

발간등록번호

11-1541000-001204-01

새로운 대체원료 사료 개발 및 경제적  
양돈사료 생산방안

Development of the Alternative Feed Ingredients  
and Economical Swine Feed Products

서울대학교

농림수산식품자료실



0004550

농림수산식품부

# 제 출 문

농림수산식품부 장관 귀하

이 보고서를 “새로운 대체원료 사료 개발 및 경제적 양돈사료 생산방안에 관한 연구”  
과제의 최종 보고서로 제출합니다.

2011년 12월 19일

주관연구기관명 : 서울대학교

주관연구책임자 : 교수 김유용

세부연구책임자 : 교수 김유용

연구원 : 허필승

연구원 : 김동혁

연구원 : 김광호

연구원 : 김영주

연구원 : 장재철

협동연구기관명 : 충북대학교

협동연구책임자 : 교수 정정수

연구원 : 김원영

연구원 : 송미연

# 요 약 문

## I. 제 목

새로운 대체원료 사료 개발 및 경제적 양돈사료 생산방안에 관한 연구

## II. 연구개발의 목적 및 필요성

현재 지속적인 유가의 상승과 유자원의 고갈이 가속화됨에 따라, 곡물을 이용한 바이오연료의 생산이 꾸준히 증가되어 왔다. 이와 더불어 전 세계적인 기상변화로 인한 식량자원의 감소가 일어났으며 곡물 생산을 위한 한정적인 토지로 인해 국제 곡물가격이 폭등하였다. 이와 같은 상황에서 사료비가 축산물 생산비의 40-60% 가량을 차지하는 축산업은 큰 위기에 직면하게 되었다.

우리나라의 경우 배합사료 생산을 위한 원료의 90% 이상을 수입에 의존하고 있기 때문에, 상승하는 곡물가격에 특히 민감하게 반응한다. 원료의 가격 상승은 배합사료의 가격 인상을 가져와 양돈농가의 생산비를 상승시키는 원인이 되고, 이에 따라 다른 양돈 선진국들에 비해 생산성이 낮은 우리나라 양돈농가들은 더욱 경제적 위기에 처하게 되었다. 우리나라에서도 이러한 문제에 대한 해결책으로 다양한 대안을 찾고 있는 상황이며, 타격을 최소화시키기 위한 장기적인 대응방안의 연구가 요구되고 있다. 양돈 사료 내에 주로 사용하는 옥수수과 대두박의 가격변화를 예측하기가 어려워지면서 원료 사료 가격상승을 억제할 수 있는 방안 중 하나로 대체 원료의 개발이 대두되었으며 가장 현실적인 대안으로 평가되고 있다. 하지만 많은 원료들이 대안으로 제시되어도 이러한 여러 원료 중에서 확실하게 그 대체 효과를 입증 받은 경우는 없고 그 가능성만 꾸준히 제기되는 문제가 있다.

배합사료에 사용하기 위한 원료사료는 몇 가지의 조건을 충족해야 한다. 우선 가격적인 조건이 기존에 배합사료에 쓰이는 원료보다 저렴하여야 하고, 세계적으로 원료의 생산량이 많아 꾸준한 물량을 확보하는데 어려움이 없어야 하며, 수출입을 위한 저장성 또한 우수해야 한다. 그리고 무엇보다 동물의 성장에 기존의 사료에 비해 부정적인 영향을 미쳐서는 안된다. 따라서 다양한 대체 원료 가능물질들이 대두되었지만 가격적인 측면에서 저렴한 대체원료의 단점은 원료 내에 포함되어 있는 영양소의 조성이 가축이 이용하기 어려운 형태이거나, 항 영양인자를

함유하고 있다는 문제가 발생하였다. 최근 연구 동향을 살펴보면 대체원료로 제시된 원료들에 대한 영양소 함량, 항 영양인자에 대한 기본적인 정보는 제시되어 있지만, 이들 대체원료에 대한 축종 및 연령별 적정 첨가수준 및 영양소의 이용성을 증가시킬 방안에 대한 연구결과들은 아직 미진한 편이다. 이러한 시점에서 대체원료의 이용가능성과 사료원료로서 대체원료사료의 이용성을 증대시킬 수 있는 정확하고 구체적인 연구가 시급히 요구된다.

따라서 본 연구에서는 원료사료의 대체 가능성을 가지고 있는 대체원료사료를 이용하여 양돈 사료에 이용가능성을 평가하고, 효소제 및 경제성 분석을 통해 이들 대체원료의 효과적인 사용 방안을 연구하여 제시하고자 한다.

### III. 연구개발 내용 및 범위

본 과제 중 1년차에는 옥수수-대두박 위주의 사료를 대체할 수 있는 후보원료의 탐색과 평가가 이루어졌다. 옥수수와 대두박을 대체하기 위한 조건으로 대체원료들의 영양소 조성, 항 영양인자, 소화율, 기호성, 원료 수급상황, 경제성 등 여러 가지 조건과 학위 논문 및 해외 수급 조사를 통하여 옥수수와 대두박을 대체할 가능성이 있는 여러 가지 원료들이 후보로 제시되었다. 본 연구에서 대체원료 사료 탐색을 통하여 주로 동남아에서 생산되는 대체원료들인 타피오카, copra 박, palm 등에 대해 분석하였으며 대체원료 후보들을 선정하였다.

1년차 연구과제에서는 옥수수-대두박의 대체사료 후보원료 탐색 및 평가를 통하여 선정된 copra 박의 소화율을 알아보기 위하여 총 3가지 방법으로 영양소 소화율 실험이 진행되었다. 첫 번째로 전분채취법(total collection method)을 이용하여 copra 박 원료에 대한 영양소 조성 분석을 토대로 돼지에의 이용 효율을 알아보았으며, copra 박에 들어있는 항영양인자인 mannan을 분해할 수 있는 mannanase의 첨가 및 copra 박의 수준별 첨가에 따른 돼지의 영양소 소화율에 미치는 영향에 대한 연구가 진행되었다. 두 번째로는 20두의 육성돈을 공시하여 회장에 캐놀라를 설치하고 copra 박 첨가수준과 효소제의 첨가 수준에 따른 회장 소화물 내 조단백질과 아미노산, 조지방, 조수분 및 조섬유 소화율을 분석하여 대체원료인 copra 박의 정밀한 대사에너지가 및 영양소 이용성을 규명하였다. 마지막으로 대체원료사료의 항 영양인자 분석과 이용률 증진 효과 검증을 위해 in vitro상에서 효소제 첨가 유무에 따른 copra 박의 소화율 시험이 수행되었다. 또한 육성-비육돈 사료 내 옥수수-대두박 대체원료로서 copra 박의 적정 첨가수준 설정 및 이용성 증대를 검증하기 위해 copra박의 첨가수준과 효소제의 첨가 유무에 따른 성장성적 및 육질변화를 조사하였다.

2년차 연구과제에서는 옥수수-대두박의 대체원료로서 palm 박의 이용가능성을 평가하기 위하여 육성-비육돈의 성장성적 및 육질에 대한 평가와 소화율 실험이 수행 되었으며, 1년차 연구과제에서 수행되었던 copra 박과의 비교를 통하여 육성-비육돈의 성장성적과 경제성에 미치는 영향을 비교·분석하였다. 사료첨가제로서 palm 박에 다량 함유되어 있는 항 영양 인자인 mannan을 분해하는 효소인 mannanase를 첨가함으로써 사료 효율이나 사료 이용성의 개선효

과가 있는가를 분석하여 palm 박의 사료 내 이용 가능성을 규명하고, 육질 및 경제성에 미치는 영향을 조사함으로 원료사료 대체가능성을 평가하였다. Palm 박의 소화율을 알아보기 위하여 소화율 실험이 진행 되었으며, 이들 원료에 대한 영양소 조성 분석을 토대로 전분채취법 (total collection method)을 통하여 대체원료로서의 이용 효율을 알아보았다. 위 결과를 토대로 각 원료의 적정 첨가수준을 결정하여 기존의 옥수수-대두박 위주의 사료와 대체원료인 palm 박과 copra 박을 첨가한 사료 급여가 육성-비육돈의 성장성적에 미치는 영향과 소화율 실험을 통하여 실제 현장 적용 시 가장 효율적인 대체원료 선정 및 적정 첨가수준에 대한 규명이 이루어졌다. 또한 협동과제로서 자돈사료 내 고비용 유제품인 락토오스를 다른 대체원료 사료로 대체하기 위해 쌀 가공품을 이용하였으며 대체원료의 락토오스 대체가 자돈의 성장능력과 설사빈도, 분 내 대장균과 휘발성 조성 및 경제성 분석에 미치는 영향에 대하여 검증하였다. 이유자돈에게 쌀 가공품이 첨가된 사료를 급여하여 전분채취법을 통한 영양소 소화율분석을 통하여 자돈 원료사료로서 쌀 가공품의 특성을 파악하였으며, 쌀가공품 첨가에 따른 소장의 발달 및 장내 미생물 균총 조성 변화를 측정하기 위해 morphology 분석 및 real-time PCR 분석이 진행되었다.

3년차 연구과제에서는 대체원료로서 palm 박의 임신돈 및 포유모돈 사료 내 첨가가 생산성과 경제성에 미치는 영향을 조사하였다. 임신돈 사료 내 palm 박의 급여수준과 함께 이용률 증진을 위한 효소제 첨가유무가 임신돈의 번식성적과 연산성에 미치는 영향을 조사하였으며, 대표적 임신기 생리적 변화인 체중, 등지방 및 생리적인 지표들을 측정하였다. 또한 대체원료의 사용으로 인한 사료비 원가 절감 효과를 제시하고, 사료비용 절감과 동시에 번식 및 포유능력 향상 가능성을 분석하였다. 이를 포유 모돈에게도 적용하여, 포유모돈 사료 내 palm 박의 첨가가 포유돈의 번식성적과 포유능력에 미치는 영향을 조사하였다. 또한 3년 동안 진행되었던 위의 실험들을 토대로 옥수수-대두박 대체원료 사료 개발에 관련된 정보 보급매체 제작과 교육 프로그램 보급을 통하여 본 과제에서 개발 된 각 사육 단계에 따른 대체사료의 성장성적과 경제성 분석을 통한 효과를 제시하였다. 협동과제로 육성-비육돈 사료 내 폐기 주정 부산물인 타피오카 주정박의 수준별 첨가가 육성-비육돈의 성장성적, 영양적 소화율, 도체성적과 육질에 미치는 영향에 한 연구가 진행되었고, 전분채취법을 이용하여 타피오카 주정박이 육성-비육돈의 영양소 소화율에 미치는 영향을 조사하였다.

#### IV. 연구개발결과 및 성과활용 계획

본 1년차 연구과제에서 옥수수-대두박의 대체원료들로서 열대지방에서 많이 생산되고 있는 copra 박을 대체원료 후보물질로 선정한 뒤 이들을 토대로 전분채취법, 회장 소화율, in vitro 에 의한 소화율 실험을 통하여 copra 박이 옥수수-대두박을 대체할 수 있는지에 대해 검증하였다. 영양소 소화율에 있어서는 육성기의 조단백질(crude protein) 소화율이 copra 박을 18% 첨가한 처리구만이 다른 처리구들에 비해 유의적으로 낮은 수치를 나타내었다(P<0.05).

또한 비육기 영양소 소화율에서는 모든 처리구간에 유의적인 차이가 나타나지 않아 copra 박을 18%까지 첨가하여도 비육돈의 영양소 소화율에는 영향을 미치지 않는다는 결과를 보여주었다. In vitro 영양소 소화율 실험과 회장 소화율 실험 결과에서도 처리 간 유의차가 발생하지 않았으며 결과적으로 copra 박의 첨가는 상당량을 첨가하여도 돼지의 영양소 소화율에 부정적인 영향을 미치지 않는 것으로 나타났다. 사양 실험에서 실험종료 시 체중에서 통계적인 유의차가 나타나지 않았고 copra박을 18% 첨가한 CM18 처리구가 다른 처리구들에 비해 체중이 낮은 경향이 나타났다. 하지만 CM6(copra 박 6% 첨가구)처리구와 CM12(copra 박 12% 첨가구) 처리구의 경우 NC(basal diet)과 PC(basal diet+mannanase) 처리구와 대등한 성장성적을 나타내었고 영양소 소화율 실험의 결과와 유사하였다. 또한 일당사료섭취량에서는 첨가 수준에 따라 어떠한 차이나 경향이 발견되지 않았다. 사양 전 기간 동안 mannanase 첨가한 PC 처리구와 CM6 처리구에서 유의적으로 사료 효율이 높게 나타났으며, CM18 처리구가 가장 낮은 사료 효율을 보였다( $P < 0.05$ ). 결과적으로 copra 박을 높은 수준으로 첨가할 경우 사료효율에 영향을 미칠 가능성이 있으나 12% 수준까지의 첨가는 돼지의 성장성적에 크게 영향을 미치지 않고 이용이 가능할 것으로 사료된다.

돈육의 품질을 결정하는 중요한 조건중의 하나인 저장성을 판단하기 위한 지방산패도 분석 결과에서는 도축 후 처음 1, 3일차에는 처리구간 유의적인 차이를 나타내지 않았으나, 5일차에는 copra 박 12% 첨가구와 18% 첨가구에서 유의적으로 대조구에 비해 높아졌다( $P < 0.05$ ). 그러나 7일차에는 모든 처리구간 유의적인 차이가 없었으므로 장기적인 관점에서 볼 경우 큰 영향을 미치지 않을 것으로 사료된다. 도축 후 돈육의 pH와 육색(meat color) 변화에서는 대조구와 copra 박을 첨가한 처리구에서 통계적인 유의차가 나타나지 않았다.

본 연구를 통해 육성-비육돈 사료 내 옥수수-대두박 대체원료로서 copra 박을 첨가할 경우 18%첨가시 돼지의 성장율에 영향을 미칠 수 있는 것으로 나타났으며, 특히, 육성돈의 조단백질 영양소 소화율에 영향을 미치는 것으로 나타났다. 따라서 옥수수-대두박 대체원료로서 copra 박은 12%까지 대체가 가능하며, 이들에 들어있는 항영양인자인 mannan을 분해하는 mannanase의 첨가는 copra 박의 첨가량 증가에 따른 육성-비육돈의 최적 성장 및 효과적 이용을 위해 이용을 긍정적으로 고려해야 할 것으로 사료된다.

본 2년차 연구에서는 육성-비육기의 양돈 사료 내 palm 박과 mannanase의 급여가 기존의 옥수수-대두박을 어느 수준까지 대체가 가능한지를 규명하기 위해 수행되었다. 6주까지의 사양실험 결과, palm 박을 각각 6, 12% 첨가한 PKM6, PKM12 처리구의 경우 체중, 일당중체량, 일당사료섭취량에 있어서 대조구와 비교하여 통계적으로 유의적인 차이를 나타내지 않았다. 그러나 사료효율에서 palm 박을 18% 첨가한 PKM18 처리구의 경우 다른 처리구에 비해서 유의적으로 낮은 결과가 나타났다. Palm 박을 첨가함에 따라 3주 체중에서 linear response가 나타났으며 0-3주에서 사료효율에서 linear response와 quadratic response가 동시에 나타났다( $P < 0.05$ ). 결과적으로 palm 박의 첨가 수준이 올라감에 따라 육성기 체중이 감소하는 경향이 나타났으나 12%까지는 처리구간에 비슷한 수준을 나타내었기 때문에 육성기

사료 내 palm 박을 12%까지 첨가하는 것은 육성돈에게 큰 부정적인 영향을 나타내지 않는 것으로 판단된다. 비육기에서는 palm박 첨가에 의한 처리 간 유의적인 차이가 나타나지 않았으며, 이는 영양소 요구량이 낮아지는 비육기에는 palm박의 사용량을 증가시켜도 성장에 문제가 없음을 의미한다. 영양소 소화율 실험에서는 사료 내 palm 박의 첨가에 의해 조단백질과 조섬유 소화율에 유의적인 차이가 나타났다( $P < 0.01$ ). 조단백질 소화율의 경우, palm 박을 18% 첨가한 처리구가 다른 처리구에 비해 유의적으로 가장 낮은 수치를 나타냈으며 ( $P < 0.01$ ), palm 박을 각각 6%, 12% 첨가한 처리구에서는 대조구와 mannanase를 첨가한 PC 처리구와 비교 시 유의적인 차이가 나타나지 않았다. 따라서 양돈 사료에 mannanase의 첨가는 대체원료인 palm 박의 소화율을 향상 시키는 데 도움이 되는 것으로 판단되며, palm 박을 18% 수준으로 급여하는 것은 mannanase를 이용하여도 돼지의 소화율에 있어 부정적인 영향을 미친다고 사료된다.

두 대체원료인 copra 박과 palm 박의 육성-비육돈 사료 내 첨가를 통하여 비교 실험한 결과, 사양실험에서 육성기에서는 차이가 없었지만 비육기 체중 및 일당증체량에서 palm 박을 처리한 처리구가 copra 박을 처리한 처리구에 비하여 유의적으로 높게 나타났다( $P < 0.05$ ). 사료섭취량에서는 palm 박과 copra 박의 차이가 나타나지 않았지만 비육전기의 사료효율에서 palm 박을 급여한 처리구가 유의적으로 높은 사료효율을 나타냈다( $P = 0.05$ ). 또한 비육전기 및 비육기 전 기간에서 원료사료와 mannanase의 상호작용이 나타났으며( $P < 0.05$ ), 실험 전 기간을 기준으로 고도의 유의적인 차이가 발견되었다( $P < 0.01$ ). 혈중 요소태질소나 육질 검사에 있어서는 처리구간의 유의적인 차이가 나타나지 않았다. 육질분석의 결과 보수력에서 mannanase 수준이 증가할수록 보수력이 유의적으로 증가하는 결과가 나타났고( $P = 0.01$ ), 기타 육질에는 palm박 및 mannanase의 첨가가 유의적인 영향을 미치지 않았다.

쌀 가공품의 유당대체제로서의 가능성 여부를 이유자돈의 5주간의 사양시험에서 평가한 결과 처리구간 체중, 일당증체량, 사료섭취량에서 유의적인 차이가 나타나지 않았다. 하지만 유당을 쌀가공품으로 대체하여 6%까지 첨가하였을 때 일당증체량과 일당사료 섭취량이 증가하는 경향이 나타났다. 쌀가공품의 첨가에 의한 영양소 소화율에서도 성장성적과 마찬가지로 처리구 간 유의적인 차이가 없었으며, 설사빈도에 있어서는 쌀가공품을 6% 첨가한 L6 처리구의 설사 빈도가 수치상으로 낮게 나타났으나 유의적인 차이는 나타나지 않았다. 분 내 대장균 수 비교에서는 대조구에 비해 쌀 가공품의 첨가수준이 증가할수록 분 내 대장균의 수가 유의적으로 감소하는 것을 관찰되었다( $P < 0.05$ ). 분 내 미생물 대사산물인 휘발성 지방산 농도 비교에서는 L6 처리구가 대조구에 비해 acetate와 propionate, butyrate가 높은 수치를 보였으나 각 처리구간 유의차는 나타나지 않았다. 소장의 형태학적 관찰에서도 처리구간의 유의차는 없었으며, 장내 미생물 균총에서 쌀 가공품의 첨가수준이 증가할수록 장내 유익균의 수가 증가하는 경향이 나타났다. 결과적으로 이유자돈 사료 내 유당 대체제로서 쌀 가공품의 첨가는 이유자돈의 성장능력을 향상시키는 경향을 나타냈으며, 설사빈도, 분변 내 대장균 수, 장내 미생물 균총에 대해서도 대조구와 비교해 비교우위를 보였다. 따라서 쌀 가공품을 이용하여 락토오스

를 6%까지 대체가 가능할 것으로 사료되며 이를 통해 원료사료 수입에 따른 외화절약 및 양돈 농가의 경제적 이득을 증대시킬 수 있을 것으로 사료된다.

3년차 연구에서는 2년차 연구과제의 결과를 모돈에 적용하여 임신돈 사료에 palm 박 및 효소제의 첨가가 임신기 생리적 변화와 분만에 미치는 영향을 조사하고 임신돈 및 포유돈 사료에 palm 박의 적용 가능성을 평가하기 위해 수행되었다. 본 실험의 결과, 실험 전 기간 동안 대조구의 체중이 수치상으로 낮게 나타났으나 유의적인 차이는 발견되지 않았으며, palm 박과 효소인 mannanase 첨가에 대한 요인분석(2×2)에 있어서도 palm 박 및 효소제의 첨가에 대한 효과가 발견되지 않았다. 일반적으로 palm 박의 급여 시, 섬유소 함량 및 NSP의 함량의 증가로 gut passage rate가 증가하고, 이로 인해 사료 섭취량이 떨어지는 것으로 알려져 있지만, 임신돈의 경우 육성 비육돈에 비해 연령이 높고 섬유소의 이용률이 높으며, 제한 사양으로 인해 맹장이 발달하여 NSP의 소화율에 차이가 없기 때문에 각 처리구간 체중 및 등지방에 큰 영향이 나타나지 않은 것으로 사료된다. 따라서 임신돈 사료에서 옥수수-대두박을 10% 수준까지 palm 박으로 대체하는 것은 모돈의 체형에 문제가 없는 것으로 나타났으며, 효소제의 효과가 나타나지 않았다는 점을 고려하면 10% 수준의 palm 박은 효소제가 없다 하더라도 임신돈이 충분히 이용할 수 있는 것으로 보인다. 결과적으로, 10% 수준의 palm 박 첨가까지만 실험 하였으나, 임신돈 사료에는 10% 수준 이상의 높은 함량의 palm 박의 첨가가 가능할 것으로 추정된다. 포유모돈의 대체원료인 palm 박 이용 가능성에 대한 실험에서도 이유 및 폐사율에서 모든 처리구에서 유의적인 차이는 없었다. 하지만 palm 박 10% 수준의 급여는 모유의 단백질 함량 및 고형물의 함량을 증가시키며 락토오스 함량을 감소시키는 것으로 나타났다. 따라서 임신기와는 달리 포유기에는 palm 박을 5%수준까지 사료에 첨가가 가능한 것으로 사료된다.

타피오카 주정박의 옥수수-대두박 대체효과 규명 실험에서는 성장성적에서 육성기 첫 3주간은 사료 내 타피오카 수준이 높아질수록 linear하게 체중, 일당증체량, 사료효율이 유의적으로 낮게 나타났으며 육성기전체를 기준으로 타피오카 주정박을 15% 수준으로 첨가하였을 시 기타 처리구에 비해 일당증체량이 감소되는 결과가 나타났다 (P<0.05). 비육기에는 타피오카 주정박의 첨가에 따른 처리구간의 유의적인 차이가 발생하지 않았다. 영양소 소화율에서 건물, 조단백질, 조회분 소화율이 타피오카 주정박의 첨가에 따라 linear하게 감소하는 것으로 나타났다(P<0.05).

육질 분석에서는 돈육의 pH, 육색, 보수력 및 전단력에서 처리구 간 유의차가 나타나지 않았으나 사료 내 타피오카 주정박 15% 를 첨가한 처리구가 다른 처리구들에 비해 낮은 정육율(dressing percentage)을 보였으며, 타피오카 주정박 첨가 수준의 증가에 따라 등심근의 조지방 함량 linear 하게 증가하는 결과를 보였다(P<0.05). 가열감량에서 타피오카 주정박의 첨가수준이 증가할수록 감소하는 경향을 나타내었다(linear effect, P<0.05). 경제성 분석에서는 타피오카 주정박의 육성전기 이용성은 부정적 이었지만(P<0.05), 육성전기 이후로



중체 당 비용은 대조구와 비슷한 것으로 나타나, 결과적으로 타피오카 주정박은 비육기에만 10%이하 수준에서 활용이 가능할 것으로 사료된다.

결론적으로 본 연구를 통하여 옥수수-대두박의 대체원료로서 copra 박, palm 박, 쌀 가공품, 타피오카 주정박 등의 사료 내 첨가는 첨가수준 및 사양단계에 따른 차이가 있었지만 상당 수준까지는 돼지의 성장성적 및 돈육의 품질에 부정적인 영향이 나타나지 않았으며, 기존 옥수수-대두박 위주 사료의 대체원료로 활용이 가능한 것으로 나타났으며 경제성 분석의 결과 비용절감 효과가 확연히 나타났다. 따라서 본 연구의 결과는 국내 양돈 산업의 발전을 위해 해결해야할 사료문제에 대한 다방면의 접근과 전환을 제시함과 동시에 우리나라 양돈 산업 경쟁력 제고에 필수적인 사료비 절감방안을 제기하였으며 이러한 결과를 활용하여 양돈 생산성을 향상에 기여할 수 있을 것으로 사료된다.

## SUMMARY

### (영문요약문)

In a few years, corn and soybean meal(SBM) were primary feed ingredients in the swine industry of the world. However, after 2006, world market prices for major feed ingredients including corn and SBM recently have risen sharply because of the increasing demand of feed ingredients for livestock production in rapid developing countries and increasing use of major feed ingredients for bio - fuel production(e.g., ethanol and bio - diesel) in the world.

Alternative feed ingredients should be possessed several properties such as cheap price, storability, adequate nutrients, large amount of production and so on. Currently, as potential alternative ingredients which can be utilized in swine diets, palm kernel meal(PKM), copra meal(CM), dried distillers grains with soluble(DDGS), guar meal, tapioca can be suggested. However, the use of these ingredients has been limited because of their low nutrient digestibility and potential anti-nutritional factors. These alternative ingredients are typically contained the high amount of dietary fiber and its major component is non-starch polysaccharide(NSP). The NSP has been considered 'anti-nutritional' due to their negative influence on digestion and absorption of nutrients such as starch and protein in the gut of monogastric animals. It is known that NSP has also shown to impair growth performance in swine(Blackburn and Johnson, 1981; Rainbird et al., 1984).

Mannan is one of NSP which is mainly composed of mannose and it has several negative physiological effects in swine diet. As a result, degrading of mannan is known to enhance the feeding nutritional values of SBM(Coon et al., 1990). To resolve the negative effects of alternative feed ingredients, a variety of dietary enzymes has been supplemented to animal diets because dietary enzymes are designed to break down the potential anti-nutritional factors such as mannan and NSP. There are several experiments which showed that the supplementation of carbohydrase increases the nutrient digestibility in swine(Gdala et al., 1997; Jensen et al., 1998; Yin et al., 2001; Kim et al., 2003). Among the alternative feed ingredients, copra and palm kernel meal have received great attention because of

their relatively comparable nutritional values and low price compared to corn and SBM. However, these ingredients contain a high amount of mannan consequently those intervened with utilization in diets for monogastric animals. Beta-mannanase is a kind of carbohydrase, for degrading a mannan component which constitutes hemicellulose to MOS or mannose. It is reported that  $\beta$ -mannanase supplementation improved the feed efficiency and nutrient digestibility in broilers fed copra meal (Dingle et al., 2006) and increased body weight of broilers fed palm kernel meal (Luis, 2002). However, there has been a lack of information pertaining to effects of  $\beta$ -mannanase supplementation on growing-finishing pigs. Therefore, this study was conducted to investigate effects of various levels of  $\beta$ -mannanase supplementation to swine diets containing alternative ingredients.

In the first year study, different levels of extruded rice product supplementation as an alternative to lactose on growth performance, diarrhea score, fecal *E. coli* and volatile fatty acid (VFA) in weaning pigs were investigated. Treatments were 1) control (basal), L3 (basal+3% extruded rice product), L6 (basal+6% extruded rice product). The control diet in phase I and phase II contained 16 and 9% of lactose, respectively. For the feeding trial, a total of 81 crossbred pigs, averaging  $7.56 \pm 1.18$  kg body weight, were allotted to three treatments in three replicates with nine pigs per pen by randomized complete block (RCB) design. During the whole experimental period for 5 weeks, there were no significant differences in growth performance, diarrhea score and fecal volatile fatty acid concentration among all treatments. Although there were no significant differences, pigs fed diet of L6 tended to show higher BW, ADG, ADFI, and fecal volatile fatty acid concentration compared to other treatments. Treatment L6 showed the lowest fecal *E. coli* count among all treatments ( $P < 0.05$ ). These results suggested that inclusion of extruded rice product has similar performance as with 6% of lactose in diet for weaning pigs and reduce approximately 9% production cost of weaning pig's diet. Therefore, extruded rice product could be utilized as an alternative feed ingredient to lactose in weaning pig's diet. The evaluation of the effects of supplementation levels of copra meal with mannanase on growth performance, nutritional digestibility and meal quality in growing-finishing pigs were also conducted. A total of 80 crossbred pigs with an average body weight of  $27.22 \pm 0.09$  kg were allotted to one of the following dietary treatments : : 1) NC (basal diet), 2) PC (basal diet+  $\beta$ -mannanase), 3) CM6 (copra meal 10%+  $\beta$ -mannanase), 4) CM12 (copra meal 12%+  $\beta$ -mannanase) and 5) CM18 (copra meal 18%+  $\beta$ -mannanase). This experiment was conducted in RCB design

in 4 replicates with 4 pigs per pen. There was no significant difference in final body weight, ADG and ADFI among treatments. However the pigs fed CM18 diet showed significantly higher F/G ratio than the others ( $P < 0.05$ ). At 6 week and overall period, BW and ADG of pigs were not affected by copra meal supplementation levels up to 12%, but subsequently declined with CM18 (quadratic response,  $P < 0.05$ ). In addition, a linear trend of higher G/F ratio with CM18 at late finishing period ( $P < 0.05$ ) and overall period ( $P < 0.01$ ) was observed. Digestibility of crude protein was lower ( $P < 0.05$ ) when the pigs fed CM18 diet and had a linear effect of copra meal level compared to other treatments ( $P < 0.05$ ). Also, TBARS value in pork had a linear effect (d 3,  $P < 0.01$ ; d 5,  $P < 0.05$ ) and significant higher value when pigs were fed CM12 or CM18 treatment diets. However, loin pH and Hunter values were not affected by dietary treatments. These results demonstrated that copra meal up to 12% with  $\beta$ -mannanase can be supplemented properly in corn-SBM diet for growing-finishing pig instead of corn or SBM.

In the second year study, an experiment was investigated to evaluate the effect of various levels of  $\beta$ -mannanase on growth performance and pork quality of pigs with the diets containing either 6%, 12%, 18% palm kernel meal (palm meal). A total of 80 growing pigs ([Yorkshire  $\times$  Landrace]  $\times$  Duroc), averaging  $29.68 \pm 0.17$  kg body weight were assigned in a 5 treatments in 4 replicates with 4 pigs per pen by RCB design. Experimental diets were formulated for 3 phase during growing (week 0-6), finishing I (week 6-11) and II (week 11-16) and supplemented with same amount of concentrations (IU) of  $\beta$ -mannanase including 1) Negative control (no mannanase supplementation), 2) Positive control (800 IU mannanase 0.01%), 3) PKM6 (6% palm kernel meal + 800 IU mannanase 0.01%), 4) PKM12 (12% palm kernel meal + 800 IU mannanase 0.01%), 5) PKM18 (18% palm kernel meal + 800 IU mannanase 0.01%). Feed and water were provided *ad libitum* during whole experimental period. There were no differences between palm kernel meal and NC treatment in ADG, ADFI, G/F ratio in growing phase. In overall phase, no significant differences were found on body weight, ADG and ADFI. High level of  $\beta$ -mannanase supplemented did not show any positive result regardless of dietary treatments. Another experiment was conducted to evaluate the effect of various levels of  $\beta$ -mannanase on growth performance and pork quality of pigs with the diets containing either 10% copra meal or palm kernel meal. A total of 96 growing pigs ([Yorkshire  $\times$  Landrace]  $\times$  Duroc), averaging  $32.47 \pm 0.76$  kg body weight were assigned in a 2  $\times$  3 factorial arrangements with 4 pigs per pen. Experimental diets were formulated for 3 phase during

growing(0-6 week), finishing I(6-9 week) and II(9-12 week), and supplemented with different concentrations(IU) of  $\beta$ -mannanase including 1) C800 : copra meal+800IU ; 2) C1200 : copra meal+1,200IU; 3) C1600 : copra meal+1,600IU ; 4) P800 : palm meal+800IU; 5) P1200 : palm meal+1,200IU and 6) P1600 : palm meal+1,600IU. Feed and water were provided *ad libitum* during whole experimental period. Efficacy of  $\beta$ -mannanase in palm kernel meal diet in body weight in both finishing periods was higher than in copra meal diet( $P<0.05$ ) and palm kernel meal had a higher ADG( $P=0.005$ ) and G:F ratio( $P=0.006$ ) compared to copra meal groups. Crude fat digestibility in palm kernel meal groups had higher than that of copra meal group( $P=0.004$ ). High level of  $\beta$ -mannanase supplemented resulted in higher water holding capacity( $P<0.01$ ) regardless of dietary treatments. Higher content of crude fat, lower crude protein and crude ash in longissimus muscle in palm meal group were observed( $P<0.001$ ). This study demonstrated that palm meal diet with  $\beta$ -mannanase showed better growth performance and higher fat content in longissimus muscle in finishing pigs

In the third year, evaluation of the effect of dietary tapioca distillers dried grain with soluble(T-DDGS) on growth performance, blood urea nitrogen concentration and pork quality in swine was investigated. A total of 80 crossbred pigs([Yorkshire $\times$ Landrace] $\times$ Duroc), initial body weight of  $28.91\pm 1.92$ kg, were allotted to 4 treatments based on body weight and sex in a randomized complete block(RCB) design in 5 replicates with 4 pigs per pen. Treatments were: 1) control(basal diet), 2) T-DDGS5(5% of dietary tapioca distillers dried grain with soluble), 3) T-DDGS10(10% of dietary tapioca distillers dried grain with soluble), 4) T-DDGS15(15% of dietary tapioca distillers dried grain with soluble). All nutrients of experimental diets were met or exceeded NRC standard(1998). In growing phase(0-6 week), 15% addition of dietary T-DDGS showed significant low body weight, average daily gain(ADG) and G:F ratio than other treatments, resulted in linear effect( $P<0.05$ ) during first 3 weeks. In early finishing phase(7-10 week), control and dietary T-DDGS15 groups showed higher ADG and ADFI, resulting in quadratic effect ( $P<0.05$ ). The ADFI was not influenced by dietary treatments during late finishing phase, but quadratic tendency was observed during total finishing phase. Serum BUN concentration was linearly decreased by addition of tapioca DDGS( $P<0.05$ ) during early growing and total finishing phases( $P<0.05$ ). A total of 12 growing pigs(average  $46.25\pm 2.17$ kg BW) were used for evaluating nutrient digestibility but digestibility of DM, CP and ash were decreased by addition of tapioca DDGS in diet(linear  $P<0.05$ ).

Sixteen pigs were slaughtered at average  $113.39 \pm 3.73$  kg BW and dietary T-DDGS15 treatment showed the lowest dressing percentage among treatment ( $P < 0.05$ ). And crude fat composition of pork was linearly increased ( $P < 0.05$ ) by addition of dietary T-DDGS10 in diet but the highest cooking loss was observed in this treatment ( $P < 0.05$ ). In economic efficiency, feeding of tapioca DDGS in early growing phase negatively influenced on the economical efficiency ( $P < 0.05$ ), but similar feed cost per gain was observed after early growing phase. Consequently, this experiment demonstrated that tapioca DDGS can be supplemented in finishing pig's diet. However, more than 10% of tapioca DDGS resulted in detrimental effects on pork quality.

From these experiments, the result indicated that alternative ingredients such and palm kernel meal, copra meal, tapioca DDGS in corn-soybean meal diet could be supplemented without any detrimental effect on growth performance, nutrient digestibility and pork quality in growing finishing pigs. Further studies are needed to evaluate adequate supplementation levels in swine diet for maximizing profitability of swine industry.

# CONTENTS

## (영 문 목 차)

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 .....	24
2. The Internal and External Research Status .....	26
1) The Internal Research Status .....	27
2) The External Research Status .....	28
3. Experiments and Results of the Research .....	31
1) The Evaluation of Energy Value and Nutrient Digestibility of Alternative Feed Ingredients by Various Digestibility Method .....	31
a. Introduction .....	31
b. Materials and Methods .....	33
c. Results and Discussion .....	40
2) The Effects of Copra Meal on Growth Performance, Nutrient Digestibility and Meat Quality in Growing-finishing Pigs .....	47
a. Introduction .....	47
b. Materials and Methods .....	48
c. Results and Discussion .....	54
3) The Effects of Palm Kernel Meal on Growth Performance, Nutrient Digestibility, Meat Quality and Economic Analysis in Growing-finishing Pigs .....	63
a. Introduction .....	63
b. Materials and Methods .....	64
c. Results and Discussion .....	69
4) The Effects of Palm Kernel Meal and Copra Meal on Growth Performance, Nutrient Digestibility, Meat Quality and Economic Analysis in Growing-finishing Pigs .....	78
a. Introduction .....	78

b. Materials and Methods .....	79
c. Results and Discussion .....	84
5) The Effects of Palm Kernel Meal on growth and Reproductive Performance and Economic Analysis in Gestating and Lactating sow .....	93
a. Introduction .....	93
b. Materials and Methods .....	94
c. Results and Discussion .....	100
6) The Effects of Extruded Rice Product as Alternative to Lactose on Growth Performance, Diarrhea Score, Fecal <i>E. Coli</i> , VFA and Economic Analysis in Weaning Pigs .....	116
a. Introduction .....	116
b. Materials and Methods .....	117
c. Results and Discussion .....	122
7) The Effects of Tapioca DDGS on Growth Performance, Pork Quality and Economic Analysis in Growing-finishing Pigs .....	136
a. Introduction .....	136
b. Materials and Methods .....	137
c. Results and Discussion .....	142
4. The Accomplishment and Contribution of the Research .....	152
5. Planned Use of the Research .....	160
6. Collection of Related Foreign Science Technology about the Research .....	162
7. Reference .....	167



# 목 차

제 1 장 연구 개발 과제의 개요 .....	23
제 1 절 연구 개발의 목적 및 필요성 .....	23
제 1 항 연구개발의 목적 .....	23
제 2 항 연구 개발의 필요성 .....	24
제 2 장 국내외 기술개발 현황 .....	26
제 1 절 국내 연구 현황 .....	27
제 2 절 국외 연구 현황 .....	28
제 3 장 연구 개발 수행 내용 및 결과 .....	31
제 1 절 소화율 실험을 통한 대체원료의 에너지가 및 영양소 소화율 검증 .....	31
제 1 항 서 론 .....	31
제 2 항 실험 방법 및 재료 .....	33
제 3 항 연구 결과 및 고찰 .....	40
제 2 절 대체원료로서 copra 박의 첨가가 육성-비육돈의 성장, 영양소 소화율, 육질 및 경제성에 미치는 영향 .....	47
제 1 항 서 론 .....	47
제 2 항 실험 방법 및 재료 .....	48
제 3 항 연구 결과 및 고찰 .....	54
제 3 절 대체원료로서 palm 박의 첨가가 육성-비육돈의 성장, 영양소 소화율, 육질 및 경제성에 미치는 영향 .....	63
제 1 항 서 론 .....	63
제 2 항 실험 방법 및 재료 .....	64
제 3 항 연구 결과 및 고찰 .....	69
제 4 절 대체원료로서 palm 박과 copra 박의 첨가가 육성-비육돈의 성장, 영양소 소화율, 육질 및 경제성에 미치는 영향 비교 .....	78
제 1 항 서 론 .....	78
제 2 항 실험 방법 및 재료 .....	79
제 3 항 연구 결과 및 고찰 .....	84

제 5 절 대체원료로서 palm 박의 첨가가 임신돈과 포유돈의 번식성적 및 포유능력, 포유자돈의 성장 성적 및 경제성에 미치는 영향 .....	93
제 1 항 서 론 .....	93
제 2 항 실험 방법 및 재료 .....	94
제 3 항 연구 결과 및 고찰 .....	100
제 6 절 락토오스 대체원료의 첨가가 이유자돈의 성장, 혈중요소태질소, 설사 발생빈도 및 장 내 미생물 균총 및 경제성에 미치는 영향 .....	116
제 1 항 서 론 .....	116
제 2 항 실험 방법 및 재료 .....	117
제 3 항 연구 결과 및 고찰 .....	122
제 7 절 타피오카 주정 부산물의 수준별 첨가가 육성-비육돈의 성장성적, 육질 및 경제성에 미치는 영향 .....	136
제 1 항 서 론 .....	136
제 2 항 실험 방법 및 재료 .....	137
제 3 항 연구 결과 및 고찰 .....	142
제 4 장 목표 달성도 및 관련분야에의 기여도 .....	152
제 5 장 연구 개발 결과의 활용 계획 .....	160
제 6 장 연구 개발 과정에서 수집한 해외 과학기술정보 .....	162
제 7 장 참고 문헌 .....	167

## 목 차 <표>

표 1 Copra 박 및 단백질 공급원 사료의 영양소 함량비교 .....	28
표 2 대체원료로서 palm 박과 copra 박의 해외 연구개발 내용 .....	29
표 3 옥수수, 대두 및 대두박의 가격 동향 .....	31
표 4 Copra 박(copra meal) 과 palm 박(palm kernel meal)의 제1, 제2 제한아미노산 함량 및 돼지에서 의 이용성 .....	32
표 5 기초사료와 실험사료의 배합비와 화학적 조성 .....	35
표 6 Copra 박과 palm 박의 영양소 함량 .....	36
표 7 실험 사료 배합비 .....	38
표 8 무질소 사료(Nitrogen - free diet) .....	39
표 9 Copra 박과 palm 박의 에너지 함량 .....	41
표 10 실험사료의 아미노산 조성 .....	42
표 11 Copra 박의 수준별 급여가 육성돈의 외관상 회장 소화율(AID)에 미치는 영향 .....	44
표 12 Copra 박의 수준별 급여가 육성돈의 표준 회장 소화율(SID)에 미치는 영향 .....	45
표 13 Copra 박의 수준별 급여가 육성돈의 in vitro 소화율에 미치는 영향 .....	46
표 14 육성기 실험 사료 배합비(0 - 6주) .....	49
표 15 비육전기 실험 사료 배합비(6 - 9주) .....	50
표 16 비육후기 실험 사료 배합비(9 - 12주) .....	51
표 17 Copra 박의 수준별 급여가 육성 - 비육돈의 성장에 미치는 영향 .....	55
표 18 Copra 박의 수준별 급여가 육성 - 비육돈의 BUN(blood urea nitrogen)에 미치는 영향 .....	57
표 19 Copra 박의 수준별 급여가 돈육의 지방산패정도에 미치는 영향 .....	58
표 20 Copra 박의 수준별 급여가 도축 후 pH의 변화에 미치는 영향 .....	59
표 21 Copra 박의 수준별 급여가 도체의 육색 변화에 미치는 영향 .....	60
표 22 Copra 박의 수준별 급여가 육성돈의 영양소 소화율에 미치는 영향 .....	62
표 23 Copra 박의 수준별 급여가 비육돈의 영양소 소화율에 미치는 영향 .....	62
표 24 육성기 실험 사료 배합비 및 화학 조성 .....	65
표 25 비육전기 실험 사료 배합비 및 화학 조성 .....	66
표 26 비육후기 실험 사료 배합비 및 화학 조성 .....	67
표 27 Palm 박의 수준별 급여가 육성 - 비육돈의 성장에 미치는 영향 .....	71

표 28 Palm 박의 수준별 급여가 돈육의 pH에 미치는 영향 .....	73
표 29 Palm 박의 수준별 급여가 돈육의 육색에 미치는 영향 .....	73
표 30 Palm 박의 수준별 급여가 경제성에 미치는 영향 .....	75
표 31 Palm 박의 수준별 급여가 육성돈의 영양소 소화율에 미치는 영향 .....	77
표 32 육성기 사료 배합비 및 화학적 조성 .....	80
표 33 비육전기 사료 배합비 및 화학적 조성 .....	81
표 34 비육후기 사료 배합비 및 화학적 조성 .....	82
표 35 Copra 박과 palm 박의 수준별 급여가 육성 - 비육돈의 성장에 미치는 영향 .....	86
표 36 Copra 박과 palm 박의 수준별 급여가 육성 - 비육돈의 육색에 미치는 영향 .....	89
표 37 Copra 박과 palm 박의 수준별 급여가 돈육의 가열감량, 전단력, 보수력에 미치는 영향 .....	92
표 38 임신돈 실험사료 배합비 및 화학적 조성 .....	96
표 39 포유모돈 실험사료 배합비 및 화학적 조성 .....	99
표 40 임신기 사료 내 palm 박의 첨가가 초산 모돈의 체중 및 등지방 변화에 미치는 영향 .....	102
표 41 임신기 사료 내 palm 박의 첨가가 초산 모돈의 체단백질 및 체지방 축적에 미치는 영향 .....	103
표 42 임신기 사료 내 palm 박의 첨가가 초산 모돈의 분만성적에 미치는 영향 .....	104
표 43 임신기 사료 내 palm 박의 첨가가 모돈의 혈액성상에 미치는 영향 .....	106
표 44 임신기 사료 내 palm 박의 첨가가 경제성에 미치는 영향 .....	107
표 45 포유기 사료 내 palm 박의 첨가가 초산모돈의 이유성적 및 체형변화에 미치는 영향 .....	108
표 46 포유기 사료 내 palm 박의 첨가가 초산모돈의 사료 섭취량에 미치는 영향 .....	109
표 47 포유기 사료 내 palm 박의 첨가가 포유자돈의 성장에 미치는 영향 .....	110
표 48 포유기 사료 내 palm 박의 첨가가 돈유에 미치는 영향 .....	111
표 49 포유기 사료 내 palm 박의 첨가가 포유모돈의 혈액성상에 미치는 영향 .....	113
표 50 포유기 사료 내 palm 박의 첨가가 포유자돈의 혈액성상에 미치는 영향 .....	114
표 51 포유기 사료 내 palm 박의 첨가가 경제성에 미치는 영향 .....	115
표 52 실험사료 배합비 및 화학 조성(Phase I) .....	118
표 53 실험사료 배합비 및 화학 조성(Phase II) .....	119
표 54 이유자돈 사료 내 쌀가공품의 첨가가 이유자돈의 성장성적에 미치는 영향 .....	124
표 55 이유자돈 사료 내 쌀가공품의 첨가가 이유자돈의 영양소 소화율에 미치는 영향 .....	125
표 56 이유자돈 사료 내 쌀가공품의 첨가가 이유자돈의 설사빈도에 미치는 영향 .....	126
표 57 이유자돈 사료 내 쌀가공품의 첨가가 이유자돈의 분변 내 <i>E. coli</i> 에 미치는 영향 .....	127
표 58 이유자돈 사료 내 쌀가공품의 첨가가 이유자돈의 분변 내 휘발성지방산 농도에 미치는 영향 .....	129
표 59 이유자돈 사료 내 쌀가공품의 첨가가 이유자돈 소장내의 형태학적 발달에 미치는 영향 .....	131

표 60 이유자돈 사료 내 쌀가공품의 첨가가 이유자돈 장내의 미생물 균총 수(CT - value)에 미치는 영향 .....	134
표 61 이유자돈 사료 내 쌀가공품의 첨가가 경제성에 미치는 영향 .....	135
표 62 육성기 실험 사료 배합비 및 화학적 조성 .....	138
표 63 비육전기 실험 사료 배합비 및 화학적 조성 .....	139
표 64 비육후기 실험 사료 배합비 및 화학적 조성 .....	140
표 65 타피오카 주정박과 옥수수영양소의 영양소 조성 .....	143
표 66 타피오카 주정박의 급여가 육성 - 비육돈의 성장에 미치는 영향 .....	145
표 67 타피오카 주정박의 급여가 육성 - 비육돈의 BUN에 미치는 영향 .....	147
표 68 타피오카 주정박의 급여가 육성 - 비육돈의 영양소 소화율에 미치는 영향 .....	148
표 69 타피오카 주정박의 급여가 육성 - 비육돈의 도체 및 육질에 미치는 영향 .....	150
표 70 타피오카 주정박의 급여가 육성 - 비육돈의 경제성에 미치는 영향 .....	151
표 71 Palm 박의 화학적, 물리적 구성 .....	162
표 72 세계 코코넛 생산량(FAO, 2000) .....	163
표 73 다른 oil 추출 공정 후의 palm 박과 copra 박의 근사치 비교 .....	164
표 74 Palm 박과 copra 박의 아미노산 구성과 이용률 .....	164
표 75 탄수화물의 구성 .....	165

## 목 차 <그림>

그림 1 Mannanase의 작용기전 .....	30
그림 2 Copra 박과 palm 박의 수준별 급여가 육성 - 비육돈의 혈중요소태질소에 미치는 영향 .....	87
그림 3 Copra 박과 palm 박의 수준별 급여가 돈육의 pH에 미치는 영향 .....	90
그림 4 Copra 박과 palm 박의 수준별 급여가 돈육의 TBARS analysis에 미치는 영향 .....	91
그림 5 주요 원료사료 가격 .....	93
그림 6 분 내 <i>E. coli</i> 수를 조사하기 위해 미생물 배지에 24시간 배양시키고 관찰된 <i>E. coli</i> 를 촬영한 사진 .....	128
그림 7 이유자돈 사료 내 쌀가공품의 첨가가 분변 내 휘발성지방산 농도에 미치는 영향 .....	130
그림 8 이유자돈의 공장 중앙 부위를 Eosin(HE) - stained section화 하여 촬영한 사진 .....	132

# 제 1 장 연구개발과제의 개요

## 제 1 절 연구 개발의 목적 및 필요성

### 제 1 항 연구개발의 목적

세계적으로 곡물을 이용하여 생산하는 바이오 연료의 양은 지속적으로 증가하고 있는 추세에 있다. 계속되는 유가의 상승과 원유자원의 고갈로 산업이 발전하면서 더욱 가속화 되고 있기 때문에 원유를 대신하여 에너지를 생산할 수 있는 방법으로, 곡물을 사용하기에 이르렀다. 이로 인해 식량으로 사용되는 곡물의 양 뿐만 아니라 바이오 연료를 생산하기 위한 양까지 포함하여 곡물의 수요가 큰 폭으로 상승하고, 옥수수, 대두박 및 밀 등의 주요 원료사료의 가격은 폭발적으로 인상된다. 결과적으로 원료사료 가격의 상승은 배합사료의 가격 인상을 의미하고, 사료가격은 고스란히 양돈 농가의 부담으로 이어지게 된다. 또한 사료비 인상으로 인해 축산물의 생산 원가가 증가하게 되면 이는 필연적으로 소비자의 부담을 야기한다.

우리나라의 경우 배합사료 생산에 사용되는 원료의 90% 이상을 수입에 의존하고 있기 때문에, 세계의 곡물가격 상승에 민감하게 반응하고 그 흐름에 수동적일 수밖에 없다. 사료비가 전체 축산물 생산비의 40~60% 가량을 차지하는 우리나라 축산업은 인상된 주요 원료의 곡물 가격으로 인해, 양돈 여러 분야에 있어 경제적으로 큰 영향을 받을 것으로 예상된다. 원료의 가격 상승은 곧바로 생산비를 상승시키는 원인이 되고, 따라서 다른 양돈 선진국들에 비해 생산성이 낮은 우리나라 양돈농가들은 더욱 어려운 상황에 처하게 된다. 이에 대응하여 상승하는 곡물수요와 가격을 안정화시키기 위한 다양한 연구들이 진행되고 있다. 지금 상황에서 필요한 연구는 주로 양돈 사료 내에 사용하는 옥수수와 대두박의 가격변화를 예측하기 어려운 상황에서 축산업 여러 분야에 입을 수 있는 타격을 최소화시키고 국내 축산의 사료생산비를 절감시키기 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 있다.

우리나라 양돈 사료에 가장 많이 사용되는 옥수수, 대두박 등을 대체할 수 있는 원료사료의 탐색 및 개발은 가장 현실적인 방안이며, 특히 원료의 대부분을 수입하여 사용하는 우리나라의 경우 반드시 필요하다. 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 확대해야 한다. 게다가 그 동안 배합사료에 사용하지 않았던 저렴한 원료들이 배합사료의 생산에 적용될 수 있도록 사료의 원료로서의 가치에 대한 명확한 평가가 기본적으로 필요하다. 그리고 이와 더불어 고정적으로 배합사료 내에 사용하고 있던 고가의 원료들의 함량을 감소시켰을 때 경제적인 원료로 대체가 가능 여부도 대체원료를 통한 사료비 절감의 목적에서 반드시 연구되어야 할 부분이다.

따라서 본 연구는 배합사료 내 주로 사용되고 있는 옥수수-대두박 원료의 대체 가능성을 가

지고 있는 대체원료를 탐색하고, 새로운 원료의 사료로서의 가치를 평가하여 해외의 유동적인 곡물 가격에도 효과적으로 대체원료를 적용하여 배합사료를 개발할 수 있도록 하는 데 그 목적이 있다. 이를 통해 국내 양돈 산업의 발전을 위해 해결해야 할 문제에 대한 근본적인 접근으로 우리나라 양돈 산업 경쟁력 제고에 필수적인 생산비 절감과 생산성 향상의 결과를 창출해 낼 것이다.

## 제 2 항 연구개발의 필요성

지속적인 원료사료 가격의 상승과 공급의 부족은 전 세계적인 문제로 대두되었다. 특히 사료 원료의 대부분을 수입에 의존하고 있는 우리나라는 이에 대비하기 위한 해결책의 마련이 시급한 상황이다. 우리나라에서도 곡물가격 인상에 대한 대처방안으로 다양한 방면에서 대안을 찾고 있는 상황이지만, 가장 현실적으로 여겨지고 있는 방법이 대체원료의 개발이라 할 수 있다. 이미 많은 원료들이 대체원료의 후보로 제시되었지만, 이러한 여러 원료 중에서 확실하게 그 대체 효과를 입증 받은 경우가 미미하며 그 가능성만 꾸준히 제기되고 있는 실정이다.

양돈 배합사료에 사용하기 위한 대체원료사료는 몇 가지의 조건을 충족해야 한다. 우선 가격적인 조건이 기존의 양돈 배합사료에 쓰이는 원료보다 저렴해야 하고, 세계적으로 원료의 생산량이 많아 꾸준한 물량을 확보하는데 어려움이 없어야 한다. 이전에는 주로 대단위로 곡물을 생산하는 미국에서 수입하여 국내에 곡물을 보급하였지만, 미국의 인상된 원료의 가격으로 원료사료의 수입국의 범위는 유럽국가 및 동남아시아까지 확장되었다. 그만큼 원료의 가격과 생산량은 사료산업에 있어 중요한 조건 중 하나라 할 수 있다. 게다가 대부분의 원료를 해외로부터 수입해야 하는 우리나라의 경우에는 원료사료를 수송하는 데 시간이 소요되고, 보통 수입 후에 장기간 보관하여 사용하기 때문에 대체원료의 저장성 또한 우수해야 한다. 하지만 기본적으로 대체원료가 갖추어야 하는 조건은 동물의 성장에 기존에 있던 원료만큼의 성장효과를 보여야 한다는 것이다. 비용적인 경쟁력을 가지고 있는 원료의 경우, 실제 대체원료로서 사용되기 위해서는 동물에게 급여하였을 때의 성장효과에 대한 충분한 결과가 증명되어야 한다. 대체원료는 원료사료로서 영양적 구성에 있어 큰 문제가 없고, 기존에 사용하던 원료사료를 사용했을 때와 비교 시 대등한 성장 효과를 보여야 대체원료로서 사용할 수 있다. 하지만 저렴한 대체원료임에 불구하고 이들의 사료로서 사용이 적은 이유는 원료 내에 포함되어 있는 영양소의 조성이 가축이 이용하기 어려운 형태이거나, 항영양인자를 함유하고 있다는 것이다.

최근 연구 동향을 살펴보면 대체원료로 제시된 원료들에 대한 영양소 함량과 원료에 포함되어 있어 동물이 소화를 저해시키는 항 영양인자에 대한 기본적인 정보는 제시되어 있지만, 각각의 대체원료의 특징에 따른 축종 및 연령별 적정 첨가수준에 대해서는 연구가 부족한 상황이다. 대체원료를 양돈 사료에 적용시키고자 하면 각 원료별로 특화된 세밀한 정보가 뒷받침되어야 한다. 이 정보를 바탕으로 돼지의 성장 시기에 따라 효과적으로 이용할 수 있는 대체원료를 분류하는 것이 가능하다. 현재 대체원료들에 포함된 영양소의 효과의 재조명 및 영양소의 공급효과를 증진시키고 보충해 줄 효소 및 첨가제의 활용에 대한 연구결과들은 아직 미진한



편이다. 이러한 시점에서 사료원료로서 이들을 사용하기 위해서는 대체원료 개발에 있어 정확한 원료의 평가, 구체적인 적용범위 및 이용성의 증진방안 대한 연구와 동시에 이들에 함유되어 있는 항영양인자들에 대한 연구가 동시에 필요한 실정이다.

