

监督管理

国内外铁强化管理比较研究

李湖中^{1,2}, 韩军花¹, 王素芳², 严卫星¹(1. 中国疾病预防控制中心营养与食品安全所, 北京 100021;
2. 安徽医科大学公共卫生学院营养与食品卫生学系, 安徽 合肥 230032)

摘要: 铁缺乏是全球最为常见的营养缺乏病之一,也是各国的重要公共卫生问题。针对铁缺乏现状,各国制定了一系列铁强化的政策和法规,以改善缺铁性贫血以及铁缺乏相关疾病。本文就目前国内和部分国家食品铁强化法律法规体系、铁强化剂、铁强化食物载体等方面进行论述,为今后我国铁强化政策的修订提供参考。

关键词: 铁缺乏;铁强化;标准法规

中图分类号:R556.3; R151.1 文献标识码:C 文章编号:1004-8456(2012)03-0000-00

Management of iron fortification at home and abroad

Li Huzhong, Han Junhua, Wang Sufang, Yan Weixing

(National Institute for Nutrition and Food Safety, China CDC, Beijing 100021, China)

Abstract: Iron deficiency is one of the most common nutritional deficiencies in the world, as well as a major public health problem of every country. In order to modify iron deficiency anemia (IDA) and iron deficiency (ID), a series of policies and regulations of iron fortification have been made in many countries. The current paper reviews the domestic and overseas iron fortification legislation in system, iron fortification compounds, and food vehicles, thus provides some practical suggestions for the revision of our national iron fortification policies.

Key words: Iron deficiency; iron fortification; standards and regulations

铁缺乏是全球最为常见的营养缺乏病之一,被评为全球三大“隐性饥饿”之首,在发达国家和发展中国家普遍存在,铁缺乏也是目前我国亟待解决的营养问题之一。WHO最新的一项报告显示,全球近20亿人口为铁缺乏人群,其中一半为缺铁性贫血(IDA),另外近一半为铁缺乏但还未表现出贫血的人群。在一些不发达地区,铁缺乏和缺铁性贫血的患病率甚至更高。2002年第四次全国居民营养与健康状况调查结果表明,我国IDA的平均患病率为20.1%,一些贫困地区的育龄妇女和儿童的贫血患病率甚至高达50%。铁缺乏的后果与其严重程度有关,从轻到重包括易疲劳、机体抵抗力和劳动能力下降、早产和低出生体重儿的发生率增加、延缓认知发育并降低儿童学习能力、增加围产期婴儿死亡率等^[1-5]。

对人体来说,由于铁的可耐受最高摄入量(UL)

与推荐摄入量(RNI)比较接近^[6],故属于风险等级比较高的微量元素。同时由于铁强化在技术方面是食物强化工作中最难的,所以在铁化合物和食物载体的选择以及强化量的控制方面都比较慎重。

本文比较分析了国内外部分国家和机构的法规在铁强化的食物载体、铁剂选择、强化水平、强化性质、标签营养声称等方面的要求,以期对我国今后铁强化政策提供参考。

1 各国关于铁强化的措施

1.1 有关铁强化的法律法规概况

平衡膳食、食品强化和膳食补充剂是全球改善微量营养素缺乏的三大重要方式。其中食品强化具有成本低廉、覆盖人群广泛、不需要改变饮食习惯等优点,是各国政府最常采取的措施。针对铁缺乏现状,各国政府和国际组织也有针对性地制定了强化的管理政策和法规。

1.1.1 国际食品法典委员会(CAC)

关于食品强化,CAC制定了一系列的通用指南和产品标准,对各国制定强化食品的法规标准起到了指导作用。由于各国地域和国情的差异,CAC制定的各项规范没有对强制性强化和自愿性强化进

