



微量营养素食物强化指南

Guidelines on food fortification with micronutrients

Lindsay Allen, Bruno de Benoist, Omar Dary, Richard Hurrell 著

霍军生 孙静 黄建 丁昕 刘鲁林 于波 王波 王丽娟

魏峰 李建文 潘兴昌 朱海蒂 方政 译

陈君石 审



World Health
Organization



Food and Agricultural Organization
of the United Nations

中国疾病预防控制中心食物强化办公室翻译



中国轻工业出版社

GUIDELINES ON FOOD
FORTIFICATION WITH MICRONUTRIENTS

微量营养素食物强化指南

Lindsay Allen, Bruno de Benoist, Omar Dary,
Richard Hurrell 著

霍军生 孙 静 黄 建 丁 昕 刘鲁林 于 波
王 波 王丽娟 魏 峰 李建文 潘兴昌 朱海蒂 方 政 译
陈君石 审



World Health
Organization



Food and Agricultural Organization
of the United Nations

中国疾病预防控制中心食物强化办公室翻译

中国轻工业出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

微量营养素食物强化指南/ (美) 艾伦 (Allen, L.) 等著;
霍军生等译. —北京: 中国轻工业出版社, 2009. 11

ISBN 978-7-5019-7341-5

I. ①微… II. ①艾…②霍… III. ①微量元素-营养卫生
IV. ①R151. 3

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2009) 第 183469 号

Guidelines on food fortification with micronutrients 已由世界卫生组织和联合国粮农组织于 2006 年出版
©世界卫生组织和联合国粮农组织, 2006 年
世界卫生组织总干事授予中国轻工业出版社本书中文版翻译权, 中文版由其全权负责

责任编辑: 李亦兵 责任终审: 张乃柬 封面设计: 锋尚设计
版式设计: 王超男 责任校对: 李 靖 责任监印: 马金路

出版发行: 中国轻工业出版社 (北京东长安街 6 号, 邮编: 100740)

印 刷: 印刷厂

经 销: 各地新华书店

版 次: 2009 年 11 月第 1 版第 1 次印刷

开 本: 787 × 1092 1/16 印张: 16. 5

字 数: 363 千字

书 号: ISBN 978-7-5019-7341-5 定价: 50. 00 元

著作权合同登记 图字: 01-2008-4379

邮购电话: 010-65241695 传真: 65128352

发行电话: 010-85119835 85119793 传真: 85113293

网 址: <http://www.chlip.com.cn>

Email: club@chlip.com.cn

如发现图书残缺请直接与我社邮购联系调换

80957K1X101ZYW

主编：Lindsay Allen

加利福尼亚大学，戴维斯，美国

Bruno de Benoist

世界卫生组织，日内瓦，瑞士

Omar Dary

莫斯特，美国国际开发署微量营养素项目，美国

Richard Hurrell

瑞士，苏黎士，瑞士技术联合会

世界卫生组织

联合国粮农组织

WHO 图书馆 目录出版发行数据

微量营养素食物强化指南/Lindsay Allen 等主编

1. 食物，强化。2. 微量营养素。3. 营养需求。4. 缺乏病——预防和控制。5. 指南。

I. Allen, Lindsay H. II. 世界卫生组织。

ISBN 92 4 1594012 (NLM 分类：QU 145)

© 世界卫生组织和联合国粮农组织 2006

版权所有。WHO 出版社准许发行世界卫生组织出版物，瑞士，1211 日内瓦 27，Appia 大街 20 号（电话：+41 22791 3264；传真：+41 22 791 4857；电子邮箱：bookorders@who.int）。再版或翻译 WHO 出版物（销售或非商业性分发）的许可申请应递交至 WHO 出版社，地址同上（传真：+41 22 791 4806；电子邮箱：permissions@who.int），或递交至联合国粮农组织，首席出版和多媒体服务信息部，意大利罗马 Viale delle di Caracalla，邮编：00100，电子邮箱：copyright@fao.org。

序

国民营养问题关系到人民的健康与素质以及社会发展，因此在国际上受到广泛重视。目前，在世界范围内，一些极其贫穷的地区仍然存在着由于食物供应不足而导致的以蛋白质-能量不足为特征的营养不良疾病；而在大多数基本解决了温饱的地区，微量营养素（维生素、矿物质）不足则成为主要的营养问题。微量营养素是维持人体的正常生理代谢的必需营养物质，其摄入不足会直接导致严重的疾病，甚至造成死亡。由于通常人们很难发现微量营养素摄入是否充足，因此国际上把微量营养素缺乏称为“隐性饥饿”。隐性饥饿导致的健康和经济损失是惊人的，目前全球普遍存在的维生素 A 缺乏、碘缺乏以及铁缺乏和贫血导致发展中国家每年损失 3% ~ 5% 的 GDP，并成为提高人口健康素质的主要障碍。我国 2002 年全国居民营养与健康状况调查表明，由于实施食盐加碘，我国居民碘缺乏和地方性甲状腺肿得到了基本控制；而维生素 A、维生素 B₁、维生素 B₂、叶酸、钙和锌等微量营养素的平均摄入量分别占中国营养学会制订的推荐摄入量或适宜摄入量的 85.4%、78.9%、88.7%、21.3%、41.0% 和 76.7%，全人群平均缺铁性贫血患病率达到 20.1%，显现我国还存在着比较普遍的微量营养素缺乏。

采用什么方式可以最有效且可持续地控制微量营养素缺乏是一个国际社会长期探索的问题。科学研究和实践经验显示，食物强化（在食品加工生产过程中，将维生素和矿物质加入食品）是一种解决广泛性微量营养素缺乏问题最经济、有效和可持续的方法；因为食物强化具有成本低廉、工艺简单、不需要改变人们的饮食习惯、能覆盖广大人群等优点。

