

文章编号 :1009-038X(2000)02-0113-03

矿物元素蛋白盐的生物利用率^①

张晓鸣¹, 袁信华¹, 章克昌², 钟才云³

(1. 无锡轻工大学食品学院, 江苏无锡 214036; 2. 无锡轻工大学生物工程学院, 江苏无锡 214036; 3. 南京医科大学, 江苏南京 210029)

摘 要 经 SD 品系的大白鼠试验证明, 钙锌蛋白盐的生物利用率显著高于氨基酸配合物和无机盐. 蛋白盐能显著地提高股骨密度($p < 0.05$)以及股骨钙和血清钙含量, 并能显著地提高血清锌含量($p < 0.01$)以及股骨锌和脑锌含量, 但氨基酸锌和无机锌的利用率差异不显著, 说明小肽是一种比游离氨基酸更好的蛋白盐配体.

关键词: 钙; 锌; 矿物元素蛋白盐; 氨基酸配合物; 股骨密度; 血清锌

中图分类号: O641.4; Q493.7

文献标识码: A

Bioavailability of Metal Proteinates

ZHANG Xiao-ming¹, YUAN Xin-hua¹, ZHANG Ke-chang², ZHONG Cai-yun³

(1. School of Food Science and Technology, Wuxi University of Light Industry, Wuxi 214036; 2. School of Biotechnology, Wuxi University of Light Industry, Wuxi 214036; 3. Nanjing Medical University, Nanjing 210029)

Abstract: Sprague-Dawley rats were used to evaluate the bioavailability of Ca and Zn in metal proteinate, metal amino acid complexes and inorganic salts. The Ca bioavailability of Ca proteinate was higher than that of Ca amino acid complexes and inorganic salts based on the thighbone density ($p < 0.05$) and thighbone or serum Ca concentrations. The rats fed with metal proteinate had a higher serum Zn content ($p < 0.01$) than the rats fed with amino acid complexes or inorganic salts. There were no differences in serum and tissue Zn content between the rats fed with amino acid complexes and the rats fed with inorganic salts. The Zn proteinate can increase Zn content in thighbone and brain more than Zn amino acid complexes.

Key words: calcium; zinc; metal proteinate; amino acid complexes; thighbone density; serum Zn

金属元素和氨基酸或肽形成的稳定的配合物可以通过肽的转运机制被小肠粘膜吸收^[1], 而且配合物在吸收过程中保持完整性, 避免了金属元素的离子化, 从而只在最小程度上受磷酸盐、植酸和其他干扰物质的影响^[2]. 因此, 一般认为有机态矿物

元素生物利用率高于无机盐.

对蛋白锌和氨基酸锌生物利用率的研究还不多, 而且结果也不太一致^[3,4]; 对蛋白钙生物利用率的研究则更少. 因此, 研究中通过严格的动物试验, 比较钙、锌的氨基酸配合物、蛋白盐及无机盐的生

① 收稿日期: 1999-01-21; 修订日期: 1999-11-08.

基金项目: 江苏省应用基础研究项目资助课题(BJ95087).

作者简介: 张晓鸣(1965年10月生), 男, 江苏无锡人, 工学博士, 副教授.

物利用率,明确其最佳配体——氨基酸还是小肽(主要是二、三肽)更能促进矿物元素的吸收代谢。此外,对钙锌蛋白盐的生物利用率的研究也有重要的现实意义。由于膳食结构不合理,人们膳食中钙锌严重不足,研制开发高生物学效价的补钙补锌产品乃当务之急。

1 材料与方法

1.1 材料

试验样品:钙锌蛋白盐和钙锌氨基酸配合物,均为自制。对照品为 CaCO_3 和 $\text{ZnSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$,均为分析纯。

