

## 论著

## 食品中不同铁强化措施的安全性研究

李晓瑜<sup>1</sup> 李艳平<sup>2</sup> 王竹天<sup>2</sup> 刘秀梅<sup>2</sup>

(1. 卫生部卫生监督中心,北京 100007;2. 中国疾病预防控制中心营养与食品安全所,北京 100021)

**摘要:**目的 研究不同食品强化措施对人群铁摄入水平的影响,为食品强化标准的制修订提供参考。方法 基于风险评估基本原则,利用2002年中国居民营养与健康状况调查数据,按年龄、性别、经济发展水平等分层计算模拟实施3种不同的强化措施(强化酱油、强化面粉及酱油面粉同时强化)前后居民的铁摄入水平。结果 在全人群水平上,模拟场景下的酱油强化使各组人群中达到适宜摄入量(AI值)的人群比例增加了3%~10%,超出可耐受最高摄入量(UL)的人群比例基本没有增加。面粉强化则使达到AI值的人群比例增加了4%~22%,同时5%左右的2~10岁组人群超出UL。大城市强化前后铁摄入水平变化趋势与全人群基本相同;三类农村地区面粉强化使得2~10岁组、男性18~49岁组人群铁摄入超出UL的比例增加了近20%。结论 以铁的最大强化量(27.3 mg/100 ml)进行的模拟全民酱油铁强化,在改善人群铁缺乏状况的同时能够保证绝大多数居民的食用安全性,因此标准中的现有规定是安全的。以铁的最大强化量(4.8 mg/100 g)进行的模拟全民面粉强化,可以普遍提高居民铁摄入水平,但也使某些地区的相当部分人群的铁摄入量超过了UL,而2.6 mg/100 g的铁强化水平相对安全。建议食品强化标准的制定应充分考虑不同地区、不同人群的膳食结构和营养摄入状况。

**关键词:**食品强化;铁;可耐受最高摄入量;安全性

中图分类号:TS2 文献标识码:A 文章编号:1004-8456(2010)04-0293-07

### Study on the Safety of Different Iron Fortification Measures

LI Xiao-yu, LI Yan-ping, WANG Zhu-tian, LIU Xiu-mei

(National Center for Health Inspection and Supervision, Beijing 100007, China)

**Abstract: Objective** To study the effects of different fortification measures on the iron intake levels of people, and to provide appropriate and scientific suggestions for revising the standards for iron fortification. **Method** Based on the principle of risk assessment, the levels of iron intake were calculated before and after three simulated fortifications of iron in soy sauce, flour and both in soy sauce and flour. The data of China National Nutrition and Health Survey in 2002 were used for simulating the intake distribution of population groups on different age, sex and economic development. **Results** At the level of whole population, iron intake of 3%-10% more people reaching adequate intake (AI) and no people exceeding UL resulted from iron fortification in soybean sauce. The iron intake of 4%-22% more people reaching AI, while 5% more people in 2-10y age group exceeding UL resulted from iron fortification in flour. The trend of changing iron intake of people in large cities was similar to that of whole population. The iron intake of 20% more people of 2-10y and 18-49y (only male) groups in the rural III areas would exceed UL resulted from flour fortification. **Conclusion** The situation of iron deficiency could be improved by iron fortification in soybean sauce not more than the maximum level of 27.3 mg/100ml, while the food safety for the majority of people could be guaranteed. The iron intake of people in some areas would exceed UL although the situation of iron deficiency would be improved significantly by iron fortification in flour at the maximum level of 4.8 mg/100 g. The iron fortification in flour at the maximum level of 2.6 mg/100 g was relatively safe. It was suggested that the development of food fortification standard should be based on full consideration of dietary habits and nutritional status of different populations in different areas.

