

风险评估

烟台市居民熟肉制品中亚硝酸盐膳食暴露健康风险评估

宫春波¹,王朝霞¹,董峰光¹,董桂贤¹,毛鑫²

(1. 烟台市疾病预防控制中心, 山东 烟台 264003; 2. 烟台市芝罘区疾病预防控制中心, 山东 烟台 264000)

摘要:目的 了解熟肉制品来源亚硝酸盐的暴露对烟台市居民潜在的健康风险及影响因素。方法 基于蒙特卡罗方法,拟合烟台市市售熟肉制品中亚硝酸盐含量,结合 2009 年中国健康与营养调查数据库中山东省熟肉类消费量和人口学数据,拟合计算膳食暴露风险概率。以食品添加剂联合专家委员会规定的亚硝酸盐的每日允许摄入量(ADI)0.07 mg/kg BW 为健康指导值,采用危害商(hazard quotient, HQ)进行风险特征描述。结果 烟台市市售熟肉制品中亚硝酸盐含量数值范围为未检出(ND)~130.00 mg/kg,均值为 5.48 mg/kg,概率分布为指数分布。烟台市居民 2~6、7~12、13~17、18~59、≥60 岁组熟肉制品来源亚硝酸盐的日暴露量(EDI)均值分别为 0.004 27、0.004 02、0.003 31、0.002 48、0.002 08 mg/kg BW,其 HQ 大于 1 的概率值分别为 0.80%、0.43%、0.59%、0.12%、0.02%。全人群组的 HQ 最敏感因素为熟肉制品亚硝酸盐含量,其贡献率为 91.1%,消费量/体重的贡献率为 8.9%。各人群分组的 HQ 分析显示,亚硝酸盐含量、消费量/体重因素对 HQ 的贡献率不尽相同。结论 烟台市市售熟肉制品中亚硝酸盐含量具有导致部分人群(总体约 0.05%)健康危害的风险,主要敏感因素为亚硝酸盐含量。

关键词:熟肉制品;亚硝酸盐;膳食暴露;风险评估;烟台

中图分类号:R155 文献标志码:A 文章编号:1004-8456(2018)06-0639-06

DOI:10.13590/j.cjfh.2018.06.017

Risk assessment for dietary exposure of nitrite in cooked-meat products in Yantai population

GONG Chunbo¹, WANG Zhaoxia¹, DONG Fengguang¹, DONG Guixian¹, MAO Xin²

(1. Yantai Center for Disease Control and Prevention, Shandong Yantai 264003, China;

2. Yantai Zhifu District Center for Disease Control and Prevention, Shandong Yantai 264000, China)

Abstract: **Objective** This study aimed to assess the potential risk and influence factors of the dietary exposure of nitrite to the health of Yantai residents. **Methods** The content of nitrite in cooked meat products and demographic data were filtered based on Monte Carlo, and the cooked meat products consumption of residents derived from the China Health and Nutrition Survey household food inventory of Shandong collected in 2009. The hazard quotient (HQ) was used to estimate dietary exposure that was exposure daily intake (EDI) divided by the acceptable daily intake (ADI) established by the Joint FAO/WHO Expert Committee on Food Additives. **Results** The residue content of nitrite in cooked meat products in Yantai market was between not detected (ND) to 130.00 mg/kg and the mean was 5.48 mg/kg with a Logistic distribution. The mean exposure daily intake of sodium nitrite in cooked meat products for 2-6, 7-12, 13-17, 18-59 and ≥ 60 years old groups were 0.004 27, 0.004 02, 0.003 31, 0.002 48, 0.002 08 mg/kg BW, and the possibilities of HQ higher than 1 were 0.80%, 0.43%, 0.59%, 0.12%, 0.02%, respectively. The content of nitrite in cooker meat products was the most sensitive factor for HQ value with the contribution of 91.1%, and the contribution of consumption by body weight was 8.9%. The contributions of the nitrite content and the consumption by body weight were different between each group. The content of nitrite in cooked meat products was the main sensitive factor of the dietary exposure risk. **Conclusion** The nitrite dietary exposure of cooked meat products of Yantai population could lead chronic toxicity to health for 0.05% of all residents. Not only the residue content of sodium nitrite in cooked meat products, but also the daily intake was the main influence factors of the dietary exposure risk.

