

Contamination Analysis of Heavy Metals in Commercial Feed for the Production of Safe-Animal Products

Jung-Mi Kang, Sang-Buem Cho¹, Soo-Ki Kim¹, Sang-Suk Lee² and Si-Kyung Lee*

Department of Food Technology, Graduate School of Agriculture and Animal Science, Konkuk University, Seoul 143-701, Korea

¹*Department of Animal Production and Environment Science, Konkuk University, Seoul 143-701, Korea*

²*Department of Animal Science and Technology, Suncheon University, Jeollanam-do 540-742, Korea*

Received January 26, 2010 / Accepted April 29, 2010

The safety of animal feed was evaluated by analyzing the levels of heavy metals (Pb, Cr, Cd, As, Se and Ag) in cattle, swine, and poultry feeds and the levels of Cu, Zn and P in swine feed. Feeds used in the analysis were produced in Korea from 2004 through the first half of 2007. The results of the study revealed that, with the exception of Cd, the concentration of heavy metals were much lower than the Minimum Regulation Levels (MRLs). However, the Cd concentration exceeded the MRL in 1 of 987 swine feed samples in 2005, as well as in 4 of 1,239 swine feed samples and 1 of 778 poultry feed samples in 2006. The levels of Cu, Zn and P in swine feed were compared with the swine breeding standard. The results of this analysis revealed that the Cu concentrations in the samples exceeded the MRL for growing pigs by 0.97%, and that for finishing and breeding pigs by 9.9%. In addition, the Cu levels (80.98 ppm for piglet, 44.82 ppm for growing pigs, 19 ppm for finishing and breeding pigs) in swine feed showed higher levels compared to 3.5-6.0 ppm, which is the Cu requirement for swine. Furthermore, the results of the Zn analysis revealed that the samples exceeded the MRL for piglets, growing pigs, and finishing and breeding pigs by 5.7%, 7.7%, and 9.3%, respectively. Finally, the average concentration of P in swine feed was 0.74%, which is almost the same as the phosphate requirement for swine.

Key words : Feed, heavy metals, minimum regulation levels (MRL)

서 론

축산식품의 안전성에 대한 소비자의 인식이 매년 높아지고 있는 가운데, 안전한 축산물을 지속적으로 생산하여 보급하는 것은 국민 건강을 위하여 매우 중요하다. 따라서 사료공장에서 생산하는 배합사료의 안전한 관리를 위하여 이와 관련된 각종 위해요소중점관리기준(Hazard Analysis Critical Control Point, HACCP)을 사료관리법에 명시하고 있으며, 농림부는 2005년부터 사료공장 HACCP인증제도를 도입하여 위해 요소에 대한 체계적인 관리에 지속적인 노력을 기울이고 있다. 사료 위해 요소 중에서 중금속은 가축 및 사람에게 축적될 수 있으므로 안전한 축산식품 생산과 인체의 건강을 위하여 반드시 검사해야 하는 중요한 항목 중의 하나이다[8,10]

납, 수은 및 카드뮴 등은 공해물질로 생체에 해로운 영향을 미치는 유해중금속으로 구분된다. 유해중금속에 오염된 축산식품이 인체 내로 흡수되면 체내 물질과 결합하여 잘 분해되지 않는 유기복합체를 형성하여 체외로 빨리 배출되지 않고 간장과 신장 등의 장기나 뼈에 축적 되어 조직의 손상을 일으킨다[2,9,15,18]. 따라서 안전한 축산식품 생산을 위하여서는

가축의 생산단계에서 중요한 관리 요인 중의 하나인 배합사료에서부터 각종 위해 요소를 잘 조사하여야 한다. 우리나라에서는 Cho 등[1]이 양돈사료 내 카드뮴, 납 및 비소에 대한 유해중금속의 잔류량을 조사 보고하였고, 최근 사료 중 곰팡이 독소인 ochratoxin A 및 aflatoxin오염도에 대하여 연구를 보고한 바 있다[5,6]. 그러나 축종별(소, 돼지 및 닭) 사료 내 중금속 오염실태에 관한 분석 연구는 국내외적으로도 거의 없는 실정이다.

