

子ブタにおけるペプチド態亜鉛の利用性

須崎 尚¹⁾・松井 徹¹⁾・平林美穂¹⁾・岩間裕子¹⁾・
宮本恵利¹⁾・矢野秀雄¹⁾・藤田昭二²⁾
¹⁾京都大学農学部* ²⁾エーザイ(株)

Bioavailability of Peptide Zinc for Weanling Pigs.

Hisashi SUSAKI¹⁾, Tohru MATSUI¹⁾, Miho HIRABAYASHI¹⁾, Yuko IWAMA¹⁾,
Eri MIYAMOTO¹⁾, Hideo YANO¹⁾, and Shouji HUIJITA²⁾
¹⁾Faculty of Agriculture, Kyoto University ²⁾Eizai Co. Ltd.

The present study was carried out to clarify bioavailability of peptide zinc for weanling pigs. Twenty-five pigs (7kg initial weight) were allotted to five groups of each dietary treatment.

The experimental diets were basal, diets supplied Zn 25, 50, 100mg/kg of Zn as peptide zinc or 100mg/kg of Zn as zinc sulfate of diet.

Zinc concentrations in the liver, the femur and plasma were higher in pigs fed 100mg/kg of Zn as peptide zinc than in those fed the same amount of Zn as zinc sulfate. Pigs received 100mg/kg peptide Zn tended to have high solubility of zinc in the ileum than 100mg/kg zinc as sulfate.

It seems that the bioavailability of peptide zinc was approximately twice as much as that of zinc sulfate.

亜鉛欠乏は家畜の成長を著しく抑制する¹⁾ことが知られており、若齢家畜の飼料中には、多くの亜鉛が硫酸塩や炭酸塩として添加されている。また、飼料中に含まれるフィチン酸²⁾、繊維³⁾あるいは他のミネラル⁴⁾はこのような無機態の亜鉛の吸収を抑制することが知られており、そのためより利用性の高い亜鉛の添加が望まれている。最近、メチオニンやリジンなどのアミノ酸と種々の微量元素の化合物、いわゆるキレートミネラルの利用性⁵⁾が検討されている。しかし、これらキレート化合物中のミネラルの利用性に関しても、一貫した結果は得られていない。

そこで、本試験では、加水分解した大豆タンパク質由来のアミノ酸およびジ・トリペプチドとキレート結合させたいわゆるペプチド態亜鉛の利用性を硫酸塩態亜鉛の利用性と比較検討した。

*所在地：京都市左京区北白川追分町（〒606-01）

実験方法

供試動物および飼育方法

21~25日齢（体重約7kg）のラージホワイト種の雄の子ブタ25頭をペプチド態亜鉛（Albion Lab. Inc, Utah, U. S. A.）100mg/kg, 50mg/kg, 25mg/kg 添加区, 硫酸塩態亜鉛100mg/kg 添加区, および無添加区の5区に割当て, 1か月間各々の飼料を自由摂取させた。

供試飼料

基礎飼料として亜鉛を含まないミネラルプレミックスを添加した市販の子ブタ育成用飼料（日清製粉(株)のものを用いた。その組成は, 亜鉛47mg/kg, 粗タンパク質21%, 可消化養分総量85%, カルシウム1.2%であった。

亜鉛濃度の分析

試験終了時に屠殺し, 血清, 肝臓, 腎臓, 大腿骨, 脾臓を採取し, 硝酸, 過塩素酸で湿式灰化後, 原子吸光法で亜鉛含量を測定した。また, 回腸内容物を10,000×gで遠心分離し可溶性画分を得た。そして, 消化管内容物および可溶性画分の亜鉛含量を同様の方法により測定した。

統計処理はSASのGLMを用い, ANOVAおよびダンカンのマルチプルレンジテストで行った⁶⁾。また, 溶解性は統計処理に先立ち Arcsin 変換を行った。

実験結果

ペプチド態亜鉛添加が組織中ミネラルに及ぼす影響を Table 1 に示した。

肝臓中の亜鉛濃度については, 100mg/kg, 50mg/kg のペプチド態亜鉛添加区の亜鉛濃度はそれぞれ 310.6±26.4mg/kg, 301.7±45.7mg/kg であり, 無添加区の228.9±43.0mg/kgに比較し, 有意に高い値

Table 1. Effect of zinc peptide or zinc sulfate in zinc concentration of several tissues.