就全球范围来看，从 1900 年瑞典开展碘盐商业性强化至今已有 109 年的历史。美国于 1943 年制订了首个面粉强化的强制性标准，使得食物强化成为政府进行营养干预的主要策略和方法。目前全球已有近百个国家开展了广泛性食物强化。我国继 1993 年开展强化碘盐后，卫生部近年来又分别组织进行了铁强化酱油、营养强化面粉以及婴幼儿营养辅助食品等食物强化项目，这些项目不仅在干预地区取得显著的营养干预效果，同时也对我国未来的食物强化政策、标准和推动模式进行有益的探索。此外，维生素 A 强化食用油、强化大米技术等项目也在进行中。显示出食物强化正在为我国控制微量营养素缺乏和改善人民微量营养素营养状况，产生越来越积极的作用；也是改善国民营养的一项重要措施。

应该指出的是食物强化分为广泛性强化和自主性强化两类主要形式。广泛性强化的目的是预防和控制居民中普遍存在的微量营养素不足问题，一般为政府主导的营养干预

行为，如我国的食盐加碘、铁强化酱油和强化面粉等。而自主性强化则是企业出于市场目的进行的食物产品的强化，如市场上销售的白糖加钙、汽水加维生素 C 等。

本书是世界卫生组织（WHO）组织了一组来自政府、非政府国际组织、学术界和产业界的杰出营养学家及健康促进专家、公共营养政策制定者、食品科学家和食品工艺专家、营养经济学者及健康信息传播者等，汇集总结全球食物强化的科学理论、实践经验、政策法规和标准、经济学分析及基础科学数据编写的食物强化技术指南，主要针对广泛性食物强化进行规范化和技术指导。可以说本书是目前食物强化领域中具有权威性的技术指南。

中国疾病预防控制中心食物强化办公室经 WHO 授权翻译本书，旨在传播食物强化的科学知识和相关的国际技术规范，并推动我国食物强化的技术规范和学术研究。

本书的译者在翻译本书时付出了辛勤的努力，中国轻工业出版社对本书的出版也给予了大力支持。在此表示感谢。

中国工程院院士

中国疾病预防控制中心食物强化办公室主任

陈君石

2009 年 7 月 22 日

目录

表格列表	xiii
图表列表	xv
前言	xvi
序言	xviii
作者名单	xx
译者名单	xxi
致谢	xxii
缩写词	xxiii
术语	xxv

第 1 部分 食物强化对控制微量营养素营养不良的作用

1

1 微量营养素营养不良：公共卫生问题	3
1.1 微量营养素营养不良的全球状况	3
1.2 控制微量营养素缺乏的方法	8
1.2.1 食物多样化	8
1.2.2 食物强化	8
1.2.3 营养素补充剂	9
1.2.4 公共卫生措施	9
1.3 食物强化的发展	9
1.3.1 控制条件的干预试验	10
1.3.2 项目效果评估	11
1.4 食物强化的优势和局限	13
2 食物强化的基本原则	16
2.1 专业术语	16
2.1.1 食物强化	16
2.1.2 食品法典相关术语	17
2.2 强化类别	17
2.2.1 大众强化	18
2.2.2 目标强化	18
2.2.3 市场驱动的强化	19
2.2.4 其他类型的强化	19
2.3 强制强化和自愿强化的法规因素	20

2.3.1	强制强化	21
2.3.2	自愿强化	22
2.3.3	特殊自愿强化	23
2.3.4	选择强制强化或自愿强化的标准	23
第2部分	微量营养素营养不良对公共卫生的影响	25
<hr/>		
3	铁、维生素 A 和碘	28
3.1	缺铁和缺铁性贫血	28
3.1.1	铁缺乏状况	28
3.1.2	铁缺乏的原因	30
3.1.3	铁缺乏的危害和干预效果	30
3.2	维生素 A	31
3.2.1	维生素 A 缺乏状况	31
3.2.2	维生素 A 缺乏原因	32
3.2.3	维生素 A 缺乏的危害和干预效果	33
3.3	碘缺乏	33
3.3.1	碘缺乏状况	33
3.3.2	碘缺乏的原因	34
3.3.3	碘缺乏的危害和干预效果	34
4	锌、叶酸、维生素 B₁₂ 和其他 B 族维生素、维生素 C、维生素 D、钙、硒和氟	36
4.1	锌	36
4.1.1	锌缺乏状况	36
4.1.2	锌缺乏原因	37
4.1.3	锌缺乏的危害和干预效果	38
4.2	叶酸	38
4.2.1	叶酸缺乏状况	39
4.2.2	叶酸缺乏原因	40
4.2.3	叶酸缺乏的危害和干预效果	40
4.3	维生素 B ₁₂	40
4.3.1	维生素 B ₁₂ 缺乏状况	40
4.3.2	维生素 B ₁₂ 缺乏原因	41
4.3.3	维生素 B ₁₂ 缺乏的危害和干预效果	41
4.4	其他 B 族维生素（硫胺素、核黄素、烟酸和维生素 B ₆ ）	42
4.4.1	维生素 B ₁	43
4.4.2	核黄素	45
4.4.3	烟酸缺乏	46