Key words: Cooked meat products; nitrite; dietary exposure; risk assessment; Yantai

收稿日期:2018-10-22

基金项目:2017 年烟台市科学技术发展计划项目(2017WS118)

作者简介:宫春波 男 副主任技师 研究方向为食品安全和食品卫生检验 E-mail:gongchunbo@126.com

熟肉制品是指以鲜(冻)畜、禽产品为主要原料加工制成的产品,主要包括酱卤肉类、熏烧烤肉类、油炸肉类、肉灌肠类、发酵肉制品类、熟肉干制品以及西式火腿类产品^[1],其生产过程中,往往限量添

加亚硝酸盐(亚硝酸钠和亚硝酸钾的统称)改善产品色泽、风味,兼顾抑制肉毒梭菌和肠杆菌的增殖^[2-3]。近年来,熟肉制品的生产规模和需求比例大幅上升^[4],却也存在亚硝酸盐违规超量添加的情况。梁振山等^[5]报道熟肉制品中亚硝酸盐总体超标率为 25.5%,含量最大值为 1 500 mg/kg,是国家规定限量值的 50 倍;罗靖^[6]报道南充市 2014 年酱卤肉亚硝酸盐超标率为 34%,超标样品含量范围为 30.3 ~ 1 431.9 mg/kg。由于大剂量的亚硝酸盐能够导致细胞性疾病,而且能在体内合成亚硝胺,增加胃癌、食道癌和膀胱癌的风险^[7-8],尤其 2015 年 10 月国际癌症研究机构(IARC)也将含有亚硝酸盐的培根、火腿、香肠等加工肉制品列为“1 级致癌物”^[9],引起了社会高度关注,亚硝酸盐膳食暴露风险也成为了“热点”问题。本研究针对烟台市熟肉制品中亚硝酸盐残留开展监测,以联合国粮农组织/世界卫生组织(FAO/WHO)食品添加剂联合专家委员会(JECFA)规定的亚硝酸盐的每日允许摄入量(acceptable daily intake,ADI) 0.07 mg/kg BW 为依据^[7,10],运用 Monte Carlo 方法模拟,对烟台市居民熟肉制品来源的亚硝酸盐膳食暴露风险进行评估,以期了解熟肉制品中亚硝酸盐的风险状况,为企业生产、监管部门监督以及指导提供依据。

1 材料与方法

1.1 材料

1.1.1 熟肉制品亚硝酸盐含量数据

熟肉制品中亚硝酸盐含量数据来自于烟台市食品安全风险监测数据(2016 年 3 月—2017 年 11 月)。以烟台市市辖区内 10 个县市区(4 区 5 市 1 县)为监测点,采用随机采样的方法,分别于流通环节(农贸市场、超市)、餐饮环节(饭店、流动摊点)、生产环节(食品作坊)共采集 5 类 192 份熟肉制品,分别为肉灌肠类(31 份)、酱卤肉类(115 份)、西式火腿类(19 份)、发酵肉制品类(14 份)、熏烧烤肉类(13 份)。按照 GB 5009.33—2010《食品安全国家标准 食品中亚硝酸盐与硝酸盐的测定》^[11]中离子色谱法的操作要求检测亚硝酸盐含量,检出限(LOD)为 1.0 mg/kg。

1.1.2 人口学和熟肉制品消费量数据

人口学和熟肉制品消费量数据来源于 2009 年中国健康与营养调查数据库中山东省居民熟肉制品摄入量调查数据^[12]。1 173 人调查数据有效,年龄跨度 2 ~ 99 岁,男性 559 人,女性 614 人,男:女 = 1:1.098。人群分组则参照《中国居民膳食营养素

参考摄入量速查手册(2013 版)》^[13],结合调查数据年龄分布情况,将目标人群按照年龄分为 6 个组,2 ~ 6、7 ~ 12、13 ~ 17、18 ~ 59、≥ 60 岁组和全人群组。根据数据库中熟肉制品消费量数据,按照年龄分组拟合计算监测的熟肉制品消费分布。遵循最大保护原则^[10],调查数据中无对应熟制品的种类,按照其对应的生制品计算。例如,猪耳朵,计算其生制品消费量以替代猪耳朵(熟)的消费量;鸡爪数据替代鸡爪(熟)的数值。

1.2 方法

1.2.1 膳食暴露

膳食暴露评估模型的基本原理为膳食暴露量等于食物消费量与化学物含量的乘积,单位暴露量则为膳食暴露量除以体重^[14],熟肉制品中亚硝酸盐的日暴露量(exposure daily intake,EDI)按照公式 1 计算:

$$EDI = \frac{C \times IR}{BW} \quad (1)$$

式中:EDI 为日暴露量,mg/kg BW;C 为膳食亚硝酸盐含量,mg/kg;IR 为膳食消费量,kg/d;BW 为体重,kg。其中变量 C、IR、BW 基于 Monte Carlo 拟合计算其概率分布构建模型,用概率分布来描述模型中的参数,表示其不确定性和变异性。运用 Monte Carlo 方法进行拟合计算^[3]。

