

가을철 배출원별 남은 음식물의 사료 영양적 특성 및 돼지 영양소 요구량과의 비교 평가

곽완섭 강준석* 정재덕**

건국대학교 자연과학대학 생명자원환경과학부 축산학전공

Evaluation of Nutritional Characteristics of Different Sources of Food Residues in Autumn and Comparisons with NRC Nutrient Requirements for Swine

Kwak, W. S, Kang, J. S.* and Chung, J D **

Animal Science, School of Life Resource and Environmental Sciences, College of Natural
Sciences, Konkuk University, Danwol-dong 322, Chung-Ju, Chung-Buk, Korea 380-701

Summary

This study was conducted to determine nutritional values of different sources of food residues(FR) released in autumn and to compare them with nutrient requirements on NRC standard feeding system of swine. Hospital or cafeteria FR contained more cooked rice and side dishes residues and less vegetable residues and fruit peel, resulting in higher energy and lower fiber contents, compared to apartment complex FR, which had opposite patterns to these results. Chemical composition between hospital and cafeteria FR was almost similar. Salt(NaCl) content was more than 9 folds of NRC swine requirement, but much lower than the maximum tolerant level. Essential and non-essential amino acids profile was similar among FR sources. Hospital or cafeteria FR protein had a similar pepsin digestibility to soybean meal protein. Apartment complex FR protein, however, had a much lower pepsin digestibility. When NRC nutrient requirements are considered, FR in swine diets could satisfy requirements of protein and all the essential amino acids, 75~111% of digestible or metabolizable energy, and most of the major and minor minerals. All the FR contained extremely low levels of toxic heavy metals, indicating that they are completely safe from these toxic substances. It was concluded that hospital or cafeteria FR could be a nutritionally excellent and balanced feed source for swine.

(Key words : Food residue, Food waste, Swine, Feed, Nutrient)

1999년 환경부 G-7 연구비 지원으로 수행되었음.

* 주식회사 대호(Daeho Co, Ltd, 812-II, Bangbae-Dong, Seocho-Ku, Seoul, Korea)

** 디플러스금속공업(주)(DEPLUS METAL Co., 13-450, Sungsu 1 Dong, Sungdong-Gu, Seoul, Korea)

서 론

2001년 3월 기준으로 음식물쓰레기의 재활용율은 54.5%(일일 6,000 여톤)에 이르며, 재활용량의 60% 이상은 가축 사료화로 재 이용되고 있고, 환경부는 2002년의 음식물쓰레기 자원화 목표를 63%로 설정하고, 이중 80%를 사료화, 나머지 20%를 퇴비화와 연료화로 목표 달성을 꾀하고 있다(환경부, 2000). 재활용 방법 중에서 사료화 방법의 중요도가 한층 강조되고 있다.

남은 음식물의 사료화는 벌써 오래 전부터 현장 양돈가들에 의해서 행해져 오던 방법이었으나, 최근에 대량으로 배출되는 남은 음식물의 처리 문제가 환경적으로 심각한 사회 문제로 대두되자 이의 효과적인 재활용 방법, 특히 사료화 방법에 대한 과학적 연구 필요성이 다시금 높아지게 되었다.

남은 음식물 사료 제조에 관한 기계, 기기 설비 등에 대한 하드웨어적 개발은 주로 관련 환경업체와 환경 또는 기계 공학자들에 의해 상당히 진행되어져 왔으며, 이에 발맞추어 제조된 사료의 효과적인 급여 체계 등의 소프트웨어 측면의 개발은 남은 음식물 사료화 기술의 성공적인 현장 적용과 폭넓은 보급을 위해서 필수적으로 요구되어지고 있다.

남은 음식물은 사료로 이용하기 전에 질병 예방을 위해서 반드시 열처리되어야 한다. 우리 나라에서는 사료관리법 제13조의 규정에 의한 유해사료의 범위와 기준(농림부 고시 제 2001-61호, 2001.10.5) 및 동법 시행규칙 제6조(제조업의시설기준)에 단미사료 제조업의 시설기준에 남은 음식물 사료를 동물 등의 사료 또는 사료원료로 사용하는 경우에는 100℃에서 30분 이상 가열·처리하여야 하며, 즉시 냉각하여 공기가 잘 통하도록 처리·관리하여야 하며, 돼지 사료 또는 이 사료원료로 사용할 경우에는 80℃(심부온도 기

준)에서 30분 이상 가열·처리하도록 규정하고 있다. 미국은 Swine Health Protection Act 에서 양돈 사료화 시 100℃에서 30분 이상 가열하도록 규정하고 있다(U.S. Congress, 1980). 이러한 열처리는 고온에서 발생하는 영양소의 Maillard 반응(Van Soest, 1987)을 유발하여 남은 음식물의 화학적 조성에 영향을 미칠 수 있다.

최근에 국내외적으로 남은 음식물의 화학적 특성에 대한 기초 연구들(정 등, 1999; 이 등, 1998; 배, 2001; 임 등, 2001; 김 등, 2001; Westendorf, 2000; Walker, 2000)이 활발히 행하여져 왔다. 그러나 배출원별 남은 음식물의 영양적 가치 비교와 돼지의 영양소 요구량 대비 비교 분석에 관한 국내 자료는 여전히 미흡한 편이다.

따라서 본 연구는 가을철에 생산되는 건조한 남은 음식물의 사료 영양적 특성을 배출원별로 구명하고, 남은 음식물의 영양소 함량과 돼지 사양 표준상의 영양소 요구량과의 비교 분석을 통하여 배출원별 건조된 남은 음식물의 양돈 사료 원료로서의 가치를 평가하고자 실시하였다.

