최 종
연구보고서

해외부존사료자원 개발연구

Studies on the development of foreign non-conventional feeds

서 울 대 학 교

축협중앙회 사료연구소

농 림 부

제 출 문

농림부장관 귀하

본 보고서를 “해외부존사료자원 개발연구” 과제의 최종보고서로 제출합니다.

1998. 12. 29.

주관연구기관명 : 서울대학교
총괄연구책임자 : 하 종 규
연 구 원 : 한 인 규
연 구 원 : 신 형 태
협동연구기관명 : 축협중앙회 사료연구소
협동연구책임자 : 남 성 우

요 약 문

Ⅰ. 제 목

해외부존사료자원 개발연구

Ⅱ. 연구개발의 목적 및 중요성

국내 배합사료 원료의 자급율은 그동안 계속 감소되었으며 앞으로도 수입원료의 의존도는 증가할 전망이다. 한편 세계적인 식량위기의 상황속에서 최근 국제 곡류가격의 상승은 국내 사료업계의 경영을 어렵게 하고 있다. 또한 세계경제가 단일화되면서 생산원가 면에서 국제경쟁력을 확보하지 못하면 해당산업의 존립이 위태로운 상황이므로 국내 축산업은 과거 어느 때보다도 사료비 절감의 필요성이 절실하다. 그리고 최근에는 경기불황 및 달러값의 폭등으로 인하여 모든 산업이 침체의 늪에 빠져 있는데, 이러한 상황속에서 축산업 및 사료산업도 예외일수는 없다. 특히 사료의 가격이 20 30% 상승하여 양축가들에게는 큰 위협요인이 되고 있는데, 이는 배합사료의 대부분의 원료를 수입에 의존하는 그리고 수입국이 미국을 위시한 몇몇 국가에 한정되어 있는 구조적인 문제점이 가장 큰 요인이라고 할 수 있다. 이러한 이유로 중국이나 동남아 등지의 기타국가에서 생산되는 부존사료를 파악하고 이용가능토록 하는 것은 사료비의 절감 및 안정적인 축산의 발전을 위해서 매우 중요하다고 할 수 있다.

따라서 본 연구는 세계적으로 보편화된 수입원료의 의존도가 높은 국내의 배합사료 형태로부터 벗어나기 위하여 아직 사료원료로 사용되지 않았으나 대량생산이 가능하며 영양적인 면과 경제적인 면에서 사료적 가치가 있는 해외의 부존자원을 적극적으로 연구개발하여 사료비를 절감하고 다소나마 원료수급의 안정화를 마련할 수 있도록 하는데 필요한 기초자료를 제공하기 위하여 수행하였다

1차년도 연구개발 목표는 해외 부존사료자원의 조사연구와 현지재배 및 반입 가능성에 대한 예비조사로서 구체적으로는 대상국가를 직접 방문하여 부존자원에 대한 기초자료의 확보와 각 원료의 샘플 수집, 수집된 원료에 대한 성분분석을 통한 영양가치 평가 및 현지재배에 대한 기존연구의 검토이었으며, 2차년도 연구개발 목표는 1차년도에 수집하여 성분분석 결과 수량이나 품질로 보아 국내에서 사료원료로 이용가능하다고 판단되는 해당원료

에 대하여 중요한 중독광물질과 독성 및 항영양성 물질의 분석으로 가축사료로서의 안전성을 평가하고, 독성을 함유하고 있으면서 경제성이 높은 원료를 직접 동물시험으로 사용가능한 안전수준을 파악하는 것이었다. 마지막 3차년도에서는 선발된 몇가지의 해외부존 원료사료를 공시하여 사양시험을 수행함으로써 이들 원료의 사료적 가치에 관한 보다 더 정확한 자료를 얻는 것을 그 목표로 하였다.

Ⅲ. 연구개발 내용 및 범위

1차년도와 2차년도에서는 해외 부존자원들의 사료적인 가치를 세밀하게 평가하기 위해서 시료중의 일반성분분석, 아미노산, 미량광물질과 중금속 (Hg, Cd, F, Cr 등), 아플라톡신, Urease, Trypsin inhibitor, HCN, 질산염 등을 분석하였다. 이들 물질중 미량광물질은 atomic absorption 방법으로, 중독광물질 및 기타 독성 또는 항영양성 물질을 AOAC법에 의거하여 분석하였다. 한편, 이들 원료사료중 사료적 가치가 있는 몇가지 원료를 선택하여 동물을 이용한 사양시험을 실시하였는데, 한우를 이용하여 chinese wild hay와 corn cob 및 palm kernel meal, copra meal 등의 사료적 가치를 평가하였고 닭을 이용하여 Bio-v-pro의 사료적 가치를 조사하였다. 2년차에서 수행된 사양시험에서는 사료섭취량, 즉 기호성을 주요 조사항목으로 하였는데, 그 이유는 일반성분이나 기타 중금속, 독성물질들의 성분치를 가지고 사료적 가치가 있다고 1차적으로 판단할 수 있지만 최종적으로 어떤 원료사료가 사료적 가치가 있는지의 여부를 판단하기 위해서는 냄새나 맛, 색깔 등에 따른 동물의 거부반응이 있는가를 조사하여야 하기 때문이다. 그리고 사양시험과 병행하여 nylon bag을 가지고 *in situ* 기법을 이용하여 10가지의 선발된 원료사료에 대한 반추위내 분해율을 조사하였다.

3차년도에서는 제 1, 2년차 연구에서 조사된 사료중에서 현재 대량 도입이 가능하거나 사료 업계에서 관심을 가지고 있는 6가지의 해외부존 사료자원을 공시하여 사료가치 판정을 위한 사양시험 및 대사시험을 수행하였다. 육계와 육성돈 등의 단위동물의 경우는 농후사료 공급원인 palm kernel meal, copra meal 및 kapok seed meal을 공시하였고, 산양, 젖소 및 한우 등의 반추동물의 경우에는 양초, sugarcane leaf hay 및 oil palm frond (OPF) pellet을 공시하여 가축의 생산성, 소화율 및 사료효율 등을 조사하였다.

IV. 연구개발결과 및 활용에 대한 건의

1. 연구개발결과

1) 1, 2년차 연구결과 : 화학적 분석 및 기호성 시험

(1) 일반성분 분석

해외부존사료중 India (Pune)에서 도입한 rice bran, soyabean, sunflower 등의 총에너지 (GE)함량이 모두 5000 kcal/ kg이상으로 높게 나타났으며, 조단백질(CP)함량이 50%이상으로 높게 나타난 원료사료는 bio-v-pro (india), fish meal (vietnam), peanut oil cake (vietnam), ground nut cake (india), soyabean meal (india), maize gluten (india), fish meal (india) 및 soya flake (india) 등으로 나타났는데, 이중 maize gluten(india)는 70.38%로서 가장 높게 나타났다. 한편 조지방이 많이 함유된 사료는 palm oil meal (thailand), sunflower (india), cotton seed (india) 등으로 조사되었는데, 이중 인도로부터 들여온 sunflower는 조지방 함량이 41.49%나 되어 에너지사료로서의 이용가치는 높다고 볼 수 있겠다. 한편 섬유질 원료사료중에서는 중국에서 들여온 chinese wild hay와 아르헨티나에서 들여온 rye가 조단백질 함량이나 조지방 함량이 높아 조사료로서의 국내사료 대체가능성이 높게 평가되었다.

(2) 아미노산 분석

Methionine의 함량이 높은 원료사료는 인도의 bio-v-pro, maize gluten, fish meal, 그리고 말레이지아의 leucaena leaf와 베트남의 fish meal인 것으로 조사되었는데, fish meal의 경우 NRC (1991)에서 제시한 수준인 1.7 2.0 수준보다는 40% 정도 낮은 것으로 나타났으나 maize gluten은 NRC의 수준보다 약간 높은 것으로 나타났다. 그리고 인도의 maize gluten과 soybean meal에서 isoleucine의함량이 높은 것으로 측정되었는데, 두가지 원료사료 모두 NRC의 수준과 비슷한 것으로 조사되었다. Leucine의 함량은 인도의 bio-v-pro, soy-v-pro, maize gluten, soya flake, soyabean meal 및 베트남의 fish meal, peanut oil cake, soyaoil cake 등에서 높게 나타났으며, 이들 사료 모두 NRC의 수준과 같거나 다소 높은 lecine 함량을 갖는 것으로 조사되었다.

(3) 광물질 분석

한편, 해외 부존사료의 광물질 함량을 보면, 칼슘 함량이 높게 나타난 원료사료로는 bone powder (vietnam), fish meal (vietnam), leucaena leaf meal (vietnam), alfalfa hay (china) 및 soybean meal (china) 등으로 나타났으며, 인의 함량이 높게 나타난 원

료사료로는 bone powder (vietnam), fish meal (vietnam), cattle feed (india), rice bran (india) 등으로 조사되었다.

(4) 중금속 분석

가축이 중금속에 의한 중독 위험성을 방지하고 해외부존 원료사료들의 이용가치를 확인하기 위해서 사료중의 중금속함량을 분석하였는데, 크롬, 수은 (Hg) 그리고 납 (Pb) 함량은 대부분 안정권내에 있다고 판단된다.

한편 본 해외부존사료내 카드뮴의 함량은 다소 높게 나타났는데, 일반적으로 성장기에 있는 육우의 경우 카드뮴의 중독수준이 0.05ppm인 것을 감안하면 일부 원료사료를 제외하고는 그 사용량이 많아지면 문제가 발생할 소지가 있다고 생각된다.

(5) 독성물질 및 항영양성인자 분석

베트남으로부터 도입한 slice tapioca chip와 태국에서 도입한 cassava waste중의 hydrogen cyanide 함량을 분석한 결과를 보면, cassava waste가 5배 정도 높게 나타났다. 한편, 원료사료중의 아플라톡신을 분석한 결과를 보면, 모든 사료에서 아플라톡신은 검출되지 않았다. 그리고 일부 원료사료중에 존재하는 tannic acid의 함량을 분석하였는데. 이 tannic acid는 간에 대한 독성이 매우 강한 발암물질로서, 인도에서 도입한 mustard cake에서 비교적 높게 나타났다.

(6) 기호성 시험

해외 부존 원료사료들의 반추위내 건물 분해도를 알아보기 위해서 *in situ* 방법을 이용하였는데, 반추위내에서 24시간까지 배양시켰을 때 인도에서 들여온 coconut과 soy-v-pro 및 중국에서 도입한 corn 등이 높은 분해율을 나타냈다. 중국에서 들여온 chinese wild hay의 경우는 국내의 볏짚에 비해서 분해율이 다소 높게 나타난 반면 역시 중국에서 들여온 corn cob은 볏짚에 비해 낮게 분해된 것으로 나타났다.

중국에서 도입한 양초와 corn cob의 볏짚에 대한 대체 가능성 및 기호성을 확인한 실험에서 볏짚을 양초로 전량 대체한 경우 농후사료의 섭취량이나 조사료의 섭취량에는 큰 차이가 없는 것으로 나타났다. 시판되는 배합사료에 palm kernel meal (PKM)을 0 혹은 5% 첨가한 사료를 하루마다 바꿔 급여한 경우와 5일마다 바꾸어 급여한 두 경우를 비교하였는데, 하루마다 바꾸어 급여한 경우는 PKM을 급여한 경우에 사료섭취량이 현저하게 낮아지는 것으로 나타난 반면 5일마다 바꾸어 먹인 경우에는 사료섭취량에 큰 차이가 없었다. Copra meal(CM)의 첨가 수준이 사료섭취량에 미치는 영향을 보면 1주일간 CM이 첨가되지 않은 농후사료는 급여하다가 그다음 1주일간 CM이 10% 첨가된 농후사료를 급여하였을 때 농후사료 및 조사료의 섭취량에 거의 변화가 없었던

것으로 보아 CM의 기호성에는 문제가 없는 것으로 나타났다. 하지만 후속실험에서는 CM을 10 그리고 20% 첨가하여 급여한 결과 사료섭취량이 각각 18%와 34% 감소하는 것으로 나타나 일련된 두 실험의 결과가 일치하지는 않는 것으로 나타났다.

bio-v-pro를 사료내에 0, 1, 3 및 5% 첨가하여 육계 병아리에 급여한 후 사료섭취량을 조사하였을 때, bio-v-pro의 처리수준에 관계없이 모든 처리구에서 대조구보다 사료섭취량이 높은 것으로 나타났다. 즉, bio-v-pro를 사료내 5% 혼합하여 급여하여도 기호성에는 별 문제가 없는 것으로 판단되며, bio-v-pro는 조단백질 함량이나 아미노산 함량 등에서 대두박이나 어분 등에 결코 뒤지지 않기 때문에 기호성에만 문제가 없다면 사료에 대한 첨가량을 늘리는 것도 가능하리라고 생각된다.

2) 3년차 연구결과 : 축종별 사양시험

(1) 육계 사양시험

본 실험은 육계에 있어서 PKM (palm kernel meal), CM (copra meal) 및 KM (kapok meal)의 단백질 공급원으로서 적정 수준의 결정 및 이용율을 비교하기 위해서 수행되었다. 옥수수-대두박 위주 사료를 대조구로 사용하였으며, 여기에 PKM 및 CM을 각각 5, 10 및 15% 수준으로 첨가하였고, KM은 2, 4 및 6% 수준으로 첨가하였다.

PKM은 대두박에 비해서 조지방 및 조섬유 함량은 높았다. CM의 단백질 공급원으로써의 가치는 세가지 박류 (PKM, CM 및 KM) 중 중간 정도이고, 조지방 함량은 제일 낮았다. 세가지 박류중 KM은 조섬유를 제외한 나머지 성분에서 대두박과 가장 비슷했다. 또한 PKM 및 CM의 아미노산 함량은 대두박과 비슷하지 않지만, KM의 아미노산 함량은 methionine과 histidine을 제외하고 대두박과 비슷했다. PKM, CM 및 KM의 지방산 함량 및 일부 광물질 함량은 이전의 다른 연구의 결과와 일치하지만 나머지는 큰 차이를 보였는데 이는 이들 박류의 생산지 및 가공 방법에 기인한다고 할 수 있다.

전기 (0-3주)동안 PKM 5% 처리구에서 사료 섭취량 및 증체량이 가장 높았다. 후기 동안 (4-6주) PKM의 첨가수준이 10%까지 증체량이 증가하였다. 시험 전기간동안 (0-6주) CM 5% 처리구의 증체량 및 사료 섭취량이 대조구보다 개선되었다. KM 2% 처리구에서 전기에는 증체량이 대조구보다 높았지만, 시험 전기간 동안에는 KM 4% 처리구에서 증체량 및 사료섭취량이 대조구보다 낮았다.

시험전기동안 PKM 10% 및 15% 처리구의 일반성분 이용율이 PKM 5% 처리구 및 대조구보다 유의적으로 높았고 ($P<0.05$), CM 처리구의 일반성분 이용율이 후기로 갈수록 개선되었다. 또한 KM 6% 처리구에서 조지방을 제외한 일반성분 이용율이 가장 높았다.

PKM 10% 처리구는 후기동안 필수 아미노산의 이용율이 다른 처리구보다 유의적으로 높았다 (P<0.05). KM 처리의 경우, 전기동안 KM 6% 처리구가 lysine 및 arginine을 제외한 필수아미노산의 이용율이 유의적으로 가장 높았다 (P<0.05).

본 연구를 통해 PKM, CM 및 KM은 육계 사료로서의 가치와 일부 단백질 공급원을 대체할 수 있다는 것을 확인하였다. 게다가 PKM, CM 그리고 KM의 다른 단백질 공급원과 비교되는 상대적으로 싼 가격은 경제적인 이득도 더불어 가져다 줄 것이다.

(2) 육성돈 사양시험

Rape seed meal (CSR), palm kernel meal (CSP), coconut meal (CSC) 그리고 kapok seed meal (CSK)을 약 4%정도 수준으로 비육돈 사료에서 대두박을 대체하였다. 각각의 처리는 4반복으로 이루어졌고 30일 동안 수행되었다. 시험에 사용된 대두박 대체 박류들은 비육돈의 성장과 도체품질에 영향을 미쳤다 (P<0.05). CSK 첨가는 조섬유 소화율을 떨어뜨렸다 (P<0.05). 비육돈은 도살된 후에 처리별로 15마리씩 등지방을 채취하였다. 지방 시료는 gas chromatograph를 이용하여 지방산 조성을 조사하였으며, 융점도 조사하였다. 박류의 첨가는 등지방의 지방산 조성에 변화를 가져왔고, 특히 포화지방산과 단일불포화지방산에서 그 효과는 더욱 뚜렷하였다. 전체적으로 CSC와 CSK를 첨가한 구가 CSR과 CSP를 첨가한 구보다 포화지방산이 많았고 단일불포화지방산은 적었다 (P<0.05). 등지방의 융점은 박류의 첨가에 따라 유의적으로 차이가 보였다. 즉, CSC와 CSK 첨가구가 CSR이나 CSP를 첨가한 구보다 융점이 더 높았으며, CSK구가 가장 높았다. 필수와 비필수 아미노산 소화율은 CSP, CSC 그리고 CSK처리구가 CSR 처리구보다 낮았다. 그 이유는 아마 palm kernel meal, coconut meal 그리고 kapok seed meal의 섬유소함량이 높음으로 인해서 아미노산 소화율이 떨어진 것이라 추측할 수 있다.

이상의 결과로 보면 시험에 사용된 박류의 첨가는 등지방의 지방산 조성에 영향을 미쳤다. CSC와 CSK의 첨가는 유의적으로 융점을 상승시켰다 (P<0.05). 또한 CSC와 CSP의 첨가는 등지방의 포화지방산의 함량을 증가시켰으며, 이와 비례하여 단일쇄 불포화지방산의 함량을 감소시켰다 (P<0.05). 단백질원에 따른 전체사료의 아미노산 소화율은 처리간에 유의적인 차이를 보였다 (P<0.05).

(3) 산양 대사 및 소화시험

볏짚, 양초, oil palm frond (OPF) 펠렛 및 sugarcane leaf hay를 급여한 후 3시간째에 측정한 반추위액중의 암모니아 농도는 볏짚에 비해서 해외부존 사료의 반추위내 분해율이 높은 것으로 조사되었다. 그리고 볏짚, 양초, oil palm frond (OPF) 펠렛 및 sugarcane leaf hay (SLH)를 급여한 후 측정한 CMCase와 xylanase의 활력은

sugarcane leaf hay만 볏짚에 비해서 낮았고 양초, oil palm frond (OPF) 펠렛은 볏짚에 비해서 높았다.

반추위액중의 VFA 농도를 측정한 결과, acetate와 총 VFA 농도 및 acetate / propionate의 비율이 OPF 펠렛 급여구에서 가장 높았으며, 총 VFA의 경우, sugarcane leaf hay만 비교적 낮았고, 양초와 볏짚은 OPF pellet과 큰 차이가 없었다.

미생물 군집 변화를 측정한 결과, 총 박테리아와 총 곰팡이는 볏짚 급여구에서 가장 높았으며, 다른 부존사료자원들 간에는 유의적인 차이가 없었다. 섬유소분해 박테리아의 경우에는 sugarcane leaf hay 급여구가 가장 높았으며, 총 프로토조아는 볏짚과 양초 급여구에서 비교적 높았는데, 이들간에는 유의적인 차이가 없었다. 한편, *In vivo* 건물소화율율은 양초의 경우가 가장 높았으며, SLH가 가장 낮았고, 양초와 OPF사이에는 차이가 없었다. 그리고 *in vivo* 조단백질 소화율은 볏짚과 양초가 높았던 반면 SLH와 OPF는 다소 낮았다. 한편, 조섬유, NDF 및 ADF 모두에서 양초와 OPF가 비교적 높았고 볏짚과 SLH가 낮았다.

전체적으로 박테리아와 곰팡이 수는 볏짚이 가장 많았지만, 반추위액중의 암모니아 농도, 섬유소 분해효소의 활력은 부존사료 자원이 비교적 높았고 섬유소 분해 박테리아도 볏짚에 비해서 비슷하거나 높았으며 영양소 소화율도 양초와 OPF가 높았던 것으로 보아 이들 부존 자원의 사료로서의 이용가치는 충분히 있다고 판단된다.

(4) 젖소 사양시험

반추위내 건물 소실율은 24시간 후 볏짚이 26.2% 인데 비하여 OPF, SLH 및 양초는 39.5%, 36.6% 및 36.8%로 유의적으로 높았으나, 72시간 후에는 SLH와 양초가 56.2%와 57.9%로 볏짚과 OPF의 47.8%와 51.0%보다 높은 것으로 나타났다. 그리고 i*n vitro* 건물 소화율은 배양 24시간째 볏짚이 14.7% 인데 비하여 OPF, SLH 및 양초가 22.6%, 24.7% 및 28.8%로 유의적으로 높았으며 ($p<.05$), 배양 48시간째에는 SLH와 양초가 41.0%와 43.3%로 볏짚보다 높았고 ($p<.05$) 배양 72시간 후에도 SLH와 양초가 볏짚이나 OPF보다 높았다 ($p<.05$).

조사료 섭취량은 SLH 급여구가 7.33Kg으로 볏짚, OPF 및 양초급여구의 8.57Kg, 9.64Kg 및 9.21Kg 보다 낮게 나타났으나 ($p<.05$), 농후사료 섭취량은 차이가 없었다. 평균 고형물 섭취량은 OPF 급여구가 SLH 급여구보다 높았으며 ($p<.05$) 나머지 조사료 공급원간에는 차이가 없었고 조단백질 섭취량도 OPF와 양초 급여구가 높게 나타났으나 유의적인 차이는 없었다.

평균 산유량은 조사료원 간에 차이가 없었으며 4% 유지방보정 산유량은 볏짚 급여구가 OPF, SLH 및 양초 급여구보다 낮게 나타났으나 유의적인 차이는 없었다. 유지방 함량은 SLH 급여구와 양초 급여구가 볏짚이나 OPF보다 높게 나타났으나 유의적인 차

이는 없었으며, 단백질과 탄수화물 함량도 처리간에 차이가 없었다. 그리고 우유 내 체세포수 및 총 세균수는 처리간에 차이가 없었다.

(5) 한우 사양시험

증체성적을 보면, 시험기간중 총 증체량은 볏짚, 양초, SLH, OPF 1, 및 OPF 2구가 각각 155.7, 157.2, 164, 155.5, 및 172.5kg으로 OPF 2구가 가장 높았으며, 일당증체량도 볏짚구가 가장 낮았고 OPF 2구가 0.95kg으로 가장 높았으며, SLH도 양호하였으나 통계적 유의성은 나타나지 않았다. 일일 배합사료 섭취량은 볏짚구 (대조구)와 부존사료구 (시험구) 사이에 큰 차이가 없었다. 배합사료 사료요구율은 볏짚, 양초, SLH, OPF 1, 및 OPF 2구가 각각 10.89, 10.65, 10.63, 10.86, 및 10.27로 볏짚구가 가장 나빴고, OPF 2구가 가장 좋았다.

한편, 등급판정 결과를 보면, 도체율은 대조구와 시험구가 56 - 58% 범위로 볏짚구가 가장 낮았다 ($P<0.05$). 등지방두께는 양초구가 5.33으로 가장 적었으며 OPF 2구가 9.75로 가장 두꺼웠다. 배최장근단면적은 OPF 1구가 86.5로 가장 좋았고 양초구가 68.67로 가장 적었다 ($P<0.05$). 육량지수는 OPF 1구가 70으로 가장 좋았으며, 근내지방도는 볏짚과 OPF구가 다소 높았으며 켄탑구가 가장 낮았다. 도체등급 판정결과 육량을 보면 A 등급은 OPF 1구에서 3두가 판명되어 좋았으나 B 등급도 OPF 2구에서 3두가 판명되었다. 총 18두중 육량 A, B등급 출현율은 공히 50%의 비율을 나타냈으며 육량에서 가장 좋지않은 C등급은 대조구와 시험구에서 출현되지 않아 판매수입에 좋은 결과를 가져왔다. 육질등급에서 총 18두중 1+, 1, 2등급 출현율은 각각 61%, 17%, 22%로 나타났으며 1등급 이상 출현율은 78%로 우수한 결과를 나타내었다. 1+등급 출현율은 OPF 1구가 4두로 가장 많았으며 볏짚, OPF 2구에서도 3두씩 나타났다. 보편적으로 OPF구가 육질면에서 우수한 결과를 나타냈으며, SLH구와 양초구가 다소 낮았다. 육질에서 가장 좋지않은 3등급은 전 실험축에서 나오지 않았다.

경제성 분석결과를 보면, 등급판정에 의한 판매수입(경매가, 부산물, 고급육 우수축포상금 포함)은 볏짚, 양초, SLH, OPF 1, 및 OPF 2구가 각각 311, 285, 310, 323, 및 341만원으로 양초구가 가장 낮았고, OPF 2구가 가장 높았다. 운송비와 수수료를 제외한 판매소득을 보면 볏짚, 양초, SLH, OPF 1, 및 OPF 2구가 각각 297, 270, 296, 308, 및 311만원으로 양초구가 가장 낮았고, OPF 2구가 가장 높았다. 소득 (판매소득 - 사료비)은 볏짚, 양초, SLH, OPF 1, 및 OPF 2구가 각각 251, 221, 247, 262, 및 263만원으로 양초구가 가장 낮았고, OPF 2구가 가장 높았다.

2. 활용에 대한 건의

1) 해외부존사료자원중 사료적 가치가 있는 원료 및 그에 대한 실제 사료적 가치 (사용량 및 사용 방법 등)를 제시함으로써 사료업계에서의 원료사료 선택 및 그 사용실제에 대한 참고자료를 제공함.

2) 현재는 원료사료의 수입대상국의 폭이 미국을 위시한 몇개국으로 매우 한정되 있는 관계로 원료사료의 수입에 있어서 탄력성이 부족하다고 생각되며, 앞으로는 원료사료의 수입국을 여러 나라로 늘려나갈 필요가 있다고 판단된다. 이와 같은 측면에서, 정부가 중국이나 동남아 등지에서 원료사료를 도입하기로 하는 경우 그 종류, 량 및 관세액 결정에 있어서의 참고자료를 제공함.

SUMMARY

1. Background and Objectives

There are many alternative feed sources that may have potential for use in animal production in Korea. However, the successful incorporation of these non-conventional nutrients sources into animal diets is limited because of insufficient information on nutritional quality of these resources.

In relation to GATT and APEC which will be effective in 2010, free trading is enacted. This includes animal production systems throughout the world. And feeds consist of 50 to 80% of production cost therefore more profits can be obtained if sources of cheap feeds are identified.

For these objective, in first and second year, about 100 non-conventional feed resources were collected from 7 countries (India, Indonesia, Malaysia, Philippine, Thailand, Vietnam, and China), and proximate nutrients, amino acids, minerals, heavy metals, toxicants and anti-nutritional factors were analyzed for screening good quality non-conventional feed resources as potent feeds for animal. And in the third year, using monogastric animals (broiler and growing pig), and ruminant animals (Korean native goat, dairy cattle and Korean native cattle), feeding trials were carried out to evaluate the feed value of selected copra meal, palm kernel meal, and kapokseed meal for monogastric animals, and Chinese wildrye hay, sugarcane leaf hay, and oil palm frond pellet for ruminants.

2. Summarized Results

1) First and Second Year : Chemical Analysis

(1) Proximate Nutrients and Amino Acids

This study was conducted to evaluate nutritive values of non-conventional feed resources from South-Asian countries and China. Proximate and amino acid composition of feed samples were determined.

Gross energy of some oil seeds and oil seed meals were high because of their high oil contents. Crude protein content was very high in rapeseed meal and cottonseed meal from China compared to other feedstuffs. Chinese wild hay, oil palm fronds and leucaena leaf can be potential fiber sources. Most of samples showed big variations in nutrient content by their origins. Most of samples showed low amino acids composition compared with regularily used feedstuffs.

(2) Minerals, Heavy metals, Toxicants and Anti-nutritional Factors

This study was conducted to evaluate nutritional value of non-conventional feeds of foreign-origin. Samples collected from South-Asian countries and China were analyzed for minerals, heavy metals and anti-nutritional factors. Most non-conventional feed resources obtained from 6 countries had mineral content of similar or higher in some cases than conventional feeds which used in Korea. Particularly, calcium and phosphorus were high in bone meal and fish meal from Vietnam. Heavy metal content of most non-conventional feed resources of this study was below safety level. But exceptions were bio-v-pro (India) which contained high chrome and soybean meal (China) whose Pb content was high.

HCN was high in cassava waste (Thailand), and tannic acid was high in mustard cake (India). But in most non-conventional feed resources, the level of anti-nutritional factors was low enough to be used as feed resources.

2) Third Year : Feeding Trials

(1) Broiler Chickens

This study was conducted to evaluate the nutritive values of copra meal (CM), palm kernel meal (PKM), and kapokseed meal (KM) as a alternative protein source in broiler diets. A total of 168 and 12 chicks were used in a feeding trial and a metabolic trial, respectively. Corn-SBM based diet was used as control. Treatment included the level of 0, 5, 10 and 15% CM, 0, 5, 10 and 15% PKM, and 0, 2, 4 and 6% KM in corn-SBM based diet, respectively. Experimental diets were formulated to be iso-caloric and iso-nitrogenous.

Chicks fed diet containing 5% CM showed better weight gain during the starter period than any other treatment ($p<0.05$). Although there is no significant difference,

feed conversion rate (FCR) was also improved in treatment containing 5% CM. During the finisher period, the same results were shown like those during the starter period. During the starter period, chicks fed over 10% CM showed significantly lower weight gain than those fed the control diet ($p<0.05$). Chicks fed the control diet showed higher nutrients utilizability except crude protein and phosphorous than CM treatments during the starter periods. During the finisher period, chicks fed 5% CM showed similar utilizability in the proximate nutrients when compared with control group.

During the starter period, chicks fed diet containing 15% CM showed lower amino acids utilizability except methionine than any other treatment. Especially, lysine and arginine utilizability were significantly lower in treatment containing 15% CM ($p<0.05$). During the finisher period, leucine and histidine utilizability of chicks fed 10% CM significantly increased ($p<0.05$). Chicks fed diets containing CM increased the level of C14 when compared with control group without any significant difference. The decrease in contents of C18:0 in carcass was associated with increased level of CM. These results reflected changes in the fatty acids composition of the diet as the level of CM in the diet was increased.

While, during the starter period, 5% PKM treatment revealed the highest weight gain and feed intake, but there were no significant differences among treatments. During the finisher period, the weight gain of chicks increased until PKM was used by 10%. Feed intake also increased as the level of PKM increased. Chicks fed 10% PKM showed higher utilizability of nutrients than other treatments during the overall periods. During the starter period, groups fed control diet showed the highest essential amino acids utilizability compared with groups fed diet containing PKM. However, there were no significant differences among treatments except histidine and arginine. During the finisher period, chicks fed 10% PKM were higher in essential amino acids utilizability than other treatments. There were significant differences among methionine, phenylalanine and lysine utilizability ($p<0.05$). Chicks fed PKM 15% diets significantly increased C16 among other treatment groups. The group fed diets containing 10% PKM was higher than any other treatment in C18:1, but there was no significant difference.

During the starter period, chicks fed diet containing 2% KM showed higher weight gain without any significant difference ($p>0.05$). However, this group significantly improved feed intake ($p<0.05$). During the finisher period, broiler fed

containing KM showed the decreased weight gain and feed intake as the level of KM increased. The groups fed diets containing more than 4% KM showed lower weight gain than did control group during the overall period. However, there was no significant difference. During the finisher period, the highest utilizability of crude fat was shown in treatment containing 2% KM and chicks fed 6% KM showed the highest utilizability of all other nutrients except crude fat, but the difference were not significant ($p>0.05$). During the starter period, chicks fed diets containing 6% KM showed the highest utilizability in methionine, isoleucine and leucine. However, lysine and arginine utilizability were significantly lower than control group. During the finisher period, the utilizability of all essential amino acids except leucine were higher in control than treatments containing KM unlike the results of the starter period. Chicks fed diets containing 2% KM were significantly higher content of saturated fatty acids (C14 and C16) than other KM treatments ($p<0.05$). Also, KM treatments decreased the content of polyunsaturated fatty acids as the level of KM increasing, but the difference were not significant.

It is evident from this study that CM, PKM, and KM can be a valuable source of protein in the diet for broilers.

(2) Finishing Pig

Soybean meal was partially replaced with rapeseed meal (CSR), palm kernel meal (CSP), coconut meal (CSC) and kapokseed meal (CSK) at 4.0% levels into four different corn-soybean finishing pig diets. Each of four diets was fed to four replicates (pens) of finishing pigs for 30 days. Partial replacement of soybean meal with non-conventional oilseed meal did not affect ($P>0.05$) growth performance and carcass traits. Digestibility of crude fiber decreased ($P<0.05$) in CSK diet. After slaughtering the pigs, samples of inner backfat were collected from 15 pigs per treatment. The fat samples were analyzed for their fatty acid composition using gas chromatography and the melting point was recorded. The results showed that the supplementation of different oilseed meal caused significant changes in the fatty acid patterns for inner backfat, although the differences were more pronounced with the saturated and mono-unsaturated fatty acid. Overall, the inner backfat from CSC and CSK contained more saturated and less mono-unsaturated fatty acids than fat from CSR and CSP ($P<0.05$). The melting point of the inner backfat was significantly altered ($P<0.05$) by the use of different dietary oil seed meal: CSC and CSK gave a

higher melting point than CSR and CSP; the highest values were recorded for CSK. In essential amino acids and non-essential amino acids digestibility, pigs fed diet supplemented palm kernel meal (CSP), coconut meal (CSC) and kapok seed meal (CSK) showed lower digestibility than pigs fed rapeseed meal (CSR). It may be predicted that the reason for decreasing amino acids digestibility in palm kernel meal, coconut meal and kapokseed meal is their higher content of crude fibre than rapeseed meal. The data presented here indicate that the selection of certain dietary oilseed meal sources has a impact on the fatty acid composition of inner backfat. Supplemental coconut meal (CSC) and kapokseed meal (CSK) significantly elevated the melting point, C16 and C18 of porcine fats and decreased C16:1 and C18:1 ($P<.05$). The supplementation of coconut meal (CSC) and kapokseed meal (CSP) increased in the content of saturated fatty acids with a concomitant decrease in the amount of the corresponding monounsaturated fatty acids in inner backfat ($P<0.05$). Total amino acid availability showed significant difference according to the protein sources ($P<0.05$).

(3) Korean Native Goat

This study was conducted to investigate the effects of foreign non-conventional roughage sources (Chinese wildrye hay, sugarcane leaf hay, and oil palm frond pellet) on ruminal fermentation characteristics and the changes of microbial population in Korean native goat. Rice straw was used as control roughage. Four ruminally cannulated Korean native goats (Average weight, 30kg) were allocated in 4×4 latin square design. Goats were fed the diet of 1.8% of body weight (as dry basis) and the ratio of forage to concentrate was 50 : 50. At 0, 3, 6 and 9 hour after feeding, rumen fluid was collected for estimating the fermentation products and microbial number.

At 3 hours after feeding, all foreign non-conventional roughages produced more ammonia than rice straw did. The pH values were lower in OPF pellet and Chinese wildrye hay (CWH) than in other roughages. CMCase and xylanase activity were the lowest in sugarcane leaf hay (SLH), and CWH and OPF pellet showed higher activity of these two cellulolytic enzymes than rice straw did. When VFA concentration was estimated, acetate, total VFA concentration and the ratio of acetate and propionate were the highest in OPF pellet. In total VFA concentration, sugarcane leaf hay was lower than other roughages, and there was no significant

difference between rice straw and CWH. Total bacterial and fungal number were the highest in rice straw, and not different among other foreign non-conventional roughages. But cellulolytic bacterial number was higher in sugarcane leaf hay than in other roughages, and CWH showed the highest total protozoal number. And CWH and OPF showed higher nutrient digestibility than SLH did.

Conclusively, foreign non-conventional roughages, particularly Chinese wildrye hay and OPF pellet were estitimated as good quality roughage for replacing rice straw being used in Korea.

(4) Dairy Cattle

The crude fiber contents of oil palm frond(OPF) was significantly higher compared with rice straw(RS), sugar cane leaf hay(SLH) and Chinese wild hay(CWH) ($p<.05$) and, RS and SLH showed higher value of crude ash contents than that of OPF and CWH ($p<.05$). The ether extract contents of RS was significantly higher compared with OPF, SLH and CWH ($p<.05$) and, CWH showed lower value of NDF contents than that of RS, OPF and SLH ($p<.05$). *In situ* dry matter disappearance (%) and *in vitro* dry matter digestibility (%) of OPF, SLH and CWH at 24hr after incubation were significantly higher compared with RS and, SLH and CWH showed higher value of *in situ* and *in vitro* dry matter disappearance(%) at 72hr than that of RS and OPF ($p<.05$), but no significant difference was observed between SLH and CWH.

The daily forage intake (kg) of SLH was significantly lower compared with RS, OPF and CWH ($p<.05$) and, OPF showed higher value of dry matter intake (kg) than that of SLH ($p<.05$).

The daily milk production of RS, OPF, SLH and CWH fed differnet forage sources were not significantly different among treatments and, RS showed lower value of 4% FCM than that of OPF, SLH and CWH, but no significant difference was observed between treatments. The fat, protein and lactose contents (%) of milk of lactating cows fed different forage sources (RS, OPF, SLH and CWH) were not significantly difference between treatments. The somatic cell and total bacteria counts(x 103) of milk of lactating cows fed different forage sources (RS, OPF, SLH and CWH) were not significantly difference between treatments.