4.4.4 维生素 B ₆	48
4.5 维生素 C	48
4.5.1 维生素 C 缺乏状况	49
4.5.2 维生素 C 缺乏原因	50
4.5.3 维生素 C 缺乏的危害及干预效果	51
4.6 维生素 D	51
4.6.1 维生素 D 缺乏状况	51
4.6.2 维生素 D 缺乏原因	52
4.6.3 维生素 D 缺乏的危害和干预效果	53
4.7 钙	53
4.7.1 钙缺乏状况	53
4.7.2 钙缺乏原因	54
4.7.3 钙缺乏的危害和干预效果	54
4.8 硒	54
4.8.1 硒缺乏状况	55
4.8.2 硒缺乏原因	55
4.8.3 硒缺乏的危害和干预效果	56
4.9 氟	56
4.9.1 龋齿的发病率	56
4.9.2 低摄入量原因	57
4.9.3 氟缺乏的危害与干预效果	57
4.10 多种微量营养素缺乏	57
4.10.1 缺乏状况和原因	57
4.10.2 缺乏的危害和干预效果	58
第3部分 营养强化剂：物理性质、选择 and 在不同食物载体中的应用	59
<hr/>	
5 铁、维生素 A 和碘	62
5.1 铁	62
5.1.1 铁强化剂的选择	62
5.1.2 促进铁吸收的方法	64
5.1.3 新型铁强化剂	65
5.1.4 感官变化	66
5.1.5 铁强化的经验	67
5.1.6 安全性问题	70
5.2 维生素 A 和 β -胡萝卜素	71
5.2.1 维生素 A 强化剂的选择	71
5.2.2 维生素 A 强化经验	72
5.2.3 安全性问题	75

5.3	碘	76
5.3.1	碘强化剂的选择	76
5.3.2	碘强化经验	76
5.3.3	安全性问题	79
6	锌、叶酸和其他 B 族维生素、维生素 C、维生素 D、钙、硒和氟化物	80
6.1	锌	80
6.1.1	锌强化剂的选择	80
6.1.2	锌的生物利用率	80
6.1.3	促进锌吸收的方法	80
6.1.4	锌强化的经验	81
6.2	叶酸和其他 B 族维生素	81
6.2.1	B 族维生素强化剂的选择	81
6.2.2	强化 B 族维生素的经验	82
6.2.3	安全性问题	83
6.3	维生素 C (抗坏血酸)	84
6.3.1	维生素 C 强化剂的选择	84
6.3.2	不同食物强化维生素 C 的经验	84
6.4	维生素 D	84
6.4.1	维生素 D 强化剂的选择	84
6.4.2	不同食物强化维生素 D 的经验	84
6.5	钙	85
6.5.1	钙强化剂的选择	85
6.5.2	钙强化的经验	86
6.6	硒	86
6.6.1	强化剂的选择	86
6.6.2	不同食物强化硒的经验	87
6.7	氟化物	87
6.7.1	强化剂的选择	87
6.7.2	强化氟的经验	87
第 4 部分	贯彻实施高效且可持续性的食物强化项目	89
7	确定和制定项目的目标	92
7.1	信息需求	92
7.1.1	微量营养素缺乏的生化和临床指标	93
7.1.2	膳食模式	93
7.1.3	每日膳食摄入量	94
7.2	确定营养目标：基本概念	94
7.2.1	EAR 切点方法	94

7.2.2 膳食营养素参考摄入量：平均需要量、营养素推荐摄入量和 可耐受最高摄入量	95
7.3 使用 EAR 切点法确定强化目标以及对其效果和安全性进行评估	99
7.3.1 确定可接受低摄入量的比例	100
7.3.2 计算大规模微量营养素的添加	101
7.3.3 适用于特定营养素的 EAR 切点法	104
7.3.4 生物利用率方面的考虑	108
7.4 强化水平制定时应考虑的其他因素	108
7.4.1 安全限值	109
7.4.2 技术限值	109
7.4.3 成本限值	110
7.5 适于大众强化、目标强化、市场驱动的强化干预的 EAR 切点法	111
7.5.1 大众强化	111
7.5.2 目标强化	114
7.5.3 市场驱动的强化	115
8 监测和评估	120
8.1 基本概念和定义	120
8.2 规范性监测	122
8.2.1 内部监测（质量控制/质量保证）	125
8.2.2 外部监测（检验和技术审核）	126
8.2.3 市场监测（在零售商店内）	127
8.3 家庭监测	128
8.3.1 家庭监测的目的	128
8.3.2 监测方法的注意事项	129
8.4 评估体系	130
8.4.1 影响评估设计	131
8.4.2 方法学讨论	133
8.5 每个食物强化项目应具备的监测评估系统的最低标准是什么？	135
9 食物强化成本 - 效果及成本 - 效益估算	138
9.1 基本概念和定义	138
9.1.1 成本 - 效果	138
9.1.2 成本 - 效益分析	140
9.2 所需数据	140
9.2.1 估算单位成本	140
9.2.2 成本 - 效果分析	143
9.2.3 成本 - 效益分析	144
9.3 维生素 A、碘及铁干预项目中成本 - 效果和成本 - 效益的估算	145
9.3.1 维生素 A 营养素补充剂：成本 - 效果计算	146
9.3.2 碘的成本 - 收益分析	147

9.3.3	铁强化项目的成本 – 收益分析	148
9.3.4	铁营养补充剂：成本 – 效益计算	149
10	沟通交流，社会营销及食物强化项目的相关宣传	151
10.1	沟通策略：选择	151
10.1.1	教育	152
10.1.2	法规、政策和推动：与政策制定者沟通	153
10.1.3	社会营销	154
10.2	支持社会营销的沟通交流	155
10.2.1	建立项目合作伙伴关系	156
10.2.2	政府领导者	158
10.2.3	企业领导者	158
10.2.4	消费者营销策略和教育的开发	159
10.3	项目的实施	160
11	国家食品法规	162
11.1	国际相关规定	162
11.2	国家食品法规和食物强化项目	162
11.2.1	食品法规的形式：法律、法规和辅助措施	163
11.2.2	制定食物强化的法规：通用的考虑因素	163
11.3	强制性食物强化	164
11.3.1	法规的组成部分	164
11.3.2	标识和广告	166
11.3.3	贸易方面	167
11.4	自主性强化	168
11.4.1	成分	168
11.4.2	标识和广告	171
11.4.3	贸易因素	172
	参考文献	173
	涉及阅读书目	193
	附录	195
附录 A	应用于评估可持续消除碘缺乏疾病项目的指标	195
附录 B	碘网络国际资源实验室	197
附录 C	由 FAO/WHO 的营养素推荐摄入量 (RNIs) 计算平均需要量 (EARs) 的换算系数	200
附录 D	大众食物强化项目的可行营养素强化水平评估方法	202
附录 E	强化植物油质量控制监测系统：源自摩洛哥的实例	214
附录 F	食品法典和世界贸易组织协定	217
	索引	226

