

# 矿物质营养强化剂应用技术问题的探讨

高兴娟<sup>1</sup>,李卫平<sup>2</sup>

(1.河北省卫生厅卫生监督局,河北石家庄 050071;  
2.石家庄维平功能食品科技有限公司,河北石家庄 050031)

**摘要:**矿物质是单体品种发展最快、应用最多的一类营养强化剂。本文概述了食品中矿物质营养强化的重要性,并对品种选择、配方确定、生产工艺、使用与鉴别等应用技术方面应注意的问题,进行了详细阐述和探讨。

**关键词:**矿物质,微量元素,营养强化剂,应用技术

## Discussion of application technical of minerals nutrition fortifier

GAO Xing-juan<sup>1</sup>, LI Wei-ping<sup>2</sup>

(1.Hebei Institute of Health Inspection, Shijiazhuang 050071, China;  
2.Shijiazhuang Weiping Functional Food Science & Technology Co., Ltd., Shijiazhuang 050031, China)

**Abstract:** Mineral is one of nutrition fortifier which is developed fastest and most widely used in single varieties. The text summarized the importance of the mineral nutrition fortifier in foods, expatiated on and discussed the points in application technology fields which should be paid attention to such as the selection of varieties, directions for producing, production technology, uses and identification.

**Key words:** minerals; microelement; nutrition fortifier; application technology

中图分类号:TS201.2<sup>+</sup>6

文献标识码:A

文章编号:1002-0306(2008)08-0264-04

矿物质,又称无机盐,在营养学上是指构成机体组织和维持生物体正常生理活动所必需的某些元素。由于新陈代谢的结果,每天都会有一定量的无机盐排出体外,人体所需矿物质在体内不能形成,只能通过膳食摄取来进行体外补充。而天然食品中人体所需矿物质含量又不能完全满足人体需要,某些矿物质甚至缺少或不易被吸收,特别是近年来,人们受“食不厌精”的影响,大部分矿物质都在加工中损失掉了(见表1),引起了多种营养素缺乏病。从我国近年来历次营养调查来看,各类人群钙、铁、锌、硒、碘等矿物质缺乏的情况相当严重。因此,人们想办法通过在食品中添加一些矿物质,这样不仅可以恢复食品中原有的营养元素,还可使食品中的矿物质元素趋于平衡,提高其营养价值。实践证明,营养强化是解决人体微量营养素缺乏症,提高国民整体健康水平的有效途径。营养强化是一项技术性很强的

表1 食品精加工中元素的损失(%)

元素	镁	铬	锰	钴	铜	锌	钼	硒
面粉	95	40	86	89	68	78	48	16
大米	83	75	45	38	26	75	-	-
玉米粉	97	72	93	37	31	91	-	100
糖	98	93	89	95	83	98	100	100

工作,现结合自己工作中的体会,仅就矿物质营养强化剂在食品中的应用应注意的问题谈谈个人看法。

### 1 品种的选择

矿物质营养强化剂按其来源可分为天然的和合成的两大类,其形态还可分为无机盐和有机盐两类。一般来说,天然的矿物质比合成的易吸收,有机的矿物质比无机的生物利用率高,易溶解的比难溶解的吸收率高,颗粒细小的比颗粒粗大的易吸收。一种好的矿物质强化剂应满足四个条件:一是生物利用率高;二是对其他营养素摄取的影响小;三是矿物质营养素含量高;四是滋味平和、无异味。

在对食品进行矿物质的营养强化时,原料品种的选择必需遵循以下四项基本原则,即安全性原则、配伍性原则、高效性原则、经济性原则,千万不可草率行事或道听途说。选用的品种必须符合 GB2760《食品添加剂使用卫生标准》和 GB14880《食品营养强化剂使用卫生标准》的要求,还要充分考虑各组分间的相互作用和单一营养素的生物利用率,不应应对食品的感官特性产生不良影响,成本不应过高。在进行食物的元素强化时,食物对元素的化学形态的影响,元素对食物的色、香、味、稳定性和组织结构的影响等,都是必须要注意的。应严格选用符合质量标准规定的食品级或医药级产品,严禁选用工业级,因为在工业中应用的原料,纯度较低,“纯度”与“含量”应该区分开来,因为含量一样的产品,纯度却相差很远。纯度是指杂质含量情况,工业级产品存在

