

强化米营养配方及其工艺 条件的试验研究

黄诗安

(粮油系)

摘要 在营养强化米的研究中, 制定各种营养剂的科学配方及其配制工艺条件是重要的。作者对营养剂的配方和在配制中各种营养剂的溶解度、稳定性、药物配伍禁忌以及为改善强化米的色、香、味等进行了试验研究, 为我国食品的营养强化提供了理论依据和技术途径。

主题词 大米; 营养; 强化; 配方

0 引言

大米是我国人民的主食, 对大米进行营养强化, 提高大米的营养效价是当前我国粮食加工业的一项重要任务^[1]。我院于1987年对大米的营养强化研究已取得了成果^[2]。在营养强化米的研究中, 各种营养剂的科学配方及其配制工艺条件是技术关键之一, 如营养剂的溶解度、稳定性、药物配伍禁忌以及强化米的色、香、味等。本文重点介绍VB₁、VB₂、赖氨酸和钙、铁、锌等营养剂的科学配方及其工艺条件。

1 实验材料与方法

1.1 实验材料

晚粳特米、盐酸硫胺素、核黄素、盐酸-L-赖氨酸、氯化钙、乳酸亚铁、葡萄糖酸锌、葡萄糖、L-半胱氨酸、维生素C。

1.2 实验方法

1.2.1 溶解度试验 将VB₂和L-赖氨酸配制成过饱和的混合溶液和VB₂的单溶液, 用不同温度 and 不同方法加热使之最大限度的溶解, 测定其溶解度。

1.2.2 稳定性试验 将较不稳定的维生素(VB₁、VB₂)和乳酸亚铁等营养剂与稳定剂按不同配方和配制顺序配制成溶液, 维生素用100瓦白炽灯泡直射后测其保存率, 乳酸亚铁用感官评定法对溶液和强化米来进行颜色和光泽的比较评定。

1.2.3 药物配伍禁忌试验 将相互禁忌的营养剂和稳定剂配制成溶液进行强化试验, 用感

官评定法对强化米来进行色泽的比较评定。

1.2.4 商品品质评定 用感官评定法对营养强化米、珠光精洁米和美国、日本的维生素强化米的色、香、味及表面状态进行评定。

1.2.5 关于营养添加剂方法、贮藏和蒸煮试验及其营养素损失测定、食用品质评定及动物营养试验等已有介绍^[2]。

1.2.6 营养成分的化学分析方法

- (1)水分 直接干燥法(105℃恒重法)
- (2)VB₁、VB₂ 荧光法, SA组合流动分析仪(荷兰制造)测定
- (3)L-赖氨酸 盐酸水解, 835—10型氨基酸自动分析仪测定
- (4)钙 高锰酸钾滴定法
- (5)铁 硫氰酸钾比色法
- (6)锌 双硫脲比色法

2 实验结果与讨论

2.1 VB₂和L-赖氨酸溶解度试验

大米的营养素强化标准和实际强化量如表 1 所示^[2]。

表 1 大米的营养素强化标准和实际强化量 (mg/kg)

营 养 素	营养素强化标准	原始晚粳特米含量	理论强化量	实际强化量
VB ₁	1.5	0.8	0.7	1.4
VB ₂	1.5	未检出(以0.3计)	1.2	2.4
L-赖氨酸	3850	2300	1550	2066.7
钙	300	62	238	297.5
铁	12	6.1	5.9	7.4
锌	15	10.8	4.2	5.3

注: 实际强化量是以营养强化米在强化工艺、贮藏和蒸煮中总损失 VB₁、VB₂ 为50%, L-赖氨酸为25%, 矿物元素为20%计算而得^[2]。此处未计入原始大米中各营养素的损失。

本实验先将各营养素的实际强化量换算为营养剂的实际强化量, 再按一定方法配制成溶液, 其溶液浓度与溶液的添加量成反比, 而溶液的添加量又随白米的原始水分而变化。根据本实验溶液的添加量一般为白米流量的0.2~0.5%, 故溶液浓度如表 2 所示。