试验动物 SD 品系大鼠,体重 80~100 g,雌雄各半,由江苏省实验中心提供,合格证号苏动(环)95100 号和苏动(质)95035 号。

1.2 方法

1.2.1 动物试验方法 72 只 SD 大白鼠适应 3 d,饲以低钙、低锌基础饲料(Ca 138 $\mu\text{g/g}$, Zn 12 $\mu\text{g/g}$)。一个月后随机分为 6 组,每组 12 只动物,分组情况:A 基础饲料组,B 氨基酸配合物低剂量组(Ca 2 000 $\mu\text{g/g}$, Zn 20 $\mu\text{g/g}$),C 氨基酸配合物中剂量组(Ca 4 000 $\mu\text{g/g}$, Zn 40 $\mu\text{g/g}$),D 蛋白盐低剂量组(Ca 2 000 $\mu\text{g/g}$, Zn 20 $\mu\text{g/g}$),E 蛋白盐中剂量组(Ca 4 000 $\mu\text{g/g}$, Zn 40 $\mu\text{g/g}$)、F 无机盐对照组(Ca 4 000 $\mu\text{g/g}$, Zn 40 $\mu\text{g/g}$)各两个月。动物均单笼饲养,自由摄食,饮用水为去离子水,试验环境注意防止钙、锌元素的污染。试验结束时处死动物,取血及股骨、肝、脑、睾丸等组织测定有关指标。

1.2.2 测定方法 Ca 、 Zn 原子吸收分光光度计测定;股骨密度 密度计测定。

1.2.3 统计方法 方差分析。

2 结果与讨论

2.1 不同矿物元素源对动物生长性能的影响

不同矿物元素源对动物增重的影响见表 1。

表 1 不同矿物元素源对动物增重的影响

Tab. 1 Performance of rats fed with minerals from different sources

试验组	体重/g	试验组	体重/g
A	251.4 ± 56.1	D	256.0 ± 33.4
B	232.9 ± 36.4	E	243.4 ± 40.8
C	261.8 ± 34.4	F	264.0 ± 42.5

表 1 显示,试验各组之间没有差异,说明不同钙、锌来源对动物增重没有影响,即使基础对照组 A 中钙、锌处于缺乏水平,对生长也没有影响。这一结

果表明,动物的增重不能作为矿物元素利用率的考察指标。

2.2 不同钙源对钙营养指标的影响

2.2.1 血清钙和股骨钙质量分数 不同钙源对血清钙和股骨钙质量分数的影响见表 2。

表 2 不同钙源对血清钙和股骨钙质量分数的影响

Tab. 2 Serum Ca and thighbone Ca concentrations of rats fed with Ca from different sources

钙源	血清钙质量分数/(mg/g)	股骨钙质量分数/(mg/g)
基础对照	8.3 ± 2.8	36.9 ± 15.1
2 000 $\mu\text{g/g}$ CaAA ¹	12.1 ± 4.7 ²	44.3 ± 11.7
2 000 $\mu\text{g/g}$ CaPr ¹	12.0 ± 3.4 ²	47.9 ± 8.9 ²
4 000 $\mu\text{g/g}$ CaAA	13.2 ± 4.2 ³	51.2 ± 10.2 ²
4 000 $\mu\text{g/g}$ CaPr	12.7 ± 4.1 ²	51.5 ± 5.5 ³
4 000 $\mu\text{g/g}$ CaCO_3	11.9 ± 4.0 ²	49.8 ± 14.9

注:1) CaAA 氨基酸钙配合物, CaPr 钙蛋白盐。

2) 和基础对照组相比 $p < 0.05$ 。

3) 和基础对照组相比 $p < 0.01$ 。

表 2 显示,试验各组血清钙和股骨钙浓度均高于基础对照组,且大多呈显著或高度显著差异,说明不同钙源均有补钙效果,其中钙蛋白盐和氨基酸钙配合物比无机碳酸钙的效果好。

2.2.2 股骨密度 血清钙和股骨钙的质量分数还不足以说明不同钙源的吸收利用情况,因为机体中 99.5% 的钙在骨骼,骨骼是一个巨大的钙储库,骨骼中大部分的钙可以随时游离以解决低血钙或随时用于维持体内环境的稳定。很多补钙产品强调能提高血清钙浓度,其实并无实际意义。提高股骨钙浓度有一定的价值但还不全面。为此本文选择股骨密度这个指标来反映钙的吸收代谢和沉积情况,股骨密度的变化反映了钙吸收代谢的平衡结果,骨密度的增加需以钙的净沉积为代价。不同钙源对大鼠股骨密度的影响见图 1。

