

风险评估

济南市售谷物及其制品中脱氧雪腐镰刀菌烯醇膳食暴露评估

杨晓倩,曹小丽,刘岚铮,郑敏,吕荣春
(济南市疾病预防控制中心,山东 济南 250021)

摘要:目的 评估济南市居民经谷物及其制品摄入脱氧雪腐镰刀菌烯醇(DON)及其衍生物的暴露水平及健康风险。方法 2022年采集济南市售谷物及其制品204份,采用点评估法和概率评估法评估济南市各年龄性别组人群DON成组膳食暴露的急性及慢性毒性风险。结果 点评估结果显示,在DON及其衍生物的最高污染水平下,济南市居民均无急性毒性暴露风险,但约10%的高污染水平谷物及其制品会对健康造成慢性毒性风险。概率评估结果显示,DON成组暴露量中位值水平为0.096~0.228 $\mu\text{g}/(\text{kg}\cdot\text{BW}\cdot\text{d})$,有3.11%~10.74%的人群暴露量高于暂定最大每日可耐受摄入量,高危人群主要是低年龄组人群。小麦粉及其制品中的DON污染为膳食暴露的主要风险因素,贡献率为93.8%~98.0%。结论 济南市人群DON成组膳食暴露风险整体较低,但低年龄组人群属高危人群,应引起重视。

关键词:食品污染;脱氧雪腐镰刀菌烯醇;风险评估

中图分类号:R155 文献标识码:A 文章编号:1004-8456(2024)11-1246-06

DOI:10.13590/j.cjfh.2024.11.007

Dietary exposure assessment of deoxynivalenol in grains and their products in Ji'nan City

YANG Xiaoqian, CAO Xiaoli, LIU Lanzheng, ZHENG Min, LYU Rongchun

(Ji'nan Center for Disease Control and Prevention, Shandong Ji'nan 250021, China)

Abstract: Objective Assess the exposure levels and health risks of DON and acetylated derivatives from grains and their products in Ji'nan. **Methods** Two hundred and four grains samples in 2022 were collected, the acute toxicity risk and chronic toxicity risk of DON group dietary exposure were evaluated by point evaluation and probability evaluation methods for different age and gender groups in Ji'nan. **Results** The point assessment shows that there is no significant acute intake risk among Ji'nan populations at the highest pollution levels of DON and acetylated derivatives, but about 10% high pollution levels of grains and products pose chronic risks to health. The probability assessment results indicate that the median level of DON group exposure is 0.096-0.228 $\mu\text{g}/(\text{kg}\cdot\text{BW}\cdot\text{d})$. And 3.11%-10.74% population has higher exposure levels than PMTDI, high-risk group is the younger age group. The DON content in wheat flour and products is the main risk factor for DON group dietary exposure, with a contribution rate from 93.8% to 98.0%. **Conclusion** The overall risk of DON group dietary exposure among Ji'nan populations is relatively low, but the younger age group is a high-risk group and should be taken seriously.

Key words: Food contamination; deoxynivalenol; risk assessment

脱氧雪腐镰刀菌烯醇(Deoxynivalenol, DON)是农作物受到禾谷镰刀菌等真菌感染代谢产生的一种单端孢霉烯族毒素,主要感染存在于小麦、玉米等谷物及其制品中^[1]。已有毒理学研究表明DON具有很强的细胞毒性、免疫毒性、遗传毒性及弱致癌性,急性中毒症状主要表现为恶心、呕吐、腹泻等,

长期低剂量接触可引起厌食症、生长发育迟缓和生殖障碍等^[2]。DON是全球检出率最高的真菌毒素之一,粮农组织/世卫组织食品添加剂联合专家委员会(Joint FAO/WHO Expert Committee on Food Additives, JECFA)经过评估暂定DON、3-乙酰脱氧雪腐镰刀菌烯醇(3-Acetyl-Deoxynivalenol, 3-Ac-DON)和15-乙酰脱氧雪腐镰刀菌烯醇(15-Acetyl-Deoxynivalenol, 15-Ac-DON)3种物质的成组急性参考剂量(Acute reference dose, ARfD)为8 $\mu\text{g}/(\text{kg}\cdot\text{BW}\cdot\text{d})$,成组暂定最大每日可耐受摄入量(Provisional maximum tolerable daily intake, PMTDI)为1 $\mu\text{g}/(\text{kg}\cdot\text{BW}\cdot\text{d})$ ^[3]。我国在GB 2761—2017中仅规定了部分谷物及其制品(玉米、小麦等)中DON限量值为1000 $\mu\text{g}/\text{kg}$,

