

论著

含重组人乳铁蛋白乳粉蛋白质营养学评价

令狐丽琴,毛德倩,李敏,张宇,杨丽琛,朴建华

(中国疾病预防控制中心营养与健康所 卫生计生委微量元素营养重点实验室,北京 100050)

摘要:目的 评价牛乳腺生物反应器表达的重组人乳蛋白乳粉蛋白质的营养价值。方法 选用100只清洁级刚断乳(出生后20~23 d)SD大鼠(雌、雄各半),按性别、体质量随机分为5组:重组人乳蛋白乳粉组、普通乳粉组、酪蛋白乳粉组、牛乳铁蛋白乳粉组、重组人乳铁蛋白乳粉组,分别喂饲相应饲料28 d,观察大鼠的进食量、体质量,测定血常规、血生化情况,试验末期处死动物,称量脏器重量并对脏器进行病理学检查,计算蛋白功效比和校正蛋白功效比,对氨基酸评分。结果 重组人乳铁蛋白乳粉雄性动物组总体蛋白功效比值差异有统计学意义($P < 0.05$),但重组人乳铁蛋白乳粉组雄性和其他对照组差异无统计学意义($P > 0.05$)。雌性动物重组人乳铁蛋白乳粉组和其他对照组蛋白功效比值差异无统计学意义($P > 0.05$)。结论 重组人乳铁蛋白乳粉的蛋白功效和其他组相比并无较大区别,氨基酸评分结果显示苯丙氨酸和酪氨酸为第一限制氨基酸,与普通乳粉一样。

关键词:重组人乳铁蛋白;重组;人乳铁蛋白;乳粉;蛋白质;功效评价;氨基酸评分;SD大鼠

中图分类号:R155;Q51 文献标志码:A 文章编号:1004-8456(2016)01-0011-05

DOI:10.13590/j.cjfh.2016.01.003

Evaluation of protein nutritional value of SD rats fed milk powder containing recombinant human lactoferrin derived from transgenic cloned cattle

LINGHU Li-qin, MAO De-qian, LI Min, ZHANG Yu, YANG Li-chen, PIAO Jian-hua

(Key Laboratory of Trace Element Nutrition, National Health and Family Planning Commission of the People's Republic of China, Institute for Nutrition and Health, Chinese Center for Disease Control and Prevention, Beijing 100050, China)

Abstract: Objective To evaluate the protein nutritional value fed milk powder containing recombinant human lactoferrin derived from transgenic cloned cattle. **Methods** Based on gender and weight, 100 weanling SD rats were randomly divided into five groups, casein normal control group, recombinant human lactoferrin milk powder group, normal milk powder control group, recombinant human lactoferrin reference group, cattle lactoferrin reference group. They were fed for 28 d. Bodyweight and food consumption were observed, hematology and clinical biochemistry were measured during the experiment period. The rats were sacrificed at the end point for organ weight measurement and pathological examination. The protein efficiency ration and amino acid score were calculated. **Results** The protein efficiency ratio of rhLF milk power had no significant statistical discrepancy than other control groups in male rats. The result of the female rats was the same. The data of amino acid score of rhLF milk power and normal control group are slightly different. **Conclusion** The protein efficiency ratio of rhLF milk power equalaled the other milk powder groups. The protein amino acid score of rhLF milk powder showed PHE and TYR were the first limited amino acid.

Key words: Recombinant human lactoferrin; recombination; human lactoferrin; milk powder; protein; efficacy assessment; amino acid score; SD rats

人乳铁蛋白(human lactoferrin, hLF)是一种铁

结合的具有多种生理功能的糖蛋白^[1],它不仅能够促进胃肠道对铁的吸收,还能提高免疫力,具有广泛的抗菌性^[2]。乳铁蛋白在阻断氧自由基、促进双歧杆菌生长等方面也发挥重要的作用。但是由于条件限制,研究多数是以牛乳铁蛋白作为研究对象,但是有研究表明,牛乳铁蛋白和人乳铁蛋白的差异使得人乳铁蛋白的受体不能结合牛乳铁蛋白,人乳铁蛋白广泛存在于人初乳中,但是人乳铁

收稿日期:2015-11-19

基金项目:转基因生物的食用和饲用安全评价技术(2014ZX08001-005)