따라서 본 연구에서는 2004년도부터 2007년도 상반기까지 우리나라의 소, 돼지, 그리고 닭의 배합사료에 있어서 중금속(납, 크롬, 카드뮴, 비소, 셀레늄 및 수은)의 오염도를 조사하였으며, 특히 양돈용 배합사료에 있어서는 구리, 아연 및 인 함량을 추가적으로 분석하였다.

재료 및 방법

시험재료

축종별 배합사료의 중금속 오염도(납, 크롬, 카드뮴, 비소, 셀레늄 및 수은) 조사와 양돈사료 중 구리, 아연 및 인 함량 분석을 위한 시료로서 2004년도부터 2007년 상반기까지 국내 사료 제조공장에서 생산된 사료로부터 샘플을 수집하였다. 시료는 사료관리법의 시료 채취요령에 따라서 무작위 추출법으로 포대 또는 톤당 1 kg을 채취하여 골고루 혼합한 후 4분법으

*Corresponding author

Tel : +82-2-450-3759, Fax : +82-2-456-7183

E-mail : lesikyung@konkuk.ac.kr

로 500 g을 시료로 사용하였다.

중금속 분석 방법

수은 분석을 위한 L-cysteine은 GR급(Nacalai tesque, Japan), 첨가제로 HG-MHT, HG-BHT (Nippon Instrument, Japan)를 사용하였다. 표준물질은 Merck사의 ICP 분석용을 사용하여 working solution을 조제하였다. 수은 정량 분석을 위하여 sample changer를 장착한 mercury analyzer를 사용하였다(Nippon Instrument Co. Ltd, Mercury Analyzer SP-3DS, Osaka, Japan). 그 외 성분은 ICP-AES (Inductively Coupled Plasma- Atomic Emission Spectrometry, Jobin Yvon Co. Ltd, JY Ultima plus. France)를 사용하였다. 수은분석은 시료 boat에 첨가제 HG-MHT를 균일하게 깔고 그 위에 시료 50 µg을 칭량한 후 다시 첨가제 HG-MHT, HG-BHT 및 HG-MHT를 순차적으로 덮고 sample changer에 세팅한 다음 수은자동 분석기로 정량 하였다. 구리, 아연 및 인 분석은 시료 약 4-5 g을 600°C 전기회화로에서 2시간 이상 회백색이 될 때까지 회화시켰다. 상온으로 식힌 후 50% 염산 20 ml을 가하고 hot plate에서 완전 분해시켰으며 증류수를 이용하여 분해액을 100 mL로 희석한 후에 여과지(Whatman No 6)로 여과한 액을 ICP-AES로 정량 하였다. 납, 카드뮴 및 크롬의 분석은 시료 약 10 g을 550°C 전기 회화로에서 12시간 회화시키고 상온으로 냉각한 후에 50% 염산 30 ml을 가하였다. 염산 혼합액을 시계접시를 덮고 가열판에서 분해액이 무색이 될 때까지 가열 분해 후 증류수를 이용하여 분해액을 100 ml로 희석한 후에 상기와 같이 여과한 액을 ICP-AES로 정량 하였다. 비소와 셀레늄 분석은 시료 약 5 g에 질산 20 ml을 가하고 2-3시간 방치한 뒤 150°C hot plate에서 3시간 동안 투명한 용액일 될 때까지 가열 분해시켰고 증류수를 이용하여 분해액을 100 ml로 희석하고 여과한 액을 ICP-AES로 정량 하였다. 분석파장은 Pb 220.353 nm, Cr 267.716 nm, Cd 228.802 nm 그리고 As 193.696 nm, Se 196.025 nm, Cu 324.754 nm, Zn 213.856 nm, P 213.618 nm의 조건에서 측정하였다. 중금속의 검출한계는 수은 0.001 mg/kg, 납 0.01 mg/kg, 크롬 0.002 mg/kg, 카드뮴 0.001 mg/kg, 비소 0.07 mg/kg, 셀레늄 0.006 mg/kg으로 나타났으며, 연구수행에 활용된 분석방법의 적합성을 판단하기 위한 회수율과 변이율은 한국표준과학연구원에서 조제한 CRM 108-01-021(금속원소분석용 쌀 분말 표준물질)을 시료분석과 동일한 과정으로 3반복 실험하여 구하였다. CV ([표준편차/평균] x 100, %) 값은 수은 3.66%, 납 1.29%, 크롬 3.39%, 카드뮴 2.95%, 비소 12.74%, 구리 3.60%, 아연 1.97%였다.