收稿日期:2012-02-21

基金项目:达能营养中心膳食营养研究与宣教基金(DIC2010-05);
联合国儿童基金会铁评估专项基金

作者简介:李湖中 男 硕士生 研究方向为食品强化标准的跟踪
评估 E-mail: ahhf888@126.com

通信作者:韩军花 女 副研究员 E-mail: hanjhua@163.com

行具体的区分。

CAC《食品中添加必须营养素的通用原则》(General Principles for the Addition of Essential Nutrients to Foods, CAC/GL 09—1987. Amended 1989, 1991)是关于食品强化的指导性原则,对食品强化进行了定义和说明。同时 CAC 也制定了一系列的产品标准,如《较大婴儿配方食品法典标准》(CODEX STAN 156—1987. Amended 1989, 2011),其中规定了每 100 kcal 能量食品的含铁量不得低于 1 mg,最高为 2 mg;《较大婴儿和幼儿配方辅助食品准则》(CAC/GL 08—1991)中规定了铁的限量为每 100 g 食品(以干物质计)添加的总量不得低于 8 mg。

关于允许使用的铁的化合物,在 CAC《婴幼儿特殊膳食食用食品中营养物质的参考清单》(CAC/GL 10—1979)中进行了规定,该清单是在食品添加剂联合专家委员会(JECFA)评估的基础上,结合德国药典(DAB)、食品化学法典(FCC)、美国药典(USP)等权威机构的要求而筛选出来的。

在标签和营养声称方面,CAC 也制定了一系列标准,其中《声称的一般指导性原则》(CAC/GL 1—1979. Revised 1991. Amended 2009)对营养声称进行了定义和规定;在《营养和健康声称使用指南》(CAC/GL 23—1997. Revised in 2004. Amended in 2011)中规定了营养素的量只有达到多少时才能声称是其良好来源或富含等等。《营养标签的指导原则》(CAC/GL 2—1985. Revision 1993 and 2011. Last amended 2010)主要是针对标签的管理进行了规定,规定了应当量化食品中营养素的量,其中对维生素和矿物质的规定为:在标签中应当采用公制单位标示出其含量,并且要标示出每 100 g、每 100 ml 或每份食品中的量占推荐摄入量的百分比。此外,在产品标准中也有相应的规定。

1.1.2 欧盟

欧盟各成员国间食品强化法规差异较大,一些国家不但规定了强化的营养素种类,还规定了限量标准,而另外一些成员国则没有此类规定,在国与国之间的食品流通中就形成了贸易壁垒。自欧盟发布了《食品中添加维生素和矿物质及某些营养物质的法规(No 1925/2006)》以后,各国也在调整其法规以期与欧盟法规的协调一致,其中规定了强化的营养素种类、化合物名单以及强化的原则,包括允许强化的载体情况、禁止强化的情况以及营养声称等等。在强化要求方面,欧盟主要是自愿强化。

在《设定食品中维生素与矿物质元素最大、最小剂量的目标文件》中,欧洲食品安全局(European

Food Safety Authority, EFSA)和食品科学委员会(Scientific Committee of Food, SCF)都没有设定铁的可耐受最高摄入量(UL 值)^[7],但是提到了美国医学学会(US Institute of Medicine, IOM)设定铁的 UL 值为 45 mg,英国维生素和矿物质专家组(EVM)对铁给出的指导剂量(guidance levels)是 17 mg^[8],以及在《关于食品营养标签的指令》(90/496/EEC on nutrition labeling for foodstuffs)中给出了铁的每日推荐量(recommended daily allowances, RDAs)为 14 mg。

在营养标签和声称的管理方面,欧盟有一套比较完善的法规和标准体系,例如 2000/13/EC 号指令对各成员国的食品标签、说明、广告等进行了详细的规定,EC/1924/2006 对营养和健康声称进行了比较全面的规范。此外还有成分含量方面的声明,如 EC/1925/2006 对强化了维生素和矿物质的食品营养标签进行了规定,只有达到一定剂量或有明显健康促进作用的营养素才能在其标签中进行健康声称,否则易对消费者产生误导。