따라서 본 연구에서는 양돈 사료에 적용하기 위해 대체 가능성을 가지고 있는 대체원료의 명확한 영양적인 가치와 대체원료의 첨가수준에 대한 실험을 통하여 검증하였다. 그리고 원료의 가격을 고려한 경제성 분석을 통해 대체원료가 양돈 사료의 생산에 효과적으로 이용될 수 있는 방안을 연구하였다.

## 제 2 장 국내외 기술개발 현황

현재 우리나라는 외국과의 FTA 체결, 가축분뇨의 해양투기 금지, 구제역, 소모성 질환 등의 삼중고로 인해 국내 양돈농가가 큰 어려움을 겪고 있는 실정이다. 이를 극복하기 위해 국내 양돈업계는 생산성 향상을 화두로 연구 개발에 매진하고 있으며, 이러한 대책의 일환으로 이우자돈들의 성장 정체 및 높은 폐사율을 극복하기 위한 다양한 연구가 계속되고 있으나 실질적인 대안은 아직 나오질 않고 있는 실정이다. 현재 우리나라 양돈 산업의 실태를 살펴보면, 외국에 비해 모든 연산성이 떨어져 모든 사양관리가 낙후되어 있는 실정이며, 불량한 사육환경과 부적절한 사양관리로 인한 낮은 생산성과 이로 인하여 돼지 소모성 질환 발생으로 이우 후 폐사율이 40~50%에 달하고 있다. 이를 현명하게 대처하기 위해서는 양돈 농가의 생산성 향상이라고 할 수 있겠다. 그러나 많은 양돈 농가의 노력에도 불구하고 양돈 농가의 생산성이 향상되지 못하고 도산 위기에 처해있는 등 많은 어려움을 호소하고 있는 실정이다. 생산비 중 사료비가 차지하는 비율은 50~60% 로서 가장 많은 비중을 차지하고 있으며, 이는 곧 배합사료 내 원료사료의 가격이 축산농가의 생산성에 큰 영향을 미친다는 것을 의미한다.

우리나라의 경우 배합사료 제조비용 중 원 재료비 비중이 80% 정도를 차지하고 있고, 그 대부분을 수입에 의존하고 있으며, 이는 곧 수입원료 가격의 폭등은 앞으로 국내 배합사료의 원가 상승은 물론 축산물 생산비 증가 등 국내 축산관련 여러 분야에 상당한 타격을 가져올 것임을 뜻한다. 현재 우리나라뿐만 아니라 세계 여러 나라에서 이러한 문제에 대한 해결책으로 다양한 대안을 찾고 있고 현재 가장 현실적으로 받아들여지고 있는 해결책이 바로 새로운 대체원료사료의 개발이라 할 수 있다. 원료사료 중에서 현재 가장 기본적으로 사용되고 있는 옥수수-대두박을 대체할 원료사료를 찾기 위한 연구가 세계 곳곳에서 진행되고 있으며, 이미 많은 대체원료들이 대안으로 제시되었다. 하지만 아직 이러한 여러 원료 중에서 확실하게 그 대체효과를 입증 받은 경우는 없고 그 가능성만 꾸준히 제기되고 있다. 일반적으로 대체사료 원료들이 배합사료를 위한 원료사료로 사용되기 위해서는 기본적으로 몇 가지 조건이 있다. 우선 경제성으로, 가격적인 조건이 기존에 배합사료에 쓰이는 원료보다 저렴해야 하며, 둘째는 동물의 성장으로, 이들이 첨가에 따른 성장이 기존에 사용하던 원료만큼의 성장 효과를 보여야 한다. 마지막으로 원료의 생산성 및 저장성으로, 세계적으로 원료의 생산량이 많아 꾸준히 물량을 확보할 수 있어야 하며, 저장성 또한 우수해야 한다. 위의 조건을 기준으로 선정된 대체원료의 배합사료 내 사용은 사료비를 직접적으로 낮춰주기도 하지만, 주요 양돈 사료곡물인 옥수수-대두박의 가격 조절효과 또한 기대할 수 있다. 대체원료 사용 시 돼지의 성장과 육질에 미치는 영향에 기초한 사용기준이 마련되어야 하며, 다른 한편으로는 소비자인 양돈 사양가의 대체 원료에 대한 거부감을 없애기 위한 노력 또한 필요하다.

하지만 이러한 대체원료사료의 배합사료 내 사용은 사양가들의 노랗고 칙칙한 사료가 좋은 사료라고 생각하는 몇몇 사양가들의 그릇된 고정관념과 돼지가 잘 먹지 않을 것이라는 추측 등 확실하게 검증되지 않은 선입견의 난립으로 인하여 이들의 활용도가 낮은 실정이다. 따라서

본 연구를 통하여 후보원료들에 대한 대체원료로서의 이용가능성을 제시함과 동시에 추후 이용방안에 대한 연구가 시급히 이루어져야 한다고 사료된다.

## 제 1 절 국내연구 현황

국내 양돈 산업의 가격경쟁력은 양돈선진국에 비해 크게 뒤쳐지는 점은 부인할 수 없는 현실이다. 이러한 상황에서 모든 사육두수는 감소되지 않았으나 출하두수는 점차 줄어들고 있는 것이 우리나라 양돈산업의 현주소이다. 2010년 발생한 구제역은 이러한 우리나라 축산농가에 큰 타격을 입혀 현재 많은 양돈 사육 농가가 도산 위기에 처해 있음은 물론, 축산업 기반이 송두리째 흔들리고 있는 실정이다. 따라서 양돈산업의 재건을 위해서는 생산성 향상과 생산비 절감에 초점이 맞춰져야 할 것으로 보이며, 생산비 중 가장 큰 비중을 차지하는 사료비 절감에 총력을 기울여야 할 것이다. 우리나라는 배합사료 원료의 95% 이상을 외국에서 수입하는 나라로 국제 곡물가격에 크게 영향을 받는 국가이다. 그러나 2006년부터 곡물원료사료 국제 가격이 지속적으로 상승하였고, 2008년에 잠시 주춤하였으나, 유가 폭등, 가뭄 바이오 연료의 사용량 증가 등이 계속되면서 2011년 현재 높은 가격이 형성되고 있는 실정이다. 이러한 결과로, 우리나라에서 주요 곡물원료로 사용하는 옥수수, 대두박 및 유제품 등은 가격이 지속적으로 상승하여, 배합사료 가격 상승의 주요원인이 되었으며, 사료비 가중으로 인한 생산비 증가 등 양돈 사양가들의 부담이 증가되고 있다. 따라서 우리나라 양돈사료 원료로 주로 사용되고 있는 옥수수나 대두박을 대체할 수 있는 대체원료 사료에 대한 검증이 시급하나, 이들에 대한 원료사료로서의 영양적 가치 및 첨가수준에 대한 정확한 연구들이 미비하며, 지금까지 보고된 것들은 다음과 같다.

Copra 박은 동남아시아 지역이 주 원산지로서, 야자열매(코코넛)에서 기름을 짜고 남은 부산물이다. 영양소 함량은 단백질 21.9%, 라이신 0.58%이다. 비전분성다당류의 함량이 높는데, mannan이 대부분이며, 건물 기준으로 약 25-30%를 차지하고 있다. 만난의 성분 중 순수만난(pure mannan)이 26%, 갈락토만난(galactomannan)이 61%를 차지하고 있다. 반추동물의 사료로 많이 사용되어 왔으며, 박 등(2010)의 연구에 따르면 최근에는 양돈 사료에서 10%까지 사용이 가능하며, 돼지의 성장 및 육질에 문제가 없는 것으로 밝혀졌다. 또한 임신돈 사료에서는 섬유소의 함량을 높이기 위하여 첨가하기도 한다. 그러나 양돈사료 등 단위동물의 사료에 이용할 경우 만난을 분해하는 효소인  $\beta$ -mannanase를 첨가하는 것이 이용성을 높일 수 있다고 보고하였다.

Palm 박은 말레이시아 등 동남아시아 지역이 주 원산지이며 팜(palm)에서 기름을 짜고 남은 부산물이다. 제조방법은 기계를 이용하여 기름을 짜낸 압착추출법(expeller)과 용매를 이용하여 추출하는 유기용매법(solvent extract)으로 나뉜다. palm 박의 영양소 함량은 단백질이 14.5%이며, 라이신은 0.49%이다. 비전분성다당류 함량이 높는데 이 중 가장 많은 것이

mannan이다. 이 mannan 중 78%는 순수만난으로 가장 많다.

2001년 본 연구실에서 AJAS(asian-australian journal of animal science)에 발표된 copra 박과 palm 박 사용에 대한 가능성에 대한 논문이 발표되었으며, 그 외에 문헌화 된 내용은 없는 실정이다. 또한 김 등(2001)의 연구에 있어 2%와 4%의 copra 박 첨가가 돼지의 성장과 육질에 미치는 영향이 연구 되었으나 copra 박과 palm 박의 양돈 사료 내 적정첨가량과 최대 첨가량을 규명하기에는 부족한 것이 사실이다.

Copra 박과 palm 박을 이용하기 위한 mannanase 생산·판매원이 국내 한 회사밖에 없는 수준으로 사료의 비용을 줄이기 위해 원료사료에 효소제나 아미노산 등을 첨가하는 연구가 활발히 수행되어 왔으나 부원료로서 옥수수과 대두박을 대체하고 사료의 생산비를 낮추려는 연구는 거의 전무하고, 일부 사료회사에서 사용되고 있기는 하나 사용에 따른 성장과 육질에 미치는 효과 및 적정 사용량, mannanase 사용에 따른 차이 등에 대한 실증자료는 없는 것으로 나타났다. 최근 밝혀진 연구결과로서, 이재환(2010)은 palm 박은 copra 박과 마찬가지로 반추동물의 사료로 많이 사용되어 왔으며 단위동물의 사료에 10%까지 사용되어도 문제가 없는 것으로 밝혀졌다. 특히 palm 박이 copra 박보다 첨가효과가 뚜렷하게 나타나는 것을 알 수 있는데, 이는 palm 박이 copra 박과는 달리 순수 만난을 많이 가지고 있어  $\beta$ -mannanase를 첨가하였을 때 효소에 의해 mannan이 분해되어 체내에서 이용되는 비율이 더 높아질 수 있기 때문인 것으로 추정된다.

표 1. Copra 박 및 단백질 공급원 사료의 영양소 함량 비교

구분	copra 박	palm 박	대두박	육분	어분
건물함량(%)	92	92	89	94	92
조단백질(%)	21.9	14.5	43.8	54	64.6
조지방(%)	3.0	9.5	1.5	12	7.9
ME(kcal/kg)	2,565	2,654	3,180	2,595	2,695
NDF(%)	51.3	69.3	13.3	31.6	-
ADF(%)	25.5	47.0	9.4	8.3	-

## 제 2 절 국외연구 현황

세계적인 유가폭등과 곡물을 이용한 바이오 연료의 생산이 폭발적으로 늘어나면서 국제 곡물가격이 폭발적으로 인상되었고, 현재도 계속해서 그 증가추세는 지속되고 있는 실정이다. 여기에 주요 원료사료 가격 폭등이 따라오고 환율하락으로 인하여 그 추세는 더욱 가속화되어 해결책을 찾아야 하는 수준까지 이르렀다. 현재 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 있고, 유럽에서는 보리-밀 기반의 양돈 사료를 생산하며 밀 가격 상승으로 인한 대체제를 찾는 상황으로 미국보다는 유럽과 호주, 나이지리아 등지에서 주로 연구되고 있다. 동남아시아에서는 열대작물인 팜 및 야자, 코코넛 등에서 기름을 추출하고 남은 박을 동물사료로 이용하는 방법에 대한 연구가 이뤄지고 있으나, 부진한 상황이다. 특히 copra 박과 palm 박에 대한 연구의 빈도는 2000년도 이후 증가하였으나 경제적 또는 저가형 원료사료 측면에서의 접근은 드문 것으로 보인다.

표 2. 대체원료로서 palm 박과 copra 박의 해외 연구개발 내용

연구수행 기관	연구개발의 내용	연구개발성과의 활용현황
Ibadan Univ.(나이지리아)	양계에서 palm 박과 DDGS, 옥수수비교	British Poultry Science(1998) 개제
Nitinghem Univ.(영국)	palm과 palm 박, palm oil의 에너지와 영양적 가치	Animal feed science and technology 개제(1999)
서울대학교(한국)	copra 박과 palm 박이 비육돈의 성장과 육질 미치는 영향	ASAS 개제(2001)
Dublin Univ.(아일랜드)	copra 박이 육성비육돈의 성장에 미치는 영향	Animal feed science and technology 개제(2001)
Michael okpara univ. of agriculture(나이지리아)	이유자돈에 있어 palm 박 고함유사료의 영향	Pakistan journal of nutrition 개제(2006)
Burhanudin Sundu and J. Dingle(오스트리아)	copra 박과 palm 박의 영양학적 정리	Proc. Quensland Poultry 11권 개제
Chang Mai Univ.(태국)	Mannanase를 처리한 copra 박의 가치	International Journal of Poultry Scienc 개제(2006)

Copra 박과 palm 박에 대한 연구가 활발히 진행됨에 따라, 사료 내 원료의 이용성을 높이기 위한 연구도 많이 이루어졌다. Palm 박과 copra 박에는 비전분성다당류라는 물질이 존재하는데, 이들의 대부분이 만난(mannan)이며, 건물기준으로 palm 박은 NSP의 30~35%, copra 박은 25~30%의 mannan을 함유하고 있다. 이들은 pure mannan, glucomannan, galactomannan, galacto-glucomannan의 형태로 존재하는데, mannan은 단위동물이 이를 분해할 수 있는 효소를 분비하지 못하기 때문에 항영양인자(anti-nutritional factor)로 알려져 왔다. Mannan은 돼지에 있어서 포도당 대사(glucose metabolism)를 방해하며 insulin의 분비를 억제하는 부정적인 영향을 갖고 있다고 알려져 있다(Leeds 등, 1980). Rainbird 등(1984)에 의하면 돼지의 공장 내에 mannan함량이 높은 guar gum을 6.7g/L을 주입하였을 때, glucose의 흡수가 50%정도 감소되었다고 보고하였다. 이외에도 다양한 연구 결과에서 mannan이 글루코스의 흡수와 인슐린 분비의 방해, gastric emptying의 감소, 순환적인 insulinotropic peptide 및 IGF-I의 분비의 감소한다는 결과가 발표되었다(Sambrook과 Rainbird, 1985; Nunes 와 Malmlof, 1992).

Mannanase는 사료 원료에 들어있는 mannan을 분해하는 효소로 이들은 미생물(bacteria)나 곰팡이(fungi) 등에서 생성된다. mannan에 대한 작용기전에 대한 모식도는 그림 1에 나타내었다. 그림에서 볼 수 있듯이 mannanase는 mannan의  $\beta$ -1, 4 glycosidic 결합을 가수분해할 수 있다. 이는 단위동물 체내에서 항영양인자인 mannan을 mannanase의 첨가로 인하여, mannan이 manno-oligosaccharide(MOS)나 mannose로 분해시켜 prebiotics 및 에너지원으로 이용할 수 있다는 것을 보여주고 있다. Mannan의 분해산물인 mannose는 돼지의 에너지원으로 사용되며, mannan에서 분해된 MOS는 미생물과의 특이성에 의하여 상피세포의 *E. coli*, *salmonella*와 특이적으로 결합한 뒤 분변 밖으로 배출하여 장내 미생물 균총 형성에 도움을 주게 된다. 마지막으로 mannan이 소화물의 점도를 증가시키는 것을 mannanase의 분해능력으로 감소시켜 영양소 소화율을 증진시키고 돼지의 소화기 문제를 감소시킬 수가 있다.

Mannanase 효소를 이용한 옥수수-대두박의 이용율을 증가시키는 다양한 연구가 보고되어 왔다(Hahn 등, 1993; Petty 등, 1999, 2000; Schneider 등, 2003). 특히 Petty 등(2002)은 옥수수-대두박 위주의 사료에서 mannanase를 첨가하였을 때 ME(Metabolic Energy)가 100kcal/kg정도 높은 사료를 급여한 돼지와 비슷한 성장 성적을 나타내었다고 밝혔다.

Mannanase는 옥수수 등 가격이 급등하고 있는 기존 원료사료 이외에 copra 박, palm 박 등 가격은 저렴하나 가축의 소화기관 내 이용이 낮은 대체 원료사료의 문제점을 해결할 수 있는 효소제로 이들을 통해 사료 자원의 다양화를 꾀할 수 있는 가능성을 보여주고 있다. 또한 항영양인자 제거에 더욱 효과적일 뿐 아니라, 가축이 원료의 영양성분 이용률을 향상시키고 가축의 장관 내 균총을 개선시키며, 항생제 사용량 감소 및 면역력의 증대를 가져올 것으로 사료된다.

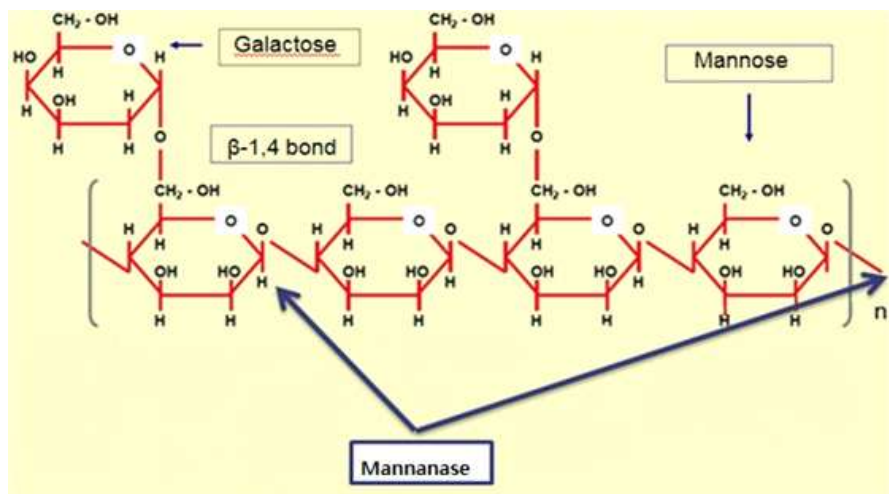


그림 1. Mannanase의 작용 기전

## 제 3 장 연구수행개발 내용 및 결과

### 제 1 절 소화율 실험을 통한 대체원료의 에너지가 및 영양소 소화율 검증

#### 제 1 항 서론

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.

표 3. 옥수수, 대두, 대두박의 가격 동향

(단위: 달러/톤, 한국단미사료협회)

품목	2005년 평균	2006년 평균	2007년 평균	2008년 평균	2009년 평균	2010년 평균	2011년 상반기
옥수수	147	143	213	287	222	258	321
대두	290	232	343	489	333	378	517
대두박	273	230	265	424	447	425	472

우리나라의 경우 배합사료 제조비용 중 원재료비 비중이 80% 정도를 차지하고 있고, 원료 사료의 대부분을 수입에 의존하고 있으며, 축산물 생산비 중 사료비가 40-60%를 차지하고 있다. 이렇게 수입원료 가격의 폭등은 앞으로 국내 배합사료의 원가 상승은 물론 축산물 생산비의 증가 등 국내 축산관련 분야에 상당한 타격을 가져올 것으로 예상된다. 표 3에 2005년부터 2011년도 상반기까지 배합사료의 주원료인 옥수수와 대두박의 운임포함가격을 나타내었다. 2005년부터 오르기 시작한 옥수수와 대두박의 가격은 2011년도 상반기 평균 옥수수 톤당 321달러, 대두박은 톤 당 평균 472달러를 기록하는 등 최근까지도 높은 가격을 형성하고 있다. 이에 따라 현재 우리나라뿐 만 아니라 세계 여러 나라에서 이러한 문제에 대한 해결책을 모색하고 있는 실정이다.

현재 가장 현실적으로 고려되는 해결책 중 하나는 옥수수와 대두박을 대체할 수 있는 새로운 대체원료사료의 개발이라고 할 수 있다. 현재 양돈 사료에 주로 사용되고 있는 옥수수나 대두박을 대체할 원료사료를 찾기 위한 실험이 세계 곳곳에서 이루어지고 있으며, 많은 원료들이 대안으로 제시되고 있다. 그러나 아직 대체 원료 중에서 확실하게 그 효과를 입증 받은 경우는 없으며, 가능성만 꾸준히 제기되고 있는 실정이다.

문헌 연구 및 해외 수급 조사를 통하여 옥수수와 대두박을 대체할 가능성이 있는 여러 가지

원료들이 후보로 제시되었다. 옥수수과 대두박을 대체하기 위한 조건으로는 대체원료들의 영양소 조성, 항영양인자, 소화율, 기호성, 원료수급상황, 경제성 등 여러 가지 조건을 따져야 하며, 이들을 충족시킬만한 대체원료여야 한다. 본 연구에서 대체원료 사료 탐색을 통하여 제시되고 있는 원료들로는 주로 동남아에서 생산되는 대체원료들로서 타피오카, 구아박, copra 박, palm 박 들이다. 각각의 원료들을 살펴보면, 구아박의 경우는 조단백질의 함량은 높으나 원료수급에서 지속적으로 도입할 수 없는 문제가 나타났다. 반면 copra 박의 경우는 원료수급이 원활하며, 에너지 함량이 옥수수과 대두박에 비해 높지는 않으나 특정 영양소의 부족 없이 일정한 함량을 가지고 있는 것이 특징이다. 이러한 여러 가지 조건을 충족하는 대체원료로 현재 부각되고 있는 것이 바로 copra 박이다. Copra 박은 열대지방에서 자라는 식물의 열매인 코코넛에서 기름을 추출하고 남은 부산물로서 단백질함량이 21-25% 정도로 옥수수나 소맥피에 비해 높은 편이며 반추동물, 토끼 등의 사료에 이용되어 왔다. 최근의 연구에 의하면 돼지 사료에 copra 박을 급여하면 지방이 적고, 단단하며, 융점이 40℃ 이상으로 높은 백색의 경지방을 함유한 돼지고기를 생산할 수 있으며, copra 박이 함유하고 있는 제한 아미노산의 이용율 또한 상당히 높아 돼지사료로의 이용가능성이 충분하다. 또한 비전분성 다당류가 prebiotics로써 장내 유익균들이 이용하기 좋은 섬유소를 공급하고, 휘발성 지방산(volatile fatty acid: VFA)이 장관 내 pH를 저하시켜 유산균의 증식 및 병원성 미생물의 저하를 유도하며, 대장균에 부착부위(binding site)를 제공하여 분으로의 배출을 유도한다(Koopman 등, 1999)고 한다.

표 4. Copra 박(copra meal)과 palm 박(palm kernel meal)의 제1, 제2 제한 아미노산 함량 및 돼지에서의 이용성

	아미노산 함량(%)				이용성(%)	
	Copra 박		Palm 박		Copra 박	Palm 박
	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

게다가 섬유소 함량이 높은 사료의 경우 임신기 모돈의 공복감으로 인한 스트레스 감소, 변비 예방 효과적이며, 위 용적의 증가로 포유기 사료섭취량의 극대화를 기대할 수 있다. 하지만 이러한 copra 박도 단위동물의 경우 그 이용에 제한이 있다. 단위 동물의 장에서는 copra 박의 섬유소를 분해할 수 있는 효소를 분비하지 않기 때문에 실제로 소화를 하지 못한다. 최근의 연구에 따르면 미생물(bacteria)이나 곰팡이(fungi) 등에서 생산되는 mannanase를 돼지나, 육계 등의 사료에 첨가하였을 때, 사료 효율이나 성장성적이 개선되었다는 보고가 있다(Jackson 등, 1999). Mannanase는 mannan의  $\beta$ -1, 4 glycosidic 결합을 가수분해 하는 역



할을 한다. Copra 박의 비전분성 다당류는 대부분이 mannan이며, 건물기준으로 copra 박은 25-30%의 mannan을 함유하고 있다. 이는 mannan을 분해하는 효소인 mannanase의 첨가로 copra 박의 이용성을 증진시키며, 단위동물 사료로 사용할 수 있는 범위를 증가시킬 수 있음을 시사한다. 따라서 본 연구에서는 copra 박을 옥수수과 대두박의 대체원료의 후보물질로 선정하고, 폐지에서의 영양소 소화율 및 회장 소화율, in vitro 소화율 실험을 통하여 이들이 대체원료로서의 가능성을 검증하는데 그 목적이 있다.

## 제 2 항 실험 방법 및 재료

### 가. 대체원료 후보인 copra 박과 palm 박의 대사에너지 측정

Copra 박(Indonesia, solvent extracts)과 palm 박(Malaysia, solvent extracts)의 대사 에너지를 측정하기 위하여 평균 체중이  $52.26 \pm 0.72$ kg인 육성돈([Yorkshire  $\times$  Landrace]  $\times$  Duroc)이 공시되었다. copra 박과 palm 박의 기호성을 고려하여 실험 사료는 기초사료(옥수수-대두박 위주)를 배합한 후, 기초사료 70%, 원료사료(copra 박, palm 박)를 30%로 배합하여 실험을 실시하였다. 기초사료는 NRC(1998) 요구량과 같거나 높게 배합되었으며, 영양소 함량은 대사에너지 3,265kcal/kg, 조단백질 18.0%, 라이신 0.95%, 메티오닌 0.27%, 칼슘 0.60%, 인 0.50%로 배합되었다. 원료사료를 포함한 실험사료를 배합할 시에는 원료의 영양성분을 고려하여 석회석과 DCP를 요구량에 맞게 첨가하였다. 실험사료의 조성은 표 5, copra 박과 palm박의 원료 조성은 표 6에 나타내었다. 실험에 공시된 육성돈은 각각의 대사틀( $0.93 \times 1.53$  m<sup>2</sup> 높이 0.60m)에 사육되었으며, 적응기간 7일 후 5일간 샘플을 채취하였다. 실험사료는 일일 2회 총 1,000g을 급여하였으며, 급여된 사료량은 육성돈의 유지에너지의 1.6배에 해당하였다(대사체중 당 유지에너지 : 106kcal of ME<sub>m</sub>/kg bodyweight<sup>0.75</sup>; NRC, 1998). 물은 1일 2회, 사료급여 시점에 공급되었다. 실험 기간 동안에는 배설된 분과 뇨를 모두 채취하였으며, 배설된 분의 양을 매일 기록하였다. 분 채취는 실험 사료에 chromic oxide를 0.5% 섞어 실험 시작과 종료 시에 급여함으로써, 실험 시작과 종료 시점을 정확하게 설정하였다. 채취된 분은 지퍼백에 담아 -20℃에서 분석 시 까지 보관하였으며, 분석 시점에 분을 건조기에서 60℃의 온도에 72시간동안 건조한 후 믹서기(Willy mill)로 분쇄하여 분석하였다. 뇨는 매일 배뇨된 뇨를 4,000ml로 희석한 후 100 ml을 샘플로 채취하여 -20℃에서 보관한 후, 분석 시에 샘플을 일정 비율로 섞어 분석하였다.

Copra 박과 palm 박, 실험사료, 분의 일반성분(조단백질, 조지방, 조섬유, 수분, 조회분), 뇨의 질소 함량은 AOAC(1995)의 분석방법을 따랐다. 에너지가를 분석하기 위하여 총에너지(gross energy, GE)를 분석할 수 있는 열량계(Parr 1261, Parr Instruments, Illinois, US)를 이용하였다. 뇨 에너지(urinary energy, UE)의 경우에는 5g의 cellulose에 15ml의 뇨를 섞어 동결건조 한 후, 총에너지를 분석하여 cellulose의 총에너지를 제외한 값을 사용하였다.

가소화 에너지(digestible energy, DE)는 총에너지 섭취량에서 분의 총에너지 배설량 제한 값으로 계산하였으며, 대사에너지(Metabolizable energy, ME)는 총에너지 섭취량에서 분과 뇨의 총에너지 배설량으로 계산하였다.

$$ME(kcal/kg, \text{ basal diet and test diet}) = GE - FE - UE$$

Copra 박과 palm 박의 대사에너지를 계산하기 위해서 기초사료와 원료사료의 비율을 고려하여 다음의 식을 사용하였다. 질소보정대사에너지는 Wu와 Ewan(1979)이 제안한 질소g당 에너지 7.83kcal을 사용하여 계산하였다.

$$\text{원료사료의 대사에너지} = \text{기초사료의 대사에너지} + \frac{\text{실험사료의 대사에너지} - \text{기초사료의 대사에너지}}{\text{원료사료의 첨가비율}}$$

$$\text{질소보정 대사에너지}(ME_n) = \text{대사에너지} - 7.83kcal/\text{뇨질소}(g)$$

통계분석은 AOAC(1995) 방법에 따라 실시하였으며, SAS(2004)의 일반선형모형(GLM)을 이용하여 수집된 자료에 대한 유의성 검정을 실시하였으며, 사양실험에서 돈방을 실험단위로, 대사실험과 면역실험에서는 돼지 1마리를 실험 단위로 하여 최소 유의차(LSD) 다중검정법에 의해 처리 간 결과를 비교하였다. 유의차가 있을 경우  $P < 0.05$ 로, 고도의 유의차가 있을 경우  $P < 0.01$ 로 고려하였다.

표 5. 실험사료의 배합비와 화학적 조성<sup>1</sup>

Ingredients,%	기초사료	기초사료 + 30% copra 박	기초사료 + 30% palm 박
Corn	69.20	48.08	48.08
SBM-45	28.31	19.67	19.67
copra meal	-	30.00	-
Palm kernel meal	-	-	30.00
L-lysine · HCl(78%)	0.11	0.08	0.08
DL-methionine(99%)	0.02	0.01	0.01
Limestone	0.76	0.90	0.90
DCP	1.10	0.76	0.76
Vit. Mix <sup>1</sup>	0.10	0.10	0.10
Min. Mix <sup>2</sup>	0.10	0.10	0.10
Salt	0.30	0.30	0.30
Total	100.00	100.00	100.00
<b>Chemical composition <sup>3</sup></b>			
ME, kcal/kg	3,273.43	3,043.86	3,018.96
CP,%	18.00	19.07	16.85
Lys,%	0.95	0.76	0.74
Met,%	0.27	0.26	0.28
Ca,%	0.60	0.60	0.60
Total P,%	0.50	0.50	0.50
<b>Analyzed value</b>			
GE, kcal/kg	4,019.97	4,100.82	4,197.60
CP,%	17.89	19.03	17.33
Lys,%	0.92	0.74	0.77
Met,%	0.27	0.27	0.28

<sup>1</sup> Provided the following per kilogram of diet: vitamin A, 8,000IU; vitamin D<sub>3</sub>, 2,000IU; vitamin E, 35IU; vitamin K, 3mg; vitamin B<sub>2</sub>, 3mg; vitamin B<sub>12</sub>, 10ug; Ca pantothenate, 10mg; biotin, 100ug; niacin, 30mg.

<sup>2</sup> Provided the following per kilogram of diet: Fe, 100mg; Mn, 40mg; Zn, 50mg; Cu, 150mg; Se 0.3mg; I, 1mg.

<sup>3</sup> Calculated values.

표 6. Copra 박과 palm 박의 영양소 함량

Item	copra 박	palm 박
GE, kcal/kg	3,968.23	4,167.71
DM,%	90.47	93.54
CP,%	21.68	16.03
Fat,%	3.29	3.81
Fiber,%	10.70	14.69
Ash,%	6.14	4.72
NDF,%	48.78	55.70
ADF,%	26.21	32.76

나. 회장소화율(ileal digestibility)을 통한 소화율 실험

평균 체중  $34.43 \pm 0.11$ kg(처리 간 평균체중 차이)의 3원 교잡종([Yorkshire × Landrace]) × Duroc) 육성돈을 공시하였으며, 전체 5처리 4반복으로 회장소화율 실험을 실시하였다. 각각의 실험돈은 회장말단에 T-canula를 설치하였으며(Stein 등, 1998), 0.93m × 1.53m의 대사틀 내에서 2주간의 회복기간을 가졌다. 실내 온도는 24℃로 유지되었으며, 체중을 고려하여 완전임의배치법(Completely randomized design; CRD)으로 배치하였다.

PC와 NC 처리구의 차이는 mannanase의 첨가 유무였으며, mannanase를 첨가한 상태에서 copra 박 첨가량에 차이를 두어 나머지 처리구를 설계하였다. 실험의 처리구는 다음과 같다.

1) Negative control(mannanase 무첨가), 2) Positive control(800IU mannanase 0.01% 첨가), 3) CM6(6% copra 박+800IU mannanase 0.01% 첨가), 4) CM12(12% copra 박+800IU mannanase 0.01% 첨가), 5) CM18(18% copra 박+800IU mannanase 0.01% 첨가). Mannanase의 첨가수준과 활력정도는 제조사(CTCbio, 주)의 권장량을 참고하여 설정하였다.

모든 실험사료는 3,265kcal ME/kg, CP 18.00%, lysine 0.95%, methionine 0.25%, Ca 0.60% 및 P 0.50%의 수준으로 배합되었고, 다른 영양소의 경우 NRC(1998) 기준에 충족하도록 설계하였으며, 0.5%의 chromic oxide를 marker로서 첨가하였다. 무질소 사료(N-free diet)의 경우 cornstarch를 첨가하여 단백질 수준을 최소로 조절하였으며, 비타민과 미네랄의 요구량만 NRC(1998)에 맞추어 배합하였다. 실험사료의 원료 및 화학적 조성은 아래 표 7, 8에 제시된 바와 같다.

사료는 각 실험돈의 체중을 기준으로 유지에너지 요구량의 2배(NRC, 1998)를 정량하여 하루에 두 차례로(7:00, 19:00) 나눠 급여하였으며, 적응기 4일이 지난 후, 3일 동안 8:00에서 20:00시 사이에 회장소화물 샘플을 채취하였다. 음수의 경우 무제한 채식이 가능하도록 하였다. 채취된 샘플은 미생물로 인한 아미노산 서열의 변화를 막기 위하여, 샘플링 후 즉시 이동

되어, -60°C의 초저온냉동고(deep freezer)에서 보관되었고, 이후에 동결건조와 분쇄 과정(1 mm wiley mill)을 거치고, 아미노산 분석에 이용되었다.

분쇄된 각각의 회장소화물 샘플들은 각각의 아미노산과 크롬분석에 이용되었다. 크롬분석의 경우 Williams(1962)의 방법에 따라 분석하였으며, 각각의 아미노산 염기서열의 경우 Beckman 6300 Amino Acid Analyzer(Beckman Instruments Corp., Palo Alto, CA)를 이용하여 ninhydrin법으로 분석하였다. 전처리는 stable amino acid 계열(Lys 등)의 경우 염산 처리방법이, 황함유 아미노산(Met, Cys) 계열의 경우 과개미산 전처리 방법이 사용되었다. 외관상 회장 소화율(apparent ileal amino acid digestibility; AID)과 표준 회장 소화율(standardized ileal amino acid digestibility; SID)이 아미노산 소화율의 객관적인 지표로서 Stein(1999a, 2001)의 방법에 따라 계산되었다. 기초 내생 손실(basal endogenous losses)은 무질소사료를 급여한 이후에 회장말단에서 채취한 소화물을 이용하여 측정하였다(Stein 등, 1999b). 소화율의 계산은 사료와 회장소화물의 상대적인 크롬 농도를 가지고 보정하여 계산하였으며, 계산식은 아래와 같다.

$$(i) \text{ Apparent ileal digestibility (AID, \%)} = 100 - ( [ND/NF] \times [CrF/CrD] \times 100 )$$

\* ND = 회장소화물의 영양소 농도

NF = 사료의 영양소 농도

CrF = 사료의 크롬 농도

CrD = 소화물의 크롬 농도

$$(ii) \text{ Basal endogenous AA losses (EAL)} = ( ND \times [CrF/CrD] )$$

\* EAL은 N-free diet를 이용하여 측정

$$(iii) \text{ Standardized ileal digestibility (SID, \%)} = AID + ( [EAL/NF] \times 100 )$$

통계분석은 SAS의 일반선형모형(GLM)을 이용하여 수집된 자료에 대한 유의성 검정을 실시하였으며, 육성돈 각각의 개체를 실험단위로(CRD) 하여 최소 유의차(LSD) 다중검정법에 의해 처리 간 결과를 비교하였다. P<0.05인 경우 유의차가 있는 것으로, P<0.01인 경우 고도의 유의차가 있는 것으로 고려하였으며, linear-quadratic response를 분석하기 위해 orthogonal polynomial contrasts를 실시하였다.

표 7. 실험 사료 배합비

Ingredient, %	Treatment <sup>4</sup>				
	NC	PC	CM6	CM12	CM18
Corn	69.16	69.00	63.78	58.60	53.38
SBM	28.34	28.36	26.40	24.42	22.46
Copra meal	-	-	6.00	12.00	18.00
Soy oil	-	0.04	1.18	2.31	3.45
Limestone	0.38	0.38	0.42	0.44	0.49
TCP	1.11	1.11	1.07	1.04	0.99
Lysine	0.11	0.11	0.15	0.19	0.23
Vitamin mix <sup>1</sup>	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10
Mineral mix <sup>2</sup>	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10
Salt	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20
Chromic oxide	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50
Mannanase <sup>3</sup>	-	0.10	0.10	0.10	0.10
Total	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00
<b>Chemical composition<sup>5</sup></b>					
ME	3,265.08	3,265.07	3,265.10	3,265.01	3,265.04
CP	18.00	18.00	18.00	18.00	18.00
Lysine	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95
Methionine	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25
Ca	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60
P	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50

<sup>1</sup> Provided per kg of diet : Vit. A, 16,000IU; Vit. D<sub>3</sub>, 3,200IU; Vit. E, 35IU; Vit. K<sub>3</sub>, 5mg; Rivoiflavin, 6mg; Calcium pantothenic acid, 16mg; Niacin, 32mg; d-Biotin, 128ug; Vit. B<sub>12</sub>, 20ug.

<sup>2</sup> Provided per kg of diet: Fe, 281mg; Cu, 288mg; Mn, 49mg; I, 0.3mg; Se, 0.3mg.

<sup>3</sup> Mannanase were supplemented based on domestic regulations and recommendations of suppliers.

<sup>4</sup> Treatments: NC(basal diet), PC(0.1% mannanase 800IU), CM6(6% copra meal+0.1% mannanase 800IU), CM12(12% copra meal+0.1% mannanase 800IU), CM18(18% copra meal+0.1% mannanase 800IU).

<sup>5</sup> Calculated value.

표 8. 무질소사료(N-free diet)

Ingredients	N-free diet,%
Corn-starch	80.00
Dextrose	15.00
Soy oil	2.00
Limestone	0.50
TCP	1.60
Vitamin mix <sup>1</sup>	0.10
Mineral mix <sup>2</sup>	0.10
Salt	0.20
Chromic oxide	0.50
Total	100.00

<sup>1</sup> Provided per kg of diet: Vit. A, 16,000IU; Vit. D<sub>3</sub>, 3,200IU; Vit. E, 35IU; Vit. K<sub>3</sub>, 5mg; Rivoiflavin, 6mg; Calcium pantothenic acid, 16mg; Niacin, 32mg; d-Biotin, 128ug; Vit. B<sub>12</sub>, 20ug.

<sup>2</sup> Provided per kg of diet: Fe, 281mg; Cu, 288mg; Mn, 49mg; I, 0.3mg; Se, 0.3mg.

#### 다. In vitro를 통한 소화율 실험

본 실험은 대체원료사료인 copra 박의 이용률 증진 목적으로, 효소제 첨가 효과 검증을 위해 이루어졌다. 효소제 첨가 수준 및 대체원료사료의 첨가수준에 따른 in vitro 상 소화율을 분석하기 위하여 Boisan과 Fernandez(1997)의 방법에 의해 진행되었으며 그 방법은 아래와 같다.

#### Gastric digestion

1. 샘플 1.0g를 평량한 후 125ml conical tube에 넣는다.
2. Phosphate buffer (0.1N, pH 6.0)를 25ml 넣은 후 충분히 vortexing 한다.
3. HCl solution (0.2N)을 10ml넣고 1N HCl과 1N NaOH를 이용하여 pH를 2.0으로 만든다.
4. Pepsin을 1ml(10mg/ml) 넣고 chloramphenicol (0.5g/100ml of ethanol)을 0.5ml 넣는다.
5. 이후에 tube를 39℃에서 6시간동안 배양한다.

#### Small intestine digestion

6. 배양이 끝난 후 phosphate buffer (0.2N, pH 6.8)를 10ml넣고 NaOH (0.6N)을 5ml 넣는다.
7. 1N HCl과 1N NaOH를 사용하여 pH를 6.8로 맞춘다.
8. Pancreatin 3ml (50mg/ml)을 넣고 39℃에서 18시간동안 배양시킨다.

#### Large intestine digestion

9. 두 번째 배양이 끝난 후 1ml의 cellulase solution (75mg/ml)을 넣고 conical tube를 24 시간 배양한다.
10. 배양이 끝난 뒤 5ml의 20% sulfosalicylic acid를 넣고 실온에서 30분간 배양한다.
11. Whatman paper No. 54로 filtration을 한다.(filtration 전에 paper의 무게를 평량한다.)
12. 80°C에서 overnight 하여 말리고 남은 무게를 평량한다.

### 제 3 항 연구 결과 및 고찰

#### 가. 대체원료 후보인 copra 박과 palm 박의 대사에너지 측정

copra 박과 palm 박의 가소화에너지, 대사에너지, 질소보정 대사에너지를 표 9에 나타내었다. 섭취된 사료기준(fed basis)으로 copra 박의 가소화에너지, 대사에너지, 질소보정대사에너지 값은 2,985, 2,825, 2,741kcal/kg이었으며, palm 박에서는 2,847, 2,811, 2,768kcal/kg이었다. 건물기준(DM basis)으로는 copra 박의 가소화에너지, 대사에너지, 질소보정대사에너지의 값이 3,300, 3,122, 3,029kcal/kg 이었으며, palm 박에서는 3,043, 3,005, 2,959kcal/kg이었다. 대사에너지와 가소화 에너지의 비율(ME:DE ratio)엔 copra 박이 94.70%, palm박이 98.53%를 보였다. Throne 등(1989)은 야자박의 대사에너지가 2,856kcal/kg이라고 보고하였으며, Sulabo 등(2011)은 palm 박(solvent extraction)의 대사 에너지가 건물기준으로 3,092kcal/kg, 야자박(expeller extraction)의 대사에너지가 3,804kcal/kg이라고 보고하였다. 또한 Throne 등(1989)은 copra 박의 가소화 및 대사에너지가 기름 추출 방법에 따른 조지방의 함량 차이에서 나타난다고 보고하였는데, 본 실험에서는 두 원료의 조지방 함량이 약간 차이를 보였지만(copra 박 3.29%, palm 박 3.81%), 가소화 에너지와 대사에너지는 통계적으로 유의적인 차이가 나타나지 않았다. Noblet과 Milgen(2004)은 사료 내 단백질 함량이 높으면, 노로 배설되는 질소 함량이 높아지고, 이는 노에너지 배설량을 증가시키기 때문에 대사에너지와 가소화에너지의 비율이 낮아진다고 보고하였다. 본 실험에서도 대사에너지와 가소화 에너지의 비율에서는 비록 통계적인 차이는 나타나지 않았지만, 단백질 함량이 높은 copra 박에서의 비율이 palm 박에서의 비율보다 낮게 나타났다. 본 실험결과 copra 박과 palm 박의 가소화에너지, 대사에너지, 질소보정대사에너지가 모두 통계적으로 비슷한 수치를 보였다.



표 9. Copra 박과 palm 박의 에너지 함량<sup>1</sup>

Item	copra 박	palm 박	SEM <sup>2</sup>	P-values
<b>As fed basis</b>				
DE	2,985	2,847	83	0.43
ME	2,825	2,811	128	0.96
ME <sub>n</sub> <sup>3</sup>	2,741	2,768	140	0.92
<b>As DM basis</b>				
DE	3,300	3,043	94	0.18
ME	3,122	3,005	140	0.69
ME <sub>n</sub> <sup>3</sup>	3,029	2,959	142	0.82
ME : DE ratio,%	94.70	98.53	3.37	0.59

<sup>1</sup> DE - digestible energy, ME - metabolizable energy, ME<sub>n</sub>-N-corrected ME.

<sup>2</sup> Standard error of mean.

<sup>3</sup> ME<sub>n</sub>=apparent ME - 7.83kcal/g of urine nitrogen.

다. 회장소화율(ileal digestibility)을 통한 copra 박의 소화율 실험

야자박의 첨가에 따른 사료의 아미노산 조성 변화를 표 10에 나타내었다. NC와 PC 처리구 실험사료의 경우 성분 차이가 단지 0.10%의 mannanase 첨가에 따른 것으로 원료 성분량 변화가 매우 적었기 때문에 실질적인 아미노산 분석 함량에도 큰 차이가 없었다. 야자박 첨가구(CM6, CM12 및 CM18 처리구)의 경우 대체적으로 대조구(NC 및 PC 처리구)에 비해 lysine, isoleucine, aspartic acid 및 tyrosine의 함량이 낮은 경향을 보였고, 다른 아미노산의 경우 비슷한 분석치를 나타냈다.

야자박은 열대지방에서 자라는 식물의 열매인 코코넛에서 기름을 추출하고 남은 부산물로서 단백질함량이 21-25% 정도로 옥수수나 소맥피에 비해 높은 편이며 반추동물 및 토끼 등의 사료에 기존에 이용되어 왔으나 대두박에 비해 이상적이지 못한 조단백질의 아미노산 구성 및 높은 섬유소 함량 때문에 단위동물 사료의 경우 첨가량이 제한되어 왔다. Cresswell과 Brooks(1971)는 야자박의 경우 다른 아미노산에 비해 상대적으로 낮은 비율의 lysine, isoleucine, leucine 및 histidine을 함유하고 있다고 보고하였으며, 이 중에서도 특히 lysine이 매우 부족하다고 지적하였다. Thorne 등(1992)도 야자박에 포함된 조단백질의 아미노산 구성이 이상적이지 못하기 때문에 사료 내에서 높은 함량으로 급여할 경우 lysine을 따로 첨가하여 주지 않으면 동물의 성장을 저해할 수 있다고 보고하였다. 본 실험에서는 이러한 부족한 lysine을 보충하기 위하여 합성 lysine을 첨가하였기 때문에 처리구간의 차이가 미세하게 발생되었다.

표 10. 실험사료의 아미노산 조성

Item <sup>1</sup>	Treatment <sup>2</sup>				
	NC	PC	CM6	CM12	CM18
<b>Amino acids,%</b>					
Lys	1.11	1.08	0.99	1.01	0.97
Met	0.36	0.31	0.27	0.30	0.35
Thr	0.75	0.72	0.67	0.67	0.68
Val	0.75	0.72	0.68	0.68	0.71
Ile	0.70	0.67	0.61	0.59	0.57
Leu	1.55	1.54	1.45	1.37	1.56
Phe	0.86	0.84	0.78	0.76	0.78
His	0.43	0.42	0.39	0.39	0.39
Arg	1.22	1.16	1.11	1.18	1.16
Asp	1.88	1.83	1.69	1.68	1.58
Ser	0.94	0.92	0.87	0.85	0.89
Glu	3.51	3.44	3.25	3.18	3.38
Gly	0.75	0.73	0.68	0.72	0.72
Ala	0.89	0.88	0.84	0.83	0.96
Tyr	0.62	0.59	0.55	0.51	0.51
Pro	0.66	0.68	0.61	0.58	0.68
Cys	0.30	0.27	0.25	0.24	0.32

<sup>1</sup> Analyzed value.

<sup>2</sup> Treatments: NC(basal diet), PC(0.1% mannanase 800IU), CM6(6% copra meal+0.1% mannanase 800IU), CM12(12% copra meal+0.1% mannanase 800IU), CM18(18% copra meal+0.1% mannanase 800IU).

Mannanase를 첨가한 야자박의 수준별 급여가 육성돈의 외관상 회장 소화율(AID)에 미치는 영향에 대한 결과는 표 11에 나타내었다. LSD 검정(SAS, 2004) 결과, lysine 소화율에서 NC 처리구가 야자박을 18% 첨가한 CM18 처리구보다 3.20% 높은 수치를 나타냈고, aspartic acid 소화율에서는 야자박을 각각 12%, 18% 첨가한 CM12, CM18 처리구가 NC 처리구에 비해 상대적으로 낮은 소화율을 나타냈다(P<0.05). 이외에도 glycine 소화율에서 CM12 처리구가 NC 처리구에 비해 낮은 소화율을 나타냈으며(P<0.05), 다른 아미노산 소화율의 경우에도 유의적인 차이는 나타나지 않았으나 CM18 처리구가 다른 처리구들에 비해 소화율이 떨어지는 수치적인 경향을 나타냈다. 또한 orthogonal polynormal contrast 결과, lysine과 glutamine의 소화율에서 야자박의 첨가수준 증가에 따라 linear response가 있었고(P<0.05), aspartic acid의 소화율에서 야자박의 첨가수준 증가에 따라 고도의 linear response(P<0.01)가 있는 것으로 나타났다.

단위동물의 소화효소에 의해 분해되지 않는 섬유소나 여러 가지 항영양인자는 동물의 소화율을 감소시킨다(Bulasubramanian, 1976; Aspinall, 1970). 이 밖에도 제한 아미노산의 함량이 상대적으로 다른 아미노산에 비해 부족할 경우에도 전체적인 아미노산 소화율을 낮추는 영향을 미칠 수 있다(Thorne 등, 1990; O'Doherty 등, 2000). 본 실험에 사용된 야자박의 경우 기본적으로 많이 사용하는 대두박 등의 다른 단백질 원료에 비해 아미노산 전체에서 lysine이 차지하는 비중이 매우 낮은 원료이고 상대적으로 섬유소의 함량 또한 매우 높은 편

이다. 돼지에서의 제 1 제한 아미노산인 lysine의 경우 추가적인 합성 아미노산의 첨가로 인해 사료내의 함량에서 어느 정도 비슷한 수준으로 보정되었지만, 회장소화율에서 다른 처리구와의 차이를 보이면서 결과적으로 아미노산 불균형을 유발하게 되었으며, 이러한 변화는 다른 아미노산의 소화율에도 영향을 미쳤을 것으로 보인다. 본 실험에서 야자박이 대체한 단백질 원료는 대두박으로 NRC(1998)에서도 제시되었듯이 copra 박과 lysine의 AID를 비교하였을 때 약 25-30%의 차이를 보이는 것으로 보고되고 있다. 이러한 AID의 차이는 copra 박 첨가 수준이 증가됨에 따라 늘어났을 것이고, 그 결과 linear response를 보인 것으로 사료된다. 추가적으로 mannanase의 첨가에 따른 NC와 PC 처리구간의 소화율 차이가 실험결과에 나타나지 않은 것은 실질적으로 효소가 작용하는 기질인 mannan의 함량이 두 처리구의 기본원료인 옥수수나 대두박 내에 높은 함량 함유되어 있지 않기 때문인 것으로 보인다. CM6과 CM12 처리구의 경우 대조구에 비해 전반적으로 아미노산 소화율 차이가 유의적으로 나타나지 않았으며, CM18 처리구의 경우 몇몇 아미노산 소화율에서 통계적으로 유의적인 차이가 나타나 해당 함량 이상으로 야자박을 첨가할 시 해당 아미노산의 첨가 필요성을 보여주었다.

외관상 회장 소화율 결과와 무질소사료를 급여하여 얻은 기초 내생 아미노산 손실(basal endogenous amino acid losses)을 각각의 아미노산에 적용시켜 구한 표준 회장 소화율(SID)의 결과를 표 12에 나타내었다. LSD 검정 결과, lysine 소화율에서 AID 분석 결과와 동일하게 CM18 처리구가 대조구에 비해 낮은 소화율을 나타냈으며, glycine 항목에서는 CM12 처리구가 NC 처리구에 비해 유의적으로 낮은 수치를 나타냈다( $P < 0.05$ ). 그 외의 다른 아미노산의 경우 통계적으로 유의적인 차이를 나타내지 않았으며, orthogonal polynomial contrast 결과에서는 lysine과 aspartic acid 소화율 항목이 copra 박 첨가 수준에 따른 linear response를 나타낸 것으로 분석되었다( $P < 0.05$ ). 실험결과를 보면 제 1 제한 아미노산 lysine의 경우 AID 결과와 동일하게 대조구와 CM18 처리구간의 통계적으로 유의적인 차이를 나타냈고 다른 아미노산 항목도 내생 아미노산 손실 추가에 따라 유의적인 차이를 나타내지는 않았지만 CM18 처리구의 경우 수치적으로 다른 처리구에 비해 낮은 소화율을 나타내 위의 AID 결과와 동일한 경향을 나타냈다.

Copra 박은 위의 조섬유와 아미노산 불균형 이외에도 포도당 대사(glucose metabolism) 저해 작용 및 인슐린(insulin) 분비를 억제시키는 작용을 수행하기도 하며, gastric emptying 등에 부정적인 영향을 미칠 수 있다는(Nunes와 Malmlof, 1992) 연구결과도 보고된 바 있어 복합적으로 아미노산 소화율에 악영향을 미쳤을 것으로 사료된다.

결론적으로 copra 박을 육성기 사료 내에 첨가할 경우 12%까지는 lysine 소화율에 악영향을 미치지 않는 것으로 나타났고, 다른 아미노산 소화율에서도 AID와 SID 모두 대조구와 비교하여 차이가 없는 것으로 나타났다. 기존 양돈사료의 주요 원료인 옥수수나 대두박의 경우 가격 변화폭이 일정하지 않기 때문에 이러한 실험 결과는 배합사료의 원료를 선정할 시 다양성면에서 큰 도움이 될 수 있을 것으로 예상되며, 더욱 세부적인 첨가 함량 결정을 위해서는 추가적인 연구가 필요할 것으로 사료된다.

표 11. Copra 박의 수준별 급여가 육성돈의 외관상 회장 소화율(AID)에 미치는 영향

Item,%	Treatment <sup>1</sup>					SEM <sup>2</sup>
	NC	PC	CM6	CM12	CM18	
<b>Essential amino acids</b>						
Lys <sup>4</sup>	95.18 <sup>a</sup>	94.30 <sup>a</sup>	94.02 <sup>a</sup>	93.66 <sup>ab</sup>	91.98 <sup>b</sup>	0.32
Met	96.25	96.03	95.12	94.85	95.74	0.28
Thr	92.07	90.38	91.07	89.64	89.71	0.31
Val	92.64	90.90	91.63	90.28	90.41	0.33
Ile	94.52	93.72	93.89	93.03	91.78	0.33
Leu	94.88	94.39	95.01	94.26	93.80	0.27
Phe	94.97	94.52	94.66	94.15	93.06	0.30
His	95.53	94.93	95.02	94.73	93.29	0.32
Arg	96.66	95.99	95.85	95.74	94.05	0.36
<b>Non-essential amino acids</b>						
Asp <sup>3</sup>	93.81 <sup>a</sup>	93.23 <sup>ab</sup>	93.05 <sup>ab</sup>	91.76 <sup>bc</sup>	90.94 <sup>c</sup>	0.31
Ser	93.56	92.82	93.17	91.79	91.71	0.26
Glu <sup>4</sup>	94.79	95.28	93.74	92.84	93.13	0.34
Gly	90.74 <sup>a</sup>	87.67 <sup>ab</sup>	86.74 <sup>bc</sup>	84.10 <sup>c</sup>	88.13 <sup>ab</sup>	0.65
Ala	91.59	90.29	91.15	89.40	91.15	0.30
Tyr	94.55	94.04	94.18	92.95	92.30	0.31
Pro	92.43	91.91	90.26	90.88	90.96	0.46
Cys	92.69	91.82	90.36	87.36	91.31	0.82

<sup>a-c</sup> Means with different superscripts in the same row significantly differ (P<0.05).

<sup>1</sup> Treatments: NC(basal diet), PC(0.1% mannanase 800IU), CM6(6% copra meal+0.1% mannanase 800IU), CM12(12% copra meal+0.1% mannanase 800IU), CM18(18% copra meal+0.1% mannanase 800IU).

<sup>2</sup> SEM: standard error of means.

<sup>3</sup> Linear response of copra meal supplementation (P<0.01).

<sup>4</sup> Linear response of copra meal supplementation (P<0.05).