收稿日期:2023-11-03

基金项目:济南市卫生健康委员会科技计划项目(2021-公-22、2022-公-13、2024307007)

作者简介:杨晓倩 女 副主任技师 研究方向为食品安全

E-mail:164198324@qq.com

通信作者:吕荣春 男 副主任技师 研究方向为食品安全

E-mail:lwlrc@163.com

对 DON 乙酰化衍生物或成组限量值未规定。本文以 2022 年济南市售谷物及其制品为研究对象,开展济南市人群膳食来源 DON 成组暴露风险评估,为我国谷物中 DON 及其衍生物的健康风险提供数据支持。

1 材料与方法

1.1 样品采集

选择济南市 12 个区县(莱芜区、钢城区、槐荫区、长清区、市中区、历下区、天桥区、商河县、历城区、济阳区、章丘区、平阴县)为采样点,2022 年 8~10 月从各采样点辖区内的超市和农贸市场进行简单随机抽样^[4],共采集市售小麦粉及其制品(面条、馒头、烧饼)和玉米粉及其制品(玉米煎饼、窝窝头)204 份,每份样品采样量需大于 1 kg,详细记录采样信息,混合均匀粉碎后缩分至约 200 g 密封,冷冻保存并尽快检测。

1.2 样品检测及质量控制

样品中 DON 及其衍生物的检测参考《国家食品污染物和有害因素风险监测工作手册》,实验室优化实验条件、完成方法学验证,参加盲样考核。每批实验同时进行空白试验、加标回收等内部质量控制,并取 10% 的样本作平行双样,超标样本进行双样复测,确保检测结果的准确性。

1.3 统计学分析

检测数据录入 Excel 表格,采用 SPSS 25.0 软件对样品中毒素的污染水平进行统计分析。毒素含量低于其检出限(Limit of detection, LOD)时,判定为“未检出”,“未检出”数据按照 WHO 全球环境监测系统/食品污染监测与评估规划第二次会议中“食品中低水平污染物可信评鉴”的标准进行处理^[5],本文样品中 DON“未检出”数据比例≤60%,采用 1/2 LOD 作为检出值,3-Ac-DON 和 15-Ac-DON“未检出”数据比例>60%,采用 LOD 作为检出值。

1.4 膳食风险评估

点评估是指在暴露评估环节中的各参数都使用特定数值的方法,分为急性暴露评估模型和慢性暴露评估模型,计算公式为:

$$EDI = \sum_{i=1}^n \frac{F_i \times C_i}{1\ 000 \times W} \quad (1)$$

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

$$RQ = \frac{EDI}{PMTDI} \quad (3)$$

式中:HQ 为急性风险评价指数;RQ 为慢性风险评价指数;EDI 为 DON 成组膳食暴露量; F_i 为第 i 种食物的每日消费量,参考《中国居民营养与健康状

况监测报告[2010—2013]之一膳食与营养素摄入状况》^[6]; C_i 为第 i 种食物的毒素含量; W 为体质量,参考《中国居民营养与健康状况监测报告[2010—2013]之二居民体质与营养状况》^[7]。HQ>1 时,认为存在急性中毒风险,RQ>1 时,认为存在慢性健康风险。

概率评估法采用蒙特卡罗分析(Monte Carlo analysis, MCA)^[8],使用 Crystal Ball 软件包,将各暴露参数进行分布拟合,模拟抽样 10 000 次获得济南市人群 DON 成组膳食暴露的稳定分布。MCA 法还可以通过敏感性分析判定各暴露参数对风险评估结果的影响程度,正值和负值分别代表暴露参数与风险评估的结果呈正相关和负相关,绝对值越大影响越大。

