chr18	20878201~20878300
	chrX	109600301~109600700, 109604201~109604300, 109607001~109607400, 109607701~109608000, 109613701~109614100, 109614401~109614700, 109620301~109620700, 109621101~109621200, 109621301~109621400, 109733401~109733500, 109733901~109734300, 109737001~109737100
Thawing loss	chr4	17146901~17147000
	chr14	150637801~150637900, 150918301~150918600, 151018001~151018200, 151220201~151220400, 151341201~151341300
Total lean tissue linear	chr4	490701~490800, 973401~973500, 1985401~1985600, 2442801~2442900, 2672501~2672600, 2900201~2900300
Loin fat percentage	chr1	10810901~10811000
	chr6	26510101~26510200, 26513101~26513200, 26519201~26519400, 26522301~26522400, 26540201~26540500, 49210801~49211100, 50581501~50581600, 53416201~53416300, 56226301~56226400, 57664101~57664200, 58219701~58219800, 58928401~58928500, 58947501~58947600, 76106701~76106800, 83045501~83045800
	chr7	34350501~34350600, 52680001~52680100, 81038601~81038800, 81068301~81068400, 119528201~119528300
	chr12	48890101~48890200, 56136601~56136800, 56356601~56356800, 59166401~59166500, 59746501~59746800, 62680101~62680200
	chr13	23957801~23957900
total	chr17	65763701~65763800
body weight (19 weeks)	chr9	468101~468300, 691301~691600, 968801~969000, 3966801~3966900, 3982501~3982600, 7099201~7099300, 7362501~7362600, 7562901~7563200
Dressing - Ham over carcass	chr15	43700701~43700800, 43871501~43871600
	chrX	109600301~109600700, 109604201~109604300, 109607001~109607400, 109607701~109608000, 109613701~109614100, 109614401~109614700, 109620301~109620700, 109621101~109621200, 109621301~109621400, 109733401~109733500, 109733901~109734300, 109737001~109737100
hematocrit	chr4	140185601~140186000
	chr7	34350501~34350600, 52680001~52680100, 81038601~81038800, 81068301~81068400

	chr10	70768401~70768500, 71458401~71458500
	chr12	5643001~5643100
	chr13	155135201~155135500
Time spent drinking	chr5	93090401~93090500, 93090601~93090700, 93091101~93091200
	chr7	34350501~34350600
	chr12	41709501~41709800, 42319101~42319400
	chr15	43700701~43700800, 43871501~43871600
Body weight (weaning)	chr3	118768101~118768300
	chr7	34350501~34350600
	chr13	23957801~23957900
	chr15	43700701~43700800, 43871501~43871600
	chr17	59380001~59380200, 65763701~65763800, 66127901~66128100, 66151501~66151800, 68999601~68999900, 69011801~69012000, 69041101~69041300, 69043101~69043300, 69278301~69278400, 69400101~69400200, 69494601~69494700
	chr18	1588101~1588200, 2133801~2133900
Intramuscular fat content	chr2	67325301~67325500, 67327701~67327900, 75915301~75915400, 149693101~149693300, 156395801~156395900, 157329001~157329200, 157670201~157670300, 157675001~157675200
	chr4	17146901~17147000, 111283301~111283500, 116576701~116577000, 140185601~140186000
	chr6	12761901~12762000, 14510201~14510600, 26510101~26510200, 26513101~26513200, 26519201~26519400, 26522301~26522400, 26540201~26540500, 49210801~49211100, 50581501~50581600, 53416201~53416300, 56226301~56226400, 57664101~57664200, 58219701~58219800, 58928401~58928500, 58947501~58947600, 76106701~76106800, 83045501~83045800
	chr7	2371701~2371800
	chr13	155135201~155135500
	chrX	109600301~109600700, 109604201~109604300, 109607001~109607400, 109607701~109608000, 109613701~109614100, 109614401~109614700, 109620301~109620700, 109621101~109621200, 109621301~109621400, 109733401~109733500, 109733901~109734300, 109737001~109737100
Body temperature	chr2	149693101~149693300
	chr13	23957801~23957900
Ear weight	chr3	9126101~9126200, 9150201~9150600
	chr5	49504001~49504100, 62271401~62271700
	chr6	49210801~49211100, 50581501~50581600, 53416201~53416300, 56226301~56226400, 57664101~57664200, 58219701~58219800, 58928401~58928500, 58947501~58947600
	chr7	34350501~34350600, 52680001~52680100

	chrX	109600301~109600700, 109604201~109604300, 109607001~109607400, 109607701~109608000, 109613701~109614100, 109614401~109614700, 109620301~109620700, 109621101~109621200, 109621301~109621400, 109733401~109733500, 109733901~109734300, 109737001~109737100, 139095101~139095200, 139221101~139221200, 139815401~139815800, 143915001~143915100, 143920201~143920300
Melting point	chr1	10810901~10811000
	chrX	109600301~109600700, 109604201~109604300, 109607001~109607400, 109607701~109608000, 109613701~109614100, 109614401~109614700, 109620301~109620700, 109621101~109621200, 109621301~109621400, 109733401~109733500, 109733901~109734300, 109737001~109737100
Basophil number	chr13	155135201~155135500
White blood cell counts	chr3	34922501~34922600, 40626901~40627100, 40764001~40764100, 41755801~41756200, 42278601~42278700, 42289501~42289600, 42679801~42680000
	chr5	49504001~49504100, 62271401~62271700
	chr6	83045501~83045800
	chr8	1014901~1015000, 1067201~1067300, 1750001~1750300, 4267701~4267800
	chr12	41709501~41709800, 42319101~42319400
PRRSV antibody titer	chr7	81038601~81038800, 81068301~81068400
Conductivity 24 hours postmortem (loin)	chr4	17146901~17147000
	chr6	12761901~12762000, 14510201~14510600, 26510101~26510200, 26513101~26513200, 26519201~26519400, 26522301~26522400, 26540201~26540500, 49210801~49211100, 50581501~50581600, 53416201~53416300, 56226301~56226400, 57664101~57664200, 58219701~58219800, 58928401~58928500, 58947501~58947600, 76106701~76106800, 83045501~83045800
	chr8	1014901~1015000, 1067201~1067300, 1750001~1750300
	chr12	26896001~26896100, 41709501~41709800, 42319101~42319400, 48890101~48890200, 56136601~56136800, 56356601~56356800, 59166401~59166500, 59746501~59746800
	chr15	43700701~43700800, 43871501~43871600
Carcass weight (hot)	chr2	3200801~3201200, 5223101~5223200, 6612501~6612600, 6918101~6918200, 8212601~8212700, 59456401~59456700, 67325301~67325500, 67327701~67327900, 75915301~75915400, 149693101~149693300, 156395801~156395900, 157329001~157329200, 157670201~157670300, 157675001~157675200
	chr3	1621701~1621800, 4123201~4123300, 4510301~4510700, 5172001~5172100, 5238701~5238900, 5552501~5552600, 9126101~9126200, 9150201~9150600, 34922501~34922600, 40626901~40627100, 40764001~40764100, 41755801~41756200, 42278601~42278700, 42289501~42289600, 42679801~42680000, 118768101~118768300

	chr4	490701~490800, 973401~973500, 1985401~1985600, 2442801~2442900, 2672501~2672600, 2900201~2900300, 17146901~17147000, 111283301~111283500, 116576701~116577000
	chr5	49504001~49504100, 62271401~62271700, 93090401~93090500, 93090601~93090700, 93091101~93091200
	chr6	49210801~49211100, 50581501~50581600, 53416201~53416300, 56226301~56226400, 57664101~57664200, 58219701~58219800, 58928401~58928500, 58947501~58947600, 76106701~76106800, 83045501~83045800
	chr7	5014701~5015100, 34350501~34350600, 52680001~52680100, 81038601~81038800, 81068301~81068400
	chr9	468101~468300, 691301~691600, 968801~969000, 3966801~3966900, 3982501~3982600, 7099201~7099300, 7362501~7362600, 7562901~7563200
	chr10	17609101~17609200, 27602101~27602200, 27602301~27602400, 27761001~27761100
	chr12	26896001~26896100, 41709501~41709800, 42319101~42319400, 48890101~48890200, 56136601~56136800, 56356601~56356800, 59166401~59166500, 59746501~59746800, 62680101~62680200
	chr14	55217101~55217200, 122353001~122353300
body weight (22 weeks)	chr8	1014901~1015000, 1067201~1067300, 1750001~1750300, 4267701~4267800
	chr9	468101~468300, 691301~691600, 968801~969000, 3966801~3966900, 3982501~3982600, 7099201~7099300, 7362501~7362600, 7562901~7563200
Toll-like receptor 2 level	chr3	118768101~118768300, 126380401~126380500
	chr11	24168701~24169000
	chr12	26896001~26896100, 41709501~41709800, 42319101~42319400, 48890101~48890200, 56136601~56136800, 56356601~56356800, 59166401~59166500, 59746501~59746800
Mean corpuscular volume	chr3	40626901~40627100, 40764001~40764100, 41755801~41756200, 42278601~42278700, 42289501~42289600, 42679801~42680000
	chr4	17146901~17147000
Time spent socializing	chr6	12761901~12762000, 14510201~14510600
	chr7	34350501~34350600
	chr11	24168701~24169000
	chr13	23957801~23957900
Japanese color scale	chr4	111283301~111283500, 116576701~116577000
chew score	chr2	59456401~59456700, 67325301~67325500, 67327701~67327900, 156395801~156395900, 157329001~157329200, 157670201~157670300, 157675001~157675200
	chr6	26510101~26510200, 26513101~26513200, 26519201~26519400, 26522301~26522400, 26540201~26540500, 76106701~76106800, 83045501~83045800

	chr12	41709501~41709800, 42319101~42319400, 48890101~48890200, 56136601~56136800, 56356601~56356800
Fat androstenone level	chr3	34922501~34922600, 40626901~40627100, 40764001~40764100, 41755801~41756200, 42278601~42278700, 42289501~42289600, 42679801~42680000
	chr7	34350501~34350600
	chr14	55217101~55217200, 122353001~122353300
post-stress mitogen induced IL-2 activity	chr12	56136601~56136800, 56356601~56356800
Trimmed wholesale product / live weight	chr1	301574301~301574700, 303697301~303697500, 305457301~305457400, 305530201~305530600
	chr7	34350501~34350600
	chr14	55217101~55217200
	chrX	109600301~109600700, 109604201~109604300, 109607001~109607400, 109607701~109608000, 109613701~109614100, 109614401~109614700, 109620301~109620700, 109621101~109621200, 109621301~109621400, 109733401~109733500, 109733901~109734300, 109737001~109737100, 139095101~139095200, 139221101~139221200, 139815401~139815800, 143915001~143915100, 143920201~143920300
Subacid smell	chr4	17146901~17147000, 111283301~111283500, 116576701~116577000
Meat color OPTO	chr14	150637801~150637900, 150918301~150918600, 151018001~151018200, 151220201~151220400, 151341201~151341300
	chr15	43700701~43700800, 43871501~43871600
Glucose level	chr1	10810901~10811000
Hematin pigmentation	chr4	111283301~111283500, 116576701~116577000
	chr6	12761901~12762000, 14510201~14510600
	chr7	52680001~52680100, 81038601~81038800, 81068301~81068400
Average glycolytic potential	chr17	59380001~59380200, 65763701~65763800, 66127901~66128100, 66151501~66151800
	chrX	109600301~109600700, 109604201~109604300, 109607001~109607400, 109607701~109608000, 109613701~109614100, 109614401~109614700, 109620301~109620700, 109621101~109621200, 109621301~109621400, 109733401~109733500, 109733901~109734300, 109737001~109737100
Diameter of type I muscle fibers	chr5	894701~894900, 1127401~1127500, 3353301~3353400
	chr7	119528201~119528300
	chr9	62607401~62607500
	chr12	26896001~26896100, 41709501~41709800, 42319101~42319400, 48890101~48890200, 56136601~56136800, 56356601~56356800, 59166401~59166500, 59746501~59746800
	chr15	43700701~43700800, 43871501~43871600
	chr18	1588101~1588200, 2133801~2133900

Backfat between 6th and 7th ribs	chr2	3200801~3201200, 5223101~5223200, 6612501~6612600, 6918101~6918200, 8212601~8212700
	chr4	141803301~141803400
	chr15	43700701~43700800, 43871501~43871600, 153045901~153046100, 153605601~153605700, 154772301~154772500, 154917801~154917900
Carcass weight (cold)	chr2	75915301~75915400
	chr3	34922501~34922600, 40626901~40627100, 40764001~40764100, 41755801~41756200, 42278601~42278700, 42289501~42289600, 42679801~42680000
	chr4	111283301~111283500, 116576701~116577000, 140185601~140186000
	chr6	49210801~49211100, 50581501~50581600, 53416201~53416300, 56226301~56226400, 57664101~57664200, 58219701~58219800, 58928401~58928500, 58947501~58947600, 76106701~76106800, 83045501~83045800
	chr12	48890101~48890200, 56136601~56136800, 56356601~56356800, 59166401~59166500
	chr14	122353001~122353300
Adipocyte diameter	chr2	3200801~3201200, 5223101~5223200, 6612501~6612600, 6918101~6918200, 8212601~8212700
	chr4	111283301~111283500, 116576701~116577000
	chr5	93090401~93090500, 93090601~93090700, 93091101~93091200
	chr6	12761901~12762000, 14510201~14510600, 49210801~49211100, 50581501~50581600, 53416201~53416300, 56226301~56226400, 57664101~57664200, 58219701~58219800, 58928401~58928500, 58947501~58947600
	chr7	34350501~34350600, 52680001~52680100, 81038601~81038800, 81068301~81068400
	chr12	48890101~48890200, 56136601~56136800, 56356601~56356800, 59166401~59166500, 59746501~59746800, 62680101~62680200
	chr14	122353001~122353300
	chr18	1588101~1588200, 2133801~2133900, 20878201~20878300, 28125701~28125800
Change in Mycoplasma hyopneumoniae antibody titer	chr2	149693101~149693300
	chr18	1588101~1588200, 2133801~2133900
Body weight (34 weeks)	chr3	34922501~34922600, 40626901~40627100, 40764001~40764100, 41755801~41756200, 42278601~42278700, 42289501~42289600, 42679801~42680000
	chr5	93090401~93090500, 93090601~93090700, 93091101~93091200
	chr7	34350501~34350600
Polyunsaturated fatty acid content	chr6	58219701~58219800, 58928401~58928500, 58947501~58947600
Number of	chr3	34922501~34922600, 40626901~40627100, 40764001~40764100,

capillaries per type I fiber		41755801~41756200, 42278601~42278700, 42289501~42289600, 42679801~42680000
Residual glycogen	chr6	49210801~49211100, 50581501~50581600, 53416201~53416300, 56226301~56226400, 57664101~57664200, 58219701~58219800, 58928401~58928500, 58947501~58947600
Shoulder external fat weight	chr2	59456401~59456700, 67325301~67325500, 67327701~67327900, 75915301~75915400
	chr3	118768101~118768300
	chr5	49504001~49504100, 62271401~62271700
	chr6	49210801~49211100, 50581501~50581600, 53416201~53416300, 56226301~56226400, 57664101~57664200, 58219701~58219800, 58928401~58928500, 58947501~58947600, 76106701~76106800, 83045501~83045800
	chr7	5014701~5015100
	chrX	109600301~109600700, 109604201~109604300, 109607001~109607400, 109607701~109608000, 109613701~109614100, 109614401~109614700, 109620301~109620700, 109621101~109621200, 109621301~109621400, 109733401~109733500, 109733901~109734300, 109737001~109737100
Fat weight (total)	chr2	8212601~8212700
	chr3	4123201~4123300, 4510301~4510700, 5172001~5172100, 5238701~5238900
	chr4	973401~973500, 141803301~141803400
	chr6	12761901~12762000, 76106701~76106800, 83045501~83045800
	chr7	119528201~119528300
	chr9	468101~468300, 691301~691600, 968801~969000, 3966801~3966900, 3982501~3982600, 7099201~7099300, 7362501~7362600, 7562901~7563200
	chr11	24168701~24169000, 84345301~84345400, 84965301~84965600, 85349601~85349900, 85453101~85453300
Sarcocystis miescheriana IgG levels	chr5	93090401~93090500, 93090601~93090700, 93091101~93091200
	chr17	59380001~59380200, 65763701~65763800, 66127901~66128100, 66151501~66151800
Ham fat thickness	chr2	59456401~59456700, 67325301~67325500, 67327701~67327900, 75915301~75915400, 149693101~149693300, 156395801~156395900, 157329001~157329200, 157670201~157670300, 157675001~157675200
	chr3	118768101~118768300, 126380401~126380500, 140512601~140512700, 140527201~140527300
	chr5	93090401~93090500, 93090601~93090700, 93091101~93091200
	chr6	83045501~83045800
	chr12	26896001~26896100, 41709501~41709800, 42319101~42319400, 48890101~48890200, 56136601~56136800, 56356601~56356800, 59166401~59166500, 59746501~59746800
	chr13	155135201~155135500

	chr14	122353001~122353300
	chr15	43700701~43700800, 43871501~43871600
Salmonella count in spleen	chr6	12761901~12762000, 14510201~14510600, 26510101~26510200, 26513101~26513200, 26519201~26519400, 26522301~26522400, 26540201~26540500, 49210801~49211100, 50581501~50581600, 53416201~53416300, 56226301~56226400, 57664101~57664200, 58219701~58219800, 58928401~58928500, 58947501~58947600, 76106701~76106800, 83045501~83045800
	chr7	1019701~1019900, 1079301~1079400, 1115401~1115700, 1323501~1323600, 1454001~1454100, 2371701~2371800, 3721101~3721300, 5014701~5015100
	chr13	23957801~23957900
	chr14	122353001~122353300
	chr15	43700701~43700800, 43871501~43871600
Hemoglobin	chr7	34350501~34350600, 52680001~52680100, 81038601~81038800, 81068301~81068400
	chr12	5643001~5643100
	chr13	155135201~155135500
	chrX	109600301~109600700, 109604201~109604300, 109607001~109607400, 109607701~109608000, 109613701~109614100, 109614401~109614700, 109620301~109620700, 109621101~109621200, 109621301~109621400, 109733401~109733500, 109733901~109734300, 109737001~109737100, 139095101~139095200, 139221101~139221200, 139815401~139815800, 143915001~143915100, 143920201~143920300
Left teat number	chr3	34922501~34922600, 40626901~40627100, 40764001~40764100, 41755801~41756200, 42278601~42278700, 42289501~42289600, 42679801~42680000
	chr12	26896001~26896100, 41709501~41709800, 42319101~42319400
Interleukin 10 level	chr2	3200801~3201200, 5223101~5223200, 6612501~6612600, 6918101~6918200, 8212601~8212700
	chr10	17609101~17609200, 27602101~27602200, 27602301~27602400, 27761001~27761100
	chr11	24168701~24169000
	chr12	1518401~1518600, 1601601~1601700, 1759801~1760100, 2007501~2007700, 2087801~2088000, 4275501~4275600, 5643001~5643100, 26896001~26896100, 41709501~41709800, 42319101~42319400, 48890101~48890200, 56136601~56136800, 56356601~56356800, 59166401~59166500, 59746501~59746800
	chr18	28125701~28125800
Body weight	chr2	8212601~8212700
	chr3	4123201~4123300
	chr6	76106701~76106800, 83045501~83045800

	chr12	42319101~42319400, 56136601~56136800, 56356601~56356800
	chr13	211240801~211241100
	chr14	55217101~55217200, 122353001~122353300
Reproductive tract weight	chr5	49504001~49504100, 62271401~62271700
Tetanus antibody titer	chr2	59456401~59456700, 67325301~67325500, 67327701~67327900, 75915301~75915400, 149693101~149693300
Belly meat content	chr2	3200801~3201200, 5223101~5223200, 6612501~6612600, 6918101~6918200, 8212601~8212700, 59456401~59456700, 67325301~67325500, 67327701~67327900, 75915301~75915400, 149693101~149693300
	chr6	12761901~12762000, 14510201~14510600, 26510101~26510200, 26513101~26513200, 26519201~26519400, 26522301~26522400, 26540201~26540500
	chr8	1014901~1015000, 1067201~1067300, 1750001~1750300, 4267701~4267800
Percentage of backfat and leaf fat in carcass	chr1	308351201~308351300, 313928801~313929200
	chr2	3200801~3201200, 5223101~5223200, 6612501~6612600, 6918101~6918200, 8212601~8212700
	chr7	52680001~52680100
	chr11	24168701~24169000
	chrX	109600301~109600700, 109604201~109604300, 109607001~109607400, 109607701~109608000, 109613701~109614100, 109614401~109614700, 109620301~109620700, 109621101~109621200, 109621301~109621400, 109733401~109733500, 109733901~109734300, 109737001~109737100
Plasma FSH concentration	chr3	34922501~34922600
	chrX	109600301~109600700, 109604201~109604300, 109607001~109607400, 109607701~109608000, 109613701~109614100, 109614401~109614700, 109620301~109620700, 109621101~109621200, 109621301~109621400, 109733401~109733500, 109733901~109734300, 109737001~109737100
Loin percentage	chr2	3200801~3201200, 5223101~5223200, 6612501~6612600, 6918101~6918200, 8212601~8212700
	chr13	155135201~155135500
Time spent walking	chr7	5014701~5015100
	chr8	1014901~1015000, 1067201~1067300, 1750001~1750300, 4267701~4267800
Empty body lipid content	chr6	26510101~26510200, 26513101~26513200, 26519201~26519400, 26522301~26522400, 26540201~26540500, 76106701~76106800, 83045501~83045800
	chr9	468101~468300, 691301~691600, 968801~969000, 3966801~3966900, 3982501~3982600, 7099201~7099300, 7362501~7362600, 7562901~7563200
	chrX	109600301~109600700, 109604201~109604300, 109607001~109607400, 109607701~109608000, 109613701~109614100, 109614401~109614700, 109620301~109620700, 109621101~109621200, 109621301~109621400, 109733401~109733500, 109733901~109734300, 109737001~109737100

Hind leg conformation	chr3	118768101~118768300, 126380401~126380500
	chr5	49504001~49504100, 62271401~62271700
	chr6	12761901~12762000, 14510201~14510600, 26510101~26510200, 26513101~26513200, 26519201~26519400, 26522301~26522400, 26540201~26540500, 49210801~49211100, 50581501~50581600, 53416201~53416300, 56226301~56226400, 57664101~57664200, 58219701~58219800, 58928401~58928500, 58947501~58947600
	chr7	52680001~52680100
	chr14	55217101~55217200
	chr18	20878201~20878300, 28125701~28125800
	Belly weight	chr4
chr5		93090401~93090500, 93090601~93090700, 93091101~93091200
chr6		12761901~12762000, 14510201~14510600, 76106701~76106800
chr7		34350501~34350600, 52680001~52680100
chr11		84345301~84345400, 84965301~84965600, 85349601~85349900, 85453101~85453300, 86507501~86507600, 87474201~87474300, 87581701~87581800, 87586701~87586900
chr12		26896001~26896100
chr14		150637801~150637900, 150918301~150918600, 151018001~151018200, 151220201~151220400, 151341201~151341300
	chrX	109600301~109600700, 109604201~109604300, 109607001~109607400, 109607701~109608000, 109613701~109614100, 109614401~109614700, 109620301~109620700, 109621101~109621200, 109621301~109621400, 109733401~109733500, 109733901~109734300, 109737001~109737100
Small intestine length	chr4	17146901~17147000, 111283301~111283500, 116576701~116577000
Feet weight	chr2	149693101~149693300
	chr7	34350501~34350600, 52680001~52680100
Marbling	chr1	10810901~10811000
	chr4	17146901~17147000, 111283301~111283500, 116576701~116577000
	chr5	49504001~49504100, 62271401~62271700, 93090401~93090500, 93090601~93090700, 93091101~93091200, 108033801~108033900
	chr6	12761901~12762000, 14510201~14510600, 26510101~26510200, 26513101~26513200, 26519201~26519400, 26522301~26522400, 26540201~26540500, 49210801~49211100, 50581501~50581600, 53416201~53416300, 56226301~56226400, 57664101~57664200, 58219701~58219800, 58928401~58928500, 58947501~58947600, 76106701~76106800, 83045501~83045800
	chr7	52680001~52680100, 81038601~81038800, 81068301~81068400
	chr10	17609101~17609200, 27602101~27602200, 27602301~27602400, 27761001~27761100, 70768401~70768500, 71458401~71458500
	chr12	41709501~41709800, 42319101~42319400, 48890101~48890200,

		56136601~56136800, 56356601~56356800, 59166401~59166500, 59746501~59746800, 62680101~62680200
Loin muscle area	chr1	10810901~10811000, 301574301~301574700, 303697301~303697500, 305457301~305457400, 305530201~305530600
	chr2	3200801~3201200, 5223101~5223200, 6612501~6612600, 6918101~6918200, 8212601~8212700, 59456401~59456700, 67325301~67325500, 67327701~67327900, 75915301~75915400
	chr3	1621701~1621800, 4123201~4123300, 4510301~4510700, 5172001~5172100, 5238701~5238900, 5552501~5552600, 9126101~9126200, 9150201~9150600, 34922501~34922600, 40626901~40627100, 40764001~40764100, 41755801~41756200, 42278601~42278700, 42289501~42289600, 42679801~42680000, 118768101~118768300, 126380401~126380500
	chr4	490701~490800, 973401~973500, 1985401~1985600, 2442801~2442900, 2672501~2672600, 2900201~2900300, 17146901~17147000, 111283301~111283500, 116576701~116577000, 141803301~141803400
	chr5	5202201~5202500, 49504001~49504100, 62271401~62271700, 93090401~93090500, 93090601~93090700, 93091101~93091200
	chr6	12761901~12762000, 14510201~14510600, 26510101~26510200, 26513101~26513200, 26519201~26519400, 26522301~26522400, 26540201~26540500, 49210801~49211100, 50581501~50581600, 53416201~53416300, 56226301~56226400, 57664101~57664200, 58219701~58219800, 58928401~58928500, 58947501~58947600, 76106701~76106800, 83045501~83045800, 152368201~152368300, 153751801~153751900
	chr7	1019701~1019900, 1079301~1079400, 1115401~1115700, 1323501~1323600, 1454001~1454100, 2371701~2371800, 3721101~3721300, 5014701~5015100, 34350501~34350600, 52680001~52680100, 81038601~81038800, 81068301~81068400, 119528201~119528300
	chr8	1014901~1015000, 1067201~1067300, 1750001~1750300, 4267701~4267800
	chr9	39991001~39991100, 40047301~40047400, 40048901~40049000, 62607401~62607500
	chr11	24168701~24169000, 84345301~84345400
	chr12	26896001~26896100, 41709501~41709800, 42319101~42319400, 48890101~48890200, 56136601~56136800, 56356601~56356800, 59166401~59166500, 59746501~59746800, 62680101~62680200
	chr13	23957801~23957900
	chr14	55217101~55217200, 122353001~122353300, 150637801~150637900, 150918301~150918600, 151018001~151018200, 151220201~151220400, 151341201~151341300
	chr15	43700701~43700800, 43871501~43871600, 154772301~154772500, 154917801~154917900

	chr17	69278301~69278400
	chrX	36440501~36440600, 109600301~109600700, 109604201~109604300, 109607001~109607400, 109607701~109608000, 109613701~109614100, 109614401~109614700, 109620301~109620700, 109621101~109621200, 109621301~109621400, 109733401~109733500, 109733901~109734300, 109737001~109737100
lean thickness between 3rd and 4th last ribs	chr7	81038601~81038800, 81068301~81068400, 119528201~119528300, 132090501~132090900, 133950801~133950900
Oxygen saturation	chr2	3200801~3201200, 5223101~5223200, 6612501~6612600, 6918101~6918200, 8212601~8212700
Phosphate level	chr12	26896001~26896100, 41709501~41709800, 42319101~42319400, 48890101~48890200
	chr15	153045901~153046100, 153605601~153605700, 154772301~154772500, 154917801~154917900
Total number born alive	chr3	42278601~42278700, 42289501~42289600, 42679801~42680000
	chr7	1019701~1019900, 1079301~1079400, 1115401~1115700, 1323501~1323600, 1454001~1454100, 2371701~2371800, 3721101~3721300, 5014701~5015100
	chr8	1014901~1015000, 1067201~1067300, 1750001~1750300
	chr12	5643001~5643100
	chr14	55217101~55217200
	chr17	65763701~65763800
	chr18	1588101~1588200, 2133801~2133900
Flavor score	chr6	53416201~53416300, 56226301~56226400, 57664101~57664200, 58219701~58219800, 58928401~58928500, 58947501~58947600, 76106701~76106800
Cholesterol level	chr2	59456401~59456700, 67325301~67325500, 67327701~67327900, 75915301~75915400, 156395801~156395900, 157329001~157329200, 157670201~157670300, 157675001~157675200, 157820301~157820400, 158196201~158196300
	chr5	62271401~62271700, 93090401~93090500, 93090601~93090700, 93091101~93091200, 108033801~108033900
	chr6	76106701~76106800, 83045501~83045800
	chr7	81038601~81038800, 81068301~81068400
	chr12	5643001~5643100
Feed conversion ratio	chr3	34922501~34922600, 40626901~40627100, 40764001~40764100, 41755801~41756200, 42278601~42278700, 42289501~42289600, 42679801~42680000
	chr4	140185601~140186000
	chr5	108033801~108033900
	chr6	76106701~76106800, 83045501~83045800
	chr13	155135201~155135500

Backfat weight	chr1	301574301~301574700, 303697301~303697500, 305457301~305457400, 305530201~305530600
	chr2	3200801~3201200, 5223101~5223200, 6612501~6612600, 6918101~6918200, 8212601~8212700, 59456401~59456700, 67325301~67325500, 67327701~67327900, 75915301~75915400
	chr3	118768101~118768300
	chr4	17146901~17147000, 111283301~111283500
	chr6	49210801~49211100, 50581501~50581600, 53416201~53416300, 56226301~56226400, 57664101~57664200, 58219701~58219800, 58928401~58928500, 58947501~58947600, 76106701~76106800, 83045501~83045800
	chr7	34350501~34350600, 52680001~52680100, 81038601~81038800, 81068301~81068400, 119528201~119528300, 132090501~132090900
	chr11	24168701~24169000
	chr13	23957801~23957900
	chrX	109600301~109600700, 109604201~109604300, 109607001~109607400, 109607701~109608000, 109613701~109614100, 109614401~109614700, 109620301~109620700, 109621101~109621200, 109621301~109621400, 109733401~109733500, 109733901~109734300, 109737001~109737100
body weight (13 weeks)	chr1	301574301~301574700, 303697301~303697500, 305457301~305457400, 305530201~305530600
	chr6	49210801~49211100, 50581501~50581600, 53416201~53416300, 56226301~56226400, 57664101~57664200, 58219701~58219800, 58928401~58928500, 58947501~58947600, 76106701~76106800, 83045501~83045800
	chr8	1014901~1015000, 1067201~1067300, 1750001~1750300, 4267701~4267800
Pseudorabies susceptibility	chr6	12761901~12762000, 14510201~14510600
	chr9	148296301~148296500, 149784501~149784600
Melanoma susceptibility	chr2	3200801~3201200, 5223101~5223200, 6612501~6612600, 6918101~6918200, 8212601~8212700, 59456401~59456700, 67325301~67325500, 67327701~67327900, 75915301~75915400
	chr4	111283301~111283500
	chr7	34350501~34350600
	chr9	39991001~39991100, 40047301~40047400, 40048901~40049000, 62607401~62607500, 148296301~148296500, 149784501~149784600, 152205501~152205800
	chr10	17609101~17609200, 27602101~27602200, 27602301~27602400, 27761001~27761100
	chr13	211240801~211241100, 216443101~216443200, 216576701~216576800, 216645701~216646000, 217194301~217194500, 217384201~217384300, 217499201~217499400, 217499501~217499600, 217607801~217608000, 218172201~218172300

	chr14	55217101~55217200
bone weight	chr4	141803301~141803400
Average lactate	chr17	59380001~59380200, 65763701~65763800, 66127901~66128100, 66151501~66151800
Total muscle fiber number	chr2	158196201~158196300
	chr12	26896001~26896100, 41709501~41709800, 42319101~42319400, 48890101~48890200, 56136601~56136800, 56356601~56356800, 59166401~59166500, 59746501~59746800
	chr14	150637801~150637900, 150918301~150918600, 151018001~151018200, 151220201~151220400, 151341201~151341300, 152371001~152371200, 152513501~152513600, 152978401~152978500, 153373001~153373100, 153373201~153373300, 153404401~153404800, 153576801~153577100, 153831201~153831400
	chr15	43700701~43700800, 43871501~43871600
laboratory	chr2	59456401~59456700, 67325301~67325500, 67327701~67327900, 75915301~75915400
	chr3	118768101~118768300
	chr6	49210801~49211100, 50581501~50581600, 53416201~53416300, 56226301~56226400, 57664101~57664200, 58219701~58219800, 58928401~58928500, 58947501~58947600, 76106701~76106800, 76106701~76106800, 83045501~83045800
	chr7	3721101~3721300, 5014701~5015100, 34350501~34350600, 52680001~52680100
	chr9	39991001~39991100, 40047301~40047400, 40048901~40049000, 62607401~62607500
	chr10	17609101~17609200
	chr12	41709501~41709800, 42319101~42319400
	chr13	23957801~23957900, 155135201~155135500
Lactate dehydrogenase level	chr3	1621701~1621800, 4123201~4123300, 4510301~4510700, 5172001~5172100, 5238701~5238900, 5552501~5552600, 9126101~9126200, 9150201~9150600, 34922501~34922600, 40626901~40627100, 40764001~40764100, 41755801~41756200, 42278601~42278700, 42289501~42289600, 42679801~42680000
	chr6	26510101~26510200, 26513101~26513200, 26519201~26519400, 26522301~26522400, 26540201~26540500, 49210801~49211100, 50581501~50581600, 53416201~53416300, 56226301~56226400, 57664101~57664200, 58219701~58219800, 58928401~58928500, 58947501~58947600, 76106701~76106800, 83045501~83045800

	chr13	23957801~23957900
Neck fat weight	chr2	3200801~3201200, 5223101~5223200, 6612501~6612600, 6918101~6918200, 8212601~8212700
sensory panel	chr6	76106701~76106800, 83045501~83045800
	chr13	23957801~23957900
Saturated fatty acid content	chr6	58219701~58219800, 58928401~58928500, 58947501~58947600
	chr9	62607401~62607500
Backfat linear at tenth rib	chr18	20878201~20878300
Maternal infanticide	chr11	84965301~84965600, 85349601~85349900, 85453101~85453300
	chr15	43700701~43700800, 43871501~43871600
Heart weight	chr2	3200801~3201200, 5223101~5223200, 6612501~6612600, 6918101~6918200, 8212601~8212700, 59456401~59456700, 67325301~67325500, 67327701~67327900, 75915301~75915400
	chr4	490701~490800, 973401~973500, 1985401~1985600, 2442801~2442900, 2672501~2672600, 2900201~2900300, 17146901~17147000
	chr7	34350501~34350600
	chr12	41709501~41709800, 42319101~42319400, 48890101~48890200, 56136601~56136800, 56356601~56356800, 59166401~59166500, 59746501~59746800, 62680101~62680200
	chr14	122353001~122353300
Ham meat weight	chr3	34922501~34922600, 40626901~40627100, 40764001~40764100, 41755801~41756200, 42278601~42278700, 42289501~42289600, 42679801~42680000
	chr4	490701~490800, 973401~973500, 1985401~1985600, 2442801~2442900, 2672501~2672600, 2900201~2900300, 17146901~17147000
	chr6	12761901~12762000, 14510201~14510600, 26510101~26510200, 26513101~26513200, 26519201~26519400, 26522301~26522400, 26540201~26540500, 83045501~83045800
	chr13	23957801~23957900
	chr14	122353001~122353300
Salmonella count in liver	chr1	10810901~10811000
	chr2	75915301~75915400
	chr7	1019701~1019900, 1079301~1079400, 1115401~1115700, 1323501~1323600, 1454001~1454100, 2371701~2371800, 3721101~3721300, 5014701~5015100
	chr8	4267701~4267800
	chr14	55217101~55217200, 122353001~122353300
Shear firmness	chr2	3200801~3201200, 5223101~5223200, 6612501~6612600, 6918101~6918200, 8212601~8212700, 59456401~59456700, 67325301~67325500, 67327701~67327900, 75915301~75915400, 149693101~149693300, 156395801~156395900, 157329001~157329200, 157670201~157670300, 157675001~157675200

Abdominal fat weight	chr2	3200801~3201200, 5223101~5223200, 6612501~6612600, 6918101~6918200, 8212601~8212700, 59456401~59456700, 67325301~67325500, 67327701~67327900, 75915301~75915400
	chr3	1621701~1621800, 4123201~4123300, 4510301~4510700, 5172001~5172100, 5238701~5238900, 5552501~5552600, 9126101~9126200, 9150201~9150600
	chr6	49210801~49211100, 50581501~50581600, 53416201~53416300, 56226301~56226400, 57664101~57664200, 58219701~58219800, 58928401~58928500, 58947501~58947600, 76106701~76106800, 83045501~83045800
	chr7	52680001~52680100
	chr14	55217101~55217200
	chr18	20878201~20878300, 28125701~28125800
Ham percentage	chr2	3200801~3201200, 5223101~5223200, 6612501~6612600, 6918101~6918200, 8212601~8212700
	chr14	122353001~122353300
Interleukin 2 level	chr6	76106701~76106800, 83045501~83045800
	chr7	81038601~81038800, 81068301~81068400
	chr11	24168701~24169000
Time spent lying	chr5	5202201~5202500
	chr8	1014901~1015000, 1067201~1067300, 1750001~1750300, 4267701~4267800
Granular leukocyte to lymphocyte ratio	chr14	122353001~122353300
Spleen weight	chr3	118768101~118768300
	chr7	34350501~34350600
Body weight (end of test)	chr2	59456401~59456700, 67325301~67325500, 67327701~67327900, 75915301~75915400, 149693101~149693300
	chr3	5172001~5172100, 5238701~5238900, 5552501~5552600, 9126101~9126200, 9150201~9150600, 34922501~34922600, 40626901~40627100, 40764001~40764100, 41755801~41756200, 42278601~42278700, 42289501~42289600, 42679801~42680000, 118768101~118768300, 126380401~126380500
	chr4	111283301~111283500, 116576701~116577000
	chr6	12761901~12762000, 14510201~14510600, 26510101~26510200, 26513101~26513200, 26519201~26519400, 26522301~26522400, 26540201~26540500, 49210801~49211100, 50581501~50581600, 53416201~53416300, 56226301~56226400, 57664101~57664200, 58219701~58219800, 58928401~58928500, 58947501~58947600, 76106701~76106800, 83045501~83045800
	chr7	34350501~34350600, 52680001~52680100, 81038601~81038800, 81068301~81068400, 119528201~119528300
	chr18	20878201~20878300, 28125701~28125800
Diameter of	chr1	10810901~10811000

angular fibers		
backfat at mid-back	chr2	5223101~5223200, 6612501~6612600, 6918101~6918200, 8212601~8212700, 59456401~59456700, 67325301~67325500, 67327701~67327900, 75915301~75915400, 149693101~149693300
	chr3	118768101~118768300, 126380401~126380500
	chr4	17146901~17147000, 111283301~111283500, 116576701~116577000
	chr5	49504001~49504100, 62271401~62271700, 93090401~93090500, 93090601~93090700, 93091101~93091200
	chr7	34350501~34350600, 52680001~52680100, 81038601~81038800, 81068301~81068400
	chr9	468101~468300, 691301~691600, 968801~969000, 3966801~3966900, 3982501~3982600, 7099201~7099300, 7362501~7362600, 7562901~7563200, 39991001~39991100, 40047301~40047400, 40048901~40049000, 62607401~62607500
	chr10	17609101~17609200, 27602101~27602200, 27602301~27602400, 27761001~27761100
	chr11	24168701~24169000
	chr12	1518401~1518600, 1601601~1601700, 1759801~1760100, 2007501~2007700, 2087801~2088000, 4275501~4275600, 5643001~5643100, 26896001~26896100, 41709501~41709800, 42319101~42319400
chrX	36440501~36440600, 109600301~109600700, 109604201~109604300, 109607001~109607400, 109607701~109608000, 109613701~109614100, 109614401~109614700, 109620301~109620700, 109621101~109621200, 109621301~109621400, 109733401~109733500, 109733901~109734300, 109737001~109737100	
Spareribs weight	chr4	17146901~17147000
	chr7	34350501~34350600, 52680001~52680100, 81038601~81038800, 81068301~81068400
	chr15	153045901~153046100
	chr18	20878201~20878300
45 min-3 hr pH decline	chr6	26510101~26510200, 26513101~26513200, 26519201~26519400, 26522301~26522400, 26540201~26540500
Lean meat weight	chr4	141803301~141803400
	chr6	152368201~152368300, 153751801~153751900
	chr12	41709501~41709800, 42319101~42319400
	chr13	211240801~211241100
Bone mineral content	chr2	3200801~3201200, 5223101~5223200, 6612501~6612600, 6918101~6918200, 8212601~8212700
	chr6	12761901~12762000
	chr12	42319101~42319400
Calcium level	chr4	140185601~140186000

	chr6	49210801~49211100, 50581501~50581600, 53416201~53416300, 56226301~56226400, 57664101~57664200, 58219701~58219800, 58928401~58928500, 58947501~58947600, 76106701~76106800, 83045501~83045800
	chr14	55217101~55217200
	chr15	153045901~153046100, 153605601~153605700
	chr18	20878201~20878300, 28125701~28125800
Firmness	chr2	59456401~59456700, 67325301~67325500, 67327701~67327900, 75915301~75915400
Oleic acid content	chr4	111283301~111283500, 116576701~116577000
	chr10	27602101~27602200, 27602301~27602400, 27761001~27761100
	chr12	1518401~1518600, 1601601~1601700, 1759801~1760100, 2007501~2007700, 2087801~2088000
	chrX	109600301~109600700, 109604201~109604300, 109607001~109607400, 109607701~109608000, 109613701~109614100, 109614401~109614700, 109620301~109620700, 109621101~109621200, 109621301~109621400, 109733401~109733500, 109733901~109734300, 109737001~109737100
External fat on loin	chr2	3200801~3201200, 5223101~5223200, 6612501~6612600, 6918101~6918200, 8212601~8212700
	chr9	62607401~62607500
backfat at last rib	chr1	10810901~10811000, 301574301~301574700, 303697301~303697500, 305457301~305457400, 305530201~305530600
	chr2	3200801~3201200, 5223101~5223200, 6612501~6612600, 6918101~6918200, 8212601~8212700, 59456401~59456700, 67325301~67325500, 67327701~67327900, 75915301~75915400, 149693101~149693300
	chr4	490701~490800, 973401~973500, 1985401~1985600, 2442801~2442900, 2672501~2672600, 2900201~2900300, 17146901~17147000, 111283301~111283500
	chr5	62271401~62271700, 93090401~93090500, 93090601~93090700, 93091101~93091200, 108033801~108033900
	chr6	12761901~12762000, 14510201~14510600, 26510101~26510200, 26513101~26513200, 26519201~26519400, 26522301~26522400, 26540201~26540500, 49210801~49211100, 50581501~50581600, 53416201~53416300, 56226301~56226400, 57664101~57664200, 58219701~58219800, 58928401~58928500, 58947501~58947600, 76106701~76106800, 83045501~83045800
	chr7	1019701~1019900, 1079301~1079400, 1115401~1115700, 1323501~1323600, 1454001~1454100, 2371701~2371800, 3721101~3721300, 5014701~5015100, 34350501~34350600, 52680001~52680100, 81038601~81038800, 81068301~81068400, 119528201~119528300
	chr9	468101~468300, 691301~691600, 968801~969000, 3966801~3966900, 3982501~3982600, 7099201~7099300, 7362501~7362600, 7562901~7563200

	chr11	24168701~24169000
	chr12	1518401~1518600, 1601601~1601700, 1759801~1760100, 2007501~2007700, 2087801~2088000, 4275501~4275600, 5643001~5643100, 26896001~26896100
	chr13	23957801~23957900, 155135201~155135500
	chr14	122353001~122353300
	chr17	59380001~59380200, 65763701~65763800, 66127901~66128100, 66151501~66151800
	chr18	1588101~1588200, 2133801~2133900, 20878201~20878300, 28125701~28125800
	chrX	109600301~109600700, 109604201~109604300, 109607001~109607400, 109607701~109608000, 109613701~109614100, 109614401~109614700, 109620301~109620700, 109621101~109621200, 109621301~109621400, 109733401~109733500, 109733901~109734300, 109737001~109737100, 139095101~139095200, 139221101~139221200, 139815401~139815800
Trimmed wholesale product / carcass weight	chr1	301574301~301574700, 303697301~303697500, 305457301~305457400, 305530201~305530600
	chr14	55217101~55217200
Relative area of type I fibers	chrX	139095101~139095200, 139221101~139221200, 139815401~139815800
Taste intensity	chr4	17146901~17147000
	chr5	49504001~49504100
Lean meat + bone in back	chr2	3200801~3201200, 5223101~5223200, 6612501~6612600, 6918101~6918200, 8212601~8212700
C3c concentration	chr2	3200801~3201200, 5223101~5223200, 6612501~6612600, 6918101~6918200, 8212601~8212700, 59456401~59456700, 67325301~67325500, 67327701~67327900, 75915301~75915400, 149693101~149693300, 156395801~156395900, 157329001~157329200, 157670201~157670300, 157675001~157675200, 157820301~157820400, 158196201~158196300
	chr4	111283301~111283500, 116576701~116577000
	chr7	52680001~52680100, 81038601~81038800, 81068301~81068400, 119528201~119528300
	chr14	55217101~55217200, 122353001~122353300
	chr18	28125701~28125800
Umbilical hernia	chr1	301574301~301574700, 303697301~303697500, 305457301~305457400, 305530201~305530600, 308351201~308351300
Skin percentage	chr6	26510101~26510200, 26513101~26513200, 26519201~26519400, 26522301~26522400, 26540201~26540500
	chr13	155135201~155135500
Biceps brachii length	chr5	93090401~93090500, 93090601~93090700, 93091101~93091200
Segmented neutrophil number	chr2	3200801~3201200, 5223101~5223200, 6612501~6612600, 6918101~6918200, 8212601~8212700
	chr3	118768101~118768300

	chr11	24168701~24169000
Stearic acid content	chr1	10810901~10811000
	chr2	59456401~59456700, 67325301~67325500, 67327701~67327900
	chr9	39991001~39991100, 40047301~40047400, 40048901~40049000, 62607401~62607500
	chr10	17609101~17609200, 27602101~27602200, 27602301~27602400, 27761001~27761100
	chr14	55217101~55217200, 122353001~122353300
Backfat at last lumbar	chr1	301574301~301574700, 303697301~303697500, 305457301~305457400, 305530201~305530600
	chr2	3200801~3201200, 5223101~5223200, 6612501~6612600, 6918101~6918200, 8212601~8212700
	chr4	490701~490800, 973401~973500, 1985401~1985600, 2442801~2442900, 2672501~2672600, 2900201~2900300, 17146901~17147000
	chr5	5202201~5202500, 93090401~93090500, 93090601~93090700, 93091101~93091200
	chr6	76106701~76106800, 83045501~83045800
	chr7	34350501~34350600, 52680001~52680100, 81038601~81038800, 81068301~81068400, 119528201~119528300
	chr14	55217101~55217200
	chrX	109600301~109600700, 109604201~109604300, 109607001~109607400, 109607701~109608000, 109613701~109614100, 109614401~109614700, 109620301~109620700, 109621101~109621200, 109621301~109621400, 109733401~109733500, 109733901~109734300, 109737001~109737100
Bilirubin level	chr7	5014701~5015100
	chr8	1014901~1015000, 1067201~1067300, 1750001~1750300, 4267701~4267800
	chr15	43700701~43700800, 43871501~43871600
subjective boar flavor in lean	chr6	49210801~49211100, 50581501~50581600, 53416201~53416300, 56226301~56226400, 57664101~57664200, 58219701~58219800, 58928401~58928500, 58947501~58947600, 76106701~76106800, 83045501~83045800
	chr14	55217101~55217200
Number of stillborn	chr2	305701~306000
	chr5	894701~894900, 1127401~1127500, 3353301~3353400, 5202201~5202500, 49504001~49504100, 62271401~62271700, 93090401~93090500, 93090601~93090700, 93091101~93091200, 108033801~108033900
	chr9	468101~468300, 691301~691600, 968801~969000
	chr13	23957801~23957900
	chr14	150637801~150637900, 152978401~152978500
Loin meat weight	chr8	1014901~1015000, 1067201~1067300, 1750001~1750300, 4267701~4267800
	chr9	39991001~39991100, 40047301~40047400, 40048901~40049000

	chr11	24168701~24169000
	chr13	155135201~155135500
Docosatetraenoic acid content	chr2	156395801~156395900, 157329001~157329200, 157670201~157670300, 157675001~157675200, 157820301~157820400, 158196201~158196300
Diameter of type IIa muscle fibers	chr9	148296301~148296500, 149784501~149784600
	chr14	55217101~55217200, 150637801~150637900, 150918301~150918600, 151018001~151018200, 151220201~151220400, 151341201~151341300, 152371001~152371200, 152513501~152513600, 152978401~152978500, 153373001~153373100, 153373201~153373300, 153404401~153404800, 153576801~153577100, 153831201~153831400
	chr15	43700701~43700800, 43871501~43871600
	chr18	1588101~1588200, 2133801~2133900
Lysozyme level	chr11	84345301~84345400, 84965301~84965600, 85349601~85349900, 85453101~85453300
NADPH-generating enzyme activity	chr7	34350501~34350600
	chrX	36440501~36440600, 109600301~109600700, 109604201~109604300, 109607001~109607400, 109607701~109608000, 109613701~109614100, 109614401~109614700, 109620301~109620700, 109621101~109621200, 109621301~109621400, 109733401~109733500, 109733901~109734300, 109737001~109737100
Carcass length	chr2	3200801~3201200, 5223101~5223200, 6612501~6612600, 6918101~6918200, 8212601~8212700, 59456401~59456700, 67325301~67325500, 67327701~67327900, 75915301~75915400
	chr3	34922501~34922600, 40626901~40627100, 40764001~40764100, 41755801~41756200, 42278601~42278700, 42289501~42289600, 42679801~42680000
	chr4	111283301~111283500, 116576701~116577000
	chr5	93090401~93090500, 93090601~93090700, 93091101~93091200, 108033801~108033900
	chr6	26510101~26510200, 26513101~26513200, 26519201~26519400, 26522301~26522400, 26540201~26540500, 49210801~49211100, 50581501~50581600, 53416201~53416300, 56226301~56226400, 57664101~57664200, 58219701~58219800, 58928401~58928500, 58947501~58947600, 76106701~76106800, 83045501~83045800
	chr7	5014701~5015100, 34350501~34350600, 52680001~52680100, 81038601~81038800, 81068301~81068400, 119528201~119528300
	chr8	1014901~1015000, 1067201~1067300, 1750001~1750300, 4267701~4267800
	chr9	468101~468300, 691301~691600, 968801~969000, 3966801~3966900, 3982501~3982600, 7099201~7099300, 7362501~7362600, 7562901~7563200
	chr12	5643001~5643100
	chr13	155135201~155135500

	chr14	122353001~122353300
	chr17	59380001~59380200, 65763701~65763800, 66127901~66128100, 66151501~66151800
	chr18	28125701~28125800
	chrX	36440501~36440600, 109600301~109600700, 109604201~109604300, 109607001~109607400, 109607701~109608000, 109613701~109614100, 109614401~109614700, 109620301~109620700, 109621101~109621200, 109621301~109621400, 109733401~109733500, 109733901~109734300, 109737001~109737100, 139095101~139095200, 139221101~139221200, 139815401~139815800, 143915001~143915100, 143920201~143920300
Rib weight	chr6	76106701~76106800, 83045501~83045800
Conductivity 45 minutes post-mortem	chr2	3200801~3201200, 5223101~5223200, 6612501~6612600, 6918101~6918200, 8212601~8212700
	chr6	49210801~49211100, 50581501~50581600, 53416201~53416300, 56226301~56226400, 57664101~57664200, 58219701~58219800, 58928401~58928500, 58947501~58947600, 76106701~76106800, 83045501~83045800
	chr7	34350501~34350600, 119528201~119528300
	chr8	1014901~1015000, 1067201~1067300, 1750001~1750300, 4267701~4267800
	chr9	468101~468300, 691301~691600, 968801~969000, 3966801~3966900, 3982501~3982600, 7099201~7099300, 7362501~7362600, 7562901~7563200
	chr13	23957801~23957900, 155135201~155135500
Creatinine level	chr3	118768101~118768300, 126380401~126380500, 140512601~140512700, 140527201~140527300
	chr5	5202201~5202500, 108033801~108033900
	chr7	52680001~52680100, 81038601~81038800, 81068301~81068400
	chr10	70768401~70768500, 71458401~71458500
	chr12	48890101~48890200, 56136601~56136800, 56356601~56356800, 59166401~59166500, 59746501~59746800, 62680101~62680200
	chr14	55217101~55217200
	chr15	43700701~43700800, 43871501~43871600, 153045901~153046100, 153605601~153605700
Creatine kinase level	chr2	3200801~3201200, 5223101~5223200, 6612501~6612600, 6918101~6918200, 8212601~8212700, 59456401~59456700, 67325301~67325500, 67327701~67327900, 75915301~75915400
	chr3	34922501~34922600, 40626901~40627100, 40764001~40764100, 41755801~41756200, 42278601~42278700, 42289501~42289600, 42679801~42680000
	chr6	49210801~49211100, 50581501~50581600, 53416201~53416300, 56226301~56226400, 57664101~57664200, 58219701~58219800, 58928401~58928500, 58947501~58947600, 76106701~76106800, 83045501~83045800