(5) Korean Native Cattle

In growing performance, total weight gain of cattle on rice straw (RS), Chinese wildrye hay (CWH), sugarcane leaf hay (SLH), oilpalm frond pellet (OPF) 1 and 2 were 155.7, 157.2, 164.0, 155.5 and 172.5, respectively. Daily weight gain and feed conversion rate were the highest in OPF 2 group.

In carcass grade, carcass yield was the lowest in RS ($P<0.05$). Backfat was the lowest in CWH, and the highest in OPF 2. Loin area and meat quantity index were 86.5 and 70 in OPF 1, respectively, with the highest value. RS and OPF showed the highest marveling score. In economic evaluation, profit (selling price - feed cost) was 2,510, 2,210, 2,470, 2,620 and 2,630 thousand Won for RS, CWH, SLH, OPF 1 and OPF 2 group, respectively.

Conclusively, in this trial, OPF was evaluated as the most potent non-conventional feed resource for Korean native cattle.

CONTENTS

목 차

제 1 장 서 론

국내 배합사료 원료의 자급율은 그동안 계속 감소되었으며 앞으로도 수입원료의 의존도는 증가할 전망이다. 한편 세계적인 식량위기의 상황속에서 최근 국제 곡류가격의 상승은 국내 사료업계의 경영을 어렵게 하고 있다. 또한 세계경제가 단일화되면서 생산원가 면에서 국제경쟁력을 확보하지 못하면 해당산업의 존립이 위태로운 상황이므로 국내 축산업은 과거 어느 때보다도 사료비 절감의 필요성이 절실하다. 그리고 최근에는 경기불황 및 달러값의 폭등으로 인하여 모든 산업이 침체의 늪에 빠져 있는데, 이러한 상황속에서 축산업 및 사료산업도 예외일수는 없다. 특히 사료의 가격이 20 30% 상승하여 양축가들에게는 큰 위협요인이 되고 있는데, 이는 배합사료의 대부분의 원료를 수입에 의존하는 그리고 수입국이 미국을 위시한 몇몇 국가에 한정되어 있는 구조적인 문제점이 가장 큰 요인이라고 할 수 있다. 이러한 이유로 중국이나 동남아 등지의 기타국가에서 생산되는 부존사료를 파악하고 이용가능토록 하는 것은 사료비의 절감 및 안정적인 축산의 발전을 위해서 매우 중요하다고 할 수 있다.

이 문제에 대해서 좀 더 살펴 보겠다. 1996년 우리나라의 사료산업은 외형적으로는 성장을 하였지만 내용적으로는 매우 어려운 한해였다. 양적으로 보면, 사료생산량이 1,577만톤을 넘어서 1995년에 비해 7.3%나 증가했고, 사료의 가격도 2차례나 상승하면서 전체적인 매출규모는 크게 증가하였으나 사상 유례없는 곡물가격의 폭등으로 인하여 많은 어려움을 겪었다. 1996년 4월에 톤당 200달러이상으로 올라간 미국산 옥수수의 가격이 7, 8월에는 250 달러까지 올라갔고, 소맥이나 호밀 등 기타곡물도 품귀현상을 보여 물량의 확보조차 어렵게 하였다. 이러한 폭등현상은 96년 8월 이후부터 주곡인 옥수수를 중심으로 큰 폭으로 하락하면서 안정세를 유지해오고 있지만, 96년 폭등시 구매했던 옥수수가 아직까지 이용되고 있고, 원화가치도 계속 하락하고 있어서 사료업계의 어려움은 아직 해결되지 않고 있는 실정이다. 이같은 상황속에서 양축농가의 어려움도 심각해져 일부 양돈업자를 제외하고는 대부분의 축산농가들이 축산물의 가격하락과 사료비의 상승으로 매우 큰 어려움을 겪고 있다. 더군다나 최근의 달러값의 폭등 및 IMF의 여파로 인해 이러한 악조건은 계속 심화될 것으로 전망되며, 이러한 상황에서 앞날을 예측한다고 하는 것 자체도 불투명하다고 본다.

따라서 금년도의 사료생산량은 전반적인 축산경기의 침체와 축산물 수입개방에 따른 사료수요의 감소 등으로 인해 지난해와 같은 성장은 기대하기 어렵다. 실제 금년의 사료생산량은 최종적인 년말 집계가 나와봐야 알겠지만 9월말 현재 거의 정체되어 있는 실정이다.

그러나 원료수입에 대해서만 보면, 이러한 침체는 내년이후 다소 회복될 전망인데, 금

년 2월 미국농무성이 보고한 곡물수급보고서 (USDA Crop Report)에 따르면 세계 사료곡물 생산량은 전년대비 11.2%, 기말재고량은 18.4% 증가하고, 세계 옥수수 생산량은 11.7%, 기말제고량은 17% 정도 증가할 것으로 전망하였다. 그러나 이러한 개선 기미가 보이는 가운데에서도 문제점은 여전히 남아있는데, 사료곡물 생산량의 증가가 주로 미국을 포함한 일부 국가에 국한되어 있다는 것이다. 즉, 공급측면에서 보면, 세계사료곡물의 공급량이 미국, 카나다에서는 작년에 비해 크게 개선된 반면, 중국이나 호주 등의 사료곡물 수출여력은 아직 회복하지 못하고 있는 실정이며, 남미의 사료곡물 공급량도 크게 기대에 미치지 못하고 있다. 이 때문에 전체적으로는 사료곡물의 수급이 개선되었음에도 불구하고 공급량의 증가가 일부국가에만 집중되어 있는 실정이다. 그리고 또한 앞으로도 미국이나 카나다, 호주 등과 같은 주요생산국들의 생산감소나 주요수입국들의 수입급증으로 인해 국제사료곡물 수급이 불안정해지는 등 여러 가지 요인들에 의해서 사료곡물가격이 높아질 가능성은 충분히 존재한다.

따라서 본 연구는 세계적으로 보편화된 수입원료의 의존도가 높은 국내의 배합사료 형태로부터 벗어나기 위하여 아직 사료원료로 사용되지 않았으나 대량생산이 가능하며 영양적인 면과 경제적인 면에서 사료적 가치가 있는 해외의 부존자원을 적극적으로 연구개발하여 사료비를 절감하고 다소나마 원료수급의 안정화를 마련할 수 있도록 하는데 필요한 기초자료를 제공하기 위하여 수행되었다.

1차년도 연구개발 목표는 해외 부존사료자원의 조사연구와 현지재배 및 반입 가능성에 대한 예비조사로서 구체적으로는 대상국가를 직접 방문하여 부존자원에 대한 기초자료의 확보와 각 원료의 샘플 수집, 수집된 원료에 대한 성분분석을 통한 영양가치 평가 및 현지재배에 대한 기존연구의 검토였으며, 2차년도 연구개발 목표는 1차년도에 수집하여 성분분석 결과 수량이나 품질로 보아 국내에서 사료원료로 이용가능하다고 판단되는 해당원료에 대하여 중요한 중독광물질과 독성 및 항영양성 물질의 분석으로 가축사료로서의 안전성을 평가하고, 독성을 함유하고 있으면서 경제성이 높은 원료를 직접 동물시험으로 사용가능한 안전수준을 파악하는 것이었다. 마지막 3차년도에서는 선발된 몇가지의 해외부존 원료사료를 공시하여 사양시험을 수행함으로써 이들 원료의 사료적 가치에 관한 보다 더 정확한 자료를 얻는 것을 그 목표로 하였다.

제 2 장　해외 부존 사료자원의 일반성분과 아미노산 분석

제 1절　서　론

1996년 현재 국내 연간 총배합사료의 생산량은 약 1,578만톤으로 보고되었으며, 배합사료용 원료의 수입량은 약 1,396만톤으로 국내 배합사료 원료의 수입의존도는 88%로 높았으며(농림부와 한국사료협회, 1997), 국내에서 생산되어 배합사료의 원료로 이용되고 있는 가공 부산물의 사용량을 감안하면 원료자급율은 5% 내외에 그칠 것으로 추정되며 앞으로도 수입원료의 의존도는 계속 증가할 전망이다.

최근 IMF 체제하에서 축산물 판매 가격은 생산원가에 미치지 못하고 있고, 세계경제가 단일화되면서 생산원가 측면에서 국제경쟁력을 확보하지 못하면 해당산업의 존립이 위태로운 상황이므로 국내 축산업은 과거 어느 때보다도 사료비 절감의 필요성이 절실하다.

그러므로 아직 사료원료로 사용되지 않았으나 대량생산이 가능하며, 영양적인 측면과 경제적인 면에서 사료적 가치가 있으나 사료 원료로 이용되고 있지 않은 미상용(non-conventional) 해외 부존자원을 적극적으로 연구 개발하여 사료비를 절감하고 원료수급의 안정화를 기하려는 대안이 제시되었다(Devendra, 1993).

따라서 본 연구는 해외 부존사료자원의 조사연구와 현지재배 및 반입 가능성에 대한 예비조사로서 구체적으로는 대상국가를 직접 방문하여 부존자원에 대한 기초자료의 확보와 각 원료의 샘플을 수집하여 일반성분 분석을 통하여 가축사료로서의 영양적 가치를 평가할 수 있는 기초자료를 제공하고자 시행되었다.

제 2 절　재료 및 방법

1. 공시시료의 수집

본 연구를 수행하기 위하여 1996년 2월 18일부터 동년 6월 29일까지 부존사료자원이 풍부하다고 판단되는 동남아시아 6개국(인도, 인도네시아, 말레이시아, 필리핀, 태국, 베트남) 등과 중국을 대상으로 4개의 연구팀을 구성하여 개발 가능성이 높은 원료를 대상으로 100여점의 시료를 수집하였다.

2. 일반성분 및 아미노산의 분석

수집한 시료는 55℃의 건조오븐에서 48시간 동안 건조시켜 건물 함량을 측정하였으며, 조단백질, 조지방, 조회분, NDF, ADF 및 총에너지 등의 일반성분은 AOAC(1990) 방법에 준해서 분석하였다.

Asparagine, threonine, serine, glutamine, proline, glycine, alanine, valine, methionine, isoleucine, leucine, tyrosin, phenylalanine, histidine, lysine, arginine 등 총 16종의 아미노산 함량은 아미노산 자동 분석기 (L. K. B, Alphaplus Pharmacia, UK)를 이용하여 분석하였다.

제 3 절 결과 및 고찰

1. 일반성분 분석

해외부존사료의 일반성분 분석결과는 Table 1에 요약하였는데, 총에너지(GE)의 함량이 높은 종실류와 유박류 등의 원료는 일반적으로 조지방(EE)의 함량이 높았다. 특히 유박류는 상업적으로 유통되는 압착박의 조지방 함량보다 높은 경향을 보였는데(Bath 등, 1995; Thacker와 Kirkwood, 1990; Zaworski. 1995), 이것은 조사 대상국들의 유박류 생산 공정이 완전하지 못한 것에 기인한 것으로 사료된다. 조지방 함량이 높은 유박류 등의 원료는 수송과 보관 과정에서의 산패 문제를 보완하면 에너지 수준을 높게 유지할 수 있어 곡류 대체 효과가 클 것으로 예상된다.

조단백질(CP)함량은 낙화생박, 해바라기박, 옥글루텐, 대두박 등의 유박류에서 50% 이상으로 높은 경향을 보였다. 그리고 중국산 채종박과 면실박의 경우 조단백질의 함량이 대부분 40% 이상 유지되고 있어, 현재 중국에서 수입하여 사용 중인 원료보다 조단백질의 함량이 약 5 10% 높은 경향을 보여 경제적 가치가 높은 것으로 추정된다. 중국사양표준(1996)에 의하면 원산지에 따라 사료성분의 변이가 큰 것으로 나타나 있는데 채종박은 35.62 44.66%, 면실박은 29.85 48.71%의 조단백질 함량 변이를 보였다.

한편 양질의 섬유질 공급 원료로서 중국에서 들여온 Chinese wild hay, 말레이시아의 OPF(Oil Palm Fronds), 말레이시아와 베트남의 Leucaena 잎 등이 조사되었다. Chinese wild hay는 국내에서 羊草(중국사양표준, 1996)로 알려져 있으며, 중국에서 수입되어 볏짚 대체 원료로 사용되고 있다. OPF는 현재 말레이시아에서 펠렛 형태로 가공하여 유통될 수 있도록 상업화하고 있으며, buffaloes의 건물섭취량과 증체를 개선시켰다고 보고되었다(Shamsudin 등, 1995). Leucaena는 두과식물로서 조단백질 함량이 26 28%로 높고, 아미노산의 균형상태가 우수하며, 칼슘과 인의 함량도 높아 경제적인 가치가 높은 조사료원으로 조사되었다(Thacker와 Kirkwood, 1990).

그리고 같은 원료라도 지역에 따라서 많은 차이가 있었으며, 이러한 예는 인도와 베트남에서 들여온 어분에서 볼 수 있는데, 다른 성분은 거의 비슷한 수준이었으나 조지방 함량은 약 2배 정도 차이가 있었다.

Table 1. Nutrient composition of foreign non-conventional feed resources

Ingredients	Origin	GE1 kcal/ kg	MO2 %	%, as-fed basis3				
				CP	EE	CA	NDF	ADF
Alfalfa hay(*Medicago sativa*)	China	4,049	7.16	16.93	1.37	7.81	41.45	28.49
Chinese wild hay	China	4,043	7.48	6.55	1.74	6.78	76.14	47.03
Corn	China	-	9.17	8.44	5.75	1.50	-	-
Cottonseed meal	China	4,033	6.93	45.88	1.30	15.13	-	-
Soybean meal	China	3,295	5.93	21.86	2.29	26.44	-	-
Wheat bran	China	3,921	8.06	18.39	3.08	9.48	56.19	12.87
Cottonseed meal(1)	China(Hunan)	4,543	7.68	45.35	9.33	7.86	-	-
Cottonseed meal(2)	China(Hunan)	4,222	8.70	44.34	0.71	7.42	-	-
Rapeseed meal(1)	China(Hunan)	4,607	7.81	38.58	8.70	7.59	-	-
Rapeseed meal(2)	China(Hunan)	4,197	7.88	40.74	4.31	8.50	-	-
Rapeseed meal(3)	China(Hunan)	4,542	6.55	41.68	6.76	7.28	-	-
Sunflowerseed meal	China(Hunan)	4,234	7.81	50.73	2.56	8.83	-	-
Acacia tortalis pods	India	3,904	9.25	19.31	2.25	6.48	43.62	37.64
Barley	India	4,015	9.78	8.98	2.86	3.06	-	-
Bio-v-pro	India	3,971	5.98	58.50	4.55	24.72	-	-
Coconut cake	India	4,468	6.64	21.66	12.09	4.97	-	-
Coconut pitti	India	4,080	8.83	0.59	2.49	11.81	-	-
Finger millet straw	India	3,740	7.39	11.41	1.39	12.61	78.90	38.71
Fish meal	India	3,201	5.69	58.18	1.97	37.96	-	-
Gram damaged	India	3,973	8.43	34.97	5.10	6.50	-	-
Jawar stover(chaffered)	India	4,026	6.78	3.93	1.15	10.16	68.99	43.03
Maize gluten	India	5,350	6.24	70.38	4.02	1.74	-	-
Maize straw	India	3,904	6.94	3.55	3.31	7.83	79.91	49.55
Mango seed	India	4,237	10.91	8.81	7.39	6.05	-	-
Mooth	India	3,982	9.59	21.88	2.47	3.36	-	-
Mustard cake	India	4,615	7.29	37.26	9.13	7.78	-	-
Neem seed kernel cake(sol)	India	4,125	6.53	40.72	3.02	16.52	-	-
Para grass	India	3,885	6.22	1.47	2.74	8.78	77.60	50.92
Para grass ilay	India	3,778	7.87	3.33	0.74	8.98	40.57	40.57
Rice straw	India	3,361	6.82	2.79	1.52	19.56	53.63	53.63

- : Not Analyzed.
1 GE : Gross energy.
2 MO : Moisture.
3 CP : Crude protein, EE : Ether extract, CA : Crude ash, NDF : Neutral detergent fiber, ADF : Acid detergent fiber.

Table 1. Nutrient composition of foreign non-conventional feed resources (continued)

Ingredients	Origin	GE1 kcal/ kg	MO2 %	%, as-fed basis3				
				CP	EE	CA	NDF	ADF
Sorghum straw	India	3,319	5.12	1.62	2.22	22.76	80.44	58.84
Soy-v-pro	India	4,884	5.93	38.78	15.74	7.28	-	-
Soya flakes (1)	India	4,116	13.81	48.80	2.24	10.65	-	-
Soya flakes (2)	India	4,280	16.43	53.26	1.97	9.75	-	-
Sugar cane tops (chaffered)	India	3,715	7.22	3.82	1.01	8.26	79.83	46.05
Wheat damaged	India	3,927	10.03	15.49	1.02	3.75	-	-
Anil trader	India (Bangalore)	4,047	9.73	25.34	1.93	3.83	-	-
Wheat straw	India (Bangalore)	3,862	8.19	5.75	2.30	11.06	85.22	58.82
Apple pomace	India (Karnal)	-	9.36	7.63	4.90	3.77	-	-
Cattle feed (pellet)	India (Karnal)	2,696	11.06	16.72	3.87	15.19	77.63	32.07
Cotton seed	India (Karnal)	-	7.01	32.61	27.17	5.31	-	-
Cotton seed cake (undecoric)	India (Karnal)	4,495	8.22	35.04	9.51	5.97	-	-
Gram husk	India (Karnal)	-	9.17	6.43	-	4.61	84.51	66.40
Groundnut cake	India (Karnal)	4,644	7.21	48.55	8.67	8.34	-	-
Maize	India (Karnal)	-	10.06	15.62	5.71	3.39	-	-
Millet	India (Karnal)	-	12.10	13.03	6.97	5.66	-	-
Mustard cake (expeller)	India (Karnal)	4,593	4.84	40.14	9.92	8.33	-	-
Purle ground for cattle	India (Karnal)	4,083	10.92	18.71	4.80	2.59	30.62	8.11
Rice bran (deoiled)	India (Karnal)	3,454	10.91	18.03	2.27	13.71	64.47	51.95
Rice straw	India (Karnal)	3,345	14.36	8.89	2.46	22.82	78.26	58.09
Soybean meal	India (Karnal)	5,326	9.07	51.74	2.24	8.24	-	-
Wheat bran	India (Karnal)	4,128	10.98	17.75	5.21	4.81	52.19	12.26
Cotton cake	India (Pune)	4,613	6.94	34.60	8.98	6.24	-	-
Groundnut cake	India (Pune)	4,619	6.64	53.55	5.79	5.57	-	-
Gram bran	India (Pune)	3,676	10.31	9.63	2.73	7.24	73.31	50.57
Jowar (non-seed)	India (Pune)	4,151	10.37	2.58	6.05	4.64	24.62	4.93
Maize bran	India (Pune)	4,099	11.93	2.11	4.01	2.00	21.15	3.65
Maize grain	India (Pune)	4,119	10.34	2.02	8.54	2.24	-	-
Rice bran	India (Pune)	-	6.66	1.64	4.46	26.22	63.20	48.81
Soybean (non-seed)	India (Pune)	5,087	6.97	1.34	16.18	6.01	-	-

- : Not Analyzed.
1 GE : Gross energy.
2 MO : Moisture.
3 CP : Crude protein, EE : Ether extract, CA : Crude ash, NDF : Neutral detergent fiber, ADF : Acid detergent fiber.

Table 1. Nutrient composition of foreign non-conventional feed resources (continued)

Ingredients	Origin	GE1 kcal/ kg	MO2 %	%, as-fed basis3				
				CP	EE	CA	NDF	ADF
Sunflower (non-seed)	India (Pune)	6,254	4.36	23.25	41.49	4.43	-	-
Tur bran	India (Pune)	4,164	9.96	2.80	1.64	3.91	61.65	50.39
Wheat bran	India (Pune)	4,124	10.41	2.00	3.27	4.25	45.07	8.27
Wheat grain	India (Pune)	3,949	9.62	12.75	3.31	2.09	-	-
Cassava starch	Indonesia	3,647	10.35	0.84	1.28	0.17	-	-
Gliricidia (pellet)	Malaysia	4,454	8.38	22.52	5.84	8.31	34.16	29.31
Leucaena leaf (meal)	Malaysia	-	4.68	25.81	6.02	6.34	43.88	21.38
Leucaena leaf (wafer)	Malaysia	4,529	8.93	27.71	5.91	8.87	35.47	18.29
Oil palm frond (OPF)	Malaysia	-	7.64	7.14	2.86	8.26	65.63	51.91
Copra meal	Philippine	4,624	4.85	20.99	18.57	6.66	-	-
Brewer-malt	Thailand	-	7.70	28.03	9.83	4.84	58.62	25.17
Cassava chip	Thailand	3,689	11.14	1.94	1.38	1.73	-	-
Cassava waste	Thailand	3,571	11.90	2.10	0.50	5.03	-	-
Cocoa seed hull	Thailand	-	11.66	17.04	3.40	9.58	40.34	36.02
Copra cake	Thailand	4,626	6.20	13.19	17.55	4.74	-	-
Groundnut meal	Thailand	-	5.48	16.93	10.35	20.22	-	-
Iponeae vines	Thailand	-	9.27	3.46	2.92	10.10	61.68	40.78
Palm kernel meal	Thailand	-	7.22	11.75	13.36	5.07	-	-
Palm oil meal	Thailand	-	4.55	8.54	22.00	6.23	-	-
Soybean vine	Thailand	-	12.34	7.31	1.92	6.56	-	-
Bone powder	Vietnam	2,588	10.44	28.45	3.47	52.10	-	-
Fish meal	Vietnam	3,491	12.96	50.61	5.66	33.59	-	-
Groundnut cake	Vietnam	4,657	9.33	58.38	8.17	5.21	-	-
Leucaena leaf meal	Vietnam	-	9.33	28.15	7.26	10.31	35.21	14.69
Red maize	Vietnam	4,135	13.56	11.08	7.88	2.50	-	-
Rice bran	Vietnam	3,439	8.01	11.26	13.73	9.44	55.93	44.58
Slice tapiocca chip (Large)	Vietnam	3,689	14.43	2.39	-	2.02	-	-
Slice tapiocca chip (Small)	Vietnam	3,682	15.23	2.12	-	1.59	-	-
Soya oil cake	Vietnam	4,560	7.49	43.54	7.07	6.56	-	-

- : Not Analyzed.

1 GE : Gross energy.

2 MO : Moisture.

3 CP : Crude protein, EE : Ether extract, CA : Crude ash, NDF : Neutral detergent fiber, ADF : Acid detergent fiber.

한편 같은 나라라고 하더라도 지역에 따라서 일반성분의 함량에 다소 차이가 있었는데, 인도의 Pune지역과 Karnal지역에서 수집한 소맥피는 대부분의 성분에는 차이가 없었으나 조단백질의 함량은 Karnal 지역의 것이 9배 정도 많은 것으로 나타났다. 그리고 같은 나라, 같은 지역이라고 하더라도 성분의 함량에 차이가 있었는데 중국의 Hunan지방에서 수집한 채종박은 다른 성분들은 거의 차이가 없었으나 조지방은 2배 정도 차이가 있었다. 마찬가지로 이 지역에서 수집한 두 종류의 면실박도 조지방 함량이 거의 12배 정도 차이가 있는 것으로 나타났다.

결론적으로 같은 이름의 원료사료라고 하더라도 나라나 지역에 따라서 일반성분의 함량에 많은 차이가 있었는데, 실제 우리나라에서 이러한 원료사료를 도입하게 된다면, 균일한 품질의 원료사료를 확보하는 것이 문제가 될 수 있으며, 이를 해결하기 위해서는 이들 원료사료의 품질 표준화를 위한 대책이 사전에 강구되어져야 할 것으로 본다.

2. 아미노산 분석

해외부존 원료사료의 아미노산 성분들을 보면(Table 2), 중국에서 수집한 채종박과 면실박에서 asparagine과 threonine 및 serine의 함량이 비교적 높았다. 특히 채종박의 threonine 함량은 NRC(1998)에서 제시한 값보다 무려 6배 이상 높은 것으로 나타났다.

그리고 중국에서 들여온 채종박, 면실박, 대두박, 소맥피 및 인도에서 들여온 옥글루텐 등에서 glutamine의 함량이 높은 것으로 나타났다. Glycine의 함량이 높은 사료로는 인도에서 들여온 bio-v-pro, 어분, 낙화생박, 대두박, 그리고 베트남에서 수집한 골분, 어분 및 낙화생박 등으로 조사되었다. Alanine의 함량이 높은 원료사료로는 인도에서 들여온 bio-v-pro, 옥글루텐, 어분, soya flake, 대두박, 그리고 베트남에서 수집한 골분, 어분 및 낙화생박 등으로 나타났다.

한편 인도의 bio-v-pro, 옥글루텐, 어분 및 대두박 그리고 베트남의 낙화생박 등은 valine의 함량이 높았는데, 어분의 경우 대부분 1.9 2.0% (as-fed basis)의 범위로서 통용되는 표준 성분보다 다소 낮은 것으로 나타난 반면 낙화생박은 같은 수준으로 나타났다(Bath 등, 1995; NRC, 1998; Zaworski. 1995). Methionine의 함량이 높은 원료사료는 인도의 bio-v-pro, 옥글루텐, 어분, 그리고 말레이시아의 leucaena leaf와 베트남의 어분인 것으로 조사되었다. 그리고 인도의 옥글루텐과 대두박에서 isoleucine의 함량이 높은 것으로 측정되었고, leucine의 함량은 인도의 bio-v-pro, soy-v-pro, 옥글루텐, soya flake(1, 2), 대두박 및 베트남의 어분, 낙화생박, 대두박 등에서 높게 나타났다. 중국의 면실박, 인도와 베트남의 낙화생박 등에서는 arginine의 함량이 높게 나타났다.

결론적으로 조사된 대부분의 원료사료는 아미노산함량이 기존 원료분석 결과에 비해 다소 낮은 것으로 나타났지만, 인도에서 수집한 bio-v-pro, 옥글루텐, 어분, 대두박 및 베트남의 어분과 낙화생박 등의 몇가지 원료사료는 아미노산의 함량이 우수한 것으로 평가되었다.

Table 2. Amino acid composition of foreign non-conventional feed resources

Ingredient	Origin	%, as-fed basis1																	
		ASP	THR	SER	GLU	PRO	GLY	AA	LVL	AMT	E	ILE	LEU	TYR	PHE	HIS	LYS	ARG	Total
Alfalfa hay	Chaina	9.07	2.32	3.43	6.26	0.87	0.46	0.73	0.57	0.19	0.45	0.81	0.36	0.67	0.72	0.32	0.62	27.84	
Chinese wild hay	China	0.48	0.23	0.23	0.67	0.33	0.25	0.28	0.23	0.6	0.23	0.42	0.24	0.48	0.24	0.11	0.32	4.79	
Corn	China	3.86	1.70	2.75	9.26	0.95	0.32	0.68	0.41	0.24	0.35	0.99	0.54	0.76	0.38	0.30	0.52	24.00	
Cottonseed meal	China	18.33	7.09	7.47	38.37	1.23	1.18	1.68	1.36	0.68	0.95	2.13	1.16	2.29	1.44	1.03	3.94	90.32	
Soybean meal	China	9.74	2.79	5.38	19.08	1.28	0.76	1.03	0.77	0.31	0.69	1.42	0.67	1.09	1.03	0.54	1.35	47.93	
Wheat bran	China	5.48	2.14	3.64	15.61	1.13	0.65	0.78	0.59	0.29	0.42	0.92	0.59	0.84	0.57	0.40	1.04	35.08	
Cottonseed meal (1)	China (Hunan)	16.79	4.72	8.35	34.77	1.43	1.24	1.59	1.32	0.55	0.94	2.01	1.08	2.24	1.47	1.00	3.84	83.33	
Cottonseed meal (2)	China (Hunan)	3.44	1.06	1.52	7.49	1.21	1.26	1.47	1.36	0.55	1.01	1.98	1.05	1.81	1.62	1.06	4.01	31.90	
Rapeseed meal (1)	China (Hunan)	2.41	1.35	1.40	6.62	1.89	1.39	1.35	1.34	0.30	1.04	2.06	0.86	1.20	0.78	0.88	1.36	26.53	
Rapeseed meal (2)	China (Hunan)	2.58	1.18	1.38	6.29	1.81	1.53	1.43	1.38	0.68	1.09	2.06	1.00	1.34	1.52	0.85	1.78	27.90	
Rapeseed meal (3)	China (Hunan)	15.62	8.73	7.29	31.78	1.20	1.14	1.38	1.15	0.51	0.87	1.78	1.01	2.00	1.39	0.91	3.50	80.27	
Sunflower meal	China (Hunan)	3.50	1.24	1.56	9.13	1.27	1.58	1.54	1.50	0.74	1.19	2.17	0.94	1.64	1.43	0.96	3.04	32.44	
Acasia tortalis pods	India	1.21	0.40	0.49	1.02	0.49	0.53	0.46	0.51	0.63	0.44	0.65	0.72	0.80	0.45	0.27	0.41	9.48	
Barley	India	0.60	0.31	0.35	1.80	0.71	0.31	0.37	0.39	0.20	0.32	0.57	0.41	0.59	0.34	0.21	0.54	8.02	
Bio-V-pro	India	5.08	1.90	2.38	7.24	3.96	7.65	4.73	2.46	1.12	1.71	3.03	2.56	2.20	1.67	3.17	3.30	50.91	
Coconut cake	India	1.52	0.63	0.84	3.79	0.59	0.90	0.97	1.06	0.51	0.69	1.12	0.72	0.98	0.82	0.44	3.55	19.14	
Coconut pitii	India	0.31	0.25	0.18	0.38	0.43	0.21	0.18	0.19	0.13	0.21	0.27	0.23	0.39	0.19	0.12	0.22	3.89	
Finger millet straw	India	1.28	0.53	0.51	1.32	0.59	0.60	0.63	0.76	0.47	0.60	0.91	0.83	1.14	0.56	0.36	0.72	11.79	
Fish meal	India	2.74	1.52	1.25	4.52	1.34	2.26	2.62	2.04	1.10	1.67	2.43	1.23	1.30	2.44	0.91	2.65	32.00	
Jawar stover	India	0.36	0.21	0.19	0.45	0.46	0.16	0.18	0.20	0.06	0.22	0.25	0.22	0.22	0.13	0.07	0.21	3.58	
Maize gluten	India	3.36	2.40	3.25	10.69	5.68	1.54	4.31	2.69	1.30	2.00	6.91	2.95	3.09	0.91	0.94	2.35	54.38	
Maize straw	India	0.39	0.14	0.18	0.53	0.18	0.21	0.23	0.19	0.08	0.13	0.20	0.11	0.26	0.17	0.11	0.16	3.26	
Mooth	India	2.35	0.62	1.00	3.56	0.68	0.69	0.91	0.90	0.36	0.80	1.44	0.78	1.20	1.44	0.70	1.49	18.92	
Mustard cake	India	2.26	1.20	1.27	5.86	1.79	1.32	1.29	1.21	0.56	0.98	1.85	0.80	1.10	1.76	0.93	2.10	26.28	
Neem seed kernel cake	India	2.92	2.11	2.11	6.56	0.76	1.26	1.49	1.89	0.62	1.30	2.09	1.01	1.35	0.71	0.52	2.88	29.59	
Para grass	India	0.14	0.05	0.06	0.19	0.10	0.09	0.10	0.09	0.07	0.13	0.17	0.15	0.22	0.12	0.04	0.07	1.78	
PARA grass ilay	India	0.30	0.20	0.18	0.39	0.50	0.20	0.19	0.28	0.19	0.26	0.31	0.26	0.31	0.18	0.09	0.24	4.08	
Rice straw	India	0.31	0.24	0.17	0.36	0.14	0.16	0.17	0.22	0.18	0.25	0.29	0.33	0.39	0.12	0.07	0.18	3.59	
Sorghum straw	India	0.12	0.05	0.08	0.21	0.10	0.08	0.11	0.03	0.20	0.19	0.21	0.18	0.21	0.06	0.04	0.05	1.94	
Soy-v-pro	India	4.24	1.52	2.00	6.55	1.73	1.55	1.61	1.54	0.61	1.76	3.35	4.50	3.43	1.49	2.30	2.52	38.29	

1 ASP: Asparagine, THR; threonine, SER; serine, GLU; glutamine, PRO; proline, GLY; glycine, ALA; alanine, VAL; valine, MET; methionine, ILE; isoleucine, LEU; leucine, TYR; tyrosin,PHE; phenylalanine, HIS; histidine, LYS; lysine, ARG; arginine.

Table 2. Amino acid composition of foreign non-conventional feed resources (Continued)

Ingredient	Origin	%, as-fed basis1																	
		ASP	THR	SER	GLU	PRO	GLY	AA	LVL	AMT	ILE	LEU	TYR	PHE	HIS	LYS	ARG	Total
Soya flake(1)	India	5.15	1.51	2.11	8.17	2.71	1.37	2.01	1.66	0.66	1.48	3.04	1.52	1.92	2.71	1.22	3.26	40.51
Sugar cane tops	India	0.35	0.20	0.19	0.49	0.68	0.30	0.26	0.30	0.12	0.31	0.33	0.25	0.30	0.15	0.07	0.26	4.56
Soya flake(2)	India	5.45	1.75	2.55	9.44	2.02	1.70	2.13	1.81	0.63	1.68	3.38	1.62	2.24	3.11	1.45	3.67	44.63
Anil trader	India (Bangalore)	2.53	0.82	1.40	4.07	0.93	1.15	0.96	1.04	0.35	0.91	1.46	0.52	0.84	0.53	1.56	1.34	20.41
Wheat straw	India (Bangalore)	0.35	0.12	0.17	0.48	0.63	0.32	0.48	0.52	0.77	0.70	0.91	2.20	0.84	0.28	0.16	0.32	9.23
Apple pomace	India (Karnal)	0.52	0.24	0.29	0.61	0.18	0.27	0.28	0.31	0.08	0.19	0.34	0.09	0.46	0.25	0.21	0.62	4.91
Cattle feed(pellet)	India (Karnal)	1.51	0.61	0.73	2.32	0.99	0.86	1.07	0.78	0.19	0.57	1.33	1.29	1.62	1.10	0.68	0.94	16.58
Cotton seed	India (Karnal)	2.60	0.97	1.36	5.61	0.89	1.21	1.25	1.10	0.40	0.86	1.57	1.03	1.20	0.94	1.33	2.48	24.78
Cottonseed cake	India (Karnal)	3.26	1.11	1.55	6.72	1.26	1.43	1.49	1.42	0.81	1.04	1.85	1.14	1.31	1.07	1.50	3.21	30.19
Gram husk	India (Karnal)	0.49	0.16	0.25	0.58	0.32	0.38	0.30	0.27	0.05	0.19	0.34	0.17	0.47	0.22	0.30	0.35	4.84
Groundnut cake	India (Karnal)	4.97	1.10	2.33	8.83	1.66	2.28	1.58	1.55	0.36	1.29	2.46	1.38	1.59	1.16	1.48	4.50	38.52
Maize	India (Karnal)	0.95	0.46	0.66	2.35	1.11	0.68	1.00	0.55	0.18	0.41	1.49	1.23	1.25	0.64	0.50	0.76	14.25
Millet	India (Karnal)	1.02	0.49	0.63	2.08	0.96	0.66	1.08	0.63	0.30	0.43	0.99	0.36	0.79	0.91	0.51	0.81	12.65
Mustard cake(expeller)	India (Karnal)	2.42	1.60	1.65	7.02	2.41	1.94	1.81	1.71	0.66	1.25	2.61	0.99	1.42	1.52	2.22	1.82	33.07
Purple ground	India (Karnal)	1.83	0.64	0.94	3.94	1.00	0.79	0.35	0.72	0.19	0.67	1.24	0.79	1.09	0.90	1.05	1.45	17.56
Rice bran(deoiled)	India (Karnal)	1.70	0.67	0.80	2.23	0.85	0.96	0.50	0.88	0.22	0.51	1.08	0.77	1.04	0.67	0.76	1.44	15.08
Soybean meal	India (Karnal)	5.56	1.89	2.58	9.40	2.60	2.29	2.42	2.18	0.53	2.12	4.01	2.48	2.82	1.92	3.04	3.65	49.48
Wheat bran	India (Karnal)	1.18	0.57	0.77	3.35	1.05	0.92	0.89	0.81	0.28	0.52	1.12	0.52	0.42	0.46	0.76	1.17	14.78
Cotton cake	India(Pune)	2.34	0.86	1.21	5.26	0.79	1.10	1.00	1.00	0.36	0.72	1.39	0.98	1.17	0.92	1.23	2.75	23.09
Groundnut cake	India(Pune)	4.65	1.11	2.17	8.25	1.83	2.38	1.56	1.55	0.37	1.12	2.12	1.01	1.12	1.17	1.50	4.43	36.34
Gram bran	India(Pune)	0.88	0.34	0.47	1.27	0.34	0.47	0.41	0.38	0.20	0.46	0.72	1.01	0.66	0.37	0.59	0.79	9.38
Jowar(non-seed)	India(Pune)	0.72	0.33	0.47	1.60	0.60	0.45	0.65	0.40	0.15	0.30	0.87	0.82	0.65	0.40	0.35	0.65	9.42
Maize bran	India(Pune)	0.58	0.27	0.38	1.30	0.58	0.34	0.50	0.36	0.18	0.37	0.82	0.85	0.64	0.40	0.31	0.61	8.50
Maize grain	India(Pune)	0.58	0.31	0.42	1.40	0.62	0.36	0.51	0.39	0.16	0.25	0.81	0.73	0.68	0.42	0.34	0.62	8.58
Rice bran	India(Pune)	0.42	0.19	0.27	0.68	0.39	0.30	0.30	0.31	0.12	0.16	0.29	0.09	0.25	0.26	0.23	0.46	4.72
Soybean(non-seed)	India(Pune)	3.21	1.11	1.49	5.38	1.41	1.31	1.34	1.18	0.38	1.34	2.34	1.90	1.60	1.00	1.79	1.67	28.45
Sunflower(non-seed)	India(Pune)	1.41	0.60	0.72	3.30	0.62	0.97	0.76	0.74	0.28	0.64	1.21	1.21	1.31	0.58	0.65	1.11	16.10
Tur bran	India(Pune)	0.75	0.31	0.41	1.39	0.34	0.36	0.43	0.34	0.08	0.34	0.77	1.01	1.30	0.43	0.54	0.50	9.31
Wheat grain	India(Pune)	0.66	0.34	0.55	2.88	0.66	0.52	0.48	0.41	0.17	0.39	0.78	0.84	0.70	0.42	0.39	0.60	10.80
Cassava starch	Indonesia	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

1 ASP: Asparagine, THR; threonine, SER; serine, GLU; glutamine, PRO; proline, GLY; glycine, ALA; alanine, VAL; valine, MET; methionine, ILE; isoleucine, LEU; leucine, TYR; tyrosin,PHE; phenylalanine, HIS; histidine, LYS; lysine, ARG; arginine.

