

# 농업부산물 배출 현장 조사 및 사료적 가치 평가



글 | 객원집 교수(건국대학교 지연과학대학)

## 1. 서론

세계적인 물 부족 현상과 사료 작물 재배 면적의 축소에 따른 사료 작물 수확량의 감소는 향후 국제 곡물가의 지속적 상승을 부채질하고 있다. 이러한 시점에서 유기성 부산물 또는 폐기물의 효율적 사료화는 환경오염 예방 측면뿐만 아니라 값싼 국내 부존사료자원의 개발이라는 측면에서도 매우 중요한 정책적 대안이 되고 있다. 이의 중요성은 국토가 좁고, 사료자원이 부족한 나라에서는 더욱 강조되고 있으며, 특히 우리나라는 좁은 국토에서 사료용 작물 재배를 위한 공간이 절대적으로 부족하기 때문에 사료 곡물의 98% 이상을 외국으로부터 수입하고 있는 실정에서는 다른 대안이 있을 수 없다.

유기성 폐기물은 다른 산업폐기물과는 달리 중금속 함량이 낮고 유기물 함량이 높아, 올바른 방법으로 가공 처리되면 가축사료로서 효과적으로 재이용될 수 있다. 유기성폐기물의 가축 사료화 연구는 외국에서도 오래전부터 행해져 왔으며, 최근에 TMR

사료의 보급과 더불어 각종 값싼 부산물의 효과적인 이용에 대한 연구는 우리나라뿐만 아니라 미국이나 일본에서도 활발해지고 있다.

유기성 부산물 또는 폐기물의 화학적 성분에 대한 정확한 지식은 이의 사료로의 과학적인 이용을 위해서는 필수적인 것이다. 특히 고생산성을 요구하는 가축의 경우에는 더욱 그러하다. 부산물의 체내 이용률은 간단한 영양성분만으로 예측할 필요가 있다. 그리고 사료 배합비 설계시 기존의 오래된 성분표상의 수치는 실제 수치와 차이가 많이 나서 가축에게 심각한 영양적 문제를 야기시킬 수 있기 때문에 이에 대한 확인 조사가 필요하다.

따라서 본 연구는 산업적 이용성이 큰 유기성 부산물 또는 폐기물 중 과일가공 부산물(사과박, 감껍질, 포도박, 배박 등), 제과제빵부산물, 대두부산물(비지, 대두피), 버섯재배잔사, 도축부산물(혈액, 반추위내용물), 가금부산물과 우모분, 도축장 및 육가공 슬러지, 맥주공장 부산물(맥아근, 맥아피), 사무실 폐지, 남은 음식물, 육계분 등 총 19종 부산물

의 배출처들을 직접 방문하여 배출 및 처리 현황을 조사하고, 물성 및 화학적 성분 등의 영양적 특성을 분석·제시하고, 부산물의 가축 체내이용성을 화학적 성분만으로 대략 예측 가능하게 하고, 사료 배합비 설계시 단순히 문헌상의 영양 성분 이용의 위험성을 진단하기 위해 실시하였다.

## 2. 재료 및 방법

### 1) 현장 방문 및 시료 채취

상기한 총 19종 부산물의 배출 산업체를 직접 방문하여 이들 부산물들의 배출 처리현황들을 조사하고, 종류별로 2~8회 채취한 총 95점의 사료들의 물리화학적 성분을 분석하였다. 구체적 분석 방법은 지면 관계상 생략된다(상기 원문 참조).

## 3. 결과 및 고찰

### 부산물의 발생 및 이용 현황

과일가공 및 음식물가공 부산물의 경우, 사과박, 배박 및 포도박은 주로 과일 주스 제조 과정에서 배출되며, 주로 겨울에 많이 생산되는 등의 계절성이 심한 편이었다. 사과박, 포도박, 배박은 껍질, 씨, 짜고 남은 찌꺼기(pulp) 등으로 구성된다. 사과박과 포도박은 각각 과일 총량의 10% 정도 생산되며, 배박은 이보다 적은 양이 생산되는 편이었다. 상대적으로 생산량이 많은 사과박은 생으로 사료공장으로 운반된 후 인공 건조되어 가축 사료로 이용된다. 감껍질 또한 주로 가을에만 생산되는 등의 계절성이 심하며, 일광 건조된 감껍질 대부분은 소각 처리되며, 이의 양계사료로의 이용에 대한 연구가 경북

지역에서 진행 중에 있었다.