1.2.2 风险描述

采用危害商(hazard quotient,HQ)描述膳食暴露健康风险。HQ < 1,表示膳食暴露风险处在可以接受的水平,值越小风险越小;若 HQ > 1,表示膳食暴露风险不可接受,值越大风险越大^[15]。见公式 2:

$$HQ = \frac{EDI}{ADI} \quad (2)$$

式中:HQ 为危害商;EDI 为日暴露量,mg/kg BW;ADI 为每日允许摄入量,mg/kg BW,取值 0.07 mg/kg BW^[7]。

1.2.3 数据处理

未检出率 ≤ 60% 时,所有 < LOD 的结果用 1/2LOD 计算;未检出率 ≥ 60% 时,所有 < LOD 的结果用 LOD 计算^[16]。借助 Excel 软件,运用 Monte Carlo 方法 10 000 次迭代计算 EDI 及 HQ。样品中亚硝酸盐含量低于 LOD(1.0 mg/kg)时,描述为“未检出(ND)”。

2 结果与分析

2.1 熟肉制品中亚硝酸盐含量及其概率分布

监测的 5 类 192 份熟肉制品中,亚硝酸盐总体检出率为 50.52%(97/192),数值范围为 ND ~

130.00 mg/kg。运用 Monte Carlo 方法对数据进行拟合计算,监测的熟肉制品中亚硝酸盐的含量概率分布为指数分布(Logistic),含量均值为 5.48 mg/kg (见表 1)。其中,西式火腿中亚硝酸盐的检出率最高为 63.16% (12/19), 概率分布为贝塔分布

(Beta);其次为火腿肠、烤炸熏类、酱卤肉、腌腊肉, 检出率分别为 61.29% (19/31)、53.85% (7/13)、50.43% (58/115)、7.14% (1/14),残留均值范围在 1.07~6.15 mg/kg 之间,火腿肠和酱卤肉亚硝酸盐残留的概率分布类型均为指数分布(Logistic)。

表 1 熟肉制品中亚硝酸盐的残留统计值

Table 1 Statistical values of the nitrite residue in cooked-meat products						
食品类别	样品份数	检出率/%	均值/(mg/kg)	数值范围/(mg/kg)	中位数(P25,P75)/(mg/kg)	分布函数
火腿肠	31	61.29 (19/31)	5.89	ND~44.00	1.90 (0.50,5.20)	指数分布
酱卤肉	115	50.43 (58/115)	6.15	ND~130.00	0.50 (0.50,4.30)	指数分布
西式火腿	19	63.16 (12/19)	5.94	ND~26.00	1.60 (0.50,12.00)	贝塔分布
腌腊肉	14	7.14 (1/14)	1.07	ND~2.00	1.00 (1.00,1.00)	—
烤炸熏类	13	53.85 (7/13)	3.10	ND~9.57	2.12 (0.50,6.10)	—
合计	192	50.52 (97/192)	5.48	ND~130.00	0.80 (0.50,4.93)	指数分布

注:ND 为未检出;—为样品数小于 15,数据未拟合计算其分布

2.2 熟肉制品中亚硝酸盐膳食暴露量

按照公式 1,运用 Monte Carlo 方法,Excel 表格中定义 C、IR、BW 的函数分布,10 000 次迭代计算 EDI,其中熟肉制品含量分布函数按照监测结果中总体含量的分布函数进行计算,考虑 EDI 不能为负数,取最小值为 0,进行数值拟合计算。结果表明,烟台市居民中 2~6 岁组熟肉制品来源的亚硝酸盐 EDI 均值最高,为 0.004 27 mg/kg BW,95% 可信区间(95% CI)为 0.003 91~0.004 62 mg/kg BW。各人群组的 EDI 均值由大到小为 2~6 岁>7~12 岁>13~17 岁>18~59 岁>≥60 岁组,结果见表 2。各人群组的 EDI 均