	chr7	34350501~34350600
	chr9	148296301~148296500, 149784501~149784600, 152205501~152205800
	chr12	26896001~26896100
skatole	chr6	76106701~76106800, 83045501~83045800
	chr13	23957801~23957900
	chr14	151018001~151018200
Subcutaneous fat area	chr2	3200801~3201200, 5223101~5223200, 6612501~6612600, 6918101~6918200, 8212601~8212700, 59456401~59456700, 67325301~67325500, 67327701~67327900
	chr6	12761901~12762000, 14510201~14510600, 26510101~26510200, 26513101~26513200, 26519201~26519400, 26522301~26522400, 26540201~26540500, 83045501~83045800
	chr7	5014701~5015100, 34350501~34350600, 52680001~52680100, 119528201~119528300
	chr13	155135201~155135500
	chr17	59380001~59380200, 65763701~65763800, 66127901~66128100, 66151501~66151800
	chr18	20878201~20878300, 28125701~28125800
PH for Longissimus dorsi	chr1	301574301~301574700, 303697301~303697500, 305457301~305457400, 305530201~305530600
	chr2	3200801~3201200, 5223101~5223200, 6612501~6612600, 6918101~6918200, 8212601~8212700, 75915301~75915400
	chr6	49210801~49211100, 50581501~50581600, 53416201~53416300, 56226301~56226400, 57664101~57664200, 58219701~58219800, 58928401~58928500, 58947501~58947600, 76106701~76106800, 83045501~83045800
	chr7	34350501~34350600
	chr9	468101~468300, 691301~691600, 968801~969000, 3966801~3966900, 3982501~3982600, 7099201~7099300, 7362501~7362600, 7562901~7563200
	chr13	155135201~155135500
	chr1	10810901~10811000
Body weight (birth)	chr2	3200801~3201200, 5223101~5223200, 6612501~6612600, 6918101~6918200, 8212601~8212700
	chr3	5552501~5552600, 34922501~34922600, 40626901~40627100, 40764001~40764100, 41755801~41756200, 42278601~42278700, 42289501~42289600, 42679801~42680000
	chr4	111283301~111283500, 116576701~116577000, 141803301~141803400
	chr6	49210801~49211100, 50581501~50581600, 53416201~53416300, 56226301~56226400, 57664101~57664200, 58219701~58219800, 58928401~58928500, 58947501~58947600, 76106701~76106800
	chr7	34350501~34350600, 52680001~52680100, 81038601~81038800, 81068301~81068400, 119528201~119528300, 132090501~132090900

	chr10	17609101~17609200
	chr12	26896001~26896100, 41709501~41709800, 42319101~42319400, 48890101~48890200, 56136601~56136800, 56356601~56356800, 59166401~59166500, 59746501~59746800
	chr14	55217101~55217200, 122353001~122353300, 150637801~150637900, 150918301~150918600, 151018001~151018200, 151220201~151220400, 151341201~151341300, 152371001~152371200, 152513501~152513600
	chr18	20878201~20878300, 28125701~28125800
Blood pH	chrX	109600301~109600700, 109604201~109604300, 109607001~109607400, 109607701~109608000, 109613701~109614100, 109614401~109614700, 109620301~109620700, 109621101~109621200, 109621301~109621400, 109733401~109733500, 109733901~109734300, 109737001~109737100
	chr2	149693101~149693300, 156395801~156395900, 157329001~157329200, 157670201~157670300, 157675001~157675200, 157820301~157820400, 158196201~158196300
Head weight	chr3	34922501~34922600, 40626901~40627100, 40764001~40764100, 41755801~41756200, 42278601~42278700, 42289501~42289600, 42679801~42680000
	chr4	17146901~17147000
	chr7	34350501~34350600
	chr14	122353001~122353300
	chr2	3200801~3201200, 5223101~5223200, 6612501~6612600, 6918101~6918200, 8212601~8212700
Shoulder meat weight	chr3	34922501~34922600, 40626901~40627100, 40764001~40764100, 41755801~41756200, 42278601~42278700, 42289501~42289600, 42679801~42680000
	chr4	490701~490800, 973401~973500, 1985401~1985600, 2442801~2442900, 2672501~2672600, 2900201~2900300, 17146901~17147000, 111283301~111283500
	chr6	49210801~49211100, 50581501~50581600, 53416201~53416300, 56226301~56226400, 57664101~57664200, 58219701~58219800, 58928401~58928500, 58947501~58947600, 76106701~76106800, 83045501~83045800
	chr7	34350501~34350600
	chr14	122353001~122353300
Carcass temperature (45 minutes post-mortem)	chr2	59456401~59456700, 67325301~67325500, 67327701~67327900, 75915301~75915400
	chr3	9126101~9126200, 9150201~9150600
Cooking loss	chr2	509701~509800, 3200801~3201200, 5223101~5223200, 6612501~6612600, 6918101~6918200, 59456401~59456700, 67325301~67325500, 67327701~67327900, 75915301~75915400, 149693101~149693300, 156395801~156395900, 157329001~157329200, 157670201~157670300, 157675001~157675200

	chr3	9126101~9126200, 9150201~9150600, 34922501~34922600, 40626901~40627100, 40764001~40764100, 41755801~41756200, 42278601~42278700, 42289501~42289600, 42679801~42680000, 118768101~118768300, 126380401~126380500
	chr5	93090401~93090500, 93090601~93090700, 93091101~93091200
	chr14	150637801~150637900, 150918301~150918600, 151018001~151018200, 151220201~151220400, 151341201~151341300, 152371001~152371200, 152513501~152513600, 152978401~152978500, 153373001~153373100, 153373201~153373300, 153404401~153404800, 153576801~153577100
Overall impression	chr6	76106701~76106800, 83045501~83045800
External fat on ham	chr2	6918101~6918200, 8212601~8212700
	chr3	118768101~118768300
	chr6	49210801~49211100, 50581501~50581600, 53416201~53416300, 56226301~56226400, 57664101~57664200, 58219701~58219800, 58928401~58928500, 58947501~58947600, 76106701~76106800, 83045501~83045800
	chr9	62607401~62607500
	chr14	122353001~122353300
pH for Semispinalis Dorsi	chr1	301574301~301574700, 303697301~303697500, 305457301~305457400, 305530201~305530600
Lean meat + bone in ham + back	chr2	3200801~3201200, 5223101~5223200, 6612501~6612600, 6918101~6918200, 8212601~8212700
Leaf fat weight	chr1	301574301~301574700, 303697301~303697500, 305457301~305457400, 305530201~305530600, 308351201~308351300
	chr2	149693101~149693300
	chr6	26510101~26510200, 26513101~26513200, 26519201~26519400, 26522301~26522400, 26540201~26540500
	chr7	34350501~34350600, 119528201~119528300
	chr9	39991001~39991100, 40047301~40047400, 40048901~40049000, 62607401~62607500
	chr12	26896001~26896100, 41709501~41709800, 42319101~42319400, 48890101~48890200
	chr14	55217101~55217200
	chrX	139095101~139095200, 139221101~139221200, 139815401~139815800, 143915001~143915100, 143920201~143920300
Semimembranosus angle	chr6	152368201~152368300, 153751801~153751900
	chr10	27602101~27602200, 27602301~27602400, 27761001~27761100, 70768401~70768500, 71458401~71458500
	chr14	122353001~122353300
Days to 105 kg	chr9	468101~468300, 691301~691600, 968801~969000, 3966801~3966900, 3982501~3982600, 7099201~7099300, 7362501~7362600, 7562901~7563200

Protein accretion rate	chr13	155135201~155135500
subjective pork odor	chr4	111283301~111283500, 116576701~116577000
	chr6	12761901~12762000, 14510201~14510600
Monounsaturated fatty acid content	chrX	109600301~109600700, 109604201~109604300, 109607001~109607400, 109607701~109608000, 109613701~109614100, 109614401~109614700, 109620301~109620700, 109621101~109621200, 109621301~109621400, 109733401~109733500, 109733901~109734300, 109737001~109737100
	chr6	58219701~58219800, 58928401~58928500, 58947501~58947600
Conductivity 24 hours postmortem (ham)	chr2	3200801~3201200, 5223101~5223200, 6612501~6612600, 6918101~6918200, 8212601~8212700
	chr9	468101~468300, 691301~691600, 968801~969000, 3966801~3966900, 3982501~3982600, 7099201~7099300, 7362501~7362600, 7562901~7563200
body weight (17 weeks)	chr1	301574301~301574700, 303697301~303697500, 305457301~305457400, 305530201~305530600
	chr3	34922501~34922600, 40626901~40627100, 40764001~40764100, 41755801~41756200, 42278601~42278700, 42289501~42289600, 42679801~42680000
	chr4	111283301~111283500, 116576701~116577000
	chr6	49210801~49211100, 50581501~50581600, 53416201~53416300, 56226301~56226400, 57664101~57664200, 58219701~58219800, 58928401~58928500, 58947501~58947600, 76106701~76106800, 83045501~83045800
	chr8	1014901~1015000, 1067201~1067300, 1750001~1750300, 4267701~4267800
Muscle moisture percentage	chr1	10810901~10811000
	chr2	75915301~75915400
	chr5	49504001~49504100
	chr6	26510101~26510200, 26513101~26513200, 26519201~26519400, 26522301~26522400, 26540201~26540500, 49210801~49211100, 50581501~50581600, 53416201~53416300, 56226301~56226400, 57664101~57664200, 58219701~58219800, 58928401~58928500, 58947501~58947600, 76106701~76106800, 83045501~83045800, 152368201~152368300, 153751801~153751900
	chr7	34350501~34350600, 52680001~52680100, 81038601~81038800, 81068301~81068400, 119528201~119528300
	chr8	1014901~1015000, 1067201~1067300, 1750001~1750300, 4267701~4267800
	chr9	7562901~7563200, 39991001~39991100, 40047301~40047400,

		40048901~40049000, 62607401~62607500
	chr12	5643001~5643100, 26896001~26896100, 41709501~41709800, 42319101~42319400, 48890101~48890200
	chr13	23957801~23957900, 155135201~155135500
	chrX	36440501~36440600, 109600301~109600700, 109604201~109604300, 109607001~109607400, 109607701~109608000, 109613701~109614100, 109614401~109614700, 109620301~109620700, 109621101~109621200, 109621301~109621400, 109733401~109733500, 109733901~109734300, 109737001~109737100
Lymphocyte number	chr7	34350501~34350600
	chr11	24168701~24169000
	chr17	59380001~59380200, 65763701~65763800, 66127901~66128100, 66151501~66151800
	chr18	1588101~1588200, 2133801~2133900, 20878201~20878300, 28125701~28125800
Average glycogen	chr18	28125701~28125800
	chrX	109600301~109600700, 109604201~109604300, 109607001~109607400, 109607701~109608000, 109613701~109614100, 109614401~109614700, 109620301~109620700, 109621101~109621200, 109621301~109621400, 109733401~109733500, 109733901~109734300, 109737001~109737100
Margaric acid content	chr4	111283301~111283500, 116576701~116577000
CD4-positive/CD8-positive leukocyte ratio	chr6	49210801~49211100, 50581501~50581600
	chr7	119528201~119528300
androsthenone	chr2	59456401~59456700, 67325301~67325500, 67327701~67327900, 75915301~75915400
	chr3	118768101~118768300
	chr6	49210801~49211100, 50581501~50581600, 53416201~53416300, 56226301~56226400, 57664101~57664200, 58219701~58219800, 58928401~58928500, 58947501~58947600, 76106701~76106800
	chr7	3721101~3721300, 5014701~5015100, 34350501~34350600, 52680001~52680100
	chr9	39991001~39991100, 40047301~40047400, 40048901~40049000, 62607401~62607500
	chr12	41709501~41709800, 42319101~42319400
	chr13	23957801~23957900
Cutlet weight	chr2	3200801~3201200, 5223101~5223200, 6612501~6612600, 6918101~6918200, 8212601~8212700, 59456401~59456700, 67325301~67325500, 67327701~67327900, 75915301~75915400, 149693101~149693300, 156395801~156395900, 157329001~157329200, 157670201~157670300, 157675001~157675200
Gait score (hind)	chr2	3200801~3201200, 5223101~5223200, 6612501~6612600, 6918101~6918200
	chr9	7362501~7362600
	chr10	17609101~17609200, 27602101~27602200, 27602301~27602400,

		27761001~27761100
	chr13	155135201~155135500
Change in interferon-gamma level	chr10	17609101~17609200, 27602101~27602200, 27602301~27602400, 27761001~27761100
	chr11	24168701~24169000
Carcass temperature (24 hr post-mortem)	chr9	468101~468300, 691301~691600, 968801~969000, 3966801~3966900, 3982501~3982600, 7099201~7099300, 7362501~7362600, 7562901~7563200
CSFV antibody level	chr2	8212601~8212700
picnic	chr6	26510101~26510200, 26513101~26513200, 26519201~26519400, 26522301~26522400, 26540201~26540500
Teat number	chr1	10810901~10811000
	chr2	3200801~3201200, 5223101~5223200, 6612501~6612600, 6918101~6918200
	chr3	1621701~1621800, 4123201~4123300, 4510301~4510700, 5172001~5172100, 5238701~5238900, 5552501~5552600, 9126101~9126200, 9150201~9150600, 34922501~34922600, 40626901~40627100, 40764001~40764100, 41755801~41756200, 42278601~42278700, 42289501~42289600, 42679801~42680000, 118768101~118768300, 126380401~126380500, 140512601~140512700, 140527201~140527300
	chr4	17146901~17147000
	chr5	894701~894900, 1127401~1127500, 3353301~3353400, 5202201~5202500, 49504001~49504100, 62271401~62271700
	chr6	12761901~12762000, 14510201~14510600, 26510101~26510200, 26513101~26513200, 26519201~26519400, 26522301~26522400, 26540201~26540500, 49210801~49211100, 50581501~50581600, 53416201~53416300, 56226301~56226400, 57664101~57664200, 58219701~58219800, 58928401~58928500, 58947501~58947600, 76106701~76106800, 83045501~83045800, 152368201~152368300, 153751801~153751900, 157277701~157278000
	chr7	34350501~34350600, 52680001~52680100, 81038601~81038800, 81068301~81068400
	chr10	17609101~17609200, 27602101~27602200, 27602301~27602400, 27761001~27761100, 70768401~70768500, 71458401~71458500
	chr11	24168701~24169000, 84345301~84345400, 84965301~84965600, 85349601~85349900, 85453101~85453300
	chr12	5643001~5643100, 26896001~26896100, 41709501~41709800, 42319101~42319400, 48890101~48890200, 56136601~56136800, 56356601~56356800, 59166401~59166500, 59746501~59746800, 62680101~62680200, 62963401~62963500
chr17	59380001~59380200, 65763701~65763800, 66127901~66128100, 66151501~66151800, 68999601~68999900, 69011801~69012000, 69041101~69041300, 69043101~69043300, 69278301~69278400, 69400101~69400200, 69494601~69494700	

	chr18	1588101~1588200, 2133801~2133900, 20878201~20878300, 28125701~28125800
Smell intensity	chr6	49210801~49211100, 50581501~50581600, 53416201~53416300, 56226301~56226400, 57664101~57664200, 58219701~58219800, 58928401~58928500, 58947501~58947600, 76106701~76106800, 83045501~83045800
Fat protein content	chr2	3200801~3201200, 5223101~5223200, 6612501~6612600, 6918101~6918200, 8212601~8212700
	chr3	118768101~118768300, 126380401~126380500, 140512601~140512700, 140527201~140527300
	chr7	34350501~34350600
	chr12	62963401~62963500
	chr14	122353001~122353300
	chr17	59380001~59380200, 65763701~65763800, 66127901~66128100, 66151501~66151800
Ear size	chr18	20878201~20878300, 28125701~28125800
	chr7	34350501~34350600
	chr9	62607401~62607500
Unsaturated fatty acid content	chr12	1518401~1518600, 1601601~1601700, 1759801~1760100, 2007501~2007700, 2087801~2088000, 4275501~4275600
	chr6	58219701~58219800, 58928401~58928500, 58947501~58947600
Fat to meat ratio	chr2	3200801~3201200, 5223101~5223200, 6612501~6612600, 6918101~6918200, 8212601~8212700, 59456401~59456700, 67325301~67325500, 67327701~67327900, 75915301~75915400, 149693101~149693300
	chr6	12761901~12762000, 14510201~14510600, 26510101~26510200, 26513101~26513200, 26519201~26519400, 26522301~26522400, 26540201~26540500, 76106701~76106800, 83045501~83045800
Loin muscle depth	chr2	59456401~59456700, 67325301~67325500, 67327701~67327900, 75915301~75915400
	chr4	490701~490800, 973401~973500, 1985401~1985600, 2442801~2442900, 2672501~2672600, 2900201~2900300, 17146901~17147000
	chr6	76106701~76106800, 83045501~83045800, 153751801~153751900
	chr7	1019701~1019900, 1079301~1079400, 1115401~1115700, 1323501~1323600, 1454001~1454100, 2371701~2371800, 3721101~3721300, 5014701~5015100, 34350501~34350600, 52680001~52680100, 81038601~81038800, 81068301~81068400, 119528201~119528300
	chr11	24168701~24169000
	chr12	26896001~26896100, 41709501~41709800, 42319101~42319400, 48890101~48890200, 56136601~56136800, 56356601~56356800, 59166401~59166500, 59746501~59746800

	chr13	23957801~23957900
	chr14	150637801~150637900, 150918301~150918600, 151018001~151018200, 151220201~151220400, 151341201~151341300
	chrX	36440501~36440600
Enterotoxigenic E. coli susceptibility	chr4	490701~490800, 973401~973500, 1985401~1985600, 2442801~2442900, 2672501~2672600, 2900201~2900300
	chr5	894701~894900, 1127401~1127500, 3353301~3353400
	chr15	43700701~43700800, 43871501~43871600
Platelet count	chr2	59456401~59456700, 67325301~67325500, 67327701~67327900, 75915301~75915400
	chr5	5202201~5202500
	chr6	49210801~49211100, 50581501~50581600, 53416201~53416300, 56226301~56226400, 57664101~57664200, 58219701~58219800, 58928401~58928500, 58947501~58947600, 76106701~76106800, 83045501~83045800
pH 24 hr post mortem (ham)	chr2	59456401~59456700, 67325301~67325500, 67327701~67327900, 75915301~75915400
	chr4	116576701~116577000
	chr6	26510101~26510200, 26513101~26513200, 26519201~26519400, 26522301~26522400, 26540201~26540500
	chr14	150637801~150637900, 150918301~150918600, 151018001~151018200, 151220201~151220400, 151341201~151341300
	chr15	43700701~43700800, 43871501~43871600, 153045901~153046100, 153605601~153605700, 154772301~154772500, 154917801~154917900
Interferon-gamma to interleukin-10 ratio	chr14	55217101~55217200
	chr17	59380001~59380200, 65763701~65763800, 66127901~66128100, 66151501~66151800
pH 24 hr post-mortem (loin)	chr2	59456401~59456700, 67325301~67325500, 67327701~67327900, 75915301~75915400, 149693101~149693300, 156395801~156395900, 157329001~157329200, 157670201~157670300, 157675001~157675200
	chr3	34922501~34922600, 40626901~40627100, 40764001~40764100, 41755801~41756200, 42278601~42278700, 42289501~42289600, 42679801~42680000
	chr4	17146901~17147000
	chr5	49504001~49504100, 62271401~62271700, 93090401~93090500, 93090601~93090700, 93091101~93091200, 108033801~108033900
	chr6	76106701~76106800, 83045501~83045800
	chr7	81038601~81038800, 81068301~81068400
	chr12	5643001~5643100, 26896001~26896100, 41709501~41709800, 42319101~42319400, 48890101~48890200, 56136601~56136800, 56356601~56356800, 59166401~59166500, 59746501~59746800

	chr14	122353001~122353300
	chr15	43700701~43700800, 43871501~43871600, 153045901~153046100, 153605601~153605700, 154772301~154772500, 154917801~154917900
	chr17	59380001~59380200
	chr18	20878201~20878300
Body weight (46 days)	chr4	111283301~111283500, 116576701~116577000
	chr6	12761901~12762000, 14510201~14510600, 26510101~26510200, 26513101~26513200, 26519201~26519400, 26522301~26522400, 26540201~26540500, 49210801~49211100, 50581501~50581600, 53416201~53416300, 56226301~56226400, 57664101~57664200, 58219701~58219800, 58928401~58928500, 58947501~58947600, 76106701~76106800
Salmonella count in liver and spleen	chr2	75915301~75915400
	chr7	1019701~1019900, 1079301~1079400, 1115401~1115700, 1323501~1323600, 1454001~1454100, 2371701~2371800, 3721101~3721300, 5014701~5015100
	chr14	55217101~55217200, 122353001~122353300
	chr15	43700701~43700800, 43871501~43871600
Fat area percentage in carcass	chr1	301574301~301574700, 303697301~303697500, 305457301~305457400, 305530201~305530600
	chr7	34350501~34350600
	chr9	39991001~39991100, 40047301~40047400, 40048901~40049000
Hemolytic complement activity (alternative pathway)	chr2	3200801~3201200, 5223101~5223200, 6612501~6612600, 6918101~6918200, 8212601~8212700
	chr4	111283301~111283500, 116576701~116577000
	chr5	5202201~5202500
	chr7	34350501~34350600
	chr11	24168701~24169000
Number of ribs	chr7	52680001~52680100, 81038601~81038800, 81068301~81068400
	chr18	28125701~28125800
muscle protein percentage	chr2	3200801~3201200, 5223101~5223200, 6612501~6612600, 6918101~6918200, 8212601~8212700
	chr3	126380401~126380500
	chr6	53416201~53416300, 56226301~56226400, 57664101~57664200, 58219701~58219800, 58928401~58928500, 58947501~58947600, 76106701~76106800, 152368201~152368300, 153751801~153751900
	chr7	5014701~5015100
Percentage type I fibers	chr10	17609101~17609200, 27602101~27602200, 27602301~27602400, 27761001~27761100
	chr14	55217101~55217200, 122353001~122353300
	chrX	139095101~139095200, 139221101~139221200, 139815401~139815800
Meat color-b	chr5	49504001~49504100, 62271401~62271700

Meat color-a	chr4	111283301~111283500, 116576701~116577000
	chr6	12761901~12762000, 14510201~14510600, 49210801~49211100, 50581501~50581600, 53416201~53416300, 56226301~56226400, 57664101~57664200, 58219701~58219800, 58928401~58928500, 58947501~58947600, 76106701~76106800, 83045501~83045800
	chr7	34350501~34350600
Number of capillaries per muscle fiber	chr10	17609101~17609200, 27602101~27602200, 27602301~27602400, 27761001~27761100
cis-11-Eicosenoic acid content	chr9	7099201~7099300, 7362501~7362600, 7562901~7563200
	chr12	1518401~1518600, 1601601~1601700, 1759801~1760100, 2007501~2007700, 2087801~2088000
Omega-6 fatty acid content	chr6	58219701~58219800, 58928401~58928500, 58947501~58947600
Percentage type IIb fibers	chr2	149693101~149693300
	chr4	17146901~17147000
	chr8	1014901~1015000, 1067201~1067300, 1750001~1750300, 4267701~4267800
	chr11	24168701~24169000
	chr12	48890101~48890200, 56136601~56136800, 56356601~56356800, 59166401~59166500, 59746501~59746800, 62680101~62680200
	chr14	55217101~55217200, 122353001~122353300
Conductivity 24 hours post-mortem	chr6	49210801~49211100, 50581501~50581600, 53416201~53416300, 56226301~56226400, 57664101~57664200, 58219701~58219800, 58928401~58928500, 58947501~58947600, 76106701~76106800, 83045501~83045800
	chr7	52680001~52680100
Meat color-L	chr2	59456401~59456700, 67325301~67325500, 67327701~67327900, 75915301~75915400, 149693101~149693300, 156395801~156395900, 157329001~157329200, 157670201~157670300, 157675001~157675200
	chr4	140185601~140186000
	chr5	49504001~49504100, 62271401~62271700, 108033801~108033900
	chr7	5014701~5015100, 34350501~34350600, 52680001~52680100, 81038601~81038800, 81068301~81068400
	chr9	62607401~62607500
	chr12	26896001~26896100, 41709501~41709800, 42319101~42319400, 48890101~48890200
	chr14	55217101~55217200
	chr17	59380001~59380200, 65763701~65763800, 66127901~66128100, 66151501~66151800
Linolenic acid content	chr5	93090401~93090500, 93090601~93090700, 93091101~93091200
	chr7	34350501~34350600
	chr12	5643001~5643100

Diameter of giant fibers	chr15	43700701~43700800, 43871501~43871600
Potassium level	chr7	52680001~52680100, 81038601~81038800, 81068301~81068400, 119528201~119528300
	chr14	55217101~55217200
	chr18	28125701~28125800
Myristic acid content	chr12	1518401~1518600, 1601601~1601700, 1759801~1760100, 2007501~2007700, 2087801~2088000, 5643001~5643100
Liver weight	chr2	59456401~59456700, 67325301~67325500, 67327701~67327900
	chr5	49504001~49504100, 62271401~62271700
	chr6	49210801~49211100, 50581501~50581600, 53416201~53416300, 56226301~56226400, 57664101~57664200, 58219701~58219800, 58928401~58928500, 58947501~58947600, 76106701~76106800, 83045501~83045800
	chr7	34350501~34350600
	chr18	1588101~1588200, 2133801~2133900
	chrX	36440501~36440600
	Right teat number	chr12
Total number born	chr6	12761901~12762000, 14510201~14510600, 26510101~26510200, 26513101~26513200, 26519201~26519400, 26522301~26522400, 26540201~26540500, 49210801~49211100, 50581501~50581600, 53416201~53416300, 56226301~56226400, 57664101~57664200, 58219701~58219800, 58928401~58928500, 58947501~58947600, 76106701~76106800, 83045501~83045800
	chr8	4267701~4267800
	chr12	5643001~5643100
	chr18	1588101~1588200, 2133801~2133900, 60474301~60474400, 60474501~60474600
	Ham weight	chr1
Ham weight	chr2	3200801~3201200, 5223101~5223200, 6612501~6612600, 6918101~6918200, 8212601~8212700, 59456401~59456700, 67325301~67325500, 67327701~67327900, 75915301~75915400, 149693101~149693300, 156395801~156395900, 157329001~157329200, 157670201~157670300, 157675001~157675200
	chr3	34922501~34922600, 40626901~40627100, 40764001~40764100, 41755801~41756200, 42278601~42278700, 42289501~42289600, 42679801~42680000
	chr4	17146901~17147000, 111283301~111283500, 116576701~116577000
	chr5	93090401~93090500, 93090601~93090700, 93091101~93091200
	chr6	26510101~26510200, 26513101~26513200, 26519201~26519400, 26522301~26522400, 26540201~26540500, 49210801~49211100, 50581501~50581600, 53416201~53416300, 76106701~76106800, 83045501~83045800

	chr7	34350501~34350600, 52680001~52680100, 81038601~81038800, 81068301~81068400
	chr8	1014901~1015000, 1067201~1067300, 1750001~1750300, 4267701~4267800
	chr9	468101~468300, 691301~691600, 968801~969000, 3966801~3966900, 3982501~3982600, 7099201~7099300, 7362501~7362600, 7562901~7563200
	chr12	41709501~41709800, 42319101~42319400, 48890101~48890200, 56136601~56136800, 56356601~56356800, 59166401~59166500, 59746501~59746800, 62680101~62680200
	chr13	155135201~155135500
	chr14	122353001~122353300
	chrX	36440501~36440600, 109600301~109600700, 109604201~109604300, 109607001~109607400, 109607701~109608000, 109613701~109614100, 109614401~109614700, 109620301~109620700, 109621101~109621200, 109621301~109621400, 109733401~109733500, 109733901~109734300, 109737001~109737100
Haptoglobin concentration	chr3	34922501~34922600, 40626901~40627100, 40764001~40764100, 41755801~41756200, 42278601~42278700, 42289501~42289600, 42679801~42680000
	chr5	49504001~49504100, 62271401~62271700
	chr8	1014901~1015000, 1067201~1067300, 1750001~1750300, 4267701~4267800
	chr9	62607401~62607500
	chr10	70768401~70768500, 71458401~71458500
	chr14	55217101~55217200, 122353001~122353300
	chr17	59380001~59380200, 65763701~65763800, 66127901~66128100, 66151501~66151800
Thoracolumbar vertebra number	chr7	119528201~119528300
	chr12	26896001~26896100
	chr14	122353001~122353300
pH 40 minutes post mortem (ham)	chr9	39991001~39991100, 40047301~40047400, 40048901~40049000, 62607401~62607500
Base excess	chr3	118768101~118768300, 126380401~126380500, 140512601~140512700, 140527201~140527300
	chr7	52680001~52680100, 81038601~81038800, 81068301~81068400
	chr12	48890101~48890200, 56136601~56136800, 56356601~56356800, 59166401~59166500, 59746501~59746800, 62680101~62680200
	chrX	36440501~36440600
Loin and neck meat weight	chr2	3200801~3201200, 5223101~5223200, 6612501~6612600, 6918101~6918200, 8212601~8212700
	chr3	34922501~34922600, 40626901~40627100, 40764001~40764100, 41755801~41756200, 42278601~42278700, 42289501~42289600, 42679801~42680000

	chr4	17146901~17147000, 111283301~111283500, 116576701~116577000
	chr6	49210801~49211100, 50581501~50581600, 53416201~53416300, 56226301~56226400, 57664101~57664200, 58219701~58219800, 58928401~58928500, 58947501~58947600, 76106701~76106800, 83045501~83045800
	chr11	24168701~24169000
	chr14	122353001~122353300
Daily feed intake	chr10	75270001~75270100, 75521701~75521900
	chr14	55217101~55217200, 122353001~122353300
tenderness score	chr2	75915301~75915400, 156395801~156395900, 157329001~157329200, 157670201~157670300, 157675001~157675200
	chr6	49210801~49211100, 50581501~50581600, 53416201~53416300, 56226301~56226400, 57664101~57664200, 58219701~58219800, 58928401~58928500, 58947501~58947600, 76106701~76106800, 83045501~83045800
	chr7	119528201~119528300
	chr9	468101~468300, 691301~691600, 968801~969000, 3966801~3966900, 3982501~3982600, 7099201~7099300, 7362501~7362600, 7562901~7563200
	chr15	43700701~43700800, 43871501~43871600
Dressing percentage	chr2	3200801~3201200, 5223101~5223200, 6612501~6612600, 6918101~6918200, 8212601~8212700
	chr3	118768101~118768300, 126380401~126380500
	chr4	17146901~17147000, 111283301~111283500, 116576701~116577000
	chr6	49210801~49211100, 50581501~50581600, 53416201~53416300, 56226301~56226400, 57664101~57664200, 58219701~58219800, 58928401~58928500, 58947501~58947600, 76106701~76106800, 83045501~83045800
	chr7	34350501~34350600, 81038601~81038800, 81068301~81068400
	chr10	17609101~17609200, 27602101~27602200, 27602301~27602400, 27761001~27761100
	chr13	155135201~155135500
	chr14	55217101~55217200, 122353001~122353300
	chr15	43700701~43700800, 43871501~43871600
	chr18	20878201~20878300
	chrX	109600301~109600700, 109604201~109604300, 109607001~109607400, 109607701~109608000, 109613701~109614100, 109614401~109614700, 109620301~109620700, 109621101~109621200, 109621301~109621400, 109733401~109733500, 109733901~109734300, 109737001~109737100, 139095101~139095200, 139221101~139221200, 139815401~139815800
Ear erectness	chr3	9126101~9126200, 9150201~9150600
	chr5	49504001~49504100, 62271401~62271700

	chr7	34350501~34350600, 52680001~52680100, 81038601~81038800, 81068301~81068400, 119528201~119528300, 132090501~132090900, 133950801~133950900
	chr9	39991001~39991100, 40047301~40047400, 40048901~40049000
	chr12	26896001~26896100, 41709501~41709800, 42319101~42319400
	chr18	28125701~28125800
Age at puberty	chr7	5014701~5015100, 34350501~34350600
	chr10	70768401~70768500, 71458401~71458500
	chr12	1518401~1518600, 1601601~1601700, 1759801~1760100
	chr13	23957801~23957900
pH for Semimembranosus	chr2	3200801~3201200, 5223101~5223200, 6612501~6612600, 6918101~6918200, 8212601~8212700, 59456401~59456700, 67325301~67325500, 67327701~67327900, 75915301~75915400, 149693101~149693300, 156395801~156395900, 157329001~157329200, 157670201~157670300, 157675001~157675200
	chr6	76106701~76106800, 83045501~83045800
	chr7	34350501~34350600
	chr9	468101~468300, 691301~691600, 968801~969000, 3966801~3966900, 3982501~3982600, 7099201~7099300, 7362501~7362600, 7562901~7563200
	chr13	155135201~155135500
	chr15	43700701~43700800, 43871501~43871600
Red cell distribution width	chr2	67325301~67325500, 67327701~67327900, 75915301~75915400
	chr7	34350501~34350600
	chr12	26896001~26896100, 41709501~41709800, 42319101~42319400
	chr14	122353001~122353300
Vertebra number	chr3	9126101~9126200, 9150201~9150600
	chr4	140185601~140186000
	chr10	17609101~17609200, 27602101~27602200, 27602301~27602400, 27761001~27761100, 70768401~70768500, 71458401~71458500
	chr12	1518401~1518600, 1601601~1601700, 1759801~1760100, 2007501~2007700, 2087801~2088000, 4275501~4275600, 5643001~5643100, 26896001~26896100, 41709501~41709800, 42319101~42319400, 48890101~48890200
	chr13	155135201~155135500
CIE-L*	chr1	10810901~10811000
	chr2	3200801~3201200, 5223101~5223200, 6612501~6612600, 6918101~6918200, 8212601~8212700, 59456401~59456700, 67325301~67325500, 67327701~67327900, 75915301~75915400
	chr4	111283301~111283500, 116576701~116577000
	chr5	894701~894900, 1127401~1127500, 3353301~3353400, 5202201~5202500, 49504001~49504100, 62271401~62271700
	chr6	76106701~76106800, 83045501~83045800
	chr9	7562901~7563200, 39991001~39991100, 40047301~40047400, 40048901~40049000, 62607401~62607500

	chr14	55217101~55217200, 122353001~122353300, 150637801~150637900, 150918301~150918600, 151018001~151018200, 151220201~151220400, 151341201~151341300, 152371001~152371200, 152513501~152513600, 152978401~152978500, 153373001~153373100, 153373201~153373300, 153404401~153404800, 153576801~153577100
	chr18	60474301~60474400, 60474501~60474600
pH for Semispinalis Capitis	chr3	118768101~118768300
Cervical vertebra length	chr5	93090401~93090500, 93090601~93090700, 93091101~93091200
	chr7	34350501~34350600
subjective abnormal flavor in fat	chr12	41709501~41709800, 42319101~42319400, 48890101~48890200
PH for Biceps femoris	chr1	301574301~301574700, 303697301~303697500, 305457301~305457400, 305530201~305530600
Hemolytic complement activity (classical pathway)	chr4	111283301~111283500, 116576701~116577000
	chr6	76106701~76106800, 83045501~83045800
Backfat percentage	chr2	3200801~3201200, 5223101~5223200, 6612501~6612600, 6918101~6918200, 8212601~8212700
pH 40 minutes post mortem (loin)	chr13	155135201~155135500
Sarcomere length	chr7	119528201~119528300
Lactate level	chr2	149693101~149693300
Bone percentage	chr4	141803301~141803400
Shear force at first peak	chr4	111283301~111283500, 116576701~116577000, 140185601~140186000
	chr14	55217101~55217200, 122353001~122353300
Estimated carcass lean content	chr2	3200801~3201200, 5223101~5223200, 6612501~6612600, 6918101~6918200, 8212601~8212700, 59456401~59456700, 67325301~67325500, 67327701~67327900, 75915301~75915400, 149693101~149693300, 156395801~156395900, 157329001~157329200, 157670201~157670300, 157675001~157675200
	chr6	12761901~12762000, 14510201~14510600, 26510101~26510200, 26513101~26513200, 26519201~26519400, 26522301~26522400, 26540201~26540500, 76106701~76106800, 83045501~83045800
	chr7	34350501~34350600
	chr9	468101~468300, 691301~691600, 968801~969000, 3966801~3966900, 3982501~3982600, 7099201~7099300, 7362501~7362600, 7562901~7563200
	chr14	150637801~150637900, 150918301~150918600, 151018001~151018200, 151220201~151220400, 151341201~151341300
	chrX	109600301~109600700, 109604201~109604300, 109607001~109607400, 109607701~109608000, 109613701~109614100, 109614401~109614700, 109620301~109620700, 109621101~109621200, 109621301~109621400, 109733401~109733500, 109733901~109734300, 109737001~109737100

Percentage giant fibers	chr3	1621701~1621800, 4123201~4123300, 4510301~4510700, 5172001~5172100, 5238701~5238900, 5552501~5552600, 9126101~9126200, 9150201~9150600
	chr18	28125701~28125800
pH 48 hr post-mortem (loin)	chr2	149693101~149693300
	chr15	43700701~43700800, 43871501~43871600
	chrX	109600301~109600700, 109604201~109604300, 109607001~109607400, 109607701~109608000, 109613701~109614100, 109614401~109614700, 109620301~109620700, 109621101~109621200, 109621301~109621400, 109733401~109733500, 109733901~109734300, 109737001~109737100
Vertebra distance	chr8	1014901~1015000, 1067201~1067300, 1750001~1750300, 4267701~4267800
Average daily lean meat gain	chr10	17609101~17609200
uterine horn weight	chr5	49504001~49504100, 62271401~62271700
Carbon dioxide level	chr3	34922501~34922600, 40626901~40627100, 40764001~40764100, 41755801~41756200, 42278601~42278700, 42289501~42289600, 42679801~42680000
	chr7	52680001~52680100, 81038601~81038800, 81068301~81068400
Front leg conformation	chr13	155135201~155135500
	chr18	20878201~20878300
Ratio of polyunsaturated fatty acids to saturated fatty acids	chr6	58219701~58219800, 58928401~58928500, 58947501~58947600
Diameter of muscle fibers	chr4	111283301~111283500, 116576701~116577000
	chr18	1588101~1588200, 2133801~2133900
Mean corpuscular hemoglobin content	chr4	140185601~140186000
	chr6	12761901~12762000, 14510201~14510600, 83045501~83045800
	chr7	52680001~52680100, 81038601~81038800, 81068301~81068400
	chr11	24168701~24169000
	chr12	48890101~48890200, 56136601~56136800, 56356601~56356800, 59166401~59166500, 59746501~59746800, 62680101~62680200
	chr14	122353001~122353300
Juiciness score	chr13	23957801~23957900
Inside ham weight	chr13	23957801~23957900
Platelet-large cell ratio	chr4	140185601~140186000
Fat-cuts percentage	chr2	3200801~3201200, 5223101~5223200, 6612501~6612600, 6918101~6918200, 8212601~8212700, 59456401~59456700, 67325301~67325500, 67327701~67327900, 75915301~75915400
	chr6	49210801~49211100, 50581501~50581600, 53416201~53416300, 56226301~56226400, 57664101~57664200, 58219701~58219800, 58928401~58928500, 58947501~58947600, 76106701~76106800, 83045501~83045800

	chr7	34350501~34350600
	chr12	26896001~26896100
	chr14	122353001~122353300
	chr17	59380001~59380200, 65763701~65763800, 66127901~66128100, 66151501~66151800
	chr18	20878201~20878300, 28125701~28125800
	chrX	109600301~109600700, 109604201~109604300, 109607001~109607400, 109607701~109608000, 109613701~109614100, 109614401~109614700, 109620301~109620700, 109621101~109621200, 109621301~109621400, 109733401~109733500, 109733901~109734300, 109737001~109737100
Removal parity	chr13	216443101~216443200, 216576701~216576800, 216645701~216646000, 217194301~217194500, 217384201~217384300, 217499201~217499400, 217499501~217499600, 217607801~217608000
Sodium level	chr3	118768101~118768300, 126380401~126380500, 140512601~140512700, 140527201~140527300
	chr8	1014901~1015000, 1067201~1067300, 1750001~1750300, 4267701~4267800
Activity during lying	chr5	5202201~5202500, 93090401~93090500, 93090601~93090700, 93091101~93091200
Shear force	chr2	3200801~3201200, 5223101~5223200, 6612501~6612600, 6918101~6918200, 8212601~8212700, 59456401~59456700, 67325301~67325500, 67327701~67327900, 75915301~75915400, 149693101~149693300, 156395801~156395900, 157329001~157329200, 157670201~157670300, 157675001~157675200
	chr3	1621701~1621800, 4123201~4123300, 4510301~4510700, 5172001~5172100, 5238701~5238900, 5552501~5552600, 9126101~9126200, 9150201~9150600, 34922501~34922600, 40626901~40627100, 40764001~40764100, 41755801~41756200, 42278601~42278700, 42289501~42289600, 42679801~42680000, 118768101~118768300, 126380401~126380500
	chr5	49504001~49504100, 62271401~62271700, 93090401~93090500, 93090601~93090700, 93091101~93091200
	chr6	49210801~49211100, 50581501~50581600, 53416201~53416300, 56226301~56226400, 57664101~57664200, 58219701~58219800, 58928401~58928500, 58947501~58947600, 76106701~76106800, 83045501~83045800
	chr7	81038601~81038800, 81068301~81068400, 119528201~119528300
	chr9	468101~468300, 691301~691600, 968801~969000, 3966801~3966900, 3982501~3982600, 7099201~7099300, 7362501~7362600, 7562901~7563200, 62607401~62607500
	chr10	17609101~17609200, 27602101~27602200, 27602301~27602400, 27761001~27761100, 70768401~70768500, 71458401~71458500
	chr12	48890101~48890200, 56136601~56136800, 56356601~56356800, 59166401~59166500, 59746501~59746800, 62680101~62680200

Average backfat thickness	chr13	23957801~23957900, 155135201~155135500
	chr14	55217101~55217200, 122353001~122353300, 150637801~150637900, 150918301~150918600, 151018001~151018200, 151220201~151220400, 151341201~151341300
	chr15	43700701~43700800, 43871501~43871600, 153045901~153046100, 153605601~153605700
	chr1	10810901~10811000, 301574301~301574700, 303697301~303697500, 305457301~305457400, 305530201~305530600
	chr2	3200801~3201200, 5223101~5223200, 6612501~6612600, 6918101~6918200, 8212601~8212700, 59456401~59456700, 67325301~67325500, 67327701~67327900, 75915301~75915400
	chr3	118768101~118768300, 126380401~126380500
	chr4	490701~490800, 973401~973500, 1985401~1985600, 2442801~2442900, 2672501~2672600, 2900201~2900300, 17146901~17147000, 111283301~111283500, 116576701~116577000, 141803301~141803400
	chr5	49504001~49504100, 62271401~62271700, 93090401~93090500, 93090601~93090700, 93091101~93091200, 108033801~108033900
	chr6	26510101~26510200, 26513101~26513200, 26519201~26519400, 26522301~26522400, 26540201~26540500, 49210801~49211100, 50581501~50581600, 53416201~53416300, 56226301~56226400, 57664101~57664200, 58219701~58219800, 58928401~58928500, 58947501~58947600, 76106701~76106800, 83045501~83045800, 152368201~152368300
	chr7	1019701~1019900, 1079301~1079400, 1115401~1115700, 1323501~1323600, 1454001~1454100, 2371701~2371800, 3721101~3721300, 5014701~5015100, 34350501~34350600, 52680001~52680100, 81038601~81038800, 81068301~81068400, 119528201~119528300
	chr8	1014901~1015000, 1067201~1067300, 1750001~1750300, 4267701~4267800
	chr9	62607401~62607500, 148296301~148296500, 149784501~149784600
	chr12	26896001~26896100, 41709501~41709800, 42319101~42319400, 48890101~48890200, 56136601~56136800, 56356601~56356800, 59166401~59166500, 59746501~59746800
	chr13	23957801~23957900, 211240801~211241100
	chr14	55217101~55217200, 122353001~122353300
	chr15	43700701~43700800, 43871501~43871600
	chrX	109600301~109600700, 109604201~109604300, 109607001~109607400, 109607701~109608000, 109613701~109614100, 109614401~109614700, 109620301~109620700, 109621101~109621200, 109621301~109621400, 109733401~109733500, 109733901~109734300, 109737001~109737100, 139095101~139095200, 139221101~139221200, 139815401~139815800, 143915001~143915100, 143920201~143920300

Thoracic vertebra number	chr3	5172001~5172100, 5238701~5238900, 5552501~5552600
	chr5	1127401~1127500
	chr6	26510101~26510200, 26513101~26513200, 26519201~26519400, 26522301~26522400, 26540201~26540500, 49210801~49211100, 50581501~50581600, 53416201~53416300, 56226301~56226400, 57664101~57664200, 58219701~58219800, 58928401~58928500, 58947501~58947600, 76106701~76106800, 83045501~83045800
	chr12	1518401~1518600, 1601601~1601700, 1759801~1760100, 2007501~2007700, 2087801~2088000, 4275501~4275600, 5643001~5643100, 26896001~26896100, 41709501~41709800, 42319101~42319400, 48890101~48890200
	chr14	122353001~122353300
Outside ham weight	chr6	12761901~12762000, 14510201~14510600, 26510101~26510200, 26513101~26513200, 26519201~26519400, 26522301~26522400, 26540201~26540500
Bone mineral density	chr3	118768101~118768300, 126380401~126380500
Backfat at first rib	chr2	3200801~3201200, 5223101~5223200, 6612501~6612600, 6918101~6918200, 8212601~8212700, 75915301~75915400
	chr5	49504001~49504100, 62271401~62271700, 93090401~93090500, 93090601~93090700, 93091101~93091200
	chr6	26510101~26510200, 26513101~26513200, 26519201~26519400, 26522301~26522400, 26540201~26540500, 76106701~76106800
	chr7	34350501~34350600
	chr9	39991001~39991100, 40047301~40047400, 40048901~40049000, 62607401~62607500
	chrX	109600301~109600700, 109604201~109604300, 109607001~109607400, 109607701~109608000, 109613701~109614100, 109614401~109614700, 109620301~109620700, 109621101~109621200, 109621301~109621400, 109733401~109733500, 109733901~109734300, 109737001~109737100, 139095101~139095200, 139221101~139221200, 139815401~139815800
Corpus luteum number	chr3	5172001~5172100, 5238701~5238900, 5552501~5552600, 9126101~9126200, 9150201~9150600, 34922501~34922600, 40626901~40627100, 40764001~40764100, 41755801~41756200, 42278601~42278700, 42289501~42289600, 42679801~42680000
	chr7	34350501~34350600, 52680001~52680100, 81038601~81038800, 81068301~81068400
	chr8	1014901~1015000, 1067201~1067300, 1750001~1750300, 4267701~4267800
	chr9	39991001~39991100, 40047301~40047400, 40048901~40049000, 62607401~62607500
	chr10	17609101~17609200, 27602101~27602200, 27602301~27602400, 27761001~27761100

	chr12	56356601~56356800
	chr13	23957801~23957900, 155135201~155135500
	chr15	43700701~43700800, 43871501~43871600, 153045901~153046100, 153605601~153605700
	chr17	59380001~59380200
	chr18	20878201~20878300, 28125701~28125800
Shoulder weight	chr2	3200801~3201200, 5223101~5223200, 6612501~6612600, 6918101~6918200, 8212601~8212700, 59456401~59456700, 67325301~67325500, 67327701~67327900, 75915301~75915400, 149693101~149693300, 156395801~156395900, 157329001~157329200, 157670201~157670300, 157675001~157675200
	chr6	26510101~26510200, 26513101~26513200, 26519201~26519400, 26522301~26522400, 26540201~26540500, 76106701~76106800, 83045501~83045800
	chr7	34350501~34350600, 52680001~52680100
	chr9	62607401~62607500
	chr14	122353001~122353300
	chrX	139095101~139095200, 139221101~139221200, 139815401~139815800, 143915001~143915100, 143920201~143920300
Aspartate amino transferase activity	chr10	70768401~70768500, 71458401~71458500
	chr14	122353001~122353300
Triglyceride level	chr2	149693101~149693300
	chr3	118768101~118768300
	chr11	24168701~24169000
	chr12	5643001~5643100, 26896001~26896100, 41709501~41709800, 42319101~42319400, 48890101~48890200, 56136601~56136800, 56356601~56356800, 59166401~59166500, 59746501~59746800, 62680101~62680200
	chr13	23957801~23957900, 155135201~155135500
	chr17	59380001~59380200, 65763701~65763800, 66127901~66128100, 66151501~66151800
	chr18	20878201~20878300, 28125701~28125800
Number of muscle fibers per unit area	chr2	158196201~158196300
	chr3	34922501~34922600, 40626901~40627100, 40764001~40764100, 41755801~41756200, 42278601~42278700, 42289501~42289600, 42679801~42680000
	chr4	111283301~111283500, 116576701~116577000
	chr12	26896001~26896100, 41709501~41709800, 42319101~42319400, 48890101~48890200, 56136601~56136800, 56356601~56356800, 59166401~59166500, 59746501~59746800
	chr14	150637801~150637900, 150918301~150918600, 151018001~151018200, 151220201~151220400, 151341201~151341300, 152371001~152371200, 152513501~152513600, 152978401~152978500, 153373001~153373100, 153373201~153373300, 153404401~153404800, 153576801~153577100, 153831201~153831400

rhinitis	chr3	126380401~126380500, 140512601~140512700, 140527201~140527300
	chr6	53416201~53416300, 56226301~56226400, 57664101~57664200, 58219701~58219800, 58928401~58928500, 58947501~58947600, 76106701~76106800
	chr13	155135201~155135500
Total shear work	chr3	34922501~34922600, 40626901~40627100, 40764001~40764100, 41755801~41756200, 42278601~42278700, 42289501~42289600, 42679801~42680000
	chr4	111283301~111283500, 116576701~116577000, 140185601~140186000
	chr7	81038601~81038800, 81068301~81068400
	chr14	122353001~122353300
45 min-24 h pH decline	chr3	1621701~1621800, 4123201~4123300, 4510301~4510700, 5172001~5172100, 5238701~5238900, 5552501~5552600, 9126101~9126200, 9150201~9150600
	chr7	119528201~119528300
	chr17	59380001~59380200, 65763701~65763800, 66127901~66128100, 66151501~66151800
LDL cholesterol	chr2	156395801~156395900, 157329001~157329200, 157670201~157670300, 157675001~157675200, 157820301~157820400, 158196201~158196300
	chr7	81038601~81038800, 81068301~81068400
	chr12	5643001~5643100
	chr13	23957801~23957900, 155135201~155135500
indole	chr10	17609101~17609200
	chr13	155135201~155135500
	chr14	150637801~150637900, 150918301~150918600, 151018001~151018200, 151220201~151220400, 151341201~151341300, 152371001~152371200, 152513501~152513600, 152978401~152978500, 153373001~153373100, 153373201~153373300, 153404401~153404800, 153576801~153577100
Red blood cell count	chr4	140185601~140186000
	chr7	52680001~52680100, 81038601~81038800, 81068301~81068400
	chr13	155135201~155135500
	chr15	43700701~43700800, 43871501~43871600
Gestation length	chr2	156395801~156395900
	chr12	41709501~41709800, 42319101~42319400
	chr15	153045901~153046100, 153605601~153605700
Nonfunctional nipples	chr2	59456401~59456700, 149693101~149693300
	chr3	34922501~34922600, 40626901~40627100, 40764001~40764100, 41755801~41756200, 42278601~42278700, 42289501~42289600, 42679801~42680000, 126380401~126380500, 140512601~140512700, 140527201~140527300
	chr4	111283301~111283500, 116576701~116577000, 140185601~140186000

	chr5	93090401~93090500, 93090601~93090700, 93091101~93091200
	chr6	49210801~49211100, 50581501~50581600, 53416201~53416300, 56226301~56226400, 57664101~57664200, 58219701~58219800, 58928401~58928500, 58947501~58947600, 76106701~76106800, 83045501~83045800
	chr8	4267701~4267800
	chr9	39991001~39991100, 40047301~40047400, 40048901~40049000
	chr11	84345301~84345400, 84965301~84965600, 85349601~85349900, 85453101~85453300, 86507501~86507600, 87474201~87474300, 87581701~87581800, 87586701~87586900
	chr13	23957801~23957900, 155135201~155135500
	chr15	43700701~43700800, 43871501~43871600
	chr18	60474301~60474400, 60474501~60474600
Palmitic acid content	chr4	111283301~111283500, 116576701~116577000
	chr8	1014901~1015000, 1067201~1067300, 1750001~1750300, 4267701~4267800
	chr12	1518401~1518600, 1601601~1601700, 1759801~1760100, 2007501~2007700, 2087801~2088000
	chr18	20878201~20878300
Meat color chroma	chr3	1621701~1621800, 4123201~4123300, 4510301~4510700, 5172001~5172100, 5238701~5238900, 5552501~5552600, 9126101~9126200, 9150201~9150600, 34922501~34922600, 40626901~40627100, 40764001~40764100, 41755801~41756200, 42278601~42278700, 42289501~42289600, 42679801~42680000, 118768101~118768300, 126380401~126380500
	chr12	48890101~48890200, 56136601~56136800, 56356601~56356800, 59166401~59166500, 59746501~59746800, 62680101~62680200
CIE-a*	chr1	10810901~10811000
	chr4	111283301~111283500, 116576701~116577000
	chr5	49504001~49504100, 62271401~62271700
	chr6	12761901~12762000, 14510201~14510600, 26510101~26510200, 26513101~26513200, 26519201~26519400, 26522301~26522400, 26540201~26540500, 49210801~49211100, 50581501~50581600, 53416201~53416300, 56226301~56226400, 57664101~57664200, 58219701~58219800, 58928401~58928500, 58947501~58947600, 76106701~76106800, 83045501~83045800
	chr7	34350501~34350600, 52680001~52680100, 81038601~81038800, 81068301~81068400
	chr8	1014901~1015000, 1067201~1067300, 1750001~1750300, 4267701~4267800
	chr9	7562901~7563200, 39991001~39991100, 40047301~40047400, 40048901~40049000, 62607401~62607500
chr10	17609101~17609200, 27602101~27602200, 27602301~27602400, 27761001~27761100, 70768401~70768500, 71458401~71458500	

	chr12	26896001~26896100, 48890101~48890200, 56136601~56136800, 56356601~56356800, 59166401~59166500, 59746501~59746800, 62680101~62680200
	chr13	23957801~23957900, 155135201~155135500
	chr18	20878201~20878300, 28125701~28125800
Time spent rooting	chr7	34350501~34350600
Muscle fat content	chr6	76106701~76106800, 83045501~83045800
	chr9	39991001~39991100, 40047301~40047400, 40048901~40049000
	chr12	26896001~26896100
subjective pork flavor in fat	chr6	49210801~49211100, 50581501~50581600, 53416201~53416300, 56226301~56226400, 57664101~57664200, 58219701~58219800, 58928401~58928500, 58947501~58947600, 76106701~76106800, 83045501~83045800
NADP-malate dehydrogenase activity	chr2	3200801~3201200, 5223101~5223200, 6612501~6612600, 6918101~6918200, 8212601~8212700
	chr7	34350501~34350600, 132090501~132090900, 133950801~133950900
CD4-positive leukocyte percentage	chr5	5202201~5202500
	chr6	49210801~49211100, 50581501~50581600
	chrX	109600301~109600700, 109604201~109604300, 109607001~109607400, 109607701~109608000, 109613701~109614100, 109614401~109614700, 109620301~109620700, 109621101~109621200, 109621301~109621400, 109733401~109733500, 109733901~109734300, 109737001~109737100
Liver and gallbladder weight	chr6	53416201~53416300, 56226301~56226400, 57664101~57664200, 58219701~58219800, 58928401~58928500, 58947501~58947600, 76106701~76106800, 83045501~83045800
Cortisol level	chr2	156395801~156395900, 157329001~157329200, 157670201~157670300, 157675001~157675200, 157820301~157820400, 158196201~158196300
	chr3	34922501~34922600, 40626901~40627100, 40764001~40764100, 41755801~41756200, 42278601~42278700, 42289501~42289600, 42679801~42680000
	chr7	119528201~119528300
	chr13	211240801~211241100
Osteochondrosis score	chr2	3200801~3201200, 5223101~5223200, 6612501~6612600, 6918101~6918200, 8212601~8212700
	chr3	34922501~34922600, 40626901~40627100, 40764001~40764100, 41755801~41756200, 42278601~42278700, 42289501~42289600, 42679801~42680000
	chr6	12761901~12762000, 14510201~14510600, 26510101~26510200, 26513101~26513200, 26519201~26519400, 26522301~26522400, 26540201~26540500, 49210801~49211100, 50581501~50581600, 53416201~53416300, 56226301~56226400, 57664101~57664200, 58219701~58219800, 58928401~58928500, 58947501~58947600

	chr10	17609101~17609200, 27602101~27602200, 27602301~27602400, 27761001~27761100
	chr14	55217101~55217200
Number of capillaries per type IIa fiber	chr10	17609101~17609200, 27602101~27602200, 27602301~27602400, 27761001~27761100
ADV antibody titer	chr6	53416201~53416300, 56226301~56226400, 57664101~57664200, 58219701~58219800, 58928401~58928500, 58947501~58947600
Stiffness	chr6	49210801~49211100, 50581501~50581600, 53416201~53416300, 56226301~56226400, 57664101~57664200, 58219701~58219800, 58928401~58928500, 58947501~58947600, 76106701~76106800, 83045501~83045800
Spotted coat	chr6	12761901~12762000, 14510201~14510600
pH 96 hr post-mortem (loin)	chrX	109600301~109600700, 109604201~109604300, 109607001~109607400, 109607701~109608000, 109613701~109614100, 109614401~109614700, 109620301~109620700, 109621101~109621200, 109621301~109621400, 109733401~109733500, 109733901~109734300, 109737001~109737100
Cholesterol level in meat	chr6	53416201~53416300, 56226301~56226400, 57664101~57664200, 58219701~58219800, 58928401~58928500, 58947501~58947600, 76106701~76106800
	chr10	70768401~70768500, 71458401~71458500
Homolonolenic acid content	chr2	59456401~59456700
Front feet conformation	chr13	155135201~155135500
Mycoplasma pneumonia susceptibility	chr12	41709501~41709800, 42319101~42319400
Percentage type IIa fibers	chr2	59456401~59456700, 67325301~67325500, 67327701~67327900
	chr10	17609101~17609200, 27602101~27602200, 27602301~27602400, 27761001~27761100
	chr11	24168701~24169000
	chr13	211240801~211241100
Fat percentage in carcass	chr1	305457301~305457400, 305530201~305530600
	chr3	4123201~4123300, 4510301~4510700, 5172001~5172100, 5238701~5238900, 118768101~118768300
	chr4	490701~490800, 973401~973500, 141803301~141803400
	chr6	83045501~83045800
	chr9	39991001~39991100, 40047301~40047400, 40048901~40049000
	chr12	26896001~26896100, 41709501~41709800, 42319101~42319400
	chrX	109600301~109600700, 109604201~109604300, 109607001~109607400, 109607701~109608000, 109613701~109614100, 109614401~109614700, 109620301~109620700, 109621101~109621200, 109621301~109621400, 109733401~109733500, 109733901~109734300, 109737001~109737100