제과제빵부산물의 경우, 과자, 빵 총 생산량의 약 16% 정도는 부산물로 배출되며, 연중 겨울 또는 방학때에는 소비 감소로 인하여 배출량이 감소하는 경향이었다. 비지(두부박)는 두부 또는 두유 제조 과정에서 발생되며, 일부 식용으로 이용되나 발생량이 너무 많아서 열풍스팀 건조되어 사료(특히 젓소 사료)로 많이 이용되고 있다.

느타리버섯 재배잔사는 종균, 폐면(또는 면실피, 비트펠프), 톱밥(또는 벧짚)으로 주로 구성되며, 현재 퇴비로 많이 이용되나 가공처리된 것은 TMR 사료원료로 이용되고 있다.

동물가공부산물 및 기타 산업부산물의 경우, 혈액은 도축장에서 도축시 발생되는데, 소 혈액과 돼지 혈액이 섞여서 함께 배출되기도 하며, 먼 거리 수송과 저장 편의를 위해 찌기도 한다. 처리시 다른 물질과 혼합하여 퇴비화하거나, 일부는 진공 건조되어 사료로 이용되고 있었다. 소와 돼지의 내장은 주로 아시아의 다른 나라에 식용으로 수출하고 있다. 반추위 내용물은 고액 분리되어 배출되며 고상 부분은 가공 처리하여 퇴비 또는 사료로 이용되며, 때로는 혈액이 포함되기도 한다. 도계부산물은 내장 등의 소화기관, 깃털 및 혈액으로 구성되며, 소화기관과 깃털의 생산량은 도계 체중의 각각 15.8% 및 13.2% 수준이다. 이들 건조된 가금부산물(주로 내장)은 주로 닭, 개 또는 양어 사료로 이용되고 있다.

도축장슬러지는 장내용물, 혈액, 털, 세척수 등의 활성 미생물 슬러지이며, 탈수하여 소각하거나, 퇴비로 처리하고 있었다. 유가공슬러지는 우유와 세척수의 활성 미생물 슬러지이며, 주로 가공처리 후

# | 최신 연구동향 |

퇴비로 이용되나, 사료로서의 이용 가능성도 높은 것으로 나타났다. 조사한 2개 우유공장에서의 월 평균 배출량은 각각 50톤 정도였다.

맥아근과 맥아피는 맥주 생산 과정에서 발생하는 부산물로서 맥아근 2에 맥아피 1의 비율로 생산되며, 연간 2,500~3,000톤 정도 생산되는데, 연간 생산량은 맥주 생산을 위한 공장 가동률에 따라 달라진다. 대부분 사료로 이용되고 있다. 학교와 시청에서 배출되는 사무실 폐지는 주로 프린터 용지와 신문지로 이루어지며, 매달 발생량의 변이차가 심한 것으로 나타났으며, 주로 소각 처리되고 있었다. 육계분은 연간 발생량이 약 50만톤 정도인 것으로 조사된바 있으며, 주로 퇴비로 이용되며, 일부는 퇴

적발효 후 TMR 사료 원료로도 이용되고 있다. 남은 음식물의 발생량은 연간 약 420만톤 정도이며, 현재 재활용률은 55% 정도이며, 이중 60% 이상이 사료(주로 양돈사료)로, 35% 정도는 퇴비로 재활용되고 있다(정, 2001). 전 실험에서 배출원별로 보면, 식당 원이 병원이나 아파트 원보다 사료적 가치가 더 높은 것으로 나타났다.

## 부산물의 화학적 성분

과일가공 및 음식물가공부산물의 화학적 성분은 <표 1>에 제시되어져 있다. 탈수한 과일가공부산물은 함수율이 70~85% 정도로 높은 편이었다. 낮은 조회분 함량(2~4%)으로 인해 유기물은 96~98%

<표 1> 과일가공 및 음식물가공부산물의 화학적 성분(건물 기준)