作者简介:令狐丽琴 女 硕士生 研究方向为营养与食品卫生学
E-mail:lhlqjenny@163.com

通信作者:杨丽琛 女 研究员 研究方向为营养与食品卫生学
E-mail:yanglichen@126.com

蛋白在人初乳中的含量仅为 6 ~ 8 mg/L^[3],而且人初乳只是产后第一周有,含量少^[4],这就造成了人乳铁蛋白大量应用的一个瓶颈。有研究发现人乳铁蛋白与人体肠道受体结合的时候,人乳蛋白能够更加有效的嵌合到肠道受体^[5-6]。

但随着科技的发展,转基因技术也不断成熟,目前以牛乳腺为生物反应器能够生产重组人乳铁蛋白乳粉,但是这种转基因功能性产品的蛋白质与亲本产品蛋白质在生物活性和生理功能上是否一致,是否达到人们预期的功效,需要探讨和研究。

本试验拟通过蛋白质功效比试验(protein efficiency ratio,PER)、氨基酸评分来评价重组人乳铁蛋白的营养价值,为大规模重组人乳铁蛋白商业化提供试验依据。

1 材料与方 法

1.1 材 料

1.1.1 样品及饲料

重组人乳蛋白乳粉(rhLF,由中国农业大学自主研发,经牛乳腺生物反应器表达产生的重组人乳蛋白乳粉,其中乳铁蛋白的表达量经过 ELISA 测定,含量为 20.12 mg/g)、普通乳粉(NC,中国农业大学提供)、酪蛋白乳粉(CC,戴维林国际贸易有限公司,纯度 = 90%)、牛乳铁蛋白乳粉(cLFF,武汉大华伟业医药化工有限公司,纯度为 95% ~ 98.7%)、重组人乳铁蛋白乳粉(rhLFF,中国农业大学提供,纯度 = 99%)。配制饲料时,要求饲料中乳粉的蛋白质是唯一蛋白质来源,占饲料的 10%,掺入饲料,除蛋白质外其他成分分配比符合实验动物标准饲料 AIN-93 的成分分配比,见表 1。5 种饲料由北京华阜康生物科技股份有限公司加工成块料,辐照消毒备用。

表 1 动物实验饲料配方(g)

Table 1 Composition of diets for SD rats

成分	rhLF 饲料	NC 饲料	CC 饲料	rhLFF 饲料	cLFF 饲料
rhLF	384	0	0	0	0
NC	0	405	0	0	0
CC	0	0	116.144	83.458	83.458
rhLFF	0	0	0	16.542	0
cLFF	0	0	0	0	16.542
脂肪	0	0	70	70	70
纤维	49.967	49.599	50	50	50
糊化玉米淀粉	132	132	202	202	202
玉米淀粉	284.653	264.021	412.476	428.62	428.62
蔗糖	100	100	100	100	100
胱氨酸	3	3	3	3	3
氯化胆碱	1.38	1.38	1.38	1.38	1.38
维生素	10	10	10	10	10
矿物质	35	35	35	35	35
合计	1 000	1 000	1 000	1 000	1 000

1.1.2 实验动物

清洁级刚断乳 SD 大鼠(出生后 20 ~ 23 d),体质量 50 ~ 70 g,雌雄各半,每组 20 只,共 100 只。SD 大鼠购买于中国人民解放军军事医学科学院实验动物中心[许可证号:SCXK(京)2012-0004]。实验动物在中国疾病预防控制中心劳动卫生所动物实验中心清洁级动物房饲养[许可证号:SYXK(京)2009-0032],温度为 20 ~ 30 ℃,湿度 40% ~ 70%。

1.1.3 主要仪器与试剂

7080 型全自动生化分析仪(日本 Hitachi)、XT-1800IV 全细胞血细胞分析仪(日本 SYSMEX)、电子天平。天门冬氨酸氨基转移酶测定试剂盒、丙氨酸氨基转移酶测定试剂盒、尿素测定试剂盒、肌酐测定试剂盒均购自中生北控生物科技股份有限公司。

1.2 方 法

1.2.1 分组与处理

动物进入动物房,适应 5 d,之后利用随机数字进行随机分组:rhLF 组、NC 组、CC 组、cLFF 组(乳铁蛋白含量和重组乳粉含量相同)、rhLFF 组。试验时间 28 d,分别喂饲 5 种饲料,大鼠单笼饲养,自由摄食和饮水。