재료 및 방법

1 시료 채취

배출원에 따른 남은 음식물의 영양적 가치를 조사하기 위하여 아파트, 병원, 대학 식당에서 시료를 채취하였다.

아파트에서 배출되는 남은 음식물은 가을철(1999년 9월 중순)에 24~48평형 아파트 단지(충주시 소재 럭키아파트와 유원아파트) 내의 6개의 음식물쓰레기 분리 수거 용기(150 kg) 중 1개를 무작위로 선정하여 6일 동안 매일 1회씩 총 6개의 시료를 2 kg씩 채취하였다.

병원에서 배출되는 남은 음식물은 같은 시

기에 건국대학교 충주 병원에서 점심 식사 후의 남은 음식물 총 200 kg에서 매일 1회씩 6일 동안 총 6개의 시료를 2 kg씩 채취하였다.

구내 식당에서 배출되는 남은 음식물은 같은 시기에 건국대학교 충주캠퍼스 교직원식당과 학생식당에서 점심 식사 후 배출되는 남은 음식물 총 300 kg에서 각각 일일 1회씩 3일 동안 총 6개의 시료를 2 kg씩 채취하였다.

병원과 대학 식당의 경우, 점심 식단을 먼저 기록하였다. 전체 시료 채취 전에 먼저 외관, 원료 성분 및 이물질 등을 관찰 기록하였으며, 채취 시에는 수거 용기 내에서 철저히 혼합한 후 아이스박스에 담긴 두 겹의 비닐 bag에 넣고 밀봉한 다음 신속히 실험실로 운반하여 화학적 성분을 분석하기 위하여 분석 전까지 -20°C 냉동실에서 저장, 보관하였다.

2. 화학 분석

분석 시에 해동하여 105°C 에서 24시간 동안 건조된 시료는 Sample Mill(Cemotec, Tecator, Sweden)을 이용하여 1 mm 스크린을 통과하는 크기로 분쇄하여 분석에 이용되었다. 건물, 조단백질(N \times 6.25), 조지방, 조섬유소, 조회분, lignin, Ca, pepsin 소화율 등은 AOAC(1990)의 방법에 따라, ash free neutral detergent fiber(NDF), acid detergent fiber(ADF)는 Van Soest 등(1991)의 방법에 따라, phosphorus(P)는 Fiske와 Subbarow(1925)의 방법에 따라 분석하였다. Hemicellulose는 NDF에서 ADF를 뺀 값으로, cellulose는 ADF에서 lignin을 뺀 값으로 구하였다. 가용무질소화합물(nitrogen-free extract)은 유기물에서 조단백질, 조섬유소, 조지방을 뺀 값으로, 비섬유성 탄수화물(nonfibrous carbohydrate)은 유기물에서 조단백질, NDF, 조지방을 뺀 값으로 구하

였다. 가소화에너지는 Noblet과 Perez(1993)의 공식에 따라, 대사성에너지는 May와 Bell(1971)의 공식에 따라 계산하였다. Mg, K, Na, Cl, Cu, Fe, Zn, Mn, Pb, Cd, As 등은 각 광물질의 원자흡광 분석용 표준용액(Junsei Chemical Co., Ltd; 20°C 에서 factor 1.0, 각각 1 ml 또는 1 mg)을 2차 증류수로 희석한 후 atomic absorption spectrophotometer(Varion Techtron Model SpectraAA-300, Australia) 상에서 분석하였다. Hg는 0.001% L-cystein 용액을 표준용액으로 이용하여 mercury analyzer(Rigaku Mercury Analyzer SP3, Japan) 상에서 분석하였다. 필수 및 비필수 아미노산은 6N HCl 용액에서 가수분해한 시료를 amino acid analyzer (Pharmacia Biotech, England) 상에서 분석하였다.

남은 음식물 시료의 *in vitro* 건물, 유기물 소화율을 측정하기 위해서 Tilley and Terry(1963)의 two stage *in vitro* technique을 이용하였으며, 배양시간은 0, 3, 6, 12, 24, 48시간이었다. 배양시간별로 6반복의 시료들은 65°C dry oven에서 48시간 동안 건조시킨 후 무게를 측정하였다. 분석된 영양소들은 체중 50~80 kg 비육돈의 영양소요구량(NRC, 1998)과 비교·분석되었다.

3. 통계 분석

통계 분석을 위하여 General Linear Model procedure를 이용하였고, 화학적 성분 및 소화율 평균들의 배출원간의 비교 분석은 Tukey's multiple range test를 이용하여 실시되었다(Statistix7, 2000).