항목 <sup>2)</sup>	사과박	배박	포도박	감껍질	제과제빵 부산물	비지	대두피	버섯재배 잔사
..... % .....								
건물	15.0±0.1	20.0±0.4	30.3±6.0	24.2±0.2	93.1±0.1	17.8±0.5	94.8±0.2	74.0±1.0
유기물	98.1±0.3	97.9±0.2	97.9±0.6	96.1±0.3	98.1±0.2	96.0±0.1	95.4±0.1	83.4±3.3
조지방	4.8±0.7	4.7±0.1	5.9±2.0	3.4±0.47	4.6±4.7	10.9±6.9	1.0±0.2	1.2±0.1
조단백질	4.6±0.2	4.3±0.1	8.8±0.2	4.5±0.1	11.7±1.6	30.5±5.8	10.7±0.3	12.6±1.2
비섬유성 탄수화물	53.2±0.5	32.9±1.3	29.3±0.7	47.0±1.3	79.9±4.9	9.7±11.1	12.1±0.6	11.8±3.2
중성세제 섬유소	35.5±0.4	56.0±0.7	53.9±5.2	41.2±1.3	1.9±0.6	44.9±17.0	71.6±3.5	57.3±6.2
산세제 섬유소	30.6±1.3	39.1±0.5	49.2±6.6	31.2±1.1	4.0±0.7	23.8±2.0	50.1±0.9	51.4±4.8
헤미셀룰로오스	4.9±0.1	16.9±0.6	4.7±5.3	10.0±0.9	-	21.1±3.4	21.5±1.3	5.9±5.2
조회분	1.9±0.3	2.1±0.2	2.1±0.6	3.9±0.3	1.9±0.3	4.0±0.3	4.6±0.1	16.6±3.3
칼슘(Ca)	0.12±0.02	0.08±0.01	0.20±0.01	0.17±0.02	0.08±0.04	0.34±0.02	0.51±0.03	2.07±0.05
인(P)	0.05±0.01	0.05±0.01	0.02±0.01	0.08±0.01	0.07±0.01	0.42±0.01	0.08±0.02	0.17±0.02

1) 평균±표준편차.

정도로 매우 높은 편이었고, 조지방 함량은 3.4~5.9% 범위에 속하였다. 조단백질 함량은 4%대였으나, 포도박의 조단백질 함량은 다른 것보다 두 배 정도로 높았다. 비섬유성탄수화물 함량은 사과박, 감귤질, 배박, 포도박의 순으로 높았고, 섬유소 함량은 상기 순으로 낮았다. 헤미셀룰로오스 함량은 5~17% 수준이었다. Ca 함량은 0.08~0.2%로서 P의 0.02~0.08% 보다 평균 2.8배 정도 높은 수치를 보였다. 전반적으로 과일가공부산물 중에서 사과박은 비섬유성탄수화물 함량이 가장 높고, 섬유소 함량이 가장 낮은 특성을 보였다. 포도박은 지방(특히 씨에는 10.9%)과 단백질 함량이 상대적으로 높았으나, 산세제섬유소 또한 상당히 높은 특징이 있었다. 사과박과 포도박의 이러한 특성은 NRC(1998, 2001)에 제시된 것과는 비슷하였다. 배박의 화학적 특성은 NRC(1983)에 제시된 수치와 비교해서 조지방은 약간 높았고, 조단백질과 조회분은 낮은 편이었다.

음식물가공부산물에 있어서 제과공장에서 배출되는 제과제빵부산물은 Ca과 P를 포함하는 조회분 함량은 매우 낮았으며, 비섬유성탄수화물 함량은 매우 높은 에너지 사료로서의 특성을 보였다. 지방 함량은 변이가 크며, 제빵부산물에는 12.8%로 높고, 제과부산물에는 1.0%로 낮았다. 두류 가공 과정에서 배출되는 비지(두부박)는 고단백질 사료로서, 대두피는 고섬유성 조사료로서의 화학적 특성을 보였다. 비지는 배출처에 따라서 화학적 성분 차이가 심하였다. 느타리버섯 재배잔사는 성분상의 변이가 심하였고, 전반적으로 고광물질(특히 Ca), 고섬유성 조사료 원으로서의 특성을 보였다.

동물가공부산물들의 화학적 성분은 <표 2>에 제

시되어져 있다. 동물가공부산물은 동물성 사료로서 광우병과의 연계성이 인정되어 반추가축 사료로의 이용이 세계적으로 금지되고 있는 추세이나, 여전히 비반추동물 사료로의 이용은 허용되고 있다.

