

营养强化米的研究

姚惠源 黄诗安 朱斌昕

(粮油系)

前 言

大米营养强化在世界上有40多年的历史,在以大米为主食的菲律宾、锡兰、日本等亚洲国家,以及美洲的哥伦比亚、委内瑞拉和美国南方各州,对大米都进行不同程度的营养强化,对改善和提高人们的营养状况和健康水平都起到积极的效果。FAO/WHO以及许多国家的粮食食品管理机构,不同情况地颁布了大米营养强化的各种法规与法令^[1]。大米营养强化是当今世界,尤其是以大米为主食的地区的人们全面摄取人体所需要各种营养素的最经济有效的途径^[2]。

我国是盛产稻米的国家,稻谷产量占世界首位,全国有三分之二左右的人口以大米为主食,但大米营养强化的研究和生产长期处于空白状态。根据我国农科院粮经研究所按照我国具体国情的预测,到本世纪末我国人民生活水平达到小康水平时,谷物仍将是我国人民膳食结构中的主体,谷物蛋白仍将占人们每天摄入蛋白质总量的40%左右^[2]。所以通过营养强化改善和提高大米蛋白的品质,补充维生素和矿物盐等营养素,对改善我国人民的膳食结构,提高人民的健康水平都将起到极重要的作用,因而对大米营养强化已是一项急待解决的课题。

本研究根据我国以谷物为膳食主体的特点,参照人体每日营养供给量标准及有关部门对全国营养调查中所普遍缺乏的营养素种类,借鉴国外大米营养强化的经验,结合我国具体国情,对大米强化的营养素种类及其合理剂量和强化工艺进行系统研究,对所研制的营养强化米进行了贮藏、蒸煮试验和生物营养试验。

1987年9月21日江苏省粮食局受商业部和江苏省科委的委托,在镇江市召开了营养强化米科研项目专家评议会。到会的25名营养、卫生、谷物生化,粮食食品的专家,教授一致认为:该研究课题是根据我国以大米为主食的特点和营养调查的现实状况出发,为了合理补充大米的营养成分,提高营养价值而立题是完全正确和必要的,对提高人民的营养水平具有积极意义;大米强化的营养种类、营养源选择、剂量、配方,强化工艺的研究是合理的;强化米贮藏、蒸煮、动物试验数据可靠,结果可信;强化工艺简单,技术可靠,效果好,成本低,产品易于为消费者接受。该项研究填补了国内大米营养强化工艺和营养强化米的空白,在国内处于领先地位。

一、营养素强化种类,剂量与强化工艺的研究

1. 营养添加剂种类,剂量与营养源选择

本文1987年10月24日收到。

根据我国预防医学中心 1982 年全国营养调查,我国人民蛋白质的人均日摄入量为 67 克^[3],处于供给标准的低水平。摄入的钙,核黄素、维生素 A 明显低于供给标准。据北京市营养调查, B 族维生素摄入量只达人体最低生理供应量的 66~82%。我国南方食米地区维生素 B₁ 和 B₂ 的供给量也有不同程度的缺少。我国儿童缺铁性贫血和佝偻病,北方发病率为 49.3%,南方为 24.6%^[3]。根据有关部门对北京市等 19 个省市学龄儿童头发中含锌量的分析,大约有 60% 的儿童低于正常值^[3]。所以大米营养强化必然以添加大米中所缺乏的限制性氨基酸,以提高大米蛋白质的品质以及强化人们所短缺的维生素和矿物元素为研究的主要目标。