由表 2 可见, 由于各溶液添加量很小, 溶液浓度就很高, 而其溶解度又有一定限度^[3], 除盐酸硫胺素的溶解度较大而比较容易解决外, 其中核黄素和盐酸-L-赖氨酸的溶液浓度甚至超过了其溶解度, 这就增加了营养剂配制的困难性。因此解决营养剂的溶解度是能否实现营养素强化量达到强化标准的技术关键之一。

由于 VB₂ 和L-赖氨酸对热都比较稳定, 所以本实验采用简便易行的加热法以提高其溶解度, 结果见表 3^{[4][5]}。

表2 营养剂实际强化量及其溶液浓度

营 养 剂	营养剂实际强化量 (mg/kg)	溶液添加量 (%)	溶液浓度 (g/l)	营养剂在水中的溶解度 (g/l)
盐酸硫胺素	1.4	0.5~0.2	0.28~0.7	1000
核黄素	2.4	0.5~0.2	0.48~1.2	0.1
盐酸-L-赖氨酸	2583.4	0.5~0.2	516.7~1291.7	400
氯化钙	828.5	0.5~0.2	164.7~411.8	425
乳酸亚铁	38.7	0.5~0.2	7.7~19.4	25
葡萄糖酸锌	36.9	0.5~0.2	7.4~18.5	

表3 不同温度 and 不同方法加热对VB₂和L-赖氨酸溶解度的影响

加 热 温 度 和 加 热 方 法	配制浓度 (g/l)		测定结果(g/l)	
	VB ₂	L-赖氨酸	VB ₂	L-赖氨酸
90℃, 水浴半小时, 不搅拌	1	0	0.395	
90℃, 水浴半小时, 不断搅拌	1	0	0.621	
100℃, 水浴半小时, 不断搅拌	1	0	0.946	
100℃, 水浴半小时, 不断搅拌	2	0	1.330	
100℃, 水浴25分钟, 不断搅拌	1	400	0.744	全部溶解
100℃, 水浴半小时, 不断搅拌	1	400	0.860	全部溶解
100℃, 水浴半小时, 不断搅拌	2	500	1.180	全部溶解
100℃, 水浴半小时, 不断搅拌	2	600	—	有大量L-赖氨酸 结晶颗粒

表3表明,随着加热温度的增高和加热时间的延长,VB₂和L-赖氨酸的溶解度均增大。VB₂的溶解度原为0.1克/升(见表2),过饱和浓度为2克/升时,在不断搅拌中加热半小时,其溶解度在VB₂单溶液中为1.33克/升,在有500克/升L-赖氨酸共存的混合液中为1.18克/升,其溶解度提高10倍以上。而L-赖氨酸的溶解度从400克/升提高到500克/升,提高了25%。可见用加热法可使VB₂和L-赖氨酸的溶解度达到强化所需要的浓度,使溶液达到澄清程度,并可维持24小时无结晶物析出。但当VB₂和L-赖氨酸的溶解度分别达到1.3克/升和500克/升以上时,便有结晶物析出。

根据我们过去的研究,大米营养强化,贮藏和蒸煮试验的结果得知各营养素的损失率见表4所示^[2]。

由表4可见,VB₂与VB₁,L-赖氨酸与钙、铁、锌的强化工艺损失数值相同,表明了VB₂和L-赖氨酸与其他营养剂同样可以达到强化所需要的溶解量,这证明了用加热法提高VB₂和L-赖氨酸的溶解度是可行的。

2.2 稳定性试验

在营养剂的配制中,有些营养剂较不稳定,如VB₁、VB₂和乳酸亚铁在配制成溶液后更易受热、光和氧气的作用,其稳定性较固态时有所降低,而某些还原性的物质或抗氧化剂

表4 在营养强化工艺、贮藏和蒸煮中各营养素的损失率(%)

营 养 素	强化工艺损失率	贮 藏 损 失	蒸煮损失率	总 损 失 率
V-B ₁	25	11	16	52
V-B ₂	25	15	9	49
L-赖氨酸	15	0	8.5	23.5
钙、铁、锌	15	0	4	19

以及对金属离子有螯合作用可增进抗氧化剂效果的某些有机酸,特别是氨基酸可作为营养剂的稳定剂^{[6][7]}。本实验采用L-赖氨酸、VC和葡萄糖、L-半胱氨酸、VC分别作为VB₁、VB₂和铁的稳定剂,结果分别见表5、表6、表7^{[8][9]}。

