

豚肉 및 養豚飼料中 有害重金屬의 殘留量 調査

趙太行·鄭甲洙·孫性完·朴鍾鳴·朴根植

동촌진흥청, 가축위생연구소

Residue of Harmful Heavy Metals in Swine Tissue and Feedstuff

T.H. Cho, G.S. Chung, S.W. Son, J.M. Park and K.S. Park

Veterinary Research Institute, Rural Development Administration, Anyang, Korea

ABSTRACT-The study was to investigate the residue of the harmful heavy metals in the random samples of feed from piggery, formula feed for swine and ingredient feed from feed mill and analyzed for Cd, Pb and As by using Atomic Absorption Spectrophotometer and Inductively Coupled Argon Plasmas.

Mean concentrations of Cd, Pb and As (ppm) were, for feed from piggery 1.08-0.85, 5.34-4.29 and 4.30-2.37, for formula feed from feed mill, 0.90-0.51, 5.84-5.25 and 2.41-0.84, and for ingredient feed from feed mill, 0.35-0.38, 4.38-4.94 and 2.66-1.12, respectively.

It showed the highest amount of Cd, Pb and As in kidney and liver than in the other organs, and the lowest amount in the muscle.

Keywords □ Residue of harmful heavy metals, Swine tissue, Feedstuff, Atomic Absorption, ICAPs

最近 환경오염에 의한 食品汚染物質에 대한 調査는 FAO/WHO에서 추진하고 있는 食品의 국제규격화작업과 발맞추어 많은 선진외국들은 각종 食品의 微量重金屬 分布狀況을 연구하고 있는 실정이다. 家畜飼料중에 有害중금속이 殘留할 경우 장기간 運用하면 家畜의 肝臟이나 腎臟 등 各 臟器와 筋肉部位에 蓄積하게되고 이를 食用하면 人體에 危害를 가져올 憂慮가 있을 뿐 아니라 家畜에도 慢性毒性을 일으켜 甚하면 廢死할 수도 있다. 우리나라에서는 飼料管理法施行令¹⁾으로 飼料中 有害物質을 規制하고 있으나, 有害金屬의 경우 그 種類가 極히 制限되어 있을 뿐 아니라, 국제적 기준에 비해서 그 許容值가 매우 높은 감을 보여주고 있다. 따라서 本 調査에서는 養豚飼料의 有害水準을 把握함과 아울러 豚肉中 有害重金屬 殘留水準

을 調査함으로써 綜合的 飼料衛生對策과 蓄產物衛生管理指針을 위한 基礎資料를 마련코자 前報에서 肉鷄用 飼料中 有害重金屬의 殘留量 調査에 이어서 養豚用 配合飼料와 單味飼料, 各 養豚場의 給與飼料 및 屠畜場에서 採取된 豚肉을 對象으로 한 有害重金屬 즉, 카드미움, 납 및 비소에 대한 殘留水準을 調査하였기에 그 結果를 報告하고자 한다.

材料 및 方法

試料-1985年 4月부터 11月사이에 서울, 경기지역 22個 養豚場, 2個 屠畜場 및 충남, 인천지역의 7個 飼料工場을 對象으로, 各 養豚用 給與配合飼料(43例)와 配合飼料(37例) 및 單味飼料(232例)를 任意抽出法에 따라 採取하여 0°C 以下에서 冷藏保存하면서 試料로 使用하였다. 또한 豚肉은 各

Received for publication 28 September; 1987
Reprint request; Dr. K.S. Park at the above address

各 22頭에서 筋肉, 心臟, 腎臟, 肝臟, 脾臟 및 肺臟別로 採取하여 冷凍保存하면서 試料로 使用하였다.

分析裝置 및 測定條件-1) 分析裝置: 原子吸光度計(Flame Atomic Absorption Spectrophotometer)는 Instrumental Lab.社의 IL 251型을 使用하였으며, ICAPs(Inductively Coupled Argon Plasmas)는 Labtest Equipment社의 plasmascan 710型을 使用하였다.

