

强化米生物试验

邵玉芬 张 蕾 严文钰
柳启沛 陈凤麟 徐 勋

(上海医科大学营养与食品卫生教研室)

人体摄取食物中的蛋白质、脂肪、糖、无机盐、维生素等营养以满足生长发育、修补组织及从事劳动的需要,在各类食物中谷物占有重要的地位。

发展中国人民膳食中谷物所提供的热量约占总热量的70~80%,蛋白质也占有总量的二分之一以上。1982年全国营养调查的结果表明,粮谷类所提供的蛋白质平均占有60%以上。中国农业科学院按照每日膳食中营养素供给量标准,参照我国农牧渔业生产发展,人民经济水平和膳食习惯等多种因素进行了综合研究,提供了1990年和2000年的“膳食目标”^[2],将其中谷物折算为大米,每天从中摄取的蛋白质质量仍占有30.27%~45.56%。所以,主食中的谷物蛋白在膳食结构中继续占有主要的比重^[3]。众所周知,谷物蛋白中人体所必需的赖氨酸和苏氨酸量不足,致使营养价值降低。据一些研究报道,在小麦或大米中添加0.2%~0.4%赖氨酸,可使其生物价提高1~2.3倍。此外,由于谷物结构和营养素分布的特点,在加工或烹调中的损失。B族维生素及无机盐的流失也较多^[4]。因此,德、英、美、日等国一度对大米、面粉进行了赖氨酸、维生素B₁、B₂、尼克酸、钙和铁等强化^[3,5],以提高膳食质量,满足人体所需要的各种营养素。

无锡轻工业学院为改善我国人民膳食中蛋白质、维生素和无机盐不足现状,采用新工艺,研制成强化赖氨酸、维生素B₁、B₂、铁、锌和钙的大米,为了解该强化米的生物学价值,以SPRACUE—DAWLEY(SD)大鼠进行了动物实验,观察其营养效果。

一、材料与方 法

1.材料

强化米、晚粳米,由无锡轻工业学院提供,其赖氨酸强化量是根据FAO/WHO蛋白质中氨基酸最佳配比模式的缺额补足计算的。维生素B₁与B₂、铁与锌的添加量,是按每日摄入5.0g大米的中等体力劳动的中等男子能达到日供应量标准的二分之一计算的。钙则按四分之一计算。它们的营养成分分别见表1、2

本文1987年10月24日收到。

表1 晚粳米和营养强化米的营养成分(干基)

成 分	晚 粳 米	营养强化米
水 分(%)	13.62	14.02
蛋 白 质(%)	8.23	8.35
脂 肪(%)	0.31	0.29
维生素B ₁ (mg/kg)	0.80	2.92
维生素B ₂ (mg/kg)	未 检 出	2.04
L-赖氨酸(mg/kg)	2300	3680
钙(mg/kg)	62	306.3
铁(mg/kg)	6.09	15.7
锌(mg/kg)	10.80	19.6

此资料来自无锡轻工业学院

酪蛋白: 上海试剂采购供应站

2. 实验动物

由本校动物中心培育提供的 Spnagne—DAWLEY(SD)断乳大鼠,先喂以本实验室的基础饲料,观察一周,随机分为:晚粳米(I)、强化米(II)、晚粳米+混合无机盐+混合维生素(III)、强化米+混合无机盐+混合维生素(IV),酪蛋白(V)等五组,每组10只,各组分别饲以相应的饲料。强化米和晚粳米组的饲料配制,系将饲料粉碎、过筛,均匀后直接喂饲,其蛋白质的含量实际测得6.5%和6.9%(此值略低于无锡轻工业学院测得的干基值),其余各组加混合无机盐维生素后^[6],蛋白质的含量均与上述二组接近。各组热量也近似。

实验大鼠单笼饲养,自由进食与饮水,记录每鼠的饲料消耗量,每周称取动物体重一次,共观察4周,于实验第三周饲以着色剂洋红,收集大小便4天,分析其尿氮,粪氮、计算其消化吸收率、利用率。氮储留量、蛋白质的“生物价”,每克蛋白质增长的体重克数,测定食物钙、尿钙、粪钙,计算其钙平衡等。实验至28天结束,用乙醚麻醉,心脏取血,测血红蛋白、血清铁和血清锌的含量,最后取出肝、脑称重,分别计算其脏体比。另外,还测了肝DNA的含量。