1.1.3 美国

美国联邦政府对食品强化的管理相对宽松,食品药品监督管理局(FDA)依据《食品、药品、化妆品法》(Food, Drug and Cosmetic Act)对强化食品规定的只是具体的产品标准,包括食品中允许添加的营养素种类、添加的量以及食物载体,而对于没有具体产品标准的食品进行强化时,生产商必须遵守联邦法规(Code of Regulations, CFR)对食品中允许添加的营养素种类、添加限量、食品标签以及营养声称的相关规定^[9-10],只有达到规定的限量才能在其产品中声称“强化”。2011 年 1 月 4 日,美国政府颁布了《FDA 食品安全现代化法案》(FDA Food Safety Modernization Act, FSMA),这是 70 多年来美国对现行主要食品安全法律《联邦食品药品化妆品法》的重大修订,也是美国食品安全监管体系的重大变革。表 1 为美国现行铁强化食品标准中规定的食物载体和相应的强化量。

从表 1 中可以看出,美国对铁强化载体主要规定的是米、面粉等主食类食品,并以磅为单位进行强化量的控制。

在标签和声称的管理方面,联邦食品和药品法的第 101 部分对此进行了详细的规定,其中 101.13 条是营养声称的一个总体原则,规定了标签中允许声称的营养成分、分类和标注的位置等内容。对强化食品标签的管理方面,在 101.9、101.54 等条款中进行了介绍,其中 101.9 中指出:在标签中应标注维生素和矿物质占每日参考摄入量(reference daily

表 1 美国铁强化食品的产品标准
Table 1 Standards for iron-fortification
in food products in USA

法规编号	强化的食物	强化量 (mg/lb)
CFR136. 115	强化面包、面包卷和小圆面包	12. 5
CFR137. 165	强化面粉	20
CFR137. 185	强化自发面粉	20
CFR137. 260	强化玉米粗粉	13 ~ 26
CFR137. 305	强化粗粒精麦粉	≥13
CFR137. 350	强化米	13 ~ 26
CFR139. 115	强化通心粉产品	13 ~ 16. 5
CFR139. 117	蛋白质增强强化通心粉产品	16. 5
CFR139. 122	强化脱脂乳通心粉产品	13 ~ 16. 5
CFR139. 135	强化蔬菜通心粉产品	13 ~ 16. 5
CFR139. 155	强化面条产品	13 ~ 16. 5
CFR139. 165	强化蔬菜面条产品	13 ~ 16. 5

表 2 加拿大铁强化食品的产品标准

Table 2 Standards for iron-fortification in food products in Canada

法规编号	食品	强化限量	添加性质
B. 01. 053	早餐快餐或即食早餐	每标准份不少于 4. 0 mg	强制性添加
B. 11. 150	果味饮料	0. 56 ~ 0. 8 (mg/100 ml)	
B. 13. 001	面粉、强化白面粉等	4. 4 (mg/100 g)	
B. 13. 010. 1	预煮米	1. 6 (mg/100 g)	强制性添加
B. 13. 022	强化(白)面包	2. 76 (mg/100 g)	
B. 13. 052	通心粉	2. 9 ~ 4. 3 (mg/100 g)	
B. 13. 060	早餐谷物	13. 3 (mg/100 g)	强制性添加
B. 24. 204	预包装食品、代餐食品	平均每天正常食用量所提供的铁: 男性不少于 9 mg, 女性不少于 13 mg	
B. 24. 303	低能量膳食	每天正常食用量所提供的铁不得少于 13 mg	
B. 25. 054	母乳替代品	对低于 2 岁的婴儿, 每天正常的食物量中所提供的铁不得少于 4 mg	强制性添加
B. 25. 058	母乳代用品	每 100 千卡至少含铁 1 mg, 否则不允许声称含铁	
B. 25. 062	母乳替代品或含母乳替代品的食物	用于婴儿食用, 每 100 千卡热量的食物中所提供的铁不得少于 0. 15 mg	

注: 1. 如无特别说明, 强化限量指食品中营养素(包括天然和添加的营养素)总的含量; 2. 少数不常见的食品, 如仿肉、仿蛋制品未一一列出; 3. 表内的“强制性添加”不适用于那些作为其他食品的加工原料。