2) 測定條件: 카드미움과 납은 原子吸光度計로, 비소는 ICAPs로 測定하였으며, 測定條件은 Table 1-1 및 Table 1-2와 같다.

分析方法—均一하게 磨碎된 試料(飼料는 25-50g, 豚肉은 8-15g 또는 全量)를 精確히 秤取하여 Fig. 1 및 Fig. 2와 같은 方法으로 分析하였으며 그 含量은 原子吸光度計 및 ICAPs의 吸收管에 직접 試料용액을 주입하여 金屬의 各 測定波長에 따라 吸光度를 測定하였다. 따로 標準溶液을 가지고 上記操作에 準하여 測定한 吸光度로부터 作成한 표준곡선을 이용하여 各 金屬의 量(ppm)을 求하였다.

Table 1-1. Analytical Condition of Flame Atomic Absorption Spectrophotometry

Condition	Elements	
	Cd	Pb
Wave length(nm)	228.8	283.3
Lamp current (mA)	3	10
Band pass (nm)	1	1
Maximum range (ug/ml)	2	15

Table 1-2. Analytical Condition of ICAPs

Condition	Element
	As
Wave length (nm)	228.3
Generator forward power (KW)	1.2
Reflected power (W)	< 5
Coolant flow rate (l/min)	10
Sample flow rate (l/min)	0.85
PMT volt (KV)	1.0
Peristaltic pump rate (ml/min)	1.8

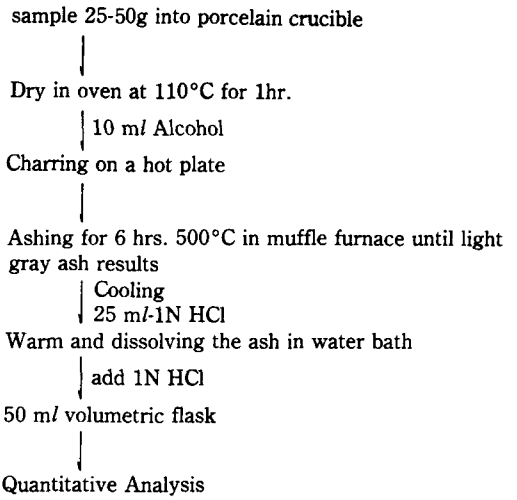


Fig. 1. Quantitative Analysis Method of Harmful Heavy Metals in Feedstuff.

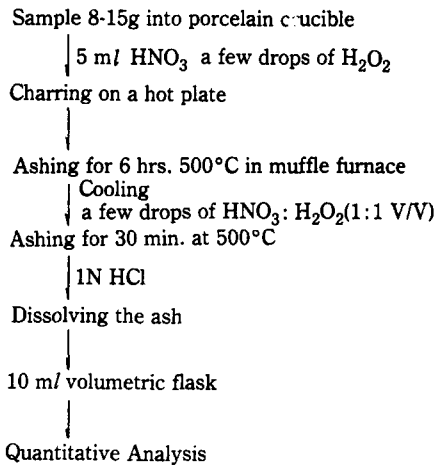


Fig. 2. Quantitative Analysis Method of Harmful Heavy Metals in Swine Tissue.

結果 및 考察

各 養豚場에서 給與했던 配合飼料와 飼料工場에서 採取된 配合飼料 및 單味飼料 그리고 屠畜場에서 採取된 豚肉中에 殘留하고 있는 有害重金屬의 殘留水準을 보면 Table 2, 3 및 4와 같다. 카드미움—各 養豚場에서 採取된 給與配合飼料에서는 Table 2에 나타난 바와 같이 平均殘留量이

Table 2. Residues of Harmful Heavy Metals in Feedstuff for Swine

Feedstuff	No. of sample	Metals (ppm)		
		Cadmium	Lead	Arsenic ^a
Feed from piggery	43	1.08 ± 0.85 ^b (0.18-3.02) ^c	5.34 ± 4.29 (2.22-16.45)	4.30 ± 2.37 (1.90-12.91)
Formula feed for swine	37	0.90 ± 0.51 (0.10-2.01)	5.84 ± 5.25 (0.12-19.93)	2.41 ± 0.84 (0.84-6.54)
Ingredient feed	232	0.35 ± 0.38 (ND-1.94)	4.38 ± 4.94 (ND-21.70)	2.66 ± 1.12 (1.05-6.43)

a: as AS₂O₃. b: All values are mean ± standard deviation.

c: Values in parentheses indicate minimum to maximum.

