최　　　종
연구보고서

고압가열 압출공법에 의한
가축분의 사료화 시스템 개발

Studies on the Production System of Recycling Feed by
Single Screw Extruder as a Mean of Animal Feces Processing

연 구 기 관
강원대학교 축산대학

농　림　부

최 종 보 고 서

1997년도 농림수산기술개발사업에 의하여 완료한 고압가열 압출공법에 의한 가축분의 사료화 시스템 개발에 관한 연구의 최종보고서를 별첨과 같이 제출합니다.

첨부 : 1. 최종보고서 8부
2. 최종보고서 디스켓 1매

1998. 12. 15.

주관 연구 기관 : 강원대학교

총괄연구책임자 : 이 영 철 (인)

주관연구기관장 : (직인)

농 림 부 장 관 귀 하

제 출 문

농림수산부 장관 귀하

본 보고서를 " 고압가열 압출공법에 의한 가축분의 사료화 시스템 개발 "과제의 최종 보고서로 제출합니다.

1998. 12. 15.

주관연구기관명 : 강 원 대 학 교
총괄연구책임자 : 이 영 철
연 구 원 : 박 병 성
김 동 철
송 영 한
채 병 조
김 창 혁
가 천 흥
이 용 준

요 약 문

I. 제　　목

고압가열 압출공법에 의한 가축분의 사료화 시스템 개발

II. 연구개발의 목적 및 중요성

경제성장에 따른 국민소득의 증가로 축산식품의 소비가 지속적으로 증가하였다. 지난 20여년간 육류 총소비량을 살펴보면 1975년 225천톤에서 1985년 593천톤으로 2.5배 이상이 증가하였고 1994년 현재 1,147천톤으로 연평균(1975 1994) 9.0%가 증가하였다. 따라서 지속적인 증가를 보이는 축산식품의 소비수요를 충당하기 위하여 가축 사육두수도 급격히 증가하게 되었다. 특히 1980년이후 사육규모가 급속히 대규모화된 돼지와 닭의 경우 각각 사육두수를 살펴보면, 1975년 1,247 천두, 29.9백만수였던 것이 1980년 1,784천두, 40.1백만수로 약간의 증가를 보였으나 1994년 현재에는 5,955천두, 80.6백만수로 증가하였다.

축산경영 규모가 확대됨에 따라 배설된 가축의 분뇨처리문제가 축산업의 가장 중요한 현안으로 대두되었다. 가축의 분뇨, 즉 축산폐수는 고농도의 유기성 물질이 함유되어 있기 때문에 이를 합리적으로 처리하지 않을 경우 하천 및 상수원의 수질오염을 가중시킬 뿐 아니라 축산폐수에 포함된 질소 및 인에 의한 부영양화를 초래할 수 있다. 1993년말 가축 사육두수(소, 돼지)에 기인한 일일 축산폐수 발생량은 약 170만톤으로서 전체 수질오염원의 9%를 차지하는 것으로 나타났다. 앞으로도 계속적인 축산식품의 소비량이 늘어날 것으로 보아 가축 사육두수도 증가할 것으로 예측되며 정부차원에서 환경문제의 중요성 증대와 가축분뇨의 처리문제가 더욱더 시급한 해결과제로 대두되고 있다.

한편 1997년 7월을 기하여 돼지고기의 완전 수입개방이 예상되고 있는 현실에서 우리나라 전체 육류소비량의 56.3%를 차지하며 유일하게 대일수출을 하고 있는 돼지는 특히 대외경쟁력 제고 등의 이유로 소비가 급격히 늘어날 것으로 보인다. 돼지와 닭에서 분뇨의 일일 발생량을 생체중의 5 9%로 보고 계산된 1991년 KIST 자료에 따르면 돼지와 닭이 각각 일일 26,637톤, 10,425톤으로 돼지 및 닭에 의해서 매일 배출되는 분뇨의 발생량은 37,062톤으로 전체 축군에서 발생되는 총량(82,284톤)의 45%가 된다. 1993년말 조사된 자료에 따르면 전체 축산농가의 2%정도가 축산폐수의 규제대상 농가로 나타났고 기타 축산농가에서 배출되는 축산폐수는 약 52%를 차지하고 있어 축산농가 단위에서의 환경문제 해결방안이 무엇보다도 시급한 과제라고 생각된다. 일례로 양돈농가의 경우 정화조를 설치하여 놓고는 있으나 그의 가동에 요구되는 기술의 보급이 미흡함은 물론 축산업의 경영면에서도 심각한 위협을 주고 있다. 한국형 축산업의 가장 큰 문제점은 60 70%가 사료비로써 옥수수, 대두박등 가축사료 원료의 대부분을 수입에 의존하고 있음을 지적할 수 있다. 현재 우리나라에서는 양돈, 양계용 배합사료의 원료로써 옥수수, 대두박을 주로 사용하고 있는 값싼 국산 사료원료 자원을 확보하는 것이 국제경쟁력에 대응할 수 있는 방법의 하나라고 본다. 돈분 및 계분을 재활용하여 사료로써 이용한다면 환경오염방지는 물론 외국에서 도입되는 막대한 양의 사료원을 절감할 수 있으며 생산되는 축산물의 가격 및 경영의 합리화를 꾀할 수 있어 농가소득 증대에 기여할 것으로 사료된다.

축산 폐자원인 돈분 및 계분은 가축의 생체내에서 흡수되지 않은 영양분이 포함되어 있어 재활용사료로써 잠재성이 크기 때문에 이를 적절히 응용하면 한국 농가단위형 사료를 개발하는 것이 가능하다. 돈분 및 계분은 축종에 따라 다소 차이는 있으나 조단백질(25 28%), 조지방(0.5 3%),

조섬유(10 15%), NFE(25 30%) 그리고 조회분(20 30%)으로 구성되고 있으며 특히 조단백질과 전분질함량이 높아서 사료자원으로서의 잠재성이 상당히 높다. 이와 반대로 대장균 및 유해미생물이 존재할 뿐만아니라 악취가 나며 돈분의 경우 수분이 높은 단점이 있고 대규모화할 경우 수거에 따른 문제점이 있다.

그러나 이러한 문제점은 사료제조시 축분과 곡류사료의 가공처리공정 그리고 농가단위에서 활용 가능한 사료생산 시스템을 개발함으로써 충분히 제거가 가능한 것으로 본다. 본 과제와 관련하여 현재까지 국내의 경우 가축분을 사료화한 예로는 건조, 볏짚계분 사일리지 제조등이 주로 진행되었으나 고압가열 압출방법(Extrusion)은 전혀 검토되지 않았고, 미국 등 선진국에서도 환경오염문제가 대두되기 시작한 최근부터 연구가 시도되고 있는 것으로 생각된다.

이와같은 공법을 이용한 세계적으로 고압가열 압출공법으로 가축분을 가공처리하게 되면 가축분의 악취가 휘발되어 기호성이 증진되고 유해미생물의 사멸, 영양가의 개선으로 인한 생체이용성 증진을 꾀할 수 있는 양질의 사료자원을 확보할 수 있다고 보고되고 있다. 그러나 국내외적으로 고압가열 압출 공법을 이용한 가축분의 사료화에 대한 연구결과는 거의 진행되어 있지 않다. 고압가열 압출공법(Extruding)이 1940년대에 사료산업에 도입된 이래 최근까지 급속한 기술의 개발과 응용이 가능케 되었다. 1970년대 Guy Fere는 옥수수와 기타 곡류를 혼합하여 특수동물 사료를 개발하였다. 유럽 특수동물산업위원회(FEDIAF)의 보고에 따르면 애완용 동물사료 분야에서 매년 10 30%의 고도성장을 지속하고 있으며 1992년에는 총 70억달러에 이른 판매실적으로 기록하였다. 유럽 특히 영국의 경우를 보면 애완용 동물사료가 전체생산량의 80%를 차지하고 있으며 미국과 유럽을 제외한 특수동물 사료의 시장은 일본으로서 1970년이래 매년

15 20%의 실질성장을 기록하고 있다. 판매량은 1970년의 3만톤에서 1989년의 30만톤으로 10배이상 성장하였으며 1988년의 판매액은 7억5천만달러로 나타났다. 한국, 대만, 홍콩, 싱가포르는 이 분야의 시작단계에 있다.

사료산업에서 고압가열 압출기를 이용하는 가장 큰 이유중의 하나는 영양가의 개선이다. 이 방법은 고온단시간에 의해서 처리되므로 열에 민감한 라이신, 비타민등의 영양소 손실은 최소화되며 특히 전분질의 완전한 젤라틴화, 유해미생물과 영양소 저해인자 파괴, 악취제거등의 효과로 인하여 사료의 생체이용성을 높일 수 있는 장점이 있다. 돈분 및 계분의 경우 살모넬라, 대장균, 기타 박테리아 그리고 곰팡이등의 유해물질을 살균함으로써 사료의 안전성과 보존성을 높일 수 있게 되며, 악취등을 제거시킴으로써 사료의 기호성 개선에 따른 사료효율을 높일 수 있다.

한편 당밀, 유지등의 첨가가 가능하며 돈분과 같은 고수분일 경우라도 사용이 가능하므로 폐자원을 이용한 고부가가치화를 꾀할 수 있다. 계분의 경우 요산과 같은 비단백태 질소화합물이 많은데 고압가열 압출처리하게되면 반추위미생물에 의한 이용성을 증진시켜 증체량 및 섭취량을 개선하는데 기여할 수도 있다. 최근 일부 연구에서 고압가열압출방법을 이용한 결과가 보고되었다. 도축장 부산물의 환경오염원을 최소화하기 위한 방법으로 사료화가 시도되었으며 Miller(1984)는 부화장 찌꺼기를, Huge등(1987)은 도계부산물을 그리고 Blake등(1990)은 가금내장과 깃털등을 이용하여 고품질의 애완용사료를 개발하는데 성공하였다. 그러나 본 연구과제와 직접 관련된 문헌은 거의 보고되고 있지 않는 것으로 사료된다.

따라서 본 연구는 환경오염원이 되고 있는 축산폐자원 특히 돈분 및 계분과 농가실정에서 쉽게 얻을 수 있는 값싼 사료곡물 원료를 혼합하여 Extruding Recycle Feed (ERF) System을 개발하여 고압가열 압출방법으로 가공처리함으로써 한국 농가단위에서 쉽게 활용할 수 있는 가축분의

사료생산 시스템을 개발하는데 주 목적이 있다. 연구방향으로는 환경오염이 되고있지만 사료자원으로서의 활용 가능성이 높은 돈분 및 계분을 값싼 국내 곡류사료와 혼합하여 고압가열 압출함으로써 생체이용성이 높은 한국 농가단위형 닭, 돼지사료를 생산할 수 있는 시스템을 개발하여 농가에 직접 실용화하는 방안을 강구하고자 본 연구를 실시하였다.

III. 연구개발 내용 및 범위

가축분은 방대하게 산재하는 값싼 영양자원이다. 가축분은 좁은 지역에 집중되있기때문 수집하기 쉬우며 따라서 사료 자원으로서 이용하는 경우 그비용은 주로 원료 수집비용과 가공처리 비용이 차지한다. 즉 사료원료로서는 비교적 값이 싸게되며 축산경영에있어서 이 낮은 원가로 말미암아 보다 많은 수익성을 기대할 수 있게 된다. 각종 가축의 사료비는 대개 전체 생산비의 50-80%를 차지하며 가축분을 단백질, 광물질 및 그밖의 영양소원등 새로운 사료자원으로 이용할 때 사료비를 20-40%로 절감할 수 있게 된다.

가축별 1년간 분생산량을 보면 브로일러의 연간 배분량 4.0, 산란계 12.0, 돈 146.0, 젖소 880.0 및 육우 657.0kg으로 그 수량이나 영양소 함량에서 재이용 가능성이 높은데도 불구하고 현재로는 환경오염 원인의 큰 몫을 차지하고 있는 실정이다.

고압가열 압출성형장치(extrusion cooker)는 단일 기계장치(extruder)를 사용하여 여러 가지 기능을 수행한다. 그 중요 기능으로는 원료의 분쇄, 탈수, 절단, 혼합, 압착가열처리, 전분호화(starch gelatinization), 단백질변성(protein denaturation) 각종 미생물 파괴, 각종 원료의결착 및 성형 팽창

축감의 변화 그리고 부분 탈수 기능등을 들 수 있다. 그러나 이들 기능은 고압가열 압출성형장치의 내부온도나 압력, 원료 및 수분함량등 처리조건에따라 크게 달라지게 되는데 특히 가축분의 고압가열 압출성형 처리에 관한 연구는 국내는 물론 외국에서도 시험 보고된 바가 없다.

따라서 본연구는 현재 크게 문제가 되고 있는 축산 농가 환경 오염원을 최소화하기위하여 돈분 및 계분등 가축분을 고압가열 압출성형장치를 이용하여 사료화하기 위하여 첫째 고압가열 압출성형장치의 설치 및 적정한 운전조건 특히 고압가열 압출성형장치에의한 가축분 사료(Extruded Recycling Feed : ERF)의 생산조건을 구명하고 둘째 컴퓨터를 이용하여 ERF제품을 중심으로하는 축종별 최소비용사료 모델를 설정하며 셋째 실제 ERF제품이 가금, 돈 및 산양에대한 적정 이용성을 시험하려고한다. 구체적인 연구내용은 다음과 같다

1. 연구 I : 가축분의 영양소 조성분

가축분에 대한 영양소 조성분에 대한 연구는 지금까지 사료로 이용되지 않은 관계로 그에 대한 자료가 부족한 형편이다. 현재까지 알려진 바에 의하면 가축분에는 영양소 함량이 비교적 품부하며 특히 Ca과 P이 풍부한 관계로 광물질의 가격을 고려하였을 때 이를 대치하는 것은 첨가비용을 절약할 수 있을 것으로 예상된다.

따라서 본 연구에서는 가축분중 비교적 수거가 용이한 돈분과 계분을 선택하고 이들의 화학적 조성분 및 미생물학적 분포를 조사하였다.

2. 연구II : 가축분의 Extrusion 적정 조건 시험

환경 오염원이 되고있는 가축분을 고압가열 압출공법으로 처리하

기위하여 1) 고압가열 압출장치를 제작 그 기본 사양 조건을 설정하였다. 본시험에 사용된 고압가열 압출장치는 single screw extruder(남성농산(주) 제작)로 die 직경 3.9-5.3 mm, screw rpm을 200 300, barrel temprature 100 150℃ 범위에서 최적 처리조건을 조사 검토하였으며 2) 이들 돈분 및 계분과 곡류중 옥수수와의 혼합비를 달리하는 ERF 기초사료 생산기술 조건과 생산된 ERF제품의 사료적 특성을 파악하기 위하여 각 ERF 제품에 대한 물리ㆍ화학적 특성과 미생물학적 성상을 조사 검토하였다.

3. 연구Ⅲ : 계분 ERF 제품의 생물학적 평가

본 연구는 축산농가의 환경오염원이 되고 있는 가축분을 고압가열 압출공법으로 처리하는 ERF생산 시스템을 개발하는데 주 목적이 있다. 2차년도인 본 연구는 계분을 주 대상으로 하되 1) 1차년도 ERF제품생산 최적조건시험 문제점을 보완하고 2) 반추가축에 대한 반응을 구명하기 위하여 산양에의 사료가치를 시험하였으며 3) 가금에 대한 반응을 조사하기 위하여 산란계와 브로일러에의 사료가치 시험을 실시하고 4) 연구 I의 보완사항으로서 ERF 제품의 기호성을 증진 시키기 위하여 향미제 첨가 시험을 실시하였을 뿐만 아니라 5) 음식물 잔여물 첨가에 의한 ERF 제품 생산에 관한 예비 시험을 실시하였다.

4. 연구Ⅳ : 돈분 ERF 제품의 생물학적 평가

가축분중 농촌 환경 오염에 비중이 큰 돈분 재활용하기 위하여 1) 이

들의 고압가열 압출처리를 위한 최적 조건을 조사하고 2) 육돈에대한 사양 및 도체시험을 실시하였으며 3) 산란계 및 브로일러에 대한 사료가치 시험을 실시하였다. 그리고 최근 크게 문제가 되고있는 음식 잔여물의 사료화를 위하여 4) 음식잔여물 자체 그리고 돈분과 음식잔여물 혼합물의 고압가열 압출공법 처리 최적조건을 시험하고 5) 돈분 ERF를 이용한 육돈 사양 시험을 실시하였다.

Ⅳ. 연구개발 결과 및 활용에 대한 건의

가. 연구 개발 결과

본 연구는 현재 크게 문제가 되고 있는 축산 농가 환경 오염원을 최소화하기 위하여 돈분 및 계분을 사료화하는 효과적인 방안을 연구하기 위하여 첫째 효과적인 가축분의 사료화 방안으로 첫째 가축분의 영양소 조성분과 병원성 미생물 분포를 분석 조사하고 둘째 고압가열 압출성형장치에 의한 가축분 사료(Extruded Recycle Feed : ERF)의 생산조건을 구명하고 셋째 컴퓨터를 이용하여 ERF사료가 가금, 돈 및 사양에 대한 적정 이용성을 시험하였다.

Ⅰ. 가축분의 영양소 조성분과 병원 미생물 분석 조사

1. 밀집 사양으로 수거가 용이하고 또한 가축분중에서 영양소 함량이 높은 사료로 재이용 잠재성이 높은 돈분과 계분에 대한 일반성분 아미노산 조성 광물질함량을 분석 조사하였다.

2. 계분 조단백질의 경우 브로일러 30.12 37.98%, 산란계 22.33 28.51%로 동일 계분이라도 사육농가에 따라 상당한 변이를 보이고 있다. 이는 각 농가에 따라 급여사료 조성분에 차이가 있고 또 사료 급여형태, 가축분 처리방법 등에 차이가 있는데 기인하는 것으로 생각된다.

3. Total amino acid가 브로일러 13.50%, 산란계 9.86%로 상당한 아미노산을 함유하고 있으며, 그 중 필수아미노산 비율(EAA/TAA)은 브로일러 31.7%, 산란계 33.4%로 총아미노산 중 약 1/3을 차지한다.

4. 돈분 중 조단백질은 건물 기준으로 육성돈분 19 23%, 모돈분 18 25%로 상당한 단백질 수준을 보이는데 여기서도 농가간에 비교적 넓은 변이를 보이고 있다.

5. 총아미노산량은 육성돈분 12.11%, 모돈분 10.51%로 각각 총단백질의 68.61%, 61.57%를 차지하여 비교적 아미조산 비율이 높다.

6. 계분 저장기간을 24, 48 및 72시간으로 할 때 환경온도별 수집 시간에 따른 가축분의 수분 및 단백질 함량 변화를 조사한 결과 돈분 및 계분의 단백질 함량은 15℃ 이하에서는 72사간 조사기간 중 단백질 함량이 서서히 감소하는데 비하여 25℃에서는 저장 2 6시간내에 함량이 급격히 감소하고 있다.

7. 음식잔여물의 조단백질 함량은 여름철인 6, 7, 8월이 11.3 13.3%인데 반해 5월과 9월은 21 26%로 배이상의 차이를 나타낸다. 이는 계절에 따른 음식의 차이에서 오는 것이다.

8. 저장일수 3일 조사시에는 브로일러분, 산란계분, 육성돈분 및 모돈분 등 모든 가축분에서 Coliform, E.coli, Salmonella 등의 병원미생물이 검출되었을 뿐 아니라 시간이 경과함에 따라 균수가 급격히 증가하였다.

Ⅱ. 가축분의 Extrusion 적정 조건 시험

1. Extruder의 Barrel Temperature(BT) 적정조건을 파악하기 위한 예비시험을 실시하였다. Extruder의 측정온도 조건을 각각 100, 110, 120, 130, 140 150℃로 변화시켰고 Screw Sped(SS) 200 rpm Die Diameter(DD) 5.4 조건에서 제조하였다. Extruding 원료는 옥수수와 계분 비율을 달리할 때 이들 본시험 생산제품의 사료농도 팽화율 WSI WAI 지표로 볼 때 계분을 최소한 30%이상 배합한다고 할 때 BT는 130℃ 이상으로 유지하는 것이 바람직한 것으로 판단된다.

2. 계분 30 옥수수 70% 또는 계분 40 옥수수 60% 혼합원료 Extrusion 제2차 시험결과 생산제품의 물리적 성상으로 볼 때 DD는 계분 3.9mm가 적절하며 Screw speed 250-300rpm Barrel Temperature 는 130℃ 이 적절한 것으로 분석되었다.

3. Extrusion처리가 제품의 영양소 조성에 미치는 영향은 가축분 사료화에 크게 영향을 미치게 된다. 계분 30%나 40% 배합시 다같이 제품 수분함량은 ST가 높을수록 수분함량이 5% 단위 이상 감소하고 또한 제품 단백

질은 실제로 현저한 변화가 없는데 반하여 지질이 현저히 감소한다.

4. Extrusion처리후 병원미생물 검출 결과는 계분 30% 또는 40% 배합구 관계없이 그리고 110℃ 이상에서 처리할 때 Coliform, E. Coli, Salmonella 등 병원 미생물은 완전히 검출되지 않았다. 즉 Extrusion의 가열과정에서 이들 병원미생물은 완전히 멸균되는 것으로 확인할수 있었다.

5. 투입 원료의 수분함량이 ERF 제품에 미치는 영향 시험에서 수분함량은 26-32%일 때 ER WSI 성적이 가장 좋왔던 것으로 보아 수분함량 26-32% 범위가 가장 적절한 것으로 판단된다.

6. 옥수수(전분) 배합이 계분 ERF 제품에 미치는 영향 시험에서 옥수수 첨가수준 40-70% 범위에서 옥수수 비율이 증가함에 따라 FD나 ER이 향상하고 옥수수 배합비율이 높으면 높을수록 제품 품질이 향상하고 있다. 또한 본시험에서 조섬유함량이 감소하고 있는데 이는 Extrusion의 고열 팽화과정에서 세포벽의 일부가 분해되고 따라서 조섬유 비율이 감소된 것으로 생각된다. 본시험에서도 Extrusion의 가열과정에서 병원미생물은 완전히 멸균돠는 것으로 확인할수 있었다.

7. 단백질 강화용 대두박 배합이 계분 ERF 제품에 미치는 영향 시험에서 제품의 물리적 성격으로 볼 때 Extrusion 조건 중 BT 130℃ 200-250 rpm이 가장 적정하며 대두박 10-20% 범위에서 배합하되 가급적이면 10% 범위에서 배합하는 편이 적정한 것으로 확인되었다.

8. 타피오카에 의한 옥수수 대치가 계분 ERF 제품에 미치는 영향 시험에

서 ER WSI WAI NSI 등 제품의 물리적 성상적으로 볼 때 계분 50 + 옥수수 30 + 타피오카 20 배합구 성적이 가장 높다. 즉 타피오카를 옥수수 대치할 때 옥수수 50% 배합구와 현저한 차이가 없다.

9. 돈분의 Extrusion 처리 조건을 시험하기 위하여 Extruder의 Die diameter (DD) 3.9 및 5.4mm, Screw Speed(SS) 200, 250, 300 및 350 rpm Barrel Temperature(BT) 90, 110, 130, 150℃의 조건에서 옥수수 70 + 돈분 30과 옥수수 60 + 돈분 40 배합원료를 사용할 때 돈분 Extrusion 성적을 기준으로 볼 때 DD 5.3mm SS 250-300rpm BT 130℃가 적정 운전조건으로 판단된다. 제품의 단백질 함량은 13.5%로 비교적 함량에 변화가 적은데 반하여 조지방은 3.5%로 온도 상승과 더불어 최대 5%단위 감소하고 있다. 또한 본시험에서도 Extrusion의 가열과정에서 병원미생물은 완전히 멸균되는 것으로 확인할 수 있었다.

10. 옥수수 대두박 배합이 돈분 ERF제품에 미치는 영향 시험에서 FD는 전체적으로 420-730 g/l 이며 대체로 옥수수 배합비율이 증가함에 따라 FD가 증가하는 경향이며 ER은 1.267-1.824의 범위인데 130℃에서 ER이 가장 높은 성적을 보인다.

11. 음식잔여물 재활용사료(Extruding Recycling Feed:ERF)제품 생산 시험에서 사료밀도(FD)는 1.16-1.30Kg/l 이며 팽화율(ER)은 0.90-1.09로 비교적 ER이 낮다. 특히 ER낮은 사실은 음식잔여물중 NFE함량이 55%인데도 불구하고 팽화에 불충분하며 따라서 음식물잔여물 Extrusion을 위하여는 전분의 보강이 필요한 사실을 시사하고 있다.

12. 음식잔여물 옥수수 배합이 ERF제품에 미치는 영향 시험에서 옥수수 배합율이 높을수록 제품의 ER WSI GR성적이 좋아지고 이들은 모두 제품의 팽화성질과 관계가 있다. 이 현상은 제품의 ER 또는 WAI WSI을 증진시킥 위하여는 옥수수(전분)배합이 필요한 사실을 확인할 수 있다. 영양소 함량의 변화가 있었고 또한 Extrusion의 가열과정에서 병원미생물은 완전히 멸균되는 것으로 확인할 수 있었다.

13. 음식잔여물 및 옥수수 배합이 돈분 ERF제품에 미치는 영향 시험에서 여기에서도 옥수수(전분)배합은 제품의 ER을 비롯한 WAI WSI GR수준을 향상시키고 있어서 돈분음식잔여물 Extruding 시에는 옥수수를 최소한 20% 배합하는 것이 바람직한 사실을 시사하고 있다. 따라서 본시험 조건에서 가장 적절한 BT는 130℃이며 원료 혼합비율에선 돈분 음식잔여물 옥수수의 비율 40:40:20 으로 결정하였다. 제품의 조단백질 14.57 총에너지 4193Kcal/Kg로 가장 높은 영양가치를 함유한다. 또한 110℃이상에서 처리할 때 Coliform, E.Coli, Salmonella등 병원미생물은 완전히 검출되지 않았다.

Ⅲ. 계분 ERF 제품의 생물학적 평가

1. 계분, 옥수수, 타피오카 형 ERF제품 급여가 Broiler의 증체량, 사료효율 및 도체성적에 미치는 영향에서 6주간의 전체 사육기간으로 볼 때 증체량에 있어서 ERF10%구는 대조구와 유의차가 없으나 ERF20-40% 구에서는 대조구에 유의적으로 증체량이 감소해가고 있다. 사료효율은 대조구 1.97에 비하여 ERF10%혼합구는 2.06으로 유의차는 없는데 반해 ERF 20%이상

배합 수준이 높아질수록 사료효율도 유의적으로 크게 증가하는 현상을 보인다.

도체율은 생체중 %로 표시할 때 대조구 72.85% 인데 반해 ERF구에서는 배합율이 증가함에 따라 70.46%에서 68.58%로 감소하고 있다. 또한 도체분석 정적에서 조단백질 함량은 전시험구에서 18-20%로 거의 일정한 반면 조지방 함량은 대조구 11.17%에 비하여 ERF혼합10%구가 12.89%로 높게 나타났으며 그후 ERF의 배합수준이 높아질수록 증가하는 경향이다. 또한 계육에 대한 관능시험결과 시험구간에 현저한 차이는 없었다.

2. 계분, 타피오카, 옥수수 혼합 ERF제품 급여가 산란계의 산란 성적에 미치는 영향을 조사하기 위하여 산란계에 ERF 혼합사료 급여시 산란율은 대조구 60.57%이며 ERF베과 20%구에서는 각각 59.71% 59.74%로 이들은 대조구와 유의차가 인정되지 않았다. 사료섭취량은 대조구 사료섭취량이 108.9g로 가장 적은 반면 ERF의 첨가수준이 증가함에 따라 약간 증가하는 경향을 보이며 따라서 사료요구율도 증가하고 있다. 한편 난중에 있어서는 오히려 대조구에 비하여 ERF첨가수준이 높은 20 과 40%구에서 커지고 있으며 난각 두께는 약간 증가하였는데 반해 Haugh unit는 비슷한 경향을 보인다.

3. 계분, 옥수수, 타피오카 혼합 ERF제품의 급여가 재래산양의 사양성적 및 체조성에 미치는 영향에서 일일 증체량에 있어서는 대조구가 119.8g으로 가장 높은 증체량을 보였으며 그러나, ERF10,20 및 30%구와 유의적인 차이는 보이지 않았는데 반해 ERF40% 급여구는 유의적으로 낮은 증체를 보였다. 한편 사료섭취량에서 ERF 10,20,30% 급여구에서 조사료 및 농후사료 섭취량이 점차 증가하였는데 ERF 40% 급여구에서는 섭취량이 현저히 감소하고 있다. 따라서 사료요구율도 대조구가 가장 좋은 성적을 보인

반면 ERF 급여수준이 증가함에 따라 소화율은 67.3, 66.5, 66.7, 64.0%로 저하하는 경향을 보이며 조단백질 조섬유 및 조회분 소화율은 증가하였다가 ERF 40%구에서 더 이상 증가하지 않는 성적을 보인다. 도체율은 대조구 49.68%인데 비해 ERF구에선 10-30% 배합시에는 서서히 감소하여 ERF40%구에서는 44.53%로 감소하고 있다.

Ⅳ. 돈분 ERF 제품의 생물학적 평가

1. 돈분 ERF 급여가 브로일러의 증체량, 사료효율, 체조성 및 경제성에 미치는 영향을 조사하고자 시험한 결과 SWERF를 10-50% 배합할 때 브로일러에 대한 사양성적은 SWERF 40%까지 급여할 때 증체량에서는 대조구에 버금가는 증체를 하며 다만 SWERF 배합율을 증가할수록 사료섭취량이 증가하고 따라서 사료요구율이 증가하게 된다. 또한 SWERF 급여시 브로일러의 도체율 및 내장 제외 도체율은 시험구간 유의차는 인정되지 않았으나 체성분에 있어서 수분 65.86-68.48%, 조단백질 19.26-20.56%, 조지방 11.47-12.82%의 범위에 있다. 브로일러의 풍미(맛), 육즙도, 육색도에 있어서 대조구가 3.5로 가장 높은 성적을 보인데 반하여 SWERF 급여구간에는 현저한 차이를 보이지 않았다.

2. SWERF 급여시 산란계의 산란능력 및 사료섭취량에 미치는 영향을 조사한 결과 산란율에 있어서는 SWERF 10% 및 20% 급여구는 대조구와 유의성이 인정되지 않은 반면 SWERF 40%구에서는 산란율이 현저히 감소하였다. 또한 하나의 대조구로 급여한 FW구에서는 20% 및 40%그 모두가 낮은 산란율을 보였다. 그러나 사료섭취량에 있어서는 시험구간 유의성이

인정되지 않았다. 따라서 사료요구율은 산란율이 낮았던 SWERF 40%, FW20% 및 40%구에서 떨어지는 현상을 보여주었다. 한편 난중은 SWERF 나 FW구에서 떨어지는데 반하여 난각두께와 Haugh Unit은 증가하는 경향을 보여주었다.

3. SWERF의 급여가 육성비육돈의 성장률 및 육질에 미치는 영향에 대하여 조사하기 위하여 SWERF를 0, 10, 20, 30 및 40% 혼합한 사료를 육성돈 40두를 공시하여 85일간 사양시험을 수행한 결과는 다음과 같다. 육성기(24-55kg)의 사양성적을 살펴보면, 일당증체량과 사료섭취량 및 사료요구율은 각처리간에 차이가 없었으며 (P>0.05), 비육기 (56-88kg) 에서는 일당증체량에서 SWERF구가 대조구에 비해 유의적인 차이는 없었으나 SWERF 40%첨가구는 SWERF 10%첨가구에 비해 유의적으로 (P<0.05) 낮았다. 사료섭취량에서는 전 처리구간에 유의적인 차이가 없었으며, 사료요구율은 SWERF 10%첨가구가 다른 처리에 비해 유의적으로 개선되었다 (P<0.05). 전 시험기간에서는 일당증체량, 사료섭취량 및 사료요구율에서 전 처리간에 유의적인 차이를 보이지 않았다 (P>0.05).

4. 건물소화율은 SWERF 40%첨가구가 다른 처리에 비해 유의적으로 (P<0.05) 낮았으며, 에너지소화율도 건물소화율과 같은 경향이었으나 SWERF 20%첨가구는 대조구보다 오히려 높았다 (P<0.05). 조단백질 소화율은 SWERF 30%첨가구가 가장 높아 대조구와 SWERF 40%첨가구에 비해 유의적으로 (P<0.05) 으로 높았다. 조지방의 소화율은 SWERF 10% 및 20%첨가구가 다른 처리에 비해 유의적으로 (P<0.05) 높았다. 칼슘과 인의 소화율은 SWERF 40%첨가구가 다른 처리에 비해 유의적으로 (P<0.05) 낮았다. 한편, 원료사료의 소화율에서 건물, 조단백질 및 인의 소화율을 살펴

보면 육성돈사료에 비해 돈분은 유의적으로(P<0.05)으로 낮게 나타났으나 SMFW는 차이가 없었다. SMFW에서 에너지 소화율은 익스트루전했을 때 유의적으로(P<0.05) 개선되었다.

5. 도체성상을 살펴보면, 등지방 두께에는 처리간에 차이가 없었지만 SWERF 40%급여시 지육율이 SWERF 10와 20%급여구에 비해 유의적으로 낮았다 (P<0.05). 도체의 목등심부위(muscle, trapezius cevicalis) 에서 에너지가와 일반성분 (조단백질, 조지방, 조회분) 을 분석해 본 결과 처리간에 유의적인 (P<0.05) 차이가 없었다. 고기의 저장성을 조사하기 위해 목등심근육을 4주간 저장하면서 TBARS가와 POV가를 조사해 본결과 SWERF 첨가구가 대조구에 비해 저장기간이 경과할수록 이들수치가 빠른 속도로 증가하였는데, 특히 SWERF 40%첨가구는 대조구에 비해 유의적으로 (P<0.05) 높게 나타났다.

이상의 결과로 미루어 볼 때 SWERF는 육성비육돈에서 30%까지 첨가하여도 돼지의 성장율이나 도체성적에 나쁜 영향을 미치지 않을 것으로 사료된다.

나. 연구성과 활용에 대한 건의 사항

본 연구의 궁극적인 목표는 축산 폐기물과 음식잔여물을 고압가열 압출공법을 이용하여 사료자원으로 활용 기술을 모색하는 데 있다. 가축분과 음식잔여물의 재활용하는 적극적인 방법으로 현재 심각해지고 있는 축산 폐기물에 의한 환경오명을 예방하는 동시에 농가가 격심하게 격고 있는 사료비 부담을 최소로 절감하는데 크게 공헌하리라 생각된다. 본 연구가 계

획대로 진행되는 경우 다음과 같이 활용할 수 있을 것으로 기대된다.

1. 본 연구가 성공하여 양축가들에게 실용화 될 경우 농민 스스로가 경제적 수익성을 직접 피부로 느낄 수 있기 때문에 단기간내 기술 이전이 가능할 것으로 기대된다.

2. 본 연구 결과 관련기술이 국내에서 적극 활용되는 경우 축산으로 인한 환경공해 해결에 적극적으로 공헌함은 물론 IMF시대에 사료자원을 절약할 수 있게 하여 현재 국제 경쟁하에 있는 우리나라 축산을 육성 발전시킬 수 있다.

3. 대단위 축산농가에서 고압가열 압출성형 장치를 도입 축산현장에서 가축분의 사료화를 도입케하여 사료자원 확보와 축산 공해문제를 동시에 해결할 수 있다.

4. 축협등 지역 공동체에서 본 기술을 도입시설하여 지역축산 농가가 공동으로 축산공해와 사료자원을 동시에 해결할 수 있다.

5. 축협 또는 농촌지도소를 통한 기술지도를 통하여 축산농가 현장에서의 축산 공해에 관한 인식과 본 기술 도입을 촉진시킬 수 있다.

6. 본 연구 공동 개발회사인 강원도 삼척시 소재 덕성농장에서 본 기술 도입을 계획하여 연구에 참여 하였다. 현재 덕성농장이 부도를 유발 새로운 기술도입 문제는 교착상태에 있다.

SUMMARY

In order to find out the efficient use of livestock farm and food wastes, a series of experiments were conducted with poultry, swine and sheep. Poultry and swine manure and dried food waste were used as extruding recycling feeds (ERF). The specific purposes of this study were to 1) analyze the chemical compositions and microbial population, 2) determine the efficient production conditions in the extruder, and 3) evaluate feeding values of poultry and swine manure and food waste. The results were summarized as follows;

Ⅰ. Chemical compositions and microbial populations of animal manure and food waste.

1. In poultry manure, crude protein contents of broiler and layer manure were 30.12-37.98% and 22.33-28.51%, respectively. Wide range was shown in protein contents from poutry manure, which might be originated from collection farms and different diets. Total amino acids in broiler and layer manure were 13.50% and 9.86%, respectively. And the essential amino acid ratios to total amino acids (EAA/TAA) were 31.7% and 33.4% for broiler and layer manure, respectively, which accounted for 1/3 of total amino acids.

2. In swine manure, protein contents of grower and breeder manure

were 19-23% and 18-25%, respectively, showing wide ranges among collection farms. Total amino acids in grower and breeder manure were 12.11% and 10.51%, respectively. The total amino acids were over 60% of crude protein contents for both grower and breeder manure.

3. The changes in nutrient contents during storage for 24, 48, and 72 hours were checked. When stored below 15℃, crude protein contents in poultry and swine manure were slightly decreased up to 72 h storage time. However, it was significantly reduced at 2-6 hours after storage at 25℃.

4. Crude protein contents of food wastes were different from collection seasons, showing that those were lower in summer (11.3-13.3%) than in spring or fall season (21-26%).

5. At d 3 after storage of poultry and swine manure, microorganisms (i.g. coliform, E. coli and salmonella) were found all samples from broiler, layer, growing and breeding pigs. And as storage time passed, the microbial populations were greatly increased.

Ⅱ. The efficient extruding conditions for livestock manure and food waste.

1. Poultry manure was mixed with corn and extruded. When poultry manure was mixed with corn more than 30%, the optimal barrel

temperature (BT) was above 130℃ under 200 rpm of screw speed (SS) with 5.4 mm die in diameter (DD) in dry-type extruders.

2. When poultry manure mixing ratio with corn was 30:70 or 40:60, the optimal DD, SS and BT in the extruder were 3.9 mm, 250-300rpm and over 130℃, respectively.

3. Generally, the chemical compositions of animal manure were not significantly affected by extrusion. But the moisture contents of extrudates were reduced by 5% as BT was increased by 10℃ from 100 to 150℃. Crude fat contents of the extrudates were also reduced as BT was increased in the extruders.

4. Microorganisms (coliform, E. coli and salmonella) were not found when animal manure was extruded above 110℃ BT, regardless of mixing ratio of manure (30 or 40%).

5. The optimal moisture content of extrudate (manure and corn mixture) was 26-32% in terms of expansion ratio (ER) and water solubility index (WSI).

6. As the corn inclusion level was increased from 40 to 70% in the extrudates, the bulk density (BD) and ER were also improved.

7. The optimal extruding conditions for poultry manure mixture containing soybean meal were 130℃ BT and 200-250 rpm SS in the

extruders. And the ideal inclusion level of soybean meal was about 10% (10-20%) in the manure and soybean meal mixture.

8. When corn was substituted with tapioca to reduce cost in the mixture of manure and corn (50:50), the optimal substitution level of corn was 20% (manure 50 + corn 30 + tapioca 20).

9. For extrusion of the mixture with corn and swine manure (70:30 or 60:40), the optimal extruding condition was 3.5 mm DD, 250-300 rpm SS and 130℃ BT. During extrusion, crude protein content in the extrudates was not changed (13.5%), but crude fat content was reduced by 5% as BT was increased. No microbials were detected.

10. BD was 420-730g/l in the mixture of swine manure, corn and soybean meal, and it was increased as the addition level of corn was increased. ER was 1.267-1.824 and best at 130℃ BT.

11. In the extruding recycling feed (ERF) using food waste, BD was 1.16 kg/l, and ER was 0.90-1.09. So, in order to improve quality, starch addition was needed.

12. As the corn addition level was increased in the food waste, ER, WSI and GR were improved, which were related to expansion characteristics. There was no changes in chemical compositions and no microorganisms in the extrudates.

13. In the ERF using swine manure, the addition of corn improved ER, WAI, WSI and GR. At least 20% of corn addition was desired to produce quality ERF feeds. The optimal BT and mixing ratio of swine manure, food waste and corn were 130℃ and 40:40:20, respectively. There was also no microorganisms (coliform, E. coli and salmonella) in the extrudates.

Ⅲ. Feeding values of poultry manure ERF in poultry.

1. In the broiler experiment (6 weeks) using ERF diets containing poultry manure, corn and tapioca, there was no significant difference in growth rate of chicks fed between control and ERF 10% diets. But feeding ERF 10% diet reduced ($P<0.05$) growth rate of chicks as compared with control. There was no difference in feed conversion ratio (FCR) between control (1.97) and ERF 10% (2.06), but as the addition level of ERF diets was increased (above 20%), FCR was poor ($P<0.05$). Carcass % was lower in chicks fed ERF diets than control. As ERF was increased in the diets, carcass % was decreased from 70.46 to 68.58. In carcass, there was no difference in protein content (18-20%), but fat content was higher in chicks fed ERF 10% (12.89%) than control (11.17%). There was a trend to increase fat content in chicks as ERF increased. No difference was found in panel test of chicken among dietary treatments.

2. In the layer experiment using ERF diets containing poultry manure, corn and tapioca, there was no significant difference in egg production rate among treatments; control, ERF 10% and 20%. Feed intake was the lowest in control group, and slightly increased as ERF addition level was increased, resulting in poor FCR in ERF fed groups. Conversely, egg weight was heavier in ERF fed groups (20 and 40%) than control.

3. In the sheep experiment using ERF diets containing poultry manure, corn and tapioca, average daily gain (ADG) was higher in sheep fed control diet than others, but not significant difference among experimental groups except the ERF 40% group. The intakes of roughage and concentrate feeds were increased in sheep fed diets containing ERF 10, 20 or 30%, but those were reduced in sheep fed ERF 40%. So FCR was best in the control group and was improved as the inclusion level of ERF was increased. Fecal digestibility of DM was lower in ERF groups than in control, and decreased as the addition level of ERF was increased in the diet. The digestibilities of crude protein, fiber and ash were improved as ERF level was increased from 10 to 30%, but not 40%. Carcass % was also decreased as ERF was increased in the diets.

IV. Feeding values of swine waste and food waste mixture extuding recycle formula(SWERF) in poultry and swine.

1. In the broiler experiment using SWERF diets containing swine manure, food waste and corn, there was no difference in weight gain in chicks fed between control and diets containing SWERF up to 40%. However, as the addition level of SWERF in the diet was increased, feed intake was also increased, resulting in poor FCR. Carcass % was not affected by dietary treatments. Moisture, crude protein and crude fat contents in the carcass were 65.86-68.48%, 19.26-20.56%, and 11.47-12.825, respectively. Taste, juiciness and meat color in the chicken were higher in the conrol group than SWERF fed groups, but no difference was found among SWERF fed groups.