从表 2 可以看出, 加拿大对主食类食品的强化比较常见, 且属于强制性强化的范畴, 但对强化的单位不是很统一, 例如有些是按照每 100 g 食品进行强化; 有些是按照标准份来强化; 还有些则是按摄入食物的能量来强化。

在《食品中添加维生素和矿物质的政策及实施计划》(Addition of Vitamins and Minerals to Foods, 2005, Health Canada's Proposed Policy and Implementation Plans) 中规定了膳食中允许添加铁的化合物名单。此外还对营养素进行了危险等级的划分, 其中铁属于 C 类(安全范围较窄), 故不能进行自愿强化, 同时强制性地规定在标签中应标明所强化营养素的总量, 以及根据所占合理的每日摄入量(Reasonable Daily Intake, RDI)来进行声称。

intake, RDI) 的比例, 当低于 RDI 的 2% 则应该将其置于营养成分表的底部或不需要标注, 其中规定铁的 RDI 为 18 mg。

1. 1. 4 加拿大

加拿大没有专门针对食品强化立法, 其联邦政府管理食品强化的主要依据是《食品和药品法规》中的 D 部分《维生素、矿物质和氨基酸》以及根据《食品和药品法规》制定的一系列产品标准(见表 2)。对于制定了标准的具体产品, 必须符合标准的要求, 否则不予出售。对于没有产品标准的食物, 规定每天正常食用量所提供的铁不得少于 4 mg。同时还规定了小于两岁的婴儿每日推荐摄入量(Recommended Daily Intake, RDI) 为 7 mg, 大于等于 2 岁儿童的 RDI 为 14 mg。此外, 《食品和药品法规》的 D 部分还规定了早餐谷物等 15 大类允许添加铁的食物载体。

1. 1. 5 澳大利亚与新西兰

澳大利亚对食品强化主要是遵照澳新食品标准法典(Food Standard Code) 中的系列标准来实施。其中规定了强制性和自愿强化两种类型^[11], 强制性强化主要是针对少数几种比较容易缺乏的营养素而进行的立法, 比如维生素 B、维生素 D、碘等营养素, 由于澳大利亚属于发达国家, 经济发展水平较好, 食品的多样化以及有较好的营养教育, 人们能很好地通过平衡膳食获得足够的营养, 故自愿强化比较多见, 在自愿强化中, 生产商若想生产强化食品, 必须经政府审批并按照澳新食品标准法典中的规定进行强化^[12]。

澳新食品标准法典中对维生素和矿物质的规定主要是在《维生素和矿物质的标准 1. 3. 2》

(STANDARD 1. 3. 2 Vitamins and Minerals) 中,其中规定了强化食品的声称应与食品强化的量相结合,对低于相关规定的不能声称强化,在标签中应当标出每 100g、每 100ml 或每份的矿物质含量。表 3 为标准 1. 3. 2 中规定铁强化的相关标准。

表 3 澳新食品中铁强化的标准
Table 3 Standards for iron-fortification in food products in Australia and New Zealand

允许添加铁的食物	食物载体参考的量 (标准份)	每份声称最大的添加量(mg) (占 RDI 的比例)(%)
饼干(包含不少于 200 g/kg 的脂肪和 50 g/kg 的糖)	35 g	3. 0(25)
面包(白面包,棕色面包,全麦面包,黑色面包)	50 g	3. 0(25)
谷物面粉、生面团(干面团)、早点用谷物(零售用)	35 g	3. 0(25)
肉类、蔬菜以及酵母的提取物	5 g	1. 8(15)
仿肉制品(每份包含 5 g 蛋白质,其中至少有 12% 的能量来源于蛋白质)	100 g	3. 5(30)
配方饮料	600 ml	3. 0(25)

从表 3 可以看出,澳新对谷类食品中铁的强化比较常见,且大多是按照“份”来强化,并给出了每份食物的参考量、声称最大的添加量以及占推荐膳食摄入量(Recommended Dietary Intake, RDI)的比例。