Table 2. Amino acid composition of foreign non-conventional feed resources (Continued)

Ingredient	Origin	%, as-fed basis1																	
		ASP	THR	SER	GLU	PRO	GLY	ALA	LVAL	MET	ILE	LEU	TYR	PHE	HIS	LYS	ARG	Total
Gliricidia(pellet)	Malaysia	2.75	0.70	0.79	1.56	0.88	0.84	1.02	1.03	0.43	0.97	1.74	1.63	1.72	0.90	0.88	1.11	18.94
Leucaena leaf(meal)	Malaysia	2.96	0.80	0.89	1.82	0.85	0.82	0.87	0.87	1.53	0.69	1.25	0.83	0.90	0.75	0.96	1.03	17.80
Leucanae leaf(wafer)	Malaysia	2.13	0.93	1.06	2.35	0.87	1.12	1.13	1.05	0.93	0.83	1.48	0.58	0.48	0.38	1.14	1.07	17.52
Oil palm frond(OPF)	Malaysia	0.55	0.27	0.29	0.58	0.29	0.33	0.38	0.37	0.14	0.27	0.51	0.30	0.22	0.12	0.26	0.62	5.52
Coconut meal	Philipppine	0.84	0.36	0.44	1.40	0.36	0.47	0.43	0.55	0.30	0.56	0.82	0.75	0.71	0.55	0.41	0.82	9.78
Copra meal	Philipppine	1.73	0.73	0.96	3.85	1.38	0.90	0.87	0.92	0.39	0.59	1.04	0.39	0.34	0.52	0.57	1.99	17.17
Cassava chip	Thailand	0.14	0.09	0.10	0.51	0.20	0.09	0.17	0.43	0.43	0.06	0.12	0.03	0.26	0.37	0.14	0.11	3.26
Cocoa seed hull	Thailand	1.24	0.53	0.61	1.79	0.74	0.67	0.99	0.74	0.26	0.73	0.99	0.88	0.78	0.80	0.86	0.78	13.37
Copra cake	Thailand	1.05	0.39	0.58	2.47	0.27	0.53	0.58	0.63	0.25	0.43	0.95	0.80	0.90	0.72	0.42	1.47	12.42
Groundnut meal	Thailand	2.17	0.80	0.96	2.62	0.39	0.73	0.73	0.72	0.24	0.73	1.18	1.15	0.96	0.82	0.90	1.70	16.80
Iponeae vines	Thailand	0.41	0.17	0.22	0.44	0.04	0.20	0.10	0.33	0.03	0.15	0.19	0.03	0.21	0.68	0.20	0.24	3.64
Palm oil meal	Thailand	0.79	0.34	0.48	0.99	0.34	0.44	0.22	0.37	0.12	0.31	0.59	0.49	0.85	0.76	0.25	0.57	7.90
Palm kernel meal	Thailand	1.06	0.33	0.50	1.90	0.26	0.57	0.74	0.58	0.31	0.34	0.88	0.73	0.62	0.61	0.30	0.95	10.69
Soybean vine	Thailand	0.54	0.27	0.38	0.82	0.41	0.40	0.65	0.65	0.43	0.61	1.01	1.39	0.48	0.50	0.29	0.59	9.44
Bone powder	Vietnam	2.08	0.65	1.00	3.07	2.63	5.17	2.23	0.85	0.29	0.68	1.57	1.85	1.70	0.70	1.11	2.51	28.09
Fish meal	Vietnam	4.30	1.78	1.91	6.50	2.24	3.01	2.72	1.93	1.05	1.62	3.31	4.08	2.74	1.52	2.78	2.74	44.24
Groundnut cake	Vietnam	6.51	1.38	2.85	1.13	2.47	3.17	2.07	2.07	0.57	1.78	3.83	3.23	3.45	1.88	1.80	6.06	44.26
Leucaena leaf meal	Vietnam	2.55	1.15	1.21	2.99	1.34	1.36	1.49	1.38	0.29	1.00	2.29	1.48	1.99	1.04	1.53	1.76	24.85
Red maize	Vietnam	0.97	0.50	0.60	1.96	1.15	0.71	1.11	0.92	0.76	0.73	1.82	1.76	1.55	0.69	0.47	1.06	16.75
Rice bran	Vietnam	1.23	0.50	0.62	1.88	0.82	0.75	0.82	0.66	0.28	0.50	1.15	1.22	1.32	0.81	0.57	1.46	14.58
Slice tapioca chip(large)	Vietnam	0.15	0.08	0.11	0.36	0.09	0.10	0.13	0.21	0.33	0.23	0.25	0.22	0.20	0.19	0.12	0.39	3.16
Soya oil cake	Vietnam	4.98	1.60	2.20	7.91	1.95	1.87	1.79	1.78	0.54	1.62	3.14	1.48	2.06	1.55	2.27	3.04	39.77

1 ASP: Asparagine, THR; threonine, SER; serine, GLU; glutamine, PRO; proline, GLY; glycine, ALA; alanine, VAL; valine, MET; methionine, ILE; isoleucine, LEU; leucine, TYR; tyrosin,PHE; phenylalanine, HIS; histidine, LYS; lysine, ARG; arginine.

제 4 절 요 약

본 연구는 해외 부존자원의 개발을 위하여 동남아시아 4개국과 중국에서 수집한 시료의 일반성분과 아미노산 함량을 분석하여 원료가치를 판단하는 기초 자료를 제공하고자 실시되었다. 성분 분석 결과를 요약하면 다음과 같다.

1. 대부분의 종실류와 유박류는 조지방 함량이 높아 에너지 수준이 높았다.
2. 중국산 채종박과 면실박은 조단백질 함량이 높았다.
3. 섬유질 공급 원료로 양초, OPF와 leucaena 잎 등이 이용가능할 것으로 판단되었다.
4. 대부분의 원료사료는 아미노산 함량이 낮은 경향을 보였다.

제 3 장 해외 부존 사료자원의 광물질과 항영양인자 분석

제 1 절 서 론

국내 배합사료에 사용되는 원료는 대부분 세계적으로 보편화된 원료로서 우리나라의 경우 대부분을 수입에 의존하고 있다. 그러므로 아직 사료원료로 사용되지 않았으나 대량 생산이 가능하며 영양적인 면과 경제적인 면에서 사료적 가치가 있는 해외의 부존자원을 적극적으로 연구개발하여 사료비를 절감하고 원료수급의 안정화를 기하는 것은 시급한 당면 과제라고 생각된다.

따라서 본 연구를 통해 해외 부존사료자원의 조사연구와 현지재배 및 반입 가능성에 대한 예비조사로서 구체적으로는 대상국가를 직접 방문하여 부존자원에 대한 기초자료를 확보하고 원료의 샘플을 수집하였고,. 수집된 원료의 광물질의 함량과 중독광물질 및 독성 및 항영양성 물질을 분석하여 가축사료로서의 안전성을 평가하여 사용가능한 안전수준을 파악하는 기초자료를 제공하고자 본 연구를 실시하였다.

제 2 절 재료 및 방법

1. 공시시료의 수집

본 연구를 수행하기 위하여 1996년 2월 18일부터 동년 6월 29일까지 부존사료자원이 풍부하다고 판단되는 동남아시아 6개국(인도, 인도네시아, 말레이시아, 필리핀, 태국, 베트남) 등과 중국을 대상으로 4개의 연구팀을 구성하여 개발 가능성이 높은 원료를 대상으로 100여점의 시료를 수집하였다.

2. 광물질 및 항영양성물질의 분석

광물질과 항영양성 물질은 AOAC (1990) 방법에 의하여 분석하였다. 광물질로는 calcium(Ca), phosphorus(P), Potassium(K), magnesium(Mg), Sodium(Na) 및 copper(Cu) 등을 분석하였고, 항영양성 물질로는 aflatoxin, urease activity, trypsin inhibitor, HCN, tannin 및 질산염 등을 분석하였다.

제 3 절 결과 및 고찰

1. 광물질 분석

주요 해외 부존 사료원료들의 광물질 분석결과는 Table 3에 나타나 있는데, 칼슘 함량이 높게 나타난 원료사료로는 골분 (Vetnam), 어분 (Vietnam), leucaena leaf meal (Vietnam), alfalfa hay (China) 및 대두박 (China) 등으로 나타났으며, 인의 함량은 골분 (vietnam), 어분 (Vietnam), rice bran (India) 등에서 높게 조사되었다. 칼륨의 경우 rice bran (India, Karnal), 볏짚 (India, Karnal), 대두박 (India, Karnal), 면실박 (China), neem seed kernel cake (India), 채종박 (China, Hunan), maize straw (India) 및 soya flake (India) 등이 높았고, bio-v-pro (India), 어분l (Vietnam), 낙화생박 (Thailand) 등의 원료사료가 나트륨 함량이 높은 것으로 나타났다.

일반적으로 칼슘은 생체 내에서 가장 많이 존재하는 무기물로서 체중의 1.6 2.0% 정도되며, 양적으로는 질소 (2.4%)와 인 (0.9 1.1%)의 중간정도이다 (Church, 1988). 그리고 칼슘과 인은 건강한 골격의 유지를 위해서 충분히 공급하여야 할 필요가 있는데, 본 연구결과 베트남에서 도입한 bone powder와 fish meal, 그리고 칼슘과 인을 동시에 충분히 공급할 수 있는 원료사료라고 볼 수 있다. 그리고 나트륨과 칼륨은 체내의 산 염기 평형과 삼투압 조절에 있어서 매우 중요한 역할을 수행하는 광물질들로서 본 시험에서 공시한 많은 원료사료들이 일반적으로 국내에서 사용하고 있는 원료사료들과 비슷한 수준의 나트륨과 칼륨을 함유하고 있는 것으로 나타났다. 한편 마그네슘은 골격의 구성물질로서 작용하며, 또한 신경계통의 전달물질이나 효소 등의 활성화에 관여하는데, 다 자란 동물체는 체중의 약 0.05%가 마그네슘으로 이루어져 있다. 반추동물에서 발생하는 grass tetany라고 알려진 질병도 마그네슘이 부족해서 생기는 질병으로서 마그네슘의 공급량이 부족하면 제일 먼저 세포외액(혈액이나 뇌척수액)중에 존재하는 마그네슘이 급격히 떨어진다 (Church, 1988). 하지만 본 시험에서 분석한 원료사료의 마그네슘함량도 현재 우리나라에서 사용하고 있는 원료사료들과 큰 차이가 없는 것으로 나타났다.

Table 3. Mineral contents of foreign non-conventional feed resources

Ingredients	Origin	%, dry matter basis1					
		Ca	P	K	Mg	Na	Cu2
Alfalfa hay(*Medicago sativa*)	China	1.017	0.415	0.919	0.462	0.116	46.874
Chinese wild hay	China	0.132	0.120	0.705	0.195	0.072	23.583
Corn	China	0.004	0.467	0.331	0.087	0.060	24.022
Cottonseed meal	China	0.058	1.400	2.510	0.340	0.049	36.486
Soybean meal	China	1.274	0.700	0.864	0.085	0.080	34.614
Wheat bran	China	0.051	1.162	0.759	0.271	0.224	41.684
Cottonseed meal(1)	China(Hunan)	0.045	1.327	1.752	0.404	0.051	32.263
Cottonseed meal(2)	China(Hunan)	0.041	1.449	1.992	0.375	0.074	68.339
Rapeseed meal(1)	China(Hunan)	0.100	1.032	2.149	0.269	0.050	20.877
Rapeseed meal(2)	China(Hunan)	0.107	1.097	1.174	0.288	0.066	17.215
Rapeseed meal(3)	China(Hunan)	0.041	1.449	1.992	0.378	0.066	68.339
Sunflower seed meal	China(Hunan)	0.047	1.138	0.817	0.352	0.060	57.965
Acacia tortalis pods	India	0.405	0.273	1.001	0.286	0.059	42.029
Barley	India	0.015	0.275	0.408	0.083	0.148	25.292
Bio-v-pro	India	0.481	1.426	0.827	0.338	1.429	24.727
Coconut cake	India	0.007	0.580	0.999	0.169	0.074	39.136
Coconut pitti	India	0.029	0.142	1.853	0.041	0.436	27.418
Finger millet straw	India	0.117	0.247	1.679	0.401	0.880	16.686
Fish meal	India	0.375	2.687	1.333	0.122	0.893	26.512
Gram damaged	India	0.044	0.761	1.373	0.201	0.346	-
Jawar stover(chaffered)	India	0.125	0.119	0.717	0.350	0.059	13.381
Maize gluten	India	0.016	0.139	0.027	0.011	0.049	43.645
Maize straw	India	0.044	0.204	2.486	0.160	0.062	15.121
Mango seed	India	0.091	0.256	0.846	0.201	0.073	36.764
Mooth	India	0.042	0.296	0.851	0.153	0.077	25.221
Mustard cake	India	0.130	1.110	0.831	0.242	0.053	26.110
Neem seed kernel cake(sol)	India	0.090	0.788	2.004	0.251	0.119	46.337
Para grass	India	0.177	0.014	0.506	0.203	0.044	14.582
Para grass ilay	India	0.413	0.333	0.938	0.540	0.135	44.169
Rice straw	India	0.114	0.077	1.343	0.197	0.089	16.796

1 Ca; Calcium, P; Phosphorus, K; Potassium, Mg; Magnesium, Na; Sodium, Cu; Copper.

2 mg/ kg.

Table 3. Mineral contents of foreign non-conventional feed resources (continued)

Ingredients	Origin	%, dry matter basis1					
		Ca	P	K	Mg	Na	Cu2
Sorghum straw	India	0.090	0.055	1.480	0.418	0.084	19.445
Soy-v-pro	India	0.054	0.742	1.787	0.167	0.085	23.812
Soya flakes (1)	India	0.111	0.673	1.203	0.192	0.073	55.341
Soya flakes (2)	India	0.097	0.718	2.425	0.188	0.071	43.490
Sugar cane tops (chaffered)	India	0.070	0.099	0.779	0.191	0.051	12.809
Wheat damaged	India	0.042	0.384	0.361	0.109	0.057	17.628
Anil trader	India (Bangalore)	0.078	0.296	0.885	0.117	0.049	18.432
Wheat straw	India (Bangalore)	0.049	0.121	1.308	0.149	0.146	5.786
Apple pomace	India (Karnal)	0.063	0.079	0.593	0.088	0.120	11.764
Cattle feed (pellet)	India (Karnal)	0.044	2.058	1.379	0.616	1.328	29.775
Cotton seed	India (Karnal)	0.019	0.982	1.037	0.269	0.082	17.276
Cotton seed cake (undecoric)	India (Karnal)	0.022	1.057	2.418	0.281	0.148	21.583
Gram husk	India (Karnal)	0.619	0.101	1.729	0.402	0.114	7.808
Groundnut cake	India (Karnal)	0.045	0.709	1.057	0.196	0.062	31.526
Maize	India (Karnal)	0.006	0.881	0.906	0.159	0.116	18.914
Millet	India (Karnal)	0.005	0.814	0.808	0.178	0.107	17.478
Mustard cake (expeller)	India (Karnal)	0.139	1.901	1.251	0.493	0.080	37.445
Purle ground for cattle	India (Karnal)	0.037	0.541	0.843	0.140	0.077	30.070
Rice bran (deoiled)	India (Karnal)	0.017	3.323	3.143	0.732	0.105	38.064
Rice straw	India (Karnal)	0.087	0.221	2.227	0.397	0.164	4.809
Soybean meal	India (Karnal)	0.068	0.874	2.720	0.204	0.082	24.855
Wheat bran	India (Karnal)	0.013	0.893	0.959	0.215	0.069	18.472
Cotton cake	India (Pune)	0.039	0.791	1.150	0.243	0.087	13.619
Groundnut cake	India (Pune)	0.019	0.684	0.818	0.212	0.109	15.281
Gram bran	India (Pune)	0.444	0.168	0.886	0.470	0.128	11.472
Jowar (non-seed)	India (Pune)	0.005	0.885	0.827	0.198	0.135	5.252
Maize bran	India (Pune)	0.000	0.371	0.425	0.069	0.066	2.422
Maize grain	India (Pune)	0.000	0.451	0.462	0.095	0.083	6.816
Rice bran	India (Pune)	0.027	0.599	0.284	0.154	0.884	6.532
Soybean (non-seed)	India (Pune)	0.090	0.769	1.149	0.158	0.074	61.185

- Not analyzed.

1 Ca; Calcium, P; Phosphorus, K; Potassium, Mg; Magnesium, Na; Sodium, Cu; Copper.

2 mg/ kg.

Table 3. Mineral contents of foreign non-conventional feed resources (continued)

Ingredients	Origin	%, dry matter basis1					
		Ca	P	K	Mg	Na	Cu2
Sunflower (non-seed)	India (Pune)	0.030	0.768	0.744	0.199	0.083	23.185
Tur bran	India (Pune)	0.174	0.145	0.729	0.283	0.116	23.767
Wheat bran	India (Pune)	0.006	0.865	0.750	0.175	0.135	16.575
Wheat grain	India (Pune)	0.005	0.404	0.460	0.076	0.071	7.195
Cassava starch	Indonesia	0.000	0.000	0.036	0.000	0.059	3.702
Gliricidia (pellet)	Malaysia	0.571	0.185	1.710	0.627	0.089	16.873
Leucaena leaf (meal)	Malaysia	0.512	0.198	1.746	0.620	0.074	24.540
Leucaena leaf (wafer)	Malaysia	0.699	0.208	1.224	0.694	0.130	20.220
Oil palm frond (OPF)	Malaysia	0.193	0.184	0.545	0.176	0.071	22.944
Copra meal	Philippine	0.014	0.651	2.912	0.202	0.162	39.642
Brewer-malt	Thailand	0.042	0.606	0.105	0.158	0.055	48.163
Cassava chip	Thailand	0.033	0.037	0.383	0.062	0.087	20.246
Cassava waste	Thailand	0.402	0.038	0.399	0.170	0.065	33.450
Cocoa seed hull	Thailand	0.063	0.546	1.393	0.418	0.201	45.430
Copra cake	Thailand	0.015	0.389	1.827	0.160	0.193	33.265
Iponeae vines	Thailand	0.608	0.165	1.016	0.233	1.014	19.747
Palm kernel meal	Thailand	0.060	0.436	0.601	0.159	0.090	29.868
Palm oil meal	Thailand	0.080	0.239	1.175	0.305	0.106	31.804
Peanut meal	Thailand	0.026	1.107	1.054	0.386	2.409	14.276
Soybean vine	Thailand	0.535	0.127	1.012	0.799	0.051	11.377
Bone powder	Vietnam	1.429	8.699	0.243	0.304	0.628	28.955
Fish meal	Vietnam	1.214	2.390	1.173	0.480	1.517	30.748
Leucaena leaf meal	Vietnam	1.178	0.381	1.826	0.782	0.090	28.551
Peanut oil cake	Vietnam	0.044	0.768	1.190	0.208	0.103	41.258
Red maize	Vietnam	0.008	0.558	0.607	0.106	0.069	3.342
Rice bran	Vietnam	0.006	1.352	0.925	0.315	0.085	8.917
Slice tapiocca chip (Large)	Vietnam	0.015	0.107	0.660	0.062	0.084	0.000
Slice tapiocca chip (Small)	Vietnam	0.006	0.108	0.685	0.037	0.075	0.275
Soya oil cake	Vietnam	0.038	0.711	2.093	0.194	0.087	33.746

1 Ca; Calcium, P; Phosphorus, K; Potassium, Mg; Magnesium, Na; Sodium, Cu; Copper.
2 mg/ kg.

2. 중금속 분석

중금속은 비중이 4.0 이상 되는 금속으로 원래 자연계에 존재하고 있는 물질이다. 최근 과학기술의 발달로 인하여 산업체에서는 고순도의 중금속류가 공장의 제조공정에 필수소재로 이용되어 인류의 생활은 보다 더 윤택하게 되었지만 그 폐기물들은 주위환경을 오염시키고 있으며, 이에 따라 그 환경에서 자라는 각종 동식물도 중금속에 의한 오염도는 날로 증가되고 있으며, 결국 그 동식물을 섭취하는 사람의 건강에도 상당한 위험요인으로 작용하고 있다. 가축이 섭취하는 원료사료도 이러한 위험에 노출되어 있기는 마찬가지이다. 가축이 중금속에 오염된 사료를 섭취하게 되면, 여러 가지 중독증상을 나타내게 된다. 동물체가 중금속에 중독되는 경로는 사료나 물외에 호흡기나 피부 등을 통해서도 가능한데, 특별히 중금속에 오염되어 있는 지역이 아니면 주로 사료에 의한 중독경로가 가장 크다고 하겠다.

본 연구에서도 가축이 이러한 중금속에 의한 중독 위험성을 방지하고 해외부존 원료사료들의 이용가치를 확인하기 위해서 사료중의 중금속함량을 분석하였는데 (Table 4), 크롬의 경우, bio-v-pro (India)에서 4768.9 ppm정도로 매우 높게 나타나 사료로서의 이용가치가 다소 낮게 평가된 것을 제외하고, 대부분의 원료사료들은 그다지 높지 않은 것으로 나타났다. 참고로 육계 (0 3주)에서의 크롬 중독수준은 300 ppm정도이고 육우 (성장기)에서는 3,000 ppm수준인 것으로 알려져 있다 (NRC, 1984, 1994). 그러므로 위의 bio-v-pro를 육계에 다량 급여하는 것은 위험할 수 있다. 그리고 우리나라에서는 사료별 크롬 허용기준은 설정해놓고 있는데, 닭배합사료의 경우 300 ppm, 닭배합사료 이외의 배합사료는 500 ppm, 어분, 어즙흡착사료 및 골분은 100 ppm, 우모분, 육분, 육골분 및 동물성 단백질 혼합사료의 경우는 300 ppm 등이다 (이, 1997).

한편 수은 (Hg)의 중독수준이 육계 (0 3주)에서는 5, 돼지 (1 5kg)에서는 2, 젖소 (700kg)에서는 0.2, 그리고 육우 (성장기)에서는 0.2 ppm 정도로서 (NRC, 1984, 1988a, 1988b, 1994) 본 시험에서 공시한 해외부존사료의 경우 수은 중독을 일으킬만한 소지가 있는 원료는 없는 것으로 나타났다. 일반적으로 수은은 화학적 형태에 의해서 영향을 받는 정도가 틀려지는데, 무기태 수은에 비해서 유기태 수은이 더 치명적이라고 알려져 있다. 그리고 무기태 수은에 의한 중독증상은 주로 급성으로 식욕부진, 치아의 연화, 급성설사 등인데 반해, 유기태 수은은 주로 신경계통에 작용하는데, 유기태 수은은 중독이 되더라도 몇일동안 외관상 건강하게 보이다가 갑자기 침을 과다하게 흘리거나 고개를 자꾸 떨구거나 사료와 물을 섭취하지 못하게 된다 (Church, 1988).

Table 4. Heavy metal contents of foreign non-conventional feed resources

Ingredients	Origin	ppm, dry matter basis			
		Cr	Hg	Pb	Cd
Alfalfa hay(*Medicago sativa*)	China	0.00	-	-	-
Chinese wild hay	China	0.00	16.4	-	-
Corn	China	0.00	1.3	0.22	0.04
Cottonseed meal	China	0.00	9.1	1.28	0.41
Soybean meal	China	0.00	6.4	47.3	0.10
Wheat bran	China	0.00	6.3	1.12	0.27
Cottonseed meal(1)	China(Hunan)	0.00	3.2	2.85	0.07
Cottonseed meal(2)	China(Hunan)	0.00	2.7	0.20	0.05
Rapeseed meal(1)	China(Hunan)	0.00	4.6	1.22	0.41
Rapeseed meal(2)	China(Hunan)	0.00	5.5	0.43	0.15
Rapeseed meal(3)	China(Hunan)	0.00	2.7	2.41	0.09
Sunflower seed meal	China(Hunan)	0.00	3.0	1.08	0.20
Acacia tortalis pods	India	0.00	-	-	-
Barley	India	0.00	3.7	0.08	0.03
Bio-v-pro	India	4768.86	63.2	2.59	0.33
Coconut cake	India	0.00	6.9	0.31	0.06
Coconut pitti	India	0.00	33.8	2.42	0.50
Finger millet straw	India	0.00	-	-	-
Fish meal	India	0.00	13.3	1.08	0.95
Gram damaged	India	0.00	2.4	0.41	0.26
Jawar stover(chaffered)	India	0.00	-	-	-
Maize gluten	India	0.00	6.6	0.93	0.28
Maize straw	India	0.00	-	-	-
Mango seed	India	0.00	9.4	0.58	0.37
Mooth	India	0.00	2.1	0.09	0.06
Mustard cake	India	0.00	2.6	0.16	0.25
Neem seed kernel cake(sol)	India	0.00	60.6	2.71	0.35
Para grass	India	0.00	4.6	0.11	0.21
Para grass ilay	India	530.30	-	-	-
Rice straw	India	0.00	-	-	-

- Not analyzed.

Table 4. Heavy metal contents of foreign non-conventional feed resources (continued)

Ingredients	Origin	ppm, dry matter basis			
		Cr	Hg	Pb	Cd
Sorghum straw	India	0.00	4.0	0.19	0.23
Soy-v-pro	India	3.21	-	-	-
Soya flakes (1)	India	0.00	2.4	0.11	0.12
Soya flakes (2)	India	0.00	2.7	0.02	0.10
Sugar cane tops (chaffered)	India	0.00	-	-	-
Wheat damaged	India	0.00	1.4	0.51	0.33
Anil trader	India (Bangalore)	0.00	2.0	0.16	0.08
Wheat straw	India (Bangalore)	0.00	-	-	-
Apple pomace	India (Karnal)	41.02	-	-	-
Cattle feed (pellet)	India (Karnal)	0.00	-	-	-
Cotton seed	India (Karnal)	42.10	-	-	-
Cotton seed cake (undecoric)	India (Karnal)	54.08	-	0.31	0.21
Gram husk	India (Karnal)	45.04	-	-	-
Groundnut cake	India (Karnal)	55.20	3.9	0.17	0.07
Maize	India (Karnal)	29.11	-	-	-
Millet	India (Karnal)	0.00	-	-	-
Mustard cake (expeller)	India (Karnal)	0.00	4.3	0.51	0.15
Purle ground for cattle	India (Karnal)	0.00	-	-	-
Rice bran (deoiled)	India (Karnal)	0.00	8.8	0.39	0.07
Rice straw	India (Karnal)	0.00	-	-	-
Soybean meal	India (Karnal)	0.00	0.9	0.12	0.10
Wheat bran	India (Karnal)	0.00	-	-	-
Cotton cake	India (Pune)	50.73	14.0	0.20	0.14
Groundnut cake	India (Pune)	29.24	3.4	0.24	0.13
Gram bran	India (Pune)	32.52	4.3	0.01	0.11
Jowar (non-seed)	India (Pune)	29.00	23.3	2.44	0.08
Maize bran	India (Pune)	30.30	2.0	0.10	0.12
Maize grain	India (Pune)	45.03	2.2	0.18	0.17
Rice bran	India (Pune)	24.52	-	-	-
Soybean (non-seed)	India (Pune)	475.99	13.8	0.59	0.02

- Not analyzed.

Table 4. Heavy metal contents of foreign non-conventional feed resources (continued)

Ingredients	Origin	%, dry matter basis1			
		Cr	Hg	Pb	Cu
Sunflower (non-seed)	India (Pune)	28.48	4.0	0.31	0.20
Tur bran	India (Pune)	32.35	9.5	0.08	0.06
Wheat bran	India (Pune)	32.53	3.0	0.12	0.10
Wheat grain	India (Pune)	39.12	4.4	0.60	0.13
Cassava starch	Indonesia	0.00	-	-	-
Gliricidia (pellet)	Malaysia	0.00	47.8	1.23	0.20
Leucaena leaf (meal)	Malaysia	0.00	-	-	-
Leucaena leaf (wafer)	Malaysia	0.00	65.0	2.53	0.21
Oil palm frond (OPF)	Malaysia	1232.42	-	-	-
Copra meal	Philippine	0.00	11.8	0.71	0.33
Brewer-malt	Thailand	20.77	-	-	-
Cassava chip	Thailand	16.04	-	0.39	0.04
Cassava waste	Thailand	18.97	7.9	0.91	0.06
Cocoa seed hull	Thailand	20.34	-	-	-
Copra cake	Thailand	13.16	104.0	0.78	0.13
Iponeae vines	Thailand	17.02	-	-	-
Palm kernel meal	Thailand	13.33	25.1	0.20	0.07
Palm oil meal	Thailand	10.34	-	-	-
Peanut meal	Thailand	11.73	27.8	-	-
Soybean vine	Thailand	19.06	-	-	-
Bone powder	Vietnam	6.16	24.6	1.50	0.16
Fish meal	Vietnam	0.00	1223.0	1.10	0.37
Leucaena leaf meal	Vietnam	14.98	-	-	-
Peanut oil cake	Vietnam	10.87	19.8	0.31	0.29
Red maize	Vietnam	9.97	-	0.15	0.12
Rice bran	Vietnam	16.13	-	-	-
Slice tapiocca chip (Large)	Vietnam	0.00	19.7	0.31	0.03
Slice tapiocca chip (Small)	Vietnam	7.24	17.0	0.63	0.06
Soya oil cake	Vietnam	9.98	32.5	0.18	0.10

- Not analyzed.

그리고 납(Pb)의 함량도 중국에서 들여온 soybean meal을 제외하고는 모두 안정권내에 있다고 판단된다. 납은 다른 어느 중금속보다도 독성이 강하다고 알려져 있는데, NRC

(1984, 1988a)는 반추동물에서의 납의 중독수준을 30 ppm정도로 제시하고 있으며, 송아지의 경우 1500 ppm의 납을 섭취하면 6일에서 10일 이내에 치사한다고 보고하고 있다. 그리고 10 ppm 정도의 납을 섭취하면 별 영향이 없지만 100 ppm정도 섭취하면 신체조직에 납이 축적되기 시작한다. 그리고 납은 소화기계통을 통하여 들어온 것보다 호흡기를 통하여 들어온 것이 더욱 강력한 피해를 일으킨다고 하며 체내로 흡수된 납은 90%이상이 뼈에 축적된다.

한편 본 해외부존사료내 카드뮴의 함량은 다소 높게 나타났는데, 일반적으로 성장기에 있는 육우의 경우 카드뮴의 중독수준이 0.05ppm인 것을 감안하면 (NRC, 1984) 일부 원료사료를 제외하고는 그 사용량이 많아지면 문제가 발생할 소지가 있다고 생각된다. 하지만 다른 축종에서는 카드뮴의 중독수준이 높은 관계로 위험하다고는 판단하지 않는다. 30 ppm이상의 카드뮴에 중독된 소는 식욕부진이나 유량과 생체중 감소증상을 나타내며, 임신유지나 분만에 관계된 기능을 상실한다고 보고되고 있다.

전체적으로 본 시험에서 분석된 대부분 원료사료중의 중금속 함량은 안전한 범위 내에 존재하는 것으로 나타났다. 하지만 일반적으로 동물의 체내에 중금속이 축적된다는 것은 곧 축산물을 섭취하는 사람의 건강과 매우 밀접한 관계가 있기 때문에 동물체에는 별 영향이 없는 수준이라고 하더라도 될 수 있으면 중금속의 함량이 높은 원료사료는 그 사용을 제한하는 것이 바람직하다.

3. 독성물질 및 항영양성인자 분석

Table 5. Hydrogen cyanide content of foreign non-conventional feed resources

Ingredients	Origin	HCN (ppm, DM basis)
Cassava waste	Thailand	41.6
Slice tapiocca chip	Vietnam	5.5

Table 5에는 베트남으로부터 도입한 slice tapioca chip과 태국에서 도입한 cassava waste중의 hydrogen cyanide 함량을 분석한 결과가 나타나 있는데, cassava waste가 5배 정도 높게 나타났다. 일반적으로 hydrogen cyanide(HCN)는 식물계에 광범위하게 존재하는데, 보통 cyanogenetic glucosides의 형태로 존재하며 (Liener, 1980), 식물중 초지, 근괴류 및 과일의 껍질 등에 다량 함유되어 있는데, 가축, 특히, 반추동물의 사료로서 이러한 것들이 주로 이용되기 때문에 초지나 부산물 사료를 반추동물의 사료로 이용하는 경우에는 cyanide의 함량을 조사해볼 필요가 있다. 일반적으로 HCN의 치사섭취량은 체중 kg당 0.5 3.5mg 정도인데, 이를 체중 500kg인 소에 대해서 환산해 보면 250 1,750 mg이 된다.

즉, 본 시험에서 조사된 cassava waste를 하루에 4kg이상 주면 소는 치사할 가능성이 매우 높아진다.

원료사료중의 아플라톡신을 분석한 결과를 보면 (Table 6), 모든 사료에서 아플라톡신은 검출되지 않았다. 일반적으로 곰팡이 독소는 그 종류에 따라서 간장, 신장, 호흡기계, 중추신경계, 생식기계 및 내분비계와 면역계 등에 작용하여 중독증을 일으키며, 경우에 따라서는 접촉부위에 직접 작용하여 피부, 소화기계 등의 괴양 및 괴사를 일으키기도 한다. 그리고 이들 독소의 공통적인 특징은 사료의 기호성을 낮춤으로써 사료섭취량과 증체율이 감소하고 질병에 대한 저항성이 떨어진다는 것이다. 특히, 아플라톡신은 각종 병원성 세균에 대한 저항성을 떨어뜨리고 세포와 체액의 면역기능을 저하시킨다. 참고로 우리나라에서는 아플라톡신에 대한 허용기준을 배합사료에 대해서는 20 ppb, 사료용 곡물, 면실박, 낙화생박 등에 대해서는 50 ppb으로 규정해놓고 있다 (농림수산부, 1992; 이, 1997).

Table 6. Aflatoxin content of foreign non-conventional feed resources

Ingredients	Origins	Aflatoxin (ppb, DM basis)
Cotton seed meal	China(Human)	N
Corn	China	N
Cotton seed cake (undecoric)	India(Karnal)	N
Ground nut cake	India(Karnal)	N
Mustard cake (expeller)	India(Karnal)	N
Cotton cake	India(Pune)	N
Maize grain	India(Pune)	N
Barley	India	N
Coconut cake	India	N
Neem seed kernel cake (sol)	India	N
Cassava chip	Thailand	N
Copra cake	Thailand	N
Palm kernel meal	Thailand	N
Peanut meal	Thailand	N
Bio-v-pro	Vietnam	N
Peanut oil cake	Vietnam	N
Slice tapiocca chip	Vietnam	N

* N : negligible.

그리고 일부 원료사료중에 존재하는 tannic acid의 함량을 분석하였는데 (Table 7), tannic acid는 간에 대한 독성이 매우 강한 발암물질로서, 인도에서 도입한 mustard cake에서 비교적 높게 나타났다. 사료내 단백질의 변성정도를 확인하는 방법으로 urease activity를 분석하는데 (Table 8), 같은 soybean oil meal이라고 하더라도 중국에서 도입한 것이 인도에서 들여온 것보다 그 수치가 매우 낮은 것으로 나타났다. 면실박의 gossypol의

함량의 분석 결과를 보면, 같은 면실이라고 하더라도 만드는 과정이나 생산지에 따라서도 많은 차이가 있는 것으로 나타났다 (Table 9). Gossypol은 면실박에서 주로 문제가 되는데, 축종에 관계없이 광범위하게 중독증상이 나타난다. 보고된 바로는 반추동물에서는 눈이 멀거나 식욕이 떨어지는 등의 중독증상이 나타나며, 가금류에서는 체중감소, 식욕저하, 부화율 저하, 난황의 변색이, 돼지에서는 체중감소, 설사, 숨을 가쁘게 몰아쉬는 등의 중독증상이 나타난다.

