

## 风险评估

## 典型膳食来源亚硝酸钠暴露对我国人群健康风险的研究

马宁,梁江,曹佩,高芃,徐海滨

(国家食品安全风险评估中心 卫生部食品安全风险评估重点实验室,北京 100022)

**摘要:**目的 评估中国居民膳食因素亚硝酸钠摄入量及对健康影响的潜在风险,为食品安全风险管理提供科学依据。方法 应用典型食品(酱类、肉制品和腌菜)中亚硝酸钠含量的实际监测结果和我国居民对含亚硝酸钠食品实际的膳食消费量数据,采用简单分布模型方法,对我国居民全人群的膳食亚硝酸钠摄入量进行估计,并与国际组织 JECFA 制定的亚硝酸钠每日允许摄入量(ADI)进行比较。结果 全人群的亚硝酸钠平均摄入量为 0.021 mg/kg BW/day,占 ADI 的 30.0%,而高暴露人群(亚硝酸钠摄入量的 P97.5)的亚硝酸钠摄入量为 0.150 mg/kg BW/day,是 ADI 的 2.1 倍;各性别-年龄组人群的膳食亚硝酸钠平均摄入量均未超过 ADI,但就各组高暴露人群而言,亚硝酸钠摄入量范围为 0.124 8~0.275 0 mg/kg BW/day,是 ADI 的 1.8~3.9 倍;酱/咸菜是我国居民膳食亚硝酸钠摄入的主要来源,占总摄入量的 61.9%。结论 我国全人群平均膳食亚硝酸钠摄入量处于安全水平,但高暴露人群摄入的亚硝酸钠具有较高的健康风险,需予以重点关注;调整饮食习惯和行为,改进食品加工工艺,最大限度地减少外源性亚硝酸盐的添加和内源性亚硝酸钠的产生是降低我国居民膳食亚硝酸钠摄入的有效手段。

**关键词:**亚硝酸钠;膳食摄入量;风险评估

中图分类号:TS201.6;R155 文献标识码:A 文章编号:1004-8456(2013)03-0275-04

**Study of risk assessment for typical dietary exposure to sodium nitrite in Chinese population**

Ma Ning, Liang Jiang, Cao Pei, Gao Peng, Xu Haibin

(Key Laboratory of Food Safety Risk Assessment of Ministry of Health, China National Center for Food Safety Risk Assessment, Beijing 100022, China)

**Abstract: Objective** To assess the potential risk of dietary exposure to sodium nitrite in Chinese population and provide scientific basis for food safety risk management. **Methods** Food consumption data combined with concentration of sodium nitrite in foods were employed for exposure assessment. The amount of sodium nitrite intake obtained in the present study was compared with the acceptable daily intake (ADI) established by the Joint FAO/WHO Expert Committee on Food Additives. **Results** The average estimates of sodium nitrite dietary exposure of whole Chinese population was 0.021 mg/kg BW/day (accounted for 30.0% of ADI), while high dietary exposures (e.g. 97.5 th percentile) was 0.150 mg/kg BW/day exceeding the ADI by 2.1 times. The average estimates of dietary exposure of various gender-age groups didn't exceed the ADI, while high dietary exposures were 0.124 8–0.275 0 mg/kg BW/day exceeding the ADI by 1.8–3.9 times. Salted vegetables and pickles were the main source of dietary sodium nitrite exposure (61.9% of the total intake). **Conclusion** The sodium nitrite dietary exposure of whole Chinese population was below the ADI. Sodium nitrite-containing food could be a risk for high consumption population (97.5 th percentile). Changing dietary pattern and improving the food processing were important measures to reduce the sodium nitrite dietary exposure to in China.

