

반건식 방법으로 살균·숙성된 남은 음식물의 공정별 화학적 성분 변화 및 최적의 양돈 사료배합비 도출

백응현 · 지경수 · 서인준* · 곽완섭

건국대학교 자연과학대학 생명자원환경과학부 축산학전공

Chemical Composition Change of Pasteurized and Cured Food Waste Using a Semi-dehydration Method and Optimal Feed Formulation for Swine

Baik, Y. H., Ji, K. S., Seo, I. J.* and Kwak, W. S.

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

Summary

A total of 4 trials were conducted to evaluate the nutritional value of food waste-byproduct feeds mixture(FWM) rotary drum-pasteurized and cured, to trace the nutritional flow according to the processing stages and finally to determine the optimal mixing formulation of feed ingredients for the growing pigs. Pasteurizing and curing FWM using a rotary drum drier resulted in little change in chemical composition and 8 to 15 % of dry matter losses. Chemical change was affected by different feed ingredients used in each trial. Curding of FWM was caused probably by high moisture content, starch content and(or) physical characteristics of feed ingredients. The optimal mixing ratio of feed ingredients was food waste 45 : deepstacked broiler litter 10 : bakery by-product 22.5 : barley bran 22.5. In conclusion, FWM rotary drum-pasteurized and cured had a satisfactory feed-nutritional value for growing pigs.

(Key words : Food waste, Bakery by-product, Chemical composition, Feed, Recycling)

서 론

우리나라는 음식물쓰레기가 하루 404억 원, 년 간 1인당 314천 원, 1가구당(3.6인기준) 1,133천 원을 버리는 것으로 조사되며 총 경제적 손실액은 년 간 약 15조 원에 이르는 것으로 나타났다(장 등, 2001). 김(2002)의 조사에 따르면 2001년 말 현재 우리나라에서 발생되는 남은

음식물의 양은 약 1만1천여 톤으로 추정되어진다. 이는 지난 97년도에 1만3천여 톤에 비하여 14 % 정도 감소했고, 그 원인은 쓰레기 종량제 실시, 분리수거의 지역 확대, 감량의무사업장 확대, 식생활 습관의 개선 등 여러 가지 요인이 복합적으로 작용한 것으로 보인다.

정부는 2002년까지 남은 음식물의 재활용을 60%(일일 6,000여 톤)로 제고하기 위하여,

본 연구는 2001년도 환경부의 환경기술개발사업의 연구비 지원에 의해 수행되었음.

* 경기도 용인시 신봉동 우택(WooTech Corp. Shin-Bong-Dong, Yong-In, Kyung-Ki Province, Korea)

Corresponding Author: Dr. W. S. Kwak, School of Life Resources and Environmental Sciences, College of Natural Sciences, Konkuk University, Chung-Ju, Chung-Buk, 380-701, Korea. Tel: +82-043-840-3521, Fax: +82-043-851-8675, E-mail: wsk@kku.ac.kr

재활용량의 약 80%는 가축 사료화로, 나머지 20%는 퇴비화와 연료화를 통하여 목표 달성을 꾀하고 있다(고, 2000). 재활용 방법 중에서 사료화 방법의 중요도가 한층 강조되고 있는 시점에서, 2002년을 기점으로 남은 음식물 재활용 사료가 “우수 재활용 제품 인증제도(GR)” (Good Recycled product)에 포함되어졌다(서, 2002). 이 제도의 목적은 재활용제품의 품질 향상과 소비자의 인식 제고, 소비촉진을 통한 재활용율을 높이는 것이다. 이처럼 정부가 남은 음식물 문제에 주목하는 이유는 이를 처리하는 과정에서 환경에 나쁜 영향을 미치고 또한 귀중한 식량 자원을 낭비하기 때문이다. 곡물의 약 70%를 수입에 의존하고 있는 우리나라의 실정에서 보면 남은 음식물도 소중한 자원이기 때문이다.

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

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

남은 음식물의 사료화를 위해서는 사전에 병원성 미생물의 전파에 의한 질병 예방을 위해 반드시 열처리를 실시해야 한다. 우리나라에서는 유해사료의 범위와 기준(농림부 고시 제 2001-61호, 2001.10.5)에 대한 관련 조항에서 남은 음식물은 100℃에서 30분 이상 가열 처리하여야 하며, 돼지 사료로 사용할 경우에는 80℃(심부온도 기준)에서 30분 이상 가열 처리하도록 규정하고 있다. 미국은 Swine Health Protection

Act에서 양돈 사료화 시 100℃에서 30분 이상 가열하도록 규정하고 있다(U.S. Congress, 1980). 이러한 열처리는 남은 음식물의 화학적 조성에 영향을 미칠 수 있다.