值远低于 ADI(0.07 mg/kg BW),处在安全可接受水平,但各人群组 EDI 大于 ADI 的概率值不相同,全人群组的 EDI 高于 ADI 的概率为 0.05%,2~6、7~12、13~17、18~59、≥60 岁各人群组的 EDI 大于 ADI 概率分别为 0.80%、0.43%、0.59%、0.12%、0.02%,见图 1。说明儿童、少年、青少年人群熟肉制品来源亚硝酸盐的 EDI 高于 ADI 概率高于成年人和老年人群组。从 EDI 数值拟合分布考虑,各人群组的 EDI 最大值均>ADI,表明各人群组均存在熟肉制品来源亚硝酸盐风险不可接受的概率,全人群考虑其风险概率值为 0.05%。

表 2 烟台市居民各人群熟肉制品来源亚硝酸盐的日暴露量

Table 2 Exposure daily intake of nitrite in cooked-meat products for different groups to Yantai residents						
人群 分组	调查 人数	消费量/体重的均值 (95% CI)	分布函数	EDI/(mg/kg BW) (95% CI)		
				均值	中位数	P95
2~6 岁	25	0.001 65 (0.001 25~0.002 05)	最大极值分布	0.004 27 (0.003 91~0.004 62)	0.001 59 (0.001 40~0.001 75)	0.034 0 (0.033 0~0.035 5)
7~12 岁	54	0.001 43 (0.001 18~0.001 68)	最大极值分布	0.004 02 (0.003 72~0.004 31)	0.001 65 (0.001 52~0.001 80)	0.029 1 (0.028 0~0.030 4)
13~17 岁	37	0.001 04 (0.000 835~0.001 43)	贝塔分布	0.003 31 (0.003 03~0.003 60)	0.000 592 (0.000 506~0.000 688)	0.026 6 (0.025 1~0.027 9)
18~59 岁	758	0.000 896 (0.000 858~0.000 935)	贝塔分布	0.002 48 (0.002 27~0.002 68)	0.000 660 (0.000 580~0.000 750)	0.019 9 (0.018 9~0.021 3)
≥60 岁	299	0.000 720 (0.000 652~0.000 789)	最大极值分布	0.002 08 (0.001 93~0.002 23)	0.000 845 (0.000 759~0.000 935)	0.014 8 (0.014 2~0.015 5)
全人群	1 173	0.000 897 (0.000 862~0.000 932)	最大极值分布	0.002 55 (0.002 36~0.002 73)	0.001 07 (0.000 960~0.001 18)	0.018 2 (0.017 6~0.018 9)

2.3 熟肉制品中亚硝酸盐暴露的风险评估

HQ 计算结果表明(图 2),烟台市居民熟肉制品来源的亚硝酸盐膳食暴露对健康具有一定潜在风险,风险概率值存在年龄组的差异。全人群中 0.05% 的人群的 HQ>1,说明 0.05% 的人群熟肉制品来源亚硝酸盐的暴露处在不可接受的安全水平,即 0.05% 人群受到熟肉制品来源的

亚硝酸盐的致病危害风险。2~6 岁人群中,熟肉制品来源亚硝酸盐的暴露处在不可接受的安全水平概率值为 0.80%;7~12 岁人群中不可接受的安全水平概率值为 0.43%;13~17、18~59、≥60 岁人群所受的致病危害风险概率分别为 0.59%、0.12% 和 0.02%。比较各人群组 HQ>1 概率值,说明烟台市居民熟肉制品来源硝酸盐的风险