결과 및 고찰

1. 남은 음식물의 구성 성분 및 이물질 조성

Table 1에 제시된 바와 같이 계절적으로

Table 1. Ingredient composition of different sources of food residues

시료번호	아파트원 남은 음식물 성분		이물질
1	과일껍질(포도, 복숭아, 수박, 바나나 등), 국수, 김치, 밥, 각종 야채, 생선뼈		없음
2	과일껍질(포도, 복숭아 등), 생야채 밥, 생선뼈		비닐, 휴지
3	신김치, 과일껍질, 생야채, 생선, 밥 오징어 내장		비닐, 티백
4	과일껍질, 김치, 생야채, 생선뼈		휴지
5	과일껍질, 생야채, 국수.		병뚜껑, 비닐
6	과일껍질, 야채, 김치, 밥, 생선뼈		없음
시료번호	병원 식단	남은 음식물 성분	이물질
1	밥, 가자미구이, 깻잎고기전, 오이무침.	밥, 생선, 오이, 깻잎전, 김치, 생선뼈	없음
2	밥, 버섯된장찌개, 멸치볶음, 양상치샐러드, 우등심양념구이	밥, 고기, 두부, 김치,	없음
3	밥, 콩나물국, 계란말이, 감자어묵조림, 채무침	밥, 콩나물, 김치, 오뎅, 계란, 복숭아	없음
4	만두김치국	국수, 김치, 떡, 고기, 햄	없음
5	꽃게탕, 가자미레몬조림, 가지나물무침, 불고기	밥, 생선살, 고기, 무우, 가지, 김치, 깨겍질, 생선뼈	없음
6	콩나물국, 갈비, 해물냉채, 야상치샐러드	밥, 고기, 오징어, 오이, 당근, 콩나물	없음
시료번호	식당 식단	남은 음식물 성분	이물질
1	밥, 닭볶음, 김치	밥, 콩나물, 나물, 김치 닭고기	휴지,
2	밥, 설렁탕, 석박지, 깻잎, 오징어무침, 파전.	밥, 국수, 김치반찬, 고기	없음
3	밥, 된장찌개, 생선조림, 김치	밥, 두부, 무, 생선, 기타 생선뼈	없음
4	생야채비빔밥, 함박스테이크, 콩나물국, 샐러드, 김치, 겉절이	밥, 고기, 김치, 콩나물, 나물	없음
5	돈까스, 볶음밥, 밥, 된장찌개, 오이무침, 햄볶음, 김치	밥, 김치, 오이무침, 고기	없음
6	밥, 잡채덮밥, 김치, 햄볶음	밥, 김치, 잡채	없음

가을에 아파트에서 배출된 남은 음식물은 야채 잔재물과 과일 껍질이 주를 이루었고, 그 밖에 약간의 남은 밥, 김치 및 생선 잔재물로 이루어져 있었다. 이물질로는 비닐조각, 병 뚜껑, 휴지 등이 관찰되어 아직까지도 아파트 단지 내의 음식물쓰레기 분리 수거가 완전하지 못함을 알 수 있었다.

병원에서 배출된 남은 음식물은 주로 밥 또는 국수와 반찬(김치, 생선, 고기, 계란, 햄, 오이, 무우, 가지, 당근, 깻잎전, 두부, 오뎅, 콩나물 등) 잔재물로 이루어져 있었고, 후식으로 드는 과일(복숭아, 사과 등) 잔재물이 드물지만 관찰되었다. 남은 음식물의 구성 성분은 주로 그날의 식단에 의해 영향을 받았다. 이물질은 보이지 않았다.

식당에서 배출된 남은 음식물은 밥 또는 국수와 반찬(생선, 고기, 김치, 콩나물, 두부,

무, 오이무침, 나물류, 잡채 등) 잔재물들로 이루어져 있었고, 병원의 남은 음식물과 같이 구성 성분은 그날의 식단에 따라 큰 차이가 있었다. 이물질은 없었다.

결과적으로 아파트 배출원 남은 음식물은 병원과 식당 배출원과 비교해서 야채 잔재물과 과일 껍질과 같은 섬유소성 물질이 많았고, 밥과 국수 등과 같은 에너지성 물질들이 적었다. 이들 원료 구성비는 원료의 화학적 성분 차이의 주 요인이 되었다.

2. 남은 음식물의 일반적 화학 특성

가을철에 배출원별 남은 음식물의 화학적 성분을 분석한 결과 (Table 2), 건물 (dry matter) 함량은 18~20% 수준으로 배출원별 차이가 없었고, 또한 유기물 (organic matter)

Table 2 Chemical composition of different sources of food residues (dry matter basis) ¹⁾

Item	Sources of food residues			SE	NRC ²⁾ requirement
	Apartment	Hospital	Cafeteria		
Dry matter (%)	19.0	20.2	18.1	1.4	
Organic matter (%)	89.2	92.4	91.4	1.9	
Crude protein (%)	21.7	27.7	25.9	4.1	17.2
Ether extract (%)	8.9 ^a	16.6 ^b	10.9 ^a	1.9	
Crude fiber (%)	13.4 ^a	4.8 ^b	4.9 ^b	1.5	
Neutral detergent fiber (%)	36.2	32.7	24.6	6.2	
Acid detergent fiber (%)	27.5 ^a	14.6 ^b	13.7 ^b	3.1	
Hemicellulose (%)	8.7 ^a	18.1 ^b	10.9 ^a	3.6	
Cellulose (%)	3.5	4.9	7.3	2.8	
Lignin (%)	23.9 ^a	9.7 ^b	7.5 ^b	3.2	
Nitrogen-free extract (%)	45.2	43.3	49.7	6.1	
Nonfibrous carbohydrate (%)	22.4	15.4	30.0	11.8	
Crude ash (%)	10.8	7.6	8.6	1.7	
Digestible energy ³⁾ (kcal/kg)	2818 ^a	4179 ^b	3679 ^b	232	3778
Metabolizable energy ⁴⁾ (kcal/kg)	2735 ^a	4010 ^b	3576 ^b	225	3628

¹⁾ Means of 6 observations.

²⁾ NRC(1998) requirement for finishing pigs (BW 50~80 kg)

³⁾ Calculated by the equation of Noblet and Perez(1993).

⁴⁾ Calculated by the equation of May and Bell(1971).