표 12. Copra 박의 수준별 급여가 육성돈의 표준 회장 소화율(SID)에 미치는 영향

Item,%	Treatment <sup>1</sup>					SEM <sup>2</sup>
	NC	PC	CM6	CM12	CM18	
<b>Essential amino acids</b>						
Lys <sup>3</sup>	98.69 <sup>a</sup>	97.91 <sup>a</sup>	97.96 <sup>a</sup>	97.52 <sup>ab</sup>	96.00 <sup>b</sup>	0.20
Met	103.37	104.45	103.95	103.40	101.90	0.27
Thr	99.67	98.30	99.57	98.15	98.15	0.28
Val	100.91	99.51	100.74	99.40	99.21	0.31
Ile	100.95	100.43	101.26	100.66	99.68	0.28
Leu	98.68	98.22	99.07	98.56	97.58	0.28
Phe	98.81	98.44	98.89	98.49	97.29	0.29
His	100.41	99.93	100.40	100.12	98.68	0.31
Arg	101.74	101.34	101.44	101.00	99.42	0.36
<b>Non-essential amino acids</b>						
Asp <sup>3</sup>	98.81	98.36	98.61	97.36	96.90	0.26
Ser	100.47	99.88	100.64	99.44	99.06	0.24
Glu	98.49	99.06	97.74	96.93	96.98	0.33
Gly	103.94 <sup>a</sup>	101.23 <sup>ab</sup>	101.29 <sup>ab</sup>	97.85 <sup>b</sup>	101.88 <sup>ab</sup>	0.62
Ala	99.23	98.02	99.24	97.59	98.24	0.28
Tyr	100.04	99.80	100.37	99.62	98.97	0.26
Pro	118.80	120.02	118.79	120.88	116.73	0.64
Cys	102.02	102.19	101.58	98.92	100.15	0.75

<sup>a,b</sup> Means with different superscripts in the same row significantly differ (P<0.05).

<sup>1</sup> Treatments: NC(basal diet), PC(0.1% mannanase 800IU), CM6(6% copra meal+0.1% mannanase 800IU), CM12(12% copra meal+0.1% mannanase 800IU), CM18(18% copra meal+0.1% mannanase 800IU).

<sup>2</sup> SEM: standard error of means.

<sup>3</sup> Linear response of copra meal supplementation (P<0.05).

<sup>4</sup> Basal endogenous losses were calculated by protein free diet(g/kg) : Arg, 0.62; His, 0.21; Ile, 0.45; Leu, 0.59; Lys, 0.39; Met, 0.22; Phe, 0.33; Thr, 0.57; Val, 0.62; Ala, 0.68; Asp, 0.94; Cys, 0.28; Glu, 1.30; Gly, 0.99; Pro, 1.74; Ser, 0.65; Tyr, 0.34.

#### 라. In vitro를 통한 소화율 실험

Mannanase를 첨가한 copra 박의 수준별 급여가 in vitro 영양소 소화율에 미치는 영향에 대하여 표 13에 나타내었다. 육성돈 in vitro 건물 소화율에 있어 PC 처리구가 다른 처리구들에 비해 유의적으로 높은 소화율을 나타내었으며 copra 박을 18% 첨가한 처리구가 가장 낮은 소화율을 나타내었다(P<0.05). Mannanase를 첨가한 상태에서 copra 박의 첨가 수준이 증가할수록 건물 소화율은 linear하게 감소하는 모습을 보였다(P<0.05). Aspinal(1970)과 Bulasubramanian(1976)의 연구 결과에 따르면 copra 박을 첨가할 경우 다른 영양소의 이용

성도 떨어뜨려 옥수수-대두박 위주의 사료 급여구에 비하여 영양소 소화율이 떨어진다고 하였으며, Thomas 와 Scott(1962)은 copra 박을 사료 내 첨가할 경우, 사료 내 lysine이나 cysteine, methionine 등의 아미노산을 첨가하지 않으면 몇몇 제한 아미노산의 불충분으로 인한 아미노산 불균형으로 인하여 동물의 영양소 소화율이 떨어질 수 있다고 보고하였다. Luis(2002)에 의해 수행된 in vitro 실험 결과에 의하면 copra 박의 소화율이 mannan-degrading enzyme를 첨가하였을 경우 건물, 조단백질, 조지방 및 조섬유에서 각각 18.5%, 21.0%, 9.8%, 24.2% 증가하였다고 하였다.

앞서 수행된 영양소 소화율 실험에서는 사료 내 mannanase와 함께 copra 박을 12% 첨가한 경우 육성돈의 영양소 소화율에 부정적 영향을 미치지 않는 것으로 나타났고, copra 박을 18% 첨가한 경우 돼지의 조단백질 소화율을 떨어뜨리는 것으로 나타났으나, in vitro 실험에서는 PC 처리구가 제일 높은 값을 나타내었고, copra 박의 첨가수준이 높아짐에 따라 소화율이 유의적으로 감소하는 효과가 나타났다. 따라서, in vitro 소화율 결과, 사료 내 copra 박을 6% 까지 첨가하는 것이 육성돈의 소화율에 부정적인 영향을 미치지 않는다는 결과를 나타내었다.

표 13. Copra 박의 수준별 급여가 육성돈의 in vitro 소화율에 미치는 영향<sup>1</sup>

Item	Treatment					SEM <sup>1</sup>
	NC	PC	CM6	CM12	CM18	
<b>In vitro nutrient digestibility(%)</b>						
Dry matter <sup>2</sup>	68.95 <sup>abc</sup>	70.27 <sup>a</sup>	69.16 <sup>ab</sup>	67.97 <sup>bc</sup>	67.06 <sup>c</sup>	0.37

<sup>1</sup> Standard error of mean.

<sup>2</sup> Linear response among P-Con, CM6, CM12 and CM18(P<0.05).

<sup>a,b,c</sup> Mean with different superscripts in the same row significantly differ(P<0.05).

## 제 2 절 대체원료로서 copra 박의 첨가가 육성-비육돈의 성장, 영양소 소화율, 육질 및 경제성에 미치는 영향

### 제 1 항 서 론

Copra 박(copra meal)은 원료의 가격이 옥수수나 대두박에 비해 월등히 낮고 열대지방에서 다량 생산되는 부산물이라는 장점을 가져, 곡류 원료사료 대체용 원료로 부각되고 있다. Palm 박은 열대성 열매인 팜에서 기름을 추출하고 남은 부산물이며, copra 박은 코코넛에서 기름을 추출하고 남은 부산물이다. Copra 박은 단백질함량이 21~25% 정도로 옥수수나 소맥피에 비해 높은 편이며, 반추동물, 토끼 등의 사료로 이용되고 있다. 하지만 이 원료사료들은 높은 섬유소 함량과, 낮은 기호성, 필수 아미노산의 부족, 높은 비전분성다당류(Non-Starch Polysaccharide)함량으로 인해 단위 동물의 사료로 사용하기에는 제한이 따르고 있다. 따라서 바이오틴, NaOH, 효소 등의 첨가를 통해 copra 박에 대한 단위동물의 이용효율을 증진시키기 위한 연구가 진행되고 있다(Nwokolo 등, 1970; Oloyo, 1991; Dingle 등, 1997).

Copra 박의 비전분성다당류는 대부분이 만난(mannan)이며, 건물기준으로 25~30% mannan을 함유하고 있다. Mannan은 단위동물에 있어서 매우 심각한 항영양인자(anti-nutritional factor)이다. Mannan은 돼지에 있어서 포도당 대사(glucose metabolism)를 방해하며 insulin의 분비를 억제하는 부정적인 영향을 갖고 있다(Leeds 등, 1980). Rainbird 등(1984)에 의하면 돼지의 공장 내에 mannan함량이 높은 guar gum을 6.7g/L을 주입하였을 때, glucose의 흡수가 50%정도 감소하는 것을 관찰하였다. 이외에도 다양한 연구 결과에서 mannan이 glucose의 흡수와 insulin 분비의 방해, gastric emptying의 감소, 순환적인 insulinotropic peptide 및 IGF-I의 분비의 감소 등에 대해서 밝혀냈다(Sambrook과 Rainbird, 1985; Nunes와 Malmlof, 1992). 이는 mannan을 분해하는 효소인 mannanase의 첨가로 copra 박의 이용성을 증진시키며, 단위동물 사료로 사용할 수 있는 범위를 증가시킬 수 있음을 시사한다.

최근의 연구에 따르면 미생물(bacteria)나 곰팡이(fungi) 등에서 생산되는 mannanase를 돼지나, 육계 등의 사료에 첨가하였을 때, 사료 효율이나 성장성적에서 향상되었다는 보고가 있다(Jackson 등, 1999). Mannanase는 mannan의  $\beta$ -1, 4 glycosidic 결합을 가수분해 하는 역할을 한다. 이는 copra 박의 사용으로 사료 내 mannan함량의 증가로 생기는 부정적인 영향을 해결하는 역할을 할 수 있다.

따라서 본 연구는 육성-비육기의 돼지 사료에 copra 박과 palm 박의 수준별 첨가와 이의 이용효율을 증진시킬 수 있는 mannanase라는 효소제를 함께 첨가하였을 때, 육성·비육돈에서의 성장 효과 및 영양소 소화율, 혈중요소태질소, 육질에 미치는 효과를 규명하여 육성-비육돈 사료 내 mannanase 첨가 시 copra 박의 적정 첨가량을 검증하기 위하여 수행되었다.

## 제 2 항 실험 방법 및 재료

### 가. 실험 동물 및 사양실험(Animals and feeding)

평균 체중  $27.22 \pm 0.09\text{kg}$ (처리 간 평균체중 차이)의 3원 교잡종([Yorkshire × Landrace] × Duroc) 80두를 공시하였으며, 약 12주 동안 육성·비육기 사양실험을 수행하였다. 사양실험은 전체 5처리 4반복, 반복 당 4마리씩 성별과 체중에 따라 난괴법(Randomized complete block design; RCBD)으로 배치하였다.

실험돈은 사료와 물의 자유 급이가 가능하고 온도 조절이 용이한 돈사에서 사육되었으며, 일당 증체량, 일당 사료섭취량, 사료효율을 측정하기 위하여, 육성·비육기 12주 동안 3주마다 체중과 사료 섭취량을 기록하였다.

### 나. 실험설계 및 실험사료(Experimental design and feeding program)

실험 처리구는 mannanase를 첨가한 처리구를 PC로 하고 mannanase를 첨가한 상태에서 copra 박 첨가수준에 따라 각각의 처리구를 설계하였다. 실험의 처리구는 다음과 같다. 1) NC(negative control ;basal diet), 2) PC(positive control; 0.1% mannanase 800IU), 3) CM6(6% copra meal+0.1% mannanase 800IU), 4) CM12(12% copra meal+0.1% mannanase 800IU), 5) CM18(18% copra meal+0.1% mannanase 800IU). Mannanase의 첨가수준과 활력정도는 제조사의 권장량을 참고하여 설정하였다.

실험 사료는 옥수수-대두박 위주의 기초사료에 육성기에는 모든 처리구에 항생제가 사용되었고, 비육기에는 사용되지 않았다. 실험 기간은 육성기(0-6주), 비육전기(6-9주), 비육후기(9-12주)로 분류하였다. 실험사료의 각 단계별 원료 및 화학적 조성은 아래 표 14, 15, 16에서 제시된 바와 같다.



표 14. 육성기 실험 사료 배합비(0-6주)

Ingredients <sup>1</sup> ,%	Treatments <sup>5</sup>				
	NC	PC	CM6	CM12	CM18
Corn	69.40	69.18	64.29	59.42	54.55
SBM-46	28.42	28.46	26.50	24.55	22.62
Tallow	0.10	0.18	0.88	1.57	2.25
L-lysine · HCl	0.02	0.02	0.17	0.30	0.42
Limestone	0.46	0.46	0.46	0.46	0.46
TCP	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
Vit. mix. <sup>2</sup>	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10
Min. mix. <sup>3</sup>	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10
Salt	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30
Antibiotic <sup>4</sup>	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10
Copra meal	0.00	0.00	6.00	12.00	18.00
Mannanase	0.00	0.10	0.10	0.10	0.10
Total	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00
<b>Chemical composition<sup>6</sup></b>					
DE, kcal/kg	3,400.54	3,400.67	3,400.51	3,400.56	3,400.47
CP, %	18.00	18.00	18.00	18.00	18.00
Total lysine, %	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95
Methionine, %	0.30	0.30	0.30	0.29	0.29
Ca, %	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60
Total P, %	0.50	0.50	0.51	0.51	0.52

<sup>1</sup> Antibiotics and feed ingredients were supplemented based on domestic regulations and recommendations of suppliers.

<sup>2</sup> Provided per kg of diet : Vit A, 16,000IU; Vit D<sub>3</sub>, 3,200IU; Vit. E, 35IU; Vit. K<sub>3</sub>, 5mg; Rivoftavin, 6mg; Calcium pantothenic acid, 16mg; Niacin, 32mg; d-Biotin, 128ug; Vit.B<sub>12</sub>, 20ug.

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

<sup>4</sup> Avilamycin.

<sup>5</sup> Treatment: NC(basal diet), PC(0.1% mannanase 800IU), CM6(6% copra meal+0.1% mannanase 800IU), CM12(12% copra meal+0.1% mannanase 800IU), CM18(18% copra meal+0.1% mannanase 800IU).

<sup>6</sup> Calculated value.

표 15. 비육전기 실험 사료 배합비(6-9주)

Ingredients <sup>1</sup> ,%	Treatments <sup>4</sup>				
	NC	PC	CM6	CM12	CM18
Corn	74.11	73.91	69.32	64.68	60.05
SBM-46	21.09	21.12	19.13	17.14	15.16
Wheat bran	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00
Soy oil	0.08	0.15	0.71	1.29	1.86
L-lysine · HCl	0.00	0.00	0.04	0.09	0.13
Limestone	0.42	0.42	0.46	0.50	0.54
TCP	0.80	0.80	0.74	0.70	0.66
Vit. mix. <sup>2</sup>	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10
Min. mix. <sup>3</sup>	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10
Salt	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30
Copra meal	0.00	0.00	6.00	12.00	18.00
Mannanase	0.00	0.10	0.10	0.10	0.10
Total	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00
<b>Chemical composition<sup>5</sup></b>					
DE, kcal/kg	3,400.21	3,400.16	3,400.23	3,400.25	3,400.10
CP, %	15.50	15.50	15.50	15.50	15.50
Total lysine, %	0.77	0.77	0.77	0.77	0.77
Methionine, %	0.27	0.27	0.27	0.26	0.26
Ca, %	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50
Total P, %	0.45	0.45	0.45	0.45	0.45

<sup>1</sup> Antibiotics and feed ingredients were supplemented based on domestic regulations and recommendations of suppliers.

<sup>2</sup> Provided per kg of diet : Vit A, 16,000IU; Vit D<sub>3</sub>, 3,200IU; Vit. E, 35IU; Vit. K<sub>3</sub>, 5mg; Rivo flavin, 6mg; Calcium pantothenic acid, 16mg; Niacin, 32mg; d-Biotin, 128ug; Vit.B<sub>12</sub>, 20ug.

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

<sup>4</sup> Treatment: NC(basal diet), PC(0.1% mannanase 800IU), CM6(6% copra meal+0.1% mannanase 800IU), CM12(12% copra meal+0.1% mannanase 800IU), CM18(18% copra meal+0.1% mannanase 800IU).

<sup>5</sup> Calculated value.

표 16. 비육후기 실험 사료 배합비(9-12주)

Ingredients <sup>1</sup> ,%	Treatments <sup>4</sup>				
	NC	PC	CM6	CM12	CM18
Corn	78.75	78.57	73.91	69.26	64.69
SBM-46	14.51	14.55	12.58	10.60	8.59
Wheat bran	5.04	5.04	5.04	5.04	5.04
Soy oil	0.10	0.16	0.74	1.32	1.88
L-lysine · HCl	0.00	0.00	0.04	0.08	0.13
Limestone	0.52	0.53	0.58	0.60	0.63
TCP	0.58	0.55	0.51	0.50	0.44
Vit. mix. <sup>2</sup>	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10
Min. mix. <sup>3</sup>	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10
Salt	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30
Copra meal	0.00	0.00	6.00	12.00	18.00
Mannanase	0.00	0.10	0.10	0.10	0.10
Total	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00
<b>Chemical composition<sup>5</sup></b>					
DE, kcal/kg	3,400.00	3,400.13	3,400.11	3,400.12	3,400.22
CP, %	13.20	13.20	13.20	13.20	13.20
Total lysine, %	0.61	0.61	0.61	0.61	0.61
Methionine, %	0.24	0.24	0.24	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

<sup>1</sup> Antibiotics and feed ingredients were supplemented based on domestic regulations and recommendations of suppliers.

<sup>2</sup> Provided per kg of diet : Vit A, 16,000IU; Vit D<sub>3</sub>, 3,200IU; Vit. E, 35IU; Vit. K<sub>3</sub>, 5mg; Rivo flavin, 6mg; Calcium pantothenic acid, 16mg; Niacin, 32mg; d-Biotin, 128ug; Vit.B<sub>12</sub>, 20ug.

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

<sup>4</sup> Treatment: N-con(basal diet), P-con(0.1% mannanase 800IU), CM6(6% copra meal+0.1% mannanase 800IU), CM12(12% copra meal+0.1% mannanase 800IU), CM18(18% copra meal+0.1% mannanase 800IU).

<sup>5</sup> Calculated value.

#### 다. 혈액 정상(Blood assay)

혈액은 각 시기별(육성 3주, 육성 6주, 비육 3주, 비육 6주)로 처리 당 6두씩을 선발하여 목 부위의 경정맥에서 채취하여 BUN(blood urea nitrogen)을 분석하였다. 혈액은 disposable culture tube에 포집하여 3,000rpm, 4℃ 상태로 15분 동안 원심 분리하였다. 그 후 microtube 보관용기에 혈청만을 분리하여 분석 시까지 -20℃에 보관하였다. BUN은 혈액 분석기(ciba-corning model, ciba corning diagnostics co.)를 이용하여 분석하였다.

#### 라. 돈육의 지방산패도 분석(Physicochemical characteristics of pork)

도축 후에 채취한 등심 샘플을 이용하여 도축 후 각각 1, 3, 5 및 7일차에 TBARS(thiobarbituric acid reactive substance) assay를 수행하였다. 본 실험에서는 Witte 등(1970)이 제시한 지방산패도 분석 방법을 사용하였고, homogenizer(Janke 와 Kunkel, T25, germany)와 spectrophotometer(Hitachi, U-1100 Japan)를 사용하였다.

#### 마. 지방산 분석(Fatty acid analysis)

신선한 돈육의 지방산 구성을 분석하기 위해 Park와 Coins(1994)가 제시한 분석방법을 사용하였다. 2ml의 methanol : benzen(4:1 v/v) 시약을 0.5g의 신선한 돈육샘플에 넣고 1시간 동안 heating block에서 가열한 후에 200 $\mu$ l의 acetyl chloride를 집어넣었다. 이를 다시 실온에서 식히고, 1ml의 hexane과 5ml의 6% potassium carbonate를 넣은 후에 3,000rpm에서 15분간 원심분리하고, 1 $\mu$ l의 상층액을 micro-syringe로 옮겼다. 마지막으로 이 상층액 샘플을 gas chromatography(5890 II-series, Hewlett- Packard, USA)로 분석하였다.

#### 바. 영양소 소화율(Nutrient digestibility)

Mannanase를 첨가한 copra 박의 수준별 급여가 육성-비육돈의 영양소 소화율에 미치는 영향을 알아보기 위하여, 육성돈은 평균체중 54.13 $\pm$ 1.59kg의 거세돈 15두를 5처리 3반복에 완전임의배치법으로 1마리씩 넣어 배치하였고, 비육돈은 평균체중 66.25 $\pm$ 1.44kg 거세돈 15두를 5처리 3반복, 완전임의배치법(Completely randomized design; CRD)으로 대사틀에 1마리씩 넣어 배치하였다.

소화율 실험은 전분 채취법으로 진행되었으며 적응기(adaptation period) 6일과 본실험기(collection period) 5일, 총 11일 동안 수행하였다. 5일 간의 본실험기 동안 하루에 한 번씩 동일한 시간에 분과 뇨를 채취하였고, 실험사료는 평균 체중을 기준으로 1.0%를 정량하여 하루에 두 번씩(07:00과 19:00) 제한 급여하였으며, 물은 자유 급여하였다. 본 실험 기간 동안

채취된 분은 플라스틱 백에 넣어 냉동보관(-20℃)하였으며, 건조기에서 60℃에 72시간 동안 건조한 후 스크린 직경이 1mm인 wiley mill을 이용하여 분쇄하였다. 채취된 뇨는 암모니아의 휘산을 방지하기 위해 10% H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 50ml을 미리 부어 놓은 플라스틱 통에 매일 채취 하였으며, glass wool을 통하여 이물질을 걸러 부피를 측정 한 후, 즉시 냉동 보관(-20℃)하였으며, 질소 이용률 분석을 위해 사용되었다. 사료, 분 및 뇨의 일반성분(건물, 조단백질, 조지방 및 조회분)은 AOAC(1995)방법에 따라 분석하였고, 영양소 소화율과 질소 이용율을 측정하기 위해 이용되었다.

#### 사. 화학 분석 및 통계 분석(Chemical and statistical analysis)

사료, 분 및 뇨의 일반성분 분석은 AOAC(1995) 방법에 따라 실시하였다. 통계분석은 SAS(2004)의 일반선형모형(GLM)을 이용하여 수집된 자료에 대한 유의성 검정을 실시하였으며, 사양실험에서 돈방을 실험단위로, 면역실험에서는 돼지 1마리를 실험 단위로 하여 최소 유의차(LSD) 다중검정법에 의해 처리 간 결과를 비교하였다. 유의차가 있을 경우 P<0.05로, 고도의 유의차가 있을 경우 P<0.01로 고려하였다.

### 제 3 항 연구 결과 및 고찰

#### 가. 성장성적(Growth performance)

육성 6주, 비육 6주 총 12주 동안 copra 박의 수준별 급여가 육성-비육돈의 성장성적에 미치는 영향을 표 17에 나타내었다. 육성-비육기 12주 동안 copra 박을 6% 첨가한 CM6 처리구의 경우 다른 처리구들에 비해 수치상으로 체중이 높게 나타난 반면, copra 박을 18% 첨가한 CM18 처리구에서는 체중이 낮은 경향을 보였다( $P=0.09$ ). 또한, copra 박 12 처리구는 mannanase를 첨가하지 않은 대조구와 동일한 체중을 나타내었다. 일당증체량(average daily gain, ADG)에서도 사양 시험 전 기간 동안 CM6 처리구에서 높은 경향이 나타났고, CM18 처리구에서 낮게 나타났다( $P=0.09$ ). 일당 사료 섭취량(average daily feed intake, ADFI)에서는 시험 전 기간 동안 처리구 간에 유의적인 차이가 나타나지 않았다. 사료효율(gain:feed ratio)에 있어서는 사양 전 기간인 0-12주 동안 mannanase를 첨가한 P-con 처리구와 CM6 처리구에서 유의적으로 높게 나타났으며, CM18 처리구에서 가장 낮게 나타났다( $P<0.05$ ). 또한, 실험 전 기간에 걸쳐 copra 박의 첨가 수준이 늘어날수록 사료효율이 떨어지는 결과를 나타냈다.

본 실험에서 copra 박 첨가 수준이 가장 높은 CM18 처리구에서 돼지의 사료효율이 낮았으며, copra 박 첨가 수준이 12%인 CM12 처리구에서는 mannanase를 첨가하지 않은 NC 처리구와 대등한 성장률을 나타내었다. 이와 같은 결과는 copra 박을 다량 사용할 경우 높은 비율로 함유된 mannan이 돼지의 포도당 대사(glucose metabolism)를 방해하여 인슐린(insulin)의 분비를 억제하거나, gastric emptying ratio 등에 부정적인 영향을 미칠 수 있기 때문에 나타난 것으로 사료된다(Nunes와 Malmlof, 1992). 또한 copra 박 내 함유되어 있는 mannan 분해효소인 mannanase의 함량이 copra 박을 18% 첨가한 CM18 처리구에서의 mannan을 충분하게 분해시키지 못한 것으로 판단되며, 이로 인해 copra 박을 포함한 소화물이 장내를 통과하는 시간이 빨라 copra 박을 소화하는데 시간이 충분하지 못했기 때문인 것으로 사료된다. 이 결과로 copra 박을 12% 이상 첨가 시에는 사료에 포함되어 있는 mannan을 더욱 효과적으로 분해할 수 있도록 mannanase를 추가로 더 첨가하는 방법이 모색되어야 할 것이다. 기존에 단위동물의 원료 사료로 copra 박을 사용하지 않았던 주요한 원인중의 하나가 기호성이었으나, 본 실험에서는 실험 기간 동안 일당사료섭취량에서 유의적인 차이가 전혀 나타나지 않았다. 이는 18% 수준의 copra 박 첨가는 기호성에 부정적인 영향을 미치지 않는다는 것을 보여준다. 그러나 copra 박을 18% 첨가한 처리구에서는 사료를 섭취한 만큼 증체를 보여주지 못했고 사료 효율이 떨어져 돼지의 정상적인 성장을 유도할 수 없다는 결과를 보여주었다.

본 시험 결과 육성-비육기 12주 동안 copra 박 12% 첨가는 mannanase를 첨가하지 않은 옥수수-대두박 위주의 대조구와 육성-비육돈의 성장능력에 있어서 부정적인 영향을 미치지 않

은 것으로 나타났으므로, 옥수수-대두박 위주의 육성-비육돈 사료에서 copra 박 12% 수준까지는 옥수수-대두박 대체가 가능한 것으로 사료된다.

표 17. Copra 박의 수준별 급여가 육성-비육돈의 성장에 미치는 영향

Item <sup>1</sup>	Treatments					SEM <sup>2</sup>
	NC	PC	CM6	CM12	CM18	
<b>Body weight, kg</b>						
Initial	27.13	27.31	27.31	27.30	27.05	0.72
3 week	43.43	43.27	45.28	45.73	43.63	1.08
6 week	64.99	64.89	67.45	67.37	63.31	1.28
9 week	85.39	86.17	88.53	88.68	83.51	1.59
12 week <sup>3</sup>	102.15 <sup>ab</sup>	104.57 <sup>ab</sup>	106.35 <sup>a</sup>	104.77 <sup>ab</sup>	99.13 <sup>b</sup>	1.21
<b>ADG, g</b>						
0-3 week	776	760	856	878	790	23.37
3-6 week	1,027	1,030	1,056	1,030	937	18.74
6-9 week	915	967	958	972	948	22.54
9-12 week	798	876	849	766	744	34.21
0-6 week	901	895	956	954	863	17.31
6-12 week	864	923	905	870	833	15.61
0-12 week <sup>4</sup>	883 <sup>ab</sup>	909 <sup>ab</sup>	930 <sup>a</sup>	911 <sup>ab</sup>	848 <sup>b</sup>	9.97
<b>ADFI, g</b>						
0-3 week	1,732	1,743	1,873	1,884	1,959	70.84
3-6 week	2,148	2,009	2,062	2,076	2,035	30.37
6-9 week	2,732	2,621	2,898	2,938	2,818	59.09
9-12 week	3,011	3,015	3,105	3,216	2,948	42.56
0-6 week	1,940	1,876	1,967	1,980	1,997	46.33
6-12 week	2,872	2,818	3,002	3,077	2,883	46.04
0-12 week <sup>4</sup>	2,406	2,347	2,484	2,529	2,440	38.97
<b>G:F ratio</b>						
0-3 week	0.447	0.438	0.463	0.474	0.415	0.013
3-6 week	0.479	0.513	0.513	0.500	0.461	0.011
6-9 week	0.334	0.372	0.331	0.330	0.336	0.007
9-12 week	0.267	0.292	0.273	0.239	0.250	0.011
0-6 week	0.464	0.479	0.488	0.488	0.437	0.011
6-12 week	0.303	0.329	0.301	0.283	0.288	0.007
0-12 week <sup>4</sup>	0.368 <sup>abc</sup>	0.389 <sup>a</sup>	0.374 <sup>ab</sup>	0.362 <sup>bc</sup>	0.348 <sup>c</sup>	0.005

<sup>1</sup> NC : Basal diet(NRC, 1998), PC : Basal diet+0.1% of mannanase 800IU, CM6 : 6% of copra meal addition+0.1% of mannanase 800IU, CM12 : 12% of copra meal addition+0.1% of mannanase 800IU, CM18 : 18% of copra meal addition+0.1% of mannanase 800IU.

<sup>2</sup> Standard error of mean.

<sup>3</sup> Means with different superscripts in the same row significantly differ(P=0.09).

<sup>4</sup> Means with different superscripts in the same row significantly differ(P=0.09).

<sup>5</sup> Means with different superscripts in the same row significantly differ(P<0.05).

## 나. 혈중 요소태 질소(Blood urea nitrogen assay)

육성-비육돈 사료 내 copra 박 첨가에 따른 혈중 요소태 질소 농도(BUN)는 표 18에서 보는 바와 같다. 사양실험 전 기간 동안 BUN 농도는 10.10~15.45mg/dl 정도로 일반적인 돼지가 갖는 수치를 나타내었고, 처리구 간 통계적인 유의적 차이는 보이지 않았다. 본 실험에서는 BUN 분석을 위해 실험 개시 시부터 일정 기간별로(initial, 육성 3주, 육성 6주, 비육 3주, 비육 6주) 처리 당 6 두로부터 혈액을 채취하여 분석하였다.

본 실험에서는 copra 박 첨가 처리구와 대조구를 비교 시, 혈중 요소태 질소 농도에서 차이를 보이지 않았으며, copra 박의 첨가 수준에 따른 차이도 나타나지 않았다. 일반적으로 BUN 농도가 높다는 것은 단백질의 이용 효율이 떨어진다는 것을 의미한다. 섭취된 사료 내 단백질이 분해되면서 생성된 암모니아( $\text{NH}_3$ )는 간과 신장에서 요소로 변환되는데 독성이 강한 암모니아가 요소로 변환되지 않는다면 단백질이 포함된 사료를 섭취한 동물에게 부정적 결과를 가져올 수 있다. 따라서  $\text{NH}_3$ 가 체내에서 독성물질로 작용하는 것을 방지하기 위하여 간에서 요소로 변환되고 결과적으로 뇨를 통해 체외로 배설되게 된다. 요소는 암모니아와는 달리 독성이 없고 수용성이므로 기관 및 혈액 내에 높은 농도로 존재할 수 있다. BUN(blood urea nitrogen)은 체내의 필수 영양소 중 하나인 아미노산의 이용에 대한 대표적인 지표(Eggum, 1970)로 쓰이는 분석 항목으로 단백질 섭취와 품질에 직접적인 연관성을 가지며(Eggum, 1970; Hann 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 사용될 수 있도록 기틀을 마련하였다. 단위동물에서 mannan과 같은 항영양인자로 인식되는 섬유소를 사료에 첨가할 경우, 섬유소로 인해 아미노산과 같은 영양소의 이용률에 부정적인 영향을 미칠 것으로 생각하였으나, 본 실험에서는 mannan 구조 내  $\beta$ -glycosidic linkage를 분해하는 역할을 mannanase가 사료 내 항영양인자인 mannan를 분해한 것으로 사료되며, 이에 따라 사료 내 copra 박 첨가가 체내 단백질 영양소 이용에 부정적 영향을 미치지 않은 것으로 사료된다.



표 18. Copra 박의 수준별 급여가 육성-비육돈의 BUN(blood urea nitrogen)<sup>1</sup>에 미치는 영향

Item	Treatments					SEM <sup>2</sup>
	NC	PC	CM6	CM12	CM18	
Initial	10.10	10.10	10.10	10.10	10.10	-
3 week	12.12	12.43	11.87	12.93	11.10	0.40
6 week	13.45	13.58	12.82	12.22	14.43	0.52
9 week	11.92	14.52	15.45	15.28	12.48	0.60
12 week	14.47	13.88	13.13	13.45	14.25	0.39

<sup>1</sup> BUN, blood urea nitrogen(mg/dL).

<sup>2</sup> Standard error of mean.

#### 다. 돈육의 지방산패도 분석(Muscle TBARS assay)

돈육의 품질을 결정하는 데에 있어서 가장 중요한 요인 중의 하나로 사료되는 것이 바로 저장성이다. 특히 돈육을 해외로 수출해야 하는 경우 이러한 저장성은 반드시 고려되어야 한다. 돈육의 맛을 좌우하는 가장 큰 요인은 바로 돈육 내 지방성분인데 이러한 성분들은 오랜 시간이 지나면 대기 중의 산소와 반응하거나 빛, 열, 세균, 효소, 습기 등의 작용에 의하여 화학변화를 일으킴으로써 산패되게 된다. 진공포장을 할 경우 이러한 산패를 어느 정도 피할 수 있으나, 궁극적으로 이러한 산패를 피하는 것은 불가능하다. 이렇게 돈육 내의 지방은 시간이 지남에 따라 산패되는데 그 변화정도를 측정하는 것이 바로 TBARS assay이다.

표 19를 보면 처음 1, 3일차에는 지방산패도에 차이가 보이지 않았으나, 5일차에는 copra 박을 12% 첨가한 CM12 처리구와 copra 박을 18% 첨가한 CM18 처리구에서 유의적으로 높게 나타난 것을 볼 수 있다. Mannanase를 첨가하지 않은 NC 처리구와 CM6 처리구에서는 유사한 지방산패도를 보였고, CM12 처리구와 CM18 처리구와 비교 시 유의적으로 낮은 수치를 나타냈다(P<0.05).

일반적으로 copra 박 가공 시에 오일을 추출하게 되는데, 이러한 과정에서 식물성기름이 부분적으로 제거되지 않아 사료 내의 불포화지방산 함량이 높아지게 된다. 단위동물의 경우에 있어서 축적지방의 지방산 조성은 사료의 지방산 조성에 크게 영향을 받게 되는데(Babatunde 등, 1967), 불포화지방산 함량이 높은 copra 박 사료가 등심의 불포화지방 함량을 높이고 결과적으로 지방산패 속도를 증가시킨 것으로 해석할 수도 있다. 마지막 7일차에는 돈육 내 지방산패도에서 큰 차이가 없었고, 이는 실제로 copra 박을 첨가한 사료를 급여하면 초반에는 지방산패 속도를 증가시킬 수 있지만 장기적인 관점에서 볼 경우에는 큰 영향을 미치지 않는다는 것을 나타내고 있다. 일반적으로 시중에서 판매되는 돼지고기의 저장가능 기간은 약 20일 이상으로 보기 때문에 초기의 이러한 빠른 산패는 실제적으로 돈육을 유통 시에 문제가 되

지 않을 것이다.

표 19. Copra 박의 수준별 급여가 돈육의 지방산패정도에 미치는 영향.

Item	Treatments					SEM <sup>1</sup>
	NC	PC	CM6	CM12	CM18	
<b>Days after slaughter</b>						
1	0.115	0.110	0.115	0.109	0.112	0.001
3	0.119	0.114	0.115	0.118	0.121	0.001
5 <sup>2</sup>	0.141 <sup>bc</sup>	0.128 <sup>c</sup>	0.154 <sup>bc</sup>	0.201 <sup>a</sup>	0.172 <sup>ab</sup>	0.008
7	0.153	0.190	0.200	0.188	0.177	0.007

<sup>1</sup> Standard error of mean.

<sup>2</sup> Mean with different superscripts in the same row significantly differ(P<0.05).

#### 라. 도축 후 pH 변화(pH assay after slaughter)

본 실험에서는 도축 후 2, 3, 5, 7, 12 및 24 시간에 돈육의 pH를 측정하였고, 보관 시에는 4℃에서 냉장상태로 보관하였으며, 그 결과를 아래 표 20에 나타내었다. copra 박을 첨가하지 않은 처리구와 copra 박을 첨가한 처리구의 pH 변화를 비교해보면 통계적으로 유의적인 차이가 나타나지 않았다. 또한 대조구를 제외하고 copra 박의 첨가 수준별로 비교하였을 경우에도 통계적인 유의적인 차이가 나타나지 않았다. 이는 곧 copra 박을 18%까지 첨가한 사료를 급여하여도 도축 후 돈육의 pH에는 영향을 미치지 않는다는 것으로 저장성, 연도, 신선도, 보수력 등의 여러 측면에서 기존의 corn-soy bean meal diet를 급여한 경우와 차이가 없다는 것을 의미한다.

돈육의 pH 변화는 돈육의 품질을 결정하는데 매우 중요한 요인으로 신선도, 보수력, 연도, 결착력, 육색, 조직감 등에 크게 영향을 주며, 저장성에 있어서도 매우 중요한 요인으로 작용한다. 실제로 초기 pH는 PSE육의 예측치로, 최종 pH는 DFD의 예측치로 그 효용성이 인정되고 있다. Bole 등(1993)은 pH는 돈육의 질과 보수성 및 연도에 밀접한 관련이 있다고 하였으며, Palansky와 Nosal(1991)은 pH가 증가하면 조리 감량이 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 해당 작용에 사용되게 된다. 결국 이를 통해 젖산이 생성되어 pH가 떨어지게 되는 것이다. 과도한 운송 스트레스를 받거나 도축 시 과도한 스트레스를 받을 경우 glycogen 이용에 변화가 생겨 pH가 정상적인 변화를 하지 않게 될 수도 있다. 이러한 경우 DFD육이나 PSE육이 발생할 수 있기 때문에 좋은 품질의 돈육을 생산하기 위해서는 도축 전 관리에도 각별히 신경을 써야 할 것으로 사료된다.

표 20. Copra 박의 수준별 급여가 도축 후 pH 변화에 미치는 영향

Item	Treatments					SEM <sup>1</sup>
	NC	PC	CM6	CM12	CM18	
pH value after slaughter						
2 h	5.73	6.09	5.79	5.76	5.92	0.04
3 h	5.98	6.11	5.77	5.94	5.86	0.05
5 h	5.87	5.90	5.91	5.78	5.81	0.03
7 h	5.75	5.65	5.81	5.79	5.78	0.02
12 h	5.72	5.76	5.73	5.70	5.81	0.02
24 h	5.69	5.69	5.69	5.72	5.76	0.02

<sup>1</sup> Standard error of mean.

#### 마. 육색(Meat color)

소비자가 돈육 구입 시 가장 먼저 보는 관점으로는 바로 육색이다. 따라서 육색은 소비자가 돈육의 품질을 파악하고, 구매를 결정하는 데에 가장 큰 영향을 미친다. 육색은 pH와 돈육 색소의 80~90%를 차지하는 미오글로빈(myoglobin)의 양에 의해서 결정되는데, 소비자들은 미오글로빈의 산화정도에 의해 선홍색을 신선육, 갈색 및 적자색을 오래되거나 부패한 것으로 판단한다. 표 21에 copra 박의 수준별 첨가가 도축 후 육색변화에 미치는 영향에 대하여 나타내었다. Control과 비교하여 모든 처리구에서 통계적인 유의차는 나타나지 않았다. 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 신선도에 좋지 않은 영향을 미친다고 알려져 있다. 본 실험에서는 적색도와 황색도 모두 특별한 경향을 나타내지 않았고, NC의 경우 황색도가 높게 나타났으나, 적색도 또한 높은 수치를 나타내 다른 처리구와 신선도의 차이는 없을 것으로 사료된다.

표 21. Copra 박의 수준별 급여가 도체의 육색 변화에 미치는 영향

Item	Treatments					SEM <sup>1</sup>
	NC	PC	CM6	CM12	CM18	
<b>Hunter L<sup>2</sup></b>						
2 h	48.46	49.64	49.49	49.52	48.51	0.36
3 h	47.99	49.54	48.64	49.45	49.21	0.39
5 h	47.62	48.16	49.47	48.49	48.06	0.48
7 h	47.77	47.01	49.21	47.73	48.04	0.60
12 h	46.07	48.57	49.22	47.29	47.76	0.56
24 h	45.93	48.87	50.00	48.21	47.83	0.66
<b>Hunter a<sup>3</sup></b>						
2 h	2.26	2.35	2.36	2.29	2.50	0.21
3 h	3.23	2.88	2.93	2.45	2.69	0.58
5 h	3.00	3.33	3.33	3.00	2.67	0.21
7 h	3.67	3.67	4.00	3.33	3.00	0.44
12 h	4.29	3.66	3.71	3.67	3.15	0.24
24 h	4.33	4.00	4.33	3.67	4.00	0.35
<b>Hunter b<sup>4</sup></b>						
2 h	6.35	6.01	5.97	5.68	5.74	0.14
3 h	6.66	6.18	5.92	5.92	5.83	0.17
5 h	6.83	6.36	6.26	6.22	6.26	0.16
7 h	6.91	6.50	6.45	6.41	6.35	0.13
12 h	7.06	6.67	6.57	6.58	6.43	0.14
24 h	7.34	6.88	6.80	6.64	6.72	0.12

<sup>1</sup> Standard error of mean.

<sup>2</sup> L - luminance or brightness(vary form black to white).

<sup>3</sup> a - red · green component(+a=red, -a=green).

<sup>4</sup> b - yellow · blue component(+b=yellow, -b=blue).

## 바. 영양소 소화율(Nutrient digestibility)

Mannanase를 첨가한 copra 박의 수준별 급여가 육성-비육돈의 영양소 소화율에 미치는 영향에 대하여 표 22, 23에 나타내었다. 육성돈의 조단백질 소화율에 있어서 유의적인 차이가 나타났지만( $P < 0.05$ ), 조단백질 외 다른 영양소에서는 통계적인 유의차가 나타나지 않았다. 육성기 조단백질 소화율의 경우, copra 박을 18% 첨가한 처리구가 다른 처리구에 비해 유의적으로 가장 낮은 수치를 나타냈다( $P < 0.05$ ). 또한, copra 박을 6%, 12% 첨가한 처리구에서는 조단백질 소화율이 각각 88.92%, 90.05%로 mannanase를 첨가하지 않은 NC 처리구와 mannanase를 첨가한 PC 처리구와 비교 시 유의적인 차이를 나타내지 않았다.

건물, 조지방, 조회분 및 조섬유의 소화율에서도 다른 처리구에 비해 copra 박을 18% 첨가한 CM18 처리구가 낮은 경향을 나타냈다. 질소 축적율에서는 육성기 전 기간 동안 통계적으로 유의적인 차이를 보이지 않았다. 조섬유 소화율이 낮은 이유는 copra 박 내의 식이섬유(dietary fiber)로 인하여 copra 박의 첨가수준이 증가할수록 사료의 섬유소 함량을 증가시켜, 단위동물인 돼지의 장관 내 미 소화된 섬유소의 양이 증가하여 소화율이 떨어진 것으로 생각된다.

단위동물의 copra 박에 대한 소화율 연구결과를 살펴보면, copra 박 첨가구의 경우 다른 영양소들의 이용성도 떨어뜨려 옥수수-대두박 위주의 사료 급여구에 비해 영양소 소화율이 떨어지는 경향을 보였다는 연구결과가 있으며(Aspinal, 1970; Bulasubramanian, 1976), Thomas와 Scott(1962)은 copra 박을 사료 내 첨가할 경우, 사료 내 lysine이나 cysteine, methionine 등의 아미노산을 첨가하지 않으면 몇몇 제한 아미노산의 불충분으로 인하여 동물의 영양소 소화율이 떨어질 수 있다고 보고하였다. 또한, copra 박 원료 가공과정에서 기름추출 이전에 멸균을 위한 가열과정이 수반되는데, 이 때 mannose와 amino group 사이에 갈변반응(maillard reaction)이 일어나 copra 박의 영양적인 가치가 떨어지게 된다는 보고도 있다(Butherworth 와 Fox, 1963). 이에 반해 Luis(2002)에 의해 수행된 in vitro 실험 결과에 의하면 copra 박의 소화율이 mannan-degrading enzyme를 첨가하였을 경우 건물, 조단백질, 조지방 및 조섬유에서 각각 18.5%, 21.0%, 9.8%, 24.2% 증가하였다고 하였다. 본 실험에서는 사료 내 mannanase와 함께 copra 박을 12% 첨가한 경우 육성돈의 영양소 소화율에 부정적 영향을 미치지 않는 것으로 나타났고, copra 박을 18% 첨가한 경우 돼지의 조단백질 소화율을 떨어뜨리는 것으로 나타났다.

표 22, 23에서는 비육돈 사료 내 copra 박 첨가가 영양소 소화율에 미친 결과를 제시하였다. 비육기 동안 모든 영양소 소화율과 질소 축적율에서 처리구간에 통계적인 유의차가 나타나지 않았다. 따라서 비육기에서 mannanase와 함께 copra 박을 18%까지 급여하여도 영양소 소화율에는 영향을 미치지 않을 것으로 사료된다. 비육기 영양소 소화율에 영향을 미칠 수 있는 copra 박 급여수준을 정하기 위해서는 좀 더 높은 수준의 copra 박 급여를 통한 영양소 소화율실험 연구가 필요할 것으로 사료된다. 이번 소화율실험 연구를 통하여 돼지 사료에

mannanase를 첨가하는 것은 대체원료인 copra 박의 소화율을 항상 시키는 데 도움이 되는 것으로 나타났으며, copra 박을 18% 수준으로 급여하는 것은 돼지의 소화율에 있어 부정적인 영향을 미친다고 생각된다.

표 22. Copra 박의 수준별 급여가 육성돈의 영양소 소화율에 미치는 영향<sup>1</sup>

Item	Treatment					SEM <sup>2</sup>
	NC	PC	CM6	CM12	CM18	
<b>Nutrient digestibility (%)</b>						
Dry matter	88.95	88.38	89.67	89.52	89.53	0.14
Crude protein <sup>4</sup>	89.82 <sup>a</sup>	93.82 <sup>a</sup>	88.92 <sup>a</sup>	90.05 <sup>a</sup>	79.73 <sup>b</sup>	1.72
Crude fat	70.00	77.59	79.97	81.65	64.07	4.04
Crude ash	58.31	80.10	68.35	75.39	50.18	4.21
Crude fiber	76.76	83.26	76.58	78.10	55.76	3.80
<b>Nitrogen retention, g/day</b>						
N intake	24.98	25.01	25.00	25.01	24.82	0.16
Fecal N	3.32	3.04	2.98	3.14	3.09	0.24
Urinary N	12.38	11.92	12.90	11.64	10.71	0.31
N retention <sup>3</sup>	9.28	10.05	9.12	10.23	11.02	0.26

<sup>1</sup> A total of 15 barrow initial BW 54.13±1.59kg.

<sup>2</sup> Standard error of mean.

<sup>3</sup> N retention = N intake(%) - Fecal N(%) - Urinary N(%).

<sup>4</sup> Mean with different superscripts in the same row significantly differ(P<0.05).

표 23. Copra 박의 수준별 급여가 비육돈의 영양소 소화율에 미치는 영향<sup>1</sup>

Item	Treatment					SEM <sup>2</sup>
	NC	PC	CM6	CM12	CM18	
<b>Nutrient digestibility (%)</b>						
Dry matter	90.26	88.70	91.54	87.98	88.67	0.74
Crude protein	92.81	88.35	90.71	88.65	90.51	0.84
Crude fat	77.23	76.77	78.41	79.27	88.03	1.58
Crude ash	71.31	65.90	72.36	73.51	76.93	1.85
Crude fiber	84.07	69.10	86.26	83.83	87.31	2.74
<b>Nitrogen retention, g/day</b>						
N intake	22.34	23.05	22.84	24.26	23.82	0.34
Fecal N	2.80	2.29	3.01	2.88	3.01	0.81
Urinary N	11.91	10.72	10.89	10.97	11.02	0.16
N retention <sup>3</sup>	7.63	10.04	8.94	10.41	9.79	1.26

<sup>1</sup> A total of 15 barrow initial BW 66.25±1.44kg.

<sup>2</sup> Standard error of mean.

<sup>3</sup> N retention = N intake(%) - Fecal N(%) - Urinary N(%).

### 제 3 절 대체원료로서 palm 박의 첨가가 육성-비육돈의 성장, 영양소 소화율, 육질 및 경제성에 미치는 영향

#### 제 1 항 서 론

최근 ‘Agflation’이라는 신조어가 세계에 급부상하고 있다. 이는 2000년대 후반기부터 나타난 일반적인 농산물 가격의 인플레이션 현상을 묘사한 단어로서 ‘agriculture’와 ‘inflation’의 합성어이다. ‘Agflation’은 세계 경제적으로 가장 심각한 문제 중의 하나로 대두되고 있다. 농산물 가격은 해마다 천정부지로 치솟고 있는데, 2007년 국제 식품 가격은 40%의 가파른 상승곡선을 그렸고, 2008년 처음 세 달은 50%가 상승했다(International Food Policy and Research Institute, 2008). 현재 미국의 옥수수 가격은 233.98USD /MT로 1996년 이후 최고치를 기록하고 있으며, 대두박 가격이 314.40USD/MT로 2011년 현재도 세계 곡물 원료 사료의 가격이 지속적으로 상승하고 있다. 이런 상황은 한국도 예외일 수 없으며 국가적으로 수입에만 의존하던 옥수수와 대두박도 'Agflation'의 영향으로 인하여 큰 타격을 입고 있다. 국내 사료시장은 90% 이상의 원료사료가 외국으로부터의 수입에 의존하고 있는 상황에서 옥수수 및 대두, 밀 등의 곡물 가격 상승으로 양돈 사료용 곡류 수급에 상당한 어려움을 겪고 있다.

이에 따라, 국제 사료가격의 가파른 상승은 한국 축산 농가의 생산비에도 영향을 끼쳤다. 사료가격의 상승은 고스란히 양돈 농가의 부담으로 전가될 수밖에 없으며, 이는 생산원가의 상승을 야기하여, 소비자 부담을 증가시키게 되었다. 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.

Palm kernel meal(palm 박)은 원료의 생산가가 옥수수나 대두박에 비해 현저히 낮고 열대지방에서 풍부하게 생산되는 부산물이라는 장점이 있어 곡류 원료사료 대체용 원료로 쓰이고 있는 추세이다. palm 박은 다른 원료사료에 비하여 많은 양의 만난(mannan)을 함유하고 있지만, 상대적으로 영양적인 측면에서 돼지의 대사에 좋은 에너지와 단백질원으로 사용된다(Dierick, 1989). Oil nut palm과 coconut palm은 일반적으로 4군데의 열대 지역인 아프리카, 동남아시아, 라틴 아메리카 및 남태평양에서 생산된다. 이 산업의 주요 목적은 기름을 추출하는 데 있으며, 이에 따라 많은 양의 부산물들이 생산된다. 하지만 대부분의 부산물들은 낮은 영양적 가치, 비위생적인 상태에 의한 감염성, 낮은 기호성 등으로 인하여 버려지는 것이 현실이다.

Palm 박은 기름을 추출하고 남은 팜 열매와 코코넛 열매의 부산물로 생긴다. 이 두 원료사료는 열대국가에서 대부분 생산되며 경제적인 가격에 구입할 수 있다. 지난 20년 동안 palm 박은 연간 15%의 생산을 증가를 보였으며 2002년에는 400만 톤의 palm 박이 생산되었다.

palm 박은 반추사료, 양돈 사료와 토끼사료로 널리 이용되고 있다. 이 두 사료는 공통적인 속성을 보인다. 높은 섬유소 함량과 낮은 기호성과 몇몇 필수 아미노산의 결핍으로 인하여 몇몇 항 영양 성분인 만난(mannan), 아라비노자일란(arabinoxylan) 등의 영양적인 문제점 때문에 일반적인 양돈 사료에는 그 양이 최대 30%로 제한된다. 따라서 양돈 사료에 있어 많은 양의 palm 박의 사용은 가장 큰 고민거리중 하나이다. 또한 가금 사료에서는 palm 박의 최대 허용치를 결정짓고, 땅콩과 대두박 등 다른 사료원료의 대체사료로서 많은 연구가 수행되고 있으나, 물질적·영양학적인 핸디캡을 극복하기 위한 연구가 부족한 게 사실이다.

따라서 본 실험에서는 이러한 배경을 바탕으로 원료사료 대체 가능성을 가지고 있는 palm 박을 mannanase와 함께 육성-비육돈사료에 급여하여 어느 정도 수준까지 대체할 수 있을지 사양 성적과 영양소 소화율 및 육질 분석 결과를 바탕으로 객관적으로 평가 해 보았다.

## 제 2 항 실험 방법 및 재료

### 가. 실험동물 및 사양실험(Animals and feeding)

평균 체중  $29.68 \pm 0.17\text{kg}$ 의 3원 교잡종([Yorkshire×Landrace]×Duroc) 80두를 공시하였으며, 16주 동안 사양실험을 수행하였다. 사양시험은 전체 5처리 4반복, 반복 당 4마리씩 성별과 체중에 따라 난괴법(Randomized complete block design; RCBD)으로 배치하였다. 실험돈은 사료와 물의 자유 급이가 가능하고 온도 조절이 용이한 돈사에서 사육되었으며, 일당증체량(Average daily gain; ADG), 일당사료섭취량(Average daily feed intake; ADFI), 사료효율(G:F ratio) 등을 측정하기 위하여 체중과 사료 섭취량을 기록하였다.

### 나. 실험설계 및 실험사료(Experimental design and feeding program)

Positive control(PC)과 Negative control(NC) 처리구의 차이는 mannanase의 첨가 유무였으며, mannanase를 첨가한 상태에서 palm 박 첨가량에 차이를 두어 나머지 처리구를 설계하였다. 실험의 처리구는 다음과 같다. 1) NC(mannanase 무첨가), 2) PC(800IU mannanase 0.01% 첨가), 3) PKM6(6% palm 박+800IU mannanase 0.01% 첨가), 4) PKM12(12% palm 박+800IU mannanase 0.01% 첨가), 5) PKM18(18% palm 박+800IU mannanase 0.01% 첨가). Mannanase의 첨가수준과 활력정도는 제조사((주)CTCbio)의 권장량을 참고하여 설정하였다. 옥수수-대두박 위주의 기초사료에 모든 처리구에 항생제가 사용되었고, 영양소 함량은 모든 처리구에서 NRC(1998) 요구량을 충족하도록 설계되었다. 실험 기간은 육성기(0-6주), 비육전기(6-11주), 비육후기(11-16주)로 분류하였고, 실험사료의 각 단계별 원료 및 화학적 조성은 아래 표 24, 25, 26에 제시된 바와 같다.



표 24. 육성기 실험 사료 배합비 및 화학적 조성

Ingredient <sup>1</sup> ,%	Treatment <sup>4</sup>				
	NC	PC	PKM6	PKM12	PKM18
Corn	68.60	68.37	62.25	56.03	49.87
SBM-46	28.18	28.24	27.32	26.48	25.60
Wheat bran	0.70	0.70	0.70	0.70	0.70
Palm kernel meal	0.00	0.00	6.00	12.00	18.00
L-lysine · HCl	0.12	0.11	0.10	0.08	0.06
DL-methionine	0.02	0.02	0.02	0.00	0.00
Limestone	0.76	0.76	0.76	0.80	0.82
Soy-oil	0.00	0.08	1.19	2.33	3.45
DCP	1.12	1.12	1.06	0.98	0.90
Vit. Mix <sup>2</sup>	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10
Mine-CGR <sup>3</sup>	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10
Salt	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30
Mannanase 800IU	0.00	0.10	0.10	0.10	0.10
Total	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00
<b>Chemical composition<sup>5</sup></b>					
DE, kcal/kg	3,265.21	3,265.24	3,265.15	3,265.09	3,265.22
CP, %	18.00	18.00	18.00	18.00	18.00
Lysine, %	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95
Methionine, %	0.27	0.27	0.27	0.27	0.27
Ca, %	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60
P, %	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50

<sup>1</sup> Feed ingredients were supplemented based on domestic regulations and recommendations of suppliers.

<sup>2</sup> Provided per kg of diet : B com(C), 0.766kg; Tocopherol, 0.766kg; Biotin, 0.766kg; Vit. C, 0.766kg; Vit. AD<sub>3</sub>E, 0.766kg.

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

<sup>4</sup> Treatments: NC(basal diet), PC(0.1% mannanase 800IU), PKM6(6% palm kernel meal+0.1% mannanase 800IU), PKM12(12% palm kernel meal+0.1% mannanase 800IU), PKM18(18% palm kernel meal+0.1% mannanase 800IU).

<sup>5</sup> Calculated value.

표 25. 비육전기 실험 사료 배합비 및 화학적 조성

Ingredient <sup>1</sup> ,%	Treatment <sup>4</sup>				
	NC	PC	PKM6	PKM12	PKM18
Corn	73.69	73.48	67.33	61.23	55.11
SBM-46	21.18	21.22	20.34	19.45	18.56
Wheat bran	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00
Palm kernel meal	0.00	0.00	6.00	12.00	18.00
L-lysine · HCl	0.05	0.05	0.03	0.02	0.00
DL-methionine	0.02	0.02	0.02	0.00	0.00
Limestone	0.60	0.60	0.62	0.66	0.70
Soy-oil	0.00	0.07	1.15	2.22	3.29
DCP	0.96	0.96	0.91	0.82	0.74
Vit. Mix <sup>2</sup>	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10
Mine-CGR <sup>3</sup>	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10
Salt	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30
Mannanase 800IU	0.00	0.10	0.10	0.10	0.10
Total	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00
<b>Chemical composition<sup>5</sup></b>					
DE, kcal/kg	3,265.51	3,265.46	3,265.46	3,265.48	3,265.35
CP, %	15.50	15.50	15.50	15.50	15.50
Lysine, %	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75
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

<sup>1</sup> Feed ingredients were supplemented based on domestic regulations and recommendations of suppliers.