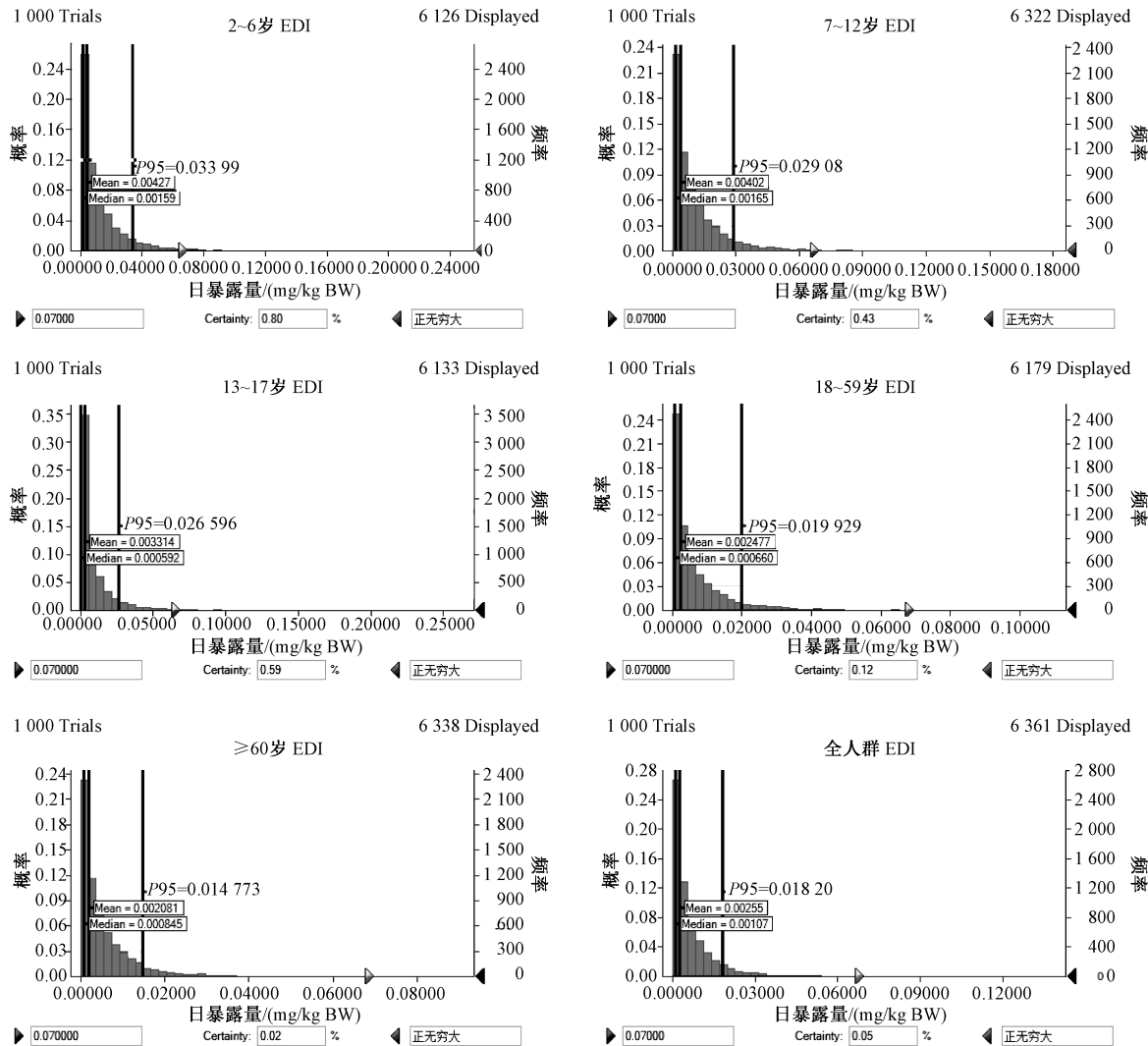


图 1 各人群组熟肉制品来源亚硝酸盐 EDI 的拟合分布

Figure 1 Fitting distribution of exposure daily intake of nitrite in cooked-meat products for different groups

概率值与年龄呈负相关,存在随着年龄递增而降低的趋势。

2.4 暴露风险因素的敏感度分析

全人群组的 HQ 中相关因素的敏感性分析结果表明(图 3),全人群考虑熟肉制品亚硝酸盐含量为最敏感性因素,其贡献率为 91.1%,消费量/体重的贡献率为 8.9%。各人群组 HQ 的亚硝酸盐含量、消费量/体重等敏感因素对 HQ 的贡献率不尽相同,亚硝酸盐含量的贡献率范围为 88.2%~92.5%,消费量/体重的贡献率范围则为 7.5%~11.8%。说明熟肉制品来源的亚硝酸盐膳食风险程度主要与亚硝酸盐含量密切关联,是主要的影响因素;消费量/体重为次要因素,贡献率为主要因素的 1/10 左右。

3 讨论

亚硝酸盐是熟肉制品生产过程中允许限量添加的必不可少的食品添加剂^[17],由于生产过程存在

违规超量添加现象,故使得熟肉制品的安全性具有潜在风险。烟台市监测的熟肉制品中亚硝酸盐总体检出率为 50.52%,低于山东临沂市 73.3% 的检出率^[18];亚硝酸盐含量均值为 5.48 mg/kg,远低于梁振山等^[5]报道的均值(54.46 mg/kg),也低于 2008 年上海市熟肉制品亚硝酸盐均值含量(80.0 mg/kg)^[10]。酱卤肉中亚硝酸盐残留量较高为 130.00 mg/kg,远低于南充市 1 431.9 mg/kg 最高检出值^[6];均值为 6.15 mg/kg,高于山东临沂市报道的残留量为 5.2 mg/kg 的结果^[18]。运用 Monte Carlo 方法计算,烟台市市售熟肉制品中亚硝酸盐的含量概率分布为指数分布(Logistic)。