최근에 국내외적으로 남은 음식물의 화학적 특성에 대한 기초 연구들(Lipstenin, 1985; Westendorf 등, 1996; 이 등, 1998; 배, 1999; 정 등, 1999; 임 등, 2000; 김 등, 2001)이 활발히 행하여져 왔다. 그러나 특정 발효 건조기를 이용한 경제적인 반건식 발효사료 제조 및 이의 효과적인 양돈 사료화 노력은 여전히 미흡한 편이다. 전 실험(Kwak과 Kang, 2005)에서는 남은 음식물, 제과부산물 및 퇴적발효 육계분만을 혼합하여 단순 살균, 건조 공정을 통하여 양돈전용완전 사료를 제조 급여한 바 있으나 최근으로 기계적으로 개량된 rotary drum 방식이 개발되었다.

따라서 본 연구는 남은 음식물에 수분흡수제 또는 영양 보충제로 유기성 부산물(제과부산물, 밀기울, 맥강, 육계분 등)을 혼합한 후 rotary drum 방식으로 살균, 숙성하는 공정 단계의 사료 영양적 flow를 추적하고 최종적으로 유기성 부산물의 적정 배합비 도출을 하고자 실시하였다.

재료 및 방법

1. 실험 개요

현장 사료 제조 실험은 2002년 1월 22일~2002년 5월 3일까지 총 4회 걸쳐서 실시되었고, 실험 장소는 경기도 포천 소재 한손엔지니어링(주) 부설연구소에서 실시하였다.

1차 시험에서 이용된 남은 음식물은 서울시에 소재하는 횃집과 식당에서 수거하였고, 2, 3차 음식물쓰레기는 경기도 포천군 이동면에 소재하는 갈비식당에서 수거하였으며, 4차 시험은 2, 3차 시험에서 남아있는 갈비뼈의 문제로 인하여 4차는 다시 서울시에 소재하는 식당에서 수거하였으며, 여기에 제과부산물, 밀기울 또는 맥강, 육계분을 혼합하여 전체적인 혼합

물의 함수율을 40~50% 정도로 맞추어 살균 및 숙성 처리 하였으며, 1차, 2차, 3차, 4차 시험에 걸쳐서 공통적으로 적용된 사료 제조공정은 Photo. 1과 같다. 남은 음식물은 사료영양적 가치에 있어서 아파트 원보다는 월등히 우수한 식당 원(곽 등, 2002)을 이용하였다.

2. 사료 제조

가. 시험 1

Table 1에 제시된 바와 같이 수분 함량(혼합물의 개시 함수율을 50% 정도)과 육성돈 영양소 요구량(NRC, 1998)을 고려하여 남은 음식물, 제과부산물, 육계분의 배합비를 설계하였으며 'Z' 균(Bacillus sp. 주성분의 호기발효균, Deplus Engineering, Korea)을 총 무게의 0.04% 수준에

서 첨가하였다. 이때 투입된 육계분은 수분조절제의 역할과 함께 광물질의 첨가제로 사용되었으며, 제과부산물은 육계분의 낮은 에너지 보충용 및 수분조절제로 이용되었다. 육계분에 있어서 NDF가 다른 원료들 보다 높은 42.0% 수준으로 나타났다.

각각의 시료는 80ℓ들이 플라스틱 용기를 이용하여 무게 측정을 하였고, 교반기에 원료를 투입하면서 각각의 원료 시료를 임의적으로 3반복으로 채취하였다. 투입 후 교반기에서 30분간 교반을 실시한 후 벨트라인을 통해 회전드럼에 투입한 뒤 3시간 동안(70℃ 까지 도달하는 시간) 가열한 후 시료를 채취한 뒤 회전드럼 내에서 20시간 숙성시켰으며, 온도 변화를 측정하였다. 향후 화학 분석을 위하여 채취된 대표적 시료는 아이스박스에 담아 실험실로 옮겨져 -20℃ 냉동고에 보관하였다.

Table 1. Chemical composition(DM basis) of feed ingredients and mixing ratio(Trial 1)¹

Item	FW	DBL	BW
Mixing ratio			
Wet weight (kg)	240	96	144
Wet weight (%)	50	20	30
Dry weight (%)	21.0	30.4	48.6
Chemical composition			
Dry matter (%)	20.9	75.7	80.8
Organic matter (%)	86.2	71.3	98.1
Crude protein (%)	22.1	24.1	12.0
Ether extract (%)	20.4	2.5	8.0
Crude fiber (%)	11.9	23.1	1.0
Neutral detergent fiber (%)	26.0	42.0	5.9
Acid detergent fiber (%)	19.1	26.3	3.0
Crude ash (%)	13.8	28.7	1.9
Nitrogen-free extract (%)	32.2	22.0	77.1
Gross energy (Mcal / kg)	5.116	3.317	4.719

¹FW = food waste; DBL = deepstacked broiler litter; BW = bakery waste.