CO2 partial pressure	chr6	12761901~12762000, 14510201~14510600
	chr7	5014701~5015100
	chr9	62607401~62607500
	chrX	139095101~139095200, 139221101~139221200, 139815401~139815800
Eosinophil number	chrX	139095101~139095200, 139221101~139221200, 139815401~139815800
Body weight (3 weeks)	chr2	3200801~3201200, 5223101~5223200, 6612501~6612600, 6918101~6918200, 8212601~8212700
	chr3	118768101~118768300
	chr4	111283301~111283500, 116576701~116577000
	chr6	76106701~76106800, 83045501~83045800
Backfat between 3rd and 4th last ribs	chr6	49210801~49211100, 50581501~50581600, 53416201~53416300, 56226301~56226400, 57664101~57664200, 58219701~58219800, 58928401~58928500, 58947501~58947600, 76106701~76106800, 83045501~83045800
Meat color score	chr4	17146901~17147000
	chr6	49210801~49211100, 50581501~50581600, 53416201~53416300, 56226301~56226400, 57664101~57664200, 58219701~58219800, 58928401~58928500, 58947501~58947600, 76106701~76106800
	chr7	1019701~1019900, 1079301~1079400, 1115401~1115700, 1323501~1323600, 1454001~1454100, 2371701~2371800, 3721101~3721300, 5014701~5015100
	chr17	59380001~59380200, 65763701~65763800, 66127901~66128100, 66151501~66151800
O2 partial pressure	chr2	3200801~3201200, 5223101~5223200, 6612501~6612600, 6918101~6918200, 8212601~8212700
Ratio of monounsaturated fatty acids to saturated fatty acids	chr6	58219701~58219800, 58928401~58928500, 58947501~58947600
backfat at P2 position	chr2	3200801~3201200, 5223101~5223200, 6612501~6612600, 6918101~6918200, 8212601~8212700
	chr4	490701~490800, 973401~973500, 1985401~1985600, 2442801~2442900, 2672501~2672600, 2900201~2900300, 17146901~17147000
	chr13	155135201~155135500
Body weight (slaughter)	chr2	3200801~3201200, 5223101~5223200, 6612501~6612600, 6918101~6918200, 8212601~8212700, 59456401~59456700
	chr3	118768101~118768300
	chr4	490701~490800, 973401~973500, 1985401~1985600, 2442801~2442900, 2672501~2672600, 2900201~2900300, 17146901~17147000, 111283301~111283500
	chr6	49210801~49211100, 50581501~50581600, 53416201~53416300, 56226301~56226400, 57664101~57664200, 58219701~58219800, 58928401~58928500, 58947501~58947600, 76106701~76106800, 83045501~83045800

	chr7	34350501~34350600
	chr9	468101~468300, 691301~691600, 968801~969000, 3966801~3966900, 3982501~3982600, 7099201~7099300, 7362501~7362600, 7562901~7563200, 39991001~39991100, 40047301~40047400, 40048901~40049000, 148296301~148296500, 149784501~149784600
	chr14	122353001~122353300
intestinal fat weight	chr3	118768101~118768300, 126380401~126380500
	chr4	17146901~17147000
	chr13	23957801~23957900
	chr14	55217101~55217200, 122353001~122353300
	chr15	43700701~43700800, 43871501~43871600
Diameter of type IIb muscle fibers	chr3	34922501~34922600, 40626901~40627100, 40764001~40764100, 41755801~41756200, 42278601~42278700, 42289501~42289600, 42679801~42680000
	chr4	111283301~111283500, 116576701~116577000
	chr14	55217101~55217200, 150637801~150637900, 150918301~150918600, 151018001~151018200, 151220201~151220400, 151341201~151341300, 152371001~152371200, 152513501~152513600, 152978401~152978500, 153373001~153373100, 153373201~153373300, 153404401~153404800, 153576801~153577100, 153831201~153831400
Shoulder subcutaneous fat thickness	chr1	10810901~10811000
	chr2	3200801~3201200, 5223101~5223200, 6612501~6612600, 6918101~6918200, 8212601~8212700, 59456401~59456700, 67325301~67325500, 67327701~67327900, 75915301~75915400
	chr5	5202201~5202500, 49504001~49504100, 62271401~62271700, 93090401~93090500, 93090601~93090700, 93091101~93091200
	chr6	26510101~26510200, 26513101~26513200, 26519201~26519400, 26522301~26522400, 26540201~26540500
	chr7	5014701~5015100, 34350501~34350600, 52680001~52680100, 81038601~81038800, 81068301~81068400, 119528201~119528300, 132090501~132090900
	chr10	17609101~17609200, 27602101~27602200, 27602301~27602400, 27761001~27761100
	chr14	122353001~122353300
	chrX	36440501~36440600, 109600301~109600700, 109604201~109604300, 109607001~109607400, 109607701~109608000, 109613701~109614100, 109614401~109614700, 109620301~109620700, 109621101~109621200, 109621301~109621400, 109733401~109733500, 109733901~109734300, 109737001~109737100
Time spent feeding	chr6	49210801~49211100, 50581501~50581600, 53416201~53416300, 56226301~56226400, 57664101~57664200, 58219701~58219800, 58928401~58928500, 58947501~58947600, 76106701~76106800, 83045501~83045800

	chr8	1014901~1015000, 1067201~1067300, 1750001~1750300, 4267701~4267800
	chrX	139095101~139095200, 139221101~139221200, 139815401~139815800
Linoleic acid content	chr2	59456401~59456700, 67325301~67325500, 67327701~67327900
	chr4	490701~490800, 973401~973500, 1985401~1985600, 2442801~2442900, 2672501~2672600, 2900201~2900300, 17146901~17147000
	chr5	49504001~49504100, 62271401~62271700
	chr9	39991001~39991100, 40047301~40047400, 40048901~40049000
	chr10	17609101~17609200
	chr14	55217101~55217200
	chr18	20878201~20878300
Alkaline phosphatase activity	chr6	26510101~26510200, 26513101~26513200, 26519201~26519400, 26522301~26522400, 26540201~26540500, 49210801~49211100, 50581501~50581600, 53416201~53416300, 56226301~56226400, 57664101~57664200, 58219701~58219800, 58928401~58928500, 58947501~58947600, 76106701~76106800, 83045501~83045800
	chr7	34350501~34350600, 52680001~52680100, 81038601~81038800, 81068301~81068400
CD4-positive	chr17	59380001~59380200, 65763701~65763800, 66127901~66128100, 66151501~66151800
Body weight (20 weeks)	chr5	49504001~49504100, 62271401~62271700
	chr6	49210801~49211100, 50581501~50581600, 53416201~53416300, 56226301~56226400, 57664101~57664200, 58219701~58219800, 58928401~58928500, 58947501~58947600, 76106701~76106800, 83045501~83045800
	chr12	26896001~26896100, 41709501~41709800, 42319101~42319400, 48890101~48890200
Average instron (star probe) force	chr14	55217101~55217200, 122353001~122353300
Smell intensity - fat	chr7	34350501~34350600
leaf fat percentage	chr2	156395801~156395900, 157329001~157329200, 157670201~157670300, 157675001~157675200, 157820301~157820400, 158196201~158196300
Litter weight	chr17	65763701~65763800
Loin weight	chr1	301574301~301574700, 303697301~303697500, 305457301~305457400, 305530201~305530600, 308351201~308351300
	chr2	3200801~3201200, 5223101~5223200, 6612501~6612600, 6918101~6918200, 8212601~8212700, 156395801~156395900, 157329001~157329200, 157670201~157670300, 157675001~157675200, 157820301~157820400, 158196201~158196300
	chr3	118768101~118768300
	chr6	49210801~49211100, 50581501~50581600, 53416201~53416300, 56226301~56226400, 57664101~57664200, 58219701~58219800,

		58928401~58928500, 58947501~58947600, 83045501~83045800, 152368201~152368300, 153751801~153751900
	chr7	52680001~52680100, 81038601~81038800, 81068301~81068400
	chr8	1014901~1015000, 1067201~1067300, 1750001~1750300, 4267701~4267800
	chr11	24168701~24169000
	chr12	26896001~26896100, 41709501~41709800, 42319101~42319400, 48890101~48890200, 56136601~56136800, 56356601~56356800, 59166401~59166500, 59746501~59746800
	chr13	155135201~155135500
	chr14	150637801~150637900, 150918301~150918600, 151018001~151018200, 151220201~151220400, 151341201~151341300
	chrX	109600301~109600700, 109604201~109604300, 109607001~109607400, 109607701~109608000, 109613701~109614100, 109614401~109614700, 109620301~109620700, 109621101~109621200, 109621301~109621400, 109733401~109733500, 109733901~109734300, 109737001~109737100
Body weight (30 weeks)	chr7	34350501~34350600
Hind hock weight	chr6	12761901~12762000, 14510201~14510600
	chr8	1014901~1015000, 1067201~1067300, 1750001~1750300
Backfat at rump	chr2	3200801~3201200, 5223101~5223200, 6612501~6612600, 6918101~6918200, 8212601~8212700, 156395801~156395900, 157329001~157329200, 157670201~157670300, 157675001~157675200, 157820301~157820400, 158196201~158196300
	chr4	141803301~141803400
	chr5	49504001~49504100, 62271401~62271700, 93090401~93090500, 93090601~93090700, 93091101~93091200
	chr6	152368201~152368300, 153751801~153751900, 157277701~157278000
	chr7	34350501~34350600
Backfat at tenth rib	chr1	301574301~301574700, 303697301~303697500
	chr2	3200801~3201200, 5223101~5223200, 6612501~6612600, 6918101~6918200, 8212601~8212700
	chr3	9126101~9126200, 9150201~9150600
	chr4	17146901~17147000
	chr5	5202201~5202500, 93090401~93090500, 93090601~93090700, 93091101~93091200
	chr6	12761901~12762000, 14510201~14510600, 26510101~26510200, 26513101~26513200, 26519201~26519400, 26522301~26522400, 26540201~26540500, 49210801~49211100, 50581501~50581600, 53416201~53416300, 56226301~56226400, 57664101~57664200, 58219701~58219800, 58928401~58928500, 58947501~58947600, 76106701~76106800, 83045501~83045800
	chr7	5014701~5015100, 34350501~34350600, 52680001~52680100, 81038601~81038800, 81068301~81068400, 119528201~119528300

	chr11	24168701~24169000
	chr12	1518401~1518600, 1601601~1601700, 1759801~1760100, 2007501~2007700, 2087801~2088000, 4275501~4275600, 5643001~5643100, 48890101~48890200, 56136601~56136800, 56356601~56356800, 59166401~59166500
	chr13	23957801~23957900
	chr15	43700701~43700800, 43871501~43871600
	chr18	20878201~20878300, 28125701~28125800
	chrX	109600301~109600700, 109604201~109604300, 109607001~109607400, 109607701~109608000, 109613701~109614100, 109614401~109614700, 109620301~109620700, 109621101~109621200, 109621301~109621400, 109733401~109733500, 109733901~109734300, 109737001~109737100, 139095101~139095200, 139221101~139221200, 139815401~139815800
CIE-b*	chr1	10810901~10811000
	chr2	59456401~59456700, 67325301~67325500, 67327701~67327900, 75915301~75915400, 149693101~149693300, 156395801~156395900, 157329001~157329200, 157670201~157670300, 157675001~157675200
	chr3	1621701~1621800, 4123201~4123300, 4510301~4510700, 5172001~5172100, 5238701~5238900, 5552501~5552600, 9126101~9126200, 9150201~9150600, 34922501~34922600, 40626901~40627100, 40764001~40764100, 41755801~41756200, 42278601~42278700, 42289501~42289600, 42679801~42680000, 118768101~118768300, 126380401~126380500
	chr5	49504001~49504100, 62271401~62271700
	chr6	26510101~26510200, 26513101~26513200, 26519201~26519400, 26522301~26522400, 26540201~26540500
	chr7	81038601~81038800, 81068301~81068400
	chr10	17609101~17609200, 27602101~27602200, 27602301~27602400, 27761001~27761100, 70768401~70768500, 71458401~71458500
	chr11	24168701~24169000, 84345301~84345400
	chr12	41709501~41709800, 42319101~42319400
	chr14	122353001~122353300
body weight (10 weeks)	chr1	301574301~301574700, 303697301~303697500, 305457301~305457400, 305530201~305530600
	chr5	49504001~49504100, 62271401~62271700
	chr12	26896001~26896100, 41709501~41709800, 42319101~42319400, 48890101~48890200, 56136601~56136800, 56356601~56356800, 59166401~59166500, 59746501~59746800, 62680101~62680200
Adrenal gland weight	chr2	156395801~156395900, 157329001~157329200, 157670201~157670300, 157675001~157675200, 157820301~157820400, 158196201~158196300
Off-Flavor Score	chr2	59456401~59456700, 67325301~67325500, 67327701~67327900, 75915301~75915400

	chr3	34922501~34922600, 40626901~40627100, 40764001~40764100, 41755801~41756200, 42278601~42278700, 42289501~42289600, 42679801~42680000, 118768101~118768300
	chr9	62607401~62607500
backfat above muscle dorsi	chr2	59456401~59456700
	chr5	5202201~5202500, 49504001~49504100, 62271401~62271700, 93090401~93090500, 93090601~93090700, 93091101~93091200
	chr7	34350501~34350600, 52680001~52680100, 81038601~81038800, 81068301~81068400
	chr9	468101~468300, 691301~691600, 968801~969000, 3966801~3966900, 3982501~3982600, 7099201~7099300, 7362501~7362600, 7562901~7563200, 39991001~39991100, 40047301~40047400, 40048901~40049000, 62607401~62607500
	chr14	55217101~55217200, 122353001~122353300
	chrX	36440501~36440600
Monocyte number	chr11	24168701~24169000
Scrotal/inguinal hernia	chr5	5202201~5202500
Interferon-gamma level	chr2	3200801~3201200, 5223101~5223200, 6612501~6612600, 6918101~6918200, 8212601~8212700, 59456401~59456700, 156395801~156395900, 157329001~157329200, 157670201~157670300, 157675001~157675200, 157820301~157820400, 158196201~158196300
	chr5	894701~894900, 1127401~1127500, 3353301~3353400
	chr7	81038601~81038800, 81068301~81068400
	chr11	24168701~24169000
	chr17	59380001~59380200

표 134. 돼지의 소장에서 추출한 Sample 에서의 Differentially Methylated regions (DMR)의 QTL mapping 결과

QTL name	Chr	Region
CD4-positive leukocyte number	chr1	59355901~59356000
CD2-positive leukocyte number	chr1	59355901~59356000
Percentage of backfat and leaf fat in carcass	chr2	5125801~5125900
	chrX	109600401~109600500, 109613801~109614000, 109735301~109735500
Plasma FSH concentration	chrX	109600401~109600500, 109613801~109614000, 109735301~109735500

HDL cholesterol	chr9	44386401~44386600
Days to 105 kg	chr9	7363701~7363800
Loin percentage	chr2	5125801~5125900
Toll-like receptor 9 level	chr2	5125801~5125900
	chr16	36785201~36785800, 36786401~36786500, 36786601~36787000
Fat to meat ratio	chr1	59355901~59356000
	chr2	5125801~5125900, 69378601~69378700
Empty body lipid content	chr9	7363701~7363800
	chrX	109600401~109600500, 109613801~109614000, 109735301~109735500
Diameter of muscle fibers	chr4	104845101~104845400, 111283301~111283600
Hind leg conformation	chr4	50259801~50259900
	chr6	52977201~52977300
Loin and ham percentage in carcass	chr2	5125801~5125900
	chr6	52977201~52977300
	chrX	109600401~109600500, 109613801~109614000, 109735301~109735500
Cortisol level variations	chr7	128840701~128840800
Backfat percentage	chr2	5125801~5125900
subjective pork odor	chr4	104845101~104845400, 111283301~111283600
	chrX	51185901~51186300, 51301201~51301500, 51307201~51307500, 51355901~51356300, 109600401~109600500, 109613801~109614000, 109735301~109735500
Feed intake	chr1	59355901~59356000
	chr2	5125801~5125900
	chrX	51185901~51186300, 51301201~51301500, 51307201~51307500, 51355901~51356300
Average feeding rate	chr1	59355901~59356000
Small intestine length	chr4	50259801~50259900, 104845101~104845400, 111283301~111283600
Front feet conformation	chr1	59355901~59356000
	chr16	36785201~36785800, 36786401~36786500, 36786601~36787000
HDL/LDL ratio	chr4	50259801~50259900
	chr16	36785201~36785800, 36786401~36786500, 36786601~36787000
Marbling	chr1	59355901~59356000
	chr4	50259801~50259900, 104845101~104845400, 111283301~111283600
	chr5	99281301~99282100
	chr6	52977201~52977300
	chr7	134400901~134401000
Skin thickness	chr1	59355901~59356000
	chr4	104845101~104845400, 111283301~111283600
Belly meat content	chr1	59355901~59356000

	chr2	5125801~5125900, 69378601~69378700
	chr16	36785201~36785800, 36786401~36786500, 36786601~36787000
Ulna length	chr4	50259801~50259900
	chr1	59355901~59356000
	chr2	5125801~5125900, 69378601~69378700
	chr3	134020601~134020700
	chr4	50259801~50259900, 104845101~104845400, 111283301~111283600
	chr6	52977201~52977300
Loin muscle area	chr7	5017401~5017700
	chr9	44386401~44386600
	chr16	36785201~36785800, 36786401~36786500, 36786601~36787000
	chrX	51185901~51186300, 51301201~51301500, 51307201~51307500, 51355901~51356300, 109600401~109600500, 109613801~109614000, 109735301~109735500
Oxygen saturation	chr2	5125801~5125900
PRRSV antibody titer	chr1	59355901~59356000
	chr2	5125801~5125900, 69378601~69378700
	chr6	52977201~52977300
Fat-cuts percentage	chr17	47117201~47117300
	chrX	109600401~109600500, 109613801~109614000, 109735301~109735500
Cutlet weight	chr2	5125801~5125900, 69378601~69378700
Physis score	chr4	50259801~50259900
	chr2	5125801~5125900
Conductivity 24 hours postmortem (ham)	chr9	7363701~7363800
	chr16	36785201~36785800, 36786401~36786500, 36786601~36787000
Average glycogen	chrX	51185901~51186300, 51301201~51301500, 51307201~51307500, 51355901~51356300, 109600401~109600500, 109613801~109614000, 109735301~109735500
uterine horn length	chr7	128840701~128840800
body weight (17 weeks)	chr4	50259801~50259900, 104845101~104845400, 111283301~111283600
	chr6	52977201~52977300
	chr1	59355901~59356000
Leaf fat weight	chr9	44386401~44386600
	chrX	139096901~139097100
	chr1	59355901~59356000
Daily feed intake	chr6	52977201~52977300
	chr16	36785201~36785800, 36786401~36786500, 36786601~36787000
Muscle moisture percentage	chr1	59355901~59356000
	chr4	50259801~50259900

	chr6	52977201~52977300
	chr9	44386401~44386600
	chrX	51185901~51186300, 51301201~51301500, 51307201~51307500, 51355901~51356300, 109600401~109600500, 109613801~109614000, 109735301~109735500
Sodium level	chr3	134020601~134020700, 142043401~142043600
Time spent walking	chr7	5017401~5017700
Conductivity 24 hours postmortem (loin)	chr4	104845101~104845400
	chr6	52977201~52977300
Body weight (16 days)	chr2	69378601~69378700
	chr7	134400901~134401000
Carcass length	chr2	5125801~5125900, 69378601~69378700
	chr4	50259801~50259900, 104845101~104845400, 111283301~111283600
	chr5	99281301~99282100
	chr6	52977201~52977300
	chr7	5017401~5017700
	chr9	7363701~7363800
	chr17	47117201~47117300
	chrX	51185901~51186300, 51301201~51301500, 51307201~51307500, 51355901~51356300, 109600401~109600500, 109613801~109614000, 109735301~109735500, 139096901~139097100
Flavor score	chr6	52977201~52977300
Activity during lying	chr5	99281301~99282100
Shear force	chr1	59355901~59356000
	chr2	5125801~5125900, 69378601~69378700
	chr3	134020601~134020700
	chr6	52977201~52977300
	chr9	7363701~7363800
	chr16	36785201~36785800, 36786401~36786500, 36786601~36787000
Cholesterol level	chr2	69378601~69378700
	chr5	99281301~99282100
Average backfat thickness	chr1	59355901~59356000
	chr2	5125801~5125900, 69378601~69378700
	chr4	50259801~50259900, 104845101~104845400, 111283301~111283600
	chr5	99281301~99282100
	chr6	52977201~52977300
	chr7	5017401~5017700
	chr9	44386401~44386600
	chrX	51185901~51186300, 51301201~51301500, 51307201~51307500, 51355901~51356300,

		109600401~109600500, 109613801~109614000, 109735301~109735500, 139096901~139097100
Thoracic vertebra number	chr6	52977201~52977300
Cooling loss	chrX	51185901~51186300, 51301201~51301500, 51307201~51307500, 51355901~51356300
Margaric acid content	chr4	104845101~104845400, 111283301~111283600
Testicular parenchyma color	chrX	109600401~109600500, 109613801~109614000, 109735301~109735500
CD4-positive/CD8-positive leukocyte ratio	chr4	104845101~104845400
androstenone	chr2	69378601~69378700
	chr6	52977201~52977300
	chr7	5017401~5017700
	chr9	44386401~44386600
Backfat at first rib	chr2	5125801~5125900
	chr4	50259801~50259900
	chr9	44386401~44386600
	chrX	109600401~109600500, 109613801~109614000, 109735301~109735500, 139096901~139097100
Corpus luteum number	chr4	50259801~50259900, 104845101~104845400
	chr9	44386401~44386600
Shear firmness	chr2	5125801~5125900, 69378601~69378700
Shoulder weight	chr2	5125801~5125900, 69378601~69378700
	chr4	50259801~50259900
	chrX	139096901~139097100
Body weight (30 weeks)	chr4	50259801~50259900
Gait score (hind)	chr2	5125801~5125900
	chr9	7363701~7363800
body weight (13 weeks)	chr4	50259801~50259900
	chr6	52977201~52977300
Carcass temperature (24 hr post-mortem)	chr9	7363701~7363800
backfat at mid-back	chr2	5125801~5125900, 69378601~69378700
	chr4	50259801~50259900, 104845101~104845400, 111283301~111283600
	chr5	99281301~99282100
	chr9	7363701~7363800, 44386401~44386600
	chrX	51185901~51186300, 51301201~51301500, 51307201~51307500, 51355901~51356300, 109600401~109600500, 109613801~109614000, 109735301~109735500
Triglyceride level	chr17	47117201~47117300
Melanoma susceptibility	chr1	59355901~59356000
	chr2	5125801~5125900, 69378601~69378700
	chr4	104845101~104845400, 111283301~111283600
	chr9	44386401~44386600

	chr13	217683901~217684000
Number of muscle fibers per unit area	chr4	104845101~104845400, 111283301~111283600
rhinitis	chr3	134020601~134020700, 142043401~142043600
	chr6	52977201~52977300
Leptin level	chr9	44386401~44386600
Total shear work	chr4	104845101~104845400, 111283301~111283600
Teat number	chr1	59355901~59356000
	chr2	5125801~5125900
	chr3	134020601~134020700, 142043401~142043600
	chr4	50259801~50259900
	chr6	52977201~52977300, 157286901~157287200
	chr16	36785201~36785800, 36786401~36786500, 36786601~36787000
	chr17	47117201~47117300
Body weight (3 weeks)	chr2	5125801~5125900
	chr4	50259801~50259900, 104845101~104845400, 111283301~111283600
laboratory	chr2	69378601~69378700
	chr6	52977201~52977300
	chr7	5017401~5017700
	chr9	44386401~44386600
Lactate dehydrogenase level	chr6	52977201~52977300
Side fat thickness	chr1	59355901~59356000
	chr2	5125801~5125900
Smell intensity	chr6	52977201~52977300
Neck fat weight	chr2	5125801~5125900
Feed conversion ratio	chr4	50259801~50259900, 104845101~104845400
	chr16	36785201~36785800, 36786401~36786500, 36786601~36787000
Fat protein content	chr2	5125801~5125900
	chr3	134020601~134020700, 142043401~142043600
Belly weight	chr4	50259801~50259900, 104845101~104845400, 111283301~111283600
	chrX	109600401~109600500, 109613801~109614000, 109735301~109735500
Nonfunctional nipples	chr3	134020601~134020700, 142043401~142043600
	chr4	104845101~104845400, 111283301~111283600
	chr6	52977201~52977300
	chr9	44386401~44386600
	chr16	36785201~36785800, 36786401~36786500, 36786601~36787000
	chr18	60941501~60941600
Maternal infanticide	chr13	217683901~217684000
Lean cuts percentage	chr4	104845101~104845400

	chr6	52977201~52977300
Heart weight	chr2	5125801~5125900, 69378601~69378700
	chr4	50259801~50259900
	chr9	44386401~44386600
	chr16	36785201~36785800, 36786401~36786500, 36786601~36787000
lean thickness between 3rd and 4th last ribs	chr7	128840701~128840800, 134400901~134401000
Palmitic acid content	chr1	59355901~59356000
	chr4	104845101~104845400, 111283301~111283600
Lean meat + bone in ham + back	chr2	5125801~5125900
Meat color chroma	chr3	134020601~134020700
	chr16	36785201~36785800, 36786401~36786500, 36786601~36787000
Loin muscle depth	chr2	69378601~69378700
	chr4	50259801~50259900
	chr5	99281301~99282100
	chr7	5017401~5017700
	chrX	51185901~51186300, 51301201~51301500, 51307201~51307500, 51355901~51356300
average daily gain	chr1	59355901~59356000
	chr2	5125801~5125900, 69378601~69378700
	chr4	50259801~50259900, 104845101~104845400, 111283301~111283600
	chr5	99281301~99282100
	chr6	52977201~52977300
	chr7	5017401~5017700, 134400901~134401000
	chr9	7363701~7363800, 44386401~44386600
Muscle fat content	chr1	59355901~59356000
	chr9	44386401~44386600
Salmonella count in liver	chr7	5017401~5017700
	chr16	36785201~36785800, 36786401~36786500, 36786601~36787000
subjective pork flavor in fat	chr6	52977201~52977300
Stearic acid content	chr1	59355901~59356000
	chr2	69378601~69378700
	chr9	44386401~44386600
NADP-malate dehydrogenase activity	chr2	5125801~5125900
	chr7	128840701~128840800, 134400901~134401000
Backfat thickness between 3rd and 4th rib	chr2	5125801~5125900
	chr4	50259801~50259900, 104845101~104845400, 111283301~111283600
	chrX	109600401~109600500, 109613801~109614000, 109735301~109735500
CD4-positive leukocyte percentage	chrX	109600401~109600500, 109613801~109614000, 109735301~109735500

Percentage type I fibers	chrX	139096901~139097100
Liver and gallbladder weight	chr6	52977201~52977300
Platelet count	chr2	69378601~69378700
	chr6	52977201~52977300
Empty body protein content	chr9	7363701~7363800
	chrX	109600401~109600500, 109613801~109614000, 109735301~109735500
Epididymis weight	chrX	109600401~109600500, 109613801~109614000, 109735301~109735500
Ham percentage	chr2	5125801~5125900
	chrX	51185901~51186300, 51301201~51301500, 51307201~51307500, 51355901~51356300
pH 45 minutes post mortem	chr4	104845101~104845400
	chr5	99281301~99282100
	chr6	52977201~52977300
pH 24 hr post mortem (ham)	chr2	69378601~69378700
Abdominal fat weight	chr2	5125801~5125900, 69378601~69378700
	chr4	50259801~50259900, 104845101~104845400
	chr6	52977201~52977300
Palmitoleic acid content	chr9	44386401~44386600
Backfat at tenth rib	chr1	59355901~59356000
	chr2	5125801~5125900
	chr6	52977201~52977300
	chr7	5017401~5017700
	chrX	109600401~109600500, 109613801~109614000, 109735301~109735500, 139096901~139097100
Loin weight	chr2	5125801~5125900
	chr6	52977201~52977300
	chrX	109600401~109600500, 109613801~109614000, 109735301~109735500
Drip loss	chr1	59355901~59356000
	chr2	5125801~5125900, 69378601~69378700
	chr4	50259801~50259900, 104845101~104845400, 111283301~111283600
	chr6	52977201~52977300
	chr7	128840701~128840800
	chr9	7363701~7363800
Water holding capacity	chr2	69378601~69378700
	chr4	104845101~104845400, 111283301~111283600
	chr5	99281301~99282100
	chr6	52977201~52977300
Osteochondrosis score	chr2	5125801~5125900
	chr6	52977201~52977300
	chr7	128840701~128840800

Body weight (46 days)	chr4	50259801~50259900, 104845101~104845400, 111283301~111283600
	chr6	52977201~52977300
Body weight (end of test)	chr2	69378601~69378700
	chr3	134020601~134020700
	chr4	50259801~50259900, 104845101~104845400, 111283301~111283600
	chr6	52977201~52977300
Fat area percentage in carcass	chr9	44386401~44386600
Hemolytic complement activity (alternative pathway)	chr2	5125801~5125900
	chr4	104845101~104845400, 111283301~111283600
muscle protein percentage	chr2	5125801~5125900
	chr6	52977201~52977300
	chr7	5017401~5017700
	chr17	47117201~47117300
Lung weight	chr16	36785201~36785800, 36786401~36786500, 36786601~36787000
Actinobacillus pleuropneumoniae susceptibility	chr2	5125801~5125900, 69378601~69378700
	chr6	52977201~52977300
	chr16	36785201~36785800, 36786401~36786500, 36786601~36787000
	chr17	47117201~47117300
Lumbar vertebra number	chr2	69378601~69378700
ADV antibody titer	chr6	52977201~52977300
Subcutaneous fat area	chr1	59355901~59356000
	chr2	5125801~5125900, 69378601~69378700
	chr7	5017401~5017700
	chr16	36785201~36785800, 36786401~36786500, 36786601~36787000
Backfat between 6th and 7th ribs	chr2	5125801~5125900
	chrX	51185901~51186300, 51301201~51301500, 51307201~51307500, 51355901~51356300
Backfat at rump	chr1	59355901~59356000
	chr2	5125801~5125900
	chr4	50259801~50259900, 104845101~104845400
	chr6	157286901~157287200
	chrX	51185901~51186300, 51301201~51301500, 51307201~51307500, 51355901~51356300
Loin fat percentage	chr1	59355901~59356000
	chr6	52977201~52977300
	chr16	36785201~36785800, 36786401~36786500, 36786601~36787000
cis-11-Eicosenoic acid content	chr1	59355901~59356000
	chr7	134400901~134401000
	chr9	7363701~7363800
Half carcass weight	chrX	51185901~51186300, 51301201~51301500,

		51307201~51307500, 51355901~51356300
Eicosadienoic acid content	chr4	50259801~50259900
body weight (19 weeks)	chr9	7363701~7363800
Conductivity 24 hours post-mortem	chr6	52977201~52977300
	chr16	36785201~36785800, 36786401~36786500, 36786601~36787000
Dressing - Ham over carcass	chrX	109600401~109600500, 109613801~109614000, 109735301~109735500
Meat color-L	chr2	69378601~69378700
	chr5	99281301~99282100
	chr7	5017401~5017700
Cholesterol level in meat	chr6	52977201~52977300
CIE-a*	chr4	104845101~104845400, 111283301~111283600
	chr6	52977201~52977300
	chr9	44386401~44386600
	chr16	36785201~36785800, 36786401~36786500, 36786601~36787000
Time spent drinking	chr5	99281301~99282100
Bone mineral content	chr2	5125801~5125900
Calcium level	chr6	52977201~52977300
Total body fat tissue linear	chr16	36785201~36785800, 36786401~36786500, 36786601~36787000
Firmness	chr2	69378601~69378700
Potassium level	chr7	128840701~128840800
	chr17	47117201~47117300
Intramuscular fat content	chr2	69378601~69378700
	chr4	50259801~50259900, 104845101~104845400, 111283301~111283600
	chr6	52977201~52977300
	chrX	51185901~51186300, 51301201~51301500, 51307201~51307500, 51355901~51356300, 109600401~109600500, 109613801~109614000, 109735301~109735500
Oleic acid content	chr4	104845101~104845400, 111283301~111283600
	chrX	109600401~109600500, 109613801~109614000, 109735301~109735500
Percentage type IIa fibers	chr1	59355901~59356000
	chr2	69378601~69378700
	chr7	128840701~128840800
External fat on loin	chr2	5125801~5125900
Liver weight	chr1	59355901~59356000
	chr2	69378601~69378700
	chr6	52977201~52977300
Total number born	chr6	52977201~52977300
	chr18	60941501~60941600
Ham weight	chr2	5125801~5125900, 69378601~69378700

	chr4	50259801~50259900, 104845101~104845400, 111283301~111283600
	chr6	52977201~52977300
	chr9	7363701~7363800
	chrX	51185901~51186300, 51301201~51301500, 51307201~51307500, 51355901~51356300, 109600401~109600500, 109613801~109614000, 109735301~109735500
CIE-b*	chr2	69378601~69378700
	chr3	134020601~134020700
	chr16	36785201~36785800, 36786401~36786500, 36786601~36787000
Ear weight	chr4	104845101~104845400
	chr6	52977201~52977300
	chr16	36785201~36785800, 36786401~36786500, 36786601~36787000
	chr17	47117201~47117300
	chrX	51185901~51186300, 51301201~51301500, 51307201~51307500, 51355901~51356300, 109600401~109600500, 109613801~109614000, 109735301~109735500, 139096901~139097100
backfat at last rib	chr1	59355901~59356000
	chr2	5125801~5125900, 69378601~69378700
	chr4	50259801~50259900, 104845101~104845400, 111283301~111283600
	chr5	99281301~99282100
	chr6	52977201~52977300
	chr7	5017401~5017700
	chr9	7363701~7363800
	chr16	36785201~36785800, 36786401~36786500, 36786601~36787000
	chr17	47117201~47117300
	chrX	51185901~51186300, 51301201~51301500, 51307201~51307500, 51355901~51356300, 109600401~109600500, 109613801~109614000, 109735301~109735500, 139096901~139097100
Haptoglobin concentration	chr17	47117201~47117300
pH 40 minutes post mortem (ham)	chr9	44386401~44386600
Base excess	chr3	134020601~134020700, 142043401~142043600
	chrX	51185901~51186300, 51301201~51301500, 51307201~51307500, 51355901~51356300
Loin and neck meat weight	chr2	5125801~5125900
	chr4	104845101~104845400, 111283301~111283600
	chr6	52977201~52977300
Body weight (weaning)	chr1	59355901~59356000
	chr4	50259801~50259900
	chr17	47117201~47117300
Relative area of type I	chrX	139096901~139097100

fibers		
White blood cell counts	chr1	59355901~59356000
	chr4	50259801~50259900
Taste intensity	chr4	50259801~50259900
External fat on ham	chr1	59355901~59356000
	chr6	52977201~52977300
Shoulder meat weight	chr2	5125801~5125900
	chr4	111283301~111283600
	chr6	52977201~52977300
tenderness score	chr6	52977201~52977300
	chr9	7363701~7363800
Dressing percentage	chr1	59355901~59356000
	chr2	5125801~5125900
	chr3	134020601~134020700
	chr4	104845101~104845400, 111283301~111283600
	chr6	52977201~52977300
	chrX	109600401~109600500, 109613801~109614000, 109735301~109735500, 139096901~139097100
Ear erectness	chr7	128840701~128840800
	chr9	44386401~44386600
Salmonella count in spleen	chr6	52977201~52977300
	chr7	5017401~5017700
pH 96 hr post-mortem (loin)	chrX	51185901~51186300, 51301201~51301500, 51307201~51307500, 51355901~51356300, 109600401~109600500, 109613801~109614000, 109735301~109735500
C3c concentration	chr2	5125801~5125900, 69378601~69378700
	chr4	104845101~104845400, 111283301~111283600
	chr16	36785201~36785800, 36786401~36786500, 36786601~36787000
CO2 partial pressure	chr7	5017401~5017700
	chrX	139096901~139097100
Carcass weight (hot)	chr1	59355901~59356000
	chr2	5125801~5125900, 69378601~69378700
	chr4	50259801~50259900, 104845101~104845400, 111283301~111283600
	chr5	99281301~99282100
	chr6	52977201~52977300
	chr7	5017401~5017700
	chr9	7363701~7363800
Eosinophil number	chr17	47117201~47117300
	chrX	139096901~139097100
body weight (22 weeks)	chr9	7363701~7363800
CSFV antibody level	chr4	104845101~104845400

	chr17	47117201~47117300
pH for Semimembranosus	chr2	5125801~5125900, 69378601~69378700
	chr9	7363701~7363800
Backfat weight	chr1	59355901~59356000
	chr2	5125801~5125900, 69378601~69378700
	chr4	50259801~50259900, 104845101~104845400, 111283301~111283600
	chr6	52977201~52977300
	chr7	128840701~128840800
	chrX	51185901~51186300, 51301201~51301500, 51307201~51307500, 51355901~51356300, 109600401~109600500, 109613801~109614000, 109735301~109735500
Japanese color scale	chr4	104845101~104845400, 111283301~111283600
Backfat between 3rd and 4th last ribs	chr4	50259801~50259900
	chr6	52977201~52977300
Red cell distribution width	chr2	69378601~69378700
chew score	chr2	69378601~69378700
Fat androstenone level	chr4	50259801~50259900
Meat color score	chr6	52977201~52977300
	chr7	5017401~5017700
Meat color-a	chr4	104845101~104845400, 111283301~111283600
	chr6	52977201~52977300
	chr16	36785201~36785800, 36786401~36786500, 36786601~36787000
pH 24 hr post-mortem (loin)	chr2	69378601~69378700
	chr5	99281301~99282100
	chrX	51185901~51186300, 51301201~51301500, 51307201~51307500, 51355901~51356300
O2 partial pressure	chr2	5125801~5125900
Body weight linear	chr7	128840701~128840800
Backfat at last lumbar	chr2	5125801~5125900
	chr5	99281301~99282100
	chrX	109600401~109600500, 109613801~109614000, 109735301~109735500
Humerus length	chr4	50259801~50259900
backfat at P2 position	chr2	5125801~5125900
Monounsaturated fatty acid content	chrX	109600401~109600500, 109613801~109614000, 109735301~109735500
Subacid smell	chr4	50259801~50259900, 104845101~104845400, 111283301~111283600
Ear area	chr4	104845101~104845400
	chr16	36785201~36785800, 36786401~36786500, 36786601~36787000
	chrX	51185901~51186300, 51301201~51301500, 51307201~51307500, 51355901~51356300,

		109600401~109600500, 109613801~109614000, 109735301~109735500, 139096901~139097100
Bilirubin level	chr7	5017401~5017700
Body weight (slaughter)	chr2	5125801~5125900
	chr4	50259801~50259900, 104845101~104845400, 111283301~111283600
	chr6	52977201~52977300
	chr9	7363701~7363800, 44386401~44386600
CIE-L*	chr2	5125801~5125900, 69378601~69378700
	chr4	104845101~104845400, 111283301~111283600
	chr9	44386401~44386600
	chr18	60941501~60941600
subjective boar flavor in lean	chr6	52977201~52977300
Meat color OPTO	chr16	36785201~36785800, 36786401~36786500, 36786601~36787000
Number of stillborn	chr5	99281301~99282100
Hematin pigmentation	chr4	111283301~111283600
Loin meat weight	chr9	44386401~44386600
Cervical vertebra length	chr4	50259801~50259900
Melting point	chrX	109600401~109600500, 109613801~109614000, 109735301~109735500
Diameter of type IIb muscle fibers	chr4	104845101~104845400, 111283301~111283600
Average glycolytic potential	chrX	51185901~51186300, 51301201~51301500, 51307201~51307500, 51355901~51356300, 109600401~109600500, 109613801~109614000, 109735301~109735500
Shoulder subcutaneous fat thickness	chr1	59355901~59356000
	chr2	5125801~5125900, 69378601~69378700
	chr4	50259801~50259900
	chr5	99281301~99282100
	chr7	5017401~5017700, 128840701~128840800
	chr16	36785201~36785800, 36786401~36786500, 36786601~36787000
	chrX	51185901~51186300, 51301201~51301500, 51307201~51307500, 51355901~51356300, 109600401~109600500, 109613801~109614000, 109735301~109735500
Time spent feeding	chr6	52977201~52977300
	chr7	128840701~128840800
	chrX	139096901~139097100
Linoleic acid content	chr2	69378601~69378700
	chr4	104845101~104845400
	chr9	44386401~44386600
Alkaline phosphatase activity	chr6	52977201~52977300
Hemolytic complement activity (classical)	chr4	104845101~104845400, 111283301~111283600

pathway)		
Mycoplasma hyopneumoniae antibody titer	chr2	69378601~69378700
	chr7	5017401~5017700
Salmonella count in liver and spleen	chr7	5017401~5017700
	chr16	36785201~36785800, 36786401~36786500, 36786601~36787000
Carcass weight (cold)	chr1	59355901~59356000
	chr4	104845101~104845400, 111283301~111283600
	chr6	52977201~52977300
Adipocyte diameter	chr2	5125801~5125900
	chr4	50259801~50259900, 111283301~111283600
	chr6	52977201~52977300
	chr17	47117201~47117300
Body weight (20 weeks)	chr1	59355901~59356000
	chr6	52977201~52977300
NADPH-generating enzyme activity	chrX	51185901~51186300, 51301201~51301500, 51307201~51307500, 51355901~51356300, 109600401~109600500, 109613801~109614000, 109735301~109735500
Change in Mycoplasma hyopneumoniae antibody titer	chr16	36785201~36785800, 36786401~36786500, 36786601~36787000
Body weight (34 weeks)	chr4	50259801~50259900
Total number born alive	chr7	5017401~5017700
Cooking loss	chr2	5125801~5125900, 69378601~69378700
	chr3	134020601~134020700
	chr5	99281301~99282100
	chr16	36785201~36785800, 36786401~36786500, 36786601~36787000
Estimated carcass lean content	chr1	59355901~59356000
	chr2	5125801~5125900, 69378601~69378700
	chr9	7363701~7363800
	chr16	36785201~36785800, 36786401~36786500, 36786601~36787000
	chrX	109600401~109600500, 109613801~109614000, 109735301~109735500
Conductivity 45 minutes post-mortem	chr2	5125801~5125900
	chr6	52977201~52977300
	chr9	7363701~7363800
Creatinine level	chr3	134020601~134020700, 142043401~142043600
	chr5	99281301~99282100
Creatine kinase level	chr2	5125801~5125900, 69378601~69378700
	chr6	52977201~52977300
	chr16	36785201~36785800, 36786401~36786500, 36786601~36787000
Trimmed wholesale product / live weight	chrX	51185901~51186300, 51301201~51301500, 51307201~51307500, 51355901~51356300,

		109600401~109600500, 109613801~109614000, 109735301~109735500, 139096901~139097100
Residual glycogen	chr6	52977201~52977300
Shear force at first peak	chr4	104845101~104845400, 111283301~111283600
Age at puberty	chr7	5017401~5017700
Shoulder external fat weight	chr2	69378601~69378700
	chr6	52977201~52977300
	chr7	5017401~5017700
	chrX	51185901~51186300, 51301201~51301500, 51307201~51307500, 51355901~51356300, 109600401~109600500, 109613801~109614000, 109735301~109735500
Cortisol level	chr7	128840701~128840800
Spleen weight	chr4	50259801~50259900
body length	chr7	134400901~134401000
Arachidic acid content	chr16	36785201~36785800, 36786401~36786500, 36786601~36787000
Stiffness	chr6	52977201~52977300
pH 48 hr post-mortem (loin)	chrX	51185901~51186300, 51301201~51301500, 51307201~51307500, 51355901~51356300, 109600401~109600500, 109613801~109614000, 109735301~109735500
PH for Longissimus dorsi	chr2	5125801~5125900
	chr6	52977201~52977300
	chr9	7363701~7363800
Sarcocystis miescheriana IgG levels	chr5	99281301~99282100
Ham fat thickness	chr2	69378601~69378700
	chr3	134020601~134020700, 142043401~142043600
	chr5	99281301~99282100
Fat weight (total)	chr9	7363701~7363800
Body weight (birth)	chr1	59355901~59356000
	chr2	5125801~5125900
	chr4	50259801~50259900, 104845101~104845400, 111283301~111283600
	chr6	52977201~52977300
	chr7	128840701~128840800, 134400901~134401000
	chr16	36785201~36785800, 36786401~36786500, 36786601~36787000
Blood pH	chrX	109600401~109600500, 109613801~109614000, 109735301~109735500
Head weight	chr1	59355901~59356000
	chr4	50259801~50259900, 104845101~104845400
body weight (10 weeks)	chr4	50259801~50259900
Carcass temperature (45 minutes post-mortem)	chr2	69378601~69378700
Fat percentage in carcass	chr4	50259801~50259900
	chr9	44386401~44386600

	chrX	109600401~109600500, 109613801~109614000, 109735301~109735500
Segmented neutrophil number	chr2	5125801~5125900
Hemoglobin	chr17	47117201~47117300
	chrX	51185901~51186300, 51301201~51301500, 51307201~51307500, 51355901~51356300, 109600401~109600500, 109613801~109614000, 109735301~109735500, 139096901~139097100
Off-Flavor Score	chr2	69378601~69378700
backfat above muscle dorsi	chr1	59355901~59356000
	chr5	99281301~99282100
	chr9	7363701~7363800, 44386401~44386600
	chr16	36785201~36785800, 36786401~36786500, 36786601~36787000
	chrX	51185901~51186300, 51301201~51301500, 51307201~51307500, 51355901~51356300
Lean meat + bone in back	chr2	5125801~5125900
Lean meat weight	chr17	47117201~47117300
Interleukin 10 level	chr2	5125801~5125900
Interferon-gamma level	chr2	5125801~5125900
	chr17	47117201~47117300
Body weight	chr4	50259801~50259900
Lean meat percentage	chr2	5125801~5125900
	chr6	52977201~52977300
	chr7	5017401~5017700
	chr9	7363701~7363800
	chrX	109600401~109600500, 109613801~109614000, 109735301~109735500
intestinal fat weight	chr4	50259801~50259900
	chrX	51185901~51186300, 51301201~51301500, 51307201~51307500, 51355901~51356300
Tetanus antibody titer	chr2	69378601~69378700

자돈의 생산성과 연관되어 있는 후생학적 요인들을 파악하기 위해 자돈의 체중에 따라 나눈 각 그룹에서 차등적으로 methylation이 일어나는 지역 (DMR)을 확보하였다. 이를 바탕으로 해당 지역과 관련된 양적형질들을 파악하였다. 이번 연구를 통해 자돈의 생산성에 영향을 끼칠 수 있는 후성 유전적 조절기작 중 하나인 Methylation이 일어나는 특정 부위들을 통해 돼지의 생산성 향상에 영향을 끼칠 수 있는 후보 지역을 선별하여 돼지의 성장에 도움이 될 수 있는 기반 지식을 확보할 수 있게 되었다.