혈액은 함수율이 76% 정도로 높고, 건조 혈액은 저칼슘, 고단백질 사료로서의 특성을 보였다. 반추위내용물은 반추위미생물에 의해서 어느 정도 발효된 것이기 때문에 급여되는 사료 성분과 비교해 볼 때 발효속도가 빠른 것으로 예상되는 비섬유성탄수화물 함량은 낮고, 난분해성 섬유소와 광물질 함량은 다소 높은 특성을 보였다. 화학적 성분은 배출처보다는 도살 전의 소에게 먹인 사료 성분에 의해 주로 더 영향을 받을 것이다. 높은 섬유소 함량 때문에 비반추동물에게 많은 양을 이용할 수는 없겠으나, 유고슬라비아에서의 연구(Jovanovic와 Cuperlovic, 1977)에 의하면 닭이나 단위동물에게 적정량 급여하였을 때 증체율에 별다른 영향을 미치지 않는 것으로 나타났다. 우모분과 가공부산물은 고지방, 고광물질(특히 Ca) 단백질 사료로서의 특성을 보였다.

산업 폐기물 중에서 유가공슬러지의 성분은 도축장슬러지와 비교해서 단백질과 비섬유성탄수화물 함량이 월등히 높았다(<표 2>). 광물질 함량의 큰 변이차는 공정 중에 이용되는 화학제의 성분에 따라 크게 좌우되는 것으로 나타났다. 맥주공장에서 배출되는 부산물인 맥아근은 고섬유성 단백질 사료로, 맥아피는 고섬유성 조사료로서의 특성을 보였으며, P의 함량은 모두 양호한 편이었다. 사무실 폐지는 고섬유성 조사료 원으로서 조지방, 조단백질, 비섬유성탄수화물, Ca, P 등의 함량은 극히 낮았다. 식당에서 배출되는 남은 음식물은 모든 영양소

# | 최신 연구동향 |

<표 2> 동물기장 및 기타 산업부산물의 화학적 조성(평균±표준차)

항목	혈액	반추위 내용물	우모분	가금 부산물	도축장 슬러지	유기공 슬러지
..... % .....						
건물	23.7 ±0.25	32.3 ±2.8	93.3 ±0.1	94.0 ±0.6	33.2 ±0.9	21.5 ±0.5
유기물	96.5 ±0.27	91.8 ±3.6	95.7 ±0.2	90.0 ±0.2	93.4 ±0.7	70.4 ±0.1
조지방	1.2 ±0.37	4.8 ±2.1	18.4 ±0.4	25.4 ±1.0	1.6 ±0.4	2.4 ±0.4
조단백질	94.7 ±0.58	10.6 ±1.7	71.9 ±0.1	57.0 ±2.1	15.9 ±0.5	28.0 ±0.2
비성유성탄수화물	0.5 ±0.3	9.4 ±4.6	-	-	5.5 ±1.1	25.0 ±3.1
중성세제섬유소	-	67.1 ±4.9	59.9 ±3.2	40.7 ±1.5	70.4 ±3.3	15.1 ±1.5
산세제섬유소	1.6 ±0.64	44.0 ±5.1	45.5 ±1.0	9.8 ±20.6	35.5 ±0.8	0.6 ±0.2
헤미셀룰로오스	-	23.1 ±5.8	14.4 ±2.6	30.9 ±20.7	34.9 ±1.8	14.5 ±1.4
조회분	3.5 ±0.27	8.2 ±3.4	4.3 ±0.2	10.0 ±0.20	6.6 ±0.7	29.6 ±0.1
칼슘(Ca)	0.03±0.01	0.93±0.47	2.47±0.14	3.93±0.20	1.28±0.16	0.69±0.14
인(P)	0.13±0.01	0.63±0.10	0.46±0.14	1.93±0.14	0.45±0.07	0.81±0.09

항목	맥아근	맥아피	폐지	남은 음식물	육계분
..... % .....					
건물	96.4 ±0.2	89.4 ±0.3	96.0 ±0.2	18.1 ±3.6	72.0 ±9.6
유기물	93.3 ±0.1	91.3 ±0.6	90.9 ±0.1	91.4 ±4.5	83.2 ±3.8
조지방	0.7 ±0.1	1.6 ±0.1	0.4 ±0.1	10.9 ±5.7	1.6 ±0.8
조단백질	32.0 ±1.5	10.8 ±0.8	0.4 ±0.1	20.9 ±7.0	20.9 ±1.2
비성유성 탄수화물	1.7 ±3.4	38.2 ±1.9	2.0 ±0.8	36.1 ±3.0	5.9 ±1.5
중성세제섬유소	58.9 ±3.3	40.7 ±2.9	88.2 ±1.3	24.6 ±3.7	54.8 ±10.9
산세제섬유소	21.1 ±6.0	15.7 ±1.5	78.3 ±0.8	13.7 ±2.9	36.3 ±4.1
헤미셀룰로오스	37.8 ±4.1	25.0 ±2.0	9.9 ±1.5	10.9 ±3.2	18.5 ±6.7
조회분	6.7 ±0.1	8.7 ±0.6	9.1 ±0.1	8.6 ±4.5	16.8 ±3.8
칼슘(Ca)	0.18±0.01	0.15±0.01	0.03±0.01	0.26±0.01	2.25±0.71
인(P)	0.66±0.01	0.38±0.01	0.01±0.01	0.44±0.02	1.46±0.30

1) 평균±표준편차.