1) 赖氨酸理论添加量的计算,大米蛋白质的含量不高,并且随着大米加工精度的提高而有所降低,糙米蛋白质的含量一般为 8~9%,白米为 7~8%^[4]。但是大米蛋白质与其它植物蛋白相比,具有较高的品质^[5],其 PER 值一般约为 2 (1.36~2.55)^[6],高于大豆蛋白 (0.7~1.8) 和小麦蛋白 (1.0)。大米蛋白还具有较为稳定的氨基酸组成。但大米蛋白的氨基酸组成与 FAO/WHO 最佳氨基酸组成模式相比较,缺乏赖氨酸(第一限制性氨基酸)和苏氨酸(第二限制性氨基酸)。据国外研究表明^[7],以 0.25% 的赖氨酸对大米进行强化,其 PER 值可以从 1.90 提高到 2.59,接近于对照乳酪 (2.93),若同时强化 0.1% 的苏氨酸,则 PER 值可提高到 3.4,超过乳酪蛋白。可见大米强化适量的赖氨酸和苏氨酸,可极大地提高大米蛋白的营养价值。鉴于我国目前食用苏氨酸尚未有正式生产,因此,本研究的大米氨基酸强化仅作赖氨酸添加,在单纯强化赖氨酸而不同时强化苏氨酸的情况下,赖氨酸的添加量必须考虑其氨基酸的平衡问题,根据,FAO/WHO 模式和我国大米蛋白的氨基酸组成比例,赖氨酸的理论添加量可按下列式计算。

$$G_{LYS}(\text{理论}) \leq Q_{LYS}(1 - \eta_{Thr}) - g_{LYS}(\text{毫克/100克白米})$$

式中

$G_{LYS}(\text{理论})$ ——每 100 克白米中应加的赖氨酸量(毫克/100克白米)

Q_{LYS} ——按 FAO/WHO 模式精白米中赖氨酸应有的含量(毫克/100克)

η_{Thr} ——精白米中苏氨酸的缺乏率(%)

g_{LYS} ——每 100 克精白米中赖氨酸的原始含量(毫克/100克)

根据我国粳米和籼米粗蛋白和 8 种必需氨基酸的含量,即可计算出单纯强化赖氨酸的理想理论值。

粳米: $G_{LYS}(\text{理论}) \leq 671(1 - 0.426) - 255 = 130 \text{ 毫克/100克}$

籼米: $G_{LYS}(\text{理论}) \leq 655(1 - 0.33) - 277 = 129 \text{ 毫克/100克}$

从以上所计算的赖氨酸添加量理论值可知,我国粳米和籼米赖氨酸的合理强化量每 100 克精白米中为 130 毫克左右。鉴于大米赖氨酸强化过程以及强化米在贮藏、蒸煮过程中都将受到一定损失,所以赖氨酸的实际添加量应按下列式计算。

$$G_{LYS}(\text{实际}) \leq G_{LYS}(\text{理论}) / \eta_1 \cdot \eta_2 \cdot \eta_3 \cdot \eta_4 (\text{毫克/100克})$$

式中

η_1 ——赖氨酸强化过程中的强化率(%)

η_2 ——强化米贮藏过程中赖氨酸的保留率(%)

η_3 ——强化米在蒸煮过程中赖氨酸的保留率(%)

η_4 ——赖氨酸的实际含量(%),赖氨酸盐酸盐的赖氨酸含量为 30%

2) 维生素和矿物元素的添加标准与营养源选择 根据我国有关部门的营养调查^[3], 在人们的日常膳食中, VB_1 和 VB_2 都有不同程度的缺少。儿童、妇女、老年中缺铁、缺钙与缺锌的情况甚为普遍。根据我国的实际营养状况, 本研究拟定对白米进行 VB_1 、 VB_2 及钙、铁、锌等 5 种营养素的添加。添加量与营养源的选择除借鉴国外资料外, 更积极地按照我国具体国情及强化工艺所许可的条件下进行研究。

① 维生素添加标准与营养源选择 我国 VB_1 与 VB_2 的日供应量, 按中等体力劳动的成年男子为计算标准, 均为 1.5 毫克/日^[8]。按每天每人食用大米 500 克计算, 如按国外标准^[9], 则日供应量将分别达 3.2 毫克和 2 毫克, 而还未及副食品中的来源, 这是因为国外的食用习惯上与我国很不相同, 发达国家每天食用大米量极少, 所以必须在少量的大米进食中摄取较多的维生素, 因而添加的剂量较多, 如日本强化米作为特种营养食品, 所以 VB_1 与 VB_2 的添加量很多, 每 100 克的白米中分别强化 100~150 毫克和 50~100 毫克^[11], 本研究在调查研究和综合营养卫生专家的建议, 并根据我国膳食结构的特点, 确定 VB_1 与 VB_2 的理论添加量为其日供应量的 50% 减去原始白米中的含量, 即每公斤大米添加的理论剂量分别为 1.0 和 1.2 毫克, 由于 VB_1 和 VB_2 的稳定性较差, 在强化、贮藏、蒸煮过程都将受到损失, 所以实际添加量必须根据各种损失予以计算与调整。