Table 7. Tannic acid content of foreign non-conventional feed resources

Ingredients	Origin	Tannic acid(ppb)
Rape seed meal	China(Human)	0.39
Mustard cake	India	0.91
Neem seed kernel cake (sol)	India	0.33
Mustard cake (expeller)	India(Karnal)	0.94

Table 8. Urease activity index of foreign non-conventional feed resources

Ingredients	Origin	Urease activity index
Soybean oil meal	China	0.09
Soybean (non-seed)	India(Pune)	2.09
Soybean oil meal	India(Karnal)	2.04
Soya oil cake	Vietnam	0.06

Table 9. Gossypol content of foreign non-conventional feed resources

Ingredients	Origin	Gossypol (ppb, DM basis)
Cotton seed meal	China(Human)	0.08
Cottonseed cake (undercoric)	India(Karnal)	0.13
Cotton seed cake	India(Pune)	0.16

Table 10. Nitrate content of foreign non-conventional feed resources

Ingredients	Origin	Nitrate (ug/ g, DM basis)	SEM.
Alfalfa hay (Medicago sativa)	China	608.863	3.251
Chinese wild hay	China	342.119	16.891
Corn	China	0.000	0.000
Jowar (non – seed)	India (Pune)	0.000	0.000
Maize grain	India (Pune)	0.000	0.000
Tur bran	India (Pune)	883.569	27.774
Wheat grain	India (Pune)	190.831	13.003
Apple pomace	India (Karnal)	166.944	6.501
Gram husk	India (Karnal)	43.525	0.000
Ground nut cake	India (Karnal)	377.950	9.752
Rice straw	India (Karnal)	182.869	11.720
Wheat straw	India (Bangalore)	270.456	16.891
Acacia tortalis pods	India	1233.919	6.501
Barley	India	0.000	0.000
Finger millet straw (RAGI)	India	744.225	21.316
Jawar stover (chaffered)	India	298.325	18.099
Maize straw	India	202.755	19.773
Para grass	India	425.725	19.504
PARA grass ilay	India	453.594	8.600
Rice straw	India	151.019	11.261
Sugar cane tops (chaffered)	India	216.709	4.223
Sorghum straw	India	230.644	6.501
Cassava chip	Thailand	0.000	0.000
Cassava waste	Thailand	0.000	0.000
Iponeae vines	Thailand	493.406	6.501
Leucaena leaf meal	Vietnam	342.119	28.152
Red maize	Vietnam	0.000	0.000
Slice tapioca chip	Vietnam	43.525	0.000

그리고 nitrate는 식물체내에 상당량 함유되어 있는데, 단위동물의 경우에는 질산염 중독에 대한 내성을 가지고 있기 때문에 별 문제가 없을 수 있으나, 반추동물에서는 반추위내 박테리아가 NO3를 NO2로 전변시키기 때문에 질산염을 다량 급여하는 경우에는 중독증상이 나타날 수 있다 (Church, 1988). 그리고 nitrate는 번식에도 영향을 줄 수 있는데, 사료중에 nitrate의 함량이 높으면, 황체기나 임신초기에 있는 젖소의 혈액중 progesterone의 농도가 감소한다 (Page 등, 1990). 사료내 질산염이 0.5%이내 존재하면 반추동물에게 질산염 중독을 일으키지는 않는다고 알려져 있는데, 이 기준에 비추어보면, 본 시험에서 분석한 원료사료들은, nitrate 함량이 제일 높은 acacia tortalis pods라고 하더라도 그 함량이 0.12%에 불과해 그다지 중독에 대한 위험성은 없는 것으로 판단된다 (Table 10).

제 4 절 요 약

본 연구는 해외 부존자원의 개발을 위하여 동남아시아 5개국과 중국에서 수집한 시료의 광물질, 중금속 및 항영양 인자 수준을 분석하여 원료가치를 판단하는 기초 자료를 제공하고자 실시되었다. 성분 분석 결과를 요약하면 다음과 같다.

1. 본 시험에 공시한 부존사료자원들의 광물질 함량은 현재 우리나라에서 사용중인 원료사료와 비교하였을 때 그 수준이 비슷하거나 높았다.

2. Bio-v-pro (India)에서 크롬 함량이 높게 나타났고, 대두박 (China)에서 납 함량이 높게 나타난 것을 제외하고는 대부분의 부존 사료자원의 중금속 함량은 안정권내에 있었다.

3. Cassava waste (Thailand)에서 HCN의 함량이 높게 나타났고, mustard cake (India)에서 tannic aicd의 함량이 비교적 높게 나타난 것을 제외하고는, 아플라톡신, gossypol, nitrate 등을 포함하는 항영양성 인자들의 함량이 대부분의 부존사료자원들에서 낮은 것으로 조사되었다.

제 4 장 해외 부존 사료자원의 기호성 분석

제 1 절 서 론

국내 배합사료 원료의 자급율은 그동안 계속 감소되었으며 앞으로도 수입원료의 의존도는 증가할 전망이다. 한편 세계적인 식량위기의 상황속에서 최근 국제 곡류가격의 상승은 국내 사료업계의 경영을 어렵게 하고 있다. 또한 세계경제가 단일화 되면서 생산원가면에서 국제경쟁력을 확보하지 못하면 해당산업의 존립이 위태로운 상황이므로 국내 축산업은 과거 어느 때보다도 사료비 절감의 필요성이 절실하다.

따라서 본 연구는 해외 부존사료자원의 조사연구와 현지재배 및 반입 가능성에 대한 예비조사로서 구체적으로는 대상국가를 직접 방문하여 부존자원에 대한 기초자료의 확보와 각 원료의 샘플을 수집하여 *in situ* 소화율과 동물에 대한 기호성을 조사함으로써 해외 부존 사료자원의 사료로서의 이용가능성을 파악하고자 수행되었다.

제 2 절 재료 및 방법

1. *In situ* 건물분해율

가. 공시사료

농후사료원으로 옥글루텐, 어분, neem seed kernel, 야자박, bio-V-Pro, soy-V-Pro, 면실박과 옥수수를, 조사료원으로 중국산 양초와 corn cob을 공시하였다.

나. 배양방법

공시된 사료원료중 농후사료료원은 5g을 그리고 조사료원은 2g을 pore size가 45㎛인 lylon bag(9×15cm)에 넣은 후 캐뉼라가 장착된 Holstein 젖소의 반추위에 각각 0, 6, 12, 24 시간과 0, 12, 24, 48, 72시간동안 배양시켰다. 배양이 끝난 후 nylon bag안의 소실된 량을 측정하여 최종적으로 건물분해율을 계산하였다.

2. 동물사양시험

가. 양초와 corn cob 시험

중국산 양초와 corn cob pellet의 조사료 대체효과를 알아보기 위해서 한우 50두(평균체중 350kg)를 공시하였고, 배합사료는 자유 급여하였으며 사료 섭취량, 분변상태 및 건강상태 등을 조사하였다.

나. Palm kernel meal (expelled) 시험

한우 34두(평균체중 400kg)를 공시하여 1차 시험에서는 시판비육우 사료에 palm kernel meal(PKM)을 0% 그리고 5% 첨가한 후 공시동물 중 17마리는 두가지 사료를 매일 바꿔 급여하였고 나머지 17마리는 이 두가지 사료를 5일마다 바꿔 급여하였다. 전체 사료급여기간은 10일이었으며 조사항목은 사료섭취량이었다. 그리고 2차 시험에서는 시판 비육우 사료에 PKM을 0, 10, 20% 첨가한 후 전체 3주의 시험기간 중 처음 1주일은 0% PKM 사료를 급여하였고, 다음 1주일은 10% PKM 사료를, 그리고 마지막 1주일은 20% PKM 사료를 급여하였다. 그리고 조사항목으로 1차시험과 마찬가지로 사료섭취량을 측정하였다.

다. Copra meal 시험

Copra meal의 사용수준이 사료섭취량에 미치는 영향을 조사하기 위하여 2개의 사양시험을 수행하였다. 시험 1은 한우 8두(평균체중 550kg)를 공시하여 시판 비육사료에 copra meal(CM)을 0%, 10% 첨가하여 처음 1주일은 0% CM 사료를 마지막 1주일은 10% CM 사료를 급여한 후 각각의 사료섭취량 변화를 측정하였다. 시험 2는 한우 34두 (평균체중 450kg)를 공시하여 latin square design으로 배치한 후 시판 비육사료에 CM을 0, 10, 20% 첨가하여 급여하였다. 시험사료는 1주일간 급여한 후 바꾸었고 사료섭취량은 매일 측정하여 1주일 동안의 수치를 평균하였다.

라. Bio-V -pro 시험

216마리의 육계병아리를 공시하여 시험을 수행하였으며, 시험사료의 경우 초기사료는 Table 11과 같이 그리고 후기사료는 Table 12와 같이 급여하였으며 전체 시험기간은 6주로 하였다. 시험사료와 물은 자유급식시켰으며 사료섭취량은 1주일단위로 측정하였다.

3. 통계처리

본 실험에서 얻어진 결과는 SAS 통계프로그램을 이용하여 분산분석을 실시한 후 Duncan (1955)의 multiple range test를 이용하여 처리간 평균의 유의성을 분석하였다.

Table 11. Composition of the experimental diets for starter period (1 3 weeks)

	Control	Bio-V-pro(1%)	Bio-V-pro(3%)	Bio-V-pro(5%)
Ingredients:				
Corn	59.22	58.75	58.16	57.34
SBM	27.84	28.10	27.99	28.28
CGM	4.51	4.51	4.97	5.20
Fish meal	5.00	4.00	2.00	0.00
Tallow	1.02	1.08	0.91	0.85
Limestone	0.09	0.23	0.57	0.88
TCP	1.60	1.60	1.60	1.60
Vit-min mixture1	0.40	0.40	0.40	0.40
Salt	0.22	0.22	0.22	0.22
Methionine	0.05	0.06	0.08	0.09
Antibiotics	0.05	0.05	0.05	0.05
Bio-V-pro	0.00	1.00	3.00	5.00
Lysine	0.00	0.00	0.05	0.09
Total	100.00	100.00	100.00	100.00
Chemical composition				
ME (kcal/ kg)	3200.78	3204.74	3200.07	3200.37
CP (%)	23.03	23.01	23.00	23.00
Lysine (%)	1.21	1.21	1.21	1.21
Methionine (%)	0.50	0.50	0.50	0.50
Ca (%)	1.00	1.00	1.00	1.00
Avail. P (%)	0.45	0.45	0.45	0.45

1 Vit-min mixture contains following in 1kg of diet: vitamine A, 10,000IU; vitamin D3, 1,500 IU; vitamin K3, 5mg; vitamin E, 15mg; vitamin B2, 8mg; vitamin B12, 0.008mg; Ca-d-pantothenate, 8mg; niacin, 25mg; folic acid, 0.4mg; biotin, 0.2mg; choline, 500mg; pyridoxine, 1mg; BHT, 125mg; Co, 0.85mg; I, 1.29mg; Zn, 100mg; Mg, 110mg; Cu, 8.75mg; Se, 0.15mg; Fe, 35mg.

Table 12. Composition of the experimental diets for finisher period (4 6 weeks)

	Control	Bio-V-pro(1%)	Bio-V-pro(3%)	Bio-V-pro(5%)
Ingredients:				
Corn	67.84	67.86	67.40	66.75
SBM	20.40	20.40	20.19	20.15
CGM	3.94	3.94	4.47	4.91
Fish meal	5.00	4.00	2.00	0.00
Tallow	0.52	0.50	0.30	0.17
Limestone	0.42	0.42	0.75	1.07
TCP	1.21	1.21	1.21	1.21
Vit-min mixture1	0.40	0.40	0.40	0.40
Salt	0.22	0.22	0.19	0.20
Methionine	0.00	0.00	0.00	0.01
Antibiotics	0.05	0.05	0.05	0.05
Bio-V-pro	0.00	1.00	3.00	5.00
Lysine	0.00	0.00	0.04	0.08
Total	100.00	100.00	100.00	100.00
Chemical composition				
ME (kcal/ kg)	3200.06	3206.54	3202.72	3200.30
CP (%)	20.10	20.00	20.00	20.00
Lysine (%)	1.02	1.00	1.00	1.00
Methionine (%)	0.40	0.40	0.38	0.38
Ca (%)	0.95	0.90	0.90	0.90
Avail. P (%)	0.35	0.35	0.35	0.36

1 Vit-min mixture contains following in 1kg of diet: vitamine A, 10,000IU; vitamin D3, 1,500 IU; vitamin K3, 5mg; vitamin E, 15mg; vitamin B2, 8mg; vitamin B12, 0.008mg; Ca-d-pantothenate, 8mg; niacin, 25mg; folic acid, 0.4mg; biotin, 0.2mg; choline, 500mg; pyridoxine, 1mg; BHT, 125mg; Co, 0.85mg; I, 1.29mg; Zn, 100mg; Mg, 110mg; Cu, 8.75mg; Se, 0.15mg; Fe, 35mg.

제 3 절 결과 및 고찰

1. 반추위내 *in situ* 건물분해도

몇가지 원료사료들의 반추위내 건물 분해도를 알아보기 위해서 *in situ* 방법을 이용하였는데, 농후사료 공급원에 대한 결과가 Table 11에 그리고 조사료 공급원에 대한 결과가 Table 13에 나타나 있다. 먼저 Table 13을 보면, 반추위내에서 24시간까지 배양시켰을 때 인도에서 들여온 coconut과 soy-v-pro 및 중국에서 도입한 corn 등이 높은 분해율을 나타냈지만, 이들 사이의 유의적인 차이는 나타나지 않았다. 그리고 인도산 maize gluten의 분해율이 가장 낮은 것으로 평가되었다.

중국에서 들여온 chinese wild hay의 경우는 국내의 볏짚에 비해서 분해율이 다소 높게 나타난 반면 역시 중국에서 들여온 corn cob은 볏짚에 비해 낮게 분해된 것으로 나타났다 (Table 14).

Table 13. *In situ* dry matter disappearance rate of foreign non-conventional feed resources (concentrate sources)

Ingredients	Incubation time (h)			
	0	6	12	24
Corn (China)	10.69de	30.79c	31.12d	67.02a
Cotton seed meal (China)	15.18cd	27.64c	30.78d	53.96b
Bio-V-Pro (India)	16.30cd	28.32c	37.36c	51.83b
Coconut (India)	27.03ab	51.13a	54.88a	69.36a
Fish meal (India)	23.17b	39.15b	45.77b	52.55b
Maize gluten (India)	5.19e	16.22d	19.25e	26.01c
Neem seed kernel cake (India)	21.29bc	37.10b	31.93d	51.05b
Soy-V-Pro (India)	32.31a	41.83b	47.79b	65.97a
Statistical analysis				
SEM	3.53	3.12	2.23	5.61
Probability	0.001	0.001	0.001	0.001

Table 14. *In situ* dry matter disappearance rate of foreign non-conventional feed resources (forage sources)

Feed	Incubation time(h)				
	0	12	24	48	72
Rice straw (control)	4.68	8.54	19.50	41.52	63.89
Chinese wild hay (China)	6.21	9.01	18.45	45.85	71.54
Corn cob (China)	3.05	6.74	11.52	36.85	59.87
Statistical analysis					
SEM	0.50	1.01	2.10	6.95	5.88
Probability	0.020	0.035	0.008	0.005	0.014

2. 사양시험

중국에서 도입한 양초와 corn cob**의 볏짚에 대한 대체 가능성 및 기호성을 확인하기 위해서 국내에서 일반적으로 이용하는 볏짚을 양초와** corn cob**으로 전부 혹은 일부 대체하여 한우에게 급여한 후 사료섭취량을 조사하였는데, 볏짚을 양초로 전량 대체한 경우 농후사료의 섭취량이나 조사료의 섭취량에는 큰 차이가 없는 것으로 나타났다. 그러나 양초의 급여량을 하루에** 0.5kg**으로 고정시켜놓고** corn cob**을 자유급식시킨 경우에는 조사료의 섭취량이 유의적으로 늘었으나 농후사료의 섭취량 및 총 사료섭취량은 유의적으로 줄어든 것으로 나타났다** (Table 15).

시판되는 배합사료에 palm kernel meal(PKM)**을** 0 **혹은** 5% **첨가한 사료를 하루마다 바꿔 급여한 경우와** 5**일마다 바꾸어 급여한 두 경우를 비교하였는데, 하루마다 바꾸어 급여한 경우는** PKM**을 급여한 경우에 사료섭취량이 현저하게 낮아지는 것으로 나타난 반면** 5**일마다 바꾸어 먹인 경우에는 사료섭취량에 큰 차이가 없었다** (Table 16). **다시 말해서** PKM**을 일정정도 적응시키면 사료섭취량에는 별 문제가 없는 것으로 판단되며 기호성에도 아무런 문제가 없는 것으로 생각된다. 그러나** 1**주일씩 농후사료중에** PKM**의 비율을** 10%**씩 증가시킨 후 사료섭취량의 변화를 보았는데** (Table 17), **사료섭취량이** 10% **정도씩 줄어드는 것으로 나타났다. 이상의 결과로 유추해 볼 때** PKM**을** 5%**정도 급여하면 일시적으로는**

사료섭취량이 떨어지지만 서서히 적응되어 정상적인 사료섭취량 수준으로 회복된다. 그러나 PKM 수준이 10%를 넘어가면 기호성 저하관계로 인하여 사료섭취량은 계속 떨어진다고 생각된다.

Table 15. Feed intake of Chinese wild hay and corn cob in Korean native cattle

Group	Feed	Day after experiment (wks)					
		0	1	2	3	4	Mean
A	Concentrate	9.27	8.93	8.65	8.36	9.17	8.86
	Rice straw	1.90	1.84	1.81	1.83	1.96	1.86
	Total	11.17	10.77	10.46	10.19	11.13	10.72
B	Concentrate	8.53	8.93	8.45	8.37	8.50	8.56
	Chinese wild hay	1.79	1.92	2.05	2.04	2.05	1.97
	Total	10.32	10.85	10.50	10.41	10.55	10.56
C	Concentrate	7.66	7.64	6.95	6.94	7.43	7.31
	Forage total	2.32	2.19	2.23	2.48	2.35	2.31
	Chinese wild hay	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50
	Corn cob	1.82	1.69	1.73	1.98	1.85	1.81
	Total	9.98	9.83	9.18	9.42	9.78	9.62
Probability	Concentrate	0.04	0.06	0.04	0.03	0.02	0.02
	Forage	0.01	0.21	0.02	0.01	0.03	0.04
	Total	0.02	0.15	0.02	0.09	0.05	0.05

Table 16. Feed intake of expelled palm kernel meal in Korean native cattle

Feeding strategy1	Feed intake (kg/ day)	
	control feed	experimental feed
Switching control and experimental feed by a day	6.08	1.93
Switching control and experimental feed by 5 days	8.66	8.11

1 control feed : 0% palm kernel meal of commercial concentrate. experimental feed : 5% palm kernel meal of commercial concentrate.

Table 17. Effect of increasing palm kernel meal(PKM) supplementation1 on the changes of feed intake in Korean native cattle

Measurements	Period 1(1 week)	Period 2(1 week)	Period 3(1 week)
	0% PKM2	10% PKM	20% PKM
Feed intake (kg/ day)	6.31	5.70	4.93
Reduction rate of feed intake(%)	100.0	90.4	78.1

1 Korean native cattle were fed 0% PKM for initial 1 week, switched 10% PKM for next 1 week, and switched 20% PKM for final 1 week.
2 0, 10 or 20% PKM of commercial concentrate.

Copra meal(CM)의 첨가 수준이 사료섭취량에 미치는 영향을 보면 1주일간 CM이 첨가되지 않은 농후사료는 급여하다가 그다음 1주일간 CM이 10% 첨가된 농후사료를 급여하였을 때 농후사료 및 조사료의 섭취량에 거의 변화가 없었던 것으로 보아 CM의 기호성에는 문제가 없는 것으로 나타났다 (Table 18). 하지만 후속실험에서는 CM을 10 그리고 20% 첨가하여 급여한 결과 사료섭취량이 각각 18%와 34% 감소하는 것으로 나타나 (Table 19).

일련된 두 실험의 결과가 일치하지는 않는 것으로 나타났다. 그러나 두 시험 모두 단기간에 수행된 실험들이기 때문에 좀 더 신뢰도 높은 결과를 보기 위해서는 5 6개월 정도의 중장기 실험이 필요하리라고 사료된다. 다른 부존 사료자원들과 같이 copra meal은 아직까지는 그 이용정도가 매우 낮으며, 양돈 사료로 일부 이용되고 있는 상태이다 (Thorne 등, 1990). 이 copra meal은 가공상태나 가공기술에 따라서 에너지 함량이 9에서 20%까지 그 변화가 매우 심하다 (Thorne, 1986).

Table 18. Effect of increasing copra meal(CM) supplementation1 on feed intake of Korean native cattle

Measurements	Initial 1 week	Final 1 week
	0% CM2	10% CM
Concentrate intake (kg/ day)	9.8	9.9
Rice straw intake (kg/ day)	1.6	1.5
Total feed intake (kg/ day)	11.4	11.4

1 Korean native cattle were fed 0% CM for initial 1 week and switched to 10% PKM for final week.

2 0 or 10% CM of commercial concentrate.

Table 19. Effect of copra meal(CM) supplementation on the feed intake of Korean native cattle

Measurements	CM content (%)1		
	0	10	20
Feed intake (kg/ day)	9.72	7.98	6.40
Reduction rate of feed intake(%)	100.0	82	66

1 0, 10 or 20% CM of commercial concentrate.

한편, 육계병아리를 공시동물로 하여 bio-v-pro의 첨가가 사료섭취량에 미치는 영향에 관한 실험을 수행하기 전에 대주박 (SBM)과 어분 (FM) 등 주요 단백질 사료와 bio-v-pro의 일반성분 및 아미노산의 성분을 비교하여 보았는데 (Table 20), bio-v-pro의 조단백질 함량은 대두박보다는 약 20% 정도 높았으며, 어분과는 차이가 없는 것으로 나타났다. 그리고 bio-v-pro의 총에너지 함량은 어분보다는 13% 정도 낮았으나 대두박과는 비슷한 수준으로 나타났다. Bio-v-pro의 아미노산 조성은 매우 우수한 것으로 나타났으며, glutamine만이 대두박이나 어분보다 낮게 났으며, 다른 아미노산은 이 두가지 단백질 사료에 비해서 비슷하거나 높은 것으로 조사되었다.

Table 20. Nutrient composition of SBM, FM and Bio-V-Pro

	SBM (44%)	FM (60%)	Bio-V-pro
Proximate composition			
Moisture (%)	9.11	6.35	5.98
C. Fat (%)	3.14	4.50	4.28
C. Ash (%)	6.03	16.40	23.24
C. Protein (%)	42.03	56.79	55.00
Gross energy (kcal/ kg)	3843.14	4132.80	3651.00
Amino acids			
ASP	4.02	4.36	4.76
THR	1.38	1.91	1.81
SER	1.81	2.20	2.16
GLU	8.19	7.40	6.59
PRO	1.60	3.04	3.91
GLY	1.40	5.26	6.92
ALA	1.88	4.29	4.14
VAL	1.66	2.50	2.20
MET	0.51	1.19	1.04
ILE	1.79	1.88	1.67
LEU	2.83	4.25	3.13
TYR	1.29	1.96	3.37
PHE	2.13	2.02	2.55
HIS	1.10	1.62	1.53
LYS	2.21	3.13	2.94
ARG	3.15	3.24	3.21
Total	37.00	50.26	51.95

이 bio-v-pro를 사료내에 0, 1, 3 및 5% 첨가하여 육계 병아리에 급여한 후 사료섭취량을 조사하였는데 (Table 21), bio-v-pro의 처리수준에 관계없이 모든 처리구에서 대조구보다 사료섭취량이 높은 것으로 나타났다. 즉, bio-v-pro를 사료내 5% 혼합하여 급여하여도 기호성에는 별 문제가 없는 것으로 판단된다. 그리고 bio-v-pro는 조단백질 함량이나 아미노산 함량 등에서 대두박이나 어분등에 결코 뒤지지 않기 때문에 기호성에만 문제가 없다면 사료에 대한 첨가량을 늘리는 것도 가능하리라고 생각된다. 하지만 사용에 있어서 제한요인이 있는데, bio-v-pro의 크롬수준이 4769 ppm정도인데, 육계(0 3주)에서의 크롬 중독수준은 300 ppm정도이고 육우(성장기)에서는 3,000 ppm수준인 것을 알려져 있다. 그러므로 위의 bio-v-pro를 육계에 다량 급여하는 것은 위험할 수 있다.

Table 21. Effects of Bio-V-pro on the feed intake of broiler chicks

	Bio-V-pro content (%)				PSE1
	0	1	3	5	
ADFI2 (g)	81.93b	91.71a	91.05a	93.37a	0.98

1 Pooled standard error.

2 Average daily feed intake.

a,b Values with different superscripts within the same column significantly differ (P<0.05).

제 4 절 요 약

해외 부존 원료사료들의 반추위내 건물 분해도를 알아보기 위해서 *in situ* 방법을 이용하였는데, 반추위내에서 24시간까지 배양시켰을 때 인도에서 들여온 coconut과 soy-v-pro 및 중국에서 도입한 corn 등이 높은 분해율을 나타냈다. 중국에서 들여온 chinese wild hay의 경우는 국내의 볏짚에 비해서 분해율이 다소 높게 나타난 반면 역시 중국에서 들여온 corn cob은 볏짚에 비해 낮게 분해된 것으로 나타났다.

중국에서 도입한 양초와 corn cob의 볏짚에 대한 대체 가능성 및 기호성을 확인한 실험에서 볏짚을 양초로 전량 대체한 경우 농후사료의 섭취량이나 조사료의 섭취량에는 큰 차이가 없는 것으로 나타났다. 시판되는 배합사료에 palm kernel meal(PKM)을 0 혹은 5% 첨가한 사료를 하루마다 바꿔 급여한 경우와 5일마다 바꾸어 급여한 두 경우를 비교하였는데, 하루마다 바꾸어 급여한 경우는 PKM을 급여한 경우에 사료섭취량이 현저하게 낮아

지는 것으로 나타난 반면 5일마다 바꾸어 먹인 경우에는 사료섭취량에 큰 차이가 없었다.

Copra meal(CM)의 첨가 수준이 사료섭취량에 미치는 영향을 보면 1주일간 CM이 첨가되지 않은 농후사료는 급여하다가 그다음 1주일간 CM이 10% 첨가된 농후사료를 급여하였을 때 농후사료 및 조사료의 섭취량에 거의 변화가 없었던 것으로 보아 CM의 기호성에는 문제가 없는 것으로 나타났다. 하지만 후속실험에서는 CM을 10 그리고 20% 첨가하여 급여한 결과 사료섭취량이 각각 18%와 34% 감소하는 것으로 나타나 일련된 두 실험의 결과가 일치하지는 않는 것으로 나타났다.

제 5 장 육계에 대한 해외부존 사료자원의 사료적 가치

제 1 절 서 론

축산에서 사료비가 차지하는 비중은 60% 이상이며, 더욱이 오늘날과 같이 고효율 사료를 요구하고 있는 양계산업에 있어 이러한 요구를 충족하기 위한 적절한 원료의 수급이 시급한 문제로 대두되고 있다. 그러나 대부분의 원료사료는 외국으로부터 수입되고 있으며, 특히 대두박의 경우 높은 가격에도 불구하고 그 사용량은 지속적으로 증가하고 있으며, 여기에 원료의 가격까지 상승하고 있어 국내의 축산업은 이중고를 겪고 있는 실정이다. 또한 대부분의 원료사료들이 미국으로부터 수입되고 있어 국내외 여건의 변화에 따라 수급의 변화를 동반하고 있다. 따라서 현재 서구에서 들여오고 있는 값비싼 원료사료를 대체할 수 있는 사료자원의 개발이 시급한 상황이라 하겠다.

PKM (palm kernel meal)과 CM (copra meal)은 채유하고 남은 부산물로써 동남아 열대지역에서 주로 생산하고 있으며 사료공급이 제한된 지역에서는 주된 단백질 공급원으로 사용되고 있다. Temerton 과 Dundley (1940)에 의하면 9개월 동안 PKM을 육계에 급여할 경우 난 생산력이 우수하였다고 보고하였다. PKM은 단백질 함량이 21.3%로서 현재 사료내 일반적으로 가장 널리 사용하고 있는 대두박에 비해 그 함량은 낮은 편이나 (44% of SBM), methionine의 함량이 높아 대두박과 일정량 혼용하여 사용할 수 있을 것으로 기대된다. 그러나 palm kernel meal은 그 재배조건 (지역, 온도, 가공 등)에 따라 그 영양소의 함량이 다양하게 나타난다. 이는 유실의 형태와 여기서 추출하는 oil의 양이나 가공방법 등에 따라 변화하는 것으로 보고된 바 있다 (Onwudike, 1986a,b,c).

Copra meal은 야자의 핵육을 건조한 copra에서 채유하고 남는 것으로 열대지방인 동남아시아, 대양주, 멕시코 등지에서 주로 생산되는데 필리핀이 전세계 생산량의 60%를 차지하고 있다. 최근 우리나라도 copra를 수입하고 있으며 이로부터 약간의 copra meal이 생산되어 주로 돼지와 가금사료에 사용되고 있다. Mithchell과 Villegas (1923) 및 Loosli (1954)의 보고에 의하면 copra meal는 섬유소 함량이 높아 단위동물의 사료에는 제한적으로 사용된다고 밝혔다.

최근 양돈사료에 항생제 대체물질로서 첨가하는 구리가 돼지의 증체량과 사료요구율을 개선시키지만 돼지 육질을 연화시키는 문제를 개선하기 위해서 Kapok seed meal을 사료에 첨가한 연구가 시행되었다. 연구 결과에 의하면 Kapok seed meal 처리구에서 돈육의 지방성분 중 불포화지방산 함량을 감소시켜 지방의 연화를 막아준다고 보고되고 있다 (Irie, 1990). Kapok seed meal에는 지방을 경화하는 cyclopropenoid fatty acid 함량이 높

으며, 단백질 함량이 32.5%로 높지만 조섬유 함량이 22%로 높아서 단위동물의 사료섭취량을 제한할 수 있다. 따라서 본 실험에서는 kapok seed meal이 육계의 육질을 개선하는 적정수준을 알아보고 사료원료로서의 가능성을 규명하고자 한다.

본 실험의 목적은 이상의 세가지 부존자원 (palm kernel meal, copra meal, kapok seed meal)의 사료가치를 재평가 하여 육계 사료내 부분 대체하여 육계의 성장에 미치는 효과를 조사하며 양계사료 배합에 있어 새로운 방향을 제시할 수 있을 것으로 기대된다.

제 2 절 재료 및 방법

1. 실험디자인

육계에 있어서 palm kernel meal과 copra meal의 사료내 단백질 대치 효과 및 kapok seed meal의 육계사료의 대체 단백질 공급원으로서 가능성을 평가하기 위해서 각각 시험은 4처리로 시행하였다. 대조구는 옥수수-대두박 사료를 기본으로 하고 PKM과 CM은 각각 5%, 10%, 15%으로 첨가하였고 KM은 2%, 4%, 6%로 첨가하였다. 처리당 7반복, 반복당 6수를 완전임의배치법을 이용하여 처리구를 배치하였다.

2. 공시동물, 기간 및 장소

부화 1일령 브로일러 (아바에이커)를 504수를 공시했다. 사양시험은 서울대학교 농업생명과학대학 부속목장에서 실시하고 공시된 브로일러를 각 케이지에 6수씩 수용하고 일반사료를 5일간 적응시킨 후 체중에 따라 완전임의배치 한 후 6주간 사양시험을 실시하였다.

3. 시험사료

시험용 사료는 NRC 요구량 (1994)을 기본으로 하여 전기에 ME 3,200kcal/ kg, CP 23.00%, lysine 1.14%, methionine 0.5%으로 하고, 후기에 ME 3,200kcal/ kg, CP 20.00%, lysine 1.0%, methionine 0.38%으로 하여 대조구를 설정하고 각각 PKM과 CM은 0, 5, 10, 15% 수준으로 KM은 0, 2, 4, 6% 수준으로 첨가하여 처리구를 설정한 후 시험을 수행한다 (Table 22, 23, 24). PKM, CM 및 KM의 일반성분은 Table 4와 같다.

Table 22. Formula and chemical composition of the experimental diets for PKM (palm kernel meal)

Ingredients	Starter Period (0-3weeks) (%)				Finisher Period (4-6weeks) (%)			
	0	5	10	15	0	5	10	15
Corn	56.38	52.12	47.89	43.63	65.18	60.21	55.58	51.25
Soybean meal	27.00	25.00	23.00	21.00	22.00	21.26	19.89	18.00
Palm kernel meal	0.00	5.00	10.00	15.00	0.00	5.00	10.00	15.00
Corn gluten meal	4.37	4.79	5.20	5.63	3.39	3.41	3.64	4.12
Fish meal	4.35	4.76	5.19	5.60	2.81	2.80	3.00	3.28
Tallow	5.11	5.54	5.95	6.37	3.85	4.53	5.08	5.52
Limestone	0.69	0.73	0.76	0.82	1.31	1.39	1.46	1.58
TCP	1.32	1.25	1.18	1.10	0.66	0.58	0.51	0.38
Vit.-min. mix.1	0.40	0.40	0.40	0.40	0.40	0.40	0.40	0.40
Salt	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20
Lysine	0.00	0.04	0.07	0.10	0.08	0.10	0.13	0.17
Methionine	0.08	0.07	0.06	0.05	0.02	0.02	0.01	0.00
Antibiotics	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10
Total	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00
Chemical composition2								
ME (Mcal/ kg)	3.20	3.20	3.20	3.20	3.20	3.20	3.20	3.20
CP	23.00	23.00	23.00	23.00	20.00	20.00	20.00	20.00
Lysine	1.14	1.14	1.14	1.14	1.00	1.00	1.00	1.00
Methionine	0.50	0.50	0.50	0.50	0.38	0.38	0.38	0.38
Ca	1.00	1.00	1.00	1.00	0.90	0.90	0.90	0.90
Avail. P	0.45	0.45	0.45	0.45	0.35	0.35	0.35	0.35

1 Supplied per kg mixture : vitamin A, 1,600,000 IU; vitamin D3, 300,000 IU; vitamin E, 800 IU; vitamin K3, 132 mg; vitamin B2, 1,000 mg; calcium pantothenate, 800 mg; niacin, 2,000 mg; vitamin B12, 1,200 mg; biotin, 32 mg; ethoxyquin, 6,000 mg: Mn, 12,000 mg; Zn, 9,000 mg; Co, 100 mg; Cu, 500 mg; Fe 4,000 mg; B.H.T, 6,000 mg; I, 250 mg; folic acid, 60 mg; choline, 35,000 mg.

2 Calculated value.

Table 23. Formula and chemical composition of the experimental diets for CM (copra meal)

Ingredients	Starter Period (0-3weeks) (%)				Finisher Period (4-6weeks) (%)			
	0	5	10	15	0	5	10	15
Corn	56.38	51.15	45.88	40.62	65.18	59.98	55.21	50.30
Soybean meal	27.00	25.00	23.00	21.00	22.00	20.00	17.00	14.50
Copra meal	0.00	5.00	10.00	15.00	0.00	5.00	10.00	15.00
Corn gluten meal	4.37	4.88	5.38	5.87	3.39	3.88	4.81	5.48
Fish meal	4.35	4.83	5.35	5.86	2.81	3.32	4.02	4.67
Tallow	5.11	6.39	7.67	8.96	3.85	5.12	6.22	7.38
Limestone	0.69	0.65	0.65	0.64	1.31	0.96	1.49	1.37
TCP	1.32	1.30	1.27	1.23	0.66	0.93	0.40	0.43
Vit.-min. mix.1	0.40	0.40	0.40	0.40	0.40	0.40	0.40	0.40
Salt	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20
Lysine	0.00	0.03	0.05	0.08	0.08	0.10	0.15	0.17
Methionine	0.08	0.07	0.05	0.04	0.02	0.01	0.00	0.00
Antibiotics	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10
Total	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00
Chemical composition2								
ME (Mcal/ kg)	3.20	3.20	3.20	3.20	3.20	3.20	3.20	3.20
CP	23.00	23.00	23.00	23.00	20.00	20.00	20.00	20.00
Lysine	1.14	1.14	1.14	1.14	1.00	1.00	1.00	1.00
Methionine	0.50	0.50	0.50	0.50	0.38	0.38	0.39	0.41
Ca	1.00	1.00	1.00	1.00	0.90	0.90	0.90	0.90
Avail. P	0.45	0.45	0.45	0.45	0.35	0.35	0.35	0.35

1 Supplied per kg mixture : vitamin A, 1,600,000 IU; vitamin D3, 300,000 IU; vitamin E, 800 IU; vitamin K3, 132 mg; vitamin B2, 1,000 mg; calcium pantothenate, 800 mg; niacin, 2,000 mg; vitamin B12, 1,200 mg; biotin, 32 mg; ethoxyquin, 6,000 mg: Mn, 12,000 mg; Zn, 9,000 mg; Co, 100 mg; Cu, 500 mg; Fe 4,000 mg; B.H.T, 6,000 mg; I, 250 mg; folic acid, 60 mg; choline, 35,000 mg.