2 结果

2.1 样品中 DON 及其衍生物整体污染情况

本次研究共采集样品 204 份, DON 的检出率(92.6%)明显高于 15-Ac-DON(39.2%)和 3-Ac-DON(0.490%)($\chi^2=354.356, P<0.05$)。3 组数据均不服从正态分布, DON 中位值水平为 83.5 $\mu\text{g}/\text{kg}$, 15-Ac-DON 和 3-Ac-DON 的中位值水平均为“未检出”,没有样品超标。小麦粉及其制品和玉米粉及其制品的 DON 检出率没有统计学差异($\chi^2=0.0726, P>0.05$),但玉米粉及其制品的 DON 含量明显高于小麦粉及其制品($Z=4.429, P<0.05$)。玉米粉及其制品的 15-Ac-DON 检出率($\chi^2=106.606, P<0.05$)和污染水平($Z=10.287, P<0.05$)均明显高于小麦粉及其制品;3-Ac-DON 仅检出一份,为小麦粉样品。济南市谷物及其制品中主要污染物是 DON, 3-Ac-DON 和 15-Ac-DON 的检出率和污染水平都较低,见表 1。制品中 DON 的含量比原料低的原因可能是热加工处理(如高温挤压、发酵和烘烤等)、化学降解(如漂白剂中的焦亚硫酸钠等)或与谷物基质形成结合态毒素从而降低游离 DON 的含量等。

2.2 点评估结果

济南市居民在 DON 及其衍生物的最高污染水平下,膳食暴露量均小于 ARfD, HQ 均<1,表明济南市居民均无急性毒性膳食摄入风险。50%、75% 和 90% 百分位数污染水平时,各年龄性别组人群的 DON 成组暴露量均低于 PMTDI, RQ 均<1,均无慢性毒性膳食摄入风险。随着污染水平的增高,暴露量逐渐增高,风险加大,毒素高污染水平(约 10%)的谷物及其制品会对居民健康造成慢性毒性健康风险。年龄越小,单位体质量 DON 成组暴露量越大,低年龄组人群暴露量高于高年龄组人群,同等

表1 不同种类样品中DON及其乙酰化衍生物污染情况
Table 1 Pollution of DON and acetylated derivatives in different types of samples

Table with 11 columns: 真菌毒素, 结果, 小麦粉及其制品 (小麦粉, 面条, 馒头, 烧饼, 合计), 玉米粉及其制品 (玉米粉, 玉米煎饼, 窝窝头, 合计), 谷物及其制品. Rows include DON, 3-Ac-DON, and 15-Ac-DON with metrics like 平均值, 最大值, 中位数, and 检出率.

年龄呈现性别变化趋势为男性>女性。见表2。

2.3 概率评估结果

通过拟合分布确定“面类 DON 含量”为对数正态分布,“玉米类 DON 含量”为最大极值分布,“玉米类 15-Ac-DON 含量”为指数分布,“体质量”“面类消费量”及“玉米类消费量”等均为正态分布,从各暴露参数总体分布中分别模拟抽样 10 000 次,计算济南市居民通过膳食摄入 DON 的成组暴露总量分布。济南市不同年龄性别组人群的 50% 百分位 DON 成组暴露量结果为 0.096~0.228 μg/(kg·BW·d),有 89.26%~96.89% 的人群不会通过摄入谷物及其制品对健康造成危害,但仍有 3.11%~10.74% 的人群暴露量高于 PMTDI 值。RQ>1 的比例越高,存在的健康风险就越高,低年龄组人群风险明显高于高年龄组人群(χ²=2164.376,P<0.05),低年龄组人群是 DON 成组膳食暴露的高危人群,存在慢性健康危害的风险,应引起高度重视,同等年龄呈现性别

差异不明显,见表3和图1。各年龄性别组风险值中“面类 DON 含量”贡献度最高,为 93.8%~98.0%,其中体质量与其风险值为负相关,敏感性分析显示小麦粉及其制品的 DON 含量是暴露量差异的主要原因,见表4和图2。