나. 시험 2

탈수기가 제작이 되지 않은 상태에서 수분함량을 줄이기 위하여 먼저 남은 음식물을 수작업으로 직접 탈수하였고, 여기에 밀기울을 첨가하여 혼합물의 개시 함수율을 약 41%에 맞추어 Table 2에 제시된 비율과 'Z' 균을 전체 무게의 0.04% 첨가 비율로 혼합하였고, 시료 채취 과정은 1차 시험에서와 동일하였고, 교반기에서 약 1시간 교반 후 회전드럼에 투입하여 사료관리법(농림부 고시 제2001-61호)에 의거하여 회전드럼의 온도를 80℃로 수정하여 4시간 동안(80℃까지 도달한 후 30분경과 시까지) 가열 후 시료를 채취하였고, 혼합물 감량을 계산하기 위하여 전체 무게를 측정하였다. 규모 1,100ℓ의 숙성상자에서 20시간 숙성한 후에도 총 무게를 측정하였다.

다. 시험 3

남은 음식물은 손으로 직접 짜서 탈수하였고, 여기에 향후 양돈사료 적용을 고려하여 돼지의 육질 개선 효과를 기대하기 위하여

밀기울 대신 맥강을 첨가하였으며, 개시 함수
 율을 약 45%로 맞추어 Table 3에 제시된 배
 합 비율에 Z 균을 전체 무게의 0.04% 수준
 으로 혼합하여 전 시험과 동일한 방법으로
 실시하였다.

라. 시험 4

남은 음식물을 한손엔지니어링(주)에서 제작
 한 탈수기를 이용하여 탈수 하였으나, 탈수 후
 함수율의 변화는 미미하였다. 혼합물의 배합

Table 2. Chemical composition(DM basis) of feed ingredients and mixing ratio (Trial 2)¹

Item	FW	DBL	BW	WB
Mixing ratio				
Wet weight (kg)	198	126	138	138
Wet weight (%)	33	21	23	23
Dry weight (%)	12.2	27.0	28.4	32.3
Chemical composition				
Dry matter (%)	22.6	78.5	75.4	85.7
Organic matter (%)	83.9	72.9	98.0	96.0
Crude protein (%)	23.6	25.7	12.4	17.0
Crude fiber (%)	11.6	22.7	0.7	10.9
Ether extract (%)	19.4	1.3	7.6	3.3
Neutral detergent fiber (%)	30.0	42.1	3.6	44.8
Acid detergent fiber (%)	25.3	28.9	2.0	11.6
Crude ash (%)	16.1	27.1	2.0	4.0
Nitrogen-free extract (%)	29.6	36.3	64.0	64.7
Gross energy (Mcal / kg)	4.923	3.344	4.661	4.502

¹ FW = food waste; DBL = deepstacked broiler litter; BW = bakery waste; WB = wheat bran.

Table 3. Chemical composition(DM basis) of feed ingredients and mixing ratio(Trial 3)¹

Item	FW	DBL	BW	BB
Mixing ratio				
Wet weight (kg)	225	50	112.5	112.5
Wet weight (%)	45	10	22.5	22.5
Total dry weight (%)	17.4	14.1	31.6	36.9
Chemical composition				
Dry matter (%)	21.0	77.1	76.5	89.5
Organic matter (%)	79.8	70.8	98.0	94.7
Crude protein (%)	23.2	24.9	12.4	16.6
Crude fiber (%)	10.9	21.3	1.5	17.3
Ether extract (%)	17.1	1.5	8.6	5.7
Neutral detergent fiber (%)	19.6	38.8	4.4	40.5
Acid detergent fiber (%)	19.8	27.5	2.5	19.9
Crude ash (%)	17.1	29.2	2.0	5.3
Nitrogen free-extract (%)	28.6	23.2	75.5	55.2
Gross energy (Mcal / kg)	4.684	3.339	4.676	4.511

¹ FW = food waste; DBL = deepstacked broiler litter; BW = bakery waste; BB = barley bran.

비율은 Table 4에 제시된 바와 같다.

혼합 후 80 l 들이 통을 이용하여 컨베이어 벨트로 혼합물을 옮겨 회전드럼에 투입하였고, 80℃에서 30분간 가열 후 숙성 상자에서 20시간 숙성 후 무게측정과 시료를 채취하였다.

