

한약재 열수추출 부산물의 생체발효 조절에 의한 돈분 악취제어기법 개발

송영한

(강원대학교 축산대학 축산학과)

Develop the control techniques to malodors from swine feces by adjustment fermentation of Chinese Medical Herb Wastes

Young-Han Song

Department of Animal Science, College of Animal Agriculture
Kangwon National University, Chuncheon 200-701, Korea

적 요

본 시험은 豚糞의 악취를 감소시키기 위하여 사료이용성을 증진시키는 첨가제로 국내에서 비교적 대량 생산되고 있는 흑염소 증탕부산물을 이용하여 育成·肥肉豚에 최적이용 방법을 究明하고자 代謝試驗 및 飼育試驗을 실시하였다. 대사시험에서는 대조구, 乾燥 CMHW를 각각 2.5%, 5.0% 첨가구와 粉碎한 CMHW를 각각 2.5%, 5.0% 첨가한 구로 나누어 시험하였다. 사육시험에서는 대조구, 분쇄한 CMHW를 각각 2.5%, 5.0% 첨가한 구로 구분하여 육성돈(30~50kg)과 비육돈(60~100kg, 80~100kg)을 성장단계별로 측정하였다. 가스측정은 매주 각 돈사별 3회 측정하여 평균치를 이용하였다.

대사시험 및 사육시험 결과를 요약하면 다음과 같다.

1. 대사시험 결과 대조구와 건조된 CMHW를 첨가한 사료를 섭취한 시험구보다 분쇄한 CMHW를 첨가 급여한 처리구가 영양소 이용율에서 유의적($P<0.05$)으로 높은 차이를 나타냈다.
2. 대사시험기간 측정된 암모니아 및 유화수소 발생량은 처리구에서 낮아지는 경향을 나타냈다.
3. 육성돈(30-60kg) 및 비육돈(60~100kg) 사육시험에서는 CMHW의 첨가에 따라 증체량의 증가가 대조구에 비해 유의적($P<0.05$)으로 높게 나타났다.
4. 사육기간별 돈사내 암모니아 가스발생량은 처리구에서 낮아지는 경향을 나타냈으나, 유화수소는 거의 검지되지 않았다. 따라서, 사육 전기간에 걸쳐 사료중 5% 까지의 CMHW첨가가 사료대체면에서도 가능하였고, 특히 60kg 전후의 비육돈에 급여하는 것이 사육성적 및 가스발생량 감소에 효과적인 것으로 나타났다.

I. 서 론

가축분은 탄수화물, 지방, 단백질, 광물질, 비타민과 그들 代謝産物의 복잡한 混合物이다. 가축분이 적당한 환경에서는 생물성장을 위한 代替材 역할을 한다. 또한 광범위한 수분과

온도 조건하에서 혐기적인 분해를 하게 된다. 이 과정이 휘발성 혼합물의 냄새를 휘산시키는 일반적인 악취의 원인이다. 그러나 호기적인 상태에서는 냄새의 생성을 감소시킨다. 가축분에서 일어나는 생물학적 변화는 Miner(1973)에 의해 설명되었다.

분중 악취를 내는 물질은 ammonia, hydrogen sulfide, volatile fatty acid, indols, skatols, phenols, mercaptans, alcohols 그리고 carbonyls(Curtis, 1983) 등이다. 냄새의 농도와 휘산을 및 돈사내 암모니아가스는 분취 측정방법, 환기율, 관리경험, 바닥구조 및 다른요인의 기능에 따라 다르다.

사료중 첨가제에 의한 악취발생의 감소에 관한 연구(Schulzu 등., 1995; Rerat, 1996; Canh 등., 1997; Warburte, 1981; Blendl, 1976) 및 분중의 악취를 감소시키기 위한 다양한 연구가 보고되었다(Phillips 등., 1995; Aarnink 등., 1995; Groenesten 과 Van Faassen, 1996 과 Anderson, 1996;). 즉, 대두 Lectin의 첨가로 질소의 통과율을 높여 초산 및 프로피온산의 증가를 가져온 예(Schulze 등., 1995)나, 탄수화물 섭취에 따른 총 휘발성지방산 과 암모니아의 감소를 보인 보고(Rerat, 1996)에서와 같이 사료 첨가물에 의한 분중 가스발생량의 조절이 가능한 것으로 나타났고, 사료중 지방과 섬유에 따른 휘발성지방산 배설에 관한 연구(Jackson 과 Marsono, 1993) 및 온도와 수분함량에 따른 돈분중 유허수소와 암모니아의 감소도 보고된 바 있다(Chung 등., 1996).