3. 方法

- 1) 饲料氮、尿氮、粪氮: 凯氏定氮法
- 2) 血清铁和血清锌: 原子吸收光谱法
- 3) 饲料钙、尿钙、粪钙: EDTA络合滴定法

表2 氨基酸组成及其含量(干基mg/100g)

名 称	晚 粳 米
组 氨 酸	158
异亮氨酸	287
亮 氨 酸	544
赖 氨 酸	228
蛋氨酸+胱氨酸	133+微
苯丙氨酸+酪氨酸	360+330
苏 氨 酸	246
色 氨 酸	420

资料来源: 由无锡轻工业学院提供。
1985.6.由上海市食品工业研究所测定。

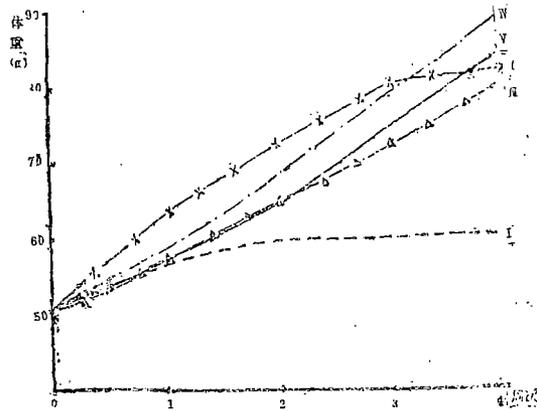
- 4) 血红蛋白: 氰化高铁血红蛋白比色法
- 5) 肝组织DNA测定: 改良二苯胺法^[7]
- 6) 尿中维生素B₁测定, 采用荧光分光光度法
- 7) 统计计算: 微机Apple II

注: 蛋白质生物价及P、E、R值的测定, 一般要求实验饲料的蛋白质含量为10%^[4,6], 由于晚粳米和强化米蛋白质含量均在7%左右。如将实验饲料蛋白质调整到10%, 势将掩盖二组间微量之差别, 因此本实验采用实际晚粳米和强化米的各自成分的含量进行试验, 观察其差别。所以, 本实验的“生物价”和“PER”值与文献报道的方法不同, 其数值仅说明二者的比较。

二、结果与讨论

1. 体重增长

经过28天喂养试验各组体重都有增长, 但晚粳米I组增长极少(见图1, 表3)强化米组明显优于对照组(P<0.05), 而与酪蛋白组无明显差别(P>0.05), 特别令人注意的是强化米加上混合无机盐和和维生素组的生长最好。



I—晚粳米; II—强化米; III—晚粳米+混合无机盐+混合维生素;
IV—强化米+混合无机盐+混合维生素; V—酪蛋白。

图1 实验动物体重增长曲线

表3 饲养28天后各组体重的克数

组别	动物数	M±SD
I	10	59.74±11.12
II	10	83.59±11.39
III	10	83.59±13.21
IV	10	92.33±13.88
V	10	84.25±7.27

F = 8.369 F(0.05) = 2.96 P < 0.05

表4 各蛋白质消化率比较(%)

组别	动物数	M±SD
I	6	87.55±5.94
II	6	89.62±4.57
III	6	83.85±1.97
IV	6	83.45±3.40
V	6	74.82±3.68

F = 11.716 F(0.05) = 2.6 P < 0.05

2. 各组蛋白质消化率的比较

从表4可见,强化米的蛋白质消化率平均为89.62,晚粳米的消化率为87.55,强化的大米略优于晚粳米,但统计处理无明显差别 $P > 0.05$ 。

3. 蛋白质的“生物价”

蛋白质的生物价表示蛋白质在体内被吸收利用的积度,从表5可见强化的晚粳米利用程度明显优于未强化的大米($P < 0.05$),接近于酪蛋白组的实验结果。据报道大米中添0.2%的赖氨酸其生物价可增加到2~3倍^[3],以0.1%强化,已获得良好效果。应该说明的是:按一般大米蛋白质的生物价为77^[8],本实验的生物价比文献报告的均较低。其原因是蛋白质的生物价受到很多因素的影响,即使是同一食物蛋白质,也可因实验条件不同,而有不同的生物价测定值。一般进行蛋白质生物价测定时,多在膳食中蛋白质10%条件下进行,本实验中蛋白质以米的含量7%为基准,虽其生物价较低,但可真实地观察强化后的差别。