**Key words:** Sodium nitrite; dietary exposure; risk assessment

在食品加工中特别是熟肉制品加工过程中,适当地加入亚硝酸钠,可使肉制品具有较好的色、香和独特的风味,并可抑制毒梭菌的生长及其毒素的产生;因此,很多国家允许将其作为发色剂、抗氧化

剂、防腐剂而加入到肉制品中。GB 2760—2011《食品添加剂使用标准》规定,亚硝酸钠可作为护色剂和防腐剂用于腌腊肉制品类(如咸肉、腊肉、板鸭、中式火腿、腊肠),酱卤肉制品类,熏、烧、烤肉类,油炸肉类,西式火腿(熏烤、烟熏、蒸煮火腿)类,肉灌肠类,发酵肉制品类及肉罐头类,最大使用量不得超过 0.15 g/kg<sup>[1]</sup>。此外,水、肉、蔬菜、水果等,都不可避免地含有硝酸盐和亚硝酸盐,许多蔬菜都能从土壤中富集硝酸盐,如大白菜、芹菜、韭菜、萝卜和菠菜等,在适宜的条件下,蔬菜中的硝酸盐会在

收稿日期:2013-02-29

作者简介:马宁 男 助理研究员 研究方向为食品安全

E-mail:ma\_ning34@yahoo.com.cn

通信作者:徐海滨 男 研究员 研究方向为食品安全

E-mail:hbxu1231602@cfsa.net.cn

硝酸盐还原菌的作用下还原成亚硝酸盐<sup>[2]</sup>。

亚硝酸钠可使血液的载氧能力下降,从而导致高铁血红蛋白症。另一方面,亚硝酸盐可与次级胺(仲胺、叔胺、酰胺及氨基酸)结合形成亚硝胺从而诱发消化系统癌变<sup>[3]</sup>。联合国粮农组织/世界卫生组织食品添加剂联合专家委员会(JECFA)将亚硝酸钠的每日允许摄入量(ADI)制定为0.07 mg/kg BW/day<sup>[4]</sup>。本研究利用我国现有的食物消费量数据及食品中亚硝酸钠含量监测数据,对我国一般人群的亚硝酸钠摄入量进行估计,并根据JECFA制定的ADI,对其潜在的健康风险进行评估,初步了解我国居民膳食亚硝酸钠的摄入水平和可能存在的健康风险,为今后我国亚硝酸钠的风险管理提供科学依据。

## 1 材料和方法

### 1.1 目标人群

本评估主要针对我国2岁以上人群。根据人群能量摄入量以及消费模式,将人群分为以下6个性别年龄组:2~6岁(不分性别)、7~12岁(不分性别)、13~17岁(男、女)、18岁以上(男、女)。

### 1.2 数据来源

本次评估用消费量数据来自2002年中国居民营养与健康状况调查结果。选择亚硝酸盐含量比较高的典型膳食(酱制品、熟肉制品和腌/咸菜)作为全人群亚硝酸钠的主要暴露来源,酱制品包括黄豆酱、蚕豆酱、面酱、辣椒酱、豆豉等;熟肉制品包括酱、卤肉类,熏、烧、烤肉类,油炸肉类,西式火腿,腊肉等;腌/咸菜包括榨菜、腌菜、八宝菜、宝塔菜、酱大头菜、酱黄瓜、酱萝卜、酱茼蒿、萝卜干、梅干菜、什锦菜等。上述食品含量数据分别来自我国27个省(自治区、直辖市),共计监测样本4660份,所检测的样品均为当地市场销售的食品,代表了当地居民实际消费的该类食品品种,因此结果具有较好的代表性。

### 1.3 膳食亚硝酸钠摄入量计算方法

本次评估以2002年全国营养与健康状况调查中被调查个体的实际食物消费量和体重数据为基础,结合酱类、肉制品和腌/咸菜等典型食品中亚硝酸钠的含量均值,采用简单分布模型的方法,计算每个个体每周每公斤体重亚硝酸钠的摄入量,计算公式为:

$$Exp = \sum_{i=1}^n \frac{(F_i \times C_i)}{W}$$

其中:Exp为某个体每天每公斤体重亚硝酸钠的摄入量,单位为mg/kg BW;

$F_i$ 为某个体第*i*种食物的消费量,单位为g/d;