ND: Not Detected.

Table 3. Residues of Harmful Heavy Metals in Ingredient Feed

Ingredient feed	No. of sample	Metals (ppm)		
		Cadmium	Lead	Arsenic ^a
Corn	43	0.04 ± 0.09 ^b (ND-0.44) ^c	3.26 ± 5.62 (ND-18.51)	1.80 ± 0.80 (0.83-3.78)
Fishmeal	53	0.79 ± 0.82 (0.10-1.94)	4.88 ± 4.80 (0.46-21.70)	2.78 ± 0.95 (1.41-4.76)
Soybean meal	24	0.25 ± 0.05 (0.11-0.34)	4.00 ± 6.07 (1.16-20.73)	2.32 ± 0.34 (1.46-3.11)
Wheatmeal	18	0.12 ± 0.08 (ND-0.29)	3.27 ± 3.95 (ND-9.13)	1.42 ± 0.73 (0.96-2.49)
Wheat bran	37	0.32 ± 0.11 (0.08-0.59)	4.50 ± 3.43 (1.31-13.60)	3.31 ± 0.85 (1.90-5.33)
Rapeseed oil meal	16	0.38 ± 0.17 (0.17-0.70)	3.29 ± 3.84 (0.69-12.18)	3.33 ± 0.69 (2.12-6.01)
Barley	17	0.11 ± 0.04 (0.05-0.17)	2.45 ± 2.82 (0.11-9.06)	1.96 ± 0.48 (1.18-2.68)
Meat and bone meal etc. ^d	24	0.25 ± 0.22 (0.02-0.69)	5.06 ± 4.58 (1.21-14.4)	2.96 ± 1.65 (1.05-6.43)

a: as AS₂O₃. b: All values are mean ± standard deviation.

c: Values in parentheses indicate minimum to maximum.

d: include perilla oil meal and indian millet.

1.08 ± 0.85 ppm으로 나타났으며, 飼料工場에서 採取된 養豚用 配合飼料에서는 平均 0.90 ± 0.51 ppm으로 檢出되었다.

各種 單味飼料別로는 Table 3에 나타난 바와 같이 魚粉이 0.79 ± 0.82 ppm으로 가장 높게 檢出되었으며, 油菜粕이 平均 0.38 ± 0.17 ppm, 小麥麩가 平均 0.32 ± 0.11 ppm, 大豆粕 및 肉骨粉이 各 各 平均 0.25 ± 0.05 및 0.25 ± 0.22 ppm 順으로

나타났다. 特히 單味飼料중 大豆粕과 옥수수는 Wolnik 등⁵⁾이 報告한 0.059 ppm과 0.0031 ppm 보다 높게 나타났으며, 小麥粉은 비슷한 結果를 나타내었다. FDA⁵⁾의 調査와 比較하여 보면 옥수수, 大豆粕 및 小麥은 0.018 ppm, 0.092 ppm 및 0.065 ppm으로 나타났는데 비해서 本 成績이 높은 水準으로 檢出되었다.