○ 후성유전체를 이용한 돼지 생산성 관련 마커 확인

MeDIP sequencing과 peak analyzer 를 통한 시퀀싱 데이터 분석에서 차별적인 methylation 특성을 나타낸 유전자들을 선정하였다 (표134). 이 유전자들 중 유전자 annotation이 변경된

유전자 (ENSSSCG00000016912)와 유전자명이 특정되지 않은 1개 (ENSSSCG00000026412)를 제외한 14개 유전자에 해당하는 전사체 (transcript) ID와 전사체 염기서열 정보를 Ensembl 데이터베이스에서 검색, 추출한 후, Primer3 (version 0.4.0) 이용하여 RT-PCR을 위한 프라이머를 제작하였다.

유전자 발현량의 표준화를 위한 참고 유전자 (reference gene)로 돼지 유래의 샘플에 일반적으로 사용되는 유전자들 (Nygard 등, 2007) 중 4개를 선택하여 PCR 증폭 조건 확립 및 결과 분석에 이용하였다.

표 134. Differentially methylated genes list using MEDIPs and peak analyzer

Organ	Ensembl gene ID	Gene symbol	Gene description
Small intestine	ENSSSCG00000012939	BRMS1-201	Breast cancer metastasis suppressor 1
	ENSSSCG00000013658	S1PR2-201	Sphingosine-1-phosphate receptor 2
	ENSSSCG00000026161	E2F6-201	E2F transcription factor 6
	ENSSSCG00000001025	DSP-201	Desmoplakin
	ENSSSCG00000014802	NUMA1-201	Nuclear mitotic apparatus protein 1
	ENSSSCG00000016912	PLPP1-201	Phospholipid phosphatase 1
Liver	ENSSSCG00000004012	THBS2-201	Thrombospondin 2
	ENSSSCG00000005719	RAPGEF1-201	Rap guanine nucleotide exchange factor (GEF) 1
	ENSSSCG00000007602	BAIAP2L1-201	BAI1-associated protein 2-like 1
	ENSSSCG00000008040	TSC2-201	Tuberous sclerosis 2
	ENSSSCG00000010140	RTN4R-201	Reticulon 4 receptor
	ENSSSCG00000010756	MGMT-201	O-6-methylguanine-DNA methyltransferase
	ENSSSCG00000011241	DCLK3-201	Doublecortin-like kinase 3
	ENSSSCG00000014811	INPPL1-201	Inositol polyphosphate phosphatase-like 1
	ENSSSCG00000023677	CHMP1A-201	Charged multivesicular body protein 1A
	ENSSSCG00000026412	Novel gene	

표 135. 타겟 유전자 프라이머 리스트

Gene symbol	Forward primer (5'→3')	Reverse primer (5'→3')	Amplicon size(bp)	Ensembl transcript ID
BAIAP2L1-20 1	ACCAGACCTTGCTGAGCTTC	AGCAGCTTTGTGTACGACG A	136	ENSSSCT00000008342
BRMS1-201	TGAGTGGTGGGATGACAAG C	CCAGGATGTTCGATCTCCTGC	137	ENSSSCT00000014144
CHMPIA-201	TGGAGAAGCTGGCCAAGAA G	CAGCCAGTTCACACCCTCAT	146	ENSSSCT00000027461
DCLK3-201	CTCTGAAAGGGGGTCAACCAC	TTTCTTCTGGACCTTCGCC	131	ENSSSCT00000012308
DSP-201	CCGAACCAGAACACCATCCA	CGAGACAGCTGTATCCCGTC	113	ENSSSCT00000001118
E2F6-201	GTTGGATGTTCTGCTCCA	ACTTTACTGCTCGAGTGGC C	114	ENSSSCT00000028641
INPPL1-201	AGCTGTCAGTGTGAAGGA C	TCTTGGCCTTACGTGTGGA C	120	ENSSSCT00000016162
MGMT-201	CCACCCTCTCTCCAGCAAG	GGGCTGCTAACTGCTGGTA A	104	ENSSSCT00000011768
NUMA1-201	GAGGAGGAGGTGTCCATCC T	TCTGGCTCTTCTCCGACTCA	100	ENSSSCT00000016153
RAPGEF1-20 1	AAGTTCTCGCCTTTCGCTGA	CAGGTCCATCAGCAGCTTC A	132	ENSSSCT00000006289
RTN4R-201	TCGACACATCAACGACTCCC	TTCTTTTCGGAACAGCCTG G	141	ENSSSCT00000011101
S1PR2-201	AGACACTGCTTGGATCTGG C	GGCTTTTTAGGGCCGTACC T	115	ENSSSCT00000014922
THBS2-201	CTGCGCAAAGTGTCAAACG A	CATTTGGTGCAGCTGTCCA C	143	ENSSSCT00000004436
TSC2-201	TTGGAGGACGTGAAGACAG C	TGTGCTTGTAGTGGAGCTG G	133	ENSSSCT00000008811
Novel gene	TGAAGAACCATGACCACGG G	GTGCACAGTGCTGAACAAG G	149	ENSSSCT00000029838
PLPP1-201	CGACGGGAATCACTATCGG	GGCTTGTACACCGGAAGA A	140	ENSSSCT00000018418

표 136. 참고 유전자 (reference gene) 프라이머 리스트

Gene symbol	Gene description	Forward primer (5'→3')	Reverse primer (5'→3')	Amplicon size(bp)	Accession Number
ACTB	Beta-actin	CACGCCATCCTGCGTCTGGA	AGCACCGTGTGGCGTAGAG	100	DQ845171
HPRT1	Hypoxanthine phosphoribosyltransferase 1	GGACTTGAATCATGTTTGTG	CAGATGTTTCCAAACTCAAC	91	DQ845175
RPL4	Ribosomal protein L4	CAAGAGTAACTACAACCTTC	GAACTCTACGATGAATCTTC	122	DQ845176
TBP1	TATA box binding protein	AACAGTTCAGTAGTTATGAGCCAGA	AGATGTTCTCAAACGCTTCG	153	DQ845178

본 연구를 위해 다음 두 단계의 동물 실험을 진행하여 조직 샘플을 확보하였다.

1. 모든 별로 체중이 가장 무거운 자돈과 가장 가벼운 자돈을 한 마리씩 선발하여 모든 5두에서 총 10두의 이유기 자돈 조직 샘플 (간, 소장)을 채집하였다. 선발된 각 모돈 별 자돈의 체중을 측정한 결과는 표137에 나타내었다.

2. 3 품종의 모돈에서 각기 다른 조직의 샘플을 확보하여 실험에 사용하였다.

분리한 자돈 및 모돈의 조직 샘플은 액체질소를 이용하여 막자사발에서 분말 상태로 동결 분쇄하였다. 제조사의 표준 프로토콜에 따라 Trizol (Invitrogen)을 이용하여 총 RNA를 추출 후 사용시까지 -70℃의 초저온냉동고에 보관하였다.

표 137. 본 연구에 이용된 자돈 체중

모돈 ID	자돈 ID	체중 (g)
7686	Low-1	4000
	High-1	7985
7537	Low-2	3750
	High-2	8985
1144	Low-3	4745
	High-3	7775
1735	Low-4	3855
	High-4	8430
6001	Low-5	4960
	High-5	8265

cDNA 합성 및 quantitative(q)RT-PCR

각 개체의 조직에서 추출한 RNA 샘플은 SynergyHTX multi-mode reader (BioTek)를 이용한 흡광도 분석을 통하여 농도를 정량하고, RNA 샘플 내 DNA에 의한 오염을 제거하기 위해 TURBO Dnase (Ambion) 처리를 실시하였다. RNA 샘플에 대한 cDNA 합성을 위해 iScript cDNA Synthesis Kit (Bio-Rad)와 해당 제조사의 프로토콜을 이용하였다. 타겟 유전자와 참고 유전자의 증폭 및 확인을 위한 qRT-PCR은 QuantiSpeed SYBR Green Kit

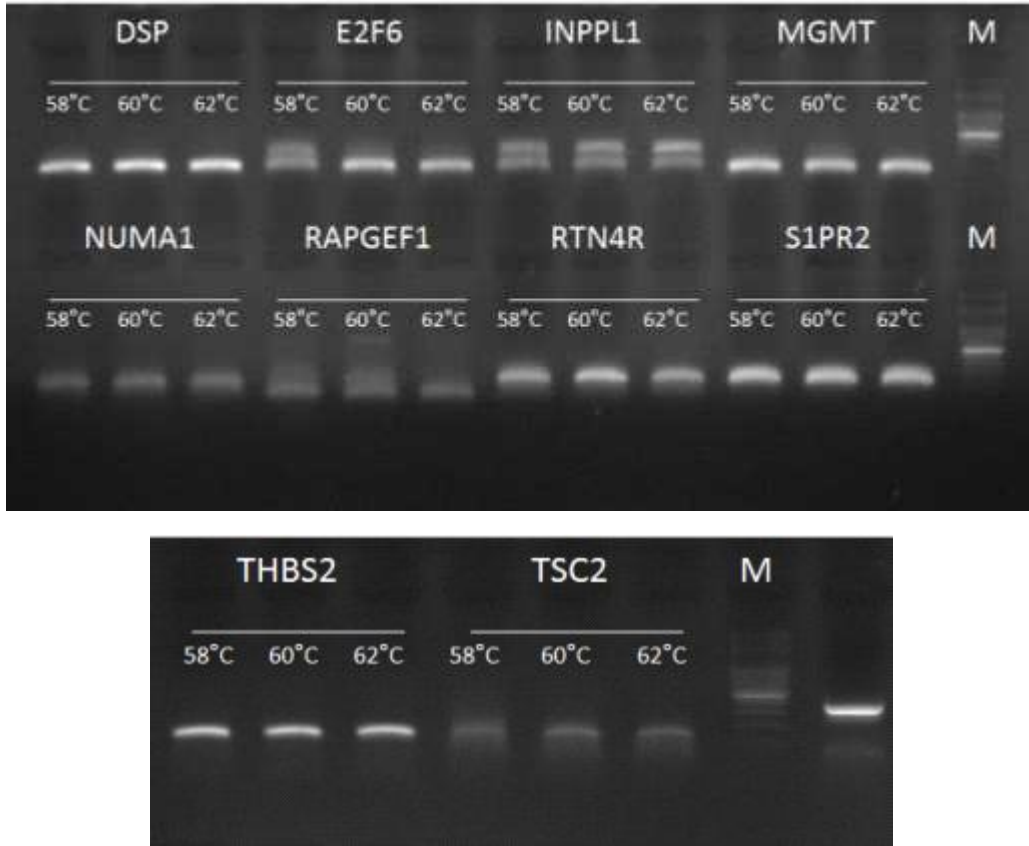


그림 28. Gradient PCR 결과

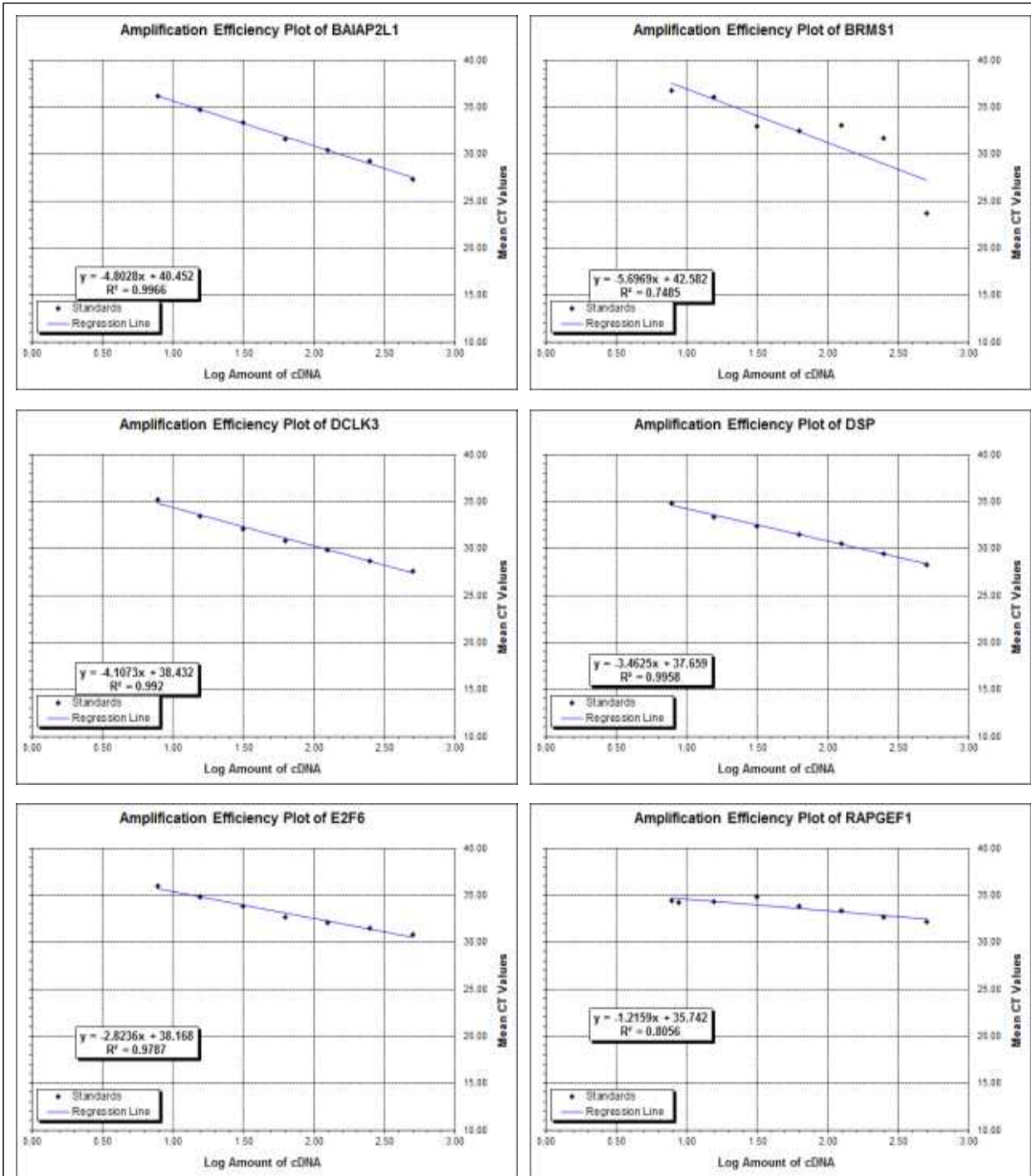


그림 29. Amplification Efficiency Plot of the Target Genes

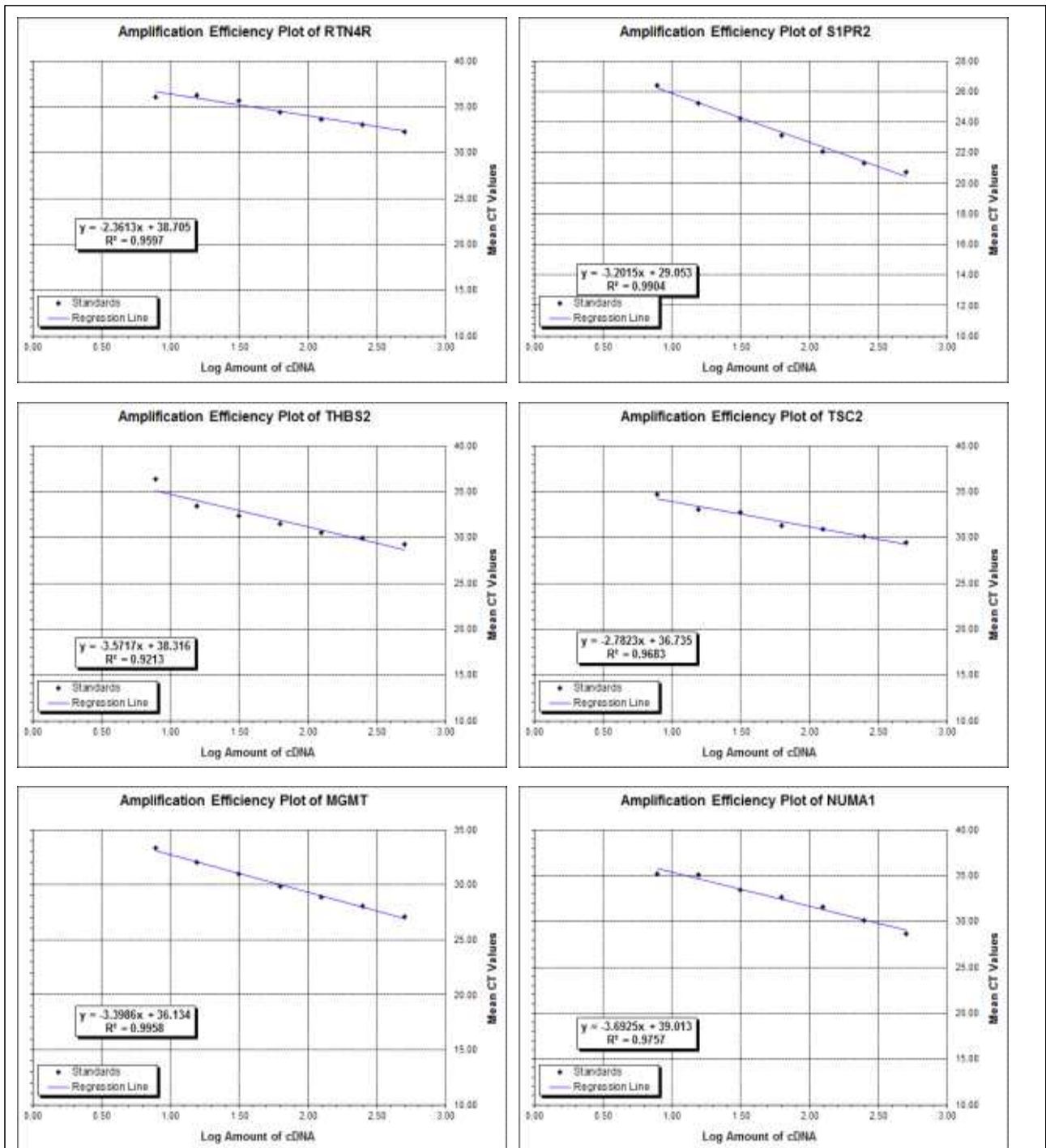


그림 30. Amplification Efficiency Plot of the Target Genes (continued)

이유시 체중 상위와 하위 그룹 시료에 대한 qRT-PCR

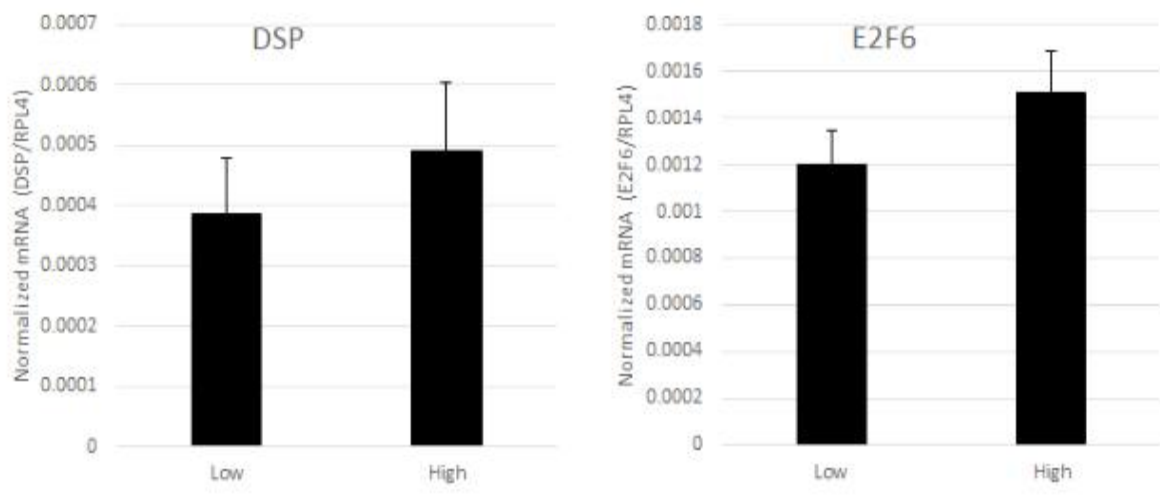
자돈의 체중이 상위인 개체와 하위에 속하는 개체들의 샘플에 대한 타겟 유전자들의 발현량은 qRT-PCR을 통해 확인하였다. 유전자 발현량은 앞서 결정된 참고 유전자인 RPL4의 발현량을 이용한 보정을 통하여 표준화하였다. 발현 분석은 1, 2년차 결과에서 각 유전자 별로 methylation이 확인된 조직, 즉 소장과 간 샘플에 대한 qRT-PCR을 진행하였다.

이전 연차 과제를 통해 소장 내 methylation 차이가 나타난 4개의 유전자 (DSP, E2F6,

NUMA1, S1PR2)와 간 조직에서 확인된 6개의 유전자 (BAIAP2L1, DCLK3, THBS2, RTN4R, MGMT, TSC2)들의 mRNA 발현 profile을 분석한 결과에서, 10개 유전자 모두가 이유시 체중이 하위인 그룹보다 체중 상위 그룹에서 발현량이 증가하는 경향을 나타내었다. 따라서 본 연구에 이용된 유전자들의 발현이 자돈의 체중과 연관이 있을 것으로 추정된다. 또한 이러한 변화가 genome 상의 변이가 아닌 후성유전체의 작용, 즉 methylation에 의한 것으로 예상해볼 수 있다.

2차년도 연구에서 methylation 차이를 나타낸 유전자들에 대한 canonical pathway 분석을 진행한 결과에서, E2F6와 S1PR2와 같은 유전자들은 소장에서 트리아아실 글리세롤 생합성 및 기타 세포의 성장과 셀의 cycle 조절 등의 기능을 하는 것으로 나타났으며, 간에서는 TSC2, BAIAP2, RTN4R 등의 유전자들이 관여하는 인슐린 수용체 관련 pathway와 axonal guidance signaling pathway가 활성화 되는 것으로 나타났다. 이 중 S1PR2는 세포의 증식 및 생존과 전사 활성의 기능을 갖는 receptor로서 특히 myofiber의 분화, 성장 유지에 관여하여 근육의 재생시키는 역할을 하는 것으로 보고되어 있다 (Germinario 등, 2012). 또한, TSC2는 세포의 에너지 수준에 대응하여 단백질 합성과 세포 증식, 생존능력 등을 조절하는데 주요한 유전자로 알려져 있다 (Inoki 등, 2003). BAIAP2L1의 경우는 insulin receptor tyrosine kinase의 기질로 이용되는 단백질을 코딩하는 유전자로서, 세포막의 변형과 actin 세포골격의 개조와 연계된 signal transduction pathway에 포함되어 있다 (Soltau 등, 2002).

이러한 세포의 에너지 이용 및 성장률, 조직 생성 등에 영향을 가진 유전자들이 genome 상의 methylation profile과 mRNA 발현에 차이를 나타낸 결과와 자돈의 이유시 체중이 돼지의 성장성적에 미치는 중요성으로 유추해 볼 때, 본 연구에서 이용된 유전자들이 생산성과 연관된 후성유전체 분자 마커로 이용 가능성이 충분할 것으로 생각되며 이를 확립하기 위한 후속 연구가 필요할 것으로 사료된다.



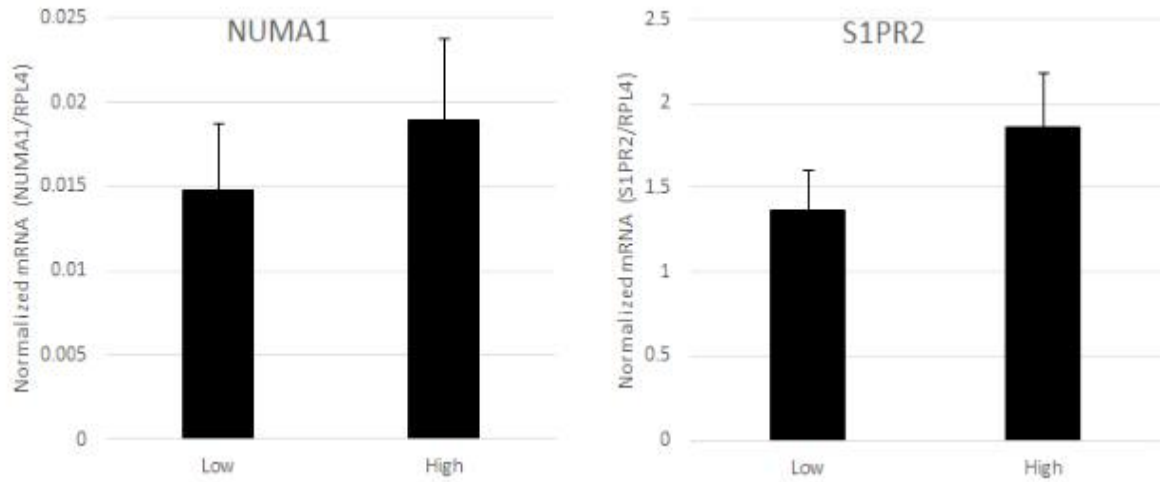
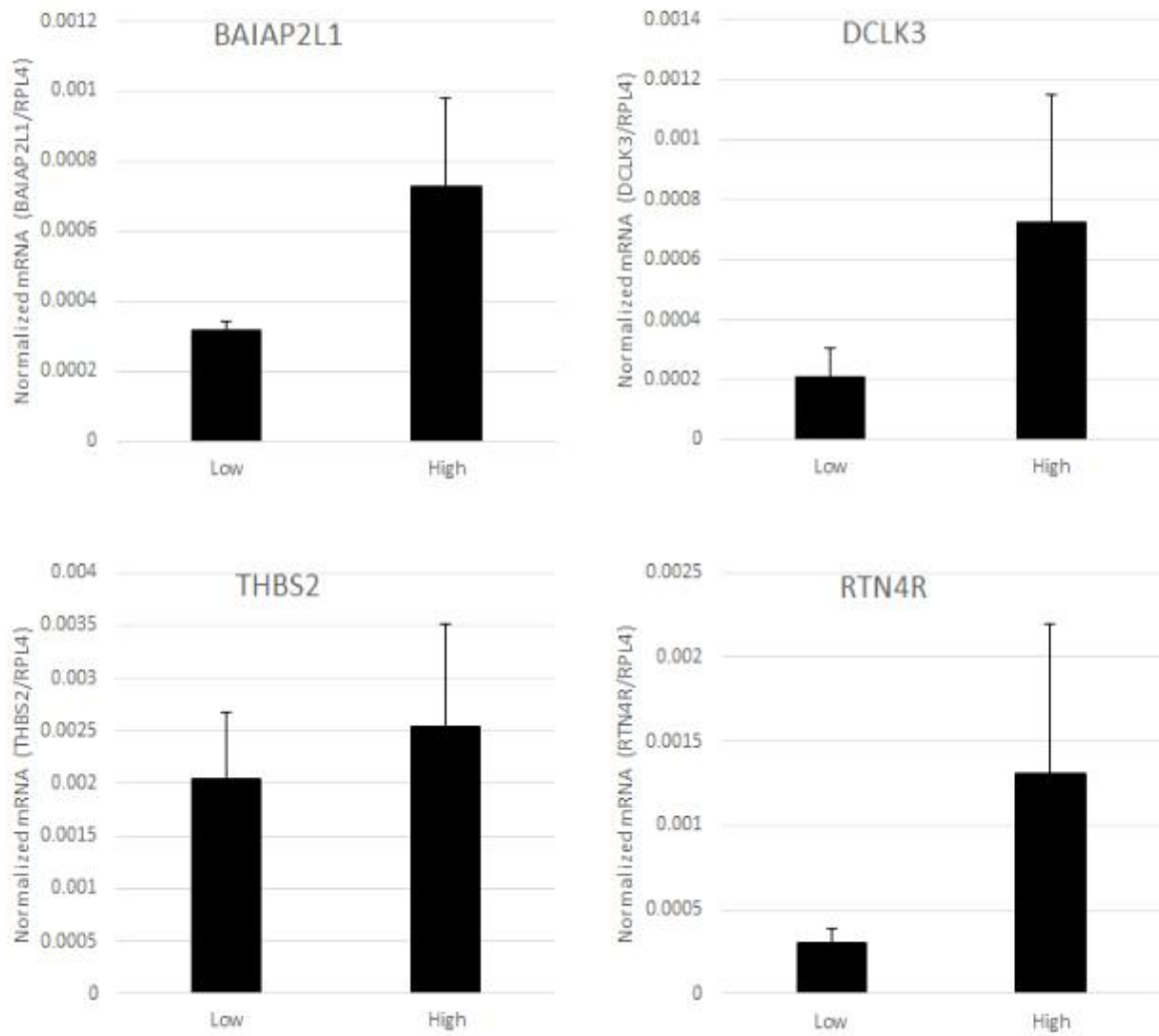


그림 31. 이유시 체중에 따른 자돈의 소장 조직 내 유전자 발현 profile



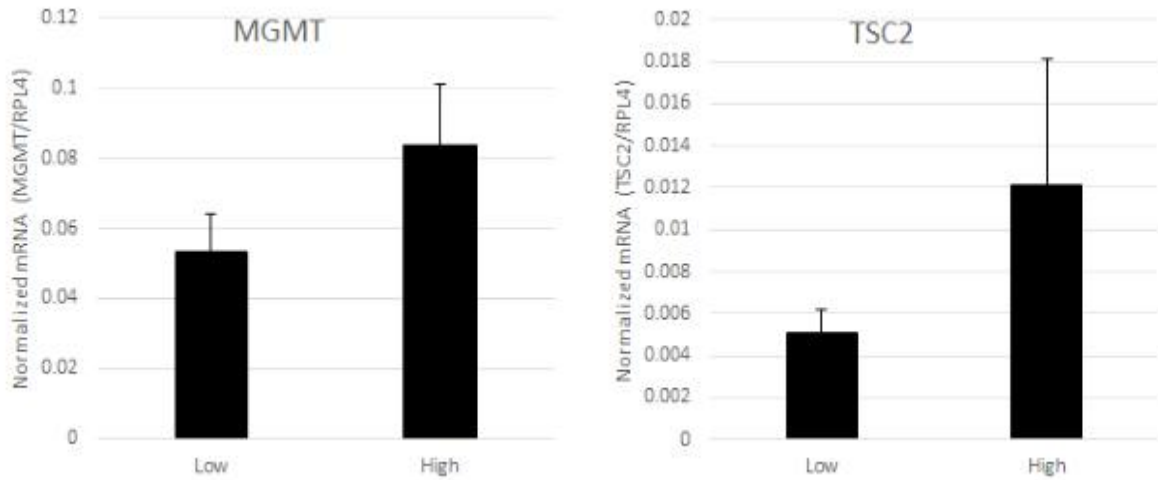
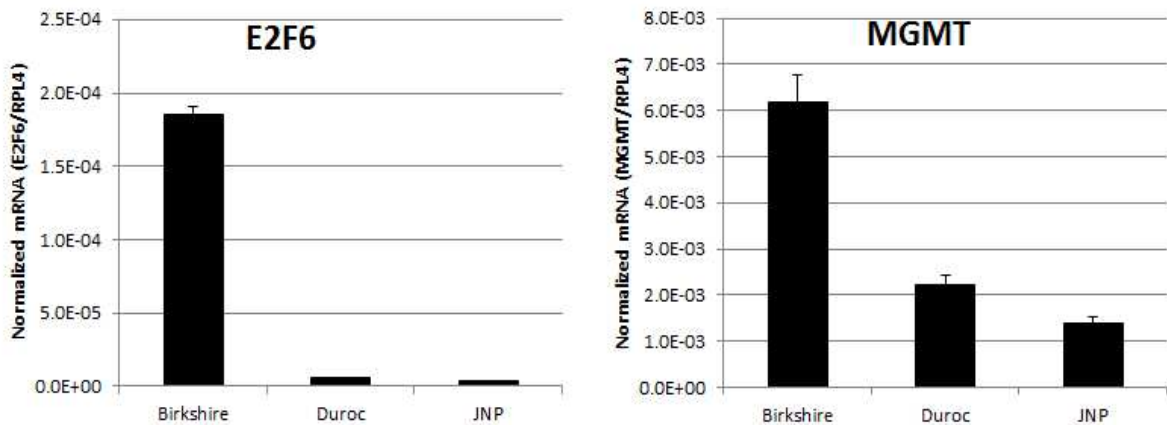


그림 32. 이유시 체중에 따른 자돈의 간 조직 내 유전자 발현 profile

○ 후성유전체를 이용한 돼지 생산성 관련 마커 검증

자돈에서 이유시 체중의 차이에 따라 genome 상의 methylation과 mRNA의 발현 차이를 나타낸 유전자들에 대하여 성체에서의 생산성 마커로서의 가능성을 알아보기 위해 성돈 조직 내 유전자 발현량을 확인하였다. 이를 위해 여러 품종의 모든 조직에서 RNA를 추출하여 qRT-PCR을 진행하였다. 본 연구에 사용된 품종은 각각 Berkshire, Duroc, JNP(제주재래흑 돼지) 샘플을 확보하여 실험을 진행하였다.

결과에서는 각각의 유전자가 품종 내에서 각기 다른 양상의 발현이 나타났다. Berkshire 품종에서 특이적으로 발현량이 많은 유전자로 E2F6, MGMT, NUMA1, S1PR2, DSP 등이 확인되었으며, Duroc 품종에서 특이적으로 발현량이 많은 유전자는 BA1AP2L1으로 확인되었으며, JNP 품종에서 특이적으로 발현량이 많은 유전자는 RTN4R으로 확인되었다.



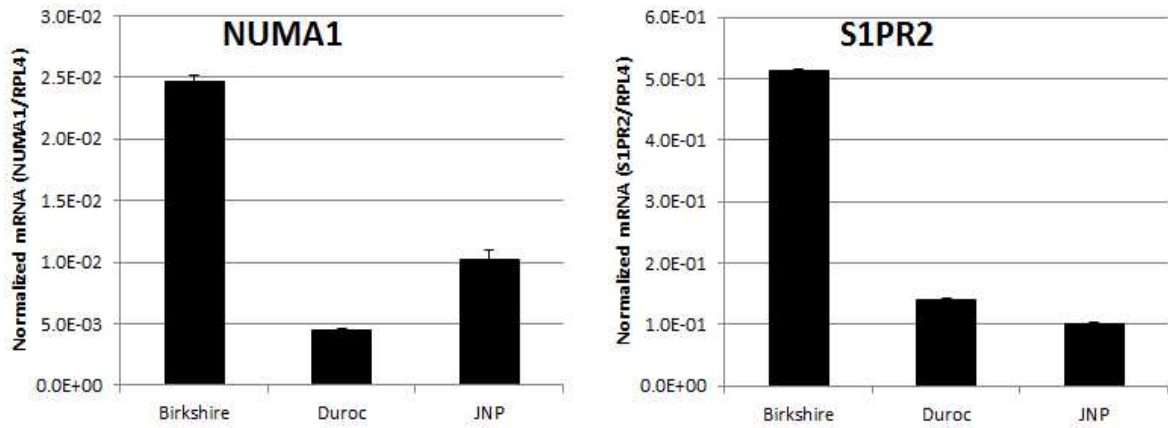
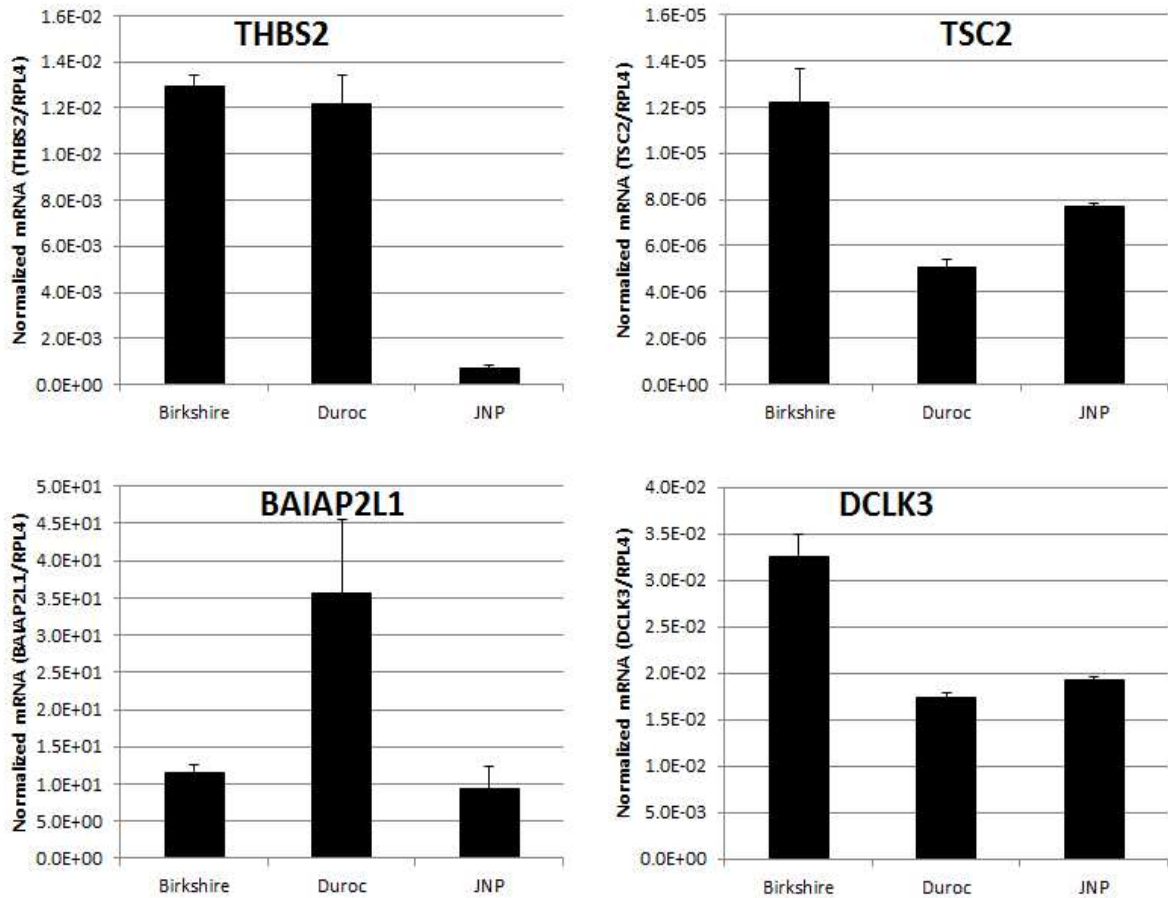


그림 33. 모든 조직에서의 유전자 발현 profile



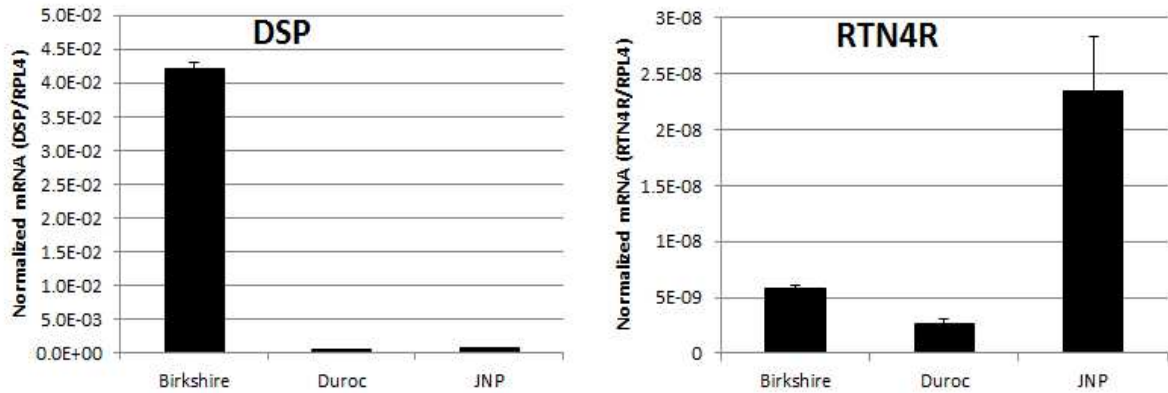


그림 34. 모든 조직에서의 유전자 발현 profile (continued)

본 연구의 목적은 자돈의 생산성과 관련된 후생학적 유전체 프로파일 분석에서 특이적 methylation 패턴을 나타낸 유전자들을 포유 자돈의 생산성과 관련된 후성 유전체 분자 마커로 이용 가능한지 여부를 확인하는 데 있으며, 이를 위해 유전자 발현 분석을 진행하였다. 이를 통해 체중에 따른 genome 상의 methylation profile에서 차이를 나타낸 유전자들이 소장과 간 조직 내에서 체중 상위 그룹의 mRNA 발현 수준이 높은 경향을 나타내는 것을 확인하였으며 이러한 유전자들 중 세포의 에너지와 성장률 및 조직 생성 등을 조절하는 기능을 갖는 유전자가 다수 포함된 것을 확인하였다. 또한, 각 유전자의 성체에서의 발현 양상을 확인한 결과, 모든 품종별, 조직별 발현 수준이 다르게 나타났다. 따라서, 자돈의 이유시 체중이 돼지의 생산성과 연계된 중요도에 비추어 볼 때, 본 연구에 이용된 유전자들을 돼지의 후성유전체 분자 마커로 활용하여 생산성 향상을 꾀하고 경쟁력을 확보할 수 있는 양돈 시스템 확립에 이용 될 수 있을 것으로 기대되며, 이를 위한 후속연구가 진행되어야 할 것으로 사료된다.

<제2 협동과제명 : 양돈 생산비 절감 및 IT기반 양돈 사양관리 시스템 개발>

연구 1. 양돈 생산성 향상을 위한 모돈-자돈-비육돈 연계 사양시스템의 일반농가 현장실증연구

1. 서론(Introduction)

양돈경영에 있어서 건강하고 균일한 자돈의 생산, 모돈의 회전율과 산자수를 높이고 포유기 폐사율을 낮추어 PSY를 높이는 것은 가장 중요하다. 지금까지 모돈의 회전율과 이유두수를 높이기 위하여 여러 선행 연구가 이루어졌으며, 많은 노력을 해오고 있다. 이전에는 모돈의 회전율을 높이기 위하여 많은 양돈장에서 조기이유를 실시하였으며, 2-3 주령 사이의 이주는 이후 자돈의 성장에 부정적인 영향 없이 모돈의 번식성적을 극대화할 수 있는 것으로 보고되었다 (Frangman 등, 1996; Drum 등, 1998; Parience 등, 2000). 이유일령과 이유체중은 밀접한 관계를 가지고 있으며 (Miller 등, 1994), 이유일령이 낮거나 이유체중이 낮은 자돈은 이유 후 관리가 어렵고 (Pluske 등, 1995), 질병에 감염될 확률이 높으며 (Blecha 등, 1983), 체중이 높은 자돈에 비해 체중이 낮은 자돈의 생산성이 떨어진다고 보고되었다 (Manhan 과 Lepine, 1991; Patience 등, 2000). 또한 일찍 이유한 자돈은 소화기관이 미성숙 되어 있고 체지방 축적이 낮아 늦게 이유한 자돈보다 체온조절 능력이 떨어진다고 보고되었다 (Sloat 등, 1985). 이러한 연구결과에 기인하여 유럽의 경우 이유일령이 점차 증가하고 있는 실정이다. 우리나라에서는 자돈의 성장능력 개선을 위해 28일령 이유가 권장되었고 (정현정, 2006), 모돈의 연산성 개선 및 자돈의 면역력 증진을 위해 25일령 이유실시가 권장되었다 (김유용, 2012). 본 실험은 이유자돈의 이유일령이 농가의 수익성에 미치는 영향에 대한 현장검증 실험으로, 선행되었던 ‘이유일령에 따른 모돈의 성장성적과 자돈의 성장성적, 그리고 자돈의 혈액성상과 면역성상’을 알아보았던 실험에서 25일령 처리구에 비해 28일령에 이유하는 것이 가장 적합할 것이라는 결론을 토대로 처리구를 설정하여 실제 현장에서의 그 영향을 검증해보고자 한다.

2. 실험 재료 및 방법 (Materials and methods)

1) 실험 동물 및 실험 설계 (Experimental animal and design)

본 실험은 삼원교잡종 ([Yorkshire × Landrace] × Duroc)이유자돈 100두로 실험을 개시하여, 2처리구로 펜당 50두씩 구배치하였다. 24일령에 이유한 돈군의 평균 개시체중은 $7.41 \pm 0.858\text{kg}$ 이고, 28일령에 이유한 돈군의 평균 개시체중은 $7.80 \pm 1.142\text{kg}$ 이다.

실험의 처리구는 다음과 같다. : 1) 24일령 : 24일령에 이유한 이유자돈, 2) 28일령 : 28일령에 이유한 이유자돈.

2) 실험사료 (Experimental diet)

실험사료는 2개의 처리구 모두 동일한 사료를 급여하였으며, (주)대한사료에서 생산하는 시판사료를 자돈·육성·비육기 각 사육단계에 맞게 급여 하였다. 사료 내 영양소 요구량은 NRC 사양표준 (2012)에 일치하거나 초과되게 설정되었다.

3) 사양실험 (Feeding trial)

사양실험은 충청북도 진천군 백곡면 소재의 벨엘농장에서 수행되었으며, 자돈기는 자돈사 (3.1m×3.4m)에서 5주간 수행되었고, 육성·비육기는 육성·비육사 (9.2m×6.3m)에서 육성기 8주, 비육기 8주간의 사양실험을 진행하였으며, 전체 실험 기간은 총 21주로 수행되었다. 자돈기의 실험돈은 플라스틱 배드 바닥에서 사육되었으며, 각 돈방에는 2개의 사료 급이기와 3개의 니플 급수기가 설치되어 있었으며, 전체 실험 기간 동안 물과 사료는 무제한 자유채식 (*ad libitum*)하도록 하였다. 돈방 온도는 실험 개시 후 첫 일주일간은 30℃를 유지하였으며, 매주 1℃씩 낮추어 자돈기 5주차에는 26℃를 유지하게 하였다. 이후 육성·비육기의 실험돈들은 사료와 물의 자유 급이가 가능하고 온도 조절이 용이한 육성·비육사에서 사육되었다. 체중 및 사료 섭취량은 사육 단계 및 사료 종류의 변동 시점을 고려하여, 실험 개시 (initial)기간을 기점으로 5주차 (자돈기 종료), 13주차 (육성기 종료), 21주차 (비육기 종료)에 측정하여 일당증체량 (ADG, average daily gain), 일일사료섭취량 (ADFI, average daily feed intake), 사료효율 (G:F ratio, gain:feed ratio) 을 계산하였다.

4) 혈액 성상 (Blood analysis)

자돈기 실험 개시시, 5주차 (자돈기 종료), 13주차 (육성기 종료), 21주차 (비육기 종료)에 각각 처리구당 5두씩을 선발하여, 경정맥에서 혈액을 채취하여 혈액 성상을 분석하였다. 혈액은 serum tube에 포집하였고, 포집한 혈액은 4℃에서 3,000 rpm 으로 15분간 원심 분리 (Eppendorf centrifuge 5810R, Germany)하였다. 그 후, micro tube 보관용기에 혈청만을 분리하여 분석 시까지 -20℃로 보관하였다. 혈중 BUN (blood urea nitrogen)은 Modular analytics (PE model, Roche, Germany)를 이용하여 분석하였다.

5) 면역 성상 (Immunological analysis)

면역글로불린을 조사하기 위해 실험 개시시, 5주차 (자돈기 종료), 13주차 (육성기 종료), 21주차 (비육기 종료)에 자돈의 경정맥에서 혈액을 채취하였다. 혈액은 serum tube에 포집하였고, 포집한 혈액은 4℃에서 3,000 rpm 으로 15분간 원심 분리 (Eppendorf centrifuge 5810R, Germany)하였다. 그 후, micro tube 보관용기에 혈청만을 분리하여 분석 시까지 -20℃로 보관하였다. 혈청 내 IgG와 IgA의 수치는 enzyme-linked immunosorbent assay (ELISA)를 통해 분석하였다 (ELISA Starter Accessory Package, Pig IgG ELISA Quantitation Kit, Pig IgA ELISA Quantitation Kit; Bethyl, Montgomery, TX, USA). 혈청 내 면역글로불린 함량

은 mg/ml으로 표시하였다.

6) 경제성 분석 (Economic analysis)

경제성 분석은 실험 사료 주문시의 사료 업계의 사료 가격을 기준으로 산출하였으며, 각각 phase의 1kg당 단가로 계산하였다. 사양 기간 동안 이유자돈의 1kg 증체에 소요되는 사료비용은 본 시험의 성장성적에서 나온 G:F ratio와 사료가격을 기준으로 분석하였다. 본 실험의 분석에 사용된 사료 가격은 실험 당시 자돈·육성·비육기 phase에 맞게 공급되었던 ㈜대한사료의 시판사료의 공급단가를 기준으로 하였다 (자돈기 사료 783.5원/kg, 육성기 사료 378원/kg, 비육기 사료 345.5원/kg). 출하일령 (day to 110kg)은 실험 종료체중에서 마지막 phase의 ADG를 반영하여 출하일령을 계산하였다. 농가의 매출액은 본 실험의 실험돈들이 출하되었던 2016년 8월의 지육가격인 4,313원/kg (축산유통종합정보센터)를 반영하였고, 지육율은 80%로 정하여 산출하였다.

7) 통계분석 (Statistical analysis)

본 실험의 통계분석은 SAS (SAS Institute, 2009)의 t-test를 이용하여 수집된 자료의 유의성을 검정하였다. 혈액성상의 경우 실험돈 1두를 experimental unit으로 설정하였다. 유의적 차이는 Fisher의 최소유의차검증 (LSD; least significant difference)을 이용하여 문자로 구분되었다. 모든 통계적 분석에 있어 $P < 0.05$ 인 경우 유의차가 있는 것으로, $P < 0.01$ 인 경우 고도의 유의차가 있는 것으로 간주하였다.

3. 실험 결과 및 고찰 (Results and discussion)

1) 성장 성적 (Growth performance)

이유일령에 따른 실험돈의 자돈·육성·비육기의 성장성적을 표 138에 나타내었다. 본 실험 결과, 자돈·육성·비육기 전 구간에서 28일령에 이유한 돈군이 24일령에 이유한 돈군에 비해 BW, ADG와 ADFI가 높은 수치를 나타내었다. 선행 연구에 따르면, 이유시점의 체중의 차이는 차후의 성장과 사료 효율 및 소화율 등에 영향을 끼치며, 소화효소 분비능력, 소장 상태 및 기능 발달, 면역기능 등에 영향을 끼친다고 보고되었다 (Efrid 등., 1982). 본 실험에서는, 28일령에 이유한 돈군의 initial BW이 24일령에 이유한 돈군의 initial BW에 비해 높은 수치를 나타내었으며, 이유 이후의 성장률에서도 처리구 사이의 BW 차이는 좁혀지지 않았다. 이는 선행 연구의 결과를 바탕으로, 포유자돈시기 모유의 충분한 섭취로 인한 이유시점의 체중의 차이는 돼지의 성장 및 면역에 긍정적인 영향을 미치는 것으로 사료된다. 또한 Leibbrandt 등, (1975)에 보고한 바에 의하면, 14일령, 21일령에 이유한 자돈보다 28일령에 이유한 자돈이 이유 후 환경에 대한 적응력이 뛰어나고, 이유 후 성장에도 긍정적인 효과를

나타난다고 하였다. 본 실험에서, 폐사두수는 28일령에 이유한 돈군에 비해 24일령에 이유한 돈군에서 더 높은 수치를 기록하였으며 (표 142), 이유 후 환경에 적응하지 못한 위축돈들이 폐사한 것으로 보아, 이는 선행 연구의 결과와 일치한다.

위 결과들을 종합했을 때, 28일령에 이유한 돈군의 자돈·육성·비육기까지의 성장률이 24일령에 이유한 돈군에 비해 높고, 24일령의 포유자돈에서 폐사가 많았으므로, 자돈을 28일령에 이유하는 것이 성장성적과 자돈의 건강성에 있어서 더 적합한 것으로 사료된다.