VB_1 与 VB_2 营养源的选择应考虑它的稳定性, 如硫胺素硝酸盐和硫胺素二鲸蜡硫酸酯。二苯甲酰硫胺素等油溶性的硫胺素的衍生物和硫胺素 2,6-二磺酸盐及核黄素磷酸钠, 油溶性核黄素丁酯都是较为稳定的衍生物。但由于市场供应和价格问题, 本研究所选用的 VB_1 为上海葡萄糖厂生产或进口分装的医用级盐酸硫胺素和上海第二制药厂, 河北省制药厂生产的医用级核黄素。

② 矿物元素添加标准与营养源选择 大米中强化矿物元素比之强化赖氨酸和 VB_1 、 VB_2 要困难得多, 因为添加量受到强化工艺与大米食味的限制。营养源的选择还要注意药物配伍禁忌的问题。本研究拟定钙的理论添加量为日供应量的 25% 减去白米中的原始含量, 铁和锌的理论添加量为日供应量标准的 50% 减去白米中的原始含量, 它们的实际添加量应根据在强化工艺、贮藏与蒸煮过程中的各种损失予以计算和调整。

钙、铁、锌营养源的选择必须考虑生物价高, 无毒性, 溶解度高, 无色或谈色, 无臭无味及价格便宜等多种因素。根据上述原则, 本研究选择氯化钙、乳酸亚铁、氯化锌为强化钙、铁、锌营养源。

综上所述, 我国大米营养强化的剂量与营养源列于表 1。

表 1 我国大米营养强化的营养素剂量与营养源(毫克/公斤)

营 养 素 强 化 理 论 值			营 养 源		
赖 氨 酸	1300		赖 氨 酸 盐	酸 盐	
硫 胺 素 (VB_1)	1.5 - x		盐 酸 硫 胺 素		
核 黄 素 (VB_2)	1.5 - x		核 黄 素		
钙	300 - x		氯 化 钙		
铁	12 - x		酸 乳 亚 铁		
锌	15 - x		氯 化 锌		

注: x - 为原始白米中各种营养素的含量

2. 大米营养强化工艺的研究

大米作为颗粒状散粒体进行各种营养素的强化(或添加)比之粉状物料或其它食品的营养强化在工艺上要困难得多,国外大米采用浸渍,涂膜或包裹等强化工艺,以生产免淘洗的浓缩强化米,食用时按1:200或1:100的比例加入普通白米中。这种强化工艺冗长复杂,而都必须辅以蒸汽加热与干燥处理,设备多,投资大、能耗高,成本贵。而所生产的强化米由于核黄素的浓缩强化,使米粒带有很深的黄色,这种带色米粒掺入白米中煮饭,使黄色扩散到四周的米饭粒上,不受消费者欢迎,是目前国外强化米生产中的一大难题,有的因此而不添加 VB_2 。显然国外这种广为应用的强化米生产工艺不适合我国的国情,产品也不符合我国人民膳食大米的传统习惯。根据我国的现实情况,大米营养强化工艺的研究应本着工艺简洁,设备少,投资省,便于全国大多数碾米厂推广的原则。因此,大米营养强化工艺的研究必须创出中国的特色。

本研究设计的大米营养强化工艺完全区别于国外长时间反复浸渍,反复干燥,涂膜等缓苏型强化工艺,而采取在短时间内将各种营养素强制进入米粒内部或表面的强烈型强化工艺,强化工艺的核心是研制一台用于颗粒物料中添加各种营养素的大米强化机,将白米和按标准配制的营养素溶液分次进入各强化机内,在米粒与营养剂混合并受强化机剧烈搅拌过程中,利用强化机内部的工作热(60°C 左右),使各种营养素迅速渗入米粒内部或涂于米粒表层,同时使营养剂中的水分迅速蒸发,经适当缓苏,便能生产出色、香、味与普通的白米基本相同的多营养大米。图1为本研究所设计的3种强化工艺。