第 28 天对大鼠称重,隔夜禁食 16 h,不限制饮水。试验第 29 天,采用戊二醛麻醉剂麻醉,腹主动脉取血,分别做血生化和血常规检测。然后处死动物,取脏器称重,肉眼观察是否有病理改变,将有改变的用 4% 甲醛固定,进行病理学检查。

1.2.2 一般状况观察

试验期间观察动物的一般表现,每周称体质量 1 次、称撒食和进食 3 次,均精确到 0.1 g。观察体质量和进食情况。

1.2.3 血常规、血生化指标

血常规指标主要有全血血红蛋白,红、白细胞,血小板;血生化指标包括:白蛋白、肌酐、尿素氮、丙氨酸氨基转移酶、天门冬氨酸氨基转移酶。

1.2.4 脏器比

计算脏器比,脏器比 = 脏器重(g)/体质量(g)。

1.2.5 蛋白质功效比、氨基酸评分计算

依据试验末期大鼠的总进食量和体质量变化量计算蛋白质功效比值。依据被测蛋白质和参考蛋白质的氨基酸含量进行氨基酸评分的计算,进而评价蛋白质的价值优劣。

公式(1):蛋白质功效比(PER) = 整个试验期间大鼠体质量增加量(g)/整个试验期间摄入食物蛋白质质量(g)

公式(2):校正蛋白质功效 = 试验组 PER/酪蛋白 PER × 2.5

公式(3):氨基酸评分(AAS) = 被测蛋白质每克氮中氨基酸含量(mg)/参考蛋白质每克氮中氨基酸含量(mg) × 100^[5]。

1.3 统计学分析

采用 SAS 9.2 进行统计分析,符合正态性的数据采用方差分析,数值用 $\bar{x} \pm s$ 表示,不符合正态性

的采用非参检验,用中位数表示。

2 结果

2.1 一般状况观察

整个试验过程中,大鼠未见明显异常表现,无动物死亡。大鼠的体质量和进食量见表 1、2。

表 1 雌/雄 SD 大鼠体质量测量结果($\bar{x} \pm s, g$)

Table 1 Body weight curves of male and female SD rats

性别	周数/周	rhLF 组	NC 组	CC 组	cLFF 组	rhLFF 组
雌	1	106.21 ± 11.92	111.76 ± 5.08	111.20 ± 7.46	99.12 ± 10.56	112.27 ± 9.53
	2	142.88 ± 12.57	146.28 ± 8.81	148.94 ± 10.46	137.31 ± 9.35	153.34 ± 12.33
	3	142.88 ± 12.57	146.28 ± 8.81	148.94 ± 10.46	137.31 ± 9.35	153.34 ± 12.33
	4	197.55 ± 16.09	203.00 ± 15.50	197.92 ± 21.94	198.50 ± 12.06	210.82 ± 14.08
雄	1	113.39 ± 11.39	119.12 ± 9.22	118.83 ± 7.16	119.80 ± 9.63	120.51 ± 6.39
	2	155.25 ± 11.68	163.66 ± 10.89	160.39 ± 8.50	159.20 ± 11.77	155.73 ± 16.13
	3	198.84 ± 66.55	221.92 ± 12.61	229.36 ± 8.19	223.08 ± 14.87	215.37 ± 13.61
	4	243.17 ± 14.77	265.05 ± 13.36	264.10 ± 9.84	256.32 ± 20.48	253.29 ± 19.17

表 2 雌/雄 SD 大鼠进食量测量结果($\bar{x} \pm s, g$)

Table 2 Food intake curves of male and female SD rats

性别	周数/周	rhLF 组	NC 组	CC 组	cLFF 组	rhLFF 组
雌	1	161.39 ± 14.25	163.40 ± 7.47	175.97 ± 8.79	170.94 ± 22.73	191.97 ± 6.82
	2	232.34 ± 15.83	223.56 ± 4.17	238.04 ± 23.56	244.13 ± 10.31	262.08 ± 14.17
	3	251.53 ± 13.37	247.33 ± 7.09	251.23 ± 27.80	256.00 ± 12.34	265.25 ± 8.11
	4	282.71 ± 18.86	270.93 ± 15.28	264.41 ± 31.85	278.96 ± 17.21	277.59 ± 16.89
雄	1	170.03 ± 11.20	182.66 ± 5.83	194.66 ± 9.63	205.22 ± 8.73	209.58 ± 4.38
	2	257.47 ± 12.11	244.89 ± 5.45	266.36 ± 12.33	277.78 ± 3.43	277.56 ± 15.17
	3	279.92 ± 4.98	278.40 ± 2.63	290.20 ± 4.56	293.03 ± 1.89	297.22 ± 4.78
	4	348.80 ± 10.58	366.74 ± 7.28	361.86 ± 6.07	373.50 ± 5.53	364.55 ± 10.67