표 138. 이유일령이 자돈·육성·비육기의 성장성적에 미치는 영향¹

Criteria	Treatment ²	
	D24	D28
Body weight, kg		
Initial	7.41	7.80
5 week	12.38	13.39
13 week	40.65	46.14
21 week	85.26	90.86
ADG, g		
0-5 week	148	159
6-13 week	501	584
14-21 week	720	785
0-21 week	523	565
ADFI, g		
0-5 week	287	324
6-13 week	1207	1282
14-21 week	2711	2935
0-21 week	1466	1677
G:F ratio		
0-5 week	0.517	0.492
6-13 week	0.416	0.456
14-21 week	0.265	0.268
0-21 week	0.357	0.337

¹A total of 100 crossbred pigs with average initial body weight 7.41±0.858kg (D24) and 7.80±1.142kg (D28) by treatment respectively.

²D24 : weaning at day 24, D28 : weaning at day 28.

2) 혈액 정상 (Blood analysis)

이유일령이 자돈·육성·비육돈의 혈중 BUN (blood urea nitrogen)에 미치는 영향을 표 139

에 나타내었다. 혈중 내 BUN의 농도는 체내의 단일 아미노산과 단백질 요구량의 지표로 사용되어져 왔다 (Eggum, 1970; Coma와 Zimmerman, 1993). 혈중 내 BUN이 높은 것은 과도한 아미노산들이 대사되어 혈액을 순환하고 있는 것을 의미한다 (Ko 등, 2003). 본 실험에서는, 혈중 BUN에 대한 처리구간 통계적인 유의차가 나타나지 않았으며, 이는 이유일령의 차이가 실험돈의 혈중 BUN에 부정적인 영향을 미치지 않는 것으로 사료된다.

표 139. 이유일령이 자돈·육성·비육기의 혈중 BUN에 미치는 영향

Item	Treatments ¹		SEM ²	P-value
	D24	D28		
BUN, mg/dL				
Initial	9.8	9.1	0.68	0.63
5 week	15.4	16.2	1.08	0.73
13 week	6.7	6.0	0.61	0.58
21 week	10.4	9.5	0.81	0.99

¹D24 : weaning at day 24, D28 : weaning at day 28.

²SEM : standard error of the mean.

3) 면역 성장 (Immunological analysis)

이유일령이 실험돈의 자돈기 면역성상에 미치는 영향을 표 3에 나타내었다. IgA는 체내에서 체액성 면역을 주도하는 면역세포로, 모유에서 가장 많은 비율을 차지하고 있으며 모돈이 예전에 만났던 병원균에 대한 방어 기억을 포함하고 있다. 모유에서 분비된 IgA는 자돈의 소화기, 호흡기, 비뇨기 등 병원성 대장균에 노출되기 쉬운 부위에서 점막에서 면역 체계를 형성하여 자돈의 구강을 통해서 감염되는 세균에 대한 방어를 담당한다 (Brandtzaeg 등, 2003). 본 실험에서는, Initial과 5 week에서의 IgA 농도는 처리구간 유의적인 차이는 나타나지 않았으며, 이유일령이 이유자돈의 점막 면역 체계에 부정적인 영향은 미치지 않는 것으로 사료된다.

IgG는 체액 면역을 대표하는 것으로 알려져 있으며, 이유 후 발생하는 외부 병원균에 의한 자돈의 설사 방어 기작에 핵심적 역할을 한다 (Rooke와 Bland, 2002). IgG는 2차 항체반응을 주도하는 면역 단백질로서, 혈중 IgG의 함량은 이유자돈의 성장률과 폐사율에 영향을 준다 (Blecha 등, 1983; Krakowski 등, 1998). 본 실험에서는, 28일령에 이유한 처리구의 혈중 IgG의 initial 농도가 24일령에 이유한 처리구의 혈중 IgG의 농도보다 유의적으로 높은 값을 나타냈다 (P=0.02). 자돈기 종료인 5주차의 혈중 IgG에서는 처리구에 따른 유의적인 차이는 나타나지 않았다. 그러므로, 이유일령이 늦을수록 이유체중이 높고, 이유스트레스에 대한 면역력이 높아, 28일령의 혈중 IgG의 농도가 24일령에 비해 높게 나타난 것으로 사료된

다.

표 140. 이유일령이 이유자돈기 면역성상에 미치는 영향

Item	Treatments ¹		SEM ²	P-value
	D24	D28		
Serum IgA, mg/ml				
Initial	0.21	0.23	0.024	0.72
5 week	0.92	0.99	0.095	0.73
Serum IgG, mg/ml				
Initial	2.93	4.34	0.319	0.02
5 week	3.89	4.16	0.179	0.48

¹D24 : weaning at day 24, D28 : weaning at day 28.

²SEM : standard error of the mean.

4) 경제성 분석 (Economic analysis)

이유일령이 실험돈의 자돈·육성·비육기의 경제성에 미치는 영향을 표 141에 나타내었다. 성장성적을 반영하여 1kg 증체시 필요한 사료비용을 계산해본 결과, 110kg의 출하체중에 도달할 때까지 소요되는 사료비용은 24일령에 이유한 처리구가 123,487원, 28일령에 이유한 처리구가 118,505원으로, 4,982원의 차액을 보였다.

이유일령이 양돈농가의 경제성에 미치는 영향을 표 142에 나타내었다. 110kg의 출하체중에 도달할 때까지 소요되는 기간은 24일령에 이유한 처리구가 181일, 28일령에 이유한 처리구가 171일로, 10일의 차이를 보였다. 지육율을 80%로 가정하고, 폐사율을 고려한 농가의 net income을 보면, 28일령에 이유자돈을 이유하는 것이 24일령에 이유하는 것에 비해서 4,174,984원의 경제적 이익을 주는 것으로 사료된다. 본 실험 결과를 반영하여 모든 100두 규모의 농장을 가정하여 net income을 계산한 결과, 28일령에 이유자돈을 이유하는 것이 24일령에 이유하는 것에 비해서 89,499,680원의 경제적 이익을 주는 것으로 사료된다.

경제성 분석 결과, 28일령에 자돈을 이유하는 것이 24일령에 비해 농가의 수익에 더 긍정적인 영향을 주는 것으로 사료된다.

표 141. 이유일령이 자돈·육성·비육기의 경제성에 미치는 영향

Item	Treatments ¹	
	D24	D28
Weaning phase (0-5 week)		
Feed cost, won/kg	783.5	783.5
Feed cost per weight gain, won/kg	1,517	1,591
Growing phase (6-13 week)		
Feed cost, won/kg	378	378
Feed cost per weight gain, won/kg	909	828
Finishing phase (14-21 week)		
Feed cost, won/kg	345.5	345.5
Feed cost per weight gain, won/kg	1,301	1,292
Total feed cost		
BW, kg (21 week)	85.26	90.86
ADG, g (14-21 week)	720	785
Day to 110kg, day	181	171
Total feed cost to 110kg, won	123,487	118,505

¹D24 : weaning at day 24, D28 : weaning at day 28.

표 142. 이유일령이 양돈농가의 경제성에 미치는 영향

Item	Treatments ¹	
	D24	D28
Mortality		
No. of head	14	3
Farm profitability (50 pigs farm)		
Carcass prices (2016.08), won/kg	4,313	4,313
Farm sales volume (carcass ratio : 80%), won	18,977,200	18,977,200
Total feed cost to 110kg, won	123,487	118,505
Net income, won	18,853,713	18,858,695
Estimated net income (reflects mortality), won	13,663,584	17,838,568
100 sows farm (1000 pigs farm)		
Farm sales volume (carcass ratio : 80%), 1000won	379,544	379,544
Total feed cost to 110kg, 1000won	2,469.74	2,370.1
Net income, 1000won	377,074.26	377,173.9
Estimated net income (reflects mortality), 1000won	273,271.68	356,771.36

¹D24 : weaning at day 24, D28 : weaning at day 28.

4. 결론 (Conclusion)

본 실험은 이유자돈의 이유일령이 농가의 수익성에 미치는 영향에 대한 선행연구 결과를 토대로 처리구를 설정하여, 실제 양돈농가에 적용하기 위한 현장실증 연구로서 수행되었다. 실험 결과, 자돈·육성·비육기 전 구간에서 28일령에 이유한 돈군의 성장성적이 24일령에 이유한 돈군의 성장성적에 비해 높은 수치를 나타내었다. 혈중 BUN의 농도에서는 처리구간 통계적인 유의차를 나타내지 않았고, 면역성상에서는, 이유당시 initial의 혈중 IgG의 농도에서는 28일령 처리구가 24일령 처리구에 비해 유의적으로 높은 것을 확인했다. 경제성 분석에서는 24일령 처리구에 비해 28일령 처리구의 돈군의 출하일령이 10일 빠른 것을 확인했으며, 출하체중에 도달할 때까지 드는 사료 비용 또한 4,982원 더 절감되는 것으로 계산되었다. 본 실험 결과를 반영하여 모든 100두 규모의 농장을 가정하여 net income을 계산한 결과, 28일령에 이유자돈을 이유하는 것이 24일령에 이유하는 것에 비해서 89,499,680원의 경제적 이익을 주는 것으로 사료되었다. 28일령의 돈군의 폐사율이 24일령 처리구보다 낮았던 것을 고려하면, 자돈을 28일령에 이유하는 것이 24일령에 이유하는 것에 비해서 농가에 생산성이 있는 것으로 사료된다.

연구 2. 국내 양돈장에 설치된 IT융합 장비 평가 및 사업화 방안 마련

가. 양돈 생산성 향상을 위한 사양시스템의 현장 실증 시험

(1) 2차년도에 개발된 IT융합 사양관리시스템의 현장실증 시험을 통해 생산성 향상 개선효과를 계량화하여 측정함으로써 IT 융합 장비 도입에 따른 경제성 분석의 기초 자료를 확보

- 공간적 범위 : 현장실증 시험 대상 농장인 바른양돈
- 시간적 범위 : 설치 전후 8개월(연구계획서상에는 설치 전후 1년으로 되어 있으나 현장실증 대상 농장인 '바른양돈'이 연구기간 중 신축농장으로 농장을 이전하여 2015년 농장 성적의 일부 데이터가 끊겨 성적비교가 불가능하고 계절별 성적차이가 있기 때문에 같은 계절로 현재까지 비교가 가능한 데이터를 추출)
- IT 융합 장비 도입에 따른 경제성 분석의 기초자료 목록
 - 농장의 전산성적
 - 농장의 사료 및 원부자재 구입 내역
 - 농장의 출하성적(등급 및 판매금액)

(가) 데이터 추출 기간

- 2015년은 농장 이전으로 인하여 데이터가 중간에 끊겨서 성적비교가 불가능하고 계절별 성적차이가 있기 때문에 같은 계절로 비교하며 기초 자료를 확보하기 위해서는 좀 더 꾸준히 데이터를 확보할 필요가 있음

장비 도입 전 기간	2014.01.01. ~ 2014.08.31
장비 도입 후 기간	2016.01.01. ~ 2016.08.31

(나) 전산성적

- 현장실증 대상 농장인 바른양돈의 경우 과거 구농장은 시설이 매우 열악하여 전산성적이 좋지 않았으나 신축농장으로 이전 후 농장신규시설 및 ICT 장비 도입의 효과로 전산성적이 비약적으로 좋아졌음
- ICT장비 설치 이후 PSY 대비 MSY 수치가 낮은 이유는 2015년 12월에 이유자돈을 250두 정도 판매하게 되어 사실상 2016년 출하지만 2015년 출하로 잡혀 낮게 나왔음
- 농장 이전후 PSY 등의 보유모돈 관련 지표들은 성적 변화가 확연히 드러나며 MSY 등의 지표들은 농장 사정에 의해 좀 더 데이터를 수집하여 향후에 다시 분석할 필요가 있음

구분	도입 전	도입 후	비교
----	------	------	----

상시모돈수	93.2	111.3	18.1
MSY	15.1	15.8	0.7
PSY	18.9	26.9	8
모돈회전율	2.24	2.36	0.12
분만율	79.5	82.0	2.5
수태율	81.7	86.5	4.8
평균총산	12.3	13.6	1.3
평균실산	10.4	12.3	1.9
이유전폐사율	19.3	6.7	-12.6
평균이유	8.4	11.4	3
평균비생산일수	46.2	48.1	1.9

(다) 사료 및 원부자재 내역

- ICT장비 설치 이후 출하 두당 생산비가 크게 차이 나지 않은 이유는 2015년 12월에 이유자돈을 250두 정도 판매하게 되어 사실상 2016년 출하지만 2015년 출하로 잡혀 출하 두당 생산비가 크게 차이 나지 않음
- 모돈 1두당 연간 사료비 등 사료 효율 측면에서 ICT장비 도입 전과 후 확연히 개선된 점을 보임

단위(원)

구분	도입 전	도입 후	비교
모돈1두당 연간 사료비	256,554	240,737	-15,817
사료 kg당 단가	475	453	-22
지육증체 kg당 사료단가	1,949	1,897	-52
출하두당 사료비	204,362	188,083	-16,279
모돈 1두당 지육체중(kg)	870.37	912.15	41.78
출하 두당 생산비	386,390	385,337	-1,053

(라) 출하성적

- ICT장비 특히 돈선별기 도입 효과로 도입 후 1등급이상 합격률이 10.8% 이상 증가된 것을 확인할 수 있음

단위(%)

구분	도입 전	도입 후	비교
1+ 등급	32.8	43.8	11
1등급	36.6	36.4	-0.2
2등급	30.6	19.8	-10.8
1등급이상 합격율	69.4	80.2	10.8

(2) 양돈장에 설치된 IT융합장비 생산성 향상, 생산비 절감 및 안전성 등 양돈장에서 활용도 평가

(가) 현장 실증 농장에 적용된 IT융합장비

- 현장 실증 농장에 설치된 IT융합장비는 본 연구사업을 통해 설치된 장비 뿐만 아니라 실증 농장에 설치된 모든 IT융합장비에 대해서 활용도를 평가 진행함

- 사물인터넷(자동사료급이기, 음수관리기)
- RFID(군사사육)
- QR코드(스마트폰기록관리)
- 인터넷CCTV
- 센서네트워크(온도/습도/화재/정전)
- 출하돈자동선별기
- 생산경영관리프로그램(피그플랜)



[농장 적용된 IT 융합장비]

(나) 농장 배치도 및 IT융합장비 현황



[농장 현황]

(다) 자동 사료 급이기 활용도 평가

① 기존 사료급여 업무의 한계점

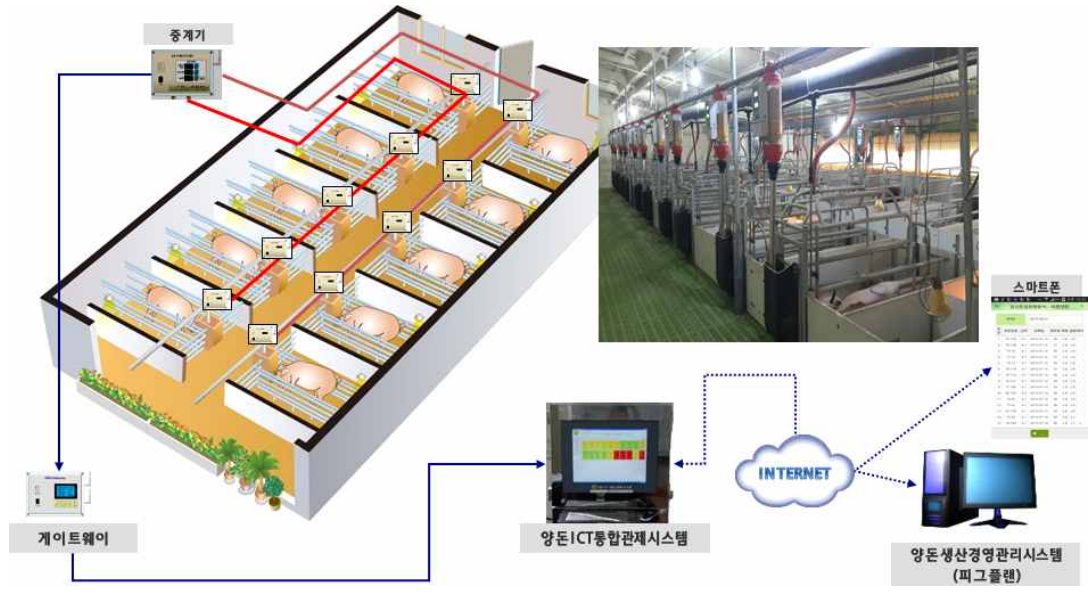
- 급여 시기가 되면 사람이 직접급여
- 임신돈 : 사람이 직접 줄을 당김
- 포유돈 : 바가지로 퍼줌
- 자돈/육성돈 : 컨트롤러 버튼을 누름
- 모든 사료조절을 위해 계량통 수동조작

② 사료급여 장비 도입

- 타이머 기능을 활용, 사료급이 라인 자동화
- 자동급이기 설치(스톨 및 분만틀)
- 군사급이기 설치(임신돈)
- 사료 급여 프로그램을 활용하여 급이 자동 조절

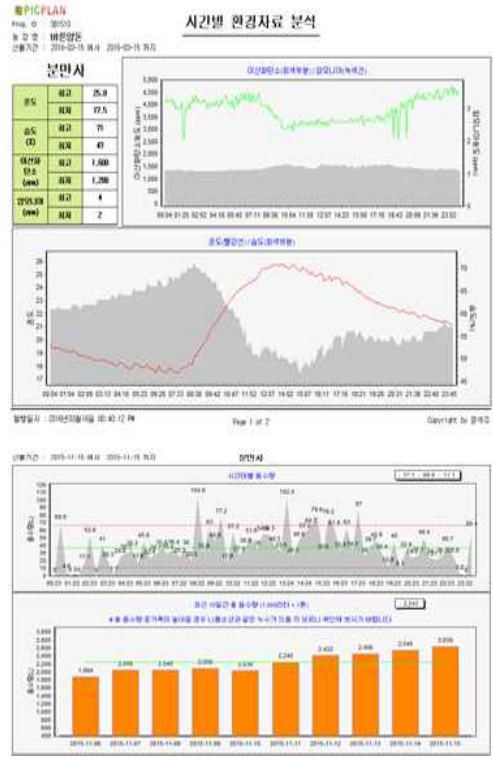
③ 급이기 활용으로 달라진 업무

- 직접 사료를 주는 일이 사라짐
- 밥주는 타임에서 자유로워짐
- 컴퓨터 또는 스마트폰앱을 통해 섭취기록을 조회하고 문제돈 확인(찾아가는 서비스)
- 전자태그 장착, 모돈번호 등록(군사급이기의 경우)



[자동사료급이기의 시스템 구성도]

● 피그플랜의 생산성 정보와 사료섭취량, 환경정보의 종합적 분석



[생산경영관리프로그램에서 사료섭취량 및 환경정보 분석]

(라) 사육환경관리 IT융합장비 활용

① 기존 업무의 한계점

- 온도/습도/환기량이 적정한지 돈사로 직접 가서 확인

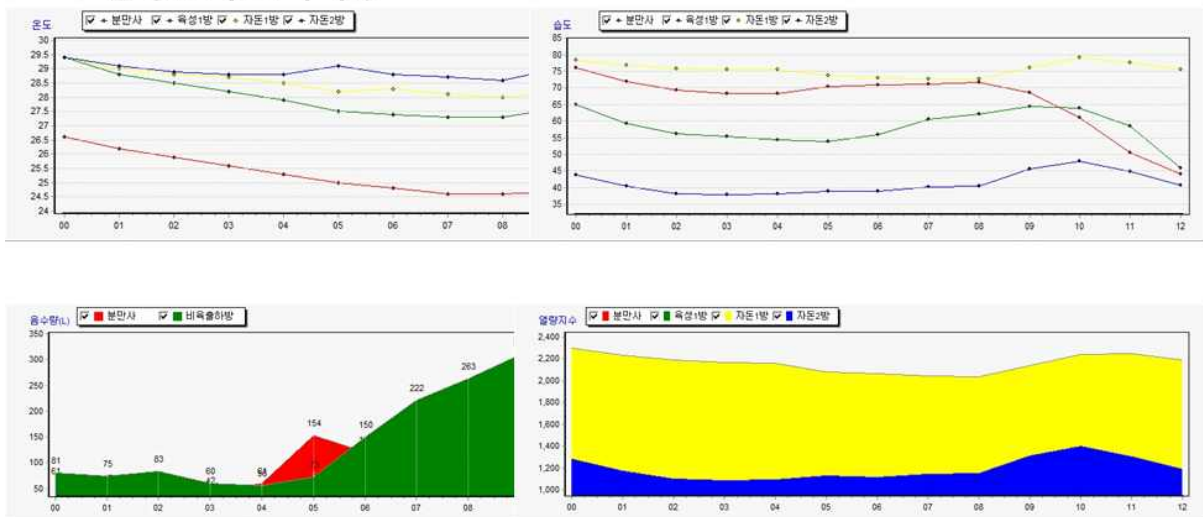
- 화재/정전/누수사고에 무방비
- ② 사육환경관리 장비 도입
 - CCTV, 환경센서 모니터링을 통한 사무실 관리
 - 스마트폰 확인, 경고 기능 활용
- ③ 사육환경관리 장비 활용으로 달라진 업무
 - 돈사에 들어가는 횟수가 줄어들
 - 스마트폰 경고 기능으로 빠른 대처 가능

● CCTV를 이용한 돼지 관찰



[CCTV를 활용한 사육관리]

● 환경센서 모니터링



[생산경영관리프로그램 환경센서 모니터링]

(마) 출하관리 IT융합장비 활용

① 기존 업무의 한계점

- 육안선별 및 끌고 다니는 저울 사용
- 출하작업 최대 2시간 소비

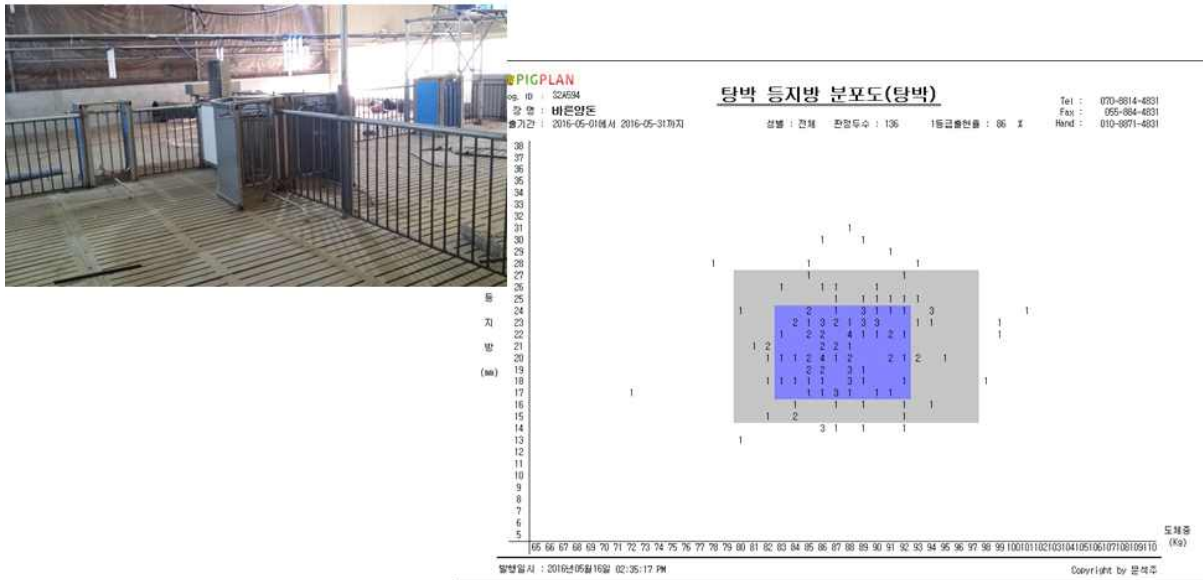
② 출하관리 장비 도입

- 출하돈 선별기 설치
- 컨베이어벨트 출하대 설치

③ 출하관리 장비 활용으로 달라진 업무

- 출하돼지 선별업무가 70% 감소
- 출하작업이 30분으로 감소

● 출하선별기 활용



[출하선별기 및 생산경영관리프로그램 당박 등지방 분포도]

(바) 생산성 향상과 생산비 절감효과(임신돈관리)

① 기존 방식의 한계점

- 스톨사육으로 모든 운동량이 적음
- 분만사에서 난산 발생
- 유도제 사용과 간호분만 필요
- 옥시토신과 루텔라이즈 사용량 많음

② IT융합장비 활용

- 임신돈을 3개월간 군사사육
- 전자태그와 군사급이기 활용
- 산차, 체형, 임신기간에 따라 사료급이 프로그램 자동화

③ 개선효과

- 모돈의 운동량 증가
- 난산의 비율이 현격히 줄어들
- 간호분만 없이도 사산이 줄어들
- 포유개시 증가로 이유두수 증가
- 호르몬제 사용 50% 이상 감소

(사) 생산성 향상과 생산비 절감효과(포유돈관리)

① 기존 방식의 한계점

- 바가지로 직접 사료를 퍼줌
- 사료가 남으면 부패되어 퍼내야 함
- 혹서기 시원한 시간에 급여가 어려움
- 충분한 사료섭취가 안되어 이유체중과 모돈체형 불량

② IT융합장비 활용

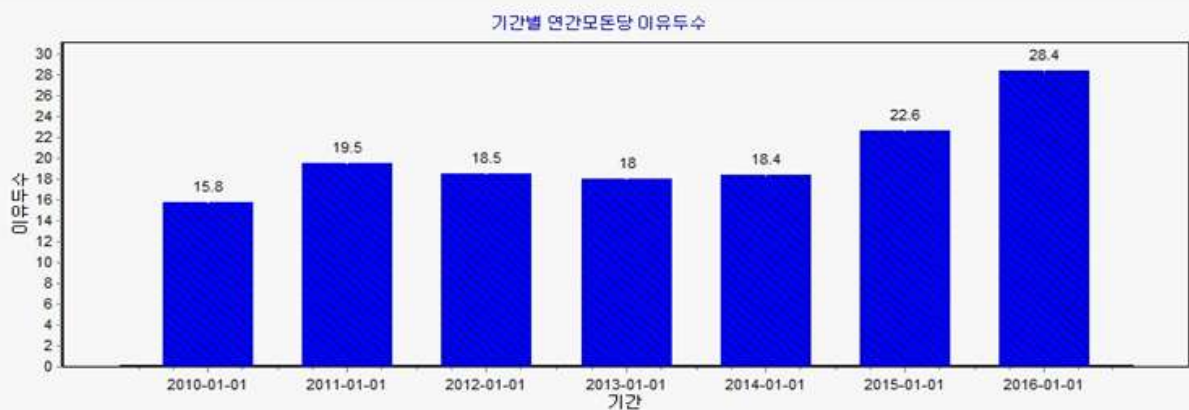
- 포유돈 급이기와 밥통구조 개선
- 사료급여량의 감량과 증량이 자동
- 하루 다섯 번, 급이시간 조정 가능
- 포유자돈수와 체형에 따라 급이 비율 조절 가능

③ 개선효과

- 혹서기 제외, 사료 허실이 없음
- 새벽이나 밤에 밥주러 갈 필요가 없음
- 충분한 사료섭취가 가능해지면서 이유체중과 모돈체형이 안정



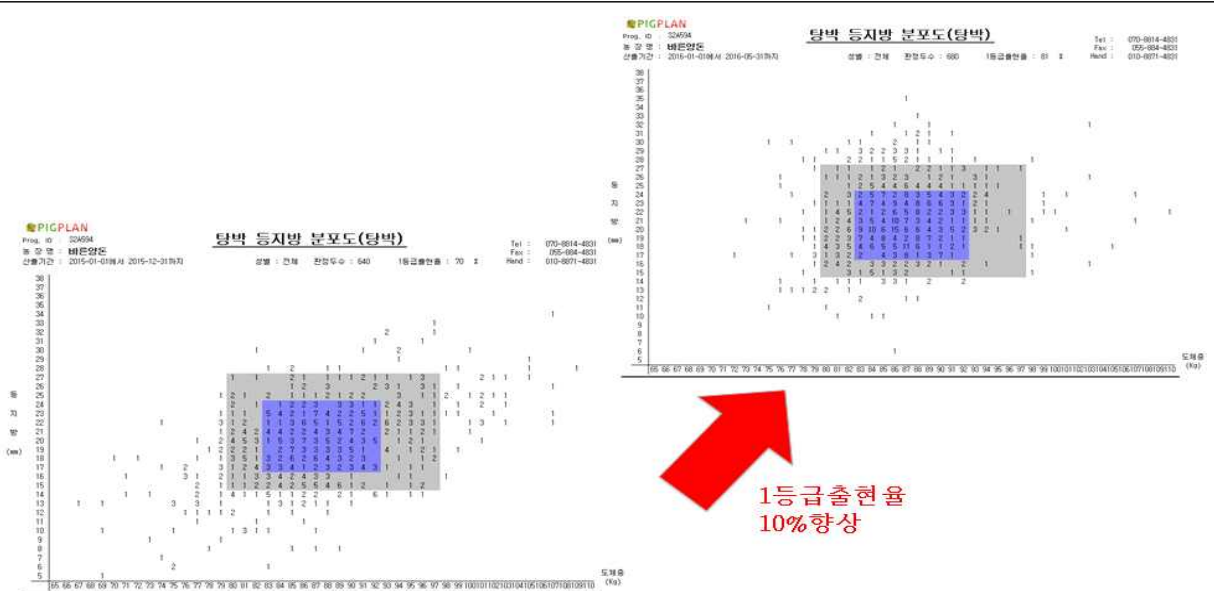
[생산경영관리프로그램에서 나타나는 향상된 실산이유두수]



[생산경영관리프로그램에서 나타나는 향상된 모돈당 이유두수]

(아) 생산성 향상과 생산비 절감효과(출하돈관리)

- ① 기존 방식의 한계점
 - 육안선별로 인해 체중오차 발생
 - 과체중 돼지 발생
 - 규격돈 출현율 80%이하로 낮음
- ② IT융합장비 활용
 - 출하돈 선별기 설치
- ③ 개선효과
 - 과체중 돼지가 줄어들음
 - 규격돈 출현율 10% 향상



[생산경영관리프로그램에서 나타나는 향상된 1등급 출현율]

(자) 생산성 향상과 생산비 절감효과(물관리)

① 기존 방식의 한계점

- 니플 터짐, 물 호스 빠짐 사고
- 분노발생량 증가
- 물이 없거나 순환 모터 고장으로 물 공급이 안되는 사고

② IT융합장비 활용

- 사물인터넷 음수관리기 설치
- 스마트폰 확인, 경고 기능

③ 개선효과

- 물터짐 사고 신속대응으로 분노 발생 비용 절감
- 절수사고를 막아 사료섭취가 안되거나 폐사사고 방지
- 1일 총 음수량 조희로 돼지상태 파악 및 분노발생량 예측

나. 국내 양돈장에서 설치된 IT융합 장비의 내구성, 효용성 평가 및 사업화 방안 개발

- 제2협동기관인 (주)이지팜이 3차년도에 진행할 연구 2 과제인 “국내 양돈장에 설치된 IT융합 장비의 내구성, 효용성 평가 및 사업화 방안 개발” 과제 중 IT 장비가 설치된 양돈장 30개소에 대한 방문 평가사업을 (사)한국축산컨설팅협회에 위탁하여 실시하는 것으로 연구 내용 및 예산을 변경
- (사)한국축산컨설팅협회는 농식품부에서 진행한 2014년 ICT융복합확산사업의 컨설

팅을 진행하는 등 축산분야의 시설 및 질병, 사양관리 컨설턴트들이 모인 사단법인으로, 위 평가사업을 진행하기에 최적화된 인력 및 조직을 구축하였다 평가되어 동 사단법인에 과제를 위탁하여 수행

- 위탁 사유 : 내구성 및 효용성 평가를 위해서는 1개 농장의 결과로 평가를 일반화하기 어려워 30개소 이상으로 평가 대상 농장 갯수 확대가 필요함. 농장 방문자를 이지팜 단독으로 하기에는 농장주가 차단방역 등의 이유로 농장 출입이 어려워 실제적인 평가가 어려우므로, 한국축산컨설팅협회에 평가업무를 위탁하여 소속 컨설턴트들의 컨설팅 대상 농장 중 IT 장비 도입농장에 대한 내구성 및 효용성 평가를 위탁하여 실시하여 평가 사업을 내실화

- 평가 내용

- ICT 시설 도입 현황 조사 : 장비 종류, 도입금액, 정부지원금, 사업명 등
- 농장별 시설 도입 전후 전산성적(MSY, PSY, LSY, 출하등급 등) 수집
- 농장별 정육 1톤당 사료 급여량(톤), 자돈 1두당 모돈 사료급여량(Kg) 산출
- 농장별 도입 후 고장 발생 현황(내구성 평가) 및 A/S 만족도 등

(1) IT 융합장비 설치 양돈장의 내구성, 효용성 평가 모델 개발

(가) 평가 모델 개발

- 한국형 평가 모델은 미정립된 상태이며 우리 여건에 적합한 독자 모델이 아직 정립되지 못했으며, 핵심기술과 기자재의 국산화·표준화가 미흡함
- 자동화기기 운영 농가중에도 선호도가 다양하고 기자재의 내구성 및 효용성에 대한 문제제기도 있어서 구체적인 사례파악으로 평가 모델 개발
- 전국에 분포한 양돈농가중에서 ICT 기자재를 사용하고 있거나 농림축산식품부의 ICT 융복합 확산사업을 진행중인 40여개의 농장중에서 전산성적자료가 비교가 되는 31개의 농장을 선택하여 ICT 기자재 사용전후의 성적을 비교함으로써 기자재의 효용성을 객관적으로 검증할 수 있는 모델 개발

(나) IT융합장비의 내구성 효용성 평가 모델

- 평가 모델은 크게 농장현황, 경영현황(ICT융복합 장비현황 포함), 양돈 생산성 현황(년도별로 구성), 축산양돈 분야 생산성 향상 및 품질향상 현황으로 구성

1. 농장 현황				
대표자명(법인명)		00농장		
이 메 일		성 별		√ 남, □ 여
자 택 주 소		연 락 처		전 화) : 핸드폰) :
축산업등록증 고유번호				
고용현황		사무실 근로자: 00 명 현장 근로자: 내국인(00 명), 외국인 (00 명)	유형	√ 전문형(자동급이등) □ 일반형(환경관리등)
2. 경영현황				
사업농장 주소		사육면적		m ²
지자체 또는 업체 서버 이용 여부		□ 유(서버위치), □ 무		
전 원		■ 유, □ 무	전원종류	□ 단상 [v], ■3상 220 [v]
건축연도		2014 년	축사구조	무창돈사
사육형태		■ 번식, □ 일괄, □ 비육, □ 기타()		
사육두수		총9,780두수(모돈764두, 자돈 3,676두, 육성 3,560, 비육1,780)		
사육동수		분만사 임신사, 자돈사, 비육사 한건물 4층 돈사		
구분	종류	세부내역	추진상황	비고
ICT 융복합	환경 모니터링	외부환경(온습도, 풍향, 풍속 등) 및 내부환경(온습도, 암모니아 등) 센싱장비	돈방별 온도제어기 기운영	운영
	환경 제어	환기제어, 냉난방기 제어 장비 등	기운영-환기자동화	
	자동급이기	모돈군사급이기, 포유돈급이기, 사료믹스급이기,사료빈관리기 등	컴퓨터액상급이기, 포유모돈자동급이기	운영중 -하이스제품
	출하/사육관 리	돈선별기, 모돈발정 체크기, 음수관리 등	돈선별기 임신돈군사급이기	운영중-아이온택제 품
	경영관리시스 템	PC, 원격제어, 모바일시스템 등	도드람전산프로그램 활용 경영관리	운영중
	모니터링	돈사 모니터링 및 방법을 위한 CCTV, 웹캠, 녹화장비 등	CCTV 돈방별 운영	16개 운영

	기타	정전/화재감시 장비 등	화재보험	
--	----	--------------	------	--

3. 양돈 생산성 현황 (2013년- 기존 돈사 성적)

○ 연간 모돈회전율(LSY)	2.3	* 산출 공식 LSY = 연간 총 분만복수 / 상시모돈수 PSY = 연간 총 이유두수 / 상시모돈수 MSY = 연간 총 출하두수 / 상시모돈수 FCR = 연간 총 사료량 / 연간 총 출하체중
○ 연간 모돈두당 이유두수(PSY):	22.5 두/년	
○ 연간 모돈두당 출하두수(MSY):	20.6 두/년	
○ 사료효율(FCR)	3.4(추정)	

[농가 생산 경영기록부 전산기록 기준 자료 제출]

구분	월	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	합계
번식 (두)	상시 모돈수	286	293	289	266	259	276	271	266	257	256	262	260	3,241
	총교배복수	53	102	77	42	56	60	78	65	48	50	62	75	768
	충분만복수	73	67	50	40	48	68	65	39	50	68	59	51	678
	총이유복수	59	58	66	50	46	61	69	62	36	56	65	55	683
비육 (두)	총이유자돈 수	469	438	511	470	425	550	664	627	319	489	604	496	6,062
	총(자돈)출 하 두수													
	총(자돈)입 식 두수													
	총(비육)출 하 두수													
	총출하체중													
	출하 1등급 이상 두수													
사료 량(톤)	총사료량	67	124	155	162	184	152	183	169	158	180	195	176	1,906
	갓돈													
	젖돈	3.9	0.8	1.1	0.6	0	0.2	0.4	0.4	0.3	0.8	0	0.4	8.9
	젖뎨돈	6.2	10.7	10.5	10.2	13	7	14.9	18.2	14.2	11.5	13.7	15.1	145.2
	육성돈	27.2	46.6	46.8	57.6	100. 6	94.9	134. 9	82.5	87.4	102. 7	120. 2	97.2	998.6
	비육돈	0	43.1	70.2	67.4	45.3	23.1	7.9	44.1	35.3	43.5	39.7	40.8	460.4
	임신돈	17	12.8	14.8	16.9	16.9	15.9	12.9	14.8	14.6	10.5	10.8	11.1	169

포유돈	13.3	9.9	11.6	10	8.9	10.9	11.9	9.9	5.9	11	9.9	11.1	124.3
기타													

3-1. 양돈 생산성 현황 (2014년- 신규농장 입식 전후 성적)

○ 연간 모돈회전율(LSY)	1.6	※ 산출 공식 LSY = 연간 총 분만복수 / 상시모돈수 PSY = 연간 총 이유두수 / 상시모돈수 MSY = 연간 총 출하두수 / 상시모돈수 FCR = 연간 총 사료량 / 연간 총 출하체중
○ 연간 모돈두당 이유두수(PSY):	18.0 두/년	
○ 연간 모돈두당 출하두수(MSY):	없음 두/년	
○ 사료효율(FCR)	3.3	

[농가 생산 경영기록부 전산기록 기준 자료 제출]

구분	월	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	합계
번식 (두)	상시 모돈수		1	20	109	209	277	349	466	596	699	731	724	1
	총교배복수			47	106	111	50	110	181	234	238	78	125	0
	총분만복수							61	107	80	55	93	154	0
	총이유복수								59	117	79	59	98	0
비육 (두)	총이유자돈수								10.2	10.8	10.5	10.6	9.8	0
	총(자돈)출하두수								602	1,264	830	625	951	0
	총(자돈)입식두수													
	총(비육)출하두수													0
	총출하체중													
	출하 1등급 이상 두수													
사료량 (톤)	총사료량	204	157	207	232	245	224	242	251	309	376	395	461	361
	갓돈	1		0.8	0.5	0.9	0.6	1	0.6	0.9	0.7	0.8	0.9	1
	젖돈								7	23	6			0
	젖뎨돈	56	43	21	28	32	36	30	34	36	58	94	94	99
	육성돈	60	32	50	80	106	86	116	113	118	157	146	161	92
	비육돈	33	30	62	36									63

임신돈	15	12	13	13	14	15	10	16	13	37	49	54	27
포유돈	16	30	25	32	47	51	39	44	45	33	26	26	46
기타	23	10	35	43	45	35	46	36	73	84	79	125	635

3-2 양돈 생산성 현황 (2015년)

○ 연간 모돈회전율(LSY)	2.3	※ 산출 공식 LSY = 연간 총 분만복수 / 상시모돈수 PSY = 연간 총 이유두수 / 상시모돈수 MSY = 연간 총 출하두수 / 상시모돈수 FCR = 연간 총 사료량 / 연간 총 출하체중
○ 연간 모돈두당 이유두수(PSY):	26.3 두/년	
○ 연간 모돈두당 출하두수(MSY):	23.0 두/년	
○ 사료효율(FCR)	2.79(년간)	

[농가 생산 경영기록부 전산기록 기준 자료 제출]

구분	월	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	합계
번식 (두)	상시 모돈수	721	712	735	761	767	758	751	744	766	806	812	804	1,433
	총교배복수	173	163	244	148	119	184	177	167	230	208	195	187	336
	총분만복수	202	160	77	90	173	175	170	139	105	177	139	121	362
	총이유복수	187	167	140	116	99	159	196	157	110	136	170	142	354
비육 (두)	총이유자돈수	10.6	8.4	9.9	10.5	11.3	10.9	10.4	10.1	10.6	11.1	10.9	10.2	19
	총(자돈)출하두수	1,982	1,403	1,386	1,218	1,119	1,733	2,038	1,585	1,166	1,509	1,853	1,448	3,385
	총(자돈)입식두수													
	총(비육)출하두수	831	824	788	514	902	998	1,514	1,617	1,028	1,076	1,497		1,655
	총출하체중	94.1	93.3	92.4	58.2	103.4	117.5	174.2	192	114	121	168		187.4
	출하 1등급 이상 두수													
사료 량(톤)	총사료량	277	290	357	396	455	408	415						567
	갓돈	0.4	1	0.5	0.3	0.1								1.4
	젖돈													
	젖뎨돈	28	19	35										47
	육성돈	77	93	82	25	18	14							170

비육돈			24									0
임신돈	33	35	36	37	34	32						68
포유돈	23	27	26	24	17	17						50
기타	116	115	154	310	386	345						1,426

4. 축산양돈 분야 생산성 향상 및 품질향상 조사 양식

항 목		도입전	도입후	증감율
생산성 향상	연간생산량증가 생산품목: 양돈 단위 : 두	월 500~ 680두 판매	1.514두 (15. 7) 1.617두(15.8) 판매	신규 축사로 이전하여 단순비교 안됨
	연간 폐사 돈수	월 20~60두 폐사	육성·비육구간 10두/월 이내	급격히 감소
생산비 절감	인건비	상시근로자	5	8(+ 3) = 총 11명 사육두수 3배 증가로 근로자 증가
		일용자	없음	없음 0 %
	노동시간 절감(분)		자동화로 일부 단축	사육두수 증가로 비교 어려움
	사료비		사료 10% 절감	최소(10% 절감)
	약품(방역)비	월 300만~1,000만원	월 800~1.200만원	규모증가로 + 300 %
	전기료	월 400만원	1.000 ~ 1.100만원	규모증가로 + 250 %
	검사,기록유지 등 관리비		ICT기자재사용으로 일부 절감	추정 -(1~3%) %
품질 향상	A·B등급 출현율의 증가 정도	70~78%	5 ~ 10% 증가	%
	품질향상에 따른 매출 증가 금액		지급율 개선 (78~81.6 %)	2~4% 지급율 개선 초과 이익
실수익 증가			4.000~5,000만/월 절감	년간 4.8 ~ 6.0억 수익증가 예상

* 00농장에는 ICT 축산기자재가

- 1) 포유모돈자동급이기 2) 모돈군사자동급이기
- 3) 컴퓨터엑상자동급이기 4) 사료빈관리기
- 5) 돈선별기 등이 2015년 3-4월에 설치되어 1년여간 운영되고 있다.

00농장은 총 00명의 직원과 대표의 인건비로 월 3,600만원씩 지출되고 있으며, 사료비는 월평균 170(백만원)에서 250(백만원)을 지출하고 있다. 평균 사료단가는 430-450원대/kg

분뇨처리와 기타관리비가 월 평균 80(백만원)씩 들어가고 있다.

- * 약품비는 규모가 3배이상 늘었지만 800만원~1,000만원대
- * 지육율이 77% 전후에서 80~81%로 상승하였음. 두당 5,000~18,000원 이익 발생
- * 위의 사료효율 증가 및 지육율 개선으로만 월 4,000~5,000수익 연간 4.8억에서 6.0억원 이익

(2) 평가 결과를 토대로 한 ICT 시설 도입 효과 분석 및 경제성 분석의 총괄적 분석 및 IT 융합 확산사업의 활성화 방안 도출

- 전국에 분포한 양돈농가중에서 ICT 기자재를 사용하고 있거나 농림축산식품부의 ICT 융복합 확산사업을 진행중인 40여개의 농장중에서 전산성적자료가 비교가 되는 31개의 농장을 조사 대상 농가로 선정

(가) 조사농가 리스트 (31개 농장)

순번	농가명	사용 기자재
1	고바우농장	돈방별 온도제어기, 환기자동팬, 컴퓨터액상급이기, 포유모돈자동급이기, 돈선별기, 임신돈군사급이기, CCTV
2	참존농장	환경제어기, 포유모돈자동급이기
3	우리농장	포유모돈자동급이기
4	두레영농	포유모돈자동급이기
5	수향종돈장	돈선별기
6	해성농장	환경제어기, 모돈군사급이기, 돈선별기
7	충무농장	환경제어기, 포유모돈자동급이기
8	삼송농장	사료빈관리기, 포유모돈자동급이기
9	대덕농장	돈선별기, 포유모돈자동급이기, 냉난방기
10	화원종돈	돈선별기, CCTV
11	산수유농장	환경제어기, 포유모돈자동급이기, 돈선별기 ,CCTV
12	산수골농장	포유모돈자동급이기, 돈선별기
13	설천농장	환경제어기, CCTV
14	사곡오농장	포유모돈자동급이기, 모돈군사급이기, 모돈발정체크기
15	칠백농장	환경관리기, 포유모돈자동급이기
16	한성농장	포유모돈자동급이기, 돈선별기
17	월계농장	포유모돈자동급이기, 사료빈관리기, 돈선별기, 음수관리기
18	금보농장	포유모돈자동급이기
19	청솔농장	액상자동급이기
20	동일농장	돈선별기, CCTV
21	비전농장	액상급이기, 모돈군사급이기
22	진영축산	컴퓨터액상급이기, 모돈발정체크기
23	불갑GGP	환경관리기, 포유모돈자동급이기, CCTV

순번	농가명	사용 기자재
24	대마GGP	환경관리기, 포유모돈자동급이기, CCTV
25	농협중돈GP	환경관리기, 포유모돈자동급이기
26	삼우축산	환경관리기, 포유모돈자동급이기
27	우리농장(제주)	포유모돈자동급이기, 돈선별기
28	바른양돈	환경관리기, 포유모돈자동급이기, 군사급이기, 돈선별기, 지능형 CCTV
29	힘찬농장	환경관리기, 포유모돈자동급이기
30	오서농장	컴퓨터엑상급이기
31	그린농장	냉난방기

(나) 농장별 ICT 시설 도입 효과 및 경제성 총괄적 분석

① 주요 ICT 축산기자재별 농장의견 분석 요약

ICT 기자재 농가 요구사항	포유모돈 자동급이기	사료빈 관리기	환경 관리기	CCTV
1. 최초 기자재 설치시 편리성-용이한가? (시간, 투입인력 등)	대부분 만족함	-	대부분 만족함	만족
2. 기자재 에러 및 긴급상황 발생시 농장직원이 수리 및 교체할 수 있는가? (사용자중심의 매뉴얼이 작성되어 있는가?)	중요 (없거나 미흡함)	좌동	좌동	- 좌동
3. 급이통 등 물청소를 해도 될 만큼 내구성 및 습기에 강한가?	만족함	-	- 물 청 어 려 경우 다. 소 운 많	낙뢰 등에 취약함
4. 핸드폰, 사무실 등 축사외부에서 확인 및 컨트롤 할 수 있는가?	일부만 됨	좌동	매우중요 (일부만 됨)	일부만 됨
5. 낙뢰에 대비한 대비책이 마련되어 있는가?	상관없슴	중요 (없는 경우 대부분)	-	중요 (없는 경우 대부분)
6. 중요 부품 등의 이상 발생여부 ?	자주 발생 (모터 등 교체한 적 있음)	중량 오차 있슴	매우 빈번 하게 발생 함	자주 발생
7. 정기적인 프로그램 업그레이드 지원이 되고 있는가?	미흡 (안되거나 언급 없슴)	좌동	좌동	좌동
8. 교체품 및 소모품의 조달은 원활한가?	미흡 (양되는 업체도 있슴)	좌동	좌동	좌동
9. 교체품 및 소모품의 탈부착은 용이한가?	미흡 (호환성이 없는 경우가 대부분)	좌동	좌동	좌동
10. 엑셀 등의 프로그램과 호환되는가? (데이터 가공 및 활용)	가능함	일부만 가능	일부만 가능	일부만 가능
11. PC프로그램 및 장비조작이 용이한가?	활용도 좋음. 일부만 활용	좌동	활용도 낮음	

농가 요구사항 \ ICT 기자재	포유모돈 자동급이기	사료빈 관리기	환경 관리기	CCTV
12. 농장 설치시 기존시설을 철거 또는 재배치 하는가 ?	거의 필요없습	필요없습	경우에 따라 다름	필요없습
13. 작동시 돼지가 스트레스를 받지 않는가?	모터에 따라 소음 발생함.		경우에 따라 발생	
14. 청소가 용이한가?	청소가 어려운 제품 있음	관계없습	어려움	관계없습

② 농장별 ICT장비 도입효과 및 경제성 분석

- 고바우 농장

- ICT 기자재 사용이후 출하시 지육율이 75-78% 전후에서 80~81%로 상승하였으며 두당 5,000~18,000원 이익 발생함
- 사료효율 증가 및 지육율 개선으로만 월 4,000~5,000만원 추가 수익이 발생하여 연간 4.8억에서 6.0억원 추가이익

- 참촌농장

- 2014.9 포유모돈자동급이기(에코시스템제품)를 설치하여 운영 중인 농장으로 2015년 추가로 포유모돈자동급이기를 설치함
- 2015년초 설사병 피해 발생으로 수익 증가 여부 계산 어려움이 있지만 포유모돈자동급이기 설치 후에 모돈 상태가 나아지고 있고 모돈사료섭취량도 조금씩 증가하고 있어서 여름철 모돈관리에는 도움이 되는 것으로 농장주는 판단

- 우리농장(경기 이천)

- 2014년 12월경 포유모돈자동급이기가 설치운영되어 2016년3월까지 기자재 운영상의 애로사항은 없는 편이며 내구성 등 이상상황은 없었음

- 두레영농조합법인

- 포유모돈자동급이기를 2014년 9월 설치하여 분만사 모돈 성적이 개선 되어가던 중 2015년 1월과 3월에 설사병 피해 등으로 평균이유두수 감소, 분만을 감소, 수태율 감소 등을 경험했던 농장
- 2016년 3월 현재 포유모돈자동급이기(에코시스템 제품)는 잔 고장 없이 무난하게 운영중

- 수향농장

- 돈선별기(교사 제품) 2대 운영하고 있음
- 운영 초기에 출하돈 선별의 편리성, 등급판정시 유용성 등의 장점이 있었으나 2016년 현재에는 고장이 나지 않을까 노심초사하고 있음
- 도입초기에는 AS 도 잘되고, 운영에도 큰 문제가 없었으나 해당제품(포000) 대리점의 경영난으로 사후관리, 서비스 안되어 추가 설치계획을 포기함

- 해성농장

- 임신사군사자동급이기 (“N사”) 제품 문제점이 있다고 농장에서 판단, 임신돈 초기 유산방지를 위해서는 50일(임신) 까지 스톨에 있는게 유리함
- 임신돈 군사급이기 장점으로는 난산 줄어들고 재귀발정율 향상되었고 단점으로는 투쟁 발생이 많아지고, 조기 유산이 많아지고, 지제사고가 많아 졌음
- 또한 관리가 어려워 인력이 0.5명 더 필요함

- 충무농업회사법인

- 축사환경관리기인 팜키피어를 통하여 농장주 핸드폰에 돈사별 온도 상태 알 수 있고, 조치를 할 수 있음 (알림 벨소리 경보음)
- 웬 작동 안되는 상태 알 수 있고, 조치를 할 수 있어 편리함 (15년 여름철에 효율성 많았음)

- 삼송농장

- 사료빈 관리기(아이온텍제품) 9대를 설치하여 운영 중에 있음
- 사료빈의 사료 잔량을 농장주 핸드폰 폰 화면으로 볼 수 있기 때문에 사료빈 9대의 사료량 잔량관리의 효율성이 높아지고 사료회사에 사료 주문 시 품목별, 사료 요청일 등을 미리 예정 할 수 있어서 편리성이 높아짐

- 대덕농장

- 축산ICT 기자재로는 포유모돈자동급이기, 돈선별기 냉난방기 등이 설치 운영되고 있으며 2016년 3월 현재 2016년도분 축산분야 ICT 융복합 확산사업에 추가 신청자로 신청되어 있는 상태임

- 화원중돈

- 포유모돈자동급이기, 돈선별기 도입과 중돈갱신, PRRS질병관리 등으로 2014년도

모든 940두에서 2015년말에는 모든 1,040 두로 증가하였음

- 2016년 4월 현재 돈선별기 등 기자재의 내구성 등에 대한 문제점을 찾을 수 없으며 농장 사양관리 수준 향상으로 월간 평균이유두수도 2013년도 23.9두에서 2014년도 25.8두 2015년도 말에는 평균 27.7두를 넘는 생산 성적을 보이고 있음

- 산수유농장

- 교육 강사겸 농장대표 1명, 직원 1명 등 총 2명으로 운영되고 있으며, ICT 융복합 장비가 일부만 도입되었던 2013년에는 모돈당 연간 이유자돈수는 21.3두, 모돈 당 연간출하두수는 15.9두, 연간 모돈회전율은 2.25이였으나 ICT 융복합 장비를 본격적으로 운영하기 시작한 2014년도 생산 성적에서 모돈 당연간이유자돈수가 26.5두, 모돈당 연간 출하두수가 18.2두, 모돈회전율은 2.44회전으로 각각 15-25% 증가 하였음
- 2015년에는 상시모돈 70.1두, 모돈회전율 2.45, 복당 평균 이유두수 11.7두, 년간 PSY는 29.4두를 달성하였으며 년간 모돈당 출하두수(MSY) 도 25.7두에 도달

- 산수골농장

- 포유모돈급이기 (아이온텍 제품) 8800대 설치 운영중으로 2016년 4월 현재까지 이상 없음
- 기존 자부담으로 돈선별기 44대 운영중 (운영초기 문제가 많아서 업체를 교체했음
 - 기존 P사 선별기는 모두 반납 조치하였음)

- 설천농장

- 운영중인 축산기자재 환경관리컨트롤러 (설천바이오 제품) 120대 설치 운영중이며 현재까지(2016.4월) 이상 없음
- 적외선 지능형 CCTV(설천바이오 제품) 192대 설치 운영중

- 사곡오농장

- 축산기자재 분만사 포유모돈자동급이기 (코카 제품) 120대 운영중, 임신사 군사급이기 (동아지앤이 제품) 6대 운영중, 발정자동체크기 (동아지앤이 제품) 1대 설치 운영 되고 있음(사료허실은 일일 10여kg 이상 줄어들었음)

- 칠백농장

- 분만사 포유모돈자동급이기(아이온텍 제품) 84대 설치 운영중 사료섭취량의 증가, 예전의 포유모돈 두당 하루 4.5kg~6kg에서 7kg대 이상으로 증가됨, 아직까지 여

- 림철 사료통에 남긴사료를 퍼내는일이 있긴 하지만 그 횟수가 줄어들었음
 - 발정재귀일수의 단축, 모돈 이유후 발정 재귀일수의 단축 효과를 아직까지 못 느끼지만 모돈의 발정재귀일령이나 발정상태가 많이 달라짐
 - 모돈사 냉방기 (성진냉열 제품) 3대 설치운영 과거 대비 한여름철 모돈의 사료섭취나 혈떡거림이 덜해진 것으로 판단됨
- 한성농장
 - 돈선별기(아이온텍 제품) 운영이후 출하돈의 1등급 출현율 60.1%에서 69.7%로 약 9.6% 상향됨
- 월계농장
 - 포유모돈자동급이기 72대 설치 운영중이며(아이온텍제품) 2015년 2월 설치하여 2016년 5월까지 제품상 문제점은 없음
 - 분만사 사료허실은 일일 10-20kg 정도 감소하는 것으로 보여지며 발정재귀율이나 분만을 성적변화는 더 두고보아야함
- 금보육중
 - ICT 장비중에서 포유모돈자동급이기(동아지앤이 제품)를 2014년도 가을부터 사용중에 있고 2016년 3월 현재 이상 없이 운영중에 있음
- 한솔축산
 - 제주도 한림에 위치한 농장으로 농림축산식품부 ICT 융복합 확산사업에 따라 컴퓨터액상급이기를 2015년 5월 설치완료하여 2016년5월까지 운영중임
 - 축산ICT 기자재인 컴퓨터액상급이기는 하이스에서 제공한 외국회사(샤우어), 아코편키코리아 제품임. 현재까지 내구성 관련 문제는 없음
- 동일농장
 - 축산 분야 ICT 기자재 비육사 돈선별기 (하나테크 제품- 구 포시테크) 2대 운영중 2016년 5월 방문때까지 2년이상 사용하였으나 문제 없으며 00테크 담당자가 정기적인 사후관리 진행하고 있음. 돈선별기 사용 이후 사료허실은 일일 약 10여kg 이상 줄어들었음
- 비전농장

·축산 ICT 기자재로는 2014년도에 모든군사시스템(하이스 제품)을 설치하여 운영하고 있음, 2016년 3월 현재까지 운영상 문제점은 없으며, 해당업체가 정기적으로 사후관리를 해주고 있음

- 진영축산

·1998년 농장을 인수하여 현재에 이르고 있으며, 인수시기에 농장에 설치된 액상사료급이시스템을 인수 운영하게 되는데 모든 번식구간 액상시스템은 포기하고 육성비육구간의 액상급이시스템 위주로 현재 (2016년 6월) 까지 운영하고 있음

·액상급이시스템이 독일의 빅더치만사 제품이어서 소모품성 일부 자재는 정기적으로 수입하여 큰 무리없이 액상급이시스템을 운영하고 있음, 액상급이시스템과 유청 등 부산물을 활용하여 최근 5년간 비육돈 구간은 사료요구율 2.2 달성하였으며, 농장 수익을 극대화하고 있음

·최근 5년간 모든 7일내 발정재귀율 98% 달성하는 등 축산 ICT 기자재 활용농장의 효용성에서는 호시라고도 볼 수 있음

- 불갑GGP

·2014년도에 포유모돈자동급이기 분만돈사에 설치 운영하고 있음(동아지앤이 제품) 2016년 4월 현재까지 기자재 내구성 및 효용성에 이상없이 사용하고 있음

- 대마GGP

·2014년도에 포유모돈자동급이기 분만돈사에 설치 운영하고 있음(동아지앤이 제품) 2016년 5월 현재까지 기자재 내구성 및 효용성에 이상없이 사용하고 있음

- 농협종돈GP

·2014년도에 축산 ICT 기자재인 포유모돈자동급이기를 분만돈사에 설치 운영하고 있음(동아지앤이 제품)

·2016년 5월 현재까지 자재 내구성 및 효용성에 이상 없이 사용하고 있음, 모돈두수는 2014년 927두에서 2015년말 950두로 2.8 % 증가하였으며, 모돈회전율은 2014년 2.17에서 2015년 2.22로 변화가 있었음

- 삼우축산

·포유모돈자동급이기를 일부 사용하고 있으며 분만사 사료관리에 많은 장점들이 있어서 그 효과를 타농장에도 알려줄 정도의 정보마인드를 농장주가 가지고 있음.