表4表明,营养强化米经贮藏、蒸煮损失后,VB₁、VB₂的保存率仍有75%左右,这进一步证明了维生素中加入稳定剂后效果是良好的。

表5 稳定剂对维生素的保存率(%)的影响

配 方	保存率 (%)	光照时间 (h)					
			0	1	2	3	4
VB ₂			100	60	40	40	40
VB ₂ 、VC、L-赖氨酸			100	90	68	58	50

表5表明,用100瓦白炽灯源经4小时直射后,VB₂的单溶液与有VC、L-赖氨酸同时存在的混合溶液,VB₂的保存率分别为40%和50%,可见VC作为抗氧化剂,L-赖氨酸作为抗氧化剂的增效剂有抑制VB₂的光分解作用。

表6 稳定剂对乳酸亚铁稳定性的影响

配 方	溶 液 颜 色	强化米的色泽和气味
乳酸亚铁	淡蓝色→红棕色	米粒表面呈浅红棕色斑纹,有铁锈味
乳酸亚铁葡萄糖	淡蓝色	米粒表面保持原有色泽,无铁锈味
L-半胱氨酸VC		

表6表明,乳酸亚铁单溶液时,由于淡蓝色的二价铁离子易氧化为红棕色的三价铁离子,使溶液很快出现红棕色,并逐渐加深,从而降低了其营养价值,并影响米的色泽和气味。在加入的稳定剂中,葡萄糖可与铁形成络合物,L-半胱氨酸是抗氧化剂,VC使三价铁离子转化为二价铁离子,所以可使乳酸亚铁溶液在24小时内保持淡蓝色而不转变为红棕色。

表7 稳定剂对营养剂配制顺序的稳定性影响

配 制 顺 序	溶 液 颜 色
铁剂 + 钙剂 + 稳定剂	立即出现红棕色
铁剂 + 稳定剂 + 钙剂	淡蓝色

表7表明,由于稳定性的影响,有些营养剂的配制顺序不同,溶液所呈现的颜色也不同,在钙剂与铁剂的合并过程中已有少量铁剂迅速被氧化,此时即使再加入稳定剂也不能改变溶液的颜色,这无疑将影响成品米色。所以必须注意营养剂的配制顺序,对不稳定的营养剂应先加入稳定剂,然后再加入其他营养剂。

以上证明了应用稳定剂后可保持或提高营养剂的稳定性和有效性,从而提高了强化米中营养素的保存率和营养效价。

2.3 药物配伍禁忌试验

本实验中,药物的配伍禁忌包括药理和工艺两方面的禁忌,见表8。

表8 药物配伍禁忌对强化米色泽的影响

配 方	溶 液 颜 色	强 化 米 色 泽
L-赖氨酸	无色	米色正常,有明显光泽
L-赖氨酸葡萄糖	无色	米色灰暗,无光泽

表8表明,在大米强化过程中,由于强化机内产生的内热使L-赖氨酸与葡萄糖发生美拉德(Maillard reaction)反应^[10],赖氨酸因失去 ϵ -NH₂而产生褐变,不能被人体消化吸收,降低了赖氨酸营养的有效性,从而失去其营养价值和营养强化的意义。发生的褐变现象虽可产生特殊芳香气味的物质,改善米饭的风味,但同时也使强化米的米色变得十分灰暗,失去原有的白度和光泽。故为防止美拉德反应,葡萄糖不能与赖氨酸配在一种溶液中。

由于金属离子是促进氧化的催化剂,对维生素有破坏作用,故维生素与矿物盐类是相禁忌的。

盐酸-L-赖氨酸和氯化钙是两种用量最大的营养剂(见表2),其浓度都很高,无法配在一种溶液中,故这两种营养剂在工艺上是相禁忌的。

综上所述,营养剂的配制是极其复杂的,在配制时必须考虑其浓度、溶解度、稳定性和药物配伍禁忌以及强化米的色、香、味等多方面的因素,经过实验,可将各种营养剂和稳定剂配制成最少两类营养液:

- (1)以维生素和赖氨酸为主的一类,即盐酸硫胺素、核黄素、盐酸-L-赖氨酸、维生素C;
- (2)以矿物盐为主的一类,即氯化钙、乳酸亚铁、葡萄糖酸锌、葡萄糖、L-半胱氨酸、维生素C。将此两类营养液以最少的次数(即两次)分别强化至大米中。

2.4 商品品质评定

综合各种营养剂的功能和性质列于表9^[3]。

表9 各营养剂的功能和性质

营 养 剂	功 能	性 状 和 性 质
盐酸硫胺素	强化剂, 风味改良剂	白色、略有特殊药味, 酸性
核 黄 素	强化剂	橙黄色、微药味、中性
盐酸-L-赖氨酸	强化剂, 稳定剂, 上光剂, 风味改良剂	白色、稍有药味、中性—微酸性
氯化钙	强化剂, 上光剂	白色、有涩味、酸性
乳酸亚铁	强化剂, 上光剂	淡蓝色、有甜铁味、酸性
葡萄糖酸锌	强化剂, 上光剂	白色、酸性
葡萄糖	稳定剂, 上光剂, 风味改良剂	白色、甜味、中性—酸性
L-半胱氨酸	稳定剂, 风味改良剂	白色、药味、酸性
维生素C	稳定剂	白色、酸味、酸性

由表9可见, 各营养剂, 既是强化剂和稳定剂, 又是上光剂和风味改良剂。所制得的营养强化米的商品品质见表10。

表10 营养强化米商品品质的评定

品 种	光 泽	色	香	味	米粒表面状态
珠光精洁米	有明显光泽	白	无	正常	米粒圆整, 表面光滑
营养强化米	有明显光泽	微黄	有	正常	米粒圆整, 表面光滑
美、日维生素强化米	无 光 泽	黄	无	有VB ₂ 味	米粒稍扁平, 表面不平整, 并有爆腰

L-赖氨酸和氯化钙具有更强的上光效果, 因此营养强化米比珠光精洁米有更明显的蜡质珍珠光泽^[1]。同时米粒表面均匀地强化了VB₂, 外观呈微黄色, 极其美观。

各营养剂均为中性或酸性, 尤其作为第二次强化的酸性矿物盐对用于第一次强化的维生素起保护膜的作用, 所以优于碱性上光剂。

在各营养剂中, 只有钙剂在较多量时会使米和米饭带有涩味, 故将钙的强化标准减为日供应标准的25%, 就是为了使人们感觉不到涩味而又能乐于接受^[2]。其余许多营养剂都有改善大米和米饭风味的作用, 有些营养剂虽有特殊的药味, 如VB₁, 但使用微量时却有特殊的香味。L-赖氨酸和L-半胱氨酸都有消除大米在贮藏中产生的氧化异臭味^{[10][12]}, 所以新生产的强化米有浓郁的芳香味, 在贮存期间也能有效的保持其色泽和新鲜风味。故营养强化米具有比珠光精洁米更优的商品品质和食用品质及贮藏性能。

4 小结

(1) 本实验用加热法可使VB₂的溶解度从0.1克/升提高到1.18克/升, L-赖氨酸的溶解度从400克/升提高到500克/升, 可满足强化所需要的溶解量的要求, 并能使溶液达到澄清程度, 保持24小时无结晶物析出, 此法简便、可靠。

(2)在VB₂溶液中加入VC和L-赖氨酸稳定剂,用100瓦白炽灯泡经4小时直射,VB₂的保存率比VB₂单溶液时高10%;营养强化米经贮藏蒸煮损失后VB₁和VB₂的保存率仍有75%左右;在乳酸亚铁溶液中加入葡萄糖、L-半胱氨酸和VC等稳定剂,然后在加入其他营养剂可使乳酸亚铁淡蓝色溶液保持24小时内不变色。证明在维生素和乳酸亚铁中加入稳定剂后,对提高和保持营养素的保存率和营养效价的效果是明显的。