2.2 血常规指标检查结果

从表 3 可见,雄性动物 rhLFF 组在红细胞、血红蛋白、白细胞、血小板与其他组比较均差异无统计

学意义($P > 0.05$)。雌性动物 rhLFF 组在红细胞、血红蛋白、白细胞、血小板与其他组比较均差异无统计学意义($P > 0.05$)。

表 3 各组大鼠血常规检测结果($\bar{x} \pm s$)

Table 3 Hematological data of rats in each group

性别	组别	白细胞计数 /($\times 10^9/L$)	红细胞计数 /($\times 10^{12}/L$)	血红蛋白 /(g/L)	血小板计数 /($\times 10^9/L$)
雄性	CC 组	8.454 ± 2.461	8.964 ± 3.056	133.60 ± 10.458	1 008.1 ± 214.2
	NC 组	8.702 ± 2.004	6.730 ± 0.520	135.50 ± 5.276	1 114.8 ± 61.9
	rhLF 组	9.984 ± 4.421	6.910 ± 0.316	129.20 ± 18.103	861.6 ± 287.7
	cLFF 组	9.407 ± 3.693	6.704 ± 0.972	131.40 ± 5.502	1013.9 ± 87.8
	rhLFF 组	8.272 ± 2.304	6.761 ± 0.421	149.20 ± 7.927	921.3 ± 183.6
雌性	CC 组	6.537 ± 2.203	7.532 ± 2.639	146.10 ± 8.962	924.6 ± 177.1
	NC 组	8.548 ± 2.754	7.309 ± 0.505	144.90 ± 5.216	1 021.9 ± 161.6
	rhLF 组	7.848 ± 3.190	7.241 ± 0.376	142.90 ± 10.016	998.1 ± 136.3
	cLFF 组	8.638 ± 2.143	7.206 ± 0.453	142.80 ± 8.804	958.6 ± 161.4
	rhLFF 组	6.088 ± 2.160	7.130 ± 0.337	141.10 ± 11.789	966.3 ± 165.361

2.3 血生化指标检验结果

血生化指标检验结果见表 4,雄性动物重组人乳铁蛋白乳粉组在白蛋白(ALB)、肌酐(CRE)、尿素氮(BUN)、丙氨酸氨基转移酶(ALT)、天门冬氨酸氨基转移酶(AST)与其他组相比均差异无统计学意义($P > 0.05$)。雌性动物 rhLFF 组在白蛋白、肌酐、尿素氮、丙氨酸氨基转移酶、天门冬氨酸氨基转移酶与其

他组相比均差异无统计学意义($P > 0.05$)。

2.4 大体解剖和脏器系数

2.4.1 大体解剖

试验末,处死动物后,没有发现异常组织和器官。

2.4.2 脏/体比值

脏/体比值结果见表 5,雄性动物 rhLFF 在脏

表4 各组大鼠血清生化指标检测结果($\bar{x} \pm s$)