·2016년도에 모든 전 두수에 적용할 예정임

- 우리농장(제주)

- 축산분야ICT 시범농장으로 돈선별기, 포유모돈자동급이기, CCTV 등 2014년 하반기에 설치 운영되고 있는 농장임
- 2016년 5월초 현재 축산ICT용 기자재는 큰 무리없이 운영되고 있었으나 2016년 8월 돈선별기(국산) 제품에 문제가 있다고 판단하고 철거함

- 바른양돈

- 포유모돈자동급이기, 환경관리기, 돈선별기, 지능형 CCTV 등의 시설을 2014-2015년 상반기에 설치하여 운영하고 있는 농장
- 2016년 상반기까지 포유모돈자동급이기, 환경관리기, 돈선별기 등 기자재의 내구성 관련 문제점은 없었음
- 돈선별기를 활용하여 출하두수의 출하체중을 조절하게 되어 출하시 받는 지급율을 상향 조정 받음

- 힘찬 농장

- 축산 분야 ICT 기자재 분만사 포유모돈자동급이기 (코카 제품) 운영중 2016년 5월 방문시에도 기자재 사용상 문제 없음
- 2016년도 농림부 축산분야 ICT 확산사업에 포유모돈자동급이기, 냉난방기 추가사업 신청예정임
- 모돈자동급이기 사용이후 분만사에서 사료허실은 일일평균 10-20여kg 이상 줄어들었음

- 오서 농장

- 축산 분야 ICT 기자재를 본장에 컴퓨터엑상급이기를 (하이스 제품) 운영중
- 2016년 5월 방문시에도 사용상 문제점은 없음
- 2016년도 농림부 축산분야 ICT 확산사업에 육성, 비육구간 컴퓨터엑상급이기 추가사업 신청예정임

- 그린농장

- 축산 분야 ICT 기자재 분만사 냉난방기 (성진냉열 제품) 2대 운영중 2016년 5월 방문시에도 냉난방기 사용상 문제 없음
- 2016년도 농림부 축산분야 ICT 확산사업에 냉난방기 추가사업 요청예정임. 냉난방기 사용이후 분만사에서 사료허실은 일일평균 10여kg 이상 줄어들었다고 함

③ ICT장비 도입효과 및 경제성 총괄적 분석

- 양돈장 시설 규모가 클수록 ICT 축산기자재 사용 제품이 늘어나는 경향을 보임
- ICT 축산기자재를 효율적으로 운영하여 노동력 절감, 사료비 절감 등 생산비를 절감 효과를 본 농장은 타분야의 ICT 축산기자재를 응용하려는 적극성을 나타내었음
- ICT 축산기자재를 운영 사료효율을 높여 수익을 개선한 농장이 ICT 축산기자재에 대한 선호도가 가장 높았음
- 농장주 핸드폰을 통하여 온도, 음수량, 사료량 등 축사환경을 파악하고 조치를 할 수 있다는 점에서 만족도가 높은 농장이 다수였음
- 농림축산식품부의 ICT 융복합 확산사업을 더 확대해 달라는 농가가 많았음
- 일부 농장의 경우 ICT 기자재의 효용성 문제를 제기하고 자체 검증을 시도한 경우도 있었음(예- 포유모돈자동급이기의 1회 토출 사료중량(예 200g/회) 을 실지로 중량 검증 시도함)
- 일부 농장의 경우 ICT 축산기자재 자체의 설명 부족(설명서 내용 부재 및 미흡 등), 사후 서비스 미흡 또는 부재 등의 문제점을 제기하였음
- 축산 분야 ICT 기자재의 금액이 높을수록 품질 검증 요구가 높았으며, 노동력 절감 및 생산성 향상에 대한 구체적인 자료를 요구하고 있음
- ICT 융복합 확산사업 기자재마다 제조업체별로 센서 규격, 통신 방법, 통신 모듈 등의 차이로 호환성이 떨어지는 단점이 지적 되었음
- 복합장비의 경우 내구성 및 효용성 검증이 미비한 제품도 시장에 출시되고 있고 검증관련 사업이 부재하다고 농장에서도 문제제기 함
- 모돈자동급이기의 경우 조작판넬이 방수기능이 약하다는 의견이 많이 나왔습. 아울러 모터불량으로 사료량이 정량급이가 않된다는 의견도 있었습
- 사료빈관리기의 경우 피뢰침 및 썬지 장착에도 불구하고 낙뢰사고가 생겨서 컴퓨터, FAX, CCTV 가 한꺼번에 고장이 난 곳도 있음
- 사료빈관리기 설치시에는 사료빈이 가급적 한 구역에 모여 있어야 함. 멀리 떨어져 있는 경우 통신이상 가능성도 많고 쥐 등의 설치류에 의한 피해가 있을 수 있음
- 환경관리기의 경우 온도센서가 습기에 노출된 경우 오작동을 하는 경우가 발생하여 돼지에 피해를 준 적도 있음

- 환경관리기의 경우 돈방비우고 수세기 경보기 해제, 설정온도 낮춤의 조작을 거치고 수세가 끝나면 다시 역순의 조작을 거쳐야 하는데 단순하게 조작되는 수세모드 버튼을 만들어 달라는 요구도 있음
- 지능형 CCTV에 온도감지 및 단전경보기능이 추가되면 좋겠다는 의견도 있었음

다. 연구결과

(1) IT 융합 확산사업의 활성화 방안

- 본 연구에서는 축산분야 ICT 기자재를 사용하고 있는 농가들을 방문조사하여 ICT 축산기자재 사용상의 애로사항, 기자재의 내구성, 효용성에 대한 문제점 등을 청취하고 조사하였음. 농가조사와 더불어 ICT 축산기자재 생산 업체 관계자, ICT 확산사업 참여 컨설턴트들의 의견을 수렴하여 진행하였음
- 농가방문 조사를 통해, ICT 축산기자재 적용을 통한 축산사양관리, 환경관리, 품질관리 등의 영농작업의 현대화 또는 영농작업의 고도화를 이룰 수 있음이 확인되었으며, ICT 축산기자재에 대한 기본적인 단체표준 등의 규격화, 표준화 수립과 검증체계 구축이 기자재 적용 농장들의 서비스 불만 및 사후관리 부실 위험을 줄이고 ICT 장비 생산 업체에게는 초기 과다 투자비용을 경감시키고, ICT 장비의 제품 품질 향상을 추구할 수 있을 것으로 파악됨
- 따라서 축산분야 ICT 기자재 검인증사업이 절실하며, ICT 축산기자재 테스트 및 인증은 기업의 품질 향상, 소비자 보호, 정부의 정책 목적 달성, 국제무역의 활성화 등 다양한 역할을 수행하고, 단체표준을 통해, 시험인증제도의 신뢰성 제고와 함께 서비스산업으로 육성해야 하는 양면적 역할 수행이 가능해야 함
- 본 용역을 통해, 축산분야 ICT 장비에 대한 애로사항을 정리할수 있었으며, 축산분야 ICT 기자재의 농가 적용사례를 구체적으로 알 수 있었음
- 축산분야 ICT 기자재에 대한 신뢰성 확보가 필요함을 조사결과 알 수 있었음
- 축산분야 ICT 기자재에 대한 검증 주체가 조속히 구성되어 ICT 기자재 단위별 장비 인증기준을 만들고 검증된 제품이 시장에 나올 수 있도록 하여야 함을 알게 되었음
- 축산분야는 농진청 산하 축산과학원을 중심으로 한 축산표준개발협력기관(가칭)을 축산업계의 총의를 모아 구성하고 운영하여 ICT 융복합 축산분야 단체표준, 설치규격 및 서비스 범위 등의 신규 제정이 필요함
- 축산 ICT 표준개발협력기관은 축산과학원 전문가, 관련 대학교수, 관련 협회 관계자, 생산자단체 대표, ICT 기자재 사용 농장 대표, ICT 기자재 생산업체 대표 등

이 포함되어 운영합이 바람직 함

(2) 양돈농가 ICT 기술 현장 적용 방안

(가) 장비 도입시 돈사의 개조공사가 항상 수반됨을 인식

- 축사가 열악하면 장비 수명도 짧아지므로 축사를 먼저 고쳐야 할 상황이 발생
- 포유돈 급이기의 경우 사료라인 보완, 밥통 및 니플 교체, 별도 전기시설이 필요
- 군사방식의 경우 기존 스톨 철거 및 칸막이 재구성이 필요
- 출하선별기의 경우 기존 칸의 철거와 칸막이 재구성이 필요

(나) 컴퓨터 프로그램과 스마트폰 활용

- 모든 IT융합장비는 컴퓨터와 스마트폰에 연결되어 있음
- 관계컴퓨터에 모돈번호 등록, 전자태그(RFID)번호 등록이 필수
- 양돈생산관리 프로그램 사용농가는 모든 장비를 연결할 수 있음
- 매일 전산을 통해 모돈 및 농장상황을 모니터링해야 함
- 사료섭취, 환경자료, 번식성적을 종합적으로 분석하여 내 농장 생산성 개선에 기여

(다) 장비 고장에 대비

- 실제로 사료가 안나왔는데 모터 고장 등의 사유로 사료를 주었다고 잘못된 데이터가 올라올 수 있음
- 전자태그 탈락률 5%로 다시 태그를 장착해야 함
- 군사급이기의 경우 장비고장을 대비하여 예비용 밥통을 반드시 설치해야 함
- 장비는 가능한 농장에서 직접 수리가 가능한 제품이거나 예비부품 확보 필수

(라) 역효과가 일어나지 않도록 장비를 잘 활용

- 매일 사료섭취에 대한 모니터링을 하지 않으면 모돈이 상할 수 있음
- 임신돈 군사급이기와 출하돈 돈선별기는 적용하지 못하는 돼지에 대한 관리가 필수임

(마) 내 농장 관리자가 시스템을 잘 활용할 수 있을지 판단 후 도입

- 농장주의 의지와 관리자(직원, 가족)가 변화되는 업무에 적응할 수 있을지 판단
- 기존방식의 고집, 변화된 방식으로 관리하지 않는 문제
- 문제가 발생할 경우 모두 장비탓으로 돌림
- 외국인의 경우 교육을 어떻게 시킬 것인지 고민

1-3 년차 종합연구결과에 대한 총결론

1. 대체원료를 이용한 저가 양돈 사료배합비 개발

○ 대체원료 4종인 야자박 25%, 채종박 12%, 팥박 16%, 밀 60%의 활용으로 기존의 사료원료들과 대등한 성적을 나타냈으며, 이러한 대체원료를 사용한 저가 사료배합비의 개발로 사료제조원가의 15% 이상을 절감하였다. 신규원료 3종인 캐슈넛 15%, 캐슈넛피 6%, 라이신부산물 2.8%의 연구결과를 바탕으로 저가 신규원료 사료배합비를 개발할 수 있었으며, 이를 통해 사료제조원가를 10% 이상을 절감할 수 있었다. 국내에서 생산되는 원료는 제한적인 생산량과 원료가격이 맞지 않아 부득이하게 해외에서 수입되는 대체원료 및 신규원료들에 대한 연구가 진행되었으나 라이신부산물은 국내에서 생산되는 원료인 만큼, 추가적인 국내 대체원료 탐색 및 개발연구를 하고자 합니다.

2. 자돈의 폐사율 감소를 위한 사양시스템 개발

○ 거세 3일령 확립 및 반층돈사를 이용한 추가 자돈 10두 사육면적 확보, 보리를 이용한 영양사료학적 설사방지기술개발, 적정 이유일령 검증 등을 통한 자돈의 폐사율 감소 및 건강성 기술의 개발로, 자돈이 받는 스트레스 및 설사를 감소시키고, 자돈의 건강성을 향상시켜 폐사율을 10% 이상 감소시키는 사양관리 기술을 개발하였다.

3. 양돈생산성 향상을 위한 사양관리 시스템 개발

○ 돈군이동시기, 이유후 돈군이동지연, 모돈-자돈-비육돈 연계사양시스템의 개발 및 현장실증연구를 통하여 돼지의 폐사율 감소 및 건강성 증진, 돼지의 출하일령은 단축되면서 농가의 경제적 이익은 향상시킬 수 있는 양돈생산성 향상 사양관리 시스템을 개발하였다.

4. 자돈의 생산성과 관련된 후생학적 유전체 profile 개발

○ 자돈의 생산성 저하를 극복하기 위해 본 연구의 후성유전체 결과를 적용하여, 우수한 자돈을 선발함으로써 농가의 경제성을 향상시킬 것으로 예상되며, 기존의 돼지사양연구와 시너지 효과를 내며 돼지 사양관련 고품질의 후성유전체 reference map을 확보하였으며, 국내 환경을 고려한 돼지 고급 사육 및 육종 기술확보로 축산경쟁력을 제고하였다.

5. IT 기반 양돈 사양관리 시스템 개발

○ 국내 양돈장에 IT융합 장비 구축을 통하여 데이터를 수집하고, 원격감시 표준 플랫폼 및 스마트 폰, 인터넷 웹을 활용한 원격감시 프로그램을 구축하였다. 이러한 연구결과를 기반으로 실제 양돈농가에서 현장실증시험을 통해, ICT smart farm system구축을 위한 사업화 방안을 마련하였다.

6. 총결론

본 연구과제로 수행된 사료비 절감 사료배합비 개발 및 생산성 향상 사양관리시스템을 IT기반 양돈사양관리 시스템에 적용하고, 후성유전체 마커를 통한 우수한 종돈의 선발기술을 도입한다면, 우리나라 양돈농가의 생산성 및 경제성이 향상되고 나아가 FTA시대에 국제적인 양돈경쟁력을 제고할 수 있을 것이다.

<연구개발성과>

기술실시

기술명	실시기관	기술시시일	실지구분	기술유형
경제사료 배합비	부경양돈협동조합	2013.08.01.	자체실시	노하우

사업화

사업화명	제품명	업체명	사업화형태	고용창출인원	당해년도매출액
경제사료 배합비 개발 및 보급	경제사료	부경양돈협동조합	기술보유자의 직접 사업화_기존업체-상품화	1	3,500,000,000
경제사료 배합비 개발 및 보급	경제사료	부경양돈협동조합	기술보유자의 직접 사업화_기존업체-상품화	0	833,000,000

교육 및 컨설팅

교육 및 컨설팅명	교육 및 컨설팅 교재명	주요내용	활용년도
효율적인 양돈장 경영	Zoetis 특강	1. 임신모돈의 사양 2. 경제사료의 필요성 3. 대표적인 경제사료 이용하는 농장의 예	2014
양돈산업의 경쟁력향상을 위한 대체원료사료의 이용	15회 영양사료단기과정	1. 사료비 절감을 위한 대체 원료의 사용 2. 성장단계별 사료 급여의 적용 3. 적절한 수준의 단백질 공급 4. 이유 자돈사료 내 유제품 사용량 조절 5. 적절한 수준의 비타민 및 광물질 공급	2014
바른양돈 ICT 융복합 스마트팜 교육	바른양돈 ICT 융복합 스마트팜 교육	ICT기술적용 현황. 스마트폰을 활용한 모돈 관리, 자동급이기 활용, 임신돈 군사급이기 활용, 환경관제 장비활용, 출하돈 실별기 활용	2015
양돈산업의 경쟁력 향상방안- 경제사료의 이용	양돈산업의 경쟁력 향상방안- 경제사료의 이용	1. 임신모돈의 사양 2. 경제사료의 필요성 3. 외국의 양돈과 한국의 양돈의 비교	2015
농산업의 창업	서울대학교 벤처경영학 특강	국내 축산업의 현황 국내 양돈산업의 특징 양돈장 창업을 위한 준비	2015
축산현장 인력현황과 후계자 육성방안	농협중앙회 심포지엄 특강	1. 국내 축산업 현황 2. 축산현장 인력현황 3. 후계자 육성방안 4. 국내,외 축산현장	2016

Preference of ingredients in swine feed	17회 영양사료단기과정	1. 기호성에 영향을 미치는 요인 2. 돼지의 사료에 대한 기호성 3. 원료사료의 기호성을 증진시킬 수 있는 방안	2016
양돈사료내 MSG와 바이오프로탐의 첨가효과	양돈사료내 MSG와 바이오프로탐의 첨가효과	1. 합성 아미노산 시장의 현황 2. MSG 첨가 효과 규명을 위한 실험 내용 3. LCM 첨가 효과 규명을 위한 실험 내용	2016

인력양성

인력양성명	학위수	인력양성년도	인력양성대상수
박사학위 취득	박사: 1	2014	1
석사학위 취득	석사: 1	2015	1
석사학위 취득	석사: 1	2016	1

논문/특허

번호	구분 (논문/ 특허/ 기타)	논문명/특허명/기타	소속 기관명	역할	논문게재지/ 특허등록국가	Impact Factor	논문게재일 /특허등록일	사사여부 (단독사사 또는 중복사사)	특기사항 (SCI여부/인 용횟수 등)
1	논문	Genome-wide DNA methylation profiles of small intestine and liver in fast-growing and slow-growing weaning piglets	서울대, 조앤김지노믹스	교신	Asian-Australian Journal of Animal Sciences	0.756	2014.11.01	단독	SCI
2	논문	Association study of candidate genes revealed two commonly associated SNPs for growth traits in the Korean pig population	조앤김지노믹스	교신	South African Journal of Animal Science				논문제출중 SCI
3	논문	돈군의 이동시기 조절이 육성비육돈에 미치는 영향	서울대학교	주저자	동물자원연구				비SCI
4	특허	반층 돈방을 포함하는 돈사 구조물	서울대학교		대한민국		2014.07.09		
5	특허	돈사 흡수 공급 상태 체크 방법 및 이를 이용한 돈사 흡수 상태 체크 시스템	(주)이지팜		대한민국		2015.12.07		
6	저작권	양돈 정보통신기술(ICT) 통합관제 시스템	(주)이지팜		대한민국		2014.05.11		

논문/특허 (예정)

번호	구분 (논문/ 특허/ 기타)	논문명/특허명/기타	소속 기관명	역할	논문게재지/ 특허등록국가	Impact Factor	논문게재일 /특허등록일	사사여부 (단독사사 또는 중복사사)	특기사항 (SCI여부/인 용횟수 등)
1	논문	Effects of wheat supplementation levels on growth performance, blood profiles, nutrient digestibility, and pork quality in growing-finishing pigs	서울대학교	교신	Asian-Australian Journal of Animal Science	0.756		단독	SCI(심사중)
2	논문	Effect of rapeseed meal supplementation to gestation diet on reproductive performance, blood profiles and milk composition of sows	서울대학교	교신	Asian-Australian Journal of Animal Science	0.756		단독	SCI(심사중)
3	논문	Effect of sex and castration with different ages on preweaning growth performance in pigs	서울대학교	교신	The Journal of Animal and Plant Science	0.4		단독	SCI(심사중)
4	논문	이유 후 자돈사로 이동하기 전 분만사에서 30일간의 자돈의 성장성적, 혈액 성분, 설사빈도에 미치는 영향	서울대학교	교신	농업생명과학연구			단독	비SCI(심사중)
5	논문	사육면적 증가를 위한 반층돈사의 활용이 이유자돈의 성장 및 스트레스에 미치는 영향	서울대학교	교신	한국축산시설학회			단독	비SCI(심사중)
6	논문	Association study of candidate genes revealed two commonly associated SNPs for growth traits in the Korean pig population	(주)조앤김지노믹스	교신	South African Journal of Animal Science	0.74		단독	SCI(심사중)
7	논문	Characterizing growth related genes in pigs using epigenomics profiles	(주)조앤김지노믹스	교신	Asian-Australian Journal of Animal Science	0.756		단독	SCI(심사중)

학술발표

발표자	발표제목	발표일시	장소/국명
정우림	Effects of semi-floor pen on growth performance and blood profiles in weaning pigs	2014.06.27	홍천군 대명비발 디파크
최현봉	Effect of rapeseed meal supplementation to gestation diets on	2014.06.27	홍천군 대명비발

	reproductive performance, blood profiles and milk composition in sows		디파크
최현봉	Effect of Rapeseed Meal Supplementation on Physiological Responses and Reproductive Performance in Sows	2014.1112	인도네시아 자카르타
홍진수	Effect of rapeseed meal supplementation on physiological responses and reproductivity in sows	2015.09.02	폴란드 바르샤바
정우림	Effects of Cashew nut Supplementation on Growth Performance, Blood Profiles and Pork Quality in Growing-Finishing Pig	2015.0826	건국대 동물생명과학관
김현진	Effects of Various Levels of Copra Meal Supplementation with β -mannanase on Growth Performance, Blood Profile, Pork Quality, Nutrient Digestibility an	2015.08.26	건국대 동물생명과학관
유한빛	Effect of Different Pig Flows on Growth Performance, Pork Quality and Stress Hormones in Growing-finishing Pigs	2015.08.26	건국대 동물생명과학관
유한빛	Effects of Dietary Palm Kernel Meal with β -mannanase on Growth Performance, Blood Profile, Pork Quality and Economic Analysis in Growing-finishing Pig	2016.0609	Royal Dublin Society/Ireland
한태희	Effects of Wheat Supplementation Level on Growth Performance, Blood Profiles, Pork Quality and Economic Analysis in Growing-finishing Pigs	2016.0609	Royal Dublin Society/Ireland
정우림	Development of nutritional levels for prevention of diarrhea in weaning pigs	2016.06.24	서울대학교 글로 벌컨벤션플라자
방립호	임신 모돈 사료 내 캐슈넛피 수준별 첨가효과 연구	2016.06.24	서울대학교 글로 벌컨벤션플라자
장재철	Effects of Dietary Cashew Nut Testa Levels as Alternatives of Wheat Bran in Gestating Sow	2016.08.25	Kyushu sangyo university/Japan

4. 목표달성도 및 관련분야 기여도

코드번호	D-06
<p>4-1. 목표달성도</p> <p>○ 사료비 절감을 위한 사료배합비 개발 및 자돈의 폐사율 감소를 위한 사양시스템 개발</p> <ul style="list-style-type: none"> - 1차년도 제1세부과제는 첫 번째로 대체원료를 이용한 저가 양돈 사료 배합비를 개발하고 효과를 검증하기 위해 자돈사료 내 유제품 대체 밀, 보리, 귀리 첨가가 자돈의 성장성에 미치는 영향에 대해 분석하였고, 대체원료(야자박)의 급여 수준이 육성 비육돈의 성장 및 도체특성에 미치는 영향에 대해서 분석을 진행하였다. 그리고 임신돈 사료 내 대체원료(채종박)의 수준별 첨가가 임신돈의 번식성적에 미치는 영향에 대해서 분석하였다. 또한 신규 대체원료(캐슈넛피) 탐색 및 사료배합비를 개발하기 위한 실험을 진행하였다. 둘째로, 자돈의 폐사율 감소를 위한 자돈 생시처치 기술 검증 및 사양 시스템을 개발하기 위해 생시자돈의 거세시기가 자돈의 성장에 미치는 영향에 대해 분석하였으며, 사육면적 증가를 위한 반층 돈사의 활용이 자돈의 성장 및 스트레스에 미치는 영향에 대해서 분석을 진행하였다. 마지막으로 양돈 생산성 향상을 위한 돈군 사양관리 시스템 개발을 위해 돈군이동시기 조절을 통한 생산비 절감 사양시스템 개발을 위한 실험을 진행하였다. - 2차년도 제1세부과제에서는 대체원료인 팜박과 밀의 급여 수준이 육성 비육돈의 성장 및 도체 특성에 미치는 영향에 대해서 분석하고, 사료 내 대체원료(채종박)의 첨가수준이 임신돈의 영양소 소화율에 미치는 영향에 대해서 분석을 진행하였다. 또한 자돈의 폐사율 감소를 위한 설사방지기술 개발 및 사양시스템 검증을 위해 보리의 첨가수준에 대한 검증 실험이 진행되었고, 자돈의 건강성 증진을 위한 적정 이유일령에 대한 검증실험이 진행되었다. 또한 이유 후 돈군이동 지연이 자돈의 성장 및 건강성에 미치는 영향에 대해서 분석을 진행하였다. - 3차년도 제1세부과제에서는 1차, 2차년도에 연구한 대체원료 배합비 중 연구결과가 우수하고 현장적용 가능성이 높은 것을 선정하여 일반농가 대상 현장실증 연구를 진행하였다. 이와 더불어 자돈의 폐사율 감소를 위한 사양시스템 중 현장적용 가능성 및 파급효과가 우수한 것을 선정하여 일반농가대상 현장실증연구를 진행하였다. 또한 생산비 절감, 생산성 향상을 목표로 한 돈군관리 시스템의 일반농가 대상 현장실증연구도 진행하였다. <p>○ 제1협동과제</p> <ul style="list-style-type: none"> - 1차년도 제1협동과제에서는 돼지의 생산성(이유시 체중) 관련한 후성유전체(DNA methylation) 연구 기반을 구축하기 위해 DNA library를 구축하였고, 후성유전체 분석을 위한 파이프라인을 설정하였고, 후성유전체 결과 분석을 위한 생물정보학적 기반을 확립하는데 초점을 맞춰 진행하였다. - 2차년도 제1협동과제에서는 NGS기법을 적용한 돼지 생산성 관련(이유시 체중)한 후성유전체(DNA methylation) 정보 생산과 생물정보 분석을 위해 메틸화된 DNA 염기서열을 확인하였고, 유의적인 메틸화된 region을 확인하였다. 또한 집단의 기초적 유전모수를 추정하고 이유시 체중과 후성유전체 변이 정보와의 통계적 분석을 통해 형질변화와 관련 있는 변이를 확보하였다. 	

- 3차년도 제1협동과제에서는 돼지의 생산성 관련 프로파일링 개발을 마무리하고 후성유전체를 이용한 돼지 생산성 관련 마커를 확인하고 검증하였다.

○ 제2협동과제

- 1차년도 제2협동과제에서는 돈사환경관리를 위한 온도, 습도, 암모니아, 화재, 정전 등을 원격에서 감시할 수 있는 IT융합 장비를 개발하고 농장에 설치하였다. 농장의 돈사 내 외부를 원격 감시할 수 있는 IT융합 장비 네트워크CCTV를 설치하였고, 비육사에 원격 감시할 수 있는 IT융합 장비 육돈 선별기 1대를 설치하였다. 또한 해당 장비들과 양방향 통신이 가능한 인프라를 설치하여 데이터 수집 및 원격 감시를 위한 통신 인프라를 구축하였다.

- 2차년도 제2협동과제에서는 분만사에 원격 감시할 수 있는 IT융합 장비 분만돈 자동급이기 14대를 설치하였으며 IT융합 장비와 원격에서 감시할 수 있는 표준 플랫폼 설계 및 프로그램을 설계하여, 스마트폰 및 인터넷 웹 등을 활용하여 원격 감시 프로그램을 구현하였다.

- 3차년도 제2협동과제에서는 양돈장의 열악한 환경에서 IT융합장비의 내구성을 평가하고, 양돈장에 설치된 IT융합장비의 생산성 향상, 생산비 절감 및 안전성 등 실제 양돈장에서의 활용도를 평가하였다. 농장에 설치된 IT융합장비의 내구성 및 효용성 평가를 토대로 한 사업화 방안을 마련하고자 하였다.

4-2. 관련분야 기여도

○ 원료사료 대체 가능성을 가지고 있는 야자박을 mannanase와 함께 육성-비육돈 사료에 급여하여 사양 성적과 영양소 소화율, 육질 분석 등을 실시하여 분석한 결과 체중과 일당 증체량에서 사료 내 야자박의 수준별 첨가에 따른 통계적인 유의 차이는 나타나지 않았다. 하지만, 비육말기 사료 내 야자박의 함량이 증가할수록 일당증체량이 감소하는 경향을 보였으며 (linear, $P=0.06$), 일당 사료 섭취량에서는 비육 말기에 야자박의 첨가수준이 증가함에 따라 사료 섭취량이 감소하였다 (linear, $P<0.05$). 사료 효율에서는 육성 전기 사료 내 야자박의 함량이 증가할수록 사료 효율이 유의적으로 향상되는 결과를 보였으며 (linear, $P<0.01$), 비육 전기에서는 이와 반대로 사료 내 야자박의 함량이 증가할수록 사료 효율이 감소하였다 (linear, $P<0.02$). 그 외 혈액성상과 돈육품질 분석결과에서는 25%까지 첨가하여도 부정적인 효과가 없었다. 이를 통해 야자박의 대체원료로서의 가능성을 검증할 수 있었다.

○ 채종박의 경우 높은 단백질 함량 및 우수한 아미노산 조성에도 불구하고 국내의 경우 임신돈 사료 내 채종박의 급여 수준을 최대 3 % 내외로 제한을 두고 있다. 이는 지속적인 품종 개량을 통해 1980년대 평균 glucosinolaes의 함량은 210 $\mu\text{mol/g}$ 이었으나 2010년 현재 이보다 3배 정도 낮은 70 $\mu\text{mol/g}$ 의 glucosinolaes를 함유 하고 (Tripathi와 Mishra, 2007)있음에도 불구하고 여전히 1980년대의 높은 수준의 glucosinolates 함량에 기준을 두어 그 사용량에 제한을 두고 있기 때문에 채종박의 적정 급여 수준을 재 규명해야 될

필요성이 절실하였다. 실험결과를 토대로 보았을 때 채종박을 임신돈 사료에 12 %까지 사용 하여도 모돈의 번식성적에는 부정적인 영향을 미치지 않았지만 110일령 임신돈의 혈청 내 T3 및 T4의 농도 변화에 있어 채종박의 급여 수준에 따른 유의적인 차이를 보였으므로 모돈의 산차와 갑상선 호르몬의 농도를 증가시키는 잠재적 요인에 대한 추가적인 실험이 필요하다고 사료된다.

- 포유자돈의 성장성적과 관련하여, Kielly 등, (1999) 3일령의 거세가 성장성적이 낮게 나타났다고 보고되었으며, McGlone 등, (1993)의 연구에서는 1일령의 거세보다 14일령의 거세보다 성장 성적이 낮게 나타났으며, 거세일령의 증가는 거세에 따른 성장에 부정적인 영향을 감소시킨다는 것을 의미하고 있다. 그러나 포유자돈 거세시기 일령 증가는 어린 시기보다 스트레스가 가중된다고 보고되었으며, 농가에서 일반적으로 적용되고 있는 거세일령에 따른 성장성적 연구는 조사될 필요가 있는 상황이었다. 따라서 우리나라 양돈농가에서 일반적으로 사용되고 있는 거세시기가 성장성적 및 스트레스에 어떠한 영향을 미치는지 알아보고 자돈의 건강성 증진을 위한 적정 거세일령을 제시하고자 실험을 수행하였다. 실험결과로 보았을 때 포유자돈의 거세일령이 빠를수록 포유기 동안 성장 성적이 감소되고 혈액 내 cortisol 호르몬이 증가되는 것으로 나타났다. 이러한 결과를 미루어 포유자돈의 거세는 분만 후 7일령 이후에 실시하는 것이 포유자돈의 성장과 스트레스를 감안할 때 가장 이상적인 거세시기인 것으로 사료된다.
- 반층 돈사의 활용이 이유자돈의 성장성적과 스트레스에 미치는 영향을 알아보기 위해 수행되었다. 실험에 사용된 반층 돈사는 강화플라스틱과 철근을 이용해 제작되었으며, 이로 인해 돈사의 33 %, 약 3.0 m²의 사육면적이 증가되었다. 사육밀도는 우리나라 이유자돈 복지규격에 적절한 0.30 m²/두 (농림부, 2013)에 맞게 설계되었다. 사양실험 결과, 실험 전 기간 동안 (5주) 체중에 있어서 처리구 간에 통계적인 유의차가 나타나지 않았다. 또한 일당증체량에 있어서도 모든 구간에서 유의차가 발견되지 않았다. 동일한 현장 내에서 반층 돈사는 추가적인 사육두수가 가능하며, 성장에 긍정적인 영향을 미치는 것으로 사료된다.
- 원료사료 대체 가능성을 가지고 있는 캐슈넛을 육성·비육돈 사료에 급여하여 사양 성적과 혈액 분석, 육질 분석 등을 바탕으로 적정 대체 수준을 규명하기 위해 수행되었다. 실험결과 육성기·비육전기 사료 내 캐슈넛을 10% 까지 첨가하여도 육성·비육전기의 성장률과 사료섭취량, 사료효율에 부정적인 영향을 미치지 않을 것으로 사료된다.
- 돈군이동시기의 조절이 육성·비육돈에 미치는 영향을 조사하고 이를 통해 농가의 수익성을 향상시킬 수 있는 사양시스템 개발을 목적으로 돈군이동시기 실험을 진행하였다. 사양 실험 결과, 돈군이동을 하지 않고 1 site에서 사육된 돼지들의 육성기 성장률이 더 높지만, 비육기 종료 시에는 2 site 처리구와 대등한 성장성적을 가지는 것으로 나타났지만, 혈중 cortisol 농도를 측정한 결과 6주차 2 site 처리구의 혈중 cortisol 농도가 유의적으로 높은 것으로 보아 돈군 이동 시 스트레스를 받는 것으로 나타났다. 결론적으로, 1-site 사육이 육성·비육돈이 받는 스트레스를 감소시키며 성장률을 향상시킴으로써 출하일령이 단축되고 더 높은 수익을 창출할 수 있는 사양시스템인 것으로 사료된다.
- 국내 양돈장에 적합한 IT융합 장비 설치 및 구축을 위한 연구를 농장 1곳을 선택하여 수행하였다. 농장 설치결과, 주 제어 장치의 설치로 온도 및 습도의 자동 조절이 가능할 것으로 기대되며 암모니아 센서의 설치로 돈사 내 암모니아 농도를 지속적으로 감시가 가능

하여 암모니아 농도가 한계치를 초과할 경우 돈사 관리인에게 자동으로 경고를 할 수 있는 것으로 나타났다. 또한 CCTV를 돈사 곳곳에 설치함으로써 관리인이 돈사를 일정 시간 비울지라도 인터넷 웹 혹은 스마트폰 앱을 이용해 외부에서 돈사 내 상황을 지속적으로 모니터링할 수 있어, 화재 등으로 인한 피해를 방지하거나 그 피해를 최소화할 수 있다. 마지막으로 육돈 선별기를 통해 육성 비육돈들의 상태를 지속적으로 확인할 수 있으며, 육돈 선별기를 통해 출하시기에 임박한 비육돈을 선별하기 용이해 지고 선발이 더욱 정확해 지며 자동식이기 때문에 훨씬 편리해 노동력 절감효과가 있다. 결과적으로 양돈장에 IT 융합 장비를 사용함으로써 농장의 사육 환경을 간편하게 조절할 수 있으며, 농장의 상황을 손쉽게 통제하고 확인할 수 있는 시스템 구축이 가능한 것으로 나타났다. 또한 비육돈사에 출하돈 선별관리 시스템의 적용은 출하돈의 육량과 등급을 더욱 정확히 예측할 수 있고 이로 인한 노동력 및 노동비를 절감할 수 있는 것으로 사료된다.

- 팜박(palm kernel meal, PKM)은 양돈사료에서 대체원료로써 유용하게 사용되고 있는 원료 중 하나로 높은 이용성과, 적절한 영양소 함량, 합리적인 가격, 많은 생산량이 팜박원료의 장점으로 손꼽힌다 (Onifade 와 Babatunde, 1998; Perez 등., 2000; Sundu 등., 2006; Sumathi 등., 2008). 원료사료로써 팜박은 돼지, 닭, 토끼 등과 같은 단위동물에 대하여 많은 연구들이 이루어져 왔다 (Onifade 와 Babatunde, 1998; Perez 등., 2000; Okoye 등., 2006; Fatufe 등., 2007). 그러나 팜박을 양돈사료에 사용하는데 어느 정도 제한사항이 있는데, 그것은 옥수수 및 대두박에 비해 낮은 기호성과 높은 섬유소함량 그리고 몇몇 항영양인자를 함유하고 있는 것이다 (Sundu 와 Dingle, 2003; Jang, 2012). 특히 팜박 내에는 존재하는 NSP인자인 만난(mannan)은 장내에서 glucose의 흡수를 저해하는 것으로 알려져 있으며 (Rainbird, 1984), 이에 따라 IGF 및 인슐린분비와 같은 탄수화물 대사에 장애를 일으키는 것으로 알려져 있다 (Nune 과 Malmlof, 1992). 본 연구에서는 β -만나네이즈를 첨가하였을 때 기존의 연구들보다 더 높은 수준의 팜박을 사용할 수 있는지에 대한 가능성을 평가하여 보기 위해 수행되었다. 실험결과를 토대로 보았을 때 육성비육돈 사료 내 팜박을 β -mannanase와 함께 16%까지 첨가하여도 육성비육돈의 성장에 부정적인 영향을 미치지 않으며, 오히려 돈육의 품질을 향상시키고 사료비용을 절감할 수 있는 것으로 사료된다.
- 임신기의 양돈 사료에서 기존의 단백질 공급원인 대두박을 채종박으로 대체하였을 때 모돈의 체형, 혈액 성분, 영양소 소화율 등에 부정적인 영향을 미치지 않고 어느 정도 수준까지 사용이 가능한가를 규명하기 위해 실험이 진행되었다. 채종박을 이용하여 대두박을 대체할 경우 9 %까지 임신돈의 체형에 영향을 미치지 않는 것으로 나타났으며, 임신돈의 혈액성상에도 부정적인 영향을 미치지 않는 것으로 나타났다. 영양소 소화율의 경우 채종박의 첨가수준이 9%일 경우 회분과 지방에서의 소화율이 낮아지지만, 체형 및 혈액 성분 결과와 비교해 볼 때 임신돈 사료 내 채종박을 9 %까지 첨가하는 것은 임신돈에 부정적인 결과를 가져온다고 단정할 수 없다. 따라서 대두박 대체목적으로 육성·비육돈 사료 내 채종박을 9 % 까지 첨가하여도 임신돈의 체형, 혈액성상 및 영양소 소화율에 부정적인 영향을 미치지 않을 것으로 사료된다.
- 이유자돈의 사료에 있어 고가의 유제품 사용을 줄이고, 저가의 보리를 수준별로 첨가하여, 유제품, 옥수수, 대두박을 부분적으로 대체하여, 이유자돈 생산비의 저감 방법을 모색

하고자 연구를 진행하였다. 보리를 초기부터 30% 급여한 Barley 30 처리구의 경우, 비록 Phase I에서 가장 낮은 성장성적을 나타내었지만, 다른 처리구들 보다 유의적으로 설사빈도가 낮아 상대적으로 장 건강과 소화 작용에 긍정적인 영향을 준 것으로 판단되며, 특히 Phase II와 Phase III에서 그러한 긍정적인 효과가 지속되면서 성장성적에서 유제품을 사용한 처리구들에 비해 성장 성적에 있어서 어떠한 부정적인 차이도 나타나지 않았다.

- 이유 일령에 따른 모돈의 성장성적과 자돈의 성장성적, 그리고 자돈의 혈액 성분과 면역성상 등을 알아보고, 적절한 이유 일령을 규명하고자 수행되었다. 실험은 21일령, 25일령, 28일령, 31일령 총 4개 처리구로 진행되었다. 모돈의 이유시 등지방 두께가 이유일령이 증가함에 따라 감소하고, 자돈의 이유 체중이 이유일령이 증가함에 따라 함께 증가하는 것으로 나타났다. 하지만 이유시 낮은 등지방 두께는 다음 산차의 분만성적에 악영향을 끼칠 수 있고, 25일령 처리구에서 폐사율이 높은 점을 미루어 보았을 때, 28일령에 이유하는 것이 가장 적합할 것으로 사료된다.
- 임신모돈 사료 내 wheat bran 대체제로 캐슈넛 피의 수준별 첨가가 모돈의 체형변화, 번식성적, 포유성적, 돈유 성분 및 모돈 혈액 성분에 미치는 영향을 조사하여 임신모돈 사료 내 wheat bran 대체제로 캐슈넛피 적용 가능 수준을 규명하기 위해 수행되었다. 임신모돈 사료 내 wheat bran 대체제로 캐슈넛 피를 4%까지 첨가하였을 때 모돈과 포유자돈의 번식성적, 포유성적, 유성분 및 모돈 혈액 성분에서 가장 좋은 결과를 나타낸 것으로 사료된다. 따라서 임신 모돈 사료 내 wheat bran을 대체하기 위해서 캐슈넛 피를 사용할 시 4%까지 사용하는 것이 가장 좋은 것으로 사료된다.
- 자돈의 생산성과 관련된 후생학적 유전체 프로파일 개발을 위해 차세대염기서열 분석과 Methylation Enrichment sequencing 통해 최초로 포유 자돈의 생산성과 관련된 후성 유전체 Profile 확보 및 관련 유전자 기능 분석을 수행하였다. 이를 통해 자돈의 생산성에 영향을 미칠 것으로 파악되는 유전자들의 리스트들을 확보하였고 유전적 마커로서 활용될 수 있는 기반 지식을 확보하였다. 본 연구는 자돈의 성장률에 영향을 미치는 후성 유전적 조절기작인 Methylation의 연관 관계를 밝힌 최초의 연구로 본 연구결과를 바탕으로 앞으로 후속적인 연구를 통해 돼지의 생산성 향상을 꾀하고 양돈 경쟁력을 확보할 수 있는 기반 지식을 확보하는데 그 의의가 있다고 하겠다.
- 이유 후 돈군이동지연이 자돈의 성장 및 건강성에 미치는 영향을 조사하고 이를 통해 농가의 수익성을 향상시킬 수 있는 사양시스템을 개발하기 위해 실험을 진행하였다. 이유 후 돈군이동지연이 자돈의 성장에 부정적인 영향을 미치지 않았으며, 이유 날에 돈군이동을 해도 성장성적에 부정적인 영향을 미치지 않는 것으로 나타났다. 혈중 BUN 농도를 분석한 결과, 돈군이동 전, 후에서 통계적인 유의적 차이를 보이지 않았다 ($P>0.05$). 혈중 cortisol 농도를 측정한 결과, 돈군이동지연시, 자돈의 이유후 돈군이동 시기가 늦어질수록, 돈군이동에 의한 스트레스는 더 커지는 것으로 사료된다. 면역성상 분석결과 IgG와 IgA 모두 다 유의적인 차이를 보이지 않았다. 설사빈도에서 수치상으로 이유자돈 전기인 0-2주 동안에서의 설사빈도가 이유자돈 후기인 3-5주에 비해 높게 나타났지만, 처리구간의 통계적 유의차는 나타나지 않았다. 경제성 분석결과 성장성적과 사료비를 통해 계산되어진 이유 후 두당 총 사료비는 처리구별로 유의적 차이가 나타나지 않았으며 이유 후 돈군이동지연을 통해 양돈 농가의 경제적 이득을 증대시키기는 어려울 것으로 사료된다. 결론적으로

이유직후에 돈군이동을 하는 것이 돈군이동지연을 하는 것보다 자돈의 성장 및 건강성 측면에서 스트레스 변화를 최소화하고 농가에게 더 효율적인 사양시스템인 것으로 사료된다.

- 국내 양돈장에 IT융합 장비 설치 및 구축을 위해 국내 양돈장에 적합한 IT융합 장비 설치 및 구축을 위한 연구를 농장 1곳을 선택하여 수행하였다. 농장 설치결과, 분만돈 자동 급이기의 설치로 분만 모돈에게 신선한 사료를 자유롭게 먹을 수 있도록 유도하고, 고가의 사료 허실을 방지하였다. 모돈 자동급이기 도입으로 포유모돈의 사료섭취량을 극대화하여 유전적 잠재력을 극대화 할 수 있는데 모돈의 사료 섭취량 극대화 -> 모돈의 젖 생산량 증가 -> 이유 자돈 체중 증가 -> 모돈 체중점(BCS) 건전성 유지 -> 이유·교배 간격을 줄이고 수태율 증가 -> 다음산차 산자수 증가 등의 순환을 이끌어 낼 수 있다. 원격감시 플랫폼 프로그램을 활용하여 분만돈 자동 급이기는 모돈의 산차, BCS, 포유자돈을 고려한 개체별 사료공급으로 이유자돈수 증대 및 비생산일수 감소 효과를 기대할 수 있다. 또한 스마트폰앱을 활용하여 원격지에서 모돈의 개체별 급이 현황을 조회하여 추후 체크가 필요한 모돈의 확인할 수 있고 인터넷웹을 통해 보다 자세한 일일 섭취량 분석을 통해 모돈의 상태를 효율적으로 분석할 수 있다.
- 이전에 수행되었던 사료 내 밀, 팥박의 서로 다른 수준별 첨가가 육성-비육돈의 성장성적, 혈액성상, 돈육품질, 경제성에 미치는 영향에 대한 결과를 바탕으로, 밀 60%, 팥박 8%와 commercial 사료를 비교해 대체원료로써 검증하기 위하여 실험을 진행하였다. 성장성적에서는 실험 전체기간 동안 체중, 일당증체량, 일당사료섭취량 부분에서 밀 60% 첨가한 A 처리구에서 가장 좋은 성적을 나타냈다. 결과적으로 사료 내 밀 60%, 팥박 8%를 첨가하여도 육성-비육돈의 성장성적, 혈액성상, 돈육의 품질, 경제성 분석에는 부정적인 영향을 끼치지 않는 것으로 사료된다.
- 이유자돈의 사료에 있어 영양적 조절을 통해 설사방지기술의 개발을 위해 보리의 수준별 첨가로 옥수수, 대두박을 부분적으로 대체하여, 이유자돈 생산비의 저감 방법을 모색하고자 실험을 수행하였다. 보리의 4가지 수준별 첨가 처리구와 함께 수행된 모든 phase에서 체중, 일당증체량, 사료섭취량, 사료효율이 유의적인 차이를 나타내지 않았다. 또한 혈액성상 분석에서도 다른 요인들이 발견되지 않았다. 하지만 설사빈도와 경제성 분석에 있어서는 보리를 45% 첨가한 처리구가 가장 낮게 나타났으며, 첨가 수준에 따라 linear하게 감소하는 결과를 나타내었다. 따라서 본 연구에서는 이유자돈 사료내 보리를 45%까지 첨가하였을 때 가장 효과가 큰 것으로 사료된다.
- 자돈 사료 내 합성 라이신을 라이신 부산물로 전량 대체하였을 때 자돈의 체형, 혈액성상, 면역성상 등에 부정적인 영향을 미치지 않고 어느 정도 수준까지 사용이 가능한가를 규명하기 위해 실험을 진행하였다. Lysine Cell Mass를 이용하여 합성 라이신을 대체할 경우 합성 라이신 전량 대체의 목적인 처리구를 통해 살펴보았을 때 자돈에 부정적인 영향이 나타났지만 Lysine Cell Mass를 Phase I에서 2.80%, Phase II에서 1.76%까지 첨가까지는 자돈에게 부정적인 영향이 나타나지 않았다. 따라서 합성라이신 대체 목적으로 자돈 사료 내 Lysine Cell Mass를 부분적으로 첨가 할 수 있을 것 이라고 사료된다.
- 자돈의 생산성과 관련된 후생학적 유전체 프로파일 분석에서 특이적 methylation 패턴을 나타낸 유전자들을 포유 자돈의 생산성과 관련된 후성 유전체 분자 마커로 이용 가능한지

여부를 확인하고자 실험을 진행하였고, 이를 위해 유전자 발현 분석을 진행하였다. 이를 통해 체중에 따른 genome 상의 methylation profile에서 차이를 나타낸 유전자들이 소장과 간 조직 내에서 체중 상위 그룹의 mRNA 발현 수준이 높은 경향을 나타내는 것을 확인하였으며 이러한 유전자들 중 세포의 에너지와 성장률 및 조직 생성 등을 조절하는 기능을 갖는 유전자가 다수 포함된 것을 확인하였다. 또한, 각 유전자의 성체에서의 발현 양상을 확인한 결과, 모든 품종별, 조직별 발현 수준이 다르게 나타났다. 따라서, 자돈의 이유시 체중이 돼지의 생산성과 연계된 중요도에 비추어 볼 때, 본 연구에 이용된 유전자들을 돼지의 후성유전체 분자 마커로 활용하여 생산성 향상을 꾀하고 경쟁력을 확보할 수 있는 양돈 시스템 확립에 이용될 수 있을 것으로 기대되며, 이를 위한 후속연구가 진행되어야 할 것으로 사료된다.

