

微生态补钙制剂的生物利用研究

万婷婷, 罗爱平*, 尹彦洋, 刘 海, 唐莹莹

(贵州大学生命科学学院, 贵州 贵阳 550025)

摘 要: 补钙制剂的生物利用率是评价补钙效果的重要指标。以 KM 种健康小鼠为模型, 饲喂不同钙源及钙含量的饲料, 测定饲料消耗量、粪钙、尿钙、骨钙和血钙, 计算钙的表观吸收率及存留率, 并与对应剂量的碳酸钙组对比, 评价微生态补钙制剂的生物利用情况。结果表明: 微生态补钙制剂低剂量组和标准剂量组的骨钙含量与相同水平的碳酸钙对照组比较差异显著($P < 0.05$), 钙的表观吸收率明显高于对应碳酸钙剂量组($P < 0.01$); 微生态补钙制剂组与碳酸钙对照组相比, 血钙水平差异不显著($P > 0.05$), 但均高于碳酸钙对照组。表明微生态补钙制剂生物利用率高, 是一种理想的补钙制剂。

关键词: 微生态; 补钙制剂; 生物利用率

Bioavailability Study of Microbial Calcium Produced by Co-fermentation of *Lactobacillus rhamnosus* and *Lactobacillus acidophilus*

WAN Ting-ting, LUO Ai-ping*, YIN Yan-yang, LIU Hai, TANG Ying-ying

(College of Life Science, Guizhou University, Guiyang 550025, China)

Abstract: Bioavailability of calcium preparations is an important indicator for evaluating calcium absorption efficiency. In order to evaluate bioavailability of a microbial calcium from co-cultured *Lactobacillus rhamnosus* and *Lactobacillus acidophilus* in bovine bone power medium, KM mice fed feed containing different calcium sources and contents were used as the model to determine feed consumption, fecal calcium, urinary calcium, bone calcium and blood calcium, and calculate the absorption rate and retention rate of calcium. Meanwhile, the bioavailability of the microbial calcium was compared with that of calcium carbonate at identical doses. The results indicated that the bone calcium content in the microbial calcium group at low or standard dose revealed a significant difference when compared with the calcium carbonate agent at the same dose ($P < 0.05$). An obviously higher apparent absorption rate of the microbial calcium was observed when compared with calcium carbonate group ($P < 0.01$). No obvious difference in blood calcium level between the microbial calcium group and calcium carbonate group was observed although the blood calcium level was higher in the microbial calcium group ($P > 0.05$). Therefore, the microbial calcium is an ideal calcium preparation with high biological activity and bioavailability.

Key words: microbial calcium; calcium preparation; bioavailability

中图分类号: R151.2

文献标识码: A

文章编号: 1002-6630(2011)11-0292-04

我国居民的膳食组成以植物性食品为主, 植物性食品钙含量少, 且存在草酸、植酸等多种不利于钙吸收的因素, 居民普遍缺钙^[1]。成年人平均每日的钙摄入量仅为营养学会推荐供给量标准(RDA)的 50% 左右, 而儿童和青少年只达到 RDA 的 30%~40%^[2]。食用补钙制剂已成为改善居民钙营养状况的重要途径^[3]。目前钙制剂种类繁多, 但由于钙含量低、水溶性差、生物利用率低等原因, 补钙效果并不理想。因此, 寻找一种新型的补钙制剂成为迫切需要解决的问题^[4]。

鲜骨中 Ca、P 含量高, 分别为 19.3% 和 9.39%, Ca 与 P 比值近似 2:1, 是人体吸收 Ca、P 的最佳比例, 因此骨是理想的天然钙源^[5-7]。微生态补钙制剂利用益生菌(鼠李糖乳杆菌和嗜酸乳杆菌)发酵牛骨粉研制, 益生菌代谢产生的乳酸使结合钙转变成游离钙^[8], 提高钙的吸收利用率。补钙制剂的生物利用率是评价补钙效果的重要指标, 通过动物实验, 求出受试动物钙的表观吸收率, 并与对应剂量的碳酸钙组对比, 评价微生态钙制剂的生物利用情况, 探索微生态钙制剂的补钙效果, 为进

收稿日期: 2010-10-09

基金项目: 贵州省科技厅资助项目(黔科合 NY 字[2007]3021号); 贵州省农业委员会资助项目(GZCYTX-0301-03)