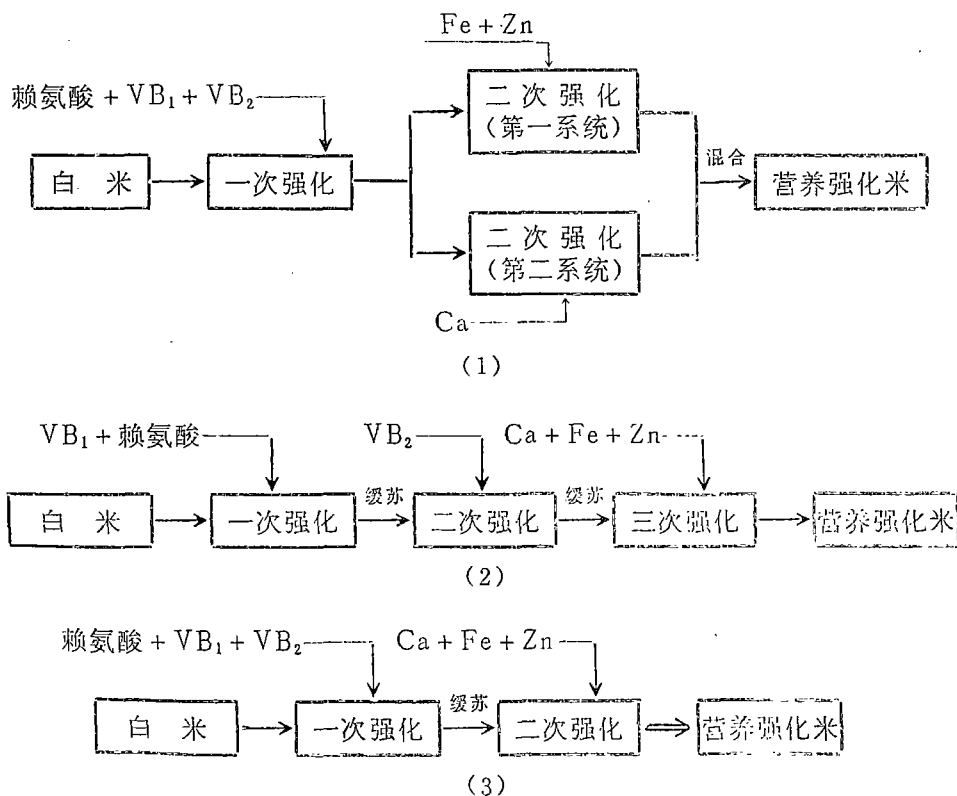


图1 营养强化米强化工艺

图1所设计的(1)、(2)、(3)3种强化工艺经试验证明均可实现大米的营养强化。工艺(1)为两个系统的2次强化工艺,能充分满足营养素配伍禁忌要求,但营养剂浓度大,强化较为困难,成品混合的均匀度要求较高;工艺(2)为一个系统的3次强化工艺,可以克服工艺(1)的缺点,但因增加一次强化,相应的营养素工艺损失增加;工艺(3)为一个系统2次强化的工艺,既简洁又能实现大米强化要求,是本研究采用的基本强化工艺。

二、实验材料与方法

1. 实验材料

晚粳特米,杂交粳特米及按照研究确定的营养素:赖氨酸盐酸盐,盐酸硫胺素,核黄素,氯化钙,乳酸亚铁,氯化锌。

2. 实验方法

1) 营养素添加方法 将各种营养素按强化标准配制成一定浓度的溶液,通过流量控制器加入强化机内,根据所强化的大米流量,将营养素溶液的加入量调节至所需添加量,根据此时取样的强化米,分析其营养素的含量,便可计算出营养素的实际添加量与营养素在强化过程中的工艺损失。

2) 贮藏试验与贮藏损失测定 将营养强化米在30~40℃,相对湿度80%以上条件下强制陈化3周(在强制陈化条件下,贮藏3周相当于常温下贮藏3个月),然后分析原始样品与贮藏后样品的营养素差额,便可计算出营养强化米在贮藏中的营养素损失。

3) 蒸煮试验与蒸煮损失测定 将100克营养强化米加入140~150克水,在电饭锅内蒸煮25分钟,煮成的饭在80℃温度下干燥,测定其营养成分,便可计算出营养素的蒸煮损失。