试验各组 and 基础对照组相比,股骨密度均有高度显著差异($p < 0.01$);氨基酸钙配合物和碳酸钙相比,差异显著($p < 0.05$);钙蛋白盐和碳酸钙相比,差异高度显著($p < 0.01$);钙蛋白盐和氨基酸钙配合物相比,差异显著($D > B, E > C, p < 0.05$)。这些结果表明,钙蛋白盐和氨基酸钙配合物中钙的吸收代谢均比无机盐有显著改善;钙蛋白盐生物利用率的增幅显著高于氨基酸钙,说明肽的螯合作用能加强钙配合物的稳定性,避免钙元素的离子化,提高其吸收利用率。试验各组表现出的股骨密度的明显差异说明股骨密度可以作为不同钙源及不同

梯度的钙的生物利用率的敏感指标。

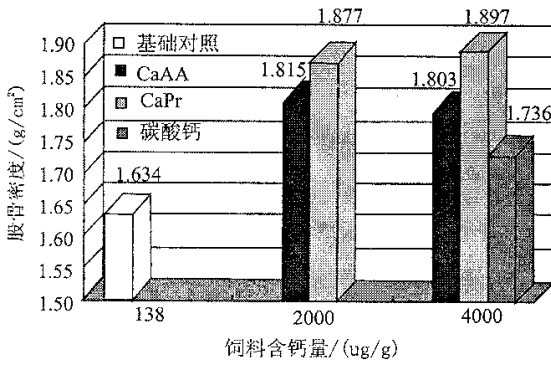


图 1 不同钙源对大鼠股骨密度的影响
Fig.1 Thighbone density of rats fed with Ca from different sources

2.3 不同锌源对锌营养指标的影响

2.3.1 血清锌质量浓度 不同锌源对大鼠血清锌质量浓度的影响见图 2。试验各组 and 基础对照组相比,血清锌浓度均有高度显著差异 ($p < 0.01$);氨基酸锌配合物和硫酸锌相比,差异不显著;锌蛋白盐和氨基酸锌或硫酸锌相比,差异高度显著(D, E > B, C, F)。

这些结果表明,氨基酸锌配合物的生物利用率与硫酸锌相似,而锌蛋白盐的生物利用率显著高于无机盐及氨基酸配合物,20 $\mu\text{g/g}$ 的锌蛋白盐超过了 40 $\mu\text{g/g}$ 无机锌或氨基酸锌的效果 ($p < 0.01$)。

2.3.2 组织锌质量分数 不同锌源对组织锌质量分数的影响见表 3。

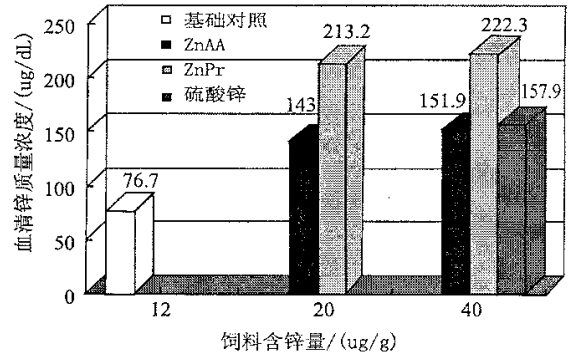


图 2 不同锌源对大鼠血清锌质量浓度的影响
Fig.2 Serum Zn concentration of rats fed with Zn from different sources