최근 연구의 중점은 사료의 조성에 있어서 영양소 축적 및 배설에 관한 소화율과 저장중 냄새혼합물과 관련된 배설물을 신선하게 배설시키고 노와 분의 혐기적 혼합을 이루는 것에 관한 것이다. 이것의 초점은 배설된 영양소형태와 냄새형성에 영향을 미치는 미생물기능에 관한 것이다. 또한 사료단백질의 변형 및 농축아미노산의 첨가로 분뇨로의 질소배설을 감소시켰다고 보고하였다(Bridges 등, 1994; Cromwell 과 Cofley, 1993; Jongbloed and Lenis, 1993; Hartuing 과 Phillips, 1994).

본 시험은 그동안 국내에서 다량으로 얻어지는 열수추출에 의한 흑염소증탕 부산물의 단백질 및 섬유소의 함량이 가급(송 등, 1996) 및 반추가축(송과 고, 1995)의 사료가치를 증진시킨 결과를 양돈사육에 적용하고자 실시하였다. 試料는 단백질 및 섬유소의 함량이 풍부하여 사료중 영양소이용율에

미치는 영향과 이로 인한 악취발생의 저하여부를 체계적으로 구명하고자 실시하였다. 따라서, 우선 돼지에 있어서의 적정 첨가수준 및 형태를 대사시험을 통해 측정후, 사육 전기간에서의 육성 성적 및 유해가스 발생량의 정도를 측정하였다.

이는 사료첨가제의 개발에 의한 생산비 절감과 분중 악취발생의 감소로 지속적인 축산을 목표로 실시하였다.

II. 재료 및 방법

1. 공시동물

대사시험에서는 평균체중 75kg 전후의 3원 교잡종(Yorkshire×Landrace×Duroc) 비육돈 15를 이용하였다. 1차 육성시험에서는 평균체중이 30kg 전후의 3원 교잡종(Yorkshire×Landrace×Duroc) 육성돈 암·수 각각 15두씩 30두를 공시하였고, 2차 육성시험에서는 평균체중 60kg 전후의 3원 교잡종(Yorkshire×Landrace×Duroc) 비육돈 암·수 각각 9두씩 18두를 공시하였다.

2. 시험기간 및 장소

본 시험은 본대학 부속목장에서 대사시험을 실시한 후, 강원도 양구군 한전리에 위치한 성호농장에서 1996년 7월 11일부터 1996년 11월 20일까지 육성시험을 실시하였다.

사료 및 각시료의 분석은 본 대학 축산학과 영양학 실험실 및 공동실험실에서 실시하였다.

3. 시험사료

본 시험에 이용된 열수추출 흑염소 증탕부산물은 시중에 있는 흑염소건강원에서 각종 한약재와 흑염소를 증탕추출후 잔유물을 채취하여, 본 대학 사료공장에 있는 열풍건조기에 60℃로 48시간 건조하였고, 이를 Hammer mill을 이용 1mm 크기로 분쇄하였다.

열수추출 흑염소 증탕부산물의 화학적 조성은 Table 1과 같다.

위의 시료를 육성돈사료 및 비육돈사료에 풍건상태로 각각 0%(대조구), 2.5% 및 5.0% 첨가하여 혼합한 배합을 및 그 화학적조성은 Table 2에 나타낸 바와 같다.

Table 1. Chemical composition of Chinese Medical Herb Wastes(CMHW)

Chemical composition	CMHW (%)
Energy(kcal/g, DM)	4.5
Dry matter	95.01
Crude protein	28.44
Ether extract	9.64
Crude fiber	22.57
Crude ash	12.20
Nitrogen free extract(NFE)	27.16

4. 시험설계

대사시험에서는 대조구, 건조 CMHW를 2.5%, 5.0% 첨가한구와 분쇄 CMHW를 2.5%, 5.0% 첨가한 5처리로 구분하여 비육돈을 각각 3두씩 공시하였다.

1차 육성시험에서는 대조구, 분쇄 CMHW 2.5% 및 5.0% 첨가구로 육성돈 암·수 각각 5두씩 3처리하여 완전임의배치 하였고, 2차 육성시험에서는 각 처리구별로 비육돈 암·수 각각 3두씩 3처리하여 완전임의 배치하였다.