2 Calculated value.

Table 24. Formula and chemical composition of the experimental diets for KM (kapok seed meal)

Ingredients	Starter Period (0-3weeks) (%)				Finisher Period (4-6weeks) (%)			
	0	2	4	6	0	2	4	6
Corn	56.38	54.92	52.91	50.81	65.18	63.76	62.31	60.92
Soybean meal	27.00	26.00	26.00	26.00	22.00	22.00	22.00	22.00
Kapok seed meal	0.00	2.00	4.00	6.000	0.00	2.00	4.000	6.000
Corn gluten meal	4.37	4.60	4.50	4.40	3.39	2.79	2.29	1.96
Fish meal	4.35	4.57	4.47	4.39	2.81	2.55	2.14	1.58
Tallow	5.11	5.15	5.38	5.64	3.85	4.12	4.41	4.65
Limestone	0.69	0.67	0.69	1.18	1.31	1.29	1.33	1.33
TCP	1.32	1.30	1.26	0.80	0.66	0.67	0.68	0.71
Vit.-min. mix.1	0.40	0.40	0.40	0.40	0.40	0.40	0.40	0.40
Salt	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20
Lysine	0.00	0.01	0.01	0.00	0.08	0.09	0.09	0.09
Methionine	0.08	0.08	0.08	0.08	0.02	0.03	0.05	0.06
Antibiotics	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10
Total	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00
Chemical composition2								
ME (Mcal/ kg)	3.20	3.20	3.20	3.20	3.20	3.20	3.20	3.20
CP	23.00	23.00	23.00	23.00	20.00	20.00	20.00	20.00
Lysine	1.14	1.14	1.14	1.14	1.00	1.00	1.00	1.00
Methionine	0.50	0.50	0.50	0.50	0.38	0.38	0.38	0.38
Ca	1.00	1.00	1.00	1.00	0.90	0.90	0.90	0.90
Avail. P	0.45	0.45	0.45	0.45	0.35	0.35	0.35	0.35

1 Supplied per kg mixture : vitamin A, 1,600,000 IU; vitamin D3, 300,000 IU; vitamin E, 800 IU; vitamin K3, 132 mg; vitamin B2, 1,000 mg; calcium pantothenate, 800 mg; niacin, 2,000 mg; vitamin B12, 1,200 mg; biotin, 32 mg; ethoxyquin, 6,000 mg: Mn, 12,000 mg; Zn, 9,000 mg; Co, 100 mg; Cu, 500 mg; Fe 4,000 mg; B.H.T, 6,000 mg; I, 250 mg; folic acid, 60 mg; choline, 35,000 mg.

2 Calculated value.

4. 실험 방법

가. Feeding trial

실험계사 환경은 철제 케이지에 물통과 사료통이 구비되어 항상 신선한 상태의 사료 및 물로 자유급이토록하고 사료 및 물은 08:00, 12:00, 19:00 등 1일 3차례에 급이토록 했다. 또한 실험계사의 온도는 1주동안 34℃로 유지하고 1주 간격으로 2℃ 낮추었으며 환기는 강제 팬을 통해서 강제환기했으며 하였고 점등은 실험 전기간동안 매일 24시간 평균 20-25 lux의 수준으로 조명하였으며 기타 사양관리는 서울대학교 영양학 연구실 관행법에 준했다. 체중 및 사료 섭취량 측정은 시험개시 후 매주 6주간 측정하였다.

나. Metabolic trial

대사시험은 사양시험 개시 후 19-21일, 40-42일 까지 처리당 3수씩, 전·후기 총 72수를 대사 시험용 케이지로 옮겨 4일간의 예비기간을 두어 대사 케이지 및 시험사료을 적응시켜 3일간 아침·저녁 2회씩 분을 채취했다. 분채취는 오염상태를 관찰하여 이물질이 혼합되지 않도록 주의하면서 전분채취법을 이용한다. 채취한 분은 즉시 pooling하여 60℃의 열풍건조기에서 72시간 건조시킨 후 Wiley mill (1 mm)로 분쇄하여 소화율을 측정하였다.

다. Chemical analysis

시험사료와 분의 일반성분은 AOAC (1990) 법에 의하여 분석하고 아미노산은 자동아미노산 분석기 (Pharmacia Biotech, Biochrom 20, England)을 이용하여 분석했다. 인성분은 UV-visible spectrophotometer (Hitachi, U-1000, Japan)으로 측정하고 Ca은 Atomatic absorption spectrophotometer (Shimadzu, Japan)으로 분석하였다. 도체의 지방산은 gas chromatograph (HP 5890 series II)으로 분석했다.

라. Statistical analysis

통계분석은 SAS package (1985)의 general linear model (GLM)을 이용하여 least significant difference으로 행했다.

제 3 절 결과 및 고찰

1. 영양소 함량

Table 25. Nutrients composition of SBM (soybean meal), PKM (palm kernel meal), CM (copra meal), and KM (kapk seed meal)

	SBM	PKM	CM	KM
Proximate nutrients :				
Gross energy (kcal/ kg)	3820.00	2500.00	1600.00	2700.00
Moisture (%)	11.84	9.42	9.69	9.93
Crude ash (%)	6.12	3.98	6.66	7.61
Crude protein (%)	45.63	15.53	20.60	33.89
Ether extract (%)	2.06	8.09	2.54	8.59
Crude fibre (%)	-	17.37	11.99	22.00
Amino acid (%) :				
Asparagine	4.02	1.19	1.13	2.66
Threonine	1.38	0.30	0.38	0.94
Serine	1.81	0.37	0.58	1.37
Glutamic acid	8.19	2.82	2.97	3.86
Proline	1.60	0.45	0.40	0.36
Glycine	1.40	0.56	1.04	1.35
Alanine	1.88	0.47	0.57	1.40
Valine	1.66	0.41	0.69	1.37
Methionine	0.51	0.11	0.37	0.28
Isoleucine	1.79	0.43	0.41	0.82
Leucine	2.83	0.37	0.86	1.78
Tyrosine	1.29	0.28	0.34	0.65
Phenylalanine	2.13	0.48	0.49	1.28
Histidine	1.10	0.20	1.00	0.60
Lysine	2.21	0.07	0.34	1.24
Arginine	3.15	0.52	0.90	2.30
Total	**36.96**	**9.03**	**12.05**	**22.26**
Fatty acids (%) :				
Saturated fatty acids				
C14:0	40.94	48.04	73.59	3.62
C16:0	12.18	17.47	16.73	21.26
C18:0	5.64	2.03	-	2.32
Monounsaturated fatty acids				
C18:1	7.65	29.09	9.68	20.05
Polyunsaturated fatty acids				
C18:2	30.04	3.37	-	52.75
C18:3	3.55	-	-	-
Minerals (%) :				
Ca	0.320	0.122	0.014	0.126
P	0.700	0.554	0.500	1.000
Na	0.080	0.042	0.185	0.034
Mg	0.085	0.186	0.229	0.254
K	0.864	0.060	0.211	0.150
Cu	0.005	0.002	0.005	0.004

Palm kernel meal (PKM), copra meal (CM) 및 kapok seed meal (KSM)의 일반성분 비교는 Table 25와 같다. PKM은 대두박에 비해 조지방과 조단백질 함량이 더 높았으며 원산지와 추출 가공 방법에 따라 성분 함량에 차이가 있는 것으로 나타났다. Nwokolo 등 (1977)과 Babatunde 등 (1975)에 의하면 PKM은 조지방의 함량이 각각 7.8%, 6.7%으로, Yeong 등 (1981)은 0.8%으로 보고하였다. 또한 PKM의 대사에너지도 1,611 kcal/ kg (McDornal 등, 1973)과 2,796 kcal/ kg (Nwokolo 등, 1976, 1977) 및 1,482 kcal/ kg (Yeong 등, 1981)으로 다양하게 나타난다. CM의 조단백질 함량은 단백질 대체 공급원 (PKM, CM, KM)중에서 중간 위치이며 조지방 함량은 가장 적었다. 이는 CM의 가공처리 방법 (expeller 또는 용매 추출)에 따라 일반성분의 함량에 차이가 있다고 추정된다. KM은 조섬유 함량을 제외하고 대두박의 일반성분 함량과 가장 유사하지만 높은 조섬유 함량 때문에 다른 영양소들의 소화율이 떨어진다고 보고되고 있다 (Irie, 1990).

Table 21에 의하면 PKM과 CM의 아미노산 함량은 대두박에 비해 낮으므로 PKM과 CM을 사료에 첨가할 경우 다른 양질의 단백질 공급원과 일정량 혼용하여 사용해야 한다고 본다. KM내 methionine과 histidine 함량은 대두박에 비해 더 낮으나 다른 아미노산 함량은 유사하였다.

PKM과 CM 및 KM의 지방산과 광물질 함량은 NRC (1994) 표준량과 Creswell과 Brooks (1971a,b)의 연구 결과와 일부 유사하지만 그 재배조건 (지역, 온도, 가공 등), 유실의 형태와 여기서 추출하는 oil의 양이나 가공방법 등에 따라 그 함량이 다양하게 나타난다고 여겨진다.

2. 증체 성적

육계 사료에 palm kernel meal을 5, 10, 15% 수준으로 각각 첨가하였을 때, 0 3 주 동안 5% 수준에서 증체량, 사료섭취량 및 사료 요구율이 높은 경향을 보였지만 유의적인 차이는 없었다 (Table 26). 4 6 주 동안 10% 수준에서 증체량이 제일 높았지만 유의적인 차이는 없었다. 0 3 주 동안 PKM을 5% 이상 첨가하였을 경우 증체량이 감소하는 경향을 보였는데 이는 PKM내의 아미노산 함량이 낮기 때문으로 추정되며 4 6 주 동안에는 PKM 첨가 수준 증가에 따라 육계의 증체량이 다시 증가하였다. 전체적으로 증체량 및 사료요구율에서는 유의적인 차이가 없었지만 사료 섭취량은 5% 및 10% 수준에서 유의적으로 높았다 ($p<0.05$). Yeong 등 (1981)은 PKM을 0 30% 수준으로 육계 사료에 첨가한 시험에서 대두박을 대체할 수 있는 수준을 15%까지로 보고하여, 말레이지아에서 사용되고 있는 단백질 사료의 대체 가능성을 시사한 바 있다.

육계 사료에 copra meal을 5, 10, 15% 수준으로 각각 첨가하였을 경우 0 3 주 동안 5% 수준에서 증체량이 유의적으로 가장 높았으나 ($p<0.05$), 사료섭취량 및 사료 요구율에

있어서는 처리간 유의적인 차이가 없었다 (Table 27). 5% 수준에서 사료섭취량과 사료 요구율은 우수했다. 4 6 주 동안 5% 수준에서 증체량이 가장 높았지만 증체량, 사료 섭취량 및 사료 요구율에서 유의적인 차이가 관찰되지 않았다. 이 기간 동안 CM 첨가 수준이 증가할수록 육계의 성장능력이 떨어지는 데 이러한 결과는 CM 첨가 수준이 증가할수록 육계의 보상 성장이 일어나는 것으로 추정된다. 전체적으로 5% 수준에서 증체량과 사료섭취량이 우수했지만 증체량, 사료 섭취량 및 사료요구율에서는 유의적인 차이가 없었다.

Kapok seed meal을 육계사료에 2, 4, 6% 수준별로 첨가하였을 경우 0 3 주에 2% 수준에서 증체량이 가장 좋았으나 증체량과 사료요구율은 유의적인 차이가 관찰되지 않았다 (Table 28). 사료 섭취량은 2%에서 유의적으로 높았다 ($p<0.05$). 이는 kapok seed meal내 조섬유 함량이 높기 때문에 KM 첨가 수준이 낮을수록 육계의 사료 섭취량은 높은 것으로 시사된다. 4 6 주동안 2% 수준에서 증체량과 사료 섭취량이 높은 경향을 보였지만 유의적인 차이는 없었다. 사료요구율 또한 유의적인 차이를 보이지 않았다. 전체적으로 2% 수준에서 증체량과 사료 섭취량이 높았지만 유의적인 차이는 없었다. 사료요구율 또한 처리간 유의적인 차이가 관찰되지 않았다.

Table 26. Effects of PKM (palm kernel meal) on the growth performance of broiler chicks

Treatment	Initial BW (g)	Final BW (g)	Weight gain (g)	Feed intake(g)	FCR
			0-3 week		
Control	84.95	945.24	860.29	1346.19	1.57
PKM (5%)	85.43	956.67	871.24	1373.00	1.58
PKM (10%)	85.14	924.76	839.62	1345.71	1.60
PKM (15%)	85.09	925.71	840.62	1356.19	1.61
PSE1	0.10	7.83	8.10	12.03	0.09
			4-6 week		
Control	945.24	2303.05	1357.81	2890.48b	2.13
PKM (5%)	956.67	2316.10	1359.43	3009.44ab	2.22
PKM (10%)	924.76	2370.09	1445.33	3065.63ab	2.12
PKM (15%)	925.71	2356.86	1431.14	3146.95a	2.21
PSE1	7.83	17.86	17.79	37.85	0.03
			0-6 week		
Control	84.95	2303.05	2218.10	4236.67b	1.91
PKM (5%)	85.43	2316.10	2230.67	4382.44ab	1.97
PKM (10%)	85.14	2370.09	2284.95	4441.35ab	1.94
PKM (15%)	85.09	2356.86	2271.76	4503.14a	1.98
PSE1	0.10	17.86	17.86	42.13	0.02

1 Pooled standard error.

a,b Means with different superscripts within the same column are significantly different ($p<0.05$).

Table 27. Effects of CM (copra meal) on the growth performance of broiler chicks

Treatment	Initial BW (g)	Final BW (g)	Weight gain (g)	Feed intake (g)	FCR
			0-3 week		
Control	85.19	932.86	847.67ab	1330.95	1.57
CM (5%)	84.76	822.29	880.38a	1358.37	1.54
CM (10%)	84.71	918.57	833.86b	1308.53	1.57
CM (15%)	85.24	899.05	813.81b	1295.24	1.59
PSE1	0.10	33.08	8.28	11.37	0.01
			4-6 week		
Control	932.86	2259.71	2259.71	2840.87	2.15
CM (5%)	822.29	2271.14	2271.14	3096.23	2.37
CM (10%)	918.57	2258.48	2258.48	2900.54	2.17
CM (15%)	899.05	2170.38	2170.38	2919.52	2.32
PSE1	33.08	25.01	25.01	54.68	0.04
			0-6 week		
Control	85.19	2259.71	2174.52	4171.82	1.92
CM (5%)	84.76	2271.14	2186.38	4454.63	2.04
CM (10%)	84.71	2258.48	2173.76	4209.04	1.93
CM (15%)	85.24	2170.38	2085.14	4214.72	2.03
PSE1	0.10	25.01	25.01	58.69	0.02

1 Pooled standard error.
a,b Means with different superscripts within the same column are significantly different ($p<0.05$).

Table 28. Effects of KM (kapok seed meal) on the growth performance of broiler chicks

Treatment	Initial BW (g)	Final BW (g)	Weight gain (g)	Feed intake (g)	FCR
			0-3 week		
Control	85.09	936.67	851.57	1359.52ab	1.60
KM (2%)	85.52	945.24	859.71	1419.52a	1.65
KM (4%)	84.81	915.05	830.24	1355.59ab	1.63
KM (6%)	85.24	890.95	805.71	1282.70b	1.60
PSE1	0.09	10.06	10.07	18.36	0.02
			4-6 week		
Control	936.67	2319.05	1382.38	3108.73	2.25
KM (2%)	945.24	2341.62	1396.38	3060.94	2.20
KM (4%)	915.05	2299.05	1384.00	2944.01	2.15
KM (6%)	890.95	2192.14	1301.19	2917.73	2.26
PSE1	10.06	29.53	27.48	42.86	0.04
			0-6 week		
Control	85.09	2319.05	2233.95	4468.22	2.00
KM (2%)	85.52	2341.62	2233.95	4480.44	1.99
KM (4%)	84.81	2299.05	2214.24	4299.61	1.95
KM (6%)	85.24	2192.14	2106.91	4200.43	2.00
PSE1	0.09	29.53	29.62	49.24	0.02

1 Pooled standard error.
a,b Values with different superscripts within the same column are significantly different ($p<0.05$).

3. 영양소 이용성

육계 사료에 있어서 대체 단백질 공급원으로서 palm kernel meal (PKM), copra meal (CM) 및 kapok seed meal (KSM)을 급여한 후 영양소 소화율은 Table 29와 같다. 육계 사료에 palm kernel meal을 10% 수준으로 첨가하였을 때 전체적으로 단백질과 지방 소화율이 가장 우수했다. 4 6 주에서는 PKM 10%와 15% 수준에서 일반성분의 소화율이 가장 높았다 ($p<0.05$).

Copra meal을 육계사료에 첨가하였을 경우 영양소 이용율에 일정한 경향을 보이지는 않았지만 4 6 주 동안 Ca 소화율을 제외하고 대조구보다 CM 처리구에서 영양소 이용율이 우수했지만 유의적인 차이는 보이지 않았다. Mitchell 등 (1938)과 Loosli 등 (1954)은 CM의 단백질의 소화율과 생물가가 낮다고 보고했다.

육계사료에 Kapok seed meal을 첨가하였을 경우 0 3 주에 조지방과 인의 소화율을 ($p<0.05$) 제외하고 영양소 이용율은 대조구보다 더 낮았지만 유의적인 차이는 보이지 않았다. 4 6 주 동안 KM 2% 수준에서 지방 소화율은 가장 높았고 KM 6% 수준에서 일반성분의 소화율은 가장 우수했지만 유의적인 차이는 나타나지 않았다.

4. 아미노산 이용성

Palm kernel meal (PKM), copra meal (CM) 및 kapok seed meal (KSM)을 육계사료에 첨가하여 급여하였을 경우 필수아미노산 소화율은 Table 30과 같다. Palm kernel meal (PKM)을 0, 5, 10, 15% 수준으로 첨가하였을 때 0 3 주 동안 대조구에서 처리구보다 histidine을 제외하고 필수아미노산 소화율이 더 높았지만 유의적인 차이는 보이지 않았다. 4 6 주 동안 PKM 10% 수준에서 첨가하였을 경우 필수아미노산 소화율은 높았으며 threonine, valine, leucine, histidine을 제외한 필수아미노산은 유의적으로 우수하였다 ($p<0.05$). 이러한 결과는 다른 연구들과도 일치하며 Obwundike (1986a)에 의하면 PKM은 대두박보다 조섬유 함량이 더 높기 때문에 0 3 주 동안 아미노산 소화율이 떨어지는 반면 육계가 성장하면서 아미노산 소화율은 회복한다고 보고하였다. Copra meal (CM)을 육계사료에 첨가하였을 경우 아미노산 소화율에 일정한 경향을 보이지 않았다. Kapok seed meal (KSM) 경우에는 0 3 주 동안 KM 6% 수준에서 아미노산 이용율이 높았지만 4 6 동안에는 대조구에서 leucine을 제외하고 필수아미노산 이용율은 더 우수했으며 valine과 histidine은 유의적으로 높았다.

Table 25에서와 같이 PKM, CM, KM내 섬유소 함량이 대두박보다 훨씬 높아서 아미노산 소화율을 저해하는 결과를 초래한다고 보고했다 (Dammers, 1965와 Flipot, 1971). 육계사료에 PKM과 CM 및 KM을 첨가할 경우 amino acid 균형을 위해서 methionine과 lysine

(또는 어분)을 혼용하여 이용할 경우 단백질 사료의 대체 가능성을 시사할 수 있으리라 본다.

Table 29. Effects of PKM (palm kernel meal), CM (copra meal) and KM (kapok seed meal) on proximate nutrients utilizability of broiler chicks

Treatment	DM	CP	EE	Crude ash	Ca	P
			0-3 week			
Control	81.46a	75.40	91.60b	46.57a	64.50a	67.83ab
PKM 5%	76.08c	72.51	92.86b	35.40b	53.24b	62.24c
PKM 10%	79.46ab	75.68	95.42a	45.23a	65.82a	64.48bc
PKM 15%	77.00bc	73.43	95.01a	42.81a	63.55b	69.45a
PSE1	0.76	0.74	0.54	1.55	1.66	1.07
			4-6 week			
Control	85.37ab	82.94a	94.02b	54.57ab	41.34b	63.24ab
PKM 5%	82.32b	77.34b	92.71b	46.77b	63.77a	52.24b
PKM 10%	88.33a	83.14a	97.32a	61.34a	69.91a	74.10a
PKM 15%	88.49a	83.06a	96.73a	64.74a	68.91a	71.67a
PSE1	0.91	1.03	0.64	2.61	4.28	3.05
			0-3 week			
Control	80.75a	71.93	94.33a	40.88b	76.89a	66.89
CM 5%	76.30b	69.04	92.17b	55.35a	58.48b	69.47
CM 10%	78.33ab	72.87	92.59ab	37.85b	53.37b	72.58
CM 15%	76.17b	71.37	92.79ab	37.46b	53.35b	64.27
PSE1	0.79	0.95	0.35	2.91	3.17	1.79
			4-6 week			
Control	87.61	79.54	93.72	49.57	67.92	77.07a
CM 5%	86.50	79.70	94.28	59.51	51.50	66.25ab
CM 10%	80.80	73.75	94.64	38.52	49.95	52.76b
CM 15%	80.02	73.26	94.27	40.60	52.12	59.66ab
PSE1	1.67	2.34	0.74	5.39	3.92	3.89
			0-3 week			
Control	79.76	74.35	92.79	47.21	72.43a	74.05a
KM 2%	77.73	70.87	93.64	35.54	56.92ab	60.69c
KM 4%	78.45	72.15	92.87	39.48	53.61b	67.53b
KM 6%	78.37	73.19	94.14	39.83	54.52	74.38a
PSE1	0.78	1.24	0.34	3.02	3.13	1.86
			4-6 week			
Control	84.82	76.42	96.41	52.26	59.52	62.30
KM 2%	82.56	72.61	97.54	42.97	65.28	50.27
KM 4%	83.27	77.70	94.31	49.83	59.17	55.48
KM 6%	86.07	80.54	94.48	60.24	70.95	66.60
PSE1	1.03	1.89	0.77	3.50	2.46	3.28

1 Pooled standard error.

a,b,c Means with different superscripts within the same column are significantly different ($p<0.05$).

Table 30. Effects of PKM (palm kernel meal), CM (copra meal) and KM (kapok seed meal) on essential amino acids utilizability of broiler chicks

Treatment	THR	VAL	MET	ILE	LEU	PHE	LYS	HIS	ARG	Mean
					0-3 week					
Control	87.09	87.15	90.14	89.31	91.62	90.01	89.15	91.14ab	93.52a	89.90
PKM 5%	83.47	84.75	89.79	87.54	90.43	88.80	85.53	93.09a	89.82b	88.14
PKM 10%	84.93	84.69	86.93	86.42	90.16	88.50	86.54	88.90ab	91.44ab	87.62
PKM 15%	81.91	84.14	84.85	86.27	89.43	89.18	85.33	86.97b	90.46ab	86.50
PSE1	1.09	0.86	1.43	1.71	1.29	1.69	1.19	0.78	0.66	0.82
					4-6 week					
Control	88.98a	90.40a	91.02b	90.56ab	93.79a	93.67ab	90.40ab	93.85a	92.99ab	91.74a
PKM 5%	83.92b	86.24b	89.64b	88.34b	91.10b	91.98ab	87.30c	90.97b	90.59b	88.90b
PKM 10%	88.96a	90.87a	95.51a	92.72a	94.60a	95.54a	92.17a	93.91a	93.63a	93.10a
PKM 15%	89.25a	90.23a	88.19b	90.33ab	92.87ab	90.89b	89.28bc	92.74ab	93.67a	90.82ab
PSE1	0.88	0.70	0.95	0.61	0.47	0.72	0.64	0.43	0.54	0.50
					0-3 week					
Control	75.72	89.79a	87.42b	81.67	88.71	88.99	92.53ab	83.64	94.44a	86.88
CM 5%	81.55	81.62b	85.39b	84.68	91.29	86.68	81.20b	83.67	86.82b	84.77
CM 10%	79.81	79.73b	80.50b	81.83	86.06	84.16	80.98b	85.33	88.90b	83.04
CM 15%	76.07	75.71b	97.87a	79.39	83.63	87.67	74.52c	80.38	83.73c	82.11
PSE1	1.12	1.79	2.16	0.98	1.37	1.14	2.11	1.13	1.23	0.90
					4-6 week					
Control	88.87	90.83	92.27	93.08	94.15b	95.30	91.64	92.72b	94.31	92.57
CM 5%	89.50	91.67	90.84	94.12	94.06b	94.87	92.23	94.54b	93.86	92.86
CM 10%	81.59	85.14	88.20	88.22	97.66a	92.36	88.12	98.77a	90.70	90.08
CM 15%	81.44	88.60	87.90	90.03	92.98b	93.82	88.52	91.20b	92.90	90.26
PSE1	1.61	1.34	1.16	1.23	0.70	0.67	1.03	0.98	0.75	0.84
					0-3 week					
Control	84.62a	84.59a	86.93ab	83.58ab	89.02ab	88.82	84.90a	88.75	92.64a	87.01a
KM 2%	75.91b	75.07b	77.14c	78.70b	84.47b	86.34	76.97b	86.14	84.97c	80.63b
KM 4%	74.58b	77.02b	79.67bc	78.18b	84.10b	83.86	80.16ab	85.27	88.28bc	81.23b
KM 6%	85.20a	85.58a	90.88a	87.77a	90.14a	91.74	83.98ab	88.92	90.66ab	88.33a
PSE1	1.71	1.61	2.07	1.45	1.05	1.59	1.34	0.79	1.01	1.26
					4-6 week					
Control	92.50	93.61a	95.05	93.86	95.10	95.35	94.22	95.52a	96.34	94.62
KM 2%	85.61	86.05b	88.93	88.52	91.60	91.83	87.45	91.28ab	92.52	89.31
KM 4%	87.40	88.97ab	90.20	91.09	92.44	95.23	90.78	92.61ab	93.91	91.40
KM 6%	84.69	88.61ab	80.84	91.57	95.46	94.48	88.25	87.81b	93.72	89.49
PSE1	1.50	1.28	3.57	1.19	0.97	0.68	1.55	1.16	0.97	0.71

1 Pooled standard error.

a,b,c Means with different superscripts within the same column are significantly different ($p<0.05$).

5. 도체중의 지방산 조성

육계 도체의 지방산 구성에 대한 결과는 Table 31과 같다. Palm kernel meal (PKM)을 수준별로 첨가하였을 경우 고도불포화지방산 함량이 대조구보다 더 낮았지만 유의적인 차이를 보이지는 않았다. 또한 PKM 10% 수준에서 포화지방산 중 myristic acid (C14:0) 함량이 유의적으로 우수했다 ($p<0.05$). Fetuga 등 (1977)은 PKM을 돼지 사료에 첨가한 시험에서 PKM처리구에서 도체 지방 함량이 감소되었다고 보고했다. Copra meal (CM)의 경우 CM 첨가 수준이 증가할수록 도체의 단일불포화지방산과 고도불포화지방산 함량이 증가하였지만 유의적인 차이는 보이지 않았다. Kapok seed meal (KSM) 경우에는 포화지방산 (C14:0, C16:0, C18:0)과 다중불포화지방산 (C18:2, C18:3) 함량이 감소한 경향을 보였는데 이러한 결과는 Irie (1990)의 보고와도 일치하였다.

Table 31. Effects of PKM (palm kernel meal), CM (copra meal) and KM (kapok seed meal) on carcass fatty acids composition of broiler chicks

Treatment	SFA*				MUFA*		PUFA*	
	C14:0	C16:0	C18:0	C20:0	C18:1	C20:1	C18:2	C18:3
Control	0.91b	27.60ab	6.79	-	48.14	-	15.89	0.68
PKM 5%	1.00b	26.55b	6.25	0.05	49.22	0.32	16.40	0.21
PKM 10%	1.28a	29.24ab	6.87	0.05	51.21	0.34	10.53	0.49
PKM 15%	1.26a	31.51a	6.60	0.06	49.02	0.42	10.67	0.44
PSE1	0.06	0.81	0.26	0.01	1.15	0.69	1.83	1.00
Control	0.74	28.03	7.00a	0.17a	47.45a	0.13b	16.42	0.19
CM 5%	1.10	27.78	6.47ab	0.05b	47.87a	0.41a	15.60	0.70
CM 10%	0.92	29.23	6.12b	0.06b	45.75b	0.36a	17.03	0.46
CM 15%	1.15	28.19	6.16b	0.07b	47.57a	0.46a	16.10	0.31
PSE1	1.00	0.31	0.15	0.01	0.32	0.05	0.48	0.09
Control	1.73a	42.99a	10.04	0.02	23.25a	0.20	20.97	0.81
KM 2%	1.07ab	30.23ab	7.24	0.05	44.84ab	0.36	15.77	0.45
KM 4%	0.90b	28.48ab	8.01	0.03	46.73a	0.25	15.44	0.17
KM 6%	0.77b	26.50b	8.90	0.07	49.45a	0.41	13.39	0.51
PSE1	0.15	2.73	0.73	0.01	4.32	0.05	1.76	0.11

* SFA : Saturated Fatty Acids, MUFA : Monounsaturated Fatty Acids, PUFA : Polyunsaturated Fatty Acids.

1 Pooled standard error.

a,b Means with different superscripts within the same column are significantly different ($p<0.05$).

제 4 절 요 약

본 실험은 육계에 있어서 PKM (palm kernel meal), CM (copra meal) 및 KM (kapok meal)의 단백질 공급원으로서 적정 수준의 결정 및 이용율을 비교하기 위해서 수행되었다. 옥수수-대두박 위주 사료를 대조구로 사용하였으며, 여기에 PKM 및 CM을 각각 5, 10 및 15% 수준으로 첨가하였고, KM은 2, 4 및 6% 수준으로 첨가하였다.

PKM은 대두박에 비해서 조지방 및 조섬유 함량은 높았다. CM의 단백질 공급원으로써의 가치는 세가지 박류 (PKM, CM 및 KM) 중 중간 정도이고, 조지방 함량은 제일 낮았다. 세가지 박류중 KM은 조섬유를 제외한 나머지 성분에서 대두박과 가장 비슷했다. 또한 PKM 및 CM의 아미노산 함량은 대두박과 비슷하지 않지만, KM의 아미노산 함량은 methionine과 histidine을 제외하고 대두박과 비슷했다. PKM, CM 및 KM의 지방산 함량 및 일부 광물질 함량은 이전의 다른 연구의 결과와 일치하지만 나머지는 큰 차이를 보였는데 이는 이들 박류의 생산지 및 가공 방법에 기인한다고 할 수 있다.

전기 (0-3주)동안 PKM 5% 처리구에서 사료 섭취량 및 증체량이 가장 높았다. 후기동안 (4-6주) PKM의 첨가수준이 10%까지 증체량이 증가하였다. 시험 전기간동안 (0-6주) CM 5% 처리구의 증체량 및 사료 섭취량이 대조구보다 개선되었다. KM 2% 처리구에서 전기에는 증체량이 대조구보다 높았지만, 시험 전기간 동안에는 KM 4% 처리구에서 증체량 및 사료섭취량이 대조구보다 낮았다.

시험전기동안 PKM 10% 및 15% 처리구의 일반성분 이용율이 PKM 5% 처리구 및 대조구보다 유의적으로 높았고 ($P<0.05$), CM 처리구의 일반성분 이용율이 후기로 갈수록 개선되었다. 또한 KM 6% 처리구에서 조지방을 제외한 일반성분 이용율이 가장 높았다.

PKM 10% 처리구는 후기동안 필수 아미노산의 이용율이 다른 처리구보다 유의적으로 높았다 ($P<0.05$). KM 처리의 경우, 전기동안 KM 6% 처리구가 lysine 및 arginine을 제외한 필수아미노산의 이용율이 유의적으로 가장 높았다 ($P<0.05$).

본 연구를 통해 PKM, CM 및 KM은 육계 사료로서의 가치와 일부 단백질 공급원을 대체할 수 있다는 것을 확인하였다. 게다가 PKM, CM 그리고 KM의 다른 단백질 공급원과 비교되는 상대적으로 싼 가격은 경제적인 이득도 더불어 가져다 줄 것이다.

제 6 장 비육돈에 대한 해외부존 사료자원의 사료적 가치

제 1 절 서 론

양돈 사료로 사용할 수 있는 단백질 부존사료는 종류가 다양하기는 하지만 이들 부존 사료에 대한 기본적인 자료가 거의 없는 이유로 양돈 사료에 많은 량 사용하기가 쉽지 않다. 채종박의 경우는 세계적으로 널리 양돈사료의 원료로 이용되고 있지만 동남아시아에서 생산되는 palm kernel meal, coconut meal 및 kepokseed meal 등은 양돈 사료에서는 아직 사용이 되지 않고 있는 부존 원료사료이다. 이들 사료들은 기호성이 낮고 섬유소 함량이 높은 관계로 반추동물용 사료로는 이용되고 있으며, 이들 사료를 급여한 경우, 육우에서는 백색근육이 많이 나타나고, 젖소의 경우에는 우유중의 포화지방산 수준이 증가한다고 보고된 바 있다 (PNI, 1990). 한편, kepokseed meal은 cyclopropenoid fatty acid의 함량이 높아서 가축사료로는 거의 이용이 되지 않고 있는데 (Devendra, 1992), cyclopropenoid fatty acid가 돼지 지방을 굳게 하는 효과를 갖고 있기 때문에 (Irie 등, 1984), 일본에서는 연질의 지방생산을 막기 위해서 kepokseed meal을 사용하고 있다 (Irie, 1990)
이러한 배경하에 본 연구에서는 palm kernel meal, coconut meal 및 kepokseed meal 등의 3가지 해외부존 사료의 대두박 대체수준을 확인하기 위해서 비육돈을 사용하여 증체 및 도체 성적을 조사하였다.

제 2 절 재료 및 방법

1. 시험가축 및 시험사료

평균 개시체중 약 80kg인 삼원교잡(Landrace×Large White×Duroc, n=128) 돼지 128두를 각 처리별로 암수의 분포가 동일하도록 4개의 처리구로 분리하여 완점임의로 배치하였으며, 각 처리구는 4반복 및 반복당 8두로 구성하였다. 시험축은 자돈 단계에서부터 육성기에 이르기까지 동일한 사료와 사양관리를 통해 육성시켰으며, 필요한 두수의 시험축을 선발하였다. 각 처리구별 주요 단백질 공급원은 대두박에 채종박(CSR), 팜박(CSP), 야자박(CSC) 및 카폭박(CSK)이었다 (Table 32).
모든 시험축에 대한 사료와 물은 자유로이 섭취토록 하였으며, 체중과 사료는 시험개시 및 종료시를 중심으로 측정하여 일당증체량, 사료섭취량 및 사료요구율을 계산하였다. 모든

대체 단백질원은 전체사료의 4%를 기준으로 배합하였으며, 각처리별로 단백질 및 아미노산의 수준이 동일하게 유지될수 있도록 농축단백질과 아미노산을 프리믹스를 통해 배합하였다. 모든 사료의 가소화에너지 함량은 14.0 MJ/ kg이었으며, 조단백질 함량은 14%이었다. 모든 사료의 배합은 원료의 분석치를 기준으로 이루어졌다.

2. 화학적 분석

사료와 분의 조단백질, 조섬유, 조회분 및 조지방 함량은 AOAC (1990) 방법을 이용 하였다. 소화율을 측정하기 위하여 본 시험 2주째에 사료에 0.5%의 Cr2O3를 혼합한 사료를 급여하였으며, 4일째부터 하루에 3차례 분을 수집하였다. 수집한 분은 55℃의 건조기에서 72시간 동안 1차 건조시킨 후 Willy mill로 분쇄하여 분석이 이루어질 때까지 시료병에 넣어 보관하였다. 사료와 분의 크롬함량은 Atomic Absorption Spectrophotometer (Smith-Hieftje 4000. USA)를 이용하여 분석하였으며, 총에너지는 Adiabatic Oxygen Bomb Calorimeter (Model 1261, Parr Instrument Co., Molin, IL, USA)를 이용하여 분석하였다.

3. 사료 및 도체의 지방산 조성과 융점의 분석

시험이 완료된 후 각 처리별로 15두의 도체로부터 내층 등지방을 채취하였다. 지방산의 조성은 Folch 등(1957)의 방법을 이용하여 지방을 추출한 후, 0.5 N의 sodium methylate와 20%의 boron trifloride-methanol complex in methanolic solution (Guardiola et al., 1994)을 이용 에스테르화 한 다음 Shimadzu gas chromatograph (SupelcowaxTM10 capillary column, 30m long and 0.25mm I.D., 분석조건:온도는 160℃ - 210℃ at 5℃/ min and 30 min at 210℃, The injector temperature was 230℃, Split flow was 23.0 ml/ min.)를 이용하여 분석하였다. 정량은 표준시약을 이용한 프로그램을 이용하였으며, 전체 지방산 중 상대비율을 나타내었다. 시료의 Injection 량은 0.7 μL이었으며, 분리시간은 표준시약을 이용하여 측정 비교하였다. 지방의 융점은 AOAC (1990) 방법을 이용하였다.