2. In the layer experiment using SWERF diets, egg production rate was significantly reduced ($P<0.05$) in layers fed SWERF 40%, but not 10 or 20%, as compared to control group. Egg production rate was also reduced when hens fed diets containing food waste (FW) 20 or 40%. Feed intake was not affected by dietary treatments. F/G was low ($P<0.05$) in layers fed diets containing SWERF 20, 40% and FW 40% as compared to control. Generally, egg weight was low in layers fed SWERF or FW, egg shell thickness (Haugh Unit) was increased.

3. In the swine experiment using SWERF diets, there was no difference ($P>0.05$) in growth performance (ADG, ADFI and F/G) among treatments during growing period, but ADG was lower ($P<0.05$) in pigs fed diets containing SWERF 40% than 10% during finishing period. F/G was improved ($P<0.05$) in pigs fed 10% SWERF diet as compared to

others. During the overall period, there was no significant difference in ADG, ADFI and F/G among treatments. DM digestibility of SWERF 40% was lower (P<0.05) than others.Energy digestibility of SWERF 20% diet was higher (P<0.05) than control and CP digestibility of SWERF 30% diet was higher (P<0.05) than control and SWERF 40% diets.Fat digestibilities of SWERF 10 and 20% diets were higher (P<0.05) than others. Digestibilities of Ca and P was lower (P<0.05) in SWERF 40% diet than others. Digestibilities of DM, crude protein and P were lower (P<0.05) in pigs fed swine manure than in pigs fed grower diet. The digestibility of energy was improved (P<0.05) when SMFW was extruded. Even though there was no difference in backfat thickness among dietary treatments, dressing % was lower (P<0.05) in pigs fed SWERF 40% than in pigs fed SWERF 10 or 20%. Chemical compositions of pork was not affected by dietary treatments, but during storage, TBARS and POV values in pork from SWERF fed groups, especially 40%, were rapidly increased (P<0.05) as compared to control group.

CONTENTS

Title : Studies on the Production System of Recycling Feed by Single Screw Extruder as a Mean of Animal Feces Processing

목　　차

제 1 절. 서　　설

제 2 절. 재료 및 방법

제 1 항. Extruder 운전 기능

제 2 항. Extrusion 방법

제 3 항. 시료측정사항 및 측정방법

제 3 절. 결과 및 고찰

제 1 항. 계분 Extruding recycling feed(ERF) 제품 생산 시험

가. Barrel temperature가 계분 ERF 제품의 물리적 성상에 미치는 영향

나. Die diameter, screw speed 및 barrel temperature가 계분 ERF 제품에 미치는 영향

1) ERF 제품의 물리적 성상

2) ERF 제품의 영양소 조성분

3) ERF 제품의 병원 미생물 조사

다. 투입원료의 수분함량이 ERF 제품의 물리적 성상에 미치는 영향

라. 옥수수(전분) 배합이 계분 ERF 제품에 미치는 영향시험

1) ERF 제품의 물리적 성상

2) ERF 제품의 영양소 조성분

마. 단백질 강화용 대두박 배합이 계분 ERF 제품에 미치는 영향시험

1) ERF 제품의 물리적 성상

2) ERF 제품의 영양소 조성분

바. 타피오카에의한 옥수수 대치가 계분 ERF 제품에 미치는 영향시

험

1) ERF 제품의 물리적 성상

2) ERF 제품의 영양소 조성분

3) ERF 제품의 병원성 미생물 분포 조사

제 2 항. 돈분 Extruding recycling feed(ERF) 제품 생산 시험

가. Die diameter, screw speed 및 barrel temperature가 돈분 ERF 제품에 미치는 영향시험

1) 돈분 ERF 제품의 물리적 성상

2) 돈분 ERF 제품의 영양소 조성

3) 돈분 ERF 제품의 병원 미생물 분포 조사

나. 돈분, 옥수수 및 대두박형 ERF 제품의 물리적 성상

다. 음식잔여물 배합 돈분 ERF 제품의 물리적 성상에 미치는 영향

라. 음식 잔여물과 옥수수 배합이 ERF 제품에 미치는 영향

1) ERF 제품의 물리적 성상에 미치는 영향

2) 음식잔여물과 옥수수 배합형 ERF 원료 및 제품의 영양소 조성

3) 음식잔여물과 옥수수 배합형 ERF 원료 및 제품의 병원성 미생물 분포 조사

마. 음식잔여물과 옥수수 배합이 돈분 ERF 제품에 미치는 영향시험

1) ERF 제품의 물리적 성상

2) ERF 제품의 영양소 조성

3) ERF 제품의 병원 미생물 분포 조사

제 4 장. 계분 ERF 제품의 생물학적 평가

제 1 절. 계분, 옥수수, 타피오카형 ERF 제품 급여가 브로일러의 증

Table Content

제 1 장. 서 론

자연계에서 가축분의 재섭취 습성은 동종 가축간 또는 다른 종 가축간에 항상 존재하는 현상이다. 자체의 부족한 영양소요구량을 충족하는 수단으로 상당한 량의 자체 분을 섭취하는 습성을 갖인 전형적인 예는 특히 돼지, 닭, 토끼, 쥐들에서 볼 수 있는데 이 현상은 자체 영양소 합성을 위한 일종의 본능적 행동이다.

그러나 현재 가축분 재회전 즉 가축분의 사료화 문제는 주로 경제적 그리고 환경적 시각에서 검토되고 있다. 첫째로 가축분은 방대하게 산재하는 값싼 영양자원인 것이다. 가축분은 좁은 지역에 집중되있기 때문에 수집하기 쉬우며 따라서 사료 자원으로서 이용하는 경우 그 비용은 주로 원료 수집비용과 가공처리 비용이 차지한다. 즉 사료원료로서는 비교적 값이 싸게되며 경영적인 면에서 이 낮은 원가로 말미암아 보다 많은 수익성을 기대할 수 있게된다. 각종 가축의 사료비는 대개 전체 생산비의 50- 80%를 차지하며 가축분을 단백질, 광물질 및 그 밖의 영양소원등 새로운 사료자원으로 이용할 때 사료비를 20- 40%로 절감할 수 있게된다. 즉 가축분을 새로운 사료자원으로 재활용하는 경제적 잠재성은 대단히 높으며 가축분 사료화에 대한 과학적 토대가 축적되가고 실제 가축분중 영양소 재회수에 대한 산업적 수익성이 입증되 갈수록 이 경향은 점차 증가될 전망이다.

둘째로 가축분이 환경오염에 미치는 영향은 점차 심각해지고 있다. 전통적으로 가축분은 그의 우수한 비료성분 때문에 주로 농경지에 뿌려져 왔다. 그러나 도시인구의 증가와 더블어 축산산업의 생산 규모가 급격히 확대 발전되면서 제한된 지역에 막대한 량의 가축분이 생산 축적하게 되고 이는 다른 농산 폐기물과 더블어 환경을 오염하는 중요 요인으로 부담을

주게 되었다.

FAO 자료에 의하면 세계적으로 산란계 및 브로일러분을 포함한 계분 생산량은 460억톤 이상 우분 9320억톤, 돈분 1090억톤, 버팔로분 1000억톤 합계 11870억톤으로 추산되며 그 25%는 수집 가능하다고할 때 가축분 약 3000억톤은 사료화 또는 다른 재활용 잠재성이 있다는 것이다.

가축분중에서 가장 중요한 성분은 단백질과 비단백태질소화합물 (NPN)로 대표되는 N성분이다. 가축에따른 분뇨중 분N 분포 비율을 보면 육우 50%, 유우 60%, 돈 33%, 가금 25%이다. 또한 가축분의 순단백질중 필수아미노산이 상당량 함유되어 있으며 그 조성은 축종에따라 크게 차이가 있다. 한편 사료중 광물질중 특히 P함량은 매우 가격이 비싼 점으로 미루어 가축분에는 Ca 및 P 함량이 비교적 높은 점에서 이를 가금 또는 돈분으로 대치할 수 있으며 따라서 첨가 비용을 절감할 수 있다.

한편 사료화를위한 가축분 처리방법으로는 1)건조방법, 2)엔시리지 처리 방법, 3)화학적 처리법, 4)배수구 산화처리법, 5)자연발효법(compost), 6) 페릿 또는 익스트루젼 처리법등 여러 가지가 있거니와 특히 가축분의 익스트루젼 처리법은 국내는 물론 외국에서도 시험 보고된 바가 없다.

최근 extrusion 처리를 통하여 각종 축산부산물을 이용하여 영양성있고 위생적인 고품질 사료원료로 가공처리하는 연구가 활발히 진행되고 있다. 즉 이들 연구에서 extrusion처리 원료로는 폐사한 닭(Blake et al., 1990; Hauge et al., 1987; Tadtiyant et al., 1993), 닭내장 및 깃털(Blake et al., 1990; Haque et al., 1991; Tadtiyant et al., 1993 Vandepopuliere, 1990), 부화부산물(Miller, 1984; Tadtiyant et al., 1993), 폐계(Haque et al., 1991) 그리고 불가식 계란(Fronning & Berquist, 1990)을 대상으로 연구된 바 있다. 또한 Yoong et al.(1993)은 가금 도체와 건조 고구마 혼합물(1:3 w/w)을 extrudion할 때 가공품의 조단배질함량이 10%이며 ME

3624Kcal/Kg 인 고품질사료를 제조할 수 있다고 하였으며 부로일러 및 칠면조에 대한 사양시험에서도 대조구인 옥수수에 비해 손색이 없었다고 한다(Ferket et al., 1995). 또한 extrusion 과정에서의 강한 열처리 효과를 통하여 원료중의 모든 세균 원충류, 곰팡이 아포 및 바이러스등은 사멸되며(Reynolds, 1990), 연구자들은 일단 extrusion 처리된 사료원료는 재오염되지 않는 한 무균상태이며 각종 병원체에 전염될 위험이 없다고 결론하고 있다.

따라서 본연구는 현재 크게 문제가 되고있는 축산 농가 환경 오염원을 최소화하기위하여 돈분 및 계분을 사료화하는 효과적인 방안을 연구하기위하여 첫째 가축분의 영양소 조성분과 병원성 미생물 분포를 분석조사하고 둘째 고압가열 압출성형장치에의한 가축분 사료(Extruded Recycle Feed : ERF)의 생산조건을 구명하고 셋째 컴퓨터를 이용하여 ERF사료를 중심으로하는 축종별 최소비용사료를 이용하여 ERF사료가 가금 육돈 및 산양에대한 적정 배합율을 시험하고자한다

제 2 장. 가축분의 영양소 조성분 및 병원미생물 조사

제 1 절. 서 론

가축분의 사료화란 사료 영양소중 미처 소화되지 않고 동물 소화기관을 통과한 부분을 재 이용하는데 있다. 닭, 돼지, 소등의 가축분 생산량의 약 25-50%는 적절히 처리할 경우 사료로 재활용 가능하다고한다(FAO, 1980; Charles, 1974). 예를들어 섭취한 사료 영양소중 재활용 잠재성은 건물 기준으로 반추동물이 약 30-50%, 돼지와 닭이 10-20%로 추산되고있다(Anthony, 1977). 실제로 가축분중에는 상당량의 단백질, 광물질, 비타민등 영양소를 포함하고 있으며 이들 영양소량은 섭취한 사료의 화학적 조성분, 사료 입자도, 소화관 통과속도등 여러 가지 요인에따라 다르게된다. 또한 가축분중 영양소의 재활용 가능성은 가축분중 영양소 조성 및 그 소화흡수율 그리고 급여하는 가축의 종류 가축분을 포함한 사료영양소의 동물체내에서의 생리적기능(유지, 증체, 임신, 유생산등)등 여러 가지 조건에 따라 결정된다. 따라서 가축분의 사료화를 위하여는 먼저 그 영양소함량과 그에 영향하는 요인들을 분명히 파악할 필요가 있다.

지금까지 가축분은 사료로 이용되지 않았기 때문에 가축분 영양성분에대한 자료는 비교적 부족한 편이다. 또한 가축분중 순단백질중 아미노산 조성은 가축종에따라 조성분이 크게 차이가 있게되며, 한편 가축분중 특히 산란계분이나 돈분에는 Ca 및 P함량이 비교적 높은 것으로 알려져 있거니와 사료중 광물질 특히 P함량은 가격이 비싸며 이들은 가금 또는 돈분

으로 대치할 수 있으며 따라서 첨가 비용을 절감할 수 있다.

본 시험에서는 가축분중 밀집 사육으로 비교적 수집 노력이 적게들고 따라서 운반비등 경비가 비교적 적게 드는 계분과 돈분에 대한 영양소 조성분을 분석 조사 하고자 하였다.

제 2 절. 재료 및 방법

제 1 항. 시료의 영양소 함량분석

가. 일반조성분

돈분 및 계분의 혼합원료 및 제품에 대한 일반조성분 함량은 AOAC(1990)에 준하여 분석하였고 비단백태 질소화합물은 12% TCA침전법에 의하여 순단백질을 정량한후 조단백질 함량에서 순단백질을 뺀 값으로 계산하였다.

나. 아미노산 조성

돈분 및 계분의 아미노산 분석은 시료 1g을 6N HCl로 산 가수분해한 다음 PITC(Phenylisothiocyanate)유도체 시약으로 반응시켜 적절히 희석한 다음 HPLC(Waters P/N 07370)에 주입하여 정량하였으며 그 과정은 다음과 같다(A, A. Handbook, 1987).

시료를 각각 1g을 취해서 6N HCl을 가한다음 Reaction Vial에 담아 150℃에서 1시간 산 가수분해 한다. 가수분해가 끝난 후, 상온으로 식힌후 10ml volumetric flask에 담아서 10ml로 채운다. 이때 물로 채워서 맞춘다.

이 액을 0.45μm Millex-HV filter로 여과한다. 그리고 Standard와 Sample 각각 50μl씩 Sample Tube에 취한다음 Workstation에서 완전히 건조시킨다. Standard는 각 Amino Acid가 2.5μmol/ml 함유된 Standard를 사용하였고 이때 cystine은 1.25μmol/ml함유된 것을 사용하였다. 재건조를 위한 시약은 Methanol: H_2O: TEA = 2:2:1(v/v)비율로 혼합하였고 이렇게 제조된 Redrying시약을 샘플튜브에 10μl씩 넣어 가볍게 흔들어 준 다음 Reaction vial을 Workstation에 장치하여 완전히 건조시켰다. 유도체화 반응을 위해서 PITC유도체 시약(MEOH:H2O:TEA:PITC = 7:1:1:1(v/v) 20μl를 각 샘플튜브에 넣어 수초간 섞은 후 실온에서 20분간 방치한 다음 다시 완전히 건조하였다. 이와같이 처리된 Standard와 Sample을 Diluent 250μl에 용해하고 HPLC에 적당량 Injection하여 아미노산을 정량하였으며 이때 계산되어진 시료의 농도에 Convertion Factor를 보정해 주었다.

다. 광물질 조성 분석

돈분 및 계분의 미량광물질 함량은 유도결합프라스마분광분석기(IPC; Inductively Coupled Plasma., Model J Y 38 plus., Jobin Yvon Co., France)를 이용하여 분석하였으며 시료의 전처리 공정을 설명하면 다음과 같다(Osborne와 Voogt, 1980). 시료 2g을 정확히 달아서 100ml Kjeldahl flask에 넣고 진한황산 100ml를 가하여 격렬하게 흔들어서 가수분해시키고 여기에 진한질산 5ml를 다시 첨가하여 혼합한 다음 열을 가하여 유기물을 완전히 가수분해 시킨다. 가수분해가 종료된 시료를 증류수로 적절히 희석한 다음 ICP에 주입 미량광물질을 분석하였다.

제 2 항. 돈분 및 계분의 pH와 총휘발성지방산 함량측정

돈분 및 계분의 pH는 시료(wet) 10g을 증류수 100ml에 혼합한후 5℃ 냉장고에서 30분간 방치하여 상등액을 얻어 pH meter(Accumet pH meter 915, Fisher Scientific Co.,)를 이용하여 pH측정을 하였다. 돈분 및 계분의 총휘발성지방산(T-VFA)함량은 시료 5g+증류수 20ml를 잘 혼합한 후 이것을 증류하여 200ml를 받은후 0.1N NaOH로 적정하였으며 mol당 mM 단위로 표기하였다.

제 3 항. 생물가(Biological Value)

단백질의 질을 측정하는 방법으로서 섭취한 단백질의 몇 %가 체내에 축적되었는가를 계산하였다.

$$\text{생물가} = \frac{\text{섭취한 질소} - (\text{분질소} - \text{대사질소}) - (\text{뇨질소} - \text{내생질소})}{\text{섭취한 질소} - (\text{분질소} - \text{대사질소})} \times 100$$

제 4 항. 소화율

육성기 사료의 소화율을 조사하기 위하여 아래공식 1 로 시험사료에 Cr_2O_3 0.3% 를 첨가하여 적응기간 4일후 5-6일차에 각 처리별로 4마리에서 분 (4반복) 을 채취하여 60℃의 건조기에 24시간 건조 후 분쇄하여 분석시료로 활용하였다.

원료사료의 소화율은 공식 1로 육성사료의 소화율을 구한 다음 공식 2로 원료사료의 소화율을 계산하였는데 산출공식은 다음과 같다.

$$\text{급여사료의 소화율}(\%) = 100-\left(100 \times \frac{\text{사료건물중 } Cr_2O_3\text{함량}(\%)}{\text{분건물중 } Cr_2O_3\text{함량}(\%)} \times \frac{\text{분중의 영양소함량}(\%)}{\text{사료중의 영양소함량}(\%)}\right) \text{ -------(공식 1)}$$

$$\text{측정사료의 소화율}(\%) = \frac{(\text{혼합사료의소화율} - (\text{기초사료의소화율} \times 0.7))}{0.3} \text{ ------(공식 2)}$$

제 3 절. 연구 결과 및 고찰

제 1 항. 계분의 영양소 조성분

계분은 밀집 사양으로 수거가 비교적 용이하고 또한 가축분중에서 영양소 특히 단백질 함량이 가장 높은 점에서 사료로 재이용 잠재성이 가장 높다. 그러나 한편 계분 단백질은 순단백질 이외에도 비단백태질소합물(NPN)이 9-14% 포함되있으며 이는 포유동물과 달리 조류인 가금은분뇨 배설기관이 구분되어 있지 않기 때문이다. 가금의 연간 분배설량은부로일러 약 4Kg 산란계 12Kg로 산란계는 부로일러보다 약 3배 많은 계분을 생산한다.가. 일반조성분 계분의 조성분은 섭취한 사료 조성분과 높은 상관이 있으며 또한 계분의 사료적 가치는 계분중의 영양소 조성에 의존되는 점을 고려하여 분은 일단 브로일러와 산란계 계분으로 구분하여 계분을 수집하여 그영양소 조성을 분석하였는데 우선 계분의 일반조성분은 표2-1, 2-2와 같다.

표 2-1은 1996년도 조사한 계분 조성분이고 표2는 1997년도 조사한 농가별 계분 조성분 성적이다. 표 2-1에서 보면 조단백질 함량은 브로일러분

32%, 산란계분 21% 으로 동일 가금이라도 육성목적 또는 육성단계에 따라 단백질 함량이 크게 다르며 특히 부로일러분이 산란계분에 비하여 현저하게 높다. 조섬유 함량은 브로일러분중 9.5%, 산란계분중 9.72%로 비교적 높으며 이것이 사료로 이용되는 경우 소화작용에 저해요인이 되기 쉽다. 계분중 단백질의 특성중 하나는 비단백태질소화합물(NPN)이 단백질중 62-65%를 차지하여 비중이 높은 점이다. 이들 순단백질과 NPN 비율은 급여사료의 질에 따라 크게 달라지는데 부로일러와 같이 고단백사료를 급여할 때 계분중 질소화합물과 광물질이 높아지고 또 뇨산 비율도 높은 반면 저영양사료를 급여한 계분은 조섬유 함량이 높다.

Table 2-1. Nutrients Composition of Poultry Waste

Chemical Composition %	Poultry Waste	
	Broiler	Layer
Moisture	68.98	76.52
Crude Protein	32.39	21.27
Ether Extract	4.81	2.32
Crude Fiber	9.50	9.72
Crude Ash	18.07	33.67
NFE	35.23	33.02
N.P.N.	14.20	9.64
G.E.(Kcal/Kg)	2735	2548

단위동물의 최종 산물이 뇨소(urea)인데 비하여 가금의 경우 뇨소 싸이클중 ornithine이 합성이 되지않기 때문에 중요 N배설 경로는 뇨산의 형태로 배설된다. 즉 가금 배설물중 NPN 부분은 purines, uric acid 및 allantoin으로 구성되며 이들은 대부분 반추동물에 급여하는 경우 장내 미생물에 의하

여 단백질로 합성될 수 있으며 특히 뇨산은 뇨소에 비하여 물에 용해성이 낮기 때문에 뇨소 보다 이용성이 높다. 이들 계분 단백질은 주로 사료중 불소화 단백질 내생 분 및 뇨질소 허실된 사료 그리고 소화기관내 또는 축적된 분중 미생물 단백질로 구성되며 이들 계분 단백질의 성계에대한 소화율은 71.8%이였다 따라서 계분은 그 이용방법만 확립되는 경우 가금, 돈 등 단위가축뿐 아니라 반추가축 사료로 재이용될 수 있는 잠재성이 높은 것이다.

Table 2-2 Nutrient Composition of Animal Waste by Collected Locations.

Composition / Farmer	Moisture in Fresh	Moisure after Drying	Protein	Fat	Ash	Fiber	NFE	Ca	P
	-------------			Layer Excreta		-------------			
Farmer A	69.61	10.24	22.33	0.92	17.57	12.89	46.29	1.42	1.10
B	64.19	9.74	26.19	0.85	19.58	11.61	41.77	1.75	1.08
C	72.03	10.91	28.51	1.69	15.14	11.25	43.40	1.69	0.95
Average	68.61	10.30	25.68	1.15	17.43	11.92	43.82	1.62	0.96
	-------------			Broiler Excreta		-------------			
Farmer A	30.04	9.43	30.21	1.32	19.51	16.70	32.26	0.71	0.70
B	60.39	9.72	30.12	3.02	14.94	17.64	34.28	0.62	0.54
C	49.97	10.20	37.98	1.95	20.81	17.01	22.25	0.62	0.38
Average	46.80	9.78	32.77	2.10	18.42	17.12	29.60	0.65	0.46

*수집조사된 계분은 배설 6시간 이내의 신선한 상태임

표 2-2에서 조단백질의 경우 브로일러 30.12 37.98%, 산란계 22.33

28.51%로 동일 계분이라도 사육농가에 따라 상당한 변이를 보이고 있다. 이는 각농가에 따라 급여사료 조성분에 차이가 있고 또 사료 급여형태 가축분 수거시 기온등의 차이에 기인하는 것으로 생각된다. 계분 단백질에 변이가 있는 사실은 Sheppard(1971) Flegal et al.(1971) Blair(1974)등 여러 연구자에 의하여 보고된바 있거니와 본 시험에서도 이들 보고와 경향을 같이하는 것이다.

Table 2-3. Energy Value of Poultry Waste.

	GE	AME	AME/GE	TME	TME/ME
Broiler Exc.	2766	953	34.82	725	75.28
Layer	2548	908	35.65	680	74.88

한편 계분의 사료가치는 그 탄수화물 수준이나 그 구성형태에 따라서도 크게 영향을 받게되는데 계분중 탄수화물 성분을 조사 분석한 결과는 표 2-4와 같다. 즉 계분 탄수화물중에는 전분등 가용성 성분인 중성세제 용해성분(NDS)이 62 69%로 높은 반면 중성세제 불용해물인 세포벽성분이 30 33%로 상대적으로 낮다. 따라서 계분은 이점에서도 사료로 재활용 잠재성이 다른 가축분에 비하여 높다 하겠다. 그러나 한편 전분 수집법으로 칙정한 대사에너지(ME)는 표 2-3과 같다. 즉 계분중 ME는 브로일러 953 KCal/Kg 산란계분 908 Kcal/Kg이며 TME는 각각 754 Kcal, 680 Kcal로 비교적 에너지가가 낮다. 이 값은 Shannon et al.(1973)이 보고한 970 Kcal 와 비슷한데 반하여 Yong & Nesheim(1972)의 660 Kcal 보다 높다. 여러 연구자들이 보고한 계분의 ME가는 480 1350 Kcal로 대체로 1000 Kcal/Kg 함유하는 것으로 보고되고있다. Yong & Nesheim(1972)는 에너지, 단백질, Ca, P의 형태로 급여할 때 건조계분의 소화율은 건물 기준

30%로 보고하고 Ousterhout & Presser((1971)는 계분 소화율 25%로 보고하고 있다. 따라서 계분 활용을 위하여는 곡류등 에너지사료의 보충이 필수적으로 필요하다.

Table 2-4. Structural Carbohydrate of Poultry Waste(%DM)

	NDF	NDS	Hemi-cellu	Cellulose	Lignin
Broiler Waste	30.24	68.72	15.80	10.88	3.10
Layer Waste	32.61	62.38	17.56	15.38	4.46

나, 계분중 아미노산 조성

계분중 아미노산 조성은 표 2-5와 같다. 즉 아미노산조성은 실질적으로 그 사료의 단백질의 질을 평가하는 지표라 할 수 있는 점에서 계분 아미노산 조성은 전체적으로 우수한 아미노산 공급원이라고 할수는 없다. 그러나 Total amino acid가 브로일러 13.50, 산란계 9.86%로 상당한 아미노산을 함유하고 있으며 그 중 필수아미노산 비율(EAA/TAA)은 브로일러 31.7%, 산란계 33.4%로 총아미노산중 약 1/3을 차지하며 산란계분이 브로일러 계분과 거의 비슷한 EAA 비율을 보이는 특징이 있다. 특히 계분에는 EAA중 제한아미노산이 되기쉬운 Methionine과 Lysine 함량이 낮은 특징을 보이고 있다.

Table 2-5. Amino Acid Composition of Poultry Waste.

Amino acids	Poultry waste	
	Broiler waste	Layer waste
Protein	32.39	25.27
EAA		
Arginine	0.785	0.624
Histidine	0.065	0.068
Isoleucine	0.238	0.266
Leucine	0.478	0.500
Lysine	0.062	0.073
Methionine	0.156	0.189
Phenylalanine	0.604	0.573
Threonine	0.253	0.242
Tryptophan	-	-
Valnine	0.404	0.443
Sub total	3.025	2.978
NEAA		
Alanine	0.396	0.416
Aspartic acid	0.113	0.118
Cystine	0.049	0.055
Glutamic acid	0.256	0.277
Glycine	0.486	0.377
Proline	1.181	0.978
Serine	0.301	0.285
Tyrosine	0.218	0.294
Sub total	2.999	2.800
TAA	6.024	5.778

*TAA(Total Amino Acids) = EAA(Essential Amino Acids) + NEAA(Non-essential Amino Acids)

다) 계분중 광물질 조성

계분중 광물질 조성은 표 2-6과 같다. 즉 광물질 조성에서 Ca과 P 함량을 보면 브로일러 0.06%, 1.86%과 산란계 2.81%, 1.87%로 계분중

에는 비교적 P함량이 높은 현상을 볼수있는데 이들은 사료중 유기태 P 이 소화과정에서 분해되어 무기태로 유리된 것으로 보인다. 반면 Ca은 사료중 함량이 높은 산란계분에 2.81%로 비교적 높게 함유하고 있다. 즉 계분은 단백질뿐 아니라 Ca P의 훌륭한 공급원이 될 가능성이있는 것이다. 그밖에 Fe Zn Mn Cu등 미량광물질도 함유되었는데 이들은 동물 성장에 직접 관계하는 광물질이다.

Table 2-6. Mineral Composition of Poulry Waste.

Minerals	Poultry Waste	
	Broiler	Layer
Calcium %	0.06	2.81
Phosphorus %	1.86	1.87
Magnasium %	0.37	0.77
Iron %	0.05	0.18
Zinc %	0.03	0.02
Manganese %	0.04	0.03
Copper ppm	128	146

제 2 항. 돈분의 영양소 조성

돈분은 배설후 조성분이 급속히 변화하는 유기물질이다. 돈분은 또한 다른 가축분에 비해 사람의 환경을 저해하기 때문에 공해문제로도 크게 대두되고 있다. 지금까지 사료자원으로 돈분 재활용에관한 시험 보고는 비교적 적다 돈분 1일 배설량은 생체중의 약 0.6 1.0%에 해당되며 건물량 기준으로 볼 때 분 77%, 뇨 23%이며 소화율이 높기 때문에 사료 영양 성분의 15 20%만이 그대로 통과한다.

가 일반조성분

육성돈과 모돈의 일반조성분은 표 2-7과 같다. 즉 돈분의 조단백질함량은 육성돈이 17.65%이며 모돈이 17.07%로 조사되었고 조섬유함량은 각각 12.66, 11.47%이다. 이들은 계분에 비하면 조단백질 함량은 낮은데 반해 조섬유 함량은 높아서 상대적으로 낮은 사료적 가치를 보이고 있다. 또한 조섬유 중 Cellulose, Hemicellulose, Lignin등 소화가 어려운 성분도 비교적 높으며 육성돈분 보다는 모돈분이 약간 높다(표 2-10). 그러나 분 배설량에서 산란계가 연간 12Kg 인데 비해 육돈은 136Kg로 연간 총단백질

Table 2-7. Nutrient Composition of Swine Waste.(%DM)

	Swine Waste	
	Growing Pig	Sow
Moisture	70.91	68.10
Crude Protein	17.65	17.07
Ether Extract	10.12	5.13
Crude Fiber	12.66	11.47
Crude Ash	15.62	23.19
N.F.E.	43.95	43.14
N.P.N.	4.91	4.82
GE(Kcal/Kg)	4409	4268

배설량으로 계산하면 돈분이 계분에 비하여 약 9.17배나 많은 것이다. 따라서 돈분을 Extrusion등 적절한 가공처리에 의해 조단백질이나 조섬유의 이용성을 향상시킬 수 있다면 돈분도 사료로서 재활용 잠재성이 있는 것으로 생각된다. 한편 표 2-8에 농가별 돈분의 일반성분에서도 조단백질은 건물

기준으로 육성돈분 19% 23%, 모돈분 18 25%로 상당한 단배질 수준을 보이는데 여기서도 농가간에 비교적 넓은 변이를 보이고 있다. 여기에는 돼지의 연령 및 생산성 그리고 급여하는 사료성분이나 사양관리법이 크게 관계하기 때문이며 따라서 실제 돈분을 재활용하려고 할 때는 어떤 평균치 보다도 실제 시료 분석이 필요하게 됨을 느낄 수 있다. 한편 조지방 함량은 육성돈이 5.03%, 모돈이 4.96%로 계분에 비하여 높으며 가용무질소물도 각각 43.11%, 45.43% 함유하고 있다.

Table 2-8. Nutrient Composition of Swine Waste by Collected Locations.

	Moisture in Fresh	Moisture after Drying	Protein	Fat	Ashes	Fiber	NFE	Ca	P
	-------------		Growing Pig Excreta				-------------		
Farmer A	69.29	11.73	20.22	2.83	19.35	12.23	45.37	3.06	1.88
B	63.89	7.72	19.51	5.56	20.25	12.08	42.59	278	1.66
C	67.99	11.95	22.81	6.69	17.91	11.21	41.38	2.56	1.48
Average	67.06	10.47	20.85	5.03	19.17	11.84	43.11	2.80	1.71
	-------------		Sow Excreta				-------------		
Farmer A	68.67	15.98	24.68	6.90	14.73	11.63	42.08	2.73	1.62
B	73.56	10.19	17.66	1.94	18.91	11.53	50.74	2.10	1.95
C	70.30	15.07	20.01	6.03	17.84	11.65	43.48	2.72	1.80
Average	70.84	13.75	20.78	4.96	17.16	11.60	45.43	2.85	1.79

그러나 조섬유는 육성돈분 11.84%, 모돈분 11.6%로 비교적 높은 특징을 보인다. 또한 광물질중 Ca, P함량은 육성돈분에서 각각 2.80%, 1.71%이며 모돈분에서는 2.85%, 1.79%를 함유하고 있어 육성돈과 모돈분 사이에 현저한 차이가 보이지 않는다.

Table 2-9. Digestible Energy Value of Swine Waste.

	Gross Energy Kcal/Kg	Digestible Energy Kcal/Kg	DE/GE(%)
Swine Waste	4220	2244.20	53.18
40% SW Mix	4690	2952.82	62.96
Extruded SW Mix	4740	3334.59	70.35

*SW Mix: Swine Waste 40%, Food Waste 40%, Corn 20%

또한 육성돈에 대한 돈분의 에너지가 측정 결과는 표 2-9와 같다. 즉 돈분의 가소화에너지(DE)는 2244 Kcal/Kg 이며 이는 총에너지의 53.18%에 해당되는 것이다. 이는 또한 돈분의 소화율이기도한 것이다. 한편 돈분 40% 혼합 원료의 DE는 2952 Kcal이며 원료를 Extrusion 할 때 DE는 3334Kcal 이다. 즉 여기서 돈분 혼합원료는 Extrusion함으로서 DE 약382 Kcal/Kg 가 증가하는 효과를 얻고 있으며 이는 Extrusion의 큰 효과라 할 수 있다.

한편 돈분의 사료가치는 그 탄수화물 수준이나 그 구성형태에 따라서도 크게 영향을 받게되는데 돈분중 탄수화물 성분을 조사 분석한 결과는 표 2-10과 같다. 즉 계분 탄수화물중에는 전분등 가용성 성분인 중성세제 용해성분(NDS)이 54-58%로 높은 반면 중성세제 불용해물인 세포벽성분이 40-43%로 상대적으로 낮다. 따라서 돈분은 이점에서도 사료로 재활용 잠재성이 다른 가축분에 비하여 높다 하겠다.

Table 2-10. Structural Carbohydrate of Swine Wste.

	NDF	NDS	Hemi-cellu	Cellulose	Lignin
Pig Waste	45.84	58.47	22.48	17.87	5.21
Sow Wste	47.28	54.56	23.62	18.53	5.62

나. 돈분의 아미노산 조성

돈분 단백질의 아미노산 조성은 표 2-11과 같다. 즉 총아미노산량은 육성돈분 12.11%, 모돈분 10.51%로 각각 총단백질의 68.61%, 61.57%를 차지하여 비교적 아미노산 비율이 높다. 또 필수아미노산은 각각 6.77%, 6.34%로 총아미노산중 55.9% 60.3%를 차지하여 필수아미노산 비율이 계분에 비하면 높다. 그러나 제한아미노산중 lysine과 methionine 함량이 비교적 낮은 결함이 보인다. 돈분의 아미노산 조성은 섭취 사료의 단백질수준과 돈분의 가공처리 방법등에 따라 크게 달라지게 될 가능성이 있다.

다. 돈분의 광물질 조성

돈분중 광물질 조성은 표 2-12와 같다. 돈분중에는 Ca 함량이 육성돈 3.34%, 모돈분 2.66%인데 비하여 P 함량은 육성돈분 2.25%, 모돈분 2.23%로 Ca함량과 더블어 P함량이 비교적 높고 또한 Ca:P 비율도 1:1 또는 1.5:1로 바람직한 비율로 함유되있다. 따라서 돈분은 Ca및 P공급원으로도 효과적으로 이용할 수 있다. 이들은 주로 사료중 유기태인이 소화과정에서 장내미생물등에 의해 분해된 것으로 생각된다. 그밖에 미량광물질인 Fe, Zn, Cu등 함량도 크게 도움이 될 것이다.

Table 2-11. Amino Acids Composition of Swine Waste.

	Swine Waste	
	Growing Pig	Saw
Protein	17.65	17.07
EAA		
Arginine	1.398	1.240
Histidine	0.166	0.091
Isoleucine	0.659	0.531
Leucine	1.333	1.228
Lysine	0.441	0.432
Methionine	0.281	0.405
Phenylalanine	1.037	1.096
Threonine	0.463	0.425
Tryptophan	-	-
Valnine	0.979	0.894
Sub total	6.757	6.342
NEAA		
Alanine	1.208	0.841
Aspatic acid	0.330	0.210
Cystine	0.039	0.027
Glutamic acid	0.995	0.716
Glycine	0.665	0.503
Proline	0.956	0.778
Serine	0.628	0.525
Tyrosine	0.529	0.572
Sub total	5.352	4.172
TAA	12.109	10.514

* TAA(Total Amino Acids) = EAA(Essential Amino Acids)
+NEAA(Non-essential Amino

Table 2-12. Mineral Composition of Swine Waste.(% DM)

Minerals	Swine waste	
	Grower	Sow
Calcium %	0.34	0.66
Phosphorus %	2.25	5.46
Magnasium %	2.91	3.23
Iron %	0.29	0.32
Zinc %	0.05	0.04
Manganese %	0.04	0.04
Copper ppm	516	157

제 3 항. 돈분 및 계분의 조성분 변화

가축분을 사료화하기 위하여는 가축분 조성분과 조성분에 영향하는 요인을 파악하는 일이 중요하다 가축분의 조성분은 주로 섭취한 사료 조성분과 직접 상관이 있거니와 그 밖에도 분 조성분에 크게 영향을 미친는 요인은 가축분의 저장기간 및 저장온도이다. 지금 환경온도가 가축분 성상에 미치는 영향을 보기 위하여 먼저 계절별 돈분 및 계분의 조성분을 보면 표 2-13과 같다. 표2-13에서 조단백질은 돈분 17.07-18.59%이며 산란계분은 21.27-24.88%로 수집 시기 즉 계절에 따라 차이가 보인다 즉 봄이나 가을에비하여 여름철 함랴이 약간 떨어지고 있으며 조지방에서도 같은 경향이 발견된다 그러나 조섬유 및 조회분은 어름철 함량이 가장 높다 곧 신선한 가축분일 때에도 조성분은 계절에 의해 영향을 받고있는 사실을 알 수 있다.

Table 2-13. Chemical Composition of Poultry and Swine Waste by Collected Date.

Chemical Composition	Growing Pig Waste			Layer Hen Waste		
	April 7	July 7	October 7	April 7	July 7	October 7
Moisture	72.99	70.91	70.33	77.89	75.42	77.15
Crude Protein	18.59	16.07	17.25	23.38	21.27	24.88
Ether Extract	12.31	11.24	14.33	2.63	2.18	2.80
Crude Fiber	11.89	12.07	11.51	9.43	9.61	8.17
Crude Ash	12.71	11.13	13.69	14.66	13.67	11.41
NFE	44.50	49.49	43.22	50.90	53.27	52.74
N.P.N	5.23	4.89	4.95	16.42	15.78	16.85

*Date express the day samples were collected.

한편 저장시 환경온도가 가축분 조성에 미치는 영향을 파악하기 위하여 계분 저장기간을 24, 48 및 72시간으로할 때 계분의 일반성분은 표 2-14와 같다. 또한 환경온도별 수집 시간에 따른 가축분의 수분 및 단백질 함량 변화 조사 성적을 보면 그림 2-1 및 2-2와 같다. 수분은 24시간내 시간이 경과함에 따라 급속히 감소하며 특히 고온일수록 감소율이 크게 되거니와 이는 예상되는 현상이다. 한편 돈분 및 계분의 단백질의 경우 15℃ 이하에서는 72시간 조사기간중 단백질함량이 서서히 감소하는데 비하여 25℃에서는 저장 2-6시간내에 함량이 급격히 감소하고 있다. 또한 저장기간에 따른 계분의 NH3 발생도 조사 결과를 보면 표 2-15과 같다. 즉 산란계분의 경우 수집후 3시간내 NH3 함량이 약 6배로 증가하며 이는 뇨산의 분해속도가 그 만큼 빠르기 때문이다. 이같은 현상은 가공처리를 위해 저장한 가축분은 저장기간에 따라 영양소의 손실이 상당하고 특히 저장온도나 계분의 수분함량이 높은 경우엔 분해효소의 활성을 활발하게하여 결국 영양소

손실도가 크게 되는 요인이 되는 사실을 입증하고 있다. 따라서 돈분 및 계분을 사료화하기 위하여는 가능한한 신선한 상태에서 수집하거나 또는 저수분상태나 저온에서 저장하는 것이 중요하다.

Table 2-14. Chemical Composition of Poultry Waste by Storage Hours

	Stored 24 Hrs	Stored 48 hrs	Stored 72 hrs
Mosture %	4.94	4.90	4.52
N X 6.25	31.02	16.60	16.43
Pure Protein	15.16	10.66	8.08
NPN	15.86	5.94	8.35
Ether Extract	5.20	5.87	5.45
Fiber	10.51	-	-
Ash	29.44	32.42	32.91

Table 2-15. Ammonia and Volitable Fatty Acids Density by Storage Hours of Poultry Waste

Exposure Hrs	pH	Ammonia	T.VFA
0	7.00	0.031	0.19
1	6.97	0.068	0.10
2	6.94	0.042	0.07
3	6.87	0.205	0.05
4	6.75	0.164	0.04
5	6.50	0.184	0.03

*TVFA: Total Volitable Fatty Acid.

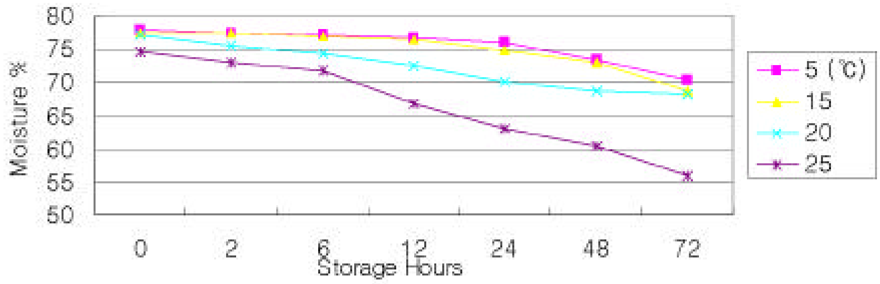

Fig. 2-1. Effect of Storage Temperature on Moisture Content of Poultry waste

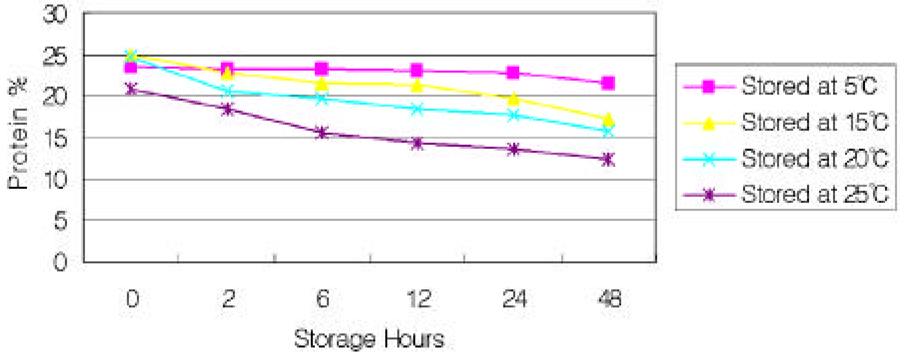

Fig. 2-2. Effect of Storage Temperature on Protein Content of Poultry Waste

이 밖에도 가축분의 영양소 조성분은 다음 요인들에 의해 영향을 받게 되는 사실에서 처리 가공을 위하여 가축분을 수집할때는 가능한한 원료에 대한 영양소 조성을 일단 분석 파악할 필요가 있게 된다. 그 요인들로는 1) 가축의 종류, 2) 생산능력과 영양소섭취량 및 소화흡수율, 3) 사양관리조건, 4) 사료허실량, 5) 사료중 영양소 함량 및 기별 사양조건, 6.) 가축분 처리조건, 7) 깔짚 조건, 8.) 환경조건 등을 들수 있다.