3 讨论

本次研究结果表明,济南市人群 DON 成组膳食暴露风险整体较低,但低年龄组人群是高危人群,与王小丹等[9]和李依玲等[10]的结果一致,有必要采取措施降低婴幼儿食品中 DON 含量。董峰光等[11]评估烟台市居民对谷物中 DON 的成组暴露量为 0.249 2 μg/(kg·BW·d),宇盛好等[12]评估上海市人群经小麦粉及其制品 DON 的平均暴露量为 0.279 μg/(kg·BW·d),有 6.1% 的人群存在一定的健康风险,均与本次研究结果相近;王小丹等[9]评估中国居民谷类食物 DON 平均暴露量为 0.78 μg/(kg·BW·d),

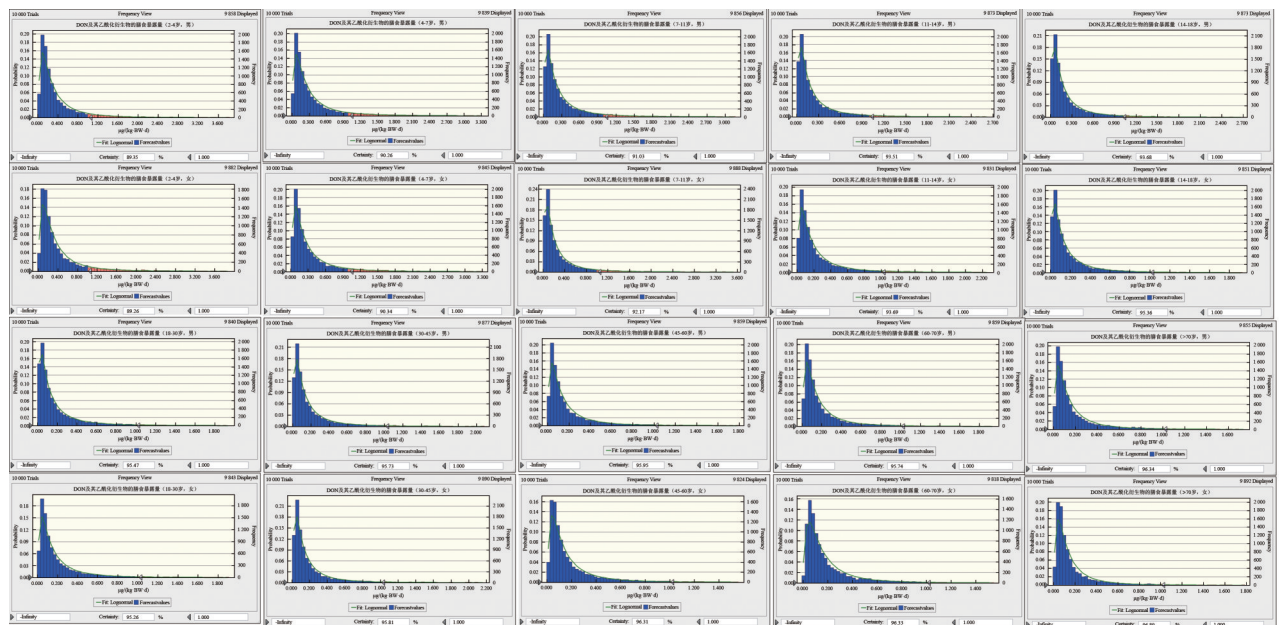


图1 不同性别年龄组人群对DON及其乙酰化衍生物的暴露概率评估结果图

Figure 1 Probability assessment results of exposure to DON and its acetylated derivatives in different gender and age groups

表2 不同性别年龄组人群对DON及其乙酰化衍生物的暴露评估结果(点评估)

Table 2 Exposure assessment results of DON and acetylated derivatives in different gender and age groups (point assessment)