鉴于熟肉制品中普遍存在亚硝酸盐,而膳食 EDI 高于 ADI(0.07 mg/kg BW)时会给健康造成危害,因此对熟肉制品来源亚硝酸盐进行膳食健康风险评估尤为重要。运用 Monte Carlo 方法,Excel 中定义 C、IR、BW 的函数分布,10 000 次迭代计算结果表明,烟台市居民各人群组熟肉制品来源亚硝酸盐

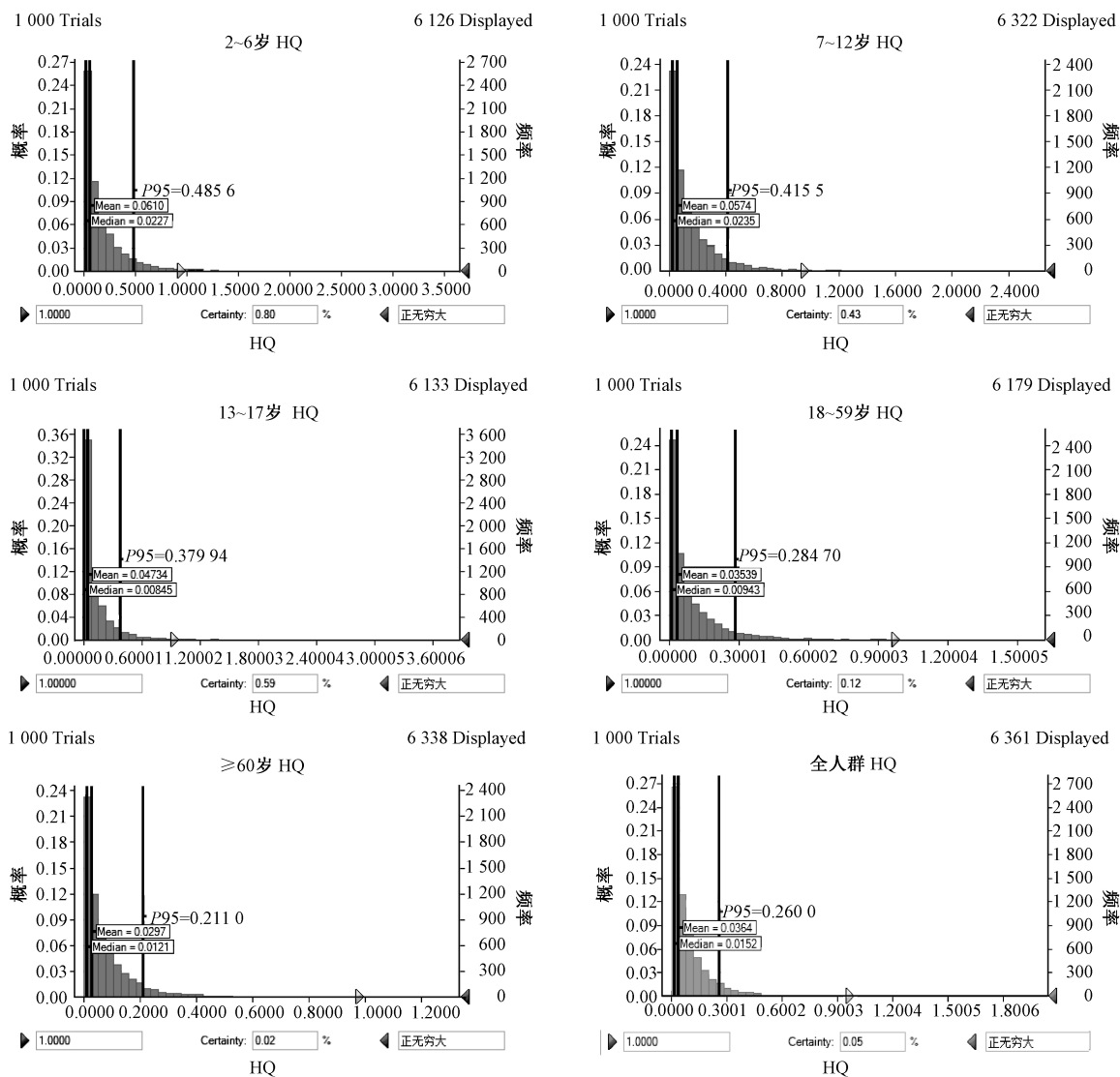


图2 各人群组熟肉制品来源亚硝酸盐风险 HQ 的拟合分布

Figure 2 Fitting distribution of hazard quotient intake of nitrite in cooked-meat products for different groups