Table 2. Formula and chemical composition of experimental diets

Ingredients	Grower			Finisher		
	Control	2.5%	5.0%	Control	2.5%	5.0%
	----- % -----					
Ground corn	49.96	48.71	47.46	60.14	58.63	57.13
Corn gluten	-	-	-	3.00	2.92	2.85
Ground rye	11.70	11.41	11.12	-	-	-
Wheat bran	3.37	3.25	3.20	3.85	3.75	3.65
Molasses cane	4.00	3.90	3.80	3.20	3.12	3.04
Soybean meal(44%)	21.25	20.67	20.11	6.25	15.83	15.47
Rapeseed meal	5.30	5.17	5.04	5.15	5.02	4.89
Fishmeal(60%)	1.90	1.85	1.81	-	-	-
CMHW*	-	2.50	5.00	-	2.50	5.00
Tallow	0.20	0.20	0.20	5.25	5.10	5.00
Salt	0.25	0.25	0.25	0.28	0.28	0.28
Limestone	0.50	0.50	0.50	1.00	1.00	1.00
Tricalcium phosphate	-	-	-	1.05	1.02	1.00
L-Lysine(98%)	1.00	1.00	1.00	0.05	0.05	0.05
Vit. and Min. premix**	0.44	0.44	0.44	0.44	0.44	0.44
Antibiotics	0.13	0.13	0.13	0.34	0.34	0.34
Total	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00
Chemical composition						
ME(kcal/kg)***	3,260	3,456	3,663	3,275	3,472	3,680
Crude protein	18.51	18.76	19.01	16.76	17.05	17.34
Ether extract	4.54	4.67	4.80	5.22	5.33	5.44
Crude fiber	4.72	5.17	5.61	4.84	5.28	5.73
Crude ash	6.63	6.77	6.91	6.24	6.39	6.54
Nitrogen free extract	65.60	64.64	63.68	66.94	65.95	64.95
Ca***	0.61	0.62	0.64	0.77	0.79	0.81
P***	0.50	1.75	3.00	0.59	0.59	0.59
Lysine***	0.88	0.90	0.92	0.73	0.75	0.76

* Chinese Medical Herb Wastes.

**Vit-Min primix are prepared to meet NRC(1988) requirement.

***Calculated value.

5. 대사시험, 사양시험 및 가스발생량 측정

대사시험은 각 처리구별 사료와 물을 자유채식시켜 1주일 간의 적응기간을 거친후 3일간 오전 9시부터 다음날 9시까지의 사료섭취량과 분뇨 배설량을 측정하였다.

가스발생량은 대사시험중에는 생분 200g을 zipper bag에 담아 20℃에서 12hr 및 40℃에서 12hr 저장후 암모니아가스 및 유화수소를 gastec을 이용하여 측정하였다.

사육시험은 각 1주일간의 적응후 전시험기간 동안 사료와 물을 자유채식하도록 하였다. 체중, 사료섭취량 및 가스발생량은 매주 측정하여 평균치를 분석에 이용하였다.

뇨로 배설된 각 영양소의 양을 섭취한 영양소의 양으로 나누어 백분율로 표시하여 영양소의 이용성을 구하였다. 사료의 총에너지는 Parr oxygen bomb calorimetry에 의해 측정하였다. 사료와 배설물의 일반성분은 A. O. A. C. method(1990)로 분석하였다.

돈사내의 가스측정은 발효돈사를 고려하여 매주 체중측정 시 분 배설장소에서 30cm떨어진 지점에서 각각 3곳을 측정하여 평균치를 이용하였다.

6. 통계분석

분산분석에 의하여 data를 처리하였고, 평균간의 유의성 검정은 난괴법을 이용하여 Duncan's multiple range test로 실시하였다(Steel 과 Torrie, 1980).

III. 결과 및 고찰

1. 대사시험

본 시험에서는 시료의 이용성을 증진시키기 위하여 건조한 후 각각 2.5% 및 5.0% 첨가한 구와 분쇄한후 각각 2.5% 및 5.0% 첨가한 구의 비교시험 결과를 Table 3에 나타냈다.

건물소화율에 있어서 건조한 CMHW를 2.5% 첨가한 처리구 외에는 대조구보다 약간 증가하는 경향을 보였으나, 각 처리구간 유의적 차이(p<0.05)는 나타나지 않았다. 단백질이용율에서는 분쇄한 CMHW를 2.5%첨가한 사료를 급여한 처리구가 대조구에 비하여 유의적(P<0.05)으로 높은 소화율을 보였으며, 건조한 CMHW를 2.5% 첨가한 사료를 급여한 처리구에서는 대조구에 비해 유의적(P<0.05)으로 낮은 소화율을 보였다. 한편 CMHW처리에 상관없이 CMHW를 5.0%첨가한 사료를 급여한 처리구에서는 대조구와 유의적인 차이가 나타나지 않았다.