1. 1. 6 日本

日本在食品强化方面虽然起步较早,但没有专门针对铁强化立法,仅在《食品卫生法》中规定了含铁食品每天正常食用量的最低和最高限量标准为 2. 25 和 10 mg,而食品强化量的控制常与营养声称结合起来管理。

在铁强化方面,只有达到以下标准:100 g 食品中含铁不低于 2. 25 mg,100 ml 液体中含铁不低于 1. 13 mg,100 kcal 能量的食物中含铁不低于

0. 75 mg,才能声称“高、多、富含铁”;100 g 食品中含铁不低于 1. 13 mg,100 ml 液体中含铁不低于 0. 56 mg,100 kcal 能量的膳食中含铁不低于 0. 38 mg,才能在标签上标示“强化铁”(如:含有,添加,供应,使用等用语)。

1. 2 铁强化常用的食物载体、铁化合物

铁强化已在世界许多地区广泛开展,拉美地区主要强化的是小麦粉和玉米粉,其他地区主要的食物载体有鱼露、酱油、牛奶等。主食类食品因其食用量变化范围不大,且食用人群广泛,常被选作良好的食物载体。由于各国人民的生活方式和膳食结构存在差异,致使食物强化所选用的铁剂和食物载体不同。表 4 列出了部分国家和国际组织法规标准中允许使用的铁营养强化剂名单。

表 4 部分国家和国际组织铁营养强化剂的比较
Table 4 Comparison of iron fortifier used in some countries and international organizations

铁化合物	部分国家或国际组织(法规标准编号)			
	CAC(CAC/GL 10—1979)	欧盟(No 1925/2006)	美国(CFR 食品和药品中的第 184 部分)	加拿大(《食品中添加维生素和矿物质的政策及实施计划》)
共有的部分 ^a	富马酸亚铁、葡萄糖酸亚铁、乳酸亚铁、硫酸亚铁、枸橼酸铁铵、柠檬酸亚铁、焦磷酸铁、元素铁(羧基、电解、氢还原)			
不同的部分 ^b	蔗糖稳定的碳酸亚铁	碳酸亚铁	碳酸亚铁	柠檬酸铁
	柠檬酸铁	蔗糖铁	柠檬酸铁	蔗糖铁
	蔗糖铁	甘氨酸亚铁	磷酸铁	磷酸铁
	磷酸铁	二磷酸钠铁	氯化铁	甘氨酸亚铁
	甘氨酸亚铁	钠铁 EDTA	硫酸铁	二磷酸铁钠
	二磷酸铁钠	磷酸亚铁铵	抗坏血酸亚铁	
	琥珀酸亚铁			

注:a 共有的部分表示各组铁化合物的相同部分;b 不同的部分表示除相同部分以外的铁剂。

1. 3 几种新型铁的化合物

近年来,几种新型铁化合物逐步在铁强化进程中发挥了重要作用,特别是在食品强化中能很好地降低铁吸收抑制剂的影响。这些新型铁剂有钠铁 EDTA,各种微粒化、微胶囊化铁的化合物。

1. 3. 1 乙二胺四乙酸铁钠(钠铁 EDTA)

钠铁 EDTA 在酸性环境下比较稳定,绝大部分钠铁 EDTA 中的 EDTA 在肠道分离,仅 1% ~2% 的

部分可直接被人体吸收并通过肾脏完全排泄^[13]。与其他二价铁化合物相比,钠铁 EDTA 不受膳食中抑制因素(如植酸、多酚等)的影响^[14],因此其吸收率可达硫酸亚铁的 2 ~3 倍^[15-16]。除此之外,钠铁 EDTA 还有许多其他优点:不造成食物感官的改变;不造成储存谷物的脂质氧化;不会使多肽含量高的食物形成沉淀,例如在酱油和鱼露中。人群干预结果表明其对贫血有明显的改善作用^[17]。从循证医