作者简介: 万婷婷(1987—), 女, 硕士研究生, 研究方向为药食资源利用。E-mail: wan_tingting_hi@126.com

* 通信作者: 罗爱平(1958—), 女, 教授, 学士, 研究方向为畜产品加工。E-mail: luoai ping58@126.com

一步探讨人体对微生态补钙制剂的吸收利用提供参考。

1 材料与方法

1.1 材料与试剂

新鲜成年牛骨 贵阳市花溪农贸市场。

鼠李糖乳杆菌(*Lactobacillus rhamnosus*, LGG), 菌种编号 1.2466; 嗜酸乳杆菌(*Lactobacillus acidophilus*, LA), 菌种编号 1.1854; 均购于中国科学院微生物研究所。

基础饲料配方: 玉米 59%、豆粕 23.43%、菜籽粕 5%、麦麸 10%、大豆油 1.5%、磷酸二氢钠 0.8%、赖氨酸 0.27%、钙含量 80mg/100g。

碳酸钙 淄博志华工贸有限公司; 微生态补钙制剂 贵州大学动物性食品综合实验室研制。

盐酸、硝酸、甲基红、氨水、草酸铵、硫酸、高锰酸钾、无水乙醇、草酸钠均为分析纯。

1.2 仪器与设备

LD4-2 低速离心机 北京医用离心机厂; FJ-300 高速分散均脂机 上海标模仪器厂; TGL-16B 高速离心机 上海安亭科学仪器厂; UV-7502PC 紫外-可见分光光度计 上海欣茂仪器有限公司; 游标卡尺 上海量具刃具厂。

1.3 实验动物

选用出生 3 周断乳同一批次 KM 种健康小鼠, 84 只雌雄各半, 由贵阳医学院实验动物中心提供(合格证号: SCXK(黔)2002-0001), 体质量(18.84 ± 3.22)g。

1.4 方法

1.4.1 牛骨粉的制备

选用新鲜牛管骨、扁骨各 50%, 用切割机切成 4~5cm 的骨块, 清水洗净后, 剔除筋、腱等非骨成分。将骨块置于锅中, 以蒸馏水刚好浸没为宜, 微沸 1h, 除去残血。取出骨块放入 3% Na₂CO₃ 溶液(38~40℃)中浸泡 40min 脱脂。0.1MPa 高压蒸煮 3~4h, 60~70℃ 恒温干燥 4~6h。将干燥后的骨块进一步粗粉碎为约 1cm 的小块, 再用超微粉碎机进行细粉碎, 过 200 目筛^[9]。

1.4.2 微生态钙制剂制备

鼠李糖乳杆菌与嗜酸乳杆菌协同发酵牛骨粉。发酵条件: 接种量 3%, 菌种比例(LGG:LA)4.67:1、发酵时间 67h、骨粉质量分数 4.45%。将发酵液 2500r/min 离心 10min, 取上清液 100mL, 添加促钙吸收因子 VD₃ 和酪蛋白磷酸肽(CPP), 添加量分别为 25 μg 和 40mg; 用柠檬酸调节其口感, 调 pH 值为 4.67, 巴氏杀菌(65℃, 30min)制成微生态钙制剂^[10], 经测定, 钙含量高达 293.48mg/100mL。

1.4.3 含钙饲料配制

按照我国实验动物饲料营养标准 GB14924—2001《实验动物 大鼠小鼠配合饲料》, 配制成不同钙源的含

钙饲料。微生态补钙制剂为实验组钙来源, 碳酸钙为对照组钙来源, 基础饲料为空白组。

我国实验动物饲料营养标准中规定小鼠饲料中钙含量为 1.0%~1.8%, 故设定标准对照组饲料钙含量为 1.6%, 低剂量对照组为 0.8%, 高剂量对照组为 3.2%, 空白组不添加微生态补钙制剂。按表 1 设计不同钙源及钙含量。

表 1 不同钙源及钙含量实验设计

Table 1 Formulation of calcium agents with different calcium sources and contents

名称	饲料配方	钙含量/(mg/100g)
空白组	基础饲料	80
低剂量对照组	基础饲料+碳酸钙	800
标准对照组	基础饲料+碳酸钙	1600
高剂量对照组	基础饲料+碳酸钙	3200
补钙制剂低剂量组	基础饲料+微生态补钙制剂	800
补钙制剂标准组	基础饲料+微生态补钙制剂	1600
补钙制剂高剂量组	基础饲料+微生态补钙制剂	3200