表5 各组蛋白质生物价比较

组别	动物数	M ± S D
I	4	28.60 ± 6.18
II	5	47.56 ± 7.90
III	5	42.60 ± 10.37
IV	5	48.38 ± 5.16
V	5	48.46 ± 3.39

$$F = 8.39 \quad F(0.05) = 2.65 \quad P < 0.05$$

4. 每摄入1g蛋白质所增加体重的克数

每摄入1g蛋白质对生长发育中的幼小動物所增加的体重克数可用来衡量蛋白质在体内被利用的程度。表6可见强化米每摄入1g蛋白质所增加的体重克数明显高于晚粳米,为晚粳米的2.7($P < 0.05$),而与酪蛋白组经统计分析无明显差别。此外,在实验中发现强化米无机盐和和维生素组所增加体重数值最高,提示了实验动物如果接受完全价的膳食后,蛋白质的利用将更好。

5. 饲料效价

每100g饲料增加体重的克数(见表7、图2),强化米为36.70g而晚粳米组是12.60g,前者明显优于后者,经统计处理 $F < 0.05$ 。当强化米加无机盐和和维生素后,则明显优于其它各组。

表7 各组饲料效价比较(体重g/100g饲料)

组别	动物数	M ± S D
I	10	12.60 ± 10.16
II	10	36.70 ± 8.51
III	10	45.61 ± 5.89
IV	10	56.25 ± 7.92
V	10	51.33 ± 8.66

$$F = 38.365 \quad F(0.05) = 2.96 \quad P < 0.05$$

表6 各组中摄入1g蛋白质增加的体重克数

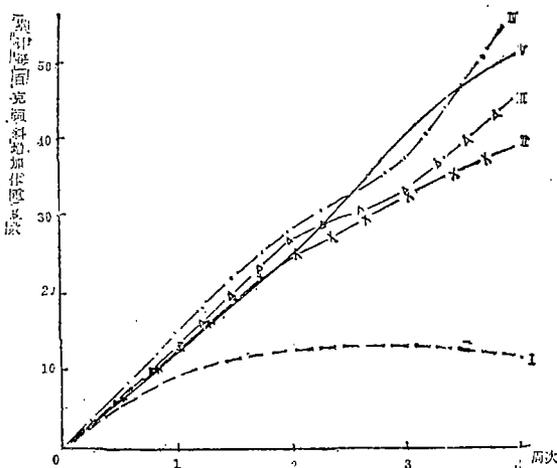
组别	动物数	M ± S D
I	10	0.63 ± 0.42
II	10	1.63 ± 0.25
III	10	1.95 ± 0.20
IV	10	2.39 ± 0.33
V	10	2.17 ± 0.30

$$F = 40.329 \quad F(0.05) = 2.96 \quad P < 0.05$$

表8 各组肝DNA含量的比较(μg/mg蛋白)

组别	动物数	M ± S D
晚粳米	6	129.72 ± 1.32
强化米	6	327.34 ± 1.57
酪蛋白	6	224.39 ± 1.45

$$F = 9.27 \quad F(0.05) = 5.79 \quad P < 0.05$$



I—晚粳米，II—强化米，III—晚粳米+混合无机盐+混合维生素；
IV—强化米+混合无机盐+混合维生素，V—酪蛋白

图2 饲料效价曲线

6. 肝DNA的测定结果

HURLEY等1980年曾报道认为动物的生长与组织中DNA量有密切关系^[9]，核酸是遗传的物质基础，对人体有重要功能，故有人用DNA值来评价其对生长的影响，强化米的每毫克蛋白质中的DNA含量明显高于晚粳米， $P < 0.05$ (见表8)，强化米组比酪蛋白组含量也高一些，但统计处理无明显差别，从而进一步说明强化后大米对动物有促进生长发育的作用。

7. 钙平衡结果

机体每天需要通过食品摄入一定量的钙以维持机体钙的动态平衡，当食品中含钙量不足时，机体就要消耗体内贮存的钙而处于负钙平衡。所以常用钙平衡来衡量机体对钙的营养状态。粮谷由于不同程度的加工，钙的含量往往下降不能满足人体需要。无锡轻工业学院强化钙的大米经实验结果可见，强化后大米动物即处于正钙平衡，而对照的粳米组则处于负钙平衡，其他各组因有足够的无机盐，均为正平衡。因此，强化钙是很有效果的(见表9)。

表9 各组钙平衡情况

组别	动物数	摄入钙mg/天	排出钙(粪+尿) mg/天	钙平衡
I	6	0.21	7.18	-6.97
II	6	2.48	1.92	+0.56
III	6	146.05	49.71	+96.34
IV	6	170.56	61.78	+108.78
V	7	139.08	51.41	+87.67