表格列表

- 表 1.1 WHO 地区三种主要微量营养素缺乏状况
- 表 1.2 微量营养素缺乏状况、风险因素及危害
- 表 2.1 目标强化项目
- 表 2.2 家庭水平的食物强化
- 表 3.1 铁营养状况评价指标
- 表 3.2 评估贫血公共卫生问题的标准
- 表 3.3 不同食物中铁的生物利用率
- 表 3.4 人群维生素 A 状况评价指标
- 表 3.5 维生素 A 公共卫生问题评估标准
- 表 3.6 人群碘状况评价指标
- 表 3.7 碘缺乏公共卫生问题评估标准
- 表 3.8 碘缺乏症状
- 表 4.1 人群锌状况评价指标
- 表 4.2 根据膳食中锌含量和生物利用率进行的分类
- 表 4.3 评价人群叶酸（维生素 B₉）状况指标
- 表 4.4 评价人群维生素 B₁₂（钴胺素）状况指标
- 表 4.5 评价人群硫胺素（维生素 B₁）状况指标
- 表 4.6 评估维生素 B₁ 缺乏的公众卫生指标
- 表 4.7 评价人群核黄素（维生素 B₂）状况指标
- 表 4.8 评价人群烟酸（维生素 B₃）状况指标
- 表 4.9 评价烟酸缺乏对公众卫生问题的推荐性指标
- 表 4.10 人群维生素 B₆ 状况评价指标
- 表 4.11 评价人群维生素 C 状况指标
- 表 4.12 维生素 C 重度缺乏对公众卫生问题的推荐性评估标准
- 表 4.13 评估维生素 D 人群缺乏的指标
- 表 4.14 评价人群钙营养状况的指标
- 表 4.15 评估人群硒状况的指标
- 表 4.16 人群氟状况评估指标
- 表 5.1 常用铁营养强化剂比较
- 表 5.2 用于不同食物载体的铁强化剂
- 表 5.3 维生素 A 强化剂的特点及其主要用途
- 表 5.4 维生素 A 强化剂及其适用的食物载体
- 表 5.5 维生素 A 强化项目
- 表 5.6 碘强化剂：化学结构和碘含量
- 表 5.7 WHO 成员国碘盐推动进展情况（至 1999 年）
- 表 6.1 B 族维生素强化剂的物理特性及稳定性
- 表 6.2 钙强化剂的物理性质
- 表 7.1 FAO/WHO 对于某些特定人群的营养素推荐摄入量
- 表 7.2 基于 FAO/WHO 推荐摄入量（RNIs）的平均需要量（计算值）
- 表 7.3 可耐受最高摄入量（UL）
- 表 7.4 成年女性食用不同水平的维生素 A 强化面粉后的预期效果

- 表 7.5 特定人群中不同常规摄入量 (mg/d) 范围的铁摄入不足发生率
- 表 7.6 膳食中铁的平均生物利用率为 5% 的经期女性铁摄入不足发生率: 计算实例
- 表 7.7 不同型式在强化应用时生物利用率差异较大的微量营养素举例
- 表 7.8 添加到单一食物载体中的强化剂用量的限制因素
- 表 7.9 强化剂的成本估计
- 表 7.10 各国主食和调味品中微量营养素添加水平实例
- 表 7.11 部分微量营养素的营养素参考值
- 表 7.12 普通食物能量密度介绍
- 表 7.13 计算每 40kcal 份食物中的最大微量营养素含量, 假设这些微量营养素在膳食中没有其他的来源
- 表 7.14 每 40kcal 份与不同形式食品及每份规格间最大微量营养素含量的转换系数
- 表 8.1 强化项目中各种监测和评估工作的内容、目的和指标
- 表 8.2 强化食品营养素含量判定标准
- 表 8.3 食物强化项目的规范性监测工作
- 表 8.4 食物强化项目中家庭监测系统
- 表 8.5 通过居民营养状况评估强化项目的影响
- 表 8.6 食物强化项目影响评估: 结局测量的建议方法
- 表 9.1 铁锌强化面粉项目假设性年成本 (假定某面粉厂采用绞龙方式生产强化面粉, 年产量为 10 万 t)
- 表 9.2 不同微量营养素干扰项目的单位成本
- 表 9.3 成本 - 效果和成本 - 效益计算所需要的 P 国特定数据
- 表 9.4 选定的微量营养素强化项目进行成本 - 效果和成本 - 效益估算时的关键性假定参数
- 表 10.1 营养促进项目的具体方法
- 表 11.1 关于不同相对生物利用率铁剂的选择与法规限值设定间的关系
- 表 A.1 可持续性消除碘缺乏作为公共卫生工作的监测指标
- 表 C.1 由 FAO/WHO 的营养素推荐摄入量 (RNIs) 计算平均需要量 (EARs) 的换算系数
- 表 D.1 工业化生产的主要食物消费状况
- 表 D.2 推荐用于食物强化项目未能覆盖人群使用的膳食补充剂微量营养素配方
- 表 D.3 维生素 A 的安全限值
- 表 D.4 安全限值评估量强化维生素 A 的食糖、食用油和小麦粉的成本分析
- 表 D.5 关于强化食品不同消费量所增加的维生素 A 摄入量
- 表 D.6 维生素 A 强化的产品参数
- 表 D.7 维生素 A 强化相关的法规参数
- 表 D.8 小麦粉强化的安全限值、技术限值和成本限值
- 表 D.9 强化小麦粉的营养学意义
- 表 D.10 强化小麦粉的产品和法规参数
- 表 D.11 用于一个假定国家开展精制小麦粉强化的最终配方和成本测算
- 表 D.12 推荐食物强化项目整体成本测算和年需要投入