<sup>2</sup> Provided per kg of diet : B com(C), 0.766kg; Tocopherol, 0.766kg; Biotin, 0.766kg; Vit. C, 0.766kg; Vit. AD<sub>3</sub>E, 0.766kg.

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

<sup>4</sup> Treatments: NC(basal diet), PC(0.1% mannanase 800IU), PKM6(6% palm kernel meal+0.1% mannanase 800IU), PKM12(12% palm kernel meal+0.1% mannanase 800IU), PKM18(18% palm kernel meal+0.1% mannanase 800IU).

<sup>5</sup> Calculated value.

표 26. 비육후기 실험 사료 배합비 및 화학적 조성

Ingredient <sup>1</sup> , %	Treatment <sup>4</sup>				
	NC	PC	PKM6	PKM12	PKM18
Corn	78.48	78.25	72.10	65.98	59.93
SBM-46	14.66	14.70	13.82	12.96	12.04
Wheat bran	4.90	4.90	4.90	4.90	4.90
Palm kernel meal	0.00	0.00	6.00	12.00	18.00
L-lysine · HCl	0.05	0.05	0.03	0.01	0.00
DL-methionine	0.02	0.02	0.02	0.00	0.00
Limestone	0.61	0.60	0.64	0.66	0.70
Soy-oil	0.00	0.08	1.16	2.23	3.28
DCP	0.78	0.80	0.73	0.66	0.55
Vit. Mix <sup>2</sup>	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10
Mine-CGR <sup>3</sup>	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10
Salt	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30
Mannanase 800IU	0.00	0.10	0.10	0.10	0.10
Total	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00
<b>Chemical composition<sup>5</sup></b>					
DE, kcal/kg	3,265.22	3,265.32	3,265.32	3,265.11	3,265.25
CP, %	13.20	13.20	13.20	13.20	13.20
Lysine, %	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60
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

<sup>1</sup> Feed ingredients were supplemented based on domestic regulations and recommendations of suppliers.

<sup>2</sup> Provided per kg of diet : B com(C), 0.766kg; Tocopherol, 0.766kg; Biotin, 0.766kg; Vit. C, 0.766kg; Vit. AD<sub>3</sub>E, 0.766kg.

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

<sup>4</sup> Treatments: NC(basal diet), PC(0.1% mannanase 800IU), PKM6(6% palm kernel meal+0.1% mannanase 800IU), PKM12(12% palm kernel meal+0.1% mannanase 800IU), PKM18(18% palm kernel meal+0.1% mannanase 800IU).

<sup>5</sup> Calculated value.

#### 다. 혈액 정상(Blood assay)

혈액은 각 시기별(육성 3주, 육성 6주, 비육전기 11주, 비육후기 16주), 처리별 6두씩을 선발하여 목 부위에 있는 경정맥에서 채취하였으며, disposable culture tube에 포집하여 3,000 rpm, 4℃ 상태로 15분 동안 원심 분리하였다. 그 후 microtube 보관용기에 혈청만을 분리하여 분석 시까지 -20℃에 보관하였다.

#### 라. 돈육의 이화학적 특성(Physicochemical characteristics of pork)

16주간의 육성-비육기 사양실험이 종료 후 각 처리구별로 비육돈 4두씩, 총 20두를 선발하여 돈육의 이화학적 특성 조사하였다. 육색은 chromameter(Minolta copra 박-508i, Japan)를 이용하여 각각 도축 후 0시간과 24 시간에 미추골부터 아래로 5개 척추사이의 등심을 샘플링하여 중간부위에 십자를 내어 세 부위에서 hunter system의 L, a, b 값을 측정할 계획이며 돈육의 pH는 등심의 늑골 마지막 부위의 일정한 부분을 채취하여 도축 후 2, 6, 24 시간에 pH meter(Beckman Coulter  $\Phi$  500 Series, USA)를 이용하여 측정하였다.

#### 마. 영양소 소화율(Nutrient digestibility)

소화율 실험은 전분 채취법으로 진행되었으며, 적응기(adaptation period) 5일과 본실험기(collection period) 5일, 총 10일 동안 수행하였다. 5일 간의 본실험기 동안 하루에 한 번씩 동일한 시간에 분과 뇨를 채취하였으며, 실험사료는 평균 체중을 기준으로 1.0%를 정량하여 하루에 두 번씩(07:00과 19:00) 제한 급여하며, 물은 자유 급여하였다. 본 실험 기간 동안 채취된 분은 플라스틱 백에 넣어 냉동보관(-20℃)으로 보관하였고, 건물 측정은 건조기에서 60℃에 72시간 동안 건조한 후 스크린 직경이 1mm인 wiley mill을 이용하여 분쇄하여 측정하였다. 채취된 뇨는 암모니아의 휘산을 방지하기 위해 10% H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 50ml을 미리 부어 놓은 플라스틱 통에 매일 채취하며, glass wool을 통하여 이물질을 걸러 부피를 측정한 후, 즉시 냉동 보관(-20℃)하여 보관하여, 질소 이용률 분석을 위해 사용되었다. 사료, 분 및 뇨의 일반성분(건물, 조단백질, 조지방 및 조회분)은 AOAC(1995)방법에 따라 분석하며, 영양소 소화율과 질소 이용율을 측정하기 위해 이용하였다.

#### 바. 화학 분석 및 통계 분석(Chemical and statistical analysis)

사료, 분, 뇨의 일반성분 분석은 AOAC(1995) 방법에 따라 실시하였다. 통계분석은 SAS(2004)의 일반선형모형(GLM)을 이용하여 수집된 자료에 대한 유의성 검정을 실시하였으며, 사양실험에서 돈방을 실험단위로, 대사실험과 면역실험에서는 돼지 1마리를 실험 단위로 하

여 최소 유의차(LSD) 다중검정법에 의해 처리 간 결과를 비교하였다. 유의차가 있을 경우  $P < 0.05$ 로 고려하였다.

### 제 3 항 연구 결과 및 고찰

#### 가. 성장성적(Growth performance)

Mannanase를 첨가한 palm 박의 수준별 급여가 육성 - 비육돈의 성장성적에 미치는 영향을 표 27에 나타내었다. 육성 6주 동안 palm 박을 mannanase와 함께 첨가한 처리구와 대조구를 비교하였을 때 체중, 일당증체량, 일당사료섭취량에 있어서 통계적으로 유의적인 차이가 나타나지 않았다. Palm 박을 6, 12% 첨가한 처리구와 대조구간의 차이가 없는 것으로 보아 palm 박을 mannanase와 함께 각각 6%, 12% 첨가할 경우에는 육성돈의 성장에 부정적인 영향을 미치지 않으며, 옥수수과 대두박을 대체 가능한 것으로 판단된다. 전체 실험 기간 동안 각각의 처리구에 대하여 최소 유의차(LSD) 다중 검정법에 의해 결과를 비교하였다. PKM18 처리구의 경우 0-3주의 사료효율에서 대조구에 비해 낮은 수치를 보였고( $P < 0.05$ ), 육성기 종료 체중(6주)과 육성기 전체 기간(0-6주)의 ADG에서 대조구와 비교하였을 때 통계적으로 유의적인 차이는 없었지만 수치상으로 낮은 경향을 보였다( $P = 0.06$ ). 또한 Orthogonal polynomial contrast 결과, 3주차 체중(0-3주)과 3주차 사료 효율(0-3주)에서 palm 박의 첨가수준 증가에 따라 linear response가 있었고( $P < 0.05$ ), 육성기(0-3주)의 사료 효율( $P < 0.05$ )에서 quadratic response가 있는 것으로 나타났다. 비육기에서는 체중, 일당증체량, 일당사료섭취량, 사료효율에서 통계적인 유의차가 나타나지 않았다( $P > 0.10$ ). 실험전체 기간을 기준으로 살펴보면, 실험 종료시 체중에서 대조구와 palm 박 첨가구와 유의적인 차이가 나타나지 않았다. 또한 palm박 첨가구의 일당증체량이 대조구와 비슷하게 나타났으며, palm박 처리구에서는 palm박 18% 첨가구가 일당증체량에서 가장 낮게 나타났으며, palm박 12% 첨가구가 가장 높게 나타났다. ADFI에서도 실험 전 기간에 걸쳐 유의적인 차이가 나타나지 않았으며, 이를 바탕으로 보았을 때, 비육기간 동안에 palm 박의 18%까지의 첨가는 돼지의 사료 기호성에 아무런 영향을 미치지 않는 것으로 사료된다. 사료효율(G:F ratio)에서도 실험 전 기간에 걸쳐 유의적인 차이가 나타나지 않았으나, palm박 12% 첨가구가 사료 효율이 가장 높았으며, palm박 18% 첨가구는 비록 대조구와는 차이가 없었지만 사료효율이 가장 낮은 수치를 나타내었다.

Thorne 등(1992)은 palm 박에 포함된 조단백질의 아미노산 구성이 이상적이지 못하기 때문에 사료 내에서 높은 함량으로 급여할 경우 라이신을 따로 첨가하여 주지 않으면 동물의 성장을 저해할 수 있다고 보고하였다. 또한 palm 박의 높은 섬유소와 비전분성다당류의 함량 때문에 소화물의 통과속도가 증가되고, 다른 영양소의 소화를 방해하여 성장에 부정적인 영향을 미칠 수 있다는 보고도 있다(O'Doherty 등, 2000). 그러나 본 실험에서는 mannanase가 첨가된 palm

박 사료를 육성돈에게 급여 시 palm 박이 18% 첨가 된 경우에는 성장 능력에 부정적인 영향을 미쳤고, 사료 효율도 통계적으로 유의하게 낮았으나, 12%까지는 성장 능력에 부정적인 영향을 미치지 않았고, 일당사료섭취량에서도 차이를 보이지 않았다. 비육기에서는 palm박을 18%까지 첨가하여도 체중, 일당증체량, 일당사료섭취량에서는 유의적인 차이가 나타나지 않았다. 이는 라이신, 단백질 등의 영양소 요구량이 높은 육성기에는 palm박을 18%까지 사용하는 것은 성장에 제한이 나타날 수 있지만, 영양소 요구량이 낮은 비육기에는 palm박을 18%까지 사용하여도 비육돈의 성장에 부정적인 영향을 미치지 않는다는 것을 의미한다.

Mannanase는 mannan을 mannose로 분해하는 효소로서, 이를 이용하여 옥수수-대두박의 이용율을 증가시켰다는 다양한 연구가 보고되었다(Hahn 등, 1993; Petty 등, 2000; Schneider 등, 2003). 본 실험에서도 이러한 보고와 같이 mannanase에 의해 단위동물에서 에너지 source로 이용될 수 있는 mannose가 늘어나 palm 박의 이용률이 증가되었을 것으로 사료되고, 이에 따라 mannanase를 첨가한 육성기 사료 내에는 palm 박을 12%까지 첨가하는 것은 성장 능력의 저하 없이 옥수수와 대두박을 대체할 수 있을 것으로 사료되며, 또한 비육기에는 이보다 높은 18%까지 첨가하는 것이 가능할 것으로 사료된다.

표 27. Palm 박의 수준별 급여가 육성-비육돈의 성장에 미치는 영향

Item <sup>1</sup>	NC	PC	PKM 6%	PKM 12%	PKM 18%	SEM <sup>2</sup>
<b>Body weight, kg</b>						
Initial	29.82	29.79	29.51	29.74	29.54	0.87
3 week <sup>3</sup>	43.74	43.99	43.28	43.17	42.16	1.12
6 week	58.64	57.96	56.50	57.91	55.82	1.36
11 week	86.48	81.05	84.36	85.22	82.67	1.41
16 week	116.57	109.31	110.33	114.49	111.41	1.96
<b>ADG, g</b>						
0-3 week	663	676	656	640	600	15.54
3-6 week	709	665	629	702	651	22.84
6-11 week	796	672	796	780	728	23.78
11-16 week	860	810	742	836	829	25.72
0-6 week	686	671	643	671	626	14.95
6-11 week	828	741	769	808	778	22.30
0-16 week	757	706	706	739	702	15.01
<b>ADFI, g</b>						
0-3 week	1,565	1,634	1,462	1,513	1,605	51.72
3-6 week	1,685	1,595	1,588	1,637	1,602	39.05
6-11 week	2,181	2,108	2,340	2,159	2,153	51.60
11-16 week	2,726	2,435	2,401	2,393	2,498	52.77
0-6 week	1,625	1,614	1,525	1,575	1,604	37.18
6-11 week	2,454	2,271	2,371	2,276	2,326	48.69
0-16 week	2,040	1,943	1,948	1,926	1,965	28.17
<b>G/F ratio</b>						
0-3 week	0.431 <sup>a</sup>	0.418 <sup>ab</sup>	0.450 <sup>a</sup>	0.424 <sup>a</sup>	0.377 <sup>b</sup>	0.01
3-6 week	0.427	0.418	0.396	0.428	0.403	0.01
6-11 week	0.364	0.322	0.340	0.363	0.334	0.01
11-16 week	0.315	0.332	0.312	0.351	0.331	0.01
0-6 week	0.429	0.418	0.423	0.426	0.390	0.01
6-11 week	0.340	0.327	0.326	0.357	0.332	0.01
0-16 week	0.384	0.372	0.375	0.391	0.361	0.01

<sup>a-b</sup> Means with different superscripts in the same row significantly differ (P<0.05).

<sup>1</sup> NC : Basal diet(NRC, 1998), PC : Basal diet+0.1% mannanase 800IU, PKM6 : 6% palm kernel meal+0.1% mannanase 800IU, PKM12 : 12% palm kernel meal+0.1% mannanase 800IU, PKM18 : 18% palm kernel meal+0.1% mannanase 800IU.

<sup>2</sup> Standard error of mean.

<sup>3</sup> Linear response of palm kernel meal supplementation(P<0.05).

<sup>4</sup> Quadratic response of palm kernel meal supplementation(P<0.05).

## 나. 육질분석(Analysis of meat quality)

표 28에는 palm박의 수준별 급여가 돈육의 pH에 미치는 영향에 대해 나타내었다. 도축 후 2, 6, 24시간의 pH를 측정하였으며, 돈육의 pH는 시간과 처리에 관계없이 유의적인 차이가 나타나지 않았다. 식육의 pH는 고기의 신선도, 보수력, 연도, 결착력, 육색, 조직감에 영향을 미치며, 저장성에 있어서도 매우 중요하다. 특히 돈육의 pH는 고기의 품질과, 보수력에 직접적인 연관이 있으며(Bole 등, 1993), Palmnasky와 Nosal(1991)은 pH가 증가하면 조리감량이 감소한다고 보고하였다. 초기의 pH는 돈육의 PSE 발생의 예측치로, 최종 pH는 돈육의 DFD 발생의 예측치로 이용되고 있다. 본 실험에서는 초기의 pH(2h after slaughter)가 PSE 육으로 인정되는 5.5 이하를 나타내지 않았으며, 24h의 pH 또한 DFD 육으로 인정되는 6.0이하의 수치를 나타내었다. 모든 처리 간에 유의적인 차이가 나타나지 않아 palm박의 첨가는 돈육의 pH에 부정적인 영향을 나타내지 않는 것으로 볼 수 있으며, 성장에 문제가 없는 범위 내에서 옥수수-대두박 사료를 대체가 가능할 것으로 사료된다.

표 29에는 palm박의 수준별 급여가 돈육의 육색에 미치는 영향에 대해 나타내었다. 도축 후 2, 6, 24시간의 육색을 측정하였으며, 돈육의 육색은 시간과 처리에 관계없이 유의적인 차이가 나타나지 않았다. 육색은 소비자가 돈육을 구매할 때 돈육의 품질을 파악하고, 선택하는 데에 가장 중요한 요인 중의 하나이다. 그러나 육색은 단독으로 고기의 품질을 나타내기에는 불충분하며, pH나 보수력 등과 함께 육질을 판단하는 중요한 지표가 된다. 또한 육색은 돈육의 pH와 관계가 깊으며, pH가 낮으면 보수력이 감소하여 빛의 산란율이 증가하고, 명도가 증가하게 된다. 특히 육색은 돈육 색소의 80-90%를 차지하는 myoglobin의 양에 의해서 구분하며, 이 물질의 산화 정도에 따라 소비자들은 돈육의 신선도를 판단하게 된다. 본 실험에서는 시간이 지남에 따라 명도(hunter L value)가 증가하는 일반적인 돈육의 변화를 나타내었으며, 처리 간의 유의적인 차이가 나타나지 않았다. 이와 비슷한 경향으로 사료 내 팜박의 사용은 육미에 유의적으로 영향을 미치지 않는다는 연구 보고되었다(Rebeiro 등, 2011). 팜박을 양의 사료에 19.5%까지 대체하였으나 육질의 관능검사 결과, 외형적 형태, 냄새, 풍미 및 다즙성 측정 항목에서 모두 유의적인 차이를 나타내지 않았다. 이는 palm박의 첨가로 옥수수와 대두박을 대체하여도 육질에 부정적인 영향을 미치지 않는다는 것을 의미한다.



표 28. Palm 박의 수준별 급여가 도축 후 pH의 변화에 미치는 영향

Item	Treatment <sup>1</sup>					SEM <sup>2</sup>
	NC	PC	PKM6	PKM12	PKM18	
<b>pH value after slaughter</b>						
2 h	5.90	6.01	6.06	5.72	5.86	0.06
6 h	5.61	5.62	5.68	5.58	5.63	0.03
24 h	5.59	5.59	5.69	5.56	5.59	0.02

<sup>1</sup> NC : Basal diet(NRC, 1998), PC : Basal diet+0.1% mannanase 800IU, PKM6 : 6% palm kernel meal+0.1% mannanase 800IU, PKM12 : 12% palm kernel meal+0.1% mannanase 800IU, PKM18 : 18% palm kernel meal+0.1% mannanase 800IU.

<sup>2</sup> Standard error of mean.

표 29. Palm 박의 수준별 급여가 도체의 육색변화에 미치는 영향

Item	Treatment <sup>1</sup>					SEM <sup>2</sup>
	NC	PC	PKM6	PKM12	PKM18	
<b>Hunter L<sup>2</sup></b>						
2 h	38.20	38.81	39.30	40.54	41.83	0.25
6 h	41.65	38.36	38.76	42.34	41.98	0.92
24 h	42.61	44.50	46.03	44.97	44.97	0.76
<b>Hunter a<sup>3</sup></b>						
2 h	1.34	1.28	1.02	0.90	1.88	0.19
6 h	2.06	2.11	2.00	2.08	2.60	0.12
24 h	3.64	3.50	3.54	3.23	3.71	0.14
<b>Hunter b<sup>4</sup></b>						
2 h	3.51	3.35	3.51	3.89	4.39	0.17
6 h	4.56	4.19	4.08	4.73	5.08	0.19
24 h	5.82	5.93	6.16	5.92	5.91	0.17

<sup>1</sup> NC : Basal diet(NRC, 1998), PC : Basal diet+0.1% mannanase 800IU, PKM6 : 6% palm kernel meal+0.1% mannanase 800IU, PKM12 : 12% palm kernel meal+0.1% mannanase 800IU, PKM18 : 18% palm kernel meal+0.1% mannanase 800IU.

<sup>2</sup> Standard error of mean.

<sup>3</sup>: L-luminance or brightness(vary from black to white).

<sup>4</sup>: a-red · green component(+a=red, -a=green).

<sup>5</sup>: b-yellow · blue component(+b=yellow, -b=blue).

#### 다. 경제성분석(Economic analysis)

표 30에는 palm박의 수준별 급여가 경제성에 미치는 영향에 대해 나타내었다. 본 실험의 분석에 사용된 원료 가격은 2010년 12월을 기준으로 하였으며, 실험의 특성상 가공비용, 인건비용 등을 모두 제외하고 원료사료에 의한 사료가격을 기준으로 비교하였다. palm박을 첨가한 사료의 가격을 살펴보면 대조구(NC)에 비해 PKM6, 12, 18처리구의 사료 가격이 낮았으며, 첨가량이 높아질수록 사료 가격이 더욱 낮아졌다. 대조구(NC)와의 kg당 사료 가격 차이는 PKM6 처리구가 1원, PKM12 처리구가 8원, PKM18 처리구가 15원 정도 낮은 사료가격을 나타내었다. 이러한 경향은 육성기, 비육전기, 비육후기에 모두 동일하게 나타내었다. 다음으로 실험 전 기간 동안 돼지의 사료섭취량을 기준으로 육성-비육기간의 총 사료비용을 산출한 결과, PKM12와 18 처리구의 사료비용이 실험 전 기간에 걸쳐 가장 낮게 나타났다. 또한kg 증체 당 사료비용을 분석한 결과, palm 박 12% 처리구가 가장 낮은 생산비용을 나타내었다. 이는 palm박의 12%까지의 첨가는 육성기와 비육기의 성장에 아무런 영향 없이 돼지의kg 증체 당 사료비용을 대조구에 비해 55원 절약할 수 있는 결과이며, 총 사료비용에서도 6,300원을 절감 할 수 있다는 것을 의미한다. PC와 PKM6, PKM12, PKM18처리구의 linear와 quadratic 분석을 실시한 결과, 비육후기(P=0.09)와 실험 전 기간(P=0.07)에서kg 증체 당 사료비용이 linear하게 감소하는 경향이 나타났다. 따라서 본 실험 결과를 종합하였을 때, palm박의 첨가는 12%까지 가능하며, 생산비 중 사료의 비용을 낮추고, 성장에 부정적인 영향이 없기 때문에 옥수수-대두박 원료를 대체할 수 있을 것으로 사료된다.

표 30. Palm 박의 수준별 급여가 경제성에 미치는 영향

Item	Treatment <sup>1</sup>					SEM <sup>2</sup>
	NC	PC	PKM6	PKM12	PKM18	
<b>사료 가격(원/kg)</b>						
육성기(0-6week)	336.5	342.6	335.8	328.8	322.0	-
비육전기(6-11week)	321.0	327.1	320.2	312.9	305.8	-
비육후기(11-16week)	307.1	313.3	306.3	298.9	291.8	-
<b>총 사료비용(원)</b>						
0-6 week	22,966	23,221	21,509	21,748	21,689	536.06
6-11 week	24,505	24,136	26,222	23,641	23,040	589.61
11-16 week	29,299	26,700	25,736	25,036	25,511	583.39
0-16 week	76,771	74,058	73,467	70,426	70,241	1,114.65
<b>Kg 증체 당 사료비용(원/kg gain)</b>						
0-6 week	797.1	824.0	796.5	771.7	824.9	13.44
6-11week	879.6	1,026.2	941.2	866.0	904.2	22.90
11-16 week	973.4	941.8	991.0	855.6	879.3	31.24
0-16 week	905.5	936.6	929.1	850.9	893.4	14.70

<sup>1</sup> NC : Basal diet(NRC, 1998), PC : Basal diet+0.1% mannanase 800IU, PKM6 : 6% palm kernel meal+0.1% mannanase 800IU, PKM12 : 12% palm kernel meal+0.1% mannanase 800IU, PKM18 : 18% palm kernel meal+0.1% mannanase 800IU.

<sup>2</sup> Standard error of mean.

## 라. 영양소 소화율

Mannanase를 첨가한 palm박의 수준별 급여가 육성돈의 영양소 소화율에 미치는 영향에 대하여 표 31에 나타내었다. 육성돈의 조단백질과 조섬유 소화율에 있어서 유의적인 차이가 나타났지만( $P < 0.01$ ), 이 외 다른 영양소에서는 통계적인 유의차가 나타나지 않았다. 조단백질 소화율의 경우, palm 박을 18% 첨가한 처리구가 다른 처리구에 비해 유의적으로 가장 낮은 수치를 나타냈다( $P < 0.01$ ). 또한, palm 박을 6%, 12% 첨가한 처리구에서는 조단백질 소화율이 각각 78.57%, 75.79%로 mannanase를 첨가하지 않은 NC 처리구와 mannanase를 첨가한 PC 처리구와 비교 시 유의적인 차이를 나타내지 않았다.

섬유소는 돼지의 대장에서 가장 먼저 이용되는 미생물의 substrate인데(Varel, 1987), 특히 대장 내에서 미생물 발효에 의한 VFA(휘발성지방산)의 생성은 돼지의 에너지 공급에 중요한 역할을 담당하게 된다. 단위동물인 돼지의 장내에도 *Fibrovacter succinogenes*나 *Ruminococcus flavefaciens* 와 같은 섬유소 분해 미생물(cellulolytic bacteria)가 서식하며, 섬유소의 이용율이 좋거나 비전분성 다당류의 함량이 많은 경우, 그 활력이 증가하고 휘발성 지방산의 생성량도 증가한다고 하였다. 본 실험에서는 조섬유의 소화율이 다른 처리구에 비해 palm박을 18% 첨가한 PKM18 처리구에서 유의적으로 낮은 효과를 보였다. 조섬유 소화율이 낮은 이유는 palm 박 내 식이섬유(dietary fiber)로 인하여 palm 박의 첨가수준이 증가할수록 사료의 섬유소 함량을 증가시켜, 단위동물인 돼지의 장관 내 미 소화된 섬유소의 양이 증가하여 소화율이 떨어진 것으로 생각된다. 단위동물의 palm박에 대한 소화율 연구결과를 살펴보면, palm박의 첨가는 palm박의 낮은 에너지 함량으로 인해 지방 첨가량의 증가를 야기하며, 이로 인해 사료 내 조지방 함량이 증가하게 된다. 높은 수준의 지방 첨가는 섬유소 소화율을 감소시킨다는 보고가 있으며(Kavanagh, 1998), 또한 Bakker(1996)에 의하면 섬유소가 많은 사료에 동물성 지방을 첨가하였을 때 돼지의 장관 내 발효에 부정적인 영향을 미친다고 하였다.

이번 소화율실험 연구를 통하여 돼지 사료에 mannanase를 첨가하는 것은 대체원료인 palm 박의 소화율을 향상 시키는 데 도움이 되는 것으로 나타났으며, palm 박을 18% 수준으로 급여하는 것은 돼지의 소화율에 있어 부정적인 영향을 미친다고 생각된다. 이는 과도하고 부적절한 섬유소의 급여는 영양소 소화율을 감소시키고, 소화기관에 무리를 줄 수 있지만, 적정 수준의 소화가 잘되는 섬유소의 급여는 생체의 영양소 이용에는 부의 영향을 주지 않으며 영양적 보상 및 prebiotics의 기작을 통해 유익할 수 있다는 기존의 주장과 일치하는 결과이다.

표 31. Palm 박의 수준별 급여가 육성돈의 영양소 소화율에 미치는 영향

Item <sup>2</sup>	Treatment <sup>1</sup>					SEM <sup>3</sup>
	NC	PC	PKM6	PKM12	PKM18	
<b>Nutrient digestibility(%)</b>						
Dry matter	87.95	86.91	86.23	84.20	85.74	0.49
Crude protein	81.20 <sup>a</sup>	79.92 <sup>a</sup>	78.57 <sup>ab</sup>	75.79 <sup>ab</sup>	73.03 <sup>b</sup>	0.59
Crude fat	64.83	52.26	79.60	78.08	85.83	1.05
Crude fiber	84.63 <sup>a</sup>	80.92 <sup>b</sup>	79.38 <sup>b</sup>	81.63 <sup>b</sup>	76.47 <sup>c</sup>	0.79
Crude ash	50.04	47.48	51.28	42.91	50.84	4.94
<b>Nitrogen retention, g/day</b>						
N intake	19.73	18.81	18.72	18.45	19.17	0.11
Fecal N	26.43	31.71	28.33	21.68	27.71	0.16
Urinary N	4.23	5.07	4.53	3.47	4.43	0.50
N retention <sup>4</sup>	11.28	8.17	9.67	11.13	10.06	0.40

<sup>1</sup> NC : Basal diet(NRC, 1998), PC : Basal diet+0.1% mannanase 800IU, PKM6 : 6% palm kernel meal+0.1% mannanase 800IU, PKM12 : 12% palm kernel meal+0.1% mannanase 800IU, PKM18 : 18% palm kernel meal+0.1% mannanase 800IU.

<sup>2</sup> A total of 15 barrow in initial BW 54.13±1.59kg.

<sup>3</sup> Standard error of mean.

<sup>4</sup> N retention = N intake(%) - Fecal N(%) - Urinary N(%).

<sup>a,b</sup> Mean with different superscripts in the same row significantly differ(P<0.01).

## 제 4 절 Palm 박과 copra 박의 첨가가 육성-비육돈의 성장, 영양소 소화율, 육질 및 경제성에 미치는 영향 비교

### 제 1 항 서 론

Copra 박(copra meal)과 palm 박(palm kernel meal)은 열대성 작물의 기름을 추출하고 남은 부산물로서 원료의 가격이 옥수수나 대두박에 비해 월등히 낮고 열대지방에서 다량 생산되는 부산물이라는 장점을 가져, 곡류 원료사료 대체용 원료로 부각되고 있다. Palm 박은 팜에서 기름을 추출하고 남은 부산물이며, copra 박은 코코넛에서 기름을 추출하고 남은 부산물이다. Palm 박은 단백질의 함량이 15-18%, copra 박은 단백질함량이 21-25% 정도로 옥수수나 소맥피에 비해 높은 편이지만 높은 섬유소 함량과, 낮은 기호성, 필수 아미노산의 부족, 높은 비전분성다당류(non-starch polysaccharide)함량으로 인해 단위 동물의 사료로 사용하기에는 제한이 따르고 있다. 그에 반해 반추동물, 토끼 등에서는 그 이용성이 좋아 사료로 많이 이용되고 있다. 따라서 바이오틴, NaOH, 효소 등의 첨가를 통해 copra 박과 palm박에 대한 단위동물의 이용효율을 증진시키기 위한 연구가 진행되고 있다(Nwokolo 등, 1970; Oloyo, 1991, 1970; Dingle 등, 1997).

Copra 박과 palm박의 비전분성다당류는 대부분이 만난(mannan)이며, 건물(Dry matter) 기준으로 palm 박은 NSP의 30-35% mannan을, copra 박은 25-30% mannan을 함유하고 있다. Mannan은 단위동물에 있어서 매우 심각한 항영양인자(anti-nutritional factor)이다. Mannan은 돼지에 있어서 포도당 대사(glucose metabolism)를 방해하며 insulin의 분비를 억제하는 부정적인 영향을 갖고 있다(Leeds 등, 1980). Rainbird 등(1984)에 의하면 돼지의 공장 내에 mannan함량이 높은 guar gum을 6.7g/L을 주입하였을 때, glucose의 흡수가 50% 정도 감소하는 것을 관찰하였다. 이외에도 다양한 연구 결과에서 mannan이 glucose의 흡수와 insulin 분비의 방해, gastric emptying의 감소, 순환적인 insulintropic peptide 및 IGF-I의 분비의 감소 등에 대해서 밝혀냈다(Sambrook과 Rainbird, 1985; Nunes 와 Malmlof, 1992). 이는 mannan을 분해하는 효소인 mannanase의 첨가로 copra 박과 palm 박의 이용성을 증진시키며, 단위동물 사료로 사용할 수 있는 범위를 증가시킬 수 있음을 시사한다.

최근의 연구에 따르면 미생물(bacteria)나 곰팡이(fungi) 등에서 생산되는 mannanase를 돼지나, 육계 등의 사료에 첨가하였을 때, 사료 효율이나 성장성적에서 향상되었다는 보고가 있다(Jackson 등, 1999). Mannanase는 mannan의  $\beta$ -1, 4 glycosidic 결합을 가수분해 하는 역할을 한다. 이 가수분해 반응을 통하여 항영양인자인 mannan을 분해함은 물론 mannose를 단위동물이 직접적으로 이용함으로써 사료의 이용성 증가에도 큰 역할을 한다.

따라서 본 연구는 육성-비육기의 돼지 사료에 copra 박과 palm 박의 수준별 첨가와 이의 이용효율을 증진 시킬 수 있는 mannanase라는 효소제를 수준별로 첨가하였을 때, 육성-비육

돈에서의 성장 효과 및 영양소 소화율, 혈중 요소태 질소, 육질에 미치는 효과를 규명하여 육성-비육돈 사료 내 mannanase 첨가 시 copra 박과 palm 박의 적정 첨가량을 검증하기 위하여 수행되었다.

## 제 2 항 실험 방법 및 재료

### 가. 실험 동물 및 실험 설계(Experimental animal and design)

평균 체중  $32.57 \pm 0.5\text{kg}$ 인 삼원 교잡종 ([Yorkshire  $\times$  Landrace]  $\times$  Duroc) 육성돈(83  $\pm$  3 일령) 96두를 공시하였으며, 12주 동안 사양실험을 수행하였다. 사양실험은 총 6처리 4반복 돈방당 4두씩 성별과 체중에 따라 난괴법(Randomized complete block design; RCBD)으로 배치하였다. 처리구는 copra 박과 palm 박을 10% 씩 넣고 mannanase 활력을 다르게 하여 설정하였으며, 1) C800 : copra 박(copra meal) 10%+0.1% mannanase(800IU) 첨가(NRC 사양표준을 충족), 2) C1200 : copra 박(copra meal) 10%+0.1% mannanase(1200IU) 첨가, 3) C1600 : copra 박(copra meal) 10%+0.1% mannanase(1600IU) 첨가, 4) P800 : palm 박(palm kernel meal) 10%+0.1% mannanase(800IU) 첨가, 5) P1200 : palm 박(palm kernel meal) 10%+0.1% mannanase(1200IU) 첨가, 6) P1600 : palm 박(palm kernel meal) 10%+0.1% mannanase(1600IU) 첨가로 실험을 수행하였다. 실험에 사용된 mannanase는 strain이 *Bacillus subtilis*인  $\beta$ -mannanase를 사용하였으며 각각 800,000IU/kg, 1,200,000IU/kg, 1,600,000IU/kg의 체제를 0.1% 사용하였다.

### 나. 실험 사료(Experimental diet)

옥수수-대두박 위주로 실험사료의 기초사료(basal diet)를 배합하였으며, 사육단계에 따라 영양소 요구량을 고려하여 배합을 실시하였다. 실험사료의 대사에너지(ME)는 육성기, 비육전기, 비육후기에 NRC(1998) 기준 3,265kcal/kg보다 높거나 같도록 설계하였다. 라이신(Lysine)은 육성기, 비육전기, 비육후기에 각각 0.95%, 0.75%, 0.60% 이었다. copra 박과 palm 박은 각각 10%씩 처리별로 첨가되었으며, 옥수수와 대두박을 통해 영양소 요구량을 충족시켜 주었다. 또한 처리구에 맞게 mannan의 분해 효소인 mannanase가 각각 800,000IU, 1,200,000IU, 1,600,000IU가 0.1%씩 첨가되었다. 조단백질, 비타민, 미량광물질 및 다른 영양소들은 NRC(1998)의 요구수준과 같거나 높게 배합하였으며, 실험사료의 원료 및 화학적 조성은 표 32(육성기), 표 33(비육전기), 표 34(비육후기)에 제시된 바와 같다.

표 32. 육성기 사료 배합비 및 화학조성

Ingredients	Copra meal 10%	Palm kernel meal 10%
Mannanase activity	800IU / 1200IU / 1600IU	800IU / 1200IU / 1600IU
Corn	60.29	57.44
SBM-45	24.94	27.12
Soy oil	2.55	3.47
Copra meal	10.00	0.00
Palm kernel meal	0.00	10.00
Limestone	0.53	0.55
TCP	0.89	0.86
L-lysine · HCl	0.29	0.06
DL-Methionine	0.01	0.00
Salt	0.20	0.20
Vit. Mix <sup>1</sup>	0.10	0.10
Min. Mix <sup>2</sup>	0.10	0.10
Mannanase	0.10	0.10
Total	100.00	100.00
<b>Chemical composition<sup>3</sup></b>		
ME (kcal/kg)	3,265.14	3,265.53
CP (%)	18.00	18.00
Lysine (%)	0.95	0.95
Methionine (%)	0.30	0.30
Ca (%)	0.60	0.60
Total P (%)	0.50	0.50

<sup>1</sup> 사료 1kg 당 함량 : vitamin A, 8,000.00IU; vitamin D<sub>3</sub>, 316,000.00IU; vitamin E, 17.40IU; vitamin K, 32.40mg; vitamin B<sub>2</sub>, 3.20mg; vitamin B<sub>12</sub>, 24.00ug; Ca pantothenate, 8.00mg; Biotin, 0.10mg; Niacin, 16.00mg; Ethoxyquin, 6,612.00mg.

<sup>2</sup> 사료 1kg 당 함량 : Fe, 95.95mg; Mn, 85.46mg; Zn, 90.55mg; Cu, 24.26mg; Co, 1.29mg; Ca, 2.08mg; I, 13.20mg.

<sup>3</sup> Calculated value.



표 33. 비육전기 사료 배합비 및 화학적 조성

Ingredients	Copra meal 10%	Palm kernel meal 10%
Mannanase activity	800IU / 1200IU / 1600IU	800IU / 1200IU / 1600IU
Corn	67.64	64.73
SBM-45	18.24	20.39
Soy oil	2.27	3.22
Copra meal	10.00	0.00
Palm kernel meal	0.00	10.00
Limestone	0.42	0.42
TCP	0.75	0.74
L-lysine · HCl	0.17	0.00
DL-Methionine	0.01	0.00
Salt	0.20	0.20
Vit. Mix <sup>1</sup>	0.10	0.10
Min. Mix <sup>2</sup>	0.10	0.10
Mannanase	0.10	0.10
Total	100.00	100.00
<b>Chemical Composition<sup>3</sup></b>		
ME (kcal/kg)	3,265.17	3,265.26
CP (%)	15.50	15.50
Lysine (%)	0.76	0.76
Methionine (%)	0.27	0.27
Ca (%)	0.50	0.50
Total P (%)	0.45	0.45

<sup>a</sup> 사료 1kg 당 함량 : vitamin A, 8,000.00IU; vitamin D<sub>3</sub>, 316,000.00IU; vitamin E, 17.40IU; vitamin K, 32.40mg; vitamin B<sub>2</sub>, 3.20mg; vitamin B<sub>12</sub>, 24.00ug; Ca pantothenate, 8.00mg; Biotin, 0.10mg; Niacin, 16.00mg; Ethoxyquin, 6,612.00mg.

<sup>b</sup> 사료 1kg 당 함량 : Fe, 95.95mg; Mn, 85.46mg; Zn, 90.55mg; Cu, 24.26mg; Co, 1.29mg; Ca, 2.08mg; I, 13.20mg.

<sup>3</sup> Calculated value.

표 34. 비육후기 사료 배합비 및 화학적 조성

Ingredients	Copra meal 10%	Palm kernel meal 10%
Mannanase activity	800IU / 1200IU / 1600IU	800IU / 1200IU / 1600IU
Corn	73.98	71.11
SBM-45	12.08	14.21
Soy oil	2.17	3.11
Copra meal	10.00	0.00
Palm kernel meal	0.00	10.00
Limestone	0.47	0.47
TCP	0.61	0.60
L-lysine · HCl	0.19	0.00
DL-Methionine	0.00	0.00
Salt	0.20	0.20
Vit. Mix <sup>1</sup>	0.10	0.10
Min. Mix <sup>2</sup>	0.10	0.10
Mannanase	0.10	0.10
Total	100.00	100.00
<b>Chemical composition<sup>3</sup></b>		
ME (kcal/kg)	3,265.28	3,265.14
CP (%)	13.20	13.20
Lysine (%)	0.61	0.61
Methionine (%)	0.24	0.24
Ca (%)	0.45	0.45
Total P (%)	0.40	0.40

<sup>a</sup> 사료 1kg 당 함량 : vitamin A, 8,000.00IU; vitamin D<sub>3</sub>, 316,000.00IU; vitamin E, 17.40IU; vitamin K, 32.40mg; vitamin B<sub>2</sub>, 3.20mg; vitamin B<sub>12</sub>, 24.00ug; Ca pantothenate, 8.00mg; Biotin, 0.10mg; Niacin, 16.00mg; Ethoxyquin, 6,612.00mg.

<sup>b</sup> 사료 1kg 당 함량 : Fe, 95.95mg; Mn, 85.46mg; Zn, 90.55mg; Cu, 24.26mg; Co, 1.29mg; Ca, 2.08mg; I, 13.20mg.

<sup>3</sup> Calculated value.

#### 다. 사양 실험 및 혈액 채취(Growth performance and blood sampling)

실험돈은 각각 슬롯-콘크리트 바닥에서 사육되었으며, 육성기에(1.26×2.55 m<sup>2</sup>), 비육기에(1.60×3.00m<sup>2</sup>)에서 사육되었다. 사양실험 기간은 각각 육성기 6주간, 비육 전기는 3주간, 그리고 비육 후기는 3주간 사육되었다. 전체 시험 기간 동안 물과 사료는 무제한 자유 채식 시켰다. 체중 및 사료 섭취량은 사육 단계 및 사료 종류의 변동 시점을 고려하여 육성 3주차 및 6주차, 비육 3주차 및 6주차에 측정하여 일당증체량, 일당사료섭취량, 사료효율을 계산하였다. 또한 혈중 요소태 질소(BUN : Blood urea nitrogen)을 조사하기 위해 체중 측정 시 각각 경정맥에서 혈액을 채취하였으며, 채혈 후 4℃에서 3,000 rpm 으로 15분간 원심 분리하였다. 원심 분리 후 혈청을 분리하여 분석 전까지 냉동보관(-20℃)하였다.

#### 라. 돈육의 이화학적 특성(Physicochemical characteristics of pork)

12주간의 육성, 비육기 사양실험 종료 후 각 처리구 별로 비육돈 6두씩 총 36두를 선발하여 돈육의 이화학적 특성 조사를 위해 등심근을 채취하였다. 36두의 평균체중은 113.58±0.93kg 이었으며, 모두 A 또는 B 등급(축산물등급판정소) 이었다. 육색은 chromameter(Minolta copra 박-508i, Japan)를 이용하여 각각 도축 후 3, 6, 9, 12 및 24 시간에 미추골부터 아래로 5개 척추사이의 등심을 샘플링하여 중간부위에 십자를 내어 3 부위의 Hunter system 의 L, a, b 값을 측정하였다. 돈육의 pH는 등심의 늑골 마지막 부위의 일정한 부분을 채취하여 육색과 마찬가지로 도축 후 24시간까지 pH meter(Beckman Coulter Ø 500 Series, USA)를 이용하여 측정하였다.

#### 마. TBARS analysis(Thiobarbituric acid reactive substance analysis)

도축 후에 채취한 등심 샘플을 이용하여 도축 후 1, 3, 5, 7일에 TBARS(thiobarbituric acid reactive substance) assay를 수행하였다. 기본적으로 Witte 등(1970)이 제시한 지방산패도 분석 방법을 사용하였고 homogenizer(Janke and Kunkel, T25, germany)와 spectrophotometer(Hitachi, U-1100 Japan)를 사용하였다.

#### 바. 돈육 품질(Ananalysis of meat quality)

보수력(water holding capacity)은 Filter관(VIDAS tubes, BIOMERIEUX, France)에 시료를 넣고 80 ℃ water bath에서 20분간 가열한 후, 10분간 상온에서 방냉시켰다. Filter관을 원심분리기를 이용하여 10℃에서 2,000 rpm으로 10분간 원심분리 하고 시료의 감량을 측정하여 보수력을 계산하였다. 가열감량(cooking loss)은 사후 24시에 일정한 크기로 등심근을

잘라내어 무게를 잰 후 polyethylene bag에 넣고 80°C water bath에서 40분간 가열한 후 20분간 수냉한 후 시료의 감량치를 계산하였다. 전단력(shear force)은 가열감량을 측정한 시료에서 근섬유 결 방향으로 core를 채취한 후 Warner-Bratzler sheat meter(G-R Elec. Mfg. CO., USA)로 전단력을 측정하였다.

#### 사. 화학 분석 및 통계 분석(Chemical and statistical analysis)

통계분석은 SAS(2006)의 일반선형모형(GLM)을 이용하여 수집된 자료에 대한 유의성 검정을 실시하였다. 사양실험 결과는 각 돈방을 하나의 실험단위로 하고, 영양소 소화율과 혈액 성분 분석 결과는 각 실험돈을 하나의 단위로 하여 수집된 자료에 대한 유의성을 검증하였다. 처리 간의 결과에 대한 비교 분석은 최소유의차(LSD) 다중 검정법을 이용하였다. 유의차가 있을 경우  $P<0.05$ 로, 고도의 유의차가 있을 경우  $P<0.01$ 로 고려하였다.

### 제 3 항 연구 결과 및 고찰

#### 가. 성장 성적(Growth performance)

Copra 박과 palm 박을 첨가한 mannanase의 수준별 급여가 육성-비육돈의 성장에 미치는 영향에 대해서 표 35에 나타내었다. 육성기 6주간의 copra 박 또는 palm 박의 급여와 mannanase의 수준별 급여에 대한  $2 \times 3$  요인 통계 분석을 실시하였다. 육성기 6주 동안에 copra 박과 palm박을 처리한 모든 처리구에서 체중(body weight), 일당증체량(average dailygain)에 있어서 유의적인 차이가 나타나지 않았다. 그러나 사료 섭취량에 있어 육성전기(0-3주)와 육성기 전 기간(0-6주)에 상관관계가 나타났다. 비육기 6주 동안의  $2 \times 3$  요인 통계분석에서는 비육전기(6-9주)와 후기(9-12주)의 체중에서 palm 박을 처리한 처리구가 copra 박을 처리한 처리구에 비하여 유의적으로 높게 나타났다( $P<0.05$ ). 또한 비육전기의 일당증체량에 있어서 palm 박을 급여한 처리구가 copra 박을 처리한 처리구에 비하여 고도의 유의적인 차이를 보여 주었으며( $P<0.005$ ), 비육기 전체(6-12주)와 실험 전 기간(0-12주)의 일당증체량이 palm 박을 급여한 처리구가 더 높은 경향을 나타내었다( $P=0.06$ ). 사료섭취량에서는 palm 박과 copra 박의 차이가 나타나지 않았지만 비육전기의 사료효율에서도 palm 박을 급여한 처리구가 유의적으로 높은 결과를 나타내었다( $P=0.05$ ). 또한 사료 섭취량에서의 상호작용은 비육전기, 비육기 전 기간에서 나타났으며( $P<0.05$ ), 실험 전 기간에서는 고도의 유의적인 차이가 발견되었다( $P<0.01$ ).

본 실험에서는 mannanase로 첨가한 copra 박과 palm 박의 처리구의 성장성적에서 비육돈에게 palm 박의 급여가 copra 박의 급여보다 체중 및 사료효율에서 더 높은 결과가 나타났다. 그러나 mannanase 수준의 차이는 성장성적에 영향을 미치지 않는 것으로 나타났다. 또한 사료

섭취량에 있어서도 copra 박과 palm 박 간의 차이 및 mannanase 수준의 차이는 발견되지 않았으나 둘의 상관관계는 거의 모든 기간에서 발견되었다.

Copra 박과 palm 박의 항영양인자로 가장 많은 양이 존재하는 것이 mannan(pure mannan, galactomannan, glucomannan 등)인데, 단위동물에서는 소화되지 않고 항영양인자로 작용하여 소화에 방해가 하게 된다. Copra 박에는 섬유소 함량의 26%가 mannose의  $\beta$ -1,4 결합의 pure mannan으로 이루어져있으며 61%가 pure mannan에  $\alpha$ -1,6 결합으로 galactose가 결합된 galactomannan으로 이루어져있다. 그러나 palm 박에는 78%가 pure mannan으로 이루어져있다. Copra 박과 palm 박의 급여 시 이 섬유소 함량 및 NSP의 함량의 증가로 gut passage rate가 증가하고, 이로 인해 사료 섭취량이 떨어지며, 성장에 부정적인 영향을 미친다는 보고가 있다. Mannanase는 NSP의 일종인 mannan을 분해하는 효소이며, 이를 이용하여 옥수수-대두박의 이용율을 증가시킨다는 다양한 연구가 보고되었다(Hahn 등, 1993; Petty 등, 1999, 2000; Schneider 등, 2003). 특히 Petty 등(2002)은 옥수수-대두박 위주의 사료에서 mannanase를 첨가하였을 때 ME(Metabolic Energy)의 100kcal/kg가 높은 사료를 급여한 돼지와 비슷한 성장 성적을 나타내었다고 밝혔다. 이는 mannanase가 소화되지 않는 mannan을 manno-oligosaccharide나 mannose로 분해하여 prebiotic 및 에너지 source로 이용할 수 있었기 때문인 것으로 사료된다.

비육기에서 palm 박의 성장성적이 더 높은 것은 palm 박의 섬유소 중에 pure mannan이 함량이 대부분이어서 첨가한  $\beta$ -mannanase가 이 pure mannan을 분해한 것이 그 원인이라고 생각된다. 또한 첨가한 800IU의  $\beta$ -mannanase는 10%의 copra 박과 palm 박의 mannan을 충분히 분해할 수 있는 수준이라고 생각된다.

표 35. Copra 박과 palm 박의 수준별 급여가 육성-비육돈의 성장에 미치는 영향

Item <sup>1</sup>	Copra meal 10%			Palm kernel meal 10%			SEM <sup>2</sup>	p-value		
	800IU	1,200IU	1,600IU	800IU	1,200IU	1,600IU		Grain	Enzyme level	Px
<b>Body weight<sup>3</sup>, kg</b>										
Initial	32.58	32.54	32.58	32.58	32.58	32.58	0.50	0.99	0.99	0.99
3 week	50.14	47.86	46.46	49.03	47.76	48.89	1.13	0.67	0.20	0.30
6 week	67.70	67.12	65.07	66.55	66.19	67.71	1.41	0.87	0.87	0.34
9 week	83.67	84.14	82.00	84.32	84.56	87.98	0.73	0.04	0.73	0.07
12 week	101.38	102.03	95.89	102.06	102.55	106.45	1.17	0.03	0.85	0.04
<b>ADG, g</b>										
0-3 week	843	731	670	786	730	779	40	0.60	0.06	0.13
3-6 week	836	917	886	834	878	896	57	0.74	0.23	0.80
6-9 week	761	811	806	846	875	965	34	0.005	0.15	0.47
9-12 week	843	852	661	845	857	880	91	0.33	0.61	0.41
0-6 week(growing)	840	824	778	810	804	838	25	0.86	0.79	0.18
6-12 week(finishing)	802	831	734	846	866	922	54	0.06	0.90	0.31
0-12week(overall)	821	828	756	828	835	880	29	0.06	0.90	0.09
<b>ADFI, g</b>										
0-3 week	2,182	1,604	1,592	1,585	1,538	1,770	129	0.14	0.08	0.02
3-6 week	2,210	2,104	1,993	2,069	2,100	2,141	103	0.99	0.79	0.39
6-9 week	2,528	2,464	2,360	2,258	2,426	2,742	121	0.80	0.43	0.05
9-12 week	2,994	3,064	2,403	2,691	2,697	3,122	243	0.94	0.89	0.07
0-6 week(growing)	2,196	1,865	1,793	1,827	1,819	1,956	95	0.30	0.20	0.04
6-12 week(finishing)	2,761	2,764	2,382	2,474	2,561	2,932	164	0.88	0.96	0.04
0-12week(overall)	2,478	2,314	2,091	2,152	2,190	2,438	98	0.67	0.80	0.01
<b>G/F ratio</b>										
0-3 week	0.387	0.456	0.421	0.496	0.474	0.440	0.04	0.09	0.52	0.50
3-6 week	0.378	0.436	0.445	0.403	0.418	0.419	0.03	0.83	0.10	0.50
6-9 week	0.301	0.329	0.342	0.375	0.360	0.352	0.02	0.05	0.94	0.33
9-12 week	0.282	0.278	0.275	0.314	0.318	0.282	0.03	0.25	0.69	0.79
0-6 week(growing)	0.382	0.442	0.434	0.444	0.442	0.428	0.02	0.19	0.27	0.20
6-12 week(finishing)	0.290	0.301	0.308	0.342	0.338	0.315	0.02	0.08	0.88	0.56
0-12week(overall)	0.331	0.358	0.362	0.385	0.381	0.361	0.02	0.08	0.72	0.31

<sup>1</sup> A total of 83 crossbred pigs was fed from average initial body weight  $32.57 \pm 0.50$ kg and the average of final weight was 101.73kg.

<sup>2</sup> Standard error of mean.

<sup>3</sup> Values are means for four pens of four pigs per pen.

나. 혈중 요소태 질소(Blood urea nitrogen)

BUN(blood urea nitrogen) 분석을 위해 실험 개시 시부터 처리구 당 5두씩 혈액을 채취하여 혈청을 분리하여 -20℃ 상태에서 보관하였다. Urea는 단백질과 아미노산 대사의 주요 최종 산물로써 대개 신장을 통해 배설되므로 신장의 기능을 평가하는 지표로 사용되어 왔다. 하지만 직접 urea를 측정하지 않고 혈중의 urea를 측정하였다. 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 상관관계를 갖는다(Eggum, 1970; Hahn 등, 1995). 또한 Bergner(1977)는 혈청 내 urea 농도와 사료의 생물가(biological value)와 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 Nitrogen metabolism은 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(Whang과 Easter, 2000). BUN value는 일당증체량 및 사료효율과 negative correlation을 갖는다(Hahn 등, 1995). 본 실험의 BUN 농도변화에 대해서 그림 1에 나타내었다. BUN 농도(concentration)는 실험 개시인 initial에서 가장 낮게 나타났으며, 사양 실험 기간 동안 9.9-14.7mg/dl 의 농도로 일반적인 돼지가 갖는 BUN 수치를 나타내었다. 통계 분석결과 실험 기간 전 기간 동안 BUN 농도의 요인 분석에 있어 유의적인 차이를 나타내지 않았다. 이는 copra 박이나 palm 박을 사용하였을 때 단백질 및 아미노산 이용성에 있어 큰 차이가 없다는 것을 의미한다.

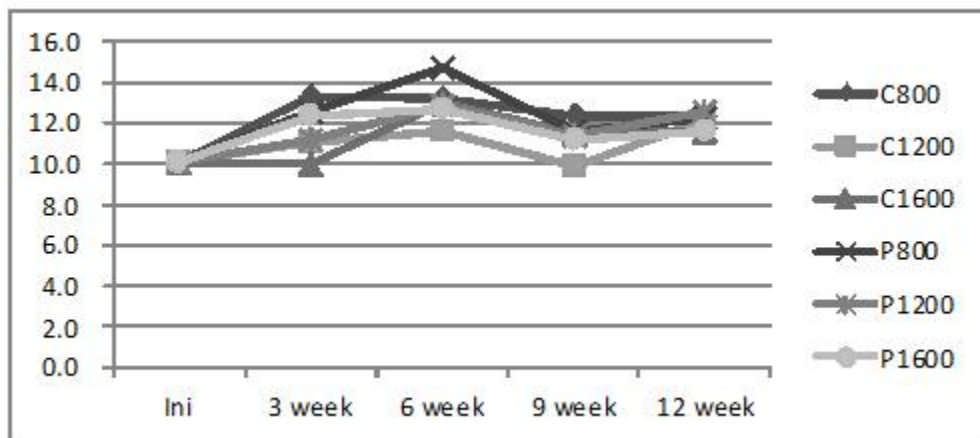


그림 2. Copra 박과 palm 박의 수준별 급여가 육성-비육돈의 혈중 요소태 질소에 미치는 영향

## 다. 육색(Meat color)

육색은 소비자가 돈육의 품질을 파악하고, 구매를 결정하는 데에 가장 중요한 요인 중에 하나이다. 표 36에 copra 박과 palm 박을 첨가한 사료에 mannanase의 수준별 급여하였을 때 육성-비육돈의 도체의 육색 변화(CIE value)에 미치는 영향에 대하여 나타내었다. Copra 박과 palm 박을 첨가와 mannanase 수준에 대한 요인분석을 실시하였을 때에도 모두 유의적인 차이가 나타나지 않았다. 따라서 copra 박과 palm 박의 첨가 및 mannanase의 수준 차이로 인한 육색의 변화는 없는 것으로 볼 수 있다.

그러나 육색은 단독으로 육의 상태를 나타내기에는 불충분하다고 할 수 있는데 일반적으로 적색도가 감소하고 황색도가 증가하면 돈육의 신선도가 떨어지는 것으로 알려져 있다. Kauffman 등(1993)은 도축 후 24시간이 지났을 때 CIE L\* value가 58이상이면 PSE 돈육이라고 보고하였는데, 본 실험에서는 모든 처리구에서 PSE 돈육이 발생하지 않았다고 사료된다. 또한 Hunter a 값이 너무 낮으면 PSE(pale, soft, exudative)육을 의심해야 하며, 너무 높으면 DFD(dark, firm, dry)육이 의심된다. 이 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 PSE 육 발생 정도를 측정하지는 않았지만, 도체 등급을 모두 A, B 등급을 받았으며, 또한 본 실험의 육색 결과에서도 이상 돈육의 발생은 없었다.