결과 및 고찰

소, 돼지 및 닭 사료에 있어서 중금속(납, 크롬, 카드뮴, 비소, 셀레늄 및 수은)의 분석

2004년도부터 2007년도 상반기까지 생산된 축종별 사료의

샘플들에 대한 중금속 오염을 조사하였다. 축종별 사료는 각 사양단계의 사료들을 분석에 사용하였다. 육우와 젖소용 소사료, 돼지사료 및 닭사료에 대한 분석결과는 Table 1과 같다. 배합사료 내 유해물질의 범위 및 허용기준(농림부 고시 제 2004-72)에 따르면 납 10 ppm, 크롬 100 ppm, 카드뮴 1.0 ppm, 비소 10 ppm, 셀레늄 2 ppm, 수은 0.4 ppm 이하로 규정되어 있다. 2004년도 소사료, 돼지사료 및 닭사료에서 납, 크롬, 카드뮴, 비소, 셀레늄 및 수은의 분석결과는 허용기준에 적합하였으며 초과된 성분은 없었다. 2005년도에 생산된 사료를 각 성분별로 분석한 결과 돼지사료에서 카드뮴 1점이 2.77 ppm으로 허용기준을 초과하였다. Cho 등[1]이 사료 중의 유해중금속을 조사한 바에 의하면 돼지사료에서 카드뮴, 납, 그리고 비소의 평균 함량이 각각 0.90-0.51 ppm, 5.84-5.25 ppm, 2.41-0.84 ppm이었다. 이들 함량은 허용기준에는 모두 적합하나 본 연구의 2004년도부터 2007년 상반기까지의 돼지사료의 각각의 중금속 평균 함량인 0.07±0.04 ppm, 0.19±0.27 ppm, 0.51±0.59 ppm과 비교하였을 때 훨씬 높은 수치이다. 2006년도에 생산된 배합사료의 중금속을 분석한 결과 카드뮴이 돼지사료에서 4점(1.22 ppm, 1.29 ppm, 1.76 ppm, 2.96 ppm)과 닭사료에서 1점(1.65 ppm)이 각각 허용기준치를 초과하여 검출되었다. 2006년도의 크롬과 비소 함량은 2004년도 및 2005년도와 비교 하였을 때 다소 높은 경향을 보였으며, 이는 배합된 수입 원료의 문제 일 것으로 사료된다. 2007년도에는 허용기준이 초과된 성분은 없었다. 한편 Son [16]이 1999년도부터 2003년까지 조사한 배합사료 중 소사료, 돼지사료 및 닭사료의 유해중금속 평균함량을 조사한 결과에 의하면 소사료에서 납이 0.43 ppm, 크롬 0.98, 카드뮴 0.08, 비소 0.12, 셀레늄 0.07 및 수은 0.05 ppm이 검출되었다. 돼지사료에서는 납이 0.29 ppm, 크롬 0.96, 카드뮴 0.11, 비소 0.08, 셀레늄 0.20 및 수은 0.03 ppm이 검출되었으며, 닭사료에서 납이 0.37 ppm, 크롬 1.44, 카드뮴 0.10, 비소 0.29, 셀레늄 0.07 및 수은 0.03 ppm이 검출되었다. 소사료와 돼지사료에서는 허용기준치를 초과한 성분이 없었고 닭사료에서 카드뮴 1점이 초과된 것으로 조사하였다. Son [14]의 결과와 2004년부터 2007년 상반기까지의 축종별 중금속 평균함량과 본 연구의 결과와 비교하였을 때, 닭사료의 크롬을 제외한 모든 축종의 크롬, 비소 및 셀레늄은 다소 증가하는 경향으로 나타났으며 수은의 함량은 감소되는 경향을 보였다. 한편, 크롬은 현재 필수 광물질로 분류되어 있으며[12], 3가 크롬은 포유류의 단백질 및 핵산의 대사, 지방과 탄수화물의 흡수 및 에너지환원에 관한 신진대사 작용에 없어서는 안 될 필수 영양성분이라고 밝히고 있다[13]. 셀레늄은 지방 과산화물의 독성을 제거하고 과산화물에 의한 손상으로 부터 세포 및 세포기관을 보호하는 효소인 glutathione peroxidase의 구성성분이 된다[3]. 이들 중금속은 미량원소로써 필수적이기 때문에 사료에 있어 법적 허용기준치 이내에서 적정 함량에 대한 구체적인 연구가 필요할 것으로 사료된다.