Table 32. Formular and chemical composition of the experimental diets

Ingredient	CSR	CSP	CSC	CSK
Corn grains	72.37	71.39	71.80	71.76
Wheat bran	3.00	-	-	2.20
Soybean meal	13.20	17.10	16.50	14.70
Rape seed meal	4.00	-	-	-
Palm kernel meal	-	4.00	-	-
Copra meal	-	-	4.00	-
Kapok seed meal	-	-	-	4.00
Animal fat	1.50	1.16	1.40	1.22
Molasses	3.00	3.00	3.00	3.00
Limestine, fine	1.33	1.50	1.30	1.22
MDCP	0.36	0.65	0.78	0.65
Salt	0.30	0.30	0.30	0.30
Premix	0.94	0.90	0.92	0.95
Chemical composition				
DE (MJ/ kg)	14.05	14.01	14.05	14.00
Crude protein (%)	14.09	14.04	14.06	14.07
Crude fibre (%)	3.03	2.85	2.85	3.05
Crude ash (%)	4.47	4.62	4.63	4.44
Ehter extract (%)	4.51	4.44	4.48	4.51

4. 도체의 특성

도체결과를 얻기 위해 시험이 완료된 도체를 각 처리별로 15두씩 선발하였으며, 도체중은 도살후 즉시 측정하였다. 정육율은 NPPC (1991) 방법에 의한 계산식을 이용하였는데, 도체중의 변이로 ribbed carcasses의 지방은 5% 기준이었다.

5. 통계분석

모든 시험결과의 분석은 STATISTICS (1996)를 이용하였으며, 모든 변이에 대한 분석은 randomized complete block 모델을 이용한 General AOV을 이용하였다. 통계적 유의차 검정은 P<.05 수준에서 결정하였으며, 평균간 비교는 STATISTICS의 LSD를 이용하였다.

제 3 절 결과 및 고찰

1. 생산성 및 사료 요구율

Table 33에서 보는 바와 같이 일당증체량 (ADG), 일당사료섭취량 (ADFI) 및 사료요구율 (FCR)은 대두박의 부존 단백질원으로의 대체에 따라 통계적인 유의차를 나타내지 않았다 (P>0.05). 일당증체량은 야자박구 690g에서 카폭박구 765g의 범위를 보였으며, 일당사료 섭취량은 채종박구 2.40kg에서 팜박구 2.55kg의 범위를 나타냈다. 사료요구율은 채종박구 3.27에서 팜박구 3.68의 범위를 보였다. Fetuga 등 (1974)은 다른 단백질 사료와 비교할 때 팜박의 단백질 품질은 낮으며, 체중의 감소를 가져온다고 보고하였다.

Table 33. Effects of partial replacement of soybean meal with rapeseed meal (CSR), palm kernel meal (CSP), coconut meal (CSC) and kapok seed meal (CSK) on the growth performance of finishing pigs (mean±S.D.)

Items	CSR	CSP	CSC	CSK
Initial live weight (kg)	82.63±1.03	80.75±0.68	81.05±0.84	80.03±1.08
Final live weight (kg)	102.40±4.26	101.75±2.50	102.00±3.16	103.00±0.82
Average Daily Gain (g)	737.50±173.66	697.50±113.25	690.00±110.45	765.00±93.27
Daily Feed Intake (kg)	2.40±0.51	2.55±0.33	2.45±0.26	2.53±0.19
FCR	3.27±0.15	3.68±0.25	3.58±0.26	3.33±0.36

a,b,c Means with different superscripts in a row are significantly different (P<0.05)

2. 영양소의 소화율

대두박의 부존 단백질원인 채종박, 팜박, 야자박 및 카폭박으로의 일부대체에 따른 전체 사료의 각종 영양소 소화율은 Table 34에 나타난 바와같다.

사료의 에너지, 조단백질, 조지방 및 조회분의 소화율은 단백질원의 일부 대체에 따라 통계적인 유의차는 나타내지 않았으나 (P>.05) 카폭박의 대체는 조섬유의 소화율을 크게 저하시켰다 (P<.05). 이러한 결과는 Woehlbier와 Jager (1983)의 연구결과에서도 보고된바 있으며, 다른 박류에 비해 카폭박의 조섬유 소화율이 가장 낮다고 하였다. 돼지에 있어서 조섬유의 소화율은 팜박 역시 약 36% (PNI, 1990)로 낮으나, 카폭박의 경우 (14%) 보다는

높았다. 단위가축에 있어서의 조섬유 소화율은 상당한 변이를 보이는데, 이는 주로 섬유원 (Bell, 1960; Laplace and Lebas, 1981)과 리그닌화의 정도 (Forbes and Hamilton, 1952) 및 배합수준에 따라 차이가 난다 (Just, 1979).

Table 34. Effects of partial replacement of soybean meal with rapeseed meal (CSR), palm kernel meal (CSP), coconut meal (CSC) and kapok seed meal (CSK) on the proximate nutrients digestibility of finishing pigs (%, mean±S.D.)

Items	CSR	CSP	CSC	CSK
Crude protein	82.04±1.80	82.61±1.82	82.63±1.84	81.60±1.78
Crude fibre	62.15a±2.91	61.92a±2.96	61.90a±2.94	41.94b±3.04
Crude ash	76.35±1.65	75.99±1.67	75.82±1.72	76.34±1.67
Ehter extract	79.13±1.14	78.83±1.03	79.58±1.03	78.79±1.03
Energy	90.18±1.03	81.80±1.09	81.50±1.07	79.47±1.07

a,b,c Means with different superscripts in a row are significantly different ($P<0.05$)

3. 아미노산의 소화율

Table 35는 대두박에 대한 부존 단백질원인 채종박 (CSR), 팜박 (CSP), 야자박 (CSC) 및 카폭박 (CSK)의 일부 대체에 따른 사료의 아미노산 이용율을 나타낸 결과이다. 필수 아미노산의 이용율에 있어서 채종박구는 다른 처리구에 비해 유의적으로 높았다 ($P<0.05$).

야자박의 대체는 다른 처리구에 비해 필수 아미노산의 이용율이 유의적으로 낮았으며 ($p<0.05$), 비필수 아미노산의 소화율은 필수 아미노산의 경우와 비슷한 경향을 나타내었다. 팜박, 야자박 및 카폭박의 아미노산 소화율이 낮은 것은 채종박에 비해 조섬유의 함량이 높은 것에 원인이 있는 것으로 사료되며, Onwundike (1986a)의 연구에서는 이러한 사료원 및 대두박에 대한 조섬유 함량을 비교하여 보고하였다. Dammers (1965)와 Flipot 등 (1971)은 조섬유가 아미노산의 소화율을 저하시키는 요인을 제공한다고 보고한 바 있다.

Table 35. Effects of partial replacement of soybean meal with rapeseed meal (CSR), palm kernel meal (CSP), coconut meal (CSC) and kapok seed meal (CSK) on the amino acids digestibility of finishing pigs (mean±S.D.)

Items	CSR	CSP	CSC	CSK
EAA				
ARG	88.43a±0.62	86.87a±0.56	83.48b±0.76	87.35a±0.56
HIS	88.59a±0.27	87.65a±0.50	82.61b±0.87	86.95a±0.35
ILE	81.82a±0.56	75.17b±0.73	70.14c±0.80	76.14b±1.09
LEU	82.03a±0.33	79.54b±0.41	72.70c±0.71	79.99b±0.53
LYS	82.60a±0.43	80.32b±0.66	73.31c±1.07	81.17ab±0.54
MET	78.81a±0.51	68.63b±1.17	68.52b±0.87	76.99a±1.63
PHE	86.91a±0.60	82.98b±0.94	74.78c±1.55	82.16b±0.92
THR	78.74a±0.47	72.56b±0.89	61.96c±0.76	73.22b±1.19
VAL	77.25a±0.72	74.87a±0.80	69.46b±1.62	76.01a±0.76
Sub-mean	82.80a±0.30	78.73b±0.38	72.99c±0.41	80.00b±0.67
NEAA				
ALA	78.83ab±0.39	37.82d±0.91	70.52c±0.79	74.69b±1.22
ASP	84.32ab±0.30	80.08b±0.57	71.30d±0.25	75.52c±1.29
CYS	91.21±1.84	81.17±6.03	82.78±1.20	87.25±2.22
GLU	87.69a±0.14	85.08b±0.33	79.48c±0.60	88.32a±0.36
GLY	79.27a±0.39	75.25b±0.37	72.88c±0.78	75.56b±0.70
PRO	87.05a±0.44	84.56ab±0.71	73.27b±1.49	85.91ab±0.78
SER	84.27a±0.18	79.64b±0.72	74.44c±0.28	80.69b±1.48
TYR	86.84a±0.44	83.86ab±0.86	69.68c±2.86	80.41b±1.45
Sub-mean	84.93a±0.18	75.93c±0.68	75.54c±0.15	75.54b±1.13
Mean	84.24a±0.16	80.25c±0.16	74.98d±0.37	81.85ab±0.68

a,b,c,d Means with different superscripts in a row are significantly different (P<0.05)

4. 지육율, 정육율 및 등지방 특성

대두박의 부존 단백질 원인 채종박 (CSR), **팜박** (CSP), **야자박** (CSC) **및 카폭박** (CSK) **으로의 일부 대체에 따른 돼지의 지육율, 정육율, 등지방두께 및 내층 등지방의 융점과 지방산 조성에 대한 결과는** Table 36**에 나타난 바와같다**.

돼지도체의 지육율, 정육율 및 등지방 두께는 대두박의 부존 단백질원으로의 일부 대체에 따라 영향을 받지 않는 것으로 나타났으나 (P>.05), **야자박과 카폭박 처리구는 지방의 융점과** C16 **및** C18 **지방산의 비율을 현저히 증가시켰으며**, C16:1**과** C18:1**의 비율을 통계적으로 유의성있게 감소시켰다** (P<.05). **야자박과 카폭박 처리구는 내층 등지방의 포화지방산 함량증가와 동시에** monounsaturated fatty acids**의 함량을 감소 시켰다** (P<.05). **이러한 결과는 카폭박을 이용한** Irie(1990)**의 연구결과에서 나타난 지방산조성과 비슷한 경향**

을 보여주고 있으며, 싸이클로프로페노이드 지방산이 저장지방조직의 desaturase 체계에 영향을 미친다는 Pande와 Mead (1970)의 연구결과로서도 증명되어질 수 있다. 카폭박의 사료내 첨가는 돼지의 지방에 있어서 불포화지방산의 비율을 감소시키는데 영향을 미치며, 야자박구와 다른 화학적 성상을 보임에도 불구하고 같은 경향의 돈지내 지방산 조성을 보이는 것은 계속적인 연구를 요구한다. St. John 등 (1987) 과 Miller 등 (1990)은 올레익산이 풍부한 사료의 공급에 의해 체중 100kg의 돼지 등지방의 monounsaturated fatty acid의 함량이 증가한다고 보고 하였다. 많은 연구 결과에서는 쥐에 있어서 식이 단백질과 지방에 의해 lipogenesis의 저해가 이루어진다고 보고하였다 (Hausberger and Milstein, 1955; Di Giogio et al., 1962; Leveille, 1967). 팜박유는 지방산 조성에 있어서 야자유와 유사하며 (Prabucki, 1977), 대체적으로 불포화지방산의 함량이 높은 것으로 나타나고 있다. 또한 팜유는 불포화지방산의 함량이 높기 때문에 hydrogenation될 가능성이 더욱 크다.

Table 36. Effects of partial replacement of soybean meal with rapeseed meal (CSR), palm kernel meal (CSP), coconut meal (CSC) and kapok seed meal (CSK) on the carcass characteristics and fatty acids composition of finishing pigs (mean ±S.D.)

Items	CSR	CSP	CSC	CSK
Hot carcass, %	73.85±2.06	75.35±0.30	76.00±0.42	75.38±2.17
Meat, %	57.20±2.22	55.98±1.78	57.00±2.09	57.58±0.61
Melting point, ℃	32.08b±4.64	32.05b±3.03	38.73a±3.98	39.32a±3.69
Back fat, mm	13.40±2.03	14.73±1.73	13.72±2.10	13.45±0.62
Fatty acids (Mol-%)				
C14	1.34b±0.08	1.47a±0.13	1.57a±0.16	1.54a±0.17
C16	24.20b±0.89	24.71b±1.46	26.50a±1.58	25.91a±1.08
C17	0.48b±0.07	0.49b±0.07	0.51b±0.06	0.57a±0.09
C18	12.05b±1.25	11.98b±1.24	17.42a±1.88	17.32a±2.00
Saturated fatty acids	38.07b±1.92	38.66b±2.40	46.01a±3.50	44.25a±5.28
C16:1	1.86b±0.16	2.11a±0.49	1.45c±0.12	1.44c±0.18
C18:1	40.26a±1.52	40.32a±0.92	34.38b±2.29	33.92b±2.00
C20:1	0.95a±0.10	0.84b±0.09	0.91a±0.09	0.80b±0.06
Monounaturated fatty acids	43.06a±1.67	43.27a±0.94	36.74b±2.41	36.17b±2.16
C18:2	15.58±1.26	15.13±1.86	14.85±1.86	16.01±1.53
C18:3	1.09a±0.07	0.95b±0.15	1.01ab±0.11	1.02ab±0.11
C20:3	0.68a±0.06	0.59b±0.08	0.68a±0.07	0.66±0.06
Polyunsaturated fatty acids	17.34±1.32	16.67±2.07	16.54±2.02	17.70±1.64

a,b,c Means with different superscripts in a row are significantly different ($P<0.05$).

제 4 절 요 약

Rape seed meal (CSR), palm kernel meal (CSP), coconut meal (CSC) 그리고 kapok seed meal (CSK)을 약 4%정도 수준으로 비육돈 사료에서 대두박을 대체하였다. 각각의 처리는 4반복으로 이루어졌고 30일 동안 수행되었다. 시험에 사용된 대두박 대체 박류들은 비육돈의 성장과 도체품질에 영향을 미쳤다 ($P<0.05$). CSK 첨가는 조섬유 소화율을 떨어뜨렸다 ($P<0.05$). 비육돈은 도살된 후에 처리별로 15마리씩 등지방을 채취하였다. 지방 시료는 gas chromatograph를 이용하여 지방산 조성을 조사하였으며, 융점도 조사하였다. 박류의 첨가는 등지방의 지방산 조성에 변화를 가져왔고, 특히 포화지방산과 단일불포화지방산에서 그 효과는 더욱 뚜렷하였다. 전체적으로 CSC와 CSK를 첨가한 구가 CSR과 CSP를 첨가한 구보다 포화지방산이 많았고 단일불포화지방산은 적었다 ($P<0.05$). 등지방의 융점은 박류의 첨가에 따라 유의적으로 차이가 보였다. 즉, CSC와 CSK 첨가구가 CSR이나 CSP를 첨가한 구보다 융점이 더 높았으며, CSK구가 가장 높았다. 필수와 비필수 아미노산 소화율은 CSP, CSC 그리고 CSK처리구가 CSR 처리구보다 낮았다. 그 이유는 아마 palm kernel meal, coconut meal 그리고 kapok seed meal의 섬유소함량이 높음으로 인해서 아미노산 소화율이 떨어진 것이라 추측할 수 있다.

이상의 결과로 보면 시험에 사용된 박류의 첨가는 등지방의 지방산 조성에 영향을 미쳤다. CSC와 CSK의 첨가는 유의적으로 융점을 상승시켰다 ($P<0.05$). 또한 CSC와 CSP의 첨가는 등지방의 포화지방산의 함량을 증가시켰으며, 이와 비례하여 단일쇄 불포화지방산의 함량을 감소시켰다 ($P<0.05$). 단백질원에 따른 전체사료의 아미노산 소화율은 처리간에 유의적인 차이를 보였다 ($P<0.05$).

제 7 장 산양에 대한 해외부존 사료자원의 사료적 가치

제 1 절 서 론

국내 배합사료 원료의 자급율은 그동안 계속 감소되었으며 앞으로도 수입원료의 의존도는 증가할 전망이다. 한편 세계적인 식량위기의 상황속에서 최근 국제 곡류가격의 상승은 국내 사료업계의 경영을 어렵게 하고 있다. 또한 세계경제가 단일화되면서 생산원가 면에서 국제경쟁력을 확보하지 못하면 해당산업의 존립이 위태로운 상황이므로 국내 축산업은 과거 어느 때보다도 사료비 절감의 필요성이 절실하다. 그리고 최근에는 경기불황 및 달러값의 폭등으로 인하여 모든 산업이 침체의 늪에 빠져 있는데, 이러한 상황속에서 축산업 및 사료산업도 예외일수는 없다. 특히 사료의 가격이 20 30% 상승하여 양축가들에게는 큰 위협요인이 되고 있는데, 이는 배합사료의 대부분의 원료를 수입에 의존하는 그리고 수입국이 미국을 위시한 몇몇 국가에 한정되어 있는 구조적인 문제점이 가장 큰 요인이라고 할

수 있다. 이러한 이유로 중국이나 동남아 등지의 기타국가에서 생산되는 부존사료를 파악하고 이용가능토록 하는 것은 사료비의 절감 및 안정적인 축산의 발전을 위해서 매우 중요하다고 할 수 있다.

따라서 세계적으로 보편화된 수입원료의 의존도가 높은 국내의 배합사료 형태로부터 벗어나기 위하여 아직 사료원료로 사용되지 않았으나 대량생산이 가능하며 영양적인 면과 경제적인 면에서 사료적 가치가 있는 해외의 부존자원을 적극적으로 연구개발하여 사료비를 절감하고 다소나마 원료수급의 안정화를 마련할 수 있도록 하는데 필요한 기초자료를 제공하기 위하여 본 연구를 수행하였다. 그리고 이러한 목적을 달성하기 위해서 중국의 양초 (Chinese wildrye hay), 인도네시아의 oilpalm frond (OPF) pellet, 말레이시아의 sugarcane leaf hay 및 현재 한국에서 조사료원으로 사용중인 볏짚 등 4가지 조사료원을 한국재래산양에 급여한 후 반추위내의 발효 특성과 미생물 군집 변화를 조사하였다.

제 2 절 재료 및 방법

1. 공시동물

평균 체중이 30kg이고 반추위에 캐뉼라가 장착된 한국재래산양 숫컷 4두를 본시험에 공시하였다.

2. 공시사료

농후사료로는 시판 비육우사료를 이용하였고, 조사료는 볏짚, 양초, sugarcane leaf hay 및 oil palm frond (OPF) pellet 등 4종류를 시험조사료로 공시하였다. 사료급여량은 산양 체중의 1.8 % (건물기준으로 540g)를 급여하였으며, 조사료와 농후사료의 급여 비율을 50 : 50으로 하여 1일 2회 (오전 8:30과 오후 6:00)로 나누어 급여하였다. 시험사료의 일반성분 분석결과는 Table 37과 같다.

Table 37. Nutrients content (%) of foreign non-conventional feed resources

Nutrients	Concentrate	Foreign non-conventional feed resources			
		Rice straw	Chinese wild hay	Sugarcane leaf hay	OPF pellet1
Moisture	14.41	12.42	11.70	11.00	5.80
Crude protein	16.02	5.01	7.99	5.46	10.75
Crude fat	1.72	2.18	2.70	2.00	2.80
Crude fiber	4.75	29.94	31.73	32.48	35.62
NDF	45.12	71.58	72.75	76.49	72.49
ADF	9.08	49.24	42.55	52.48	51.71
Crude ash	-	-	5.10	6.10	8.50
Calcium	-	-	0.51	0.09	0.40
Phosphorus	-	-	0.14	0.06	0.10

1 Oil palm frond pellet.

3. 실험 설계

4 처리구에 각각 1마리의 산양을 배치하여 4×4 latin square design으로 실험을 수행하였으며, 시험 원료사료를 10일간 급여하여 적응시킨 후 시험 사료를 바꾸기 전날에 위액을 채취하여 반추위내 발효산물, 섬유소분해효소의 활력 및 미생물 군집의 변화를 조사하였다.

4. 조사항목

가. 반추위내 발효산물

반추위액의 발효특성을 측정하기 위하여 사료를 바꾸기 전날 각 시험사료 급여전 (0시간)과 급여후 3, 6 및 9시간에 위액을 채취하였다. 위액은 채취 즉시 2겹의 cheese cloth로 여과한 후 pH를 측정하였고 암모니아태 질소 (NH_3-N)의 농도를 측정하였다. 채취한 위액의 pH는 pH meter (Metler 230)를 이용하여 측정하였으며 NH_3-N의 농도는 반추위액을 원심분리 (6,000xg, 15분)한 후, 상층액을 이용하여 Chaney와 Marbach (1962)의 방법으로 분석하였다. 반추위액중의 VFA (volatile fatty acid, 저급지방산)는 cheese cloth로 여과한 위액 5ml를 취하여 Erwin 등 (1961)의 방법을 따라 gas chromatography (HP 6890)를 이용하여 분석하였다.

나. 섬유소분해효소의 활력

반추내의 섬유소 분해력을 간접적으로 측정하기 위해서 채취한 반추위액중의 CMCase와 xylanase의 활력을 측정하였다. CMCase와 xylanase의 활력을 측정하기 위해서 먼저 위액을 원심분리 (6,000xg, 15분, 4℃)한 후, 상층액을 취하여 조효소액으로 이용하였다. 그리고 이 조효소액 0.5ml를 취한 후 0.05M citrate buffer(pH 5.5)에 1%의 농도로 suspension 시킨 CMC와 xylan 용액을 각각 0.5ml씩 넣고 55℃에서 1시간 반응시킨 후 microcentrifuge (Eppendorf, 5415C)를 이용하여 7,000 rpm에서 5분간 원심분리시켰다. 상층액 0.2ml를 취하고 DNS용액을 0.6ml 넣은 후 100℃의 끓는 물에서 5분간 반응시켰다. 그리고 증류수를 첨가하여 전체 부피가 5ml가 되게 한 후 550nm에서 absorbance를 측정하여 CMC와 xylan으로부터 유리된 환원당의 양을 μmol/min/ml단위로 환산하여 표시하였다.

다. 반추위내 미생물 군집

박테리아와 곰팡이는 각각 Dehority (1965)와 Lowe 등 (1985)이 사용한 배지를 응용하여 제조한 배지에 접종한 후 38.5℃의 incubator에서 배양하였다. 총 박테리아와 곰팡이 수의 측정은 Hungate (1966)와 Holdman 등 (1977)의 방법을 따라서 roll tube 방법을 이용하였으며, 프로토조아의 수는 Abe 등 (1972)의 방법에 준하여 plankton counter desk glass를 이용하여 측정하였다.

1) 총 박테리아 수의 측정

1.9%의 agar를 첨가한 Dehority 배지 (Table 38) 9ml를 roll tube에 혐기적으로 분주한 후 10-7 10-9 으로 희석한 위액 1ml를 anaerobic gassing system을 이용하여 혐기적으로 접종하였으며, Hungate (1966)의 방법에 따라 roll tube를 얼음물위에서 spinning하여 제조하였다. 박테리아는 39℃의 incubator에서 48 72시간 배양시켰으며, 총박테리아의 수는 배양이 완료된 roll tube 상에 나타나는 colony의 수로 계산하였다.

Table 38. Dehority medium for incubation of rumen bacteria

Components	Amount/ 100ml
Mineral soln. Ⅰ1	7.5 ml
Mineral soln. Ⅱ2	7.5 ml
Cystein-HCl · H2O	0.05 g
Na2CO3	0.3 g
0.1% resazurin	0.1 ml
Clarified rumen fluid3	40 ml
Vitamin mixture	1.0 ml
VFA solution	6.7 ml
Casein (acid hydrolyzed)	0.2 g
Hemin solution	0.1 ml
Glucose	0.5 g
Cellobiose	0.5 g
Soluble starch	0.7 g

1 Mineral soln. Ⅰ : K2HPO4 0.45 (/ 100 ml distilled water).

2 Mineral soln. Ⅱ : KH2PO4 0.6g, (NH4)2SO4 1.2g, NaCl 1.2g, MgSO4 · 7H2O 0.25g, CaCl2 0.12g (/ 100ml distilled water).

3 Centrifuged at 16,000 rpm, autoclaved, freezed in deep freezer and centrifuged again at 16,000 rpm before use.

2) MPN (most probable number) 계수법을 이용한 섬유소분해박테리아 수의 계산

기능성 박테리아의 수를 측정하기 위하여 MPN 계수법을 이용하였는데 섬유소 분해박테리아의 수를 측정하기 위해서 Minato 등 (1989)이 사용한 배지에 탄소원을 제거한 후 Whatman filter paper No 1을 0.5 1.0cm로 절단하여 시험관에 주입하였고 위액의 희석배율은 섬유소분해 박테리아의 경우에는 10-6 10-8이었다. 희석된 위액을 배지에 접종한 후 섬유소분해 박테리아는 6 8일 배양하였다. 배양이 끝난 후 filter paper의 마모 정도에 따

라 계산하였다.

3) 총 곰팡이 수의 측정

1.9%의 agar가 첨가된 Lowe's medium (Table 39) 9ml를 혐기적으로 분주하여 roll tube를 만든 후 10-3 10-5으로 희석된 위액 1ml를 접종하고 박테리아의 오염을 방지하기 위한 항생제 (benzylpenicillin G, 2×104 IU/ml와 streptomycine sulfate, 2mg/ml의 혼합액) 1ml를 혐기적으로 첨가하였다. 총 곰팡이 수는 총박테리아 수의 측정법과 동일한 과정을 거쳐 7일간 배양시킨 후의 colony수를 측정하여 계산하였다.

Table 39. Lowe's medium for incubation of rumen fungi

Components	Amount contained
Trypticase peptone	0.1 g
Yeast extract	0.05 g
Glucose	0.25 g
Cellobiose	0.25 g
Mineral soln. Ⅰ1	7.5 ml
Macro mineral soln.2	5.4 ml
Trace mineral soln.3	1.0 ml
VFA soln.	1.0 ml
0.1% Hemin soln	1.0 ml
Cystein-HCl · H2O	0.05 g
Na2CO3	0.3 g
0.1% resazurin	0.1 ml
Distilled water	100.0 ml

1 Mineral soln. Ⅰ : K2HPO4 0.45 (/ 100 ml distilled water).

2 Macro mineral soln. : KCl, 0.9g; NaCl, 0.9g; MgSO4 · 7H2O, 0.75g; CaCl2, 0.3g and NH4Cl, 0.81g (/ 100ml distilled water).

3 Trace mineral soln. : MnCl2 · H2O, 0.25g; NiCl2 · 6H2O, 0.25g; NaMoO4 · 2H2O, 0.25g; H3BO3, 0.25g; FeSO4 · 7H2O, 0.2g; CoCl2 · 6H2O, 0.05g; NaSeO3, 0.07g; ZnSO4 · 7H2O, 0.05g; CuCl2 · 2H2O, 0.025g; NaNO3 · 4H2O, 0.05g (/ 1,000ml 0.2N HCl soln.).

4) 총 프로토조아 수의 측정

반추위액중의 프로토조아는 MFS 용액 (methylgreen-formaline-saline, Table 40)을 이용하여 고정, 염색한 후 counting하였다. 위액은 채취직후 1ml를 MFS 용액 4ml와 혼합한 후

hematocrit를 이용하여 프로토조아의 수를 세었다. 이 MFS 용액은 직사광선에 약하기 때문에 장기보존하기 위해서 암실에 보관하였다.

Table 40. The composition of MFS solution for staining protozoa

Components	Amount contained
35% formaldehyde solution	100 ml
Distilled water	900 ml
Methylgreen	0.6 g
NaCl	8.0 g

라. *In vivo* **영양소 소화율**

산양에서의 *in vivo* 영양소 소화율은 외부지시제인 Cr2O3를 이용하여 간접법으로 소화율을 측정하였다. 농후사료중에 Cr2O3의 농도가 0.2%가 되게 혼합한 후 산양에 10일간 급여한 후 마지막 3일동안 오전 사료 급여전 분을 채취하였다. 그리고 채취한 분중의 Cr2O3 함량과 영양소 함량을 AOAC (1990)의 방법에 따라 분석한 후 영양소 소화율을 계산하였다.

5. 통계처리

본 실험에서 얻어진 결과는 SAS 통계프로그램을 이용하여 사료급여 후 시간에 대해서 분산분석을 실시한 후 Duncan (1955)의 multiple range test를 이용하여 조사료간 평균의 유의성을 분석하였다.

제 3 절 결과 및 고찰

벗짚, 양초, oil palm frond (OPF) 펠렛 및 sugarcane leaf hay를 급여한 후 3시간째에 측정한 반추위액중의 암모니아 농도는 각각 9.47, 14.35, 12.44 및 11.86 mg/ 100ml로서 벗짚에 비해서 해외부존 사료의 반추위내 분해율이 높은 것으로 추정되었다 (Figure 1).

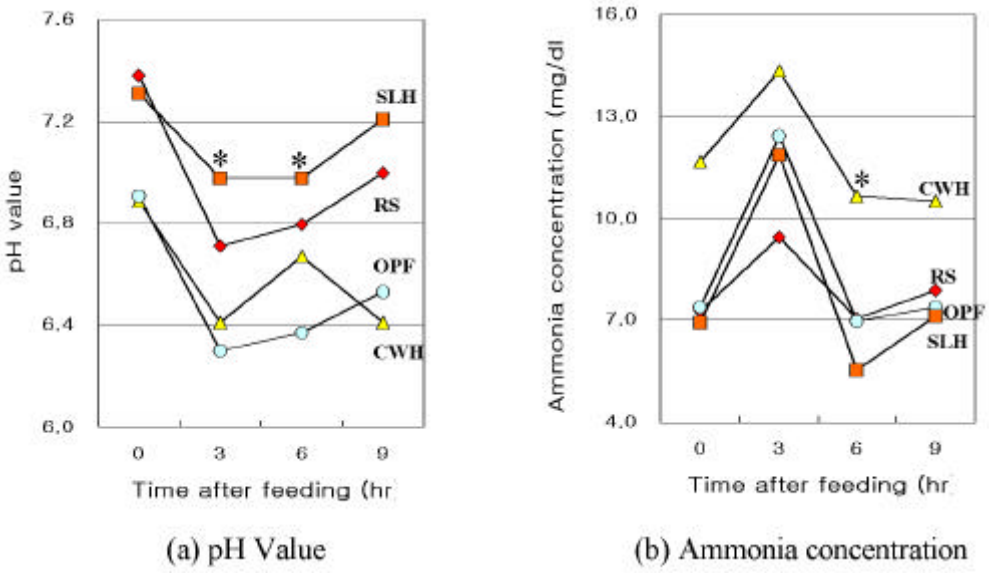

Figure 1. Effect of foreign non-conventional forage sources on the change of (a) pH value and (b) ammonia concentration (mg/dl) in the rumen of Korean native goat. CWH : Chinese wildrye hay, OPF : oil palm frond pellet, RS : rice straw, SLH : sugarcane leaf hay. * : P>0.05.

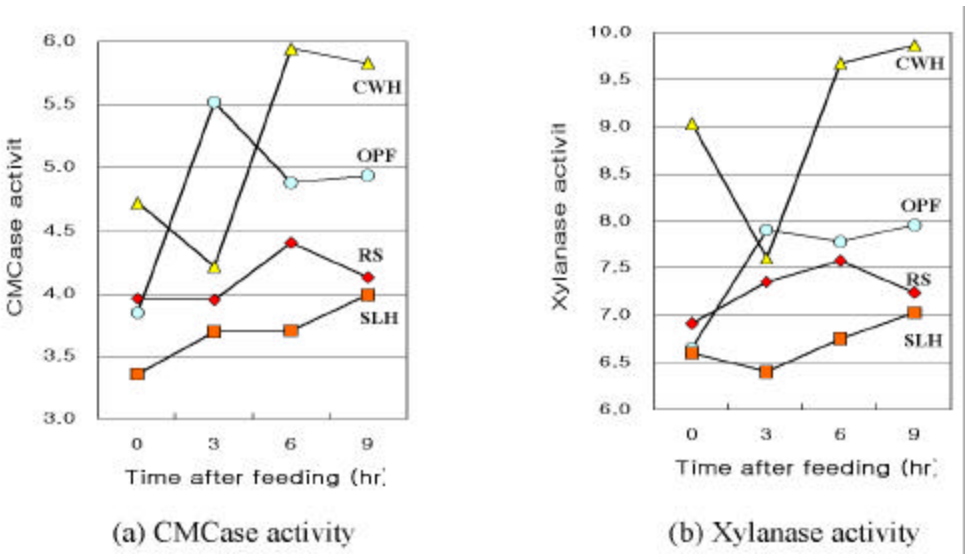

Figure 2. Effect of foreign non-conventional forage sources on the change of CMCase and xylanase activity (μmol reducing sugar/ml/min) in the rumen of Korean native goat. CWH : Chinese wildrye hay, OPF : oil palm frond pellet, RS : rice straw, SLH : sugarcane leaf hay.

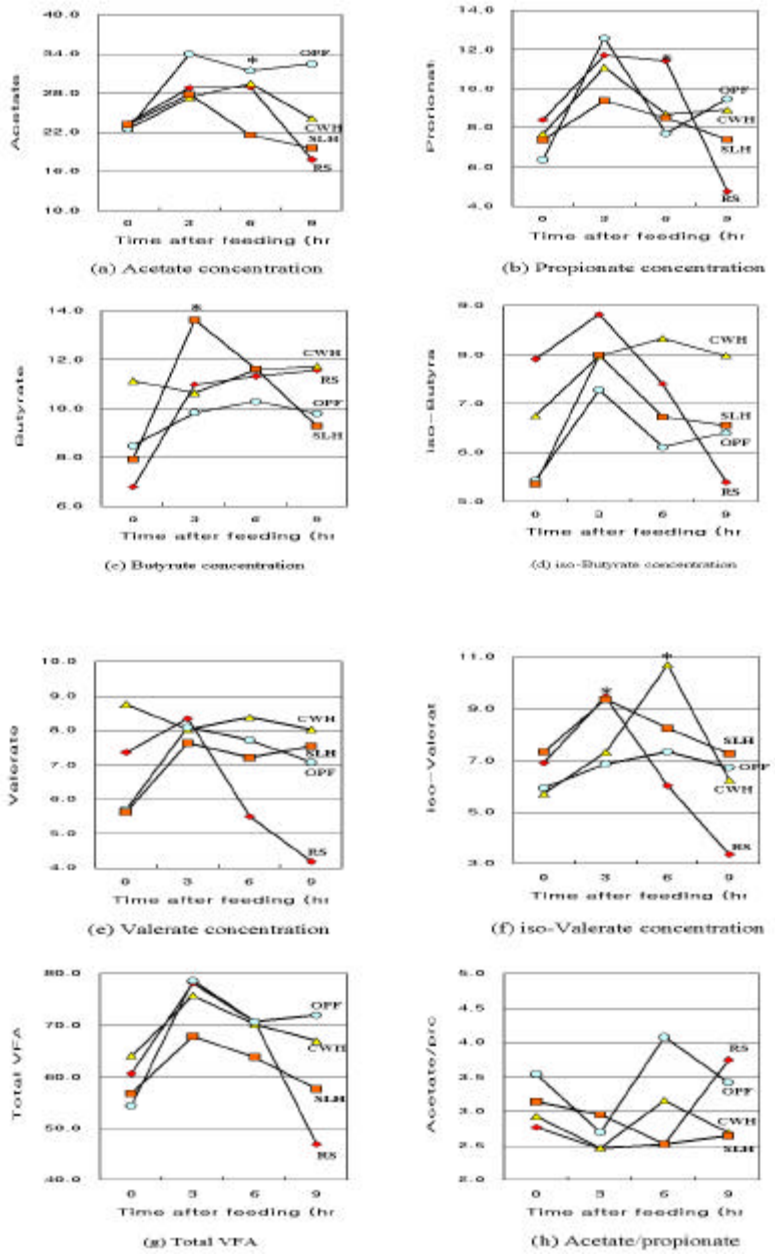

Figure 3. Effect of foreign non-conventional forage sources on the change of volatile fatty acids concentration (mM) in the rumen of Korean native goat. CWH : Chinese wildrye hay, OPF : oil palm frond pellet, RS : rice straw, SLH : sugarcane leaf hay. * : $P<0.05$.

볏짚, 양초, oil palm frond (OPF) 펠렛 및 sugarcane leaf hay를 급여한 후 3시간째에 측정한 반추위액중의 CMCase의 활력은 각각 3.95, 4.21, 5.52 및 3.70 U/ml 이었으며, xylanase의 활력은 각각 7.36, 7.61, 7.90 및 6.40 U/ml로 조사되었는데, 이들 두 섬유소 분해효소의 활력이 sugarcane leaf hay만 볏짚에 비해서 낮았고 양초, oil palm frond (OPF) 펠렛은 볏짚에 비해서 높았다 (Figure 2). 볏짚, 양초, oil palm frond (OPF) 펠렛 및 sugarcane leaf hay를 급여한 후 3시간째에 측정한 반추위액중의 acetate의 농도는 각각 23.3, 22.5, 34.0 및 27.7 mM이었으며, propionate의 농도는 각각 8.4, 7.7, 12.6 및 9.4 mM로 조사되었는데, acetate와 propionate 모두에서 OPF 펠렛이 가장 높았으며, 다른 부존사료는 볏짚과 큰 차이가 없었다 (Figure 3).