표 36. Copra 박과 palm 박의 수준별 급여가 도체의 육색 변화에 미치는 영향

Item	Copra meal 10%			Palm kernel meal 10%			SEM <sup>1</sup>	p-value		
	800IU	1,200IU	1,600IU	800IU	1,200IU	1,600IU		Grain	Enzyme level	Px
<b>CIE value, L*</b>										
3 h	40.77	42.03	40.10	42.29	40.92	41.19	0.39	0.53	0.60	0.36
6 h	39.66	40.9	39.94	42.25	39.67	40.48	0.45	0.49	0.77	0.25
12 h	41.52	42.65	42.52	42.68	41.43	42.95	0.47	0.90	0.82	0.61
24 h	43.99	45.39	44.59	44.93	44.74	44.79	0.41	0.85	0.85	0.75
<b>CIE value, a*</b>										
3 h	1.30	1.61	1.62	2.04	1.37	1.90	0.12	0.31	0.67	0.29
6 h	1.48	1.96	2.35	2.25	1.60	2.29	0.15	0.70	0.30	0.30
12 h	2.28	2.43	3.22	2.96	2.61	3.36	0.17	0.32	0.13	0.75
24 h	3.45	3.58	3.68	4.30	3.63	3.63	0.17	0.44	0.81	0.55
<b>CIE value, b*</b>										
3 h	4.25	4.26	4.31	4.54	4.16	4.48	0.09	0.54	0.68	0.69
6 h	4.31	4.89	4.77	4.87	4.27	4.76	0.13	0.93	0.83	0.22
12 h	4.88	5.18	5.67	5.25	5.08	5.66	0.14	0.77	0.20	0.79
24 h	5.82	6.18	6.05	6.38	6.24	5.96	0.15	0.59	0.87	0.68

<sup>1</sup> Standard error of mean.

#### 라. 돈육의 pH

식육은 pH의 고저에 따라 신선도, 보수력, 연도, 결착력, 육색 및 조직감 등에 크게 영향을 받으며, 저장성에 있어서도 매우 중요한 요인으로 작용한다. Bole 등(1993)은 pH는 돈육의 질과 보수성 및 연도에 밀접한 관련이 있다고 하였으며, Palansky와 Nosal(1991)은 pH가 증가하면 조리 감량이 감소된다고 보고하였다. 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. 도축 후 근육에 혈액 공급이 중단되면 산소 공급이 차단되어 근육 내 저장되어 있던 glycogen이 산화적으로 분해되지 못하고 혐기적 해당 작용이 일어나게 되고, 최종 산물로 젖산(lactate)이 생성되어 도축 후 일정기간 동안 근육의 pH를 떨어뜨리게 된다. 본 실험에서는 도축 후, 24시간 동안 냉장 상태(4℃)로 보관한 돈육의 최종 pH를 측정하였으며, 그 결과는 그림 3과 같다. Copra 박과 palm 박을 첨가한 사료에 mannanase의 수준별 급여에 대한 요인분석을 실시하였지만 통계적으로 유의적인 차이가 나타나지 않았다.

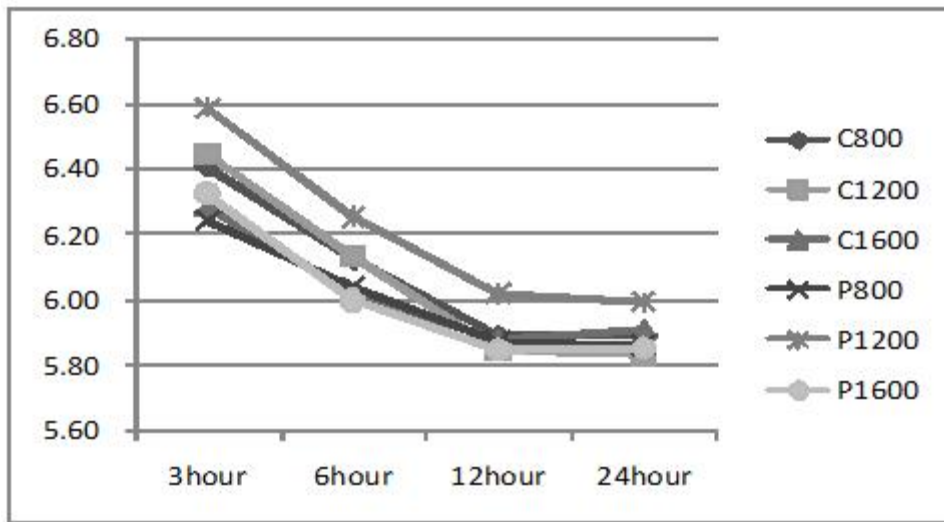


그림 3. Copra 박과 palm 박의 수준별 급여가 육성-비육돈 돈육의 pH에 미치는 영향

#### 마. TBARS analysis

돈육의 품질을 결정하는 데에 있어서 가장 중요한 요인 중의 하나로 사료되는 것이 바로 저장성이다. 특히 돈육을 해외로 수출해야 하는 경우 이러한 저장성은 반드시 고려되어야 할 것이다. 돈육의 맛을 좌우하는 가장 큰 요인은 바로 돈육 내 지방성분인데 이러한 성분들은 오랜 시간이 지나면 대기 중의 산소와 반응하거나 빛, 열, 세균, 효소, 습기 등의 작용에 의하여 화학변화를 일으킴으로써 산패되게 된다. 진공포장의 경우 이러한 산패를 어느 정도 피할 수 있기는 하지만 궁극적으로 이러한 산패를 피하는 것은 불가능하다. 이렇게 돈육내의 지방이 시간이 지남에 따라 산패되는데 그 변화정도를 측정하는 것이 바로 TBARS assay이다.

그림 4는 copra 박과 palm 박을 첨가와 mannase의 수준별 급여에 따른 지방산패도의 변화에 대한 그래프다. 단위동물의 경우에 있어서 축적지방의 지방산 조성은 사료의 지방산 조성에 크게 영향을 받게 되는데(Babatunde 등, 1967) 본 실험에서는 각 처리구간의 유의적인 차이가 나타나지 않았으며 7일의 산패도 역시 일반적인 수준을 보여주고 있다. 일반적으로 시장에서 판매되는 돼지고기의 저장가능 기간은 약 20일 이상으로 보기 때문에 copra 박과 palm 박의 첨가 및 mannase의 높은 수준의 첨가한 사료를 급여한 돼지의 돈육은 실제로 유통 시 빠른 지방산패로 인한 품질 문제를 발생하지 않을 것으로 기대할 수 있다.

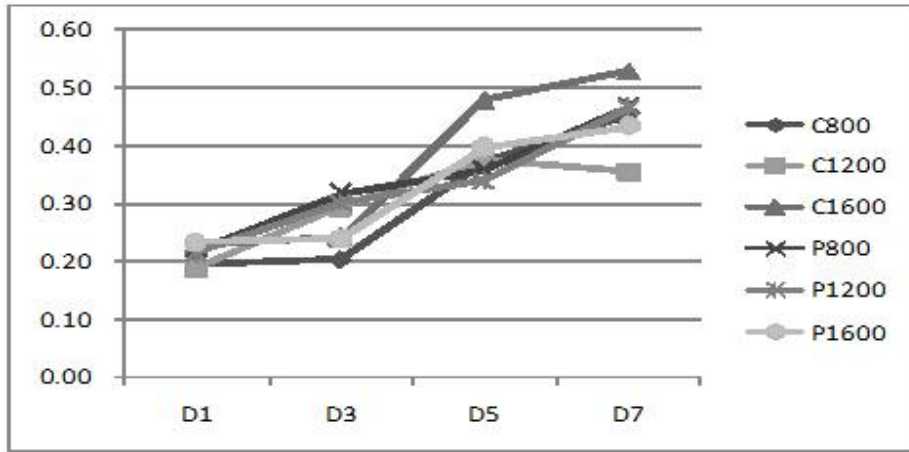


그림 4. Copra 박과 palm 박의 수준별 급여가 육성-비육돈의 TBARS analysis에 미치는 영향

#### 바. 돈육 품질(Ananalysis of meat quality)

가열감량은 간접적인 보수력의 지표 중 하나로 일반적으로 가열감량이 낮을수록 보수력이 높은 것으로 알려졌다(Hamm, 1986). 보수력은 고기의 가공 시 또는 내외적 환경변화에 대한 수분함량의 변화로 결정되고, 고기의 미세구조 또는 고기의 세질시 나타나는 수분함량의 변화로 pH와도 밀접한 연관성을 가지며, 고기의 향미와 조직감의 변화를 간접적으로 알 수 있는 지표이다. Bouton 등(1983)은 보수력이 낮아지면 고기의 전단력은 높아진다고 보고하였고 goerl 등(1995)의 연구에 의하면 지방함량이 증가함에 따라 보수력이 증가하여 육즙감량이 낮아지고, 전단력이 약해지는 것으로 밝혀졌다. 표 37은 copra 박과 palm 박을 첨가한 mannanase의 수준별 급여가 육성 - 비육돈의 돈육 품질에 미치는 영향을 나타낸 것이다. 본 실험에서 copra 박과 palm 박의 급여에 대한 전단력, 보수력, 가열감량의 차이는 없는 것으로 나타났다. 그러나 mannanase 수준에 따라 보수력이 유의적으로 증가하는 것으로 나타났다. 이는 mannanase 수준이 증가함에 따라 등심육의 지방함량이 증가하기 때문으로 볼 수 있다.

표 37. Copra 박과 palm 박의 수준별 급여가 돈육의 가열감량, 전단력, 보수력에 미치는 영향

Item	Copra meal 10%			Palm kernel meal 10%			SEM <sup>1</sup>	p-value		
	800 IU	1,200 IU	1,600 IU	800 IU	1,200 IU	1,600 IU		Grain	Enzyme level	Px
Cooking loss	32.59	32.78	32.80	33.47	32.36	31.93	0.36	0.86	0.77	0.63
Share force	4.55	4.95	4.25	4.64	4.58	4.79	0.11	0.71	0.67	0.28
Water holding capacity,%	52.08	51.73	52.49	51.47	52.11	54.00	0.23	0.28	0.01	0.11

<sup>1</sup> Standard error of mean.

## 제 5 절 대체원료로서 palm 박의 첨가가 임신돈과 포유돈의 생산성, 포유자돈의 성장성적 및 경제성에 미치는 영향

### 제 1 항 서 론

대부분의 원료사료를 수입물량에 의존하고 있는 국내 사료시장은, 옥수수 및 대두 등 주요 곡물사료의 가격이 폭등하여 양돈 사료용 곡류 수급에 상당한 어려움에 처해 있다. 사료가격이 상승하고 이는 고스란히 양돈 농가의 부담으로 전가될 수밖에 없으며, 또한 생산원가의 상승과 소비자의 부담을 증가시키게 된다. 따라서 주요 곡물의 가격상승 이후 사료가격 안정화를 위해서 다양한 원료사료의 도입이 시도되었으며, copra 박이나 palm 박 등 가격 경쟁력이 높은 열대지방의 원료사료들에 대한 관심이 증대되고 있다.

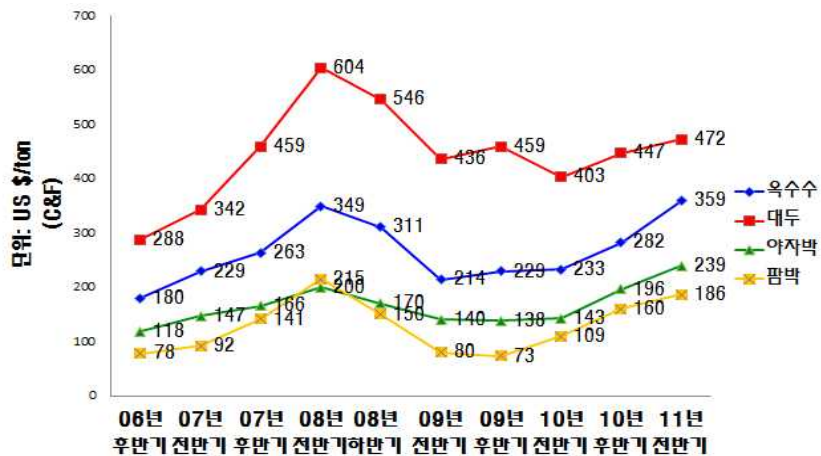


그림 5. 주요 원료사료 가격

Palm 박은 반추 동물이나 토끼 등의 동물에 사료로 이용 되어 왔지만 가격이 옥수수나 대두박에 비해 월등히 낮고 열대지방에서 다량 생산되는 부산물이라는 장점을 가지고 있다. palm 박의 영양성분은 단백질의 함량이 15~18% 수준으로 양돈사료에 사용할 수 있지만, 낮은 기호성과 필수 아미노산의 부족, 높은 비전분성다당류 함량으로 인해 단위 동물에서의 이용은 제한되어왔다. 따라서 바이오틴, NaOH, 효소 등의 첨가를 통해 열대 박류에 대한 단위동물의 이용효율을 증진시키기 위한 연구가 진행되었다(Oloyo, 1991; Nwokolo 등, 1970; Dingle 등, 1997).

Mannanase는 mannan의  $\beta$ -1, 4 glycosidic 결합을 가수분해 하는 효소로, Jackson 등(1999)에 의하면 미생물에서 생산되는 mannanase를 돼지나, 육계 등의 사료에 첨가하였을 때, 사료 효율이나 성장성적을 향상시켰다고 보고하였다. palm 박의 NSP의 주성분이

mannan이므로 mannanase의 이용은 palm 박 사용 시 발생할 수 있는 부정적인 영향을 해결할 수 있을 것으로 생각된다.

palm 박은 예전부터 반추동물이나 양계 사료에 일부 이용되어 왔지만 높은 섬유소 함량과 용적량, 낮은 기호성, 필수 아미노산의 부족, 높은 mannan 함량으로 인해 양돈 사료로의 이용은 기피되어 왔다. 하지만 임신돈 사료의 경우 제한사양으로 공복감을 완화하기 위해 사료 내 섬유소 함량이 중시 되어왔으며, palm 박의 임신돈 사료 내 첨가는 공복 스트레스 감소와 변비예방 등의 긍정적 효과를 보일 것으로 예상된다.

포유시기는 모든에 있어서 사료섭취량이 가장 중요한 시기이며, 사료를 잘못 급여할 경우 모든의 포유와 자돈의 성장에 부정적인 영향을 미치고 과도한 체중감소로 인해 다음 산차까지 영향을 미칠 수 있으므로 사료 급여 관리에 매우 유의해야 한다. 따라서 palm 박과 효소제의 첨가가 모든의 포유에 미치는 영향을 평가하는 것은 생산비의 감소와 더불어 palm 박 및 효소제의 가능성을 검증하기 위해 중요하다.

따라서 본 연구는 임신돈과 포유돈 사료에 palm 박 및 효소제의 첨가가 임신기·포유기의 생리적 변화와 분만 및 자돈의 성장에 미치는 영향을 조사하고 사료에 palm 박의 적용 가능성과 효소제의 효과를 평가하기 위해 수행되었다.

## 제 2 항 실험 방법 및 재료

### 1. 임신돈 사료 내 palm 박의 첨가가 임신돈의 생산성과 경제성에 미치는 영향

#### 가. 실험 동물 및 실험 설계(Experimental animal and design)

본 실험은 1산차의 F1 교잡종(Yorkshire×Landrace, 평균 체중  $148.70 \pm 8.30$ ) 미경산돈 27두를 공시하여, 체중 및 등지방 두께에 따라 5처리에 완전임의 배치법(Completely randomized design; CRD)으로 배치하여 실시하였다. 돈군은 임신돈 스톨( $2.4 \times 0.64m^2$ )에서 사양되었으며 종부 후 110일령에 분만틀(분만틀의 넓이  $2.5 \times 1.8m^2$ , 높이 500mm)로 이동시켜 분만실험을 진행하였다. 처리구는 palm 박과 효소제의 첨가 유무에 따라 각각 Con(Corn-SBM based diet), P5(palm 박 5% 첨가), P10(palm 박 10% 첨가), PM5(palm 박 5%+mannanase 0.1% 첨가), PM10(palm 박 10%+mannanase 0.1% 첨가)로 구성되었다.

#### 나. 실험 사료(Experimental diet)

옥수수-대두박 위주로 대조군 사료(control)를 배합하였으며, 각 처리구에 따라 palm 박을 5% 및 10%로 함량을 고정시킨 후 기타 원료들을 조정하여 실험사료를 배합하였다. 효소제

처리구는 mannanase(800IU, CTCbio, 서울) 제제를 0.1% 첨가하였고 기타 원료를 미량 조정하여 각 처리구의 주요 영양소 함량이 동일하도록 배합하였다. 모든 실험사료의 영양소 함량은 NRC 사양표준(1998)을 기준으로 같거나 높게 설계되었으며, 에너지 함량은 3,265kcal ME/kg, 조단백질 함량은 12.90%, 라이신 함량은 0.74%, 칼슘 함량은 0.90%, 총 인 함량은 0.70% 이었다. 임신기 실험사료의 원료 및 화학적 조성은 표 38에 나타내었다.

표 38. 임신돈 실험 사료 배합비 및 화학적 조성

Ingredients,%	Control	Palm kernel meal 5%		Palm kernel meal 10%	
		-	Mannanase	-	Mannanase
	Con <sup>1</sup>	P5	PM5	P10	PM10
Corn	79.61	74.59	74.41	69.56	69.40
SBM-45	14.99	14.23	14.26	13.48	13.52
Palm kernel meal	0.00	5.00	5.00	10.00	10.00
Sugar molasse	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50
Soy oil	0.51	1.36	1.42	2.21	2.26
L-lysine · HCl	0.24	0.23	0.23	0.22	0.22
DL-Met	0.04	0.03	0.03	0.02	0.02
DCP	2.49	2.43	2.43	2.37	2.33
Limestone	0.85	0.87	0.86	0.89	0.90
Vit. Mix <sup>2</sup>	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20
Min. Mix <sup>3</sup>	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10
Salt	0.32	0.31	0.31	0.30	0.30
Choline chloride-50	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15
Mannanase <sup>4</sup>	0.00	0.00	0.10	0.00	0.10
Total	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00
<b>Chemical composition<sup>5</sup></b>					
ME,	3,265.07	3,265.07	3,265.00	3,265.03	3,265.11
CP,%	12.90	12.90	12.90	12.90	12.90
Lys,%	0.74	0.74	0.74	0.74	0.74
Met,%	0.23	0.23	0.23	0.23	0.23
Na,%	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15
Ca,%	0.90	0.90	0.90	0.90	0.90
Total P,%	0.70	0.70	0.70	0.70	0.70
Mannan,%	0.28	1.89	1.89	3.50	3.50

<sup>1</sup> CON(Corn-SBM based diet), P5(Palm kernel meal 5%), P10(Palm kernel meal 10%), PM5(Palm kernel meal 5%+mannanase 800IU 0.1%), PM10(Palm kernel meal 10%+mannanase 800IU 0.1%).

<sup>2</sup> Provided the following quantities of vitamins per kg of complete diet: vitamin A, 10,000IU; vitaminD3, 1,500IU; vitamin E, 35IU; vitamin K3, 3mg; pantothenic acid, 10mg; niacin, 20mg; biotin, 50ug; vitamin B12, 15ug; folic acid, 500ug; vitamin B2, 4mg; vitamin B6, 3mg.

<sup>3</sup> Provided the following quantities of minerals per kg of complete diet: Cu, 55mg; Fe, 75mg; I, 250mg; Mn, 20mg; Se, 100ug; Zn, 30mg; Co, 250mg.

<sup>4</sup> Mannanase(CTCzyme, 800IU, CTCbio, Seoul).

<sup>5</sup> Calculated value.



#### 다. 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(8:30, 16:30)로 나누어 일일 2회 급여하였으며 급여량은 1kg/회(2kg/day)로 110일령까지 동일량을 급여하였다. 임신진단은 중부 후 21일령 전후에 재발정 확인을 하고 35일령에 초음파 임신진단기를 이용하여 최종적으로 임신을 확인하였다. 임신 110 일령에는 임신 모돈들을 분만사로 옮겨 분만을 준비하였다. 체중 및 등지방 두께 측정은 각각 15일령, 35일령, 70일령, 90일령, 110일령에 시행되었으며 각 실험일령에 경정맥에서 혈액을 채취한 후 4℃에서 3,000 rpm 으로 15분간 원심 분리하였다. 원심 분리 후 혈청을 분리하여 분석 전까지 냉동보관(-20℃)하였다.

#### 라. 화학 분석 및 통계 분석(Chemical and statistical analysis)

통계분석은 SAS(2006)의 일반선형모형(GLM)을 이용하여 수집된 자료에 대한 유의성 검정을 실시하였다. 사양실험 결과는 각 모돈을 하나의 실험단위로 하여 수집된 자료에 대한 유의성을 검증하였다. 처리 간의 결과에 대한 비교 분석은 최소유의차(LSD) 다중 검정법을 이용하였다. 추가적으로 대조구를 제외한 palm 박과 효소제의 첨가량에 따라 2×2 요인 분석을 실시하였으며 유의차가 있을 경우 P<0.05로, 고도의 유의차가 있을 경우 P<0.01로 고려하였다.

### 2. 포유돈 사료 내 palm 박 및 효소제의 첨가가 포유돈의 번식 및 포유 능력에 미치는 영향

#### 가. 실험 동물 및 실험 설계(Experimental animal and design)

본 실험은 임신기의 실험이 종료된 1산차의 F1 교잡종 (Yorkshire×Landrace, 평균 체중  $190.70 \pm 6.26$ ) 분만모돈 22두를 공시하여, 체중 및 등지방 두께에 따라 5처리에 완전임의 배치법(Completely randomized design; CRD)으로 배치하여 실시하였다. 돈군은 분만틀(분만틀의 넓이  $2.5 \times 1.8\text{m}^2$ , 높이 500mm)에서 사양되었다. 자돈은 출생 후 24시간 이내에 견치, 단미, 철분주사, 이각을 실시하였고, 양자를 보낸 후 실험이 개시되었고 수태지의 거세는 분만 후 3일령에 이루어졌다.

처리구는 palm 박과 효소제의 첨가 유무에 따라 각각 Con(Corn-SBM based diet), P5(palm 박 5% 첨가), P10(palm 박 10% 첨가), PM5(palm 박 5%+mannanase 0.1% 첨가), PM10(palm 박 10%+mannanase 0.1% 첨가)로 구성되었다. 실험사료와 물은 자유채식하도록 하였다.

#### 나. 실험 사료(Experimental diet)

옥수수-대두박 위주로 대조군 사료(control)를 배합하였으며, 각 처리구에 따라 palm 박을 5% 및 10%로 함량을 고정시킨 후 기타 원료들을 조정하여 실험사료를 배합하였다. 효소제 처리구는 mannanase 제제(800IU, CTCzyme, CTCbio, 서울)를 0.1% 첨가하였고 기타 원료를 미량 조정하여 각 처리구의 주요 영양소 함량이 동일하도록 배합하였다. 실험사료의 에너지 함량은 3,265 MEkcal/kg였으며, 조단백질 함량이 16.80%, lysine이 1.08%, methionine이 0.28%, Ca이 0.90%, Total P이 0.70%였다. 모든 실험사료의 영양소 함량은 NRC(1998)을 기준으로 같거나 높게 설계되었으며, 실험사료의 원료 및 화학적 조성은 표 39에 나타내었다.

표 39. 포유모돈 실험 사료 배합비 및 화학적 조성

Ingredients,%	Control Con <sup>1</sup>	Palm kernel meal 5%		Palm kernel meal 10%	
		-	Mannanase	-	Mannanase
		P5	PM5	P10	PM10
Corn	68.92	63.84	63.67	58.82	58.64
SBM-45	25.17	24.42	24.44	23.66	23.69
Palm kernel meal	0.00	5.00	5.00	10.00	10.00
Sugar molasse	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50
Soy oil	0.93	1.80	1.86	2.65	2.71
L-lysine · HCl	0.38	0.37	0.37	0.36	0.36
DL-Met	0.02	0.01	0.01	0.00	0.00
DCP	2.34	2.28	2.27	2.20	2.19
Limestone	0.85	0.89	0.89	0.92	0.92
Vit. Mix <sup>2</sup>	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20
Min. Mix <sup>3</sup>	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10
Salt	0.44	0.44	0.44	0.44	0.44
Choline chloride-50	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15
Mannanase <sup>4</sup>	0.00	0.00	0.10	0.00	0.10
Total	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00
<b>Chemical composition<sup>5</sup></b>					
ME, kcal/kg	3,265.11	3,265.08	3,265.04	3,265.07	3,265.01
CP,%	16.80	16.80	16.80	16.80	16.80
Lys,%	1.08	1.08	1.08	1.08	1.08
Met,%	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25
Ca,%	0.90	0.90	0.90	0.90	0.90
Total P,%	0.70	0.70	0.70	0.70	0.70
Mannan,%	0.41	2.02	2.02	3.63	3.63

<sup>1</sup> Con(Corn-SBM based diet), P5(Palm kernel meal 5%), P10(Palm kernel meal 10%), PM5(Palm kernel meal 5%+mannanase 800,000IU 0.1%), PM10(Palm kernel meal 10%+mannanase 800,000IU 0.1%).

<sup>2</sup> Provided the following quantities of vitamins per kg of complete diet: vitamin A, 10,000IU; vitaminD3, 1,500 IU; vitamin E, 35IU; vitamin K3, 3mg; pantothenic acid, 10mg; niacin, 20mg; biotin, 50ug; vitamin B12, 15 ug; folic acid, 500ug; vitamin B2, 4mg; vitamin B6, 3mg.

<sup>3</sup> Provided the following quantities of minerals per kg of complete diet: Cu, 55mg; Fe, 75mg; I, 250mg; Mn, 20mg; Se, 100ug; Zn, 30mg; Co, 250mg.

<sup>4</sup> Mannanase(CTCzyme, 800IU, CTCbio, Seoul).

<sup>5</sup> Calculated value.

#### 다. 사양 실험 및 혈액 채취(Housing and blood sampling)

본 실험에서 온도와 환기량은 환기팬과 자동제어장치에 의하여 자동으로 조절되었으며, 전체 실험기간 동안 사료와 물은 자유채식하게 하였다. 모돈의 체중 및 등지방 두께 측정은 각각 분만후 12시간, 7일령, 14일령, 21일령에 시행되었으며 각 일령에 포유자돈의 체중과 사료섭취량을 측정하여 사양결과를 계산하였고, 모돈의 모유특성을 조사하기 위해 혈관에 옥시토신 0.5 ml를 주사하여 젖 분비를 촉진한 후 돈유를 채취하여 유성분 분석기(MilkoScan FT20, FOSS Electric Co., Denmark)로 유지방(fat), 유단백질(protein), 락토오스(lactose), 총 고형물(Total solid), 무지고형물(Solids not fat : SNF)을 측정하였다. 포유 모돈과 자돈의 경정맥에서 혈액을 채취한 후 4℃에서 3,000 rpm 으로 15분간 원심 분리하였으며 원심 분리 후 혈청을 분리하여 혈액성상을 분석 전까지 냉동보관(-20℃)하였다.

#### 라. 화학 분석 및 통계 분석(Chemical and statistical analysis)

통계분석은 SAS의 PROC MIXED procedure를 이용하여 수집된 자료의 유의성을 검정하였다. 모돈의 생리적 변화와 복당 자돈 성장률, 처리구를 fixed effect로 산자수 및 litter weight를 random effect로 설정하였으며 모돈 각 개체를 실험단위로(CRD) 하여 분석하였다. 추가적으로 대조구를 제외한 palm 박과 효소제의 첨가량에 따라 대한 2×2 요인 분석을 실시하였으며, 처리구 간의 차이 및 각 요인에 대한 유의적인 차이는 SAS의 PDIFF 옵션을 통해 분석되었으며 P<0.05 인 경우 유의차가 있는 것으로, P<0.10 인 경우 경향이 있는 것으로 고려하였다.

### 제 3 항 연구 결과 및 고찰

#### 1. 임신돈 사료 내 palm 박의 첨가가 임신돈의 생산성과 경제성에 미치는 영향

##### 가. 모돈의 체중 및 등지방 변화(Change of body weight and backfat)

Palm 박 및 효소제의 급여가 임신기 체중 및 등지방 두께의 변화에 미치는 영향을 표 40에 나타내었다. 본 실험의 결과, 실험 전 기간 동안 Con 대조구의 체중이 수치상으로 낮게 나타났으나 유의적인 차이는 발견되지 않았으며, palm 박과 효소제에 대한 요인분석(2×2)에 있어서도 palm 박 및 효소제의 첨가에 대한 효과가 발견되지 않았다. 일반적으로 palm 박의 급여 시, 섬유소 함량 및 NSP의 함량의 증가로 gut passage rate가 증가하고, 이로 인해 사료 섭취량이 떨어지는 것으로 알려져 있다. 하지만 임신돈의 경우 육성 비육돈에 비해 연령이 높고 섬유소의 이용율이 높으며, 제한사양으로 인해 맹장이 발달하여 NSP의 소화율에 차이가

없기 때문에 각 처리구간의 체중 및 등지방에 큰 영향이 나타나지 않은 것으로 추정된다.

Mannan은 palm 박에 함유된 NSP 중 30-35% 정도(건물기준)로 높은 비중을 차지하고 있으며 단위동물에서 소화가 되지 않아 항영양성 인자로 여겨진다. 일반적으로 mannan은 포도당 대사를 저해시키며 insulin의 분비를 억제하는 것으로 알려져 있다(Leeds 등, 1980; Rainbird 등 1984). 이외에도 다양한 연구에서gastric emptying의 감소, 순환적인 insulintropic peptide 및 IGF-I의 분비감소 등에 대해 보고되었다(Sambrook과 Rainbird, 1985; Nunes 와 Malmlof, 1992). 반면에 mannanase는 mannan을 분해하는 효소이며, 이를 이용하여 옥수수-대두박의 이용율을 증가시킬 수 있다(Hahn 등, 1993; Petty 등, 1999, 2000; Schneider 등, 2003). 특히 Petty 등(2002)은 옥수수-대두박 위주의 사료에서 mannanase를 첨가하였을 때 대사에너지가 100kcal/kg 높은 사료를 급여한 돼지와 비슷한 성장 성적을 나타내었다고 보고하였다. 따라서 본 실험에서는 mannan 함량이 높은 palm 박에 mannanase를 첨가하였을 경우 더 큰 시너지 효과가 발생할 것으로 예상되었으나 결과적으로 palm 박과 mannanase의 첨가는 특별한 효과를 나타내지 않았다.

따라서 임신돈 사료에서 옥수수-대두박을 10% 수준까지 palm 박으로 대체하는 것은 모든 체형에 문제가 없는 것으로 나타났으며, 효소제의 효과가 나타나지 않았다는 점을 고려하면 10% 수준의 palm 박은 효소제가 없다 하더라도 임신돈이 충분히 이용할 수 있는 것으로 보인다. 결과적으로, 10% 수준의 palm 박 첨가까지만 실험 하였으나, 임신돈 사료에는 10% 수준 이상의 높은 함량의 palm 박의 첨가가 가능할 것으로 추정된다.

표 40. 임신기 사료 내 palm 박의 첨가가 초산 모돈의 체중 및 등지방 변화에 미치는 영향

Treatments	Control	Palm kernel meal 5%		Palm kernel meal 10%		SEM <sup>1</sup>
		-	Mannanase	-	Mannanase	
	CON	P5	PM5	P10	PM10	
<b>Body weight, kg</b>						
Initial	154.0	147.8	148.1	145.6	149.6	1.61
15 <sup>th</sup> day	161.6	160.0	157.0	154.6	155.8	1.48
35 <sup>th</sup> day	170.9	167.8	167.0	166.2	166.1	1.21
70 <sup>th</sup> day	191.5	186.8	186.9	187.3	188.1	1.31
90 <sup>th</sup> day	197.5	195.8	194.0	195.8	196.8	1.28
110 <sup>th</sup> day	209.5	206.4	206.7	209.6	209.8	1.11
<b>Body weight change, kg</b>						
Early gestation <sup>2</sup>	16.9	20.0	18.9	20.6	16.5	0.86
Mid-gestation	26.6	28.0	27.0	29.6	30.6	0.77
Late gestation	12.0	10.6	12.7	13.8	13.0	0.49
Total gestation	55.5	58.6	58.6	64.0	60.1	1.27
<b>Backfat thickness, mm</b>						
Initial	21.3	21.1	19.8	22.3	21.3	0.68
15 <sup>th</sup> day	22.3	23.0	21.8	23.0	22.5	0.90
35 <sup>th</sup> day	21.9	22.3	22.7	23.0	23.0	0.60
70 <sup>th</sup> day	23.6	25.0	25.8	26.8	25.3	0.63
90 <sup>th</sup> day	24.8	25.3	25.9	26.7	26.4	0.69
110 <sup>th</sup> day	25.0	24.1	25.2	26.2	26.3	0.75
<b>Backfat change, mm</b>						
Early gestation	0.6	1.1	2.9	0.7	1.8	0.57
Mid-gestation	2.9	3.0	3.2	3.7	3.4	0.37
Late gestation	0.3	-1.1	-0.7	-0.5	-0.1	0.22
Total gestation	3.8	3.0	5.4	3.9	5.0	0.53

<sup>1</sup> Standard error of mean.

<sup>2</sup> Early gestation: 0-35 days, Mid-gestation: 35-90 days, Late gestation: 90-110 days.

나. 모돈의 체단백질 및 체지방 축적(Change of body protein and fat mass)

Dourmad 등(1997)의 계산식에 의한 체단백질과 체지방의 축적량 및 체단백질과 체지방의 추정 축적치를 표 41에 나타냈다. 체중 및 등지방의 측정 결과와 마찬가지로 각 처리구간의 유의적인 차이는 발견되지 않았다. palm 박과 효소제에 대한 요인분석 결과에서도 임신 전기(0-35 day), 중기(35-90 day), 후기(90-110 day)에서 차이가 없었지만 전체 임신기간의 단

백질 축적이 효소제의 첨가에 따라 감소되는 경향이 나타났으며 ( $P < 0.09$ ), 반대로 유의적인 차이는 없었지만 수치상으로 지방의 축적이 증가되었다. 표 40의 등지방 변화를 생각해 보면 palm 박에 효소제의 첨가는 효소제에 의한 에너지 이용율의 개선으로 모든 단백질 축적보다 지방축적이 증가할 가능성이 높다고 할 수 있다.

또한 모든 palm 박 처리구들이 유의적인 차이는 없었지만 옥수수-대두박 사료인 대조구보다 단백질 및 지방축적이 같거나 높게 나타난 것을 감안하면 palm 박은 임신기에 10% 수준이상으로 급여가 가능할 것으로 사료된다.

표 41. 임신기 사료 내 palm 박의 첨가가 초산 모든의 체단백질 및 체지방 축적에 미치는 영향

Treatments	Control	Palm kernel meal 5%		Palm kernel meal 10%		SEM <sup>1</sup>
		-	Mannanase	-	Mannanase	
	CON	P5	PM5	P10	PM10	
<b>Estimated protein mass in gestation, kg</b>						
Initial	22.6	21.5	22.0	20.8	21.8	0.37
15 <sup>th</sup> day	23.6	23.1	23.0	22.1	22.5	0.40
35 <sup>th</sup> day	25.4	24.7	24.4	24.2	24.2	0.25
70 <sup>th</sup> day	28.5	27.2	27.0	26.7	27.4	0.28
90 <sup>th</sup> day	29.2	28.7	28.2	28.2	28.5	0.25
110 <sup>th</sup> day	31.2	31.0	30.7	30.9	30.9	0.28
<b>Estimated protein mass gain in gestation, kg</b>						
Early gestation <sup>2</sup>	2.8	3.2	2.4	3.4	2.4	0.23
Mid-gestation	3.8	4.0	3.7	4.0	4.3	0.16
Late gestation	2.1	2.3	2.5	2.6	2.4	0.11
Total gestation <sup>e</sup>	8.6	9.4	8.6	10.1	9.0	0.24
<b>Estimated fat mass in gestation, kg</b>						
Initial	35.9	34.4	32.7	35.5	35.0	0.96
15 <sup>th</sup> day	38.9	39.6	37.3	38.4	38.0	1.24
35 <sup>th</sup> day	40.5	40.3	40.7	40.9	40.9	0.92
70 <sup>th</sup> day	47.4	48.1	49.2	50.7	48.8	0.94
90 <sup>th</sup> day	50.2	50.5	51.0	52.4	52.2	1.06
110 <sup>th</sup> day	53.2	51.3	52.8	54.8	54.9	1.08
<b>Estimated fat mass gain in gestation, kg</b>						
Early gestation	4.6	5.9	8.0	5.5	6.0	0.80
Mid-gestation	9.7	10.2	10.2	11.5	11.3	0.57
Late gestation	3.0	0.9	1.9	2.4	2.7	0.33
Total gestation	17.3	16.9	20.1	19.3	19.9	0.83

<sup>1</sup> Standard error of mean.

<sup>2</sup> Early gestation: 0-35 days, Mid-gestation: 35-90 days, Late gestation: 90-110 days.

<sup>e</sup> Enzyme effect ( $P < 0.10$ ).

다. 분만성적(Reproductive performance)

임신기 palm 박과 효소제의 첨가가 초산 모돈의 분만성적에 미치는 영향을 표 42에 나타내었다. 사산에 영향을 주는 요인은 주로 산차, 총산자수, 분만 시의 소요되는 시간, 생시체중, 난산 및 분만시 모돈의 체형이라고 알려져 있다(Leenhouders 등, 1999; Tantasuparuk 등, 2000; Lucia Jr. 등, 2002; Schneider, 2002). 본 실험결과에서 총산자수 및 생존자돈수, 미이라에 있어서 처리구에 따른 유의적인 차이는 나타나지 않았지만 수치상으로 P5 처리구와 PM10 처리구의 산자수가 높게 나타났다. 자돈의 복당 체중(litter weight)에도 처리구간의 차이가 없었으나 복당 자돈의 평균체중(piglet weight)은 유의적으로 P5 및 PM10 처리구가 다른 처리구에 비해 낮게 나타났다( $P<0.05$ ). 비록 유의적인 차이가 나타났지만, palm 박 5% 보다는 10%를 대체하는 것이 효과적이며, 효소제를 넣을 경우 반대의 결과를 보이는 것으로 나타났다. 이는 mannanase의 첨가효과가 palm 박이 적게 첨가된 처리구에서 효과가 나타나며, palm 박을 10% 첨가 하였을 시에는 증가된 mannan의 양을 효과적으로 이용할 수 있는 mannanase의 양이 부족할 수 있다는 것으로 판단된다.

표 42. 임신기 사료 내 palm 박의 첨가가 초산 모돈의 분만성적에 미치는 영향

Treatments	Control	Palm kernel meal 5%		Palm kernel meal 10%		SEM <sup>1</sup>
		-	Mannanase	-	Mannanase	
	CON	P5	PM5	P10	PM10	
<b>Litter size, No./litter</b>						
Total born	10.25	13.50	11.80	11.00	12.25	0.53
Stillborn	0.50	0.50	0.80	0.40	1.00	0.21
Mummies	0.00	1.00	0.00	0.20	0.50	0.20
Born alive	9.75	12.00	11.00	10.40	10.75	0.55
<b>Litter weight at lactation, kg</b>						
Litter weight	15.28	14.83	16.17	15.08	14.59	0.56
Live litter weight	14.58	13.99	15.89	14.57	13.20	0.68
Piglet weight <sup>1</sup>	1.50 <sup>a</sup>	1.11 <sup>b</sup>	1.38 <sup>a</sup>	1.40 <sup>a</sup>	1.19 <sup>b</sup>	0.05
Live piglet weight <sup>1</sup>	1.50 <sup>a</sup>	1.17 <sup>b</sup>	1.45 <sup>a</sup>	1.43 <sup>a</sup>	1.23 <sup>b</sup>	0.04

<sup>1</sup> Standard error of mean.

<sup>a,b</sup> Means with different superscripts significant difference( $P<0.05$ ).

<sup>1</sup> Palm kernel meal×enzyme interaction( $P<0.05$ ).



#### 라. 혈액분석(Blood analysis)

Palm 박 및 효소제의 급여가 임신돈의 혈액성상에 미치는 영향을 표 43에 나타내었다. 혈액 분석의 모든 결과에서 각 처리구간의 유의적인 차이는 발견되지 않았다. Palm 박과 효소제의 요인분석에서 임신 15와 35일차 혈중 포도당 농도에서 palm 박과 효소제간의 interaction 이 발견되었으나 두 시기에서 서로 상반되는 결과를 보였으며 다른 기간에 차이가 없었던 것으로 볼 때 palm 박의 급여는 임신돈의 혈액 성상에 부정적인 영향을 나타내지 않는 것으로 밝혀졌다. 마찬가지로 임신 90일령에는 효소제의 첨가에 따라 혈액 내 유리지방산이 증가되었으나 다른 구간에서는 그러한 경향이 나타나지 않았다.

결론적으로 성장성적의 결과와 마찬가지로 임신기 사료에 palm 박 및 효소제의 급여는 임신돈의 혈액성상에 큰 영향을 미치지 않는 것으로 사료되며 이는 palm 박 및 효소제의 이용성이 옥수수-대두박 위주의 사료와 비교해 낮지 않다는 것을 의미한다.

표 43. 임신기 사료 내 palm 박의 첨가가 모돈의 혈액성상에 미치는 영향

Treatments	Control	Palm kernel meal 5%		Palm kernel meal 10%		SEM <sup>1</sup>
		-	Mannanase	-	Mannanase	
	CON	P5	PM5	P10	PM10	
<b>Glucose, mg/dL</b>						
Initial	79.00	69.25	71.40	70.50	73.25	1.99
15 <sup>th</sup> day <sup>i</sup>	58.67	55.00	60.20	63.50	52.38	1.79
35 <sup>th</sup> day <sup>i</sup>	68.00	61.33	57.20	55.00	65.75	1.76
70 <sup>th</sup> day	61.25	63.67	68.00	62.60	60.25	1.41
90 <sup>th</sup> day	66.50	55.33	66.80	62.00	69.00	2.14
110 <sup>th</sup> day	68.25	77.50	74.40	72.25	69.50	1.33
<b>Blood urea nitrogen, mg/dL</b>						
Initial	11.80	11.08	9.40	10.43	10.20	0.42
15 <sup>th</sup> day	9.13	9.15	8.68	10.00	8.80	0.27
35 <sup>th</sup> day	8.75	9.73	8.42	8.85	8.93	0.22
70 <sup>th</sup> day	6.90	7.98	7.68	7.78	6.90	0.22
90 <sup>th</sup> day	7.38	7.33	7.60	6.78	6.38	0.21
110 <sup>th</sup> day	8.53	8.18	7.64	8.30	7.05	0.27
<b>Total protein, g/dL</b>						
Initial	7.03	6.98	7.10	7.04	6.83	0.09
15 <sup>th</sup> day	6.53	6.63	6.88	6.75	6.80	0.09
35 <sup>th</sup> day	6.98	6.90	6.94	6.64	6.93	0.09
70 <sup>th</sup> day	6.85	7.25	7.48	7.08	7.18	0.08
90 <sup>th</sup> day	7.15	7.23	7.70	7.02	7.28	0.10
110 <sup>th</sup> day	6.65	6.80	7.10	6.36	6.73	0.10
<b>Free fatty acid, <math>\mu</math>Eq/L</b>						
Initial	175.67	177.00	211.40	189.40	188.50	6.18
15 <sup>th</sup> day	136.33	127.67	122.60	153.33	125.75	4.70
35 <sup>th</sup> day <sup>i</sup>	141.00	160.00	147.50	156.00	173.00	3.46
70 <sup>th</sup> day	52.00	55.50	69.60	56.00	55.00	2.25
90 <sup>th</sup> day <sup>E</sup>	56.50	55.25	79.75	67.40	75.50	3.40
110 <sup>th</sup> day	197.25	248.00	240.20	274.60	237.75	10.70

<sup>1</sup> Standard error of mean.

<sup>E</sup> Enzyme effect (P<0.05).

<sup>i</sup> Palm kernel meal×enzyme interaction (P<0.05).

마. 경제성 분석(Economic analysis)

임신기 palm 박과 효소제의 첨가가 초산 모돈의 경제성에 미치는 영향을 표 44에 나타내었다. 임신기 각 처리구의 사료가격은 옥수수과 대두박을 palm 박으로 대체 시 소량 감소하는 것으로 나타났으며, 임신기는 제한사양을 하므로 처리구간의 섭취량은 차이가 없었다. 대조구 사료를 palm 박으로 대체할 경우 5%당 일일 6~7원/kg정도 절약이 되며, 임신기 전 구간을 기준으로 하였을 경우 모돈 두당 최대 1,568원을 절감할 수 있는 것으로 나타났다. 임신기의 성장성적 및 분만성적에 처리구간의 차이가 없었음을 감안하면 palm 박의 임신기 사료도입은 경제적 측면에서 타당할 것으로 사료된다.

표 44. 임신기 사료 내 palm 박의 첨가가 경제성에 미치는 영향

Treatments	Control	Palm kernel meal 5%		Palm kernel meal 10%	
	CON	-	Mannanase	-	Mannanase
	CON	P5	PM5	P10	PM10
<b>Feed cost, won</b>	488.3	485.3	487.6	482.3	484.4
<b>Feed intake during gestation, kg/sow</b>					
Daily feed intake	2.4	2.4	2.4	2.4	2.4
Total feed intake(0-110)	264	264	264	264	264
<b>Feed cost, won/sow</b>					
Daily feed cost	1,172	1,165	1,170	1,158	1,163
Total feed cost(0-110 d)	128,901	128,116	128,736	127,334	127,879
<b>Difference in total feed cost, won/sow(0-110 d)</b>	0	-786	-166	-1,568	-1,022

2. 포유돈 사료 내 palm 박 및 효소제의 첨가가 포유돈의 번식 및 포유 능력에 미치는 영향

가. 이유성적 및 등지방 변화(Litter performance and backfat change)

Palm 박 및 효소제의 급여가 포유모돈의 이유 성적 및 체중과 등지방의 변화에 대한 결과를 표 45에 나타내었다. 이유 및 폐사율에서 모든 처리구에서 유의적인 차이는 없었으나 palm 박 10% 첨가구가 폐사율이 높은 경향이 나타났다. 체중과 등지방의 두께에서도 유의차는 발견되지 않았으며, 체중에서 상대적으로 palm 박 5% 처리구의 체중감소가 높게 나타났으나 palm 박 10%처리구들의 경우 체중감소가 적게 나타났다. 일반적으로 포유모돈은 포유기간 동안 환경에 따라 다소의 체중감소가 발생하며 약 10kg 수준까지는 정상적인 수준으로 다음 산차에 크게 영향을 미치지 않는 것으로 알려져 있다. 따라서 포유모돈에 palm 박의 급여는 모돈의 체형에 큰 차이를 가져오지 않는 것으로 사료된다.

표 45. 포유기 사료 내 palm 박의 첨가가 초산 모돈의 이유성적 및 체형변화에 미치는 영향

Treatments	Control	Palm kernel meal 5%		Palm kernel meal 10%		SEM <sup>1</sup>
		-	Mannanase	-	Mannanase	
	CON	P5	PM5	P10	PM10	
Cross-fostered	11.33	11.00	10.60	11.40	11.67	0.34
Weaned	10.67	10.25	10.00	9.80	10.33	0.17
Mortality,%	5.81	6.82	4.62	12.45	10.17	1.91
<b>Body weight, kg</b>						
Initial	195.33	191.25	189.90	187.70	191.67	1.40
1 week	204.83	197.13	191.20	192.10	193.67	2.03
2 week	199.17	190.25	185.60	186.80	196.33	2.14
3 week	194.50	185.13	181.60	185.00	190.50	1.83
Overall change	-0.83	-6.13	-8.30	-2.70	-1.17	1.40
<b>Backfat thickness, mm</b>						
Initial	22.50	23.00	23.40	24.60	23.33	0.94
1 week	22.83	23.38	22.90	24.00	23.33	0.90
2 week	22.33	22.50	22.10	23.00	22.83	0.87
3 week	21.17	21.13	21.10	21.50	22.17	0.86
Overall change	-1.33	-1.88	-2.30	-3.10	-1.17	0.44

<sup>1</sup> Standard error of mean.

나. 모돈의 사료 섭취량 변화(Change of feed intake)

포유기의 palm 박과 효소제의 급여가 모돈의 사료섭취량에 미치는 영향을 표 46에 나타내었다. Palm 박의 급여 시 섬유소 함량 및 NSP의 함량의 증가로 gut passage rate가 증가하고, 이로 인해 사료 섭취량이 떨어지며, 성장에 부정적인 영향을 미친다는 보고가 있다. 본 실험에서도 수치상으로 palm 박을 첨가하지 않은 대조구의 포유기간 평균 사료 섭취량이 가장 높게 나타났지만, 각 처리구에 의한 차이가 발견되지 않았으며 palm 박과 효소제에 의한 요인 분석결과도 차이를 보이지 않았다.

표 46. 포유기 사료 내 palm 박의 첨가가 초산 모돈의 사료 섭취량에 미치는 영향

Treatments	Control	Palm kernel meal 5%		Palm kernel meal 10%		SEM <sup>1</sup>
		-	Mannanase	-	Mannanase	
	CON	P5	PM5	P10	PM10	
<b>Average daily feed intake, kg</b>						
1 <sup>st</sup> week	4.91	4.64	4.19	4.08	4.24	0.20
2 <sup>nd</sup> week	5.46	5.07	4.90	4.65	5.58	0.14
3 <sup>rd</sup> week	6.13	5.54	5.40	5.29	5.48	0.17
Overall	5.50	5.08	4.83	4.67	5.10	0.10

<sup>1</sup> Standard error of mean.

#### 다. 포유 자돈의 성장(Growth of nursing pig)

Palm 박 및 효소제의 급여가 포유 자돈의 성장능력에 미치는 효과에 대해 표 47에 나타내었다. 포유자돈의 주별 체중에서 처리구간의 유의적인 차이는 발견되지 않았지만 종료 체중 및 실험기간의 총 성장에서 palm박 10% 처리구들에서 낮게 나타났다. 포유자돈의 일당증체량의 경우, palm 박과 mannanase의 요인분석에서 palm 박을 10% 급여하였을 경우 2주차의 일당증체량이 떨어지는 결과를 보였으며 이러한 경향이 3주 및 전 구간에 걸쳐 나타났다 (P=0.10). 모든 성장 단계에서 효소제의 첨가에 따라 수치상으로 자돈의 증체량이 증가되는 경향이 발견되지만, 효소제의 효과에 대한 유의차는 나타나지 않았다. 결과적으로 포유 모돈에 10% 수준의 palm 박 첨가는 자돈의 성장에 부정적인 영향을 미치는 것으로 사료되며 이러한 결과는 앞에서 설명한 10% palm 박의 첨가가 포유자돈의 폐사율에 영향을 미쳤을 것이라는 결과와 관계가 있을 것으로 사료된다.

표 47. 포유기 사료 내 palm 박의 첨가가 포유 자돈의 성장에 미치는 영향

Treatments	Control	Palm kernel meal 5%		Palm kernel meal 10%		SEM <sup>1</sup>
		-	Mannanase	-	Mannanase	
	CON	P5	PM5	P10	PM10	
<b>Piglet body weight, kg</b>						
Initial	1.43	1.25	1.40	1.34	1.32	0.05
1 week	2.53	2.41	2.56	2.46	2.50	0.07
2 week	4.08	3.92	4.14	3.84	3.87	0.10
3 week	5.55	5.42	5.70	5.08	5.28	0.15
Overall	4.12	4.17	4.30	3.74	3.96	0.13
<b>Average daily gain, g</b>						
1 <sup>st</sup> week	158	165	165	160	169	6.22
2 <sup>nd</sup> week <sup>p</sup>	221	216	226	197	195	6.12
3 <sup>rd</sup> week	210	214	224	177	201	7.83
Overall	196	199	205	178	188	6.13

<sup>1</sup> Standard error of mean.

<sup>p</sup> Palm kernel meal effect(P=0.10).

#### 다. 모유의 영양소 함량(Milk composition)

Palm 박 및 효소제의 급여가 포유 모돈의 모유에 미치는 영향을 표 48에 나타내었다. 모유의 단백질 함량 요인분석에서 1주차에 palm 박 및 효소제의 첨가에 따른 효과가 나타났다. 처리구간 비교에서 대조구가 가장 높은 단백질 함량을 나타냈으며, 효소제의 첨가에 따라 단백질 함량이 감소하는 것으로 나타났다. 3주령의 단백질 함량의 결과 또한 palm 박의 함량이 증가할수록 그 함량이 증가하는 것으로 나타났다(P<0.05). Lactose 함량의 경우, 요인분석에 의하면 palm 박의 첨가에 따라 모유 내 lactose 함량이 감소되는 것으로 나타났다(P<0.05). 총고형분(total solid)은 1주령에 palm 박의 첨가에 따라 증가하는 것으로 나타났으며, 이러한 경향이 지속되었다. 마지막으로 모유의 무지고형분 함량 또한 1, 3주령에서 palm 박 5% 첨가구 보다 10% 첨가가 높게 나타났다.

Palm 박의 급여가 포유돈에 미치는 영향을 평가한 기존의 연구가 발표된 바가 없기에 비교할 자료를 찾는 것이 힘들지만, 본 연구의 결과 5% 수준의 palm 박의 급여는 모유에 큰 영향을 미치지 않은 것으로 사료되지만, 10% 수준의 급여는 모유의 단백질 함량 및 고형물의 함량을 증가시키며 lactose 함량을 감소시키는 것으로 추정된다. Mannanase의 첨가에 따른 모유 내 단백질 함량의 감소가 1주차에 발견되었지만 3주차에는 반대의 결과가 나타나 효소제의 효과에 대해서는 상반되는 결과들이 발견되었다.

표 48. 포유기 사료 내 palm 박의 첨가가 모유에 미치는 영향

Treatments	Control CON	Palm kernel meal 5%		Palm kernel meal 10%		SEM <sup>1</sup>
		- P5	Mannanase PM5	- P10	Mannanase PM10	
<b>Fat,%</b>						
Initial	6.08	6.82	6.75	6.59	7.01	0.25
1 week	6.60	7.50	5.89	8.59	7.48	0.39
2 week	4.97	7.47	6.84	5.73	8.18	0.48
3 week <sup>i</sup>	5.07	5.87	7.30	7.48	6.04	0.43
<b>Protein,%</b>						
Initial	10.56	11.07	10.11	11.82	10.13	0.70
1 week <sup>de</sup>	5.18 <sup>a</sup>	4.60 <sup>ab</sup>	4.07 <sup>b</sup>	5.11 <sup>a</sup>	4.65 <sup>ab</sup>	0.14
2 week <sup>i</sup>	4.31	4.79	4.39	4.16	5.64	0.18
3 week <sup>p</sup>	4.23	4.32	4.71	4.87	4.91	0.13
<b>Lactose,%</b>						
Initial	3.75	3.52	3.57	3.35	3.83	0.12
1 week	5.78	5.69	5.72	5.53	5.71	0.04
2 week <sup>p</sup>	5.60	5.75	5.81	5.50	5.21	0.08
3 week	5.71	5.69	5.67	5.49	5.75	0.06
<b>Total solid,%</b>						
Initial	23.36	24.67	23.31	25.04	23.90	0.76
1 week <sup>p</sup>	19.13	19.42	17.18	21.05	19.57	0.52
2 week	16.39	19.62	18.57	16.93	20.76	0.62
3 week <sup>i</sup>	16.55	17.41	19.27	19.34	18.15	0.53
<b>Solid not fat,%</b>						
Initial	14.46	14.79	13.83	15.29	14.05	0.57
1 week <sup>p</sup>	10.95 <sup>a</sup>	10.38 <sup>bc</sup>	10.06 <sup>c</sup>	10.61 <sup>ab</sup>	10.47 <sup>bc</sup>	0.09
2 week <sup>ei</sup>	10.25	10.51	10.31	9.92	10.95	0.11
3 week <sup>pe</sup>	10.23	10.23	10.41	10.47	10.81	0.07

<sup>1</sup> Standard error of mean.

<sup>p</sup> Palm kernel meal effect (P<0.05).

<sup>p</sup> Palm kernel meal effect (P<0.10).

<sup>e</sup> Enzyme effect (P<0.10).

<sup>i</sup> Palm kernel meal × enzyme interaction (P<0.05).

<sup>a-c</sup> Means with different superscripts significant difference (P<0.05).