图表列表

- 图 1.1 越南某工厂非孕期女性贫血患者食用铁强化鱼露的干预效果
- 图 1.2 摩洛哥学龄儿童双重强化盐（铁和碘）的改善效果
- 图 1.3 加拿大老年妇女食用叶酸强化面粉后的叶酸营养状况
- 图 2.1 不同强化类型覆盖面及依从性之间的内在关系
- 图 7.1 日常摄入量分布举例，其中摄入量中位值为 RNI 或 RDA（原来使用的方法）
- 图 7.2 日常摄入量分布的例子，其中只有 2.5% 的个体的摄入量低于 RNI（或 RDA）
- 图 7.3 日常摄入量分布的例子，其中有 2.5% 的个体的摄入量低于 EAR（推荐的方法）
- 图 8.1 食物强化项目的监测和评估系统
- 图 8.2 根据标准采样监测的频率和强度
- 图 9.1 微量营养素补充剂和食物强化的成本 - 效果比较
- 图 9.2 针对儿童所选择的营养干预方式的成本 - 效果比较
- 图 10.1 个人决策与对某一新型行为、观点或产品的认知成本和收益之间的关系
- 图 D.1 与大众食物强化相关的产品参数和法规参数之间的关系示意图

前 言

近年来，微量营养素营养不良问题越来越引起人们的关注，其中主要原因：微量营养素营养不良对全球性疾病的发生有一定影响，尤其是碘、铁、维生素 A 和锌的缺乏严重影响人体健康（世界健康报告，2000^①）。除临床症状外，微量营养素营养不良还会影响人体的生理代谢，降低机体对疾病的抵抗力，导致新陈代谢紊乱，影响身心健康。微量营养素营养不良已成为重要的公共卫生问题，尤其是在预防和控制一些疾病（如艾滋病、疟疾、肺结核等）和一些与日常饮食密切相关的慢性病时，微量营养素的作用更为重要。

微量营养素营养不良引起广泛关注的另一个原因：微量营养素营养不良不仅发生在贫穷国家，同时作为一个公共卫生问题也存在于一些发达国家的贫困人口中。例如，在欧洲，当铁缺乏被控制后，碘缺乏症与全球其他地区一样，成为主要的微量营养素缺乏问题。另外，在发达国家和处于政治经济转型期国家中，高热能低营养素密度食品的消费量增加，进一步影响了微量营养素的摄入。

纠正微量营养素缺乏的关键是采取的方法易于接受、价格低廉和易于执行。通过食盐加碘控制碘缺乏是近 30 年来改善公共卫生营养方面的成功案例。

预防微量营养素营养不良的最佳途径是通过平衡膳食保证充足摄入各种营养素。然而，很难通过普及营养知识和培养良好的饮食习惯来达到膳食平衡。而食物强化的两大优势是在大人群中应用，且不需要改变人们的饮食习惯。80 多年来，发达国家通过食物强化补充在食品加工过程中流失的微量营养素，尤其是补充 B 族维生素以预防维生素类缺乏性疾病。随着人们对微量营养素营养不良的严重性和危害性认识的不断深入、食品结构的变化（加工食品的快速增长）和国际食物强化的成功经验，发展中国家也开始考虑和实施食物强化项目。

随着经验的积累，食物强化作为控制微量营养素营养不良的战略手段，已被广泛认同。由于食物短缺、地理区域限制以及传染性疾病引起的新陈代谢加快等因素导致的重度微量营养素缺乏，不能完全通过食物强化来改善。而食品安全、技术问题及成本等因素制约了一些食物强化项目的发展。因此，合理的食物强化项目计划不仅需要评价对人群营养状况的潜在影响，而且可实施。

通过公共卫生状况的改善及其可持续性可以判断一个食物强化项目是否成功。可持续性受多种因素影响，如在项目计划及实施过程中涉及的政府部门、科研机构、贸易、

^① 世界卫生报告，2000。日内瓦，世界卫生组织，2000。

法律、教育水平、非政府组织、生产和销售等商业单位。食物强化项目需要发挥私营企业的作用以及动员全社会的力量。这些问题已达成共识，并应用于控制微量营养素营养不良的工作中。

本指南用于指导各国制定和实施可行的食物强化项目。近年发行的食物强化方面的高质量出版物，严谨地分析记录了最新的科学进展及试验进程，并已转化为科学的指南，应用于该领域。本指南对各个国家尤其是发展中国家食物强化项目的收益、计划、实施、监测、评估、成本效益和法规等各个方面加以指导；也为政府及相关机构制定、实施及探讨食物强化项目提供方法；同时也为科学家、技术专家及食品产业提供信息来源。本指南从营养学及公共卫生角度出发，为在控制微量营养素营养不良的人群中实施、监测及评估食物强化工作，提供可操作性指导。

本指南由4部分组成。第1部分介绍了作为控制微量营养素营养不良措施的食物强化项目的概念；第2部分总结了微量营养素缺乏的状况、原因、危害，以及控制微量营养素营养不良对公共卫生的作用，主要为公共卫生从业人员评估微量营养素营养不良程度和食物强化收益提供基础信息；第3部分介绍了应用于食物强化中微量营养素化合物的技术参数，以及特定食物载体的应用经验；第4部分论述了食物强化项目设计、实施和可持续性整个过程中的关键步骤。其中包括如何确定营养素的添加量、制定监测及评估系统、建立质量控制和质量保证体系，计算成本-效果和成本-效益等，并且进一步从策略和重要性方面论述了法律法规、国际规章协同性、交流、倡导、营销及公众教育等相关内容。