Table 4 Blood biochemistry data of rats in each group

性别	组别	ALT/(IU/L)	AST/(IU/L)	BUN/(mmol/L)	CRE(μ mol/L)	ALB/(g/L)
雄性	CC组	25.9 \pm 4.3	133.5	5.19 \pm 1.13	62.7 \pm 11.1	27.9 \pm 1.4
	NC组	25.4 \pm 5.1	120.0	4.41 \pm 0.89	55.9 \pm 5.7	27.0 \pm 1.7
	rhLFF组	32.5 \pm 22.6	133.5	4.62 \pm 1.14	59.7 \pm 7.7	27.4 \pm 1.9
	cLFF组	28.7 \pm 5.5	141.0	5.81 \pm 1.22	64.6 \pm 8.9	28.9 \pm 1.3
	rhLFF组	24.0 \pm 6.2	126.0	6.10 \pm 2.34	65.1 \pm 10.2	29.6 \pm 2.9
雌性	CC组	20.2 \pm 4.2	101.0	7.54 \pm 1.49	56.3 \pm 4.8	31.4 \pm 1.1
	NC组	22.2 \pm 6.1	113.0	6.29 \pm 1.43	52.5 \pm 5.1	30.6 \pm 2.7
	rhLFF组	18.5 \pm 7.4	108.0	6.31 \pm 2.08	52.5 \pm 6.6	31.0 \pm 1.9
	cLFF组	23.0 \pm 4.1	135.0	7.85 \pm 1.11	51.2 \pm 2.5	32.7 \pm 1.1
	rhLFF组	26.8 \pm 8.1	151.0	6.77 \pm 2.73	61.6 \pm 6.1	30.1 \pm 2.7

注:符合正态性的数据数值用 $\bar{x} \pm s$ 表示,数据不符合正态性,数值用中位数表示

表5 各组大鼠脏器比的结果($\bar{x} \pm s, \%$)

Table 5 Comparison of organ coefficient of rats in each group

性别	组别	心脏/体 比值	肝/体 比值	脾/体 比值	肾/体 比值	睾丸(卵巢) /体比值	附睾/体 比值
雄	CC组	0.404 \pm 0.051	3.284 \pm 0.323	0.290 \pm 0.042	0.737 \pm 0.055	0.991 \pm 0.074	0.246 \pm 0.056
	NC组	0.367 \pm 0.038	3.064 \pm 0.169	0.248 \pm 0.043	0.682 \pm 0.070	0.956 \pm 0.097	0.238 \pm 0.072
	rhLFF组	0.405 \pm 0.040	3.180 \pm 0.398	0.264 \pm 0.067	0.722 \pm 0.081	1.033 \pm 0.113	0.225 \pm 0.054
	cLFF组	0.417 \pm 0.037	3.417 \pm 0.728	0.279 \pm 0.030	0.725 \pm 0.110	0.990 \pm 0.879	0.197 \pm 0.049
	rhLFF组	0.402 \pm 0.036	3.513 \pm 0.627	0.293 \pm 0.066	0.747 \pm 0.094	1.018 \pm 0.099	0.227 \pm 0.029
雌	CC组	0.424 \pm 0.047	3.285 \pm 0.503	0.269 \pm 0.055	0.801 \pm 0.116	0.074 \pm 0.028	—
	NC组	0.411 \pm 0.044	3.202 \pm 0.480	0.245 \pm 0.061	0.741 \pm 0.081	0.078 \pm 0.015	—
	rhLFF组	0.415 \pm 0.062	3.216 \pm 0.354	0.281 \pm 0.055	0.762 \pm 0.095	0.085 \pm 0.046	—
	cLFF组	0.474 \pm 0.115	3.381 \pm 0.652	0.280 \pm 0.050	0.786 \pm 0.072	0.089 \pm 0.015	—
	rhLFF组	0.455 \pm 0.054	3.477 \pm 0.293	0.293 \pm 0.046	0.782 \pm 0.120	0.068 \pm 0.006	—

器比与其他组相比均差异无统计学意义($P > 0.05$)。雌性动物重组人乳铁蛋白乳粉组在脏器比与其他组相比均差异无统计学意义($P > 0.05$)。

2.5 蛋白质功效比和校正蛋白质功效比

方差分析结果显示雄性动物组蛋白质功效各

组间差异有统计学意义($P < 0.05$)。用 Bonferroni 法进行两两比较,雄性 rhLFF 组和其他组的蛋白功效比值均差异无统计学意义($P > 0.05$)。雌性动物 rhLFF 组和其他组的蛋白功效比值均差异无统计学意义($P > 0.05$),具体结果见表6。

表6 蛋白质功效比和校正蛋白质功效比结果($\bar{x} \pm s$)

Table 6 Protein efficiency ratio and corrected protein efficiency ratio data for each group