## 라. 혈액성상(Blood analysis)

포유돈 사료에 palm 박 및 mannanase의 급여가 포유 모돈 및 포유자돈의 혈액성상에 미치는 영향을 표 49와 표 50에 나타내었다. 혈중 포도당 농도에서 대조구가 palm 박 첨가구에 비해 높게 나타났으며( $P < 0.05$ ), palm 박 및 효소제의 요인분석에서 palm 박 10% 첨가가 palm 박 5% 첨가에 비해 높은 혈중 요소태 질소의 농도를 보였지만( $P < 0.05$ ), 옥수수-대두박 대조구에 비해서는 낮게 나타났다. 반면에 혈중 단백질 농도의 경우 palm 박의 첨가에 따라 낮아지는 결과를 보였다. 자돈의 성장결과를 고려하면 palm 박 10%의 첨가는 자돈의 성장을 저해시키고 이에 따라 모돈의 체단백질 분해가 감소한 것으로 사료된다. 효소제의 첨가에 따른 palm 박의 이용성 증대는 나타나지 않은 것으로 사료된다. 포유자돈은 모돈의 모유에 전적으로 의존하므로 포유돈 사료 내 palm 박 첨가에 직접적으로 영향을 받지 않지만 모유의 품질 및 유량의 변화에 의해 영향을 받는다. 포유자돈의 혈액성상의 경우 1주차의 palm 박의 첨가에 따라 혈중요소태질소의 농도가 감소하는 것으로 나타났으나 2주차의 결과에서는 반대되는 모순된 결과를 나타냈다.

결론적으로 혈액성상과 자돈의 성장결과를 고려하면 포유모돈의 경우 palm 박의 이용성을 감소시킬 가능성이 있으며 10% 수준의 palm 박 첨가는 포유모돈의 사료 이용성을 저해하는 것으로 나타났다.



표 49. 포유기 사료 내 palm 박의 첨가가 포유모든의 혈액성상에 미치는 영향

Treatments	Control	Palm kernel meal 5%		Palm kernel meal 10%		SEM <sup>1</sup>
		-	Mannanase	-	Mannanase	
	CON	P5	PM5	P10	PM10	
<b>Glucose, mg/dL</b>						
Initial	94.0	90.5	84.0	73.7	85.3	2.66
1 week	83.3	83.8	88.2	86.5	87.7	1.27
2 week	81.3	82.0	84.4	81.8	83.3	1.03
3 week	81.7 <sup>a</sup>	68.0 <sup>b</sup>	69.6 <sup>b</sup>	65.5 <sup>b</sup>	63.0 <sup>b</sup>	1.84
<b>Blood urea nitrogen, mg/dL</b>						
Initial	10.1	9.7	10.3	11.2	11.8	0.44
1 week	15.8	16.8	15.2	14.1	12.3	0.56
2 week <sup>p</sup>	15.6	15.3	13.2	14.3	14.7	0.61
3 week <sup>p</sup>	15.3	13.5	12.0	14.2	12.5	0.48
<b>Total protein, g/dL</b>						
Initial	6.6	6.7	6.6	6.5	6.5	0.07
1 week	7.2	7.2	7.5	7.7	7.4	0.10
2 week	7.2	7.2	7.4	7.6	7.3	0.08
3 week	7.2 <sup>a</sup>	6.5 <sup>ab</sup>	6.0 <sup>b</sup>	5.9 <sup>bc</sup>	5.5 <sup>c</sup>	0.16
<b>Free fatty acid, <math>\mu</math>Eq/L</b>						
Initial	170.7	258.5	270.8	312.0	212.0	19.36
1 week	122.3	227.3	161.0	168.0	180.7	15.37
2 week	173.0	319.5	241.5	223.8	194.7	17.90
3 week	264.0	353.5	296.3	256.0	205.7	18.15

<sup>1</sup> Standard error of mean.

<sup>p</sup> Palm kernel meal effect(P<0.05).

<sup>a,b,c</sup> Means with different superscripts significant difference(P<0.05).

표 50. 포유기 사료 내 palm 박의 첨가가 포유자돈의 혈액성상에 미치는 영향

Treatments	Control CON	Palm kernel meal 5%		Palm kernel meal 10%		SEM <sup>1</sup>
		- P5	Mannanase PM5	- P10	Mannanase PM10	
<b>Glucose, mg/dL</b>						
Initial	78.0	100.5	88.2	77.2	97.7	4.14
1 week	118.5	115.0	119.0	114.0	114.7	2.28
2 week	108.5	118.3	115.0	114.4	114.3	1.23
3 week	113.5	115.3	110.2	108.0	112.3	1.45
<b>Blood urea nitrogen, mg/dL</b>						
Initial	11.0	11.4	12.7	13.6	14.4	0.56
1 week <sup>P</sup>	6.5	7.1	6.3	4.8	5.5	0.29
2 week	9.9 <sup>a</sup>	6.6 <sup>ab</sup>	5.2 <sup>b</sup>	9.2 <sup>a</sup>	7.6 <sup>ab</sup>	0.59
3 week	9.0	5.8	5.6	8.1	7.9	0.57
<b>Total protein, g/dL</b>						
Initial	3.2	4.4	5.2	4.0	4.9	0.22
1 week	4.7	4.8	4.8	4.6	4.6	0.09
2 week	4.9	4.5	4.7	4.6	4.8	0.05
3 week	4.3	4.5	4.3	4.4	4.4	0.05
<b>Free fatty acid, <math>\mu</math>Eq/L</b>						
Initial	595.8	593.0	549.4	424.0	921.5	65.75
1 week	350.8 <sup>c</sup>	431.8 <sup>ab</sup>	479.0 <sup>a</sup>	400.0 <sup>bc</sup>	438.7 <sup>ab</sup>	14.03
2 week	367.8	470.5	371.0	475.6	535.7	23.64
3 week	487.0	396.8	439.8	457.8	368.0	27.27

<sup>1</sup> Standard error of mean.

<sup>P</sup> Palm kernel meal effect(P<0.05).

<sup>a,b,c</sup> Means with different superscripts significant difference(P<0.05).

#### 마. 경제성분석(Economic analysis)

포유기 palm 박과 효소제의 첨가가 초산 모돈의 경제성에 미치는 영향을 표 51에 나타내었다. 임신기 각 처리구의 사료가격은 palm 박의 첨가 5%당 사료비가 약 3원/kg정도 감소하는 것으로 나타났으며 효소제의 첨가 시 약 2원/kg이 추가되는 것으로 나타났다. 총 사료 섭취량을 고려하면 포유기 palm 박의 급여에 따라 4,000원 이상의 사료비 절감이 되는 것으로 나타났지만 대조구의 섭취량이 가장 높았다는 점을 고려하고, palm 박 10%의 첨가 시 유질 및 자돈의 증체량이 낮았다는 점을 감안하면 실제 사료비 절감 효과는 수치상으로 낮게 나타났지만 통계적 유의차는 나타나지 않은 것으로 볼 때, 포유모돈 사료 내 palm 박의 첨가는 포유모돈의 경제성에 부정적인 효과를 나타내지 않는 것으로 나타났다.

표 51. 포유기 사료 내 palm 박과 효소제의 첨가가 경제성에 미치는 영향

Treatments	Control	Palm kernel meal 5%		Palm kernel meal 10%		SEM <sup>1</sup>
	CON	-	Mannanase	-	Mannanase	
	CON	P5	PM5	P10	PM10	
<b>Feed cost, kg/won</b>						
	504.3	501.4	503.1	498.3	500.6	
<b>Average daily feed intake, kg/day/sow</b>						
	5.45	5.08	4.83	4.67	5.10	0.10
<b>Feed cost, won/day/sow</b>						
1 <sup>st</sup> week	2,396	2,326	2,106	2,035	2,124	95.45
2 <sup>nd</sup> week	2,755	2,544	2,467	2,315	2,794	70.40
3 <sup>rd</sup> week	3,093	2,775	2,716	2,638	2,743	84.65
Overall	2,748	2,549	2,429	2,329	2,554	52.87
<b>Total feed intake, kg(0-21d)</b>						
	114.43	106.74	101.41	98.16	107.13	2.17
<b>Total feed cost, won(0-21d)</b>						
	57,705	53,521	51,019	48,914	53,632	1,110.00
<b>Difference in total feed cost, won/sow(0-21d)</b>						
	0	4,184	6,686	8,790	4,073	-

<sup>1</sup> Standard error of mean.

## 제 6 절 락토오스 대체원료의 첨가가 이유자돈의 성장, 혈중요소태질소, 설사 발생빈도, 장 내 미생물 균총 및 경제성에 미치는 영향

### 제 1 항 서 론

양돈 사료에 있어서 유당은 이유자돈에게 에너지 공급원으로서 주로 이용되고 있으며, 이유자돈 소화기관의 환경과 성장능력 및 사료 섭취량을 향상시키는 것으로 널리 알려져 왔다 (Graham 등, 1981). 유당은 이유 1-2주령 자돈에게 성장능력을 향상시키는데 있어 가장 큰 영향을 미치는 에너지원이라고 보고되는 등 유당은 이유자돈 사료에 있어서 주요 원료로 사용되고 있다. 현재 유제품의 수요가 생산량보다 감소되어 유당의 가격은 예전과 비슷한 가격대를 형성하고 있으나 2007-2008년의 경우 유당가격 폭등으로 인하여 2006년에 비해 2-3배가 폭등하였으며, 현재 주요 생산국인 오세아니아와 유럽의 경우 생산량이 감소하고 있어 이들의 수요가 증가하거나 주요 생산국에서 가뭄 발생 시 유당 가격이 또다시 폭등할 수 있는 불안정한 추세이다. 수요부족으로 인한 가격 상승은 유당의 품질 저하 및 수급의 불균형 문제를 초래하여 자돈사료에 유제품의 첨가가 매우 유동적으로 될 수밖에 없으므로, 유제품의 가격 변화를 쉽게 예측하기 어려운 상황에서는 앞으로의 원료사료 공급에 있어서 에너지 공급원인 유당의 대체 원료사료 개발이 매우 절실한 실정이다.

일반적으로 쌀은 많은 아시아인들에게는 주식으로 사용되고 있지만, 동물사료로 사용할 때는 주로 extrusion 처리를 하므로 소화율이 개선되고 필수아미노산 조성이 우수하며 식이섬유의 품질이 우수하여 설사방지를 하는 것으로 알려져 있다. 쌀은 다른 원료사료에 비해 가소화 전분 함량이 높으며 비전분 다당류의 함량이 낮은 것이 특징이다(Juliano, 1992).

Alcantara(1989)와 Pluske(2003)에 따르면 이유자돈 사료 내에 쌀 첨가 시 성장능력을 개선한다는 연구결과가 있으며, Vicente 등(2005)의 연구에서는 이유자돈 사료에 옥수수를 대신하여 쌀을 첨가하였을 때 회장 내 영양소 소화율이 개선되었다고 보고되었다. 이유자돈 사료 내 쌀 첨가는 성장률 감소의 주요 원인인 설사 빈도가 감소되었다고 보고되었으며, 이는 이유자돈 내 장 보전상태를 개선시킨 것으로 설명하고 있다(Vicente 등, 2005). 또한 이유자돈 사료 내 쌀 첨가는 자돈의 감염성 질병을 저하시키며, 내장관련 질병 발생빈도를 저하시킨다는 연구보고도 있다(Pluske 등, 2005).

한편, Mahan 등(2004)은, 이유자돈 일령이 증가 할수록 사료 내 유당을 증가시켰을 때 자돈의 성장능력을 개선시키는데 있어서 큰 영향을 미치지 못한다고 보고 하였는데, 이는 소화기관내 다른 탄수화물 소화효소의 발달이 급격히 이루어지는 이유 후 1-2주부터는 이유자돈 사료 내 유당 함량을 감소시킬 수 있다는 사실을 설명하고 있다. 최근 이유자돈 사료 내 유제품의 함량을 줄이는 대신 자돈이 소화하기 쉬운 곡류 대체물질들을 개발하는 연구가 활발히 진

행되고 있다. 앞에서 언급하였듯이, 이유자돈 내 쌀의 첨가는 성장 능력과 설사 개선 및 장내 미생물 대사에 긍정적 영향을 주는 사료로서 유당 대체곡류 사료로 가능성이 높다고 할 수 있다. 따라서 본 연구에서는 유당대체 후보물질인 쌀을 이유자돈 사료 내 첨가 시 이들의 대체 가능성 여부를 파악하고자 한다.

## 제 2 항 실험 방법 및 재료

### 가. 실험 동물 및 실험 설계(Experimental animal and design)

24±3 일령에 이유향 평균체중 7.56±1.18kg의 삼원교잡종([Yorkshire×Landrace]×Duroc) 81두를 공시하여, Phase I 2주, Phase II 3주로 총 5주 동안 사양실험을 수행하였다. 전체 3처리 3반복으로 돈방 당 9두씩 성별과 체중에 따라 난괴법(Randomized complete block design; RCBD)으로 배치하였다. 실험의 처리구는 다음과 같다: 1) Con(control) 처리구 : NRC(1998)를 충족하는 옥수수-대두박 위주의 기초사료(유당 16% 첨가), 2) L3 처리구 : 기초사료+유당 13%+쌀가공품 3%, 3) L6 처리구 : 기초사료 +유당 10%+쌀가공품 6%으로 구성되어 실험을 수행하였다.

### 나. 실험사료(Experimental diet)

옥수수 및 대두박을 실험사료의 기초사료(basal diet)로 이용하였으면, 각 사육 시기에 맞춰 NRC(1998) 영양소 요구량을 기초로 하여 배합을 실시하였다. 실험 사료의 대사에너지(ME; metabolic energy)는 Phase I(0-2주)과 Phase II(3-5주)에 3265kcal/kg이었다. 라이신(lysine)은 Phase I, Phase II 에 각각 1.35%, 1.15% 이었다. 항생제는 Avilamycin (20ppm) 제재를 모든 처리구에 각각 0.1% 첨가하였으며, 쌀가공품은 첨가수준에 따라 각각 3%, 6%를 첨가하였다. 단백질, 비타민, 미량광물질 및 다른 영양소들은 NRC(1998)의 요구 수준과 같거나 높게 배합하였으며, 처리별로 쌀가공품 첨가수준이 높아짐에 따라 유당 첨가수준을 조절하여 각 처리별 주요 영양소 함량의 차이가 없게 하였다. 주요 실험사료의 원료 및 화학적 조성은 표 52(Phase I), 표 53(Phase II)에 제시된 바와 같다. 본 실험에 사용된 쌀가공품은 쌀을 주원료로 생산된 제품으로 본 실험에서 유당대체제로 사용되었다.

표 52. 실험사료 배합비 및 화학적 조성(Phase I)

Ingredients,%	Treatment		
	CON	L3	L6
Corn	35.72	37.09	38.91
SBM-44%	30.02	28.59	25.84
Pepsoygen	11.54	11.58	12.69
Whey powder	2.00	2.00	2.00
Lactose	16.00	13.00	10.00
Soy oil	1.48	1.48	1.30
Rice product	-	3.00	6.00
MCP	1.25	1.28	1.29
Limestone	1.13	1.13	1.13
DL-Met	0.14	0.13	0.12
Vit. Mix <sup>1</sup>	0.12	0.12	0.12
Min. Mix <sup>2</sup>	0.10	0.10	0.10
Salt	0.20	0.20	0.20
Choline-Cl(25%)	0.10	0.10	0.10
ZnO	0.10	0.10	0.10
Antibiotics <sup>3</sup>	0.10	0.10	0.10
Total	100.00	100.00	100.00
<b>Chemical Composition<sup>4</sup></b>			
ME,kcal/kg	3,265.00	3,265.00	3,265.00
CP,%	23.00	23.00	23.00
Lysine,%	1.35	1.35	1.35
Methionine,%	0.44	0.44	0.44
Ca,%	0.80	0.80	0.80
Total P,%	0.65	0.65	0.65

<sup>1</sup> Provided per kg of diet : Provided per kg of diet : Vit A, 16,000IU; Vit D<sub>3</sub>, 3,200IU; Vit. E, 35IU; Vit. K<sub>3</sub>, 5mg; Rivoiflavin, 6mg; Calcium pantothenic acid, 16mg; Niacin, 32mg; d-Biotin, 128ug; Vit.B<sub>12</sub>, 20ug.

<sup>2</sup> Provided per kg of diet: Fe, 281mg; Cu, 288mg, 143mg; Mn, 49mg; I, 0.3mg; Se, 0.3mg.

<sup>3</sup> Antibiotics: Avilamycin 100g/kg.

<sup>4</sup> Calculated value.

표 53. 실험사료 배합비 및 화학적 조성 (Phase II)

Ingredients,%	Treatment		
	CON	L3	L6
Corn	48.28	50.18	51.89
SBM-44%	27.78	24.80	22.27
Pepsoygen	7.90	9.19	10.13
Whey powder	2.00	2.00	2.00
Lactose	9.00	6.00	3.00
Soy oil	1.96	1.75	1.61
Rice product	-	3.00	6.00
MCP	1.22	1.23	1.27
Limestone	1.06	1.06	1.05
DL-Met	0.08	0.07	0.06
Vit. Mix <sup>1</sup>	0.12	0.12	0.12
Min. Mix <sup>2</sup>	0.10	0.10	0.10
Salt	0.20	0.20	0.20
Choline-Cl(25%)	0.10	0.10	0.10
ZnO	0.10	0.10	0.10
Antibiotics <sup>3</sup>	0.10	0.10	0.10
Total	100.00	100.00	100.00
<b>Chemical Composition<sup>4</sup></b>			
Energy ME,kcal/kg	3,265.00	3,265.00	3,265.00
CP,%	21.00	21.00	21.00
Lysine,%	1.18	1.18	1.18
Methionine,%	0.37	0.37	0.37
Ca,%	0.75	0.75	0.75
Total P,%	0.63	0.63	0.63

<sup>1</sup> Provided per kg of diet : Vit A, 16,000IU; Vit D<sub>3</sub>, 3,200IU; Vit. E, 35IU; Vit. K<sub>3</sub>, 5mg; Rivoftavin, 6mg; Calcium pantothenic acid, 16mg; Niacin, 32mg; d-Biotin, 128ug; Vit. B<sub>12</sub>, 20ug.

<sup>2</sup> Provided per kg of diet: Fe, 281mg; Cu, 288mg, 143mg; Mn, 49mg; I, 0.3mg; Se, 0.3mg.

<sup>3</sup> Antibiotics: Avilamycin 20ppm.

<sup>4</sup> Calculated value.

#### 다. 사양 실험(Housing)

사양실험돈은 고상식-철망 바닥에서 사육되었으며, 돈방의 사육면적은  $1.90 \times 2.15 \times 0.40 \text{ m}^2$  크기의 돈방에서 사육되었다. 각 돈방에는 하나의 사료 급이기와 니플 급수기가 설치되어있어 전체 실험 기간 동안 물과 사료는 무제한 자유 채식(ad libitum)하도록 하였다. 돈방 온도는 실험 개시 후 첫 일주일간은  $30^\circ\text{C}$ 를 유지하였으며, 매주  $1^\circ\text{C}$ 씩 낮추어 5주차에는  $26^\circ\text{C}$ 를 유지하게 하였다. 사양실험 기간은 각각 Phase I 2주, Phase II 3주 단계로 사육되었다. 체중 및 사료 섭취량은 사육 단계 및 사료 종류의 변동 시점을 고려하여, 실험 개시(Initial)기간을 기점으로 매주 측정하여 일당증체량(average daily gain; ADG), 일일사료섭취량(average daily feed intake; ADFI), 사료효율(gain/feed ratio; G/F ratio)을 계산하였다.

#### 라. 영양소 소화율 실험(Nutrient digestibility)

$24 \pm 2$ 일령에 이유한 거세돈 12마리를 3처리 4반복 체중에 따라 1두씩 대사 실험틀에 배치하였다. 실험 개시 평균 체중은  $8.97 \pm 0.85\text{kg}$ 이었고, 사료는 체중의 1.0%를 정량하여 하루에 두 차례, 아침 7:00, 저녁 7:00에 급여하였다. 대사실험은 적응기 7일이 지난 후, 5일 동안 매일 분과 뇨를 샘플링 하여  $-20^\circ\text{C}$ 에 보관하였다. 실험이 끝난 후, 분은  $60^\circ\text{C}$ 에서 72시간 동안 건조된 후, 지름 2mm 분쇄기로 분쇄하여 일반성분 분석을 실시하였다.

#### 마. 설사 빈도 조사(Diarrhea score)

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 위하여 실험 개시 후 매일 오전 · 오후 10시에 사양 실험돈을 대상으로 실시하였으며, 각 돈방 별로 9두의 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 9로 하여 실험 기간 35일 동안 측정하였으며, 설사 빈도의 전체적인 경향 파악을 위하여, 각 실험단계별(Phase I-II)로 나누어 통계 분석을 하였다.

#### 바. 분변 내 대장균 분석(Fecal *E. coli*)

쌀이 분변 내 대장균의 수에 미치는 영향을 알아보기 위하여 실험을 수행하였다. 분의 *E. coli* 측정은 사양실험 종료 시점인 5주차에 이루어졌다. 분의 채취는 각 처리 당 5마리씩 체중을 고



려하여 선별하였다(평균 체중  $20.85 \pm 1.12\text{kg}$ ). 분의 채취는 항문 자극법으로 분을 각각 일정량(20g) 채취하였다. 채취된 분은 신속히 질소 통에 넣어  $-70^\circ\text{C}$ 로 동결보관 하였다. 동결시킨 샘플의 분을 1g씩 채취하여 9ml의 멸균된 증류수와 함께 stomacher bag에 넣어 혼합을 한 후 혼합되어진 샘플의 용액을 다시 희석액(증류수)을 이용하여 희석을 한다. 희석시킨 원액을 다시 1ml를 뽑아 9ml의 증류수에 희석을 하였다. 다시 희석시킨 용액에서 1ml를 뽑아 9ml의 증류수에 희석을 하여 총 1,000배 수준( $\times 10^3$ )으로 희석을 하였다. 총 1,000배 희석한 샘플에서 1ml를 뽑아 미생물 배지(사니타군, LTS Korea) 필름커버를 위로 젖히고 용액을 배지에 분주한다. 다시 필름 커버를 살짝 덮은 다음 배양기에서  $35^\circ\text{C}$ 에서 24시간 배양을 한다. 배양 후 미생물 배지에 발색된 대장균의 수를 계산한다.

#### 사. 분변 내 휘발성 지방산(Fecal volatile fatty acid) 농도

분변 내 휘발성지방산 농도를 알아보기 위해 실험을 수행하였다. 분의 VFA 측정은 사양실험 종료 시점인 5주차에 이루어졌다. 분의 채취는 각 처리 당 5마리씩 체중을 고려하여 선별하였다.(평균 체중  $20.85 \pm 1.12\text{kg}$ ) 분의 채취는 항문 자극법으로 분을 채취하였으며, 휘발성 지방산의 휘발성 특징으로 인한 증발을 막고, 공기와의 접촉을 피하도록 채취된 분은 신속히 질소 통에 넣어  $-70^\circ\text{C}$ 로 동결보관 하였다. 동결시킨 샘플의 분을 2g씩 채취하여 8ml의 증류수에 희석시킨 후 HCl(concentrate HCl) 2방울을 떨어뜨린다. 이후 원심분리(17,400g, 10 min,  $4^\circ\text{C}$ )를 하여 상층액을 0.22  $\mu\text{m}$  필터에 여과시킨 뒤 vial(Suprelco, Cat. No 27265, Bellfonte, PA)에 담아서gas Chromatography(Hewlett Packard, HP 6890 SeriesgC System)를 이용하여 측정하였다. Standard의 농도는 10mmol/ml이며, acetate, propionate, isobutyrate, butyrate, isovalerate, valerate를 측정하였다(L. D. Topping 등, 2001., E. R. Otto, 2003).

#### 아. 해부 실험(Anatomy trial)

해부실험을 위하여  $24 \pm 3$  일령에 이유한 삼원교잡종([Yorkshire $\times$ Landrace] $\times$ Duroc) 이 유자돈 15두를 공시하여 처리 당 4두씩 총 21일간 실험사료를 처리별로 급여한 후 그 중 4두씩을 선발하여 해부를 실시하였다(평균체중  $8.24 \pm 1.25$ ). 선발된 실험돈은 하루 전에 각 개체별로 대사통에 배치되었고, 12시간 절식 후 해부 전 3시간에 동일량의 사료와 물을 채식토록 하였다. 도살 후 소장(small intestine), 대장(large intestine)을 분리하였다. 소장의 공장(jejunum) 부위를 2cm 길이로 채취한 후 10% neutral buffered formalin에 고정하였다가 alcohol과 xylene step 과정을 거쳐 탈수하여 hematoxylin과 eosin(HE)-stained section(4  $\mu\text{m}$ )으로 만들어 융모(villi) 및 융와(crypt)를 관찰하여 소장의 형태학적 특징을(morphology)을 조사하였다. Real-time PCR을 이용한 장내 미생물 군총 측정을 위하여 회장(ileum), 맹장

(Cecum), 결장(colon), 직장(rectum)에서 소화물을 채취하여  $-80^{\circ}\text{C}$  상태로 보관하였다.

#### 자. 경제성 분석(Economic analysis)

경제성 분석은 시험 사료 주문시의 사료 업체의 원료 도입 가격(2009년 7월)을 기준으로 산출하였으며, 시험 사료 배합비에 맞추어 각각 Phase의 1kg당 단가를 계산하였다.

유당의 가격은 2009년 평균 유제품 수입 가격을 바탕으로 하였으며, 쌀가공품의 가격은 제조 업체의 2009년 판매단가(750원/kg)를 기준으로 하였다. 전 사양 기간 동안 이유자돈의 1kg 단위증체에 소요되는 사료비용은 본 시험의 성장성적에서 나온 사료 섭취량과 증체량을 기준으로 분석하였다.

#### 차. 통계 분석(Statistical analysis)

사료, 분 및 뇨의 일반성분 분석은 AOAC(1995) 방법에 따라 실시하였다. 통계분석은 SAS의 일반선형모형(GLM)을 이용하여 수집된 자료에 대한 유의성 검정을 실시하였으며, 사양실험에서 돈방을 실험단위로(RCBD), 대사실험과 해부실험에서는 돼지 1마리를 실험 단위로(CRD) 하여 최소 유의차(LSD) 다중검정법에 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.

### 제 3 항 연구 결과 및 고찰

#### 가. 성장성적(Growth performance)

쌀가공품의 수준별 급여가 성장성적에 미치는 영향을 표 54에 나타내었다. 시험 전 기간동안 사료 내 쌀가공품을 첨가한 처리구와 대조구를 비교하였을 때, 이유 자돈의 체중, 일당증체량, 일당사료섭취량 및 사료효율에 있어서 처리별 유의적인 차이가 나타나지 않았다. 사양 단계별 성장성적을 살펴보면, 0-2주차에서는 대조구보다 쌀가공품을 첨가한 L3와 L6처리구에서 체중과 일당증체량, 일당사료섭취량이 증가하는 경향을 볼 수 있었지만 처리구 간 유의적인 차이는 나타나지 않았다. 마찬가지로 3-5주차에서도 대조구에 비해 쌀가공품의 첨가수준 증가할수록 체중, 일당증체량, 일당사료섭취량이 증가하는 경향을 보였다.

본 시험에서 이유 후 0-2주 동안 자돈 성장성적이 낮게 나타난 것을 볼 수 있는데, 이는 이유 시 자돈은 생리적인 특성상 소화기의 충분한 발달이 이루어지지 못한 상태이며, 이는 소화효소의 분비에 있어서 lactase의 활성이 급격히 떨어지고 다른 영양소분해 효소들이 충분히

발달하지 못한 이유로 사료된다. 또한 이유 직후에 사육 환경의 변화 및 모유에서 고품 사료로의 변화, 이동 및 재 그룹화 등의 각종스트레스로 인하여 일시적인 소화불량 상태에 빠져 자돈의 사료섭취량이 저하되며, 이로 인하여 성장 성적이 낮게 나타났다.

2-3주령의 자돈은 췌장 아밀라제(amylase)와 소장의 이당류 분해효소가 충분히 분비되지 못하기 때문에 아밀라제에 의해 소화되는 전분보다는 락타아제(lactase)에 의해 소화되는 유당이 쉽게 이용된다. 그러나 이유 이후 자돈은 소화효소 체계가 급격히 발달되어지므로 전분이 나곡류 위주의 사료를 급여하는 것이 긍정적인 성장결과를 기대할 수 있다고 보고되고 있다(Hongtrakul 등, 1998). 일반적으로 쌀은 높은 전분 함량과 낮은 수준의 비전분성다당류(non-starch polysaccharide)를 포함하고 있는 것이 특징이다(Juliano, 1992). 쌀은 전분이 막으로 둘러싸이는 캡슐화(encapsulation) 현상이 적으며(Slaughter 등, 2001), 또한 작은 미립 입자의 전분과 낮은 아밀로오스 함량, lipid-amylose complex가 적게 포함되어 있는 특징을 가지고 있는데(Vandeputte와 Delcour, 2004). 이는 소화 효소들이 전분입자를 쉽게 분해하고 체내에서 흡수가 용이하도록 한다(Vicente 등, 2008). 양돈 사료 내 쌀가공품의 첨가 시 돼지의 외관상 소화율이 증가하였다는 다양한 연구가 보고되었으며, 이는 이유 자돈 초기 동안 가공 쌀 급여가 쌀의 호화현상 증가로 자돈 전분 소화율을 증가시켰기 때문이다(Medel 등, 2000; Van Der Poel 등, 1990; Li 등, 2006). 한편, 자돈 사료 내 에너지원으로 쌀 첨가가 자돈의 성장능력에 미치는 연구결과들도 보고되고 있다.

Mateose 등(2006)의 연구에 따르면, 에너지원으로서 옥수수를 쌀로 대체하여 급여 시 쌀에는 비전분성 다당류의 함량이 낮기 때문에 자돈의 사료 섭취량을 증가시켜 이유자돈의 사료 섭취량과 일당증체량이 증가하였다고 보고하고 있다. 또한, Vincente 등(2006)은 돼지에게 쌀을 급여 시 식후 인슐린과 글루카곤의 혈당반응(glycemic response) 자극으로 배고픔을 유도하여 사료섭취량 및 체중 증가가 일어난다고 보고하고 있다. 이런 연구 결과들과 유사하게 사료 내 유당을 쌀가공품으로 대체한 본 시험 결과에서도 쌀가공품 첨가 처리구의 성장성적은 대조구와 유사하게 나타났으며, 사료 내 유당에 있어서 쌀가공품의 첨가는 자돈의 성장성적에 긍정적인 영향을 미친 것으로 판단된다.

본 시험결과 이유 후 5주 동안 쌀가공품의 첨가는 유당만을 첨가한 기초사료에 비해 이유자돈의 성장능력에 있어서 부정적인 영향을 미치지 않는 것으로 나타났으므로, 옥수수 대두박 위주의 이유 자돈사료에서 쌀가공품 6% 수준까지 유당대체가 가능한 것으로 사료된다.

표 54. 이유자돈 사료 내 쌀가공품의 첨가가 이유자돈의 성장성장에 미치는 영향<sup>1</sup>

Item	Treatment			SEM <sup>4</sup>
	CON <sup>2</sup>	L3	L6	
<b>Body weight, kg</b>				
Initial	7.56	7.56	7.46	0.31
2 week	8.82	9.20	8.39	0.38
5 week	20.05	20.38	20.58	0.66
<b>ADG, g</b>				
0 - 2 week	90	117	105	10.54
3 - 5 week	535	532	553	17.70
0 - 5 week	357	366	374	12.46
<b>ADFI, g</b>				
0 - 2 week	230	257	248	13.49
3 - 5 week	766	790	810	22.49
0 - 5 week	551	576	585	18.54
<b>G/F ratio<sup>3</sup></b>				
0-2 week	0.390	0.442	0.420	0.01
3-5 week	0.699	0.675	0.683	0.01
0-5 week	0.647	0.634	0.639	0.01

<sup>1</sup> A total of 81 crossbred pigs was fed from average initial body weight  $7.56 \pm 1.18$ kg and the average of final weight was 20.33kg.

<sup>2</sup> Con(basal diet+유당 16%), L3(basal diet+유당 13%+쌀가공품 3%), L6(basal diet+ 유당 10%+쌀가공품 6%).

<sup>3</sup> Values are means for three replicates of nine pigs per pen.

<sup>4</sup> Standard error of mean.

#### 나. 영양소 소화율(Nutrient digestibility)

표 55에 이유자돈 사료 내 쌀가공품의 첨가가 이유자돈의 영양소 소화율에 미치는 영향을 나타내었다. 건물(dry matter), 조단백질(crude protein), 조지방(crude fat), 조회분(crude ash) 소화율의 모든 부분에서 통계적으로 유의한 차이를 보이지 않았다. 성장성적에서 쌀가공품의 첨가수준이 증가함에 따라 성장성적이 높게 나타난 것을 볼 수 있었지만 성장성적을 뒷받침할 수 있는 영양소 소화율 실험에서는 대조구에 비해 쌀가공품의 첨가수준에 따라 소화율이 높거나 낮은 것을 볼 수 있었다. 하지만 대조구와 유의적인 차이를 나타내지 않아 이유자돈 사료 내 쌀가공품의 첨가는 영양소 소화율에 있어 부정적인 영향을 미치지 않는다는 것을 검증할 수 있었다.

표 55. 이유자돈 사료 내 쌀가공품의 첨가가 이유자돈의 영양소 소화율에 미치는 영향<sup>1</sup>

Item	Treatment			SEM <sup>3</sup>
	CON <sup>2</sup>	L3	L6	
<b>Nutrient digestibility (%)</b>				
Dry matter	92.02	91.76	91.85	0.20
Crude protein <sup>4</sup>	91.31	91.75	90.75	0.37
Crude fat <sup>a</sup>	76.39	76.46	78.65	1.19
Crude ash	63.07	64.67	65.02	0.63
<b>Nitrogen retention (%)</b>				
N intake	6.48	6.61	6.46	0.03
Fecal N	3.52	3.41	3.59	0.15
Urinary N	1.50	1.31	1.11	0.07
N retention <sup>3</sup>	4.42	4.76	4.78	0.08

<sup>1</sup> A total of 12 crossbred pigs was used from average initial body weight  $7.56 \pm 1.18$ kg.

<sup>2</sup> Con(basal diet+유당 16%), L3(basal diet+유당 13%+쌀가공품 3%), L6(basal diet+ 유당 10%+쌀가공품 6%).

<sup>3</sup> Standard error of mean.

<sup>a</sup> Quadratic response of extruded rice product supplementation(P<0.05).

#### 다. 설사빈도(Diarrhea score)

총 5주간의 사양 실험을 통해 각 처리별로 설사의 빈도 또는 설사의 정도를 조사하였으나 전 실험기간동안 설사로 분류할 만한 특이성을 보인 실험 돈군이 없었으며, 설사 빈도 측정 시 설사 측정자의 개인적인 의견이 들어갈 수 있으므로 최대한 주관적인 생각은 배제하고 객관적으로 설사 빈도를 조사하였다.

표 56에 쌀가공품의 첨가가 설사 빈도에 미치는 영향에 대해 각각 나타내었다. 사양시험 5주 동안 대조구와 쌀가공품 3%, 6% 첨가한 처리구 비교 시, 처리에 따른 유의적인 차이가 나타나지 않았다. 이유자돈 전기인 0-2주 동안 모든 처리구에서 설사빈도가 이유자돈 후기인 3-5주에 비해 높게 나타난 것을 볼 수가 있다. Phase I에서 설사 빈도를 살펴보면, 대조구와 쌀가공품을 첨가한 L3, L6 처리구에서 설사빈도는 유의차가 나타나지 않았으며, 이는 쌀가공품의 첨가가 설사빈도에 부정적인 영향을 주지 않는다고 사료된다. Phase II에서는 이유 자돈의 성장이 낮았던 0-2주에 비해 3-5주차에 설사빈도가 모든 처리구에서 감소하였으나, 이 시기에서의 자돈설사는 사료의 과다섭취로 인한 과식성 설사가 발생한 것으로 보여진다.

일반적으로, 이유 자돈에 있어 이유 후 급격한 환경의 변화와 수송 스트레스, 사료교체에 따른 영양 스트레스로 인하여 이유 초기에 설사가 많이 발생한다(Van der Poel 등, 1989). Kil

등(2004)은 이유 시 갑작스런 사료 및 환경변화에서 오는 스트레스로 인하여 장내 미생물 군총에 영향을 주어 심각한 설사가 발생한다고 보고하였으며, Pluske 등(1997) 연구에 의하면, 자돈은 이유로 인해 소화기관의 구조와 기능의 변화가 일어나는데, 이는 병원성 미생물인 장관 독소를 생산하는 대장균의 소화 기관 내 감염으로 설사가 유발된다고 보고하였다. 또한, 사료 내 가공 쌀 첨가는 자돈 장내 서식하고 있는 대장균의 증식을 막아 주는데, 이는 쌀을 가공처리 함으로써 쌀 내에 함유되어 있는 불소화성 식이섬유 함량이 감소 된 것으로 보고하였다 (McDonald 등, 1999, 2001). 이러한 결과들은 쌀가공품을 첨가한 자돈 사료의 급여가 이유 후 10일령 자돈의 성장률 증가를 뒷받침하고 있다(McDonald 등, 1998). 또한 Mateos 등 (2006)의 연구에서도, 쌀과 귀리를 혼합하여 사료 내 첨가 시 이유자돈의 설사빈도가 감소되고 자돈의 성장 성적이 증가되었다고 보고하였는데, 이는 옥수수 대두박 사료보다 쌀 첨가로 식이 섬유 함량이 낮아졌기 때문이라고 보고하였다. 본 실험에서도 이전의 연구와 비슷한 경향의 성장성적을 보여주었으며, 이유 후 고형 사료에 적응을 못한 이유자돈의 설사가 급격히 증가하다가 이유 후 3-5주에서 설사 빈도가 감소하였으나, 처리구에 따른 설사 빈도는 유의적인 차이를 보이지 않았다( $P>0.05$ ).

표 56. 이유자돈 사료 내 쌀가공품의 첨가가 이유자돈의 설사빈도에 미치는 영향<sup>1</sup>

Item	Treatment			SEM <sup>3</sup>
	CON <sup>2</sup>	L3	L6	
<b>설사빈도</b>				
0-2 week	3.32	3.39	3.43	0.08
3-5 week	2.62	2.62	2.43	0.08
0-5 week	2.90	2.98	2.83	0.07

<sup>1</sup> A total of 81 crossbred pigs was used from average initial body weight  $7.56 \pm 1.18$ kg and the average of final weight was 20.33kg.

<sup>2</sup> Con(basal diet+유당 16%), L3(basal diet+유당 13%+쌀가공품 3%), L6(basal diet+ 유당 10%+쌀가공품 6%).

<sup>3</sup> Standard error of mean.

라. 분변 내 대장균 수(Fecal *E. coli*)

설사 개선 효과를 알아보기 위해 설사의 주요 원인인 대장균의 수를 파악하기 위해 처리구 당 5마리씩 항문을 자극하며 채취한 분을 통해 분변 내 대장균 수를 파악하였다.

표 57과 그림 6에 쌀가공품의 수준별 첨가가 분 내 대장균 수에 미치는 영향에 대해 각각 나타내었다. 이유자돈 사료 내 쌀가공품의 첨가수준이 증가할수록 분 내 대장균의 수가 유의적으로 감소하는 것을 볼 수가 있었다( $P < 0.05$ ). 일반적으로 대장균성 설사의 작용기전은 대장균이 장의 용모에 균락을 형성한 후 독소를 생성하고 그 독소를 감지한 자돈의 소화기관은 연동운동을 통하여 빨리 배출하려고 하며, 장액을 분비하면서 액상의 설사를 하게 되는 것으로 알려져 있다. 쌀에는 비전분성다당류의 함량이 적고 당류가 많이 포함되어 있으며, 쌀 내 전분에는 아밀로펙틴이 많이 함유되어, 이유 자돈이 쌀을 섭취하였을 때 소화가 잘되고 체내에서 흡수가 잘되어 소장 내 병원성 미생물의 증식을 억제하는 기능을 가진다고 알려져 있다(Juliano, 1992). MacLeod(1995)와 Mathews 등(1999)은 사료 내 가열처리 한 쌀을 첨가하여 자돈에게 급여 시 가열처리된 쌀의 성분으로 인해 소장에서 전해질 분비 감소가 일어나고, 이는 독소를 분비하는 대장균과 같은 미생물로 인해 발생하는 분비성 설사를 줄일 수 있다고 보고하였다. Nabuurs(1998) 연구에 의하면, 분비성 설사를 일으키는 *E. coli*나 *Salmonella*와 같은 독소 생성 미생물들은 소장 내 crypt cell에서 수분 분비를 증가시키나, 가열처리 한 쌀 내에서 rice factor라 하는 성분이 돼지 소장 내 전해질 분비를 줄여 분비성 설사를 막는다고 보고하였다. 위의 연구결과들과 유사하게, 본 실험에서도 쌀가공품 첨가 시 자돈의 분변 내 대장균 수가 유의적으로 감소되었으며, 이는 가열처리 한 쌀 내에 있는 성분에 의해 설사를 일으키는 대장균수가 감소된 것으로 사료된다.

표 57. 이유자돈 사료 내 쌀가공품의 첨가가 이유자돈의 분변 내 *E. coli*에 미치는 영향<sup>1</sup>

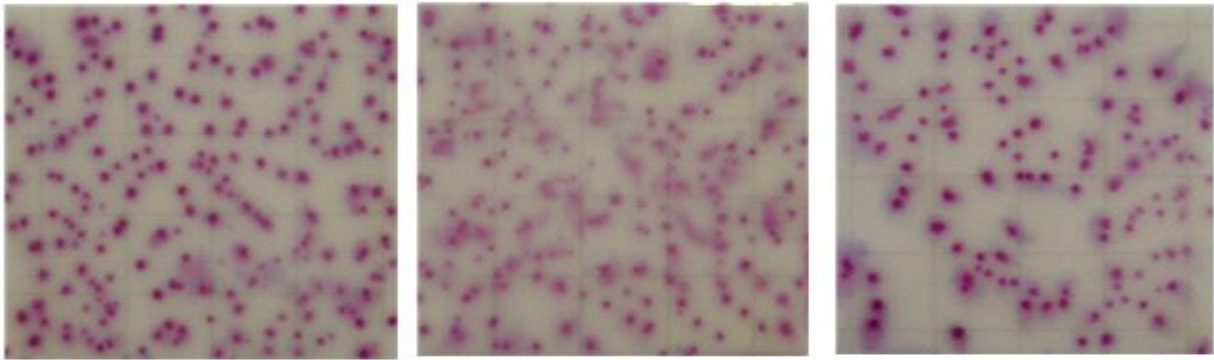
Item	Treatment			SEM <sup>3</sup>
	CON <sup>2</sup>	L3	L6	
Fecal <i>E. coli</i> (cfu/ml)	$1.99 \times 10^5$ <sup>a</sup>	$1.14 \times 10^5$ <sup>b</sup>	$0.60 \times 10^4$ <sup>c</sup>	0.09

<sup>1</sup> A total of 15 pigs were used from an average body weight of  $20.85 \pm 1.12$ kg.

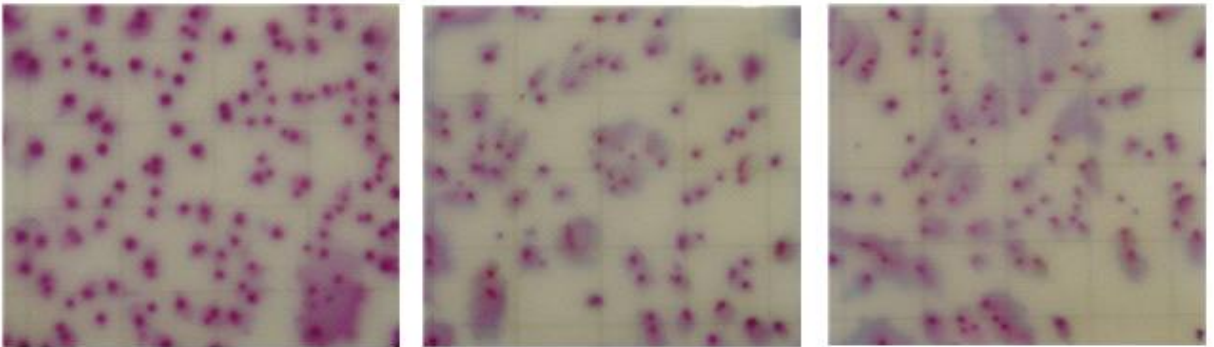
<sup>2</sup> Con(basal diet+유당 16%), L3(basal diet+유당 13%+쌀가공품 3%), L6(basal diet+ 유당 10%+쌀가공품 6%).

<sup>3</sup> Standard error of mean.

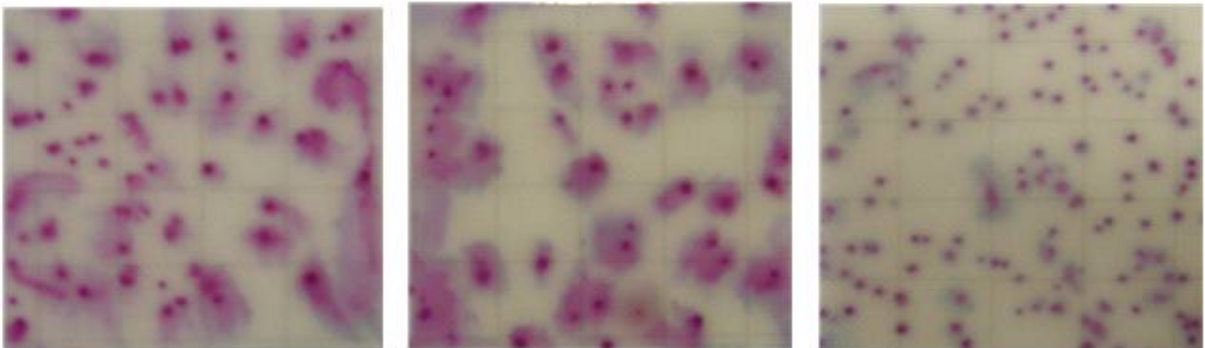
<sup>a,b,c</sup> Means in a same row with different superscript letters were significantly different ( $P < 0.05$ ).



Con



L3



L6

그림 6. 분 내 *E. coli* 수를 조사하기 위해 미생물 배지에 24시간 배양 시키고 관찰된 *E. coli*를 촬영한 사진



마. 분변 내 휘발성지방산 농도(Fecal VFA)

자돈 사료 내 쌀가공품의 수준별 첨가가 자돈의 분내 소화물의 휘발성지방산 농도에 미치는 영향은 표 58과 그림 7에 나타내었다. 전 시험기간 동안 처리구간 유의적인 차이가 없었지만, 쌀가공품 3%를 첨가한 L3 처리구와 쌀가공품 6%를 첨가한 L6 처리구에서 대조구에 비해 propionate와 butyrate 및 valerate 비율이 수치상으로 높게 나타났으나, 유의적인 차이는 나타나지 않았다( $P>0.05$ ). 반면, 대조구에서 L3 처리구와 L6 처리구보다 isobutyrate와 isovalerate의 생성이 증가되었으나, 유의적인 차이는 또한 나타나지 않았다( $P>0.05$ ). Bolduan 등(1988)에 의하면, 이유자돈 사료 내 쌀의 첨가는 소장 내 소화되지 않는 소화물의 양을 감소시키고, 유해 미생물의 증식을 억제함으로써 대장에서 유익균의 증식과 발효가 용이하게 되어 휘발성 지방산 생성이 증가된다고 하였다. 그러나 휘발성 지방산 중 isobutyrate와 isovalerate와 같은 휘발성 지방산과 amine의 증가는 자돈의 이유 후 설사의 원인이 된다고 보고되었다.gaskin 등(2001)의 연구 결과에 의하면, 이유 후 자돈 장내 소화물 중 isobutyrate와 isovalerate와 같은 휘발성 지방산과 암모니아와 같은 아민류 생성은 이유 후 대장균증(post-weaning colibacillosis)과 같은 설사증세와 소화 장애를 일으킨다고 보고하였다. 따라서 따라서 본 시험에서도 사료 내 쌀가공품의 첨가가 이유자돈의 휘발성 지방산의 농도에는 부정적인 영향을 미치지 않으면서 분변 내 대장균수는 유의적으로 감소시키는 작용을 나타내므로, 이유 자돈의 설사를 줄일 수 있는 원료사료라고 사료된다.

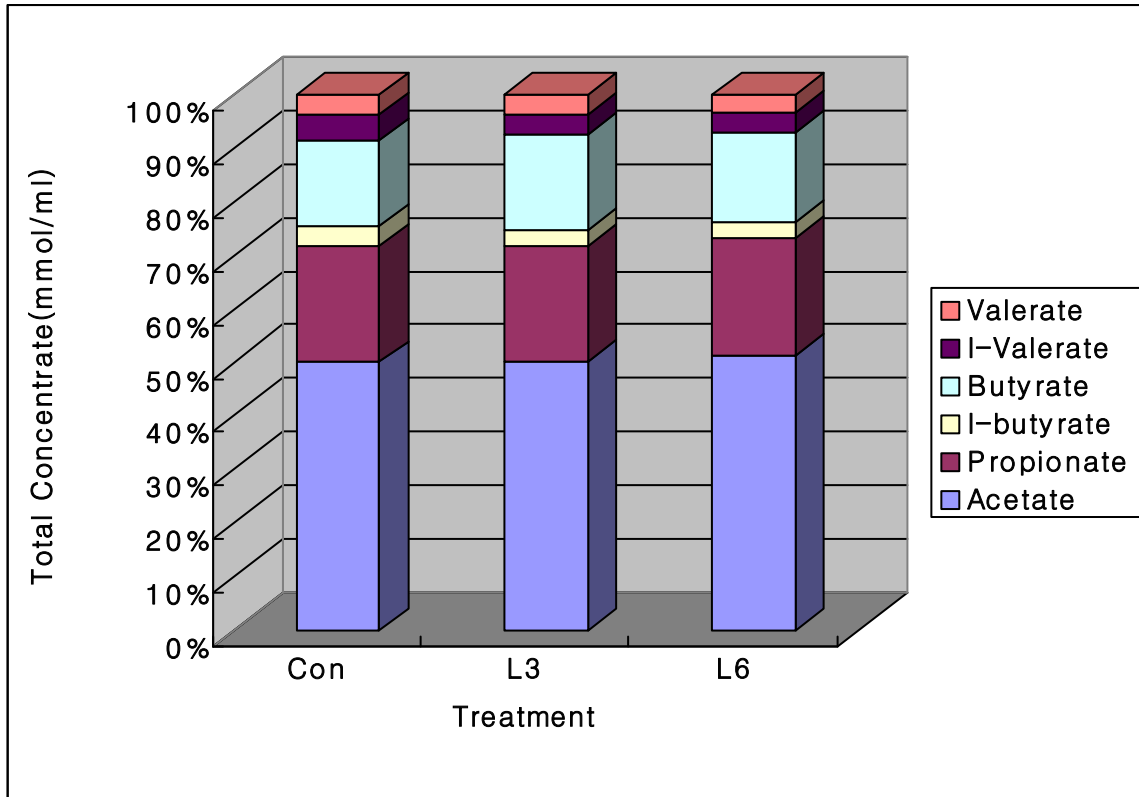
표 58. 이유자돈 사료 내 쌀가공품의 첨가가 이유자돈의 분변 내 휘발성지방산 농도에 미치는 영향<sup>1</sup>

Item	Treatment			SEM <sup>3</sup>
	CON <sup>2</sup>	L3	L6	
<b>Fecal VFA (mmol/ml)</b>				
Acetate	51.58	50.92	54.85	1.43
Propionate	22.33	22.15	23.58	0.32
Isobutyrate	3.77	2.98	3.23	0.23
Butyrate	16.63	17.94	17.70	0.59
Isovalerate	4.90	3.95	4.20	0.34
Valerate	3.90	3.78	3.50	0.26

<sup>1</sup> A total of 15 pigs were used from an average body weight of  $20.85 \pm 1.12$ kg.

<sup>2</sup> Con(basal diet+유당 16%), L3(basal diet+유당 13%+쌀가공품 3%), L6(basal diet+ 유당 10%+쌀가공품 6%).

<sup>3</sup> Standard error of mean.



<sup>1</sup> Con(basal diet+유당 16%), L3(basal diet+유당 13%+쌀가공품 3%), L6(basal diet+ 유당 10%+쌀가공품 6%).

그림 7. 이유자돈 사료 내 쌀가공품의 첨가가 이유자돈의 분변 내 휘발성지방산 농도에 미치는 영향

바. 소장(의 형태학적 관찰(Morphology of the small intestine)

표 59에 용모의 높이, 용와의 깊이 그리고 그 둘의 비율(villi height : crypt depth)을 표시하였다. 그리고 그림 3에 측정을 하기위해 전처리를 하여 절편을 잘라 찍은 사진을 나타내었다. 일반적으로 자돈의 소장 용모 형태는 굽어진 혀의 모양을 하고 있다. Cera 등(1998)에 의하면 용모의 길이는 이유 후 3일 안에 급격히 감소하며, 그 후 천천히 발달한다고 보고하였다. 처리구간에 용모의 높이, 용와의 길이 그리고 그 비율에 있어 통계적으로 유의적인 차이를 보이지는 않았다. 하지만 대조구에 비해 쌀가공품을 첨가한 첨가구의 용모의 높이가 증가하는 경향이 관찰되었다. 위의 결과는 이유자돈 사료 내 유당을 일정수준 쌀가공품으로 대체 시 장의 용모 발달에 영향을 미쳐 장의 건강성에 영향을 미치며, 이는 결과적으로 이유자돈의 성장에도 긍정적인 효과를 나타낸다고 할 수 있다.

표 59. 이유자돈 사료 내 쌀가공품의 첨가가 이유자돈 소장의 형태학적 발달에 미치는 영향<sup>1</sup>

Item	Treatment			SEM <sup>3</sup>
	CON <sup>2</sup>	L3	L6	
<b>Morphological growth (3 week, <math>\mu\text{m}</math>)</b>				
Villi height	468.33	468.75	470.42	4.83
Crypt depth	176.04	178.54	177.50	2.88
V:C ratio	2.67	2.63	2.66	0.04

<sup>1</sup> A total of 12 crossbred pigs were anatomized from body weight  $8.24 \pm 1.25\text{kg}$ .

<sup>2</sup> Con(basal diet+유당 16%), L3(basal diet+유당 13%+쌀가공품 3%), L6(basal diet+ 유당 10%+쌀가공품 6%).

<sup>3</sup> Standard error of mean.

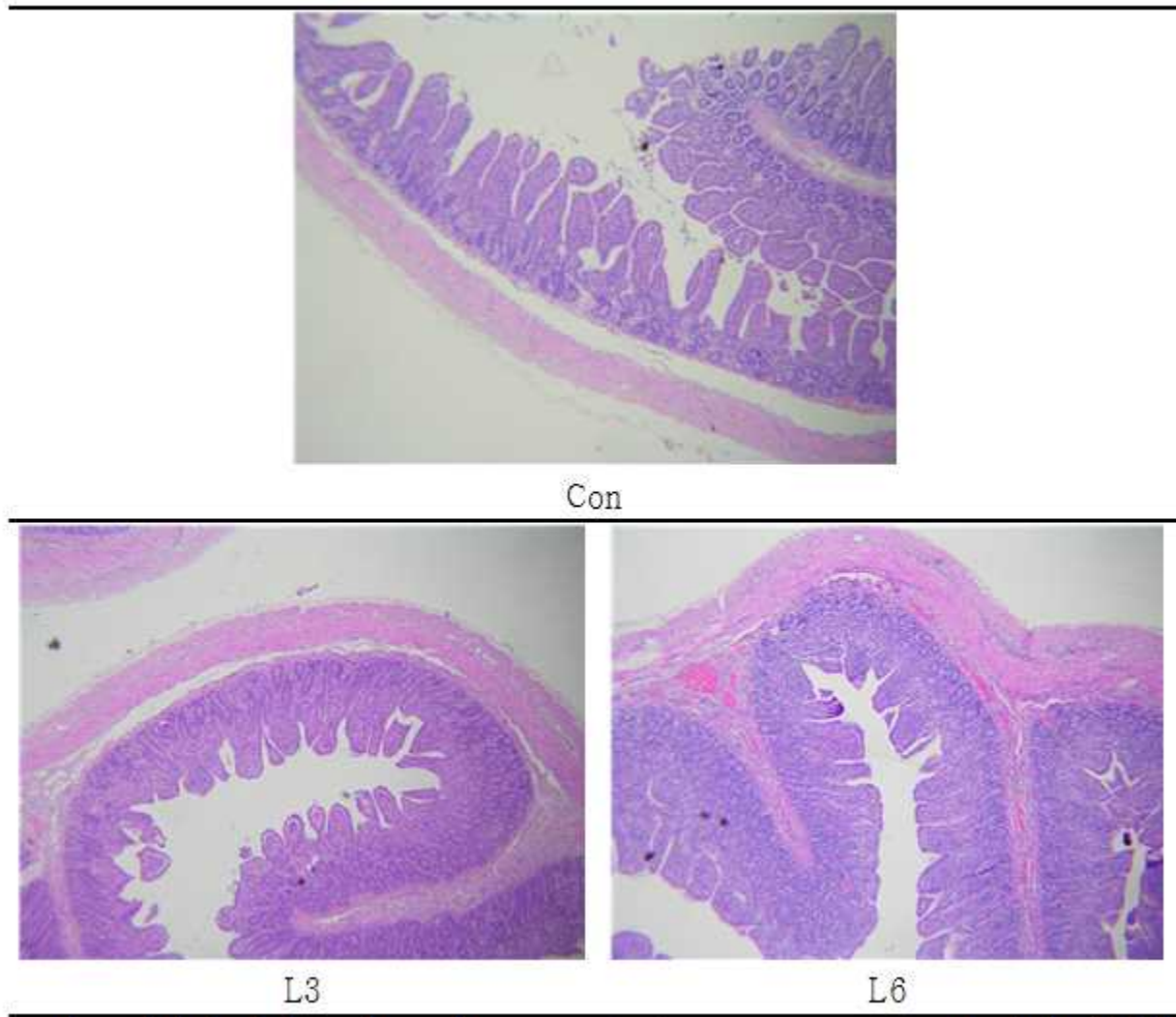


그림 8. 이유자돈의 공장 중앙 부위를 Eosin(HE)-stained section화하여 촬영한 사진

## 사. 장내 미생물 균총(Intestinal microflora)

표 60에 이유자돈 회장, 맹장, 결장, 직장 부위에서 채취한 소화물(chyme)에서 정량한 CT-value를 나타내었다. 본 실험에서는 총 5종류의 미생물 균총을 real-time PCR을 이용하여 조사하였다. Real-time PCR은 민감한 fluorescent dye의 사용으로 정량이 편리해지고 exponential phase의 상황을 바로 볼 수는 있으나, 측정된 fluorescence값으로 copy number가 바로 얻어지는 것은 아니다. 이를 위해서는 여전히 standard를 써야 하나 고전적인 방법에 비해서는 훨씬 간편하다. Real-time PCR의 정량에서 가장 중요한 개념은 crossing point 혹은 Higuchi 등(1993)이 정의한 Ct(Threshold Cycle) value 이라는 수치이다. 이 값은 probe의 reporter fluorescence 값이 base line 값을 지나는 시점의 cycle number 이다. 이 값은 PCR 반응의 어느 한 요소도 limiting이 아닐 때의 값이며, target의 수에 정확히 반비례하는 값으로 target의 양을 판단할 때 가장 적합한 척도가 될 수 있다. 실제로 아주 똑같이 시행 한 PCR 결과도 그 plot은 매우 다르게 나타날 수 있으나, 이 값은 일치하게 되므로 항상 동일 sample에 대해서는 일정한 값을 얻게 되는 것이다. 따라서 본 표에 제시된 Ct value는 probe의 reporter fluorescence값이 base line 값을 지나는 시점을 의미하므로 그 절대값이 낮을수록 sample내 존재하는 미생물 균총의 수가 많음을 의미하게 된다.