1.4.4 动物实验

84 只雌雄各半的 KM 种健康小鼠, 按组别、雌雄随机分为 7 组, 每组 12 只, 分别饲养在聚乙烯塑料盒内, 适应性喂养 3d, 空腹 12h 后, 自由进食和饮用去离子水, 实验期为 4 周, 第 4 周进行 3d 代谢实验, 记录食量, 收集粪尿, 测定饲料钙、粪钙和尿钙, 计算钙的表观吸收率及存留率。实验期间每周空腹称体质量 2 次, 实验结束后断头采血, 处死小鼠后分离双侧股骨备用。

1.4.5 指标测定及计算

微生态钙制剂含钙量: 高锰酸钾滴定法^[11]。

血钙: 小鼠断头采血, 经离心分离出血浆, 采用邻甲酚肽络合酮比色法试剂盒测定^[12]。

股骨质量及股骨长: 小鼠喂养 30d 后处死, 剥离出右侧股骨, 于 105℃ 烤箱中烘至质量恒定, 称量骨干质量。游标卡尺测量小鼠左股骨长^[13]。

骨钙: 用高锰酸钾滴定法测定小鼠整块右股骨钙, 计算小鼠骨钙含量。

$$\text{骨钙含量}/(\text{mg/g}) = \frac{\text{股骨钙质量}}{\text{股骨质量}} \quad (1)$$

尿钙: 高锰酸钾滴定法测定^[11]。

$$3\text{d 摄入钙量} = \text{饲料钙含量} \times 3\text{d 饲料消耗量} \quad (2)$$

$$\text{粪钙} = \text{粪便中钙含量} \times \text{粪便排出量} \quad (3)$$

$$\text{钙的表观吸收率}/\% = \frac{\text{摄入钙量} - \text{粪钙量}}{\text{摄入钙量}} \times 100 \quad (4)$$

$$\text{钙存留率}/\% = \frac{\text{摄入钙量} - \text{粪钙量} - \text{尿钙量}}{\text{摄入钙量}} \times 100 \quad (5)$$

$$\text{饲料利用率}/\% = \frac{\text{小鼠体质量增加量}}{\text{摄入饲料量}} \times 100 \quad (6)$$

表2 不同钙源对小鼠体质量及饲料利用率的影响
Table 2 Effect of calcium source on body weight of mice and bioavailability of calcium

组别	体质量/g					饲料利用率/%				
	初始质量	第1周	第2周	第3周	第4周	第1周	第2周	第3周	第4周	总利用率
空白组	18.1 ± 0.5	24.2 ± 0.2	29.9 ± 0.3	32.1 ± 0.5	34.2 ± 0.4	10.6 ± 0.7	9.82 ± 0.9	3.79 ± 0.6	3.62 ± 0.7	6.56 ± 0.2
低剂量对照组	17.8 ± 0.4	23.0 ± 0.5	29.2 ± 0.5	32.3 ± 0.3	34.4 ± 0.5	8.96 ± 0.2	10.68 ± 0.8	5.34 ± 0.3	3.62 ± 0.6	6.04 ± 0.2
标准对照组	18.4 ± 0.2	24.3 ± 0.3	29.5 ± 0.4	32.8 ± 0.5	34.0 ± 0.2	10.17 ± 0.4	8.96 ± 0.2	5.68 ± 0.5	2.06 ± 0.7	5.46 ± 0.4
高剂量对照组	18.2 ± 0.5	24.5 ± 0.4	29.1 ± 0.5	32.4 ± 0.2	34.6 ± 0.5	10.86 ± 0.4	7.93 ± 0.3	5.68 ± 0.6	3.79 ± 0.7	5.62 ± 0.2
补钙制剂低剂量组	17.9 ± 0.3	23.6 ± 0.5	28.0 ± 0.4	31.2 ± 0.5	33.5 ± 0.2	9.82 ± 0.8	7.58 ± 0.8	5.51 ± 0.4	3.96 ± 0.5	5.46 ± 0.4
补钙制剂标准组	18.6 ± 0.5	24.9 ± 0.2	29.6 ± 0.5	32.0 ± 0.3	34.0 ± 0.5	10.86 ± 0.9	8.10 ± 0.5	4.13 ± 0.3	3.44 ± 0.8	5.19 ± 0.6
补钙制剂高剂量组	18.0 ± 0.4	24.0 ± 0.1	29.8 ± 0.5	32.1 ± 0.3	34.3 ± 0.4	10.34 ± 0.8	10.00 ± 0.6	3.96 ± 0.2	3.79 ± 0.6	5.33 ± 0.4
F值	2.984	3.539	2.167	3.244	2.232	8.384	9.539	5.167	7.244	5.232
P值	>0.05	>0.05	>0.05	>0.05	>0.05	>0.05	>0.05	>0.05	>0.05	>0.05