EDI 均值范围为 0.002 08 ~ 0.004 27 mg/kg BW, 远低于熟肉制品的亚硝酸盐 ADI^[7],处在可接受安全水平。但 EDI 数值拟合分布结果表明,各人群组均存在不同亚硝酸盐风险不可接受的概率值。

HQ 结果则表明,各人群组存在不同概率值的 HQ > 1 的情况,说明人群中存在熟肉制品来源亚硝酸盐膳食暴露不可接受的风险水平,且概率值与年龄呈正相关关联,年龄越小的人群组风险概率值越高。全人群中,熟肉制品来源亚硝酸盐膳食暴露致病危害风险概率为 0.05%。2 ~ 6 岁人群组的 HQ 均值和概率值最大,其次为 7 ~ 12、13 ~ 17、18 ~ 59 和 ≥ 60 岁人群组,并且存在随着年龄递增而降低的趋势,与马宁等^[19]报道的全国典型膳食来源亚硝酸钠 > ADI 报道一致。烟台市全人群组中, HQ > 1 的概率值为 0.05%,远低于上海市居民熟肉制品中亚硝酸盐 EDI 大于 ADI 的概率值(4.82%)。

灵敏度分析结果表明熟肉制品中亚硝酸盐含

量是暴露风险值最敏感的因素,各人群组的贡献率为 88.2% ~ 92.5% 不等,尽管低于田明胜等^[10]报道的 99.1% 贡献率,却证实熟肉制品中亚硝酸盐含量对其膳食暴露风险影响最大;消费量/体重因素为次要因素,贡献率为 7.5% ~ 11.8%;因此,若考虑降低膳食来源亚硝酸盐危害,首先考虑减少或者使用同功能亚硝酸盐替代品添加剂,降低食品中亚硝酸盐含量;其次强化合理膳食科普教育,指导消费者合理膳食,控制亚硝酸盐残留食品的摄入量,以期降低其给健康造成风险的程度。

本研究涉及到熟肉制品中亚硝酸盐残留数据均为烟台市调查和监测数据,人口学和熟肉制品消费量数据则来自 2009 年全国膳食调查山东省相关熟肉制品的数据,运用 Monte Carlo 方法,开展膳食暴露风险评估,较能真实地反映其潜在风险概率值。但由于消费量非烟台市居民调查数