들을 골고루 함유하고 있으며, 양돈용 배합사료 성분과 유사한 화학적 특성을 보였는데, 최근에 광우병 관계로 반추가축 사료로서의 이용은 금지되어 있고, 비반추동물(돼지, 양계, 오리 등) 사료로서의 이용은 여전히 행해지고 있다. 육계농장에서 배출되

는 육계분은 깔개(주로 왕겨), 생분뇨, 흩어진 사료, 깃털 등으로 구성되며, 일부의 퇴적 발효한 육계분은 고단백질, 고풍물질 조사료 원으로서 반추동물용 TMR 사료에 혼합 이용되거나, 한우용 벵짚 대용으로서 쓰여지고 있다.

## 단백질원 부산물의 amino acids 성분 및 pepsin 소화율

단백질원 부산물 사료들의 아미노산 성분과 펩신 소화율은 표 3에 제시되어져 있다. 대두박과 비교해서 혈액은 건물기준으로 glutamic acid와 isoleucine 함량만이 낮았고, 우모분은 glutamic acid와 lysine 함량만이 낮았으나, 다른 아미노산들은 모두 높은 수준을 보였다. 혈액과 맥아근은 제한 아미노산인 lysine의 공급원으로서의 우수한 가치를 보였다. 맥아근, 비지, 유가공슬러지, 남은 음식물들은 대두박보다 낮은 아미노산 함량을 나타내었다. 비지와 남은 음식물의 단백질 대비 아미노산 성분비는 유사물질인 대두박의 것과 비슷한 편이었고, lysine 성분비만이 특히 낮았다. 비지 건물당 단백질 함량과 개개 아미노산 함량들은 박과 송(1996)의 보고치보다 훨씬 높았다. 이는 비지 생산 공정상의 차이(즉 배출처 차이)에 따라 성분이 크게 달라질 수 있음을 의미하였다. 이들 부산물들의 아미노산에 대한 정보는 축종별 아미노산 요구량을 고려하는, 이들 부산물들이 포함되는 사료의 최적 배합비 설계 시 도움이 될 것이다.

단백질원 부산물 사료들의 펩신 소화율(위장에서의 예측 소화율)은 최고 99.3%에서 최저 66.3%의 범위를 보였다. 종류별로 살펴보면 펩신 소화율은 혈액, 비지, 남은 음식물(식당원), 우모분, 맥아근, 유가공슬러지의 순으로 높았다. 남은 음식물의 펩신 소화율은 인공 건조한 것(82.5% 펩신 소화율: Myer 등, 1999) 보다 높았는데, 이는 건조 공정에 고온에 의해서 단백질 소화율의 저하 현상이 발생됨을 의미한다. 유가공슬러지 단백질의 낮은 펩신 소화율은 단위동물 체내에서의 낮은 이용 가능

성을 예측하게 한다.

## 부산물들의 In vitro 건물소화율

과일 및 음식물가공부산물들의 in vitro 건물소화율에 있어서 고 소화율 group(76 - 72%)에는 제과제빵부산물(75.6%), 사과박(73.7%), 대두피(67.4%) 등이 속하였고, 중 소화율 group(59 - 42%)에는 배박(58.7%), 감쪽질(55.4%), 비지(43.3%), 포도박(41.8%) 등이 속하였으며, 느타리버섯잔사는 가장 낮은 건물 소화율(17.7%)을 보였다. 일본에서의 보고(Abe, 2001)에 의하면 사과박, 대두피, 포도박의 TDN가의 등급은 본 실험에서의 이들 부산물 사료들의 in vitro 건물소화율의 등급과 동일하였다.