**Key words:** Food Fortification; Iron; Tolerable Upper Intake Level; Safety

收稿日期:2010-04-30

基金项目:国家科技部“十一五”食品安全关键技术项目  
(2006BAK02A05)

作者简介:李晓瑜 女 副研究员 研究方向为食品标准和卫生标准管理 E-mail:xyl74@yahoo.com

通信作者:刘秀梅 女 研究员 博士生导师 研究方向为营养与食品安全 E-mail:xmliu01@yahoo.com.cn

铁是人体必需微量元素之一,铁缺乏是发展中国家面临的主要公共营养问题之一。体内贮存铁不足可使血红蛋白合成减少而引起小细胞低色素性贫血,即缺铁性贫血。

2002年中国居民营养与健康状况调查显示,城乡居民贫血患病率虽有下降趋势,但缺铁性贫血仍

然是我国普遍存在的营养缺乏病,居民贫血患病率为20.1%,男性为15.8%,女性为23.3%<sup>[1]</sup>。国际经验表明,实施食物铁强化是解决这一公共营养问题的有效途径之一<sup>[2,3]</sup>。贵州、广西、河北等地开展的铁强化酱油项目对于纠正铁缺乏、降低贫血率、改善儿童生长发育有明显效果<sup>[4-6]</sup>。西部地区面粉强化项目也对居民铁营养状况的改善发挥了积极作用<sup>[7,8]</sup>。近年来,随着食品工业的不断发展,强化食品品种不断增多,市场上不乏各种强化铁的早餐谷物、饼干、固体饮料等食品。由于铁元素的适宜摄入量(adequate intake, AI)与可耐受最高摄入量(tolerable upper intake level, UL)之间的安全间距较窄(UL/AI=2~3.3)<sup>[9]</sup>,人们开始关注食物铁强化是否可能引起铁的过量摄入。本文利用2002年中国居民膳食调查数据,通过分析几种不同的大众食物强化措施对人群铁膳食摄入水平的可能影响,评估GB 14880《食品营养强化剂使用卫生标准》中相关规定的安全性,为标准制修订提供背景资料和参考依据。

## 1 资料与方法

### 1.1 资料来源

居民膳食调查数据:分析对象为2002年中国居民营养与健康状况调查中进行了膳食调查的23 470户居民中2岁以上人群共68 962人,涉及全国31个省、自治区、直辖市。个体食物消费量数据来自3天×24小时回顾法的膳食调查,结合3天家庭食物称重法得到的食用油和调味品摄入量数据(按照每个家庭成员日均来自除食用油和调味品以外所有食物的能量摄入量的比例分配到每个人)。

### 1.2 不同铁强化措施下的模拟场景

1.2.1 酱油铁强化 假定所有酱油均强化铁,按照GB 14880规定的上限,铁强化上限水平为27.3 mg/100 ml(以铁计)。

1.2.2 面粉铁强化 假定所有面粉均强化铁,参照GB 14880规定的“谷类及其制品”的强化上限,将铁强化水平设定为4.8 mg/100 g(以铁计)。

1.2.3 酱油面粉同时强化 假定所有酱油和面粉均分别按照上述强化水平同时铁强化。

### 1.3 分析方法

利用2002年膳食调查数据结合食物成分表数据库<sup>[10,11]</sup>中铁含量计算未强化状况下所有个体铁膳食摄入量。然后,根据上述假定条件分别替换食物成分表数据库中相应食物的铁含量,计算不同强化措施下所有个体铁膳食摄入量。

将不同铁强化措施下各类人群铁膳食摄入水平

分布与未强化前进行比较,根据达到AI值及超过UL值的人数增加比例对标准中相应规定进行评估。

### 1.4 数据处理

使用SAS 8.2统计软件进行数据计算分析。按照年龄、性别及经济发展水平分层获得各层人群铁摄入的第5、第25、第50、第75、第90和第95百分位数。

### 1.5 中国居民膳食铁参考摄入量

各年龄组铁的AI值和UL值采用中国营养学会制定的营养素参考摄入量,见表1<sup>[9]</sup>。

表1 不同年龄、性别人群铁的AI值及UL值

年龄(岁)	AI(mg)	UL(mg)
1~	12	30
4~	12	30
7~	12	30
11~	男16 女18	50
14~	男20 女25	50
18~	男15 女20	50
50~	15	50