本指南的编写从2002年开始，到其出版经历了漫长的过程。在世界卫生组织（WHO）的支持下，成立了本指南专家组，任务是制定应用于食物强化项目的指南。初稿于2003年完成，是由多学科领域的专家汇集各方面知识和经验编写而成的。专家组成员来自于公共部门和企业，从事领域包括公共卫生、营养科学以及食品技术方面。其后，本指南初稿在一些国家通过营养专家和公共卫生人员进行实际测试应用，并修订成稿。

我们的目标是消除微量营养素营养不良，希望本指南能够指导各个国家制定同样的目标以增强全民素质，推动社会和经济的全面发展。

Lindsay Allen
Bruno de Benoist
Omar Dary
Richard Hurrell

序 言

目前，由于日常饮食中维生素和矿物质的摄入量不足，导致全世界超过 20 亿人处于微量营养素缺乏状况。微量营养素缺乏这一公共卫生问题之所以受到关注，是由于影响面广且严重危害健康，特别是对孕妇和婴幼儿。微量营养素缺乏还会直接影响胎儿和儿童的生长发育、智力发育以及降低对传染性疾病的抵抗力。全世界各个地区的人群都有可能受到微量营养素缺乏的不良影响，发展中国家由于资源匮乏、食品安全没有保障、家庭贫困等原因，这种影响尤为突出。导致这一现象的主要因素是贫穷、食物种类单调、缺乏健康膳食知识，以及高发的传染性疾病。微量营养素营养不良是社会经济发展的主要障碍，不但会导致不发达地区经济恶性循环，还会对贫困人群造成极大的危害，从而对人类的健康、学习能力和生产力以及公众和社会成本产生长期持续性的影响，进而降低人们的生产工作能力，导致疾病高发和身体残疾，给社会造成沉重负担。

因此，解决微量营养素营养不良问题是确保整个国民经济快速健康发展的前提条件。1992 年 10 月，在世界卫生组织（WHO）和联合国粮农组织（FAO）共同举办的国际营养大会上，159 个国家的参会者达成一致决议，签署了世界营养宣言，致力于降低碘缺乏和维生素 A 缺乏的发生率，尽可能降低其他重要微量营养素缺乏，尤其是铁缺乏的发病率。在这次会议之后，FAO 和 WHO 为达成此目标继续努力，制定了以下四个主要策略来改善人们的膳食摄入情况：结合营养教育，增加富含微量营养素的食品的生产、储存和销售；食物强化；营养素补充剂；全球公共卫生及疾病控制措施。每项策略都可以达到降低微量营养素营养不良的作用。为达到最佳效果，应将这些互补措施综合应用，从而保证全球民众均有多样、充裕、高质量的食物供给。这种为改善任一营养素缺乏症状而建立的营养策略，也适用于其他营养素的缺乏。从长远来看，预防和控制微量营养素缺乏的措施是要保证日常食物多样化，并通过教育使消费者选择富含维生素和矿物质的平衡膳食。

本指南旨在帮助各国制定和实施可行的食物强化项目，并使其成为以食物为基础来控制微量营养素缺乏的策略组成部分。在食物供应不足或膳食中不能提供足量微量营养素的地区，选择食物强化这一方法是控制微量营养素营养不良的重要手段。为确保目标人群从食物强化中受益，所选食物载体必须是营养素缺乏较严重的人群日常消费的大众食品。不同年龄段的人群有不同的饮食习惯，因此可以选择一种以上的食物载体进行营养强化。主食强化可以覆盖所有人群，包括贫困人口、孕妇、婴幼儿以及一些社会公共服务无法覆盖到的人群。此外，食物强化还可覆盖边缘性缺乏人群，如老人和膳食不平衡者。食物强化是社会广泛认同的措施：无须改变人们原有的饮食习惯，不改变食物的

固有特性，能快速推广应用，能有效改善目标人群的营养状况，食用安全，可作为微量营养素缺乏高风险人群成本 - 效果较好的营养改善途径。

然而食物强化的收益有其局限性，并且在具体实施和效果评价中存在一些困难。例如，存在营养素过量的可能性，或消费者被动接受强化食品等人权问题。在食品工业领域，食品厂商因担心强化食品的市场需求不足、消费者对产品变化的接受度等问题，而不愿生产强化食品。此外，生产强化食品，生产厂家需要增加生产设备及维修费用，增加生产原料，建立质量控制及质量保证体系，导致生产成本的增加。一些经济困难的地区可能不会选择强化食品，而弱势群体特别是 5 岁以下的儿童，不能大量食用强化食品，因此微量营养素摄入依然不足。所有这些问题均需在食物强化中充分考虑和讨论。

本指南可以为政策制定者提供有益指导，以保障营养不良及高危人群通过食物强化受益。FAO 和 WHO 在此感谢所有致力于食物强化工作的人们，并再次重申，我们的支持是为了实现政府制定的联合国千年发展目标。我们将继续与国际、国内的机构合作，把食物强化作为国家营养改善政策、计划和项目的一项重要工作，加快计划的制定，广泛、可持续地实施。

Kraisid Tontisirin

联合国粮农组织 (FAO) 营养和消费者保护部主任

Denise C. Coitinho

世界卫生组织 (WHO) 健康营养发展部主任

作者名单

Lindsay Allen

Center Director
USDA, Agricultural Research Service
Western Human Nutrition Research Center
University of California
Davis, California 95616, United States of America

Bruno de Benoist

Coordinator, Micronutrient Unit
Department of Nutrition for Health and Development
World Health Organization
CH 1201, Geneva 27, Switzerland

Omar Dary

Food fortification specialist
A2Z Outreach/The USAID Micronutrient Leadership and Support and Child
Blindness Activity
Academy for Educational Development (AED)
Washington D. C. 20009 – 5721, United States of America