收稿日期:2008-06-16

作者简介:高兴娟(1973-),本科,主要从事医药卫生与食品营养研究工作。

重金属、砷盐、微生物(细菌、霉菌等)等有害物质超过卫生标准的规定,势必影响人体的健康。如饲料级乳酸钙霉菌等微生物易超标,虽然含量可达到 USP 标准要求;工业级氧化锌铅含量达到 500~2000mg/kg,但氧化锌含量仍可达到 99.5% 以上。有的产品即使是医药级的,重金属含量也不能满足保健食品的卫生标准要求。

目前我国强制性标准规定了最大使用量或限量的矿物质主要是七种常量元素(钙、磷、硫、钾、钠、氯、镁)中的钙、钾、镁和 14 种微量元素(铁、锌、铜、碘、锰、硒、钼、镍、氟、钒、铬、钴、硅、锡)中的铁、锌、铜、碘、锰、硒、氟、铬。下面就食品中经常应用的钙、铁、锌强化剂的选择进行介绍。

### 1.1 钙强化剂的选择

钙营养强化剂在食品中的适用性主要由钙源和载体来决定。国际上允许使用的钙强化剂有 40 多种,我国经全国食品添加剂标准化技术委员会审定,卫生部公布列入《营养强化剂使用卫生标准(GB14880-94)》的有 23 种。它们往往由于在可吸收利用率、溶解性、稳定性、对被强化食品感官性质的影响以及价格、纯度、毒性等方面的差异而具有不同的适用性。强化钙的食品一般常以乳制品、面粉及制品、饮料、食盐、酱油醋等的方式出现。一般来说,生产钙强化奶粉、豆粉等选用碳酸钙、磷酸氢钙、生物碳酸钙较好,生产钙强化液体奶、豆奶等应选用磷酸三钙、碳酸钙、骨质磷酸钙、乳钙或其中几种的复合物。生产钙强化面粉、饼干、面包等大多选用碳酸钙、磷酸氢钙、生物钙、活性钙、柠檬酸钙等。加钙食盐一般选用碳酸钙、磷酸三钙、活性钙等,其中磷酸三钙在食盐中还有抗结剂的作用,但若加入乳酸钙、醋酸钙等可食盐水分超标。加钙酱油、醋一般选用醋酸钙、乳酸钙或葡萄糖酸钙等。加钙功能性果汁饮料中一般应选择那些易溶解、口感好、与饮料中其他成分配伍不发生沉淀的钙源,如醋酸钙、乳酸钙、柠檬酸苹果酸钙(果酸钙)等。其中果酸钙在果汁中被广泛采用的原因主要是其具有口感好,溶解性能好,酸碱环境稳定,生物学利用率高,可减少铁吸收的障碍,能耐高温处理等优点。此外,在生产钙强化食品时应选择加入  $V_D$ 、镁、酪蛋白磷酸肽(CPP)等能促进钙吸收的物质,同时还应注意铁、锌等微量元素的强化等。

目前生产钙强化食品时存在一种误区,即比较注重所强化的食品中保持一定的钙磷比而在食品强化钙的同时也强化磷,这种观点其实是错误的,主要原因是食品自身磷的含量已经很丰富,而且机体对磷的吸收利用率远比钙高,若在强化钙的同时强化磷,反而造成钙磷比严重失调,最终影响机体对所强化钙的吸收和造成机体病变(磷是生理酸性物质)。

### 1.2 铁强化剂的选择

选用铁营养强化剂时,一般主要从两方面来衡量其优劣。一是生物利用率,通常以硫酸亚铁作标准,其他铁剂与其相比的值 $\times 100$ 得出的相对生物利用率(RBV)作为指标;另一方面是看其加入后是否

改变食物的颜色和味道。另外,铁含量和成本的高低,溶解度的大小及卫生安全性能等也是应着重考虑的因素。一般来说,二价状态的铁较三价状态的铁更有利于人体的吸收,有机铁比无机铁对肠胃刺激性小且易于吸收,血红素铁较非血红素铁易于吸收等。