- 이유자돈의 이유일령이 농가의 수익성에 미치는 영향에 대한 선행연구 결과를 토대로 처리구를 설정하여, 실제 양돈농가에 적용하기 위한 현장실증 연구로서 수행되었다. 실험 결과, 자돈·육성·비육기 전 구간에서 28일령에 이유한 돈군의 성장성적이 24일령에 이유한 돈군의 성장성적에 비해 높은 수치를 나타내었다. 혈중 BUN의 농도에서는 처리구간 통계적인 유의차를 나타내지 않았고, 면역성상에서는, 이유당시 initial의 혈중 IgG의 농도에서는 28일령 처리구가 24일령 처리구에 비해 유의적으로 높은 것을 확인했다. 경제성 분석에서는 24일령 처리구에 비해 28일령 처리구의 돈군의 출하일령이 10일 빠른 것을 확인했으며, 출하체중에 도달할 때까지 드는 사료 비용 또한 4,982원 더 절감되는 것으로 계산되었다. 본 실험 결과를 반영하여 모든 100두 규모의 농장을 가정하여 net income을 계산한 결과, 28일령에 이유자돈을 이유하는 것이 24일령에 이유하는 것에 비해서 89,499,680원의 경제적 이익을 주는 것으로 사료되었다. 28일령의 돈군의 폐사율이 24일령 처리구보다 낮았던 것을 고려하면, 자돈을 28일령에 이유하는 것이 24일령에 이유하는 것에 비해서 농가에 생산성이 있는 것으로 사료된다
- 양돈 생산성 향상을 위한 사양시스템의 현장 실증 시험과 국내 양돈장에서 설치된 IT융합 장비의 내구성, 효용성 평가 및 사업화 방안 개발을 위한 연구가 진행되었다. 본 연구 결과를 토대로 양돈농가에 ICT 기술을 현장에 적용하기 위해서는 첫째로, 농가에서 장비 도입시 돈사의 개조공사가 항상 수반됨을 인식해야한다. 축사가 열악하면 장비 수명도 짧아지므로 축사를 먼저 고쳐야 할 상황이 발생하게 된다. 포유돈 급이기의 경우 사료라인 보완, 밥통 및 니플 교체, 별도 전기시설 등이 필요하다. 또한 군사방식이나 출하선별기의 경우 기존 칸의 철거와 칸막이 재구성이 필요하기 때문이다. 둘째로 컴퓨터 프로그램과 스마트폰의 활용이 필요하다. 모든 IT융합장비는 컴퓨터와 스마트폰에 연결되어 있다. 관제컴퓨터에 모든번호를 등록하고 전자태그(RFID)번호 등록이 필수적으로 요구된다. 이것이 선행되었을 때 양돈생산관리 프로그램 사용농가는 모든 장비를 연결할 수 있고, 매일 전산을 통해 모든 및 농장 상황을 모니터링할 수 있다. 이는 사료섭취, 환경자료, 번식성적을 종합적으로 분석하여 농장 생산성 개선에 기여할 수 있다. 셋째로 장비 고장에 대한 대비가 필요하다. 잘못된 데이터의 생산, 전자태그 탈락 등과 같은 문제점에 대한 대비책이 필요하며, 가능한 농장에서 직접 수리가 가능한 제품이거나 예비부품 확보가 필수적이다. 또한 IT 융합장비를 이용함에 있어서 실시간 모니터링과 적용하지 못하는 지에 대한 대책이 수립되지 않으면 역효과가 일어날 수 있으므로 장비에 대한 이용도가 높아야 한

다. 마지막으로 축산업 IT 융합 확산사업의 활성화를 위해서는 축산분야 ICT 기자재에 대한 검인증사업이 절실하며 이를 통하여 신뢰성을 확보가 필요하며, 농청 산하 축산과학원을 중심으로 한 축산표준개발협력기관(가칭)을 축산업계의 총의를 모아 구성하고 운영하여 ICT 융복합 축산분야 단체표준, 설치규격 및 서비스 범위 등의 신규 제정이 필요하다.

5. 연구결과와 활용계획

코드번호	D-07
------	------

○ 본 연구를 통하여 대체원료의 기준에 사용하던 원료의 대체 가능성이 검증되었고 영양적 가치가 규명되었다. 저렴한 대체원료의 사용은 기준에 사용하던 원료와 비교하였을 때 돼지의 성장과 건강에 있어 부정적인 영향이 나타나지 않았고 경제성 분석을 통해 양돈 사료 내 대체원료를 사용함으로써 사료 생산비를 절감과 상승하는 곡물에 대한 수요와 가격으로 예상되는 피해를 최소화시키기 위한 대처방안으로 활용될 수 있을 것으로 사료된다. 또한 자돈의 건강성 증진 사양시스템을 적용한다면 양돈 농가의 생산성과 수익성을 증대시킬 수 있을 것으로 전망된다. 뿐만 아니라 돼지의 생산성과 관련한 후성유전체 연구의 기반을 구축함으로써 생물정보분석을 통한 이유시 체중과 관련한 유전체를 프로파일링 할 수 있었고 이를 토대로 생산성 관련 마커를 발굴할 수 있는 계기가 되었고, 추후 연구를 지속해나가기 위한 커다란 밑바탕이 되었다고 할 수 있다. 이러한 후성유전체 결과를 적용하여 자돈을 선발함으로써 농가의 생산성 및 경제성을 향상시킬 수 있을 것으로 기대된다.

특히 본 실험에 이용된 대체원료 4종(채종박, 팜박, 야자박, 밀)의 실험 결과는 기준에 옥수수-대두박 위주의 사료배합비에서 좀더 값싼 대체원료를 탐색해냄으로써 양돈사양가 및 사료 생산자가 개발하고자 하는 새로운 대안으로서 충분한 가능성을 나타내었다. 이와 더불어 신규 대체원료(캐슈넛, 라이신부산물)을 이용한 사양실험을 진행함으로써 대체원료로서의 가능성을 검증하였으며, 이러한 대체원료를 이용한 경제적인 사료배합비를 개발할 수 있었다. 본 실험의 대체원료 실험결과는 영양적 가치뿐만 아니라 구체적인 돼지의 시기 및 연령별 첨가수준 그리고 원료의 가격을 고려한 경제성 분석까지 연구되었기 때문에 대체원료에 대한 신뢰성을 높이고 양돈 사료의 원료로서의 우수성을 홍보하는 데 뒷받침하는 자료로 활용될 수 있을 것으로 사료된다. 대체원료에 대한 연구 결과는 현재 부정양돈조합에 기술이전의 근거로 적용되었으며, palm 박을 첨가하여 배합사료 형태로 시판하고 있다. 현재 대체 원료를 포함한 양돈 사료의 판매 가격이 옥수수 - 대두박 위주의 사료보다 저렴하며, 사용량이 증가하는 추세를 보이고 있다. 성장능력에 해가 되지 않는 palm 박을 첨가한 경제 사료의 사용은 일반 옥수수-대두박 위주의 사료보다 저렴하여 이는 양돈 생산비를 줄여 양돈생산성을 개선할 수 있을 것이다. 그리고 양돈농가에서 사료비가 양돈생산비의 40 - 60%를 차지하고 있는 상황에서 사료가격이 옥수수 - 대두박 위주의 사료보다 대체원료를 활용한 사료가 저렴하고 고품질 돈육을 생산할 수 있다는 장점은 양돈 농가에서 사용 시 생산비를 절감할 수 있다는 것을 효과적으로 인식시킬 수 있을 것이다.

또한 자돈의 폐사율을 감소시키고 건강성을 증진시키기 위한 방안으로 생시처치 기술 검증 및 설사방지기술 개발을 통해서 양돈선진국에 비해 상대적으로 낮은 국내의 생산성을 높이는데 이바지할 수 있을 것으로 기대된다. 반층 돈사의 활용은 제한된 면적을 동물복지에 위배되지 않으면서도 가장 효율적으로 이용할 수 있게 함으로써 양돈농가에게 있어서 생산성을 향상시킬 수 있는 방안으로 사료된다. 설사를 방지하기 위한 자돈 사료 내 보리의 첨가는 농가 현장에서 현장실증실험을 진행함으로써 그 효과를 증명하였고, 이는 사료 내 항생제를 대체하여 자돈의 설사를 효과적으로 방지할 수 있을 것으로 기대된다.

이밖에도 IT기반 양돈 사양관리 시스템을 개발하고 발전시킴으로써 스마트폰 앱이나 인터넷을 활용한 원격 smart farming system을 구축하고 실용화하는 기반을 마련하였다. 농장 1곳을 선발하여 돈사환경관리를 위한 온도, 습도, 암모니아, 화재 정전 등을 원격에서 감시할 수 있고, 농장의 돈사 내외부를 원격 감시할 수 있는 IT융합 네트워크 CCTV를 설치하여 데이터를 수집하며 원격으로 감시할 수 있는 통신 인프라를 구축하였다. 또한 육돈선별기, 분만돈 자동급이기에 대한 표준 플랫폼 프로그램을 구현함으로써 양돈농가에서도 쉽게 접근하고 이용할 수 있도록 하였다. 그리고 ICT기술적용 현황. 스마트폰을 활용한 모돈 관리, 자동급이기 활용, 임신돈 군사급이기 활용, 환경관제 장비활용, 출하돈 선별기 활용 등의 내용의 컨설팅을 실시함으로써 농가에서 ICT기술에 쉽게 적응할 수 있도록 유도하고 있으며 추가적인 교육과 컨설팅을 주최하여 smart farming system의 실용화에 기여할 수 있을 것이다.

- 임신돈 사료 내 채종박의 적정 첨가수준 검증 실험에서 110일령 임신돈의 혈청 내 T3 및 T4의 농도 변화에 있어 채종박의 급여 수준에 따른 유의적인 차이를 보였으므로 모돈의 산차와 갑상선 호르몬의 농도를 증가시키는 잠재적 요인에 대한 추가적인 실험이 필요하다고 사료된다. 또한 자돈의 폐사율을 줄이기 위해서 거세 이외의 다른 생시처치기술들에 대한 검증실험이 필요하다. 철분주사의 경우에도 철분 주사시기, 용량, 용제에 대한 다양한 의견이 분분하므로 이에 대한 검증실험이 필요할 것이다. 합성라이신의 대체제로 연구된 lysine cell mass의 경우 자돈뿐만 아니라 다른 사육단계에서도 적절한 첨가 수준에 대한 검증절차가 필요할 것으로 사료된다.

6. 연구과정에서 수집한 해외과학기술정보

코드번호	D-08
------	------

- 채종박의 경우 단백질 함량과 아미노산의 구성성분이 우수하고, 조단백의 함량이 34~38%로 높아 동물사료로 급여 하는데 있어 훌륭한 원료임 (Chiang 등, 2010). 또한 채종박의 경우 비전분성 다당류 (Nonstarch Polysaccharide, NSP)를 많이 포함 하고 있어 동물사료에 에너지원으로도 공급이 가능함 (Annemieke 등., 2012).
- 하지만 채종박을 돼지 사료로 이용하는데 있어서는 그 사용량이 제한적인데 그 이유는 높은 섬유소 함량 및 항영양인자인 glucosinolate, erucic acid, phytic acid 및 phenol 등을 포함하고 있기 때문에 (Esra 등., 2012), 일반적으로 사료에 10%이하로 사용하는 것이 관례임.
- 하지만 채종박의 항영양인자인 glucosinolates는 재배지역 및 재배시기에 따라 그 함량의 차이가 많이 다르며, 현재 우리나라에 수입되는 채종박의 대부분은 인도산이지만, 이 인도산 채종박에 대한 국내 양돈실정에 맞는 제대로 된 실험이 수행된 적이 없었음.
- 대두박을 대체하기 위한 단백질 원료로서의 채종박을 사용하여, 이에 대한 영양적 가치 평가 및 첨가수준을 규명하는 것이 주목적으로, 이를 통하여 국내 양돈 사료비 절감을 통한 양돈농가의 경쟁력 강화에 기여하는데 그 의의가 있을 것으로 사료됨.
- Copra 박 (copra meal)과 Palm 박 (palm kernel meal)은 열대성 과실인 야자와 팜에서 기름을 추출하고 남은 부산물로, 원료의 가격이 옥수수나 대두박에 비해 월등히 낮고, 열대지방에서 대량 생산되는 부산물이라는 장점을 가지고 있으며, 영양소 조성도 양호해 곡류원료 사료 대체용 원료로 부각되고 있음.
- 조단백질의 경우 Copra 박은 21~24%, Palm 박은 13~18%를 함유하고 있으며, 에너지 공급원인 옥수수에 비해 단백질 함량이 높고, 단백질 공급원인 대두박에 비해 에너지 함량이 높아 두 원료를 동시에 대체 가능하리라 사료됨<표 11>.

<표 11> 원료사료의 영양소 함량 비교

	조단백질(%)	조지방(%)	NDF(%)	ADF(%)
옥수수	8.3	3.9	9.6	2.8
대두박	43.8	1.5	13.3	9.4
야자박	21.9	3.0	51.3	25.5
팜 박	18.9	1.5	73.4	47.2

(Carvalho, 2006; NRC 1998)

<표 12> 야자박과 팜박의 제1, 제2 제한 아미노산 함량 및 돼지에서의 이용성

	아미노산 함량(%)				이용성(%)	
	야자박		팜박		야자박	팜박
	Yeong (1983)	Hutagalung (1982)	NRC (1994)	Lachance (1974)	Nwokolo (1976)	Degussa (unpublished)
Lysine	0.59	0.61	0.50	0.55	90.0	68.0
Methionine	0.30	0.34	0.28	0.31	91.0	79.0

- 하지만 Copra 박과 Palm 박은 높은 섬유소 함량, 양돈용으로서 기호성에 대한 우려, 필수 아미노산의 부족, 높은 비전분성 다당류 (non-starch polysaccharide; NSP) 함량 등으로 인해 반추동물에서만 일부 이용되고 있었음.
- 한편으로 최근 Copra 박과 Palm 박에 포함된 제한 아미노산의 이용률이 높으며 <표 12>, 비전분성 다당류의 가치에 대한 재평가가 이루어지면서 새로운 가능성을 모색할 수 있음.
- 섬유소 함량이 높은 사료의 경우 임신기 모돈의 공복감으로 인한 스트레스 감소 및 변비 예방과 더불어 위용적의 증대로 포유기 사료섭취량의 극대화를 기대할 수 있음.
- 따라서 Copra 박과 Palm 박의 적정 사용은 임신기 모돈사료의 원료뿐만 아니라 육성·비육기 사료에 사용할 수 있는 대체원료의 가능성이 있다고 사료됨.
- 소맥은 옥수수에 비해 아미노산의 조성이 우수하고 단백질함량이 뛰어나며 생체이용성이 높은 것으로 알려진 원료사료로서, 양돈사료에 높은 수준으로 첨가 할 경우에도 옥수수와 동등한 성장률을 보이는 것으로 보고되고 있다 (Jensen 등., 1969; Danielson 과 Grabowski, 1970; Lennon 등., 1972; Luce 등., 1972; Allee, 1977).
- 이에 따라, 유럽에서는 보리와 소맥을 기본으로 하는 양돈사료를 제조하여 사료비를 절감하고 있으며, 양돈생산성은 우리나라에 비해 더 높은 수준임을 고려하여 볼 때, 소맥의 원료가치는 매우 우수한 것으로 사료됨.
- 양돈 사료에 소맥을 첨가하게 되면 사료의 색깔이 하얗게 되는데, 국내에서는 노랗고 찻찻한 사료가 돼지에게 더 유용하다는 잘못된 인식 때문에 소맥을 높은 수준으로 첨가하지 못하고 있음.
- 따라서 양돈사료 내 소맥을 높은 수준으로 첨가하여도 옥수수를 첨가한 사료와 비교하였을 시, 돼지의 성장에는 큰 차이가 없으며 오히려 가격경쟁력 측면에서 우수한 원료사료임을 증명할 수 있는 연구들이 필요함.
- 캐슈넛(cashew nut)은 지방, 단백질, 비타민B1등의 영양가가 풍부하며, 구리와 철, 아연 등의 광물질을 충분히 공급할 수 있는 특징을 가지며, 카카오부산물은 영양적 가치가 높아 가축사료에 활용가치가 높다. Lysine부산물을 lysine제조과정 가운데 발생하는 부산물로서 많은 양이 산업폐기물로 버려지고 있지만, 이는 조단백질 함량이 45% 이상으로 질소공급원으로써의 가치가 높다. 위 3종의 자원들은 신규원료로써 양돈사

료에 활용가능성이 높을 것으로 사료됨

- 자돈은 이유 후 모유에서 고품사료로 이전되며 물리적으로 큰 변화(소화율, 구조, 조성, 맛, 향기)를 겪게 되는데 이러한 사료의 변화는 장의 용모를 탈락 시키며, 장내 미생물의 균총을 변화시키고 이러한 급진적인 변화로 인해 자돈에 설사를 유발시킴 (Le-Dvidich와 Herpin, 1994).
- 또한 수동 면역의 제거, 환경(돈사 이동, 온도 등) 변화 및 사회적 행동 등에 따라 설사 발생 빈도가 높아지게 되며, 특히 E. Coli와 같은 병원성 미생물에 의한 설사가 가장 큰 문제가 되고 있음.
- 과거에는 이유 자돈의 설사가 단순하게 수양성 설사를 하며, 위축되다가 일정기간 후 회복되는 경향을 보여 왔으며, 항생제로 치료할 경우 개선되는 것으로 나타남. 그러나 현재 이유자돈의 설사는 항생제에 대한 반응성이 감소하거나 없고, 이유 후 전신소모성질병 (PMWS; postweaning multisystemic wasting syndrome)과 유사 증상을 보이며, 그 원인도 다양해짐.
- 자돈에게 설사가 발생할 시, 열과 경련이 나고 복식호흡을 하거나 위축되어 심하면 폐사에 이르게 되며, 설사로만 끝나는 것이 아니라 호흡기 질병까지 동반하기도 함.
- 이유자돈 사료에 수용성 식이섬유(soluble dietary fiber)의 수준 증가는 장내 점도를 증가시키고 영양소 소화율을 감소시킬 수 있어 오히려 성장률을 감소시킨다는 보고가 있음 (Shi and Noblet, 1994; Canh et al., 1998; Davidson and McDonald, 1998).
- McDonald 등(1999, 2001)의 연구결과에서는 이유자돈 사료에 대한 식이섬유의 첨가는 장내에서 대장균 증식을 감소시킬 수 있어 설사발생을 크게 줄일 수 있다고 하였음.
- 섬유소 함량이 높은 보리를 많이 첨가한 처리구에서 설사의 빈도가 더 적은 것은 Hans(2011), Inborr(1988) Ball과 Aherne(1982)등 많은 논문들의 내용 및 결과와 일치함.
- Ewaschuk 등(2011)은 보리내의 식이섬유 β -glucan의 장내의 영양소 흡수율을 증가시키고, 면역을 증가시키는 장점이 있다고 보고함.
- 따라서 사료 내 적정수준의 보리의 첨가는 자돈의 설사를 예방할 수 있을 것으로 사료되며, 오히려 자돈의 면역력 및 건강성을 증진시키는 효과를 가질 것으로 예상되므로 이에 대한 연구가 필요함.
- 이유자돈 시기는 면역력이 약한 시기로 스트레스와 소모성 질병원인들의 노출은 자돈 폐사율에 영향을 미치기 때문에 이에 대한 자돈의 사양관리가 중요함.
- 자돈에게 제공되는 사육면적의 영향은 자돈의 성장률에 막대한 영향을 주는 것으로 밝혀졌으며, 자돈의 밀집사육은 자돈의 성장과 면역력에 부정적인 영향을 미치는 것으로 보고되었음.
- 선행연구 중 자돈의 밀사실험의 연구결과에서, 두당 사육면적이 0.43에서 0.21m²으로

감소할수록 자돈의 일당증체량 역시 linear하게 감소하는 결과가 나타났으며, 사육면적이 늘어날수록 면역력이 높아지는 것으로 보고되었음.

- 이에 따라, 국내에서 법적으로 권장하고 0.3m²의 사육면적은 자돈의 면역력 향상을 유도하여 성장능력을 개선할 수 있는 면적으로 검증된 바 있음(김유용, 2012)
- 하지만 실제 양돈농가에서는 자돈의 밀집사육이 이루어지고 있으며, 이에 대한 대안으로 반층돈사의 형태로 사육면적을 넓혀주어서 밀사를 방지하고자 하는 시설검증을 수행하고자 함.
- 수컷돼지에서 발생하는 웅취는 정소에서 분비되는 andostenone과 후장내 박테리아에 의해서 생성되는 skatole(3-methylo-indol)의 작용으로 발생하는데, 이러한 호르몬의 작용으로 돈육에서 웅취가 나게 되어 돈육품질을 떨어뜨리는 결과를 초래해 이를 예방하고자 거세를 실시하고 있음.
- 거세는 동물복지 측면에서 부분적으로 인정받고 있는 상황으로, 거세를 통해 고통과 스트레스를 유발하며, 이에 따라 포유시간이 짧아지며(McGlone과 Hellman, 1988; McGlone 등., 1993; Hay 등., 2003) 거세 후 5일간 고통을 받는다는 연구결과가 있음(Wemelsfelder과 van Putten, 1985).
- 돼지를 거세하는 시기는 돼지의 성적에 큰 영향을 미치는데, 이러한 거세시기의 효과를 알아보는 연구들은 다양한 결과를 나타냄. 1일령에 거세한 돼지는 14일령 거세한 돼지에 비해 이유까지의 성장률이 낮다는 연구결과가 있으며(McGlone 등., 1993), 1일령과 10일령에 거세한 돼지의 성장에는 차이가 없다는 보고도 있었으며(Douet 등., 1995), 3일령에 거세한 돼지의 성장이 일시적으로 감소한다는 보고도 있었음(Kielly 등., 1997).
- 거세의 횟수 및 필요성은 증가되고 있지만, 최근의 개량된 고능력 모돈에서 생산되는 자돈들을 대상으로 한 거세시기에 대한 연구들이 미비한 실정임.
- 거세시기의 검증실험을 통하여 신생자돈의 성장을 극대화 할 수 있는 사양관리기술을 개발하고, 양돈농가들에게 기술을 보급함으로써 자돈의 생산성을 높이는데 기여할 수 있음.
- 이유는 돼지의 일생 중 가장 큰 스트레스를 받는 사건으로서, 자돈에게 스트레스를 주어 자돈의 성장정체 및 면역력 감소를 유발하여 자돈이 위축되거나 더 나아가서는 폐사에 이를 수 있는 가장 중요한 사양관리 요소임.
- 이유자돈이 이유 시 받는 스트레스는 여러 복의 자돈들과 함께 사육되어야 하는 사회적 경쟁과 액상에서 고형사료로의 전환으로 인한 영양생리학적 적응으로 인한 설사 및 소화율 감소, 그리고 자돈사 또는 위탁 농장으로 이송될 때 받는 수송스트레스 등을 들 수 있음.
- 이유시기가 지연될수록 이유자돈의 건강성 및 성장은 더 좋아지는 연구결과가 나타났

지만(정현정, 2006), 모든의 체손실 및 등지방 손실에 대한 부정적인 효과가 더 커지게 되는 부작용이 나타나게 될 가능성이 있음.

- 포유모돈의 체손실에 따른 건강성 회복과 자돈의 면역력 증강의 측면에서는 28일령에 이유를 실시하는 것이 좋다는 선행 연구결과가 있음(김유용, 2012).
- 하지만 유럽 및 양돈선진국의 경우, 포유자돈의 이유시기가 점차 늘어나고 있는 추세이며, 최소 4주에서 길게는 35일령에 이유하는 방식이 등장하고 있음.
- 유럽의 점차 길어지고 있는 이유일령의 경향에 대하여 검증없이 이를 받아들여서 현장에 적용할 것이 아니라, 국내의 상황에 적합한 적정 이유시기에 대한 연구가 필요함.
- 동물 분야에서 국내 후성 유전체 연구에 대한 투자가 현재까지 본격적으로 이루어지지 않았지만, 인간과 식물 분야를 고려할 때 국내 연구자들의 연구 수준은 세계적 경쟁력을 확보할 수 있는 수준이라고 판단되지만 동물 쪽은 연구가 미미하며 본 연구를 통해 동물 후성 유전체 기술 기반 확보할 필요성이 있음.
- 후성유전체 연구를 위한 유전학적, 생화학적 연구방법에 있어 선진국 대비 부족함이 없지만 국내의 후성유전체 연구가 유전체 수준에서 머물고 있으며, 세계적 연구 추세는 환경신호에 의하여 조절되는 유전자들의 조절 기작을 폭넓게 이해하는 쪽으로 진행되고 있으며 본 과제를 통해 후성 유전체 수준을 한 단계 끌어올릴 것으로 예상됨.
- 본 연구팀은 차세대 염기서열결정 (Next Generation Sequencing, NGS)의 경험이 풍부하여 대량의 정보를 처리할 수 있는 생물정보학적 능력을 갖추고 있어, 후성유전체 연구를 통해 시너지 효과를 내며 돼지 사양 관련 고품질의 후성유전체 reference map을 확보.
- 농업, 특히 동물 분야에서 후성유전체 연구는 태동기이며, 향후 심도있는 연구는 유전자 발현 기작 이해, 세포/기관 분화 기작 이해, 환경 요소에 의한 사육 기술 증진, 질병 저항성 동물 생산 등 매우 폭넓은 생물학적 과제에 대해 해답을 제시할 것으로 예상됨.
- 현재 양돈장은 무창돈사 형태가 많이 보급되어 환기, 화재, 정전 등에 취약하고, 특히 화재로 인한 피해가 많아 돈사환경을 IT장비와 융합하여 온도, 습도, 암모니아, 화재, 정전 센서등과 네트워크 CCTV를 활용한 원격적으로 통제가 가능한 시스템이 필요한 실정임.
- 양돈 생산비중 사료비 비중이 50%가 넘기 때문에, 사료 허실 관리를 위한 사료 자동 급이기 및 이를 통제할 수 있는 사양관리 시스템이 필요하며, 비육돈 출하시 축산물품

질평가원 등급 기준에 맞는 규격돈을 선별해 줄 수 있는 기술개발은 양돈농가의 생산성을 높이는데 기여할 것으로 예상됨.

- 이와 같은 양돈 사양관리 시스템과 IT기술을 융합한 smart farming system을 구축함으로써, 양돈 생산·경영관리에 대한 과학적인 관리체계를 마련할 수 있으며 체계적인 사양관리로 양돈 생산성을 높이는데 기여할 것으로 사료됨.
- 현재 일반적인 농장의 경우 사육공간의 집약적 이용과 질병차단의 목적으로 3-site(자돈사-육성사-비육사)의 돈군 흐름을 이용하고 있음.
- 하지만 학계에 보고된 자료에 의하면, 돈사 이동과 돈군 변화는 돼지의 투쟁 및 부상 발생을 유발하는 스트레스 요인으로써 돼지의 성장성적과 돈육 품질에 부정적인 영향을 끼친다는 결과가 있음(Rundrgren, 1988; Tan and Skackleton, 1990).
- All-in all-out을 전제로 한 돈군이동은 사양관리 측면에서 현장적용 가능성이 매우 높은 기술이지만 이에 대한 국내연구는 진행된 바 없음.
- 돈군이동을 고려한 사양관리 시스템의 개발은 사육하는 돼지들의 성장을 극대화 하고 돈군 내 질병이 유입되는 것을 차단하는데 용이하며, 스트레스 저감을 통해 양돈생산성이 높아질 것으로 예상됨으로 이에 대한 연구가 필요함.
- 따라서 해당연구를 통하여 국내 주간관리 및 그룹관리를 시행하고 있는 농가에게 적합한 돈군이동 방식을 검증하고 기준을 제안할 수 있을 것으로 예상됨.
- 농가의 양돈 생산성을 높이기 위해 자돈의 건강성 개선을 위한 방안들이 연구개발되고 있으며, 그 중에서도 자돈의 이유스트레스 저감을 위한 연구들은 모돈과 자돈을 모두 고려한 기술개발이 활발히 진행되고 있음.
- 그 중 이유자돈의 돈군이동 지연은 이론적으로는 모돈의 체손실을 예방함과 동시에, 자돈이 받는 이유스트레스를 절감해주어 극심한 성장정체를 예방할 수는 있지만, 이에 대한 명확한 검증실험이 수행된 적은 없었음.
- 이러한 모돈-자돈이 연계된 사양관리 시스템에 대한 연구들을 통하여 양돈현장에 적용하여 농가의 양돈 생산성을 높일 수 있는 실질적인 사양관리기술의 개발이 필요함.

7. 연구개발결과의 보안등급

	코드번호	D-09
○		

8. 국가과학기술종합정보시스템에 등록된 연구시설·장비 현황

					코드번호	D-10		
구입 기관	연구시설/ 연구장비명	규격 (모델명)	수량	구입 연월일	구입 가격 (천원)	구입처 (전화번호)	비고 (설치 장소)	NTIS장비 등록번호

9. 연구개발과제 수행에 따른 연구실 등의 안전조치 이행실적

	코드번호	D-11
○		

10. 연구개발과제의 대표적 연구실적

번호	구분 (논문/특허/기타)	논문명/특허명/기타	소속 기관명	역할	논문게재지/ 특허등록국 가	코드번호		D-12	
						Impact Factor	논문게재일 /특허등록일	사사여부 (단독사사 또는 중복사사)	특기사항 (SCI여부/인 용횟수 등)
1	논문	Genome-wide DNA methylation profiles of small intestine and liver in fast-growing and slow-growing weaning piglets	서울대, 조앤김지 노믹스	교신	Asian-Australasian Journal of Animal Sciences	0.756	2014.11.01	단독	SCI
2	논문	Association study of candidate genes revealed two commonly associated SNPs for growth traits in the Korean pig population	조앤김지 노믹스	교신	South African Journal of Animal Science				논문제출중 SCI
3	논문	돈군의 이동시기 조절이 육성비육돈에 미치는 영향	서울대학 교	주저자	동물자원연 구				비SCI
4	특허	반층 돈방을 포함하는 돈사 구조물	서울대학 교		대한민국		2014.07.09		
5	특허	돈사 음수 공급 상태 체크 방법 및 이를 이용한 돈사 음수 상태 체크 시스템	(주)이지팜		대한민국		2015.12.07		
6	저작권	양돈 정보통신기술(ICT) 통합관제 시스템	(주)이지팜		대한민국		2014.05.11		

11. 기타사항

코드번호	D-13
	<p>○ 1차년도 연구과제 ‘돈군 이동 시기 조절을 통한 생산비 절감 사양 시스템 개발’ 관련 부분에서 연구 계획서 상에서는 3처리였으나 돈사 시설의 일부가 3처리로 하기에는 니플의 높이나 돈방의 크기 등 실험을 하기에는 다소 부족한 부분이 있어 2처리로 실험을 하게 되었음.</p> <p>○ 1차년도 연구과제 ‘국내 양돈장 1곳을 대상으로 IT융합 돈사환경관리, 네트워크CCTV, 육돈선별기 장비 설치’ 관련 부분에서 양돈장 1곳을 대상으로 장비를 설치 하여야 하나 기존 대상 양돈장에 이미 네트워크 CCTV 장비와 돈사환경관리 장비가 존재하여 네트워크CCTV 장비 및 돈사환경관리 장비는 다른 양돈장에 설치하였음, 따라서 연구과제 대상 양돈장이 1곳이 아니라 2곳이 되었음.</p> <p>○ 3차년도 연구과제 ‘사료비 절감을 위한 대체원료 사료배합비의 일반농가 현장실증실험’ 관련 분석항목 중 지방산 분석이 현재 진행 중에 있음. 지방산 분석의 경우 타 실험실에 의뢰하여 진행하고 있으나, 현재 기기의 문제로 인해서 진행이 지연되고 있음. 빠른 시일 내에 분석을 완료하여 추가로 작성 하겠음.</p>

12. 참고문헌

코드번호	D-14
1.	Adesehinwa. A. O. K. 2007. Utilization of palm kernel cake as an energy source by growing pigs: effects on growth, serum metabolites, nutrient digestibility and cost of feed conversion. Bulgarian Journal of Agricultural Science, vol. 13, pp. 593 - 600.
2.	Aduku, A. O., Dim, N. I., & Aganga, A. A. 1988. Note on comparative evaluation of palm kernel meal, peanut meal and sun flower meal in diets for weanling rabbits. Journal of Applied Rabbit Research, 11(5), 264-265.
3.	Aherne, Frank. "Feeding the gestating sow." Swine Nutrition and Management Consultant (1999).
4.	Ahn, D. U., Olson, D. G., Jo, C., Love, J., & Jin, S. K. 1999. Volatile production and lipid oxidation in irradiated cooked sausage as related to packaging and storage. Journal of Food Science, 64, 226-229.
5.	Amaefule, K. U., Onwudike, O. C., Ibe, S. N., & Abasiokong, S. F. 2009. Nutrient utilization and digestibility of growing pigs fed diets of different proportions of palm kernel meal and brewers dried grain. Pakistan Journal of Nutrition, 8(4), 361-367.
6.	Ao, X., Zhou, T. X., Meng, Q. W., Lee, J. H., Jang, H. D., Cho, J. H., & Kim, I. H. 2011. Effects of a carbohydrase cocktail supplementation on the growth performance, nutrient digestibility, blood profiles and meat quality in finishing pigs fed palm kernel meal. Livestock Science, 137(1), 238-243.
7.	AOAC. 1990. Official Methods of Analysis. 15th ed. Association of Official Analytical Chemists, Arlington, Virginia. National Research Council.
8.	AOAC. 1995. Official Methods of Analysis. 16th Edition. Association of Official Analytical Chemist. Washingtons, D.C., U.S.A.
9.	Arey, D. S. 1999. Time course for the formation and disruption of social organisation in group-housed sows. Applied Animal Behaviour Science 62, 199-207.
10.	Ariza-Nieto, C., M. Bandrick., S. K. Baidoo., L. Anil., T. W. Molitor and M. R. Hathaway. 2014. Effect of dietary supplementation of oregano essential oils to sows on colostrum and milk composition, growth pattern and immune status of suckling pigs. Department of Animal Science, University of Minnesota, St. Paul 55108.
11.	Armstrong, D., V. Attoh-Kotoku., R. O. Kwame and R. Gaspar. 2012. Evaluation of Nutritional Quality of Dried Cashew Nut Testa Using Laboratory Rat as a Model for Pigs. The Scientific World Journal Volume. 5 pages doi: 10. 1100.
12.	Aumaitre. A., Bourdon. D., Peiniau. J., Bengala Freire. J. 1989. Effect of graded levels of raw and processed rapeseed on feed digestibility and nutrient utilization in young pigs. Animal feed science and technology, 24, 275-287.

13. Babatunde, G. M., Fetuga, B. L., Odumosu, O., & Oyenuga, V. A. 1975. Palm kernel meal as the major protein concentrate in the diets of pigs in the tropics. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 26(9), 1279–1291.
14. Bach Knudsen, K. E. 1997. Carbohydrate and lignin contents of plant materials used in animal feeding. *Anim. Feed Sci. Technol.* 67:319–338.
15. Bakker, G. C. M. 1996. Interaction between carbohydrates and fat in pigs. Ph D thesis. Institute of Animal Science and Health (ID-DLO), Department of Nutrition for Pigs and Poultry, P.O.Box 65, 800 AB Lelystad, The Netherlands.
16. Ball, R. O., and F. X. Aherne. 1982. Effect of diet complexity and feed restriction on the incidence and severity of diarrhea in early weaned pigs. *Can. J. Anim. Sci.* 62:907 - 913.
17. Baxmann, A. C. M. S. Ahmed, N. C. Marques, V. B. Menon, A. B. Pereira, G. M. Kirsztajn and I. P. Heilberg. 2008. Influence of muscle mass and physical activity on serum and urinary creatinine and serum cystatin C. *CJASN.* 3(2):348–354.
18. Bayes-Genis, A., C. A. Conover and R. S. Schwartz. 2000. The
19. Beaulieu, A. D., Williams, N. H., & Patience, J. F. 2009. Response to dietary digestible energy concentration in growing pigs fed cereal grain-based diets. *Journal of animal science*, 87(3), 965–976.
20. Bell, J. M. 1984. Nutrients and toxicants in rapeseed meal: A review. *J. Anim. Sci.* 58:996–1010.
21. Bell, J. M. and Keith, M. O.(1993) Effects of combination of wheat, corn or hulless barley with helled barley supplemented with soybean meal or canola meal on growth rate, efficiency of feed utilization and carcass quality of market pigs. *Anim. feed Sci. Techno.* 44, 129–150
22. Bell, J.M., Keith, M.O., Hutcheson, D.S., 1991. Nutritional evaluation of very low glucosinolate canola meal. *Can. J. Anim. Sci.* 71, 497 - 506.
23. Bendall, J. R., & Wismer Pedersen, J. 1962. Some properties of the fibrillar proteins of normal and watery pork muscle. *Journal of Food Science*, 27(2), 144–159.
24. Bergner, H. 1977. Protein evaluation and protein metabolism. *FEBS 11th Meeting.* Copenhagen. 149–160.
25. Bergsjø, B., Langseth, W., Nafstad, I., Jansen, J. H., & Larsen, H. J. S. (1993). The effects of naturally deoxynivalenol-contaminated oats on the clinical condition, blood parameters, performance and carcass composition of growing pigs. *Veterinary research communications*, 17(4), 283–294.
26. Bhatta, 1984. The potential of hull-less barley. *Cereal Chem.* 62(2):97–103.
27. BINDER, B.S., ELLIS, M., BREWER, M.S., CAMPION, D., WILSON, E.R. and MCKEITH, F.K. 2004. Effect of ultimate pH on the quality characteristics of pork. *J. Muscle Foods* 15, 139 - 154.

28. Blackshaw, J. K., D. A. Boder, V and A. W. Blackshaw. 1987. The effect of group composition on behaviour and performance of weaned pigs. *Appl. Anim. Behav. Sci.* 19, 73 - 80.
29. Blecha, F. 2001. Immunology. In: *Biology of the domestic pig*. Cornell Univ. Press, Ithaca, NY. 688 - 711.
30. Blecha, F., D. S. Pollmann and D. A. Nichols. 1983. Weaning pigs at an early age decreases cellular immunity. *J. Anim. Sci.* 56:396-400
31. Boateng, M., Okai, D. B., Baah, J., & Donkoh, A. 2008. Palm kernel cake extraction and utilisation in pig and poultry diets in Ghana. *Livestock research for rural development*, 20(7), 2008.
32. Bourdon, D., Aumaitre, A., 1990. Low glucosinolates rapeseed and rapeseed meal: effect of technological treatments on chemical composition, digestible energy content and feeding value for growing pigs. *Anim. Feed Sci. Technol.* 30, 175 - 191.
33. Bouton, J. H., M. E. Sumner, J. E. Hammel, and H. Shahandeh. 1986. Yield of an alfalfa germplasm selected for acid soil tolerance when grown in soil with modified subsoils. *Crop Sci.* 26:334-336.
34. Bowland, J.P., 1975. Evaluation of low glucosinolate-low erucic acid rapeseed meal as the protein supplement for young growing pigs, including effects on blood serum constituents. *Can. J. Anim. Sci.* 55, 409 - 416.
35. Brady, S. M., Callan, J. J., Cowan, D., McGrane, M., & O'Doherty, J. V. 2002. Effect of phytase inclusion and calcium/phosphorus ratio on the performance and nutrient retention of grower - finisher pigs fed barley/wheat/soya bean meal based diets. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 82(15), 1780-1790.
36. Brandtzaeg, P. 2003. Role of secretory antibodies in the defence against infections. *Int J Med Microbiol.* 29, 3-15.
37. Brent, G. A. 1994. The molecular basis of thyroid hormone action. *N. Engl. Med.* 331: 847-853.
38. Brewer, M. S., & McKeith, F. K. 1999. Consumer-rated quality characteristics as related to purchase intent of fresh pork. *JOURNAL OF FOOD SCIENCE-CHICAGO-*, 64, 171-174.
39. Brockman, R. and Berberman, E. N. 1975. Effect of glucagon on plasma alanine and glutamine metabolism and hepatic glucogenesis in sheep. *Am. J. Physiol.* 228:1327-1331.
40. Brown, H., Speer V. C., Quinn, L. Y., Hays V. W. and Catron, D. V. 1960. Studies on colostrum-acquired immunity and active antibody production in baby pigs. *J. Anim. Sci.* 20:323.
41. Brumm, M. C. and P. S. Miller. 1996. Response of pigs to space allocation and diets varying in nutrient density. *Journal of Animal Science.* 74:2730-2737.

42. Burel, C., Boujard, T., Escaffre, A.M., Kaushik, S.J., Boeuf, G., Mol, K.A., Van der Geyten, S., Kuhn, E.R., 2000c. Dietary low glucosinolate rapeseed meal affect thyroid status and nutrient utilization in rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). *Brit. J. Nutr.* 83, 653 - 664.
43. Burel, C., Boujard, T., Kaushik, S.J., Boeuf, G., Van der Geyten, S., Mol, K.A., Kuhn, E.R., Quinsac, A., Krouti, M., Ribailier, D., 2000b. Potential of plant protein sources as fish meal substitute for turbot (*Psetta maxima*): growth, nutrient utilization and thyroid status. *Aquaculture* 188, 285 - 298.
44. Burel, C., Boujard, T., Tulli, F., Kaushik, S.J., 2000a. Digestibility of extruded peas, extruded lupin and rapeseed meal in rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) and turbot (*Psetta maxima*). *Aquaculture* 188, 285 - 298.
45. Cai, Y. and Zimmerman, D. R. 1996. Lysine requirement of the lactating sow determined by using plasma urea nitrogen as a rapid response criterion. *J. Anim Sci.* 74:1056-1062.
46. Callesen J, D. Halas, F. Thorup, K. E Bach Knudsen, J. C Kim, B. P Mullan R. H Wilson, J. R. Pluske. 2007. The influence of nutritional and management factors on piglet weight gain to weaning in a commercial herd in Denmark. *Livestock Science* 108, 117-119.
47. Canh, T. t., Sutton, A. L., Aarnink, A. J. A., Verstegen, M. W. A., Schrama, J. W. and Bakker, G. C. M. 1998. Dietary carbohydrates alter the fecal composition and pH and the ammonia emission from slurry of growing pigs. *J. Anim. Sci.* 76:1887.
48. Carney-Hinkle, E. E., H. Tran., J. W. Bundy., R. Moreno., P. S. Miller and T. E. Burkey. 2013. Effect of dam parity on litter performance, transfer of passive immunity, and progeny microbial ecology. *J. Anim Sci.* 91:2885-2893.
49. Carroll, J. A., Berg, E. L., Strauch, T. A., Roberts, M. P., Kattesh, H. G., 2006. Hormonal profiles, behavioral responses, and short-term growth performance after castration of pigs at three, six, nine, or twelve days of age. *J. Anim. Sci.* 84:1271-1278.
50. Cera, K. R., Mahan, D. C. and Reinhart, G. A. 1988. Effects of dietary dried whey and corn oil on weanling pig performance, fat digestibility and nitrogen utilization. *J. Anim. Sci.* 66:1438-1445.
51. Chandrasekariah, M.; Sampath, K. T.; Thulasi, A.; Anandan,S. In situ protein degradability of certain feedstuffs in cattle. *Indian Journal of Animal Science*, v. 71, n.2, p. 261-264,2001.
52. Chauhan, J. S., S. Kumar, K. H. Singh, S. S. Meena and M. L. Meena. 2010. Oil and seed meal quality indices of indian rapeseed-mustard varieties. *J. Plant. Biochem. Biot.* 19: 83-86
53. Chilliard, Y. 1993. Dietary fat and adipose tissue metabolism in ruminants, pigs, and

- rodents: A review. *J. Dairy Sci.* 76:3897.
54. 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.* 71:168
 55. Coma, J. Zimmerman, D. R. and Carrion, D. 1996. Lysine requirement of the lactating sow determined by using plasma urea nitrogen as a response criterion. *J. Anim. Sci.* 74: 1056-1062.
 56. Corino C., Baldi A., Bontempo V. (1991): Influence of low-glucosinolate rapeseed meal on performance and thyroid-hormone status of heavy pigs. *Animal Feed Science and Technology*, 35, 3-4, 321-331.
 57. Creswell, D. C., and C. C. Brooks. 1971. Compositions, apparent digestibility and energy evaluation of coconut oil and coconut meal. *J. Anim. Sci.* 33:366-369.
 58. Cromwell, G. L. 2002. Feeding swine. Pages 248-290 in *Livestock Feeds & Feeding*, 5th ed. Kellems, R. O. and D. C. Church, eds. Prentice Hall, Upper Saddle River, N.J.
 59. CVB, 1991b. Nutrient requirements of farm animals and nutrient composition of feedstuffs
 60. Davidson, M. H. and McDonald, A. 1998. Fiber: Forms and functions. *Nutr. Res.* 18:617.
 61. Davis, M. E., S. C. Sears, J. K. Apple, C. V. Maxwell and Z. B. Johnson. 2006. Effect of weaning age and commingling after the nursery phase of pigs in a wean-to-finish facility on growth, and humoral and behavioral indicators of well-being. *J. Anim. Sci.* 84: 743-756.
 62. Davis, S. S. 1990. Phospholipids stabilized emulsions for parenteral nutrition and drug delivery, Edited by I. Hanin and G. Pepeu (phospholipids: biochemical, pharmaceutical, and analytical considerations), Plenum press, New York and London.
 63. Daza, A, C Fernandez and A Sanchez. 2004. Ganado Caprino. Produccion, alimentacion Y Sanidad. 312. Madrid, Espanola.
 64. De Passill'e A. M. B., G. Palletier, J. Menard, J. Morriset. 1989. Relationship of weight gain and behavior to digestive organ weight and enzyme activities in piglets. *J. Anim. Sci.* 67: 2921-2929.
 65. De Rensis, F., et al. "Relationships between backfat depth and plasma leptin during lactation and sow reproductive performance after weaning." *Animal reproduction science* 90.1 (2005): 95-100.
 66. Devilat, J. and A. Skoknic. 1971. Feeding high levels of rapeseed meal to pregnant gilts. *Can. J. Anim. Sci.* 51:715-719.
 67. Dhawan, S., and J. Kaur. 2007. Microbial Mannanases: An Overview of production and application. *Critical Reviews in Biotechnology.* 27:197-216.

68. Dingle, J. G. 1997. Emu and ostrich production and its consequences for human nutrition. *Proceeding Nutr. Soc. Australia*. 21:37-42.
69. Donkoh. A. and H. K. Zanu. 2010. Development of feed package for layers using low energy agro-industrial by products. *African Journal of Agricultural Research*, vol. 5, no. 20, pp. 2782-2786,.
70. Donkoh. A. and V. Attoh-Kotoku. 2009. Nutritive value of feedstuffs for poultry in Ghana: chemical composition, apparent metabolizable energy and ileal amino acid digestibility. *Livestock Research for Rural Development*, vol. 21, no. 3, pp. 1-9.
71. Dourmad, J. Y. 1991. Effect of feeding level in the gilt during pregnancy on voluntary feed intake during lactation and changes in body composition during gestation and lactation. *Livest. Prod. Sci.* 27:309.
72. Dourmad, J. Y., M. Etienne., A. Prunier and J. Noblet. 1994. The effect of energy and protein intake of sows on their longevity: A review. *Livest. Prod. Sci.* 40:87.
73. Drochner, W. 1989. Influence of fat supplement on breeding performance and fertility of sows. *Uebersichten zur Tierernhrung*. 17:99.
74. Drum S. D., R. D. Walker, W. E. Marsh. 1998. Growth performance of segregated early-weaned versus conventionally weaned pigs through finishing *Swine Health and Production*. 6(5):203-210.
75. Due, A. T., M. Larsen, K. Hermansen, S. Stender, J. Holst, S. Toubro, T. Martinussen and A. Astrup. 2008. Comparison of the effects on insulin resistance and glucose tolerance of 6-mo high-monounsaturated-fat, low-fat, and control diets. *Am. J. cli. Nutr.* 87: 855-862.
76. Dung, N. N. X., L. H. Manh, and P. Uden. 2002. Tropical fiber sources for pigs digestibility, digesta retention and estimation of fibre digestibility in vitro. *Anim. Feed Sci. Technol.* 102:109-124.
77. Eford, R. C., W. Dwight Armstrong, and Dennis L. Herman. 1982. The development of digestive capacity in young pigs: effects of age and weaning system. *J. Anim. Sci.* 55.6:1380-1387.
78. Eggum, B. O. 1970. Blood urea measurement as a technique for assessing protein quality. *Br. J. Nutr.* 24:983-988.
79. Eissen, J. J., et al. "The importance of a high feed intake during lactation of primiparous sows nursing large litters." *Journal of Animal Science* 81.3 (2003): 594-603.
80. Ekkel, E. D. and C. E. van Doorn. 1996. The Specific-Stress-Free housing system has positive effects on productivity, health, and welfare of pigs. *J. Anim. Sci.* 73:1544-1551.
81. Ekkel, E. D., B. Savenije, W. G. Schouten and M. J. Tielen. 1996. Health, welfare, and productivity of pigs housed under Specific-Stress-Free conditions in comparison with two-site systems. *J. Anim. Sci.* 74(9):2081-2087.

82. Ewaschuk J. B., Johnson I. R., Madsen K. L., Vasanthan T., Ball R. and Field C. J. 2011. Barley-derived β -glucans increases gut permeability, ex vivo epithelial cell binding to E. coli, and naive T-cell proportions in weanling pigs. *J. Anim. Sci.* 2011-4381.
83. Fatufe, A. A., Akanbi, I. O., Saba, G. A., Olowofeso, O., & Tewe, O. O. 2007. Growth performance and nutrient digestibility of growing pigs fed a mixture of palm kernel meal and cassava peel meal. *Livestock Research for Rural Development*, 19(12), 2007.
84. Fisher, L. J. and D. S. Walsh. 1976. Substitution of rapeseed meal for soybean meal as a source of protein for lactating cows. *Can. J. Anim. Sci.* 56:233-242.
85. Food Standards Australia New Zealand. 2003. Erucic acid in food: A toxicological review and risk assessment. *Tech. Report Series.* 21:1448-3017.
86. Frangman, T. J., R. C. Tubbs and K. Henningsen-Dyer. 1996. Influence of weaning site, weaning age and viral exposure on production performance in early-weaned nursery pigs. *Swine Health Prod.* 4:223-229.
87. Friend, T. H, D. A. Knabe and T. D. Jr. Tanksley. 1983. Behavior and performance of pigs grouped by three different methods at weaning. *J. Anim. Sci.* 57, 1406.
88. Frobish, L. T., Hays, V. W., Speer, V. C. and Ewan, R. C. 1970. Effect of fat source and level on utilization of fat by young pigs. *J. Anim. Sci.* 30:197-202.
89. Frobish, L. T., N. C. Steele and R. J. Davey. 1973. Long term effect of energy intake on reproductive performance of swine. *J. Anim. Sci.* 36:293.
90. Froseth, J. A., 1984. Northwest feedstuffs for swine. *Wash. State Univ. Swine Day Proc.* P. 70.
91. Fuller, M. F., Livingstone, R. M., Baird, B. A. and Atkinson, T. 1979. The optimal amino acid supplementation of barley for the growing pig. 1. Response of nitrogen metabolism to progressive supplementation. *Br. J. Nutr.* 41:321 - 331.
92. Gargallo, J., and D. R. Zimmerman. 1981. Effects of dietary cellulose levels on intact and cecectomized pigs. *J. Anim. Sci.* 53:395-402.
93. Gaskins, H. R. J. Wiseman., M. A. Varley and J. P. Chadwick. 1998. Immunological development and mucosal defence in the pig intestine. *Nottingham University Press, Nottingham, UK. Pig Science* pp: 81:10.
94. Germinario, E., Peron, S., Toniolo, L., Betto, R., Cencetti, F., Donati, C., Bruni, P., Danieli-Betto, D. (2012) S1P2 receptor promotes mouse skeletal muscle regeneration. *J. Appl. Physiol.* (1985). 113(5):707-13.
95. Gill, D. R., J. E. Oldfield, and D. C. England. 1966. Comparative values of hullless barley, regular barley, corn, and wheat for growing pigs. *J. Anim. Sci.* 25:34-36.
96. Giusi-Perier, A., M. Fizlewicz, and A. Rerat. 1989. Influence of diet composition on intestinal volatile fatty acid and nutrient absorption in unanesthetized pigs. *J. Anim. Sci.* 67:386-402.