Table 1. Average concentration of heavy metals in animal feeds (Unit: ppm)

Year	Substances	Cattle feed (Beef and dairy)	Swine feed	Poultry feed
2004	Pb	0.45±0.91 ^a	0.27±0.38	0.63±0.60
	Cr	0.94±0.48	0.91±1.02	1.33±1.97
	Cd	0.04±0.04	0.07±0.07	0.10±0.08
	As	0.52±1.00	0.49±0.97	0.43±0.50
	Se	0.67±0.80	0.35±0.48	0.46±0.54
	Hg	0.004±0.002	0.005±0.004	0.002±0.002
	Number of exceeding the permitted limits (No. of samples)	0 (1,330)	1 (1,333)	0 (623)
2005	Pb	0.23±0.44	0.15±0.32	0.26±0.37
	Cr	0.91±1.00	0.61±0.66	0.71±0.77
	Cd	0.03±0.08	0.05±0.07	0.05±0.05
	As	0.42±0.59	0.45±0.50	0.35±0.49
	Se	0.39±0.19	0.35±0.38	0.43±0.55
	Hg	0.004±0.003	0.002±0.002	0.004±0.004
	Number of exceeding the permitted limits (No. of samples)	0 (1,391)	4 (987)	1 (678)
2006	Pb	0.41±0.89	0.14±0.16	0.19±0.21
	Cr	2.09±1.57	1.23±0.91	1.76±1.90
	Cd	0.04±0.04	0.06±0.007	0.05±0.04
	As	0.77±0.59	0.62±0.54	0.62±0.57
	Se	0.33±0.25	0.41±0.39	0.54±0.47
	Hg	0.002±0.002	0.004±0.004	0.003±0.003
	Number of exceeding the permitted limits (No. of samples)	0 (1,422)	0 (1,239)	0 (778)
2007	Pb	0.65±1.20	0.19±0.22	0.33±0.44
	Cr	1.83±0.97	1.50±0.79	1.46±1.83
	Cd	0.04±0.02	0.09±0.03	0.07±0.04
	As	0.39±0.36	0.46±0.35	0.66±0.31
	Se	0.28±0.31	0.16±0.20	0.41±0.39
	Hg	0.001±0.002	0.002±0.002	0.001±0.001
	Number of exceeding the permitted limits (No. of samples)	0 (535)	0 (525)	0 (396)
Mean (2004~2007)	Pb	0.44±0.86	0.19±0.27	0.35±0.40
	Cr	1.44±1.01	1.06±0.85	1.32±1.62
	Cd	0.04±0.05	0.07±0.04	0.07±0.05
	As	0.53±0.64	0.51±0.59	0.52±0.47
	Se	0.42±0.39	0.32±0.36	0.46±0.49
	Hg	0.003±0.002	0.003±0.003	0.002±0.002
	Number of exceeding the permitted limits (No. of samples/year)	0 (1,176)	0 (1,021)	0 (619)

^aValues are means±standard deviation with triplicates.

돼지 배합사료 중 구리, 아연 및 인의 함량 분석

2004년에서 토양오염으로 규제가 강화된 2005년부터 2007년 상반기까지 이유자돈, 육성돈 그리고 비육돈과 종돈용 사료의 구리, 아연 및 인 함량의 평균치, 최대치 및 최소치에

대한 분석 결과를 Tables 2~4에 각각 나타내었다.