国际上允许使用的铁剂约有 30 余种,我国经全国食品添加剂标准化技术委员会审定,卫生部公布列入《营养强化剂使用卫生标准》(GB14880-94)中的有还原铁、电解铁、硫酸亚铁、碳酸亚铁、焦磷酸铁、乳酸亚铁、葡萄糖酸亚铁、琥珀酸亚铁、富马酸亚铁、柠檬酸亚铁、柠檬酸铁铵、柠檬酸铁、血红素铁、铁卟啉、NaFeEDTA、甘氨酸亚铁等 16 种。其中,焦磷酸铁、NaFeEDTA、卟啉铁、甘氨酸亚铁是近两年才被批准使用的铁营养强化剂。

食品中强化铁时往往会有铁腥味和颜色改变,同时还会增加脂肪酸败和其他化学反应,但近年来研究发现,NaFeEDTA 为淡土黄色结晶性粉末,易溶于水,无铁腥味,性质极为稳定。NaFeEDTA 本身还可促进铁、锌的吸收,避免植酸对铁剂吸收的阻碍,其吸收率可达硫酸亚铁的 2~3 倍,且极少引起食物色与味的改变。血红素铁、铁卟啉同样不受植酸、磷酸等的影响,不与锌产生拮抗,将以卟啉铁形式直接被肠黏膜细胞吸收,其吸收率高达 25% 以上,是当今理想口服补铁剂,但在食品中强化成本较高,而很少被选用。焦磷酸铁含铁量高达 24%~26%,为略带黄的白色无臭粉末,不易使食品着色。在食品强化过程中,加入 L-抗坏血酸( $V_C$ )、酪蛋白磷酸肽(CPP)等均可促进铁的吸收。加强对铁强化剂采用微胶囊化技术的研究,是防止其氧化的较有效的方法之一。

### 1.3 锌强化剂的选择

锌剂被用作预防营养性锌缺乏症已有 50 余年的历史,最早使用的是硫酸锌、氯化锌等无机锌,但对肠胃有刺激性,生物学效价低,因此使用逐渐减少。近年来,国内外开发了许多有机锌剂。国际上允许使用的锌源有 10 多种。我国经全国食品添加剂标准化技术委员会审定、卫生部公布列入《营养强化剂使用卫生标准》(GB14880-94)的锌营养强化剂有:氯化锌、硫酸锌、氧化锌、葡萄糖酸锌、乳酸锌、乙酸锌(醋酸锌)、柠檬酸锌(枸橼酸锌)和甘氨酸锌。其中,无机锌 3 种,有机锌 5 种。

选择锌强化剂必须从生物利用率、加入后食物的色香味和稳定性以及添加成本等几方面来考虑,但有时不可兼得。一般认为,小分子有机锌络合物具有易吸收、生物利用率高等特点。实验表明,人乳中的锌比牛奶中的锌更易被人体吸收。在研究中,人们发现柠檬酸锌(枸橼酸锌)是母乳中锌的一种存在形式,这种锌剂无苦涩味,锌含量高(31%~34%),不溶于水,但其酸性盐可溶于水。另外,为了克服普通乳酸锌(DL 型)的缺点,国内已有单位研制生产 L-乳酸锌,作为婴幼儿、儿童的最佳补锌强化剂。这是因为,发酵法生产的 L-乳酸锌具有与人体相融的左旋性特征,人体内含有的 L-乳酸脱氢酶,使其具有双重天然生物特性,因此人体吸收利用率较高。甘氨

酸锌价格较高,且不溶于水,食品强化成本较大。值得注意的是甘氨酸锌存在两种形式,一种是甘氨酸与锌按 1:1 摩尔比构成的络合物,锌含量只有 20% 左右;一种是甘氨酸与锌按 2:1 摩尔比构成的络合物,锌含量在 30% 左右。两者的纯度不可相提并论,前者会带入硫酸根、氢酸根等阴离子,而后者纯度较高,较稳定,易吸收。利用生物技术开发的生物态锌(蛋白锌和富锌酵母等),由于吸收率高、副作用小,已引起人们的注意,这类锌强化剂多处于研制开发阶段。

## 2 配方的确定

矿物质营养强化剂在食品中的添加量是生产和应用的技术核心,其配方总体设计原则如下:

### 2.1 添加量

营养强化剂在食品中的添加量应参照“中国居民膳食营养素参考摄入量标准(DRIs, 中国营养学会发布, 2000 年)”,一般强化量为 DRIs 中 RNI 的 1/3~2/3,营养强化剂的品种、使用范围和添加量必须符合 GB14880《食品营养强化剂使用卫生标准》的要求,还必须符合另外一些国家强制性标准对食品中该元素的限量标准的要求。同时应考虑强化食品本身营养素的含量,强化量要足以补充在加工和储藏时的损失,使摄入量既不要过多,又不能太少。例如:硒是一种必需的也是有毒的微量元素,因此对硒的强化要求严格。据报导,人体内硒水平以每毫升全血含有的毫微克计算中国为 42(范围 6~52),人的饮食中含 0.01mg/kg 的硒即可,成年人每日摄入量为 50~200 $\mu$ g。我国是一个硒营养偏低的国家,必须在食物中强化硒,尤其是在克山病区及低硒地区,以满足供给量的不足。我国规定硒元素强化食盐为 3~5mg/kg,乳制品、谷类及其制品为 140~280 $\mu$ g/kg,饮液为 50~200 $\mu$ g/kg。由于硒是一种有毒元素,在硒的膳食水平偏高或食品中硒含量已达到 2.0mg/kg 以上的地区居民就不需要再用硒强化食品了,以免摄入量过多而引起中毒,如每人每日摄入量达到 5mg 时即可出现手指甲改变,头发脱落及末梢神经病变。

### 2.2 价格

社会上存在着不同的人群,应用矿物质营养强化剂,必须考虑如何满足不同地域、不同人群的需要,做到适应性、针对性、安全性、有效性,考虑目标人群的营养特点和消费水平,添加营养素的成本费用应合理。在保证产品质量的前提下,如果功能效果一样,自然要选用价低的品种来强化。

### 2.3 协同与拮抗

营养平衡是强化的基本原则,是健康的基本保证。不能片面强调某营养素的作用,而忽略营养素间的平衡和相互协同或拮抗作用,如镁与钙有协同作用,镁可促进钙的吸收,比较理想的钙镁比例为 2:1。如果机体内缺镁,则不论钙摄取多少,都只能形成硬度极低的牙釉质,且这种牙组织很容易受到酸的腐蚀。 $V_D$  与钙、 $V_E$  与硒、 $V_C$  与铁、铜等存在协同关系。铁与钙磷、锌与钙、锌与铜等之间都存在拮抗作用,使用时必须注意。

### 2.4 准确测定配方中各组分的有效物含量

配方中各组分的有效物含量必须准确测定,有时要科学折算,尤其是要考虑矿物质元素在生产加工储存过程中的“保险系数”。强化量、配方及成品营养素含量的确定都必须经过“预算”,必须考虑食品本身元素的含量,有条件的话,最好用计算机编程方法进行计算。例如:婴幼儿配方奶粉生产时碘的含量易超标,食盐中碘-铁双重进行强化时碘的含量易降低、颜色容易发生改变等问题。

## 3 生产工艺问题

当用矿物质强化食品时,通常是先把它们溶于水或均匀的混合于原料中,一般的食品加工条件对它们的影响不大,损失率仅为 3%~5%,但会在色泽、味觉、外观和结构、成本与控制等方面产生一系列问题。一些可溶性矿物质盐类能促使流质食品或原料凝块,而不溶性盐类在加工和储存时可能产生沉淀,有的还可以使食品的 pH、粘度等改变而产生不良后果。例如:将消毒过的豆奶用硫酸亚铁或乳酸亚铁强化时,呈现黑色,若用磷酸铁盐强化时,就不存在这个问题了。事实上,还没有一种食品,在添加任何形态的铁时,都不发生颜色改变,这种情况在选用复合微量元素强化剂时更易发生。例如,高钙高铁奶粉生产时,加入硫酸亚铁或乳酸亚铁及碳酸钙强化时,可使奶粉的颜色变暗等。有时可以在不同的加工阶段添加矿物质,以消除可能产生的色泽问题。如将铁质与粉剂制品进行干混合,其色泽要比在液体工序添加的为佳,干混合可以避免同其他原料组分发生化学作用。营养强化剂的含水量、粒度、比重、表面张力、pH、微生物等指标必须严格控制,有时应进行烘干、粉碎预处理,以保证矿物质营养强化剂的含水量不超过 10%。另外,应注意原料的添加次序、物料的溶解和混合搅拌时间,一般应现用现配。在加工过程中,矿物质加入得太快或太浓,都会使局部蛋白质产生沉淀,使制品产生颗粒或沉淀。这些情况在实验室可能不会发生,但在大量生产时就可能发生。