3. 성분 분석

각 시험별 혼합물의 일반성분 분석 시 건물은 100℃ 건조 oven에서 24시간 건조한 후 측정하였고, crude protein(CP), ether extract(EE), crude

fiber(CF), 조회분은 AOAC(1990) 방법에 의하여 분석하였다. NDF와 ADF는 Van Soest et al.(1991) 방법에 의하여 분석하였으며, 총 에너지(gross energy) 측정에는 calorimeter(PARR 1261)를 이용하여 실시하였으며. 가소화성 에너지(digestible energy)와 대사성 에너지(metabolizable energy)는 NRC(1998)에 제시되어 있는 계산공식에 근거하여 계산하였다.

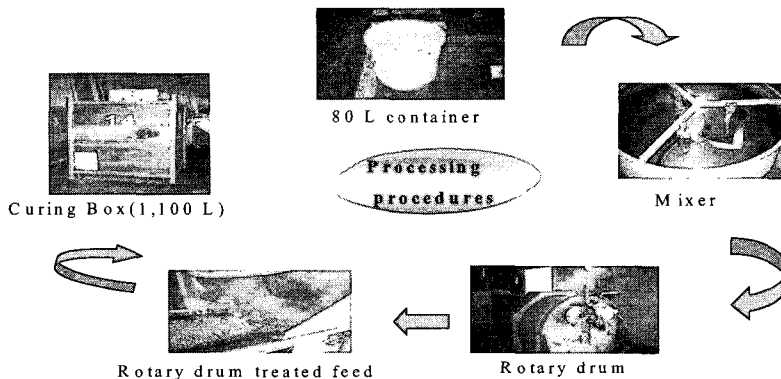
4. 통계 분석

사료 제조 공정별로 3반복으로 채취한 시료

Table 4. Chemical composition(DM basis) of feed ingredient and mixing ratio(Trial 4)¹

Item	FW	DBL	BW	WB
Mixing ratio				
Wet weight (kg)	225	50	125	100
Wet weight (%)	45	10	25	20
Total dry weight (%)	14.2	15.3	37.2	33.3
Chemical composition				
Dry matter (%)	16.8	81.6	79.6	89.1
Organic matter (%)	82.1	70.4	97.8	96.1
Crude protein (%)	23.7	24.6	12.0	15.4
Crude fiber (%)	7.8	22.6	2.3	10.1
Ether extract (%)	12.2	1.7	8.2	2.9
Neutral detergent fiber (%)	25.4	38.3	5.1	35.9
Acid detergent fiber (%)	17.5	27.1	5.9	11.4
Crude ash (%)	17.9	29.7	2.2	3.9
Nitrogen free-extract (%)	38.4	21.5	75.2	67.6
Gross energy (Mcal / kg)	4.560	3.239	4.730	4.451

¹ FW = food waste; DBL = deepstacked broiler litter; BW = bakery waste; WB = wheat bran.



Photograph 1. Processing procedures of food waste.

의 성분 분석치는 Statistix7(2000)을 이용하여 General Linear Model Procedure로 통계 분석 하였으며, 각 처리구에 대한 평균치의 유의성 검정은 Tukey's multiple range test(Statistix7, 2000)를 통해 검증하였다.

결과 및 고찰

1. 사료 제조 시험 1

Table 1에 제시된 유기성 부산물 혼합 결과 전체적인 개시함수율은 50% 수준으로 나타났다. 살균 전에 교반기에서 혼합 시 각각의 사료 원료들이 서로 엉겨 뭉쳐지는 현상이 나타났다. 이는 남은 음식물 자체의 높은 함수율과 제과부산물에 함유된 전분 성분으로 인하여 사료가 서로 엉겨 붙는 현상이 일어난 것으로 사료된다. 이 후 회전드럼 내에서 살균 및 20시간 숙성을 실시한 결과, Table 5에 제시된 바와 같이 살균과 숙성 후에 수분 증발은 약 8% 수준인 것으로 나타났다. ADF는 숙성 후에 2.6% 단위 증가하였고($P < 0.05$), NDF 또한 살균 후에는 21.2% 수준으로,

숙성 후에 20.0% 수준으로 각각 증가하였다($P < 0.05$). 이러한 섬유소 성분 증가 현상은 4번의 시험 과정에서 일정하게 관찰되지는 않았다. GE는 살균과 숙성 과정에서 약간 증가하였고($P < 0.05$), DE와 ME 또한 살균과 숙성 과정을 통하여 다소 증가하는 것으로 나타났다($P < 0.05$).