2 结果与分析

2.1 补钙制剂的吸收利用情况

由表2可知,小鼠被随机分组后,实验初期各组间的体质量无显著差异($P > 0.05$);第1周与第2周小鼠体质量增加较快,整个实验期间小鼠体质量组间无显著差异($P > 0.05$);实验期内小鼠无死亡,活动、饮食、排便均正常,低钙对照组小鼠表现出倦怠、不好动、毛色欠光泽,其他实验组小鼠运动活跃,毛色光泽;小鼠饲料利用率组间差异均不显著($P > 0.05$)。

2.2 小鼠骨钙测定结果

表3 不同补钙剂量对小鼠股骨的影响
Table 3 Effect of calcium dose on femur of mice

组别	股骨长/mm	股骨质量/mg	骨钙含量/(mg/g)
空白组	20.6 ± 0.4	46.6 ± 2.0 ^{aA}	109.1 ± 8.7 ^{aA}
低剂量对照组	19.8 ± 0.3	51.4 ± 2.7 ^{bB}	127.0 ± 8.9 ^{bB}
标准对照组	20.7 ± 0.5	57.2 ± 2.4 ^{cC}	144.5 ± 8.7 ^{cdD}
高剂量对照组	19.4 ± 0.3	60.6 ± 3.4 ^{dDE}	159.2 ± 13.1 ^{cdEF}
补钙制剂低剂量组	19.8 ± 0.2	52.2 ± 2.1 ^{bB}	135.6 ± 9.9 ^{bC}
补钙制剂标准组	20.4 ± 0.3	58.7 ± 1.7 ^{cdCD}	152.8 ± 7.7 ^{dE}
补钙制剂高剂量组	19.8 ± 0.3	61.2 ± 2.6 ^{dE}	162.2 ± 8.6 ^{dF}

注:同列大写字母不同表示差异显著($P < 0.05$);同列小写字母不同表示差异极显著($P < 0.01$)。下同。

如表3所示,补钙各组的股骨质量与空白组的股骨质量差异极显著($P < 0.01$),补钙可明显增加股骨质量。相同水平微生态补钙制剂组和碳酸钙对照组间的股骨质量无显著差异($P > 0.05$)。不同补钙制剂和补钙剂量水平对股骨长度未见显著影响($P > 0.05$)。

骨钙测定的是整块骨骼中的钙含量,无论从理论上还是从实验方法上,骨钙都是反映补钙效果更直接、更可靠的指标^[14]。由表3可见,补钙各组的骨钙含量与空白组的骨钙含量差异极显著($P < 0.01$),补钙可明显增加骨钙含量。微生态补钙制剂高剂量组的骨钙含量与高剂

量对照组之间无显著性差异($P > 0.05$),微生态补钙制剂低剂量组与标准剂量组的骨钙含量与相同水平的碳酸钙对照组比较差异显著($P < 0.05$),表明微生态补钙制剂补钙效果好。

2.3 小鼠钙表观吸收率与存留率测定结果

表4 不同补钙剂量对小鼠钙代谢的影响
Table 4 Effect of calcium dose on calcium metabolism in mice

组别	3d 摄入钙质量/mg	表观吸收率/%	存留率/%
空白组	16.8 ± 1.5	95.31 ± 2.14 ^{eE}	93.94 ± 2.35 ^{eE}
低剂量对照组	174.3 ± 16.0	64.63 ± 9.57 ^{cC}	61.96 ± 9.92 ^{cdC}
标准对照组	329.0 ± 31.4	45.05 ± 9.51 ^{aA}	42.48 ± 9.80 ^{aA}
高剂量对照组	672.1 ± 59.5	43.41 ± 8.57 ^{aA}	41.23 ± 8.71 ^{aA}
补钙制剂低剂量组	168.0 ± 14.9	73.52 ± 9.24 ^{dD}	71.02 ± 9.39 ^{dD}
补钙制剂标准组	336.1 ± 29.1	56.69 ± 8.45 ^{bcB}	54.21 ± 8.82 ^{bcB}
补钙制剂高剂量组	668.9 ± 49.7	48.89 ± 7.22 ^{abA}	47.35 ± 7.43 ^{abA}