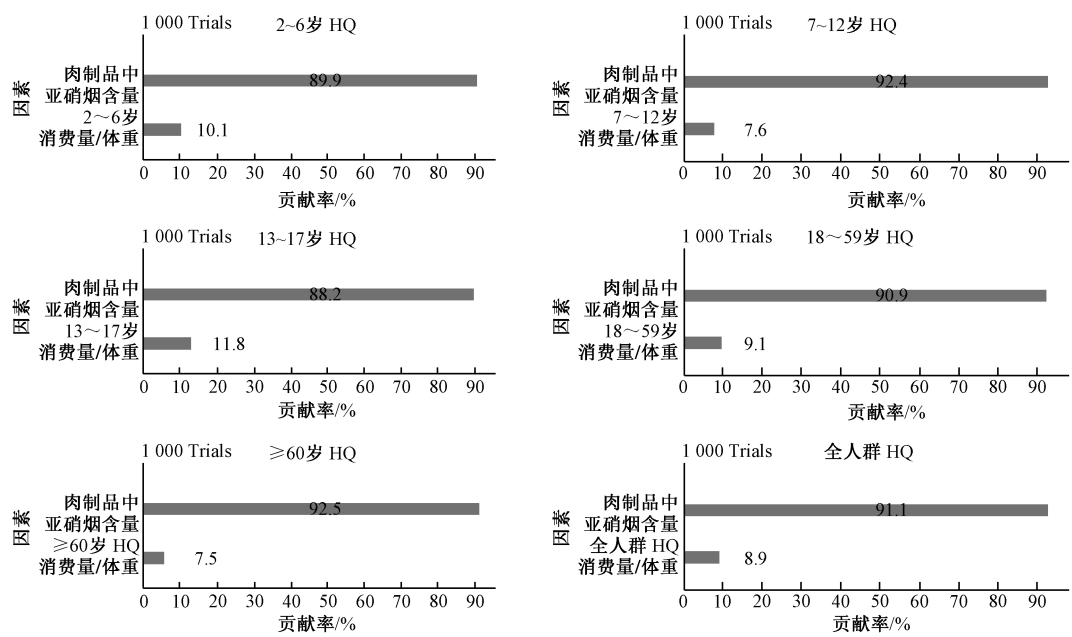


图 3 各人群组风险 HQ 敏感分析结果

Figure 3 Results of hazard quotient sensitivity analysis of different groups

据,且仅就熟肉制品中亚硝酸盐进行评估,未考虑蔬菜、饮水、水果等膳食存在的风险,导致结果具有不确定性,故应该开展地域性人口数据以及膳食消费量调查、食品安全风险监测,全面进行亚硝酸盐膳食暴露风险评估,指导企业生产和政府监督管理。

参考文献

[1] 中华人民共和国国家卫生和计划生育委员会,国家食品药品监督管理总局. 食品安全国家标准 熟肉制品:GB 2726—2016 [S]. 北京:中国标准出版社,2016.

[2] SAFA H, PORTANGUEN S, MIRADE P S. Reducing the levels of sodium, saturated animal fat, and nitrite in dry-cured pork meat products: a major challenge [J]. Food & Nutrition Sciences, 2017, 8(4):419-443.

[3] 周艳明,韩晓鸥. 亚硝酸盐在熟肉制品中的安全性评价[J]. 食品科学, 2008, 29(7):101-105.

[4] 张胜军. 中式肉制熟食区域品牌的全国化之殇[J]. 农产品加工, 2014(1):60-61.

[5] 梁振山,张书芳,张丁,等. 熟肉制品中亚硝酸盐含量调查[J]. 中国食品卫生杂志, 2012, 24(4):363-366.

[6] 罗靖. 2014 年南充熟肉制品亚硝酸盐检测结果分析[J]. 预防医学情报杂志, 2017, 33(5):505-506.

[7] MORTENSEN A, AGUILAR F, CREBELL R, et al. Reevaluation of potassium nitrite (E249) and sodium nitrite (E250) as food additives [J]. EFSA Journal, 2017, 15(6):4786

[8] LEE J H, ALFORD L D, KANNAN G, et al. Curing properties of sodium nitrite in restructured goat meat (chevon) jerky[J]. International Journal of Food Properties, 2016, 20(3):526-537.

[9] 赵思俊,李雪莲,孙晓亮,等. N-亚硝基化合物的危害及其检测方法——由 WHO 将“火腿等食品列入致癌物”谈起 [J]. 中国动物检疫,2016,33(1):52-56.

[10] 田明胜,顾立波,袁巍,等. 市售熟肉制品中亚硝酸盐残留的监测和暴露评估 [J]. 现代预防医学, 2013, 40(6):1154-1156.

[11] 中华人民共和国卫生部. 食品安全国家标准 食品中亚硝酸盐与硝酸盐的测定: GB 5009.33—2010 [S]. 北京:中国标准出版社,2010.

[12] China Health and Nutrition Survey. Survey data-longitudinal [EB/OL]. (2018-01-01) [2018-10-01]. http://www.cpc.unc.edu/projects/china/data/datasets/data_downloads/longitudinal.

[13] 中国营养学会. 中国居民膳食营养素参考摄入量速查手册 (2013 版) [M]. 北京:中国标准出版社,2014:24.

[14] 刘沛,吴永宁. 构建中国膳食暴露评估模型提升我国食品安全风险评估水平 [J]. 中国预防医学杂志, 2010, 44(3):181-183.

[15] 李国银,张福金,吴凯龙,等. 呼和浩特市生活饮用水中亚硝酸盐的危害风险评估 [J]. 水资源保护, 2015, 31(2):55-58.

[16] 王绪卿,吴永宁,陈君石. 食品污染监测低水平数据处理问题 [J]. 中华预防医学杂志,2002, 36(4):278-279.

[17] 韩相臣,张军,杨光照. 熟肉制品中亚硝酸盐风险评估定量暴露评估模型的建立 [J]. 中国卫生监督杂志, 2011, 18(3):245-249.

[18] 李玲,李具鹏,巴瑞祥. 临沂市售熟肉制品亚硝酸盐残留及微生物污染状况的调查 [J]. 中国调味品, 2017, 42(12):162-165.

[19] 马宁,梁江,曹佩,等. 典型膳食来源亚硝酸钠暴露对我国人群健康风险的研究 [J]. 中国食品卫生杂志, 2013, 25(3):275-278.