表 3 不同锌源对组织锌质量分数的影响

Tab.3 Tissue Zn concentration of rats fed with Zn from different sources

锌 源	股骨锌质量分数/($\mu\text{g/g}$)	脑锌质量分数/($\mu\text{g/g}$)	肝锌质量分数/($\mu\text{g/g}$)	睾丸锌质量分数/($\mu\text{g/g}$)
基础对照	166.0 \pm 50.6	16.3 \pm 2.2	25.9 \pm 15.8	33.8 \pm 5.4
20 $\mu\text{g/g}$ ZnAA ¹	152.8 \pm 63.6	15.6 \pm 1.2	31.8 \pm 17.0	30.6 \pm 4.6
20 $\mu\text{g/g}$ ZnPr ¹	203.5 \pm 44.8	18.8 \pm 1.2 ³	27.2 \pm 8.6	33.9 \pm 4.1
40 $\mu\text{g/g}$ ZnAA	199.5 \pm 57.6	16.1 \pm 1.4	25.2 \pm 7.6	30.2 \pm 8.2
40 $\mu\text{g/g}$ ZnPr	212.1 \pm 42.0 ²	19.1 \pm 2.6 ²	30.8 \pm 9.2	35.6 \pm 3.0
40 $\mu\text{g/g}$ ZnSO ₄	202.8 \pm 72.3	17.4 \pm 4.0	32.5 \pm 6.8	35.8 \pm 2.5

注:1) ZnAA 氨基酸钙配合物, ZnPr 锌蛋白盐;2) 和基础对照组相比 $p < 0.05$;3) 和基础对照组相比 $p < 0.01$ 。

总体上看,试验各组之间组织锌质量分数没有显著差异,其中肝锌和睾丸锌尤其不明显。锌蛋白盐组股骨锌和脑锌质量分数均高于氨基酸锌和硫酸锌组,有意义的是添加 20 $\mu\text{g/g}$ 的锌蛋白盐,其效果好于 40 $\mu\text{g/g}$ 的硫酸锌或氨基酸锌,说明锌蛋白盐确实能提高锌的生物学效价。大鼠组织对氨基酸锌和硫酸锌的利用率相当。锌蛋白盐和氨基酸锌相比,效果显著,脑锌质量分数达到高度显著差异(D > B, E > C)。

血清锌和组织锌浓度都反映出氨基酸锌的生物学效价和无机盐类似,这和文献[5]报道的结果

一致,说明由于锌的配合能力不强,氨基酸锌的稳定性不足以使配合物完整地通过消化道,在小肠吸收前可能已完全或大部分离子化。而在锌蛋白盐中,由于配体中肽占有相当大的比例,配合物分子的串联作用使配合物获得了额外的稳定作用,其生物利用率得到提高。血浆是最直接的锌储库,血清锌含量能够充分反映锌的吸收情况。不同锌源试验组表现出的血清锌质量浓度的显著差异说明血清锌可以作为锌利用率的敏感指标,脑锌和股骨锌也有一定的参考价值,肝锌和睾丸锌则很不敏感。

(下接第 137 页)

(上接第 115 页)

3 结 论

大鼠试验结果表明,钙锌蛋白盐的生物利用率显著高于氨基酸配合物 and 无机盐.蛋白盐能显著地提高大鼠股骨密度(高于无机盐, $p < 0.01$;高于氨基酸配合物, $p < 0.05$).同剂量组相比,蛋白盐组

血清锌质量浓度比无机盐或氨基酸配合物组提高 40%~46%,添加 20 $\mu\text{g/g}$ 锌的蛋白盐组其血清锌质量浓度比添加 40 $\mu\text{g/g}$ 锌的无机盐或氨基酸配合物组提高 35%~40%.蛋白盐还能增加脑、骨骼等组织中锌的含量及血清、骨骼中钙的含量,说明小肽是一种比游离氨基酸更理想的蛋白盐配体.

参考文献

- [1] FOUND M T. Chelation and chelated mineral[J]. *J Appl Nutr*, 1974, 26: 6~8
- [2] SHERMAN, BRUCE R, ROWLAND R D. Mineral chelates: piggyback nutrients[J]. *Feed Management*, 1990, 41, 5~17
- [3] HILL D A, PEO E R, LEWIS A J. Influence of picolinic acid on the uptake of zinc amino acid complexes by the everted rat gut [J]. *J Anim Sci*, 1987, 65: 173~178
- [4] SCHELL T C, KORNEGAY E J. Zinc concentration in tissues and performance of Zinc from ZnO, Zn-Methionine, Zn-Lysine or ZnSO₄[J]. *J Anima Sci*, 1996, 74: 1584~1593
- [5] SEIJI AOYGAI. Nutrition of copper lysine and zinc lysine complexes on chicken[J]. *Poultry Sci*, 1993, 72: 165~171

(责任编辑:李春丽)