동물가공부산물과 기타 산업부산물들의 in vitro 건물소화율에 있어서, 식당원 남은 음식물은 가장 높은 건물소화율(80.1%)을 보였고, 중간 수준의 group(54 - 32%)에는 맥아피(54.2%), 맥아근(53.5%), 반추위내용물(34.1%), 가금부산물(32.6%), 육계분(31.5%) 등의 순으로 속하였으며, 저 소화율 group(20 - 12%)에는 폐지(20.3%), 유가공슬러지(13.3%), 우모분(13.0%), 혈액(11.8%) 등의 순으로 속하였다. 특히 우모분과 혈액의 낮은 소화율은 반추위 미분해단백질의 높은 함량(NRC, 1988)에 기인할 수 있으며 실제 축종별 효과와는 거리가 있음에 유의할 필요가 있다. 이러한 정보들은 부산물 사료들의 실제 급여 시의 효과를 예상하는데 도움이 될 것이며, 저소화율 사료 group에 속하는 버섯잔사, 폐지, 유가공슬러지, 우모분, 혈액 등의 단일 원료만으로는 영양적으로 균형된 diet를 제공할 수 없을 것임을 의미하고 있다.

# 최신 연구동향

## In vitro 건물소화율과 화학 성분간의 상관관계

사료의 in vitro 소화율은 실제 급여 시의 in vivo 소화율과 높은 상관관계가 있는 것으로 알려져 있다(Van Soest 등, 1978; Gasa 등, 1989). 본 실험에서는 부산물 사료들의 화학적 성분으로부터 사료 소화율을 예측할 목적으로 in vitro 건물소화율과 화학 성분간의 상관관계를 분석한바, 과일 및 음식물가공부산물의 in vitro 건물소화율은 화학 성분상

유기물(=1-조회분), 조회분과 가장 높은 상관 계수(각각  $r = 0.76$ ,  $r = -0.76$ )를 보였고, 비섬유성탄수화물(=유기물-조지방-조단백질-중성세제섬유소)과는 다음으로 높은 정의 상관 계수( $r = 0.61$ )를 보였고, 유기물과는 매우 낮은 상관관계를 보였다. 동물가공부산물과 기타 산업부산물들의 in vitro 건물소화율은 비섬유성탄수화물과 가장 높은 정의 상관 관계( $r = 0.60$ )를 보였다. 전체적으로도