2. 사료 제조 시험 2

시험 1에서의 원료간의 뭉치는 현상을 보완하기 위하여 수분 함량이 14% 수준인 밀기울을 추가하였으나 교반기에서 여전히 뭉치는 현상이 발생하였으며, 이것은 높은 함수율과 제과부산물, 밀기울에 포함되어있는 전분으로 인한 젤라틴화(gelatinization) 현상 때문인 것으로 사료되었다(Harris와 Crampton, 1972). 원료의 성상을 보면 남은 음식물은 Table 6에 나타난 것처럼 혼합물의 함수율을 시험 1에서 보다 약 11% 단위 낮게 조정할 수 있었으며, 수분 증발은 8% 단위로 나타났다. 특히 NDF 함량에 있어서는 밀기울 첨가로 인하여 1차 시험에 비하여 약 8% 단위 증가하였다. ADF의 함량은 1.7% 단위 높게 나

Table 5. Change in chemical composition(DM basis) of food waste mixture according to the processing phases(Trial 1)¹

Item	Raw	Pasteurized	Pasteurized +cured	SE
Dry matter(%)	49.8 ^a	55.5 ^b	57.7 ^c	0.2
Organic matter(%)	87.5 ^a	87.6 ^{ab}	88.0 ^b	0.1
Crude protein(%)	17.8	17.9	18.1	0.1
Ether extract(%)	8.8 ^a	9.3 ^b	9.6 ^b	0.1
Crude fiber(%)	10.0	9.8	9.7	0.4
Neutral detergent fiber(%)	19.0 ^a	21.2 ^b	20.0 ^c	0.3
Acid detergent fiber(%)	13.5 ^a	14.2 ^a	16.1 ^b	0.3
Crude ash(%)	12.5 ^a	12.4 ^{ab}	12.1 ^b	0.1
Nitrogen-free extract(%)	50.9	51.7	50.5	0.4
Non fibrous carbohydrates(%)	41.9 ^a	39.2 ^b	40.3 ^b	0.4
Gross energy(Mcal/kg)	4.365 ^a	4.421 ^b	4.438 ^b	0.1
Digestible energy(Mcal/kg) ²	2.737 ^a	2.846 ^b	2.841 ^b	0.1
Metabolizable energy(Mcal/kg) ²	2.696 ^a	2.784 ^b	2.777 ^{ab}	0.1

¹ Means of 3 observations.

² Calculated according to NRC(1998).

^{abc} Means with different superscripts in the same row are significantly different($P < 0.05$).

타났다. 이러한 원인은 남은 음식물의 성상에서 ADF가 25.3 % 수준으로 1차 시험의 19.1 %에 비하여 높은 원인으로 사료된다. ADF가 증가하면 양돈 사료에 있어서 돼지가 이용하기 힘든 섬유소원의 증가를 의미하며, 결국 사료 급여 시 소화율에도 영향을 미칠 것으로 예상된다.

화학적 성분의 변화(Table 6)에 있어서 NDF 및 ADF 성분은 살균 전과 비교해서 숙성 후에는 차이가 없었으나, NFC의 함량은 1차 시험에서와 같이 발효와 숙성과정을 거치면서 약간 감소하였다($P < 0.05$). DE와 ME는 1차 시험 결과와는 반대로 살균과 숙성 후에는 약간 감소하였다($P < 0.05$). 혼합물의 살균 전과 비교해서 살균 및 숙성 후에는 건물 손실율이 약 15 % 정도 발생하는 것으로 나타났다. 이는 열처리와 미생물 발효에 의해서 영양소의 분해와 휘발에 의한 것으로 사료된다.

본 시험에서도 제조된 혼합사료는 외관적으로

로 여전히 덩어리로 뭉쳐지는 현상이 발생되었다. 이는 살균과 숙성 과정에 바람직하지 못한 영향을 미치는 것으로 사료된다.

3. 사료 제조 시험 3

시험 3에 있어서는 계속해서 혼합물이 뭉치는 현상을 개선하고자 밀기울 대신 부피가 큰 맥강을 첨가하였다. 맥강은 밀기울에 비하여 CF 함량이 6.4 % 단위 높은 원료이며, NDF는 4.4 % 단위 낮은 원료이다(Table 3). 단위동물이 특히 이용하기 힘든 ADF의 함량은 밀기울에 비하여 8.3 % 단위 높게 나타났으며, 수분함량에 있어서 3.8 % 단위 낮게 나타났다. 그 결과 개시 수분함량이 45.4 %로 시작되었고, 전체적인 섬유소의 증가를 우려하여 육계분의 함량을 2차 시험에 비해 약 11 % 단위 정도 감하여 투입한 결과 3차 시험에서는 비슷한 섬유소 조건의 사료를 제조하였으며, 남은 음식물의 섬유