Richard Hurrell

Head, Human Nutrition Laboratory
Food science and Nutrition, Human Nutrition,
ETH (Swiss Federal Institute of Technology)
CH 8092 Zurich, Switzerland

Sue Horton

Professor and Chair Division of Social Sciences
Department of Economics
Munk Center for International Studies
University of Toronto (UTSC)
Toronto, Ontario M5S 3K7, Canada

Janine Lewis

Principal Nutritionist, Nutrition and Labelling
programme
Food Standards Australia New Zealand
PO Box 7186
Canberra BC ACT 2610, Australia

Claudia Parvanta

Chair and Professor
Department of Social Sciences
University of the Sciences in Philadelphia
Philadelphia, Pennsylvania, United States of
America

Mohammed Rahmani

Département des sciences alimentaires et nutritionnelles
Institut agronomique et vétérinaire Hassan II
BP 6202 – Instituts
10101 Rabat, Morocco

Marie Ruel

Division Director
Food Consumption and Nutrition Division
International Food Policy Research Institute
Washington D. C. 20006, United States of America

Brian Thompson

Senior Officer
Nutrition and Consumer Protection Division
Food and Agriculture Organization
Via delle Terme di Caracalla
00100 Rome, Italy

译者名单

霍军生

中国疾病预防控制中心营养与食品安全所

孙静

中国疾病预防控制中心营养与食品安全所

黄建

中国疾病预防控制中心营养与食品安全所

丁昕

中国疾病预防控制中心食物强化办公室

刘鲁林

中国疾病预防控制中心食物强化办公室

于波

中国疾病预防控制中心营养与食品安全所

王波

中国疾病预防控制中心食物强化办公室

王丽娟

中国疾病预防控制中心营养与食品安全所

魏峰

黄山学院

李建文

中国疾病预防控制中心营养与食品安全所

潘兴昌

中国食品发酵工业研究院

朱海蒂

中国疾病预防控制中心食物强化办公室

方政

中国疾病预防控制中心食物强化办公室

致谢

特别感谢对本指南撰写和修订作出了巨大贡献的专家：Jack Bgriansky, Rune Blomhoff, Francois Delange, Sean Lynch, Basil Mathioudakis, Suzanne Murphy。

2003年4月，WHO在日内瓦召集的会议上，来自技术顾问团的专家就本指南所涉及的技术性结论进行审核和研讨，这些宝贵意见的提出使本指南更加清晰完善。参与这一工作的专家是：Maria Andersson, Douglas Balentine, Denise Bienz, Andre Briend, Rolf Carriere, Ines Egli, Dana Faulkner, Olivier Graeme Clugston, Michael Hambidge, Pieter Jooste, Venkatesh Mannar, Reynaldo Martorell, Penelope Nestel, Ibrahim Parvanta, Poul Petersen, Peter Ranum, Beatrice Rogers, Richard Smith, Aristide Sagbohan, Bahi Takkouche, Tessa Tan Torres, Robert Tilden, Barbara Underwood, Tina Van Den Briel, Anna Verster, Emorn Wasantwisut 和 Trudy Wijnhoven。同时感谢本次会议主持人 Irwin Rosenberg。

特别感谢 Sue Hobbs, Erin Mclean, Grace Rob 和 Afrah Shakori 为本指南花费了大量时间和心血。感谢 Victoria Menezes Miller 为本指南进行封面设计和美术编辑。

向卢森堡政府为本指南提供的资金支持表示深切的谢意。卢森堡政府也为 WHO 和 FAO 指导成员国在食物强化项目实施过程中建立正确统一的标准提供了帮助，包括组织召开多次专家会议进行探讨、技术结论审核以及最终定稿。

最后，感谢全球营养改善联盟（GAIN）对本指南出版的大力支持。

缩 写 词

AI	适宜摄入量
CDC	疾病控制中心
CHD	冠心病
DALY	伤残调整生命年
DFE	膳食叶酸当量
DRI	膳食推荐摄入量
DRV	膳食参考值
EAR	平均需要量
EDTA	乙二胺四乙酸
FAO	联合国粮农组织
FFL	可行强化水平
FNB	食物营养委员会
GAIN	全球营养改善联盟
GDP	国内生产总值
GMP	良好生产规范
HACCP	危害分析和关键控制点
ICCIDD	碘缺乏病控制国际委员会
IDD	碘缺乏疾病
IIH	碘缺乏引起的甲状腺机能亢进
ILO	国际劳工组织
INACG	国际营养性贫血咨询机构
IOM	药物研究所
IRLI	国际碘源实验室
IVACG	国际维生素 A 咨询机构
IZiNCG	国际锌营养咨询机构
LmL	法定最低水平
LQAS	批次产品质量保障抽样
mFL	最低强化水平
MI	微量营养素启动机构
MMR	孕产妇死亡率
MNM	微量营养素营养不良
MTL	最大可耐受水平
MW	分子质量
NGO	非政府组织
NRV	营养素参考值
PAHO	泛美健康组织

续表

PAR	人群归因危险度
PEM	蛋白质能量营养不良症
QA	质量保证
QC	质量控制
RBV	相对生物利用率
RDA	每日膳食营养素供给量
RE	视黄醇当量
RNI	营养素推荐摄入量
RR	相对风险
SUSTAIN	美国营养改善技术援助机构
TBT	贸易壁垒
UNICEF	联合国儿童基金会
UL	可耐受最高摄入量
USI	全民（普遍）食盐加碘
VAD	维生素 A 缺乏
WFP	世界粮食计划署
WHO	世界卫生组织

术 语

The average intake (AI)

适宜摄入量

通过观察或实验获得的健康人群某种营养素的适宜摄入量。

Cost limit

成本限值

由食物强化导致的可接受增长价格相应的微量营养素添加水平。

A dietary recommended intake (DRI)