지방의 이용율은 분쇄한 CMHW를 2.5% 첨가한 처리구를 제외한 나머지 3처리구가 대조구에 비해 유의적(P<0.05)으로 높은 이용율을 나타냈다. 섬유소 이용율 및 가용무질소물 이용율에서는 각각의 처리구간에 유의적인 차이가 나타나지 않았다. 반면에 분쇄한 CMHW를 2.5% 첨가한 사료를 섭취한 처리구와 건조한 CMHW를 2.5% 첨가한 처리구간에는 유의적(P<0.05)인 차이가 발생하였으며 분쇄한 CMHW를 2.5%첨가한 사료를 급여한 처리구에서 높은 소화율을 나타냈다. Table 4에서는 각 처리구별 에너지 이용율을 나타냈다.

에너지 섭취량에서 건조 CMHW를 처리한 구가 대조구 및 분쇄 CMHW를 처리구에 비해 낮은 에너지 섭취량을 나타냈다. 이것은 CMHW를 건조한 그대로 급여시킨 결과 냄새로 인하여 사료섭취가 낮아진 결과라 할 수 있다.

Table 3. Effects of CMHW on the nutrients metabolizability for pigs

Item	Treatment Control	Dried CMHW		Grinded CMHW	
		2.5%	5.0%	2.5%	5.0%
		----- % -----			
Dry matter	87.26 ^{ns1)}	85.77	87.48	89.08	87.49
Crude protein	58.02 ^{a2)}	35.32 ^c	48.64 ^a	70.04 ^b	55.76 ^a
Ether extract	70.03 ^a	83.16 ^b	85.65 ^b	63.29 ^a	81.89 ^b
Crude fiber	69.74 ^{ns}	67.14	73.98	71.76	69.31
NFE	91.92 ^{ab}	91.17 ^b	92.45 ^{ab}	94.09 ^a	92.78 ^{ab}

1) ^{ns}: Not significant.

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

Table 4. Effects of CMHW on the energy partitioning and utilization in pigs

Item	Treatment	Control	Dried CMHW		Grinded CMHW	
			2.5%	5.0%	2.5%	5.0%
Energy intake (kcal/kg/day)		167.48	127.26	136.57	169.83	170.68
Energy in feces (kcal/kg/day)		19.62	16.94	16.69	17.78	15.76
Digestible energy (kcal/kg/day)		147.86 ^{a1)}	110.32 ^b	119.88 ^b	152.06 ^a	154.92 ^a
Energy utilization (%)		88.37 ^{ab}	86.75 ^b	87.97 ^{ab}	89.51 ^{ab}	90.79 ^a

1) a, b Means in the same row with different superscripts are significantly different (P<0.05).

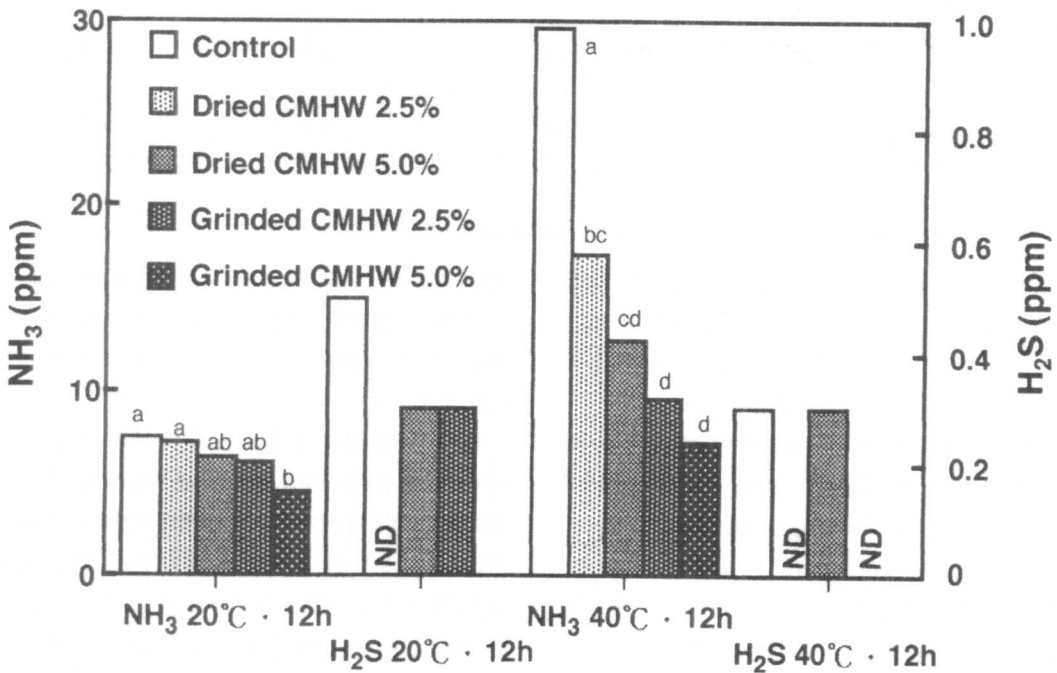


Fig. 1. Effects of CMHW on the ammonia and hydrogen sulfide for pigs. ND : Not detected.