Table 6. Change in chemical composition(DM basis) of food waste mixture according to the processing phases(Trial 2)¹

Item	Raw	Pasteurized	Pasteurized +cured	SE
Chemical composition				
Dry matter (%)	61.0 ^a	69.0 ^b	68.9 ^b	0.1
Organic matter (%)	88.7	87.1	88.0	0.1
Crude protein (%)	18.8 ^a	18.1 ^b	17.8 ^b	0.1
Ether extract (%)	5.9 ^b	6.2 ^a	6.1 ^{ab}	0.1
Crude fiber (%)	11.3 ^a	11.5 ^a	10.7 ^b	0.2
Neutral detergent fiber (%)	27.0 ^{ab}	26.3 ^b	27.5 ^a	0.2
Acid detergent fiber (%)	15.2 ^a	14.0 ^b	15.7 ^a	0.2
Crude ash (%)	11.2 ^a	11.9 ^b	12.0 ^b	0.1
Nitrogen-free extract (%)	52.7 ^{ab}	52.4 ^b	53.5 ^b	0.3
Non fibrous carbohydrates (%)	37.0 ^a	37.6 ^b	36.6 ^b	0.1
Gross energy (Mcal / kg)	4.287 ^a	4.323 ^b	4.330 ^b	0.1
Digestible energy (Mcal / kg) ²	2.718 ^a	2.624 ^b	2.646 ^{ab}	0.1
Metabolizable energy (Mcal / kg) ²	2.672 ^a	2.565 ^b	2.587 ^b	0.1
Total wet weight (kg)	584.2	453.8	443.2	
Total DM weight (kg)	356.4	313.1	305.4	
DM weight loss (%)		12.2	14.7	

¹ Means of 3 observations.

² Calculated according to NRC(1998).

^{ab} Means with different superscripts in the same row are significantly different($P < 0.05$).

소 함량도 2차 시험에 비하여 낮게 나타났다. 제조한 결과(Table 7) CF는 11.7% 수준으로 비교적 낮게 나타났다. EE 경우 1차 시험에 있어서 살균과 숙성을 통하여 증가하였으나, 3차 시험의 경우 감소를 나타내었다. 이는 맥강의 건물 함량이 89.5% 수준으로 높아 제조 공정간 용탈된 조지방의 일부가 맥강으로 흡수되어 회석된 것으로 사료된다. NFC 함량은 공정 간에 증가를 나타냈다($P < 0.005$). 이는 발효를 통한 구조적 탄수화물의 일부가 비구조적 탄수화물의 형태로 전환된 것으로 사료된다.

살균과 숙성을 통하여 DE와 ME가 2차 시험에서와 같이 감소하였다($P < 0.05$). 맥강을 첨가한 3차 시험에 있어서는 2차 시험 시보다 멍치는 현상은 현저하게 줄어들었다. 결과적으로 멍치는 현상은 함수율, 전분의 젤라틴 현상 및 사료의 물리적 성상에 의해서도 영향을 받는 것으로 사료된다.

4. 사료 제조 시험 4

4차 시험은 그 동안 시험에서 나타난 높은 수분 함량을 줄이기 위하여 탈수기를 이용하여 남은 음식물의 탈수를 실시하였다. 본 시험에 사용된 원료에 있어 3차 시험에서 외관상으로 맥강의 입자가 너무 눈에 띄게 나타나 맥강을 제외하고 다시 밀기울을 첨가하여 Table 4에 나타난 배합비로 시료를 제조하였다.

2, 3차 시험의 남은 음식물에 갈비뼈가 많아 4차 시험에서는 다시 일반 한정식 음식점의 남은 음식물을 이용하였다. CP 함량은 23% 수준으로 2, 3차 시험에서와 비슷하게 나타났다. 3차 시험에 비하여 CF의 함량은 2.8% 단위 감소하는 경향을 나타내고 있다. 이는 맥강이 밀기울에 비해 7% 단위 정도 CF가 높은 원인과 남은 음식물에 있어서도 그 함량이 3차 시험에 비하여 적은 원인으로 사료되며, 음식물 쓰레기에 있어서 EE 함량이 3차에 비해 6.9% 단위 적은 영향으로 전체

Table 7. Change in chemical composition(DM basis) of food waste mixture according to the processing phases(Trial 3)¹