쌀가공품을 섭취한 이유자돈의 장내 소화물의 *Bacillus subtilis*, *Lactobacillus casei*, *Lactobacillus plantarum*, 총 3종의 미생물에 대한 real time PCR 분석을 실시한 결과, 전체적으로 유의적인 차이가 발생하지 않았다, 그러나 본 실험에서 분석한 CT-value결과 전반적으로 대조구에 비해 쌀가공품을 첨가한 처리구의 CT-value가 낮게 나타난 것을 볼 수 있다. 이것은 이유자돈이 쌀가공품을 섭취시 장내 유익균을 서식시키고 증가시킨다는 것을 알 수 있다, 건강한 돼지 일수록 장내 *lactobacilli* 종의 비율이 높다는 연구결과가 있는데(Robinson, 1984), 본 연구에서도 쌀가공품 첨가 시 *lactobacilli*의 수가 증가한 것을 알 수 있었다. 이는 쌀가공품의 첨가가 장내에서 유익균의 우점화를 도와 이들의 증식 및 서식 환경을 증가시켰다고 생각되며, 이로 인해 이유자돈의 장내 건강성이 개선될 수 있는 가능성이 있다고 사료된다.

표 60. 이유자돈 사료 내 쌀가공품의 첨가가 이유자돈 장내의 미생물 균총 수(CT-value)에 미치는 영향<sup>1</sup>

Item	Treatment			SEM <sup>3</sup>
	CON <sup>2</sup>	L3	L6	
<b>Ileum</b>				
<i>Bacillus subtilis</i>	21.89	21.18	20.91	0.53
<i>Lactobacillus casei</i>	23.34	22.52	23.50	0.47
<i>Lactobacillus plantarum</i>	21.16	18.86	21.25	0.58
<b>Cecum</b>				
<i>Bacillus subtilis</i>	21.00	19.90	20.87	0.44
<i>Lactobacillus casei</i>	23.16	22.00	24.66	0.60
<i>Lactobacillus plantarum</i>	20.09	18.24	20.58	0.50
<b>Colon</b>				
<i>Bacillus subtilis</i>	23.04	21.56	24.24	0.56
<i>Lactobacillus casei</i>	17.75	16.77	16.30	0.28
<i>Lactobacillus plantarum</i>	18.75	17.84	18.85	0.35
<b>Rectum</b>				
<i>Bacillus subtilis</i>	23.00	21.06	23.35	0.61
<i>Lactobacillus casei</i> <sup>a</sup>	17.75	16.44	18.18	0.34
<i>Lactobacillus plantarum</i>	19.71	17.49	19.70	0.58

<sup>1</sup> A total of 12 crossbred pigs were anatomized from body weight  $8.24 \pm 1.25$ kg.

<sup>2</sup> Con(basal diet+유당 16%), L3(basal diet+유당 13%+쌀가공품 3%), L6(basal diet+ 유당 10%+쌀가공품 6%).

<sup>3</sup> Standard error of mean.

<sup>a</sup> Quadratic response of extruded rice product supplementation(P<0.05).

#### 아. 경제성 분석

경제성 분석 결과 사료 내 유당 3%를 쌀 가공품 3%로 대체 시 1kg 당 시험사료비가 약 50원 감소하는 것을 볼 수가 있다. 쌀 가공품을 최대 6%까지 유당을 대체할 경우 사료kg당 Phase I에서는 102원, Phase II에서는 95원의 사료가격 절감 효과를 나타내어 양돈 생산성의 향상효과가 있는 것으로 나타났다.

처리구간 사료가격과 표 61에 제시된 성장성적을 기준으로 이유 자돈 1kg 증체 시 필요한 사료비용을 보게 되면, 0-2주를 제외한 3-5주, 0-5주에서는 쌀 가공품의 첨가수준이 증가할수록 자돈 1kg 증체 시 필요한 사료비용이 유의적으로 감소하는 것을 볼 수가 있다(P<0.01).

본 시험의 성장성적과 사료비를 통해 계산되어진 자돈기 두당 총 사료비는 대조구, L3, L6의 순으로 경제적인 이익을 고려해보았을 때, 쌀 가공품 첨가 수준이 증가할수록 두당 총 사료비용이 절감되는 것을 볼 수가 있으며, 유당의 쌀 가공품 6% 대체 수준에서 생산성 향상에 있어서 최대 효과를 볼 수 있는 것으로 나타났다. 비록 각 처리 당 사료효율과 비교하여 유의차

는 나타나지 않았지만 자돈기 5주 동안 사료 내 쌀 가공품의 유당 대체 수준이 높을수록 대조구에 비해 두당 사료비가 각각 333원, 1,153원이 절약되어 사료비의 2.58%, 8.95%가 절약되는 생산비 절감 효과가 나타났다.

본 시험을 토대로 이유자돈 사료 내 유당 대체제로 쌀 가공품의 첨가는 성장성적의 향상과 사료비 절감의 상승효과를 나타내는 것으로 나타났다. 이를 바탕으로 쌀 가공품 6%의 첨가는 유제품 등 원료사료가격의 하락 및 생산비 절감 효과를 가져와 양돈 생산의 경쟁력을 키울 수 있으리라 사료된다.

표 61. 이유자돈 사료 내 쌀가공품의 첨가가 경제성에 미치는 영향 <sup>1</sup>

Item	Treatments			SEM <sup>1</sup>
	CON	L3	L6	
<b>사료가격 (won/kg)<sup>2</sup></b>				
0-2 week	820	766	718	
2-5 week	638	591	543	
<b>총 사료비용(원)</b>				
0-2 week	2632	2749	2498	11.24
2-5 week	10,259	9798	9241	10.97
0-5 week	12,892	12,559	11,739	20.43
<b>kg 증체당 사료비용</b>				
0-2 week	2,100	1,687	1,680	105.14
2-5 week	913 <sup>a</sup>	877 <sup>a</sup>	795 <sup>b</sup>	17.99
0-5 week	1,032 <sup>a</sup>	981 <sup>b</sup>	896 <sup>c</sup>	20.43

<sup>1</sup> Standard error of mean.

<sup>2</sup> Feed cost/weight gain(won/kg) = [Total feed intake(kg/head) × Total feed cost(won/head)] ÷ Total weight gain(kg/head).

<sup>a,b,c</sup> Means with different superscripts are significantly different(P<0.01).

# 제 7 절 타피오카 주정 부산물의 수준별 첨가가 육성-비육돈의 성장 성적, 육질 및 경제성에 미치는 영향

## 제 1 항 서 론

전 세계적으로 바이오연료의 생산은 지속적으로 늘어날 것으로 기대된다. 미국에서 옥수수는 에탄올 생산의 주요 원료이지만, 그 규모가 확장함에 따라 수수, 보리, 밀, 타피오카와 같은 곡물의 사용량도 늘고 있다. 주정박은 바이오에탄올 생산의 부산물로서 양돈 사료의 원료로 폭넓게 이용되고 있다. 이 주정박은 돼지사료로서 지속적인 이용이 가능하다는 데에 가장 큰 장점이 있다. 최근 Cook 등(2005)과 Xu 등(2007)의 연구결과에 따르면 30% 이상 주정박의 양돈 사료 내 첨가는 육성-비육돈의 성장에 아무런 영향이 없는 것으로 나타났다. 그러나 Linneen 등(2007)의 실험결과 육성-비육돈 사료 내 주정박을 20% 이상 첨가 시 성장을 저해한다는 결과가 나타났다. 옥수수 주정박의 돼지사료 내 수준별 첨가가 육성-비육돈의 성장성적과 도체성적에 미치는 결과에 대하여 연구 된 바 있었지만(Whitney 등, 2006), 타피오카 주정박에 대한 실험결과에 대해서는 아직 전무한 실정이다.

타피오카는 주로 뿌리 부분이 양돈 사료로서 이용되는데, 이 부분은 전분이 주성분이기 때문에 그 건조분말은 에너지사료 자원으로 촉망받고 있다. 타피오카는 NFE 함량이 약 80%, 전분을 38% 함유하고 있어 동물에 의한 소화율이 비교적 높으며, 따라서 가소화에너지 및 대사에너지가도 상당히 높은 편으로 대체로 옥수수의 에너지가와 유사한 편이다. 하지만 타피오카는 앞에서 언급한 바와 같이 단백질 함량이 매우 낮고 아미노산의 조성이 불균형하며 칼슘과 인도 부족한 것으로 알려져 있다. 게다가 품종, 수확시기, 제조방법 및 저장기간에 따라 영양소 함량의 변이가 큰 것은 해결되어야 할 문제이다.

최근 국내에서 사용하기 시작한 타피오카 전분박은 일체의 화학 작용 없이 단순 원심분리에 의해 전분을 추출하고 남은 부산물로서 토사가 전부 제거되므로 일반 타피오카에 비해 섬유소 함량이 높은 점 외에는 모든 성분과 안정성이 매우 우수한 것으로 나타났다. 특히 전분용 타피오카는 청산 함량이 거의 없어 일반 사료용 타피오카에 비해 제품의 안정성이 높을 것으로 사료되어 양돈사료 내 옥수수-대두박 대체원료로서 가능성이 높아지고 있는 추세이다.

옥수수는 미국에서 바이오 에탄올 생산의 주원료로 사용되지만 한국의 경우 타피오카가 주로 이용될 전망이며, 실제로 2008년에 한국에서 180,873톤의 타피오카가 바이오에탄올 생산에 이용되었는데, 이 가운데 약 54,261톤의 타피오카 주정박이 부산물로 생산되었다. 타피오카 내의 전분 함량은 옥수수와 비슷한 수준이지만, 가격은 옥수수보다 낮은 편이므로 옥수수-대두박의 대체원료로서 타피오카 주정박의 사용은 지속적으로 상승하는 국제 사료원료 가격의 해결책이 될 수 있다.

따라서 이 실험은 육성-비육돈 사료 내 옥수수-대두박의 대체원료인 타피오카 주정박의



영양소 함량과 수준별 첨가가 육성-비육돈의 성장성적, 영양적 소화율, 도체성적과 육질에 미치는 영향에 대하여 알아보려고 수행 되었다.

## 제 2 항 실험 방법 및 재료

### 가. 실험동물 및 실험 설계

평균체중  $28.91 \pm 1.92\text{kg}$  의 육성돈([Yorkshire×Landrace]×Duroc) 80 두를 공시하여, 각각 육성기 6 주, 비육기 8 주로 총 14 주 동안 사양실험을 수행하였다. 전체 4 처리 5 반복으로 돈방당 4 두씩 성별과 체중에 따라 난괴법(Randomized complete block design; RCBD)으로 배치하였다. 시험 처리구는 다음과 같다. 1) Control 2) T-DDGS5(타피오카 주정박 5% 첨가구), 3) T-DDGS10(타피오카 주정박 10% 첨가구), 4) T-DDGS10(타피오카 주정박 15% 첨가구). 사료와 물은 무제한 급여 사료통과 니플을 통하여 전체 기간 동안 무제한 급여되었다. 사료는 육성기와 비육전기, 비육후기로 각각 배합비를 달리하여 급여되었다. 돼지 사양은 육성기 돈방( $1.26 \times 2.55\text{m}^2$ )과 비육기 돈방( $1.60 \times 3.00\text{m}^2$ )에서 사양되었다.

일당증체량(ADG)과 일일사료섭취량(ADFI), 사료효율(G:F ratio) 측정을 위한 체중측정과 사료섭취량 측정은 3, 5, 10, 14 주에 각각 수행되었다. 배합된 사료는 NRC(1998)의 영양소 요구량에 준하여 배합되었다. 실험사료의 배합비와 화학적 조성은 표 62, 63, 64 에 나타내었다.

표 62. 육성기 실험 사료 배합비 및 화학적 조성

Ingredient (%)	Growing phases			
	CON	T-DDGS5	T-DDGS10	T-DDGS15
Corn	67.59	65.43	63.18	60.95
SBM-45	28.74	25.20	21.71	18.14
Wheat bran	0.00	0.31	0.64	1.01
Soy oil	1.71	2.05	2.40	2.76
T-DDGS	0.00	5.00	10.00	15.00
Limestone	0.44	0.54	0.64	0.74
TCP	1.02	0.91	0.82	0.72
L-lysine · HCl	0.00	0.06	0.11	0.18
Salt	0.20	0.20	0.20	0.20
Vit. Mix. <sup>1</sup>	0.10	0.10	0.10	0.10
Min. Mix. <sup>2</sup>	0.10	0.10	0.10	0.10
Antibiotic <sup>3</sup>	0.10	0.10	0.10	0.10

**Chemical composition<sup>4</sup>**

ME(kcal/kg)	3,265.00	3,265.00	3,265.00	3,265.00
Crude protein(%)	18.00	18.00	18.00	18.00
Lysine(%)	0.95	0.95	0.95	0.95
Methionine(%)	0.30	0.30	0.30	0.31
Ca(%)	0.60	0.60	0.60	0.60
Total P(%)	0.50	0.50	0.50	0.50

<sup>1</sup> Provided the following per kilogram of diet: vitamin A, 8,000.00IU; vitamin D, 1,600.00IU; vitamin E, 17.40IU; vitamin K<sub>3</sub>, 2.40mg; vitamin B<sub>2</sub>, 3.20mg; Ca Pantothenate, 8.00mg; Niacin, 16.00mg; Biotin, 0.1mg; Ethoxquin, 12.00mg; vitamin B<sub>12</sub>, 12.00g.

<sup>2</sup> Provided the following per kilogram of diet: Fe, 79.57mg; Cu, 68.68mg; Zn, 37.74mg; Mn, 15.50mg; Co, 0.16 mg; Ca, 0.18mg.

<sup>3</sup> Avilamycin(10mg/kg) was added for the diets.

<sup>4</sup> Calculated value.

표 63. 비육전기 실험 사료 배합비 및 화학적 조성

Ingredient (%)	Early finishing phases			
	CON	T-DDGS5	T-DDGS10	T-DDGS15
Corn	75.00	73.07	71.18	69.24
SBM-45	21.95	18.48	15.02	11.56
Soy oil	1.44	1.76	2.06	2.38
T-DDGS	0.00	5.00	10.00	15.00
Limestone	0.35	0.42	0.52	0.61
TCP	0.86	0.81	0.71	0.64
L-lysine · HCl	0.00	0.06	0.11	0.17
Salt	0.20	0.20	0.20	0.20
Vit. Mix. <sup>1</sup>	0.10	0.10	0.10	0.10
Min. Mix. <sup>2</sup>	0.10	0.10	0.10	0.10

**Chemical composition<sup>3</sup>**

ME(kcal/kg)	3,265.00	3,265.00	3,265.00	3,265.00
Crude protein(%)	18.00	18.00	18.00	18.00
Lysine(%)	0.78	0.78	0.78	0.78
Methionine(%)	0.32	0.32	0.32	0.33
Ca(%)	0.60	0.60	0.60	0.60
Total P(%)	0.50	0.50	0.50	0.50

<sup>1</sup> Provided the following per kilogram of diet: vitamin A, 8,000.00IU; vitamin D, 1,600.00IU; vitamin E, 17.40IU; vitamin K<sub>3</sub>, 2.40mg; vitamin B<sub>2</sub>, 3.20mg; Ca Pantothenate, 8.00mg; Niacin, 16.00mg; Biotin, 0.1mg; Ethoxquin, 12.00mg; vitamin B<sub>12</sub>, 12.00g.

<sup>2</sup> Provided the following per kilogram of diet: Fe, 79.57mg; Cu, 68.68mg; Zn, 37.74mg; Mn, 15.50mg; Co, 0.16 mg; Ca, 0.18mg.

<sup>3</sup> Calculated value.

표 64. 비육후기 실험 사료 배합비 및 화학적 조성

Ingredient (%)	Late finishing phases			
	CON	T-DDGS5	T-DDGS10	T-DDGS15
Corn	81.42	79.45	77.57	75.65
SBM-45	15.76	12.33	8.86	5.38
Soy oil	1.32	1.64	1.94	2.26
T-DDGS	0.00	5.00	10.00	15.00
Limestone	0.35	0.47	0.57	0.66
TCP	0.76	0.66	0.55	0.48
L-lysine · HCl	0.00	0.05	0.11	0.17
Salt	0.20	0.20	0.20	0.20
Vit. Mix. <sup>1</sup>	0.10	0.10	0.10	0.10
Min. Mix. <sup>2</sup>	0.10	0.10	0.10	0.10
<b>Chemical composition<sup>3</sup></b>				
ME(kcal/kg)	3,265.00	3,265.00	3,265.00	3,265.00
Crude protein(%)	13.20	13.20	13.20	13.20
Lysine(%)	0.62	0.62	0.62	0.62
Methionine(%)	0.24	0.24	0.25	0.25
Ca(%)	0.45	0.45	0.45	0.45
Total P(%)	0.40	0.40	0.40	0.40

<sup>1</sup> Provided the following per kilogram of diet: vitamin A, 8,000.00IU; vitamin D, 1,600.00IU; vitamin E, 17.40IU; vitamin K<sub>3</sub>, 2.40mg; vitamin B<sub>2</sub>, 3.20mg; Ca Pantothenate, 8.00mg; Niacin, 16.00mg; Biotin, 0.1mg; Ethoxquin, 12.00mg; vitamin B<sub>12</sub>, 12.00g.

<sup>2</sup> Provided the following per kilogram of diet: Fe, 79.57mg; Cu, 68.68mg; Zn, 37.74mg; Mn, 15.50mg; Co, 0.16 mg; Ca, 0.18mg.

<sup>3</sup> Calculated value.

## 나. 혈액 채취

육성기 3주, 6주, 비육기 3주와 4주 체중 측정 시 경정맥에서 혈액을 채취하여 혈중 요소태 질소 함량(BUN)을 측정하였다. 혈액은 일회용 유리튜브에 채취된 후 4℃, 3,000 rpm에서 15분간 centrifuging 되었다(Eppendorf centrifuge 5810R, germany). 분리된 혈장을 조심스럽게 1.5ml 마이크로튜브에 담아 분석까지 -20℃에 보관하였다. 총 혈중 요소태 질소는 혈액 분석기에 의해 분석되었다(Ciba-Corning model, Express Plus, Ciba Corning Diagnostics Co.).

## 다. 소화율 실험

소화율 실험은 영양적 소화율과 체내의 질소축적량을 측정하고자 수행되었다. 평균체중  $46.25 \pm 2.17$ kg의 육성 거세돈 24두를 공시하여(처리 당 4두), 개별 대사틀에 사양되었다. 5일간의 적응기간 후에 5일간 분과 뇨를 각각 채취하였다. 영양소 소화율 측정을 위한 방법은 전분채취법이 적용되었다. 첫 날과 마지막 날 실험사료 급여 시 마커로 ferric oxide와 chromium oxide를 각각 3g씩 사료에 첨가하였다. 실험기간동안 물은 무제한 급여하였으며, 실험사료는 350g씩 하루 두 번 급여 되었다. 분과 뇨는 매일 채취되어 분석 때 까지 -20℃에 저장되었다. 채취된 분은 air-forced drying oven에서 60℃, 72 시간동안 건조된 후 Wiley mill로 1mm의 입자크기로 분쇄하여 수분, 단백질, 지방, 회분의 분석을 위해 이용되었다. Nitrogen 축적 분석을 위한 뇨는 5일 동안 매일 50ml의 4N H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 와 함께 얼려서 저장하였다.

## 라. 육질분석

사양실험 종료 후 평균체중  $113.39 \pm 3.73$ kg의 비육돈 20두를 도축하여 도체 특성과 육질을 분석하였다. 돈육은 오른쪽 반도체의 8번째와 9번째 사이 갈비뼈에서 채취 되었다. pH와 육색(longissimus muscle)은 도축 후 3시간과 24간 두 차례에 걸쳐 측정되었다. pH 측정은 pH meter(IQ150, IQ instrument, USA)가 이용되었고, 육색은 CIE value L\*과 a\*, b\* 값 측정으로 CR300(Minolta Camera Co., Japan)가 이용되었다.

보수력과 전단력, 그리고 가열감량 측정을 위한 돈육은 -20℃에서 분석 때 까지 저장되었다. 보수력은 centrifuge 방법에 의해 측정되었다. longissimus muscles를 분쇄하여 filter tube를 통해 채취된 뒤 water bath(80℃)에서 20분간 가열한 후 10℃, 2,000rpm에서 20분간 원심분리 하였다. 이후 보수력 측정을 위한 drip loss가 측정되었다. 가열감량 측정을 위하여 longissimus muscles를 polyethylene bag에 넣어 water bath에서 중심온도가 72℃가 될 때 까지 가열되어 냉기 전과 온도 도달후의 무게를 측정하였다. 가열후의 샘플을 core(0.5

inch in diameter)하여 salter를 통하여 전단력을 측정하였다. longissimus muscle의 화학적 분석은 AOAC(1995)의 방법을 이용하였다.

#### 마. 통계 분석

사료, 분 및 뇨의 일반성분 분석은 AOAC(1995) 방법에 따라 실시하였다. 성장성적 및 화학분석 결과들은 SAS(SAS Institute, 2006)의 일반 선형 모형(GLM)을 이용하여 수집된 자료에 대한 유의성 검정을 실시하였으며, 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 타피오카 주정박 첨가 수준에 따른 효과를 검정하기 위하여 linear, quadratic, polynomial가 이용되었다.

### 제 3 항 연구 결과 및 고찰

#### 가. 타피오카 주정박의 영양소 조성 (Chemical composition)

표 65는 타피오카 주정박의 영양소 구성성분과 옥수수, 옥수수 주정박과의 비교를 나타낸 표이다. 주정박은 원래의 곡물보다 더 높은 조단백질과 아미노산, 조섬유, 인을 함유하고 있다. 또한 주정박은 축우에 있어서 단백질과 에너지 원료로 이용될 수 있지만, 비교적 낮은 조단백질함량(약 18%)과 라이신함량(Wahlstrom과 Libal, 1980; Cromwell 등, 1983)으로 돼지사료에 단백질 원료로 적용될 수 있다. 그러나 타피오카 주정박은 옥수수 주정박보다 높은 조단백질(약 33%), 라이신, 아미노산 조성으로 구성되어있다. 그러나 타피오카 주정박은 원래의 타피오카 곡물과 옥수수 주정박보다 높은 섬유소를 갖고 있으므로 다른 영양소의 소화율을 저하시킨다. 일반적으로 주정박의 영양소 조성의 차이는 에탄올 생산을 위한 원래의 곡물의 조성에 기인한다고 알려져 있다(NRC, 1998).

표 65. 타피오카 주정박과 옥수수의 영양소 조성

Item	T-DDGS(Korea) <sup>1</sup>	DDGS(USA) <sup>2</sup>	Corn <sup>2</sup>
DM(%)	89.08	90.64	85.37
CP(%)	32.94	18.18	7.63
NDF(%)	54.47	26.60	6.70
ADF(%)	27.27	12.00	2.30
Ca(%)	0.08	0.02	0.02
P(%)	0.80	0.56	0.38
<b>Indispensable AA(%)</b>			
Arg	2.14	0.83	0.36
His	0.86	0.54	0.23
Ile	1.28	0.67	0.26
Leu	2.69	2.19	0.91
Lys	1.11	0.59	0.23
Met	0.56	0.50	0.16
Phe	1.67	0.93	0.37
Thr	1.31	0.74	0.29
Trp	0.34	0.15	0.04
Val	1.89	0.93	0.37
<b>Dispensable AA(%)</b>			
Ala	1.80	1.31	0.56
Asp	2.83	1.54	0.52
Cys	0.60	0.54	0.18
Glu	5.79	2.95	1.49
Gly	1.45	0.73	0.31
Pro	1.65	1.48	0.61
Ser	1.70	0.85	0.36
Tyr	1.36	0.70	0.28

<sup>a</sup> Analysis value.

<sup>b</sup> Stein 등(2006)에서 자료인용.

## 나. 성장성적(Growth performance)

육성-비육돈 사료 내 타피오카 주정박의 첨가가 성장 성적에 미치는 영향을 표 66에 나타내었다. 육성기(0-6 weeks) 처음 3주간 T-DDGS15 처리구가 다른 처리구에 비해 유의적으로 낮게 나타났고, 첨가량에 따라 linear하게 낮은 체중을 나타냈다( $P < 0.05$ ). 또한 체중과 마찬가지로 T-DDGS15 처리구에서 일당증체량과 사료효율이 낮게 나타났다( $P < 0.05$ ).

반면, 비육전기에는 다른 처리구와 비교하였을 때 대조구와 T-DDGS15 처리구가 높은 일당 증체량과 일당 사료섭취량을 나타내었다(quadratic effect,  $P < 0.05$ ). 비육후기에는 성장성적에서 처리 간 유의차가 발견되지 않았지만 비육기 전체 일당 사료섭취량에서 quadratic한 경향을 나타내었다.

또한, 육성기에 타피오카 첨가 처리구에서 일당 증체량과 사료효율이 낮아졌고, T-DDGS15 처리구에서 다른 처리구들보다 유의적으로 낮게 나타나는 효과를 보였다. 이 결과는 30% 이상 타피오카 주정박 첨가 시 linear하게 일당증체량이 감소한다는 대다수 논문들의 결과와 유사하다(Fu 등, 2004; Whitney 등, 2006c; Linneen 등, 2008; Weimer 등, 2008). 그러나 위의 연구들에서는 비육기에 성장 성적이 떨어진다고 보고되었지만, 본 연구에서는 전체 비육기에서 대조구와 유의적 차이가 발견되지 않았다. Linneen 등(2008)은 15%의 주정박을 첨가하여 육성기에 옥수수-대두박을 중심으로 배합된 사료들과 비교하여 일당증체량과 일당사료섭취량, 사료효율에 있어서 차이점이 없다는 실험결과를 나타내었고, Widmer 등(2008)은 20% 이상의 주정박을 첨가한 사료에 적절히 아미노산을 첨가하면 일당 증체량과 일당 사료섭취량, 사료효율에 있어서 성장 저하가 없다는 결과를 보고하였다. 성장이 떨어지는 이유는 다양한 원료로부터의 주정박 아미노산의 조성으로 인한 이용률 문제와 관련이 있을 것으로 사료된다(Fastinger와 Mahan, 2006; Stein 등, 2006b).

결론적으로 타피오카 주정박의 사료 내 첨가는 육성기의 성장 성적을 떨어뜨릴 수 있지만, 이것이 비육기의 성장 성적에 부정적인 영향을 미치지 않는 것으로 나타났다.



표 66. 타피오카 주정박의 급여가 육성-비육돈의 성장에 미치는 영향

Item	CON	T-DDGS5	T-DDGS10	T-DDGS15	SEM <sup>1</sup>
<b>Body weight, kg</b>					
Initial	28.91	28.91	28.91	28.91	0.42
3 week <sup>1</sup>	44.85 <sup>A</sup>	43.99 <sup>A</sup>	43.97 <sup>A</sup>	42.30 <sup>B</sup>	0.60
6 week	59.21 <sup>a</sup>	57.53 <sup>ab</sup>	58.96 <sup>a</sup>	56.26 <sup>b</sup>	0.89
10 week	74.38	68.73	69.50	70.88	1.38
14 week	98.09	91.70	92.70	93.71	1.66
<b>ADG, g</b>					
0-6 week <sup>1</sup>	721 <sup>a</sup>	681 <sup>ab</sup>	715 <sup>a</sup>	651 <sup>b</sup>	13.40
6-10 week	716	481	525	668	50.42
10-14 week	847	816	829	799	23.81
6-14 week	695	593	611	660	25.78
0-14 week	708	639	651	661	16.06
<b>ADFI, g</b>					
0-6 week	1,719	1,696	1,777	1,702	32.87
6-10 week <sup>q</sup>	1,640 <sup>ab</sup>	1,422 <sup>c</sup>	1,504 <sup>bc</sup>	1,738 <sup>a</sup>	45.83
10-14 week	2,659	2,528	2,519	2,651	70.36
6-14 week	2,150	1,975	2,011	2,194	52.89
0-14 week	1,965	1,856	1,911	1,983	36.39
<b>G/F ratio</b>					
0-6 week <sup>1</sup>	0.420	0.403	0.402	0.383	0.01
6-10 week	0.413	0.333	0.348	0.381	0.02
10-14 week	0.315	0.322	0.331	0.303	0.01
6-14 week	0.321	0.298	0.304	0.301	0.01
0-14 week	0.361	0.343	0.340	0.334	0.01

<sup>1</sup> Standard error of mean.

<sup>A,B,C</sup> Means in a same row with different superscript letters were significantly different (P<0.01).

<sup>a,b,c</sup> Means in a same row with different superscript letters were significantly different (P<0.05).

<sup>1</sup> Linear effect by addition of dietary tapioca DDGS level (P<0.05).

<sup>q</sup> Quadratic effect by addition of dietary tapioca DDGS level (P<0.05).

#### 다. 육성-비육기의 혈중 요소태 질소 함량(Blood urea nitrogen)

옥수수과 대두박 위주의 기존 양돈 사료를 타피오카 주정박을 이용하여 옥수수 및 대두박을 일부 대체하였을 경우 혈중 요소태 질소 함량에 미치는 영향을 표 67에 나타내었다. 혈액 내의 BUN(blood urea nitrogen) 함량은 인체 내의 필수 영양소중 하나인 아미노산의 이용에 대한 대표적인 지표(Eggum, 1970)로 쓰이는 분석 항목으로 단백질 섭취와 품질에 직접적인 연관성을 가지며, 섭취한 질소의 체내 유지와 관련이 있는 것으로 알려져 있다(Whang 과 Easter, 2000). 또한 Bergner(1977)는 혈청 내 Urea 농도와 사료의 생물가(biological value)에 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), 지표로 사용될 수 있도록 기틀을 마련하였다. 전체 사양실험 기간 동안 BUN 농도는 10.20~16.47mg/dl 정도로 일반적인 수치를 나타내었다.

혈중요소태질소 함량의 증가는 혈중 잉여 아미노산의 증가를 의미하며, 그 함량이 낮을수록 체단백질 합성이 활발하다는 것을 의미한다. 실험 결과 옥수수-대두박을 위주로 한 기존사료인 대조구와 타피오카 주정박으로 대체한 실험구간에 비교하여 육성기와 비육기 모두 타피오카 주정박의 첨가에 따라 점차 영양소 소화율이 감소하는 경향이 나타났으며(linear,  $P<0.05$ )이는 혈중 잉여 아미노산이나 체단백질 합성에 원료사료의 변화로 인한 영향 때문인 것으로 사료된다.

타피오카 주정박을 높은 함량 포함한 사료를 급여할 경우 원료 내 아미노산 간의 함량 불균형 때문에 실질적인 단백질 이용률에 악영향을 미친다는 보고가 있다(Stein 등, 2005; Fastinger와 Mahan, 2006). 본 실험에서도 이러한 경향을 나타내었으며, 옥수수와 대두박을 15% 대체한 T-DDGS15 처리구의 경우 수치상으로 Control 처리구에 비해 더 낮은 BUN을 보였는데, 이는 기본적으로 양돈 사료에서 특히 중요시되는 제한아미노산인 lysine과 methionine의 경우 그 함량을 처리구간에 동일하게 맞춰 주었지만, 타피오카 주정박의 첨가 수준에 따라 소화율에 차이가 생긴 것으로 사료된다. 혈중 요소태 질소 함량은 사료 내 단백질과 관련이 깊고 체내의 아미노산 조성과는 관계가 없기 때문에(Eggum, 1970), 단백질 요구량과 아미노산 요구량(Cai 등, 1996)을 구하는 지표로 이용되어 왔다(Taylor 등, 1982; Coma 등, 1995). 결과적으로 육성기 3주령과 비육종료시 타피오카 주정박의 첨가에 따라 점차 BUN이 감소하는 결과가 나타났다(linear,  $P<0.05$ )

표 67. 타피오카 주정박의 급여가 육성-비육돈의 BUN에 미치는 영향<sup>1</sup>

Item	CON	T-DDGS5	T-DDGS10	T-DDGS15	SEM <sup>1</sup>
BUN(mg/dl)					
Initial	12.50	12.48	12.48	12.48	-
3 week <sup>1</sup>	13.02	13.32	10.57	10.12	0.64
6 week	11.62	13.58	10.22	13.12	3.30
10 week	12.18	13.95	12.35	11.78	0.38
14 week <sup>1</sup>	14.68	13.25	12.18	11.75	0.52

<sup>1)</sup> Standard error of mean.

<sup>a,b,c</sup> Means in a same row with different superscript letters were significantly different(P<0.05).

<sup>1</sup> Linear effect by addition of dietary tapioca DDGS level(P<0.05).

<sup>q</sup> Quadratic effect by addition of dietary tapioca DDGS level(P<0.05).

#### 라. 영양소 소화율(Nutrient digestibility)

타피오카 주정박의 육성-비육돈 사료 내 첨가가 소화율에 미치는 영향을 표 68에 나타내었다. 타피오카 주정박의 첨가 수준의 증가에 따라 건물, 조단백질, 조회분 소화율이 감소하였으며(linear, P<0.05), T-DDGS15 처리구에서 가장 낮은 소화율을 나타내었다(P<0.05).

주정박을 이용하여 영양소 소화율 비교실험을 한 경우 주정박의 높은 조섬유 함량 때문에 건물 소화율 및 에너지 소화율에 악영향을 미칠 수 있다는 보고가 있었다. Stein(2009)은 주정박의 섬유소 소화율이 43.7% 정도밖에 되지 않으며, 이렇게 저하된 섬유소 소화율에 따라 에너지 소화율 및 다른 영양소의 소화율이 저하될 수 있다고 보고하였으며, 주정박을 제조하는 과정의 차이와 제조 시 가해지는 열 데미지(heat damage)가 아미노산의 변이를 가져와 소화율을 떨어뜨린다는 보고도 있었다(Cromwell 등, 1993; Urriola 등, 2007; Pahm 등, 2008).

실험 결과를 타피오카 주정박의 첨가수준이 증가함에 따라 낮은 소화율을 보였는데, 이는 주정박이 열처리 과정에 따른 가소화 아미노산의 갈변화 현상(Maillard reactions; Chromwell 등, 1993)에 의한 감소가 원인이 된 것으로 사료된다. 비록 주정박의 에너지와 아미노산 소화율에 대해 많은 연구(Fastinger와 Mahan, 2006; Pedersen 등, 2007; Pahm 등, 2008; Stein 등, 2005; Urriola 등, 2007c)들이 있지만, 다른 영양소의 소화율에 대해서는 보고가 매우 드문 것이 사실이다. 따라서 본 결과도 세부적인 추가 실험을 통한 정확한 검증이 요구되는 바이다.

체내 질소 축적에 대한 결과로는, 분내 질소가 타피오카 주정박의 첨가수준에 따라 증가하였지만(linear, P<0.01), 뇨의 경우에는 타피오카 주정박의 첨가수준이 증가할수록 감소하였다(linear, P<0.01). Widyaratne과 Zijlstra(2005)의 연구 결과에서는 밀 주정박이 보통 밀보

다 분과 뇨에서 더 낮은 질소함량을 나타내었다. 결과적으로 총 질소 축적률은 전체 처리구간 차이를 나타내지 않아 옥성-비옥돈 사료 내 옥수수-대두박의 대체원료로서 타피오카 주정박의 사용이 질소 축적률에 부정적인 영향을 미치지 않는 것으로 나타났다.

표 68. 타피오카 주정박의 급여가 옥성-비옥돈의 영양소 소화율에 미치는 영향<sup>1</sup>

Item	CON	T-DDGS5	T-DDGS10	T-DDGS15	SEM <sup>2</sup>
<b>Nutrient digestibility (%)</b>					
Dry matter <sup>1</sup>	89.69 <sup>A</sup>	87.62 <sup>AB</sup>	86.30 <sup>B</sup>	83.08 <sup>C</sup>	0.83
Crude protein <sup>1</sup>	91.17 <sup>a</sup>	87.08 <sup>ab</sup>	82.91 <sup>b</sup>	76.50 <sup>c</sup>	1.74
Crude ash <sup>1</sup>	59.85 <sup>A</sup>	53.55 <sup>AB</sup>	33.18 <sup>B</sup>	28.49 <sup>B</sup>	4.25
Crude fat	85.28	82.81	90.12	82.95	1.34
<b>N-retention<sup>3</sup> (g)</b>					
N-intake	20.97	20.97	20.97	20.97	-
Fecal N <sup>1</sup>	2.02 <sup>C</sup>	2.94 <sup>BC</sup>	3.23 <sup>B</sup>	4.57 <sup>A</sup>	0.30
Urinary N <sup>1</sup>	8.85 <sup>A</sup>	7.70 <sup>A</sup>	7.96 <sup>A</sup>	5.60 <sup>B</sup>	0.39
N-retention	10.10	10.33	9.77	10.80	0.23

<sup>1</sup> A total of 12 pigs with an initial average weight of 44.72±0.83kg.

<sup>2</sup> Standard error of mean.

<sup>3</sup> N retention(g) = N intake(g) - Fecal N(g) - urinary N(g).

<sup>A,B,C</sup> Means in a same row with different superscript letters were significantly different (P<0.01).

<sup>a,b,c</sup> Means in a same row with different superscript letters were significantly different (P<0.05).

<sup>1</sup> Linear effect by addition of dietary tapioca DDGS level (P<0.05).

<sup>q</sup> Quadratic effect by addition of dietary tapioca DDGS level (P<0.05).

#### 마. 도체 특성 및 육질 분석(Carcass characteristics and pork quality)

옥수수와 대두박 위주의 기존 사료를 타피오카 주정박을 이용하여 대체하였을 경우 돈육의 일반성분 및 이화학적 특성에 미치는 영향을 아래 표 69에 나타내었다. Kass 등(1980)은 주정박을 비육기 사료에 높은 함량으로 첨가할 경우 사료 내 조섬유 함량이 증가하여 장관 및 소장외 부피가 늘어나게 되면서, 정육율이 줄어들게 된다고 보고하였다. 반면, Whitehouse(1932)는 소맥 위주의 실험사료를 비육돈에게 급여했을 때 옥수수를 위주로 한 사료를 급여했을 경우보다 정육율 및 육질이 개선된다고 보고하였고, Luce 등(1972)은 소맥의 첨가여부에 상관없이 동등한 도체 특성을 보인다는 결과를 발표하는 등 여러 논문에서 다소 상반되는 결과를 나타내었다.

본 실험 결과에서 원료사료를 대체함에 따라 사료 내 타피오카 주정박을 15% 첨가한 처리구가 다른 처리구들에 비해 낮은 정육율(dressing percentage)을 보였으며(P<0.05), 등지방 두께도 두꺼워지는 경향을 보였다(P=0.06). 이 결과는 기존에 연구된 등지방이 감소한다거나

또는 영향이 없었던 논문들의 경향과 상반된 결과이다(Fu 등, 2004; McEwen, 2006; Widmer 등, 2008).

돈육의 화학적 조성에서는 조지방의 함량을 제외한 모든 항목에서 처리구간의 유의적인 차이는 나타나지 않았다. 일반적으로 에너지원으로 지방을 이용할 경우 전분에 비해 효율적으로 체지방 축적이 가능한 것으로 알려져 있다. 본 실험에서는 Control 처리구와 대체원료 처리구들 간의 에너지 함량을 대두유(soy oil)를 이용하여 조절하였으며, 이는 타피오카 주정박이 첨가된 처리구에서 첨가수준이 증가함에 따라 돈육의 조지방 함량도 linear하게 증가하는 결과를 나타낸 것으로 사료된다( $P < 0.05$ ). 이와 같이 사료 내 타피오카 주정박의 첨가는 조지방 성분을 제외한 다른 돈육 성분에는 영향을 미치지 않는 것으로 나타났으며, 이는 육질에 대한 문제 없이 옥수수과 대두박을 타피오카 주정박으로 대체 가능하다는 것을 보여준다.

돈육에서의 pH는 보수력, 육색, 육질, 저장기간과 관련이 깊다(Dutson, 1987). 또한 돈육 품질 향상을 위하여 돈육의 pH저하와 이상적인 pH에 대한 연구가 계속되어 왔다. 이 실험에서 타피오카 주정박의 사료 내 첨가는 돈육의 시작과 최종 pH에 어떠한 영향도 미치지 않는 것으로 나타났다. 이 결과는 Whitney 등(2006)의 사료 내 주정박의 첨가가 돈육의 pH에 영향을 미치지 않는다는 실험결과와 동일하다. 육색에서 도축 24시간 후 CIE  $a^*$  값이 quadratic하게 증가하였고( $P < 0.05$ ), CIE  $b^*$  값은 linear하게 증가하였다( $P < 0.05$ ). CIE  $a^*$  값은 돈육생산자에 있어서 중요한 수치중 하나로서, 소비자들은 적색을 띠는 고기를 선호하기 때문에 돈육 구입 시 중요한 요소이다.

대체원료의 급여가 육질의 가장 중요한 척도인 돈육의 가열감량(cooking loss)과 전단력(shear force) 및 보수력(water holding capacity)에 미치는 영향을 분석해본 결과 가열감량은 T-DDGS15 처리구가 다른 처리구에 비해 높게 나타났으나 보수력에 부정적인 효과를 보이지 않았다( $P < 0.05$ ). 보수력은 내외적 환경변화에 따른 고기의 수분 보유 능력에 대한 척도로서, 고기의 미세구조 또는 세절시 나타나는 수분함량의 변화로 결정되며, 고기의 pH 변화와 밀접한 연관성을 가지는 것으로 알려져 있다. 또한 전단력은 고기의 질긴 정도를 기계적으로 측정할 수치로 보수력과 함께 지방과 연관이 큰 것으로 알려져 있고, 가열감량은 간접적인 보수력의 지표 중 하나로 일반적으로 보수력과 역의 상관관계를 갖는 것으로 알려져 있다(Hamm, 1986).

본 실험결과 사료 내 옥수수-주정박 대체원료인 타피오카 주정박의 첨가는 돈육의 정육율을 감소시키는 효과를 보였지만, 육질의 이화학적 특성인 가열감량, 전단력, 보수력 등에 부정적인 영향을 미치지 않는 것으로 나타났다.

표 69. 타피오카 주정박의 급여가 육성-비육돈의 도체 및 육질에 미치는 영향<sup>1</sup>

Item	CON	T-DDGS5	T-DDGS10	T-DDGS15	SEM <sup>2</sup>
Live weight(kg)	113.73	113.00	113.30	113.53	0.93
Dressing percentage(%) <sup>1q</sup>	76.44 <sup>a</sup>	76.88 <sup>a</sup>	77.20 <sup>a</sup>	74.41 <sup>b</sup>	0.35
Back-fat thickness(mm)	16.50	19.75	20.75	21.50	0.98
<b>Proximate analysis</b>					
Moisture	73.94	72.94	72.65	73.73	0.27
Crude protein	23.15	22.66	23.20	22.22	0.19
Crude ash	1.21	1.19	1.31	1.17	0.02
Crude fat	2.33	2.71	2.98	2.96	0.26
<b>pH</b>					
Initial, 3 h	5.93	5.67	5.89	5.73	0.06
After 24 h	5.60	5.58	5.61	5.57	0.03
<b>Meat color</b>					
Initial, 3 h					
CIE L*	39.84	48.04	41.76	42.39	1.35
CIE a*	1.98	2.67	1.45	1.75	0.20
CIE b*	4.35	5.90	4.49	4.50	0.27
After 24 h					
CIE L*	44.05	48.87	45.58	46.97	0.81
CIE a* <sup>Q</sup>	3.29	2.95	2.27	4.21	0.22
CIE b* <sup>1</sup>	5.26 <sup>b</sup>	5.54 <sup>b</sup>	5.08 <sup>b</sup>	6.62 <sup>a</sup>	0.20
Cooking loss	34.61 <sup>b</sup>	35.09 <sup>ab</sup>	34.12 <sup>b</sup>	36.82 <sup>a</sup>	0.40
Shear force <sup>q</sup>	3.18	3.03	3.04	3.19	0.03
Water holding capacity	55.08	55.78	55.80	54.62	0.33

<sup>1</sup> A total of 16 pigs were slaughtered at average weight of 113.39±3.73kg.

<sup>2</sup> Standard error of mean.

<sup>a,b</sup> Means in a same row with different superscript letters were significantly different(P<0.05).

<sup>1</sup> Linear effect by addition of dietary tapioca DDGS level(P<0.05).

<sup>Q</sup> Quadratic effect by addition of dietary tapioca DDGS level(P<0.01).

<sup>q</sup> Quadratic effect by addition of dietary tapioca DDGS level(P<0.05).

바. 경제성 분석(Economic analysis)

육성-비육돈의 증체 당 비용에 미치는 타피오카 주정박의 수준별 급여 효과를 표 70에 나타내었다. 우리나라 양돈 사료의 주요 원료는 옥수수-대두박으로 최근 미국에서의 바이오에너지 생산의 영향으로 높은 수입 가격을 유지하고 있다. 그러나 소맥의 경우 주 생산지가 유럽을 비롯한 중앙아시아 지역이므로 옥수수에 비해 곡물가격 폭등의 영향을 덜 받아 최근에 상대적으로 낮은 가격을 유지하고 있고, 주정박(DDGS, Dried distiller's grains with soluble)의 경우에도 미국에서의 생산량이 점차 증가하면서 옥수수와 비교하여 가격경쟁력을 갖기 시작하고 있다. 이러한 배경을 바탕으로 실험사료 kg 당 증체량을 산출해본 결과 육성전기에 증체 당 비용은 타피오카 주정박 첨가에 따라 증가되었고(linear,  $P<0.05$ ; quadratic,  $P<0.05$ ), DDGS15 처리구에서 유의적으로 증체 당 비용이 가장 높게 나타났다( $P<0.05$ ). 또한 비육전기에서 증체 당 비용은 타피오카 주정박 첨가 수준이 높아짐에 따라 증체 당 비용이 증가하였다가 다시 낮아지는 효과를 나타내었다(quadratic,  $P<0.05$ ). 그러나 전체 비육기와 육성-비육기 전체 기간에서 볼 때, 증체 당 비용에서 처리구간 유의차는 나타나지 않았다.

본 실험에서는 통계적으로 유의적인 차이는 나타나지 않았지만 상대적으로 대조구에 비해 대체원료 처리구의 사료효율이 약간 떨어져 생산비 감축 효과가 저평가된 면이 있었다. 하지만 대체원료의 사용에 따른 생산비 감축 효과는 충분히 나타났으며, 앞으로 옥수수나 대두박의 가격 변동이 심화된다면 생산비 감축 효과는 더욱 커질 것으로 사료된다.

표 70. 타피오카 주정박의 급여가 육성-비육돈의 경제성에 미치는 영향

Item	CON	T-DDGS5	T-DDGS10	T-DDGS15	SEM <sup>1</sup>
0-3 week <sup>1q</sup>	984.05 <sup>B</sup>	992.30 <sup>B</sup>	1,028.63 <sup>B</sup>	1,134.99 <sup>A</sup>	15.20
4-6 week	1,387.55	1,409.19	1,293.24	1,332.99	62.62
0-6 week	1,185.80	1,200.74	1,160.94	1,233.99	36.68
7-10 week <sup>1q</sup>	1,076.07	1,631.72	1,385.92	1,263.86	144.44
11-14 week	1,338.51	1,376.39	1,284.29	1,347.85	179.48
7-14 week	1,200.52	1,476.66	1,335.11	1,293.91	141.55
0-14 week	1,182.00	1,305.40	1,255.65	1,240.02	79.64

<sup>1</sup> Standard error of mean.

<sup>A, B</sup> Means in a same row with different superscript letters were significantly different( $P<0.01$ ).

<sup>1</sup> Linear effect by addition of dietary tapioca DDGS level( $P<0.05$ ).

<sup>q</sup> Quadratic effect by addition of dietary tapioca DDGS level( $P<0.05$ ).

## 제 4 장 목표달성도 및 관련분야에의 기여도

본 연구는 양돈 사양농가의 생산비 절감을 통한 양돈 경쟁력 향상의 일환으로, 사료비 절감을 위해 옥수수-대두박 위주의 사료에 대체원료를 첨가하여 사료비 절감을 통한 경제성 향상과 출하돈의 육질변화에 미치는 영향을 파악하여 사료 내 대체원료 사용의 경제성과 돼지의 성장 및 육질을 높일 수 있는 영양, 사료적인 방법을 도출하고자 수행하였다.

우리나라는 배합사료 원료의 95% 이상을 외국에서 수입하는 나라로 국제 곡물가격에 크게 영향을 받는 국가로 2006년부터 곡물원료사료 국제 가격이 지속적으로 상승과 유가 폭등, 가뭄 바이오 연료의 사용량 증가 등이 계속되면서 사료비가 높게 형성되고 있는 실정이다. 이러한 결과로, 우리나라에서 주요 곡물원료로 사용하는 옥수수-대두박 및 유제품 등의 가격은 지속적으로 상승하여, 배합사료 가격 상승의 주원인이 되었으며, 사료비 가중으로 인한 생산비 증가 등 양돈 사양가들의 부담이 증가되고 있다. 따라서 우리나라 양돈사료 원료로 주로 사용되고 있는 옥수수나 대두박을 대체할 수 있는 대체원료 사료에 대한 검증이 시급하나, 이들에 대한 원료사료로서의 영양적 가치 및 첨가수준에 대한 정확한 연구들이 미진한 실정이다.

대체사료 원료들이 배합사료를 위한 원료사료로 사용되기 위해서는 기본적으로 몇 가지 조건이 있다. 우선 경제성으로, 가격적인 조건이 기존에 배합사료에 쓰이는 원료보다 저렴해야 하며, 둘째는 성장성으로, 물의 성장에 기존에 사용하던 원료만큼의 성장 효과를 보여야 한다. 마지막으로 원료의 생산성 및 저장성으로, 세계적으로 원료의 생산량이 많아 꾸준히 물량을 확보할 수 있어야 하며, 저장성 또한 우수해야 한다. 이러한 여러 가지 조건을 충족하는 대체원료 후보로는 DDGS(distillers driedgrains with solubles), 야자박(copra meal), 팜박(palm kernel meal), 쌀가공품 등이 있다. DDGS는 미국 등지에서 옥수수나 소맥 등을 이용한 ethanol 생산 후 남은 부산물로 발효에 사용된 효모의 잔존 등의 효과를 기대하고 있다. Copra 박과 palm 박은 주로 동남아시아에서 생산되는 야자나 팜에서 기름을 추출하고 남은 부산물이다. Copra 박의 경우 단백질 함량이 21-25% 정도로 옥수수나 소맥피에 비해 높은 편이며 반추동물이나 토끼 등의 사료로 이용되어 왔다. 쌀가공품은 주식으로 사용하지 못하는 등외품을 가공하여 만든 쌀 가공물로 전분함량이 높고 소화율이 매우 좋은 특징을 가지고 있다.

최근 연구에 의하면, copra 박을 양돈사료로 급여할 경우 지방이 적고, 단단하며, 융점이 40°C 이상으로 높은 백색의 경지방 돼지고기를 생산할 수 있고, 비전분성 다당류가 prebiotics로서 작용하여 유산균의 증식 및 병원성 미생물의 저하를 유도하는 등의 여러 가지 장점을 보이고 있다. 타피오카 DDGS의 경우, 일본의 가고시마 흑돈을 비롯한 여러 지역의 브랜드 돈육의 특징은 비육후기에 타피오카 등의 함량이 10% 이상 함유된 비육후기 사료의 급여를 철저히 지키는 것이다. 비육후기 사료를 급여하여 돈육 내 상강도(marbling)를 높여 돈육의 전체적인 품질을 높일 수 있으므로 소비자들이 원하는 고급육을 생산할 뿐만 아니라 비육후기에 사료비의 절감도 가능한 이상적인 사양방법을 이미 시행하고 있다.



대체원료 사료의 사용은 사료비를 직접적으로 낮춰주기도 하지만, 주요 양돈 사료곡물인 옥수수-대두박의 가격 조절효과 또한 기대할 수 있다. 대체 사료원료 사용 시 돼지의 성장과 육질에 미치는 영향에 기초한 사용기준이 마련되었으며, 또한 배합사료 소비자인 양돈 사양가의 대체 원료에 대한 거부감을 없애기 위한 방안을 제시하였다. Copra 박과 palm 박의 영양소 함량을 옥수수와 비교해 보면, 단백질 함량은 copra 박이 23.4%, palm 박이 22.0%로 옥수수 7% 보다 월등히 높고, 라이신의 함량 또한 0.58-0.81%로 높다. 반면 섬유소의 함량이 높고 이 중 만난의 함량은 copra 박이 27.5%, palm 박이 32.5%로 높은 편이다. 게다가 옥수수에 비해 가격이 월등히 낮은 것도 이 두 원료의 이용 가치가 높다는 것을 본 연구에서 제시하였다. 쌀 가공품의 경우 쌀은 옥수수와 함께 탄수화물의 함량이 가장 높은 곡물로 손꼽혀 결과적으로 가축사료 중 특히 양돈 사료에 있어 탄수화물의 공급원으로 제공될 수 있으며, 타피오카 주정박의 경우, DDGS 생산이후 생산된 부산물을 이용하여, 양돈 원료로 이용할 수 있는 장점을 제시하였다.