表观吸收率是评价补钙制剂的重要标准,如表4所示,空白组的表观吸收率和存留率达到90%以上,均明显高于各补钙组($P < 0.01$),微生态补钙制剂高剂量组的表观吸收率与高剂量对照组之间无显著性差异($P > 0.05$),微生态补钙制剂低剂量组与标准组钙的表观吸收率明显高于相应剂量碳酸钙对照组($P < 0.01$)。符合钙吸收实验结果判断标准^[15]中受试样品钙的表观吸收率若在两种钙摄入水平上均显著高于相同水平碳酸钙,则可以判定受试样品为“钙吸收率较高”的要求。

2.4 小鼠血钙测定结果

由表5可知,空白组的血钙水平最低,各实验组小鼠的血钙含量均高于空白组。微生态补钙制剂组与碳酸钙对照组相比,血钙水平差异不显著($P > 0.05$),但均高于碳酸钙对照组。表明不同剂量钙对小鼠血清钙水平影响较小,机体可以通过自身调节来维持血钙浓度的相对恒定。

2.5 补钙指标间的相关关系

由表6可见,摄入钙与骨钙呈正相关。为满足统计分析对资料分布的要求,将摄入钙量和表观吸收率、

表5 小鼠血钙测定结果
Table 5 Determination of blood calcium in mice

组别	空白组	补钙制剂			低剂量对照组	标准对照组	高剂量对照组
		低剂量组	标准组	高剂量组			
血钙含量/(mmol/L)	2.03 ± 0.11	2.140 ± 0.09	2.33 ± 0.06	2.4 ± 0.14	2.11 ± 0.07	2.19 ± 0.12	2.35 ± 0.10

存留率均进行自然对数变换后作直线相关分析,发现摄入钙量与表观吸收率、存留率呈负相关。血钙与上述各项指标均无相关关系。

表 6 摄入钙、血钙与骨钙、表观吸收率、存留率的相关关系
Table 6 Correlations between calcium intake or blood calcium and bone calcium, apparent absorption rate or retention rate

测定项目	摄入钙量		血钙含量	
	R	P	R	P
骨钙含量	0.482	0.033	-0.033	0.965
表观吸收率	-0.484	0.001	0.024	0.850
存留率	-0.633	0.001	0.053	0.944

2.6 摄入钙量与表观吸收率的量效关系

为分析摄入钙与表观吸收率的量效关系,以摄入钙量为X轴,表观吸收率为Y轴,在直角坐标系中绘制散点图,经与标准图形对照^[16],发现其变化趋势为双曲线,微生态补钙制剂组(7)及碳酸钙组(8)方程的表达式分别为:

$$Y = -22.291 \ln X + 146.6 \quad (7)$$

$$Y = -14.411 \ln X + 107.23 \quad (8)$$

经假设检验微生态补钙制剂组 $F=254.234$, $P < 0.01$,碳酸钙组 $F=207.341$, $P < 0.01$,表明回归效果有显著性。

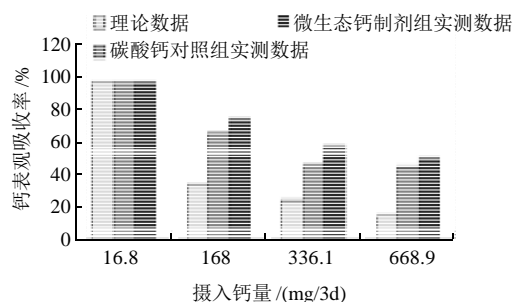


图 1 钙表观吸收率和摄入钙的关系

Fig.1 Relationship between calcium absorption and calcium intake

由图 1 可见,实测数据与理论数据回归线较为接近,说明回归效果良好。决定系数 R^2 分别为 0.9018 和 0.9115,说明微生态补钙制剂组及碳酸钙对照组方程可分别表明钙表观吸收率 90.18% 和 91.15% 的变异程度。在“钙饥饿”状态下吸收率明显增加,实验期内钙摄入量 $< 100\text{mg}/3\text{d}$,则表观吸收率随摄入钙的减少而急剧增加,此时只要摄入钙稍有变化,表观吸收率则发生明显变化,就补钙营养品的开发研究而言,在此条件下得到的高表观吸收率是没有实际意义的。当摄入钙在 $150 \sim 350\text{mg}/3\text{d}$ (低剂量组、标准组)时,随着钙摄入量的增加,表观吸收率有所降低,但下降速度明显减缓,此时应注意在摄入量相等的情况下比较各组的吸收率。当摄入钙在 $350 \sim 800\text{mg}/3\text{d}$ (高剂量组)之间时,表观吸收率的变化几乎呈平台趋势,此时摄入钙的改变对吸收率的影响已很小。