제 4 항. 음식잔여물의 영양소 조성분

음식잔유물이란 사람이 식품으로 이용하고 남은 잔여물을 말하며 따라서 이들은 영양가가 높은 양질의 자원이다. 그러나 외기온이 높거나 보존시간이 오래될수록 음식잔유물중에는 각종 세균이 번식할 뿐만아니라 악취가 발생하여 유해식품이 되기 쉽다. 따라서 음식잔여물이 변질되기전에 적절히 처리할 수만 있다면 이들은 훌륭한 사료자원으로 이용할 수 있게 되는 것이다.

가). 음식잔여물의 일반조성분

춘천시내 아파트에서 나오는 음식잔여물의 일반조성분 및 총에너지(GE)함량을 보면 표 2- 16과 같다. 즉 표 2- 16은 5월부터 9월까지 매월 시료를 수집하여 분석한 성적으로 건물이 90 95%로 건조시킬 때 조단백질 13 26%로 대체로 육성돈의 단백질요구량 15% 보다 높은 함량을 나타내고 있다. 그러나 단백질함량을 비롯한 모든 조성분이 음식잔여물 수거시기에 따라 큰 차이를 보이고 있는 점이 특징으로 대두된다. 조단백질을 보아도 여름철인 6, 7, 8월에는 11.3% 13..3%인데 반해 5월과 9월은 21

26%로 두배 이상의 차이를 나타낸다. 이는 계절에 따른 음식의 차이에서 오는 것으로 즉 여름철에는 야채나 과일 껍질등 섬유질이 음식잔여물의 주류를 이루는데 기인하는 것으로 생각된다. 한편 조지방 8.92 12.32%로 비교적 지방함량이 높으며 가용무질소물(NFE)은 30.55 46.99% 범위로 대표적인 사료자원인 대두박에 비해 높으나 옥수수에 비해 낮은 함량을 보여준다. 또한 총에너지(GE)는 4528 4624 Kcal/Kg의 범위로 옥수수나 대두박에 비해 약간 낮은 경향을 보인다. 특이할 사항은 조회분 함량으로 8.32 19.34%의 넓은 변이를 나타내며 대체로 조회분 함량이 상당히 높다는 점이다. 이는 음식물중에 갈비뼈등 동물 골분이 다량 함유된 때문으로 생각되는데 이러한 점은 사료배합시 유의해야 할 것으로 생각된다.

나. 음식잔여물중의 아미노산함량

표 2-17에는 음식잔여물의 아미노산 조성을 분석하여 제시하였다. 음식잔여물중에 조단백질 함량이 높은 점과 관계하여 그 분해산물인 아미

Table 2-16. Chemical Composition of Food Waste in Chunchon Area by Month

	5월	6월	7월	8월	9월
Moisture	6.41	7.32	9.39	6.73	7.12
Crude Protein	26.46	13.32	11.58	11.32	21.13
Ether Extract	12.32	11.27	10.93	8.92	10.32
Crude Fiber	5.53	6.27	7.82	8.93	6.12
NFE	30.55	44.28	46.94	46.98	46.99
Crude Ash	18.73	17.56	19.34	17.12	8.32
Gross Energy (Cal/g)	4624	4570	4581	4616	4628

Table 2-17. Amino Acid composition of Food Waste (%DM)

	A	B	C	Mean
C.Protein	24.33	25.08	25.41	25.51
Arginine	1.04	1.53	1.25	1.27
Cystine	0.59	0.31	0.47	0.46
Histidine	0.67	1.39	1.13	1.06
Isoleucine	0.57	0.64	0.43	0.56
Leucine	1.06	1.22	0.72	1.00
Lysine	1.05	1.02	0.64	0.90
Methionine	0.38	0.31	0.19	0.29
Phenylalanine	0.56	0.52	0.48	0.52
Threonine	0.58	0.83	0.63	0.68
Valine	0.99	0.95	0.66	0.87
TEAA	7.49	8.72	6.60	7.61

* ABC refers the different collecting days of food waste

노산 함량도 대체로 높은 경향을 보인다. 대부분의 아미노산 함량이 곡류 사료인 옥수수 보다는 높은데 반하여 식물성 단백질 사료인 대두박에 비하면 낮은 경향이다. TEAA함량에 있어서는 6.6-8.72%로서 평균 7.61%로 필수아미노산 함량은 자돈(10-20Kg)이나 중돈(20-50Kg)의 요구량에 비교해 볼 때 대부분의 필수아미노산은 요구량 이상으로 높은데 반해 제한아미노산인 lysine과 methionine 함량이 음식잔유물 수거시기에 따라 낮은 경향을 보인다.

다. 광물질 함량

음식잔여물중 광물질 함량은 특이하게 높다(표 2-18). 따라서 Ca 및 P함량도 각각 1.37%, 1.28% 로 Ca:P 비율도 1:1로 Ca과 P 공급제로 바람직한 비율을 갖고 있으며 또한 대표적 사료인 옥수수나 대두박에 비해

월등히 높은 것은 물론 돼지 요구량에 비해서도 현저히 높다. 즉 음식잔여물을 100% 양돈사료로 급여할 때 이들 Ca이나 P을 별도급여할 필요가 없으며 오히려 과잉할 가능성이 있다.

Table 2-18. Mineral Composition of Food Waste

Minerals	Content
Ca (%)	1.37
P (%)	1.28
NaCl (%)	3.28
K (%)	0.54
Mg (%)	0.20
Fe (mg/Kg)	315
Mn (mg/Kg)	55.6
Zn (mg/Kg)	66.3
Cu (mg/Kg)	15.8

다만 염분(NaCl) 이 3.28%로 함유하여 월등히 높은점이 문제가 될 가능성이 있다. 그러나 돼지의 경우 신선한 물을 충분히 급여하는 한 염분에 대한 내성이 상당히 높다고 한다(NRC1980). 음료수의 경우 염분이 6000mg/l 까지 용해된 때 한번 염분수에 익숙한 돼지는 별 유해작용이 없다. 특히 급수가 불충분한 경우 사료중 염분 2.0%이상을 급여할 때 중독증상이 나타나기 시작하며 특히 6-8% 함유되면 염분 중독증상이 나타난다고 한다. 연분 중독은 체내 수분 균형을 파괴하며 신경과민, 보행불능, 마비, 간질성 혼미등 증상이오고 심하면 폐사에 이른다.

제 5 항. 가축분 및 음식잔여물중 병원성 미생물 분포현항

본 시험의 목적의 하나인 가축분이 환경 공해에 미치는 영향을 최소화하고 또한 가축분 재활용상 문제가 되는 가축분을 매개로한 각종 병원성 미생물의 오염 가능성을 조사하기 위하여 돈분 및 계분의 병원미생물 분포상황을 검색 작업을 실시하였다. 신선한 돈분 및 계분을 수집후 상온(20℃)에서 0일, 3일, 7일 보관할 때 보관 일자별 대장균, 살모넬라 등 병원미생물을 조사한 결과는 표 2-19와 같다. 신선한 돈분의 경우 E. coli와 Salmonella는 검출되지 않고 Coliform만이 검출되었다. 그러나 저장일수 3일 조사시에는 브로일러분, 산란계분, 육성돈분 및 모돈분등 모든 가축분에서 Coliform, E. coli, Salmonella 등의 병원미생물이 검출되었을 뿐만아니라 시간이 경과함에 따라 균수가 급격히 증가하였음을 볼 수 있다. 또한 사육농가별 돈분 및 계분의 병원 미생물 조사 성적은 표 2-20과 같다. 여기에서도 Coliform, E. Coli, Salmonella균이 정도의 차이는 있으나 모든 농가에서 검출되었다. 즉 산란계분은 C농가에서 부로일러분에선 A농가 육성돈분은 C농가가 그리고 모돈분은 B농가에서 변원미생물이 가장 심하게 검출되었다. 이는 농가의 가축 사육환경 그리고 가축 위생관리와 관계가 있는 것으로 보인다.

한편 음식잔여물 미생물 검출성적은 표 2-21과 같다. 즉 음식잔여물 100%구에서도 Coli form이 500×107 /g, E. Coli가 471×10//g 이 검출되고 계분과의 배합율이 증가할수록 미생물수는 현저히 증가하는 현상을 보이고 있다. 이는 가축분 뿐만 아니라 음식잔여물에도 각종 병원성 미생물이 번식하고 있음을 입증하고 있으며 그 결과 가축분이나 음식잔여물에 함유된 영양소 손실과 각종 악취 발생의 원인이 되고 나아가 가축질병의 매개 가능성이 높고 결국 생활환경 오염원이 될 것으로 생각된다.

Table 2-19. Microbiological Evaluation of Swine and Poultry Waste

	Days after Excreted			Days after Excreted		
	0	3	7	0	3	7
	-------------------- Pig Waste --------------------					
	Growing Pig			Sow		
Coliform	78X107	210X106	280X108	116X107	218X106	310X108
E.coli	ND	130X106	175X106	ND	150X106	230X108
Salmonella	−	+	+	−	+	+
	-------------------- Poultry Waste --------------------					
	Broiler			Layer		
Coliform	104X107	200X107	430X107	110X107	280X107	520X108
E.coli	5X107	136X107	321X107	2X107	215X107	478X108
Salmonella	+	+	+	+	+	+

＊ ND : Not detected., − : Negative Salmonella., + : Positive Salmonella.

Table 2-20. Microbiological Evaluation of Animal waste by Collected Location.

		Coli form	E. Coli	Salmonella
		-------------	Layer Waste	-------------
Farmer	A	22 × 103	138 × 106	+
	B	71 × 106	47 × 106	+
	C	149 × 106	116 × 106	+
		-------------	Broiler Waste	-------------
Farmer	A	343 × 103	138 × 106	+
	B	22 × 106	11 × 106	+
	C	97 × 108	24 × 108	+
		-------------	Growing Pig Waste	-------------
Farmer	A	240 × 104	62 × 104	-
	B	TNTC	TNTC	-
	C	360 × 104	165 × 104	-
		-------------	Sow Waste	-------------
Farmer	A	74 × 103	72 × 103	-
	B	201 × 103	200 × 104	+
	C	2 × 106	4 × 106	-

* + : Positive Salmonella.

Table 2-21. Microbiological Evaluation of Food and Poultry Waste Mixture. (Unit : counts/gram)

ERF formula	Coli form	E. Coli	Salmonella
Food Waste 100	500 × 107	471 × 107	+
Food Waste 80 + DPW 20	636 × 107	510 × 107	+
Food Waste 60 + DPW 40	650 × 107	581 × 107	+
Food Waste 40 + DPW 60	660 × 107	746 × 107	+
Food Waste 20 + DPW 80	701 × 107	757 × 107	+

* + : Positive salmonella. DPW: Dryed Poultry Waste

가축분중 병원성 세균에 대한 조사연구는 지금까지 비교적 많이 축적되었다. 신선한 산란계분중 40%가 Bacillus spp., Proteus spp., E.coli 및 기타 Enterbacteriaceae를 검출했으며 계분의 60%에서 Coliform이 검출되었다(Zindel, 1970). 또한 계분에서 12종의 세균을 검출하였는데 Penicllium, Scopulriopsis , Candida 가 그 중 많았으며 coliform과 E. coli는 모든 시료에서 검출되었는데 반해 Salmonellae는 검출되지 않았다고 한다(Lovett et al., 1971). 그러나 이들 세균을 멸균할 수 있는 온도나 멸균 시간은 세균에 따라 서로 다르지만 대부분의 병원성 세균은 68.3℃에서 60분간이면 효과적으로 멸균이 가능하다고 한다(Messer et al., 1971). 그러나 단순히 건조시에는 150℃에서 최소한 3시간이 필요하며 이보다 저온인 100℃에서 48시간 멸균시에도 효과가 없었다는 보고도 있다(Fontenot et al., 1971). 대체로 Salmonlla spp. 또는 유사 세균은 45℃에서 성장이 중지되고 55-60℃에서 30분내에 사멸한다고 한다(Muller, 1980). 이러한 사실은 가축분을 사료자원으로 재활용하기 위하여는 무엇보다 먼저 이들 병원성 미생

물의 완전한 멸균 과정을 거처야 하며 그 중에서도 고온에서 가열처리가 가장 효과적인 사실을 강조하게 되는 것이다.

제 3 장. 가축분의 Extrusion 적정 조건 시험

제 1 절. 서 론

사료화를 위한 가축분 처리방법으로는 1)건조방법 2) 엔실리지 처리방법 3) 화학처리법 4)배수구 산화처리법 5) 자연발효법(compost) 6) 페릿 또는 Extrusion 처리법등 여러 가지가 있거니와 특히 가축분의 Extrusion 처리법은 국내는 물론 외국에서도 시험 보고된 바가 없다.

원료사료의 Extrusion cooker는 단일 기계장치(extruder)를 사용하여 여러 가지 기능을 수행한다. 즉 extruder는 비교적 고온(110 160℃) 고압력(기압 20 40) 하에서 저수분의 단미사료 혼합물이나 생중합체(biopolymer)를 비교적 단시간내(30초)에 연속적으로 처리한다(Camire et al., 1990). 원료가 extruder barrel에서 대기중으로 나오면서 압력이 급강하하며 이때 원료는 팽창하고 부분적으로 탈수가 되는 것이다. extruder는 내부온도나 압력, 원료의 수분함량등 처리조건에 따라 다양한 기능을 수행하거니와 그 중요 기능으로는 원료의 분쇄, 탈수, 절단, 혼합, 압착, 가열처리, 전분호화(starch gelatinization), 단백질변성(protein denaturation), 각종 미생물 파괴, 각종 원료의 결착 및 성형 팽창 촉감의 변화 그리고 부분 탈수등 다양한 기능을 나타낸다(Cheftel, 1986).

사료공업에서도 extruder는 각종 애완동물사료와 양어사료 제조에 이용되고 있다. 여기서도 extruder는 바렐내 스크류간의 마찰열, 압력, 마쇄등에 의하여 사료원료는 저불 멸균 탈수 부산물 성분은 안정되고 따라서 사료원료의 품질이 향상되는 효과를 얻게되는 것이다.

최근 extrusion 처리를 통하여 각종 축산부산물를 이용하여 영양성있고 위생적인 고품질 사료원료로 가공처리하는 연구가 활발히 진행되고 있다. 즉 이들 연구에서 extrusion처리 원료로는 폐사한 닭(Blake et al. 1990); Hauge et al. 1987; Tadtiyant et al. 1993), 닭내장 및 깃털, (Blake et al.,1990; Haque et al., 1991; Tadtiyant et al., 1993 Vandepopuliere, 1990) 부화부산물,(Miller, 1984; Tadtiyant et al., 1993) 폐계(Haque et al., 1991) 그리고 불가식 계란(Fronning & Berquist, 1990)을 대상으로 연구된 바 있다. 또한 extrusion 과정에서의 강열한 열처리 효과를 통하여 원료중의 모든 세균 원충류, 곰팡이 아포 및 바이러스등은 사멸되며(Reynolds, 1990) 연구자들은 일단 extrusion 처리된 사료원료는 재오염되지 않는 한 무균상태이며 각종 병원체에 전염될 위험이 없다고 결론하고 있다.

따라서 본시험에서는 extrusion 처리에 의한 가축분의 사료화를 위하여 extrusion 조건에 따른 돈분및 계분의 물리화학적 성상을 구명하고 가축분의 extrusion 최적조건을 조사하고자 한다.

제 2 절. 재료 및 방법

제 1 항. Extruder 운전 기능

본 시험에 사용된 extruder는 남성농산(주)에 의뢰 제작한 single screw extruder로 Barrel 외측에 가열 또는 냉각 장치가 부착되었으며 또한 원료의 투입을 일정하게 유지하도록 생산량을 고정하였으며 주스크류는 Inverter를 이용하여 원하는 목적에 따라 선택토록 되었는데 그 중요 용량은 다음과 같다.

○ Main motor : 20HP (380V, 3 phase)

○ Barrel : 62mm 4 straight groove

○ Main screw : L/D ratio: 20, Compression ratio: 3.5:1,
Diameter: 56.1mm, Length: 1,122mm,
Screw tip: constant pith

○ Screw speed: (0 350rpm, stepless speed control)

○ Raw material feeder : forced feeding by feed screw
stepless speed control (0 150rpm)

○ Die : flat type with orifice type die (die diameter 3.9mm, 4.3mm, 5.3mm, K=0.2)

본 Extruder는 주로 가축분 extruding을 목적으로 제작하였거니와 실제 농촌에서 실용할 사정을 참작하여 첫째 Extruder 가격이 과도하게 고가인 것을 피하고 둘째 Barrel 내에서 가축분이 가급적 잘 혼합 마쇄될수있도록 원료투입장치에 feed screw에 의하여 forced feeding되도록 하였으며 Barrel screw 의 compression ratio를 3.5:1 L/D ratio 20인 것을 선택하였다. 셋째 Extruder의 온도 조절를 원활하게 하기위하여 Barrel 주위에 Heating system을 부착하였다. 넷째 제품의 팽화도를 비롯한 제조 조건을 조절할수있게 하기 위하여 Die diameter와 Screw speed를 일정 범위내에서 임의 조절할 수 있게 하였다.

즉 Single-screw extrruder의 기능은 주로 die에 의한 압력도, barrel 온도로 조절되는 barrel벽 활강도 그리고 screw의 충진도 등 요인에 의해 영향된다. screw의 충진도는 원료 투입속도, screw speed, 원료 점착성에따라 결정되며 이들 요인들이 서로 연계하여 Single=screw extruder의 적응범위와 운전 범위를 결정되는것이다. Screw 출력은 또한 근본적으로

main moter 용량과 L/D 비율에따라 달라지게된다.

제 2 항. Extrusion 방법

Extrusion 방법은 시료를 autogenous type extruder에 적절한 수분 함량을 고려하고, 실험목적에 부합되도록 가수량을 계산하여 Hobart Mixer 속에서 배합하였으며 혼합된 시료는 밀폐 플라스틱용기에 넣어 수분평형이 이루어지도록 상온에서 24시간 방치한 후 사용전에 재 혼합하였다. Barrel Temprature는 90, 110, 130 및 150℃의 조건에서 그리고 Screw speed 는 200 350 rpm 범위에서 조절하하였으며 orifice type die 직경은 3.9, 4.3, 또는 5.3mm 중 1개를 부착한 조건에서 extrusion을 실시하였다. 각 시료마다 extrusion 30분 경과후 즉 기계적 평형상태에 도달했을 때 시료를 채취하였고, 온도측정은 T1, T2, T3(사출판과 주스크류 사이)에 온도측정 센서를 이용하여 온도기록계로 측정하였고 압력측정은 사출판 직전에 압력센서를 부착하여 압력을 기록하였다.

생산된 extrudate는 통풍건조기로 수분함량이 7%정도까지 건조하여 Willy mill에서 100mesh로 분쇄하여 분석에 사용하였다.

제 3 항. 시료 측정 사항 및 측정방법

가. 일반성분 분석

분석실험용 시료의 수분, 조단백질, 조지방, 조섬유 및 조회분 등은 A.O.A.C(1990) 방법에 따라 분석하였다.

나. 단위시간 및 일일 생산능력

실험목적에 따라 주스크류의 회전속도를 정립하고 원료를 투입한 후 extrusion을 실시하면서 사출구를 열은 상태에서 기계적 평형에 도달한 후 정확히 1분간 시료를 채취하여 기록하고 단위시간당 투입량 및 산출량을 계산하여 제품의 단위시간당(kg/hr) 생산능력을 조사하였다.

다. 사료밀도(Bulk density:FD)

Extrudate의 사료밀도(Bulk density: BD)는 Bhattacharya 등 (1986)의 방법에 준하여 건조된 sample의 부피와 무게로부터 계산하였다. 1000 CC 용량의 mass beaker에 유채씨앗을 채운 다음 일정량의 시료를 유채씨 대치하여 꽂아 넣은 후 실린더 눈금을 맞춘다. 이때 사용된 extrudate의 무게를 측정하고 전체부피에서 사용되었던 유채씨앗의 부피를 뺀 값이 extrudate의 부피가 되며 5회 반복 평균값으로 사용하였다.

$$\text{Bulk Density} = \frac{\text{extrudate wt.(Kg)}}{\text{extrudate Volume (l)}}$$

라. 팽화율(Expansion Ratio:E.R)

팽화율(expansion ratio)은 extrudate의 직경과 사출구 직경의 비율로써 나타냈으며 extrudate의 직경은 Vernier Caliper를 사용하여 무작위로 20개의 extrudate 직경을 측정하여 평균값을 사용하였다.

$$\text{팽화율 (E.R)} = \frac{\text{extrudate의 직경 (de)}}{\text{사출구의 직경 (dm)}}$$

마. 수분흡수지수(Water Absorption Index; WAI)과 수분용해지수 (Water Solubility Index; WSI)

시료의 수분흡수지수과 수분용해지수는 Anderson 등(1969)의 방법을 사용하였고 측정방법은 다음과 같다.

분말시료(60 80mesh) 2.5g(dry basis)을 50㎖ 삼각플라스크에 넣고 25㎖ 증류수를 가해 현탁액을 만든 다음 30℃ 수욕조에서 30분간 shaking을 한후 원심분리관에 부어 32.5g이 되게 한다. 그 다음 3,000 × g에서 10분간 원심분리하여 상등액과 침전물을 조심스럽게 분리한 후 침전물을 평량하여 건조시료 그람당 흡수된 수분의 양을 수분흡수지수(water absorption index)로 하였고, 상등액은 모두 증발접시에 취하여 105℃ dry oven에서 항량이 될때까지 건조한 후 남은 고형분의 양을 최초로 취한 시료양의 백분율(%)로 표시하여 수분용해지수(water solubility index)으로 하였다.

바. 호화도(Gelatinization rate:GR)

곡류중심의 시료에 호화된 전분의 정도를 양적으로 정량하는 방법으로 호화된 전분은 glucoamylase에 의해 쉽게 glucose형태로 소화된다는 원리에 따라 탄수화물이 풍부한 기질에 70분 정도의 가수분해로 얻을수 있다.

샘플(40mesh)을 정확히 0.5g칭량하여 100ml volume flask에 넣고 무게를 측정한 다음 두개의 flask에 증류수 25ml를 넣고 하나를 blank라 한다. 처음 flask에 2N NaOH 10ml를 넣고 heater에 올려놓고 20분 동안 가열한다. 끓고난후 2N HCl 10ml를 추가하고 두개의 flask에 1N acetate buffer를 10ml 측정하여 넣는다. 50℃이상을 넘지 않게 식힌후 Diazyme enzyme solution을 5ml를 추가하여 넣고 40℃ 수조에 70분간 incubation한다. 정확히 70분후에 수조에서 제거하고 즉시 25% TCA 5ml를 가하여 실온까지

식히고 증류수로 표선까지 채운다. Glucose analyzer(YSI 2700)로 glucose 양을 정량한다.

사. 질소 용해 지수(Nitrogen Solubility Index:NSI)

시료의 질소 용해 지수(NSI)는 AACC법에 준하여 실시하였다. 시험방법은 400ml beaker에 분말시료(10 16 mesh) 5g을 정량하여 30℃의 증류수를 200ml 정량한 다음 30℃, 120rpm에서 120분간 교반하여 250ml 표선까지 채운다. 이중 50ml 원심분리용 튜브에 상등액 40ml를 취하여 1500rpm에서 1 분간 원심분리한다. 원심분리한 시료는 glass wool에 여과하여 이물질을 제거한 후 25ml를 취하여 250ml로 채운 뒤 25ml를 취하여 micro-kjeldahl법에 의하여 질소를 정량하여 산출하였다. 질소용해지수는 시료의 수용성 질소를 총질소로 나누어 백분율로하여 나타내었다.

아. 시료의 비단백태 질소화합물의 정량

돈분 및 계분의 혼합원료 및 제품에 대한 일반조성분 함량은 AOAC(1990)에 준하여 분석하였고 비단백태질소화합물은 12% TCA침전법에 의하여 순단백질을 정량한후 조단백질 함량에서 순단백질을 뺀 값으로 계산하였다.

자. 병원미생물수 검사

돈분 및 계분, ERF 혼합재료 및 제품에 대한 미생물학적 검사는 Lumac kit(Netherland, 1995)을 사용하여 Coliform, E. coli, Salmonella를 대상으로 조사하였다. 원료시료 1g을 생리식염수 100ml에 용해한 다음 예비시험을 통해서 균수판정에 적절한 수준으로 희석한 다음 1ml를 패트릭 배지에 접종후 33℃에서 24시간 또는 48시간 평판배양하였고 단위는 시료

g당 균수로 나타냈다.

제 3 절. 시험 결과 및 고찰

제 1 항. 계분 Extruding Recycling Feed(ERF)제품 생산 시험

가. Barrel Temperature 가 계분 ERF 제품의 물리적 성상에 미치는 영향 시험(1차 Extruding 제조 조건 시험)

본시험은 Extruder의 운전 조건중 가장 영향이 크다고 생각되는 Barrel Temperature(BT) 적정조건을 파악하기위하여 실시하였다.
Extruder의 측정온도 조건을 각각 100, 110, 120, 130, 140, 150℃로 변화시켰고 Screw Speed(SS) 200 rpm Die Diameter(DD) 5.4 조건에서 제조하였다. Extruding 원료는 옥수수와 계분을 80:20, 70:30 및 60:40의 비율로 혼합하여 모든 원료의 적정 수분함량은 30%로 조정하였다 생산 제품에 대한 품질은 첫째, 제품의 물리적성상 을 주로 비교 검토하고 둘째, 제품의 영양소 조성 셋째, 제품의 병원미생물 조사 결과를 검토하였다. 제품의 물리적성상을 조사한 결과는 표 3-1과 같다.

생산제품의 물리적 성상중에서는 우선 사료농도(Feed Density:FD)와 팽화율(Expansion Rate:ER)을 기준으로 판단하고 더블어 수분흡수지수(Water Absorbtion Index:WAI), 수분용해지수(Water Solubility Index: WSI) 및 호화도(Gelatinization Rate:GR)를 참고로하였다. FD 와 ER치는 제품의 팽창 정도를 나타낸다. Extrudate와 Die 직경의 비율로 표시되는

팽화율(Expansion Rate:ER)**은 원주상 제품의 직경을 측정할 뿐 길이의 팽창도와는 상관이 없는 결점이있다**. WAI**는 시료 건물에대한** Gel**의 비율로 결정하며 원래 전분의 팽창력을 표시하기 위한 방법으로** WAI**는 시료의**

Table 3-1. Effect of Extrusion Temperature on Some Physical Characteristic of Extruded Products from Poultry Waste

Measured item	Corn(80%) : Layer waste(20%)					
Barrel Temp.(℃)	100	110	120	130	140	150
Moisture(%)	6.00	22.33	22.66	21.32	14.34	13.51
Feed Density(kg/l)	0.441	0.393	0.511	0.577	0.570	0.536
Expention rate	1.426	1.448	1.323	1.346	1.354	1.304
WSI	4.784	4.777	4.296	3.943	4.333	4.224
WAI	7.722	6.739	7.152	5.354	5.388	5.062
	Corn(70%) : Layer waste(30%)					
Barrel Temp.(℃)	100	110	120	130	140	150
Moisture(%)	17.98	17.12	16.91	15.11	20.47	16.19
Feed Density(kg/l)	0.539	0.393	0.439	0.401	0.389	0.235
Expention rate	1.195	1.195	1.197	1.366	1.352	1.429
WSI	4.370	4.836	4.089	4.137	4.207	4.158
WAI	11.196	10.499	11.124	10.031	10.411	18.085
	Corn(60%) : Layer waste(40%)					
Barrel Temp.(℃)	100	110	120	130	140	150
Moisture(%)	22.78	22.22	28.70	24.96	20.17	18.39
Feed Density(kg/l)	0.529	0.545	0.540	0.483	0.472	0.499
Expention rate	1.153	1.180	1.075	1.153	1.176	1.125
WSI	4.097	3.732	3.895	3.775	3.817	3.937
WAI	8.167	10.792	14.380	11.097	14.905	17.808

표면 면적이 중요한 역할을하는 물리적 현상을 기준으로 한 것이다. WAI는 또한 분말 현탁액의 점착성에도 상관된다(Kim & Rottier, 1980). 한편 WSI는 WAI측정시 상등액 건물의 시료 건물과의 비율로 시료중 용해된 성분량과 관계한다. 전분이 팽창할수록 WSI가 증가하며 동시에 전분의 점착성이 증가한다. GR는 전분의 흡열반응과정을 표시하며 시료의 온도 및 수분도와 관계한다. 표 3-1 및 그림 3-1에서 제품의 FD는 0.396 0.577 Kg/l 범위었으며, ER은 1.080 1.429 이었고 옥수수:계분 비율중 옥수수 비율이 증가하거나 또는 BT가 증가함에 따라 ER이 증가되는 경향을 보이고 있다. 특히 그림 3-1을 보면 본 시험에 사용된 소형 Extruder의 경우 BT가 상승함에 따라 FD는 부의 상관을 보였으나 ER은 정의 상관을 보이며 완만하게나마 변화하고 있다. 또한 WAI는 3.682 4.836, WSI는 6.739 18.085의 범위에서 대체로 BT가 증가해 갈수록 또 옥수수 비율이 증가함에 따라 WAI는 감소하고 WSI는 증가하는 경향을 보이는데 그러나 BT 130℃ 이상에서는 ER, WAI, WSI의 차이가 현저하지 않았다. BT가 낮을수록 전분이 충분히 용해되지 않기때문 Extrusion제품의 직경이나 길이의 팽화율은 감소하며 반대로 온도를 증가함에따라 곡류의 팽화율은 증가하며 170℃에서 최대에 이른다 고온에서 ER이 감소하는 것은 전분의 dextrinization이 증가하고 전분 구조가 약화되기때문이라고한다(Mercier & Feillet,1975; Launay & Lisch, 1983) 그러나 한편 ER에 미치는 영향은 원료의 수분함량과 Die에서의 압력에 비하면 BT는 비교적 덜 중요하며 온도는 주로 제품 길이 팽화와 관계가 깊다는 보고도있다(Alvarez-Martinez et al, 1988) 본시험 생산제품의 ER은 대체로 BT가 증가함에따라 ER이 증가하는 경향을 보인다 이상 본시험 FD, ER, WSI, WSI 지표로 볼 때 계분을 최소한 30%이상 배합한다고 할 때 BT는 130oC 이상으로 유지하는 것이 바람직한 것으로 판단된다.

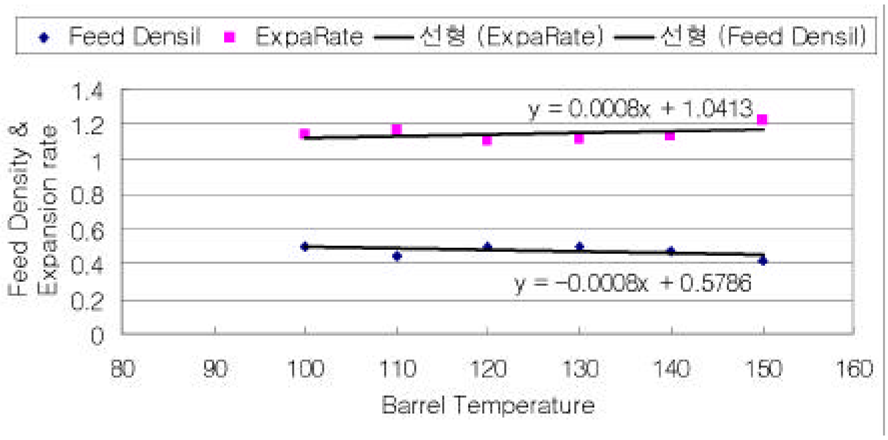

Fig. 3-1. Effect of Barrel Temp.on Feed Density and Expansion rate of Poultry Waste Extrudates

나. Die diameter, Screw speed 및 Barrel Temperature 가 계분 ERF 제품에 미치는 영향 시험 (2차 Extruding 제조 조건 시험)

1) Extruding 제품의 물리적 성상

1차 예비시험을 기초로 계분을 30%이상 배합하기 위하여 옥수수와 계분의 혼합비율을 각각 70:30과 60:40으로 배합할때 Barrel Temperature(BT)는 90, 110, 130, 150℃로 Die Diameter(DD)는 5.3mm, 3.9mm로 하였으며 Screw Speed(SS)를 200, 250, 300, 350 rpm등의 중요 변수중에서 적정 조건을 시험하고자 본시험을 실시한 결과는 그림 3-2, 3-3, 3-4, 및 3-5(부표 1)와 같다. 또한 제품 형태는 부표 그림 1, 2, 3, 4의 A, B, C, D 사진에서 보는 바와 같다.

DD는 Barrel내 원료 압축정도와 직결되며 따라서 제품의 팽화율에 직접 영향을 미치게 된다. 표 3-1의 제품의 물리적 성상에서 제품의 사료농도(FD)와 팽화율(ER)을 기준으로할 때 DD에 의하여 FD에는 현저한 차이는 없으나 전체 평균 ER은 계분 배합시 DD 3.9mm 일때 1.55였으며 5.3mm일때 1.47로 DD 3.9mm에서 ER이 높았다. 여기서 전체 평균이란 계분 30%, 40%혼합구 전체 데이터중 DD 3.9 또는 5.3mm를 사용한 평균성적을 말하는 것이다. 또한 호화도(GR)도 3.9mm 직경일 때 높았으나 WAI와 WSI는 상응한 반응이 나타나지 않았다. 따라서 계분에 대하여는 Die 직경 3.9mm 가 적정한 것으로 판단되었다. Hayter et al.(1988)는 DD를 증가할수록 ER이 감소하며 FD는 증가한다고 보고하고있다.

또한 SS에서는 200 350 rpm 범위중에서 회전속도가 빨라질 때 전체 평균 FD는 0.75, 0.54 0.52 및 0.34Kg/l로 현저히 낮아지고 그에따라 ER는 1.36, 1.41, 1.44 및 1.09로 증가하는 경향을 보이고있다. 또한 이때 WAI와

WSI 치는 상승하는 경향이었는데에 반해 GR는 회전속도가 빨라질수록 점차 감소하는 경향을 보였다(그림3-5). 여기서 특이한 반응이 나타난 것은 SS 350 rpm일 때로서 이때 FD는 감소하는데 반해 ER, WAI, WSI 및 GR 성적이 모두 떨어지는 현상을 보였다. 대체로 SS를 증가할 때 shear rate를 증가시키나 원료의 체류시간을 단축시킨다. 그러나 이 두 효과는 서로 상치되는 효과임으로 아직 시험 보고는 분명히 되지 않은 점이 있다. 일부는 SS가 증가할 때 Barrel내 압력과 온도는 약간 저하되고 또 원료 점착성도 저하된다고 보고하고(Mosso et al., 1982; Fletcher et al., 1985) 또 일부는 Barrel내 조건이 비교적 일정하게 유지되고 내부 점착성은 증가 된다고 보고하는등 분명치 않은 점이 있다(Della Valle et al., 1987; Davidson et al., 1984).

본 시험에서 제품 물리적성상에 가장 크게 영향하는 요인은 BT로 보이며 본시험조건인 90 150℃ 범위에서 역시 온도가 90 150℃로 상승할때 FD는 현저한 차이가 인정되지 않은데 반해 ER이 1.52, 1.69, 1.57, 1.38배로 점차 높아지는 경향을 보인다. 또한 WSI와 GR도 온도가 상승함에 따라 점차 상승하는 경향을 보인다(그림3-2). 여기서도 BT 150℃ 일 때 ER을 비롯한 WSI와 GR 성적이 특이적으로 저하하는 성적이 나타난다. 이상의 생산제품의 물리적 성상으로 볼 때 DD는 계분 3.9mm가 적절하며 Screw speed 250-300rpm, Barrel Temperature는 130℃가 적절한 것으로 분석되었다.

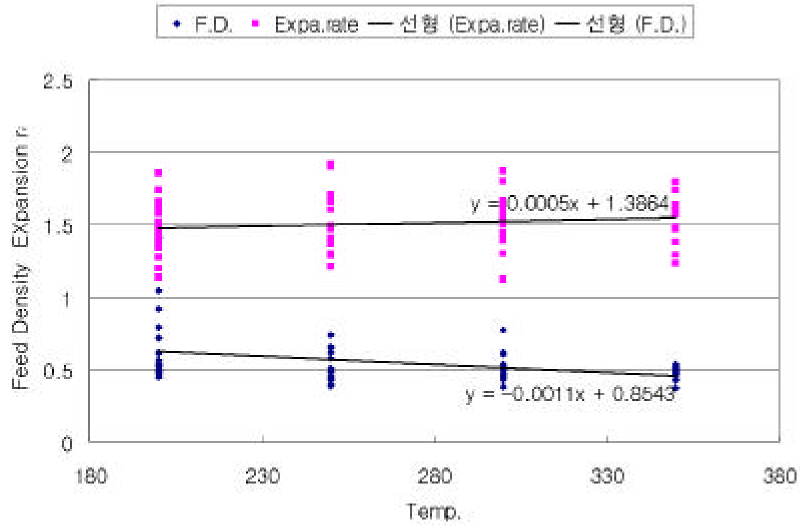

Fig.3-2 .Effect of Barrel Temperatures on Feed Density & Expasion rate of Poultry Wast Extrudates

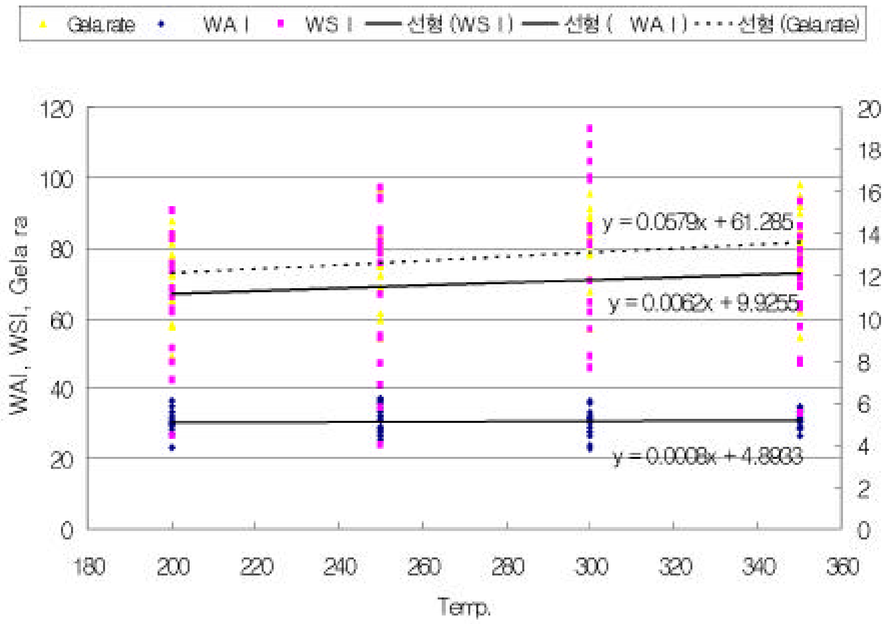

Fig.3-3. Effect of Barrel Temperature on WAI, WSI, & Gelatinization rate of Poultry WasteExtrudates

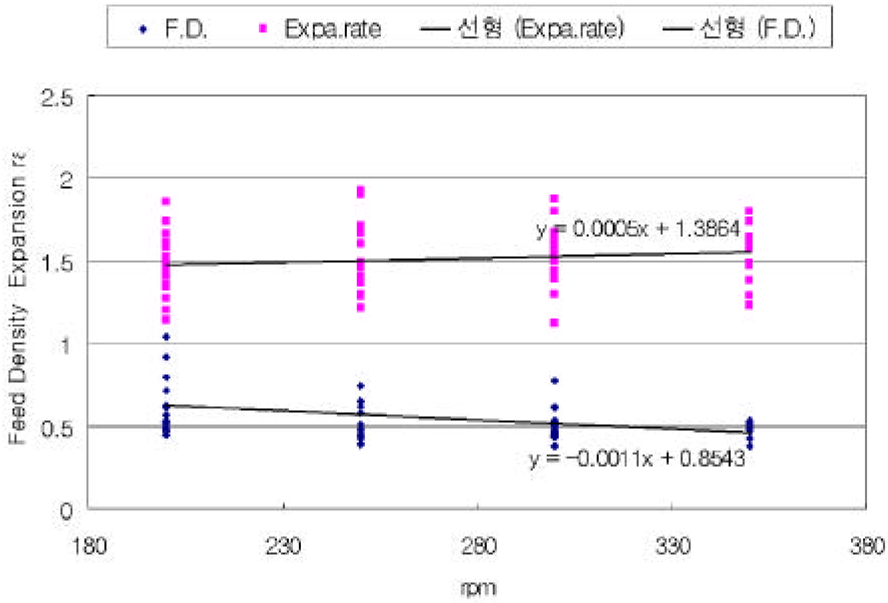

Fig.3-4. Effect of Screw speed on Feed Density & Expansion rate of Poultry Waste Extrudates

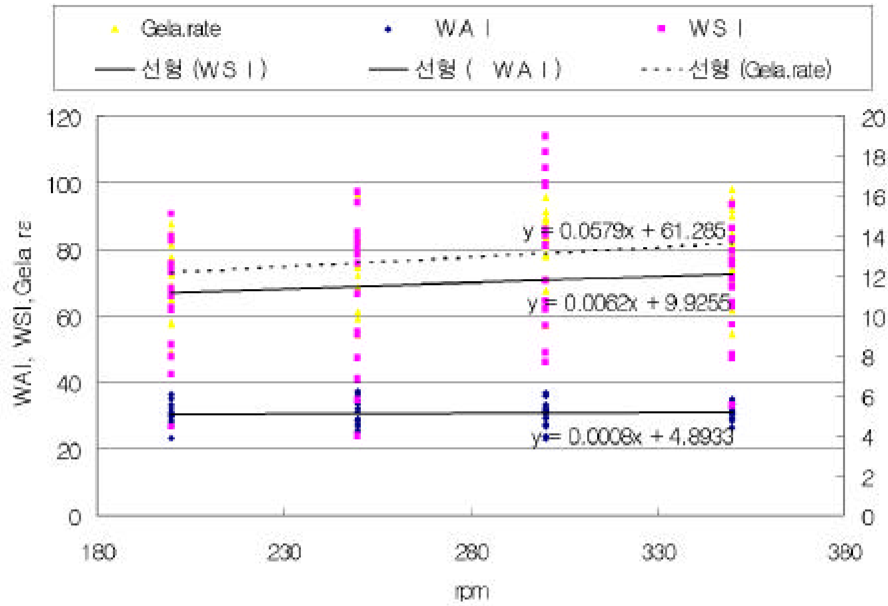

Fig.3-5. Effect of Screw speed on WAI,WSI & Gelatinization rate of Poultry Waste Extrudates

2) 계분 Extrusion 제품의 영양소 조성분

Extruding 과정에서 원료중 영양소 함량의 변화를 파악하기 위하여 Extruding 전후의 원료와 제품의 일반성분을 분석하였는데 시료 분석 결과는 표3-2와 같다. 제품의 영양소 조성은 처리조건중 가장 적절하다고 판단되는 DD가 3.9mm, SS가 250 rpm 조건에서 처리온도의 효과만을 선택 표시하였다. 표 3-2에서 계분 30%나 40% 배합시 모두 제품 수분함량은 ST가 높을수록 수분 함량이 5% 단위 이상 감소하고 있다. 또한 제품 단백질은 실제로 현저한 변화가 없는데 반하여 지질이 현저히 감소하는데 이 현상은 특히 고온일수록 현저하다. 그러나 기대와는 달리 조섬유 함량에 큰 변화가 없으며 전분을 중심으로하는 가용무질소물의 변화는 비교적 크지 않았다. 즉 제품의 영양소함량은 본 시험의 조건하에서는 DD나 SS의 영향이 적었으며 다만 ST가 150℃의 조건에서는 단백질, 지방등의 손실이 현저하여 제품의 영양소 조성을 위하여는 지나친 고온보다는 130℃ 이하에서 처리하는 것이 바람직한 것으로 보인다.