学的结论中可以看出,钠铁 EDTA 可以显著改善铁缺乏人群的血红蛋白浓度和血清铁蛋白浓度,且基线血红蛋白越低,在总摄入量不超过人体最大耐受量(PMTDI)0.8mg/kg的情况下,干预剂量越高,改善效果越显著^[18]。安全性方面,未发现对其他矿物质,如锌、铜、钙的影响,也未发现其他有害效应^[19]。

钠铁 EDTA 在许多国家都被允许作为铁强化剂推广使用,FAO/WHO 联合食品添加剂专家委员会(JECFA)推荐钠铁 EDTA 在植物性膳食为主的国家强化使用,并规定其推荐强化量为每人每天 0.2 mg 铁每公斤体重^[20]。2009 年,WHO 发布了《小麦粉和玉米粉强化建议》,规定铁强化可根据面粉的提取率和人均面粉的消费量选择不同的铁剂组合,其中钠铁 EDTA 无论在低提取率还是高提取率面粉中的添加量都是一样的,对于人均每天面粉消费量小于 150 g、150~300 g 之间以及大于 300 g 的推荐添加量(每百克,以铁计)分别为 4、2 和 1.5 mg。

1.3.2 微粒化铁化合物及胶囊铁

如同元素铁粉可通过改变粒径来增加其生物利用率一样,针对不溶性的铁盐,也可通过颗粒微粒化来增加其生物利用率,一种粒径约为 0.5 μm 的焦磷酸铁微粒已被许多国家作为铁强化剂来使用,适用于液态和干燥的固态食品中,为了使其在液体中能更好地分散,常在其表面涂上乳化剂。与普通焦磷酸铁相比,这种微粒化的焦磷酸铁在人体的吸收率提高了 2~4 倍,在乳制品中能提高 4 倍^[21]。目前,在日本已被批准作为铁强化剂添加到液态奶和酸奶制品中。

铁化合物微胶囊也常用于食品的铁强化中^[22],它是在铁化合物的表面涂抹上一层包装材料,将化合物与食物分开,以降低对食物感官的影响,铁化合物微胶囊化常针对那些有很好生物利用率的化合物,如硫酸亚铁和富马酸亚铁等,常用氢化植物油、单甘油酯、麦芽糊精作为胶囊包装材料。目前普遍用于食盐、婴幼儿配方奶粉和婴幼儿食品的强化中。

2 我国铁缺乏和铁强化的管理现状

2002 年中国居民营养与健康状况调查结果显示,中国居民贫血患病率为 20.1%,男性为 15.8%,女性为 23.3%;2 岁以内婴幼儿、60 岁以上老年人和育龄妇女贫血患病率较高,分别为 31.1%、29.1%和 19.9%^[23];城市 5 岁以下儿童贫血患病率 12.28%,农村 26.71%,全国平均 21.67%,农村 6 个月的儿童贫血率可达 50%;母亲贫血率城市 11.8%,农村 26.28%,全国平均 20.14%,贫血母亲

的孩子患贫血的危险是非贫血母亲孩子的 1.5~1.7 倍^[24]。从营养调查结果来看,我国居民的铁缺乏状况比较严峻,以缺铁性贫血为典型的铁缺乏症正成为影响我国国民体质的一大原因。

综合分析我国居民铁缺乏的原因,大致可归为这几类:(1)我国居民大部分铁摄入量来自植物性食物,而植物性食物中的铁吸收率非常低。(2)居民普遍缺乏合理膳食知识。(3)经济状况、肠道寄生虫等问题直接影响某些地区缺铁性贫血的发生。

我国于 1994 年颁布了《食品营养强化剂使用卫生标准》(GB 14880—1994),标准颁布实施后对规范食品营养强化剂的使用、保护和促进消费者的健康发挥了重要作用。虽然目前标准工作采取的是企业申报、专家评审以及卫生部公告的形式对新型营养强化剂进行一些扩大和补充,但随着科学进展和实际需求,逐渐暴露出一些问题,例如没有明确的食物营养强化的原则;没有统一的食物营养强化的载体分类系统;没有可允许使用营养强化剂化合物来源名单等等。所以需要参考其他国家的政策和法规,为中国国家标准进行科学的修订。