Item	Raw	Pasteurized	Pasteurized +cured	SE
Chemical composition				
Dry matter (%)	54.5 ^a	58.2 ^b	58.7 ^c	0.1
Organic matter (%)	89.8	89.4	89.3	0.2
Crude protein (%)	17.6	17.7	17.9	0.1
Ether extract (%)	8.0 ^a	6.5 ^b	6.6 ^b	0.1
Crude fiber (%)	11.7 ^a	11.2 ^b	11.6 ^{ab}	0.1
Neutral detergent fiber (%)	25.2 ^a	25.8 ^b	24.3 ^c	0.2
Acid detergent fiber (%)	15.4	16.4	15.8	0.3
Crude ash (%)	9.7	10.6	10.7	0.2
Nitrogen-free extract (%)	52.5 ^a	54.0 ^b	53.2 ^{ab}	0.3
Non fibrous carbohydrates (%)	39.0 ^a	39.4 ^a	40.5 ^b	0.2
Gross energy (Mcal / kg)	4.204	4.436	4.460	0.1
Digestible energy (Mcal / kg) ²	2.862	2.787	2.766	0.1
Metabolizable energy (Mcal / kg) ²	2.813 ^a	2.737 ^b	2.705 ^b	0.1
Total wet weight (kg)	484.9	460.9	448.0	
Total DM weight (kg)	264.3	267.7	263.0	
DM weight loss (%)		5	7.8	

¹ Means of 3 observations.

² Calculated according to NRC(1998).

^{a,b,c} Means with different superscripts in the same row are significantly different($P < 0.05$).

Table 8. Change in chemical composition(DM basis) of food waste mixture according to the processing phases(Trial 4)¹

Item	Raw	Pasteurized	Pasteurized + curing	SE
Chemical composition				
Dry matter (%)	57.8 ^{ab}	56.7 ^b	58.6 ^a	0.5
Organic matter (%)	90.8	90.8	90.5	0.2
Crude protein (%)	16.8	17.0	16.9	0.2
Ether extract (%)	6.0 ^a	6.2 ^{ab}	6.3 ^b	0.1
Crude fiber (%)	8.9	9.2	8.9	0.1
Neutral detergent fiber (%)	23.4	23.3	24.3	0.3
Acid detergent fiber (%)	12.6 ^a	11.6 ^a	14.6 ^b	0.3
Crude ash (%)	9.2	9.2	9.5	0.2
Nitrogen-free extract (%)	58.7	58.5	58.4	0.4
Non fibrous carbohydrates (%)	44.7 ^a	44.3 ^{ab}	43.1 ^b	0.4
Total wet weight (kg)	490.1	449.0	429.6	
Total DM weight (kg)	283.3	254.6	251.8	
DM weight loss (%)		10.1	11.2	
Gross energy (Mcal / kg)	4.385 ^a	4.520 ^b	4.531 ^b	0.1
Digestible energy (Mcal / kg) ²	3.043	3.074	3.046	0.1
Metabolizable energy (Mcal / kg) ²	2.994	3.011	2.985	0.1

¹ Means of 3 observations.

² Calculated according to NRC(1998).

^{ab} Means with different superscripts in the same row are significantly different(P < 0.05).

총 에너지 값에도 영향을 미친 것으로 사료된다. ADF 함량에 있어서 살균 전 12.6% 수준에서 숙성 후 14.6%로 증가하는 경향을 나타내었고(P < 0.005), GE 값은 증가 하였으며(P < 0.0001), DE, ME 값에 차이는 나타나지 않았다(Table 8). 살균 전과 비교해서 살균 및 숙성 후의 건물 손실율은 12% 정도 였다. 제조 사료의 뭉쳐지는 현상도 시험 4에서는 많이 극복되었다.

4차에 걸친 시험을 통하여 나타난 결과를 종합하면, rotary drum 방식을 이용한 살균 및 숙성 과정을 거치면서 영양소의 변화 폭은 매우 낮았으며, 건물 손실율은 8~15% 수준이었다. 시험별로 영양소 변화는 혼합되는 사료 원료의 종류에 따라 다르게 나타났다. 혼합물의 높은 함유율, 전분 성분, 사료의 물리적 성상 등은 원료간 덩어리 형성의 원인 요소로 작용하였다. 4차에 걸친 시험에서 제조공정간 흐름이 가장 원활한 것은 3차 시험으로서 남은 음식물, 퇴적발효육계분, 제과부산물, 맥강의 최적

혼합 비율은 45:10:22.5:22.5 이었고, 이때 사료간의 뭉쳐지는 현상을 극복할 수 있었다.

최종 결과로서 rotary drum 방식으로 살균하고, 숙성한 남은 음식물 혼합물은 양돈 사료로서의 충분한 사료 영양적 가치가 있었다.