豚肉중 카드미움 殘留量은 Table 4에 나타난 바

Table 4. Residues of Harmful Heavy Metals in Swine Tissue

Tissue	No. of sample	Metals (ppm)		
		Cadmium	Lead	Arsenic ^a
Muscle	22	0.0916 ± 0.0262 ^b (0.0518-0.1441) ^c	0.1649 ± 0.0201 (ND -0.1459)	1.1557 ± 1.1296 (0.2200-2.0028)
Kidney	22	1.7826 ± 1.8549 (0.2548-6.0664)	1.7827 ± 0.2009 (ND -7.3041)	2.3319 ± 5.1281 (0.1376-24.6276)
Spleen	22	0.1194 ± 0.0971 (0.0456-0.4095)	1.2227 ± 1.2997 (ND -4.1259)	1.2744 ± 1.4393 (ND -5.8275)
Liver	22	0.3706 ± 0.3428 (0.0539-1.2917)	1.9106 ± 2.9381 (ND -8.5429)	2.3334 ± 4.0160 (0.3463-19.8880)
Lung	22	0.1101 ± 0.1840 (ND -0.8800)	0.7581 ± 1.0265 (ND -4.7766)	1.5334 ± 4.8767 (ND -12.9284)
Heart	22	0.0506 ± 0.0693 (ND -0.2058)	N.D	2.0756 ± 2.7144 (ND -11.4183)

a: as AS₂O₃. b: All values are mean ± standard deviation.

c: Values in parentheses indicate minimum to maximum.

와 같이 1.7826±1.8549 ppm으로 가장 높게 檢出되었으며, 心臟이 0.0506±0.0693 ppm으로 가장 낮게 檢出되었고 筋肉에서는 0.0916±0.0262 ppm으로 微量이 檢出되었다.

部位別로 腎臟, 肝臟, 脾臟, 肺臟, 筋肉 및 心臟 順으로 높았으며 腎臟 및 肝臟에서 높게 나타난 것은 카드미움이 腎臟과 肝臟에 선택적으로 親和力을 가지고 있기 때문인 것으로 사료된다^{2,12)}. 이와같이 豚肉중의 카드미움 殘留量은 腎臟의 경우 FAO/WHO 권장량(육류: 0.1 ppm 이하, 장기: 0.5 ppm 이하)⁴⁾을 초과하고 있으나 이밖에 豚肉 등에서는 권장량 이하이었다.

남-配合飼料과 給與配合飼料에서는 Table 2에 나타난 바와 같이 各各 平均 5.84±5.25 ppm과 5.34±4.29 ppm으로 殘留되었으며, 各種 單味飼料別로는 魚粉이 平均 4.88±4.80 ppm으로 가장 높게 나타났으며, 小麥麩가 平均 4.50±3.43 ppm, 大豆粕이 平均 4.00±6.07 ppm 順으로 檢出되었다. 또한 肉骨粉 등이 5.06±4.58 ppm으로 높은 수준을 나타내었다.

外國의 경우 European Communities의 飼料중 남의 許容限度值¹⁴⁾는 單味飼料의 경우 10 ppm, 配合飼料는 5 ppm으로 規制하고 있다. 特히 單味飼料의 경우 옥수수과 大豆粕은 本 試驗結果에 있어서 Wolnik 등⁶⁾ 및 FDA⁶⁾ 0.0033 ppm 및 0.042

ppm과 0.095 ppm보다도 상당히 높은 水準의 結果를 나타내었다. 우리나라에서의 배합사료중의 허용기준은 10 ppm이며 단미사료의 경우에는 25-30 ppm으로서 本 시험결과는 대체로 이보다 낮은 水準이었다.

豚肉중 남의 殘留量은 Table 4에 나타난 바와 같이 肝臟이 1.9106±2.9381 ppm으로 가장 높게 檢出되었으며, 腎臟이 1.7827±0.2009 ppm, 脾臟이 1.2227±1.2997 ppm, 肺臟이 0.7581±1.0265 ppm 順으로 檢出되었고, 筋肉에서는 0.1649±0.0201 ppm으로 微量이 檢出되었다. 池邊 등¹²⁾은 돼지의 筋肉에서 0.25-0.54 ppm로 보고하였으며 本 分析値보다 높은 含量으로 나타났다. 蓄産物에 대한 重金屬 殘留許容量은 일부 食品에 대하여 部分的으로 허용기준량을 定하고 있는데 外國의 경우 캐나다에서는 남의 殘留許容量을 수산물에 대하여 10 ppm 이하, 日本食品衛生法에서는 허용기준량을 1.5 ppm에서 最大 8.0 ppm까지 허용하고 농산물에 대하여는 1.0-5.0 ppm까지 허용하고 있으며, 영국에서는 일반食品중 汚染許容量은 2.0 ppm 이하이며, 호주에서는 일반食品에 대하여 4.0 ppm 이하로 규정하고 있다¹⁰⁾. 美國은 일반식품에 2.75 ppm까지 許容하고 있으며⁸⁾, 우리나라에서는 食品衛生法에 의거 食品 등의 規格 및 기준에서 따로 規定이 있는 것외에는 10 ppm 이하

로 定하고 있는 바¹⁵⁾, 본 시험결과 대체로 이에 비해 낮은 水準이었다.