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

함량은 89~93%, 조회분(crude ash) 함량은 약 8~11% 수준으로 배출원별 차이가 없었다. 조단백질(crude protein) 함량은 21~28% 수준으로 병원의 남은 음식물에 있어서 가장 높았으나, 유의성이 나타나지 않을 정도로 변이도가 높았다. 조지방(ether extract) 함량은 병원의 남은 음식물에 있어서 17% 정도로 가장 높았고($P<0.05$), 식당과 아파트의 남은 음식물간에는 차이가 없었다. 조섬유소(crude fiber) 함량은 약 5~13%, acid detergent fiber 함량은 14~28%, hemicellulose 함량은 약 9~18%, cellulose 함량은 약 4~7%, lignin 함량은 약 8~24% 정도의 범위를 보였다. 전반적으로 섬유소 성분과 lignin은 야채 잔재물과 과일 껍질로 주로 구성되어 있는 아파트 배출원 남은 음식물에서 가장 높았다($P<0.05$). 가용무질소화합물(nitrogen-free extract) 함량은 43~50%의 범위를 보였고, 비섬유성 탄수화물 함량은 15~30%의 수준이었으며 배출원별 유의성이 나타나지 않을 정도로 변이도로 높았다. 가소화에너지 함량은 2,818~4,179 kcal/kg, 대사성에너지 함량은 2,735~4,010 kcal/kg의 수준으로서 아파트 배출원이 가장 낮은 수치를 보였다($P<0.05$). 아파트 배출원 남은 음식물의 화학적 성분은 Chae 등(2000)이 보고한 수치와 비교해서 조단백질, 조지방, 조회분, 가용무질소화합물 함량들은 비슷하였고, 조섬유소 함량만이 높았다.

결론적으로 아파트 배출원 남은 음식물은 구성 성분에 있어서 상대적으로 과일 껍질과 야채 잔재물의 높은 성분으로 인하여 섬유소 성분이 높고, 에너지 함량이 낮았으며, 병원 배출원과 식당 배출원은 상대적으로 과일 껍질과 야채 잔재물이 적고, 밥과 반찬류가 많아서 섬유소 함량이 낮고, 에너지 함량이 높은 특성을 보였다. 병원 배출원과 식당 배출원을 비교해보면, 병원 배출원의 높은 조지방 함량을 제외하고는 화학 성분상의 차이는 거의 없었다. 병원 배출원의 높은 조지방 함

량은 아마도 원료 구성 성분에 있어서 지방 함량이 높은 생선과 고기의 성분비가 높았기 때문인 것으로 판단되었다.

비육돈(체중 50~80kg)의 영양소 요구량을 고려할 때, 남은 음식물은 배출원과 상관없이 비육돈의 사료 단백질 최소 요구량인 17.2%를 충분히 만족시킬 수 있었으며, 가소화 또는 대사성 에너지 수준에 있어서는 비육돈의 최소 에너지 요구량을 아파트 배출원은 75%, 병원 배출원은 111%, 식당 배출원은 99% 만족시키는 수준이었다.

미국에서의 최근 연구(Walker, 2000)에서 병원, 대학 식당, 고급 식당 및 호텔 등지에서 배출되는 남은 음식물은 이물질이 많은 가정의 남은 음식물과 비교해서 단백질, 지방 함량이 높고, 이물질이 적어서 훨씬 양질에 속하였으며, 상대적으로 가정의 남은 음식물의 낮은 사료영양적 가치는 높은 섬유소와 광물질 함량에 기인하였다는 보고는 본 연구 결과를 정당화 시켜 준다.

3 남은 음식물의 광물질 특성

아파트 배출원 남은 음식물은 유의적 차이는 없었지만 조회분 함량이 가장 높았고, 구체적으로 광물질 중에서도 Ca, Mg, Cu, Fe, Mn 함량들은 유의적으로 높았다($P<0.05$). 식당 배출원보다도 가정 배출원 남은 음식물의 높은 광물질 함량은 다른 실험(임 등, 2001)에서도 확인되었다. 광물질 함량이 상대적으로 낮은 병원과 식당 배출원 남은 음식물의 대량 광물질(Ca, P, Mg, K, NaCl)과 미량 광물질(Cu, Fe, Mn)들의 평균치는 대부분 비육돈 요구량(NRC, 1998)에 근접하거나, 상회하는 수준이었으며, Zn 함량만이 요구량의 반 이상 낮았다. 특히 Ca, P은 별도의 첨가제 급여가 불필요한 수준이었으며, 실제 양돈 현장에서도 사료내의 남은 음식물 성분비가 높아질수록 인산칼슘이나 석회석의 별도 첨

Table 3. Mineral composition of different sources of food residues (dry matter basis)¹⁾

Item	Sources of food residues			SE	NRC ²⁾ requirement
	Apartment	Hospital	Cafeteria		
Ca (%)	1.25 ^a	0.81 ^a	0.26 ^b	0.38	0.56
P (%)	0.60	0.75	0.44	0.14	0.50
Mg (%)	0.14 ^a	0.09 ^b	0.07 ^b	0.02	0.04
K (%)	1.01	0.68	0.56	0.21	0.21
NaCl (%)	2.99	2.93	4.18	0.53	0.32
Cu (ppm)	9.4 ^a	5.2 ^b	5.9 ^b	1.5	3.9
Fe (ppm)	328.2 ^a	56.5 ^b	90.7 ^b	83.4	55.6
Zn (ppm)	24.6	24.9	24.1	5.0	55.6
Mn (ppm)	33.5 ^a	14.6 ^b	14.3 ^b	5.1	2.2

¹⁾ Means of 6 observations.