4) 食用品质评定 采用感官评定法对营养强化米饭与普通米饭进行色、香、味及口感的比较评定:

5) 动物营养试验 使用SPRAGUE—DAWLEY系品种大鼠,实验观察分析蛋白质的生物价,PER值,饲料效价,VB₁在尿中含量,钙平衡,血红蛋白,血清中铁,肝中DNA量以及生长发育情况。(本试验委托上海医科大学营养卫生教研室进行,另文介绍)。

6) 营养成分化学分析方法

①水分 标准法(105℃恒重法)

②VB₁、VB₂、 荧光法;SA组合流动分析仪(荷兰制造)测定

③L-赖氨酸 茚三酮快速法

④铁 硫氰酸钾比色法

⑤锌 双硫腙比色法

比色法均用上海第二分析仪器厂制造的分光光度计测定

三、实验结果分析

1. 营养强化工艺试验采用本研究设计的强化工艺(2)和(3),在镇江市油米厂对晚粳特米和杂优粳特米进行大米营养强化生产性小试,结果见表(2)和表(3)。

表2、3表明,本研究设计的大米营养强化工艺完全可以把各种营养素有效的添加至粳米或籼米之中,营养强化米的VB₁含量比精白米增加3倍左右,VB₂增加10倍左右,赖氨酸和微量矿物元素也可以根据需要增加,从各种营养素在强化工艺中的损失值可知,本强

素2 原始白米和营养强化米的营养素含量(毫克/公斤干基)

品种与类别 营 养 素	原 始 白 米		营 养 强 化 米	
	晚 粳 特 米	杂 交 粳 特 米	晚 粳 强 化 米	杂 交 粳 强 化 米
VB ₁	0.80	0.94	2.92	2.76
VB ₂	未 检 出	0.20	2.04	2.17
L-赖 氨 酸	2300	2480	3680	3000
钙	62	148	306.8	773
铁	6.09	6.25	15.71	15.58
锌	10.80	10.58	19.65	未 添 加

表3 营养强化工艺中各种营养素的损失(毫克/公斤干基)

工艺与品种 营 养 素 强化剂量 与工艺损失	强化工艺(2)强化杂优粳米					强化工艺(3)强化晚粳米					
	VB ₁	VB ₂	赖氨酸	钙	铁	VB ₁	VB ₂	赖氨酸	钙	铁	锌
营养素强化剂量	2.40	2.64	600	761	11.05	2.80	2.76	1620	294.6	11.56	10.51
营养素实际加入量	1.82	1.97	520	625	9.33	2.12	0.20	1380	244.8	9.62	8.85
强化工艺损失(%)	25.00	25.40	13.30	17.90	15.60	24.28	26.35	14.80	16.90	16.80	15.80

化工艺对于很不稳定的VB₁和VB₂的有效强化率可达75%左右,赖氨酸的有效强化率可达85%以上,各种矿物元素的有效强化率可达80%以上,证明本强化工艺不仅具有比国外大米强化工艺简单,设备少,不需要蒸汽,投资省等优点,而且具有较好的强化效果。

2. 贮藏和蒸煮试验结果,见表4

表4 贮藏和蒸煮试验中各种营养素的损失(毫克/公斤干基)

营 养 素	贮 藏 损 失			蒸 煮 损 失		
	贮 藏 前 含 量	贮 藏 后 含 量	损失(%)	蒸 煮 前 含 量	蒸 煮 后 含 量	损失(%)
VB ₁	2.76	2.36	14.49	2.92	2.14	26.71
VB ₂	2.17	1.77	18.43	2.04	1.77	13.24
L-赖 氨 酸	3000	3000	0	3135	2807	10.46
钙	218.7	229.3	0	306.8	37.22	6.38
铁	15.71	15.58	0.80	15.71	15.26	2.86
锌	19.65	19.50	0.76	19.65	18.57	5.49