본 과제 중 1년차에는 대체원료로서 copra 박의 양돈 사료 내 첨가에 따른 소화율 검증이 이루어졌다. Copra 박은 열대지방에서 자라는 식물의 열매인 코코넛에서 기름을 추출하고 남은 부산물로서 단백질함량이 21-25% 정도로 옥수수나 소맥피에 비해 높은 편이며 반추동물, 토끼 등의 사료에 이용되어 왔다. 최근의 연구에 의하면 돼지 사료에 copra 박을 급여하면 지방이 적고, 단단하며, 융점이 40℃ 이상으로 높은 백색의 경지방을 함유한 돼지고기를 생산할 수 있으며, copra 박이 함유하고 있는 제한 아미노산의 이용을 또한 상당히 높아 돼지사료로의 이용가능성이 충분하다. 또한 비전분성 다당류가 prebiotics로써 장내 유익균들이 이용하기 좋은 섬유소를 공급하고, 휘발성 지방산(volatile fatty acid: VFA)이 장관 내 pH를 저하시켜 유산균의 증식 및 병원성 미생물의 저하를 유도하며, 대장균에 부착부위(binding site)를 제공하여 분으로의 배출을 유도한다. 따라서 copra 박을 옥수수와 대두박의 대체원료의 후보물질로 선정하고, 돼지에서의 소화율 및 성장능력 연구를 통하여 이들이 대체원료로써의 가능성을 검증하고자 본 연구를 수행하였다. 소화율 실험은 전분 채취법을 통한 대사에너지의 측정, 회장소화율 및 in vitro 실험을 통한 소화율 측정을 통하여 이루어졌다. Copra 박과 palm 박의 대사에너지와 영양소 소화율을 측정하기 위하여 총 24두의 육성돈([Yorkshire×Landrace]×Duroc)이 공시되었다. 옥수수-대두박 위주의 기초사료가 이용되었으며, 기초사료가 70%, copra 박과 palm 박이 각각 30%가 함유된 처리구 사료로 이용되었다. 섭취된 사료기준(fed basis)으로 copra 박의 가소화에너지, 대사에너지, 질소보정대사에너지 값은 2,985, 2,825, 2,741kcal/kg이었으며, palm 박에서는 2,847, 2,811, 2,768kcal/kg이었다. 건물기준(DM basis)으로는 copra 박의 가소화에너지, 대사에너지, 질소보정대사에너지의 값이 3,253, 3,083, 2,991kcal/kg 이었으며, palm 박에서는 2,959, 2,939, 2,896kcal/kg이었다. 본 실험 결과 copra 박은 palm 박에 비해 높은 단백질 수준과 영양소 이용율을 보였지만, 에너지 수치에서는 copra 박과 palm 박의 가소화에너지, 대사에너지, 질소보정대사에너지가 모두 통계적으로 비슷한 수치를 보였다. 회장소화율 실험에서는 평균 체중 34.43±0.11kg(처리 간 평균

체중 차이)의 3원 교잡종([Yorkshire×Landrace])×Duroc) 육성돈을 공시하였으며 전체 5 처리 4반복으로 회장소화율 실험을 실시하였다. 각각의 실험돈은 회장말단에 T-canula를 설치하였으며(Stein 등, 1998), 0.93 m×1.53 m의 대사를 내에서 2주간의 회복기간을 가졌다. 실험의 처리구는 다음과 같다. 1) NC(mannanase 무첨가), 2) PC(800IU mannanase 0.01% 첨가), 3) CM6(6% copra 박+800IU mannanase 0.01% 첨가), 4) CM12(12% copra 박+800IU mannanase 0.01% 첨가), 5) CM18(18% copra 박+800IU mannanase 0.01% 첨가). Mannanase의 첨가수준과 활력정도는 제조사(CTCbio, 주)의 권장량을 참고하여 설정하였다. 사료는 각 실험돈의 체중을 기준으로 유지에너지 요구량의 2배(NRC, 1998)를 정량하여 하루에 두 차례로(7:00, 19:00) 나눠 급여하였으며, 적응기 4일이 지난 후, 3일 동안 8:00에서 20:00시 사이에 회장소화물 샘플을 채취하였다. 음수의 경우 무제한 채식이 가능하도록 하였다. 채취된 샘플은 미생물로 인한 아미노산 서열의 변화를 막기 위하여, 샘플링 후 즉시 이동되어, -60℃의 초저온냉동고(deep freezer)에서 보관되었고, 이후에 동결건조와 분쇄 과정(1 mm wiley mill)을 거치고, 아미노산 분석에 이용되었다. 실험결과 실험사료의 아미노산 조성에서는 copra 박 첨가구(CM6, CM12 및 CM18 처리구)의 경우 대체적으로 대조구(NC 및 PC 처리구)에 비해 lysine, isoleucine, aspartic acid 및 tyrosine의 함량이 낮은 경향을 보였고, 다른 아미노산의 경우 비슷한 분석치를 나타냈다. 외관상 회장 소화율 측정 결과, lysine 소화율에서 NC 처리구가 copra 박을 18% 첨가한 CM18 처리구보다 3.20% 높은 수치를 나타냈고, aspartic acid 소화율에서는 copra 박을 각각 12%, 18% 첨가한 CM12, CM18 처리구가 NC 처리구에 비해 상대적으로 낮은 소화율을 나타냈다(P<0.05). 이외에도 glycine 소화율에서 CM12 처리구가 NC 처리구에 비해 낮은 소화율을 나타냈으며(P<0.05), 다른 아미노산 소화율의 경우에도 유의적인 차이는 나타나지 않았으나 CM18 처리구가 다른 처리구들에 비해 소화율이 떨어지는 수치적인 경향을 나타냈다. 또한 orthogonal polynormal contrast 결과, lysine과 glutamine의 소화율에서 copra 박의 첨가수준 증가에 따라 linear response가 있었고(P<0.05), aspartic acid의 소화율에서 copra 박의 첨가수준 증가에 따라 고도의 linear response(P<0.01)가 있는 것으로 나타났다. 또한 외관상 회장 소화율 결과와 무질소사료를 급여하여 얻은 기초 내생 아미노산 손실(basal endogenous amino acid losses)을 각각의 아미노산에 적용시켜 구한 표준 회장 소화율(SID)의 결과 lysine 소화율에서 AID 분석 결과와 동일하게 CM18 처리구가 대조구에 비해 낮은 소화율을 나타냈으며, glycine 항목에서는 CM12 처리구가 NC 처리구에 비해 유의적으로 낮은 수치를 나타냈다(P<0.05). 그 외의 다른 아미노산의 경우 통계적으로 유의적인 차이를 나타내지 않았으며, orthogonal polynormal contrast 결과에서는 lysine과 aspartic acid 소화율 항목이 copra 박 첨가 수준에 따른 linear response를 나타낸 것으로 분석되었다(P<0.05). 결론적으로 copra 박을 육성기 사료 내에 첨가할 경우 12%까지는 lysine 소화율에 악영향을 미치지 않는 것으로 나타났고, 다른 아미노산 소화율에서도 AID와 SID 모두 대조구와 비교하여 차이가 없는 것으로 나타났다. 기존 양돈사료의 주요 원료인 옥수수나 대두박의 경우 가격 변화폭이 일

정하지 않기 때문에 이러한 실험 결과는 배합사료의 원료를 선정 시 다양성면에서 큰 도움이 될 수 있을 것으로 예상된다. 사료 내 copra 박을 첨가한 사양실험에서는 mannanase를 첨가한 copra 박의 수준별 급여가 육성-비육돈의 성장률과 영양소 소화율, 육질에 미치는 영향을 조사하고자 수행되었다. 평균 체중  $27.22 \pm 0.09\text{kg}$ 의 3원 교잡종 ([Yorkshire×Landrace]×Duroc) 육성돈 80두를 공시하였으며, 난괴법(Randomized complete block design; RCBD)에 따라 배치하여 약 12주 동안 육성비육기 사양실험을 수행하였다. 실험의 처리구는 다음과 같다. 1) NC(mannanase 무첨가), 2) PC(800IU mannanase 0.01% 첨가), 3) CM6(6% copra 박+800IU mannanase 0.01% 첨가), 4) CM12(12% copra 박+800IU mannanase 0.01% 첨가), 5) CM18(18% copra 박+800IU mannanase 0.01% 첨가). 모든 영양소는 NRC(1998) 사양표준의 영양소요구량과 같거나 높게 배합하였고, copra 박 첨가량에 따라 옥수수-대두박을 일정량 제외하였다. 전체 시험기간동안 일당증체량은 다른 처리구에 비해 CM18 처리구에서 통계적 유의차는 나오지 않았지만 감소하는 경향을 나타내었고 그 외에 다른 처리구간에는 차이가 나타나지 않았다( $P>0.09$ ). 또한 CM18 처리구의 경우 다른 처리구에 비해 낮은 사료효율을 보여 copra 박을 18%까지 첨가할 경우에 성장률에 악영향을 미칠 수 있다는 결과를 나타내었다( $P<0.05$ ). 육성기에서 실시된 대사실험에서는 CM18 처리구의 조단백질 소화율이 다른 처리구에 비해 낮은 경향을 나타내어 성장성적을 뒷받침하는 결과를 나타내었고 육질분석 실험에서는 copra 박 첨가구(CM6, CM12, CM18)가 copra 박 무첨가구(NC, PC)에 비해 높은 TBARS 수치를 나타내었다( $P<0.05$ ). 이상의 결과를 종합해 보면, copra 박을 적정량의 mannanase와 함께 12%까지 첨가할 경우에는 돈군의 성장에 영향을 미치지 않고 옥수수-대두박을 대체할 수 있을 것으로 사료된다.

2년차 과제에서는 또 다른 대체원료 후보인 palm 박과 쌀가공품에 대한 실험이 진행되었다. 먼저, mannanase를 첨가한 palm 박의 수준별 급여가 육성-비육돈의 성장, 영양소 소화율 및 돈육 품질에 미치는 영향에 대하여 알아보고, 이를 바탕으로 옥수수-대두박 위주의 기존 양돈 사료에서의 이용 가능성에 대한 평가를 하기 위하여 수행된 실험에서는 평균 체중  $29.68 \pm 0.17\text{kg}$ 의 3원 교잡종 ([Yorkshire×Landrace]×Duroc) 80두를 공시하였으며, 사양 실험은 전체 5 처리 4반복, 반복 당 4마리씩 성별과 체중에 따라 난괴법(Randomized complete block design; RCBD)으로 배치하여 수행하였다. 실험의 처리구는 1) NC(mannanase 무첨가), 2) PC(800IU mannanase 0.01% 첨가), 3) PKM6(6% palm 박+800IU mannanase 0.01% 첨가), 4) PKM12(12% palm 박+800IU mannanase 0.01% 첨가), 5) PKM18(18% palm 박+800IU mannanase 0.01% 첨가)로 설정하였다. 성장성적에서는 체중, 일당증체량과 사료 효율 모두 실험 전 기간에 걸쳐 유의적인 차이가 나타나지 않았다. 영양소 소화율에서도 palm 박의 수준별 첨가에 따른 유의차는 나타나지 않았으며, 육질 역시 pH, 육색, 가열감량, 보수력, 전단력 항목분석 결과 유의차가 나타나지 않았다. 경제성 분석 결과 통계적 유의차는 없었지만 1kg 증체 당 사료비용에서 palm 박 12% 처리구가 가장

낮은 생산비용을 나타냈다. 결론적으로 palm 박을 돼지 사료 내에 첨가할 경우 12%까지는 성장률과 영양소 소화율과 육질에 부정적인 영향을 미치지 않는 것으로 나타났다.

Copra 박과 palm 박의 수준별 첨가와 이의 이용효율을 증진 시킬 수 있는 mannanase 효소제를 함께 첨가하였을 때, 육성-비육돈에서의 성장 효과 및 영양소 소화율, 혈중요소태질소, 육질에 미치는 효과를 규명하여 육성-비육돈 사료 내 mannanase 첨가 수준과 copra 박과 palm 박의 적정 첨가량을 검증하기 위하여 수행된 실험에서는, 12주간의 사양실험 결과 비육기 6주 동안의 체중에서 palm 박을 처리한 처리구가 copra 박을 처리한 처리구에 비하여 유의적으로 높게 나타났다( $P<0.05$ ). 또한 비육전기의 일당증체량에 있어서 palm 박을 급여한 처리구가 copra 박을 처리한 처리구에 비하여 고도의 유의적인 차이를 보여 주었으며 ( $P<0.005$ ), 비육기 전체와 실험 전 기간의 일당증체량이 palm 박을 급여한 처리구가 더 높은 경향을 나타내었다( $P=0.06$ ). 사료섭취량에서는 palm 박과 copra 박의 차이가 나타나지 않았지만 비육전기의 사료효율에서도 palm 박을 급여한 처리구가 유의적으로 높은 모습을 보여주었다( $P=0.05$ ). 또한 사료 섭취량에서의 상호작용은 비육전기, 비육기 전 기간에서 나타났으며 ( $P<0.05$ ), 실험 전 기간에서는 고도의 유의적인 차이가 발견되었다( $P<0.01$ ). 혈중 요소태질소나 육질 검사에 있어서는 처리구간의 유의적인 차이가 나타나지 않았으나, 보수력에서 mannanase 수준이 증가할수록 유의적으로 증가하였다( $P=0.01$ ). 본 실험을 통하여 비육기 사료에 copra 박을 첨가하는 것 보다는 palm 박을 첨가하는 것이 비육돈의 성장에 더 좋은 영향을 미치는 것으로 나타났으며 보수력에 있어 높은 수준의 mannanase의 첨가는 육질 향상에 영향을 미치는 것으로 나타났다.

유당 대체원료로서 쌀가공품의 첨가가 이유자돈의 성장성적 및 소장의 건강성에 미치는 영향에 대한 실험에서는  $24\pm 3$ 일령에 이유한 평균체중  $7.56\pm 1.18\text{kg}$ 의 삼원교잡종 ([Yorkshire $\times$ Landrace] $\times$ Duroc) 81두를 공시하여, Phase I 2주, Phase II 3주로 총 5주 동안 사양실험을 수행하였다. 전체 3처리 3반복으로 돈방 당 9두씩 성별과 체중에 따라 난괴법(Randomized complete block design; RCBD)으로 배치하였다.

실험의 처리구는 다음과 같다: 1) Con(control ; NRC(1998)를 충족하는 옥수수-대두박 위주의 기초사료), 2) L3 처리구(기초사료+유당 13%+쌀가공품 3%), 3) L6 처리구(기초사료 +유당 10%+쌀가공품 6%) 으로 구성되어 실험을 수행하였다. 5주간의 사양실험에서는 처리구간 체중, 일당증체량, 사료섭취량에서는 유의적인 차가 나타나지 않았지만 쌀가공품을 유당을 대체하여 6%까지 첨가하였을 때 일당증체량과 일당사료 섭취량이 증가하는 경향을 보였다. 쌀가공품의 첨가에 의한 영양소 소화율에서는 처리구간 유의적인 차이가 없었으며, 설사빈도에 있어서는 L6 처리구의 설사 빈도가 낮게 나타났으나 처리구간 수치상 유의적인 차이는 보이지 않았다. 분 내 대장균 수 비교에서는 대조구에 비해 쌀가공품의 첨가수준이 증가할수록 분 내 대장균의 수가 유의적으로 감소하는 것을 볼 수 있었다( $P<0.05$ ). 분 내 미생물 대사산물인 휘발성 지방산 농도 비교에서는 L6 처리구가 대조구에 비해 acetate와 propionate, butyrate가 높은 수치를 보였으나 각 처리구간 유의차는 나타나지 않았다. 해부실험에 따른

소장의 형태학적 관찰에서는 쌀가공품의 첨가수준이 증가할수록 용모의 길이와 용와 깊이가 커지는 것으로 나타났으나 통계적인 유의차는 없었으며, 장내 미생물 균총에서는 쌀가공품의 첨가수준이 증가할수록 장내 유익균의 수가 증가하는 경향을 볼 수 있었다. 본 시험을 통해 이 유사돈 사료 내 유당 대체제로서 쌀가공품의 첨가는 이 유사돈의 성장능력을 향상시키는 경향을 나타냈으며, 설사빈도, 분변 내 대장균 수, 장내 미생물 균총에 대해서도 긍정적인 영향을 미치는 것으로 나타났다. 쌀가공품의 6% 대체는 원료사료 수입에 따른 외화절약 및 양돈 농가의 경제적 이득을 증대시킬 수 있을 것으로 사료된다.

3년차 연구과제에서는 임신돈과 포유돈 사료에 palm 박 및 효소제의 첨가가 임신기·포유기의 생리적 변화와 분만 및 자돈의 성장에 미치는 영향을 조사하고 사료에 palm 박의 적용 가능성과 효소제의 효과를 평가하기 위해 수행되었다. 임신돈 실험에서는, 1산차의 F1 교잡종 (Yorkshire×Landrace, 평균 체중  $148.70 \pm 8.30$ ) 미경산돈 27두를 공시하여 체중 및 등지방 두께에 따라 5처리에 완전임의 배치법(Completely randomized design; CRD)으로 배치하여 실시하였다. 돈군은 임신돈 스톨( $2.4 \times 0.64\text{m}^2$ )에서 사양되었으며 종부 후 110일령에 분만틀(분만틀의 넓이  $2.5 \times 1.8\text{m}^2$ , 높이 500mm)로 이동시켜 분만실험을 진행하였다. 처리구는 palm 박과 효소제의 첨가 유무에 따라 각각 1) CON(Corn-SBM based diet), 2) P5(palm 박 5% 첨가), 3) P10(palm 박 10% 첨가), 4) PM5(palm 박 5%+mannanase 0.1% 첨가), 5) PM10(palm 박 10%+mannanase 0.1% 첨가)로 구성되었다. 본 실험의 결과, 실험 전 기간 동안 대조구의 체중이 수치상으로 낮게 나타났으나 유의적인 차이는 발견되지 않았으며, palm 박과 효소제에 대한 요인분석( $2 \times 2$ )에 있어서도 palm 박 및 효소제의 첨가에 대한 효과가 발견되지 않았다. 따라서 임신돈 사료에서 옥수수-대두박 사료를 10% 수준까지 palm 박으로 대체하는 것은 모든 체형에 문제가 없는 것으로 나타났으며, 효소제의 효과가 나타나지 않았다는 점을 고려하면 10% 수준의 palm 박은 효소제가 없다 하더라도 임신돈이 충분히 이용할 수 있는 것으로 사료된다.

포유돈 실험에서는, 임신기의 실험이 종료된 1 산차의 F1 교잡종 (Yorkshire×Landrace, 평균 체중  $190.70 \pm 6.26$ ) 분만모돈 22두를 공시하여 체중 및 등지방 두께에 따라 5처리에 완전임의 배치법(Completely randomized design; CRD)으로 배치하여 실시하였다. 돈군은 분만틀(분만틀의 넓이  $2.5 \times 1.8\text{m}^2$ , 높이 500mm)에서 사양되었다. 자돈은 출생 후 24시간 이내에 견치, 단미, 철분주사, 이각을 실시하였고, 양자를 보낸 후 실험이 개시되었고 수태지의 거세는 분만 후 3일령에 이루어졌다. 처리구는 palm 박과 효소제의 첨가 유무에 따라 각각 CON(Corn-SBM based diet), P5(palm 박 5% 첨가), P10(palm 박 10% 첨가), PM5(palm 박 5%+mannanase 0.1%첨가), PM10(palm 박 10%+mannanase 0.1%첨가)로 구성되었다. 실험사료와 물은 자유채식 하도록 하였다. 본 연구의 결과에서 포유 모돈 사료에 palm 박의 급여는 모든 체중 및 등지방에 큰 영향을 미치지 않는 것으로 나타났으며, 낮은 기호성과 높은 NSP 함량으로 인해 우려되었던 사료 섭취량 감소는 유의적이지 않은 것으로 사료된다. 하지만 palm 박을 10% 수준으로 첨가하였을 경우 포유 모돈의 유성분을 변화시키

는 것으로 나타났다. 높은 함량의 palm 박은 모유 내 단백질과 고형분을 증가시키지만 lactose의 함량을 유의적으로 감소시켰고, 이로 인해 palm 박 10% 처리구들의 자돈의 일당 증체량이 대조구 및 palm 박 5% 첨가구들에 비해 감소된 것으로 사료된다. 효소제의 첨가는 임신기와 마찬가지로 일관된 결과를 보이지 않았으며, 모유 및 자돈의 성장은 palm 박에 효소제를 첨가하여도 그 효과가 나타나지 않았다. 이로 인해 비록 유의적인 차이는 발견되지 않았지만 palm 박 10% 처리구들의 자돈 폐사율이 높아진 것으로 추정된다. 따라서, 포유기 사료에 palm 박을 첨가하는 것은 가능할 것으로 나타났으나, 첨가 수준을 5% 수준까지로 제한하는 것이 안정적일 것이라 사료된다. 마지막으로, 타피오카 주정박이 육성-비육돈의 성장성적과 혈중요소태질소 및 돈육 품질에 미치는 영향에 대해 알아보기 위하여 실시한 실험에서는, 평균 체중  $28.91 \pm 1.92\text{kg}$ 의 육성돈([Yorkshire  $\times$  Landrace]  $\times$  Duroc) 80두를 공시하여 육성기 6주, 비육기 8주로 총 14주 동안 사양실험을 수행하였다.

육성기 첫 3주간은 사료 내 타피오카 수준이 높아질수록 linear 하게 체중, 일당증체량, 사료효율이 유의적으로 낮게 나타났다. 비육전기(7-10주)에서는 타피오카주정박 15% 첨가구에서 일당증체량과 일일섭취량이 높게 나타났으며, 비육후기에서 일일섭취량은 사료 내 타피오카 주정박 함량에 영향을 받지 않은 것으로 나타났다. 혈중요소태질소는 타피오카 주정박 첨가 처리구( $P < 0.05$ )에서 전 기간동안 일정하게 감소하는 결과를 나타내었다( $P < 0.05$ ). 영양소 소화율은 평균체중  $46.25 \pm 2.17\text{kg}$ 의 육성돈 12두를 공시하여 측정하였으며, 건물, 조단백질, 조회분 소화율이 타피오카 주정박의 첨가에 따라 linear 하게 감소하는 것으로 나타났다( $P < 0.05$ ). 육질 분석은 평균체중  $113.39 \pm 3.73\text{kg}$ 의 비육돈 16두를 도축하여 돈육의 pH, 육색, 보수력 및 전단력을 측정하였다. 모든 항목에서 처리 간 유의차가 나타나지 않았으나 타피오카 주정박 15%를 첨가한 처리구가 다른 처리구들에 비해 낮은 정육율(dressing percentage)을 나타냈다. 타피오카 주정박의 첨가 수준이 증가함에 따라 등심근의 조지방 함량이 linear 하게 증가하는 결과를 보였다( $P < 0.05$ ). 가열감량에서 타피오카 주정박의 첨가수준이 증가할수록 감소하는 경향을 나타내었다(Linear,  $P < 0.05$ ). 경제성 분석에서는 타피오카 주정박의 육성전기 이용성은 부정적이었지만( $P < 0.05$ ), 육성전기 이후로 증체 당 비용은 대조구와 비슷한 것으로 나타나, 결과적으로 비육기 사료 내 타피오카 주정박을 10%까지 첨가하여도 성장에 이상이 없음을 나타내었다.

결론적으로 본 연구를 통하여 옥수수-대두박 위주의 사료 내 대체원료를 첨가하여 그 효과를 규명함과 동시에 성장단계에 적절한 대체원료의 첨가량을 제시함으로써 현재 문제가 되고 있는 높은 사료비를 절감하여 생산비 절감 및 생산성 증대 효과를 기대할 수 있으며, 기존의 노랗고 찹찹한 사료만이 좋은 사료라는 사양농가의 인식을 개선시켜 더욱 다양하고 경제성 있는 대체원료들을 사용할 수 있고, 궁극적으로 다양한 영양·사료적 방법의 개발 및 검증은 통해 보다 건강한 돼지를 사육하는 가능성을 더욱 높일 수 있을 것으로 사료된다.

## 제 5 장 연구개발결과의 활용계획

본 연구를 통하여 대체원료의 기존에 사용하던 원료의 대체 가능성이 검증되었고 영양적 가치가 규명되었다. 저렴한 대체원료의 사용은 기존에 사용하던 원료와 비교하였을 때 돼지의 성장과 건강에 있어 긍정적인 영향을 나타내었고 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.

특히 본 실험에서 사용된 대체원료들의 실험 결과는 양돈사양가 및 사료 생산자가 개발하고자 하는 새로운 대안으로서의 충분한 가능성을 나타내었다. 대체원료 중 copra 박과 palm 박의 경우, 원료 내에 포함되어 있어 소화율을 저해시키는 항 영양인자인 mannan에 대해 부정적인 인식이 강한데 이들을 분해하여 항영양인자로서의 활성을 떨어뜨리는 효소인 mannanase를 첨가함으로써, 소화율을 증진시켜 돼지의 성장에 저해가 되지 않음이 나타났다. 육질분석에 있어서도 copra 박과 palm 박의 첨가는 유의적 차이를 보이지 않았으나, 대조구에 비해 육질이 개선되는 효과가 나타났다. 이는 copra 박 및 palm 박의 사용이 육질을 개선시키는 데 효과가 있어 소비자의 요구를 충족시켜 줄 수 있는 가능성을 나타내었다. 특히 옥수수-대두박을 대체 시 성장능력의 저해가 없음을 검증한 자료는 경제 사료로서 copra 박과 palm 박의 가능성을 확실히 하였으며, 이들의 첨가효과에 대한 강연을 통하여, 본 연구의 결과를 제시함으로써 신뢰성을 높여 농가들이 이를 적용할 수 있을 것이다. 위의 연구 내용은 copra 박 및 palm 박 첨가 시 나타나는 사료 외관이 어두워지는 것에 대해 우려하고 노랗고 찹찹한 사료가 좋은 사료라고 생각하는 양돈농가의 편견을 완화시키고 돼지가 사료를 섭취 하는 데 있어 기호성이나 성장능력에 전혀 문제가 되지 않음을 홍보하여 상승하는 곡물가격에 대비하여 유연하게 대체원료를 선택할 수 있도록 하는 데 활용될 수 있을 것이다. 그리고 이유자돈사료 내 유당의 대체원료로서 쌀 가공품의 첨가는 성장 성적에서도 대조구와 대등한 성장성적을 보임과 동시에 비싼 사료 단가를 낮춰 양돈농가의 사료비 절감을 통한 생산성 향상에 도움이 되었으며, 타피오카 주정박을 육성-비육돈 사료 내 사용 시 옥수수-대두박 원료에 비하여 가격 변동의 폭이 적기 때문에 사료비 절감으로 생산성을 향상시킬 수 있는 가능성이 검증되었다. 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 도드람 양돈조합 사료회사에 기술이전의 근거로 적용되었으며, copra 박 및 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 copra 박 및 palm 박을 첨가한 경제 사료의 사용은 일반 옥수수-대두박 위주의 사료보다 저렴하여 이는 양돈 생산비를 줄여 양돈생산성

을 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.

따라서 본 연구를 통한 대체원료의 개발 및 양돈 사료 내 첨가 효과의 검증을 통해 현재 문제되고 있는 지속적인 곡물원료의 가격 상승으로 인한 사료생산업의 피해 축소 및 양돈 생산성 증대를 통한 양돈 경쟁력 향상 효과를 기대할 수 있다. 기존의 값비싼 원료를 사용한 사료의 생산 대신 대체원료 활용을 통해 축산업 전반에 있어 생산성에 더욱 활기를 떨 수 있고, 궁극적으로 다양한 대체원료의 연구와 사료적 방법의 개발 및 검증을 통해 현재 지속적으로 상승하는 사료비에 대한 효과적인 대안을 마련할 수 있을 것으로 사료된다.



## 제 6 장 연구개발과정에서 수집한 해외과학기술 정보

Palm은 세계에서 가장 오래된 식물중 하나이며 남아시아 지방에서는 경제적인 이유로 굉장히 중요한 수출 식물로 취급되고 있다. Palm kernel meal(palm 박)은 반추동물에게 에너지와 단백질 공급원으로 이용되어 왔고, 이러한 이유로 태국이나 인도네시아, 인도 등지에서 반추동물 사료 체계로서 널리 이용되고 있다(Devendra, 1989). Palm 박은 옥수수과 밀기울보다 높은 21-25% 정도의 단백질을 함유하고 있으며, 10.5-12.5 MJ/kg DM 정도의 에너지 값을 가진다. 실험결과 Palm 박은 55-60%의 NDF 값을 가지고 있으며, 다른 solvent extracted되어 추출된 기름보다 높은 오일함량(8-10%)을 나타낸다. Palm 박은 사료 내 높은 섬유소 함량과 짙은 맛, 낮은 기호성이 문제가 되지만, 메치오닌(methionine) 과 cystine이 풍부하다. Palm 박과는 무관하게, alfatoxin B1은 오일 추출과정 및 팜 열매의 종류, 껍질의 존재유무에 따라 그 영양소의 내용이 다양해질 수 있다(O' Mara 등, 1999).

Palm 박은 껍질에 의한 감염의 가능성 때문에 리그닌(lignin) 성분이 높게 나타나고 (13.6%), 이는 사료를 쪼고 섬유처럼 만든다. 게다가 높은 밀도(0.67g/cc)와 보수성은 사료 섭취에 부정적인 영향을 미치는 요인으로 작용한다(Kyriazakis와 Emmans, 1995).

표 71. Palm 박의 화학적, 물질적 구성

Fraction	Composition(%)	Reference
Dry matter	94	Sunde 등, 2005
Crude protein	14-21	Sunde 등, 2005, Onwougike, 1986 Nwokolo 등, 1976
Gross energy(kcal/kg)	4998	Sunde 등, 2005
Crude fiber	21-23	Sunde 등, 2005, Sue, 2001
Lipid	8-17	Sunde 등, 2005, Sue, 2001
Ash	3-6	Sunde 등, 2005, Sue, 2001
Bulk density(g/copra 박 <sup>3</sup> )	0.67	Sunde 등, 2005
Bulk density(0.5 mm)(g/copra 박 <sup>3</sup> )	0.57	Sunde 등, 2005
WHC(1mm)(g water/g feed) <sup>1</sup>	2.82	Sunde 등, 2005
WHC(1mm)(g water/g feed)	2.93	Sunde 등, 2005

<sup>1</sup> WHC : water holding capacity

코코넛으로부터 기름 추출 공정을 마친 부산물이 copra meal, coconut cake 또는 coconut meal 이라 알려져 있으며, 이들은 약 34-42%의 습윤 중량을 지닌다(Hutagalung, 1981). 조단백질 함량은 21-25% 정도로 옥수수나 소맥피에 비해 높은 편이며 반추동물, 토끼 등의 사료에 쓰이지만 낮은 라이신과 높은 섬유소 함량 때문에 단위동물보다는 반추동물 사료로서 주로 이용되어 왔다. 대두박과 비교하여 copra 박은 더 높은 식이섬유소와 적은 조단백질을 함

유하고 있다. 일반적으로 copra 박의 조단백질은 다른 단백질원에 비하여 함유량이 낮기 때문에, 사료에 단백질 급원으로 단독으로 쓰일 시 그 요구량이 제한될 수 있다(Nhu Phuc, 2003).

표 72. 세계 코코넛 생산량(FAO, 2000)

Producer	1,000 tones	% of total
World	48,844	100
Asia	42,866	88
Indonesia	14,710	30
The Philphines	12,000	25
India	10,000	20
Sri Lanka	1,900	4
Thailand	1,420	3
Vietnam	1,400	3
Malaysia	967	2

영양학적으로 palm 박과 copra 박은 적당한 양의 탄수화물과 단백질을 함유하고 있다. 이 원료들의 영양소 함량과 품질 범위는 얼마나 오일 추출 과정이 잘 이뤄졌는지, 원료의 저장 상태가 좋은지, 그리고 껍질부분을 깨끗이 제거 후 추출에 쓰였는지에 따라 화학적 분석 값이 달라진다. Expeller에 의한 방법과 extract의 방법으로 제조한 palm 박과 copra 박의 영양적 가치에 대한 연구가 NRC(1984)와 O'Mara(1999) 등에 의해 이루어졌고, 그 결과로 extract 방법으로 제조 시 사료 내 조단백질(Crude protein) 함량과 조섬유(Crude fiber)가 높았다고 보고되었다. copra 박과는 달리, Palm 박은 알맹이와 껍질의 분리가 쉽지 않아 공정 전에 분리하지 않으면 정확한 palm 박 영양소 함량을 구하기 어렵다. 스크린 공정과 분리과정의 효율에 따라 15-17%의 껍질 함량에 palm 박에 존재한다고 보고되었다(Chin, 2002).

Palm 박과 copra 박의 단백질 수준은 각각 13-22%, 15-26% 정도이다. 몇몇 필수 아미노산의 부족(lysine, methionine, tryptophan)과 열에 의한 손상 가능성 때문에 단백질 소화율은 copra 박이 60%(Khrisnamoorthy 등, 1995), palm 박이 40%(O' Mara 등, 1999)로 낮다. 몇 가지 제한 아미노산의 결핍은 황 아미노산(cysteine and methionine)과 lysine을 보충해 줌으로써 단백질의 품질을 높일 수 있다. 이 사료의 높은 arginine 함량은 조류의 lysine 요구량을 맞춰주고 arginine과 lysine의 비율을 유지시켜 주기 때문에 lysine을 첨가해줌으로써 해결할 수 있다. Lysine 과 arginine은 서로 적대하는 성질이 있어 한쪽의 비율이 높으면 다른 쪽이 결핍되므로, 비율을 유지하지 못하면 돼지의 성장을 악화시키는 결과를 초래할 수 있다(D' Mello와 Lewis, 1970).

표 73. 다른 oil 추출 공정 후의 palm 박과 copra 박의 근사치 비교

Feedstuffs	Protein	Ether extract	Ash	Crude fiber	Oil Extraction	Reference
Palm 박	15.5	6.9	5.4	24.1	Expeller	O'Mara 등, 1999
Palm 박	18.5	0.5	5.0	30.5	Solvent extraciton	O'Mara 등, 1999
Palm 박	13.6	17.1	2.7	21.3	Expeller	Sundu 등, (Unpublished)
Copra 박	23.4	3.9	6.6	15.4	Solvent extraciton	NRC(1984)
Copra 박	22.4	6.9	7.6	12.4	Expeller	NRC(1984)
Copra 박	21.7	6.9	5.6	14.1	Expeller	Sundu 등, (Unpublished)

표 74. Palm 박과 copra 박의 아미노산 구성과 이용률

Amino acids	Palm 박		copra 박		Availability (%)	
	Amino acids (%)		Amino acids (%)		palm 박(E)	copra 박(F)
	(A)	(B)	(C)	(D)		
Arginine*	2.18	2.40	1.97	2.32	93.2	92.0
Cysteine	0.20	-	0.28	-	-	73.0
Glycine	0.82	0.84	0.82	0.60	63.3	-
Histidine*	0.29	0.34	0.36	0.24	90.1	-
Isoleucine*	0.62	0.61	0.63	0.50	86.1	74.0
Leucine*	1.11	1.14	1.18	0.99	88.5	80.0
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
Phenylalanine*	0.73	0.74	0.88	0.60	90.5	-
Threonine*	0.55	0.60	0.58	0.48	86.5	71.0
Tyrosine	0.38	0.47	0.44	0.35	85.0	-
Serine	0.69	0.77	0.79	0.68	88.7	-
Valine*	0.93	0.80	0.91	0.78	68.4	78.0
Tryptophan*	0.17	0.19	0.12	0.14	-	-

\* Essential amino acids

출처: A) Yeong 등,(1983);(B) Hutagalung 등,(1982);(C) NRC(1994);(D) Lachance와 Molina(1974); (E) Nwokolo 등,(1976);(F) Degussa(Unpublished)

탄수화물은 에너지의 공급원으로서 동물체내에서 분해되면서 1g 당 약 4kcal의 에너지를 공급하며, 분해되어 에너지를 발생하는 과정 중 동물의 생리적 요구에 따라 지방산 또는 비필수 아미노산의 합성 원료로 쓰일 수 있다.

탄수화물 중 특히 섬유소의 영양학적 기능 및 중요성과 관련하여 식이섬유소(dietary fiber)를 살펴보면, 비전분성 다당류(non-starch polysaccharide: NSP)와 비슷한 개념으로서 단위 동물의 소화효소에 분해되지 않는 탄수화물과 lignin 성분을 포함한 것을 말한다.

Palm 박과 copra 박에도 NSP가 존재하는데, 이들의 대부분이 만난(mannan)이며 건물기준으로 palm 박은 NSP의 30-35%, copra 박은 25-30%의 mannan을 함유하고 있다. 이들은 mannan, glucomannan, galactomannan, galactoglucomannan의 형태로 존재하는데,

mannan은 단위동물이 이를 분해할 수 있는 효소를 분비하지 못하기 때문에 항 영양인자(anti-nutritional factor)로 알려져 왔다. Mannan은 돼지에 있어서 포도당 대사(glucose metabolism)를 방해하며 insulin의 분비를 억제하는 부정적인 영향을 갖고 있다(Leeds 등, 1980). Rainbird 등(1984)에 의하면 돼지의 공장 내에 mannan 함량이 높은 guar gum을 6.7g/L을 주입하였을 때, glucose의 흡수가 50%정도 감소되었다고 보고하였다. 이외에도 다양한 연구 결과에서 mannan이 글루코스의 흡수와 인슐린 분비의 방해, gastric emptying의 감소, 순환적인 insulinotropic peptide 및 IGF-I의 분비의 감소한다는 결과가 발표되었다(Sambrook과 Rainbird, 1985; Nunes와 Malmlof, 1992).

표 75. 탄수화물의 구성(Knudsen, 1997)

Category	Monomeric residues	Sources
<b>Non-starch polysaccharides (NSP)</b>		
<b>Cell wall NSP</b>		
Cellulose	Glucose	Most feedstuff
Mixed linked $\beta$ -glucans	glucose	Barley, oats, rye
Arabinoxylans	Xylose, arabinose	Rye, wheat, barley
Arabinogalactans	Galactose, arabinose	Cereal by-products
Xyloglucans	Glucose, xylose	Cereal flours
Rhamnogalacturans	Uronic acids, rhamnose	Hulls of peas
Galactans	Galactose	Soya bean meal, beet pulp
<b>Non-cell wall NSP</b>		
Fructans	Fructose	Rye
Mannans	Mannose	Coconut cake, palm cake
Pectins	Uronic acids, rhamnose	Beet pulp
Galactomannans	Galactose, mannose	Guargum
<b>Non-digestible oligosaccharides (NDO)</b>		
Alpha-Galacato-oligosaccharides	Galactose, glucose	Soya bean meal, peas
Fructo-oligosaccharides	Fructose	Cereals, feed additives
Transgalacto-oligosaccharides	Galactose, glucose	Whey,/milk products
<b>Resistant starch (RS)</b>		
Physical inaccessible starch	Glucose	Peas, faba beans
Native starch	Glucose	Potatoes
Retrograded starch	Glucose	Heat-treated starch products

Mannanase는 사료 원료에 들어있는 mannan을 분해하는 효소로 이들은 미생물(bacteria)나 곰팡이(fungi) 등에서 생성된다. Mannanase는 mannan의  $\beta$ -1, 4 glycosidic 결합을 가수분해 할 수 있다. 이는 단위동물 체내에서 항영양인자인 mannan(pure mannan, galactomannan, glucomannan 등을 mannanase의 첨가로 인하여, mannan이 manno-oligosaccharide(MOS)나 mannose로 분해시켜 prebiotic 및 에너지 source로 이용할 수 있다는 것을 보여주고 있다. Mannan의 분해산물인 mannose는 돼지의 에너지원으로 사용되며,

mannan에서 분해된 MOS는 미생물과의 특이성에 의하여 상피세포의 *E. coli*, *Salmonella*와 특이적으로 결합한 뒤 분변 밖으로 배출하여 장내 미생물 균총 형성에 도움을 주게 된다. 마지막으로 mannan이 소화물의 점도를 증가시키는 것을 mannanase의 분해능력으로 감소시켜 영양소 소화율을 증진시키고 돼지의 소화기 문제를 감소시킬 수가 있다. 따라서 1차 년도에의 소화율 실험에서 copra 박과 palm 박의 첨가가 돼지의 소화율을 감소시켰으나 mannanase 첨가로 영양소 소화율을 향상 시키는 데 긍정적인 영향을 미칠 것으로 사료된다.

Mannanase 효소를 이용한 옥수수-대두박의 이용율을 증가시키는 다양한 연구가 보고되어 왔다(Hahn 등, 1993; Petty 등, 1999, 2000; Schneider 등, 2003). 특히 Petty 등(2002)은 옥수수-대두박 위주의 사료에서 mannanase를 첨가하였을 때 ME(Metabolic Energy)가 100kcal/kg정도 높은 사료를 급여한 돼지와 비슷한 성장 성적을 나타내었다고 밝혔다. Mannanase는 옥수수 등 가격이 급등하고 있는 기존 원료사료 이외에 copra 박, palm 박 등 가격은 저렴하나 가축의 소화기관 내 이용이 낮은 대체 원료사료의 문제점을 해결할 수 있는 효소제로 이들을 통해 사료 자원의 다양화를 꾀할 수 있는 가능성을 보여주고 있다. 또한 항영양인자 제거에 더욱 효과적일 뿐 아니라, 가축이 원료의 영양성분 이용률을 향상시키고 가축의 장관 내 균총을 개선시키며, 항생제 사용량 감소 및 면역력의 증대를 가져올 것으로 사료된다.

## 제 7 장 참고문헌

- Agunbiande, J. A., Wiseman, J. and Cole, D. J. A. 1999. Energy and nutrient use of palm kernels palm kernel meal and palm kernel oil in diets for growing pigs. *Animal Feed Science and Technology*. 80:165-181.
- Alcantara, P. E., Cordova, E. D., Villeta, M. O. and Naldo, M. E. 1989. Substitution value of rice bran(D1) and rough rice(Palay) for corn ingrowing finishing swine rations. *Philipp. J. Vet. Anim. Sci.* 15:1-22.
- AOAC. 1995. *Official Methods of Analysis*. 16<sup>th</sup> Edition. Association of Official Analytical Chemist. Washingtons, DC.
- Balasubramaniam, K. 1976. Polysaccharides of the kernel of maturing and mature coconuts. *Journal of Food Science*. 41:1370-1373.
- Boisen, S. and Fernandez, J. A. 1997. Prediction of total tract digestibility of energy in feedstuffs and pig diets by in vitro analyses. *Anim. Feed Sci. Technol.* 68:277-86.
- Bergner, H. 1977. Protein evaluation and protein metabolism. FEBS 11<sup>th</sup> Meeting. Copenhagen. 149-160.
- Brooks, C. C., garner, G. B., gehrke, C. W., Muhrer, M. E. and Pfander, W. H. 1954. The effect of added fat on the digestion of cellulose and protein by ovine rumen organisms. *J. Anim. Sci.* 13:758-764.
- Butterworth, M. H. and Fox, A. C. 1963. The effect of heat treatment on the nutritive value of coconut meal and the prediction of the nutritive value by chemical methods. *British Journal of Nutrition*, 17: 445-452.
- Choct, M. and Kocher, A. 2000. Non-starch carbohydrates: Digestion and its secondary effects in monogastrics. *Proceedings of the Nutrition Society of Australia*. 24:31-38.

- 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.
- Chemgen Corp. 2002. Hemicell feed enzyme-Field and Penn trial data for swine, broilers, ducks, laying hens and turkeys. Chemgen, U.S.A.
- Clarke, J. H., Davidson, K., Rixon, J. E., Halstead, J. R., Fransen, M. P., Gilbert, H. J. and Hazlewood, G. P. 2000. A comparison of enzyme-aided bleaching of softwood paper pulp using combinations of xylanase, mannanase and galactosidase. *Applied Microbiology and Biotechnology.* 53: 661-667.
- Cole, D. J. A., Hardy, B., Lewis, D. 1972. Nutrient density of pig diets. In: Cole, D. J. A. (Ed.), *Pig Production*. Butterworths. London. 243-257.
- 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.
- Dowman, M. G. 1993. Modification to the neutral detergent cellulase digestibility method for the prediction of the metabolizable energy of compound feedstuffs containing palm kernel meal. *Journal of the Science Food and Agriculture.* 61: 327-331.
- Dusterhoft, E. M., Voragen, G. J. and Engels, F. M. 1991. Non-starch polysaccharide from sunflower (*Helianthus annuus*) meal and palm kernel (*Elaeis guineensis*) meal preparation of cell wall material and extraction of polysaccharide fractions. *Journal of the Science of Food and Agriculture.* 55:411-422.
- Dusterhoft, E. M., Posthumus, M. A. and Voragen, A. G. J. 1992. Non-starch polysaccharides from sunflower (*Helianthus annuus*) meal and palm kernel (*Elaeis guineensis*) meal preparation of cell wall material and extraction of polysaccharide fractions. *Journal of the Science Food and Agriculture.* 59:151-160.

- Dusterhoft, E. M., Bonte, A. W. and Voragen, A. G. J. 1993. Solubilisation of non-starch polysaccharides from oil seed meals by polysaccharide degrading enzymes. *Journal of the Science Food and Agriculture*, 63:211-20.
- Eggum, B. O. 1970. Blood urea measurement as a technique for assessing protein quality. *Br. J. Nutr.* 24:983-988.
- 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.
- Furuya, S., Sakamoto, K., Takahashi, S. 1979. A new in vitro method for the estimation of digestibility using the intestinal fluid of the pig. *Br. J. Nutr.* 41:511-520.
- Gibson, G. R. 1998. Dietary modulation of the human gut microflora using prebiotic. *Br. J. Nutr.* 80:S209-S212.
- Graham, P. L., Mahan, D. C. and Shields, R. G. Jr. 1981. Effect of starter diet and length of feeding regime on performance and digestive activity of 2-week-old weaned pigs. *J. Anim. Sci.* 53:299-307.
- Hahn, J. D., M. J. Gahl, M. A. Giesemann, D. P. Holsgraefe. and D. W. Fodge. 1995. Diet type and feed form effects on the performance of finishing swine fed the  $\beta$ -mannanase enzyme product Hemicell. *J. Anim. Sci.* 73:175.(Abstr.)
- Hampson, D. J. 1987. Dietary influences on porcine postweaning diarrhea. Pages 202-214 in *Manipulating Pig Production*. J. L. Barnett, E. S. Batterham, G. M. Cronin, C. Hansen, P. H. Hemsworth, P. E. Hughes, N. E. Johnston. and R. H. King, ed. Australasian Pig Science Association, Victoria, Australia.
- 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.



- INRA, AFZ, 2004. In: Sauvant, D., Perez, J. M., Tran, g.(Eds.), Tables of Composition and Nutritive Value of Feed Materials. INRA, Versailles. p.293.
- Ishihara, N., D. C. Chu, S. Akachi and L. R. Juneja. 2000. Preventive effect of partially hydrolysed guar gum on infection of *Salmonella enteritidis* in young and laying hens. Poultry Sci. 79:689-697.
- Jackson, M. E., D. W. Fodge. and H. Y. Hsiao. 1999. Effects of  $\beta$ -mannanase in corn - soybean meal diets on laying hen performance. Poultry Sci. 78:1737-741.
- Juliano, B. O. 1992. Structure, chemistry and function of the rice grain and its fractions. Cereal Foods World 37:772-779.
- Kavanagh, S. 1998. Studies on the nutritive value of feed stuffs for pigs. Ph D thesis, National University of Ireland.
- Kim, B. G., Lee, J. H., Jung, H. J., Han, Y. K., Park, K. M. and 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 Science. 14:821-830.
- Knudsen, K. E. B. 1997. Carbohydrate and lignin contents of plant materials used in animal feeding. Animal Feed Science Technology, 67:319-338.
- Korean feeding standard for swine. 2002. Ministry of agriculture and forestry national livestock research institute, RDA.
- Kusakabe, I. and Takashi, R. 1988. Enzymatic preparation  $\beta$ -1, 4-manno-oligosaccharides and  $\beta$ -1, 4-glucomannooligosaccharides. Methods in Enzymology. 160:518-523.
- Kusakabe, I., Kaneko, R., Tanaka, N., Zamora, A. F., Fernandez, W. L. and Murakami, K. 1990. A simple method for elucidating structures of galactomannooligosaccharides by sequential actions of mannosidase and galactosidase. Agricultural and Biological Chemistry. 54:1081-1083.

- Legoff, G. and Noblet, J. 2001. Comparative total tract digestibility of dietary energy and nutrients in growing pigs and adult sows. *J. Anim. Sci.* 79:2418-2427.
- 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.
- Lowgren, W., Graham, H., Aman, P. 1989. An in vitro method for studying digestion in the pig. 1. Simulating digestion in the different compartments of the intestine. *Br. J. Nutr.* 61:673-687.
- Mateos, G. G., Martin, F., Latorre, M. A. and Vicente, B. 2006. Inclusion of oat hulls in diets for young pigs based on cooked maize or cooked rice. *Anim. Sci.* 82:57.
- Mateos, G. G., Martin, F., Latorre, M. A., Vicente, B. and Lizaro, R. 2007. The effect of inclusion of oat hulls in pig diets based on raw or cooked rice and maize. *Anim. Feed. Sci. Technol.* 135:100-112.
- Medel, P., Salado, S., de Blas, J. C. and Mateos, G. G. 1999. Processed cereals in diets for early weaned pigs. *Anim. Feed Sci. Technol.* 82:145-156.
- 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.
- Noblet, J. 1996. Digestive and metabolic utilization of dietary energy in pig feeds: comparison of energy systems. In: Garnsworthy, P. C., Wiseman, J., Haresign, W. (Eds.), *Recent Advances in Animal Nutrition*. Nottingham University Press, Nottingham. p.207-231.
- Noblet, J. and J. van Milgen. 2004. Energy value of pig feed: Effect of pig body weight and energy evaluation system. *J. Anim. Sci.* 82:229-238.
- Noblet, J., Fortune, H., Shi, X. S., Dubois, S. 1994. Prediction of net energy value of feeds for growing pigs. *J. Anim. Sci.* 72:344-354.

- Noblet, J., S`eve, B. and Jondreville, C. 2004. Nutritional values for pigs. In: Sauvant, D., Perez, J. M., Tran, G.(Eds.), Tables of Composition and Nutritive Value of Feed Materials. INRA, Versailles. p.25-35.
- Noblet, J. 2006. Recent advances in energy evaluation of feeds for pigs. In:garnsworthy, P. C., Wiseman, J.(Eds.), Recent Advances in Animal Nutrition. Nottingham University Press, Nottingham. p.1-6.
- NRC. 1998. Nutrient Requirements of Swine(10<sup>th</sup> Ed.). National Academy press, Washington, DC.
- Nunes, C. S. and K. Malmlof. 1992. Effects of guar gum and cellulose on glucose absorption, hormonal release. and hepatic metabolism in the pig. Br. J. Nutr. 68:693-700.
- Nwokolo, E. N., Bragg, D. B. and Saben, H. S. 1976. The availability of amino acids from palm kernel, soybean, cotton seed and rape seed meal for the growing chick. Poult. Sci. 55:2300-2304.
- Nwokolo, E. N., Bragg, D. B. and Saben, H. S. 1977. A nutritive evaluation of palm kernel meal for use in poultry rations. OTropical Science. 19:147-154.
- 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.
- Oloyo, R. A. 1991. Responses of broilers fed guinea corn palm kernel meal based ration to supplemental biotin. Journal of the Science of Food and Agriculture. 55:539-550.
- Okai, D. B. and Opoku-Mensah, D. 1988 The effects of varying levels of palm kernel meal on growth performance and carcass characteristics of pigs. Proc. 18-19<sup>th</sup> Ghana Animal Science Association Symposium, UST, Kumasi. p.54-57.
- O' Mara, F. P., Muligan, F. J., Cronin, E. J., Rath, M. and Caffrey, P. J. 1999. The

nutritive value of palm kernel meal measured in vivo and using rumen fluid and enzymatic techniques. *Livestock Production Science*. 60:305-316.

Onwundike, O. C. 1986. Palm kernel as a feed for poultry 2. Diets containing palm kernel meal for starter and grower pullets. *Animal Feed Science and Technology*. 16: 187-194.

Petty, L. A., S. D. Carter, B. W. Senne and J. A. Shriver. 1999. Effects of Hemicell<sup>®</sup> addition to nursery diets on growth performance of weanling pigs. *J. Anim. Sci.* 77(Suppl.):195.(Abstr.)

Petty, L. A., S. D. Carter., B. W. Senne. and J. A. Shriver. 2000. Effects of Hemicell<sup>®</sup> 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.).

Petty, L. A., S. D. Carter, B. W. Senne. and J. A. Shriver. 2002. Effects of  $\beta$ -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.

Pluske, J. R., Black, B., Pethick, D. W., P 419. Mullan, B. and Hampson, D. J. 2003. Effects of different sources and levels of dietary fibre in diets on performance, digesta characteristics and antibiotic treatment of pigs after weaning. *Anim. Feed Sci. Technol.* 107:129-142.

Pluske, J. R. and Hampson, D. J. 2005. Rice based diets in pigs for protection against intestinal bacterial infections. RIRDC Publication No. 05/143. Kingston ACT, 425 Australia.

Pluske, J. R., Moughan, P. J., Thomas, D. V., Kumar, A. and Dingle, J. G. 1997. Releasing energy from Rice bran, copra meal and canola in diets using exogenous enzymes. In: 13th Annual symposium Alltech. 81-94.

Rainbird, A. L., A. G. Low. and T. Zebrowska. 1984. Effect of guar gum on glucose and water absorption from isolated loops of jejunum in conscious growing pigs.

Br. J. Nutr. 52:489-498.

Rebeiro, R. D. X., R. L. Oliveira, F. M. Macome, A. R. Bagaldo, M. C. A. Silva, C. V. D. M. Ribeiro, G. G. P. Carvalho and D. P. D. Lanna. 2011. Meat Quality of Lambs Fed on Palm Kernel Meal, a By-product of Biodiesel Production. Asian-Aust. J. Anim. Sci. 10:1399-1406.

Robles, A. and Ewan R. C. 1986. Utilization of Energy of Rice and Rice Bran by Young Pigs. J. Anim. Sci. 1982 55:572-577.

Sambrook, I. E. and A. L. Rainbird. 1985. The effects of guar gum and level and source of dietary fat on glucose tolerance in growing pigs. Br. J. Nut. 54:27-35.

Slaughter, S. L., Ellis, P. R. and Butterworth, P. J. 2001. An investigation of the action of porcine pancreatic alpha-amylase on native and gelatinised starches. Biochem. Biophys. Act. 1525:29-36.

Schneider, J. D., Carter, S. D., Morillo, T. B. and Park, J. S. 2003. Effects of ractopamine and  $\beta$ -mannanase addition to corn-soybean meal diets. on growth performance and carcass traits of finishing pigs. J. Anim. Sci. 78(Suppl.):73(Abstr.).

Statistical Analysis Systems Institute. 1992. SAS user' guide: statistics. version 6, fourth edition. SAS Institute Inc., Cary, NC.

Sulabo, R. C., W. S. Ju. and H. H. Stein. 2011. Amino acid digestibility and energy content of copra expellers, palm kernel expellers, palm kernel meal. and soybean meal fed to growing pigs. J. Anim. Sci. 89:99.

Sundu, B., Dingle, J. G. and Kumar A. Unpublished. The use of enzymes to improve copra meal and palm kernel meal in broiler diets.

Tamaru, Y., Araki, T., Amagoi, H., Mori, H. and Morishita, T. 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.

- Taylor, S. J., Cole, D. A. and Lewis, D. 1985. Amino acid requirements of growing pigs. 6. Isoleucine. *Anim. Prod.* 40:153-160.
- Tester, F., Karkalas, J. and Qi, X. 2004. Starch. Composition, fine structure and architecture. *J. Cer. Sci.* 39:151-165.
- Thorne, P. J., J. Wiseman, D. J. A. Cole and D. H. Machin. 1989. The digestible and metabolizable energy value of copra meals and their prediction from chemical composition. *Anim. Prod.* 49:459-466.
- Van der Meer, J. M., Perez, J. M. 1992. In-vitro evaluation of European diets for pigs. Prediction of the organic matter digestibility by an enzymic method or by chemical analysis. *J. Sci. Food Agric.* 59:359-63.
- Varel, V. H. 1987. Activity of fibre degrading microorganisms in the pig large intestine. *J. Anim. Sci.* 65:488-496.
- 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.
- Whitney, S. E. C., Brigham, J. E., Darke, A. H., Reid, J. S. G. and Gidley, M. J. 1998. Structural aspect of the interaction of mannan based polysaccharides with bacterial cellulose. *Carbohydrate Research*, 307:299-309.
- Wu, J. F. and R. C. Ewan. 1979. Utilization of energy of wheat and barley by growing swine. *J. Anim. Sci.* 49:1470-1477.
- Yoshida, S., Tan, C. H., Shimokawa, T., Turakainen, H. and Kusakabe, I. 1997. Substrate specificity of galactosidase from yeasts. *Bioscience, Biotechnology and Biochemistry.* 61:359-361.
- 길동용, 임중선, 전경철, 김법균, 김경수, 김유용. 2004. 지속적인 생균제의 첨가가 돼지의 성장, 영양소 이용율, 혈중 요소태 질소 및 면역능력에 미치는 영향. 한국동물자원과학회

지. 46(1):39-48.

정일병, 박근채. 2003. 쌀을 이용한 가축 사료화연구 현황과 방향. 축산과학원. 사료관리법. 농림수산식품부.

## 주 의

1. 이 보고서는 농림수산식품부에서 시행한 농림기술개발사업의 연구보고서입니다.
2. 이 보고서 내용을 발표할 때에는 반드시 농림수산식품부에서 시행한 농림기술개발사업의 연구결과임을 밝혀야 합니다.
3. 국가과학기술 기밀유지에 필요한 내용은 대외적으로 발표 또는 공개하여서는 아니 됩니다.