²⁾ NRC(1998) requirement for finishing pigs (BW 50~80 kg).

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

가는 필요하지 않은 것으로 확인되었다(정 등, 1999; 남 등, 2000). 그러나 뼈에서 유래한 Ca, P의 돼지 체내에서의 극히 낮은 이용성은 고려되어야 할 사항이다(Barth 등, 1966). 본 실험에서의 NRC 요구량보다 높은 Cu, Fe, Mg 함량은 Barth 등(1966)의 연구 결과와도 일치한다.

식염(NaCl)의 함량은 비육돈의 NRC(1998) 요구량인 0.32%의 9배 이상의 높은 수준이었으나, 돼지의 한계 허용치인 8%(NRC, 1980) 보다는 훨씬 낮은 3~4% 수준이었고, 다른 실험(임 등, 2001)에서도 이와 유사한 수준이었다. 그러나 가금 내의 한계 허용치는 훨씬 낮은 2%(NRC, 1980) 이기 때문에 주의가 요망되며, 다른 사료와의 혼합을 통하여 희석해 줄 필요가 있었으며, 이는 이 등(1998)의 초생추 사료 제조 시에도 마찬가지로 지적된 바 있다. 일반적으로 남은 음식물 사료는 급여 전에 다른 사료와 혼합되어 급여되기 때문에 전체 사료의 식염 수준은 남은 음식물의 식염 함량의 1/2~1/4 수준으로 희석된다. 그리고 음수를 충분히 공급하면 중독 현상은 완화되나(NRC, 1980), 음수량 증가와 함께

배뇨량이 늘어나 결과적으로 돈사 바닥이 질척해져서 바닥 환경이 불량해지는 단점이 있기 때문에 가능하면 사료 내의 식염 함량을 최대한 줄일 필요는 여전히 상존한다.

4. 남은 음식물의 아미노산과 pepsin 소화를 특성

배출원별 남은 음식물의 아미노산 성분은 Table 4에 제시되어져 있다. 병원과 식당 배출원 남은 음식물과 비교해서 아파트 배출원 남은 음식물은 조단백질 함량, 총 아미노산 함량, 필수 및 비필수 아미노산 함량들이 모두 가장 낮았다. 필수 및 비필수 아미노산 성분비(조단백질 대비 아미노산 성분비)는 배출원과 상관없이 모두 비슷하였다. 단지 아파트 배출원 남은 음식물은 상대적으로 lysine과 arginine 성분은 낮았고, histidine 성분은 높은 편이었다. NRC(1998)의 비육돈 사료 내의 필수 아미노산 요구량과 비교해서 남은 음식물은 배출원과 상관없이 모두 높은 수준의 아미노산 함량을 보였으며, 아파트 배출원의 lysine 함량만이 NRC 요구량보다

Table 4 Amino acid composition of different sources of food residues (dry matter basis) ¹⁾

Item	Sources of food residues			SE	NRC ²⁾ requirement
	Apartment	Hospital	Cafeteria		
 %				
CP	21.7	27.7	25.9	4.1	17.2
Essential amino acids ³⁾					
Lysine	0.50(3.2)	1.13(4.7)	1.09(4.6)	0.21	0.83
Threonine	0.76(4.8)	1.15(4.8)	1.07(4.5)	0.18	0.57
Isoleucine	0.71(4.5)	1.07(4.5)	1.03(4.3)	0.15	0.47
Valine	0.84(5.3)	1.21(5.0)	1.21(5.1)	0.14	0.58
Leucine	1.38(8.8)	2.09(8.7)	2.01(8.5)	0.31	0.79
Histidine	0.69(4.4)	0.92(3.8)	0.92(3.9)	0.15	0.27
Phenylalanine	0.82(5.2)	1.23(5.1)	1.13(4.8)	0.17	0.49
Arginine	0.84(5.3)	1.51(6.3)	1.43(6.0)	0.21	0.30
Nonessential amino acids ³⁾					
Aspartic acid	1.87(11.9)	2.79(11.6)	2.76(11.7)	0.41	
Serine	0.86(5.5)	1.31(5.5)	1.23(5.2)	0.08	
Glutamic acid	3.14(19.9)	4.58(19.1)	4.50(19.0)	0.61	
Proline	0.85(5.4)	1.20(5.0)	1.26(5.3)	0.11	
Glycine	1.00(6.4)	1.51(6.3)	1.72(7.3)	0.16	
Alanine	0.97(6.2)	1.47(6.1)	1.54(6.5)	0.21	
Tyrosine	0.51(3.2)	0.82(3.4)	0.78(3.3)	0.11	
Total amino acids	15.74	23.99	23.68		

¹⁾ Means of 6 duplicate analyses.

²⁾ NRC(1998) requirement for finishing pigs (BW 50~80 kg).

³⁾ Values in parentheses are expressed as g/100 g of total amino acids.

낮은 수준이었다. 병원과 식당 배출원의 남은 음식물은 돼지 사료내의 가장 제한적 아미노산인 lysine의 훌륭한 보충제인 것으로 나타났다.