注:本表中VB₁,VB₂,L-赖氨酸为强制陈化3周后测定值,钙、铁、锌为强制陈化2周后的测定值。

表4表明,由本研究设计的大米营养强化工艺所生产的营养强化米,经3周的强制陈化(相当于常温下贮藏3个月)后,VB₁的损失为15%左右,VB₂的损失为20%左右。由于VB₁,VB₂对空气和光的不稳定性,在贮藏中损失较大,而VB₂对空气和光的不稳定性比VB₁更为敏感,所以在贮藏中的损失大于VB₁。赖氨酸和钙、铁、锌微量元素在2个月贮藏期内基本上没有损失。经3个月贮藏后的营养强化米样品的外观色泽与原始营养强化米对照没有差别,也无异味产生。营养强化米在蒸煮过程中,由于VB₁对热的不稳定性,损失较大,为25%左右;VB₂的损失为15%左右,赖氨酸的损失为5%左右。综合以上各项研究便可得出表5的大米在营养强化工艺以及强化米在贮藏,蒸煮各过程中的各种营养素损失范围,为正确计算各种营养素的实际添加量和配制各种营养剂提供依据,以保证营养强化米能按照本研究所制定的营养素强化标准,有效的提供人体需要。

表5 强化工艺、贮藏与蒸煮中各种营养素的损失范围(%)

各种损失 营养素	强化工艺损失	贮藏损失	蒸煮损失	总损失
VB ₁	25	15(11)	25(16)	52
VB ₂	25	20(15)	15(9)	49
L-赖氨酸	15	0	10(8.5)	23.5
钙、铁、锌	15	0	5(4)	19

注:括号内数据是以总量为基础的损失值

根据表5营养强化米在生产、贮藏、蒸煮过程中营养素的总损失量和表2营养强化米的营养素含量,便于鉴别本研究所配制的营养剂浓度及本研究设计的大米营养强化工艺,对实现本研究所制订的大米营养强化标准的可靠性。表6为强化米营养素含量与强化标准对照表,

表6 营养强化米营养素含量与大米营养强化标准对照表

营 养 素	类 别	营养强化米 (粳米) (毫克/公斤)	营养强化米饭 (粳米饭) (毫克/公斤)	营养强化标准 (毫克/公斤)	营养强化米饭 与 强化标准差额 (毫克/公斤)	营养素差额 百分率 (%)
VB ₁		2.92	1.75	1.5	+0.25	+16.66
VB ₂		2.04	1.33	1.5	-0.17	-11.33
赖氨酸		3680	3312	3850	-538	-13.97
钙		306.8	291.46	300	-8.45	-2.85
铁		15.71	14.92	12	-2.92	+24.33
锌		19.65	18.66	15	+3.66	+24.40

由表6数据表明,本研究所生产的营养强化米,其多种营养素含量虽经生产、贮藏、蒸煮多环节的损失,但最后米饭所含的各种营养素含量与营养强化标准相比较,其准确率在75~98%之间,在某些营养剂配制浓度经适当调整后,其准确率可进一步提高,可见本研究所设计的营养素配制浓度与强化工艺是完全可行的。

3. 品尝试验结果

见表7

表7 营养强化米食用品质评定

品 种	米 饭 类 别	色	香	味	口 感
粳 米	标 一 米 饭	白 ③	正 常	正 常	正 常
	特 二 米 饭	白 ②	正 常	正 常	正 常
	清 洁 米 饭	白 ①	正 常	正 常	正 常
	强 化 米 饭	白(微黄)④	正 常	正 常	可口, 余味稍涩

注: 表中①、②、③、④表示差别程度

①>②>③>④

由表7表明, 经 VB_1 , VB_2 , 赖氨酸和钙、铁、锌等营养素强化的营养米, 除米饭色泽因强化 VB_2 而稍显微黄外, 香、味仍保持一般米饭的风味, 口感比一般米饭还要可口, 但由于强化钙和铁的缘故, 米饭回味有极轻度涩味, 但总的来说其食用品质保持了我国米饭的传统色、香、味特色, 尤其在强化过程中为了防止铁的氧化而添加了极微量抗氧化作用的半胱氨酸和葡萄糖以及强化 L- 赖氨酸可以清除陈米异味的的作用, 所以强化米饭比一般米饭具有更宜人的香味和口感。

4. 生物试验结果见表8, (本试验委托上海医科大学营养卫生教研室进行, 另文介绍)