분으로 나온 에너지는 대조구에 비해 다른 처리구에서 낮은 경향을 보였다. 가스화 에너지의 경우에, 분쇄한 CMHW를 첨가한 구가 대조구와 건조한 CMHW를 첨가한 사료를 섭취한 처리구보다 증가하는 경향을 나타냈다. 에너지 이용율에서는 대조구와 각각의 처리구간에는 유의적인 차이가 없었으나, 분쇄한 CMHW를 5.0% 첨가한 사료를 섭취한 구가

건조한 CMHW를 2.5%첨가한 사료를 섭취한 구보다 유의적 (P<0.05)으로 높은 수치를 나타냈다.

그림 1은 대사시험중의 마지막 3일간 분중 가스발생량을 측정된 결과이다. 가스발생량은 단백질 소화율이 높았던 분쇄 2.5% 첨가구에서 암모니아 발생량이 낮게 나타난 것은 체내 이용율이 높은데서 기인한 것으로 판단된다.

Table 5. Effects of CMHW on the feeding performance for growing pigs(30~50kg)

Item	Treatment	Control	2.5% CMHW	5.0% CMHW
Feed intake (DM kg/head/day)		1.990 ^{ns1)}	1.980	1.960
Body weight gain (g/head/day)		801 ^{ns}	815	856
Feed conversion ratio (feed/gain)		2.53 ^{ns}	2.44	2.30

1)^{ns}: Not significant.

Table 6. Effects of CMHW on the feeding performance for finishing pigs(60~100kg)

Item	Treatment	Control	2.5% CMHW	5.0% CMHW
Feed intake (DM kg/head/day)		2.746 ^{ns1)}	2.829	2.853
Body weight gain (g/head/day)		809 ^{a2)}	827 ^a	873 ^b
Feed conversion ratio (feed/gain)		3.39 ^{ns}	3.42	3.27

1)^{ns}: Not significant.

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

질소균형 및 농축아미노산 첨가에 의한 분뇨로의 질소배설 감소에 관한 보고결과 및 특별원료의 선발을 통한 항영양적 요소 감소로 질소배설의 감소를 보인결과(Jongblod 와 Lenis, 1991)와 같은 원인으로 추측되어 진다.

최근 기별사양 및 성별사료를 통한 사료단백질을 감소시키기 위한 이상적인 단백질수준에 기초한 사료로서 분에서의 질소배설량을 감소시킨 결과(Bridges 등., 1994; Cromwell 과 Cofley, 1993; Jongbloed 와 Lenis, 1993; Hartling 과 Phillips, 1994)의 보고에서 알 수 있듯이 구체적인 응용 결과를 측정하기 위하여 사육시험을 실시하였다.

2. 사육시험 및 가스발생량

대사시험 결과 선발된 처리구를 이용하여 육성돈 및 비육돈사료의 단계별이용을 통하여 적절한 첨가수준 및 시기를 알아보고자 육성성적 및 가스발생량을 측정하였다.

Table 5에서는 육성돈에 흑염소 증탕부산물을 첨가급여한 육성성적을 나타냈다. 각 처리구별 사료섭취량, 증체량, 사료 요구율간의 변화는 유의적인 차이가 나타나지 않았으나, 각

처리구별 증체량은 대조구, CMHW 2.5%, 5.0% 첨가구 순으로 조금씩 증가하는 경향을 보였다. 사료요구율에서도 대조구, CMHW 2.5%, 5.0% 첨가구 순으로 조금씩 낮아지는 것을 볼 수 있다.

평균체중 60kg전후의 비육돈을 이용하여 출하체중까지 급여시험을 한 결과는 Table 6에 나타난 바와 같다. 각 처리구간의 사료섭취량에 있어서는 처리구에서 약간씩 증가하는 경향을 나타냈으나 유의적인 차이는 나타나지 않았다. 반면에 증체량에 있어서는 CMHW 5.0% 첨가구에서 Control과 CMHW 2.5% 첨가구보다 유의적(P<0.05)으로 높게 나타났다. 사료요구율면에서 각 처리구간 유의적인 차이는 나타나지 않았다.