남은 음식물 단백질의 펩신 소화율을 대두박의 것과 비교하였을 때(Fig. 1), 병원과 식당 배출원 남은 음식물 단백질들의 펩신 소화율(각각 92.4, 89.1%)은 대두박 단백질의 펩신 소화율(89.2%)과 유의적 차이가 없었다. 이는 병원과 식당 배출원 남은 음식물 단백질들은 단위동물 체내에서 대두박 단백질에 상응하는 이용성을 보인다는 것을 의미한다. 그러나 아파트 배출원 남은 음식물 단백질은 병원과 식당 배출원 남은 음식물 단백질과

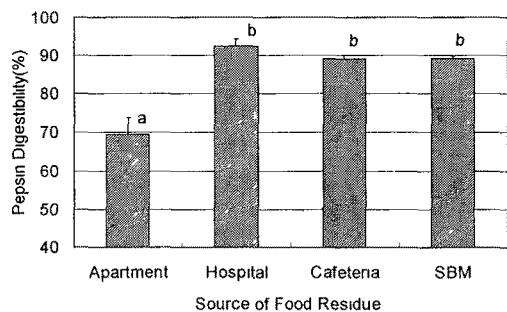


Fig 1. Pepsin digestibility in different sources of food residues and soybean meal (SBM) (DM basis). Means with different letters (a, b) differ(P<0.05).

대두박 단백질과 비교해서 훨씬 낮은(P<0.05) 펩신 소화율(69.4%)을 보였다. 본 연구의 결

과와는 반대로 미국의 연구자들은(Myer 등, 1999) 건조한 식당 배출원 남은 음식물 단백질의 펩신 소화율(80~86%)은 대두박 단백질의 펩신 소화율(92~93%) 보다 다소 낮았으며, 이는 남은 음식물의 건조시 고열처리에 따른 갈변반응(Maillard reaction)에 의해 비소화성 단백질 함량이 증가하였기 때문이라고 하였다. 참고로 본 실험에서의 대두박 단백질의 펩신 소화율은 장 등(1996)이 보고한 89.3%와 거의 일치하였다.

5. 남은 음식물의 *in vitro* 소화율

배출원별 건물 소실율은 Fig. 2에 나타나 있다. 식당에서 배출된 남은 음식물의 건물 소화율은 69.5%로써, 병원의 56.8%와 아파트의 54.4%에 비해 유의적으로 높았다($P<0.05$). 배양 후 3시간 때의 소실율은 식당 배출원이 74.6%로 아파트 배출원의 61.7%에 비해 유의적으로 높았으며($P<0.05$), 6~12시간까지는 식당 배출원이 77.1~84.2%의 소실율을 보여 아파트 배출원의 61.2~73.9%, 병원 배출원의 64.2~73.2%에 비해 높은 소실율을 보였다($P<0.05$). 배양 24시간 경과 시의 소실율에는 배출원간의 유의적인 차이가 없었으며, 48시간에 있어서 식당 배출원의 소실율은 85.4%로 아파트 배출원의 74.9%, 병원 배출원의 75.3%에 비해 유의적으로 높은 소실율을 보였다($P<0.05$). 따라서 건물 소실율은 식당 배출원 남은 음식물이 아파트와 병원 배출원 남은 음식물들에 비해 높은 것으로 나타났다.

유기물 소실율의 경우(Fig. 2), 식당 배출원 남은 음식물의 배양 초기 소실율은 71.6%로 아파트 배출원의 53.5%와 병원 배출원의 59.7%에 비해 높았다($P<0.05$). 배양 후 3시간 때의 소실율은 식당 배출원이 76.0%로 아파트 배출원의 60.5%에 비해 높았으며($P<0.05$), 6~12시간까지는 식당 배출원이 76.8~85.1%

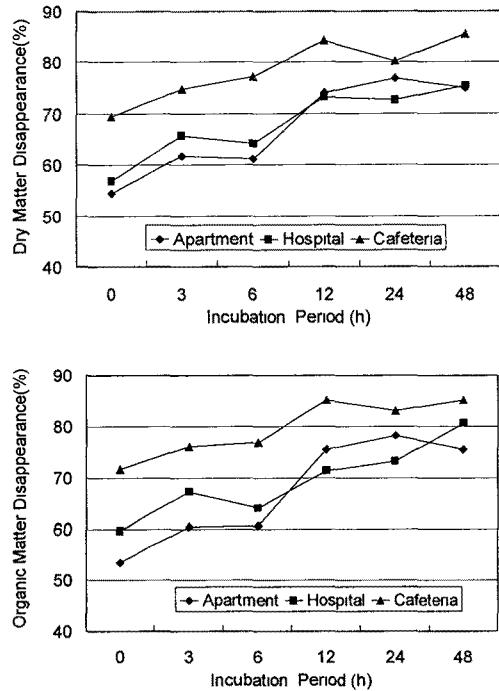


Fig 2. *In vitro* dry matter and organic matter disappearance of different sources of food residues

의 소실율을 보여 아파트 배출원의 60.7~75.4%, 병원 배출원의 64.0~71.3%에 비해 높은 소실율을 보였다($P<0.05$). 배양 24시간 경과 시의 소실율은 식당 배출원이 83.0%로 병원 배출원의 73.1%에 비해 높았으며($P<0.05$), 배양 48시간 경과 시의 소실율에는 배출원간의 차이는 없었다. 유기물 소실율에 있어서도 건물 소실율과 마찬가지로 식당 배출원 남은 음식물이 아파트와 병원 배출원 남은 음식물에 비해 높은 것으로 나타났다.