Extrusion처리가 제품의 영양소 조성에 미치는 영향은 가축분 사료화에 크게 영향을 미치게 된다. 곡류 단백질을 고온에서 Extrusion할 때 우선 특정한 결(구조:Texturization)을 형성하는데 이들 구조가 단백질 영양가치에 어떻게 영향하는가에 관한 자료는 제한되있다. 여러 가지 Extrusion 조건에서의 옥수수-대두형과 쌀-대두형 원료등의 단백질의 질에 관하여 동물 실험을 통하여 처리온도가 증가함에 따라 정미단백질가(NPR)와 단백질효율(PER)이 향상한다는 보고 등은 많다(Molina et al., 1983; Vaidehi & Gowda, 1981; Jorge Joao et al., 1980). 따라서 본실험에서 단백질의 영양가치는 직접 가축에 대한 생물학적 평가를 통하여 수행할 계획이다.

Table 3-2. Nutrients Content of Materials and its Extruded Products from Poultry Waste.(%DM)

Materials	Temp.	Moisture	Crude Protein	Crude Fat	Crude Fiber	NFE	Ash
Corn70+DPW30		25.99	15.90	5.12	5.59	67.47	5.92
Extrudates	90	20.09	15.63	2.15	4.03	74.09	4.10
	110	17.33	15.21	2.30	4.75	73.39	4.35
	130	15.27	14.72	1.90	4.89	73.70	4.79
	150	17.02	15.92	1.94	5.21	72.86	4.07
Corn60+DPW 40		31.69	15.90	5.75	6.35	64.63	7.37
Extrudates	90	25.63	16.42	2.23	6.23	65.16	9.96
	110	24.87	15.68	2.39	6.23	64.02	11.67
	130	24.80	15.20	2.58	6.20	65.57	10.45
	150	23.90	14.74	1.88	6.14	66.39	10.85

탄수화물 즉 가용무질소물과 조섬유의 영양가치는 전분을 비롯한 가용무질소물 함량과 그 용해성 분산속도 및 분해효소에 대한 활성 등과 관계가 깊다. Mercier & Feillet(1975)은 고온에서 Extrusion 함으로서 팽화율이 높아진 곡류 제품은 α-Amylase에 대한 활성이 높으며 이는 Extrusion에 의하여 전분의 용해성 소화액중의 분산속도가 증가하는데 기인한다고 한다. Extrusion 과정에서 지방이 감소하고있는 사실은 다른 연구자에 의하여도 보고되고 있다. Delort-Laval & Mercier(1976)는 원료 지질의 40-55%만이 Extrusion 제품에서 Diethyl ether로 추출되었다고 한다. Noerle et al.(1980)은 옥수수 원료의 40%만이 회수되었으며 Mega(1978)는 지질이 Extrusion 과정에서 약 15% 손실되었다고 한다. Exrusion제품의 지질 추출율이 낮아지는 이유중 하나는 Amylose-lipid complex를 형성하기 때문이며 또한 스팀 증류 과정에서 지방 손실이 또하나의 이유로 지적되고 있

다. 또한 Mustakas et al.(1970)은 Extrusion 온도가 상승할수록 대두분중 지방의 안정성은 떨어진다고 보고하는 한편 Shin & Gray(1983)는 extrusion한 대맥 제품은 지방 산화작용이 지연되었다고 상반되는 보고를 하고 있다. 본시험에서도 지질이 50%이상 손실되고 있는데 이는 처리과정에서 일부 손실되고 또 일부는 분석 과정에서 100% 추출이 불가능한데 원인이 있는 것으로 생각된다.

또한 최근 Extrusion과정에서 원료중 조섬유 함량이 변하지 않으나 용해성이 증가한다고 보고하고 있다(Varo et al., 1983; Bjorch et al., 1984; Siljestrom et al., 1986). 반대로 Extrusion 온도가 증가할수록 소맥분 원료의 조섬유 함량은 증가하는데 이는 원료중 전분 변성과 더블어 조섬유 부분의 glucan의 변화에 기인하며 또한 Maillard 반응에 의하여 일부 lignin이 증가하며 또 Extrusion과정에서 arabinoxylan이 용해되기 때문으로 해석하고 있다(Westerlund, 1987). 원료중 조섬유 성분을 열처리할 때 조섬유 성분에 미치는 영향은 첫째는 전분 변성으로 enzyme resistant fraction이 생기고 이때 glucose-base fiber를 형성하게 되며 둘째, 다당류의 고분자 분해과정이 변성되고 이는 다당류의 용해성을 변화시키고 나아가 이는 조섬유 성분의 발효성 분해시 이용성에 영향을 줄 가능성이 있다. 셋째, 저분자 다당류의 분해로 또한 조섬유 함량을 감소시킬 가능성이 있다.

전분 함량은 처리과정에서 크게 변하지 않는 것으로 보고되고 있다(Colonna et al., 1981). 본 시험에서 계분 30% 배합구에서는 조섬유가 상당량 감소하는데 40%구에서는 원료와 제품간에 거이 차이가 없다. 따라서 본 시험 성적만으로는 확실한 결론은 얻을수 없을 지라도 Extrusion 과정에서 조섬유의 일부가 분해되는 가능성을 시사하는 결과에는 도달한 것으로 판단된다.

3) **계분의 병원미생물 분포 조사**

계분은 또한 각종 병원 미생물을 매개물질로 알려져 있다. 따라서 신선한 계분을 수집후 상온(20℃)에서 0일, 3일, 7일 보관일자별 대장균, 살모넬라 등 병원미생물 분포를 파악하기위하여 원료와 제품중 병원미생물 분포실태를 조사하였는데 조사성적은 표 3-3과 같다. 즉 신선한 돈분의 경우 E.coli와 Salmonella는 검출되지 않았는데 반해 브로일러나 산란계분에서는 신선한 상태에서도 Coliform을 비롯한 3종 미생물이 확인되었으며 저장일수가 경과함에 따라 Coliform, E.coli, Salmonella 등 병원미생물 균수가 급격히 증가하였음을 볼 수 있다. 그 결과 가축분에 함유된 영양소가 소실되고 NH3가스 등 발생도가 높아져 결국 생활환경 오염원이 될 것으로 생각된다. 따라서 가축분을 사료화하는 경우 이들 유해미생물을 멸균제거하는 것이 또하나의 중요한 과제라 생각되는 것이다.

Table 3-3. Microbiological Evaluation of Poultry Waste

(count / gram)

	Corn:DPW	
	70 : 30	60 : 40
Coliform	280X105	387X105
E.coli	200X105	254X105
Salmonella	+	+

* + : Positive Salmonella.

한편 Extrusion **처리후 병원미생물 검출 결과는 표** 3-4**와 같거니와 즉 계분** 30% **배합구와** 40% **배합구에 관계없이 그리고 처리조건에서** 110℃ **이**

상에서 처리할 때 Coliform, E.Coli, Salmonella등 병원 미생물은 완전히 검출 되지않았다. 즉 Extrusion의 가열과정에서 이들 병원미생물은 완전히 멸균되는 것으로 확인할 수 있었으며 이는 가축분을 Extrusion하는 효과중 하나라 할 수 있다. Extrusion과정에서의 멸균 효과에 관한 연구는 Bouveresse et al.(1912), Van de Velde et al.(1984). VandeVelde-Mary (1985) 및 Noguchi(1986) 등에 의하여 보고되고 있다.

Table 3-4. Microbiological Evaluation of Extuded Product from Poultry Waste and Corn Mixture. (count / gram)

Extruding Condition	Microorganisms		
BT - DD - SS	Coliform	E.coli	Salmonella
---Corn 60 : Poultry Manure40---			
90 - 3.9 - 250	13×107	3×107	—
110 - 3.9 - 250	ND	ND	—
130 - 3.9 - 250	ND	ND	—
150 - 3.9 - 250	ND	ND	—
---Corn 70 : Poultry Manure 30---			
90 - 3.9 - 250	8×107	2×107	—
110 - 3.9 - 250	ND	ND	—
130 - 3.9 - 250	ND	ND	—
150 - 3.9 - 250	ND	ND	—

이들은 내열성이 강한 Bacillus stearothermophilus FS 1518 아포를 소맥-옥수수-카제인 혼합물과 같이 Extruder에 투입하고 die에서 분출후 5초마다 검출한결과 제품내 아포 생존시간은 최단 35초에서 최장 120초 이었다고 한다. 또한 제품 원료의 수분함량과 멸균효과와의 관계에서 수분함량이 높을수록 멸균 효과가 크다고 한다(Noguchi, 1986). 대부분 식품원료의 경

우 150℃이상에서 Extrusion하는 경우 Die에서 나오는 즉시 멸균된다는 것이다. 그러나 본 시험의 경우 돈분이나 계분 관계없이 110℃이상에서는 완전히 멸균되는 사실이 확인되었는데 이점에 대하여는 앞으로 보다 상세한 확인 시험이 필요하다 하겠다.

다. 투입 원료의 수분함량이 ERF 제품에 미치는 영향 시험

Extruding 조건중 제품에 크게 영향을 미치는 요인중 하나는 원료의 수분 함량이다. 본 시험에 사용한 Extruder는 Single Screw Extruder로 원료 수분 조정 범위가 대단히 좁다. 본시험은 본시험에 사용한 특정한 Extruder의 적정 수분함량을 조사하기위하여 실시하였다 시험조건은 Die Diameter(DD) 3.9 mm, Screw Speed(SS) 250 rpm, Barrel Temperature (BT) 110-130℃ 조건에서 실제 조건을 중시하는 의미에서 계분과 소맥피를 혼합한 원료의 수분을 20%에서 34%까지 증가시킬 때 제품의 물리적성상을 조사하였는데 그성적은 표 3-5 및 Fig 3-6 3-7과 같다.

표3-5에서 원료 수분을 점차 증가해갈 때 사료밀도(FD)는 서서히 증가하며 팽화율(ER)도 증가하는 경향을 보이다가 수분 34%에서는 ER이 급격히 떨어지고 수분 35%이상에서는 Die 통과시 성형이 되지 않았다. 한편 제품의 WAI는 수분함량과 더블어 서서히 증가하며 WSI는 감소하는 경향을 보였다. 옥수수 알곡 Extrusion에서 원료 수분함량이 증가할 때 ER은 급격히 감소한다는 보고가 많다(Seiler et al., 1980; Faubion & Hoseney, 1982; Antila et al., 1983; Guy & Horne, 1988). Faubion & Hoseney(1982)는 순수한 전분의 경우 수분함량과 더블어 ER이 급격히 감소하는데 반하여 소맥분의 경우엔 일정 수분함량까지 ER이 증가한다고 한다. 이는 전분의 경우 스팀 후래싱과 더블어 팽화될 때 전분의 엷은 세포벽이 본래의 조직을 유지하지 못하기 때문이라는 것이다.

Table 3-5. Effect of Initial Moisture Content before Extrusion on Some Physical Characteristics of Extruded Products from Poultry Waste.

B T (℃)	Mosture %	Feed Density	Expansion Rate	WAI	WSI	NSI
110	20.4	0.575	1.212	5.63	14.77	14.77
	23.2	0.613	1.325	5.00	13.75	13.75
	26.0	0.658	1.614	6.68	12.11	12.11
	28.8	0.707	1.758	6.85	11.55	11.55
	31.6	0.728	1.652	6.11	11.47	11.47
	34.4	0.843	0.975	7.47	13.44	13.44
130	20.4	0.544	1.254	5.95	13.57	13.57
	23.2	0.588	1.395	5.32	12.84	12.84
	26.0	0.630	1.683	6.66	12.42	12.42
	28.8	0.673	1.794	6.47	11.79	11.79
	31.6	0.722	1.484	6.57	12.53	12.53
	34.4	0.793	1.102	7.35	13.57	13.57

Conway & Anderson(1973)은 같은 현상을 보고하면서 전분과 달리 소맥분에는 다른 성분을 함유하며 이들이 팽화를 저해하기 때문이라고 하였다. Hayter et al.(1987)은 옥수수 입자의 수분을 증가시킬 때 제품의 기공은 감소하고 FD는 증가한다고 보고하고 있다. Extrusion제품의 수분이 너무 높을때는 die 직후에서 상당히 팽화하는데 그러나 건조하기 전에 위축되고 제품의 조직이 단단해진다(Guy & Horne, 1988). 본 시험의 경우 원료 수분이 증가함과 더불어 FD 및 ER이 증가하는 조건으로 볼 때 Faubion & Hoseney(1982)의 보고와 경향을 같이하고 있으며 본 시험에 사용한 Extruder의 경우 수분함량은 26 32%일 때 ER 및 WSI 성적이 가장 좋왔던 것으로 보아 수분함량 26 32% 범위가 가장 적정한 것으로 판단된다.

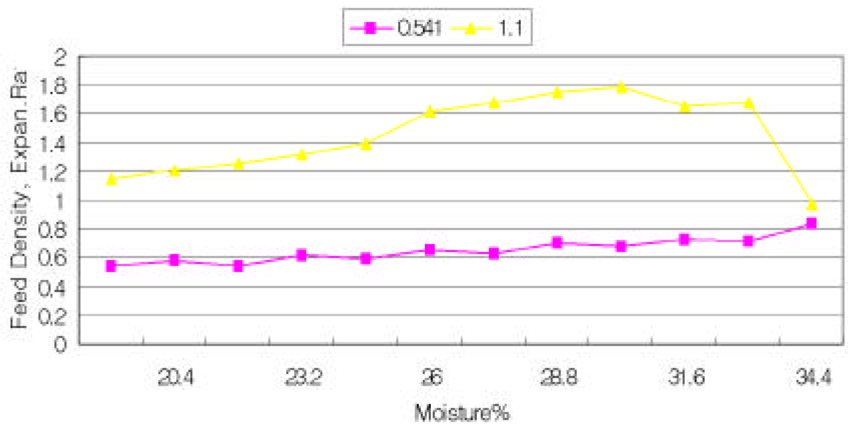

Fig. 3-6. Effect of Material Moisture Content on Feed Density & Expansion Rate of Poultry Waste Extrudates

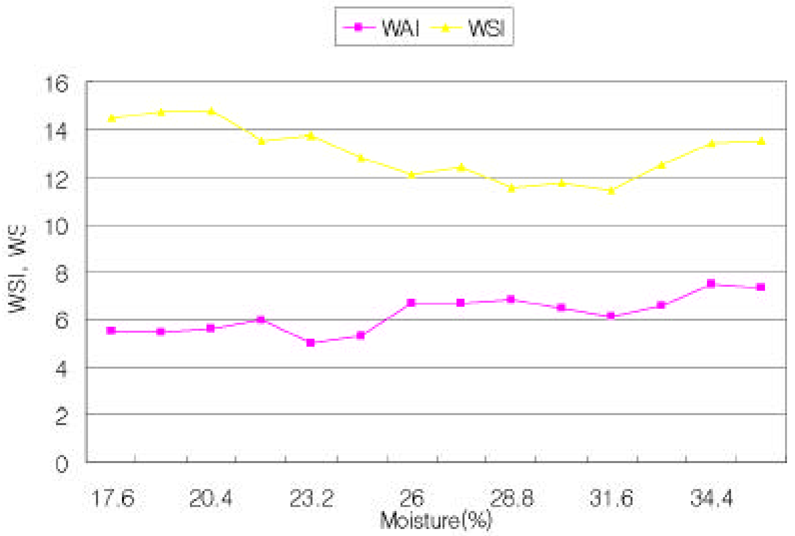

Fig. 3-7. Effect of Material Mosture Content on WAI & WSI of Poultry Waste Extrudates

라. 옥수수(전분) 배합이 계분 ERF 제품에 미치는 영향 시험

1) ERF 제품의 물리적성상

제품의 팽화도(ER)는 원료중 전분 함량과 밀접한 관계가 있다. 특히 전분의 호화도(GR)와 Die 직전에서의 전분의 팽화력은 제품 구조에 크게 영향을 미치게 된다. 그러나 한편 전분량이 적정선을 넘을때는 제품의 소포층이 적어지고 용해도 점착성이 증가하고 제품 조직이 단단해지는 폐단이 있게 된다. 가축분을 Extruding하는 조건중 하나로 전분질 사료와의 적정한 배합율을 결정하는 일은 중요한 과제이다. 본 시험에서는 실제 제조조건을 감안하여 전분원으로 옥수수(전분 74%)를 사용하여 계분과 옥수수 비율이 Extruding 제품에 미치는 영향을 다시 조사하기위하여 시험을 실시하였다.

계분과 옥수수를 배합할 때 생산된 제품의 물리적 성상은 표 3-6과 같다. 즉 제품의 사료밀도(FD)는 507-698 g/l로 옥수수 배합비율이 40%에서 60%로 증가함에 따라 FD도 증가하고 있는데 그러나 옥수수 70%로 증가할 때 FD는 더 이상 증가하지 않고있다. 이때 Barrel Temperature(BT) 의영향은 일정한 경향을 보이지 않으나 대체로 130℃에서의 FD가 110℃ 때 보다 높다.

팽화율(ER)은 옥수수 비율이 증가함에 따라 1.546배에서 1.793배로 향상하고 있으며 그에 따라 WAI가 4.089에서 5.635로 증가하고 WSI는 7.119에서 10.448로 증가하고 있다. 또한 호화도(GR)가 45.64%에서 80.00%로 증가하는 경향을 보인다. 즉 옥수수를 첨가함으로서 ER이 증가하고 제품의 수용성이나 GR도 높아지는데 그 규모는 옥수수 첨가비율이 40%에서 70%로 증가함에 비례하여 증가하는 것이다.

Extrusion 제품의 ER에 미치는 요인에 관하여는 많은 연구자에 의해 연구

되었다(Van Zuilichem et al., 1975; Maga & Cohen, 1978; Faubion & Hoseney, 1982; Alvarez-Martinez et al., 1988). 전분 함량은 ER 극대화와 밀접한 관계에 있다.

Table 3-6. Effect of Corn Levels on Physical Characteristics of Extruded Products from Poultry Waste

Extruding Condition	ERF formula					
Temp.-Die-RPM	Extrudate Product(kg/hr)	FD	ER	WAI	WSI	GR
		Corn(70) : DPM(30)				
110-3.9-250	31.4	609	1.758	5.635	10.012	80.00
130-3.9-250		652	1.793	5.278	10.448	54.78
		Corn(60) : DPM(40)				
110-3.9-250	31.4	695	1.752	5.112	8.422	50.95
130-3.9-250		698	1.781	5.178	8.573	51.17
		Corn(50) : DPM(50)				
110-3.9-250	31.4	560	1.635	4.470	8.423	61.48
130-3.9-250		561	1.675	4.398	8.701	57.39
		Corn(40) : DPM(60)				
110-3.9-250	31.4	518	1.573	4.089	7.331	45.64
130-3.9-250		529	1.586	4.296	7.119	52.56

*DPM: Dried Poultry Manure

순수 전분 100%일 때 ER은 500%, 곡류 65 78%에서 ER 400% 동물사료 40 50%에서 ER 200 300% 그리고 유실류 0 10%일 때 ER 150 200%를 달성하였다고 한다(Horn, 1977). 또한 ER를 최대한으로 달성할 수 있는

전분량은 최소한 60 70%라는 보고가 있다(Conway, 1971). 그러나 전분원료가 손상되었을 때는 소포가 적어지고 조직이 연하고 용해성이 증가한다고 한다(Launay & Lisch, 1983). 본 시험 에서 사용된 원료중 가용무질소물은 55.04 71.42%이며 그중 옥수수 전분량은 29.6 51.8%일 때 ER 155 179%를 얻었으며 ER은 원료중 가용무질소물 또는 전분 혼합 %와 비례하여 증가하는 경향이다. 본 시험 ER 성적은 Horn(1977)의 성적에 비하여 현저히 낮다. 여기에는 본 시험 투입 원료중 계분 성상이 ER에 어떤 역기능을 한 것으로 보인다. 그러면서도 본 시험 성적에서 전분이 ER과 밀접한 관계에 있으며 계분의 효과적인 Extrusion을 위하여는 최소한 원료 가용무질소물 55% 배합하는 것이 필요한 것을 알 수 있다. 또한 본 시험에서 옥수수 첨가수준 40 70%범위에서 옥수수 비율이 증가함에따라 FD나 ER이 향상하고 있는 사실은 최소한 전분질 사료를 40 70% 배합할 필요가 있으며 이 범위내에서는 옥수수 배합비율이 높으면 높을수록 제품 품질이 향상하는 사실을 시사하고 있다.

또한 가열 처리시 전분입자의 호화작용(Gelatnization)과 분해 효소에 대한 활성과는 밀접한 관계에 있으며 또 전분의 호화도와 amylase에 의한 가수분해율과 백쥐의 혈당치와의 사이에는 밀접한 상관이 있다고 한다(Holm et al., 1988). 본 시험에서 옥수수 배합율이 증가함에 따라 WSI가 높아지고 또 WSI가 증가함에따라 GR이 증가하는 경향을 보이고 있으며 이는 곧 Extrusion 효과와 관계되는 것으로 보인다.

한편 표 3-6의 성적을 기초로 계분과 옥수수 배합시 Extruding 조건에 초점을 두고 재시험을 실시하였다. 즉 계분과 옥수수의 비율을 각각 50%로 배합할 때 DD 3.9mm 로하고 BT를 100, 130, 150℃으로 하였으며 SS를 200, 250, 300 rpm 으로 설정할 때 제품의 물리적성상을 조사한 성적은 표 3-7과 같다. 여기에서 FD는 516 697 g/l, ER이 1.344 1.622의 범위

로 BT나 SS 조건간에 현저한 차이를 발견할수 없었다. 그러나 그중에도 BT가 130℃이며 SS가 250 rpm일때 가장 높은 성적을 보이고 있으며 이와같은 경향은 WAI, WSI 및 GR 성적에서도 발견할 수 있다. 따라서 계분:옥수수 형 ERF일 때 BT는 130℃이고 SS가 250rpm이 가장 적정한 것으로 확인되었다.

Table 3-7. Effect of Extruding Condition on Physical Characteristic of Extrudates from Poultry Waste and Corn Mixture

Extruding Condition (Temp-rpm)	Dryed Poultry Waste 50 + Corn 50					
	FD	ER	WSI	WAI	GR	NSI
100-200	644	1.526	14.19	3.71	87.61	24.77
100-250	605	1.385	14.63	3.49	86.72	26.32
100-300	641	1.546	14.48	3.61	91.56	25.64
130-200	577	1.613	14.40	3.69	86.16	21.11
130-250	516	1.622	14.50	3.96	85.34	28.60
130-300	519	1.508	13.77	3.79	87.17	29.84
150-200	697	1.492	13.70	3.94	95.24	33.14
150-250	616	1.408	13.28	3.94	82.61	26.33
150-300	675	1.344	13.47	3.91	88.02	25.68

2) ERF 제품의 영양소 조성분

계분과 옥수수 배합비율을 달리할 때 각 원료와 생산제품의 영양소 조성은 표 3-8과 같다. 즉 Extrusion 과정에서 단백질은 현저한 변화가 없는데 반하여 조지방과 가용무질소물이 크게 감소하고 있으며 가용무질소물은 특히 옥수수 배합율이 증가할수록 손실도가 3-5% 포인트 많아

지는 경향을 보이고 있다. 지질이 감소하는 점과 관련하여는 전항에서 기술한바와 같이(제3장 3절 1항 나 참조) Exrusion 과정에서 일부 손실될 가능성이 있으며 또 일부는 분석과정에서 Amylose-lipid등 분석장해가 있었을 것으로 생각된다.

전분은 Extruding 과정에서 전분 입자의 단단한 구조가 연화되며 열처리 온도에 따라서 전분입자의 구조가 팽윤하며 점착성이 증가하고 분말시 용해성이 증가하며 amylolysis 감수성이 높아지는 기능상의 특징이 나타나게 된다. 이들 성상은 전분의 종류와 처리조건에 따라 상호작용을 받게 되는데 이와같은 성상이 가용무질소물 손실의 일부 원인이된 것으로 생각된다. 그러나 소화후 glucose량으로 측정한 전분량은 Extrusion에의해 실질적으로 영향이 없다는 보고도 있다(Holm et al., 1986; Siljestrom et al., 1986; Mercier & Feillet, 1975).

또한 본 시험에서 조섬유 함량이 감소하고 있는데 이는 Extrusion의 고열 팽화 과정에서 세포벽의 일부가 분해되고 따라서 조섬유 비율이 감소된 것으로 생각된다. 강피류 입자는 세포벽이 파괴되고 따라서 ER을 저해한다고 한다(Guy & Horne, 1988). 또한 조섬유함량이 감소하는데 대하여는 앞의항에서 론의한 바와 같다.

결국 비교적 점착성이 강하며 전분질 성분이 적은 계분인 경우 옥수수와 배합 Extruding 하는 것이 크게 도움이 되는 것으로 생각된다. 그러나 옥수수를 적량 배합할 때는 처리조건을 증가시킬수록 제품 특징이 최고에 도달하게 되는데 반하여 옥수수 배합량이 과도할 때에는 처리 조건 전체기능이 제품에 반영되지 않기도 하는 점을 고려하면 본 시험에서 가용무질소물 50-60%(건물기준) 내외인 계분 50% 옥수수 50%의 범위가 가장 적절했던 것으로 보인다.

Table 3-8. Nutrient Content of Material and its Extrudate From Poultry Waste and Corn(%DM)

	Moisture	C.Protein	C.Fat	C.Fiber	NFE	C.Ash
Corn70+DPW30						
Material	26.31	14.91	3.18	5.12	71.42	5.36
Extrudate	20.73	15.57	2.32	4.43	70.53	7.14
Corn60+DPW40						
Material	22.92	15.72	3.29	4.95	68.07	7.95
Extrudate	16.51	17.19	2.47	3.85	67.45	8.99
Corn50+DPW50						
Materials	19.89	18.24	3.41	6.33	62.30	9.72
Extrudate	13.67	18.23	3.30	6.10	64.19	9.55
Corn40+DPW60						
Meterials	24.82	19.79	3.96	7.11	55.04	14.08
Extrudate	16.19	19.23	2.74	7.39	54.88	15.74

마. 단백질 강화용 대두박 배합이 계분 ERF 제품에 미치는 영향 시험

1) ERF 제품의 물리적성상

계분-옥수수 형 ERF 제품에 다시 조단백질 함량을 보강하는 목적으로 대두박 10% 및 20% 배합이 계분 Extruding 제품에 미치는 영향을 조사하기위하여 본시험을 실시하였다. 시험조건은 Barrel Temperature(BT)가 100 150℃였고 Screw Speed(SS)는 200 300 rpm의

조건에서 실시하였는데 그 결과는 표 3-9 및 Fig 3-8과 같다. 대두 단백질은 Extruder의 가압 가열 분쇄 작용에 의하여 수용성이 떨어지고 단백질 구조가 변형되며 이러한 단백질의 성질은 기내 온도가 상승함에 따라 증가하며 때로 전분의 호화작용을 저해한다고 한다(Stanley, 1989). 본 시험은 실제 조건에서 단백질 보강을위하여 대두박 10% 및 20%를 옥수수 대치 배합할때 계분 Extruding제품에 미치는 영향을 시험하였다.

표 3-9에서 BT가 FD와 ER에 미치는 영향을 보면 BT가 높아짐에 따라 FD는 대두박 10% 첨가시 596 g/l에서 532 g/l 로 감소하고 대두박 20% 첨가시엔 713 g/l에서 548 g/l으로 감소하였다. 반대로 ER에선 BT에 따른 현저한 차이는 보이지 않는다. 그러나 대두박 10%구에서 평균 ER은 BT가 100℃에서 1.33배이였는데 반하여 130℃에선 1.44배, 150℃에선 1.32배로 130℃ 처리시 ER이 가장 높았다. 그러나 대두박 20% 배합 조건에서는 BT에 따른 ER이 현저한 차이를 보이지 않았다(Fig. 3-9). 본시험에서 ER이 전체적으로 떨어지는 성적을 보이며 특히 전항 전분 첨가시에 비하면 현저히 떨어지고 있다.

한편 BT가 제품의 WAI와 WSI에 미치는 영향은 대두박 배합량에 따라 크게 다르다. 즉 대두박 10% 배합시엔 BT가 상승함에 따라 WAI 는 감소하고 WSI는 증가하는 경향을 보이는데 반해 대두박 20% 배합구에서는 반대로 WAI는 약간 증가하고 WSI는 감소하고 있다. 또한 BT가 GR과 질소용해율(NSI)에 미치는 영향을 보면 BT가 높아짐에따라 GR은 일율적으로 향상하는데 반해 NSI 는 점차 감소하는 경향을 보이고 있다(Fig. 3-10). 여기에서 대두박 20% 배합시 WAI와 WSI의 성적뿐만 아니라 NSI 성적도 떨어지는 사실은 대두박 20% 배합시에는 제품의 용해성을 저해하는 것으로 생각된다. 한편 SS는 FD나 ER에 현저한 차이를 나타내지 않

았으나 SS가 빨라짐에 따라 WAI와 WSI 성적은 향상하고 GR도 높아지는 경향이었는데 반하여 NSI는 점차 떨어지고 있다.

가열 처리시 전분입의 호화작용(Gelatnization)과 분해 효소에대한 활성과는 밀접한 관계에 있으며 또 전분의 호화도와 amylase에의한 가수분해율 그리고 백쥐의 혈당치와의 사이에는 밀접한 상관이 있다고 한다(Holm et al., 1988). 본 시험에서 대두박 배합율이 증가하였을 때 WSI가 높아지고 GR이 증가하는 경향을 보이고 있는데 이는 곧 Extrusion 효과와 관계되는 것으로 보인다. 또한 NSI가 높은 원료는 NSI가 낮은 경우보다 조직감이 높을 뿐만 아니라 팽화율도 높아진다고 한다(Rhee et al., 1981).

일반적으로 단백질 수준을 증가시킬 때 Extrusion 과정의 유동성(rheological property)이 상승되고 또한 Extrusion은 단백질의 용해성을 증가하며 Extrusion 온도는 원료의 추출력(Extractability)에 영향을 미치게 된다. Faubion & Hoseney(1982) 는 Gluten의 급원이나 형태는 ER에 영향하지 않으나 그 단백질 수준(9 vs 15%)은 ER을 억제하게 된다고 보고하고 있다. 또한 그들은 전분에 혼합할 때 Gluten 11% 이상에서 ER이 최소한 수준이되나 이때에도 ER은 동일 단백질 수준의 소맥분 보다는 높다고 하였다. 한편 동일 연구자들은 다른 보고에서 대두 단백질(Soy protein isolate:SPI)의 경우는 Gluten과는 달리 SPI를 1-8%까지 증가시킬 때 ER이 증가하며 이때 ER은 순수한 전분의 경우보다 높았다고 하였다.

이와같은 제품의 물리적성격으로 볼대 본 시험 조건에서는 Extrusion 조건중 BT이 130℃ 이고 SS가 200-250 rpm이 가장 적정하며 대두박 10-20% 범위에서 배합하되 가급적이면 10% 범위에서 배합하는 편이 적정한 것으로 확인되었다.

Table 3-9. Effect of Adding Soybean Meal on Physical Characteristic of Extrudates from Poultry Waste

Extruded Condition (Temp-rpm)	ERF formula					
	DPM 50 + Corn 40 + SBM 10					
	FD	ER	WSI	WAI	GR	NSI
	DPW50+Corn40+SBM10					
100-200	596	1.379	13.10	3.89	87.88	26.08
100-250	549	1.358	11.98	4.08	79.21	24.54
100-300	523	1.262	13.53	4.11	75.82	19.34
130-200	578	1.436	13.56	4.10	82.42	14.33
130-250	529	1.457	12.81	4.27	93.79	21.77
130-300	494	1.413	12.46	4.57	87.57	16.62
150-200	554	1.340	13.82	3.52	91.52	34.67
150-250	547	1.360	13.56	3.68	89.94	24.56
150-300	532	1.258	13.77	3.84	92.77	25.38
	DPW50+Corn30+SBM20					
100-200	713	1.423	15.52	3.45	92.65	7.13
100-250	657	1.383	15.76	3.47	79.85	8.04
100-300	546	1.225	15.11	3.74	87.94	18.17
130-200	597	1.394	14.93	3.45	95.45	19.17
130-250	467	1.392	14.54	3.53	95.74	13.71
130-300	533	1.226	14.80	3.88	95.83	19.00
150-200	553	1.430	14.93	3.72	94.81	13.96
150-250	548	1.434	14.28	3.47	96.03	14.13
150-300	597	1.266	14.42	3.90	92.31	13.34

*DPW: Dried Poultry Waste, SBM: Soybean meal

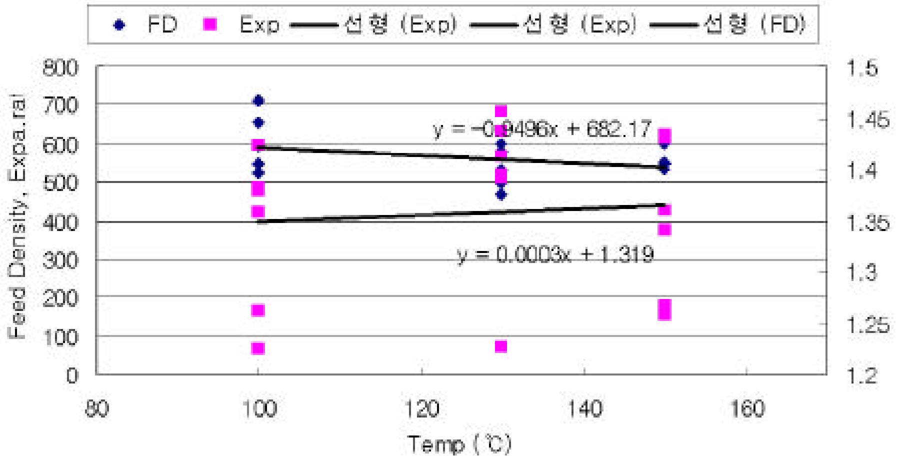

Fig. 3-8. Effect of Barrel Temperature on Feed Density & Expansion rate of Poultry Waste Extrudates

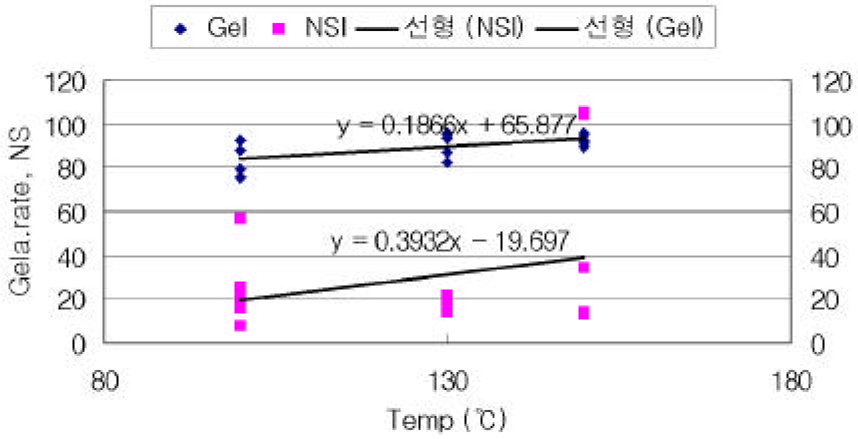

Fig. 3-9. Effect of Barrel Temperature on Gelatinization rate & Nitrogen Solubility Index of Poultry Waste Extrudates

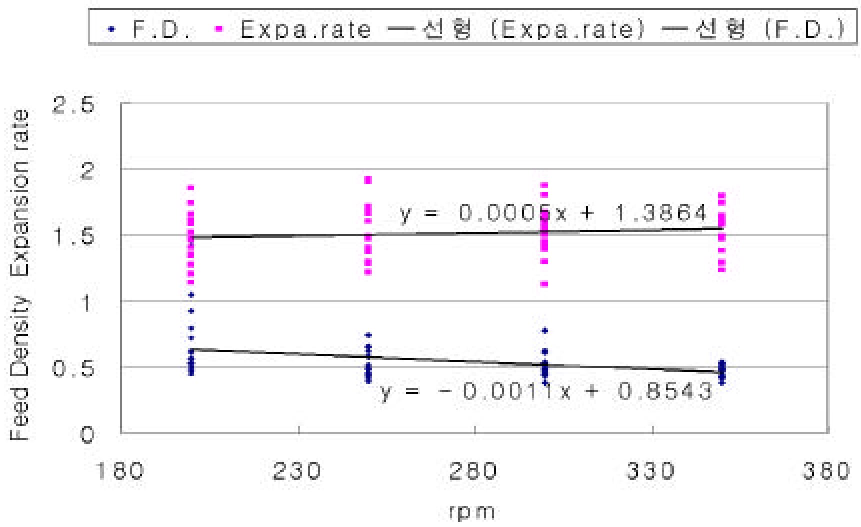

Fig. 3-10. Effect of Screw speed on Feed Density & Expansion rate of Extrudates

2) ERF 제품의 영양소 조성분

대두박 배합 ERF의 적정 조건으로 생각되는 BT 130℃에서의 ERF 제품의 영양소 조성을 분석한 결과는 표 3-10과 같다. 즉 대두박 10 또는 20%를 옥수수 대치할 때 제품의 단백질함량은 21-25%로 증가하여 계분 옥수수 50%식 배합시 16%에 비하여 단백질 함량이 높아지고 있다. 조지방 조섬유 및 조회분 함량에는 현저한 차이가 보이지 않으며 다만 가용무질소물은 현저히 감소하고 있다. 즉 단백질 강화 필요성이 있을때는 대두박 20%범위에서 배합 가능하며 그 배합량은 10%가 바람직한 것이다.

Table 3-10. Nutrient Content of Extrudates from Poultry Waste, Corn and Soybean Meal(%DM)

	Moisture	Crude Protein	Ether Extract	Crude Ash	Crude Fiber	NFE	Ca	P
DPW50:Crn50	2.88	15.18	3.06	12.17	5.46	64.13	0.85	0.77
DPW50:Corn40: SBM10	2.79	20.34	3.00	11.57	6.60	58.49	0.66	0.43
DPW50:Corn30: SBM 20	4.27	25.62	2.54	11.54	5.81	54.49	0.70	0.68

*DPW: Dryed Poultry Waste,C: Corn, BM: Soybean Meal

바. 타피오카에 의한 옥수수대치가 계분 ERF 제품에 미치는 영향 시험

1) 계분, 옥수수, 타피오카형 ERF 제품의 물리적 성상

본 시험은 첫째는 제품의 경제성에 초점을 두고 둘째는 Extruding 원료의 전분원으로 옥수수 대신 타피오카의 배합 가능성을 시험하기위하여 실시하였다. 즉 옥수수의 Kg당 시가는 255원인데 반해 타피오카는 150원으로 타피오카는 비교적 가격이 싸다. ERF의 제조 원가를 절감하는 방법의 하나로 가격이 저렴한 타피오카를 옥수수 대치로 배합할때 Extruding 조건에 따른 제품의 물리적 성상을 검토하였다.

타피오카에 의한 옥수수 대치 시험을 위하여 타피오카를 10 40%를 옥수수 대치할 때 Extrusion 조건 Die diameter 3.9 mm, Screw Speed 250 rpm, Barrel Temperature 130℃에서 제조하였는데 그 제품의 물리적 성상 성적은 표 3-11과 같다. 즉 표 3-11에서 사료밀도(FD)가 454 619의 범위내에서 타피오카의 대치수준이 증가함에 따라 FD가 감소하는 경향을 보인다. 이는 타피오카의 사료밀도가 옥수수에 비하여 낮은 점에서도 예측

되는 현상이다.

Table 3-11. Effect of Corn and Tapioca Ratio on Physical Chracteristics of Extrudates from Poultry Waste

	FD	ER	WSI	WAI	ER	NSI
P50:C50	619	1.722	8.61	4.54	93.63	22.83
P50:C40:T10	514	1.692	9.11	4.24	91.46	22.83
P50:C30:T20	552	1.638	9.76	4.22	94.33	22.38
P50:C20T30	471	1.503	14.07	3.60	90.53	18.85
P50:C10T40	454	1.430	16.03	3.38	92.18	20.54

*P: Dried Poultry Waste, C: Corn, T: Tapioca

팽화율(ER)은 옥수수50%일 때 1.722에서 타피오카 대치 비율이 증가함에 따라 점차 떨어지는 경향은 보여 타피오카 40% 대치시의 ER은 1.430이었다. 한편 WSI는 점차 감소하고 WAI는 점차 증가하고 있다. 또한 호화도(GR)와 NSI 성적에서는 일정한 경향을 발견하기 어려우나 계분 50 + 옥수수 30 + 타피오카 20으로 배합한 구에서의 성적이 가장 높다. 즉 옥수수를 타피오카로 대치할 때 WSI, WAI, NSI의 성적은 옥수수 50% 배합구와 현저한 차이가 없으며 오히려 점차 향상하는 성적을 보이고 있다 이들 물리적 성상 성적으로 볼때 타피오카는 옥수수의 대치 용으로 이용할 수 있으며 그러나 타피오카 배합율이 20% 이상 증가할때 ER 및 GR 성적이 떨어지는 사실을 알 수 있다(그림 1 4 참조).

한편 제 1 차 제품 생산시험에서 물리적 성상이 가장 좋왔던 계분 50 : 옥수수 30 : 타피오카 20 형 ERF 제품에대한 Extrusion 조건을 재시험하기 위하여 2차 시험을 실시하였다. 생산조건은 Die Diameter(DD)를

Table 3-12. Effect of Extruding Condition on Physical Characteritic of Extrudates from Poultry Waste, Corn and Tapioca.