그림 2는 비육돈에 대한 육성기간 동안의 각 처리구별 사료섭취량의 변화를 나타낸 것이다. 대조구, CMHW 2.5%, 5.0%첨가구 순으로 사료섭취량이 조금씩 상승하는 것을 볼 수 있다. 그림 3은 비육기간 동안의 증체량의 변화를 나타낸 것으로 사료섭취량과 마찬가지로 대조구, CMHW 2.5%, 5.0%첨가구 순으로 조금씩 증가하는 경향을 나타내었다. 그림 4는 사료요구율의 변화를 나타낸 것으로 대체적으로 대조

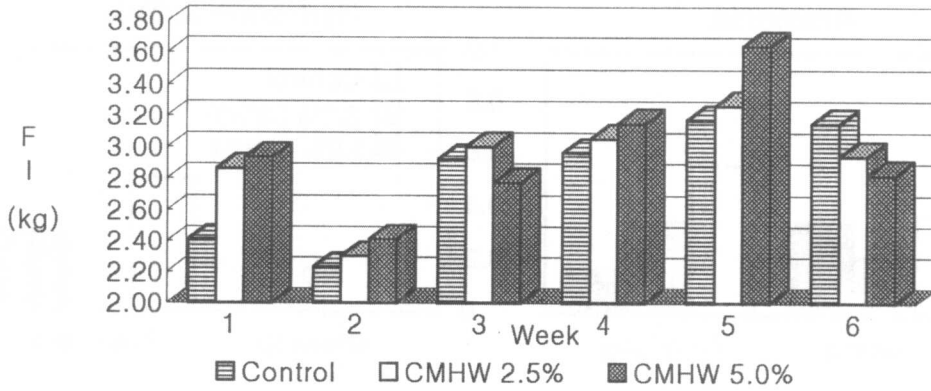


Fig. 2. Changes with lapse of week in FI for pigs

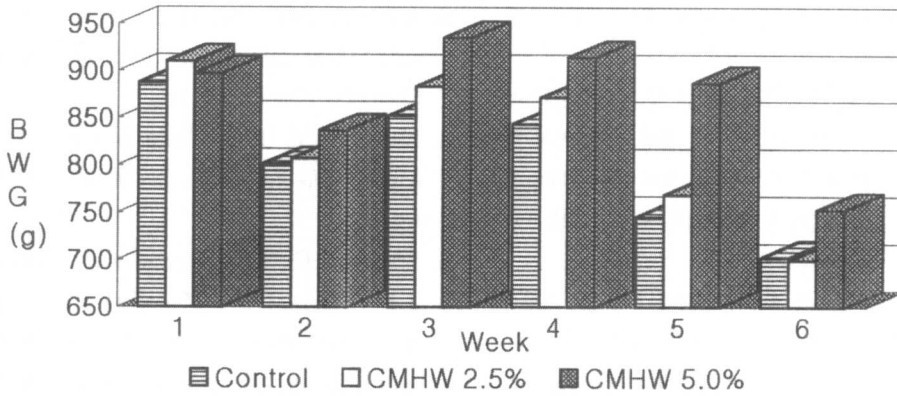


Fig. 3. Changes with lapse of week in BWG for pigs

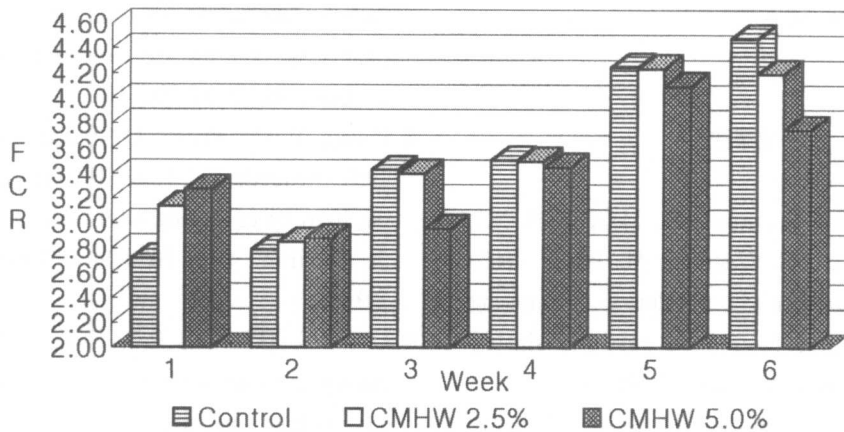


Fig. 4. Changes with lapse of week in PCR for pigs

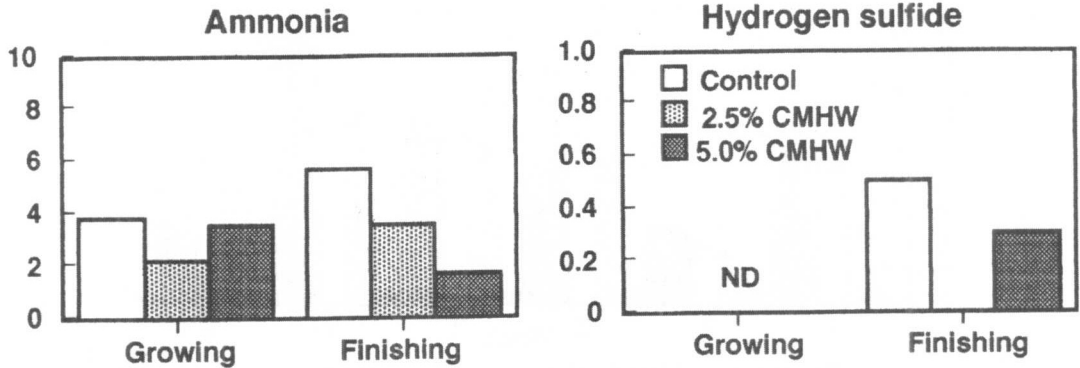


Fig. 5. Effects of CMHW on the ammonia and hydrogen sulfide for pigs
 ND : Not detected.

구, CMHW 2.5%, 5.0% 첨가구 순으로 낮아지는 경향을 볼 수 있다. 한편 사육시험기간 돈사내의 가스발생량을 측정 한 결과는 그림 5에서 보는 바와 같다.

암모니아가스 발생량의 경우에 육성돈 및 비육돈 모두 시험구에서 낮아지는 경향이 나타났으며, 또한 육성돈사에 비하여 비육돈사의 경우에 유의적($P < 0.05$)으로 높은 결과는 분배설량의 증가 및 소화율이 낮아지는데서 오는 결과라 판단 된다.

한편 유탄수소의 경우에 배설과 동시에 휘산되는 특성상 가스측정기에 의한 검지결과 거의 검출되지 않았다.

위의 결과를 토대로 국내에서 비교적 대량생산되고 있는 흑염소증탕 부산물의 사료가치가 있는 것으로 밝혀졌고, 결과적으로 분중 질소배설량의 감소를 가져와 가스발생량 또한 저하되는 것으로 나타났다. 이에 대한 이용가치를 증진시키기 위하여 다른 사료성분과의 혼합을 포함한 보다 구체적인 연구는 추후 수행할 예정이다.

인용문헌

1. Aarnink, A. J. A., Keen, A., Metz, J. H. M., Speelman, L., and Verstegen, M. W. A. 1995. Ammonia emission patterns during the growing periods of pigs housed on partially slatted floors. *J. agric. Engng Res.* 62: 105-116.