3 结语

经过比较分析可知,许多国家,特别是发达国家大都根据其实际需要采取了不同的铁强化措施,并制定了铁强化的法律法规和相关产品标准来保证强化项目的执行。除此之外,部分国家和组织还发布了食物强化指南,如 2006 年,WHO 和 FAO(联合国粮农组织)联合发表了《微量营养素食物强化指南》,可以说,这是目前食物强化领域中最具权威性的技术指南之一,该指南从营养和公共卫生的角度,对各国政府以及从事食品营养强化的工作人员起到了很好的指导作用。

我国在铁强化方面起步较晚,随着经济发展和国际贸易的需要,随着城市化的推进,疾病谱、人民生活方式以及膳食模式的改变,对营养强化标准也提出了新的要求。

通过综合分析国内外有关铁强化的法规标准,对我国今后铁强化政策提出以下建议:

(1)在选择铁强化剂方面应认真参考 CAC、欧盟、美国以及澳大利亚的相关标准,明确列出允许使用的化合物名单,并对各种铁化合物的危险性进行评估,尤其是针对孕妇、婴幼儿和儿童的铁强化剂。

(2)在选择食物载体方面,许多国家都选择那些食用量变化范围不大,对健康有利,且每天都食用的食物为载体,如大米、酱油等。同时根据食物

的不同特性对化合物和食物载体进行选择搭配,如植物性食物应选择植酸对其影响较小的铁强化剂等。

(3)在确定最大强化水平、安全限值等方面,参照日常膳食摄入量,结合每日膳食能量摄入量以及标准体重来进行强化。在加拿大和澳大利亚等国家,还有选择标准份来实施强化的,这也是一种值得借鉴的管理模式。同时,还要吸取丹麦、英国和荷兰对矿物质摄入量评估的经验,引进一些经典的数学模型,对长期摄入的化合物进行跟踪评估,并根据评估结果进行更新筛选化合物的名单。

(4)对某些新型化合物或新技术处理的化合物开展评估,例如针对某些有感官影响的化合物需要进行特殊的处理,如微胶囊铁等;或者一些常规的铁化合物经处理后能更好地发挥生物利用率,如微粒化焦磷酸铁等,这些都需要对其辅助材料和处理技术进行评估,同时还要兼顾技术和成本-效益的考虑进行选择。