Extrudint Condition Temp-rpm)	ERF formula					
	DPW 50 : Corn 30 : Tapioca 20					
	FD	ER	WSI	WAI	GR	NSI
100-200	597	1.592	16.72	3.10	75.13	20.02
100-250	556	1.508	17.45	3.19	81.77	29.28
100-300	575	1.510	16.28	3.18	84.30	29.98
130-200	721	1.623	17.15	3.21	87.50	29.87
130-250	564	1.692	17.24	3.51	87.60	33.47
130-300	522	1.587	15.71	3.42	82.14	35.15
150-200	546	1.583	15.35	3.48	81.56	23.24
150-250	518	1.517	15.01	3.52	86.67	33.30
150-300	578	1.233	14.33	3.47	83.76	43.48

*DPW : Dried Poultry Waste

3.9mm, Barrel Temperature(BT)를 100℃, 130℃, 160℃, Screw Speed(SS)를 200, 250, 300 조건에서 Extrusion할 때 제품의 물리적 성상은 표 3-12와 같다. 표 3-12에서 보면 BT 100-150℃ 일 때 FD 518 597 g/l, ER 1.233 1.692로 현저한 차이가 보이지 않는 중에서도 BT 130℃, SS 200 250 rpm 조건에서 가장 높은 ER 성적을 보이고 있다. 또한 WAI 및 WSI 성적을 보면 BT가 높을수록 WAI는 감소하고 WSI는 높아지는 경향이며 또 GR이나 NSI 성적도 BT와 더블어 상승하고 있다. 그러나 여기서도 BT 130℃, SS 200-250 rpm에서의 성적이 가장 높다. 따라서 이들 조건을 계분 50 : 옥수수 30 : 타피오카 20 형 ERF 의 적정 Extrusion 조건으로 결정하였다.

2) 계분 옥수수 타피오카 형 ERF 원료 및 제품의 영양소 조성

계분 , 옥수수, 타피오카 배합율을 달리할때 ERF 제조 원료와 가장 적정 조건에서 Extrusion했을 때 제품의 영양소 조성분은 표 3-13과 같다. 즉 Extrusion 과정에서 제품의 조성분 변화를 확인한 결과 여기서도 수분이 약 10% 감소하고 있으며 조단백질은 약 17%와 조회분 15%로 거이 차이가 보이지 않는다. 그러나 조지방과 조섬유 함량은 각각 10-40% 6-10% 감소하는 현상을 보이는데 여기서도 일부는 Extrusion 과정에서 손실되고 또 일부는 분석을 저해하는 문제가 계재한 것으로 보인다. 한편 조회분 함량이 비교적 높으며 그 중에도 Ca과 P이 높고 특히 P함량이 증가하고 있는데 여기에는 유기태P이 고온 가열과정에서 파괴되는데 기인하는 것으로 보인다. Anderson et al.(1981)은 강피류 배합 원료를 Extrusion할 때 Phytate가 13-35% 감소한다고 보고하고 있다.

Table 3-13. Nutrient Content of Materials and Their Extrudates from Poultry Waste, Corn and Tapioca

	Moisture	Crude Protein	Ether Extract	Crude Ash	Crude fiber	NFE	Ca	P
ERF Material								
DPW 50 : Corn 40 : Tapioca 10	21.93	17.32	2.68	15.68	8.50	55.80	0.67	0.61
DPW 50 : Corn 30 : Tapioca 20	22.24	17.22	2.36	15.16	8.21	57.05	0.60	0.55
DPW 50 : Corn 20 : Tapioca 30	21.81	16.42	1.29	14.99	8.73	58.57	0.54	0.48
DPW 50 : Corn 10 : Tapioca 40	21.03	15.03	1.72	15.42	8.78	59.05	0.57	0.60
ERF Product								
DPW 50 : Corn 40 : Tapioca 10	11.79	17.25	1.63	14.74	7.62	58.76	0.67	0.78
DPW 50 : Corn 30 : Tapioca 20	11.36	16.89	2.12	14.55	7.68	58.76	0.60	0.61
DPW 50 : Corn 20 : Tapioca 30	11.94	15.77	1.07	14.90	7.98	60.28	0.54	0.60
DPW 50 : Corn 10 : Tapioca 40	11.37	15.36	1.35	14.78	7.25	61.26	0.57	0.58

Table 3-14. Microbiological Evaluation of Material and Its Extrudates from Poultry Waste, Corn and Tapioca.

(counts/gram)

	Coli form	E. coli	Salmonella
ERF Material			
DPW	34 × 104	42 × 104	+
ERF Product			
DPW 50 : Corn 40 : Tapioca 10	ND	ND	-
DPW 50 : Corn 30 : Tapioca 20	ND	ND	-
DPW 50 : Corn 20 : Tapioca 30	ND	ND	-
DPW 50 : Corn 10 : Tapioca 40	ND	ND	-

DPW : Dried Poultry Waste

3) 계분 옥수수 타피오카 형 ERF 원료와 제품중 병원성 미생물 분포 조사

계분, 옥수수, 타피오카 형 ERF 원료와 그리고 가장 적정조건에서 Extrusion 했을 때 제품중 Coliform, E. Coli 및 Salmonella 감염 상황을 조사한 결과는 표 3-14와 같다. 즉 제품 배합 원료중에는 상당한 세균이 검출되었는데 반하여 제품에서는 원료 배합 비율에 관계없이 완전히

검출되지 않았다. 이 사실은 130℃에서 Extrusion할 때 모든 병원성 세균이 멸균된 것으로 확인되는 것이다.

제 2 항. 돈분 재활용사료(Extruded Recycle Feed:ERF)제품 생산 시험

가. Die Diameter, Screw Speed 및 Barrel Temperature가 돈분 ERF 제품에 미치는 영향시험(Extruding제조 조건 시험)

1) 돈분 ERF 제품의 물리적 성상

돈분 1일 생산량은 체중의 0.6-1.0%로 체중이 증가함에따라 분량이 감소하며 소화율이 낮은 사료일수록 분량이 증가한다. 계분과는 달리 배설 직후의 생분 상태에서 분량은 46%, 뇨량은 54%인데 반하여 건조상태에서는 각각 77%와 23%이다. 돈분의 pH는 7.2 8.3 범위이며 그 화학적 조성분은 또한 배설후 시간이 경과함에 따라 급격히 변화한다.

먼저 수집한 돈분의 Extrusion 처리 조건을 시험하기 위하여 Extruder의 Die diameter(DD) 3.9 및 5.3mm, Screw Speed(SS) 200, 250, 300 및 350 rpm, Barrel Temperature(BT) 90, 110, 130, 150℃의 조건에서 옥수수 70 + 돈분 30과 옥수수60 + 돈분 40으로 배합한 원료를 사용하여 총 64개 처리를 Extrusion한 결과는 부표 2와 그림 3-10과 3-11의 결과를 얻었다. 또한 제품의 형태는 부표 그림 5, 6, 7, 8의 A, B, C, D에서 보는 바와 같다.

DD 3.9mm와 5.3mm일 때 제품의 전체 평균 사료농도(FD)는 각각 0.70과 0.75이었고 팽화율(ER)은 각각 1.57와 1.53으로 현저한 차이가 인정되지 않았으나 WAI WSI 및 호화도(GR)등 기능적 성상은 5.3mm 일때가 높았다. 따라서 돈분은 DD 3.9 mm 보다는 5.3mm가 적정한 것으로 판단하였다.

또한 SS에서는 200 350 rpm 범위 에서 회전속도가 빨라질수록 FD는 낮아지고 ER은 증가하는 경향을 보이며 이경향은 계분에서나 돈분에서 같은 경향을 보이고 있다. 즉 200 350 rpm으로 증가해 갈 때 돈분의 FD는 전체 평균 0.72, 0.72, 0.67, 0.67Kg/l이며 전체 평균 ER는 1.45, 1.55, 1.61 및 1.61 배로 점차 증가하고 있다. 또한 이때 WSI도 7.74, 10.43, 9.76 및 10.33으로 그리고 GR는 50.12, 51.9, 52.8, 49.9로 점차 높아지는 경향을 보이는데 여기서도 350 rpm 일 때 ER, WSI, GR 성적은 좋지 않았다.

그러나 제품의 물리적 성상에 크게 영향하는 것으로 보이는 BT에서는 90℃에서 150℃로 증가해갈 때 제품 FD는 1.16, 0.66, 0.55 및 0.55로 점차 감소하는데 비하여 ER은 1.41, 1.70 1.77 및 1.60으로 증가한다. 또한 WSI는 8.44, 9.69, 11.02, 10.67로 증가하고 GR도 62.95, 64.84, 70.79, 51.97로 온도와 더블어 증가하고 있다. 즉 본시험에서 BT와 더부러 WSI GR이 증가하는 현상은 제품의 FD 나 ER 이증가한 현상과 밀접한 관계가 있는 것으로 보이며 이는 Horvath et al, (1989) Cumming etal, (1972)와 경향을 같이하는것이다 그러나 여기서도 150℃일 때 ER, WSI, GR 성적은 저조하다. 이상 돈분 Extrusion 성적을 기준으로 볼 때 DD 5.3mm, SS 250-300 rpm, BT 130℃가 적정 운전 조건으로 판단된다.

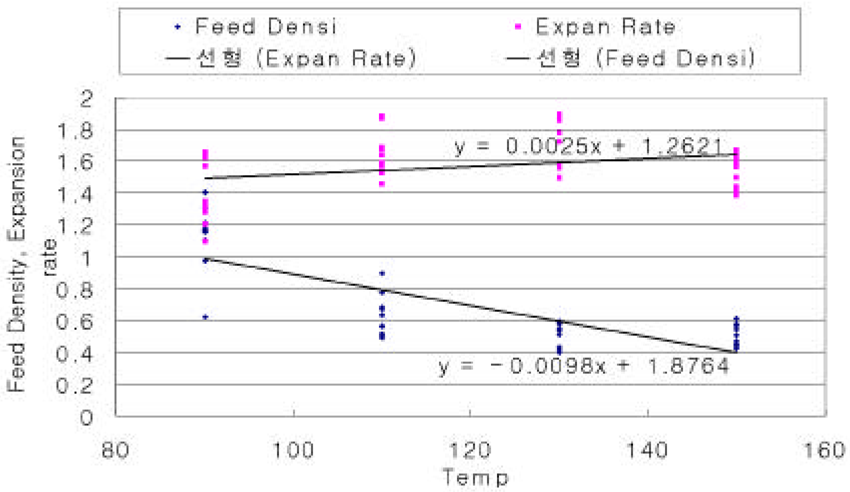

Fig. 3-10 Effect of Barrel Temperature on Feed Density & Expansion rate of Pig Waste Extrudates

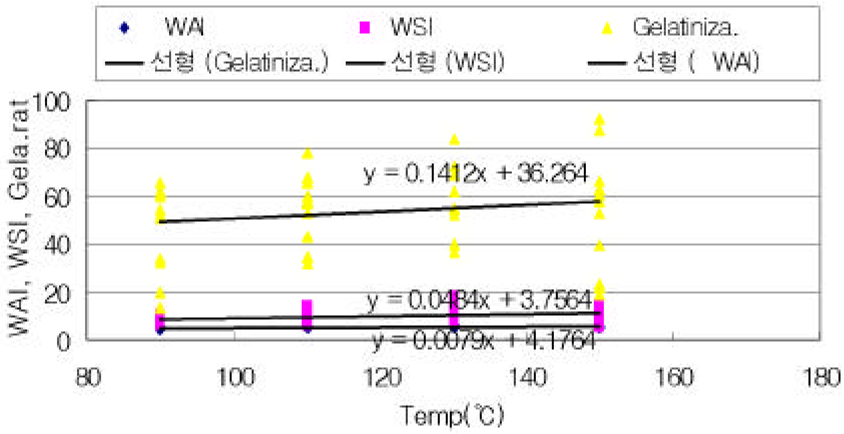

Fig.3-11. Effect of Barrel Temperature on WAI, WSI & Gelatinization rate of Pig Waste Extrudates

2) 돈분 ERF 제품의 영양소 조성

Extrusion 이 원료중 영양소함량이 미치는 영향을 파악하기 위하여 Extrusion 전후의 원료와 제품의 성분 변화를 조사하였는데 그성적은 표 3-15와 같다. 제품의 영양소 조성은 처리조건중 적정 조건이라고 생각되는 Die 3.9mm, Screw speed 300 rpm 조건에서 처리온도의 효과만을 선택 표시하였다(기타 자료는 부록2 수록).

Table 3-15. Nutrient Content of Materials and Thier Extrudates from Swine Waste and Corn.

l		Moisture	Crude Protein	Ether Extract	Crude Fiber	NFE	Crude Ash
Corn70+DSM30 Material		28.43	15.22	7.41	4.09	70.22	4.95
Extrudate	90	24.04	15.97	3.15	3.46		
	110	23.01	15.69	2.01	3.64	74.61	5.96
	130	20.96	15.55	3.07	3.56	74.22	6.26
	150	20.50	15.19	2.94	3.44	74.46	5.97
Corn60+DSM40 Material		34.31	15.25	8.79	6.62	60.42	8.91
Extrudate	90	28.93	16.60	3.35	7.25	66.53	6.29
	110	27.35	16.09	2.74	6.38	66.52	6.42
	130	26.7	16.04	3.52	6.36	68.29	5.78
	150	25.5	14.99	3.24	6.47	69.38	5.89

표 3-15에서 돈분 30-40% 배합시 다같이 제품 수분함량은 처리온도가 높아짐에 따라 최대 8-9% 감소하였다. 한편 제품의 단백질 함량은 비교적 변화가 적은데 반하여 조지방은 온도 상승과 더불어 최대 5% 단위 감소하고 있다. 또한 조섬유 함량도 약간 감소하고 있다. Extrusion 과정에서 이

들 조지방과 조섬유 함량이 감소하는데 관하여는 먼저 계분 제품의 영양소 조성(제3장 3절 1항 나)에서 기술한 바와 같이 Extruding 과정에서 일부 손실되고 또 일부는 Extruding 과정의 지방 또는 조섬유의 변성으로 분석이 저해되었기 때문으로 생각된다. 가용무질소물은 계산치로서 다른성분의 감소 부분이 여기에 가산되었기 때문에 오히려 증가하는 모습을 보이고 있다.

3) 돈분 ERF 원료 및 제품의 병원미생물 분포 조사

돈분은 또한 각종 병원 미생물을 매개물질로 알려져 있다. 따라서 신선한 돈분을 수집후 상온(20℃)에서 E.Coli, Coliform, Salmonella 등 병원미생물을 조사하였거니와 조사성적은 표 3-16과 같다. 즉 육성돈 번식모돈의 신선한 돈분에서 E.coli와 Coliform이 검출되었으며 또한 Salmonella도 positive한 것으로 검출되었다. 따라서 돈분을 사료로 재활용하기 위하여는 먼저 이들 유해미생물을 멸균 제거하는 것이 또하나의 중요한 과제라 생각되는 것이다.

Table 3-16. Microbiological Evaluation of Swine Waste(Counts/g)

	Pig manure	
	Growing Pig	Sow
Coliform	79 × 105	84 × 106
E. coli	116 × 106	165 × 106
Samonella	+	+

* + : Positive salmonella

Table 3-17. Microbiological Evaluation of Extrudates from Swine Waste and Corn(count/gram)

Temp.-Die-RPM	Coliform	E.coli	Salmonella
Corn(70) : Pig Manure(30)			
90 - 5.3 - 250	9×105	11×106	—
110 - 5.3 - 250	ND	ND	—
130 - 5.3 - 250	ND	ND	—
150 - 5.3 - 250	ND	ND	—
Corn(60) : Pig Manure(40)			
90 - 5.3 - 250	6×105	7×106	—
110 - 5.3 - 250	ND	ND	—
130 - 5.3 - 250	ND	ND	—
150 - 5.3 - 250	ND	ND	—

한편 Extrusion 처리후 제품의 병원미생물 검출 결과를 보면 표 3-17과 같다. 돈분 30% 배합구나 40% 배합구에 관계없이 그리고 온도조건이 110℃ 이상에서 처리할 때 Coliform, E.Coli, Salmonella등 병원 미생물은 완전히 검출 되지않았다. 즉 Extrusion 처리중 가열과정에서 이들 병원미생물은 완전히 사멸되는 것으로 확인할 수 있었으며 이는 가축분을 Extrusion하는 효과중의 하나라고 할 수 있다. 한편 Barrel Temperature 90℃에서는 Coliform, E.coli.가 원료중 미생물수 보다는 현저히 감소하였다 하더라도 아직 생존하고 있으며 저온에서 Extrusion할 때는 이점을 유의해야 할 일이라 생각된다

나. 돈분, 옥수수, 대두박 형 ERF 제품의 물리적 성상

돈분을 이용한 ERF 제품의 적절한 배합율을 구명하기 위하여 대두박은 단백질 보강을 위해 10%로 고정하고 옥수수와 돈분을 각각 50

80% 및 10 40%로 배합율을 달리할 때 Extrusion 제품의 물리적 성상은 표 3-18과 같다.

Table 3-18. Effect of Extrusion Temperature on Physical Characteristics of Extrudates from Swine Waste , Corn and Soybean Meal.

DSW:Corn:SBM	Feed Density	Expan. Rate	Gelatnz Rate	NSI	WSI	WAI
100℃						
10 : 80 : 10	500	1.547	82.37	27.72	15.4	4.26
20 : 70 : 10	480	1.477	83.42	28.72	14.9	4.22
30 : 60 : 10	420	1.363	84.07	28.21	13.9	3.90
40 : 50 : 10	730	1.332	83.32	26.27	14.2	4.10
130℃						
10 : 80 : 10	480	1.824	83.72	27.32	16.2	4.32
20 : 70 : 10	470	1.820	84.72	27.94	15.4	4.20
30 : 60 : 10	460	1.522	84.76	27.94	14.5	4.20
40 : 50 : 10	450	1.574	83.97	26.92	14.1	3.80
150℃						
10 : 80 : 10	450	1.347	84.63	26.21	14.9	4.20
20 : 70 : 10	590	1.420	84.37	26.76	14.5	4.05
30 : 60 : 10	700	1.267	83.92	27.32	14.3	3.90
40 : 50 : 10	590	1.025	82.42	25.43	14.0	3.70

이때 Extrusion은 DD 5.4 mm, SS 250 rpm, BT 100, 130, 150℃ 조건에서 제조하였다. 표 3-18에서 FD는 전체적으로 420-730 g/l이며 대체로 옥수수 배합비율이 증가함에 따라 FD가 증가하는 경향이며 ER은 1.267-1.824의

범위를 나타냈으나 130℃에서 ER이 가장 높은 성적을 보인다. WAI는 3.70 4.32로 BT나 배합율에 따른 차이를 볼 수 없으며 WSI는 13.9 16.2로 옥수수 배합율이 증가함에 따라 증가하는 경향을 보였으나 130℃처리에서는 현저한 차이를 보이지 않고 있다. GR은 82.37 84.76%로 비교적 높았지만 처리간에 현저한 차이가 없었으며 NSI는 24.72 28.76 범위에서 돈분 배합량이 증가함에 따라 증가하는 경향을 보인반면 BT가 높아짐에따라 점차 떨어지는 경향이다. 이들 Extursion 제품의 물리적 성상으로 볼 때 BT가 130℃에서 가장 적당하였고 또한 돈분 배합율이 적을수록 제품의 물리적 성상이 좋와지고 있다.

다. 음식잔여물 배합이 돈분 ERF 제품의 물리적성상에 미치는 영향 시험

음식잔여물의 최대한 활용을 위하여 음식물잔여물과 돈분 ERF 제조 가능성을 검토하기위하여 본시험을 실시하였거니와 제품의 물리적 성상은 표 3-19과 같다. Extrusion은 Die diameter(DD) 5.4 mm, Screw Speed(SS) 250rpm, Barrel Temperature 130℃의 조건에서 제조하였다. 사료밀도(FD)는 1.16-1.30 kg/l이며 팽화율(ER)은 0.90-1.09로 비교적 ER이 낮았다. WAI 및 WSI는 처리간 일정한 경향이 보이지 않았다. 특히 본 시험에서 ER이 낮은 사실은 음식잔여물중 NFE 함량에 변화가 많고(28-55%) 특히 본시험의 경우 팽화를위한 전분량이 불충분하였으며 따라서 음식물잔여물을 혼합하여 Extrusion을 하기 위하여는 전분의 보강이 필요한 사실을 시사해주고 있다

Table 3-19. Effect of Swine Waste and Food Waste Ratio on Physical Characteristics of Extrudate

ERFformula	Feed Density	Expan. Rate	WAI	WSI
Food Waste 100	1.204	1.09	2.56	12.63
Food Waste 80 : DSW 20	1.250	1.06	2.55	10.72
Food Waste 60 : DSW 40	1.300	1.07	2.58	13.13
Food Waste 40 : DSW 60	1.170	0.98	2.62	11.66
Food Waste 20 : DSW 80	1.150	0.90	2.54	11.54

*DSW: Dryed Swine Waste

라. 음식잔여물 옥수수 배합이 ERF 제품에 미치는 영향 시험

1) ERF제품의 물리적 성상에 미치는 영향

음식잔여물의 효과적인 Extrusion 가능성을 모색하기위하여 음식잔여물과 옥수수 배합형 ERF 제품시험을 실시한 결과 제품의 물리적 성상은 표 3-20와 같다. Extrusion은 Die diameter(DD) 5.4 mm, Screw Speed(SS) 250 rpm, Barrel Temperature 130℃의 조건에서 제조하였다. 사료밀도(FD)는 0.810 1.276 kg/l 범위에서 옥수수 배합율이 증가하는 것과 더블어 증가하는 경향을 보여주었다. 팽화율(ER)은 1.09 1.72의 범위에서 음식잔여물 만일 때 거이 팽화가 되지않은데 비하여 옥수수 배합율이 증가함에따라 ER이 증가하고 있다. WAI 및 WSI는 거이 처리간 차이가 없었으나 옥수수 수준이 증가할 때 WSI도 약간 증가하고 그에 따라 호화도(GR)도 증가하는 경향을 보이고 있다. 즉 이러한 현상은 제품의 물리적

성상에서 옥수수 배합율이 높을수록 ER, WSI, GR 성적이 좋와지고 이들은 모두 제품의 팽화성질과 관계가 있다. 이 현상은 음식잔여물엔 전분 성분이 거이 함유되지 않은 점(NFE 28%)에서 제품의 ER 또는 WAI, WSI를 증진 시키기 위하여는 옥수수(전분) 배합이 필요한 사실을 확인할 수 있다.

Table 3-20. Effect of Food Waste and Corn Ratio on Physical Characteristics of Extrudates

ERF formula	Feed Density	Expan. Rate	WSI	WAI	Gelatiz n Rate
Food Waste 100	1.204	1.09	11.62	3.01	62.64
Food Waste 80 + Corn 20	0.810	1.23	11.77	3.12	62.88
Food Waste 60 + Corn 40	1.084	1.58	11.73	3.08	63.48
Food Waste 40 + Corn 60	1.161	1.64	12.11	3.17	64.25
Food Waste 20 + Corn 80	1.276	1.72	13.01	3.06	65.53

2) ERF 원료 및 제품의 영양소 조성

음식잔여물과 옥수수 형 ERF 원료와 제품의 영양소 조성분은 표3-21과 같다. 우선 Extrusion 과정에서 수분은 약16% 단위 감소하고 있다. 조단백질 함량도 1 3% 감소한데 비해 조지방은 약 2-3% 단위 감소하여 여기에서도 가열과정에서 지질의 손실은 물론 지질 분석상 문제를 확인할 수 있었다. 그러나 무엇보다 관심이 가는 것은 조섬유가 약 2% 감소하고 있는 점이다.

표 3-21. Nutrient Content of Materials from Food Waste and Corn.

(%DM)

ERF formula	Moisture	Crude Protein	Ether Extract	Crude Ash	Crude Fiber	NFE
ERF Materials						
Food Waste 100	22.29	26.08	28.68	3.57	5.49	36.16
Food Waste 80:Corn 20	21.42	22.62	23.45	3.15	4.85	45.89
Food Waste 60:Corn 40	21.78	19.30	18.43	2.75	4.24	55.27
Food Waste 40:Corn 60	22.01	17.21	13.61	2.36	3.66	64.24
Food Waste 20:Corn 80	23.11	13.06	8.98	1.98	3.10	72.86
ERF Products						
Food Waste 80:Corn 20	5.99	22.32	21.55	3.10	3.28	49.75
Food Waste 60:Corn 40	6.67	19.10	15.76	2.93	2.04	60.17
Food Waste 40:Corn 60	5.99	16.85	10.25	2.57	1.27	69.06
Food Waste 20:Corn 80	6.23	12.54	6.38	4.26	1.59	75.23

최근 Extrusion과정에서 원료중 조섬유 함량과 관련하여 세가지 보고가 있다. 첫째는 Extrusion 과정에서 조섬유 함량이 변하지 않으나 용해성이 증가한다는 보고이다(Varo et al., 1983; Bjorch et al., 1984; Siljestrom et al., 1986). 둘째로 Extrusion 온도가 증가할수록 소맥분 원료 조섬유 함량은 증가하는데 이는 원료중 전분 변성과 더블어 조섬유 부분의 glucan의 변화에 기인하며 또한 Maillard 반응에의하여 일부 lignin이 증가하며 또 Extrusion과정에서 arabinoxylan이 용해되기대문으로 해석하고 있다

(Westerlund, 1987). 셋째는 원료중 조섬유 성분을 열처리할 때 다당류의 고분자 분해과정이 변성되고 이는 다당류의 용해성을 변화시키고 나아가 조섬유 성분의 발효성 분해시 이용성에 영향을 줄 가능성이 있을 뿐만 아니라 저분자 다당류의 분해로 조섬유 함량을 감소시킬 가능성이 있다는 보고이다(Guy & Horne, 1988). 그러나 본 시험과 앞의 실험에서 조섬유가 상당량 손실되는 현상은 Extrusion 과정에서 세포벽 또는 일부 저분자 다당류가 분해되며 그로 인해 Extrusion 제품의 소화흡수율이 어느 정도 향상될 가능성을 시사하는 것으로 생각된다.

3) 음식잔여물과 옥수수배합형 ERF 원료와 제품의 병원성 미생물 분포 조사

음식잔여물은 또한 각종 병원 미생물을 매개하는 물질이될 가능성이 있다. 따라서 음식물잔여물을 수집후 상온(20℃)에서 E. Coli, Coliform 및 Salmonella 등 병원미생물을 조사한 성적은 표 3-22와 같다. 즉 음식잔여물에서 E. coli와 Coliform이 검출되었으며 미생물 분포수는 음식잔여물 배합율에 비례하여 증가하고 있다. 또한 Salmonella도 positive한 것으로 검출되었다. 따라서 음식잔여물을 사료로 재활용하기 위하여는 먼저 이들 유해미생물을 멸균 제거하는 것이 또하나의 중요한 과제라 생각되는 것이다.

한편 Extrusion 처리후 제품의 병원미생물 검출 결과를 보면 (표 3-22) 음식잔여물 배합율에 관계없이 E. Coli, Coliform, Salmonella 등 병원 미생물은 완전히 검출 되지않았다. 즉 Extrusion 처리과정의 가열과정에서 이들 병원성 미생물은 완전히 멸균되는 것으로 확인할 수 있었으며 이는 음

식잔여물을 Extrusion하는 효과중 하나라 할 수 있다.

Table 3-22. Microbiological Evaluation of Material and Product from Food Waste and Corn.(counts/gram)

ERF formula	Coli form	E. Coli	Salmonella
ERF Material			
Food Waste 100	500 × 107	471 × 107	+
ERF Products			
Food Waste 80 + Corn 20	ND	ND	-
Food Waste 60 + Corn 40	ND	ND	-
Food Waste 40 + Corn 60	ND	ND	-
Food Waste 20 + Corn 80	ND	ND	-

* ND : Not detected., -: Negative salmonella.+ : Positive salmonella.

마. 음식잔여물과 옥수수 배합이 돈분 ERF 제품에 미치는 영향 시험

1) ERF 제품의 물리적 성상

부존자원을 최대한 재활용하는 동시 최근 문제가 되고있는 환경 공해를 최소한으로 줄일 수 있는 방안의 하나로 돈분을 비롯한 음식잔여물 및 옥수수를 배합하는 ERF 제품 제조시험을 실시하였거니와 그 물리적성상은 표3-25와 같다. 이 제품은 돈분과 음식잔여물 및 옥수수 배합률을 달리하는 원료를 Die diameter(DD) 5.4mm, Screw Speed(SS) 250 rpm

그리고 Barril Temperature(BT) 100, 130 및 150℃의 조건에서 제조하였다. 우선 사료밀도(FD)는 521-703 g/l로 원료 배합율에 따라 현저한 차이는 보이지 않았다. 팽화율(ER)은 1.021-1.821배로 대체로 원료중 옥수수 배합율이 증가하고 상대적으로 돈분이나 음식잔여물 비율이 감소함에 따라 ER은 증가하는 경향을 보이고 있다. 또한 옥수수 비율에 따라 WAI는 점차 감소하고(9.8-11.9), WSI는 증가하고 있다(9.8-11.9). 또 호화도(GR)도 증가하고(81.34-88.26), NSI는 약간 감소하는 경향이었다(29.8-32.2). 즉 여기에서도 옥수수(전분) 배합은 제품의 ER을 비롯한 WAI, WSI, GR 수준을 향상시키며 결국 ERF 제품의 물리적 성상을 전반적으로 향상시키고 있어서 돈분 음식잔여물 Extruding 시에는 옥수수를 최소한 20% 배합하는 것이 바람직한 사실을 시사하고 있다.

한편 BT가 제품의 물리적 성상에 미치는 영향을 보면 FD 간에는 현저한 차이가 보이지 않으며 100℃, 130℃, 150℃의 평균 ER은 각각 1.58, 1.73, 1.47로 130℃의 조건에서 가장 높았다. WAI, WSI, GR의 평균치도 130℃에서 각각 7.08, 10.8, 85.5의 가장 높은 수치를 보이고 있다. 따라서 본 시험 조건에서 가장 적절한 BT는 130℃이며 원료 혼합 비율에선 돈분, 음식잔여물, 옥수수의 비율을 40:40:20으로 결정하였다.

Table 3-25. Effect of Extrusion Temperature on Physical Characteristic of Extrudates from Different Level of Swine Waste, Food Waste and Corn

FW:DSW:Corn	FD	ER	WAI	WSI	GR	NSI
100℃						
0 : 10 : 80	642	1.732	5.6	11.9	89.21	29.8
20 : 20 : 60	597	1.632	6.2	10.6	83.92	30.2
30 : 30 : 40	629	1.627	7.2	10.5	83.20	31.5
40 : 40 : 20	621	1.327	7.9	9.8	82.22	31.2
130℃						
10 : 10 : 80	627	1.821	5.7	11.5	90.34	30.1
20 : 20 : 60	629	1.793	6.9	10.9	84.72	31.0
30 : 30 : 40	633	1.678	7.5	10.2	82.92	32.2
40 : 40 : 20	521	1.421	8.2	10.5	84.23	32.2
150℃						
10 : 10 : 80	633	1.722	5.2	11.2	88.26	30.2
20 : 20 : 60	607	1.624	6.5	10.5	84.32	31.5
30 : 30 : 40	521	1.521	7.2	10.0	81.34	30.9
40 : 40 : 20	703	1.021	7.8	10.3	80.77	31.5

2) ERF제품의 영양소 조성분

ERF제품의 물리적 성상이 가장 좋왔던 130℃ 조건에서의 돈분, 음식잔여물, 옥수수 배합율에 따른 ERF 원료 및 제품의 영양소 조성을 분석한 성적은 표 3-26와 같다. 즉 우선 원료의 일반성분을 보면 돈분과 음식잔여물 배합비율이 증가함에 따라 증가하며 그러나 총에너지 함량(GE)은 거이 같은 함량을 보이고 있다. 그러나 제품의 경우 단백질은 원료와

비슷한 성분을 보이는데 반해 조지방과 조섬유함량은 원료에 비해 현저히 감소하고있으며 따라서 GE 도 근소하나마 감소하고 있다 따라서 영양소함량이 가장 높은 제품은 돈분 40 : 음식잔여물 40 : 옥수수 20 배합 제품으로 조단백질 18.57%, GE 4363 Kcal/Kg 를 함유하고있다. 한편 여기서도 조지방 및 조회분 함량은 각각 5.4%, 10.34%로 각각 원료의 68% 93%로 감소하고 있는데 그럼에도 불구하고 GE 는 원료의 98%인 높은 값을 보이는 사실은 Extrusion을 통해 일반성분의 변화는 있다하드라도 그것이 곧 전체 에너지값에 영향을 주는 것은 아니라는 사실을 알수있다

Table 3-26. Nutrient Content of Materials and Extrudates from Swine Waste, Food Waste and Corn.

DSW:FW:Corn	Moisture	Crude Protin	Ether Extract	Crude Fiber	NFE	Crude Ash	GE(kcal/g)
ERF Materials							
10: 10: 80	27.64	11.208	4.91	3.85	65.15	3.83	4494
20: 20: 60	27.48	13.91	5.92	5.10	60.51	6.26	4476
30: 30: 40	28.31	16.62	6.93	6.36	55.87	8.69	4458
40: 40: 20	28.64	19.33	7.94	7.61	51.23	11.12	4440
ERF Product							
10 : 10 : 80	12.56	10.86	2.65	2.68	79.74	4.07	4432
20 : 20 : 60	8.82	13.37	2.22	2.71	79.12	5.58	4393
30 : 30 : 40	11.88	16.85	3.42	3.82	74.32	8.59	4351
40 : 40 : 20	16.68	18.57	5.40	5.01	66.68	10.34	4363

*DSW: Dryed Swine Waste, FW: Food Waste

3) ERF제품의 병원 미생물 분포 조사

음식잔여물과 돈분은 병원 미생물매개 가능성이 높다. 따라서 본 시험에서 DD 5.4, BT 130℃, SS 250 rpm 조건에서 Exrusion한 제품

전체에 대하여 Coliform, E.coli., Salmonella를 검출한 결과는 표 3-27과 같다. 즉 모든 ERF제품은 조사한 모든 병원 미생물이 검출되지 않았으며 이

Table 3-27. Microbiological Evaluation of Extrudates from Swine Waste, Food Waste and Corn.(count/gram)

	Coliform	E.coli	Salmonella
FW10: DSW10: Corn80	ND	ND	_
FW20: DSW20: Corn60	ND	ND	-
FW30: DSW30: Corn40	ND	ND	-
FW40: DSW40: Corn20	ND	ND	-

* FW:Food waste DSW: Dryed Swine Waste ND: Not Detecte -:Negative salmlnella

는 원료중에서는 Coliform 및 E.coli.가 검출된 사실에 비추워 보아 Extrusion BT 130℃ 조건에서는 병원미생물이 완전히 멸균되는 사실을 시사해주고 있다.

제 4 장. 계분 ERF 제품의 생물학적 평가

제1절. 계분,옥수수,타피오카 형 ERF 제품 급여가 Broiler의 증체량, 사료효율 및 도체성적에 미치는 영향

제 1 항. 서 론

계분의 영양소 조성분에 관하여는 제 2 장에서 그리고 계분 Extrusion의 적정 조건 및 제품의 영양소 함량 과 병원미생물 검사는 제 3 장에서 기술한 바 있다. 그러나 궁극적으로 가축분의 재활용 가능성은 실제 가축에대한 생물학적 평가를 통하여 동물이 나타내는 반응에 의하여 평가되어야 한다.

가축분의 사료화에 관한 연구를 살펴 보면 지금까지 계분을 중심으로 건조법 자연발효법이 주로 연구된 바 있다. 계분의 경우 Flegal & Zindel(1970)은 가열건조한 계분(Dehydrated Poultry Waste:DPW)을 초생추에 20%까지 대치 급여한 결과 5%까지는 사료효율은 약간 떨어지나 병아리 성장은 유의차가 없었다고 보고한 바 있으며 Bieley et al.(1972)은 5 20% 대치시 병아리 성장은 대치 수준이 높아짐에 따라 저해되었다고 하였다. 또한 Lee & Blair(1973)은 부로일러 사료에있서서 초기사료는 DPW 5%까지 후기사료는 10%까지 첨가하였을 때는 병아리 성장에 영향을 미치지 않는다고 보고한 바 있다.

한편 산란계에 대한 이등(1973) 그리고 Flegal & zindel(1971)의 시험성

적에 의하면 DPW 10 40% 대치시 10%수준일 때 산란율에 유의차가 없었으며 제2시험에서는 30%까지 산란율에 유의차가 없으나 사료효율은 대치비율이 높아짐에 따라 현저히 저하했다고 한다. 이들은 또한 란중은 다소 떨어지나 란백과 란각두께등은 오히려 증가하는 경향이 있다고 하였으며 계란중의 미생물수, 란황색 및 계란의 냄새나 맛에는 계분대치 사료간에 별다른 차이가 없었다고 보고하고 있다. 계분 건조방법은 계분 수집조건에 따라 계분 조성분에 변이가 심하며 또한 계분 건조처리에 노력이 많이 소요되며 또 사료농도가 낮아 배합된 사료의 ME가 낮게되는등 문제가 있다.

그러나 계분을 Extrusion 한다면 Extruder의 고온고압 압출과정을 거침으로서 계분을 저불 혼합 팽화시켜서 사료농도와 영양소 이용성을 높일뿐 아니라 계분내 번식하는 각종 병원미생물을 완전 소멸하고 악취의 원인인 각종 휘발성 화합물을 휘발시킴으로서 악취제거에도 효과가 있음을 확인한 바 있다. 그럼에도 불구하고 이에 관련한 연구는 국내는 물론 외국에도 아직 보고된 바가 없다.

따라서 본 시험에서는 제 3 장에서 제조 조건중 가장 적절하다고 생각되는 계분, 옥수수, 타피오카형 재활용사료(Extruded Recycling Feed:ERF) 제품을 이용하여 부로일러의 증체량 사료효율 및 체조성에 미치는 영향을 시험하고자 하였다.

제 2 항. 재료 및 방법

가. 공시동물 및 시험기간

본 시험은 경기도 오산소재의 연동축산에서 부화된 Arbor Acre 종 210수를 구입하여 1997년 9월 18일부터 1997년 10월 23일까지 총 6주간

본 대학 소동물 사육장에서 실시하였고, 사양시험이 종료된 후 내장기관의 무게 및 도체분석을 실시하였다. 본 시험에서 수행된 영양성분의 분석은 본 대학 영양사료 분석실에서 실시하였다.

나. 시험사료 및 시험설계

본 시험에서 시험한 ERF제품은 계분(50):옥수수(30):타피오카(20) 혼합원료를 Die diameter 3.9mm, Screw Speed 250rpm, Barrel Temperature 130℃에서 Extrusion한 것을 이용하였다. 공시사료는 ERF 제품 0, 10, 20, 30 및 40% 혼합하고 ERF 제품의 기호성 증진 효과를 시험하기 위하여 ERF 제품 40% 혼합구에 향미제(GUSTA-MIN 897)를 0.04 및 0.10% 첨가한 2처리로 총 7처리로 하였다. 사료배합은 NRC 부로일러 영양소요구량(1996)에 준하여 부로일러 전기(0-3주령)와 후기(4-6주령)로 구분 배합하되 최소비용사료를 배합하기위하여 Brill Computer Program을 이용 배합비율을 계산하였는데 그 사료배합비율 및 영양소함량은 표 4-1과 표 4-2와 같다. 시험설계는 처리당 3반복, 반복당 10수로 총 210수를 완전임의 배치하여 수행하였다.

다. 조사항목 및 조사방법

1) 증체량, 사료섭취량 및 사료요구율

전 시험기간 동안 시험사료와 급수는 무제한급이 하였으며 사료섭취량은 사료급여량에서 잔량을 제하여 구하였고 사료요구율은 시험 전기간중의 사료섭취량을 총증체량으로 나누어 구하였다. 체중 측정은 매주 측정 4시간전에 사료를 제거하여 절식시킨 후 측정하여 주별 증체량을 구하였다.

Table 4-1. Composition of Starter Diets for Broiler Fed ERF.

	Control	ERF (%)			
		10	20	30	40
Ingredient					
ERF1)	-	10.00	20.00	30.00	40.00
Corn	65.00	65.00	57.34	49.67	41.90
Wheat bran	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00
SBM(CP, 44%)	13.83	13.27	8.16	5.92	3.70
Canola meal	-	-	3.00	3.00	3.00
Sorghum	5.00	0.03	-	-	-
Corn gluten meal	4.27	-	-	-	-
Limestone	0.80	1.20	1.00	1.00	1.00
TCP	0.50	0.30	0.30	0.20	0.20
Additive2)	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20
TOTAL	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00
Chemical Composition					
ME	3100	3100	3100	3100	3100
CP	21	21	21	21	21
Ca	1.20	1.00	1.00	1.00	1.00
Available P	0.45	0.45	0.45	0.45	0.45

1) ERF(Extrusion recycle feed) = Dried Poultry Waste : Corn : Tapioca : 50 : 30 : 20.
2) Additive : Trace mineral and Vitamin premix.

Table 4-2. Composition of Finisher Diets Fed ERF.

	Control	ERF (%)			
		10	20	30	40
Ingredient					
ERF1)	-	10.00	20.00	30.00	40.00
Corn	58.19	54.94	49.81	45.75	35.88
SBM(CP, 44%)	17.00	17.00	14.72	11.63	11.76
Wheat bran	5.00	3.00	-	-	-
Corn gluten meal	4.30	5.00	-	-	-
Tapioca	5.00	2.34	3.67	0.62	0.86
Canolar meal	3.00	-	3.00	3.00	1.00
Fish meal	2.94	3.00	3.00	3.00	3.00
Limestone	1.00	1.00	1.00	1.00	0.50
Soy oil	2.00	2.00	3.00	3.00	5.00
TCP	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
Methionine	0.17	0.22	0.25	0.35	0.30
Lys	0.10	0.20	0.25	0.35	0.40
Additive2)	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30
TOTAL	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00
Chemical Composition					
ME	3100	3100	3100	3100	3100
CP	18	18	18	18	18
Ca	1.0	1.04	1.11	1.16	1.02
Available P	0.39	0.40	0.41	0.43	0.44

1) ERF(Extrusion recycle feed) = Dried Poultry Waste : Corn : Tapioca : 50 : 30 : 20.
2) Additive : Trace mineral and Vitamin premix.

2) 도체분석 및 내장무게 측정

사양시험 종료 후 각 시험구에서 평균체중에 가까운 개체를 3수씩 선발하여 도체율을 칙정하는 동시 Deaton et al.(1974)의 방법에 의하여

내장조직을 제거하는 동시에 늑골내의 근위, 장, 총배설강 및 복부근육 주위에 부착된 지방조직을 취하여 Abdominal fat pad를 측정하였고 간장, 근위 및 사낭의 무게를 측정하였다. 체조성 성분은 장내조직을 제거한 도체를 만육기(Meat chopper, DAEWOO, Korea)로 분쇄한 후 동결건조기(SFDSM12, SAMWON, Korea)로 48시간 건조하여 수분함량을 측정한 후 분석시료로하여 조단백질, 조지방 및 조회분을 AOAC법에의하여 분석하였다.