2. Anderson, M. 1996. Performance of bedding materials in affecting ammonia emissions from

3. A.O.A.C. 1990. Official methods of analysis(15th ed). Association of Official Analytical Chemists. Washington. D.C.
4. Blendl, H.M. 1975. There is a cure to control odours. *Die Landtech Z.* Oct;26(10): 681-83, 685.
5. Bridges, T.C., L.W. Turner, G.L. Cromwell and J.L. Pierce.1994. Modeling the effects of diet formulation on nitrogen and phosphorous excretion in swine waste. Paper No.944524. Presented at Inter. ASAE Mtg. Atlanta, GA. December 13-16. pp. 26.
6. Canh, T. T., Verstegen, M. W. A., Aarnink, A. J. A., and Schrama, J. W. 1997. Influence of dietary factors on nitrogen partitioning and composition of urine and feces of fattening pigs. *J. Anim. Sci.* 75:700-706.
7. Chung, Y. C., Huang, C. P., and Tseng, C. P. 1996. Reduction of H₂S/NH₃ production from pig feces by controlling environmental conditions. *J. Environ. Sci. Health A Envir.* 31(1): 139-155.
8. Cromwell, G.L. and R.D. Coffey. 1993 Future strategies to diminish nitrogen and phosphorus in swine manure. Proceedings NPPC Environmental Symposium. "Meeting the

pig manure. *J. agric. Engng Res.* 65:213-222.

Environmental Challenge." Nov. 17-18. pp.20.