性别	组别	摄食总量 /g	体质量增加 总量/g	蛋白质 功效比值	F	P	校正蛋白质 功效比值
雄性	CC组	556.539 \pm 9.378	179.413 \pm 9.808	3.223 \pm 0.152	7.39	0.000	—
	NC组	536.346 \pm 7.084	176.794 \pm 7.963	3.296 \pm 0.138			2.556 \pm 0.107
	rhLFF组	528.111 \pm 12.109	158.655 \pm 11.324	3.005 \pm 0.222			2.331 \pm 0.172
	cLFF组	574.760 \pm 8.450	171.035 \pm 15.504	2.976 \pm 0.269			2.308 \pm 0.209
	rhLFF组	574.454 \pm 13.925	165.573 \pm 15.787	2.879 \pm 0.215			2.233 \pm 0.167
雌性	CC组	464.828 \pm 36.538	121.840 \pm 14.265	2.621 \pm 0.231	0.05	0.995	—
	NC组	452.610 \pm 12.120	118.428 \pm 12.384	2.617 \pm 0.266			2.496 \pm 0.253
	rhLFF组	463.986 \pm 17.226	120.719 \pm 12.519	2.602 \pm 0.249			2.482 \pm 0.238
	cLFF组	475.018 \pm 10.738	125.859 \pm 12.029	2.648 \pm 0.223			2.525 \pm 0.213
	rhLFF组	498.445 \pm 12.789	130.260 \pm 10.027	2.614 \pm 0.205			2.494 \pm 0.196

注:—表示同一种食物在不同试验条件下,所测得的功效比值有较大区别。为了使试验结果具有一致性和可比性,试验期间用标化酪蛋白为参考蛋白设对照组,校正蛋白质功效比 = 试验组 PER/酪蛋白 PER \times 2.5,酪蛋白组只作为参考蛋白,不计算校正功效比

2.6 氨基酸评分

由表7可见重组人乳铁蛋白乳粉氨基酸评分最低的是苯丙氨酸和酪氨酸,评分为76.02,普通乳粉氨基酸评分最低的是苯丙氨酸和酪氨酸,评分为77.12,所以两种乳粉的第一限制氨基酸都为苯丙氨酸和酪氨酸。

3 讨论

母乳中的人乳铁蛋白能够促进婴儿生长发育,提高婴儿免疫力,抵抗微生物^[6],而且能够促进铁的吸收,对于婴儿具有很好地预防铁缺乏作用。乳铁蛋白在人初乳中含量能够达到6~8 mg/L,随

表7 重组人乳铁蛋白乳粉和普通乳粉氨基酸评分结果

Table 7 Amino acid score of rhLFF and CC milk powder

氨基酸名称	参考蛋白 (mg/g)	重组人乳铁蛋白 乳粉	普通乳粉
苏氨酸	34	125.08	126.22
缬氨酸	35	144.50	153.85
蛋氨酸 + 半胱氨酸	25	165.52	158.70
异亮氨酸	28	129.99	147.48
亮氨酸	66	155.58	149.06
苯丙氨酸 + 酪氨酸	63	76.02	77.12
赖氨酸	58	137.40	134.72
组氨酸	19	131.07	136.37
色氨酸	11	146.29	99.37

着哺乳期的延长,含量会逐渐降低。有研究表明经过牛乳腺生物反应器生产的人乳铁蛋白和乳酸亚铁联合作用不但能改善缺铁性贫血状态,而且能减少亚铁的不良作用^[7]。Hernell 等^[8]的研究发现摄入人乳铁蛋白,能够起到和补铁一样的效果,这一研究在某种程度上说明了人乳铁蛋白中的铁容易被人体吸收。

本试验的数据显示,大鼠进食量、体质量都随着时间的延长而增加,血常规、血生化等指标未见异常。本试验雄性 NC 组、rhLFF 组蛋白质功效分别为(3.296 ± 0.138)、(3.005 ± 0.222),差异无统计学意义($P > 0.05$),雌性大鼠组 NC 组、rhLFF 组蛋白质功效为(2.617 ± 0.266)、(2.602 ± 0.249),差异无统计学意义($P > 0.05$),提示重组人乳铁蛋白乳粉中乳铁蛋白含量虽然提高,但蛋白质功效没有明显差异;CC 组蛋白质功效为(3.223 ± 0.152),与重组人乳铁蛋白乳粉组比较差异无统计学意义($P > 0.05$),雌性 CC 组蛋白质功效比为(2.621 ± 0.231),与重组人乳铁蛋白乳粉组比较差异无统计学意义($P > 0.05$),提示受试蛋白质的营养价值与酪蛋白相近,是良好的蛋白质来源^[9]。