적 요

본 실험은 남은 음식물에 유기성 부산물인 육계분, 제과부산물, 밀기울, 맥강 등을 주요 수분 흡수제 또는 영양 보충제로 혼합한 후 rotary drum 방식을 이용하여 양돈 사료화 하는데 있어서 이상적인 배합비 도출을 위한 공정단계별 사료의 영양적 flow를 4차 시험에 걸쳐서 추적하였다. Rotary drum 방식을 이용한 살균 및 숙성 과정을 거치면서 영양소의 변화 폭은 매우 낮았으며, 살균 및 숙성 처리 후의 건물 손실율은 8~15% 수준이었다. 시험별로 영양소 변화는 혼합되는 사료 원료의 종류에 따라 다르게 나타났다.

남은 음식물, 퇴적발효유계분, 제과부산물, 맥강의 최적 혼합 비율은 45 : 10 : 22.5 : 22.5 이었고, 이때 사료간의 뭉쳐지는 현상을 극복할 수 있었다. 결과적으로 rotary drum 방식으로 살균하고, 숙성한 남은 음식물 혼합물은 양돈 사료로서의 충분한 사료 영양적 가치가 있었다.

인 용 문 헌

1. 고재영. 2000. 새천년 남은 음식물의 감량 및 재활용 정책. 남은음식물 사료화 심포지움. 21-44. 남은음식물사료화연구회.
2. 곽완섭, 강준석, 정재덕. 2002. 가을철 배출원별 남은 음식물의 사료 영양적 특성 및 돼지 영양소 요구량과의 비교 평가. 한국축산시설환경학회 8(2):87-98.
3. 김상일. 2002. 음식물쓰레기 감량·자원화 정책방향. 남은 음식물사료 생산이용시스템 구축방안. 35-47. 남은음식물사료화연구회.
4. 김창혁, 송영한, 채병조, 이영철. 2001. 돈분-남은음식물 혼합 Extrusion 사료의 급여가 브로일러의 사양성적, 체조성 및 섭식행동에 미치는 영향. 43(1):91-100.
5. 배동호. 1999. 음식물쓰레기의 사료화를 위한 발효처리시 수분조절제, 발효방법 등이 화학적 조성분 및 소화율에 미치는 영향. 음식물쓰레기 자원재활용 심포지움. 109-129. 영남대학교 유기성폐기물자원화연구회.
6. 서성배. 2002. 남은 음식물사료 정책방향. 남은 음식물사료 생산이용 시스템 구축방안. 3-33. 남은 음식물사료화연구회.
7. 이규호, 이상곤, 김영권, 차영호, 정완태. 1998. 건조된 음식물쓰레기 사료의 화학조성(I). 한국영양사료학회지. 22(2):87-94.
8. 임계택, 이정채, 정진형, 정우진, 김태환. 2000. MS 발효 잔반사료가 청둥오리의 육질에 미치는 영향. 한국환경농학회지. 19(4): 332-339.
9. 장종근, 곽창근, 오승용, 이부용, 박성훈. 2001. 음식물쓰레기로 버려지는 식량자원의 경제적 가치 산정에 관한 연구 보고서. 한국식품개발연구원.
10. 정기환, 장기호, 박영준, 홍영송, 신형태. 1999. 남은 음식물을 이용한 사료자원이 흰쥐의 성장과 사료효율에 미치는 효과. 7(2): 65-71.
11. AOAC. 1990. Official Methods of Analysis (15th Ed). Association of Official Analytical Chemists, Washington D.C.
12. Harris, L. E. and Crampton, E. W. 1972. NRC names for feed processes and their use in evaluating the nutrient content of feeds. In Effect of Processing on the Nutritional Value of Feeds. pp. 1-22, Washington D. C. National Academy of Science.
13. Kwak, W. S. and Kang, J. S. 2005. Effect of feeding food waste-broiler litter and bakery by-product mixture to pigs. Bioresource Technology 96: In press.
14. Lipstenin, B. 1985. The nutritional value of treated Kitchen waste in layer diet. Nutr. Rep. Int. 32:693-698.
15. National Research Council. 1998. Nutrient Requirements of swine(10th Ed). National Academy Press. Washington, D. C., USA.
16. Statistix7. 2000. User's Manual. Analytical Software, Tallahassee, FL, USA.
17. U.S. Congress. 1980. Swine Health Protection Act. Public Law 96-468, USA.
18. 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, 3582-3597.
19. Westendorf. M. L., Zirkel, E. W. and Gordon, R. 1996. Feeding food or table waste to livestock. Prof. Anim. Sci. 12:129-137.