$C_i$ 为第*i*种食物亚硝酸钠的平均含量,单位为mg/kg。

W为某个体的体重,单位为kg。

在得到个体通过上述各种食物摄入亚硝酸钠量的基础上,最终可获得全部被调查者亚硝酸钠摄入量的频数分布,并可计算全人群亚硝酸钠摄入量的平均值和摄入量的第97.5(P97.5)百分位数值。

## 2 结果

### 2.1 我国全人群膳食亚硝酸钠摄入量

根据所监测3类食品中亚硝酸钠的平均含量和相应食品的个体消费量进行我国全人群的膳食亚硝酸钠摄入量估计(表1)。结果显示,我国全人群通过上述主要含亚硝酸钠食品的亚硝酸钠平均摄入量为0.02 mg/kg BW/day(占ADI的28.6%),尚未超过ADI(0.07 mg/kg BW/day),但高暴露人群(摄入量的P97.5)通过各种食品摄入的亚硝酸钠为0.15 mg/kg BW/day,是ADI的2.1倍。进一步评估结果显示,我国腌/咸菜高暴露(P97.5,下同)人群的亚硝酸钠摄入量为0.114 mg/kg BW/day,是ADI的1.63倍;肉制品高暴露人群的亚硝酸钠摄入量为0.079 mg/kg BW/day,是ADI的1.13倍;酱制品即使是高暴露人群亚硝酸钠的摄入量也未超过ADI。

表1 我国全人群膳食亚硝酸钠摄入量(mg/kg BW/day)

Table 1 Dietary exposure to sodium nitrite in whole

食品	Chinese population			
	均数	占ADI百分比 (%)	P97.5	占ADI百分比 (%)
酱制品	0.001	1.4	0.008	11.4
熟肉制品	0.007	10.0	0.079	112.9
腌/咸菜	0.013	18.6	0.114	162.9
合计	0.021	30.0	0.150	214.3

### 2.2 不同性别-年龄组人群膳食亚硝酸钠摄入量及分布

采用各种食品中亚硝酸钠平均含量和相应食品的个体消费量数据,进行我国不同性别-年龄组人群的膳食亚硝酸钠摄入量估计。结果显示,各性别-年龄组人群的膳食亚硝酸钠平均摄入量总体呈现出随年龄降低而增加的趋势,但均未超过ADI,平均摄入量范围为每天每公斤体重0.0174~0.0373 mg,占ADI的24.9%~53.3%。

各性别-年龄组人群中高高暴露人群(P97.5)的亚硝酸钠摄入量范围为每天每公斤体重0.1248~0.2750 mg,是ADI的1.8~3.9倍。

我国全人群膳食亚硝酸钠摄入量超过ADI的

比例为 8.8%,各性别-年龄组人群膳食亚硝酸钠摄入量超过 ADI 的比例范围为 7.3%~14.4%,其中以 7~12 岁年龄组超 ADI 比例最高,18 岁以上男性超 ADI 比例最低。具体结果详见表 2。

表 2 我国各性别-年龄组人群膳食亚硝酸钠摄入量

Table 2 Dietary exposure to sodium nitrite by sex-age

人群分组	population groups of china		超 ADI 的比例 (%)
	亚硝酸钠摄入量(mg/kg BW/day)	P97.5	
	平均值		
2~6 岁	0.037	0.275	9.4
7~12 岁	0.030	0.232	14.4
13~17 岁,男	0.021	0.158	9.2
13~17 岁,女	0.022	0.161	9.9
≥18 岁,男	0.017	0.125	7.3
≥18 岁,女	0.018	0.131	7.6
全人群	0.021	0.150	8.8

### 2.3 各类食品对我国居民膳食亚硝酸钠摄入量的贡献率

本次评估中所监测的各类食品对我国全人群膳食亚硝酸钠摄入的贡献率见图 1。由图可见,导致我国人群膳食亚硝酸钠暴露的主要食品为腌/咸菜和肉制品,分别占总暴露水平的 61.9% 和 33.3%,而通过酱制品摄入的亚硝酸钠仅占总摄入量的 4.8%。