## 2 结果

### 2.1 不同年龄、性别组人群的铁膳食摄入水平

参照中国营养学会的年龄段划分进行分组。鉴于1岁~、4岁~及7岁~组人群铁的AI和UL相同,且2002年膳食调查未包括2岁以下婴幼儿,故将其合并为2~10岁组。11~13、14~17、18~49岁组男女AI值不同,故分性别统计分析。各组人群在强化前后铁的摄入水平分布见图1。

从图1可以看出,未实施铁强化前,除男性18~49岁组外其余各组人群均存在相当程度的铁摄入不足的风险,尤其女性11~13、14~17和18~49岁组,分别约有51%、78%和47%的个体未达到AI值,其中女性14~17岁组的P50仅为相应AI值的77%。其次为男性14~17岁组,约有41%的个体膳食铁摄入未达到AI值。2~10岁组人群亦有34%的个体膳食铁摄入未达到AI值。各组超过UL的人群比例均小于5%(即P95<UL)。

在实施不同的模拟强化措施后,各组人群的铁摄入水平曲线均右移,面粉强化的曲线右移幅度大于酱油强化。

酱油强化使各组人群中达到AI值的人群比例有所增加,增幅为3%~10%,其中男性14~17岁组的增幅最大,其次为女性18~49岁组。除2~10岁组外,其余各组人群超过UL的比例均未增加。即使在2~10岁组,达到AI值的人群比例约增加了7%,也只有不足1%的人群因酱油强化超过UL。即