年龄	性别	DON及其乙酰化衍生物的膳食暴露量/[$\mu\text{g}/(\text{kg}\cdot\text{BW}\cdot\text{d})$]						最大值
		P50	P75	P90	P95	P97.5	P99	
2岁~	男	0.214	0.538	0.900	1.347	1.862	4.243	4.301
	女	0.219	0.549	0.920	1.375	1.901	4.327	4.386
4岁~	男	0.195	0.500	0.838	1.266	1.745	4.061	4.118
	女	0.194	0.493	0.827	1.247	1.720	3.987	4.042
7岁~	男	0.178	0.459	0.769	1.165	1.605	3.759	3.811
	女	0.166	0.425	0.713	1.077	1.485	3.457	3.505
11岁~	男	0.142	0.366	0.614	0.930	1.281	3.003	3.046
	女	0.141	0.362	0.606	0.917	1.263	2.945	2.986
14岁~	男	0.133	0.343	0.575	0.870	1.199	2.810	2.849
	女	0.114	0.295	0.494	0.749	1.032	2.422	2.457
18岁~	男	0.113	0.292	0.490	0.745	1.025	2.414	2.449
	女	0.113	0.288	0.483	0.727	1.003	2.325	2.358
30岁~	男	0.107	0.275	0.461	0.699	0.962	2.259	2.291
	女	0.107	0.275	0.460	0.695	0.958	2.227	2.258
45岁~	男	0.110	0.282	0.473	0.715	0.986	2.297	2.329
	女	0.105	0.265	0.444	0.668	0.922	2.122	2.151
60岁~	男	0.111	0.280	0.470	0.706	0.974	2.240	2.271
	女	0.110	0.275	0.460	0.688	0.951	2.163	2.192
70岁~	男	0.102	0.257	0.431	0.647	0.893	2.050	2.078
	女	0.096	0.241	0.404	0.604	0.835	1.906	1.932

李依玲等^[10]评估中国北方地区居民经小麦及其制品摄入DON的暴露量均值为0.91~1.51 $\mu\text{g}/(\text{kg}\cdot\text{BW}\cdot\text{d})$,有14.41%~22.05%的居民暴露量高于PMTDI,均高于本次研究结果。在膳食风险敏感度分析上,小麦粉及其制品中DON的污染水平对暴露风险的贡献率远高于其他风险因素,可能是因为小麦作为山东省的主要农作物,馒头、面条等小麦粉及其制品

是济南市居民主食的主要组成部分,消费量大,可针对谷物类型,积极加强监测并控制小麦粉及其制品中DON污染,同时鼓励居民饮食多样化,可用DON含量低的大米制品代替部分小麦粉制品类主食,由于大米市场规模的不断扩大,不会显著增加人民生活负担,同时可以减少DON成组暴露量,降低健康风险。

表3 不同性别年龄组人群对DON及其乙酰化衍生物的暴露评估结果(概率评估)

Table 3 Exposure assessment results of DON and acetylated derivatives in different gender and age groups (probability assessment)

年龄	性别	DON及其乙酰化衍生物的膳食暴露量/[$\mu\text{g}/(\text{kg}\cdot\text{BW}\cdot\text{d})$]						PMTDI所在百分位/%	RQ>1的比例/%
		P50	P75	P90	P95	P97.5	P99		
2岁~	男	0.219	0.477	1.047	1.752	2.779	4.648	89.35	10.65
	女	0.228	0.494	1.059	1.750	2.584	4.378	89.26	10.74
4岁~	男	0.198	0.440	0.982	1.610	2.455	4.344	90.26	9.74
	女	0.191	0.433	0.969	1.588	2.409	4.299	90.34	9.66
7岁~	男	0.174	0.407	0.919	1.514	2.321	4.052	91.03	8.97
	女	0.157	0.368	0.835	1.385	2.203	3.741	92.17	7.83
11岁~	男	0.138	0.326	0.741	1.190	1.848	2.923	93.51	6.49
	女	0.138	0.316	0.703	1.207	1.811	3.074	93.69	6.31
14岁~	男	0.131	0.311	0.722	1.142	1.665	2.968	93.68	6.32
	女	0.107	0.253	0.572	0.953	1.447	2.376	95.36	4.64
18岁~	男	0.106	0.255	0.579	0.943	1.472	2.618	95.47	4.53
	女	0.112	0.255	0.566	0.955	1.509	2.316	95.26	4.74
30岁~	男	0.102	0.240	0.547	0.909	1.392	2.258	95.73	4.27
	女	0.106	0.239	0.550	0.877	1.369	2.290	95.81	4.19
45岁~	男	0.104	0.242	0.530	0.883	1.308	2.279	95.95	4.05
	女	0.105	0.235	0.514	0.827	1.251	2.011	96.31	3.69
60岁~	男	0.110	0.250	0.555	0.910	1.394	2.340	95.74	4.26
	女	0.116	0.247	0.528	0.832	1.277	2.103	96.33	3.67
70岁~	男	0.102	0.228	0.512	0.817	1.255	2.114	96.34	3.66
	女	0.096	0.204	0.457	0.749	1.147	1.869	96.89	3.11