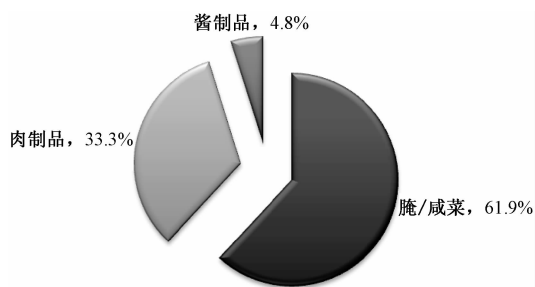


图 1 各类食品对我国居民膳食亚硝酸钠摄入的贡献率

Figure 1 Contribution of foods to dietary exposure to sodium nitrite

### 3 讨论

人体摄入亚硝酸钠的水平在安全范围内不会给健康造成危害。JECFA 将亚硝酸钠的每日允许摄入量(ADI)制定为 0.07 mg/kg BW,即个体一生中每日经食物或饮用水摄入的亚硝酸钠不超过 0.07 mg/kg BW,则不会对人体健康造成可觉察风险<sup>[4]</sup>。为了了解我国居民膳食亚硝酸钠摄入水平及是否会对我国居民健康造成风险,进行了本次研究。

国际上对食品添加剂的风险评估一般遵循分层评估的原则,首先进行筛选性评估,然后进行理论评估,最后采用实际含量和实际的膳食消费量数据进行确定性评估<sup>[5]</sup>。本研究在前期筛选评估和理论评估研究的基础上,应用典型食品中亚硝酸钠

的实际含量监测结果和我国居民对该类典型食品实际的膳食消费量数据进行确定性评估,可以真实反映我国人群的主要亚硝酸钠暴露水平。本次评估结果显示,我国人群亚硝酸钠的平均暴露水平较低,不存在风险,但是对于一些喜爱进食亚硝酸钠含量高的食品的人群来说其健康风险较高。腌/咸菜是我国人群亚硝酸钠摄入的主要食品,提示通过改进腌/咸菜加工工艺,减少内源性亚硝酸钠的产生,以及通过宣教减少腌菜和咸菜的消费,可以有效地降低膳食亚硝酸钠的摄入。本次评估中,各性别-年龄组人群的膳食亚硝酸钠平均摄入量总体呈随年龄降低而增加的趋势,这是由于随着年龄降低体重逐渐下降所致,并非由于儿童对于上述典型食品消费量较大所致。

本次研究所用监测数据显示,腌/咸菜制品、熟肉制品和酱制品均存在一定数量的亚硝酸钠超标样本,如果假设严格执行亚硝酸盐限量标准,上述三类食品中的亚硝酸盐含量均合格,那么我国人群通过这三类典型膳食来源的亚硝酸钠平均摄入量,将由目前的每天每公斤体重 0.021 mg(占 ADI 的 30%)降低至 0.002 mg(占 ADI 的 2.9%);高暴露人群的亚硝酸盐摄入量也将由每天每公斤体重 0.150 mg(占 ADI 的 214.3%)降低至 0.012 mg(占 ADI 的 17.1%)。这表明,通过严格执行我国现行食品中亚硝酸钠限量标准,可有效降低我国居民膳食亚硝酸钠摄入风险。亚硝酸钠不可避免地存在于人类日常膳食中,建议管理部门和业界通过严格执行限量标准,改进食品加工工艺,最大限度地减少外源性亚硝酸钠的添加。高暴露人群要及时调整饮食习惯,保持饮食均衡,减少高亚硝酸钠膳食的摄入(如隔夜的剩饭菜以及咸鱼、咸蛋、咸菜、肉制品等)。

本次评估存在一定的不确定性,主要考虑亚硝酸钠含量高的典型食品,未考虑蔬菜、水果等食品中天然存在的亚硝酸钠,以及一些人群食用隔夜剩饭菜所产生的风险。此外,本次评估所使用的消费量数据来自 2002 年全国营养与健康状况调查,而近年来我国居民饮食结构和饮食习惯发生较大变化。因此,在应用本研究的结果时必须考虑到这些不确定因素可能带来的影响。今后,还需补充水、蔬菜、水果等食品中的亚硝酸钠含量数据,更新消费量数据,进一步完善我国居民膳食亚硝酸钠的摄入风险评估。

### 参考文献

- [1] 中华人民共和国卫生部. GB 2760—2011 食品安全国家标准食品添加剂使用标准[S]. 北京:中国标准出版社,2011.