항목	혈액	우모분	맥아근	비지	유기공 슬러지	남은 음식물	대두박 <sup>2)</sup>	SE
필수아미노산 <sup>3)</sup>	41.80 <sup>a</sup>	25.55 <sup>b</sup>	8.22 <sup>d</sup>	11.40 <sup>cd</sup>	8.65 <sup>d</sup>	9.89 <sup>cd</sup>	17.39 <sup>c</sup>	1.97
Lysine	6.23 <sup>a</sup> (7.7)	1.81 <sup>b</sup> (2.9)	1.21 <sup>b</sup> (6.0)	0.93 <sup>b</sup> (3.6)	1.01 <sup>b</sup> (5.1)	1.09 <sup>b</sup> (4.6)	2.48 <sup>b</sup> (6.1)	0.42
Threonine	3.63 <sup>a</sup> (4.5)	3.16 <sup>a</sup> (5.1)	0.95 <sup>b</sup> (4.7)	1.22 <sup>b</sup> (4.7)	1.12 <sup>b</sup> (5.7)	1.07 <sup>b</sup> (4.5)	1.55 <sup>b</sup> (3.8)	0.26
Isoleucine	0.60 <sup>a</sup> (0.7)	2.86 <sup>b</sup> (4.6)	0.79 <sup>a</sup> (3.9)	1.14 <sup>ab</sup> (4.4)	0.90 <sup>a</sup> (4.6)	1.03 <sup>a</sup> (4.3)	1.96 <sup>ab</sup> (4.8)	0.23
Valine	6.37 <sup>a</sup> (7.8)	3.96 <sup>b</sup> (6.4)	1.14 <sup>a</sup> (5.6)	1.29 <sup>b</sup> (5.0)	1.27 <sup>c</sup> (6.4)	1.21 <sup>c</sup> (5.1)	1.88 <sup>c</sup> (4.6)	0.22
Leucine	9.55 <sup>a</sup> (11.8)	5.33 <sup>b</sup> (8.6)	1.48 <sup>a</sup> (7.3)	2.28 <sup>cd</sup> (8.9)	1.50 <sup>d</sup> (7.6)	2.01 <sup>cd</sup> (8.5)	3.41 <sup>c</sup> (8.3)	0.36
Histidine	5.46 <sup>a</sup> (6.7)	0.99 <sup>b</sup> (1.6)	0.62 <sup>b</sup> (3.1)	0.94 <sup>b</sup> (3.7)	0.86 <sup>b</sup> (4.4)	0.92 <sup>b</sup> (3.9)	0.99 <sup>b</sup> (2.4)	0.19
Phenylalanine	6.32 <sup>a</sup> (7.8)	3.14 <sup>b</sup> (5.1)	0.91 <sup>a</sup> (4.5)	1.43 <sup>cd</sup> (5.6)	1.21 <sup>d</sup> (6.1)	1.13 <sup>d</sup> (4.8)	2.17 <sup>c</sup> (5.3)	0.24
Arginine	3.66 <sup>ab</sup> (4.5)	4.32 <sup>a</sup> (7.0)	1.13 <sup>a</sup> (5.6)	1.69 <sup>a</sup> (6.6)	0.81 <sup>c</sup> (4.1)	1.43 <sup>c</sup> (6.0)	2.95 <sup>b</sup> (7.2)	0.28
비필수아미노산 <sup>3)</sup>	39.32 <sup>a</sup>	36.24 <sup>a</sup>	12.01 <sup>c</sup>	14.79 <sup>c</sup>	11.02 <sup>c</sup>	13.79 <sup>c</sup>	23.55 <sup>b</sup>	2.03
Aspartic acid	9.66 <sup>a</sup> (11.9)	5.16 <sup>b</sup> (8.3)	4.26 <sup>bcd</sup> (21.0)	3.37 <sup>abd</sup> (13.1)	2.43 <sup>a</sup> (12.3)	2.76 <sup>ab</sup> (11.7)	5.06 <sup>bc</sup> (12.4)	0.43
Serine	4.49 <sup>a</sup> (5.5)	6.11 <sup>b</sup> (9.9)	1.00 <sup>d</sup> (4.9)	1.52 <sup>cd</sup> (5.9)	1.02 <sup>d</sup> (5.2)	1.23 <sup>cd</sup> (5.2)	2.12 <sup>c</sup> (5.2)	0.27
Glutamic acid	8.33 <sup>a</sup> (10.3)	8.18 <sup>a</sup> (13.2)	2.85 <sup>b</sup> (14.1)	4.91 <sup>b</sup> (19.1)	3.17 <sup>b</sup> (16.1)	4.50 <sup>b</sup> (19.0)	8.74 <sup>a</sup> (21.3)	0.72
Proline	3.42 <sup>a</sup> (4.2)	6.55 <sup>b</sup> (10.6)	1.05 <sup>d</sup> (5.2)	1.47 <sup>a</sup> (5.7)	0.83 <sup>d</sup> (4.2)	1.26 <sup>d</sup> (5.3)	2.55 <sup>c</sup> (6.2)	0.22
Glycine	4.25 <sup>a</sup> (5.2)	5.05 <sup>a</sup> (8.2)	1.05 <sup>b</sup> (5.2)	1.27 <sup>b</sup> (4.9)	1.24 <sup>b</sup> (6.3)	1.72 <sup>b</sup> (7.3)	1.84 <sup>b</sup> (4.4)	0.21
Alanine	6.81 <sup>a</sup> (8.4)	3.18 <sup>b</sup> (5.1)	1.25 <sup>c</sup> (6.2)	1.31 <sup>c</sup> (5.1)	1.68 <sup>cd</sup> (8.5)	1.54 <sup>c</sup> (6.5)	1.83 <sup>c</sup> (4.5)	0.25
Tyrosine	2.38 <sup>a</sup> (2.9)	2.02 <sup>ab</sup> (3.3)	0.56 <sup>d</sup> (2.8)	0.94 <sup>cd</sup> (3.7)	0.68 <sup>cd</sup> (3.4)	0.78 <sup>cd</sup> (3.3)	1.41 <sup>bc</sup> (3.4)	0.20
총 아미노산	81.2 <sup>a</sup> (100)	61.8 <sup>b</sup> (100)	20.3 <sup>d</sup> (100)	25.7 <sup>cd</sup> (100)	19.7 <sup>d</sup> (100)	23.7 <sup>d</sup> (100)	40.9 <sup>c</sup> (100)	4.0
조단백질	94.7 <sup>a</sup>	71.9 <sup>b</sup>	32.0 <sup>d</sup>	30.5 <sup>d</sup>	28.0 <sup>d</sup>	20.9 <sup>d</sup>	44.0 <sup>c</sup>	1.8
펄스소화율	99.3 <sup>a</sup>	78.5 <sup>bc</sup>	76.0 <sup>bc</sup>	88.7 <sup>ab</sup>	66.3 <sup>c</sup>	87.2 <sup>ab</sup>	-	5.7

1) 반복수=2.