3) 관능평가

본 시험사료의 섭취가 계육의 맛에 미치는 영향을 조사하기 위하여 숙달과정을 거치지 않은 검사자 20명을 선발하여 맛의 차이를 조사하였다. 계육의 처리는 동일 용량의 용기에 동일량의 물을 첨가한 후 일정시간동안 열을 가한 후 상온에서 식힌 다음 대조구와 시험구의 계육을 알리지 않고 시식케 한 뒤 0점에서부터 5점까지 평가하게 하였다.

4) 경제성 분석

본 시험을 수행하는 동안에 시험사료로 사용된 단미사료의 가격을 축협으로부터 입수하여 각 시험구의 배합비에 따른 사료가격을 산출한 뒤 계육의 kg 당 가격에 증체에 필요한 사료가격을 제하여 사료의 경제적 가치를 구하였다. 여기서 ERF 제품의 가격은 Extrusion 가동에 필요한 고정비용과 유동비용을 고려한 오(1995)의 보고에 근거하여 산출하였다.

라. 통계처리

본 시험에서 얻어진 자료의 통계처리는 SAS Package Program (1985)에 의하여 분산분석을 실시하였으며 처리평균간의 유의성 검정은

Duncan의 다중검정법을 이용하여 실시하였다.

제 3 항. 결과 및 고찰

본 시험에 공시한 ERF 제품은 계분, 옥수수, 타피오카를 50 : 30 : 20의 비율로 혼합하여 Extruder 조건을 Die 직경 5.3 mm, Screw speed 250 rpm, Barrel Temperature 130℃ 조건에서 생산한 제품이다. 부로일러에 대하여 ERF 10, 20, 30 및 40% 배합한 공시사료를 급여한 결과는 표 4-3 및 4-4와 같다. 표 4-3은 전기(0-3주령) 사양 성적으로 ERF 40%까지 대조구와 유의차가 없는 비슷한 증체량을 보이고 있다. 이는 부러일러 초생추에 대하여 ERF 40% 까지 급여하여도 증체량에는 아무 이상이 없음을 말해주는 것이다. 여기서 ERF 10% 첨가구가 대조구에 비하여 유의적($p<0.05$)으로 높은 증체효과를 보이고 있는 사실은 증가한 사료섭취량과 관련하여 볼 때 ERF 10% 범위에서는 특이적으로 영양소 이용율이 증가한 것으로 보인다. 한편 ERF 40%구에 향미제를 첨가한 시험구에서는 대조구 및 ERF 40% 첨가구에 비하여 유의적($p<0.05$)으로 증체량이 떨어지고 있으며 이는 본시험에서 선택한 향미제가 사료섭취량에 아무런 효과도 없었으며 오히려 증체에 저해되고 있음을 말해 준다 .

부러일러 전기중 사료섭취량에 있어서는(표4-3) ERF 배합율이 증가함에 따라 섭취량이 유의적($p<0.05$)으로 증가하여 첨가 40%구에서 가장 높은 사료를 섭취하고 있다. 사료효율에 있어서는 대조구와 ERF 10% 첨가구가 가장 낮은 성적을 보였으며 ERF 첨가 수준이 높을수록 유의적으로 사료요구율이 증가하고 있다. 즉 단위 증체당 섭취한 사료량이 증가하는 것이다. 여기에는 ERF가 측정한 ME 보다 낮아 ERF 배합량이 증가함에 따라 섭취량이 증가하는 가능성을 생각할수 있다. 그러나 ERF 자체에 섭

취량을 저해하는 어떤 요인도 개재하지않는 것은 확인할 수 있는 현상이라 하겠다.

Table 4-3. Effects of Feeding ERF Starter Diets on Body Weight Gain, Feed Intake and Feed Conversion Ratio of Broiler (0-3wks).

Treatment	Body weight gain (g)	Food intake (g)	Feed conversion ratio
Control	700.2±1.30b	1163±13.12c	1.66±0.03b
ERF 10%	737.5±2.07a	1235±17.56b	1.67±0.02b
ERF 20%	701.1±2.90b	1251±13.55c	1.78±0.03a
ERF 30%	696.9±1.71b	1206±11.79bc	1.73±0.05ab
ERF 40%	713.6±2.93b	1299±11.22a	1.82±0.04a
ERF 40 (0.04%)	677.4±6.16c	1276±13.77a	1.88±0.04a
ERF 40 (0.10%)	636.5±0.72d	1212±9.37bc	1.90±0.04a

[a,b,c,d]Means in the same row with different superscripts differ significantly ($p<0.05$)

ERF 배합 사료가 부로일러 후기(4-6주령) 사양성적에 미치는 효과는 표 4-4와 같다. 즉 부러일러 후반기 증체량은 대조구 1.273kg으로 가장 높고 ERF 배합율이 증가함에 따라 유의적으로 낮은 증체를 나타냈다($p<0.05$). 사료섭취량은 대조구 2.728kg로 가장 적었으며 ERF 제품의 배합량이 증가함에 따라 섭취량도 증가하는 경향을 보이고 있다. 여기에서도 특히 ERF 40%구의 경우 에너지 수준이 측정치보다 낮아 섭취량이 증가하나 증가한 사료섭취량으로는 증체에 필요한 충분한 영양소를 공급하지 못하였기 때문에 증체량이 감소한 것으로 보인다. 그 결과 사료요구율도 ERF 배합율과 더블어 증가하고 있는 것이다.

결국 6주간의 부러일러 전체 사육기간으로 볼 때(표 4-5) 증체량에있

서서 ERF10%구는 대조구와 유의차 가 없으나 ERF 20 40% 구에서는 대조구에 유의적으로 증체량이 감소해가고 있다. 사료섭취량에 있어서도 대조구 3.892kg으로 가장 섭취량이 적었으며 ERF 배합 비율이 증가함에 따라 사료섭취량이 증가하여 결국 사료효율은 대조구 1.97에 비하여 ERF 10% 혼합구는 2.06으로 유의적인 차이는 없었으나, ERF 20% 이상 배합 수준이 높아질수록 사료효율도 유의적으로 크게 증가하는 현상을 보인다 ($p < 0.05$). 따라서 총체적으로 볼 때 ERF는 10% 범위에서는 대조구와 다를바 없게 배합이 가능하며 그 이상 배합율을 증가할때는 그만큼 사료요구율이 감소하는 것을 알 수 있다. 많은 연구자들 즉 Flegal & Zindel(1970) Biely et al.(972)은 건조계분(DPW) 5% 이상을 급여할 때 부로일러의 증체가 저해되고 사료효율이 떨어진다고 보고하고 있다.

Table 4-4. Effects of Feeding ERF Finisher Diets on Body Weight Gain, Feed Intake and Feed Conversion Ratio of Broiler (4-6wks).

Treatment	Body weight gain (g)	Food intake (g)	Feed conversion ratio
Control	1273.0±21.1a	2728±31.3b	2.14±0.14b
ERF 10%	1172.9±92.1b	2691±21.7b	2.29±0.13b
ERF 20%	1147.6±86.3b	2937±27.9ab	2.56±0.16ab
ERF 30%	1163.8±15.9b	2998±29.7ab	2.58±0.11ab
ERF 40%	1099.3±17.5c	3131±20.4a	2.85±0.02a
ERF 40 (0.04%)	1103.1±18.5c	3112±17.5a	2.82±0.02a
ERF 40 (0.10%)	1108.2±42.1c	3178±20.3a	2.87±0.02a

a,b,c,d Means in the same row with different superscripts differ significantly ($p < 0.05$)

Table 4-5. Effects of Feeding ERF Diets on Body Weight Gain, Feed Intake and Feed Conversion Ratio of Broiler (0-6wks).

처리구	Body weight gain (g)	Food intake (g)	Feed conversion ratio
Control	1973.2±21.3a	3892±41.87c	1.97±0.04d
ERF 10%	1910.4±112.1ab	3928±33.91c	2.06±0.11d
ERF 20%	1848.7±106.3bcd	4188±40.47b	2.27±0.13c
ERF 30%	1860.7±15.9bc	4207±36.79b	2.26±0.04c
ERF 40%	1812.9±21.9bcd	4432±28.32a	2.44±0.02b
ERF 40 (0.04%)	1780.5±6.16cd	4391±30.32a	2.47±0.02a
ERF 40 (0.10%)	1744.7±4.21d	4391±26.02a	2.52±0.02a

a,b,c,dMeans in the same row with different superscripts differ significantly($p<0.05$)

Bare et al.(1964)는 Uric acid 2%이상일 때 성장이 저해된다고 보고하고 있다. 본 시험 ERF 10, 20, 30 40%의 경우 NPN은 각각 0.48, 0.96, 1.44, 1.93%가되고 Uric acid는 각각 0.29, 0.59, 0.89, 1.19%로 ERF40%에서도 uric acid 가 저해수준에 이르지 않으며 따라서 이것이 증체를 저해하는 요인은 아닌 것으로 생각된다. Boushy & Vink(1977)는 증체가 떨어지는 이유중 하나로 NPN 또는 uric acid 함량을 들고 그러나 잘 균형된 사료인 경우 NPN이 1.43% 까지는 잘 이용할 수 있다고 보고하고 있는데 본시험에서 ERF 30% 이상에서는 NPN함량이 높은 경향이다. 본시험에서 ERF를 최대한 급여할 때(ERF 40%) 사료요구율은 대조구에 비하여 약 23%나 떨어지고 있다. 여기에는 증체량의 감소와 더블어 사료섭취량이 증가했기 때문이며 섭취량의 증가는 ERF중 ME가 측정치 보다 낮을 가능성이 있고 그로인해 섭취량이 증가된 것으로 보인다. 그러나 만일 ERF 제조비가 떨어지는 사료요구율을 보상할만큼 저렴하다면 ERF 30%까지는 무난히 배합

가능한 것으로 보인다.

ERF 제품을 급여한 공시계의 도체율 복강지방 및 체중 100g당 장기 무게는 표 4-6과 같다. 도체율은 생체중 %로 표시할 때 대조구 72.85%인데 반해 ERF구에서는 배합율이 증가함에 따라 70.46%에서 68.58%로 감소하고 있다. 또 내장을 제외한 도체율은 대조구 64.5%인데 비해 ERF급여

Table 4-6. Carcass Rate and Organ Weight of Broiler Fed Different Levels of ERF Diets. (g/100g B.W.)

Treatment	Dressed Carcase(%)	Eviscerated Carcass(%)	Abdominal fat pad(%)	Gizzard	Crop	Liver
Control	70.85a	63.66	1.25c	2.08b	0.30c	3.25b1)
ERF 10%	70.46a	63.15	1.89b	2.32b	0.34b	3.78ab
ERF 20%	70.08a	62.86	1.86b	2.31b	0.48a	4.00a
ERF 30%	69.76b	62.20	2.62a	2.76a	0.50a	3.59ab
ERF 40%	68.58b	61.15	2.48a	2.81a	0.48a	3.31b

1) Means with different superscripts within the same calumn differ($p<0.05$).
Mean values ± standard error.

구는 63.15%에서 61.15%로 감소하고 있다. 한편 복강지방 축적량은 대조구가 1.25%로 가장 낮았고 ERF 10과 20% 혼합구에서 각각 1.89%와 1.86%로 대조구에 비하여 유의적으로 높게 나타났으며 그후 배합수준이 높아질수록 더욱 증가하여 2.62%, 2.48%의 결과를 보였다. 이는 공시사료중 에너지와 단백질 수준을 균형있게 급여하였는데도 불구하고 실제 공시사료중 단백질 이용율이 떨어지든가 아니면 에너지 단백질의 불균형에서 온 것으로 보인다. 또한 이들 복강지방 성적은 Ogunmodede & Aninge(1978)의 보고와 경향을 같이하는 것으로 복강지방 비율이 크면 클수록 도체 가공처리

시 불리하며 또 수요자 기호에도 맞지 않아서 바람직하지 않은 것이다.

한편 간장의 무게는 ERF 20% 배합구가 4.00g인데 비하여 대조구와 ERF 40% 배합구에서 각각 3.25 및 3.31로 ERF 혼합수준에 따른 일정한 경향은 발견하지 못하였다. 반면 근위의 체중 100g 당 무게는 대조구 2.08g에 비하여 ERF 혼합 10과 20%구 2.32 및 2.31g로 유의적인 차이는 없었으나 그후 ERF 혼합수준이 30과 40%로 높아질 때 각각 2.76, 2.81g로 유의적으로 증가하였다. 이는 소화율이 낮은 사료일수록 또는 사료의 부피가 클수록 근위내 체류시간이 길어지고 따라서 근위 운동도는 지속되는 사실과 상관이 있는 것으로 생각된다. 사료내 ERF 혼합수준이 높을수록 사낭의 무게도 유의적으로 높아졌으며 여기에서도 근위와 같은 경향이 있는 것으로 생각된다.

Table 4-7. Body Composition of Broiler Fed Different Levels of ERF

Diets	Moisture	Crude Protein	Ether Extract	Crude Ash
Control	69.10	18.01	12.17	1.01
ERF 10%	66.61	19.23	12.89	1.00
ERF 20%	64.20	20.04	13.97	1.06
ERF 30%	65.18	20.00	13.24	1.01
ERF 40%	64.37	19.53	14.60	0.97

ERF 혼합사료를 6주간의 급여한 부로일러의 도체분석 성적은 표 4-7과 같다. 수분함량에 있어서는 대조구가 69.1%인데 비해 ERF 혼합 시험구에서는 64 66%로 비교적 낮다. 조단백질 함량은 전 시험구에서 18 20%로

거의 일정한 함량을 보인 반면 조지방 함량은 대조구 11.17%에 비하여 ERF 혼합 10%구가 12.89%로 높게 나타났으며 그후 ERF의 배합수준이 높아질수록 증가하는 경향을 보여주었다. 특히 체지방 함량의 증가에 대한 수분함량이 감소하는 결과는 체지방 함량과 수분함량간에는 상보적 관계에 있다는 다른 연구자의 발표 결과(Munro, 1964)와 동일한 현상을 보였다.

Table 4-8. Sensory evaluation of broiler meat fed different levels of ERF diet .

	Taste	Color	Juiciness	Texture	Total acceptability
Control	4.2	3.9a	3.5	4.1	3.93
ERF 10%	4.1	3.9a	3.4	4.2	3.90
ERF 20%	4.3	3.6b	3.5	4.0	3.85
ERF 30%	4.2	3.8a	3.5	4.0	3.88
ERF 40%	4.0	4.0a	3.5	4.1	3.90

* Means with different superscripts within the same calumn show significant difference($p<0.05$).
**Panal evaluation: Higly palatable 5: Palatable 4: Mean 3: Undecided 2: Unpalatable 1

표 4-8에는 본 시험사료가 계육의 맛에 미치는 영향을 조사하기 위하여 관능검사를 실시한 결과를 나타내었다. 맛의 정도에 있어서는 대조구 사료를 섭취한 구와 ERF 실험사료구간에 큰 차이를 보이자 않았으며 육색에 있어서는 ERF 첨가 20%구가 다른 모든 시험구에 비하여 유의적으로 낮게 평가되었다. 그러나 전체적인 종합기호도에 있어서는 시험구와 대조구간에 차이를 나타내지 않아 본 시험에서 시험사료로 이용된 계분, 옥수수, 타피

오카 혼합 ERF 제품이 계육의 육질 및 맛에는 크게 영향을 주지 않은 것으로 나타났다.

Table 4-9. Economical analysis of ERF diets.

Item(Won)		ERF (%)			
	Control	10	20	30	40
A. Feed Price/kg	299.1	296.1	265.7	256.2	247.4
B. Total Feed Price	1164.1	1163.1	1090.9	1077.7	1096.5
C.Body Wt. gain(kg)	1.97	1.91	1.80	1.86	1.81
D. Meat price/kg	1200	1200	1200	1200	1200
E.Total Meat price	2367.8	2292.5	2159.3	2231.8	2175.5
F. Gross Income	1203.7	1129.4	1068.4	1154.0	1079.0

*: Total Feed price=(A×feed intake), Total Meat price, C×D :
Gross Income= E-B

표 4-9에는 ERF 시험사료가 브로일러의 조수익에 미치는 영향을 조사한 성적이다. 여기서 A는 사료 kg 당 배합사료의 가격을 B는 배합사료의 가격에 사료섭취량을 곱하여 사료비를 산출하였고 C는 증체량을 D는 계육의 시중 도매가격을 나타내었으며 C×D는 실험성적에 따른 계육의 가격을 E-B는 조수익을 나타내었다. 배합사료의 kg당 가격은 대조구에서 가장 높게 나타났으며 ERF 첨가 수준이 높아질수록 사료가격이 감소하였다. 또한 사료섭취량에 따른 사료비도 대조구에 비하여 ERF 첨가구가 낮게 나타났으며, 특히 ERF 첨가수준이 높을수록 수당 소요되는 사료비가 감소하는 것으로 나타났다. 전체적인 수익성을 고려할 때 대조구가 가장 좋은 성적을 보였고 시험구에서는 약간 낮은 결과를 나타냈다. 이는 평균 증체량이 대조구가 높은 반면 시험구에서 비교적 낮은 증체를 보였기 때문이지만 환경오염원의 재활용이란 측면에서 경제성을 산출한다면 본 시험에서 나타난

결과보다는 ERF의 사료적 가치가 높아질수 있을 것으로 판단된다.

이상 사양성적으로 볼 때 부러일러에 대하여 ERF 제품의 적정 배합비율은 순수히 증체량과 사료이용율를 기준으로 할때는 10% 수준이 적정했다. 그러나 부존자원 재활용이나 환경오염원 절감이란 입장에서는 이 보다 높은 수준을 이용 가능한 것으로 보인다.

제 2 절. 계분, 옥수수, 타피오카형 ERF 제품 급여가 산란계의 산란 성적에 미치는 영향

제 1 항. 서 론

산란계의 생체중은 약 2.0kg이며 그 중 단백질량 260g 지방량 300g 칼슘 20g이다. 이 산란계의 연간 계란 생산량은 약 16-17kg이며 그 중 단백질량은 2kg 지방 1.728 kg 칼슘 635g이다. 따라서 산란계는 자기 체중의 약 8배의 영양소량을 계란의 형태로 배출하고 단백질은 체단백질의 약 4배 지방은 약 5.8배 그리고 칼슘에 이르러는 자체 성분의 약 32배량을 생산하게된다 문제는 산란계의 영양 부담은 그만큼 크고 따라서 그만큼 예민한 영양대사를 감담해야하는 것이다.

계분 재활용사료(ERF)에는 비단 경제적인 관점에서 그리고 황경 공해를 경감시키는 관점에서 제조되었다 하더라도 상당량의 단백질과 에너지 그리고 칼슘, 인등 광물질을 함유하고 있으며 이들이 산란계에 어떻게 반응되는가의 문제는 중요하다. 지금까지 계분의 사료화에 관한 연구는 상당히 수행되어왔다(Flegal & Zindel, 1971; Hodgetts, 1971; Flegal et al., 1972; Nesheim, 1972). 그러나 이들은 건조계분 재활용 가능성을 시험하고 있을 뿐 Extrusion처리 계분에관하여는 아직 연구된바 없다. 따라서 본 시험에서는 3장에서 가장 적절하다고 생각되는 산란계분, 옥수수, 타피오카 형 ERF을 이용하여 산란계에 대한 산란능력 및 란질을 비교함으로서 생물학적 평가를 시도하는데 그 목적을 두었다.

제 2 항. 재료 및 방법

가. 공시동물 및 시험장소

본 시험에 사용된 공시동물은 산란후기 Isa-Brown 산란계 400수를 공시하여 1997년 7월 14일부터 10월 13일까지 13주간에 걸쳐 강원대학교 소동물사육장에서 실시하였다

나. 시험사료 및 시험설계

본 시험에 사용된 ERF 제품은 계분 옥수수 타피오카를 50:30:20의 비율로 Extrusion한 제품으로 Extrusion은 Die diameter 3.9mm, Screw Speed 250rpm, Barrel Temperature 130℃의 조건에서 제조하였다. 공시사료는 NRC 영양소요구량(1996)에 준하여 배합하되 ERF 10, 20 및 40% 및 대조구의 4개 시험구로 하였는데 시험사료의 배합비는 표 4-10와 같다. 공시계는 시험구당 100수 총 400수를 공시하였다.

다. 조사항목 및 조사방법

1) 산란율 및 사료요구율

전 시험기간 동안 시험사료는 무제한급여하고 산란율은 매일 수거하여 Hen-Day 기준으로 계산하고 사료섭취량은 매주 1회 측정하였다.

2) 란중, 란각두께 및 Haugh Unit

시험 후반기 임의로 처리구당 계란 10개를 선택하여 란중을 란중칙정기에 의해 측정 평균하였으며 즉시 난백고측정기(FHK제품)로 albumen height를 측정하여 Haugh Unit를 산출하고 난각은 70 80℃의 Drying Oven에서 건조후 난각측정기(FHK 제품)로 계란의 중간부위의 3곳

Table 4-10. Composition of Layer Experimental Diets.

	Control	ERF 함량(%)		
		10	20	40
ERF	-	10	20	40
Corn	65.36	54.34	55.54	36.40
SBM(CP, 44%)	12.58	10.00	10.00	10.00
Fish meal	5.00	7.92	5.00	1.90
Canola meal	3.00	-	0.08	-
Tapioca	3.00	5.00	-	-
Wheat bran	1.64	-	-	-
Limestone	8.00	5.00	5.43	5.00
TCP	0.22	1.00	0.50	1.00
Soy oil	1.00	3.00	3.00	5.00
Methionine	0.10	0.15	0.15	0.25
Lysine	-	-	0.10	0.25
Vitmin Mix.	0.10	0.10	0.10	0.10
Total	100.00	100.00	100.00	100.00
Chemical composition(%)				
ME(㎉/㎏)	2,900	2,900	2,900	2,900
Crude protein	16.00	16.00	16.00	16.00
Lysine	0.94	0.91	0.88	0.82
Methionine+Cystine	0.63	0.66	0.63	0.64
Calcium	3.25	3.11	2.53	2.47
Av. phosphorus	0.29	0.51	0.37	0.42

1) ERF : Extrudate Recycle Feed

을 측정하여 각수당 30회를 칙정후 평균하였다. Haugh Unit는 HU=100log(H+7.57-1.7W0.37)의 공식에의해 계산하였다. 여기서 H는

albumen height를 W는 egg weight를 나타낸다.

라. 통계처리

본 시험에서 얻어진 자료의 통계처리는 SAS Package Program (1985)에 의하여 분산분석을 실시하였으며 처리평균간의 유의성 검정은 Duncan의 다중검정법을 이용하여 실시하였다.

제 3 항. 결과 및 고찰

산란후기의 산란계에 ERF 혼합 사료 급여시 산란성적 및 사료요구율을 조사한 성적은 표 4-11과 같다. 산란율은 대조구 60.57%에 비하여 ERF 10, 20, 및 40%구에서는 각각 59.71% 59.74% 58.41%로 이들은 대조구와 유의차가 인정되지않았다. 또한 사료섭취량을 비교하면 대조구의 사료섭취량이 108.9g로 가장 적은반면 ERF의 첨가수준이 증가함에 따라 약간 증가하는 경향을 보이며 따라서 계란 10개 생산하는데 소요된 사료요구율도 증가하고있다. 한편 ERF급여시 난중 및 난질에 미치는 영향 성적은 표12와 같다 즉 난중에 있어서는 오히려 대조구에 비하여 ERF 배합 수준이 높은 20과 40%구에서 커지고 있으며 난각 두께는 ERF 배합구가 약간 증가하였는데 반해 Haugh unit는 대조구에 비교되는 경향을 보인다.

Flegal et al.(1972)과 Nesheim(1972)은 건조계분(DPW)을 옥수수 대치로 12.5%와 25% 또는 22.5%배합할 때 DPW 수준을 증가함에 따라 사료섭취량이 증가하고 산란율은 감소하는 것으로 보고하고 있다. 그러나 DPW 12.5%급여시엔 사료섭취량이 감소하고 산란율은 증가한다고 하였다. 한편 Quisenberry & Brdley(1969)와 Flegal & Zindel(1970, 1971)은 DPW를 10 40%를 대치하는 시험에서 10%구의 사료섭취량은 대조구와 비슷하

였으나 산란율이 증가하여 계란 12개 생산에 소요된 사료량은 점차 감소하였다고 한다. DPW 20%배합구에서는 섭취량은 증가하는데 산란율은 가변적이었으며 30% 이상에서는 DPW가 증가함에 따라 사료섭취량이 증가하는반면에 산란율은 감소한다고 하였다.

Table 4-11. Effect of Poultry manure ERF Feeding on Egg Production Feed Effciecy of Laying Hen

	Egg Production % (Hen-Day)	Feed Intake (g/day)	Feed/10Egg (Kg)
Control	60.57±6.0	108.88	1.797
ERF 10	59.71±7.9	110.00	1.842
ERF 20	59.74±6.6	112.03	1.875
ERF 40	58.41±7.2	114.27	1.956

Table 4-12. Effect of Poultry manure ERF Feeding on Egg Weitht and Egg Quality of Laying Hen

	Egg Wt.(g)	Shell Thickness (mm)	Haugh unit
Contral	70.86±6.0	0.3909	89.38
ERF 10	70.18±4.3	0.3940	89.10
ERF 20	72.98±3.2	0.4088	89.54
ERF 40	72.43±2.0	0.4124	89.98

본 시험에서 ERF 40%수준은 DPW 20%에 해당되며 이수준에서도 산란율에는 유의차가 없으며 난중이 증가하며 그러나 사료섭취량이 증가하는

사실은 Battacharya & Talor(1971)와 Flegal & Zindel(1971)의 보고와 경향을 같이하는 것이다. 요컨데 산란계에 대한 DPW 평가 시험에서 산란율과 DPW 급여수준간에는 밀접한 상관이있으며 대체로 산란율과 사료요구율을 저해하지않는 DPW 최대한 수준은 각각 20%와 14%라고 한다((Martin et al., 1983). 그러나 본 시험 성적에서 DPW를 Extrusion등으로 적절히 가공처리하는 경우 산란율과 사료요구율을 저해하지 않는 ERF 수준은 40%(DPW 20% 수준)라고 생각되는 것이다.

제 3 절. 계분, 옥수수, 타피오카형 ERF 제품의 급여가 재래산양의 사양성적 및 체조성에 미치는 영향

제 1 항. 서 론

계분중 가장 가치있는 성분은 단백질과 NPN 으로 구성되는 질소성분이다. 특히 가금은 ornithine 합성이 어렵기 때문에 주로 뇨산의 형태로 질소가 배설된다. 계분중 NPN은 주로 purine, uric acid 및 allantoin으로 구성되며 uric acid는 urea 에 비해 물에 용해성이 낮기 때문에 반추위내 미생물에 의해 이용 가능성이 높고 따라서 ERF 제품은 단위동물뿐 아니라 반추동물에 대한 이용가능성이 높다.

지금까지 산양에 대한 계분 급여시험은 계분 또는 깔짚의 형태로 사료중 계분깔짚 20-68%를 대치할 때 산양의 증체량은 대조구와 유의차가 없었다고한다(Jordan et al., 1968, Mclnnes et al., 1968, Brugman et al., 1969, De Galmez et al., 1970). 또한 Bishop et al.(1971)은 산양에 대하여 계분깔짚을 분이 또는 큐브형태로 급여할 때 일당 증체량은 대조구에 상응하는 한편 대조구의 2 배 이상의 수익성을 얻었다고 한다. 한편 계분의 영양소조성은 저장기간이나 저장온도등 여러 가지 요인에 따라 변이가 크며 따라서 산양에 대한 급여 효과도 급여조건에 따라 변이가 크다.

따라서 본 시험에서는 환경오염을 최소화하는 동시에 계분의 사료로서 재활용 가능성을 모색하기 위하여 계분, 옥수수 및 타피오카를 혼합한 ERF 제품이 재래산양(흑염소)의 증체량, 사료섭취량, 사료요구율 및 도체성적에 미치는 영향을 시험하였다.

제 2 항. 재료 및 방법

가. 시험기간 및 장소

본 시험은 강원대학교 부설목장에서 3주간의 적응 기간을 거친 후 1997년 9월 23일부터 11월 4일까지 6주간 실시되었으며 사양시험이 종료된 후 각 시험구당 3두씩 도체하여 도체분석을 실시하였다. 본 시험중 수행된 영양성분의 분석은 본 대학 영양사료 분석실에서 실시하였다.

나. 실험동물 및 실험설계

본 시험에 이용된 실험동물은 평균체중이 10.84kg이된 재래산양 수컷 15두(평균연령 3개월령)를 5처리 3반복으로 완전임의 배치하여 실시하였다.

다. 공시사료 및 사양관리

본 실험에서 사용한 공시사료는 한국농가형 급여체계에 따라 흑염소의 영양소 요구량을 ME 3400Kcal/Kg, 조단백질 15%를 기준으로 ERF 제품을 0, 10, 20, 30, 및 40%의 비율이 되도록 첨가하여 배합하였는데 그 배합비는 표 4-13와 같다. ERF 제품은 건조계분, 옥수수, 타피오카, 를 50:30:20으로 혼합하여 Die직경 5.3mm, Screw speed 250rpm, Barrel Temperature 130℃, 의 조건하에서 Extrusion 처리하였다. 1일 농후사료의 급여량은 무제한으로 급여하였으며 이때 농후사료와 조사료의 비율은 4:6이 되도록 하였다. 또한 조사료 급원으로는 알팔파 건초를 급여하였으며 농후사료의 급여는 오후 4시에 급여하여 익일 잔량을 조사하였고 조사료의 급여는 오전 9시에 급여하여 오후 4시에 잔량을 조사하여 사료섭취량을 구하였다. 이때 급수량은 무제한 급수 하였다.

Table 4-13. Composition of experimental diets for Korea Native Goat.

	control	ERF (%)			
		10	20	30	40
Ingradient(%)					
ERF1)	-	10.00	20.00	30.00	40.00
Corn	65.00	65.00	57.34	49.67	41.90
Wheat bran	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00
SBM(CP, 44%)	13.83	13.27	8.16	5.92	3.70
Canola meal	-	-	3.00	3.00	3.00
Sorghum	5.00	0.03	-	-	-
Corn gluten meal	4.27	-	-	-	-
Limestone	0.80	1.20	1.00	1.00	1.00
TCP2)	0.50	0.30	0.30	0.20	0.20
Additive3)	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20
Total	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00
Chemical composition					
DE, kcal/kg	3400	3400	3400	3400	3400
Crude Protein	15	15	15	15	15
Calcium	0.62	0.68	0.67	0.68	0.73
Avaiable P	0.49	0.46	0.51	0.52	0.54

라. 조사항목 및 조사방법

시험사료 및 도체분석에 이용한 화학적 성분 분석은 A.O.A.C (1984)에 준하여 실시하였다. 사료섭취량의 경우 농후사료와 조사료를 구분하여 구하였는데 농후사료와 조사료는 잔량과 허실량을 조사하여 총급여량에서 조사된 잔량과 허실량을 공제하여 6주간의 사료섭취량으로 하였으며 증체량은 매주 농후사료 급여전 체중을 측정하여 일주일간의 증체량으로

하였으며 사료요구율은 증체량과 증체에 필요한 사료섭취량 비율로 계산하여 구하였다.

마. 통계처리

본 시험에서 얻어진 자료의 통계처리는 SAS Package Program (1985)에 의하여 분산분석을 실시하였으며 처리평균간의 유의성 검정은 Duncan의 다중검정법을 이용하여 실시하였다.

제 3 항. 결과 및 고찰

계분, 옥수수, 타피오카 형 ERF 혼합사료 급여시 재래산양의 일일 증체량, 일일조사료 섭취량, 일일 농후사료 섭취량, 사료요구율 성적은 표 4-14과 같다. 일일 증체량에 있어서는 대조구가 119.8g으로 가장 높은 증체량을 보였으나 ERF 10, 20 및 30%구는 각각 96.8, 89.3, 108.2g로 대조구와는 유의적인 차이가 보이지 않았는데 반해 ERF 40% 급여구의 1일 증체량 78.3g만이 대조구에 비해 유의적으로 낮은 증체를 보였다. 한편 사료섭취량에서 ERF 10, 20, 30% 급여구에서 조사료 및 농후사료 섭취량이 점차 증가하고 있다. 본 시험에서 조사료는 가급적 대조구 조사료 섭취량 수준으로 제한하여 ERF가 배합된 농후사료 섭취량을 비교할 수 있도록 하였기 때문에 조사료 섭취량에는 현저한 차이가 없다. 그러나 농후사료 섭취량을 보면 시험구간 유의성은 인정되지 않었으나 ERF 30%급여구 까지는 대조구에 비교할 수 있는 섭취량을 보이고 따라서 ERF 섭취 비율도 그만큼 증가하는데 반하여 ERF40% 급여구만은 농후사료 섭취량이 현저히 감소하고 있다. 따라서 사료요구율도 대조구가 2.87인데 비하여 ERF급여구에선 3.42-4.02범위에서 ERF 급여수준이 증가함에따라 점차 증가하고 있다. 즉

ERF 10, 20 및 30% 배합구는 대조구에 비하여 유의차는 인정되지 않았으나 40% 급여구는 유의적으로 높은 사료요구율을 보이고있다. Brugman et al.(1969)은 산양에 대하여 50% 부로일러 깔짚과 50% 대맥 혼합사료를급여할 때 대맥 80%와 톱밥 20% 혼합사료에 비해 증체량이 우수한 성적을 얻었으며 De Galmez et al.(1970, 1971)은 면양에 대하여 계분 깔짚 38, 58, 및 68%와 왕겨 혼합사료를 알파알파 건초 급여구와 상응한 증체량을 보였다고 보고하고 있다. 또한 임신양에 대하여 부로일러 깔짚 68%와 사탕수수32% 혼합사료를 급여할 때 알파알파 건초 87% 사탕수수 13% 혼합 사료와 상응하는 증체량을 보였다고 보고하고 있다. 이들 보고는 대조구 사료를 톱밥이나 목건초를 대조구로 한 점에서 본 시험과 비교할 수는 없다. 그러나 본 시험에서 ERF 30% 까지의 증체량이 나 사료요구율이 대조구와 유의차가 없었든 사실은 단위동물과 달리 계분 중 단백질은 물론 NPN이 반추위내 미생물에 의해 이용되었음을 시사하는 것이며 최소한 ERF 30% 범위에서 옥수수-대두박형 대조구에 상응하는 증체성적을 얻을 수 있음을 보여주는 것이다. 한편 흑산양에 대한 계분, 옥수수, 타피오카 배합형 ERF 급여시 소화율 성적은 표 4-15와 같다. 즉 조사료로 알파알파 건초를 제한 급여한 뒤에 공시사료를 급여할 때의 소화율이다. 대체로 건물량 소화율은 대조구 67.8%에서 ERF 급여수준이 증가함에 따라 소화율은 67.3, 66.5, 66.7, 64.0%로 저하하는 경향을 보이며 이는 Harmon et al.(1975)의 보고와 경향을 같이 하는 것이다. 그럼에도 불구하고 조단백질, 조섬유 및 조회분 소화율은 증가하여가다 ERF 40%구에서 더 이상 증가하지 않는 성적을 보이고 있다. 조단백질의 경우 대조구 소화율 53.8%에서 54.6%로 증가하고 있으며 조섬유 소화율은 대조구 63.7%에서 71.8%로 증가하고 있다. 이는 Khattav et al.(1982)의 보고와 경향을 같이하는 반면 단백질 소화율의 경우 Bhattachary & Fontenot(1966)의 보고와는 상반된 경향을 보이고 있다.

이들은 계분을 낙화생피 또는 대패밥과 혼합할 때 단백질 소화율이 떨어지는 것으로 보고하고 있다.

Table 4-14. Body weight gained, feed intake and feed conversion of Korea Native Goat fed various levels of ERF.

	Control	ERF (%)			
		10	20	30	40
Initial Wt. (kg)	11.04±1.38	9.92±1.64	12.47±3.60	10.78±2.66	9.99±1.28
Final Wt. (kg)	16.07±1.53	13.98±2.20	16.22±4.52	15.32±2.36	12.95±2.00
Daily Wt. Gain (g)	119.8±12.2a	96.8±26.1ab	98.3±22.2ab	108.2±15.1ab	78.3±5.4b
Total Feed Intake(g)	596.1±19.7	584.5±29.5	620.6±70.8	698.5±85.8	590.7±21.7
Daily Roughage Intaial (g)	252.3±11.3	253.0±10.5	274.8±44.8	285.8±83.2	276.2±17.3
DailyConcentrateIntake(g)	343.8±25.8	331.5±48.7	345.8±96.5	412.7±88.9	314.5±25.5
Total Feed/Gain	5.01±0.41b	6.28±1.46ab	6.31±1.17ab	6.46±1.17ab	7.54±2.10a
Concentrate/Gain	2.87±0.25	3.42±0.84	3.51±0.75	3.81±0.62	4.02±1.05
Roughage /Gain	2.11±0.33	2.61±0.47	2.80±0.58	2.64±0.83	3.53±0.76

또한 ERF제품에서 조섬유 소화율이 증가하는 사실은 본 시험에서 커다란 의미를 시사하고 있다. 즉 계분을 Extrusion 할 때 그 고온 고압에 의하여 조단백질이나 조섬유 소화율이 일부 증진되었으며 또한 이점은 계분 ERF의 경우 반추위내 미생물에 의하여 분해 이용율이 증진되는 사실을 뒤받침하는 것으로 보인다. 본 시험에서 조회분 소화율이 약간 향상하는 사실은 Bhattacharya & Fontenot(1966)과 Fontenot et al.(1971)의 보고와 경향을 같이하는 반면 Smith & Calvert(1976)의 보고와는 상반되는 경향을 보이고

있다.

Table 4-15. Digestion Coefficients of the Experimental Diets.

	Contral	ERF10%	ERF 20%	ERF 30%	ERF 40%
Dry Matter	67.8	67.3	65.5	66.7	65.9
Crude Protein	53.8	50.8	52.6	53.9	54.6
Ether Extract	78.3	79.5	78.0	75.5	68.5
Crude Fiber	63.7	65.3	67.5	70.4	71.8
NFE	76.2	76.6	73.8	76.2	76.4
Crude Ash	12.8	17.8	18.5	19.3	14.6

한편 사양시험 종료 후 공시동물을 도체 후 도체율 후구(Right Saddle) 부위를 각 구당 5반복으로 분석한 결과는 표 4-16와 같다. 즉 도체율은 대조구 49.68%인데 비해 ERF구에선 10 30% 배합시에는 서서히 감소하여 ERF 40%구에서는 44.53%로 감소하고 있다. 또한 도체 조성분 분석성적을 보면 수분함량은 대조구가 66.08%로 가장 낮은데 비해 ERF 20%와 40%구의 수분함량은 유의적으로 높게 나타났다. 조단백질 함량은 ERF 20%와 30%구가 각각 19.72와 18.54%로 높은 반면 대조구와 ERF 10% 혼합구는 16.66과 16.52%로 유의적으로 낮은 함량을 보였다. 지방함량은 대조구가 16.33%로 가장 높게 나타났고 ERF 혼합 수준이 높아짐에 따라 체지방함량이 유의적으로 감소하였다. 그러나 회분 함량은 전 처리구에서 매우낮게 나타났다. 전체적으로 ERF 급여구는 단백질이 높고 체지방 비율이 낮은 경향을 보인다.

Table 4-16. Carcass Quality of Native Goats Fed ERF(%DM).

	Carcass %	Moisture	Crude Protein	Ether Extract	Crude Ash
Control	49.68	66.08b	16.66b	16.33a	0.86
ERF 10%	49.75	71.93ab	16.52b	10.44b	0.84
ERF 20%	48.31	74.99a	19.72a	5.66c	0.94
ERF 30%	47.85	71.94ab	18.54a	8.60bc	0.88
ERF 40%	45.22	74.31a	17.16ab	6.62c	0.87

*Values in the same row with different superscripts differ significantly($p<0.05$)

본 시험에서 수행된 반추동물인 흑산양에 대한 계분 ERF 제품의 사료가치 성적을 보면 흑산양의 증체량 사료요구율 성적은 ERF 30%까지 대조구와 유의차가 없었으며 또한 소화율에서도 ERF 30%구까지는 대조구에 못지않는소화율을 보일뿐 아니라 특히 조섬유의 소화율이 증진되는 Extrusion 특유의 효과를 발견할 수 있다. 또한 도체분석 결과를 종합하여 볼 때 도체율에서 ERF30%구까지 현저한 차이는 보이지 않으나 40%구에서 4% 이상 차이가 생긴다. 또한 대조구의 체성분에 비교하여 수분함량이 높은 반면 지방함량은 낮으나 단백질함량은 증가하고 있다. 결국 계분 ERF 제품은 특히 반추동물에 급여할 때 보다 효율적으로 이용될 수 있음을 입증하고 있다.

한편 계분에 잠재하는 것으로 알려진 각종 병원미생물은 Extrusion에 의하여 완전히 멸균된 것으로 시험기간 중 흑산양에는 어떤 질병이나 스트레스를 받는 증상도 발견하지 못하였다. 따라서 계분 ERF는 중요한 사료자원으로 활용할 수 있을 뿐 아니라 환경오염을 경감 시킬 수 있는 점에서 그 의의가 크다고 생각된다.

제 5 장. 돈분 ERF 제품에 대한 생물학적 평가

제 1 절. 돈분 ERF 급여가 부로일러의 증체량 사료효율, 체조성 및 경제성에 미치는 영향 시험

제 1 항. 서 론

돈분에 대한 연구는 우리나라의 경우 주로 메탄가스 생산을 위한 시험이 이루어졌고 돈분에 대한 영양소함량 분석이나 그 사료적가치에 대한 연구보고는 비교적 적은 편이다. 돈분은 배설후 조성분이 급속히 변화하는 유기물질이다. 따라서 돈분은 다른 가축분에 비해 사람의 환경을 저해하기 때문에 공해 문제로도 크게 대두되고 있다. 돈분은 생체중의 약 1%에 해당하는 량이 배설되며 소화율이 높기때문에 사료 영양 성분의 15 20%만이 그대로 통과한다.

돈분의 사료화 연구는 1)건조 돈분 급여법, 2) 산화배수액(Oxidation ditch mixed liquor:ODML)급여법, 3) 사료작물과의 싸이리지 제조법 등이 있다. Diggs et al.(1965)에 의하면 건조돈분을 30%까지 급여할 때 육돈 증체량에는 유의차가 없었으나 사료효율은 저하되었다고한 반면 Orr et al.(1971, 1973)은 건조돈분 급여구는 모든 수준에서 증체량이 떨어지는 것으로 보고하고 있다. 이들 연구자에 따라 증체성적에 차이가 생긴 것은 주로 돈분 수집 및 처리방법 그리고 사료배합 방법의 차이에서 온 것으로 보인다.

Day & Harmon(1969)은 산화 배수액(ODML)을 이용하는 새로운 돈분 재급여법을 개발한 바 있다. 그들은 산화 배수구의 분뇨수중 수분을 뺀 다음 고형물을 수집하였는데 이 고형분에는 단백질 27.7%를 함유하며 백쥐에 대하여 대두박 50%까지 대치해도 증체에는 아무 이상이 없었다고 한다. Harmon et al.(1973)은 혐기적과정(sludge)으로 건조한 돈배설물을 백쥐와 돈에게 30%까지 급여할 때 증체량과 사료효율이 감소했다고 한다.