8. 血清铁及血红蛋白

大米铁强化后，经四周动物喂饲血清铁测定结果有如表10，由于对照晚粳米组动物血量

少,多数样品不能进行分析,但是强化米血清含铁含量略高一些。各组动物血红蛋白测定结果见表11,晚粳米组与强化米组二者无明显差别。

表10 各组血清铁的含量($\mu\text{g}/\text{ml}$)

组别	动物数	M \pm SD
晚粳米	2	1.30
强化米	5	1.61 \pm 0.69
酪蛋白	5	1.35 \pm 0.42

表11 各组血红蛋白含量($\text{g}/100\text{ml}$)

组别	动物数	M \pm SD
晚粳米	10	16.50 \pm 1.39
强化米	9	16.42 \pm 2.18
酪蛋白	9	14.27 \pm 1.09

9. 血清中锌的含量

其测定的结果详见表12,各组间无明显差别,提示锌强化的量较少。

表12 各组血清中锌的含量($\mu\text{g}/\text{ml}$)

组别	动物数	M \pm SD
晚粳米	6	1.54 \pm 0.72
强化米	6	1.25 \pm 0.15
酪蛋白	6	1.31 \pm 0.35

表13 各组动物的肝体比(肝重 $\text{g}/100\text{g}$ 体重)

组别	动物数	M \pm SD
晚粳米	6	4.11 \pm 0.62
强化米	6	3.62 \pm 0.37
酪蛋白	6	4.34 \pm 0.75

此外,对晚粳米、强化米组和酪蛋白组的肝体比进行了比较(见表13)各组间也没有明显差别, $P>0.05$ 。

除了上述结果外,还测定了动物24小时尿中维生素 B_1 含量。维生素 B_1 与机体的糖代谢有密切的关系,粮食中维生素 B_1 是人的主要来源。维生素 B_1 在体内一般不贮留。当体内维生素 B_1 含量充裕时,多余的部分便从尿中排出,其排出量随摄入量增加而增多。人们常用尿中维生素 B_1 排出量来衡量机体的维生素 B_1 的营养水平。本实验在另一批SD大鼠中进行,各组动物20只,雌雄各半,各组饲料喂养14天后,收集24小时尿,检验尿中维生素 B_1 含量,其结果详见表14。结果表明强化米组尿中维生素 B_1 的含量明显多于晚粳米组($P<0.05$),而与酪蛋白组无明显的差别,故维生素 B_1 的强化是很有效的。

表14 各组24小时尿中维生素 B_1 含量($\mu\text{g}/24$ 小时尿总量)

组别	动物数	M \pm SD
晚粳米	18	0.87 \pm 0.61
强化米	18	2.55 \pm 1.69
酪蛋白	20	2.90 \pm 2.05

注:晚粳米及强化米组分别有7和2只尿样被饲料污染,因此未测。

综上所述,强化后的大米经动物试验结果表明,其蛋白质的消化,吸收、利用。肝中DNA含量,尿中维生素 B_1 的含量,钙平衡状况以及动物的生长发育等均明显优于非强化组,因此显示了强化后大米具有较好的生物价值。

本试验中的第Ⅳ组(强化米+混合无机盐+混合维生素)具有最高的生物价,预见到以大米为主食时,在增加副食品中营养素被补充摄入后,强化米的生物价,将会进一步提高。强化米作为主食,适度添加短缺营养而不追求最高生物价,以避免营养过度的危险性,我们认为合适的。

本文承营养卫生组唐金发、赵雪娴同志协助工作,特此致谢。

参 考 文 献

- [1] 中国农业科学院,“改善膳食结构的设想和措施”,《中国食品报》,1985
- [2] 姚惠源:“大米营养强化与改善膳食结构的关系”,《无锡轻工业学院学报》第5卷(4),88—90,1986
- [3] 武汉医学院,《营养与食品卫生学》,人民出版社,8—9,233—34,1981
- [4] 张锦同等,《强化食品》,轻工业出版社,37—44,1983
- [5] William Horwitz, et al, Aoac of official Analytical Chemists 12 Eddition 857—858, 1975
- [6] Richards C.M, Modifi cation of the Diphenylamine Reaction Giving Increased Sensitivity and Simplicity in the Estimation of DNA. Analytical Biochemistry 57: 369—376, 1974
- [7] 中国生理科学营养学会,《营养基础与临床实践》,北京科学技术出版社, 17, 1986
- [8] Hurley, L.S., et al, Development Nutrition, Academic Press. N.Y. p151, 1980