볏짚, 양초, oil palm frond (OPF) 펠렛 및 sugarcane leaf hay를 급여한 후 3시간째에 측정한 박테리아의 수도 각각 82.6, 42.7, 32.3 및 7.3 ($\times 10^9$cfu/ml)으로서 해외 부존 사료가 볏짚에 비해서 모두 적었다 (Figure 4, a). 그리고 반추위액중 곰팡이의 수는 각각 5.3, 2.2, 3.0 및 3.7 ($\times 10^4$cfu/ml)로서 모든 해외 부존 사료가 볏짚에 비해서 적었다 (Figure 4, b).

볏짚, 양초, oil palm frond (OPF) 펠렛 및 sugarcane leaf hay를 급여한 후 3시간째에 측정한 반추위액중 섬유소 분해 박테리아의 수는 각각 2.3, 2.7, 1.8 및 7.5 ($\times 10^9$cfu/ml)로서 양초와 oil palm frond (OPF) 펠렛은 볏짚과 차이가 없었지만 (Figure 4, c), sugarcane leaf hay는 3배정도 많았다. 볏짚, 양초, oil palm frond (OPF) 펠렛 및 sugarcane leaf hay를 급여한 후 3시간째에 측정한 반추위액중 프로토조아의 수는 각각 22.3, 31.2, 19.4 및 8.5 ($\times 10^3$cfu/ml)로서 볏짚에 비해서 양초는 높았고, OPF 펠렛은 차이가 없었으며, sugarcane leaf hay는 적었다 (Figure 4, d).

전체적으로 박테리아와 곰팡이 수는 볏짚이 가장 많았지만, 반추위액중의 암모니아 농도, 섬유소 분해효소의 활력 그리고 섬유소 분해 박테리아 및 프로토조아 수는 볏짚에 비해서 해외 부존 조사료원이 높았던 것으로 보아 이들 부존 자원의 사료적 가치는 우수하다고 생각된다.

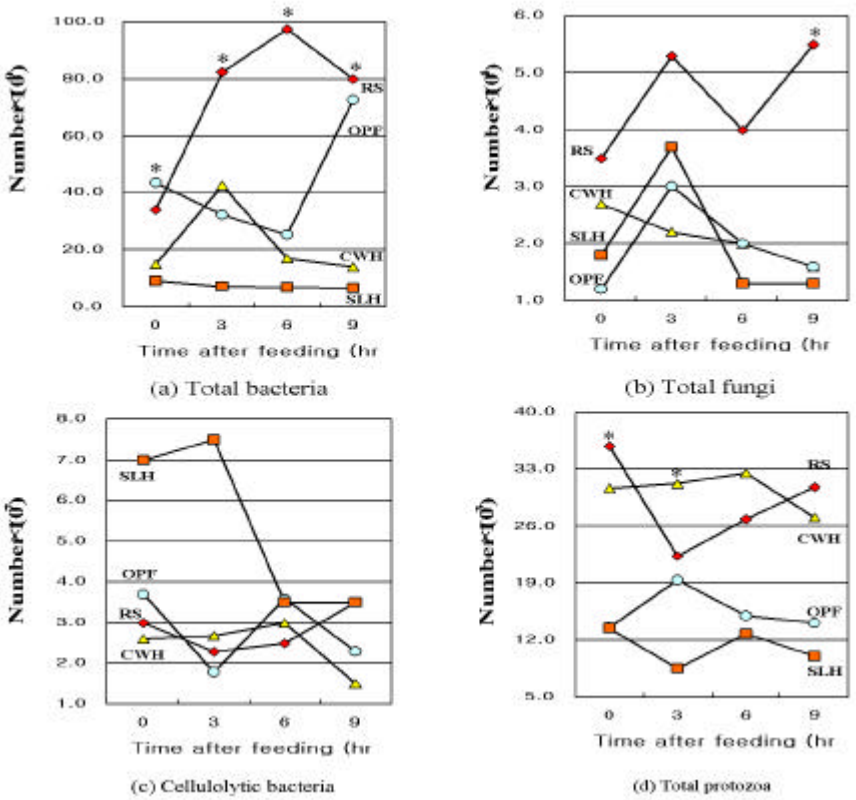

Figure 4. Effect of foreign non-conventional forage sources on the change of microbial number in the rumen of Korean native goat. CWH : Chinese wildrye hay, OPF : oil palm frond pellet, RS : rice straw, SLH : sugarcane leaf hay. * : P<0.05.

한편, Table 41에서 보면, *in vivo* 건물소화율율은 볏짚, 양초, SLH 및 OPF가 각각 70.40, 82.56, 62.47 및 69.90%으로서 양초의 경우가 가장 높았으며, SLH가 가장 낮았고, 양초와 OPF사이에는 차이가 없었다. 그리고 *in vivo* 조단백질 소화율은 각각 75.02, 75.42, 69.90 및 68.50%으로 조사되어 볏짚과 양초가 높았던 반면 SLH와 OPF는 다소 낮았다. 한편, 조섬유의 경우에는, 각각 57.80, 68.10, 52.85 및 65.20으로서 양초와 OPF가 비교적 높았고 볏짚과 SLH가 낮았다. 그리고 NDF와 ADF도 조섬유와 비슷한 경향을 나타냈다.

Table 41. Effect of foreign non-conventional forage sources on the nutrients digestibility in Korean native goat.

Roughage sources	Nutrients digestibility (%)					
	Dry matter	Crude protein	Crude fat	Crude fiber	NDF	ADF
Rice straw	70.40±15.68	75.02±14.56	70.54±13.25	57.80±13.90	56.40±12.50	52.65±17.50
Chinese wildrye hay	82.56±13.54	75.42±10.50	70.40± 9.85	68.10±16.00	65.28±14.62	64.35±13.54
Sugarcane leaf hay	62.47±16.00	69.90±16.74	67.50±12.01	52.85±14.50	51.10± 7.00	50.15±12.89
OPF pellet1	69.90±17.56	68.50±15.01	68.42±16.54	65.20±10.25	62.35±12.40	60.30± 6.10
p-value	0.865	0.745	0.650	0.763	0.601	0.715

1 oilpalm frond pellet.

제 4 절 요 약

본 연구는 해외 부존사료자원의 사료가적 가치를 평가하기 위해서 수행되었다. 평균 체중이 30kg**이고 반추위에 캐뉼라가 장착된 한국재래산양 숫컷** 4**두를 본시험에 공시하였다. 농후사료로는 시판 비육우사료를 이용하였고, 해외부존 조사료로는 양초,** sugarcane leaf hay **및** oil palm frond (OPF) pellet **등** 4**종류를 공시하였고, 대조구로서 국내에서 생산된 볏짚을 이용하였다. 이들 조사료원을 급여한 후** 0, 3, 6 **및** 9**시간째에 위액을 채취하여 반추위내 발효산물 및 미생물 군집의 변화를 조사하였다. 결과요약은 다음과 같다.**

1. **볏짚, 양초,** oil palm frond (OPF) **펠렛 및** sugarcane leaf hay**를 급여한 후** 3**시간째에 측정한 반추위액중의 암모니아 농도는 각각** 9.47, 14.35, 12.44 **및** 11.86 mg/ 100ml**로서 볏짚에 비해서 해외부존 사료의 반추위내 분해율이 높은 것으로 조사되었다.**

2. **볏짚, 양초,** oil palm frond (OPF) **펠렛 및** sugarcane leaf hay**를 급여한 후 측정한** CMCase**와** xylanase**의 활력은** sugarcane leaf hay**만 볏짚에 비해서 낮았고 양초,** oil palm frond (OPF) **펠렛은 볏짚에 비해서 높았다.**

3. **반추위액중의** VFA **농도를 측정한 결과,** acetate**와 총** VFA **농도 및** acetate/ propionate **의 비율이** OPF **펠렛 급여구에서 가장 높았으며, 총** VFA**의 경우,** sugarcane leaf hay**만 비교적 낮았고, 양초와 볏짚은** OPF pellet**과 큰 차이가 없었다.**

4. 미생물 군집 변화를 측정한 결과, 총 박테리아와 총 곰팡이는 볏짚 급여구에서 가장 높았으며, 다른 부존사료자원들 간에는 유의적인 차이가 없었다. 섬유소분해 박테리아의 경우에는 sugarcane leaf hay 급여구가 가장 높았으며, 총 프로토조아는 볏짚과 양초 급여구에서 비교적 높았는데, 이들간에는 유의적인 차이가 없었다.

5. *In vivo* 건물소화율율은 양초의 경우가 가장 높았으며, SLH가 가장 낮았고, 양초와 OPF 사이에는 차이가 없었다. 그리고 *in vivo* 조단백질 소화율은 볏짚과 양초가 높았던 반면 SLH와 OPF는 다소 낮았다. 한편, 조섬유, NDF 및 ADF 모두에서 양초와 OPF가 비교적 높았고 볏짚과 SLH가 낮았다.

전체적으로 박테리아와 곰팡이 수는 볏짚이 가장 많았지만, 반추위액중의 암모니아 농도, 섬유소 분해효소의 활력은 부존사료 자원이 비교적 높았고 섬유소 분해 박테리아도 볏짚에 비해서 비슷하거나 높은 것으로 보아 이들 부존 자원의 사료로서의 이용가치는 충분히 있다고 판단된다.

제 8 장 젖소에 대한 해외부존 사료자원의 사료적 가치

제 1 절 서 론

농산물시장개방과 함께 축산물의 치열한 국제경쟁이 시작된 이후 우유 및 유제품은 외국산에 비하여 2배 이상, 쇠고기는 4배 이상의 가격을 나타내고 있어 축산물의 생산비 절감이 시급한데 생산비의 40-60%를 차지하는 것이 사료비용이다.

반추가축사료의 기초가 되는 조사료는 안정적인 반추영양생리를 유지하고 소화기장애를 예방하는데 필수적인 물질로 체유지 및 생산에 필요한 영양소 요구량의 일부를 충족시키는 기초사료로 사료비용을 결정하는 주요 요인으로 볼 수 있다. 그러나 국내 반추동물의 생산성은 조사료 생산기반이 미흡하여 농후사료에 대한 의존도가 높아 축우의 생리적 불안정으로 경제수명이 단축되고 생산효율이 저하되어 매우 경쟁력이 낮은 실정이다.

농림부의 '97 조사료 수급계획에 의하면 한우와 젖소의 수요량 6,240천 톤과 1,610천 톤 중 약 81%를 볏짚과 산야초로 공급하고 약 16%는 목초나 사료작물로 공급하고자 계획하고 있어, 양질의 조사료공급이 매우 부족한데 반하여 저질조사료인 볏짚이나 산야초에 대한 의존도가 높아 축우의 생산효율상 경제적 영양관리가 어려운 실정이다(농림부, 1997).

양질의 조사료 생산이 부진한 이유는 목초, 청예사료작물 및 답리작 사료작물의 국내생산여건이 불리한데서 기인한 것으로 산지초지와 관련된 제반여건이 개선되거나 농가의 조사료 재배면적이 증가하지 전에는 양질의 조사료 공급에 대한 한계성은 인정하지 않을 수 없다.

여러 가지 이유로 1980년대 alfalfa를 시작으로 조사료 수입이 꾸준히 증가하여왔고 근래에는 화본과 건초를 비롯한 목초짚류까지 조사료의 수입량이 증가하고 있다. 그러나 수입 저질 조사료의 경우 수요증가나 국제 곡물가격의 상승에 따라 가격의 변동요인이 상존하고 있어 안정된 수급을 기대하기 어렵고 또한, 수입조사료의 성분이나 품질에 대한 검정없이 가격에만 기준을 두고 수입함으로서 비용지출에 대한 생산효과가 기대에 미달하는 경우가 발생하고 있다.

조사료의 수입 의존도가 해마다 증가하는 상황에서 일반 배합사료용 단미사료에 비하여 성분의 변이가 큰 조사료의 특성을 고려하여 품질관리 상태와 영양성분 및 가축의 생산성에 미치는 효과를 토대로 그에 따른 적정가격을 설정하여야 조사료 수입에 대한 의미와 효과를 얻을 수 있을 것이다.

따라서 본 실험에서는 축우용 조사료원으로 이용 가능한 oil palm frond (OPF), sugar cane leaf hay(SLH)와 Chinese wild hay(CWH)의 사료가치와 착유우의 생산성에 미치는 효과를 구명하기 위하여 볏짚과 비교하여 *in situ* 및 *in vitro* 소화율을 측정하고 착유우의

사료섭취량, 산유량, 유조성분 및 체세포수 변화를 조사하였다.

제 2 절 재료 및 방법

1. 조사료원의 소화율 시험 (실험 I)

가. 공시축 선정 및 사양관리

In situ 및 *in vitro* 실험에 사용된 공시축은 반추위에 cannula가 시술된 평균체중 550Kg 인 Holstein 젖소 4두였으며(Figure 5), 사료는 체중의 2%를 1일 2회(07:00, 19:00) 나누어 급여하였으며 조사료와 농후사료 급여비율은 7 : 3 이었다. 이때 사용한 농후사료는 비육우 사료였으며 조사료는 볏짚을 급여하였고, 물과 mineral salt block은 자유 섭취시켰다. 본 실험에서 사용한 농후사료와 볏짚의 AOAC(1990) 방법에 의하여 분석한 일반조성분 함량은 Table 42와 같다.

Figure 5. Experimental Holstein cows for *in situ* and *in vitro* trials.

Table 42. Chemical composition of concentrate and rice straw for Holstein dairy cows(%)a

Item	Concentrate	Rice straw
Dry matter	88.3	93.3
Organic matter	94.1	95.9
Crude protein	16.9	4.4
Ether extract	3.1	3.9
Crude fiber	5.7	37.8
Crude ash	5.9	4.1

a All values are expressed on dry matter basis except dry matter

나. 조사료원(볏짚, oil palm frond, sugar cane leaf hay, 양초)의 조성분 함량

조사료원인 rice straw, oil palm frond, sugar cane leaf hay 및 Chinese wild hay의 AOAC (1990) 방법에 의하여 조성분 함량을 분석하였고 Van soest 방법 (1991)으로 NDF와 ADF 함량을 조사하였다.

다. 실험설계

조사료원인 rice straw, oil palm frond, sugar cane leaf hay 및 Chinese wild hay의 반추위 내 *in situ* 건물 소실율을 측정하기 위하여 반추위 cannula가 장착된 Holstein 젖소 4두를 공시하여 공시축을 4 × 4 latin Square design에 의하여 배치한 후 반추위 내 배양시간별 (24, 48 및 72시간)로 3반복씩 시험을 수행하였다.

또한 *in vitro* 건물 소화율은 측정하기 위하여 Tilley와 Terry (1963)방법을 변형하여 반추위 내 배양시간별 (24, 48 및 72시간)로 3반복씩 시험을 수행하였다.

라. *In situ* 건물 소실율 측정

반추위 내 건물소실율 측정은 pore size가 40㎛이고(Uden 등, 1974), internal dimensions가 130x80mm, surface area가 약 208 cm2 인(Weakley 등, 1983; Nocek 과

Grant, 1987; Olubobokun 과 Craig, 1990) nylon bag에 표준상태의 시료 4g을 넣고 반추위 내에서 배양하였다. 배양 후 nylon bag내에서 맑은 물이 나올 때까지 일정한 동작으로 흐르는 수돗물에서 충분히 세척하고 60℃의 drying oven에서 72시간 건조 후 칭량하여 건물 소실율을 측정하였다.

마. *In vitro* 건물 소화율 측정

본 실험은 Tilley와 Terry(1963)방법을 변형하여 실시하였는데, 먼저 시료를 각각 인공반추위액의 1%(wt/ vol)가 되게 *in vitro* fermentation tube (50ml)에 넣고 strained rumen fluid와 McDougall's artificial saliva (Table 43)를 2 : 8로 혼합한 인공 반추위액을 *in vitro* fermentation tube에 30ml씩 넣은 후 CO2 gas(O2 free)를 분사한 다음 one way valve가 부착된 rubber stopper로 막았다. 이때 반추위액은 사료급여 3시간 후 채취하여 즉시 8겹의 cheese cloth로 여과한 후 CO2 gas를 분사하고, 실험실로 옮겨 39℃에서 혐기상태를 유지하면서 30분간 방치시키면서 상층부의 사료입자를 vaccum pump를 이용하여 완전 제거한 후 접종액으로 사용하였다 (Beharka와 Nagaraja, 1993).

Shaking incubator(39℃)에서 배양하면서 24시간, 48시간 및 72시간째의 건물소화율(%)을 측정하였다.

Table 43. Chemical composition of McDougall's artificial salivaa

Item	Contents(g)
NaHCO3	9.80
Na2HPO4・7H2O	7.00
KCl	0.57
NaCl	0.47
MgSO4・7H2O	0.12
CaCl2a	0.04
Deionized water(ml)	1,000
Final pH	6.8-6.9

a These chemicals were dissolved just prior to use and the buffer solution was maintained at 39℃.

b CaCl2 was added just prior to use.

바. 통계분석

본 시험에서 얻은 결과는 SAS package program(1988)에 의하여 통계분석 하였으며, 유의성 검정은 Duncan's multiple range test(Duncan, 1955)에 의하였다.

2. 조사료원이 착유우의 생산성에 미치는 효과 (실험 II)

가. 공시축 선정 및 사양관리

본 실험은 성균관대학교 실험우사와 부속목장에서 사육중인 총 50여두의 착유우중에서 체중, 산차수, 비유시기 및 산유량이 유사한 32두를 선발하여 처리당 8두를 배치하고 1998년 7월부터 9월까지 총 3개월에 걸쳐 84일간 실험을 수행하였다. 일반 사양관리는 시험목장의 관행 사양관리방법에 준하여 실시하였으며, 급여하는 조사료는 실험용 oil palm fronds(OPF), sugar-cane leaf hay(SLH), Chinese wild hay(CWH)와 볏짚이었으며 농후사료는 착유우 사료로 1일 2회(06:00, 16:00) 급여하였다. 물은 항상 자유음수토록 하였고, 착유는 06:00 및 17:00 시에 기계착유 하였다.

나. 실험설계

실험은 각각의 시험기간마다 14일의 예비기간과 7일의 조사기간으로 나누어 7월부터 9월까지 84일 동안 조사료원의 종류에 따라 oil palm fronds(OPF), sugar cane leaf hay(SLH), Chinese wild hay(CWH)와 rice straw(RS) 급여구로 나누어 4 × 4 latin square 법으로 시험을 수행하였다 (Table 44). 조사료는 OPF pellet를 제외하고 3cm로 세절하여 자유채식 시켰으며 물과 mineral salt block도 자유섭취 시켰다.

농후사료는 급여하는 조사료의 TDN이 45%에서 50% 사이인 저질건초와 평균건초 급여시 산유량 대비 농후사료 급여량을 기준으로 두당 5Kg을 기본으로 산유량대비 2.5 : 1로 급여하였는데, 이때 설정된 조사료의 섭취량은 체중 100Kg 당 1.5Kg - 2.0Kg 이었다(유우생산학, 1992). 또한 대부분의 공시축이 비임신 상태인 관계로 평균 영양소요구량보다 다소 낮게 공급하였다.

Table 44. Experimental design and the conditions of experimental cows

Item	Treatment			
	RS	OPF	SLH	CWH
No. of cows(head)	8	8	8	8
Body weight(kg)	555	548	562	561
No. of calving	1.2	1.3	1.3	1.4
Days after calving	165	160	150	155

다. 실험사료 및 성분분석

본 실험에 사용된 농후사료의 조성분 함량은 Table 45와 같고 oil palm fronds(OPF), sugar cane leaf hay(SLH), Chinese wild hay(CWH)와 rice straw(RS)의 조성분 함량은 Table 41과 같다.

Table 45. Chemical composition of concentratea

Item	Contents(%)
Dry matter	89.7
Crude protein	18.9
Crude fiber	6.0
Ether extract	5.6
Crude ash	6.6
NDF	15.3
ADF	5.8

a All values are expressed on dry matter basis except dry matter

라. 조사항목

1) 사료 섭취량 측정

매일 오전과 오후에 급여하는 농후사료와 조사료의 양을 측정하고 오전사료 급여전 잔량을 조사하여 평균 농후사료 및 조사료 섭취량을 구하였다.

2) 산유량 측정

산유량은 측정은 개체별로 1일 2회 착유한 것을 합산한 후 1일 평균 산유량을 측정하였으며, 4%유지율보정산유량(4% Fat Corrected Milk)을 계산하여 각 처리구간의 산유량을 비교하였다.

3) 우유 조성분 분석

공시우의 유단백질, 유지율, 유당 함량은 시료로 채취된 원유를 40 cC의 Water bath에서 10분간 교반시키면서 가온한 후 Milko-Scan (Foss Electric사, Denmark) 자동분석기로 측정하였다.

4) 우유내 체세포 및 총세균수 측정

공시우에서 착유된 원유의 체세포수 측정은 Fossmatic 300(Foss Electric사, Denmark) 자동분석기로 측정하였고 총 세균수는 Bcto-scan으로 측정하였다.

마. 통계분석

본 시험에서 얻은 결과는 SAS package program(1985)에 의하여 통계분석 하였으며, 유의성 검정은 Duncan's multiple range test(Duncan, 1955)에 의하였다.

제 3 절 결과 및 고찰

1. 조사료원의 소화율

가. 조사료원의 조성분 함량

조사료원의 조성분 함량은 Table 46에서 보는 바와 같이 rice straw, oil palm frond, sugar cane leaf hay와 Chinese wild hay간에 건물함량은 차이가 없었으며 조단백질 함량도 4.1%, 4.0%, 4.6% 및 4.5%로 차이가 없었다. 조섬유 함량은 OPF가 41.6%로 볏짚, SLH나 CWH 37.8%, 35.6% 및 34.4%보다 높게 나타났으며($p<.05$) 조회분 함량은 볏짚과 SLH가 9.9%와 11.7%로 OPF 4.1%와 CWH 5.6%보다 유의적으로 높았다. 조지방 함량은 볏짚이 다른 조사료원에 비하여 높았고($p<.05$) NDF 함량은 CWH가 다른 조사료원 보다 낮게 나타났으며($p<.05$) ADF 함량은 rice straw, oil palm frond, sugar cane leaf hay와 Chinese wild hay간에 차이가 없었다.

Table 46. Chemical composition of rice straw, oil palm frond, sugar cane leaf hay and Chinese wild hay(%)a

Item	Dry matter	Crude protein	Crude fiber	Crude ash	Ether extract	NDF	ADF
Rice straw	93.3	4.4	37.8c	9.9b	3.9b	68.9b	49.8
Oil palm frond	91.1	4.0	41.6b	4.1c	2.0c	67.4b	42.6
Sugar cane leaf hay	93.7	4.6	35.6c	11.7b	1.6c	71.9b	45.8
Chinese wild hay	91.1	4.5	34.4c	5.6c	2.3c	63.3c	39.8

a All values are expressed on the dry matter basis except dry matter.
b, c Means in the same column with different superscripts differ significantly($p<.05$).

본 실험에서 OPF의 조단백질 함량이 4.0%로 나타나 Asada (1991)의 4.86%, Wang과 Zahari(1992)의 4.7% 및 Sajem 등(1996)의 5.13%보다 낮은 경향을 보였으며 조회분 함량은 4.1%로 Asada(1991), Islam(1997) 및 Sajem 등(1996)의 5.84%, 5.64% 및 5.82% 보다 낮았으나 Wang과 Zahari(1992)의 3.2%보다 높게 나타났다. 또한 조섬유 함량은 41.6%로 Wang과 Zahari(1992)의 38.5% 및 Sajem 등(1996)의 41.75%와 유사하였으나 Asada(1991)의 27.2%보다 높았으며, NDF 함량은 67.4%로 Wang과 Zahari(1992)의 78.7%보다 낮게 나타났다.

Dahlan(1992a,b, 1996)은 OPF가 연간 약 8,200,000톤 생산되며 조단백질 함량은 약 4.7% 이고 또한 OPF는 총에너지(MJ/ Kg, DM), 대사에너지 및 TDN(%)이 17.2, 6.5와 46.0으로 반추가축의 중요한 조사료 공급원으로 활용할 수 있다고 보고하였다.

나. 조사료원의 *in situ* 건물 소실율

조사료원(rice straw, oil palm frond, sugar cane leaf hay 및 Chinese wild hay)의 젖소 반추위내 건물 소실율은 Table 47 및 Figure 6과 같다. 반추위내에서 24시간 지난 후 nylon bag 내 건물소실율은 볏짚이 26.2% 인데 비하여 OPF, SLH 및 CWH는 39.5%, 36.6% 및 36.8%로 유의적으로 높았으나($p<.05$) 배양 48시간째에는 SLH와 CWH가 47.9%와 49.7%로 볏짚이나 OPF보다 높았으나 유의적인 차이는 없었다. 반추위내에서 72시간이 경과한 후의 건물소실율은 SLH와 CWH가 56.2%와 57.9%로 볏짚과 OPF의 47.8%와 51.0%보다 높은 것으로 나타났다($p<.05$).

Table 47. *In situ* dry matter disappearance of rice straw, oil palm frond, sugar cane leaf hay and Chinese wild hay in the rumen of Holstein cows(%)

Item	Rumen exposure time(hr)		
	24	48	72
Rice straw	26.2b	39.5	47.8b
Oil palm frond	39.5a	43.2	51.0b
Sugar cane leaf hay	36.6a	47.9	56.2a
Chinese wild hay	36.8a	49.7	57.9a

a,b Means in the same column with different superscripts differ significantly($p<.05$).

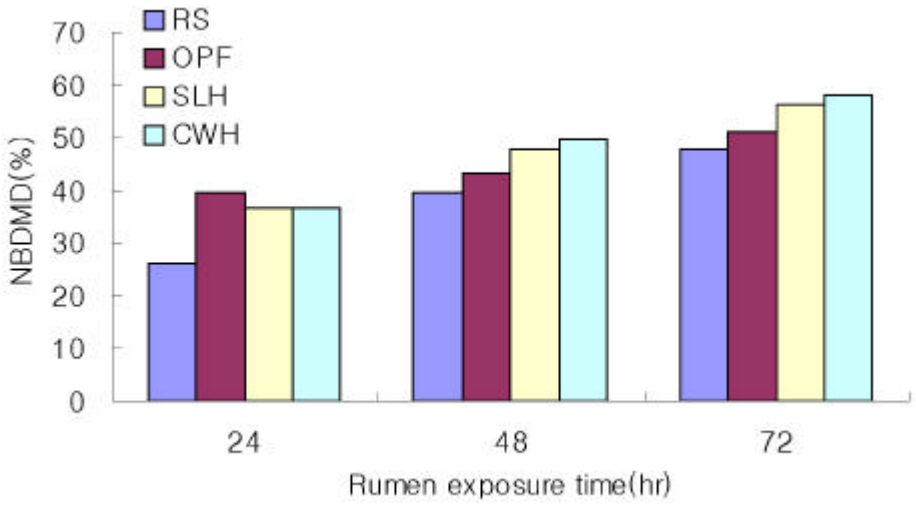

Figure 6. *In situ* dry matter disappearance of rice straw, oil palm frond, sugar cane leaf hay and Chinese wild hay in the rumen of Holstein cows(%).

다. 조사료원의 *in vitro* 건물 소화율

조사료원(rice straw, oil palm frond, sugar cane leaf hay 및 Chinese wild hay)의 Tilley와 Terry 방법으로 (1963) 조사한 *in vitro* 건물 소화율은 Table 48 및 Figure 7과 같다. 배양 24시간 후 볏짚이 14.7% 인데 비하여 OPF, SLH 및 CWH는 22.6%, 24.7% 및 28.8%로 유의적으로 높았으며($p<.05$) 배양 48시간째에는 SLH와 CWH가 41.0%와 43.3%로 볏짚보다 높았고($p<.05$) 배양 72시간 후에는 SLH와 CWH가 49.8%와 53.4%로 볏짚과

OPF의 40.8%와 44.2% 보다 높은 것으로 나타났다($p<.05$).

Asada 등(1991)은 OPF의 소화율이 육성우에서 33.23%라고 하였으며, Dahlan(1992a)은 *in vitro* 소화율이 염소와 양에서 각각 43.52%와 44.57%라고 하였고 Wong과 Zahari(1992)와 Abe 등(1990)은 평균적으로 배양 48시간째 37.27%이고 72시간째 40.38%라고 보고하였다.

Table 48. *In vitro* dry matter digestibility of rice straw, oil palm frond, sugar cane leaf hay and Chinese wild hay(%)

Item	Incubation time(hr)		
	24	48	72
Rice straw	14.7b	26.9b	40.8b
Oil palm frond	22.6a	34.0a,b	44.2b
Sugar cane leaf hay	24.7a	41.0a	49.8a
Chinese wild hay	28.8a	43.3a	53.4a

a,b Means in the same column with different superscripts differ significantly($p<.05$).

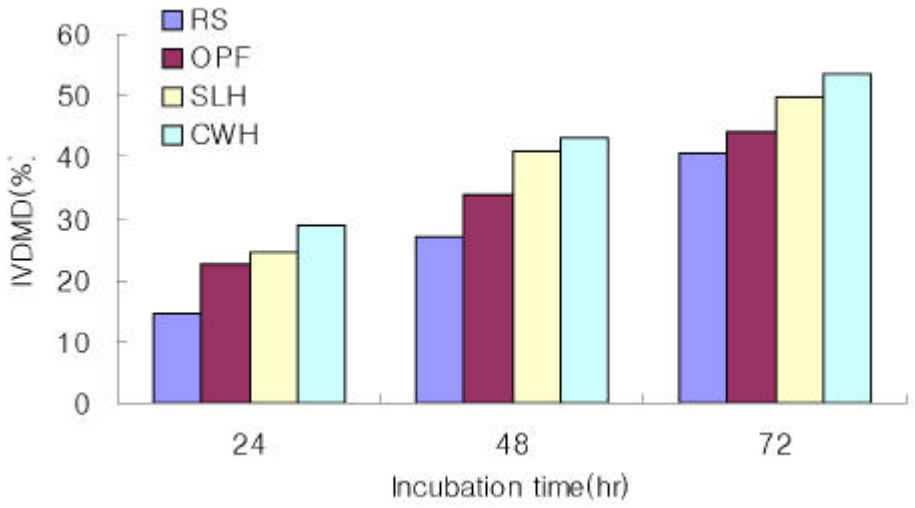

Figure 7. *In vitro* dry matter digestibility of rice straw, oil palm frond, sugar cane leaf hay and Chinese wild hay(%).

2. 조사료원이 착유우의 생산성에 미치는 효과

가. 사료섭취량

조사료원으로 rice straw, oil palm frond, sugar cane leaf hay 및 Chinese wild hay 급여시 사료 섭취량은 Table 49에서 보는 바와 같다. 농후사료 섭취량은 각각 6.28Kg, 6.45Kg, 6.32Kg 및 6.28Kg으로 조사료 공급원간에 차이가 없는 것으로 나타났으며 조사료 섭취량은 SLH 급여구가 7.33Kg으로 RS, OPF 및 CWH 급여구의 8.57Kg, 9.64Kg 및 9.21Kg 보다 낮게 나타났다($p<.05$). 농후사료와 조사료의 고형물 섭취량은 Figure 4와 같이 농후사료 섭취량간에는 차이가 없었으며 조사료는 각각 8.0Kg, 8.78Kg, 6.87Kg 및 8.39Kg 으로 SLH 급여구가 낮게 나타났다.

Table 49. Feed intake of lactating dairy cows fed rice straw, oil palm frond, sugar cane leaf hay and Chinese wild hay (Kg/ head/ day)

Item	Treatment			
	RS	OPF	SLH	CWH
Feed intake1				
Concentrate	6.28	6.45	6.32	6.28
Forages	8.57a	9.64a	7.33b	9.21a
Nutrient intake2				
Dry matter	13.63a,b	14.57a	12.54b	14.02a,b
Crude protein	1.42	1.44	1.39	1.44

1 All values are expressed as fed basis.

2 All values are expressed on the dry matter basis.

a, b Means in the same row with different superscripts differ significantly($p<.05$).

시험기간동안의 평균 고형물 섭취량은 rice straw, oil palm frond, sugar cane leaf hay 및 Chinese wild hay 급여구가 각각 13.63Kg, 14.57Kg, 12.54Kg 및 14.02Kg으로 OPF 급여구가 SLH 급여구보다 높았으며($p<.05$) 나머지 조사료 공급원간에는 차이가 없었다.

조단백질 섭취량은 각각 1.42Kg, 1.44Kg, 1.39Kg 및 1.44Kg으로 OPF와 CWH 급여구가 높게 나타났으나 유의적인 차이는 없었다.

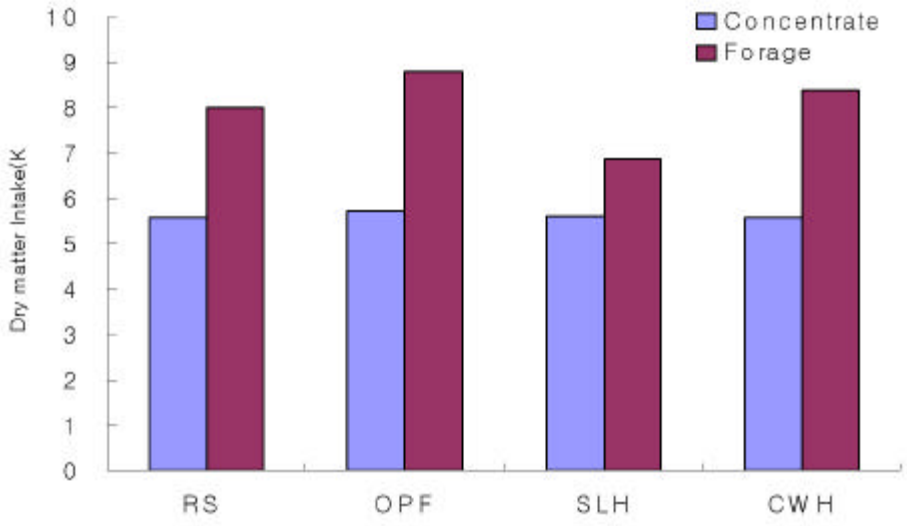

Figure 8. Dry matter intake(concentrate and forage) of lactating dairy cows fed rice straw, oil palm frond, sugar cane leaf hay and Chinese wild hay (Kg/ head/ day).

나. 산유량 및 우유 조성분 함량

조사료 공급원을 rice straw, oil palm frond, sugar cane leaf hay 및 Chinese wild hay로 달리하여 자유채식 시켰을때 평균 산유량은 Table 50과 Figure 9와 같다. 평균 산유량은 각각 14.58Kg, 14.97Kg, 14.69Kg 및 14.58Kg으로 처리구간에 차이가 없게 나타났는데, 이는 조사료원 간에 영양소 함량 등 사료적 가치가 유사한 결과로 생각된다.

처리간의 4% 유지방보정 산유량은 RS 급여구가 13.63Kg으로 OPF, SLH 및 CWH 급여구 13.9Kg, 14.08Kg 및 14.10Kg 보다 낮게 나타났으나 유의적인 차이는 없었다.

Table 50. The average milk production(Kg) and milk composition(%) of lactating dairy cows fed rice straw, oil palm frond, sugar cane leaf hay and Chinese wild hay

Item	Treatment			
	RS	OPF	SLH	CWH
Milk production				
Row milk	14.58	14.97	14.69	14.58
4% fat collected milk	13.63	13.90	14.08	14.10
Milk composition				
Fat	3.57	3.53	3.73	3.78
Protein	3.84	3.76	3.80	3.79
Carbohydrate	4.10	4.14	4.03	4.19

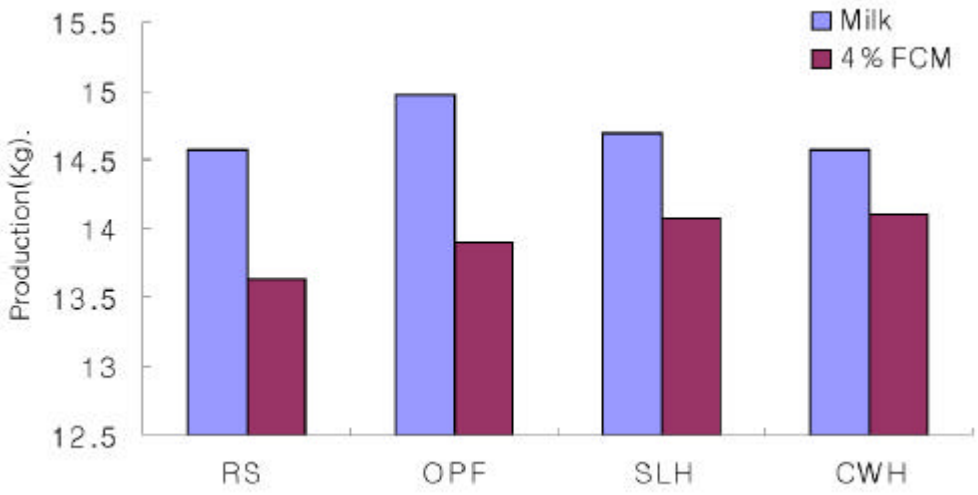

Figure 9. The milk production of lactating dairy cows fed rice straw, oil palm frond, sugar cane leaf hay and Chinese wild hay(Kg).