由于谷物的DON污染与气候条件密切相关,因此不同年份的DON污染水平会有所不同;同时本次研究所采集的样本没有覆盖全部谷物类别;膳

食消费量和人口学数据缺少济南市本地调查数据,因此本研究结果存在一定的局限性。本次研究分别采用了两种方法对济南市居民经谷物及其制品

表4 不同性别年龄组人群对DON及其乙酰化衍生物暴露的敏感性分析

Table 4 Sensitivity analysis of exposure to DON and acetylated derivatives in different gender and age groups

年龄	性别	面类DON含量/%	玉米类DON含量/%	面类消费量/%	其余/%
2岁~	男	95.5	3.3	0.3	0.9
2岁~	女	93.8	4.1	0.6	1.5
4岁~	男	97.1	1.4	0.6	0.9
4岁~	女	96.7	2.1	0.2	1.0
7岁~	男	97.5	1.0	0.6	0.9
7岁~	女	96.1	2.0	0.8	1.1
11岁~	男	97.5	1.2	0.6	0.7
11岁~	女	96.5	1.6	0.8	1.1
14岁~	男	96.7	1.8	0.5	1.0
14岁~	女	97.1	1.4	0.6	0.9
18岁~	男	98.0	0.9	0.4	0.7
18岁~	女	96.9	1.9	0.4	0.8
30岁~	男	97.6	0.9	0.6	0.9
30岁~	女	97.3	1.5	0.4	0.8
45岁~	男	97.1	1.7	0.4	0.8
45岁~	女	96.4	2.2	0.4	1.0
60岁~	男	95.0	3.3	0.6	1.1
60岁~	女	94.0	4.3	0.4	1.3
70岁~	男	95.5	2.9	0.2	1.4
70岁~	女	94.8	3.2	0.7	1.3