돈분의 영양가는 돈분 처리 방법 에따라 크게 영향을 받으며 생스러리의 기호성은 양호하며 특히 페릿 처리할 때 상당히 기호성이 향상한다고 한다(Flachowsky et al., 1977). 돈 스러리 고형물를 NaOH 5%처리후 양에 대해 소화시험을 실시한결과 소화율은 유기물(24 vs 36%), 조섬유(35 vs 82%), 가용무질소물(36 vs 53%)로 현저히 향상하는 성적을 얻었다(Henning et al., 1977).

본 시험에서는 이미 2장에서 돈분 및 음식잔여물의 영양소함량을 분석한 바 있으며 3장에서 돈분 재활용사료(Swine Waste Extruded Recycling Feed:ERF)의 적정처리 조건을 조사한 바 있다. 따라서 본 시험에서는 3장에서 가장 적정조건이라 생각되는 돈분 음식잔여물 옥수수형 ERF제품의 생물학적 평가를 위하여 부로일러에 대한 증체량, 체조성 및 관능시험을 실시하고자 하였다.

제 2 항. 재료 및 방법

가. 공시동물 및 시험기간

본 시험은 경기도 오산소재의 연동축산에서 부화된 Arbor Acre 종 210수를 구입하여 1998년 5월 11일부터 1998년 6월 22일까지 총 6주간 본 대학 소동물 사육장에서 실시하였고, 본 시험에서 수행된 영양성분의

분석은 본 대학 영양사료 분석실에서 실시하였다.

나. 시험사료 및 시험설계

본 실험에 사용된 공시사료는 NRC영양소 요구량에 준하여 부로일러 전기(0-3주령)와 후기(4-6주령) 2단계 사료를 배합하였는데 그 배합율과 영양소함량은 표 5-1과 5-2와 같다. 돈분 재활용사료(Swine Extruded Recycling Feed:SWERF) 제품은 Die diameter 5.4mm, Screw Speed 250rpm, Barrel Temperature 130℃의 조건에서 제조한 것을 대조구와 10, 20, 30, 40 및 50% 배합하여 공시사료로 하였으며, 시험설계는 처리당 3반복 반복당 10수로 총 180수를 완전임의 배치하여 수행하였다.

다. 조사항목 및 조사방법

1) 증체량, 사료섭취량 및 사료요구율

전 시험기간 동안 공시사료는 무제한급이 하였으며 증체량과 사료섭취량은 주 1 회 체중 측정 4시간전에 사료를 제거하여 절식시킨 후 측정하였다.

2) 도체율, 복강지방 및 내장중량

전기 시험이 종료된 후 각 시험구에서 평균체중에 가까운 개체를 3수씩를 선발하여 도체율을 측정하고 내장 조직을 제거하는 동시에 늑골내의 근위, 장, 총배설강 및 복부근육 주위에 부착된 지방조직을 취하여 복강지방 함량을 구하였고 사낭, 췌장, 간장, 신장, 심장 및 근위의 중량을 측정하여 체중 100g당 무게로 산출하여 구하였다.

Table 5-1. Composition of Experimental Diets for Broiler Starter

	Control	SWERF (%)				
		10	20	30	40	50
Ingredient						
SWERF1)	-	10.0	20.0	30.0	40.0	50.0
Corn	56.2	47.1	39.1	34.8	26.4	18.6
SBMCP, 44%)	23.5	23.3	20.3	22.2	20.6	18.9
Wheat bran	5.0	5.0	5.0	-	-	-
Fish meal	5.0	4.0	5.0	5.0	5.0	5.0
Tapioca	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0
Canola meal	3.0	3.0	3.0	-	-	-
Soy oil	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0
TCP	1.3	1.1	1.1	1.5	1.5	1.5
Limestone	0.5	1.0	1.0	1.0	1.0	0.5
Methionine	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4
Additive2)	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1
TOTAL	100	100	100	100	100	100
Chemical Composition						
ME(Kcal/kg)	3100	3100	3100	3100	3100	3100
Crude Protein	21	21	21	21	21	21
Calcium	1.12	1.20	1.13	1.16	1.00	1.20
Available P	0.46	0.47	0.47	0.47	0.45	0.46

1) SWERF(Swine waste extruded recycling feed) = Swain waste : Dried food waste : Corn = 40 : 40 : 20.

2) Additive : Trace mineral and Vitamin premix.

Table 5-2. Composition of Experimental Diets for Broiler Finisher

	Control	SWERF (%)				
		10	20	30	40	50
Ingredient						
SWERF1)	-	10.0	20.0	30.0	40.0	50.0
Corn	58.5	47.8	39.2	34.9	26.3	17.7
SBM(CP, 44%)	23.8	22.0	21.6	22.6	21.2	19.8
Wheat bran	5.0	5.0	5.0	-	-	-
Fish meal	1.5	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0
Tapioca	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0
Canolar meal	3.0	3.0	3.0	-	-	-
Soy oil	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0
TCP	0.9	1.2	1.2	1.5	1.5	1.5
Limestone	2.0	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5
Methionine	0.2	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4
Additive2)	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1
TOTAL	100	100	100	100	100	100
Chemical Composition						
ME(Kcal/kg)	3100	3100	3100	3100	3100	3100
Crude Protein	18	18	18	18	18	18
Calcium	1.02	1.02	1.00	0.12	1.05	1.03
Available P	0.39	0.41	0.41	0.41	0.41	0.45

1) SWERF(Swine waste extruded recycling feed) = Swain waste : Dried food waste : Corn = 40 : 40 : 20.
2) Additive : Trace mineral and Vitamin premix.

라. 관능시험

ERF 배합사료가 계육의 맛에 미치는 영향을 조사하기 위하여 숙달과정을 거치지 않은 검사자 20명을 선발하여 맛의 차이를 조사하였다. 계육의 처리는 동일 용량의 용기에 동일량의 물을 첨가한 후 일정 시간동안 열을 가한 후 상온에서 식힌 다음 시험구의 계육을 알리지 않고 시식케

한 뒤 0점에서부터 5점까지 평가하게 하였다.

마. 경제성 분석

본 시험을 수행하는 동안에 시험사료로 사용된 단미사료의 가격을 산출하여 각 시험구의 배합비에 따른 사료가격을 산출한 뒤 계육의 kg 당 가격에 증체에 필요한 사료가격을 제하여 사료의 경제적 가치를 구하였다. 여기서 SWERF 제품의 가격은 Extrusion 가동에 필요한 고정비용과 유동비용을 고려한 오(1995)에 근거하여 산출하였다.

바. 통계처리

본 시험에서 얻어진 자료의 통계처리는 SAS Package Program (1985)에 의하여 분산분석을 실시하였으며 처리평균간의 유의성 검정은 Duncan의 다중검정법을 이용하여 실시하였다.

제 3 항. 결과 및 고찰

SWERF를 10 50% 배합할 때의 부로일러 사양성적은 표 5-3과 같다. 증체량에서 SWERF 40% 배합구까지 대조구에 비하여 유의적인 차이가 인정되지 않았으며 다만 SWERF 50%구만이 유의차를 보이고 있다 ($p<0.05$). 사료섭취량에서는 SWERF 배합구에서는 전체적으로 섭취량이 증가하는 경향을 보이는데 반하여 SWERF 20% 배합구까지는 대조구에 유의차가 없이 증가한데 비하여 SWERF 30%와 40%는 유의성($p<0.05$)을 보이며 증가하고 있다. 즉 SWERF 40%까지는 SWERF 배합량이 증가와 더불어 섭취량도 증가하고 따라서 사료요구율에 있어서도 SWERF 배합량과 더불어 점차 높아지고 있다. 그러나 SWERF 50%구는 사료섭취량이 급

격히 감소하여 대조구와 유의차가 없다.

Table 5-3. Body Weight Gained, Feed Intake, and Feed Conversion of Broiler Fed SWERF

	Initial Body Wt. (g)	Final Body Wt. (g)	Body Wt.Gain (g)	Feed Intake (g)	Feed/Gain
Contral	42.5	1858.5	1816.0a	3776.4b	2.08
SWERF 10%	42.5	1861.5	1819.0a	3813.2ab	2.10
SWERF 20%	42.4	1866.0	1823.6a	3865.8ab	2.12
SWERF 30%	42.5	1857.3	1814.8a	3905.0a	2.15
SWERF 40%	42.6	1852.4	1809.8a	3912.0a	2.16
SWERF 50%	42.7	1818.0	1775.3b	3781.5b	2.13

Values with different superscripts within the same column differ significantly ($p < 0.05$).

즉 브로일러에 대한 사양성적을 보면 SWERF 40%까지 급여할 때 증체량에서는 대조구에 버금가는 증체를 하며 다만 SWERF 배합율을 증가할수록 사료섭취량이 증가하고 따라서 사료요구율이 증가하게 된다. 지금까지 돈분을 브로일러에 급여한 사양성적은 극히 드물다. 그러나 본 시험성적은 돈분을 육돈에 대해 시험한 Orr et al.(1971, 1973) 그리고 건조계분을 부로일러에 시험한 Flegal & Zindel(1970)의 보고와 상반되는 반면 Diggs(1965)와 Boushy & Vink(1977)의 보고와는 경향을 같이하고 있다. Diggs(1965)는 돈분을 육돈사료에 15%까지 급여할 수 있다고 했으며 Boushy & Vink(1977)은 건조계분을 브로일러에 15% 수준에서 급여할 수

있다고 보고하고 있다. 본 시험의 경우 SWERF 40%는 돈분 16%에 해당하는것이다

SWERF 급여시 브로일러의 도체성적 및 체성분은 표 5-4와 같다. 즉 도체율 및 내장 제외 도체율은 시험구간 유의차는 인정되지 않았으나 SWERF 40% 이상 급여시 약간 떠어지는 경향이 있다. 한편 체성분에 있어서 수분 65.86 68.48%, 조단백질 19.26 20.56%, 조지방 11.47 12.82%의 범위에 있는데 여기에도 시험구간 유의차가 인정되지 않았다. 그러나 체성분에 있어서도 SWERF 30% 이내로 급여시에는 대조구에 비교되는 체성분을 보이나 SWERF 40% 이상에서는 체성분이 약간 떨어지는 현상을 보인다.

Table 5-4. Carcass Quality and Body Composition of Broiler Chick Fed SWERF

	Dressed Carcass	Eviscerated Carcass	Abdominal Fat Pad	Mosture	Crude Protein	Ether Extract	Crude Ash
Contral	71.65	63.88	1.41	66.22	19.26	12.82	1.28
SWERF10	72.28	64.28	1.07	65.85	20.56	11.47	1.32
SWERF20	71.76	63.28	1.03	66.53	20.29	12.35	1.78
SWERF30	71.38	62.33	1.10	66.94	20.82	11.58	1.67
SWERF40	70.52	62.37	1.16	67.88	19.72	12.74	1.68
SWERF50	69.22	61.54	1.01	68.48	19.35	11.82	1.44

본 시험사료를 급여하였때 각 내장 기관의 중량을 조사한 성적은 표 5-5와 같다 간장의 중량은 대조구의 3.40g에 비하여 시험구에서 대체적으로 높은 경향을 보였고 특히 SWERF 20과 30%구에서는 유의적($p<0.05$)으로 높게 나타났다. 사낭과 근위 무게는 대조구 및 SWERF 30% 수준까지는 차이가 없었으나 SWERF 40과 50% 수준에서는 유의적($p<0.05$)으로 높

게 나타났다. 이는 시험사료와 관련이 있는 것으로 보인다 즉 SWERF 40과 50%구 사료는 부피가 크고 따라서 사낭과 근위내 체류시간이 길어지는데 원인이있는 것으로 보인다 그러나 췌장, 신장 및 심장의 중량에는 현저한 차이가 없으며 따라서 사료의 영향은 없는 것으로 보이며 일단은 본 시험사료가 생리적으로 어떤 악영향을 미치지는 않은 것으로 판단된다.

Table 5-5. Organ Weights of Broiler Chicks Fed SWERF (g/100g B.W.)

	Control	SWERF (%)				
		10	20	30	40	50
Liver	3.40b	3.65ab	4.14a	4.25a	3.75ab	3.89ab
Crop	0.43b	0.41b	0.49b	0.47b	0.66a	0.66a
Gizzard	2.11ab	1.81b	2.25ab	2.12ab	2.45a	2.60a
Pancreas	0.36ns	0.38	0.35	0.36	0.38	0.40
Heart	0.79b	1.05a	0.72b	0.75b	0.64b	0.89b
Kidney	0.17ns	0.10	0.13	0.10	0.09	0.14

abcMean in the same row with different superscripts differ significantly($p<0.05$)

한편 SWERF 급여가 부로일러 풍미에 미치는 영향을 조사하기 위하여 관능시험을 수행한 결과는 표 5-6와 같다. 부로일러의 풍미(맛)에서 대조구가 3.3인데 비하여 SWERF 급여구는 3.2 3.4로 SWERF 급여구간에서는 현저한 차이를 보이지 않았으며 육색도는 각 시험구간 크게 차이를 보이지 않았다. 육즙도에 있어서는 대조구가 3.0으로 평가되었으나 SWERF 10과 20% 수준은 2.6으로 그러나 SWERF 30% 이상에서는 3.2 이상으로 평가되었다. 조직감에 있어서는 대조구가 가장 높게 평가되었고 SWERF 20%구가 가장 낮게 평가되었으나 그외의 시험구에서는 대조구와 특이할 만한 차이가 보이지 않았다. 종합적으로 판단했을 때 대조구와 각 시험구

간에 현저한 차이가 없으며 따라서 본 시험에서 사용된 SWERF 제품이 브러일러의 육미에는 크게 영향을 미치지 않는 것으로 생각된다.

Table 5-6. Sensory evaluation of broiler meat fed SWERF

	Taste	Color	Juiciness	Texture	Total Acceptibility
Contral	3.3	3.2	3.0	3.3	3.3
ERF 10%	3.4	3.1	2.6	3.1	3.0
ERF 20%	3.2	3.4	2.6	2.7	3.0
ERF 30%	3.4	3.3	3.2	3.2	3.3
ERF 40%	3.2	3.4	3.3	3.3	3.3
ERF 50%	3.2	3.2	3.2	3.0	3.2

* Means with different superscripts within the same calumn show significant difference($p<0.05$).
**Panal evaluation: Higly palatable 5: Palatable 4: Mean 3: Undecided 2: Unpalatable 1

Table 5-7. Gross Income of Broiler Chicks Fed SWERF

Item (Won)	Control	SWERF (%)				
		10	20	30	40	50
A.Feed Cost/kg	288.1	290.9	281.3	274.5	263.3	251.0
B.Total Feed Cost	1087.9	1109.2	1087.4	1072.0	1029.9	952.9
C. Body Gain	1.82	1.82	1.82	1.81	1.81	1.78
D. Meat Cost/Kg	1200	1200	1200	1200	1200	1200
E.Total Meat Cost	2179.2	2182.8	2188.3	2177.8	2171.8	2130.4
F. Gross Income	1091.3	1073.6	1100.9	1105.7	1141.9	1177.5

Total feed cost=A×feed intake, Total meat cost=C×D, Gross Income= E-B.

표 5-7에는 본 시험에서 SWERF 급여시 경제성을 비교한 것이다. 여기서 A는 kg당 배합사료 가격이며 B는 사료섭취량당 사료 가격, C는 증체량을 D는 계육 시중 도매가격이다. C×D는 증체량당 계육 가격을 E-B는 조수익이다. 배합사료의 kg당 가격은 SWERF 10% 사료비가 대조구에 비하여 높게 나타났으나 SWERF 배합량이 증가할수록 대조구에 비하여 사료비가 감소하였다. 또한 사료섭취량당 사료비도 비슷한 경향을 보이고 있다. 증체량당 계육 가격은 증체량이 높은 SWERF 10과 20%구에서는 대조구에 비하여 높은 수익을 보였으나 증체량이 낮은 30%이상 구에서는 낮게 산출되었다. 그러나 전체적인 조수익은 SWERF 10%구가 가장 낮으며 그 후 SWERF 배합율이 증가할수록 조수익이 증가하는 성적을 보여주고 있다.

이상의 사양성적으로부터 돈분, 음식잔여물 및 옥수수를 혼합한 SWERF는 사양성적 결과로 보아서 브로일러 사료로의 약 40%의 대치할 수있으며, 경제적 조수익에서는 50%까지도 대치할 수 있는 것으로 생각된다. 또한 본 SWERF의 형태로 활요할 때 돈분 뿐만 아니라 음식잔여물을 자원화 할 수 있을뿐 아니라 축산공해를 절감할 수 있는 점에서 그 의의를 찾을수 있다.

제 2 절. SWERF 급여가 산란계의 산란능력 및 사료섭취량에 미치는 영향

제 1 항. 서 론

가축분과 음식잔여물의 영양소 조성 그리고 재활용사료(Swine Waste Exruded Recycling Feed:SWERF) 제조조건에 대하여는 이미 제 2 장 및 제 3 장에서 검토하였다. 지금까지 건조계분을 활용하는 산란능력 시험은 비교적 축적되있는데(Quisenberry & Bradley, 1969; Flegal & Zindel, 1971; Biely et al., 1972; Nesheim, 1972) 반하여 돈분이나 음식잔여물을 산란계에 급여한 시험은 거의 보고된 바 없다. 따라서 본 시험에서는 축산 공해를 최소화하고 또한 경제적인 사료자원을 개발하는 의미에서 돈분, 음식잔여물 및 옥수수 배합형 SWERF 급여가 산란계의 산란성적에 미치는 영향에 대하여 시험하였다.

제 2 항. 재료 및 방법

가. 공시동물 및 시험장소

본 시험에 사용된 공시동물은 Isa-Brown 54주령 산란계 총 360수를 이용하여 강원대학교 소동물 사육장 7월 6일부터 9월 27일까지 12주간 실시하였다.

Table 5-8. Composition of Experimental Diets for Laying Hen.

	Control	FW 20%	FW 40%	SWERF 10%	SWERF1) 20%	SWERF 40%
SWERF	-	-	-	10.00	20.00	40.00
Food waste	-	20.00	40.00	-	-	-
Corn	65.40	49.20	33.70	59.42	50.90	37.40
SBM(CP, 44%)	12.60	11.00	10.20	10.28	10.00	5.40
Fish meal	5.00	4.00	3.50	7.05	3.00	4.00
Canola meal	3.00	3.00	0.80	-	3.00	-
Tapioca	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00
Wheat bran	1.60	0.80	-	-	-	-
Limestone	8.00	7.60	7.00	6.00	8.00	8.00
TCP	0.20	0.20	0.50	2.00	0.30	-
Soy oil	1.00	1.00	1.00	2.0	1.50	1.80
Methionine	0.10	0.10	0.10	0.15	0.10	0.10
Lysine	-	-	-	-	-	-
Additive	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10
Total	100	100	100	100	100	100
Calculated Nutrient Content:						
ME(kcal/kg)	2,900	2,900	2,900	2,900	2,900	2,900
Crude protein	16.00	16.00	16.00	16.00	16.00	16.00
Lysine	0.94	0.88	0.85	0.89	0.89	0.83
Methionine+Cystine	0.63	0.60	0.60	0.60	0.60	0.62
Calcium	3.25	3.25	3.25	3.25	3.25	3.25
Available P	0.32	0.32	0.32	0.32	0.32	0.32

1) SWERF : Swine Waste Extruded Recycling Feed

나. 시험사료 및 시험설계

본 실험에 공시된 SWERF는 돈분 음식잔여물 옥수수를

40:40:20의 비율로 배합하여 Die Diameter 5.3mm, Screw speed 250rpm, Barrel temperature 130℃에서 제조한 제품이다. 공시사료는 NRC 영양소요구량(1996)에 준하여 전구 ME수준과 단백질 수준을 동일하게 배합하되 사료배합은 Brill Computer program을 이용하여 최소비용사료가 되도록 계산하였다. SWERF는 10%, 20% 및 40%를 배합하였는데 이와 더부러 하나의 대조구로 음식잔여물(Food Waste : FW) 20%와 40% 배합구를 설정하였는데 구체적인 사료배합표와 그 조성분은 표 5-8와 같다. 시험구는 6처리 3반복 반복당 20수식 임의 배치하여 하였다.

다. 조사항목 및 조사방법

1) 산란율

산란율을 조사하기위하여 시험 실시 2주전 산란조사를 통하여 산란율이 동일한 계군을 선발하여 본시험에 공여하고 산란율은 Hen-day base로 조사하였다

2) 사료섭취량

공시사료와 급수는 무제한 급이하였으며 사료섭취량은 매주 1회 측정하였다

3) 란중 란각두께 및 Haugh Unit

시험 후반기 임의로 처리구당 계란 10개를 선택하여 난중측정기에의해 난중을 측정 평균하였으며 즉시 난백고측정기(FHK제품)로 albumen height를 측정하여 Haugh Unit를 산출하고 난각은 70 80℃의 Drying Oven에서 건조후 난각칙정기(FHK 제품)로 계란의 중간부위의 3곳

을 측정하여 각수당 30회를 측정후 평균하였다. Haugh Unit는 $HU=100\log(H+7.57-1.7W^{0.37})$ 의 공식에 의해 계산하였다. 여기서 H는 albumen height이고 W는 egg weight 이다.

라. 통계처리

본 시험에서 얻어진 자료의 통계처리는 SAS Package Program (1985)에 의하여 분산분석을 실시하였으며 처리평균간의 유의성 검정은 Duncan의 다중검정법을 이용하여 실시하였다.

제 3 항. 결과 및 고찰

SWERF 가 산란계의 산란능력에 미치는 영향은 표 5-9 및 5-10과 같다. 즉 산란율에서 SWERF 10% 및 20% 급여구는 대조구와 유의차가 없는데 반하여 SWERF 40%에서는 산란율이 현저히 감소하고 있다. 또한 하나의 대조구로 급여한 FW구에서는 20% 40%구도 다같이 낮은 산란율을 보이고 있다. 뿐만아니라 사료섭취량에서는 시험구간 유의차($p<0.05$)가 없이 거이 비슷한 섭취량을 보이며 따라서 사료요구율(Feed/Gain)은 산란율이 낮은 FW40% FW20% SWERF 40%구 순으로 떨어지고 있다. 한가지 흥미있는 사실은 SWERF40% 구가 대조구에 비하여 산란율이 떨어지고 있으나 그러나 상응하는 FW40% 비하여 산란율이 현저히 높고 따라서 사료요구율도 높은 점이다. 여기에는 SWERF가 Extrusion 제품인데 반해 FW는 건조 음식잔여물이며 따라서 동일한 사료섭취량이라 하더라도 부피는 FW가 크며 이것이 간접적으로 산란율등 영양소 이용율에 영향을 미친 것으로 보인다.

Table 5-9. Egg production, feed intake and feed conversion of laying hen fed SWERF

	Egg prod. rate(%)	Feed intake(g)	Feed/10Egg
Control	67.5a	130.2	1.93a
FW1) 20	58.9b	136.0	2.31ab
FW 40	47.6bc	138.6	2.91b
SWERF2)10	68.4a	135.7	1.98a
SWERF 20	67.2a	129.8	1.93a
SWERF 40	59.8b	132.0	2.21ab

1) FW : Food Waste
2) SWERF : Swine Waste Extruded Recycling Feed

Table 5-10. Egg quality of laying hen fed SWERF

	Egg wt(g/egg)	Shell Thickness	Haugh Unit
Control	66.0	0.407	90.21
FW1) 20	64.7	0.427	90.86
FW 40	64.6	0.436	91.35
SWERF2) 10	66.7	0.436	90.88
SWERF 20	64.8	0.433	91.55
SWERF 40	62.9	0.458	92.28

1) FW : Food Waste
2) SWERF : Swine Waste Extruded Recycling Feed

한편 난중은 SWERF나 FW 급여구에서 떨어지고 있는데 반하여 난각 두께와 Haugh Unit는 증가하는 경향을 보였다. 즉 산란성적으로 볼 때

SWERF는 20%범위는 산란에 저해되지 않는데 반하여 그 이상 수준에서는 산란율이 감소할 뿐아니라 난중이 감소하여 바람직하지 않은 사실을 알 수 있다. 여기에서 음식잔여물이 어떤 보충적 작용을 기대하였으나 FW배합구의 성적으로 보아 크게 도움이 되지않는 것으로 보인다. 건조계분(DPW)을 산란계에 12.5% 또는 25% 급여한 시험에서 DPW 수준이 증가함에 따라 사료섭취량은 증가하고 산란율은 감소하고 있다(Flegal et al., 1972; Nesheim, 1972). 그러나 DPW 10 40%를 급여한 Quisenberry & Bradley(1969)과 Biely et al.(1972)의 시험성적은 서로 상반되고 있다. DPW 10%일때는 대조구에 상응하는 성적을 보이며 DPW 20%에서는 산란율에 변이가 있는데 반해 사료섭취량은 증가하고 따라서 계란 12개 생산에 소요되는 사료량은 산란율에 크게 영향된다는 것이다.

본 시험 성적에서 SWERF 10, 20, 40%는 각각 돈분 4, ,8 16%를 함유하며 따라서 SWERF 20% 범위에서 산란율에 저해되지 않는다는 사실은 건조계분을 산란계에 대하여 시험한 Biely et al.(1972)과 경향을 같이하는 것이며 만일 사료섭취량을 증가시킬수 있다면 20%이상으로 배합해도 산란율은 저해하지않는 것으로 보인다.

제 3 절. 돈분 및 음식잔여물 혼합(SWERF) 사료 급여가 육성비육돈의 성장률, 소화율 및 육질에 미치는 영향

제 1 항. 서 론

근래 가축의 분뇨나 음식잔여물은 환경오염물질로서 처리에 매우 어려움을 겪고 있다. 그러나 이들을 퇴비나 사료로 재활용한다는 차원에서 처리방법을 찾는다면 우리나라와 같이 부존자원이 부족한 경우에는 매우 의미 있는 일이 아닐수 없다.

가축분을 사료로 활용한다는 것은 가축분에 의한 공해문제와 사료의 부족을 다소나마 해결한다는 시도에서 비롯되었다. 가축사료로서 가축분은 우분과 계분이 돈분에 비해 실용적이고 경제적인 것으로 평가되고 있으며 (Bhattacharya & Tayor, 1975), 실제로 지금까지의 연구도 돈분보다는 우분이나 계분에 관한 연구가 많이 시행되어 왔다(한, 1994; 정, 1998).

돼지에서 돈분의 사료화에 관한 연구결과를 살펴보면, 돈분의 성분함량은 사료의 종류와 수집방법에 따라 다르며 (Harmon, 1972; Kornegay, 1977), 그리고 급여방법 즉, 생돈분 (Diggs et al., 1965), 건조돈분(Orr et al., 1971) 이냐에 따라 사료적 가치가 다르다. Diggs et al.(1965)은 생돈분을 비육돈 사료에 15%, 30%수준으로 기초사료에 첨가시 증체율은 비슷하였으나 사료요구율은 30%첨가구가 대조구에 비해 현저히 떨어졌다고 보고했다. 건조돈분을 이용한 실험에서 Orr et al.(1971)은 비육돈사료에 20% 첨가시 사료요구율이 떨어지고 대두박에 비해 소화율이 낮으며, 건조돈분

을 사료에 첨가할 때는 제한 아미노산인 라이신과 메치오닌을 보충해 주어야 한다고 했다.

한편, 환경오염물질로서 심각하게 생각해야 할 것으로 음식잔여물을 들 수 있다. 우리의 식생활에서 발생하는 음식잔여물은 심(1998)의 자료에 의하면 1997년도 기준 1일 13,000톤이 발생하며 이를 년간으로 환산하면 4,745천톤이 생산된다. 이렇게 많은 량이 지금까지는 주로 매립되어 왔고 극히 일부가 퇴비화 또는 사료화되어 왔다. 음식잔여물은 매립시 침출수로 인해 환경오염문제가 심각해지고 있기 때문에 정부에서는 앞으로 매립을 금지할 것을 강구하고 있으며, 퇴비로 활용할시에는 음식잔여물중에 있는 높은 수준의 염분함량으로 인하여 토질이 저하되는 (이와 장, 1997) 문제가 대두되기 때문에 사실상 바람직하지 못하다. 따라서 음식잔여물은 사료화하는 것이 바람직한 것으로 사료된다.

음식잔여물의 사료화는 지난해 IMF체제로 접어들면서 사료값이 대폭 인상됨으로 인하여 사료화하기 시작하여 지금은 전국적으로 사료화하는 업체가 늘어나고 있는 경향이지만 아직까지 급여에 따른 사양성적이나 육질에 대한 평가가 제대로 이루어지지 못했으며 많은 농가에서 소량으로 이용하는 경우는 별로 문제가 되지 않으나 다량사용시에는 가축의 성장이 지연되고 육질이 저하된다는 논란이 있어 사용을 기피하는 경우가 많기 때문에 이에 관한 연구가 필요하다.

지금까지의 돈분과 음식잔여물의 사료화에 관한 연구결과를 종합해 보면 이들을 단순건조하여 사료로 이용할 경우 권장급여량은 5-10%수준인데 (한, 1994), 이것은 기호성이나 성장률 (곽 등, 1997; 이 등, 1998)이 좋지 못하기 때문에 이를 극복하기 위한 방안이 강구되어야 한다.

따라서 본 연구는 돈분과 남은 음식물의 사료가치를 개선시키기 위하여 이들을 혼합하여 압출성형가공 (extrusion) 하여 육성비육돈에 급여시 성장

률, 영양소 소화율 및 도체성상에 미치는 효과를 구명하기 위하여 실시하였다.

제 2 항. 재료 및 방법

가. 사양시험

압출성형된 돈분 및 음식잔여물의 혼합물(SWERF)에 대한 급여효과를 조사하기 위하여 일반 배합사료를 대조구로 하고 SWERF를 10, 20, 30, 및 40% 첨가한 5처리를 2반복으로 완전임의 배치하였다.

본 시험에 사용된 돈분은 양돈장 육성돈사에서 수집하였으며, 수집후 열풍건조기(60℃)에서 6시간 건조시켜 수분함량이 10%이내가 되도록 건조하여 방냉하였다. 잔여음식물은 춘천지역에서 발생한 것을 원적외선 건조기(MI Engerring, Korea)로 수분함량이 10% 이내가 되도록 건조한 후 방냉하였다.

SWERF 사료를 생산하기 위하여 건조된 돈분과 잔여음식물을 옥수수와 혼합후 (건조돈분 40%, 건조 잔여음식물 40%, 옥수수 20%) 가수로 혼합물의 수분함량이 25-30%가 되도록 한후 단일축 건식 압출성형기 (Namsung, NSE-25, Korea) 를 이용하여 Die diameter 5.3mm, Screw speed 250 rpm, Barrel Temperature 130℃ 조건에서 압출성형가공하였다. 이때 배럴내 물은 주입하지 않았다.

가공된 SWERF는 분쇄후(햄머밀, 6mm screen) 다른 원료와 배합하였는데, 육성돈과 비육돈에 대한 시험사료의 배합율표는 표 5-11 및 5-12와 같다.

본 시험에 사용된 돼지는 랜드레이스와 요크셔 (L×Y) 1대잡종으로서

총 40두 (평균체중 24kg) 를 공시하여 (5처리 2반복, 반복당 4두) 85일간 사양시험을 실시하였다. 돼지는 콘크리트 돈사에서 물과 사료를 자유채식시켰으며 시험기간 동안 물과 사료외 일체의 첨가제를 급여하지 않았다. 시험종료 후 각 처리당 암컷 4두씩 선발하여 도살한 후 도체성적 및 돈육의 품질검사를 실시하였다.

나. 소화시험

본 시험에 사용된 육성기 4가지의 시험사료 소화율을 조사하기 위하여 사양시험기간중 (시험개시 3주차) 시험사료에 Cr_2O_3 0.3%를 첨가하여 적응기간 4일후 2일간에 각 처리별로 분을 채취하여(4반복) 소화율을 계산하였다.

또한 본 시험에 사용된 원료사료, 즉 돈분, 음식잔여물 및 돈분과 음식잔여물의 혼합물에 대한 소화율을 조사하기 위하여 육성기사료 (표 5-1) 의 소화율을 조사한 다음 이 육성돈 사료에 돈분 및 SWERF(건조돈분 40%, 건조잔여음식물 40%, 옥수수 20%)를 extruding한 것과 그렇지 않은 것을 육성돈 사료와 7:3 (육성돈 사료 70%+ 측정하고져하는 사료 30%) 으로 각각 배합하여 분을 채취후 소화율을 산출하였다. 본 시험에 사용된 돈분 및 SWERF는 사양시험에 사용한 것과 같으며, 본 소화시험에 사용된 돼지는 랜드레이스와 요크셔 (L×Y) 1대잡종 암컷으로서 총 12두 (평균체중 60kg) 를 공시하였다(5처리 3반복, 반복당 1 두). 돼지는 콘크리트 돈사에서 물은 자유채식시켰으며 사료는 오전 (9:00시) 과 오후 (16:00) 1일 2회 급여하였다. 시험기간 동안 물과 사료외 일체의 첨가제를 급여하지 않았다. 시험사료에 Cr_2O_3 0.3%를 첨가하여 적응기간 4일후 2일간에 각 처리별로 분을 채취하였다.

다. 조사항목

1) 성장률, 사료섭취량 및 사료요구율

일당증체량은 종료체중에서 개시체중을 뺀 후 사육기간으로 나누어 계산하였으며 일당 사료섭취량은 사육기간중의 총사료섭취량을 사육두수로 나누어 산출하였다. 사료요구율은 사료섭취량을 증체량으로 나누어 산출하였다.

2) 소화율

육성기 사료의 소화율을 조사하기 위하여 아래공식 1 로 시험사료에 Cr_2O_3 0.3% (한 등, 1987) 를 첨가하여 적응기간 4일후 5-6일차에 각 처리별로 4마리에서 분 (4반복) 을 채취하여 60℃의 건조기에 24시간 건조 후 분쇄하여 분석시료로 활용하였다.

원료사료의 소화율은 공식 1로 육성사료의 소화율을 구한 다음 공식 2로 원료사료의 소화율을 계산하였는데 산출공식은 다음과 같다.

$$\text{급여사료의 소화율(\%)} = 100-\left(100\,\frac{\text{사료건물중 } Cr_2O_3\text{함량(\%)}}{\text{분건물중 } Cr_2O_3\text{함량(\%)}}\times\frac{\text{분중의 영양소함량(\%)}}{\text{사료중의 영양소함량(\%)}}\right) \quad \text{-------(공식 1)}$$

$$\text{측정사료의 소화율(\%)} = \frac{(\text{혼합사료의소화율} - (\text{기초사료의소화율}\times 0.7))}{0.3} \quad \text{------(공식 2)}$$

Table 5-11. Formula and chemical composition of experimental diets in growing pigs(20-50kg)

	Control	SWERF(%)			
		10	20	30	40
SWERF	-	10.00	20.00	30.00	40.00
Corn	65.20	52.89	46.19	39.49	33.20
SBM(CP, 44%)	25.00	21.00	20.00	18.00	14.21
Wheat bran	-	5.00	-	-	-
Fish meal	3.00	2.90	3.00	3.00	3.00
Tapioca	3.00	5.00	5.00	3.70	3.78
Canola meal	-	0.10	3.00	3.00	3.00
Soy oil	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00
Limestone	1.00	0.01	0.01	0.01	0.01
TCP	0.50	0.80	0.50	0.50	0.50
Vit-min mix.1)	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10
Methionine(50%)	-	0.20	0.20	0.20	0.20
Salt	0.20	-	-	-	-
Total	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00
Chemical composition2) (%)					
DE (㎉/㎏)	3,380	3,380	3,380	3,380	3,380
Crude protein	18.54	18.00	18.79	18.76	18.00
Lysine	1.11	1.03	1.07	1.04	0.96
Methionine + Cystine	0.63	0.58	0.60	0.59	0.55
Calcium	0.77	0.60	0.62	0.71	0.79
Phosphorus	0.53	0.67	0.68	0.75	0.81
Av. phosphorus	0.31	0.35	0.29	0.28	0.26

SWERF:Swine waste Extruding recycle formula(swine manure 40%, food waste 40%, corn 20%).

1) Supplied per kg diet : 8,000IU vitamin A, 2,500IU vitamin D3, 30IU vitaminE, 3mg vitamin K, 1.5mg thiamin, 10mg riboflavin, 2mg vitamin B6, 40μg vitamin B12, 30mg pantothenic acid, 60mg niacine, 0.1mg biotin, 0.5mg folic acid, 200mg Cu, 100mg Fe, 150mg Zn, 60mg Mn, 1mg I, 0.5mg Co, 0.3mg Se.

2) Calculated value.

Table 5-12. Formula and chemical composition of experimental diets in finishing pigs(50-80kg)

	Control	SWERF(%)			
		10	20	30	40
SWERF	-	10.00	20.00	30.00	40.00
Corn	64.45	56.20	48.66	40.77	36.57
SBM(CP, 44%)	18.42	16.67	14.92	13.17	10.00
Wheat bran	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00
Fish meal	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00
Canola meal	3.00	3.00	3.00	3.00	2.03
Soy oil	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00
Limestone	4.73	4.37	4.02	3.66	1.90
TCP	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10
Vit-min mix.1)	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10
Methionine(50%)	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10
Lysine	0.10	0.10	0.10	0.10	0.20
Total	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00
Chemical composition2) (%)					
DE (㎉/㎏)	3,380	3,380	3,380	3,380	3,380
Crude protein	17.00	17.00	17.00	17.00	17.00
Lysine	1.06	1.04	1.01	0.99	1.01
Methionine + Cystine	0.44	0.65	0.63	0.62	0.58
Calcium	1.89	1.86	1.83	1.79	1.22
Phosphorus	0.46	0.53	0.59	0.66	0.87
Av. phosphorus	0.22	0.25	0.27	0.29	0.28

SWERF:Swine waste Extruding recycle formula(swine manure 40%, food waste 40%, corn 20%).

1) Supplied per kg diet : 8,000IU vitamin A, 2,500IU vitamin D_3, 30IU vitaminE, 3mg vitamin K, 1.5mg thiamin, 10mg riboflavin, 2mg vitamin B_6, 40μg vitamin B_{12}, 30mg pantothenic acid, 60mg niacine, 0.1mg biotin, 0.5mg folic acid, 200mg Cu, 100mg Fe, 150mg Zn, 60mg Mn, 1mg I, 0.5mg Co, 0.3mg Se.

2) Calculated value.

3) 도체조사, 돈육의 성분 및 저장성

사양시험 종료후 도살하여 등지방두께는 마지막 갈비뼈(last rib back fat) 의 상단부위를 측정하였으며 도체율은 생체중에서 내장, 발목, 머리, 혈액 그리고 털 무게를 공제한 후 계산하였다.

돈육의 성상을 조사하기 위하여 도체에서 목등심부위(Muscle, trapezius cevicalis)를 채취하여 직경 6mm plate을 통해 2회 통과시켜 세절한 다음, 에너지와 일반성분을 조사하고 세절육을 각각 200g씩 함기 포장하여 냉장고(1℃±1℃)에서 4주간 저장하면서 산패도(TBARS, POV) 실험을 실시하였다.

라. 시료의 분석 및 통계처리

모든 시료의 일반성분은 AOAC(1990), 에너지는 adiabetic bomb calorimeter(Parr, USA) 그리고 Cr은 atomic absorption spectrophotometer (Kontron 942, Italy)를 이용하여 분석하였다.

TBARS(Thiobarbituric acid reactive substance)는 Sinnhuber와 Yu (1977)의 방법을 약간 수정하여 실시하였다. 시험관내에 세절육 0.4g을 정확히 정량하여 항산화제 용액(propylene glycol + warm Tween + BHT + BHA) 2-3 방울, TBA 용액 3ml, TCA-HCL 17ml를 넣고 vortex에서 2-3초간 혼합하였다. 시험관의 마게를 닫고 100℃이상의 물에서 30분간 가열한 후에 냉각하였다. 마게를 열고 5ml의 반응액을 새 시험관에 옮기고 여기에 chloroform 2ml를 넣은 다음 3000rpm에서 15분간 원심분리시켜 상등액을 532nm에서 흡광도를 측정하였다.

최종 TBARS의 계산은 시료 kg당 반응물 mg으로 계산하였다.

$$\text{TBARS(mg malonaldehyde/kg sample)} = \frac{(As - Ab)\times 46}{\text{Sample(g)}\times 5}$$

As : Absorbance of sample

Ab : Absorbance of blank

과산화물가(Peroxide value; POV)는 Shantha와 Decker(1994)의 방법에 준하여 실시하였다. 세절육 0.4 0.5g을 정량하여 chloroform-methanol(2:1)로 지방을 추출하였다. 지방이 추출된 10mL의 C-M 용액에 2ml의 증류수를 가하여 2 3초간 vortex한 후 3000rpm에서 10분간 원심분리시켰다. 흡광방해물질을 제거한 하단층의 지방추출액 3ml를 취하여 1.9ml의 chloroform-methanol(2:1), 25㎕의 ammonium thiocyanate 용액, 25㎕의 iron(Ⅱ)용액을 넣고 정확히 20분 후에 500nm에서 흡광도를 측정하여 계산하였다. 최종 POV의 계산은 시료 kg당 meq로 계산하였다.

$$\text{POV(meq/kg sample)} = \frac{(As - Ab)\times 20.76\times V_2}{55.84\times m\times 2\times V_1}$$

As : Absorbance of sample

Ab : Absorbance of blank

20.76 : Slope of the calibration curve

55.84 : Atomic weight of iron

V1 : Volumn used in measurement

V2 : Total volumn of extract

본 시험에서 얻어진 모든 자료는 SAS프로그램을 이용하여 (1985) 분산 분석을 실시하였고 처리 평균간의 유의검정은 Duncan의 다중검정법 (Snedecor 와 Cochran, 1980) 을 이용하였다.

제 3 항. 결과 및 고찰

1. 사양성적

돈분과 잔여음식물을 옥수수와 혼합하여 압출성형한 사료 (SWERF) 의 급여에 따른 일당증체량, 사료섭취량 및 사료요구율은 Table 5-13과 같다.

Table 5-13. Effects of feeding SWERF on growth performance in growing -finshing pigs

	Control	SWERF(%)				SE
		10	20	30	40	
Initial BW(kg)	23.00	24.18	25.19	24.68	23.55	2.50
Final BW(kg)	85.40	93.10	88.95	85.45	84.00	6.08
BW Gain(kg)	62.40	68.93	63.76	60.88	60.46	5.14
Grower(24-55kg, 43days)						
ADG(g)	657	713	669	615	653	69.19
ADFI(g)	1,970	2,002	2,030	1,886	1,912	72.83
Feed/Gain	3.01	2.80	3.08	3.08	2.92	0.26
Finisher(56-88kg, 42days)						
ADG(g)	747ab	839a	766ab	754ab	706b	57.43
ADFI(g)	3,375	3,325	3,330	3,334	3,170	180.83
Feed/Gain	4.51a	3.96b	4.35a	4.42a	4.74a	0.33
Overall(24-88kg, 85days)						
ADG(g)	701	774	716	682	679	57.72
ADFI(g)	2,431	2,415	2,427	2,378	2,303	107.91
Feed/Gain	3.47	3.12	3.39	3.49	3.39	0.21

ab Values with different superscripts in the same row differ (P<0.05).