膳食营养素推荐摄入量

量化的营养素摄入水平，用于评估和规划健康人群膳食营养素摄入水平的参考摄入量，其包括 AIs、EARs、RDAs 和 ULs。

Effectiveness

不控制条件的干预效果

强化食品在实际营养干预中的效果，与控制条件的营养干预效果相比，其受到如强化食品低消费或未消费人群等因素的影响。

Efficacy

控制条件的干预效果

在严格控制的环境下食物强化获得的干预效果。一般指科学试验或严格监督下的干预试验的效果。

Enrichment

营养增强

食物强化的同义语，指向某食物中添加加工前存在或不存在的微量营养素。

Essential micronutrient

必需微量营养素

生命生长发育和保持健康所必需的微量营养素，作为食物组分来摄取，且机体内不能通过体内合成来满足需要。

The estimated average requirement (EAR)

平均需要量

平均（中位值）每日营养素摄入水平，可满足某性别、年龄别健康人群一半的需要。平均需要量用于制订 RDA。

Evaluation

评估

对目标人群营养干预项目实际效果进行的测评。评估的目的是为项目是否达到营养目标提供事实依据。

Feasible fortification level (FFL)

可行的强化水平

可为营养高危人群最大限度提供营养素所确定的强化量。制订该强化量需考虑成本因素和技术限制，同时对全体人群不得造成营养素过量摄入的风险。

续表

Food commodities**食物商品**

指主食、调味品和牛奶等。

Fortification**食物强化**

有意增加必需微量营养素含量如维生素和微量元素（包括极微量元素），从而提高食物营养质量，并在最小风险的前提下，使公众健康受益的方法。

Legal minimum level (LmL)**法定最低水平**

强化食品中微量营养素的最低含量，需符合国家法规和标准。此值是食物的本底值与所选择的微量营养素添加强化量之和。

Market – driven fortification**市场驱动的食物强化**

指在法规允许的范围内，食品生产商为增加销售、获得更多利润，在加工食品中添加一种或多种微量营养素。

Mass fortification**大众强化**

指在公众普遍消费的食物如谷物、调味品和牛奶中添加微量营养素。

Maximum tolerable level (MTL)**最大可耐受水平**

法规允许的强化食品中添加微量营养素的最大剂量，以使过量摄入风险降到最低。该量应低于或等同于微量营养素安全限量。

Minimum fortification level (mFL)**最低强化水平**

强化过程中在可行强化水平基础上降低3个标准偏差（或变异系数）计算出的微量营养素添加量，从而使强化量与可行强化水平一致或更低。

Monitoring**监测**

指持续收集并综合分析营养项目针对目标问题（如缺乏依从性）所进行干预的信息，并采取正确的方式使营养项目达到所承诺的目标。

Nutrition equivalence**营养等价**

通过设计使某食品与另一普通食品在外观、质地、口味和气味方面一致，并通过营养强化使其在营养素含量及生物利用率上与所替代食品相似，该食品与替代食品即为营养等价。

Nutrition reference values (NRVs)**营养素参考值**

由食品法典委员会确定，旨在用于加工食品的标签标识。该值应用于3岁及以上所有家庭成员，并基于科学知识的发展进行经常性评估。

续表

Nutrient requirement**营养素需要量**

每日摄入某营养素的最低量，该摄入量可以使个体营养水平达到一定限值，从而维持个体的充足营养水平。

Processed foods**加工食品**

通过工业处理使食物原料得以保鲜的食品。加工食品可通过混入各种不同配料进行调配组方。

A premix**营养素预混料**

微量营养素与其他配料混配制成的混合物，可加入食物载体中生产强化食品。预混料应与食物载体充分混匀并防止营养素在食物中聚集。

Quality assurance (QA)**质量保证**

指保证产品及服务达到质量标准要求的必需的计划和系统工作的实施。质量保证可表现为各质量控制环节的量化结果。

Quality control (QC)**质量控制**

通过客观及量化的指标来评定产品与其标准相符性的技术和检测方法。

Relative bioavailability**相对生物利用率**

与认为生物利用率最高的参比营养素相比的吸收率，用于营养素吸收率的量化。

Restoration**营养复原**

通过在食物中添加其自身存在的必需营养素，以补充这些营养素在加工（如磨粉）、贮藏和处理过程中不可避免的损失，使营养素含量恢复到天然食物中的水平。

Recommended dietary allowances (RDAs)**每日膳食营养素供给量**

美国食物与营养委员会在概念上将其等同于营养素推荐摄入量（RNI）。某些微量营养素的 RDA 和 RNI 可能会有略微不同的数值。

The recommended nutrient intake (RNI)**营养素推荐摄入量**

可满足不同性别、年龄别健康人群的每日营养素需要量，定为平均需要量（EAR）加上 2 个标准差。

Safety limit**安全限值**

某种微量营养素可安全添加到某种食品中的最大水平。为该种食物消费量 95% 分位的可耐受最高摄入量。制订安全限量应考虑该营养素从其他非强化食品中的摄入量和在强化食品贮藏、运输及烹饪过程中的损失量。

Targeted fortification**目标人群的食物强化**

指为特别人群设计的食物强化，如强化用于婴幼儿哺乳期的辅助食品。

续表

The technology limit

技术限值

不改变食物感官和理化品质的微量营养素的最高水平。

The tolerable upper intake level (UL)

可耐受最高摄入量

不对各性别、年龄别 97.5% 以上的健康人群构成健康危害风险的最高的每日平均摄入量。

Universal fortification

普遍强化

等同于大众强化。

Universal salt iodization (USI)

全民食盐加碘

指人及动物食用的盐全部进行碘强化。

Usual intake

日常摄入量

指某个体在一个相对较长的时间范围里的每日平均摄入量。