表8表明, 营养强化后的大米, 其蛋白质的消化, 吸收、利用, 肝中DNA含量, 尿中 VB_1 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大米。纵观表8中5个试验组的生物试验结果, 第4组(强化米+混合无机盐+混合维生素)的生物效果为最好, 说明在营养强化米的基础上再加入适量混合无机盐和混合维生素, 其营养价值将最高, 本研究鉴于营养安全考虑, 所制订的维生素和矿物盐的强化量为日供应量标准的 $\frac{1}{2}$, 钙为 $\frac{1}{4}$, 其余部分

表8 营养强化米生物试验

组 别	目 项	体重增长(饲养28天后各组体重克数)	蛋白消化率比较(%)	蛋白质生物价比较	PER值
(I)	普通晚粳米	59.74±11.12	87.55±5.94	28.60±6.18	0.63±0.42
(II)	营养强化米	83.59±11.39	89.62±4.57	47.56±7.90	1.63±0.25
(III)	晚粳米+混合无机盐+混合维生素	83.59±13.21	83.85±1.97	42.60±10.37	1.95±0.20
(IV)	强化米+混合无机盐+混合维生素	92.33±13.83	83.45±3.40	48.38±5.16	2.39±0.38
(V)	酪 蛋 白	84.25±7.27	74.82±3.68	48.46±3.39	2.17±0.30

(续表 8)

组别	目 项	饲料效价 (体重克/ 100克饲料)	肝中PNA 含量 (微克/克蛋白)	钙平衡 状 况	血清铁含量 (微克/毫升)	尿中VB ₁ 含量 (微克/24小 时尿)总量
(I)	普通晚粳米	12.60±10.16	129.72±1.32	-6.97	1.30	0.87±0.61
(II)	营养强化米	36.20±8.51	327.34±1.57	+0.56	1.61±0.69	2.55±1.69
(III)	晚粳米+混合 无机盐+混合 维生素	46.61±5.89	—	+96.34	—	—
(IV)	强化米+混合 无机盐+混合 维生素	56.25±7.92	—	+108.78	—	—
(V)	酪 蛋 白	51.33±8.56	224.39±1.45	+87.67	1.35±0.42	2.90±2.05

由其它副食品供给,所以可以预见营养强化米在实际食用中的生物效果会更好,进而证明本研究和制订的营养素强化标准是科学有效的。

四、小结与讨论

1) 本研究设计的大米营养强化工艺,能有效的将 VB₁、VB₂、L-赖氨酸、钙、铁、锌等多种营养素同时添加至粳米或籼米中,VB₁、VB₂的有效强化率达75%左右,L-赖氨酸和钙、铁、锌的有效强化率达85%左右。充分证明本研究设计的大米营养强化工艺不仅具有工艺简单,设备少,投资省等优点,而且具有良好的强化效果,创造了一种具有中国特色的大米营养强化新工艺。

2) 营养强化米经2至3个月贮藏后,能保持原样的珠光色泽,无异味产生,食用时可免于淘洗,珠光精洁米的研究成果在营养强化米生产中得到了有效的应用,贮藏期间VB₁的损失为15%左右,VB₂的损失为20%左右,L-赖氨酸和钙、铁、锌基本上没有损失。

3) 营养强化米在蒸煮过程中VB₁的损失为25%左右,VB₂的损失为15%左右,L-赖氨酸的损失为10%左右,钙、铁、锌的损失为5%左右,强化米饭色、香、味保持了我国传统米饭的风味和特色。

4) 营养强化米的蛋白质消化、吸收、利用,肝中DNA含量,尿中VB₁含量,钙平衡状况以及动物生长发育均明显优于非强化大米。其中蛋白质的生物价提高1.66倍,PER值提高2.95倍,肝中DNA含量提高2.52倍,充分显示了营养强化后的大米具有良好的生物价值。进而证明本研究制订的大米营养强化标准是科学而有效的,营养源的选择和营养剂的配制是合理的,强化工艺对营养素强化的准确率为75%~98%,达到了可靠而较高的水平。

5) 营养强化米每500克的生产成本预测比精洁米增加人民币5分左右,这与营养强化米优异的营养价值相比,估计能为人们乐意接受。因此,营养强化米不仅对改善和提高人们的营养和健康水平起到积极作用,而且在经济上也是可行的。