우선 육성기 (24-55kg) 의 사양성적을 살펴보면, 일당증체량, 사료섭취량과 사료요구율은 각처리간에 차이가 없었다 (P>0.05). 비육기 (56-88kg) 에서는 일당증체량에서 SWERF구가 대조구에 비해 유의적인 차이는 없었으나 SWERF 40%첨가구는 SWERF 10%첨가구에 비해 유의적으로 (P<0.05) 낮았다. 사료섭취량에서는 전 처리구간에 유의적인 차이가 없었으며, 사료요구율은 SWERF 10%첨가구가 다른 처리에 비해 유의적으로 개선되었다 (P<0.05). 전 시험기간에서는 일당증체량, 사료섭취량 및 사료요구율에서 전 처리간에 유의적인 차이를 보이지 않았다 (P>0.05). 따라서 육성비육돈에서 돈분과 음식잔여물을 옥수수와 혼합하여 압출성형가공할 경우 30%정도까지 첨가하여도 성장률이나 사료요구율에 별 영향이 없는 것으로 사료된다. SWERF 30% 첨가시 배합사료에는 돈분이 12% 첨가되는 셈인데 이러한 결과는 기존의 연구보고 (Diggs et al., 1965; Orr, 1974)와 일치하는 결과인데 그들은 사료건물량의 15%를 건조돈분으로 대치하여

육성돈에게 급여시 일당증체량과 사료효율에 차이가 없었으나 그 이상에서는 차이가 있었다고 했다. 곽 등 (1997) 도 건조돈분을 육성돈에게 10%, 20% 대치시 10%까지는 증체량이나 사료효율에 차이가 없었으나 20%에서는 사료섭취량이 떨어져 전체 증체량이 현저히 감소되었다고 보고했다.

음식잔여물의 급여에서도 본 시험에서 SWERF 30% 급여시 잔여음식물은 12%가 첨가되었는데 성장률이나 사료효율이 저하되지 않은 것은 이 등 (1998) 의 보고와 일치한다. 그들은 음식잔여물을 비육돈 (72-110kg) 에 0, 12, 18, 30% 급여시 12%까지는 별 문제가 없었으나 그 이상에서는 증체량이 매우 저조하였으며, 등지방두께가 낮아지고 도체등급에서도 상위등급 출현율이 크게 낮아졌다고 보고했다. 또한 Harmon 등 (1972) 과 Orr (1974) 는 돈분은 아미노산 조성이 좋지 못하기 때문에 급여시 단순히 타 원료와 혼합하는 것보다는 라이신이나 메치오닌 같은 제한아미노산을 보충해 줄 경우 성장률이나 소화율이 개선된다고 했는데 본 시험에서는 필수아미노산의 균형이 맞도록 사료배합을 하였기 때문에 일정수준까지는 생산성이 떨어지지 않은 것으로 사료된다.

2. 영양소 소화율

SWERF 첨가사료의 영양소 소화율은 Table 5-14와 같다. 건물소화율은 SWERF 40%첨가구가 다른 처리에 비해 유의적으로 (P<0.05) 낮았으며, 에너지소화율도 건물소화율과 같은 경향이었으나 SWERF 20%첨가구는 대조구보다 오히려 높았다 (P<0.05). 조단백질 소화율은 SWERF 30%첨가구가 가장 높아 대조구와 SWERF 40%첨가구에 비해 유의적으로 (P<0.05)으로 높았다. 조지방의 소화율은 SWERF 10% 및 20%첨가구가 다른 처리에 비해 유의적으로 (P<0.05) 높았다. 칼슘과 인의 소화율은 SWERF 40% 첨가구가 다른 처리에 비해 유의적으로 (P<0.05) 낮았다.

Table 5-14. Nutrient digestibility of experimental diets in growing pigs

Diet	Control	SWERF (%)				SE
		10	20	30	40	
Dry matter	64.80a	66.83a	66.47a	66.06a	59.60b	3.05
Gross energy	65.85b	66.54ab	68.51a	67.85ab	63.41c	5.61
Crude protein	67.64c	71.24ab	69.17bc	73.01a	58.04d	2.20
Crude fat	67.48b	78.26a	78.78a	64.65b	49.71c	11.39
Crude ash	51.30	42.82	37.63	36.44	37.42	10.54
Calcium	63.33ab	57.83bc	74.90a	54.81bc	50.85c	11.93
Phosphorus	61.72a	57.20a	60.79a	58.46a	41.45b	8.71

abcd Values with different superscripts in the same row differ ($P<0.05$).

한편, 원료사료의 소화율은 표 5-15와 같다. 건물, 조단백질 및 인의 소화율을 살펴보면 육성돈사료에 비해 돈분은 유의적으로($P<0.05$)으로 낮게 나타났으나 SWERF는 차이가 없었다. 에너지 소화율은 육성돈 사료에 비해 돈분과 Extrusion하지 않은 SWERF은 유의적으로($P<0.05$) 낮았으나 Extrusion한 SWERF은 차이가 없었다. 지방과 칼슘소화율은 육성돈사료에 비해 돈분이나 SWERF에서 유의적으로($P<0.05$) 낮은 결과를 보였다.

여기에서 SWERF 원료를 Extrusion할 때 제품의 소화율이 원료 보다 현저히 향상하고있는 점이다 즉 GE 소화율은 약 8% 조단백질 4% 증가하고 있으며 이는 Extrusion 치리시 소화율이 증가되는 사실을 입증하는 것이다.

Table 5-15. Apparent fecal diestibilities of nutrients in swine waste and food waste mixture (SMFW) for growing pigs

Nutrient	Grower diet	Swine waste	SWERF1)		SE
			Raw	Extruded	
Dry matter	67.54a	52.18b	68.97a	69.61a	9.00
Gross energy	70.52a	53.18c	62.96b	70.35a	9.43
Crude protein	66.98a	50.31b	63.31a	67.59a	10.89
Crude fat	65.57a	44.20c	52.91bc	53.16b	10.94
Crude ash	44.96a	27.41b	46.97a	31.50b	11.75
Calcium	54.70a	31.83b	35.49b	37.58b	8.47
Phosphorus	65.50a	51.28b	64.83a	65.38a	8.70

1)SWERF : Swine manure 40%, Food waste 40%, Corn 20%.
abc Values on the same line without a common superscript differ ($P<0.05$).

한편, 본 시험에서는 돈분과 잔여음식물을 옥수수와 혼합하여 압출성형가공하였는데 가공이 사료의 기호성이나 소화율 및 사양성적에 영향을 미쳤을 것으로 판단된다. 실제로 지금까지의 연구결과를 살펴보면 돈분이나(Harmon 등, 1972; Kornegay 등, 1977) 잔여음식물은(이 등, 1998) 소화율이 매우 낮은데, 본 시험에서 시험사료의 소화율이 SWERF 30% 까지 첨가해도 대조구에 비해 떨어지지 않은 것은 기존의 연구에서 압출성형 가공시 영양소소화율이 개선되었다는 보고(Hancock, 1992; Chae 등, 1996; 1997) 와 일맥상통하는 일이라 할수 있다. 더욱이 돈분에서는 휘발성 지방산, 페놀 등에 의하여 악취가 발생하는데(Morrison, 1987; O'Neill 과 Pillips, 1992; Mackie, 1994; Zhu 등, 1997), 압출성형가공시 정(1998)은 악취가 줄었다고 한 결과로 미루어 볼 때 돈분의 압출성형가공효과는 시사하는 바가 크다.

또한, 전체적으로 돈분의 소화율은 육성돈 사료에 비해 현저히 낮은 결과를 보였지만 본 연구에서 돈분의 에너지와 단백질의 소화율은 각각 53%, 50%로서 정(1998)이 보고한 22%, 26%와는 높은 편이었다. SWERF

은 Extrusion했을 때 다른 영양소의 소화율은 변화가 없었으나 에너지소화율은 개선되었다. 이러한 결과는 Extrusion 가공시 에너지소화율이 증가했다는 기존의 보고(Sauer 등, 1980; Hancock, 1992; Chae 등, 1997)와 일치하는 결과이다. 특히 Hancock(1992)은 사료의 품질이 떨어질수록 Extrusion 가공효과가 크다고 했는데, 돈분같은 경우 가공하지 않았을 때 본 연구에서나 정(1998)의 보고에서와 같이 소화율이 현저히 떨어지지만 가공시 소화율이 개선되는 것은 매우 바람직한 것으로 여겨지며, 본 사양시험에서 SWERF를 30%까지 첨가시 Extrusion으로 소화율과 기호성이 개선됨으로 인하여 사양성적에 좋은 영향을 미쳤을 것으로 여겨진다.

3. 육질평가

Table 5-16에서 도체성상을 살펴보면, 등지방 두께에는 처리간에 차이가 없었지만 SWERF 40%급여시 지육율이 SWERF 10와 20%급여구에 비해 유의적으로 낮았다($P<0.05$). 도체의 목등심으로 에너지가와 일반성분 (조단백질, 조지방, 조회분) 을 분석해 본 결과 처리간에 유의적인($P>0.05$) 차이가 없었다.

고기의 저장성을 조사하기 위해 목등심근육을 4주간 저장하면서 TBARS가와 POV가를 조사해 본결과 SWERF 첨가구가 대조구에 비해 저장기간이 경과할수록 이들 수치가 빠른 속도로 증가하였는데(Fig. 5-1), 특히 ESMFW 40%첨가구는 대조구에 비해 유의적으로 ($P<0.05$) 높게 나타났다.

Table 5. Carcass and pork quality as affected by feeding SWERF

Item	Control	SWERF (%)				SE
		10	20	30	40	
Carcass characteristics						
Body wt at slaughter(kg)	79.67	96.25	93.75	88.90	88.15	13.13
Back fat thickness(last rib, ㎜)	2.63	2.45	2.70	2.83	2.93	0.35
Dressing %	71.09ab	72.95a	72.76a	71.66ab	69.89b	1.98
Chemical composition(DM)						
Crude protein(%)	81.99	83.87	88.19	86.70	85.93	3.03
Crude fat(%)	10.81	8.50	9.59	9.68	9.54	1.40
Crude ash(%)	4.77	4.49	5.08	5.21	5.38	0.41
Gross energy(kcal/kg)	832	844	1057	1025	997	103.45
Pork stability						
TBARS(wk, mg/kg)						
0	3.17	3.24	3.39	3.55	3.32	0.32
1	2.77	2.88	3.25	4.96	4.49	1.52
2	3.45b	3.52b	4.54ab	3.90ab	5.45a	1.07
3	4.59b	4.55b	4.99b	5.05b	7.77a	1.35
4	6.97b	8.00b	8.40b	7.70b	12.59a	2.17
POV(wk, meq/kg)						
0	0.032	0.028	0.031	0.032	0.037	0.007
1	0.037	0.036	0.037	0.040	0.042	0.005
2	0.052c	0.061b	0.065ab	0.061b	0.070a	0.007
3	0.075b	0.075b	0.077b	0.079ab	0.084a	0.005
4	0.092b	0.095b	0.097b	0.102ab	0.110a	0.008

abcValues with different superscripts in the same row differ ($P < 0.05$).

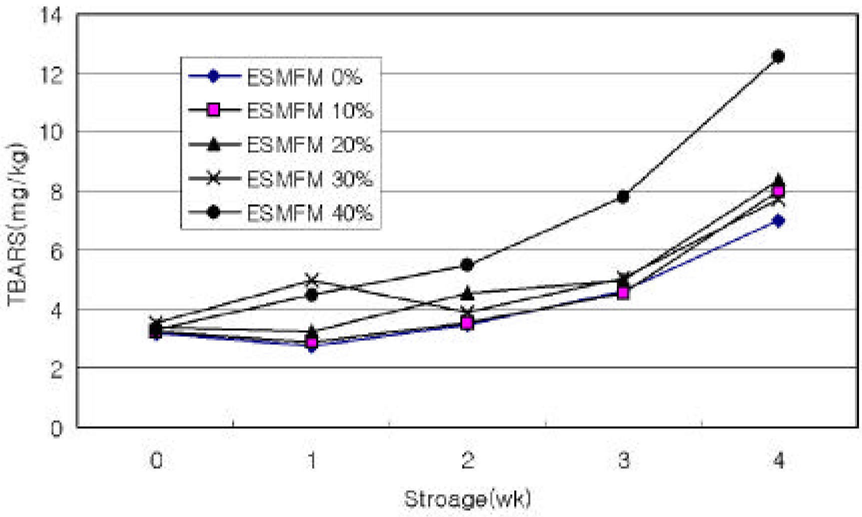

Figure 5-1. Changes in TBARS values in pork affected by feeding extruded swine waste and food waste mixture

한편, SWERF 40% 급여한 돈육은 저장중 쉽게 산패하는 결과가 얻어졌는데 이것은 돈분이나 음식잔여물중의 지방 등이 산패한데서 비롯된 것으로 사료된다. Xu (1994) 는 산패한 미강을 비육돈에 급여한후 돈육의 안정성을 조사해 본 결과 산패가 빨리 진행되었다고 했는데 이것은 미강이 산패시 비타민 E가 동시에 산화되었기 때문에 항산화작용을 하는 비티민 E가 돈육내 축적이 적게 되었기 때문이라 보고했다. 채 등 (1998) 도 산패된 미강을 육계와 비육돈에 급여시 계육과 돈육이 저장중 안정성이 떨어졌다고 보고했다. Jensen 등 (1997) 에 의하면 산패된 기름 (면실유 11%와 대두유 2%) 을 사료에 섞어 급여하였을 때 신선한 기름에 비해 계육의 산화 안정성이 낮았다고 하였으며, 가슴육보다 다리육이 더 빨리 산화가 촉진된다고 보고한 바 있다. Hussein과 Kratzer (1982) 도 산화된 미강을 닭에게

급여하면 근육의 TBARS가 증가하였는데 음식잔여물중의 지방이 산패되면 돈육의 저장성을 떨어뜨릴 염려가 있으므로 이에 대한 대책이 있어야 할 것으로 사료된다. 사료내 비타민 EW의 추가공급은 돈육의 저장성을 향상시키는데 도움이 된다.

이상의 결과로 미루어 볼 때 SWERF는 육성비육돈에서 30%까지 첨가하여도 돼지의 성장율이나 도체성적에 나쁜 영향을 미치지 않을 것으로 사료된다.

제 6 장. 인용문헌

1. Alvarez-Martinez, L., K.P. Kondury. and J.M. Harper. 1988. A general

model for expansion of extruded products. J. Food Sci. 53:609-615.

2. Anderson, I.H., A.S. Levine. and M.D. Levitt. 1981. Incomplete absorption of the carbohydrate in all-purpose wheat flour. New Engl. J. Med. 304:891-892.

3. A.O.A.C. 1990. Offcial methods of analysis. 15th ed. Association of Official Analytical Chemists. Washington. D.C.

4. Bhattacharya, A.N. and J.C. Taylor. 1975. Recycling animal waste as a feedstuff : A review. J. Anim. Sci. 41:1438.

5. Bhattacharya, A.N. and J.P. Fontenot. 1965. Utilization of different levels of poultry litter nitrogen by sheep. J. Anim. Sci. 24:1965.

6. Bhattacharya, A.N. and J.P. Fontenot. 1966. Protein and energy value of peanuthull and wood-shaving poultry litter. J. Anim. Sci. 25:367.

7. Biely, J., R. Soong., L. Seier. and W.H. Pope. 1972. Dehydrated poultry ration. Pou. Sci. 51:1502-1511.

8. Bjorck, I., M. Nyman. and N.G. ASP. 1984. Extrusion cooking and dietary fiber-Effects on dietary fiber content and on degradation in the rat intestinal tract. Cereal Chem. 61:174-179.

9. Blair, R. and J.J. Waring. 1969. Growth response of chicks following addition to the diet of various sourcesof nitrogen. Br. Poul. Sci. 10:37- 40.

10. Blake, J.P., M.E. Cook., C.C. Miller. and D. Reynolds. 1990. Dry extrusion of poultry processing plant waste and poultry farm mortalities. In : Agricultural and Food Processing Wastes, Proceedings of the Sixth International Symposium on Agricultural and Food Processing Wastes. pp. 319- 327. American Society of Agricultural Engineer, St. Joseph, MI.

11. Blake, J.P., M.E. Cook. and D. Reynolds. 1991. Extruding poultry farm mortalities. The American Society of Agricultural Engineers, 1991. International Summer Meeting, Alburquerque, New Mexico.

12. Chae, B.J., I.K. Han., J.H. Kim., C.J. Yang., S.J. Ohh., Y.C. Rhee. and T.D. Hancock. 1997. Effects of feed processing and feeding methods on growth performance and carcass characteristics for growing- finishing pigs. Asian- Australasian J. Anim. Sci. 10(2):164.

13. Chae, B.J., I.K. Han., J.H. Kim., Y.K. Chung., S.J. Ohh. and K.H. Ryu. 1996. Effect of different extrusion condition of corn and soybean meal on the ileal digestibility and growth performance of weaned pigs. J. Anim. Sci. 74 (suppl. 1):188.

14. Cheftel, J.C. 1986. Nutritional effects of extrusion- cooking. Fd Chem.

20:263-283.

15. Colonaa, P. and C. Mercier. 1983. Macromolecular modifications of manioc starch components by extrusion-cooking with and without lipids. Carbohydr. Polym. 3:87-108.

16. Colonaa, P., J.L. Doublier., J.P. Melcion., F. De Monredon. and C. Mercier. 1984. Extrusion cooking and drum drying of wheat starch. I. Physical and macro-molecular modifications. Cereal Chem. 61:538-543.

17. Conway, H.F. and R.A. Anderson. 1973. Protein-fortified extruded food products. Cereal Sci. Today. 18:94-97.

18. Cumming, D.B., D.W. Stanley. and J.M. De Man. 1972. Texture-structure relationships in texturized soy protein.-Part II. Textural properties and ultrastructure of an extruded soybean product. Can. Inst. Fd Sci. Technol. J. 5:124-128.

19. Davidson, V.J., D. Paton., L.L. Diosady. and G.J. Larocque. 1984. Degradation of wheat starch in a single screw extruder: Characteristics of extruded starch polymers. J. Food Sci. 49:453-458.

20. De Castro, L.F.V., A.M.S. Duarte. and T.H. Fernandes. 1984. A note on the nutritive value of dehydrated poultry waste in layer feeding. Agricultural Wastes. 11:25-30.

21. Della Valle, G., J. Tayeb. and J.P. Melcion. 1987. Relationship of extrusion variables with pressure and temperature during twin screw extrusion cooking of starch. J. Food Eng. 6:423-444.

22. Delort-Laval, J. and C. Mercier. 1976. Selection of treatments and study of their influence on the carbohydrate fraction of wheat, barley and maize. Am. Zootechnol. 25:3-12.

23. Diggs, B.G., Jr.B. Baker. and F.G. James. 1965. Value of pig feces in swine finishing rations. J. Anim. Sci. 24:291.

24. El-Ashry, M.A., H.M. Khattab., A. El-Serafy., H. Soliman. and S.M. Abd Elmoula. 1987. Nutritive value of poultry wastes for sheep. Biological Wastes. 19:287-298.

25. El Boushy, A.R. and F.W.A. Vink. 1977. The value of dried poultry waste as a feedstuff in broiler diets. FEEDSTUFFS. December 12.

26. Faubion, J.M. and R.C. Hoseney. 1982a. High-temperature short-time extrusion cooking of wheat starch and flour. I. Effect of moisture and flour type on extrudate properties. Cereal Chem. 59:529-533.

27. Faubion, J.M. and R.C. Hoseney. 1982b. High-temperature short-time extrusion cooking of wheat starch and flour. II. Effect of protein and lipid on extrudate properties. Cereal Chem. 59:533-537.

28. Flegal, C.J. and H.C. Zindel. 1970. Results of feeding dried poultry waste to laying hens on egg production and feed conversion. Michigan Agric. Exp. Sta. Research Report. 117:29-31.

29. Flegal, C.J. and H.C. Zindel. 1971. The use of dehydrated poultry waste in poultry rations. In : Livestock waste management and pollution abatement. American Society of Agricultural Engineers, ST. Joseph, MI. pp. 305-307.

30. Flegal, C.J., C.C. Sheppard. and D.A. Dorn. 1972. The effects of continuous recycling and storage on nutrient quality of dehydrated poultry waste(DPW). In : Waste management research. Cornell University, Ithaca, NY. pp. 295-300.

31. Fletcher, S.I., P. Richmond. and A.C. Smith. 1985. An experimental study of twin screw extrusion cooking of maize grits. J. Food Eng. 4:291-312.

32. Fontenot, J.P., Jr.K.E. Webb., B.W. Harmon., R.E. Tucker. and W.E.C. Moor. 1971. Studies of processing, nutritional value and palatability of broiler litter for ruminants. Livestock Waste Management and Pollution Abatement Proc. Intern. Symp. on Livestock Wastes, Columbus, Ohio. P. 301.

33. Fontenot, J.P., Jr.K.E. Webb. and R.F. Kelly. 1972. Feed intake and

feedlot performance of cattle fed different levels of broiler litter. Livestock Research Report 145, Virginia Polytechnic Institute and State Univ., Blacksburg.

34. Froning, G.W. and D. Bergquist. 1990. Utilization of inedible eggshells and technical egg white using extrusion technology. Poultry Sci. 69:2051-2053.

35. Guy, R.C.E. and A.W. Horne. 1988. Extrusion and co-extrusion of cereals. Pages 331-349 in: Food Structure-Its Creation and Evaluation. J.M.V. Blanshard and J.V. Mitchell, eds. Butterworths, London.

36. Hancock, J.D. 1992. Extrusion cooking of dietary ingredients for animal feeding. Contribution No. 92-316A. Kansas Agricultural Experiment Station. Published in Proceedings of the Distillers Feed Conference. Cincinnati. Ohio, Vol. 47.

37. Haque, A.K.M.A., J.J. Lyons. and J.M. Vanderpopuliere. 1991. Extrusion processing of broiler starter diets containing ground whole hens, poultry by-product meal, or ground feathers. Poultry Sci. 70:234-240.

38. Harel, S. and Kanner, J. 1985. Muscle membranal lipid peroxidation initiatied by hydrogen peroxide activated metmyoglobin. J. Agric. Food Chem. 33:1182-1192.

39. Harmon, B.G., D.L. Day., A.H. Jensen. and D.H. Baker. 1972. Nutritive value of aerobically sustained swine excrement. J. Anim. Sci. 34:403.

40. Harmon, B.W., J.B. Fontenot. and K.E.Jr. Webb. 1975. Ensiled broiler litter and corn forage. 1. Fermentation characteristic. J. Anim. Sci. 40:144.

41. Harper, J.M. 1977. Extrusion processing of food. Food Technol. (Chicago). 32(7):67- 76, 82.

42. Harper, J.M. 1979. Food extrusion. Crit. Rev. Food Sci. Nutr. 11:155- 215.

43. Hayter, A.L., A.C. Smith. and P. Richmond. 1986. The physical properties of extruded food foams. J. Mater. Sci. 21:3729- 3736.

44. Hodgetts, B. 1971. The effects of including dried poultry wastes in the feed of laying hens. In : Livestock waste management and pollution abatement. American Society of Agricultural Engineers, ST. Joseph, MI. pp. 311- 313.

45. Holm, J., I. Lundquist., I. Bjorck., A.C. Eliasson. and N.G. ASP. 1988a. Relationship between degree of gelatinization, digestion rate in vitro and metabolic respoase in rats. Am. J. Clin. Nutr. 47:1010- 1016.

46. Horn, R.E. 1977. Extrusion cooking systems. Paper 77-3522. Am. Soc. Agric. Eng. St. Joseph, MO.

47. Horvath, E., J. Petres., E. Gelencser. and B. Czukor. 1989. Effect of extrusion temperature on physicao-chemical properties and biological value of soybean-protein. Acta Alimentaria. 18(3):299-311.

48. Hussein, A.S. and F.H. Kratzer. 1982. Effect of rancidity on the feeding value of rice bran for chickens. Poultry Sci. 61:9-12.

49. Jensen, C., R. Engberg., K. Jakobsen., L.H. Skibsted. and G. Bertelsen. 1997. Influence of the oxidative quality of dietary oil broiler meat storage stability. Meat Sci. 47:211-222.

50. Jorge Joao, W.S., L.G. Elias. and R. Bressani. 1980. Efecto del proceso de coccion -extrusion (Brady Crop Cooker) sobre el valor nutritivo de mezclas elaboradas a base de frijol caupi(Vigna sinensis)-maix, y de frijol caupi-tuca. Arch. Latinoam. Nutr. 30:539-550.

51. Khattab, H.M., M.A. El-Ashry., A.M. El-Serafy. and H.S. So;iman. 1982. Wood-shaving duck litter in ration for growing lambs. Agricultural Wastes. 4:25.

52. Kim, J.C. and W. Rottier. 1979. Veraenderungen der Eigenschaften von Aestivumweizen-Griess durch Extrusion. Getreide Mehl Brot.

33:188- 190.

53. Kornegay, E.T., M.R. Holland., Jr.K.E. Webb., K.P. Bovard. and J.D. Hedges. 1977. Nutrient characterization of swine fecal waste and utilization of these nutrients by swine. J. Anim. Sci. 44:608.

54. Kratzer, F.H. and C.G. Payne. 1977. Effect of autoclaving, hot- water terating, parboiling and addition of ethoxyquin on the value of rice bran as a dietary ingredient for chickens. Br. Poult. Sci. 18:475- 482.

55. Launay, B. and J.M. Lisch. 1983. Twin screw extrusion cooking of starches: Behavior of starch pastes, expansion and mechanical properties of extrudates. J. Food Eng. 2:259- 280.

56. Lin, M.J.Y., E.S. Humbert. and F.W. Sosulski. 1974. Certain functional properties of sunflower meal products. J. Fd Sci. 39:368- 370.

57. Mackie, R.I. 1994. Microbial production of ordor componebts. Proc. Int. Round Table on Swine Ordor Control. Iowa State Univ., Ames, IA. P. 18.

58. Maga, J.A. and M.R. Cohen. 1978. Effect of extrusion parameters on certain sensory, physical and nutritional properties of potato flakes. Lebensm. Wiss. Technol. 11:185- 187.

59. Martin, Jr.J.H., R.C. Loehr. and T.E. Pilbeam. 1983. Animal manures as feedstuffs : poultry manure feeding trials. Agricultural Wastes. 6:193- 220.

60. Mercier, C. and P. Feillet. 1975. Modification of carbohydrate components by extrusion - cooking of cereal products. Cerea. Chem. 52:283- 297.

61. Miller, B.F. 1984. Extruding hatchery waste. Poultry Sci. 63:1284- 1286.

62. Molina, M.R., J.E. Braham. and R. Bressni. 1983. Some characteristics of whole corn : whole soybean (70:30) and rice:whole soybean (70:30) mixtures processed by simple extrusion cooking. J. Food Sci. 48:434- 437.

63. Morrison, R.T. 1987. Organic Chemistry. 5th ed. Allyn and Bacon. Boston, MA.

64. Mosso, K., J. Jeunink. and J.C. Cheftel. 1982. Temperature, pression et temps de sejour d'un melange alimentaire dans un cuiseur- extrudeur bi- vis : Influence des parametres operatoires. Ind. Aliment. Agric. 99:5- 18.

65. Mustakas, G.C., W.J. Albrecht., G.N. Bookwalter., J.E. McGhee., W.F.

Kwolek. and E.L. Griffin. 1970. Extruder processing to imprive nutritional quality, flavour and keeping quality of full-fat soy flour. Food Technol. 24:1290-1296.

66. Nesheim, M.C. 1972. Evaluation of dehydration poultry manures as feed ingredient. In : Waste Management Research, Cornell University, Ithaca, NY. pp. 301-309.

67. O'Neill, D.H., V.R. Phillips. 1992. A review of the control of ordor nuisance from livestock buildings. **III**. Properties of the ordorous substances which have been identified in livestock wastes or in the air around them. J. Agri. Eng. Res. 53:23.

68. Orr, D.E. 1974. A nutritional evaluation of recycled swine waste. Ph. D. Thesis. Michigan State Univ., East Lansing.

69. Quisenberry, J.H. and J.W. Bradley. 1969. Nutrient recycling by laying hens. Feedstuffs. 41(5):9.

70. Reynolds, D. 1990. Microbiological evalution of dead bird meal. The Mid-West Poultry Federation, Minneapolis, MN. March 2, 1990.

71. RHEE, K.C., C.K. KUO. and E.W. Lusas. 1981. Texturization. Pages 51-88 in: Protein Functionality in Foods. J. P. Cherry, ed. Am. Chem. Soc., Washington, DC.

72. Rinehart, K.E., D.C. Snetsinger., W.W. and R.A. Zimmerman. 1973. Feeding value of dehydrated poultry waste. Poultry Sci. 52:2078.

73. SAS. 1985. Statistics for Personal Computer. SAS Institute Inc. Cary. NC.

74. Sauer, W.C., R. Mosenthin. and A.B. Pierce. 1990. The utilization of pellet, extruded, and extruded and repelleted diets by early weaned pigs. Anim. Feed Sci. Technol., 31:269.

75. Shannon, D.W.F., R. Blair. and D.J.W. Lee. 1973. Chemical and bacteriological composition and the metabolizable energy value of eight samples of dried poultry waste produced in the United Kingdom. In : Proc. 4th Europ. Poult. Conf. London. pp. 487-494.

76. Shantha, N.C. and E.A. Decker, 1994. Rapid sensitive iron-based spectrophotometric methods for the determination of peroxide values in food lipids. J. Assoc. Offic. Anal. Chem. Intl. 77: 421-424.

77. Shin, H.S. and J.I. Gray. 1983. Physicochemical assessment of quality characteristics of extruded barley under varied storage conditions. Korean J. Food Sci. Technol. 15:189-194.

78. Siljesstrom, M., E. Westerlund., I. Bjorck., J. Holm., N.G. ASP. and O. Theander. 1986. The effects of various thermal processes on dietary

fibre and starch content of whole grain wheat and white flour. J. Cereal Sci. 4:315-323.

79. Sinnhuber, R.O. and T.C. Yu. 1977. The 2-thiobarbituric acid reaction, an objective measure of the oxidative determination occurring in fats and oils. J. Jap. Soc. Fish Sci. 26:259-267.

80. Smith, A.K. and S.J. Circle. 1972. Soybeans chemistry and technology. O. C. S. Method Ba 11-65. AVI Publishing Company, Inc., Westport, Connecticut, Vol. 1. pp. 451-452.

81. Smith, L.W. and C.C. Calvert. 1976. Dehydrated broiler excreta versus soybean meal as nitrogen supplements for sheep. J. Anim. Sci. 43(6).

82. Snedecor, G.W. and W.G. Cochran. 1980. Statistical Methods (7th ed). Iowa Stste University Press. Ames, IA.

83. Sosulski, F.W. 1962. The centrifuge method for determining flour absorption in hard red spring wheats. Cereal Chem. 39:344-350.

84. Tadtiyanant, C., J.J. Lyons. and J.M. Vanderpopuliere. 1993. Extrusion processing used to poultry, feathers, eggshells, hatchery waste, and mechanically deboned residue into feedstuffs for poultry. Poultry Sci. 72:1515-1527.

85. Tajima, G. and K. Shikama. 1987. Autoxidation of myoglobin. An overall stoichiometry including subsequent side reactions. J. Biol. Chem. 262:12603-122606.

86. Tidtiyanant, C., J.J. Lyons. and J.M. Vandepopuliere. 1993. Extrusion Processing Used to Convert Dead Poultry, Feathers, Eggshells, Hatchery Waste and Mechanically Deboned Residue into Feedstuffs for Laying Hens. Poultry Sci. 72:1515-1527.

87. Vaidehi, M.P. and A. Gowda. 1981. Protein quality of extrusion cooked cereal based weaning foods in Wistar strain albino rats. Nutr. Rep. Int. 23:363-370.

88. Vanderpopuliere, J.M. 1976. Convert hatchery wastes into feedstuffs. Poult. Digest. 35:247-248.

89. Vanderpopuliere, J.M., H.K. Kanungo., H.V. Walton. and O.J. Cotterill. 1977. Broiler and egg type chick hatchery by-product meal evaluated as laying hen feedstuffs. Poultry Sci. 56:1140-1144.

90. Vanzuilichem, D.J., G. Lamers. and W. Stolp. 1975. Influence of process variables on quality of extruded maize grits. Proc. Eur. Symp. Engineering and Food Quality, 6th, Cambridge, UK.

91. Varo, P., R. Liane. and P. Koivistoinen. 1983. Effect of heat treatment on dietary fiber: Interlaboratory study. J. Assoc. Off. Anal. Chem. 66:933-938.

92. Warnants, N., M.J. Van Oeckel. and Ch.V. Boucqué. 1996. Incorporation of dietary polyunsaturated fatty acids in pork tissues and its implications for the quality of the end products. Meat Sci. 44:125-144.

93. Xu, Z. 1994. Vitamin E vitamers and cholesterol content, and oxidative stability of pork from pigs fed either non-rancid or rancid rice bran. M.S. Thesis. Louisiana State University.

94. Yasumatsu, K., K. Sawada., S. Mortitaka., M. Misaki., J. Toda. and K. Ishii. 1972. Whipping and emulsifying properties of soybean products. Agric. Biol. Chem. 36:719-729.

95. Zhu, J., D.S. bundy, X. Li. and N. Rashid. 1997. A Procedure and its application in evaluating pit additives for ordor control. canadian Agri. Eng. 39(3):207.

96. 곽완섭, 류제창, 맹원재, 김언현. 1997. 진공건조한 돈분-농산부산물 혼합물의 양돈사료로의 이용연구. 한영사지. 21(5):439.

97. 심재곤. 1998. 음식물 쓰레기 자원화 기본계획의 배경 및 정책방향. 남

은 음식물 사료화 심포지움 자료. 축산기술연구소. 수원. P. 13.

98. 이규호. 1998. 남은 음식물 사료의 영양가치평가. 남은 음식물 사료화 심포지움 자료. 축산기술연구소. 수원. P. 113.

99. 이병석, 조성백, 정완태, 신기준. 1998. 남은 음식물사료 가축급여 효과. 남은 음식물 사료화 심포지움 자료. 축산기술연구소. 수원. P. 69.

100. 이상석, 장기운. 1997. 음식물찌꺼기 퇴비의 사용에 따른 작물체내 염류의 흡수와 토양의 화학성 변화. 1997년도 가을학술대회 자료. 충남대학교. 9사) 한국유기성폐자원학회. P. 61.

101. 정웅이. 1998. 육성돈에 있어서 Spirurina 분말 및 돈분의 사료자원화 및 그 가치에 관한 연구. 석사학위논문. 강원대학교 대학원.

102. 채병조, 이규호, 이성기. 1998. 산패미강의 급여가 돼지와 육계에 있어서 성장률, 육질 및 소화율에 미치는 영향. 연구보고서. 강원대학교.

103. 한인규. 1994. 사료자원핸드북. 한국사료협회/한국영양사료학회.

104. 한인규, 이영철, 정근기, 김영길, 안병홍, 명규호, 고태송. 1987. 영양학 실험법. 동명사.

부표 1. Extrusion **처리조건별 계분 옥수수형** ERF**제품의 물리적 성상**

Die	Rpm	Temp	FD	ER	WAI	WSI	GR
5.3	200	90	1.05	1.20	3.87	13.96	49.13
5.3	200	110	0.80	1.47	4.54	13.77	65.11
5.3	200	130	0.71	1.36	4.76	10.40	58.13
5.3	200	150	0.47	1.28	5.01	11.38	57.46
5.3	250	90	0.74	1.30	4.23	11.09	83.08
5.3	250	110	0.46	1.49	4.42	13.05	72.28
5.3	250	130	0.62	1.39	4.60	14.05	59.41
5.3	250	150	0.44	1.28	4.76	14.16	54.44
5.3	300	90	0.78	1.39	4.44	14.07	67.46
5.3	300	110	0.44	1.43	4.63	16.53	67.59
5.3	300	130	0.46	1.44	4.44	14.33	71.03
5.3	300	150	0.62	1.30	5.21	8.18	56.85
5.3	350	90	0.54	1.49	4.76	14.36	69.53
5.3	350	110	0.42	1.47	4.79	10.64	81.04
5.3	350	130	0.44	1.38	4.87	13.23	73.97
5.3	350	150	0.43	1.29	5.08	10.58	94.90
3.9	200	90	1.42	1.34	4.48	10.98	84.66
3.9	200	110	0.63	1.58	4.73	4.43	83.97
3.9	200	130	0.57	1.41	5.10	12.57	87.63
3.9	200	150	0.92	1.14	5.35	7.93	72.24
3.9	250	90	0.66	1.41	4.86	13.32	68.64
3.9	250	110	0.39	1.61	4.85	4.01	80.94
3.9	250	130	0.49	1.49	5.41	6.84	78.91
3.9	250	150	0.65	1.22	6.01	7.87	96.77
3.9	300	90	0.61	1.61	4.56	13.54	80.93
3.9	300	110	0.48	1.56	4.87	13.50	78.44
3.9	300	130	0.38	1.51	5.09	11.78	84.40
3.9	300	150	0.53	1.13	5.39	10.32	95.54
3.9	350	90	0.54	1.60	4.41	15.53	61.74
3.9	350	110	0.47	1.64	5.10	12.78	54.52
3.9	350	130	0.38	1.48	5.59	8.05	77.90
3.9	350	150	0.52	1.23	5.71	10.50	76.14

Die	Rpm	Temp	FD	ER	WAI	WSI	GR
5.3	200	90	0.45	1.53	4.48	10.28	66.67
5.3	200	110	0.49	1.66	4.95	8.55	69.07
5.3	200	130	0.61	1.52	5.19	12.21	72.58
5.3	200	150	0.53	1.36	5.82	7.06	76.31
5.3	250	90	0.45	1.66	5.23	9.06	61.31
5.3	250	110	0.45	1.71	5.36	9.15	79.49
5.3	250	130	0.48	1.48	5.76	12.61	74.74
5.3	250	150	0.51	1.47	6.12	5.78	75.13
5.3	300	90	0.45	1.67	5.54	9.49	83.19
5.3	300	110	0.47	1.59	5.32	8.19	91.36
5.3	300	130	0.54	1.51	5.27	7.67	88.89
5.3	300	150	0.50	1.50	5.54	10.73	84.34
5.3	350	90	0.49	1.74	5.21	9.58	90.00
5.3	350	110	0.53	1.80	5.27	7.89	92.00
5.3	350	130	0.48	1.61	5.83	5.52	92.00
5.3	350	150	0.54	1.63	5.38	13.85	97.88
3.9	200	90	0.50	1.86	4.92	15.12	77.83
3.9	200	110	0.54	1.74	6.08	10.27	73.61
3.9	200	130	0.52	1.61	4.74	11.36	81.28
3.9	200	150	0.56	1.45	5.54	12.59	83.13
3.9	250	90	0.45	1.90	5.38	15.64	83.53
3.9	250	110	0.40	1.92	6.01	16.20	82.22
3.9	250	130	0.42	1.67	6.22	13.64	75.52
3.9	250	150	0.58	1.37	5.61	15.68	82.22
3.9	300	90	0.46	1.87	6.10	17.40	82.60
3.9	300	110	0.43	1.80	6.00	16.64	87.50
3.9	300	130	0.48	1.65	3.97	19.00	78.11
3.9	300	150	0.53	1.44	3.84	18.24	89.33
3.9	350	90	0.49	1.62	5.25	12.54	77.87
3.9	350	110	0.48	1.62	5.26	11.86	82.42
3.9	350	130	0.50	1.57	5.26	11.96	80.44
3.9	350	150	0.54	1.58	5.53	11.47	84.66

부표 2. Extrusion 처리조건별 돈분 옥수수형 ERF제품의 물리적 성상

Die	Rpm	Temp	FD	ER	WAI	WSI	GR
5.3	200	90	1.21	1.30	4.92	6.66	50.79
5.3	200	110	0.64	1.46	5.12	7.29	77.82
5.3	200	130	0.51	1.49	4.94	7.35	83.98
5.3	200	150	0.51	1.50	5.07	11.41	91.92
5.3	250	90	1.17	1.28	4.70	8.80	61.84
5.3	250	110	0.90	1.53	4.85	9.67	65.76
5.3	250	130	0.58	1.72	5.06	11.01	72.76
5.3	250	150	0.54	1.57	5.21	14.52	87.16
5.3	300	90	1.11	1.29	4.58	6.10	60.15
5.3	300	110	0.68	1.68	4.98	8.49	65.26
5.3	300	130	0.58	1.78	4.99	11.22	69.22
5.3	300	150	0.55	1.56	5.15	11.35	87.58
5.3	350	90	1.18	1.32	4.62	9.42	65.66
5.3	350	110	0.68	1.64	4.95	8.08	67.45
5.3	350	130	0.60	1.72	5.08	9.29	69.15
5.3	350	150	0.61	1.60	5.03	9.61	66.07
3.9	200	90	1.16	1.20	3.98	6.30	60.98
3.9	200	110	0.78	1.68	4.76	6.12	59.56
3.9	200	130	0.56	1.90	5.55	7.61	55.28
3.9	200	150	0.57	1.67	5.26	12.08	60.35
3.9	250	90	1.18	1.62	4.98	6.72	60.58
3.9	250	110	0.57	1.88	5.81	7.59	57.19
3.9	250	130	0.43	1.86	5.99	7.53	52.11
3.9	250	150	0.44	1.61	5.35	12.85	57.63
3.9	300	90	1.16	1.65	5.21	6.88	54.40
3.9	300	110	0.51	1.88	5.54	10.24	52.89
3.9	300	130	0.53	1.88	5.77	9.77	61.98
3.9	300	150	0.57	1.65	5.61	7.66	62.95
3.9	350	90	1.16	1.66	5.66	6.97	52.11
3.9	350	110	0.56	1.87	5.24	10.11	57.63
3.9	350	130	0.59	1.88	5.31	13.76	54.40
3.9	350	150	0.58	1.62	5.79	8.72	52.69

Die	Rpm	Temp	FD	ER	WAI	WSI	GR
3.9	200	90	1.30	1.28	4.63	7.86	34.13
3.9	200	110	0.49	1.52	5.20	7.44	42.81
3.9	200	130	0.55	1.50	5.30	7.31	40.13
3.9	200	150	0.42	1.39	5.06	5.48	39.48
3.9	250	90	1.40	1.09	4.27	10.28	13.10
3.9	250	110	0.63	1.52	4.89	14.10	34.51
3.9	250	130	0.40	1.57	4.91	10.26	39.46
3.9	250	150	0.46	1.40	5.41	11.85	21.72
3.9	300	90	0.98	1.35	4.87	7.69	32.18
3.9	300	110	0.50	1.59	4.95	9.85	31.52
3.9	300	130	0.41	1.58	4.61	18.01	36.36
3.9	300	150	0.45	1.44	5.25	9.84	19.22
3.9	350	90	0.62	1.57	5.45	10.15	19.62
3.9	350	110	0.52	1.57	5.08	12.41	34.32
3.9	350	130	0.43	1.56	5.32	13.24	36.45