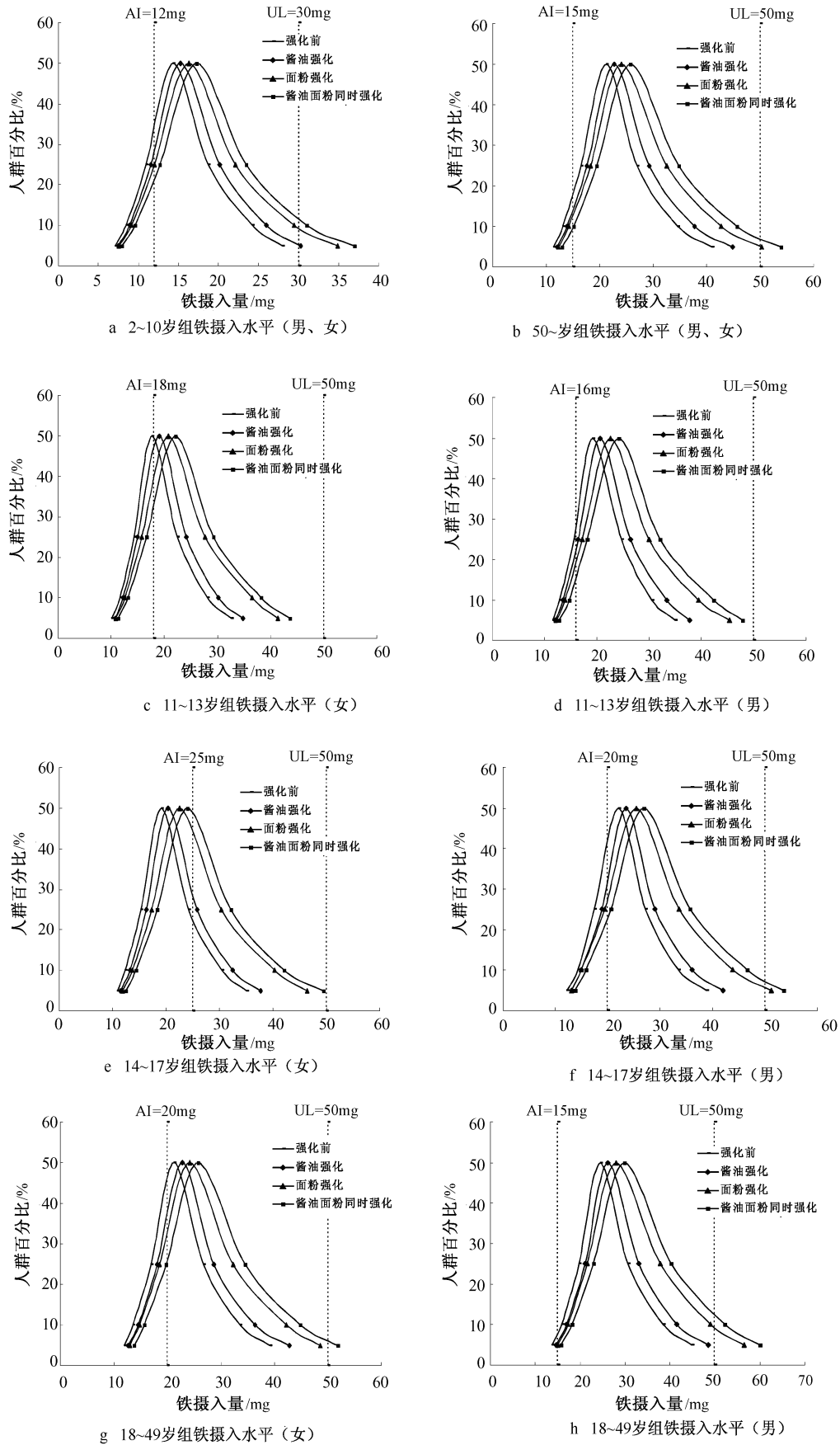


图1 不同性别、年龄组人群膳食铁摄入水平分布

使所有酱油按照 GB 14880 的强化上限强化,大部分组别人群的铁摄入水平仍显不足,例如在女性 11 ~ 13、14 ~ 17 岁组仍约有 47% 和 72% 人群未达到 AI。

面粉强化使各组人群中达到 AI 值的人群比例增加 4% ~ 22%, 其中女性 14 ~ 17 岁组增幅最大, 其次为男性 14 ~ 17 岁组和女性 18 ~ 49 岁组。与此同时, 面粉强化也使得 5% 左右的 2 ~ 10 岁组人群超过了 UL, 男性 18 ~ 49 岁组亦有 4% 左右的人群超过了 UL。

酱油和面粉同时强化可使女性 14 ~ 17 岁组达到 AI 值的人群比例约增加 26%, 同时约有 8% 的男性 18 ~ 49 岁组人群超过 UL。

## 2.2 不同经济发展水平地区人群的铁摄入水平

根据 2002 年中国居民营养与健康状况调查将全国划分为大城市、中小城市、一类农村、二类农村、三类农村、四类农村等 6 类地区。本次研究的重点是分析高摄入可能造成的健康风险, 鉴于大城市膳食铁摄入量最高, 三类农村其次<sup>[10]</sup>, 且三类农村面粉摄入量最高<sup>[11]</sup>, 因此本文选取大城市及三类农村地区分析强化前后各组别人群铁的吸收水平分布, 见图 2、图 3。

大城市: 强化前各组人群铁摄入水平分布普遍高于全人群水平, 但分布趋势基本相同, 女性 11 ~ 13、14 ~ 17 和 18 ~ 49 岁组以及男性 14 ~ 17 岁组人群的铁摄入水平明显不足, 其中女性 14 ~ 17 岁组有超过 75% 的人群未达到 AI 值。各组超过 UL 的人群比例均小于 5% (即  $P_{95} < UL$ )。在实施不同的模拟强化措施后, 各组铁摄入水平曲线均产生右移, 酱油强化与面粉强化产生的曲线右移幅度相当, 有的组别酱油强化产生的曲线右移幅度甚至稍多于面粉强化。酱油强化可使男、女性 14 ~ 17 岁组达到 AI 值的人群增加 10% 以上。2 ~ 10 岁组, 尽管有不足 2% 的人群因酱油强化超过 UL, 但同时可以使达到 AI 值的人群比例约增加 10%。酱油和面粉同时强化会造成 7% 左右的 2 ~ 10 岁组人群超过 UL, 这与全人群的分析结果基本一致。