참고문헌

9. Cutis, S.E. Environmental Management in Animal Agriculture. Ames, IA:Iowa State university Press; 1983
10. Groenestein, C. M. and Faassen, H. G. 1996. Volatilization of ammonia, nitrous oxide and nitric oxide in deep-litter system for fattening pigs. J. agric. Engng Res. 65:269-274.
11. Hartung, J. and V.R. Phillips. 1994. Control of gaseous emissions from livestock buildings and manure stores. J. Agric. Eng. Res. 57: 173-189.
12. Jongbloed, A.W. and N.P. Lenis. 1993. Excretion on nitrogen and some minerals by livestock. Proceedings First International Symposium. Nitrogen Flow in Pig Production and Environmental Consequences pp. 22-36. EAAP Pub. No. 69. Pudoc, Wageningen, Netherlands.
13. Phillips, V. R., Scotford, I. M., White, R. P, and Hartshorn, R. L. 1995. Minimum-cost biofilters for reducing odours and other aerial emissions from livestock building: Part 1, basic airflow aspects. J. agric. Engng Res. 62: 203-214.
14. Rerat, A. 1996. Influence of the nature of carbohydrate intake on the absorption chronology of reduction sugars and volatile fatty acids in the pig. *Reprod. Nutri. Dev.* 36(1) 3-19.
15. Schulze, H., Saini, H. S., Huisman, J., Hessing, M., vanden Berg, W., and Verstegan, M.W.A. 1995. Increased nitrogen secretion by inclusion of soya lectin in the diets of pigs. *J. Sci. Agr.* 69(4) 501-510.
16. Steel, R. G. D and J. H. Torrie. 1980. Principle and Procedures of Statistics(2nd.ed.). McGraw-Hill Book Co., New York.
17. 고병대, 송영한. 1995. 한약재부산물과 비지박의 첨가 및 급여방법이 면양의 영양소소화율 및 섭취행동에 미치는 영향. *동물자원연구.* 6:10-23.
18. 박재현, 송영한. 1996. 건조비지 첨가가 육계 및 산란계의 생산성에 미치는 영향. *한축지.* 38(3) 205-214.
1. Apsimon, H. M., and M. Kruse-Plass. 1990. The role of ammonia as an atmospheric pollutant. In: V. C. Nielsen, J. H. Voorburg, and P. L'Herimite (Ed.) *Odour and Ammonia Emission from Livestock Farming.* P 17. Elsevier Applied Science, London.
2. Derikx, P.J.L., H. C. Willers, and P.J.W. Ten Have. 1994. Effect of pH on behavior of volatile compounds in organic manures during dry-matter determination. *Bioresource Technol.* 49: 41
3. Farnworth, E. R., H. W. Modler, and D. A. Mackie. 1995. Adding Jerusalem artichoke (*Helianthus tuberosus* L.) to weanling pig diets and the effect on manure composition and characteristics. *Anim. Feed Sci. Technol.* 55:153
4. Frency, J. R., J. R. Simon, and O. T. Denmead. 1983. Volatilization of ammonia. *Dev. Plant Soil Sci.* 9:1
5. Haydon, K. D., and J. W. West. 1990. Effect of dietary electrolyte balance on nutrient digestibility determined at the end of the small intestine and over the total digestive in growing pigs. *J. Anim. Sci.* 68:3687
6. Hobbs, P. J., Misselbrook, T. H, and Pain, B. F. 1995. Assessment of odours from livestock by a photoionization detector, an electronic nose, olfactometry and gas chromatography-mass spectrometry. *J agric. Engng Res.* 60: 137-144.
7. Imoto, S., and S. Namioka. 1978. Volatile fatty acid production in the pig large intestine. *J. Anim. Sci.* 47:479-487.
8. Kirchgessner, M., M. kreuzer, A. Machmuller, and D. A. Roth-Maier. 1993. Evidence for a high efficiency of bacterial protein synthesis in the digestive tract of adult sows fed supplements of fibrous feedstuffs. *Anim. Feed*

Sci. Technol. 46:293

9. Sommer, S. G. and Sherlock, R. R. 1996. pH and buffer component dynamics in the surface layers of animal slurries. *J. Agr. Sci.* 127: 109-116.
10. Spoelstra, S. F. 1979. Volatile fatty acids in anaerobically stored piggery wastes. *Neth. J. Agric. Sci.* 27:60
11. 채영암외. 1993. 기초생물통계학. 향문사. P. 256.
12. 한국사료협회. 1993. 사료분석실습실무교재. 사료기술연구소.