矿物质营养强化剂的应用方法主要有湿法加入和干式混合两种,为了减少营养素的损失,一般在最后工序加入。湿法加入一般是将矿物质营养强化剂先用水或与糖、稳定乳化剂等原料一起溶解或搅拌均匀后,制成溶液、乳液或悬浮液等,进入下一步工序。有时矿物质营养强化剂需要干混加入,如营养强化面粉、食盐等。应用矿物质营养强化剂时,微量元素、矿物质和维生素必须分开添加,否则彼此间有化学反应,使营养成分效价降低,保质期缩短。尤其是  $Fe^{2+}$  对  $V_A$ 、 $V_D$ 、 $V_E$ 、 $V_{B12}$  的氧化破坏作用最为明显。如干混奶粉生产时为了防止脂肪短期内氧化,微量元素应该在制备基粉时湿法加入,然后再将维生素、乳清粉等原料干式混合。营养强化剂在食品中比例很小,如果搅拌不均匀,必然造成一部分不足,一部分过量,不但起不到好的作用,反而还会造成过量中毒,生产中一定要引起重视。一般可采用逐级梯度稀释预混法进行,保证混合均匀。

## 4 使用与鉴别

国内目前矿物质添加剂的生产厂家较多,同时

也有大量的进口添加剂,由于制作工艺上的差异,强化剂的效能和价格各异。除其广告诱惑力大、行业管理不严和执法力度不强外,一个重要原因就是,广大食品加工者中,存在着程度不同的对营养强化剂的模糊甚至错误认识或概念混淆,必须加以纠正和澄清,才能真正增强我们在生产经营中的自我保护意识和辨别能力。有的认为强化剂的价格越低越好。其实,价格低的一些产品,多数为有效成分含量比较低,而杂质含量较高,质量较差的产品。当然有些产品确实是物美价廉的,质量好,价格低。最好是选用信誉较好的专业生产厂家的产品,在购进后应进行抽检合格后再使用。注意产品的保存期,应尽量购买出厂日期短、包装符合要求的产品,坚持先进先出的原则。如果保管不当(如阳光直射、温度过高、湿度过大等),都会使效能降低,尤其是碘和铁营养强化剂。特别是在称量后立即密封贮存,应正确称量并保存记录。

目前,营养素的测定方法很难令人满意。产品标签上营养成分标示方法应采用以下任意一种:

标示范围值:如铁的含量为6~11mg/100g,按此方式标示时,铁含量的实际检测值不得超出6~11mg/100g。

标示平均值或绝对值:如铁的含量为8mg/100g,按此方式标示时,不能把平均值理解为最低值,平均值和绝对值允许有偏差:矿物质类为 $\pm 20\%$ 。上述铁含量的实际检测值应在 $8\text{mg}/100\text{g} \times 80\% \sim 8\text{mg}/100\text{g} \times 120\%$ 的范围内。

标示最低值或最高值。如铁含量不低于( $\geq$ )6mg/100g,按此方式标示时,铁含量的实际检测值不

得低于6mg/100g。

产品的检测方法一般先是采用定性分析,然后再作定量分析。常用的质量检测方法有感官法、物理法、微生物法、化学分析法和仪器分析法等5种方法。感官鉴定是我们日常首先运用的一种识别方法,熟练掌握后可当即对原料作出优劣的判断。物理法主要包括筛选法、比重法、镜检法、溶水鉴别法、旋光法等。对于微生物法、化学分析法和仪器分析法需要由有资质的专业质检人员或权威的检验机构来进行。生产和应用企业必须重视产品的质量检测,完善必要的产品质量检测手段,积极采用GMP、HACCP等先进的管理方法,有效的对质量进行监督控制,以确保产品的质量和食品安全。

毋庸置疑,矿物质营养强化食品的市场份额是巨大的,且呈逐渐上升的趋势,但没有一流的设备,先进的工艺以及性能优越的高纯营养强化剂单体为依托,很难生产出高质量的产品。矿物质营养强化剂生产企业应经常开展用户追踪调查,注意信息反馈,为日后改进提高产品质量和完善加工工艺提供依据,根据客户要求提供定制特殊矿物质营养强化剂新产品的服务。