三类农村: 强化前各组人群铁摄入水平也高于全人群水平, 铁摄入水平明显不足的人群同样是女性 11 ~ 13、14 ~ 17 和 18 ~ 49 岁组以及男性 14 ~ 17 岁组。在实施酱油、面粉强化后, 各组铁摄入水平曲线均产生右移, 面粉强化使人群铁摄入水平分布出现大幅右移, 在铁摄入明显不足人群组可有高达 10 mg 左右的增幅, 但是同时也使得 2 ~ 10 岁组和男性 18 ~ 49 岁这 2 个组别中将近 20% 的人群铁摄入超过 UL, 14 ~ 17 岁、女性 18 ~ 49 岁组以及 50 岁 ~ 等 3 个组别中也有 10% 以上的人群超过 UL。酱油

强化的效果与全人群基本一致, 使各组中达到 AI 值的人群比例增加约 1% ~ 8%, 超过 UL 的人数没有增加。

## 3 讨论

### 3.1 关于研究方法

食物强化是在某些特定食品中加入一种或者多种微量营养素, 通过提高人群中这些营养素的摄入量从而纠正或预防某种已证实的营养缺乏, 达到某种健康收益。根据 WHO 的《微量营养素食物强化指南》, 食物强化通常分为大众强化、目标强化以及商业强化。从立法管理角度也可分为强制性强化和自愿性强化<sup>[13]</sup>。大众强化往往是强制性强化, 目标强化可以强制也可以自愿, 主要取决于关注人群的营养缺乏程度。商业强化则是自愿性的, 但是通常会受到法规标准的限制。

本研究所涉及的食物载体为酱油和面粉, 属于大众强化, 所假定的模拟强化条件为强制性强化。实际上, 由于受到政策、经济、消费者接受程度等多种因素影响, 我国至少在现阶段酱油、面粉强化不大可能是强制性的, 因此评估结果会过高地估算强化后的人群的实际铁摄入量。但是作为制修订强化标准中相关规定的前期探索性研究, 本次研究为开展进一步的深入评估提供了数据基础, 研究方法设计和统计处理与加拿大、芬兰等国学者的方法也是一致的<sup>[14, 15]</sup>。

### 3.2 关于标准制修订建议

当人群中相当部分个体存在营养缺乏问题时, 大众强化由于其经济成本低廉、受益人群广泛等特点而成为较好的强化类型。鉴于我国居民贫血患病率仍然不容乐观的现状, 建议修订标准时适当增加条款鼓励大众强化的推广。

在设定强化上限时, 需要进行全面的评估测算。本次研究结果显示, 如果以 27.3 mg/100 ml 水平进行酱油铁强化, 在提高人群铁摄入水平的同时不会引起铁摄入过量问题。实际上在现有标准上限规定下, 强化酱油的铁含量水平均值在 22.5 mg/100 ml 左右<sup>[16]</sup>, 如将其作为 TFL 值 (target fortification level, 生产企业所测得的强化食品中微量营养素的平均含量), 参考 WHO《微量营养素食物强化指南》中提及的强化上限公式  $MFL (mg/kg) = TFL \times [1 + 2 \times CV (\%/100)]$ , CV 设定为 15%, 计算得到的强化上限为 29.25 mg/100 g, 同样说明现有规定是相对保守和安全的, 因此建议在标准修订时维持现有规定。