결과적으로 식당 배출원 남은 음식물의 높은 건물, 유기물 소실율은 화학 성분상의 낮은 섬유소(NDF) 함량과 높은 비섬유성 탄수화물(NFC) 함량에 기인하는 것으로 판단되었다. 그러나 배양기간이 24시간, 48시간으로 길어질수록 배출원간의 소실율의 차이가 줄어들어 든 난분해성 섬유소의 지속적인 발효에 기인하는 것으로 사료되었다. 이러한 결과는

Table 5. Contents of toxic heavy metals in different sources of food residues(dry matter basis) ¹⁾

Item	Sources of food residues			SE	Korean tolerant levels ²⁾	NRC tolerant levels ³⁾
	Apartment	Hospital	Cafeteria			
 ppm					
Pb	0.57	0.60	0.35	0.25	20	30
Cd	0.07	0.07	0.04	0.04	2.5	0.5
As	0.04	0.08	0.04	0.04	15	50
Hg	0	0	0	0	0.5	2

¹⁾ Means of 6 observations.

²⁾ Korean Feed Management Regulation(2000.10.20).

³⁾ Maximum tolerant levels for cattle, swine and poultry(NRC, 1980).

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

남은 음식물은 배출원과 상관없이 반추동물의 사료 자원으로 유용성이 양호할 것으로 예측되었고, 특히 식당 배출원 남은 음식물은 체내 이용성에 있어서 가장 우수할 것으로 예측되었다. 이러한 결과들은 반추동물에서 유래하는 축산물이 부재하는 남은 음식물을 반추동물 사료로 이용할 때 기초 자료로 이용될 수 있을 것이다.

6. 독성 중금속으로부터의 안전성

독성 중금속 분석 결과(Table 5), 남은 음식물의 납, 카드뮴, 비소, 수은 등의 함량은 배출원에 따른 차이는 없었다. 납 함량은 배출원에 걸쳐서 0.3~0.6 ppm, 카드뮴은 0.04~0.07 ppm, 비소는 0.04~0.08 ppm의 수준이었으며, Hg는 전혀 검출되지 않았다. 다른 연구자들의 보고(이 등 1998; 이 등, 2001; 임 등, 2001)에서도 배출원과 상관없이 남은 0~8.65 ppm, 카드뮴은 0~0.32 ppm, 수은은 0.004~0.018 ppm 범위였다. 본 연구 결과를 포함하여 이들 중금속의 수치들은 한국의 사료관리법 시행규칙(2000.10.20)에 의한 한계 허용치나 NRC (1998) 한계 허용치 보다 훨씬 낮은 안전한 범위에 속하였다.

결과적으로 남은 음식물의 독성 중금속은 배출원과 상관없이 잔류 수준이 매우 미미하여 가축 사료로서의 위생적 안전성은 매우 양호한 것으로 확인되었다.

결 론

병원과 식당 배출원 남은 음식물들은 비육돈의 에너지, protein, lysine, Ca, P 요구량을 만족시킬 정도의 충분한 영양적 가치를 가졌으나, 아파트 배출원 남은 음식물은 비육돈의 protein, Ca, P 요구량은 충족시키나, 에너지와 lysine 수준은 낮아서 보충이 필요하였으며, 비육돈 보다는 번식돈 사료로 더 적합할 것으로 나타났고, 이 경우 과다한 protein, 광물질 함량의 적절한 희석이 필요할 것으로 사료되었다. 배출 원과 상관없이 남은 음식물의 높은 함수율과 NaCl은 단점으로 지적되었다.

적 요

가을철에 생산되는 건조한 남은 음식물의 영양적 가치를 배출원별로 조사하고, 돼지 사양 표준상의 영양소 요구량과의 비교 분석

을 실시하였다. 병원 배출원과 식당 배출원 남은 음식물은 아파트 배출원과 비교해서 야채 잔재물과 과일 껍질이 적고, 밥과 반찬류가 많아서, 섬유소 함량이 낮고, 에너지 함량이 높았으며, 아파트 배출원은 이와는 반대되는 특성을 보였다. 병원 배출원과 식당 배출원 간 화학 성분상의 차이는 거의 없었다. 아파트 배출원은 조회분 함량이 상대적으로 높은 경향이었고, 특히 Ca, Mg, Cu, Fe, Mn 함량들이 높았다. 식염(NaCl)의 함량은 배출원과 상관없이 돼지의 NRC 요구량 보다 9배 이상의 높은 수준이었으나, 한계 허용치 보다는 훨씬 낮았다. 필수 및 비필수 아미노산 성분비(조단백질 대비)는 배출원과 상관없이 모두 비슷하였다. 병원 배출원과 식당 배출원 남은 음식물 단백질은 대두박 단백질과 유사한 펩신 소화율을, 아파트 배출원은 이들보다 훨씬 낮은 펩신 소화율을 보였다. 돼지(체중 50~80kg의 비육돈)의 영양소 요구량을 고려할 때, 남은 음식물은 배출원과 상관없이 사료 단백질 및 필수아미노산 요구량을 충족시킬 수 있으며, 최소 가소화 및 대사성 에너지 요구량을 아파트 배출원은 75%, 병원 배출원은 111%, 식당 배출원은 99% 충족시키며, 조사된 대량(Ca, P, Mg, K) 및 미량(Cu, Fe, Mn) 광물질 요구량을 충족시킬 수 있었다. 남은 음식물은 독성 중금속의 잔류 수준이 매우 미미하여, 중금속으로부터의 사료 안전성은 매우 양호하였다. 결론적으로 병원 배출원 및 식당 배출원 남은 음식물은 양돈용 주 사료로서 충분한 영양소들을 함유하고 있고, 사료 단백질의 체내 이용성도 양호할 것으로 나타났다.