유조성분 함량은 Figure 10에서 보는 바와 같이 rice straw, oil palm frond, sugar cane leaf hay와 Chinese wild hay 급여구의 유지방 함량은 각각 3.57%, 3.53%, 3.73% 및 3.78%로 SLH 급여구와 CWH 급여구가 RS나 OPF보다 높게 나타났으나 유의적인 차이는 없었다. 단백질 함량은 각각 3.84%, 3.76%, 3.8% 및 3.79%로 조사료 공급원간에 차이가 없었으며 탄수화물 함량도 각각 4.10%, 4.14%, 4.03% 및 4.19%로 처리간에 차이가 없었다.

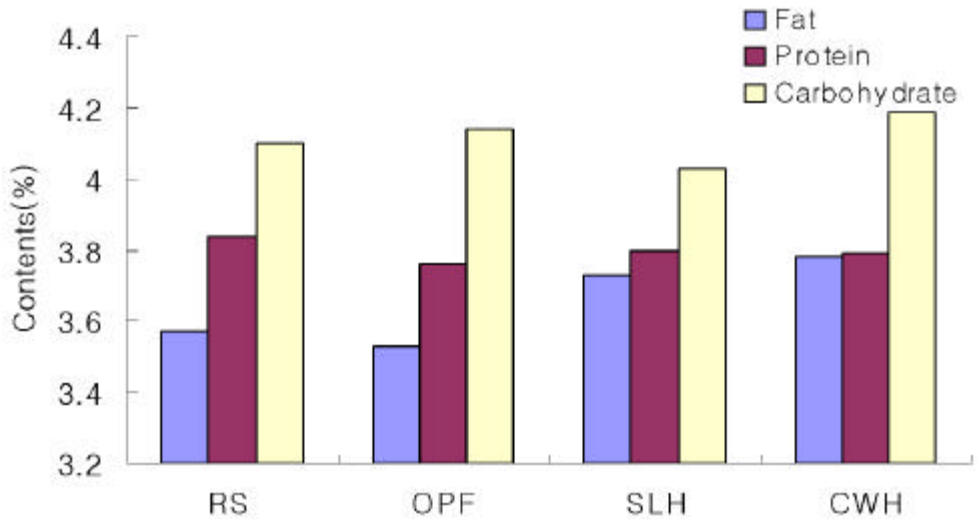

Figure 10. The milk composition of lactating dairy cows fed rice straw, oil palm frond, sugar cane leaf hay and Chinese wild hay(%).

다. 우유내 체세포 및 세균수

시험기간동안 우유내 체세포수 및 총 세균수는 Table 51 및 Figure 11과 같다. 조사료 공급원별 체세포수(× 10³)는 rice straw, oil palm frond, sugar cane leaf hay 및 Chinese wild hay 급여구가 각각 836, 714, 847 및 674로 차이가 없게 나타났으며 총균수(× 10³)도 각각 192, 126, 268 및 168로 나타나 처리간에 차이가 없었다.

Table 51. The somatic cell (× 10³) and total bacteria count(× 10³) in milk of lactating dairy cows fed rice straw, oil palm frond, sugar cane leaf hay and Chinese wild hay

Item	Treatment			
	RS	OPF	SLH	CWH
Somatic cell count	836	714	847	674
Total bacteria count	192	126	268	168

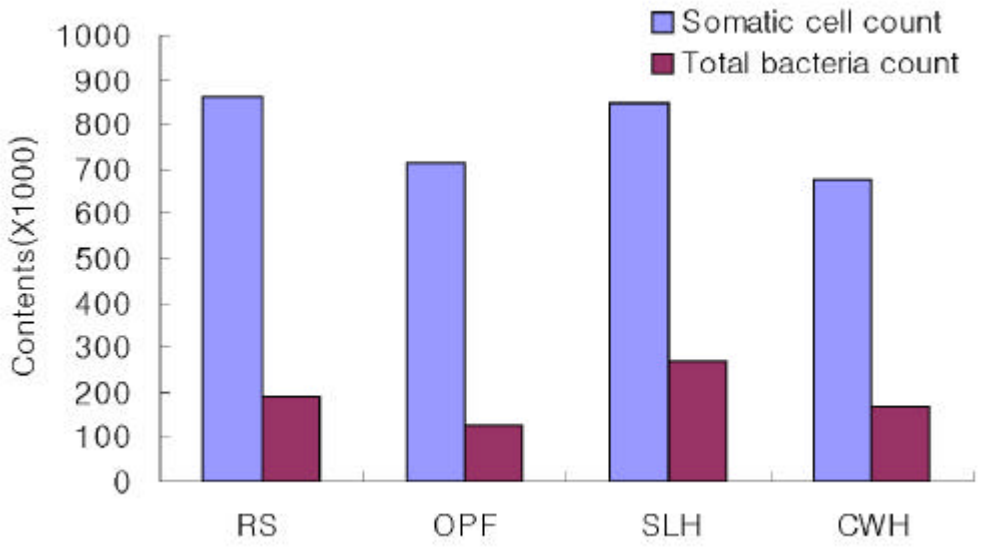

Figure 11. The somatic cell and total bacteria count in milk of lactating dairy cows fed rice straw, oil palm frond, sugar cane leaf hay and Chinese wild hay

제 4 절 요 약

이상의 결과 rice straw, oil palm frond, sugar cane leaf hay **및** Chinese wild hay**의 젖소용 조사료로서의 사료적 가치는 매우 유사한 것으로 평가되며 사료가치에 따른 적정 가격, 수급의 용이성, 균일한 품질 등을 고려하여 적정 조사료원을 선택하여야 할 것으로 사료된다.**

제 9 장 한우에 대한 해외부존 사료자원의 사료적 가치

제 1 절 서 론

농수산물 시장개방과 함께 축산업도 타산업과 마찬가지로 치열한 국제경쟁이 불가피하게 되었다. 축산물도 역시 가격과 품질이 경쟁력을 좌우하기 때문에, 현재와 같이 양축가의 경영능력과 기술 수준이 낙후되어 있는 상태로는 가격이나 품질 면에서 수입축산물을 상대로 경쟁하기가 매우 어려운 것이 사실이다. 현재 우유 및 유제품은 외국산에 비하여 2배 이상, 소고기는 4배 이상에 해당하며, 가격을 낮추는 가장 근본적인 방법은 무엇보다도 생산비의 40 60%를 차지하는 사료비를 줄이는 길밖에 없다.

특히 반추동물의 사료의 기초가 되는 조사료는 반추영양생리의 안정을 유지하고 소화기 장애를 예방하는 데 필수적임은 물론, 체유지에 필요한 영양소 요구량과 아울러 생산요구량의 일부를 충족시키는 기초사료인 관계로 사료비용을 결정짓는 열쇠라고 볼 수 있다. 그럼에도 불구하고 국내의 낙농 및 비육우 생산은 조사료 자급기반이 미흡한 관계로 농후사료 의존도가 높고, 이는 다시 소의 건강과 생리적 불안정으로 경제수명을 단축하고 생산효율을 떨어뜨리는 주원인으로 작용하고 있다.

이와 같은 배경하에 본 연구는 한우 비육시 해외 부존조사료원인 oil palm frond, sugar cane leaf hay 및 양초 등의 볏짚 대체 가능성 및 이들 부존 자원의 사료적 가치를 구명하기 위해서 수행되었다.

제 2 절 재료 및 방법

1. 시험기간 및 시험장소

1998년 5월부터 1998년 11월까지 약 6개월간 축산종합개발원 안성목장에서 사양시험을 수행하였다.

2. 공시가축 및 시험사료

평균 체중이 450kg 정도인 한우 거세우 25두를 공시하였다. 그리고 본 시험의 공시가축이 비육인 관계로 농후사료는 10kg을 일정하게 급여하였으며 조사료는 1.6kg 정도를 급여하였다. 조사료는 아래의 시험설계에서도 나타난 바와 같이 볏짚, 양초 (중국 산), cantop

(인도네시아 산), OPF 펠렛 (말레이시아 산) 등을 급여하였다.

3. 시험설계

Table 52. Experimental design for evaluation of foreign non-conventional feed resources as forage in fattening cattle

Items	Treatments				
	Control	Treatment 1	Treatment 2	Treatment 3	Treatment 4
Concentrate	Commercial flake for late fattening1				
Forage	Rice straw	Chinese wild hay	Canetop2	OPF pellet3	OPF pellet3
Heads	5	5	5	5	5

1 Dry matter 88%, crude protein 10.5%, ether extract 3%, crude fiber 6%, calcium 0.7%, phosphorus 0.35%, TDN 70.5%.

2 Sugarcane leaf hay.

3 Oil palm frond pellet.

4. 조사항목

가. 증체량

시험개시체중은 2일간 연속 측정하여 평균치를 이용하였으며, 2개월 간격으로 중간체중을 측정하였다.

나. 사료섭취량

사료급여직전 전일 급여한 사료의 잔량을 수거하여 측정함으로서 사료섭취량을 조사하였다.

다. 사료요구율

일당증체량에 대한 사료섭취량의 비율을 사료요구율로 계산하였다.

라. 육량 및 육질 등급조사

사양시험 종료후 서울공판장에 출하하여 도살후 육량과 육질에 대한 등급판정을 실시하였다.

마. 경제성 분석

사양시험 종료후 도체가격과 비육기간동안의 사료비 및 추가경비 등을 이용하여 경제성 분석을 실시하였다.

5. 통계처리

SAS package program의 ANOVA procedure를 이용하여 분산분석을 실시한 후 처리간 평균의 유의성은 Duncan (1955) multiple range test로 분석하였다.

제 3 절 결과 및 고찰

1. 증체 및 사료요구율

Table 53. Effect of foreign non-conventional forage sources on the weigh gain (kg), feed intake (kg), and feed conversion rate in Korean native cattle

항목	대조구 (볏짚)	시험구 I (양초)	시험구 II (켄탑)	시험구 III (OPF-1)	시험구 IV (OPF-2)
체중(kg)					
개시체중	447.8	448.0	448.1	447.9	447.4
종료체중	603.5	605.2	612.1	603.4	619.9
총증체량	155.7	157.2	164.0	155.5	172.5
일일증체량	0.85	0.86	0.90	0.85	0.94
섭취량(kg/ 일)					
배합사료	9.26	9.31	9.55	9.19	9.46
조사료					
볏짚	1.25	-	-	0.72	0.55
양초	-	1.22	-	-	-
켄탑	-	-	1.22	-	-
OPF	-	-	-	0.55	0.71
총섭취량	10.51	10.53	10.53	10.46	10.75
사료요구율					
배합사료	10.89	10.83	10.61	10.81	9.96
총섭취량	12.36	12.24	11.97	12.31	11.28

시험기간중 총 증체량은 대조구, 시험구 1, 2, 3, 4구가 각각 155.7kg, 157.2kg, 164kg, 155.5kg, 172.5kg으로 OPF 2구가 가장 높았다. 일당증체량도 볏짚구와 OPF구가 0.85kg으로 가장 낮았고 OPF 2구가 0.95kg으로 가장 높았으며, 켄탑구도 양호하였으나 통계적 유의성은 나타나지 않았다.

한편, 일일 배합사료 섭취량은 대조구, 시험구가 9.2-9.6kg로 큰 차이가 없었으며, 켄탑구의 섭취량이 가장 많았으며, OPF 1구의 섭취량이 가장 적었다. 일일 조사료 섭취량은 공히 1.2kg 정도였으며 OPF구는 볏짚을 0.5-0.8kg 정도 급여하였으며 OPF로 볏짚 일부를 대체하였다. 일일 총사료 섭취량은 10.61kg - 10.93kg 범위로 차이가 없었으며 OPF 1구의 섭취량이 가장 적었다. 배합사료 사료요구율은 대조구, 시험구 1, 2, 3, 4구가 각각 10.89, 10.65, 10.63, 10.86, 10.27로 볏짚구가 가장 나빴고, OPF 2구가 가장 좋았다.

2. 등급판정

시험에 공시하였던 한우의 도체등급은 축협중앙회 서울공판장에서 실하였는데, 그 결과는 Table 54에 나타난 것과 같다.

도체율은 대조구, 시험구가 56 - 58% 범위로 볏짚구가 가장 낮았으며 ($P<0.05$), 등지방두께는 양초구가 5.33으로 가장 적었고 OPF 2구가 9.75로 가장 두꺼웠다. 배최장근단면적은 OPF 1구가 86.5로 가장 좋았고 양초구가 68.67로 가장 적었다 ($P<0.05$).

육량지수는 OPF 1구가 70으로 가장 좋았으며, 근내지방도는 볏짚과 OPF구가 다소 높았으며 켄탑구가 가장 낮았다. 도체등급 판정결과 육량을 보면 A 등급은 OPF 1구에서 3두가 판명되어 좋았으나 B 등급도 OPF 2구에서 3두가 판명되었다. 총 18두중 육량 A, B등급 출현율은 공히 50%의 비율을 나타냈으며 육량에서 가장 좋지않은 C등급은 대조구, 시험구에서 출현되지 않아 판매수입에 좋은 결과를 가져왔다.

참고로 '98년도 전반기(1-6월) 등급판정 결과를 보면 거세우의 육량 등급 A, B, C 등급 출현율은 각각 29.0%, 57.5%, 13.5%로 본 시험축의 결과는 우수한 것으로 사료된다. 육질등급에서 총 18두중 1+, 1, 2등급 출현율은 각각 61%, 17%, 22%로 나타났으며 1등급 이상 출현율은 78%로 우수한 결과를 나타내었다. 1+등급 출현율은 OPF 1구가 4두로 가장 많았으며 볏짚, OPF 2구에서도 3두씩 나타났다. 보편적으로 OPF구가 육질면에서 우수한 결과를 나타냈으며, 켄탑구와 양초구가 다소 낮았다. 육질에서 가장 좋지않은 3등급은 전 실험축에서 나오지 않았다. 그리고 '98도 전반기(1-6월) 등급판정 결과는 거세우의 육질 1+, 1, 2, 3 등급 출현율은 각각 16.1%, 36.4%, 34.0%, 13.5%로 1등급 이상 출현율은 52.5%로 본 시험축의 결과인 787%와 비교해볼 때 상당히 우수한 결과로 사료된다.

Table 54. Effect of foreign non-conventional forage sources on carcass degree in Korean native cattle

항목	대조구 (볏짚)	시험구 I (양초)	시험구 II (켄탑)	시험구 III (OPF-1)	시험구 IV (OPF-2)
도체율(%)	56b	56ab	58a	57ab	57ab
등지방(mm)	7.50	5.33	7.33	7.00	9.75
배장근단면적(㎠)	80.75a	68.67c	71.33bc	86.50a	77.75ab
육량지수	69.34	69.27	68.53	70.02	68.14
근내지방도	5.25	4.00	3.67	6.25	5.00
육색	4.00	4.00	3.67	4.00	4.50
지방색	3.00	3.00	2.33	3.00	3.00
육량등급					
A	2	2	1	3	1
B	2	1	2	1	3
육질등급					
1+	3	1	-	4	3
1	1	0	2	-	-
2	-	2	1	-	1
등급판정					
A1+	1	1	-	3	1
A1	-	-	1	-	-
B1+	2	-	-	1	2
B1	-	-	1	-	-
A2	1	1	-	-	-
B2	-	1	1	-	1

a,b,c,d : P<0.05.

* 한우의 육질과 육량등급 출현율 비교.

3. 경제성분석

Table 55. Effect of foreign non-conventional forage sources on economical profit of Korean native cattle

항목	대조구 (볏짚)	시험구 I (양초)	시험구 II (켄탑)	시험구 III (OPF-1)	시험구 IV (OPF-2)
판매수입(원/ 두)					
경매가	2,924,009	2,683,189	2,966,947	3,009,581	3,073,846
부산물	140,795	134,533	139,370	139,370	140,795
포상금	50,000	33,333	0	87,500	50,000
총수입(A)	3,114,804	2,851,055	3,106,317	3,236,451	3,410,483
수수료					
운송비	25,000	25,000	25,000	25,000	25,000
상장수수료	44,510	44,510	45,881	47,540	47,054
검사수수료	590	590	590	590	590
도축세	20,350	20,350	20,350	20,350	20,350
해체수수료	53,000	53,000	53,000	53,000	53,000
소계(B)					
판매소득(C=A-B)	2,971,354	2,707,605	2,961,495	3,089,971	3,118,648
배합사료비(두당)					
전기간	413,062	414,853	425,187	409,404	421,036
일일사료비	2,269	2,279	2,336	2,249	2,313
조사료(두당)					
전기간	45,680	74,504	62,496	57,798	60,132
일일사료비	250	409	343	317	330
총사료비(두당)					
전기간	458,742	489,357	487,683	467,202	481,168
일일사료비	2,519	2,688	2,679	2,566	2,643
소득(E=C-D)	2,512,612	2,218,228	2,473,812	2,622,769	2,637,480

* 큰소비육후기 후레이크(벌크) 도착도 가격 : '98. 5. 20 - 10. 18 : 218원/ kg, '98. 10. 19 - 11. 17 : 220원/ kg.
* 조사료 가격(kg당) : 볏짚 (200원), 양초(335원), 켄탑(280원), OPF(310원).
* 총사료비 = 배합사료 + 조사료.
* 판매소득 = 도체중(kg) x 경매가 + 부산물가 + 포상금 - 운송비 - 수수료.
* 소득 = 판매소득 - 총사료비.

등급판정에 의한 판매수입 (경매가, 부산물, 고급육 우수축 포상금 포함)은 대조구, 시험구 1, 2, 3, 4구가 각각 311만원, 285만원, 310만원, 323만원, 341만원으로 양초구가 가장 낮았고, OPF 2구가 가장 높았다. 운송비와 수수료를 제외한 판매소득을 보면 대조구, 시험구 1, 2, 3, 4구가 각각 297만원, 270만원, 296만원, 308만원, 311만원으로 양초구가 가장 낮았고, OPF 2 구가 가장 높았다. 두당 전기간 배합사료 비용은 대조구와 시험구가 409,404원 - 425,187원으로 SLH구가 다소 많았다. 일일 두당 배합사료 비용은 대조구, 시험구가 2,249원 - 2,336원 정도였다. 일일 두당 조사료 비용은 조사료 가격의 차이로 볏짚구가 가장 낮았고, 양초구가 가장 높았다 (Table 55).

일일 두당 총 사료비용도 볏짚구가 2,519원으로 가장 낮았고, 양초구는 2,688원으로 가장 낮았다. 소득(판매소득 - 사료비)은 대조구, 시험구 1, 2, 3, 4구가 각각 251만원, 221만원, 247만원, 262만원, 263만원으로 양초구가 가장 낮았고, OPF 2구가 가장 높았다 (Table 55).

본 시험의 종합적인 결과는 Table 56에 정리되어 있다.

제 4 절 요 약

증체성적을 보면, 시험기간중 총 증체량은 OPF 2구가 가장 높았다. 일당증체량도 볏짚구가 가장 낮았고 OPF 2구가 0.95kg으로 가장 높았으며, SLH도 양호하였으나 통계적 유의성은 나타나지 않았다. 일일 배합사료 섭취량은 볏짚구 (대조구)와 부존사료구 (시험구) 사이에 큰 차이가 없었다. 배합사료 사료요구율은 볏짚구가 가장 나빴고, OPF 2구가 가장 좋았다.

한편, 등급판정 결과를 보면, 1+등급 출현율은 OPF 1구가 4두로 가장 많았으며 볏짚, OPF 2구에서도 3두씩 나타났다. 보편적으로 OPF구가 육질면에서 우수한 결과를 나타냈으며, SLH구와 양초구가 다소 낮았다. 육질에서 가장 좋지않은 3등급은 전 실험축에서 나오지 않았다.

경제성 분석결과를 보면, 소득 (판매소득 - 사료비)은 볏짚, 양초, SLH, OPF 1, 및 OPF 2구가 각각 251, 221, 247, 262, 및 263만원으로 양초구가 가장 낮았고, OPF 2구가 가장 높았다.

Table 56. Effect of foreign non-conventional forage sources on growth performance, carcass grade and economical profit of Korean native cattle

항목	대조구 (볏짚)	시험구 I (양초)	시험구 II (켄탑)	시험구 III (OPF-1)	시험구 IV (OPF-2)
체중(kg)					
개시체중	447.8	448.0	448.1	447.9	447.4
종료체중	603.5	605.2	612.1	603.4	619.9
총증체량	155.7	157.2	164.0	155.5	172.5
일일증체량	0.85	0.86	0.90	0.85	0.94
섭취량(kg/ 일)					
배합사료	9.26	9.31	9.55	9.19	9.46
조사료					
볏짚	1.25	-	-	0.72	0.55
양초	-	1.22	-	-	-
켄탑	-	-	1.22	-	-
OPF	-	-	-	0.55	0.71
총섭취량	10.51	10.53	10.53	10.46	10.75
사료요구율					
배합사료	10.89	10.83	10.61	10.81	9.96
총섭취량	12.36	12.24	11.97	12.31	11.28
등급판정					
도체율(%)	56	56	58	57	57
등지방(㎝)	7.5	5.33	7.33	7.00	9.75
근내지방도	5.25	4.00	3.67	6.25	5.00
육량등급					
A	2	2	1	3	1
B	2	1	2	1	3
육질등급					
1+	3	1	0	4	3
1	1	0	2	0	0
2	0	2	1	0	1
판매수입	2,971,354	2,707,605	2,961,495	3,089,971	3,299,940
사료비(원/ 두)					
배합사료비	413,062	414,853	425,187	409,404	421,036
조사료비	45,680	74,504	62,496	57,798	60,132
총사료비	458,742	489,357	487,683	467,202	481,168
소 득	2,512,612	2,218,228	2,473,812	2,622,769	2,818,772

* 판매소득 = 지육경락가 + 부산물가 + 포상금 - 운송비 - 도축수수료.

* 총사료비 = 배합사료 + 조사료(볏짚).

* 소득 = 판매소득 - 사료비.

제 10 장 인 용 문 헌

Abe, A., Oshio, S., Mohd. Jaafar, D. and Abu Hassan, O. 1900. Digestion characteristics of some oil palm by-products. In: MARDI-TARC Collaborative Study. Processing and utilization of oil palm by-products for ruminant. pp. 37-44.

Abe, M., H. Shibui, and F. Kumeno. 1972. Improved method for counting rumen protozoa. Jap. J. Zootech. Sci. 43:535.

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

Asada, T., T. Konno and T. Saito(1991) "Study on the conversion of oil palm leaves and petioles into feed for ruminant." In Proceedings of the third International Symposium on the Nutrition of Herbivores, pp. 104

Babatunde, G. M., B. L. Fetuga, O. Odumosu, and V. A., Oyenuga. 1975. Palm kernel meal as a major protein concentrate in the diets of pigs in the tropics. J. Sci. Food Agric, 26:1279.

Bath. D., J. Dunbar, J. King, S. Berg and S. Olbrin. 1995. Byproducts and unusual feedstuffs. Feedstuffs. Jul. 19:32.

Beharka A. A., and T. G. Nagaraja. 1993. Effect of Aspergillus oryzae fementation extract(Amaferm) on in vitro fiber degradation. J. Dairt Sci. 76:812-818.

Bell, J. M. 1960. A comparison of fibrous feedstuffs in nonruminant rations. Effects on growth responses, digestibility, rates of passage and ingesta volume. Can. J. Anim. Sci. 40:71.

Chaney, A.L., and E.P. Marbach. 1962. Modified reagents for determination of urea and ammonia. Cli. Chem. 8:130.

Church, D.C. 1988. The ruminant animal. Digestive physiology and nutrition. Prentice Hall. Englewood Cliffs. New Jersey.

Creswell, D. C. and C. C. Brooks. 1971a. Composition, apparent digestibility and energy evaluation of coconut oil and coconut meal. J. Anim. Sci. 33:366.

Creswell, D. C. and C. C. Brooks. 1971b. Effect of coconut meal on coturnix quail and

of coconut meal and coconut oil on performance, carcass measurements and fat composition in swine. J. Anim. Sci. 33:370.

Dahlan, I. 1992a. The nutritive values and utilization of oil palm leaves as a fibrous feed for goats and sheep. In Six Asian-Australians Association of Animal Production, Animal Science Congress on Recent Advances in Animal Production, Vol. **III**. AHAT, Bangkok, proceedings edited by C. Reodecha and P. Bunvaveichewin. pp. 271

Dahlan, I. 1992b. Model of oil palm leaves dry matter yields for fibrous feed production." In Six Asian-Australians Association of Animal Production, Animal Science Congress on Recent Advances in Animal Production, Vol. **III**. AHAT, Bangkok, proceedings edited by C. Reodecha and P. Bunvaveichewin. pp. 272

Dahlan, I. 1996. "Oil palm By-products : Its Utilization and Contribution for Livestock Industry." In Proceedings of the Agricultural Conference on International Palm Oil Congress, 23-28 September, 1996, Kuala Lumpur. Palm Oil Research Institute of Malaysia. pp In proceedings of the Agricultural Conference on International Palm Oil Congress, 23-28, 1996, Kuala Lumpur. Palm Oil Research Institute of Malaysia. pp. 269-274

Dammers, J. 1965. Digestibility in the pigs. Factors influencing the digestion of the components of the feed and the digestibility of the amino acids. Nutr. Abstr. Rev. 35:1169.

Dehority, B.A. 1965. Degradation and utilization of isolated hemicellulose by pure cultures of cellulolytic rumen bacteria. J. Bacteriol. 89:1515.

Devendra, C. 1992. Non-conventional Feed Resources in Asia and the Pacific (4th Ed.). FAO-APHCA Publication No. 14. Bangkok, Thailand.

Devendra, C. 1993. Sustainable Animal Production from Small Farm Systems in South-East Asia. FAO. Rome.

Di Giorgio, J., R. A. Bonanno and D. M. Hegsted. 1962. Effect of diet upon the in vitro metabolism of rat epididymal adipose tissue. J. Nutr. 78:384.

Duncan, D. B. 1955. Multiple range and multiple F test. Biometrics. 11:1-42.

Erwin, E.S., J. Marco, and E.M. Emery. 1961. Volatile fatty acid analysis of blood and

rumen fluid by gas chromatography. J. Dairy Sci. 44:1768.

Fetuga, B. L., G. M. Babatunde and U. L. Oyenuga. 1975. The effect of varying the level of palm oil in a constant high protein diet on performance and carcass characteristics of the growing pig. Ef. Afr. Agric. Ror. J. 40:264.

Fetuga, B. L., G. M. Babatunde and V. A. Oyenuga. 1977. The value of palm kernel meal in finishing diets for pigs. 1. The effect of varying the proportion of protein contribution from blood meal and palm kernel meal on the performance and carcass quality of finishing pigs. J. Agri. Sci., Camb., 88:665.

Flipot, P., R. J. Belzile and G. J. Brisson. 1971. Availability of the amino acids in casein, fishmeal, soy protein and zein as measured in the chick. Can. J. Anim. Sci. 51:801.

Folch, J., M.Lees and G.N. Sloan-Stanley. 1957. A simple method for the isolation and purification of total lipids from animal tissues. J. Biol. Chem. 226: 497.

Forbes, R.M. and T.S. Hamilton. 1952. The utilization of certain cellulosis materials by swine. J. Anim. Sci. 11:480.

Guardiola, F., R. Codony, M. Rafecas, J. Boatella and A. Lopez. 1994. Fatty acid composition and nutritional value of fresh eggs from large- and small-scale farms. J.Food Compos. Anal. 7:171.

Hausberger, F. X. and S. W. Milstein. 1955. Dietary effects on lipogenesis in adipose tissue. J. Biol. Chem. 214:483.

Holdman, L.V., E.P. Cato, and W.E.C. Moore. 1977. Anaerobic laboratory manual, 4th ed. pp 1-156. Virginia Polytrch. Inst. and State Univ., Blackgurg, Virginia, USA.

Hungate, R.E. 1966. The Rumen and its Microbes. Academic Press. New York.

Irie, M. 1988. Influences of supplementary soybean oil and kapok meal on charateristics of pocrine fat. 1988. Jap. J. Swine Science 25, 125-131

Irie, M. 1990. Effect of Dietary Supplementation of Copper and Kapok Meal on Fat Characteristics of Pigs. AJAS 3 (1): 33.

Irie, M., K. Ohomoto and K. Nishimura. 1985. Effects of cyclipropenoid fatty acids on

soft fat pork. Final reports for research grants for meat and meat products. Ito foundation. 2:182.

Irie, M., and K. Ohmoto. 1985. Hardening effect of kapok meal on fat of pigs fed with diet rich in linoleic acid. Jap. J. Swine Science 22, 3: 168-173

Just, A. 1979. Influence of diet composition on site of absorption and efficiency of utilization of metabolizable energy in growing pigs. pp 27-30, in Energy Metabolism, European Association of Animal Production Bulletin No.26, L. E. Mount, ed. Cambridge: Butterworth.

Leveille, G. A. 1967. Influence of dietary fat and protein on metabolic and enzymatic activities in adipose tissue of meal-fed rats. J.Nutr. 91:25.

Liener, I.E. 1980. Toxic constituents of plant foodstuffs. Academic press. New York.

Loosli, J. K., J. O. Pena, L. A. Ynalves and V. Vilegas. 1954. The digestibility by swine of rice bran, copra meal, coconut meat, coconut residue and two concentrate mixtures, Philippine Agr. 38:191.

Lowe, S.E., M.K. Theodorou, A.P.J. Trinci, and R.B. Hespell. 1985. Growth of anaerobic rumen fungi on defined and semidefined media lacking rumen fluid. J. Gen. Microbiol. 131:2225.

Lowry, O.H., M.J. Rosebrough. A.L. Farr, and R.J. Randall. 1951. Protein measurements with the Folin phenol reagent. J. Biol. Chem. 193:265.

McDonald, P., R. A. Edwards and J. F. D. Greenhalgh. 1973. Animal Nutrition, 2nd ed. Oliver and Boyd, Edinburgh, 438 pp.

McDougall, E. I. 1948. Studies on ruminant Saliva. I. The composition and output of sheep's saliva. Biochem. J. 43:99-109.

Miller, M. F., S. D. Shackelford, K. D. Hayden and J. O. Reagon. 1990. Determination of the alteration in fatty acid profiles, sensory characteristics and carcass traits of swine fed elevated levels of monounsaturated fats in the diets. J. Anim. Sci.68:1624.

Mitchell, H. H. and V. J. Villegas. 1923. The nutritive value of the proteins of coconut meal, soy beans, rice bran and corn. J. Dairy Sci. 6:222.

Mitchell, H. H., T. S. Hamilton and J. R. Beadles. 1945. The importance of commercial processing for the protein values of food products. I. Soybean, coconut and sunflower seed. J. Nutr. 29:13.

Nocek, J. E. and A. L. Grant. 1987. Characterization of in situ nitrogen contamination of hay crop forages preserved at different dry matter percentages. J. Anim. Sci. 64:552-564.

NPPC. 1991. Procedures to evaluate market hogs (3rd Ed.). National Pork Procedures Council, Des Moines, IA.

NRC. 1984. Nutrient Requirements of Beef Cattle. 6th ed. NAS-NRC, Washington, D.C., U.S.A.

NRC. 1994. Nutrient requirments of poultry. 8th rev. ed. National Academy Press. Washington, D. C.

NRC. 1988a. Nutrient Requirements of Dairy Cattle. 9th ed. NAS-NRC, Washington, D.C., U.S.A.

NRC. 1988b. Nutrient Requirements of Swine. 9th ed. NAS-NRC, Washington, D.C., U.S.A.

Nwokold, E. N. D. B. Bragg and W. D. Kitts. 1976. The availability of amino acids from palm kernel, soybean, cottonseed and rapeseed meal for the growing chick. Poult. Sci. 55:2300.

Nwokolo, E. N., D. B. Bragg and H. S. Saben. 1977. A nutritive evaluation of palm kernel meal for use im poultry rations. Trop. Sci., 19:147.

Olubobokun, J. A. and W. M. Craig. 1990. Quantity and characteristics of microorganisms associated with ruminal fluid or particles. J. Anim. Sci. 68:3360-3370.

Onwudike, O. C. 1986a. Palm kernel meal as a feed for poultry. 1. Composition of palm kernel meal and availability of its amino acids to chicks. Anim. Feed Sci. Technol. 16:179.

Onwudike, O. C. 1986b. Palm kernel meal as a feed for poultry. 2. Diets containing

palm kernel meal for starter and grower pullets. Anim. Feed Sci. Technol. 16:187.

Onwudike, O. C. 1986c. Palm kernel meal as a feed for poultry. 3. Replacement of groundnut cake by palm kernel meal in broiler diets. Anim. Feed Sci. Technol. 16:195.

Page, R.D., G.D. Gilson, L.D. Guthrie, D.R. Mertens, and R.C. Hatch. 1990. Serum progesterone and milk production and composition in dairy cows fed two concentrations of nitrate. Vet. Hum. Toxicol. 32(1):27.

Pande, S. V. and J. F. Mead. 1970. Inhibition of the stearyl coenzyme A desaturase system by sterculate. J. Biol. Chem. 245: 1856.

PNI (Pig News and Information). 1990. Palm Kernel Meal. 11 (4): 11.

Prabucki, A. 1977. Feette und Oele als Futtermittel. Handels Futtermittel 1: pp.565. Verlag Eugen Ulmer Stuttgart.

Sajem, A. J., J. B. Liang, M. Faizah, A. B. Shamsuddin and K. Y. Using(1996). Nutrient contents of some common fronds of Sarawak. In Silver Jubilee MSAP Conference on New perspectives in Animal Production, held in Kuching, Sarawak, Malaysia, 28-31 May, 1996: Proceedings edit by S. Haron, C. C Wong, J. B Liang, W. W. B. Khadijah and I. Zulkifli, Malaysian Society of Animal Production, pp. 218-219.

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

SAS. 1988. SAS user's guide; Statistics SAS Inst., Inc., Cary, NC.

Shamsudin, A. B., H. Shafit and I. Ramli. 1995. Utilisation of oil palm frond and sago meal based rations for finished swamp buffaloes. 17th MASP annual conference. pp 104.

Smuts, D. B. and A. I. Malan. 1938. Plant proteins. II. The biological value of lucerne meal, sesame meal, peanut meal, copra meal, cottonseed meal and oatmeal. Onderstepoort J. Vet. Sci. 10:207.

St. John, L. C., C.R. Young, D. A. Knabe, L. D. Thompson, G. T. Schelling, S. M. Grundy and S. B. Smith. 1987. Fatty acid profiles and sensory and carcass traits of tissues from steers and swine fed an elevated monounsaturated fat diet. J. Anim.

Sci.64:1441.

Temperton, H. and F. J. Dudley. 1940. Palm kernel meal and earthnut meals in the rations of laying pullets Harper Adams Utility. Poultry J. 25:285.

Thacker, D. A. and R. N. Kirkwood. 1990. Nontraditional Feed Resources for Use in Swine Production. Butterworths. MA. USA.

Thorne, P.J., 1986. The use of copra meal in pig diets. Ph Thesis, University of Nottingham.

Thorne, P.J., D.J.A. Cole and J. Wiseman. 1990. Copra meal. In Nontraditional feed sources for use in swine production (Edts, Thacker, P.A. and R.N. Kirkwood). Butterworth. Stoneham. MA. USA.

Uden, P., R. Parra and P. J. Van Soest. 1974. Factors affecting reliability of nylon bag technique. J. Dairy Sci. 57:622(Abstr.)

Van Soest, P. J., J. B. Robertson and B. A. Lewis. 1991. Methods of dietary fiber, neutral detergent fiber, and nonstarch polysaccharides in relation to animal nutrition. J. Dairy Sci. 74:3583.

Weakley, D. C., M. D. Stern and L. D. Satter. 1983. Factors affecting disappearance of feedstuffs from bags suspended in the rumen. J. Anim. Sci. 56:493-507.

Woehlbier, W. and F. Jager. 1983. Futtermittel aus hoeheren Pflanzen. Handels Futtermittel 2B: pp.928. Verlag Eugen Ulmer Stuttgart.

Wong, H. K. and Zahari. M. W. 1992. Characterization of oil palm by-products as feed ruminants. In 15th MSAP Conference on Vision 2020 Towards more Efficient and Effective Animal Production Strategies, held in Kuala Terengganu, 26-27, May 1992: proceedings edited by H. K. Wong, H. Kashin and M. A. Rajion. Malaysian Society for Animal Production, Malaysia, pp. 58-61.

Yeong, S. W., T. K. Mukherjee and R. I. Hutagalung. 1981. The nutritive value of palm kernel cake as a feedstuff for poultry. Proceedings of a National Workshop on Oil Palm By-products Utilization, December, 1981 at Kualalumpur, Malaysia, pp. 100.

Yule. W. J. and R. L. Mcbride. 1978. Rapeseed meals in broiler diets : Effect on

performance and sensory evaluation of carcasses. Br. Poult. Sci. 19:543.

Zaworski, F. 1995. Feed Industry Red Book. Communications Marketing Inc. Minnesota. USA.

농림부, 한국사료협회. 1997. **사료편람(통계편)**.

농림수산부. 1992. **동물약품 등 취급규칙 개정령**.

유우생산학. **맹원재, 이광전 정태영, 정길생, 김동균, 손봉환**. 1992. **향문사**.

이문한. 1997. **사료위생과 축산물 안전성 확보**. **제 7회 사료가공단기과정**. **한국영양사료학회**.

中國飼養標準. 1998.