如果参照谷类及其制品的强化上限 (4.8 mg/

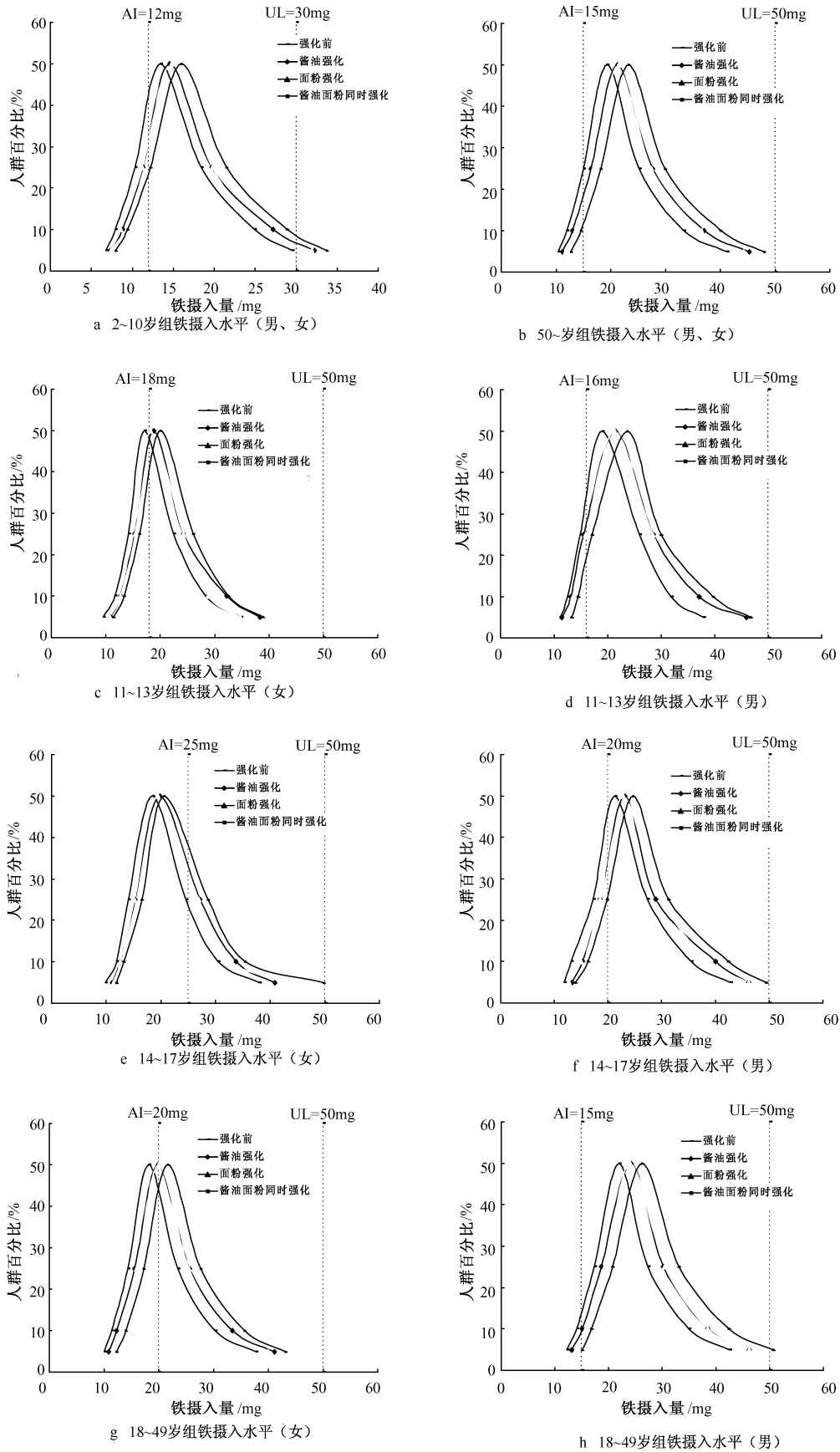


图2 大城市不同性别、年龄组人群膳食铁摄入水平分布

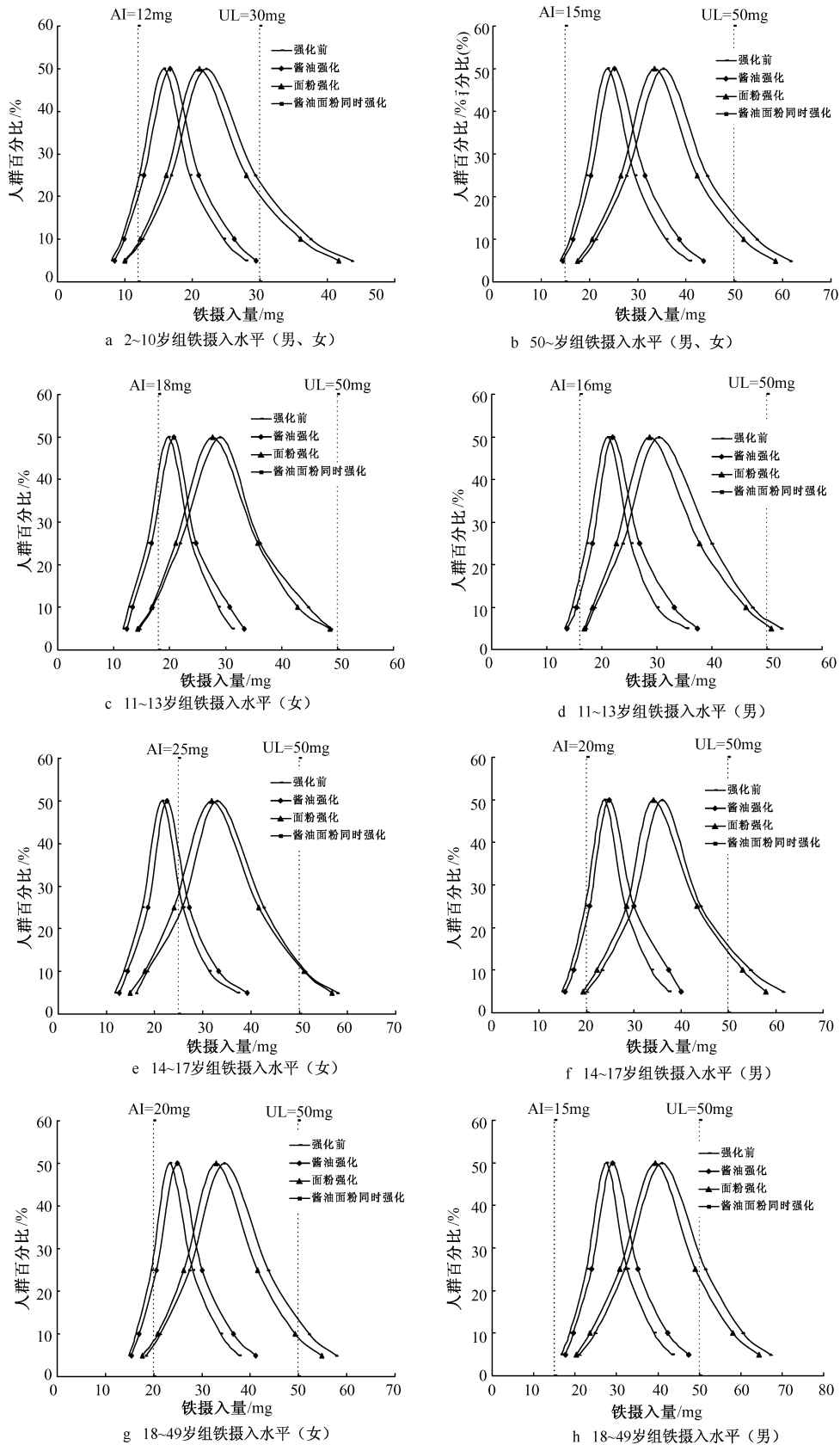


图3 三类农村不同性别、年龄组人群膳食铁摄入水平分布

100 g) 设定面粉强化上限的话, 在全人群和大城市人群不会引起健康风险, 但是可能造成三类农村地区(面粉消费量较高) 相当比例人群铁摄入过量。

而我国目前实际开展的面粉强化项目中的铁强化一般在 2 mg/100 g 水平, 如果按此水平进行全民面粉强化, 三类农村地区超过 UL 的人群比例将大大减

少,在显著提高铁摄入水平的同时,只有极小部分的2~10岁组人群铁摄入超出UL。如将其作为TFL值,计算得到的强化上限为2.6 mg/100 g。这可以作为今后修订GB 14880(谷类及其制品的强化上限为4.8 mg/100 g)的参考。

在我国普遍推广酱油和面粉铁强化后,应开展人群营养监测和专题调查,动态掌握居民食物消费状况,评估各类人群的铁摄入量,必要时做出相应调整。此外,也应注意到,在实施大众食品强化的同时,某些年龄组人群铁摄入仍存在严重不足的风险,因此应允许其他类型的食物强化,如目标强化或商业强化,给消费者提供更多的选择。