비소-配合飼料 및 給與配合飼料에서 비소의 平均殘留量은 Table 2에 나타난 바와 같이 각각 2.41 ± 0.84 ppm 및 4.30 ± 2.37 ppm으로 檢出되었으며, Table 3의 各種 單味飼料別로는 유채박 및 소맥피가 3.33 ± 0.69 ppm 및 3.31 ± 0.85 ppm으로 가장 높은 水準으로 檢出되었으며 魚粉이 2.78 ± 0.95 ppm, 보리 및 옥수수가 1.96 ± 0.48 ppm 및 1.80 ± 0.80 ppm으로 檢出되었다. 비소의 경우는 우리나라의 飼料管理法施行令¹¹⁾에도 그 許容限度值가 規定되어 있는 바, 무기태비소가 50 ppm, 유기태비소가 100 ppm으로 되어 있다. Wharton 등⁵⁾은 3-Nitro-4-hydroxy-phenylarsonic acid의 경우 90 ppm 농도에서 닭의 成長率을 억제한다고 報告한 바 있으며, Clark¹⁾는 家禽의 경우 Arsenic trioxide로서 0.05-0.3g, sodium arsenite로서 0.01-0.9g을 經口投與할 경

우 上記 投與量을 致死量으로 報告하고 있다. 외국의 경우에도 EC¹⁴⁾의 單味飼料중 비소의 許容限度值는 2 ppm으로 規制하고 있는 바, 이러한 側面에서 볼 때 外國의 水準에 비해서 우리나라의 비소 許容限度值는 매우 높은 水準임을 알 수 있다. 豚肉中 비소殘留量은 Table 4에서 보는 바와 같이 肝臟이 2.3334 ± 4.0160 ppm으로 가장 높은 水準으로 檢出되었으며, 腎臟이 1.2744 ± 1.4393 ppm으로 檢出되었고, 筋肉이 1.1557 ± 1.1296 ppm으로 檢出되었다. 우리나라의 食品 등의 規格 및 基準의 비소허용한도치는 아비산(AS_2O_3)으로서 고체식품은 1.5 ppm 이하인 바, 본 시험결과와 肝臟, 腎臟 및 心臟을 제외하고는 대체로 이에 비해 낮은 水準이었다. 우리나라에서는 아직 蓄産物에 대한 세부적인 規定이 마련되어 있지 않은 實情인 바, 앞으로 研究檢討하여 合理的인 許容值를 마련하여야 할 것으로 思料된다.

국문 요약

本 試驗은 養豚飼料 및 豚肉 중 有害重金屬인 카드미움, 납 및 비소의 殘留量을 把握코자 京畿지역 22個 養豚場, 2個 屠畜場 및 忠南, 仁川지역의 7個 飼料工場을 對象으로 各各 養豚用 給與配合飼料, 配合飼料 및 豚肉을 採取하여 原子吸光光度法과 ICAPs法으로 分析하여 다음과 같은 結果를 얻었다.