3 结 论

3.1 实验期内小鼠无死亡,活动、饮食、排便均正

常。低钙对照组小鼠表现出倦怠、不好动、毛色欠光泽,其他实验组小鼠运动活跃,毛色光泽。各组小鼠体质量及饲料利用率组间差异均不显著($P > 0.05$)。

3.2 微生态补钙制剂低剂量组与标准剂量组的骨钙含量与相同水平的碳酸钙对照组比较差异显著($P < 0.05$),表明微生态补钙制剂效果好。补钙可明显增加骨钙、股骨质量($P < 0.05$),但对股骨长度未见显著影响($P > 0.05$)。

3.3 空白组的钙表观吸收率和存留率都明显高于各补钙组($P < 0.01$),微生态补钙制剂低剂量组与标准剂量组钙的表观吸收率明显高于相应剂量碳酸钙对照组($P < 0.01$)。符合钙吸收实验结果判断标准,表明微生态补钙制剂的生物利用率高。

3.4 空白组的血钙水平最低,各实验组小鼠的血清钙含量均高于空白组。微生态补钙制剂组与碳酸钙对照组相比,血钙水平差异不显著($P > 0.05$),但均高于碳酸钙组。各不同剂量实验组间血钙含量差异不显著($P > 0.05$),表明不同剂量钙对小鼠血清钙水平影响较小,机体可以通过自身调节来维持血钙浓度的相对恒定。

3.5 摄入钙与骨钙呈正相关,与钙表观吸收率、存留率呈负相关。血钙与骨钙、吸收率、存留率均无相关关系。

3.6 碳酸钙因其补钙效果确切,功效价格比高,常被作为补钙营养剂的参照标准。不同剂量水平的微生态补钙制剂在小鼠体内的吸收利用率明显高于碳酸钙。结果表明微生态补钙制剂具有较高的生物活性,生物利用率高,是一种理想的补钙制剂。

参考文献:

- [1] 杨晓光,翟凤英,朴建华,等.中国居民营养状况调查[J].中国预防医学杂志,2010,11(1):5-7.
- [2] 赵晓红,米生权,刘岩.两种市售钙制剂对生长期大鼠生物利用率的研究[J].食品科学,2006,27(10):521-524.
- [3] LEON G, AIAIN P. The bioavailability of dietary calcium[J]. J Am Coll Nutr, 2000, 19: 119-136.
- [4] 苏蕾.海藻钙在大鼠体内的吸收利用[J].中国商办工业,2002(12):53-54.
- [5] 吴立芳,马美湖.我国畜禽骨的综合利用[J].包装与食品机械,2005,23(1):29-33.
- [6] 谭敏,郭品,赵志峰,等.动物骨粉的研究开发及应用现状[J].食品工业科技,2008,29(3):306-308.
- [7] 陈丹,张传林,朱冬眉,等.超微粉碎牦牛骨泥经发酵和酶解后游离钙和氨基酸态氮的变化[J].中国酿造,2008(1):41-43.
- [8] 梁锐萍,廖燕燕,黄素珍.乳酸菌发酵微粒骨粉生产工艺的优化[J].肉类工业,2006,299(3):31-34.
- [9] 尹彦洋,罗爱平,伍贤位,等.柠檬酸与胃蛋白酶协同水解牛骨粉的工艺优化[J].食品工业科技,2010,31(3):248-251.
- [10] 尹彦洋,罗爱平,李施,等.两种乳杆菌协调发酵牛骨粉促钙转化的工艺研究[J].食品科学,2009,30(21):178-183.
- [11] 全国饲料工业标准化技术委员会. GB/T 6436—2002 饲料中钙的测定[S]. 武汉:国家饲料质量监督检验中心,2002.
- [12] 米生权,赵晓红.市售补钙制剂吸收率与生物利用率评价方法探讨[J].食品科学,2007,28(7):530-534.
- [13] 李彦春.胶原多肽钙的制备及小鼠应用实验[J].中国皮革,2005,34(15):36-41.
- [14] 王灿楠,刘德成,庄明.钙吸收利用与钙摄入量关系的动物实验研究[J].卫生研究,2002,31(6):439-441.
- [15] 中华人民共和国卫生部.保健食品检验与评价技术规范[S].北京:中华人民共和国卫生部,2003.
- [16] 罗通彪.畜禽鲜骨的开发利用[J].食品研究与开发,2003,24(5):70-72.