구리의 함량 분석

구리는 환경오염 방지를 위하여 사료관리법 제 14조에 의해 성분 함량을 제한하여 허용기준 이내에서 사용하도록 되어있

Table 2. Concentration of copper in swine feeds

(Unit: ppm)

Year	No. of samples	Classification of samples	Average content \pm SD ^a	Minimum content	Maximum content	Ratio of exceeding the permitted limits(%)
2004	36	Piglet	105.53 \pm 17.17	66.21	156.77	0
	40	Growing pig	69.04 \pm 25.50	11.68	124.74	0
	38	Finishing and breeding pigs	24.90 \pm 5.98	9.70	47.21	13.1
2005	55	Piglet	74.26 \pm 28.98	9.11	121.38	0
	52	Growing pig (Early periods)	57.67 \pm 27.11	5.52	106.66	0
	22	Growing pig (Late periods)	33.90 \pm 13.54	5.70	58.96	0
	62	Finishing and breeding pigs	19.75 \pm 10.81	6.10	73.96	9.6
2006	97	Piglet	73.34 \pm 28.84	6.11	118.14	0
	96	Growing pig (Early periods)	53.00 \pm 27.25	4.45	95.77	0
	29	Growing pig (Late periods)	28.98 \pm 14.74	4.44	76.47	6.8
	81	Finishing and breeding pigs	14.93 \pm 5.31	4.06	76.91	8.6
2007	60	Piglet	70.80 \pm 34.32	7.86	135.11	0
	47	Growing pig (Early periods)	41.53 \pm 29.56	5.61	107.70	0
	7	Growing pig (Late periods)	29.59 \pm 10.18	17.12	43.96	0
	48	Finishing and breeding pigs	16.42 \pm 5.06	7.01	57.67	8.3
Mean (2004~2007)	62	Piglet	80.98 \pm 27.32	22.32	132.85	0
	42	Growing pig	44.82 \pm 21.13	7.79	87.75	0.97
	57	Finishing and breeding pigs	19.00 \pm 6.79	6.72	63.94	9.9

^aSD means standard deviation with triplicates.

으며, 2005년부터 사료 중 특정성분 함량 제한기준(사료관리법 제16조에 의한 사료공정서)에 포유자돈 및 이유 후 자돈은 135 ppm 이하(2004년 170 ppm), 육성돈 전기용은 130 ppm (2004년 130 ppm), 육성돈 후기용은 60 ppm (2004년 130 ppm), 비육돈 및 종돈용은 25 ppm (2004년 35 ppm) 이하로 규정되어 있다. Table 2에서와 같이 2004년도에는 비육돈 및 종돈용 사료(총 샘플 38점) 중 에서 5점이 허용기준을 초과하여 검출되었다(13.1%). 2005년도에는 비육돈 및 종돈용(총 샘플 62점) 사료 중 6점이 허용기준을 초과하여 검출되었다(9.6%). 이 중 가장 높게 나타난 구리 함량은 73.96 ppm으로 허용 기준치의 약 3배 정도 높은 것으로 나타났다. 2006년도에는 육성돈 후기용 사료 샘플 총 29점 중 2점이 허용기준을 초과하였으며(6.8%), 비육돈 및 종돈용 사료를 총 81점 중 7점이 허용기준을 초과하여 검출되었다(8.6%). 2007년도에는 비육돈 및 종돈용 4점이 허용기준을 초과하여 검출되었다(8.3%). 2004년부터 2007년 상반기까지 육성돈 후기용과 비육돈 및 종돈용의 허용 기준을 초과하여 검출되는 각각의 평균비율은 0.97%와 9.9%로 나타났으며, 비육돈 및 종돈용 사료가 훨씬 높게 검출되어 이에 대한 중점관리가 필요한 것으로 판단되었다. Sung (2005)에 의하면 돼지 사육에 이용되고 있는 사육단계별 배합사료 내 구리함량 분석결과 자돈용 사료에서 95.86-142.66 ppm, 육성돈용 사료에서 76.29-98.59 ppm, 비육 종돈용 사료에서 19.14-31.40 ppm이 검출되었다고 하며[17], 이는 본 연구의 분석결과와 비교하였을 때 비슷하거나 다소 높았다. 돼지의 성장단계별 구리 요구량은 NRC 사양표준[11]과 JRC 사양표준[7]에서 비육 종돈용, 육성돈용, 자돈용 모두 평균 3.5-6.0 ppm

으로 제시하였다. 이러한 구리 요구량과 국내의 제한기준을 비교해 볼 때 수십 배가 넘는 것을 알 수 있다. 따라서 돼지의 체내에서 충분히 이용되지 못한 구리는 배설물로 다량 배출되어 토양오염의 문제점으로 나타날 것으로 사료된다. 한편 돼지사료 중 구리는 철과 함께 빈혈을 예방하는데 필수적이며 [14], 또한 헤모글로빈을 합성하고 정상적 대사에 필요한 산화효소들을 합성하고 활성화하기 위해 필요하며 결핍될 경우 아연의 이용률이 낮아지고 조혈기능이 낮아지게 된다. 이로 인한 적혈구 감소로 빈혈, 다리굴절 및 심장과 혈관이상 등의 증상이 나타날 수 있다[4].