6) 本研究中VB₁、VB₂对大米强化的总损失较大,一般在50%左右,其中25%损失于强化工艺部分,这部分损失主要是营养素流入副产品之中,因此对它们的回收和利用将必须

作进一步研究。其余 25% 左右损失在贮藏和蒸煮之中,这主要由于VB₁和VB₂的化学不稳定性所致,尚需有关部门研究和生产化学稳定性好的维生素衍生物加以解决。今后应继续研究营养强化米的系列产品,以分别满足幼儿、学龄儿童、青少年学生、孕妇、老年、地区性营养缺乏症者等的专用强化米。此外,本研究的各项内容仍需在生产试验中作进一步的调整,完善和提高。

后 记

营养强化米课题组由顾问朱斌昕教授、组长姚惠源副教授以及黄诗安、程觉安、黄卫宁等同志组成。我系粮82届杨绍军等毕业生参加了部分研究工作。本课题的研究自始至终得到我院院长丁霄霖教授和其他院系领导的关心和支持,得到镇江市粮食局、粮油工业公司,镇江油米厂协作和配合,得到上海医科大学营养卫生教研室邵玉芬副教授、南京医学院马凤楼教授等营养卫生学家的帮助,在此谨致谢意。

考 参 文 献

- [1] 张锦同, 强化食品, 轻工业出版社, 1983
- [2] 姚惠源, 大米营养强化与改善膳食结构的关系, 《无锡轻工业学报》, 1986第4期
- [3] 于若木, 营养指导——项待拟的国策, 《中国食品报》1986年12月25日
- [4] 朱斌昕、姚惠源、黄诗安《清洁米研究(二)——清洁米生产与高蛋白营养米粉提取工艺的研究》, 《无锡轻工业学院学报》, 1985年第1期
- [5] 朱斌昕, 大米蛋白——大米中的含量、品质及分布, 《无锡轻工业学院学报》, 1986年第3期
- [6] Kennedy, B.M, Nutritional Quality of Rice Endosperm In 《Rice production and utilization》, Vol. 2 p446 (1979)
- [7] Brenes, R.G. Elias, L.G., Ruiloba, M.H. and Bressam, R (1975), Report from INCAP, In 《Rice Report》 (1975)
- [8] 每日膳食中营养素供给量, 第1次全国营养学会修订《营养学报》, 1981年第4期
- [9] Mickus, R. and Iuh, B.S. Rice Enrichment with Vitamins and Amino-acids, In 《Rice: production and utilization》 Vol. 2. 486—500 (1979)
- [10] Liener, I.R. Nutrilion Value of Food protein products In 《Soybean Chmistry and Tcchnology》 Vol. 1: "proteins" AVI. (1972)
- [11] Kasama, T. Ochiai Yanagi, S. and lwameto M.: Comparison of Rice seed protein from Several Varietes 《Agri. & Biot. Chem,》 1984 Vol. 6
- [12] Cagampang, G. B., Derdon, A.A., and Juliano, B.O., Changes in Solt-soluble proteins of Rice during Grain Development, 《Phytochem》, 15, 1425—1430 (1976)
- [13] Kennedy, B. M, Schelstraete, M, and Del Rosaria A.R., Chemical, physical and Nutritional properties of Hligh protein Flours and Residual

- Kernel from The Overmilling of uncoated Mill Rice, 《Cereal Chem》, 51, 435—448 (1974)
- [14] Furter, M.F. and leuter, W.M. Enrichment of Rice with Synthetic vitamills and Iron, 《Ind, Fllg. chem》, 38, 486—492 (1946)
- [15] Cort, W.M., etal, Nutrient stability of Fortified Cereal products, 《Food Fech》, 30, 52—58 (1976)
- [16] Mitsuda, H., Enrichment of Rice by Soaking Method In《proceedings of 1st Int, Cangr, Food soi, and Teeh., London》 (1962)
- [17] 张锦同, 王亦云, 食品与营养, 上海科技文献出版社, 1983
- [18] 天津轻工业学院, 食品添加剂, 轻工业出版社, 1978
- [19] 赵法伋食品营养与健康, 全指出版社, 1984
- [20] 武汉医学院主编, 营养与食品卫生学, 人民出版社, 1985
- [21] 姚惠源, 大米营养强化与研究途经, 《中国粮油食品》1987.1—2期