사 사

본 연구는 1999년 환경부 G-7 프로젝트의 연구비 지원으로 수행되었다. 저자들은 화학 분석을 부분적으로 지원해 준 건국대학교 폐

자원사료실의 백용현, 윤정식, 김영일, 김원경, 지경수에게 감사를 표한다.

인 용 문 헌

1. AOAC. 1990. *Official Methods of Analysis*, 15th ed. Association of Official Analytical Chemists, Washington D. C., USA.
2. Barth, K. M., Vander Noot, G. W., MacGrath, W. S. and Kornegay, E. T. 1966. Nutritive value of garbage as a feed for swine. II. mineral content and supplementation. *J. Anim. Sci.* 25:52-57.
3. Chae, B. J., Choi, S. C., Kim, Y. G., Kim, C. H. and Sohn, K. S. 2000. Effect of feeding dried food waste on growth and nutrient digestibility in growing finishing Pigs. *Asian Aus. J. Anim. Sci.* 13(9):1304- 1308.
4. Fiske, C. H. and Subbarow, Y. 1925. The colorimetric determination of phosphorus. *J. Biol. Chem.* 66:375-400.
5. May, R. W. and Bell, J. M. 1971. Digestible and metabolizable energy values of some feeds for the growing pig. *Can. J. Anim. Sci.* 51:271-278.
6. Myer, R. O., Brendemuhl, J. H. and Johnson, D. D. 1999. Evaluation of dehydrated restaurant food waste products as feedstuffs for finishing pigs. *J. Anim. Sci.* 1999. 77: 685-692.
7. National Research Council. 1980. *Mineral Tolerance of Domestic Animals*. National Academy Press, Washington, D. C., USA.
8. National Research Council. 1998. *Nutrient Requirements of Swine*(10th rev. Ed.). National Academy Press. Washington, D. C., USA.

9. Noblet, J. and Perez, J. M. 1993. Prediction of digestibility of nutrients and energy values of pig diets from chemical analysis. *J. Anim. Sci.* 71:3389-3398.
10. Statistix7. 2000. User's Manual. Analytical Software, Tallahassee, FL, USA.
11. Tilley, J. M. A. and Terry, R. A. 1963. A two stage technique for the *in vitro* digestion of forage crops. *J. Br. Grassl. Soc.* 18:104.
12. Congress, U. S. 1980. Swine Health Protection Act. Public Law 96-468.
13. Van Soest, P. J., Robertson, J. B. and Lewis, B. A. 1991. Methods of dietary fiber, neutral detergent fiber, and nonstarch polysaccharides in relation to animal nutrition. *J. Dairy Sci.* 74:3583-3597.
14. Van Soest, P. J. 1987. Nitrogen metabolism. In: *Nutritional Ecology of the Ruminant*. Cornell University Press, Ithaca, New York, pp. 230-248.
15. Walker, P. 2000. Food residuals: waste product, by-product, or coproduct. In: *Food Waste to Animal Feed* (Ed.), Iowa State University Press, Ames, Iowa.
16. Westendorf, M. L. 2000. Food waste as animal feed: An introduction. In: *Food Waste to Animal Feed* (Ed.), Iowa State University Press, Ames, Iowa.
17. 김창혁, 송영한, 채병조, 이영철. 2001. 돈분-남은음식물 혼합 Extrusion 사료의 급여가 브로일러의 사양성적, 제조성 및 섭식행동에 미치는 영향. *한국동물자원과학회지* 43(1):91-100.
18. 남병섭, 정일병, 김영화, 문홍길, 김동훈, 허상만, 배인휴, 양철주. 2000. 남은음식물 사료가 육성·비육돈의 성장과 도체 특성에 미치는 영향. *한국동물자원과학회지* 42(3):279-288.
19. 배재근, 2001. 음식물쓰레기 퇴비화시설의 운영상의 문제 및 해결방안. pp. 63~88. 음식물쓰레기 자원화정책의 정착을 위한 심포지움. 2001.10.18. 국립환경연구원, 서울.
20. 이규호, 이상곤, 김영권, 차영호, 정완태. 1998. 건조된 음식물 쓰레기 사료의 화학적 조성(I). *한국영양사료학회지*. 22(2): 87-94.
21. 이병석, 정광화, 정완태, 조성백, 정일병. 2001. 남은음식물의 안전한 사료화 방안. pp. 89~113. 5th 심포지움, 남은음식물 안전 사료화 이용기술, 2001.11.16. 축산기술연구소, 수원.
22. 임동규, 소규호, 엄기철. 2001. 유기성퇴비의 수급현황과 음식물쓰레기 퇴비의 수요 전망. pp. 11~59. 음식물쓰레기 자원화정책의 정착을 위한 심포지움. 2001. 10.18. 국립환경연구원, 서울.
23. 장인석, 김덕영, 정근기. 1996. 맥아근의 가소화영양소, IN SITU 질소 분해율 및 펙신 소화율 결정에 관한 연구. *한국영양사료학회지*. 20(4):355-359.
24. 정완태, 이병석, 신기준, 차영호, 이왕식, 이성실. 1999. 남은음식물 사료의 가축이용 기술. pp. 155~175. 남은음식물사료화 심포지움. 1999. 7. 2. 남은음식물사료화연구회, 축산기술연구소, 수원.
25. 환경부. 2000. 음식물쓰레기 관리정책 방향과 감량화·자원화 실천사례. 2000. 6. 대양. 서울.