97. Gohl, B. O. 1981. Tropical feeds: feed information summaries and nutritive values.
98. Goodband, R.D., and Hines, R.H. 1988. An evaluation of barley in starter diets for swine. *J. Anim. Sci.* 66:3086.
99. Gourdine, J. L., J. P. Bidanel, J. Noblet and D. Renaudeau. 2007. Rectal Temperature of Lactating Sows in a Tropical Humid Climate according to Breed, Parity and Season. *Asian-Aust. J. Anim. Sci.* Vol. 20, No. 6 :832-841.
100. Graham, H., J. G. Fadel, C. W. Newman, and R. K. Newman. 1989. Effect of pelleting and β -glucanase supplementation on the ileal and fecal digestibility of a barley-based diet in the pig. *J. Anim. Sci.* 67:1293-1298.
101. Hahn, J. D., M. J. Gahl, M. A. Giesemann, D. P. Holsgraeffe, and D. W. Fodge. 1995. Diet type and feed form effects on the performance of finishing swine fed the β -mannanase enzyme product Hemicell. *J. Anim. Sci.* 73(Suppl. 1):175. (Abstr.)
102. Halkier, B. A. and J. Gershenzon. 2006. Biology and biochemistry of glucosinolates. *Annu. Rev. Plant Biol.* 57:303-333.
103. Hamm, R. 1986. Functional properties of the myofibrillar system and their measurements. In: P. J. Bechtel (Ed.) *Muscle as Food*. pp 135-199. Academic Press, London.
104. Han, I. K., Lee, J. H., Piao, X. S. and Defa, L. 2001. Feeding and management system to reduce environmental pollution in swine production - review. *Asian-Aust. J. Anim. Sci.* 14:432-444.
105. Han, Y., J. W. Soita, and P. A. Thacker. 2005. Performance and carcass composition of growing-finishing pigs fed wheat or corn-based diets. *Asian-Aust. J. Anim. Sci.* 18:704-710.
106. Hans H Stein. 2011. Feeding the pig's immune system. Department of Animal Sciences, University of Illinois Urbana IL 61801.
107. Hatori, Y., Noguchi, G., Itoh, M. and Ishibashi, T. 1994. Effects of dietary protein levels on performance, plasma amino acid concentrations and biochemical components of female growing pigs. *Anim. Sci. Tech.* 65:942-949.
108. Henry, R. J. 1988. The carbohydrates of barley grains; A review. *J. Inst. Brew.* 94:71-78.
109. Hessing, M. J. C., and M. J. M. Tielen. 1994. The effect of climatic environment and relocating and mixing on health status and productivity of pigs. *Anim. Prod.* 59:131.
110. Hollis G. R. and Palmer A. Z., 1971. Wheat and barley vs. com for growing-finishing pigs. *J. Anim. Sci.* 61:179.
111. Hong, Y. G. 2009. Different levels of copra meal supplementation with mannanase on growth performance, pork quality and nutrient digestibility in growing-finishing pigs. M. Sci. thesis, Seoul National University. Korea.

112. Honikel, K. O. 1998. Reference methods for the assessment of physical characteristics of meat. *Meat Science*, 49:447-457.
113. Hossain, M. Z., J. Abe, and S. Hizukuri. 1996. Multiple forms of bmannanase from *Bacillus* sp. KK01. *Enzyme. Microb. Technol.* 18:95-98.
114. Huang, Q. C., Xu, Z. R., Han, X. Y., & Li, W. F. 2007. Effect of betaine on growth hormone pulsatile secretion and serum metabolites in finishing pigs. *Journal of animal physiology and animal nutrition*, 91(3-4), 85-90.
115. Hughes, P. E. 1993. The effects of food level during lactation and early gestation on the reproductive performance of mature sows. *Anim. Prod.* 57:437 - 445.
116. Hur, S. J., Park, G. B., & Joo, S. T. 2005. Effect of fatty acid on meat qualities. *Journal of the Korean Society of International Agriculture.*
117. Hyun, Y., M. Ellis. S. E. Curtis. and R. W. Johnson. 2005. Environmental temperature, space allowance, and regrouping: additive effects of multiple concurrent stressors in growing pigs. *Journal of Swine Health Prod.* 13:131-138.
118. Hyun, Y., M. Ellis., G. Riskowski. and R. W. Johnson. 1998. Growth performance of pigs subjected to multiple concurrent environmental stressors. *Journal of Animal Science.* 76:721-727.
119. Inborr J, Ogle RB. 1988. Effect of enzyme treatment of piglet feeds on performance and post weaning diarrhoea. *Swed J Agric Res.* 18:129 - 133.
120. Inoki, K., Zhu, T., & Guan, K. L. (2003). TSC2 mediates cellular energy response to control cell growth and survival. *Cell*, 115(5), 577-590.
121. INRA. 1989. *L'alimentation des animaux monogastriques.* Institut National de la Recherche Agronomique, Paris, France.
122. International Standards Organisation. 1992. Rapeseed: Determination of glucosinolates content. ISO 9167-1. Geneva, Switzerland.
123. Jackson, J. R., W. L. Hurley., R. A. Easter., A. H. Jensen and J. Odle. 1995. Effects of induced or delayed parturition and supplemental dietary fat on colostrum and milk composition in sows. *J. Anim. Sci.* 73:1906-1913
124. Jackson, M. E., Fodge, D. W., & Hsiao, H. Y. 1999. Effects of beta-mannanase in corn-soybean meal diets on laying hen performance. *Poultry Science*, 78(12), 1737-1741.
125. Jang, Y. D. 2012 . Effects of Live Yeast, Dietary Protein Levels and Ingredients in Sow Diets on Reproductive Performance and Growth of Their Progeny. Ph. D. thesis, Seoul National University. Korea.
126. Jenkins, D. A., Leeds, A., Wolever, T. S., Goff, D., George, K., Alberti, M. M., ... & Hockaday, R. 1976. Unabsorbable carbohydrates and diabetes: decreased post-prandial hyperglycaemia. *The Lancet*, 308(7978), 172-174.
127. Jeong, T. S., P. S. Heo, G. Y. Lee, D. H. Kim, W. S. Ju and Y. Y. Kim. 2010. The influence of phase feeding methods on growth performance, meat quality,

- and production cost in growing-finishing pigs. *J. Anim. Sci. and Tech.* 52:29-36
128. Jeremy, N. Marchant-Forde. 2009. *The Welfare of Pigs*. Springer.
129. Johansen, K., and H. D. Poulsen. 2003. Substitution of inorganic phosphorus in pig diets by microbial phytase supplementation - a review. *Pig News Info.* 24:N77-N82.
130. Jones, D. B., J. D. Hancock., J. L. Nelssen and R. H. Hines. 1990a. Effect of lecithin and lysolecithin on the digestibility of fat sources in diets for weanling pigs. *J. Anim. Sci.* 68:98.
131. Jonsson, E., and S. Hemmingsson. 1991. Establishment in the piglet gut of lactobacilli capable of degrading mixed-linked beta glucans. *J. Appl. Bacteriol.* 70:512 - 516.
132. Joo, S. T., R. G. Kauffman and B. K. Kim. 1994. The relationship between color and water-holding capacity in postrigor porcine longissimus muscle. *J. Musc. Food.* 3:211-226.
133. Kass, M. L., P. J. Van Soest, and W. G. Pond. 1980. Utilization of dietary fiber from alfalfa by growing swine. II. Volatile fatty acid concentrations in and disappearance from the gastrointestinal tract. *J. Anim. Sci.* 50:192-197.
134. Kielly, J., Dewey, C. E., Cochran, M., 1999. Castration at 3 days of age temporarily slows growth of pigs. *J. Swine Health Prod.* 7:151-153.
135. Kim, B. G., Lee, J. H., Jung, H. J., Han, Y. K., Park, K. M., & Han, I. K. (2001). Effect of partial replacement of soybean meal with palm kernel meal and copra meal on growth performance, nutrient digestibility and carcass characteristics of finishing pigs. *Asian-Australasian Journal of Animal Sciences*, 14(6), 821-830.
136. Kim, D. J., D. H. Lee, Y. G. Lee, D. W. Park, G. D. Kim, E. Y. Jung, H. W. Seo, J. Y. Jeong, S. T. Joo and H. S. Yang. 2012. The relationship between carcass color grade and instrumental values in pork loin. *Journal of Agriculture and Life Science.* 46:133-139.
137. Kim, Y. J. 2011. Effects of Various Levels of B-mannanase Supplementation to Swine Diets Containing Copra or Palm Kernel Meal on Growth Performance and Pork Quality of Growing-finishing Pigs. M. Sci. thesis, Seoul National University. Korea.
138. King, R. H and I. H. Williams. 1984. The effect of nutrition on the reproductive performance of first litter sows. 1. Feeding level during lactation and between weaning and mating. *Anim. Prod.* 38:241.
139. Klaver, J., G. J. M. vanKempen., P. G. B. de Lange., M. W. A. Verstegen and H. Boer, 1981. Milk composition and daily yield of different milk composition as affected by sow condition and lactation/feeding regimen. *J. Anim. Sci.* 52:1091-1097
140. Klobasa, F., E. Wehahn and J. E. Butler. 1981. Regulation of humoral immunity in

- the piglet by immunoglobulin of maternal origin. *Res. Vet. Sci.* 31:195 - .206.
141. Knudsen, K. B. 2001. The nutritional significance of “dietary fibre” analysis. *Animal feed science and technology*, 90(1), 3-20.
 142. Ko, T. G., J. H. Lee, T. S. Min, Y. Y. Kim and I. K. Han. 2003. Study on the development of the optimum feeding regimen for pigs weaned at 21 days of age. *AJAS*. 16.10:1518-1523
 143. Koketsu, Yuzo, et al. "Feed intake pattern during lactation and subsequent reproductive performance of sows." *Journal of animal science* 74.12 (1996): 2875-2884.
 144. Korngay, E. T., M D Lindemann. and V. Ravindran. 1993. Effects of dietary lysine levels on performance and immune response of weanling pigs housed at two floor space allowances. *Journal of Animal Science*. 71:552-556.
 145. Kracht, W., S. D. A. Nicke, H. Kluge, K. Keller, W. Matzke, U. Hennig and W. Schumann. 2004. Effect of dehulling of rapeseed meal on feed value and nutrient digestibility of rape products in pigs. *Arch. Anim. Nutr.* 58: 389- 404.
 146. Krakowski. L., J. Krzyzanowski and Z. Wrona. 1998. Changes within particular parameters of nonspecific immunity in piglets in the post-natal period. *Medycyna weterynaryjna*. 54.11:750-752.
 147. Kyriakis, S. C, V. K Tsiloyiannis, J Vlemmas, K Sarris, A. C Tsinas, C Alexopoulos and L Jansegers. 1999. The effect of probiotic LSP 122 on the control of post-weaning diarrhoea syndrome of piglets. *Res. Vet. Sci.* 67, 223-228.
 148. Laakkonen. E., G. H. Wellington and J. W. Skerbon. 1970. Low temperature long time heating of bovine. I. Changes in tenderness, water binding capacity, pH and amount of water-soluble component. *J. Food Sci.* 35, 175.
 149. Lachance, P. A., & Moliana, M. R. 1974. Nutritive value of a fiber-free coconut protein extract obtained by an enzymic-chemical method. *Journal of Food Science*, 39(3), 581-584.
 150. Larick, D. K., Turner, B. E., Schoenherr, W. D., Coffey, M. T., & Pilkington, D. H. 1992. Volatile compound content and fatty acid composition of pork as influenced by linoleic acid content of the diet. *Journal of Animal Science*, 70(5), 1397-1403.
 151. Laudenslager, M. L, M. Fleshner, P. Hofstadter, P. E. Held, L. Simons, and S. F. Maier. 1988. Suppression of specific antibody production by inescapable shock: stability under varying conditions. *Brain. Behav. Immunol.* 2, 92-101.
 152. Lawrence, N, J, Maxwell, C. V. and Belcher, C. G. 1980. Okla. State Univ. Anim. Sci. Res. MP-107, USA. P159.
 153. Lawrence, N, J. and Maxwell, C. V. 1983. Effect of dietary fat source and level on the performance of neonatal and early weaned pig. *J. Anim. Sci.* 57:936~942.

154. Lee, J. H. 2009. Effects of β -mannanase supplementation with different levels of copra or palm kernel meal on growth performance, carcass characteristics, and intestinal microbial flora in growing-finishing pigs. Ph. D. thesis, Seoul National University. Korea.
155. Lee, P. A. and R. Hill. 1983. Voluntary food intake of growing pigs given diets containing rapeseed meal, from different types and varieties of rape, as the only protein supplement. *Br. J. Nutr.* 50: 661-671.
156. Leeds, A. R., S. S. Kang, A. G. Low, and I. E. Sambrook. 1980. The pig as a model for studies on the mode of action of guar gum in normal and diabetic man. *Proc. Nutr. Soc.* 39-44.
157. 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.* 40.6:1077-1080.
158. Liao S. F., Sauer W.C., Cervantes M., Htoo J.K and He J.M., 2006. Effect of phytase supplementation to diets for weaning pigs on the utilization of phosphorus and calcium. *INCI v.31 n4*.
159. Libal, G. W and R. C. Wahlstrom. 1977. Effect of level of feeding during lactation on sow and pig performance. *J. Anim. Sci.* 41:1524 - 1525.
160. Long, H. F., W. S. Ju., L. G. Piao and Y. Y. Kim. 2010. Effect of Dietary Energy Levels of Gestating Sows on Physiological Parameters and Reproductive Performance. *Asian-Aust. J. Anim. Sci.* Vol. 23, No. 8 : 1080-1088.
161. Louveau, I., M. Bonneau, and D. N. Salter. "Age-related changes in plasma porcine growth hormone (GH) profiles and insulin-like growth factor-I (IGF-I) concentrations in Large White and Meishan pigs." *Reproduction Nutrition Development* 31.3 (1991): 205-216.
162. Lucy. J. A. 1972. Functional and structural aspects of biological membranes: a suggested structural role for vitamin E in the control of membrane permeability and stability. *Ann. NY. Acad. Sci.*, 203:4 - 11
163. Lunen, T. V., & Schulze, H. 1996. Influence of *Trichoderma longibrachiatum* xylanase supplementation of wheat and corn based diets on growth performance of pigs. *Canadian Journal of Animal Science*, 76(2), 271-273.
164. Mabon, N., Mandiki, S.N.M., Derycke, G., Bister, J.-L., Wathelet, J.P., Paquay, R., Marlier, M., 2000. Chemical changes and influence of rapeseed antinutritional factor on lamb physiology and performance. Part 3. Antinutritional factor in plasma and organ. *Anim. Feed Sci. Technol.* 85, 111 - 120.
165. MacMasters, M. M., J. J. C. Hinton, and D. Bradbury. 1971. Microscopic structure and composition of the wheat kernel. Pages 51-113 in *Wheat: Chemistry and Technology*, 2nd Ed. Pomeranz, Y., ed. Am. Assoc. Cereal Chem. St. Paul, MN.
166. Maes, D. G. D., et al. "Back fat measurements in sows from three commercial pig

- herds: relationship with reproductive efficiency and correlation with visual body condition scores." *Livestock Production Science* 91.1 (2004): 57-67.
167. Maganhini, M. B., Mariano, B., Soares, A. L., Guarnieri, P. D., Shimokomaki, M., & Ida, E. I. 2007. Carnes PSE (Pale, Soft, Exudative) e DFD (Dark, Firm, Dry) em lombo suíno numa linha de abate industrial. *Cincia e Tecnologia de Alimentos*, 27(1), 69-72.
168. Mahan, D. C., and E. A. Newton. 1993. Evaluation of fed grains with dried skim milk and added carbohydrate sources on weanling pig performance. *J. Anim. Sci.* 71:3376.
169. Mahan, D. C., and J. C. Peters. 2004. Long-term effects of dietary organic and inorganic selenium sources and levels on reproducing sows and their progeny. *J. Anim. Sci.* 82:1343 - 1358.
170. Main, R. G., S. S. Dritz M. D. Tokach, R. D. Goodband and J. L. Nelssen. 2004. Increasing weaning age improves pig performance and profitability in multi-site production system. *J. Anim. Sci.* 81(Suppl. 2): 45(73)(Abstr).
171. Mandiki, S.N.M., Mabon, N., Derycke, G., Bister, J.-L., Wathélet, J.P., Paquy, R., Marlier, M., 1999. Chemical changes and influences of rapeseed antinutritional factors on lamb physiology and performance. Part 2. Plasmatic substances and activity of the thyroid. *Anim. Feed Sci. Technol.* 81, 93 - 103.
172. Manhan, D. C. and A. J. Lepine. 1991. Effect of pig weaning weight and associated nuesday feeding programs on subsequent performance to 105 kilograms body weight. *J. Anim. Sci.* 69:1370-1378
173. Manner, K. and A. Spieler. 1997. Probiotics in piglets-An alternative to traditional growth promoters. *Micoecol. Ther.* 26, 243-256.
174. Maribo. H., Olsen. E. V., Moeller. A. J., Karlsson. A. H. 1998. Effect of early post mortem cooling on temperature, pH fall and meat quality in pigs. *Meat Science.* 50:115 - 129
175. Mason, S. P, S. Jarvis and A. B Lawrence. 2003. Individual differences in responses of piglets to weaning at different ages. *Applied Animal Behaviour Science* 80, 117-132.
176. Mawson, R., et al. "Rapeseed meal glucosinolates and their antinutritional effects Part 5. Animal reproduction." *Food/Nahrung* 38.6 (1994): 588-598.
177. Mawson, R., Heaney, R. K., Zdunczyk, Z., & Kozłowska, H. 1993. Rapeseed meal glucosinolates and their antinutritional effects. Part II. Flavour and palatability. *Food/Nahrung*, 37(4), 336-344.
178. Mawson, R., Heaney, R.K., Zdunczyk, Z., Kozłowska, H., 1994. Rapeseed meal glucosinolates and their antinutritional effects. Part 3. Animal growth and performance. *Die Nahrung* 38, 167 - 177.
179. Mawson, R., R. K. Heaney, Z. Zdunczyk and H. Kozłowska. 1993a. Rapeseed

- meal-glucosinolates and their antinutritional effects: 1. Rapeseed production and chemistry of glucosinolates. *Nahrung*. 37:131-140.
180. Mawson, R., R. K. Heaney, Z. Zdunczyk and H. Kozłowska. 1994a. Rapeseed meal-glucosinolates and their antinutritional effects: 4. Goitrogenicity and internal organs abnormalities in animals. *Nahrung*. 38:178-191.
181. Mawson, R., R. K. Heaney, Z. Zdunczyk and H. Kozłowska. 1994b. Rapeseed meal-glucosinolates and their antinutritional effects: 5. Animal reproduction. *Nahrung*. 38:588-598.
182. McConnell, J. C., J. C. Eargle and R. C. Waldorf. 1987. Effects of Weaning Weight, Co-Mingling, Group Size and Temperature on Pig Performance. *Journal of Animal Science*. 65:1201-1206.
183. McDonald, D. E., Pethick, D. W., Pluske, J. R. and Hampson, D. J. 1999. Adverse effects of soluble non-starch polysaccharide (guar gum) on piglet growth and experimental colibacillosis immediately after weaning. *Research in Veterinary Sci*. 67:245-250.
184. McDonald, D. E., Pethick, D. W., Pluske, J. R. and Hampson, D. J. 2001. Soluble non-starch polysaccharides from pearl barley exacerbate experimental post-weaning colibacillosis, In: *Proceeding of the 8th symposium on digestive physiology in pigs*. Swedish Univ. of Agricultural Sci. Uppsala.
185. McDonald, P., R. A. Edwards, and J. F. D. Greenhalgh. 1988. Palm kernel meal. In: *Animal Nutrition*. (4th ed.) Longman, Harlow. 462-463.
186. McDonnell P., O'Shea, Figat S., O'Doherty J.V. (2010): Influence of incrementally substituting dietary soya bean meal for rapeseed meal on nutrient digestibility, nitrogen excretion, growth performance and ammonia emissions from growing-finishing pigs. *Archives of Animal Nutrition*, 64, 5, 412-424.
187. McGlone, J. J. 1985. A quantitative ethogram of aggressive and submissive behaviors in recently regrouped pigs. *Journal of Animal Science* 61, 559-565.
188. McGlone, J. J., and S. E. Curtis. 1985. Behavior and performance of weanling pigs in pens equipped with hide areas. *Journal of Animal Science*. 60:20-24.
189. McGlone, J. J., Nicholson, R. I., Hellman, J. M., Herzog, D. N., 1993. The development of pain in young pigs associated with castration and attempts to prevent castration-induced behavioral changes. *J. Anim. Sci*. 71:1441-1446.
190. McKinnon, P. J. and J. P. Bowland. 1979. Effects of feeding low and high glucosinolate rapeseed meals and soybean meal on thyroid function of young pigs. *Can. J. Anim. Sci*. 59: 589-596.
191. McKinnon, P.J., Bowland, J.P., 1977. Composition of lowglucosinolate - lowerucic acid rapeseed meal (cv. Tower), commercial rapeseed meal and soybean meal as source of protein for starter, growing, finishing pig and rats. *Can. J. Anim. Sci*. 57, 663 - 678.

192. McMillin, K. W. 2008. Where is MAP going? A review and future potential of modified atmosphere packaging for meat. *Meat science*, 80(1), 43-65.
193. McNamara, J. P and J. E. Pettigrew. 2001. Protein and fat utilization in lactating sows: II. Challenging behavior of a model of metabolism. *J. Anim. Sci.* 80:2452-2460.
194. Miller, B. 1992. *Pigtales International Review*, 1990-1991, pp. 72.
195. Miller, B. G., C. T. Whittemore, C. R. Stokes and E. Telemo. 1994. The effect of delayed weaning on development of oral tolerance to soya-been protein in pigs. *Br. J. Nutr.* 71:615-625
196. Miller, M. F., Shackelford, S. D., Hayden, K. D., & Reagan, J. O. 1990. Determination of the alteration in fatty acid profiles, sensory characteristics and carcass traits of swine fed elevated levels of monounsaturated fats in the diet. *Journal of Animal Science*, 68(6), 1624-1631.
197. Monjan, A. A and M. I. Collector. 1977. Stress-induced modulation of the immune response. *Science* 196, 307-308.
198. Moon, J. H. 2012. Efficiency of sodium stearoyl-2-lalilate as an exogenous emulsifier supplementation on growth performance, nutrient digestibility and blood component in weaning pigs. Thesis of MS.
199. Moore, A, H. W. Gonyou, J. M. Stookey and D. G. McLaren, 1994. Effect of group composition and pen size on behaviour, productivity and immune response of growing pigs. *Appl. Anim. Behav. Sci.* 40, 13 - 30.
200. Morrow-Tesch, J. L., J. J. McGlone. and J. L. Salak-Johnson. 1994. Heat and social stress effects on pig immune measure. *Journal of Animal Science.* 72:2599-2609.
201. Moss, A. R., & Givens, D. I. 1994. The chemical composition, digestibility, metabolisable energy content and nitrogen degradability of some protein concentrates. *Animal feed science and technology*, 47(3), 335-351.
202. Muller, P. Y., H. Janovjak, A. R. (2002) Miserez, and Z. Dobbie Processing of gene expression data generated by quantitative real-time RT-PCR. *Biotechniques.* 32:1372-1374, 1376, 1378-1379.
203. Munchow, H., & Bergner, H. 1968. Recommendations for the protein estimation of protein feeds by analysis of the concentration of urea in the blood of rats and pigs. German, English summary). *Arch. Tierenahr*, 18, 222.
204. Nam, D. S. and Aherne, F. X. 1995. The effects of lysine:energy ratio on the performance of weanling pigs. *J. Anim. Sci.* 72:1247 - 1256.
205. National Research Council. 1998. *Nutrient requirements of swine*, 10th ed. National Academy Press, Washington, DC.
206. National Research Council. 2012. *Nutrient requirements of swine*, 11th ed. National Academy Press, Washington, DC.

207. Nelson. F. S, Ameleke. G. Y, Donkoh. A. and V. Lamptey. 2007. Use of locally available agro-industrial by-products (AIBPs) for egg production in the western region of Ghana. The results of an on-farm trial in Proceedings of the Ghana Society of Animal Production Symposium, vol. 15, pp. 103-107.
208. Newman, C. W. and Newman. R. K. 1990. Nutritional aspects of barley as a livestock feed. Proc. West. Sect. Am. Soc. Anim. Sci. 41:99-107.
209. Noblet. J and J. M. Perez. 1993. Prediction of digestibility of nutrients and energy values of pig diets from chemical analysis. J. Anim. Sci. vol. 71, no. 12, pp. 3389 - 3398.
210. Nunes, C. S., & Malmjöf, K. 1992. Effects of guar gum and cellulose on glucose absorption, hormonal release and hepatic metabolism in the pig. British journal of nutrition, 68(03), 693-700.
211. Nwokolo, E. N., Bragg, D. B., & Kitts, W. D. 1976. The availability of amino acids from palm kernel, soybean, cottonseed and rapeseed meal for the growing chick. Poultry Science, 55(6), 2300-2304.
212. Nygard, A. B., Jørgensen, C. B., Cirera, S., Fredholm, M. (2007) Selection of reference genes for gene expression studies in pig tissues using SYBR green qPCR. BMC Mol Biol. 8:67.
213. O'Doherty, J. V. and M. P. McKeon, 2000. The use of expeller copra meal in grower and finisher pig diets. Livest. Prod. Sci., 67:55-65.
214. O'Mara, F. P., Mulligan, F. J., Cronin, E. J., Rath, M., & Caffrey, P. J. 1999. The nutritive value of palm kernel meal measured in vivo and using rumen fluid and enzymatic techniques. Livestock production science, 60(2), 305-316.
215. Ochetim, S., Bell, J.M., Doige, G.E. and Youngs, C.G., 1980. The feeding value of Tower rapeseed for early weaned pigs. I. Effects of methods of processing and of dietary levels. Can. J. Anim. Sci., 60: 407-421.
216. Oddoye EOK, Agyente-Badu K, Anchirina V, Johnson V(2011), Effects on performance of growing pigs fed diet containing different levels of cashew nut reject meal, Bull Anim. Hlth Prod. Afr. 59(1): 81-86.
217. Oh, H. K., H. B. Choi., W.S. Ju., C.S. Chung. and Y.Y. Kim. 2010. Effects of space allocation on growth performance on immune system in weaning pigs. Livestock Science 132:113-118.
218. Okon. B. I. and B. K. Ogunmodede. 1995. Effects of replacing dietary fish meal with periwinkle flesh on the performance of broiler chickens, BSc Dissertation, Department of Animal Science, University of Ibadan, Ibadan, Nigeria.
219. Okoye, F. C., Ugwuene, M. C., & Mbarah, J. U. 2006. Effects of local spices on the utilization of cassava peel meal-based diets by weaner rabbits. Pakistan Journal of Nutrition, 5(3), 203-205.
220. Onifade, A. A., & Babatunde, G. M. 1998. Comparison of the utilisation of palm

- kernel meal, brewers' dried grains and maize offal by broiler chicks. *British poultry science*, 39(2), 245-250.
221. Otten, W., B. Puppe, E. Kanitz, P. Schon and B. Stabenow. 2002. Physiological and behavioural effects of different success during social confrontation in pigs with prior dominance experience. *Physiol. Behav.* 75, 127 - 133.
 222. Øverland, M., Z. Morz and F. Sundstol. 1994. Effect of lecithin on apparent ileal and overall digestibility of crude fat and fatty acids in pigs. *J. Anim. Sci.* 72:2022-2028.
 223. Palansky, O. and Nosal, V. 1991. Meat quality of bulls and heifers of commercial cross breeds of the improved slovak spotted cattle with the limousine breed. *Vedecke prace Vyskummeho Ustaru Zivocisnej Vyrohy Nitre (CSFR)*. 24:59.
 224. Park, C. K., 2010. Effects of tapioca DDGS, copra or palm kernel meal supplementation and dietary lysine limitation on growth and pork quality in growing-finishing pigs. Ph. D. thesis, Seoul National University. Korea.
 225. Patience, J. F. and Thacker, P. A. (1989) *Swine Nutrition Guide* University of Saskatchewan, Canada.
 226. Patience, J. F., H. W. Gonyou, D. L. WHITTINGTON, e. Beltranena, C. S. Rhodes, and A. G. Van Kessel. 2000. Evaluation of site and age of weaning on pig growth performance. *J. Anim. Sci.* 78: 1726-1731
 227. Pedersen, C., M. G. Boersma, and H. H. Stein. 2007. Energy and nutrient digestibility in Nutridense corn and other cereal grains fed to growing pigs. *J. Anim. Sci.* 85:2473-2483
 228. Perez, J. F., Gernat, A. G., & Murillo, J. G. 2000. Research notes: The effect of different levels of palm kernel meal in layer diets. *Poultry Science*, 79(1):77-79.
 229. Pettigrew, J. E. 1981. Supplemental dietary fat for periparturient sows: A review. *J. Anim. Sci.* 53:107.
 230. Petty, L. A., S. D. Carter, B. W. Senne, and J. A. Shriver. 1999. Effects of Hemicell® addition to nursery diets on growth performance of weanling pigs. *J. Anim. Sci.* 77(Suppl.):195. (Abstr.)
 231. Petty, L. A., S. D. Carter, B. W. Senne, and J. A. Shriver. 2000. Effects of Hemicell® addition to corn-soy bean meal diets on growth performance, carcass traits and apparent digestibility, of finishing pigs. *J. Anim. Sci.* 78(Suppl.):73 (Abstr.).
 232. Petty, L. A., S. D. Carter, B. W. Senne, and J. A. Shriver. 2002. Effects of β -mannanase addition to corn-soybean meal diets on growth performance, carcass traits, and nutrient digestibility of weanling and growing-finishing pigs. *J. Anim. Sci.* 80:1012-1019.
 233. Pickard, M. D. 2005. *By Product Utilization*. Bailey's Industrial Oil and Fat

Products.

234. Pinder G. 2007. Managing reproduction-critical control points in exceeding 30 pigs per sow per year. London Swine Conference Tomorrow's Opportunities 3-4.
235. Pluske, J. R., I. H. Williams and F. X. Aherne. 1995. Nutrition of the Neonatal Pig. The Neonatal Pig Development and survival. 7:187-235.
236. Pointillart, A., N. Fontaine, and M. Thomasset. 1984. Phytate phosphorus utilization and intestinal phosphatases in pigs fed low phosphorus: wheat or corn diets. Nutr. Rep. Int. 29:473-483.
237. Prasanna, J. S., Prakash, M. G., Gupta, B. R., Mahender, M., Rao, D. S., 2010. Factors affecting pre-weaning body weights and growth rates in crossbred pigs. Indian J. Anim. Res. 44:157-167.
238. Quiniou, N., A. Quinsac, K. Crépon, J. Evrard, C. Peyronnet, A. Bourdillon, E. Royer and M. Etienne. 2012. Effects of feeding 10% rapeseed meal (*Brassica napus*) during gestation and lactation over three reproductive cycles on the performance of hyperprolific sows and their litters. Can. J. Anim. Sci. 92:513-524.
239. Rainbird, A. L., Low, A. G., & Zebrowska, T. 1984. Effect of guar gum on glucose and water absorption from isolated loops of jejunum in conscious growing pigs. British Journal of Nutrition, 52(03), 489-498.
240. Rashkova, P. Kalchev, Emilova, L. Ribagin, Tz. Doganova and I. Stoeva. 2012. Cortisol in saliva a marker for increased anxiety in children. Journal of IMAB. Animal proceeding vol. 16, book 4.
241. Rault, J. L., Lay Jr., D. C., Marchant-Forde, J. N., 2011. Castration induced pain in pigs and other livestock. Appl. Anim. Behav. Sci. 135:214-225.
242. Ravindran, V., Kornegay, E. T., & Webb, K. E. 1984. Effects of fiber and virginiamycin on nutrient absorption, nutrient retention and rate of passage in growing swine. Journal of animal science, 59(2), 400-408.
243. Reese, D. E., B. D. Moser., E. R. Peo. Jr., A. J. Lewis., D. R. Zimmerman., J. E. Kinder and W. W. Stroup. 1982a. Influence of energy intake during lactation on the interval from weaning to first estrus in sows. J. Anim. Sci. 55:590.
244. Reese, D. E., B. D. Moser., E. R. Peo. Jr., A. J. Lewis., D. R. Zimmerman., J. E. Kinder and W. W. Stroup. 1982b. Influence of energy intake during lactation on subsequent gestation, lactation and postweaning performance of sows. J. Anim. Sci. 55:867.
245. Rehna, A., M. Arundhati and C. B. Naveen. 2013. Targeted silencing of BjMYB28 transcription factor gene directs development of low glucosinolate lines in oilseed *Brassica juncea*. Plant. Biotechnol. J. 11:855-866.
246. Renaudeau, D. 2001. Adaptation nutritionnelle et physiologique aux températures ambiantes leves chez la truie en lactation. Thesis, Univ. Rennes I, Rennes,

France.

247. Revell, D. K., I. H. Williams., B. P. Mullan and R. J. Smits. 1994. Body fatness influences voluntary feed intake and live weight loss during lactation in primiparous sows. *J. Anim. Sci.* 72: 389.
248. Rhule, S. W. A. 1996. Growth rate and carcass characteristics of pigs fed on diets containing palm kernel cake. *Animal feed science and technology*, 61(1), 167-172.
249. Rhule. S. W. A, Okai. D. B, Addo-Kwafo. S, and G. Y. Ameleke. 2007. Feed package for pigs in Ghana using AIBPs: solution to feeding constraints. In *Proceedings of the Ghana Society of Animal Production Symposium*, vol. 15, pp. 135-139.
250. Rodrigues, I. M., M. G. V. S. Carvalho and J. M. S. Rocha. 2014. Increasing the protein content of rapeseed meal by enzymatic hydrolysis of carbohydrates. *Bio. Res.* 9: 2010-2025.
251. Rooke, J. A and I. M. Bland. 2002. The acquisition of passive immunity in the new-born piglet. *Livest. Prod. Sci.* 82, 632-639.
252. Rooke, J. A., et al. "Relationships between passive absorption of immunoglobulin G by the piglet and plasma concentrations of immunoglobulin G at weaning." *Livestock Production Science* 81.2 (2003): 223-234.
253. Rosero, D. S., E. van Heugten., J. Odle., C. Arellano and R. D. Boyd. 2012. Response of the modern lactating sow and progeny to source and level of supplemental dietary fat during high ambient temperatures. *J Anim. Sci.* 90:2609-2619.
254. RSPCA. 2012. RSPCA Welfare standards for pigs.
255. Ruis, M. A. W, J. de Groot, J. H. A. Te Brake, E. D. Ekkel, J. A. van de Burgwal, J. H. F. Erkens, B. Engel, W.G. Buist, H. J. Blokhuis, and J. M. Koolhaas. 2001. Behavioural and physiological consequences of acute social defeat in growing gilts: effects of the social environment. *Appl. Anim. Behav. Sci.* 70, 201 - 225.
256. Ruis, M. A., J. H. Te Brake, B. Engel, E. D. Ekkel, W. G. Buist, H. J. Blokhuis, and J. M. Koolhaas. 1997. The circadian rhythm of salivary cortisol in growing pigs: effects of age, gender, and stress. *Physiology and behavior*, 62:623-630.
257. Rundgren, M. 1988. Growing pig performance; effects of dietary fibre, the halothane gene, transportation and mixing. Dissertation, Univ. of Uppsala, Sweden.
258. Rutkowski, A. 1971. The feed value of rapeseed meal. *Journal of the American Oil Chemists Society*, 48(12), 863-868.
259. Ryoichi, S., Degychi, T., and Nagata, Y. 1993. Effectiveness of the filter paper press methods for determining the water holding capacity of meat.

- Fleischwirtsch 73, 1399.
260. Saittagaroon, S., S. Kawakishi and M. Namiki, 1983. Characterization of polysaccharides of copra meal. *J. Sci. Food Agri.* 34:855-860
 261. Sakata, T. and Inagaki, A. 2001. Organic acid production in the large intestine: Implication for epithelial cell proliferation and cell death. In: *Gut environment of pigs* (Eds: Piva A., K. E. Bach Kundsén and J. E. Linberg). 1st ed. Nottingham, Nottingham University Press, 2001, 85.
 262. Salo M.L. (1982): Rapeseed meal as a protein-source for growing-pigs. *Journal of the Scientific Agricultural Society of Finland*, 54, 313-320.
 263. Salobir, J. Vlakhina v prehrani prasicev. In: *Zbornik predavanj 8. posvetoanja o prehrani domacih zivali. Zdravcevi-Erjavcevi dnevi, radenci, 1999-10-28/29.* Murska Sobota, zivinorejko veterinarski zavod za Pomurje, 1999. 113.
 264. Sarwar, G., Shannon, D. W. F., & Bowland, J. P. 1975. Effects of processing conditions on the availability of amino acids in soybean and rapeseed proteins when fed to rats. *Canadian Institute of Food Science and Technology Journal*, 8(3), 137-141.
 265. SAS. 1996. SAS user's guide: Release 8.02 edition. SAS Inst, Inc., Cary, NC. U. S. A.
 266. SAS. 2004. SAS User's Guide. SAS. Institute. Cray. NC.
 267. SAS. 2006. SAS user's guide: Release 8.02 edition. SAS Inst, Inc., Cary, NC. U. S. A.
 268. SAS. 2009. SAS User's Guide. SAS. Institute. Cray. NC.
 269. Sauvant, D., J. M. Perez, G. Tran, eds. 2004. *Tables of Composition and Nutritive Value of Feed Materials: Pigs, poultry, cattle, sheep, goats, rabbits, horses, fish.* Wageningen Academic Publishers, the Netherlands.
 270. Schneider, J. D.; Carter, S. D.; Morillo, T. B. and Park, J. S. 2003. Effects of ractopamine and β -mannanase addition to corn-soybean meal diets. on growth performance and carcass traits of finishing pigs. *J. Anim. Sci.* 78(Suppl.):73 (Abstr.)
 271. Schöne, F., M. Leiterer, G. Jahreis and B. Rudolph. 1997. Effect of rapeseed feedstuffs with different glucosinolate content and iodine administration on gestating and lactating sow. *J. Vet. Med. A.* 44:325-339.
 272. Schöne, F., M. Leiterer, H. Hartung, G. Jahreis and F. Tischendorf. 2001. Rapeseed glucosinolates and iodine in sows affect the milk iodine concentration and the iodine status of piglets. *Br. J. Nutr.* 85:659-670.
 273. Schuld, F. W. and J. P. Bowland. 1968, Composition of colostrum and milk from sows receiving dietary rapeseed meal or soybean meal. *Can. J. Anim. Sci.* 48:65-69.
 274. Schutte, J. E., J. C. Longhurst, F. A. Gaffney, B. C. Bastian and C. G. Blomqvist.

1981. Total plasma creatinine: an accurate measure of total striated muscle mass. *J. Applied Physiology*. 51(3):762-766.
275. Sejersen, H., M. T. Sørensen., T. Larsen., E. Bendixen and K. L. Ingvarsten. 2014. Liver protein expression in young pigs in response to a high-fat diet and diet restriction. *J. Anim. Sci.* 91:147-158.
276. Serenius, Timo, et al. "National Pork Producers Council Maternal Line National Genetic Evaluation Program: A comparison of sow longevity and trait associations with sow longevity." *Journal of animal science* 84.9 (2006): 2590-2595.
277. Sherazi, S. T. H., S. Arain, S. A. Mahesar, M. I. Bhangar and A. R. Khaskheli. 2013. Erucic acid evaluation in rapeseed and canola oil by Fourier transform-infrared spectroscopy. *Eur. J. Lipid. Sci. Technol.* 115:535-540.
278. Sherritt, G. W., H. B. Graves, J. L. Gobble and V. E. Hazlett. 1974. Effects of mixing pigs during the growing-finishing period. *J. Ani. Sci.* 39(5): 834-837.
279. Shi, X. S. and Noblet, J. 1994. Effect of body weight and feed composition on the contribution of the hindgut to digestion of energy and nutrients in pigs. *Livest. Prod. Sci.* 38:225.
280. Skok, J., Brus M., Škorjanc, D., 2007. Growth of piglets in relation to milk intake and anatomical location of mammary glands. *Acta Agric. Scand. Section A, Animal Science* 57:129-135.
281. Škorjanc, D., Brus, M., Potokar, M. Č., 2007. Effect of birth weight and sex on pre-weaning growth rate of piglets. *Arch. Tierz., Dummerstorf* 50:476-486.
282. Sloat D.A., Mahan D.C., Roehrig K.L., 1985 Effect of pig weaning weight on post weaning body composition and digestive enzyme development. *Nutrition Reports International*,(31): 627.
283. Smith, H. W. 1965. The development of the flora of the alimentary tract in young animals. *J. Path. Ract.* 90:495-513.
284. Sogunle, Fanim, Abiola and Bamgbose. 2009. Performance of growing pellets fed cassava peel meal diet supplemented with cashew nut reject meal. *Archivos de Zootecnia* 2009 58(221)
285. Sogunle, O.M., A.O. Fanim, W.O. Biobaku and A.M. Bambose. 2005. The feeding value of full-fat cashew nut (*Anacardium occidentale* Linn) rejects and low cereal diets for broiler chickens. *Nig. J. Anim. Prod.* 35: 46-53.
286. Soltau, M., Richter, D., & Kreienkamp, H. J. (2002). The insulin receptor substrate IRSp53 links postsynaptic shank1 to the small G-protein cdc42. *Molecular and Cellular Neuroscience*, 21(4):575-583.
287. Souza, TCR, Landin, G. M, K. E. Garcia, A. A. Barreyro and A. M. Barron. 2012. Nutritional changes in piglets and morphophysiological development of their digestive tract. *Veterinaria Mexico* 43, 155-173.

288. Speer and Brown. 1959. The cessation of antibody absorption in the young pig. *The Journal of Immunology* December 1, 1959 vol. 83 no. 6 632-634.
289. Spoolder, H. A. M., S. S. Edwards. and S. Corning. 2000. Legislative methods for specifying stocking density and consequences for the welfare of finishing pigs. *Livest. Prod. Sci.* 64:167-173.
290. Stein, H. H., S. W. Kim, T. T. Nielsen, and R. A. Easter. 2001. Standardized ileal protein and amino acid digestibility by growing pigs and sows. *J. Anim. Sci.* 79:2113-2122.
291. Sterzl, J., Rejnek, J. and Travnicek J. 1965. Impermeability of pig placenta for antibodies. *Folia Microbiologica.* Vol. 11, Issue 1, p:7-10.
292. Sulabo, R. C., Ju, W. S., & Stein, H. H. 2013. Amino acid digestibility and concentration of digestible and metabolizable energy in copra meal, palm kernel expellers, and palm kernel meal fed to growing pigs. *Journal of animal science*, 91(3), 1391-1399.
293. Sumathi, S., Chai, S. P., & Mohamed, A. R. 2008. Utilization of oil palm as a source of renewable energy in Malaysia. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 12(9), 2404-2421.
294. Sundu, B., & Dingle, J. G. 2003. Use of enzymes to improve the nutritional value of palm kernel meal and copra meal. In *Queensland Poultry Science Symposium 2003* (Vol. 11, pp. 1-15). World's Poultry Science Association.
295. Sundu, B., Kumar, A., & Dingle, J. 2009. Feeding value of copra meal for broilers. *World's Poultry Science Journal*, 65(03), 481-492.
296. Swamy, H. V. L. N., Smith, T. K., MacDonald, E. J., Karrow, N. A., Woodward, B., & Boermans, H. J. 2003. Effects of feeding a blend of grains naturally contaminated with mycotoxins on growth and immunological measurements of starter pigs, and the efficacy of a polymeric glucomannan mycotoxin adsorbent. *Journal of animal science*, 81(11), 2792-2803.
297. Tamaru, Y., T. Araki, H. Amagoi, H. Mori, and T. Morishita. 1995. Purification and characterization of an extracellular 1-4-mannanase from a marine bacterium, *Vibrio* sp. Strain MA-138. *Applied and Environmental Microbiology.* 61:4454-4458.
298. Tan, S. S. L., and D. M. Shackleton. 1990. Effect of mixing unfamiliar individuals and of azaperone on the social behaviour of finishing pigs. *Appl. Anim. Behav. Sci.* 26:157.
299. Tantasuparuk, W., N. Lundeheim, A.-M. Dalin, A. Kunavongkrit, and S. Einarsson. 2001. Weaning-to-service interval in primiparous sows and its relationship with longevity and piglet production. *Livest. Prod. Sci.* 69:155-162.
300. Taylor, A. A., Weary, D. M., Lessard, M., Braithwaite, L., 2001. Behavioural responses of piglets to castration: the effect of piglet age. *Appl. Anim. Behav.*

301. Taylor, S. J., Cole, D. A. and Lewis, D. 1985. Amino acid requirements of growing pigs. 6. Isoleucine. *Anim. Prod.* 40:153-160.
302. Teague, H. S., and A. P. Grifo. 1961. Movement and resorting of pigs during the growing-finishing period. *Anim. Sci. Mimeo.* No. 124.
303. The Kansas swine nutrition guide, 1997
304. Thorne, P. J., D. J. A. Cole and J. Wiseman. 1990 Copra meal. In non-traditional feed sources for use in swine production. Thaker, P. A. and R. N. K. inkword. Eds., Butterworths. Boston. 123
305. Tokach, M. D., Pettigrew, J. E., Johnston, L. J., Overland, M., Rust, J. W. and Cornelius, S. G. 1995. Effect of adding fat and(or) milk product to the weaning pig diet on performance in the nursery and subsequent grow-finish stages. *J. Anim. Sci.* 73:3358-3368.
306. Tomasi, 1968. Secretory immunoglobulins *Adv. Immunol.* 9:1-96.
307. Tripathi M. K. and A. S. Mishra. 2007. Glucosinolates in animal nutrition: A review. *Anim. Feed. Sci. Technol.* 132: 1-27.
308. Tripathi, M.K., Mishra, A.S., Misra, A.K., Mondal, D., Karim, S.A., 2001. Effect of substitution of groundnut with high glucosinolate mustard (*Brassica juncea*) meal on nutrient utilisation, growth, vital organ weight and blood composition of lambs. *Small Rumin. Res.* 39, 261 - 267.
309. Turner, S. P., D. J. Allcroft., and S. A. Edward. 2003. Housing pigs in large social groups: a review of implications for performance and other economic traits. *Livest. Prod. Sci.* 82:39-51.
310. Umunna, N. N., Magaji, I. Y., Adu, I. F., Njoku, P. C., Balogun, T. F., Alawa, J. P., & Iji, P. A. 1994. Utilization of palm kernel meal by sheep. *Journal of Applied Animal Research*, 5(1), 1-11.
311. USDA, 2014. Oilseeds and Products Annual. Gain report No. KS1413. pp 1-25. Washington, D.C.
312. Vasdal, G., Andersen, I. L., 2012. A note on teat accessibility and sow parity - consequences for newborn piglets. *Livest. Sci.* 146:91-94.
313. Violaine Colson, O. Pierre, C. Valerie, D. Sebastien, F. Aline and M. Pierre. 2005. Grouping piglets by sex at weaning reduces aggressive behaviour. *Applied Animal Behaviour Science.* 152-171.
314. Wachenheim, C. J., Novak, P., DeVuyst, E. A., & Lambert, D. K. 2006. Demand estimation for agricultural processing coproducts. *Great Plains Research*, 85-94.
315. Warriss, P. D., S. N. Brown, J. E. Edwards and T. G. Knowles. 1998. Effect of lairage time on levels of stress and meat quality in pigs. *Animal Science*, 66:255-261.
316. Weldon, W. C., A. J. Lewis., G. F. Louis., J. L. Kovar., M. A. Giesemann and P. S.

- Miller. 1994. Postpartum hypophagia in primiparous sows: I. Effects of gestation feeding level on feed intake, feeding behavior, and plasma metabolite concentrations during lactation. *J. Anim. Sci.* 72:387.
317. Whang, K. Y. and R. A. Easter. 2000. Blood urea nitrogen as an index of feed efficiency and lean growth potential ingrowing - finishing swine. *Asian - Aust. J. Anim. Sci.* 13:811 - 816..
318. Williams, A. M., T. J. Safranski., D. E. Spiers., P. A. Eichen., E. A. Coate and M. C. Lucy. 2014. Effects of a controlled heat stress during late gestation, lactation, and after weaning on thermoregulation, metabolism, and reproduction of primiparous sows. Department of Animal Sciences, University of Missouri, Columbia 65:211.
319. Wiseman, J. 2000. Correlation between physical measurements and dietary energy values of wheat for poultry and pigs. *Anim. Feed Sci. Technol.* 84:1- 11.
320. Wolter, B. F., Ellis, M., Curtis, S. E., Parr, E. N and D. W. Webel. 2000. Group Size and floor-space allowance can affect weanling pig performance. *Journal of Animal Science.* 78:2062-2067.
321. Wolter, B. F., Ellis, M., Curtis, S. E., Parr, E. N. and D. M. Webel. 2002. Effects of feeder-trough space and variation in body weight in body weight within a pen of pigs on performance in a wean-to-finish production system. *Journal of Animal Science.* 80:2241-2246.
322. X. S. Piao, Y. K. Han, S. H. Bae, H. Lee, In K. Han. 1998. Evaluation of CM (cell mass from lysine fermentation) as an alternative protein source in broiler diets. *Asian-Aust. J. Anim. Sci.* Vol.11, No.5 : 550-558.
323. Yannick, L. C., C. David., V. Bbeaumal., S. Johansen and J. Y. Dourmad. 1998. Effect of the feeding level during rearing on performance of Large White gilts. Part 2: effect on metabolite profiles during gestation and lactation, and on glucose tolerance. Inra, 35590 Saint-Gilles, France.
324. Yen, J. T., J. A. Nienaber, D. A. Hill, and W. G. Pond. 1991. Potential contribution of absorbed volatile fatty acids to whole-animal energy requirement in conscious swine. *J. Anim. Sci.* 69:2001-2012.
325. Yoon, S. Y., Y. X. Yang, P. L. Shinde, J. Y. Choi, J. S. Kim, Y. W. Kim, K. Yun, J. K. Jo, J. H. Lee, S. J. Ohh, I. K. Kwon, and B. J. Chae. 2010. Effects of mannanase and distillers dried grain with soluble on growth performance, nutrient digestibility, and carcass characteristics of grower-finisher pigs. *J. Anim. Sci.* 88:181-191.
326. Young, L. G., G. J. King, J. Shaw, M. Quinton, J. S. Walton, and I. McMillan. 1991. Interrelationships among age, body weight, backfat and lactation feed intake with reproductive performance and longevity of sows. *Can. J. Anim. Sci.* 71:567-575.

327. Zijlstra, R. T. 1999. Nutritional value of wheat for growing pigs: chemical composition and digestible energy content. *Can. J. Anim. Sci.* 79:187-194.
328. 국길, 정진형, 김광현. 2005. 죽초액 첨가수준이 비육돈의 육생상성, 혈액성상, 도체성적 및 육질 특성에 미치는 영향. *한국동물자원과학회지*. 47 (5):721-730.
329. 김유용 등, 2012. *동물영양학*. 3: 38-56.
330. 김유용, 장영달, 주원석. 2011. 양돈과 영양. 서울: 서울대학교 출판문화원.
331. 김유용. 2012. 포유 자돈의 이유시기에 따른 자돈과 경산모돈의 면역상태 및 생리적 변화의 규명. 서울대학교
332. 정현정. 2006. 이유일령 연장으로 자돈의 성장능력 개선. 축산과학원

주 의

1. 이 보고서는 농림축산식품부에서 시행한 첨단생산기술개발사업의 연구보고서입니다.
2. 이 보고서 내용을 발표하는 때에는 반드시 농림축산식품부에서 시행한 첨단생산기술개발사업의 연구 결과임을 밝혀야 합니다.
3. 국가과학기술 기밀유지에 필요한 내용은 대외적으로 발표 또는 공개하여서는 아니됩니다.