本试验在普通乳粉和酪蛋白乳粉对照基础上,加设牛乳铁蛋白、重组人乳铁蛋白组作为对照,主要基于现有的配方乳粉主要是以牛乳蛋白作为主要原料,有研究表明牛乳中的乳铁蛋白含量甚微,而且牛乳蛋白进入体内不能有效结合到乳铁蛋白受体上,不易被消化吸收^[3],本试验中雌、雄大鼠 cLFF 组蛋白质功效分别为(2.976 ± 0.269)、(2.648 ± 0.223),虽与重组人乳铁蛋白乳粉组蛋白质功效存在数量上的差别,但差异无统计学意义($P > 0.05$),因此需要进一步试验来深入探讨;本试验设置重组人乳蛋白组,是基于牛乳腺生物反应器生产出来的人乳铁蛋白浓度高,技术先进,能够提纯 99% 的人乳铁蛋白,探索人乳铁蛋白作为添加剂的可能性和安全性;rhLFF 组雄性、雌性大鼠蛋白质功

效比分别是(2.879 ± 0.215)、(2.614 ± 0.205),与人乳铁蛋白乳粉组比较差异无统计学意义($P > 0.05$),提示重组人乳铁蛋白有作为添加剂的可能,但是还需要更多的研究来进一步探讨。

氨基酸评分是被广泛采用的评价蛋白质价值的一种方法,是将各氨基酸组分与参考蛋白相比较而得到的。本试验中重组人乳铁蛋白乳粉中苯丙氨酸和酪氨酸氨基酸评分最低,为 76.02,普通乳粉中苯丙氨酸和酪氨酸氨基酸评分也最低,为 77.12,提示两种乳粉的第一限制氨基酸都是苯丙氨酸和酪氨酸。

如果乳腺生物反应器可大规模的投产应用,对于改善缺铁症状、提高免疫力均有很广阔的前景,但刘珊等^[10]研究发现 rhLFF 具有一定的潜在致敏可能性,这提示在以后还要开展更多有关安全方面如急性毒性、慢性毒性的研究。本试验是重组人乳铁蛋白乳粉关于营养学评价的初探研究,对于此转基因乳铁蛋白乳粉进一步的营养价值评定,今后应开展更多研究,如大型动物体内消化的研究、缓解缺铁性贫血症状等其他生理功能的研究,为此蛋白的功效学评价提供参考。

参考文献

- [1] 刘红云,童富淡.乳铁蛋白生理功能研究现状[J].上海畜牧兽医通讯,2003(3):2-4.
- [2] 周催,王建武,黄昆仓,等.含重组人乳铁蛋白(rhLFF)的转基因克隆牛乳粉喂养 SD 大鼠 90 天的安全性研究[J].农业生物技术学报,2013,21(12):1537.
- [3] 祁潇哲,王静,周催,等.较长期喂养重组人乳铁蛋白全乳粉对 SD 大鼠血清铁、铁蛋白含量的影响[J].食品科学,2010,31(23):340-343.
- [4] 孙长颢.营养与食品卫生学[M].北京:人民卫生出版社,2009:155.
- [5] 李敏,胡贻椿,朴建华,等.转双反义淀粉分支酶基因大米中蛋白质的营养价值评价[J].中国食品卫生杂志,2011,24(2):97-99.
- [6] Manzonei P, Rinaldi M, Cattani S, et al. Bovine lactoferrin supplementation for prevention of late-onset sepsis in very low-birth-weight neonates: a randomized trial[J]. JAMA, 2009, 302(13):1421-1428.
- [7] 王小丹,刘珊,徐海斌,等.重组人乳铁蛋白对缺铁性贫血大鼠铁营养状况的改善作用[J].卫生研究,2012,41(1):13-17.
- [8] Hernell O, Lonnerdal B. Iron status of infants fed low-iron formula; no effect of added bovine lactoferrin or nucleotides[J]. Am J Clin Nutr, 2002, 76(4):858-864.
- [9] 中华人民共和国农业部.转基因生物及其产品食用安全检测蛋白质功效比试验(农业部 2031 号公告)[Z]. 2013.
- [10] 刘珊,陈惠芳,王小丹,等.重组人乳铁蛋白致敏性的初步研究[J].中国食品卫生杂志,2013,25(2):107-112.