#### 参考文献:

- [1] 凌关庭,王亦芸,等. 食品添加剂手册[M]. 北京:化学工业出版社,1988.
- [2] 张锦同编著. 强化食品[M]. 北京:中国轻工业出版社,1993.
- [3] 曹劲松,王晓琴编著. 食品营养强化剂[M]. 北京:中国轻工业出版社,2002.
- [4] 凌关庭,王亦芸,等. 食品添加剂手册[M]. 北京:化学工业出版社,1988.
- [5] 张锦同编著. 强化食品[M]. 北京:中国轻工业出版社,1993.
- [6] 曹劲松,王晓琴编著. 食品营养强化剂[M]. 北京:中国轻工业出版社,2002.
- [7] cut celery petioles [J]. Postharvest Biology and Technology, 2003, 27: 305~311.
- [8] [19] Galeazzi M A M, Sgarbieri V, Costantinides S M Isolation. Purification and physicochemical characterization of polyphenol oxidase from dwarf variety of banana (Musacavendishii) [J]. Food Sci, 1981, 46: 150~155.
- [9] [20] Putter J. Peroxidase in Methods of Enzymatic Analysis, Vol. 2 (Bergmeyer H O, ed.), Academy Press, New York, 1974. 685~689.
- [10] [21] 林植芳,李双顺,林桂珠,等. 衰老叶片和叶绿体中 $\text{H}_2\text{O}_2$ 的积累与膜脂过氧化化的关系[J]. 植物生理学报, 1988, 14(4): 356~361.
- [11] [22] 林植芳,李双顺,林桂珠,等. 水稻叶片的衰老与超氧化物歧化酶活性及脂质过氧化作用的关系[J]. 植物学报, 1984, 26(6): 605~615.
- [12] [23] 张华云,王善广,赵瑛,等. 梨果肉褐变与某些生化特性的关系[M]. 北京:农业出版社,1994. 630~632.
- [13] [24] Jeffrey K B. Physiology of lightly processed fruits and vegetables [J]. Hortscience, 1995, 30(1): 18~21.
- [14] [25] Hyodo H, Hashimoto C, Morozumi S, et al. Characterization and Induction of the Activity of 1-Aminocyclopropane-1-Carboxylate Oxidase in the Wounded Mesocarp Tissue of Cucurbita maxima [J]. Plant and Cell Physiology, 1993, 34(5): 667~671.

(上接第263页)

calcium chloride and calcium lactate effectiveness in maintaining shelf stability and quality of fresh-cut cantaloupes [J]. Postharvest Biology and Technology, 2000, 19: 61~72.

[11] 王育林,陈洪国,彭永宏. 果实采后变温生物学的研究进展[J]. 果树学报, 2001, 18(4): 234~238.

[12] 余小林,徐步前,梁佳伟. 热处理技术改善果蔬贮藏品质的研究[J]. 果树科学, 1999, 16(增刊): 37~41.

[13] 胡美蛟,李敏,高兆银,等. 热处理对果蔬采后品质及病虫害的影响[J]. 果树学报, 2005, 22(2): 143~148.

[14] 张海芳,赵丽芹,韩育梅. 热处理在果蔬贮藏保鲜上的应用[J]. 贮藏与保鲜, 2005, 27(2): 13~18.

[15] Olusola Lamikanra, Michael A Watson. Mild heat and calcium treatment effects on fresh-cut cantaloupe melon during storage [J]. Food Chemistry, 2006(10): 1~6.

[16] Ralph Gunther Klaibera, Sascha Baura, Gudrun Wolf b, et al. Quality of minimally processed carrots as affected by warm water washing and chlorination [J]. Innovative Food Science and Emerging Technologies, 2005(6): 351~362.

[17] Pavlos Tsouvaltzis, Anastasios S Siomos, Dimitrios Gerasopoulos. Effect of hot water treatment on leaf extension growth, fresh weight loss and color of stored minimally processed leeks [J]. Postharvest Biology and Technology, 2006, 39: 56~60.

[18] Julio G L, Mary E. Heat shock reduces browning of fresh-