### 3.3 关于居民营养宣教

随着食品工业和国际食品贸易的发展,市场上强化食品、营养素补充剂产品日益丰富,消费者的盲目选购可能会存在一些健康风险。建议有关部门通过各种形式向消费者进行营养知识宣教,提高其科学选择食品的能力。本次研究也显示,实施大众强化也可能使得某些地区极少部分个体的铁摄入量达到或者超过UL。比如2~10岁组人群铁摄入量过量的风险较大,可以面向儿童家长开展针对性的营养宣教。与此同时,建议加快营养标签标准的贯彻实施进程,规范食品营养标签的标识,让消费者清晰地了解食品营养组分、特征和相关营养学信息,以便根据自身情况进行科学选购。

### 3.4 关于研究的不确定性

如前所述,本次研究假定强制实施酱油、面粉铁强化,高估了人群的铁摄入水平。从统计方法学来说,由于个体内变异的影响,利用3天膳食调查结果直接估计日常食物摄入量进而计算营养素摄入量通常会高估人群营养素摄入过量或不足的比例。另外,我国的膳食以植物性食物为主,铁吸收率较低,高摄入并不等同于高吸收。上述因素都会过高地估计食品强化带来的健康风险。此外,由于2002年至今尚无全国性的居民膳食状况调查数据,本次研究仍然采用2002年中国居民营养与健康状况调查中的膳食调查数据,同时,本研究中未考虑营养素补充

剂对人群铁摄入量的影响,这也使得分析结果存在一定的不确定性。

### 参考文献

- [1] 王陇德. 中国居民营养与健康状况调查报告之一 综合报告[M]. 北京:人民卫生出版社,2006:39-41.
- [2] 陈君石. 食物强化在国民营养素质改善中的作用[J]. 卫生研究,2003,32(增刊1):1-2.
- [3] 孙静,黄建,李文仙,等. 不同铁营养强化剂对贫血学生体内铁储量的影响[J]. 中国食品卫生杂志,2008,20(3):220-223.
- [4] 霍军生,孙静,苗虹. 乙二胺四乙酸铁钠强化酱油对学生贫血状况的改善[J]. 卫生研究,2001,30(5):296-298.
- [5] 方志峰,唐振柱,黄立嵘. 广西贫困地区铁强化酱油改善儿童缺铁性贫血效果研究[J]. 应用预防医学,2008(4):197-199.
- [6] 赵显峰,卢启良,汪思顺. 乙二胺四乙酸铁钠强化酱油预防儿童贫血的效果观察[J]. 卫生研究,2004,33(2):202-204.
- [7] 杨晓光,霍军生. 面粉强化的国际经验及我国面粉强化的推动[J]. 卫生研究,2003,32(增刊1):8-12.
- [8] 孙静,霍军生,李文仙,等. 营养强化面粉改善西部农村妇女营养状况研究[J]. 中国食品卫生杂志,2008,20(2):117-120.
- [9] 中国营养学会. 中国居民膳食营养素参考摄入量[M]. 2版. 北京:中国轻工业出版社,2001:131-146.
- [10] 杨月欣,王光亚,潘兴昌. 中国食物成分表[M]. 北京:北京大学医学出版社,2002.
- [11] 杨月欣. 中国食物成分表[M]. 北京:北京大学医学出版社,2004.
- [12] 翟凤英,杨晓光. 中国居民营养与健康状况调查报告之二 膳食与营养素摄入状况[M]. 北京:人民卫生出版社,2006.
- [13] WHO. Guidelines on food fortification with micronutrients [R]. World Health Organization and Agriculture Organization of United Nations, 2006.
- [14] SACCO T E, TARASUK V. Health Canada's proposed discretionary fortification policy is misaligned with the nutritional needs of Canadians[J]. J Nutr, 2009(139):1980-1986.
- [15] SUOJANEN A, RAULIO S, OVASKAINEN M L. Liberal fortification of foods; the risks. A study relating to Finland[J]. J Epidemiol Community Health,2002(56):259-264.
- [16] 黄建,李文仙,孙静,等. 我国酿造酱油产品铁含量状况分析[J]. 中国酿造,2009(4):137-139.