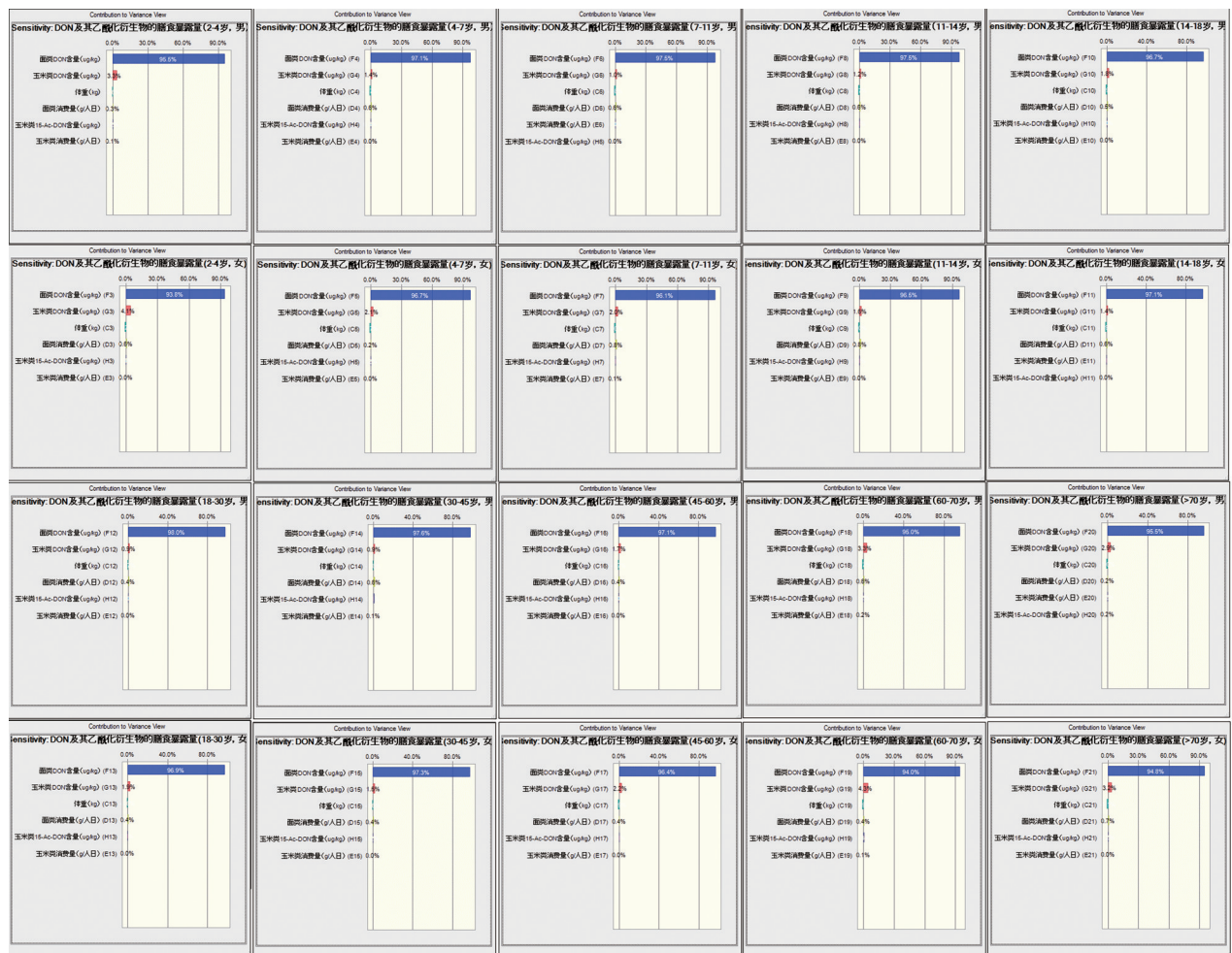


图2 不同性别年龄组人群对DON及其乙酰化衍生物暴露的敏感性分析

Figure 2 Sensitivity analysis of exposure to DON and its acetylated derivatives in different gender and age groups