2) 한국표준사료성분표(2002).

3) 괄호 내의 수치는 총 아미노산 100g 당 해당 아미노산의 수준.

<sup>abcd</sup> 같은 줄 내의 다른 어깨문자의 평균들끼리는 통계적으로 서로 다름(P<0.05).

모든 부산물들의 in vitro 건물소화율은 비섬유성탄수화물과 가장 높은 정의 상관 관계( $r = 0.68$ )를 보였다. 상대적으로 산세제섬유소는 조사료의 소화율 예측 시 중요한 지표로 이용되어 왔으나(Van Soest 등, 1978), 부산물 사료들의 경우에는 바람직한 지표가 되지 못할 수도 있었다. 그러므로 본 연구 결과는 부산물 사료들의 동물체내에서의 소화율을 예상하고자 할 때 과일 및 음식물가공부산물은 유기물이, 동물성 및 기타 산업부산물은 비섬유성탄수화물이 중요한 지표로서 활용될 수 있음을 시사한다.

#### 일반 사료 성분표와의 화학 분석치 차이 비교

본 실험에서 밝혀진 분석치와 사료 성분표(KSFC, 1988; NRC, 1989)에 제시된 수치와 비교한 결과는 다음과 같았다. 과일가공부산물(사과박, 포도박)의 경우 실제 분석치 보다 성분표 값들이 모두 일률적으로 높았다. 특히 포도박은 상당한 수치상의 차이를 보였다. 성분표 값은 제과제빵부산물의 조단백질이 약 21%, 비지의 조지방은 약 31% 정도의 높은 수치를 보였는 것을 제외하고는 실제 분석치와 전반적으로 일치하는 편이었다. 대두피는 수치상의 차이가 심한 편이었다.

동물성 단백질사료의 경우 혈액은 차이가 크지 않았으나, 우모분과 가금부산물은 상당한 수치상의 차이를 보였다. 맥아근은 조지방과 Ca의 함량이 큰 차이를 보였고 다른 수치는 일치하는 편이었다. 실제 분석치와 성분표 수치와의 많은 차이는 부산물 사료 원료 자체의 차이 또는 가공처리방법 상의 차이에 기인하는 것으로 사료되었다.

결과적으로 부산물 사료의 정확한 성분 분석은

과학적 사양을 위한 필수적인 작업이며, 전체 사료 내에 부산물 사료가 차지하는 비율이 높을수록 성분 분석의 중요성은 더욱 크질 것이다.

## 4. 의미

본 연구에서 조사된 거의 모든 부산물들은 가축 사료로서의 유용한 영양적 가치가 있는 것으로 나타났다. 현재 이미 사료로 이용하고 있는 부산물은 사과박, 제과제빵부산물, 비지, 대두피, 혈액, 반추위내용물, 우모분, 가금부산물, 맥아근, 맥아피, 남은 음식물, 육계분, 버섯재배잔사 등이며, 현재 이용되지는 않으나 잠재적 이용 가치가 있는 부산물로는 배박, 포도박, 감껍질, 도축장슬러지, 유가공슬러지, 사무실 폐지 등이 있다. 계절성이 심하거나, 함수율이 높은 부산물은 수송 및 저장 편의를 위해 효과적인 가공처리방법이 개발되어야 할 것이다. 향후 값싼 부산물의 효율적인 사료 이용을 위해서 과학적인 동물사양 실험이 필요하며, 특히 가공처리한 과일가공부산물과 활성슬러지에 대한 농약을 포함하는 종합적 사료 위생성 실험이 요구된다.

동물은 사료를 먹는 것이 아니라 영양소를 먹는 것이다. 이 말은 먹이는 사료가 중요한 것이 아니라 먹이는 영양소가 중요하다는 의미이다. 부산물 사료 또는 폐기물 사료에 대한 인식을 새롭게 하여 덜 이용되고 있는 저렴한 부존사료자원을 효율적으로 활용함으로써 환경친화적인 축산을 실현함과 동시에 우리 축산의 국제 경쟁력을 도모할 수 있을 것이며, 사료 자원이 절대적으로 부족한 우리나라에서는 다른 대안이 있을 수 없다. ㉟