아연의 함량 분석

2004년도에서 2007년도 상반기까지 양돈사료의 아연농도에 대한 분석결과는 Table 3과 같다. 아연은 사료 중 특정성분 함량 제한기준(사료관리법 제16조에 의한 사료공정서)에 포유자돈 및 이유 후 자돈용은 120 ppm 이하, 육성돈 전기용은 100 ppm, 육성돈 후기용은 75 ppm, 비육돈 및 종돈용은 75 ppm 이하로 규정되어 있다. 2004년부터 2007년 상반기까지의 자돈용, 육성돈용, 비육돈 및 종돈용에 있어서 아연 허용기준을 초과하여 검출되는 평균비율은 각각 5.7%, 7.7%, 그리고 9.3%로 나타났으며, 비육돈 및 종돈용 사료가 가장 높게 검출되었다. 2007년도로 갈수록 제조년도에 따라 아연의 평균함량과 허용기준초과 점수가 낮아지고 있었다. 그러나 2006년도에 육성돈 후기용에 있어서 허용기준초과 점수는 17.8%로 가장 높게 나타났다. 돼지의 성장단계별 아연 요구량은 NRC 사양표준[12], JRC 사양표준[7]에서 자돈용 100 ppm, 비육 종돈용 및 육성돈용 50 ppm으로 제시하였다. 아연 제한기준은 돼지

Table 3. Concentration of zinc in swine feeds

(Unit: ppm)

Year	No. of samples	Classification of samples	Average content±SD ^a	Minimum content	Maximum content	Ratio of exceeding the permitted limits(%)
2004	18	Piglet	108.98±20.11	76.77	277.26	11.1
	50	Growing pig	87.31±14.08	31.00	135.18	12.0
	31	Finishing and breeding pigs	80.81±11.42	53.27	106.70	12.9
2005	52	Piglet	92.22±21.77	45.10	229.75	5.7
	48	Growing pig (Early periods)	77.61±21.89	34.71	245.05	8.3
	22	Growing pig (Late periods)	68.59±11.22	29.00	173.59	9.0
	46	Finishing and breeding pigs	63.71±10.06	36.80	123.87	13.0
2006	86	Piglet	89.20±19.77	34.78	216.42	3.4
	102	Growing pig (Early periods)	72.20±17.77	28.98	182.03	4.9
	28	Growing pig (Late periods)	61.63±14.92	26.75	178.47	17.8
	105	Finishing and breeding pigs	59.30±12.73	28.35	122.00	7.6
2007	38	Piglet	79.73±23.99	30.25	177.64	2.6
	50	Growing pig (Early periods)	59.84±21.05	26.97	112.14	2.0
	7	Growing pig (Late periods)	63.20±7.84	52.48	77.65	0
	52	Finishing and breeding pigs	56.52±13.63	31.91	97.97	3.8
Mean (2004~2007)	49	Piglet	92.53±43.86	46.73	225.27	5.7
	44	Growing pig	70.05±15.54	32.84	157.73	7.7
	59	Finishing and breeding pigs	65.09±11.96	37.58	112.64	9.3

^aSD means standard deviation with triplicates.

Table 4. Concentration of phosphorus in swine feeds

(Unit: %)

Year	No. of sample	Average content±SD ^a	Minimum content	Maximum content
2004	181	0.67±0.13	0.40	1.22
2005	83	0.76±0.11	0.55	1.01
2006	34	0.78±0.17	0.61	1.34
Mean (2004~2006)	99/year	0.74±0.14	0.52	1.19

^aSD means standard deviation with triplicates.