摄入DON的成组暴露量进行了评估,点评估法简单易行,但由于样本数量有限,不能考虑到食物消费量和化学物浓度的变异情况,结果不确定性大,

适合用于暴露评估的初筛。概率评估法基于各参数的总体分布,使用了更详细的数据资料,运用软件进行数据分析,采用概率分布对不确定性进行了

量化描述,评估结果更接近于实际暴露水平,是一种更精确的膳食暴露评估,可用于描述食品中化学污染物的暴露风险分布。

参考文献

- [1] 蔡硕,王周利,岳田利,等.谷物及其制品中脱氧雪腐镰刀菌烯醇控制的研究进展[J].食品安全质量检测学报,2021,12(4):1267-1275.
CAI S, WANG Z L, YUE T L, et al. Research progress of deoxynivalenol control in cereals and their products[J]. Journal of Food Safety and Quality, 2021, 12(4): 1267-1275.
- [2] 刘慧,曾祥权,周玉春,等.谷物类食品中脱氧雪腐镰刀菌烯醇(DON)及其衍生物的研究现状[J].食品工业科技,2021,42(18):435-445.
LIU H, ZENG X Q, ZHOU Y C, et al. Research Progress of Deoxynivalenol (DON) and Its Derivatives in Cereal Foods[J]. Science and Technology of Food Industry, 2021, 42(18): 435-445.
- [3] 王小丹,梁江,高芑,等.婴幼儿谷类辅助食品中脱氧雪腐镰刀菌烯醇污染水平及其风险评估[J].中国食品卫生杂志,2019,31(3):255-259.
WANG X D, LIANG J, GAO P, et al. Contamination of deoxynivalenol in cereal-based complementary foods and its health risk in infants and young children[J]. Chinese Journal of Food Hygiene, 2019, 31(3): 255-259.
- [4] 宫春波,董峰光,刘国胜,等.2016年山东省居民馒头来源脱氧雪腐镰刀菌烯醇膳食暴露风险评价[J].卫生研究,2019,48(2):307-319.
GONG C B, DONG F G, LIU G S, et al. Dietary exposure risk assessment of deoxynivalenol of Shandong resident intakes from steamed buns in 2016[J]. Journal of Hygiene Research, 2019, 48(2): 307-319.
- [5] 吴永宁,刘沛,孙金芳.膳食暴露评估技术与总膳食研究[M].北京:化学工业出版社,2019.
WU Y N, LIU P, SUN J F. Dietary exposure assessment techniques and total dietary research [M]. Beijing: Chemical Industry Press, 2019.
- [6] 赵丽云,何宇纳.中国居民营养与健康状况监测报告-[2010-2013]-之一膳食与营养素摄入状况[M].北京:人民卫生出版社,2018.
ZHAO L Y, HE Y N. Monitoring Report on Nutrition and Health Status of Chinese Residents-[2010-2013]-Dietary and nutrient intake status[M]. Beijing: People's Health Publishing House, 2018.
- [7] 朴建华,霍军生.中国居民营养与健康状况监测报告-[2010-2013]-之二居民体质与营养状况[M].北京:人民卫生出版社,2019.
PU J H, HUO J S. Monitoring Report on Nutrition and Health Status of Chinese Residents-[2010-2013]-Resident physical fitness and nutritional status [M]. Beijing: People's Health Publishing House, 2019.
- [8] 吴晓丽,赵毕,齐晓娟,等.食品中化学污染物风险评估方法研究进展[J].预防医学,2020,32(7):682-685.
WU X L, ZHAO B, QI X J, et al. Review on the risk assessment methods for chemical pollutants in food [J]. China Preventive Medicine Journal, 2020, 32(7): 682-685.
- [9] 王小丹,杨欣,徐海滨,等.中国不同地区居民谷类食物脱氧雪腐镰刀菌烯醇暴露量及健康风险评估[J].中华预防医学杂志,2019,53(4):394-397.
WANG X D, YANG X, XU H B, et al. Exposure status and health risk assessment of deoxynivalenol from cereals in Chinese population in different regions [J]. Chin J Prev Med, 2019, 53(4): 394-397.
- [10] 李依玲,刘佳琳,黄娇,等.中国不同地区居民经小麦及其制品摄入脱氧雪腐镰刀菌烯醇暴露评估[J].卫生研究,2022,51(5):815-843.
LI Y L, LIU J L, HUANG J, et al. Exposure assessment of deoxynivalenol in wheat and its products among residents in different regions of China [J]. Journal of Hygiene Research, 2022, 51(5): 815-843.
- [11] 董峰光,刘伟德,冯雪英,等.烟台谷类食品脱氧雪腐镰刀菌烯醇及其衍生物污染状况及暴露评估[J].现代预防医学,2021,48(13):2358-2361.
DONG F G, LIU W D, FENG X Y, et al. Contamination status and dietary exposure assessment of deoxynivalenol and its acetylated derivatives in cereal samples of Yantai city [J]. Modern Preventive Medicine, 2021, 48(13): 2358-2361.
- [12] 宇盛好,李亦奇,张露菁,等.上海市市售小麦粉及其制品中脱氧雪腐镰刀菌烯醇的膳食暴露评估[J].上海预防医学,2023,35(8):729-734.
YU S H, LI Y Q, ZHANG L J, et al. Dietary exposure assessment of deoxynivalenol in commercially available wheat flour and its products in Shanghai [J]. Shanghai Journal of Preventive Medicine, 2023, 35(8): 729-734.