	zinc peptide (mg/kg)				ZnSO ₄ (mg/kg)
	100	50	25	0	100
Liver	310.6±26.4a	301.7±45.7a	262.5±76.9ab	228.9±43.0b	281.4±61.6ab
Bone	152.1±4.8a	148.2±15.9ab	131.3±2.6cd	128.6±4.1d	136.8±7.4bc
Spleen	95.0±6.0	92.6±2.0	89.4±2.8	88.1±9.6	91.3±6.7
Kidney	114.5±11.3	110.9±6.4	116.4±10.9	116.3±7.5	114.6±7.7
Plasma	1.35±0.17a	1.27±0.14ab	1.09±0.15bc	0.98±0.13c	1.00±0.13c
Solubility ¹⁾	24±6a	19±9ab	12±1b	11±8b	18±9ab
(%)	0.24±0.06a	0.19±0.09ab	0.12±0.01b	0.11±0.08b	0.18±0.09ab

P<0.05

1) Solubility of zinc in the digesta of ileum.

を示した。また、有意差はなかったものの、硫酸塩態亜鉛区の $281.4 \pm 61.6 \text{mg/kg}$ に比較して高い傾向を示した。

大腿骨中の亜鉛濃度については 100mg/kg 、 50mg/kg のペプチド態亜鉛添加区の亜鉛濃度はそれぞれ $152.1 \pm 4.8 \text{mg/kg}$ 、 $148.2 \pm 15.9 \text{mg/kg}$ であり、 25mg/kg ペプチド態亜鉛添加区および無添加区の $131.3 \pm 2.6 \text{mg/kg}$ 、 $128.6 \pm 4.1 \text{mg/kg}$ に比較して有意に高い値を示した。また、硫酸塩態亜鉛区は $136.8 \pm 7.4 \text{mg/kg}$ であり、 100mg/kg ペプチド態亜鉛添加区と比較し有意に低い値となった。

脾臓中亜鉛濃度は、各区間で有意差は認められなかったが、肝臓および骨中亜鉛と同様に、ペプチド態亜鉛添加量が増加するにつれて濃度の上昇が認められ、硫酸塩態亜鉛区における濃度は 50mg/kg および 25mg/kg ペプチド態亜鉛区における濃度の中間的な値となった。

腎臓中の亜鉛濃度には各区間で有意差は見られなかった。

血清中亜鉛濃度は、ペプチド態亜鉛の添加量の増加に伴い上昇し、無添加区および硫酸塩態亜鉛区と比較し、 100mg/kg および 50mg/kg ペプチド態亜鉛区で有意に高い値となった。

回腸内亜鉛の溶解性については、無添加区および 25mg/kg ペプチド態亜鉛添加区に比較して 100mg/kg ペプチド態亜鉛添加区では有意に高い溶解性が認められた。また、硫酸塩態亜鉛添加区は 50mg/kg ペプチド態亜鉛添加区の溶解性とほぼ同様の値を示した。

考 察

本試験で用いた飼料中の亜鉛濃度は 47mg/kg であり、ペプチド態亜鉛 100mg/kg 添加区の亜鉛濃度は 147mg/kg 、 50mg/kg 添加区では 97mg/kg 、 25mg/kg 添加区では 72mg/kg 、また硫酸塩態亜鉛区(100mg/kg)での亜鉛濃度は 147mg/kg であった。日本飼養標準⁷⁾では、 $10 \sim 20 \text{kg}$ のブタにおける亜鉛要求量は 80mg/kg である。従って、 50mg/kg 以上の亜鉛添加区では、要求量を満たしており、 25mg/kg 添加区では要求量は満たされておらず、また無添加区では要求量の約半量の亜鉛となっている。

亜鉛添加と肝臓中亜鉛濃度および飼料中の亜鉛添加量から [肝臓中亜鉛] = $0.81 \times$ [ペプチド態亜鉛添加量] + 240 ($r=0.52$) という回帰式が得られた。この回帰式から、硫酸塩態亜鉛 100mg はペプチド態亜鉛 $51 \pm 26 \text{mg}$ に相当することが示された。また、同様に大腿骨中の亜鉛濃度と飼料中の亜鉛添加量から [大腿骨中亜鉛] = $0.25 \times$ [ペプチド態亜鉛添加量] + 126 ($r=0.66$) という回帰式が得られ、この式から硫酸塩態亜鉛 100mg はペプチド態亜鉛 $43.4 \pm 13.2 \text{mg}$ に相当していることが示唆された。以上の結果から、ペプチド態亜鉛利用効率は硫酸塩態亜鉛の約2倍であると考えられた。