성장에 필요한 요구량보다 다소 높은 수준이다. 아연은 돼지의 대사작용에 관여하는 여러 효소와 인슐린의 구성성분으로 단백질, 탄수화물 및 지방의 대사작용에 중요한 역할을 하며, 만약 아연이 부족할 경우 피부의 각화현상으로 부전각화증이 발생하고 성장을 저하, 산자수 감소, 분만 자돈의 체중감소 등이 나타날 수 있다[4]. 한편 양돈용 배합사료에 첨가하는 아연의 수준과는 별도로, 아연화합물의 사용은 일반적인 요구량과는 별도로 약리학적 수준인 2,000 ppm 이상을 첨가할 경우 성장촉진효과, 사료섭취량 증가, 사료효율개선과 세균성 설사방지 등의 효과는 물론 항병작용 기능까지 겸한다고 보고 하였다[4]. 현재 포유자돈 및 이유 후 자돈용 사료에서 설사방지를 위하여 2,500 ppm 이하의 산화아연(ZnO) 첨가를 허용하고 있다.

인의 함량 분석

연도별 돼지사료 중의 인 분석은 자돈용, 육성돈용, 비육돈용 그리고 종돈용 모든 사료를 사용하여 결과를 산출하였고, 그 결과는 Table 4와 같다. 2004년도 평균함량은 0.67%, 2005년도 0.76%, 2006년도 0.78%로 나타났다. 양돈사료의 평균 인

함량은 0.74%로 검출되어 사료 내의 인 요구량과 요구량과 비슷한 수준을 유지하고 있었다. 인은 성장에 관여할 뿐만 아니라 뼈의 경화와 사지의 정상적인 발달에 관여한다. 사료 내 인의 함량을 늘리는 것은 성장속도를 빠르게 하기 위한 것이 아니라 뼈의 경화 촉진을 위해 필요한 것이다. 사료 중 인의 요구량은 어린 웅돈에서 7.5 g/kg이 필요하며 성장한 웅돈에서 6.0 g/kg으로 권장되고 있다. 현재 인의 배합사료 내 허용기준은 설정되어있지 않은 상태이나, 다량의 인의 배출은 부영양화 등 환경오염 문제를 야기하기 때문에 앞으로 축종별 사료 내 허용기준을 규정할 필요가 있을 것으로 사료된다.

References

1. Cho, T. H., G. S. Chung, S. W. Son, J. M. Park, and K. S. Park. 1987. Residue of harmful heavy metals in swine tissue and feedstuff. *Kor. J. Food Hygiene* 2, 103-108.
2. Emanuelli, T., J. B. Rocha, M. E. Pereira, L. O. Porciuncula, V. M. Morsch, A. F. Martins, and D. O. Souza. 1996. Effect of mercuric chloride intoxication and dimercaprol treatment