- [ 2 ] Corre W J, Breimer T. Nitrate and nitrite in vegetable [ M ]. Wageningen: Center for Agricultural Publishing and documentation, 1979: 85-86.
- [ 3 ] Gangolli S D, Brandt P A, Feron V J, et al. Nitrates, nitrites and nitroso compounds [ J ]. Environmental Toxicology and Pharmacology, 1994 ( 292 ) : 1-38.
- [ 4 ] JECFA. Nitrate and nitrite; report of food additives series 50 [ R ]. ( 2012-09-20 ) [ 2013-01-02 ]. <http://www.inchem.org/documents/jecfa/jecmono/v50je07.htm>.
- [ 5 ] IPCS. 食品中化学物风险评估原则和方法 [ M ] // 刘兆平, 李凤琴, 贾旭东, 译. 北京: 人民卫生出版社, 2012: 198-204.

## · 热点问题 ·

# 关于包装饮用水标准的有关问题

《食品安全法》规定食品生产经营用水应当符合国家规定的生活饮用水卫生标准。目前,我国包装饮用水按照食品管理。其相关标准规定,企业生产经营包装饮用水应当确保原料用水符合生活饮用水卫生标准,产品符合相应包装饮用水国家标准。因此,瓶装水产品标准无需再重复规定原料用水安全要求(即生活饮用水卫生标准)相关指标。国家食品安全风险评估中心对包装饮用水相关标准进行了梳理,现将有关情况简介如下:

### 一、我国饮用水的管理

饮用水包括生活饮用水和包装饮用水。生活饮用水指供居民生活的饮水和生活用水,应符合 GB5749《生活饮用水卫生标准》规定。《食品安全法》规定,食品生产经营用水应符合生活饮用水卫生标准。

包装饮用水指采用瓶、桶包装的饮用水,目前按食品管理。GB10789《饮料通则》对包装饮用水做了分类,根据水的来源、加工方式等特点,分为饮用天然矿泉水、饮用纯净水、饮用天然泉水、其他天然饮用水、饮用矿物质水、其他包装饮用水共6类。由于包装饮用水加工、运输、储存与生活饮用水不同,因此包装饮用水的执行标准不同于《生活饮用水卫生标准》。

### 二、包装饮用水标准

我国目前存在食品质量标准与食品卫生(安全)标准并存的局面。我国包装饮用水标准都是在《食品安全法》颁布实施前制定的,涉及国家标准、地方标准,既有食品质量标准,也有食品卫生标准。

#### (一) 国家标准

国家标准有4项,分别是:

GB8537《饮用天然矿泉水》,规定了饮用天然矿泉水的质量和卫生要求;

GB17323《瓶装饮用纯净水》规定了瓶装饮用纯净水的质量要求;

GB17324《瓶(桶)装饮用纯净水卫生标准》规定了瓶(桶)装饮用纯净水的卫生要求;

GB19298《瓶(桶)装饮用水卫生标准》规定了除瓶(桶)装饮用纯净水之外的其他包装饮用水的卫生要求。

以上国家标准的卫生安全要求基本涵盖所有包装饮用水。

#### (二) 地方标准

按照相关法律规定,没有国家标准或者行业标准的,各地可以制定地方标准。各地对除天然矿泉水和饮用纯净水之外的其他包装饮用水类制定了部分地方标准。如浙江省地方标准《瓶装饮用天然水》(DB 33/383-2005)、广东省地方标准《瓶装饮用天然净水》(DB 44/116-2000)、重庆市食品安全地方标准《瓶(桶)装饮用天然泉水》(DBS 50006-2011)、广东省食品安全地方标准《饮用天然山泉水》(DBS 44/001-2011)等。