(3)根据本实验,药物配伍禁忌包括药理和工艺两方面的禁忌。在药理方面,为避免美拉德反应,L-赖氨酸与葡萄糖是相禁忌的,为减少维生素的损失,维生素与矿物盐类是相禁忌的。而L-赖氨酸与氯化钙是两种用量最大的营养剂,其浓度都很高,故在配制工艺上是相禁忌的。

(4)本实验能以最少种类的营养剂达到多种功能的要求,即各营养剂既是强化剂和稳定剂,又是上光剂和风味改良剂,可制得色、香、味和外观具佳的合乎质量标准的营养强化米,所以在提高大米营养品质的同时也提高了商品品质和食用品质及贮藏性能。

(5)根据大米的强化工艺、营养剂的浓度、溶解度、稳定性、药物配伍禁忌、大米的色、香、味等方面的要求,将各营养剂可配制成最少两种营养液:

以维生素和赖氨酸为主的一类,即盐酸硫胺素、核黄素、盐酸-L-赖氨酸、维生素C;以矿物质盐为主的一类,即氯化钙、乳酸亚铁、葡萄糖酸锌、葡萄糖、L-半胱氨酸、维生素C。

将此两类营养液分别强化至大米中,所制成的营养强化米经动物营养试验,其营养价值明显优于普通大米^[2],证明了本营养剂的配方是科学的。

(6)VB₂的最大溶解度可达2.3克/升,但在1.3克/升以上时溶解就比较困难,故研究、生产和使用溶解度高,稳定性好的VB₂衍生物仍是解决VB₂溶解度的更理想的方法,如VB₂磷酸钠在水中的溶解度在10克/升以上,即是VB₂溶解度的100倍,其耐温耐藏性能比VB₂也更好,既因溶解度大可提高强化的准确率,并有利于提高L-赖氨酸的溶解度,又因稳定性好,可以提高保存率,从而可消除稳定剂的添加。

(7)选用L-半胱氨酸作为抗氧化剂是因为抗氧化性能比VC更好,同时又是风味改良剂。但由于价格较贵,所以广泛应用需进一步研究选用有同样效果而价廉的抗氧化剂和风味改良剂。

(8)在强化米生产时,其浓郁的芳香香味将随着贮存逐渐减弱而消失殆尽,因此,尚需研究如何将香味长期保持在强化米中,使强化米可与香粳米媲美。

致 谢

本实验数据承我院中央实验室和我系相绍军同志协助测定,在此谨致谢意。

参 考 文 献

- 1 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,1986,5(4):88~90
- 2 姚惠源,黄诗安,朱斌昕.营养强化米的研究.无锡轻工业学院学报,1988,7(1)24~34;
- 3 商业部科技司.食品添加剂便览.商业部科技司,1985

- 4 天津轻工业学院.食品添加剂.轻工业出版社, 1978
- 5 玛克斯丁; 郑昌学等译.维生素手册.北京: 科学普及出版社, 1981
- 6 稻垣长典.强化食品学.第一出版社株式会社刊, 1965
- 7 张锦同强化食品, 北京: 轻工出版社, 1983
- 8 Miekus R, Iuh B S. Rice Enrichment With Vitamins and Aminoacids. Rice; Production and utilization, 1979; 2: 486~500
- 9 Cort W M et al, Nutritional Stability of Fortified Cereal Products. Food Fleh, 1976; 30: 50~58
- 10 周世英, 钟丽玉.粮食学与粮食化学.中国商业出版社, 1986
- 11 朱斌听, 姚惠源, 黄诗安.清洁米的研究(二)—清洁米生产与高蛋白营养米粉的提取工艺的研究.无锡轻工业学院学报, 1985; 4(1)17~27
- 12 郑建国编译.氨基酸在食品中的应用.国外粮油科技, 商业部科学技术情报研究所, 1985; 19, 11~13

Experimentation Research on the Nutriment

Formula and Technological Factors of Enriched Rice

Huang Shian

Abstract: A scientific formula of all kinds of nutriments with its technological factors is worked out. This paper aims at providing a theory basis and technological approaches for the enrichment of the nutriments with their solubility, stability, and the nutritional incompatibility. In addition, the improvement on the colour, odor and taste of the enriched rice is also dealt with.

Subjectwords: Rice; Nutrition; enrichment; Formulations