- on delta-aminolevulinic acid dehydratase from brain, liver and kidney of adult mice. *Pharmacol. Toxicol.* **79**, 136-143.
3. Hakkarainen, J., P. Lindberg, G. Bengtsson, L. Jonsson, and N. Lannek. 1978. Requirement for selenium (as selenite) and vitamin E (as alphatocopherol) in weaned pigs. III. The effect on the development of the VESD syndrome of varying selenium levels with a low-tocopherol diet. *J. Anim. Sci.* **46**, 1001-1008.
 4. Hill, G. M., D. C. Mahan, S. D. Cater, G. L. Cromwell, R. C. Ewan, R. L. Harrold, A. J. Lewis, P. S. Miller, G. C. Shurson, and T. L. Veum. 2001. Effect of pharmacological concentrations of zinc oxide with or without the inclusion of an antibacterial agent on nursery pig performance. *J. Anim. Sci.* **79**, 934-936.
 5. Jang, H. S., H. J. Jo, K. E. Lee, and C. Lee. 2007. Survey of the presence of aflatoxins in compound feeds and feed ingredients. *J. Fd Hyg. Safety* **22**, 346-352.
 6. Jang, H. S., D. H. Kim, K. E. Lee, and C. Lee. 2007. Survey of the presence of ochratoxin A in compound feeds and feed ingredients distributed in Korea. *J. Fd Hyg. Safety* **22**, 353-358.
 7. JRC. 1993. Japanese Feeding Standard for Swine. Agriculture, Forestry and Fisheries Research Council Secretariat.
 8. Kan, C. A., and G. A. L. Meijer. 2007. The risk of contamination of food with toxic substances present in animal feed. *Anim. Feed Sci. Technol.* **133**, 84-108.
 9. Kim, J. H., J. K. Kim, and Y. D. Yoon. 2004. Evaluation of biological effect of low concentrations of mercury chloride (II) and ionizing radiation in the prepubertal male rats. *Korean J. Environ. Biol.* **22**, 411-418.
 10. Mantovani, A., F. Maranghi, I. Purificato, and A. Macri. 2006. Assessment of feed additives and contaminants: an essential component of food safety. *Ann. Ist. Super. Sanita.* **42**, 427-432.
 11. National Research Council. 1997. The role of chromium in animal nutrition. pp. 80, National Academy Press, Washington DC.
 12. National Research Council (USA). 1998. Nutrient requirements of swine. pp 131-132, 10th eds., National Academy Press, Washington D.C.
 13. Nielsen, F. and H. Chromium. 1994. In modern nutrition in health and disease. 8, pp 264-268, In Shils, M. E., Olson, J. A. and M. Shike. Lea & Febiger, Philadelphia.
 14. Osaki, S., D. A. Johnson, and E. Frieden. 1996. The possible significance of the ferrous oxidase activity of cruloplasmain in normal human serum. *J. Biol. Chem.* **241**, 2746-2750.
 15. Prankel, S. H., R. M. Nixon, and C. J. C. Phillips. 2004. Meta-analysis of feeding trials investigating cadmium accumulation in the livers and kidneys of sheep. *Environ. Res.* **94**, 171-183.
 16. Son, Y. B. 2003. A survey on the contamination degree of safety relating components in commercial feeds in Korea. Masters Thesis, Konkuk University, Seoul, Korea.
 17. Sung, J. K. 2005. The effect of liquid pig manure application on the amount of heavy metals in paddy soil. Masters Thesis, Changwon University, Changwon, Korea.
 18. Wilkinson, J. M., J. Hill, and C. J. Phillips. 2003. The accumulation of potentially-toxic metals by grazing ruminants. *Proc. Nutr. Soc.* **62**, 267-277.

초록 : 안전 축산물 생산을 위한 가축사료 내 중금속 오염 분석에 관한 연구

강정미 · 조상범¹ · 김수기¹ · 이상석² · 이시경*

(건국대학교 농축대학원 식품공학과, ¹동물생명과학대학 동물생산·환경학 전공, ²순천대학교 동물자원학과)

가축의 안전한 축산물 생산을 위하여 2004년에서 2007년 상반기까지 국내에서 생산된 배합사료 중 소사료, 돼지사료 및 닭사료의 유해중금속(납, 크롬, 카드뮴, 비소, 셀레늄 및 수은) 및 양돈사료의 구리, 아연, 인 함량을 분석하여 사료의 안전성을 평가하였다. 연도별 배합사료 중 유해중금속을 분석한 결과 카드뮴을 제외한 다른 유해성분은 허용기준보다 매우 낮은 수치를 보였다. 카드뮴은 2005년도 돼지사료 총 987점 중 1점, 2006년도 돼지사료와 닭사료 1,239점과 778점 중 각각 4점과 1점이 허용기준을 초과하였다. 양돈용 배합사료중의 구리, 아연 및 인을 분석하여 양돈사양에 필요한 요구량과 비교하였다. 구리함량을 분석한 결과 육성돈 후기용, 비육돈 및 종돈용 배합사료에 있어서 그 허용기준을 초과하여 검출되는 평균비율은 각각 0.97%와 9.9%로 나타났다. 양돈용 배합사료 내 구리 함량(자돈용 80.98 ppm, 육성돈용 44.82 ppm, 비육돈 및 종돈용 19 ppm)은 양돈사양에 필요한 요구량, 3.5-6.0 ppm보다 훨씬 높은 수준으로 급여하고 있었다. 또 자돈용, 육성돈용 그리고 비육돈 및 종돈용에 있어서 아연 허용기준을 초과하여 검출되는 평균비율은 각각 5.7%, 7.7%, 그리고 9.3%로 나타났다. 양돈사료의 평균 인 함량은 0.74%로 검출되어 사료내의 인 요구량과 비슷하였다.