参考文献

- [1] ASSUNÇÃO M, MARQUES M J, DE FREITAS V, et al. Red wine antioxidants protect hippocampal neurons against ethanol-induced damage: a biochemical, morphological and behavioral study[J]. *Neuroscience*, 2007, 146(4): 1581-1592.
- [2] BRABIN B J, HAKIMI M, PELLETIER D. An analysis of anemia and pregnancy-related maternal mortality. [J] *Nutr*, 2001a, 131(2S-2): 604S-614S; discussion 614S-615S.
- [3] BRABIN B J, PREMJI Z, VERHOEFF F. An analysis of anemia and child mortality. [J] *Nutr*, 2001b, 131(2S-2): 636S-645S; discussion 646S-648S.
- [4] HAAS J D, BROWNIE T. Iron deficiency and reduced work capacity: a critical review of the research to determine a causal relationship[J]. *J Nutr*, 2001, 131(2S-2): 676S-688S.
- [5] HUMA N, ANJUM F M, MURTAZA M, et al. Food fortification strategy—preventing Iron deficiency anemia[J]. *Crit Rev Food Sci Nutr*, 2007, 47(3): 259-265.
- [6] ANDERSON G J. Mechanisms of iron loading and toxicity[J]. *Am J Hematol*, 2007, 82(12): 1128-1131.
- [7] European Food Safety Authority. Tolerable upper intake levels for vitamins and minerals [EB/OL]. (2006-2) [2011-11-20]. <http://www.efsa.europa.eu/en/ndatopics/docs/ndatolerableuil.pdf>.
- [8] HANNON E M, KIELY M, FLYNN A. The impact of voluntary fortification of foods on micronutrient intakes in Irish adults[J]. *Brit J Nutr*, 2007, 97(6): 1177-1186.
- [9] 李晓瑜, 刘秀梅. 国内外食品强化管理法规标准比较研究[J]. *中国食品卫生杂志*, 2008, 20(5): 424-428.
- [10] Code of Federal Regulations. Nutrient content claims for “good source,” “high,” “more,” and “high potency” [EB/OL]. (2011-04-01) [2011-11-20]. <http://www.accessdata.fda.gov/scripts/cdrh/cfdocs/cfcfr/CFRSearch.cfm?fr=101.54>.
- [11] 殷继永, 黄建, 霍军生. 食品营养强化原则的比较研究[J]. *中国食品卫生杂志*, 2009, 21(6): 523-528.
- [12] 李晓瑜. 澳大利亚食品强化管理法标准分析[J]. *中国食品卫生杂志*, 2006, 18(6): 552-555.
- [13] HEIMBACH J, RIETH S, MOHAMEDSHAH F, et al. Safety assessment of iron EDTA [sodium iron (Fe^{3+}) ethylenediaminetetraacetic acid]: summary of toxicological, fortification and exposure data[J]. *Food Chem Toxicol*, 2000, 38(1): 99-111.
- [14] DAVIDSSON L, DIMITRIOU T, BOY E, et al. Iron bioavailability from iron-fortified Guatemalan meals based on corn tortillas and black bean paste[J]. *Am J Clin Nutr*, 2002, 75(3): 535-539.
- [15] VITERI F E, ALVAREZ E, BATRES R, et al. Fortification of sugar with iron sodium ethylene diaminetetraacetate (FeNaEDTA) improves iron status in semirural Guatemalan populations[J]. *Am J Clin Nutr*, 1995, 61(5): 1153-1163.
- [16] 霍军生, 朴建华, 苗虹, 等. 乙二胺四乙酸铁钠中铁在人体吸收率的研究[J]. *营养学报*, 2001, 23(2): 126-129.
- [17] 陈君石, 赵显峰, 张馨, 等. NaFeEDTA 强化酱油对铁缺乏的防治效果——人群干预试验[J]. *卫生研究*, 2003(51): 29-38.
- [18] WANG B, ZHAN S, XIA Y, et al. Effect of sodium iron ethylenediaminetetraacetate (NaFeEDTA) on haemoglobin and serum ferritin in iron-deficient populations: a systematic review and meta-analysis of randomised and quasi-randomised controlled trials[J]. *Bri J Nutr*, 2008, 100(6): 1169-1178.
- [19] DAVIDSSON L, ZIEGLER E, ZEDER C, et al. Sodium iron EDTA [NaFe(III) EDTA] as a food fortificant: erythrocyte incorporation of iron and apparent absorption of zinc, copper, calcium, and magnesium from a complementary food based on wheat and soy in healthy infants[J]. *Am J Clin Nutr*, 2005, 81(1): 104-109.
- [20] World Health Organization. Evaluation of certain food additives and contaminants[J]. *World Health Organ Tech Rep Ser*, 2000, 896: 1-128.
- [21] FIDLER M C, WALCZYK T, DAVIDSSON L, et al. A micronized, dispersible ferric pyrophosphate with high relative bioavailability in man[J]. *Bri J Nutr*, 2004, 91: 107-112.
- [22] ABBASI S, AZARI S. Efficiency of novel iron microencapsulation techniques: fortification of milk[J]. *Int J Food Sci Tech*, 2011, 46(9): 1927-1933.
- [23] 朴建华, 赖建强, 荫士安, 等. 中国居民贫血状况研究[J]. *营养学报*, 2005, 27(4): 268-271.
- [24] 富振英, 贾凤梅, 何武, 等. 我国 5 岁以下儿童及其母亲贫血状况及相关因素分析[J]. *营养学报*, 2003, 25(1): 70-73.