また、他の組織中亜鉛濃度の結果からとくに血清中において、ペプチド態亜鉛の高い利用性が示された。

回腸内亜鉛の溶解性の結果から、硫酸塩態亜鉛区と比較して、ペプチド態亜鉛区において回腸における亜鉛の溶解性は高い傾向が示された。

Ashmead は、本試験で用いたペプチド態亜鉛と同様の製法により調製したペプチド態マンガンは pH1.3 においてもイオン化しないことを示唆している。(Personal communication) そこで、ペプチド態亜鉛は胃内でイオン化せずに小腸に達することが考えられる。

小腸において pH の上昇に伴い亜鉛イオンは繊維やフィチン酸などと結合するため不溶化し、その結果吸収が抑制されると考えられている。これらの結果から、硫酸塩態の亜鉛は胃内でイオン化し、小腸に達すると pH の上昇に伴い不溶化することが示唆された。一方、ペプチド態亜鉛は、そのままの形態で小腸に達するため、pH の上昇に伴う不溶化からのがれることができることが示唆された。

多くの動物において亜鉛は全小腸で吸収されると考えられている。そこで本試験で認められた回腸におけるペプチド態亜鉛の高い溶解性によって、亜鉛の吸収が高められたことが推察された。

メチオニンと結合させた亜鉛について、Pimentel ら⁸⁾はニワトリを用いた試験で無機態の亜鉛より利用性が高いことを報告している。一方、Hill ら⁹⁾はブタを用いた試験でほとんど利用性に差がなかったとしている。また、Wedekind ら¹⁰⁾はニワトリにおけるメチオニン態亜鉛の利用性は硫酸塩態亜鉛の約 150% であると報告している。また、Wedekind ら¹¹⁾はブタにおけるメチオニン態亜鉛と硫酸塩態亜鉛の利用性に差がなかったとも報告している。この報告の中で、彼らはブタを用いた試験とニワトリを用いた試験の差は動物種間の差に起因するものではなく、試験に用いた飼料中のカルシウム含量の差であることを推察している。すなわち、ニワトリの飼料ではカルシウム含量が高かったため、亜鉛の利用性が高くなったのではないかと示唆している。本試験における飼料中のカルシウム含量は 1.2% であり、Wedekind らのニワトリの飼料中カルシウム含量 1% およびブタ用飼料中カルシウム含量 0.59~0.64% よりかなり高いものであった。そこで本試験で用いたペプチド態亜鉛の利用性が硫酸塩態亜鉛より高かったのは、その高い飼料中のカルシウム含量が原因であると考えられた。従って、カルシウム含量が高い飼料を給与する場合には、亜鉛源としてペプチド態亜鉛は有効であることが示された。

文 献

- 1) Todd W. R., C. A. Elvehjem and E. B. Hart. (1934) Amer. J. Physiol. 107 : 146-156
- 2) Shinoda S. and T. Yoshida. (1989) Nutr. Rep. Int. 40 : 909-922
- 3) Reinhold J. G., B. Faradji, P. Abadi and I. Beigi. (1976) J. Nutr. 106 : 493-503
- 4) Heth D. A., W. M. Becker and W. G. Hoekstra. (1966) J. Nutr. 88 : 331-337
- 5) Coffey R. D., G. L. Cromwell and H. J. Monegue. (1994) J. Anim. Sci. 72 : 2880-2886
- 6) SAS Institute Inc (1985) SAS User's Guide Statistics, 5th ed. SAS Institute, Cray, NC.
- 7) 農林水産省農林水産技術会議編 (1987) 日本飼養標準・豚 中央畜産会 東京
- 8) Pimentel J. L., M. E. Cook and J. L. Greger (1991) Poultry Sci. 70 : 1637-1639
- 9) Hill D. A., E. R. Peo, Jr., A. L. Lewis and J. D. Crenshaw (1986) J. Amer. Sci. 63 : 121-130
- 10) Wedekind K. J., A. E. Hortin and D. H. Baker. (1992) J. Anim. Sci. 70 : 178-187
- 11) Wedekind K. J., A. J. Lewis., M. A. Giesemann and P. S. Miller. (1994) J. Anim. Sci. 72 : 2681-2689