1. 養豚場에서 採取된 給與配合飼料중 카드미움, 납 및 비소의 平均殘留量(ppm)은 各各 1.08 ± 0.85 , 5.34 ± 4.29 및 4.30 ± 2.37 로서 대체로 낮은 水準이었다.
2. 飼料工場을 對象으로 採取한 養豚用 配合飼料중 카드미움, 납 및 비소의 平均殘留量은 各各 0.90 ± 0.51 , 5.84 ± 5.25 및 2.41 ± 0.84 로서 카드미움과 비소는 給與配合飼料보다 다소 낮은 傾向을 나타내었다.
3. 各 單味飼料중 有害重金屬의 殘留量은 카드미움의 경우 魚粉, 油菜粕, 小麥麩, 大豆粕 順으로 높았으며, 납의 경우 魚粉, 小麥麩, 大豆粕, 油菜粕 順으로 높은 水準을 나타내었다. 비소의 경우에는 보리, 油菜粕, 魚粉, 大豆粕 順으로 나타났다. 單味飼料全體를 카드미움, 납 및 비소에 對한 平均殘留量(ppm)은 各各 0.35 ± 0.38 , 4.38 ± 4.94 , 2.66 ± 1.12 로 나타났다.
4. 豚肉중 有害重金屬의 殘留量은 카드미움의 경우 腎臟의 1.7827 ± 1.8549 ppm으로 가장 높은 水準으로 檢出되었으며, 肝臟이 0.3706 ± 0.3428 ppm, 脾臟이 0.1194 ± 0.0971 ppm, 筋肉이 0.0916 ± 0.0262 ppm으로 微量 檢출되었다. 납의 경우에는 肝臟이 1.9106 ± 2.9381 ppm으로 가장 높았으며 筋肉이 0.1649 ± 0.0201 ppm으로 가장 낮게 檢出되었다. 비소 역시 肝臟 및 腎臟이 2.3334 ± 4.0160 ppm 및 2.3319 ± 5.1281 ppm으로 높았으며 筋肉에서는 1.1557 ± 1.1296 ppm으로 가장 낮게 檢出되었다.

참고문헌

1. Clarke, E.G.C. and Clarke, M.L., *Veterinary Toxicology*. (1975).
2. Korsrud, G.O., Meldrum, J.B., Salisbury, C.D., Houlahan, B.T., Saschenbrecker, P.W. and Tittiger, F.: *Can. J. Comp. Med.*, **49**, 159 (1985).

3. Horwitz, W.: Official methods of analysis of the Association of Official Analytical Chemists, 13th ed., p 385 (1980).
4. Michal Bartik.; Veterinary Toxicology. Elsevier Sci. Pub. Co., p 95 (1981).
5. Wharton, F.D., Schoene, R.B., Smidt, M.J. and Fritz, J.C.: *Fed. Proc.*, **16**, 402 (1957).
6. Wolnik, K.A., Fricke, F.L., Capar, S.G., Braude, G.O., Meyer, M.W., Satzger, R.D. and Bonnin, E.: *J. Agric. Food Chem.* **31**, 1240 (1983).
7. Zarcinas, B.A. and Cartwright, B.: Division of Soil Technical Paper No. 45, Commonwealth Scientific and Industrial Research Organization, Australia (1983).
8. 金亨一, 權玉鉉, 金明姬: 洛東江淡水魚中の 重金屬含量에 관한 研究, 서울시 保健研究所報, **17**, 61(1981).
9. 日本農林水産技術會議事務局, 1972, 土壤および作物體中の重金屬の分析法(3), 日本土壤肥料學雜誌, **43**, 349(1972).
10. 盧晶培, 宋哲, 金吉圭, 沈漢燮, 俞炳天: 食品中有害性 微量金屬에 대한 研究(第三報), 國立保健研究院報, **11**, 171(1984).
11. 農水産部, 飼料管理法施行令(1985).
12. 吳秀暻, 金泰鍾, 尹和重: 蓄産物中の 重金屬含量에 관한 調査研究, 韓國獸醫公衆保健學會誌, **8**, 15(1984).
13. 趙太行, 鄭甲洙, 孫性完, 朴根植, 朴鍾鳴: 肉麩用 飼料中 有害重金屬의 殘留量調査, 農試論文集(畜産·家衛), **27**, 53(1985).
14. 韓國科學技術研究所, 우리나라의 食品 및 化學物質의 安全性 現況調査 및 方策樹立, p. 461(1979).
15. 韓國食品工業協會: 食品 및 添加物 規格基準(1979).