

调查研究

婴儿配方乳粉中二噁英及其类似物污染分析

丁颖,张磊,李敬光,吴永宁

(国家食品安全风险评估中心 国家卫生健康委员会食品安全风险评估重点实验室,北京 100021)

摘要:目的 了解婴儿配方乳粉中二噁英及其类似物污染水平,为相关研究提供基础数据。方法 采集 601 份市售婴儿配方乳粉,按照 GB 5009.205—2013《食品安全国家标准 食品中二噁英及其类似物毒性当量的测定》对 17 种多氯代苯并二噁英和多氯代苯并呋喃(PCDD/Fs)和 12 种二噁英样多氯联苯(dl-PCBs)进行测定。结果 PCDD/Fs 和总二噁英及其类似物的平均含量分别为 0.07 和 0.10 pg TEQ/g,范围分别为 0.001~0.69 和 0.003~0.91 pg TEQ/g,远低于欧盟限量规定。结论 我国婴儿配方乳粉中二噁英及其类似物污染处于低水平。建议在重点地区进一步加强污染调查,解析污染来源,为科学制定降低和减少食品中二噁英污染控制规范提供有力支持。

关键词: 婴儿配方乳粉;多氯代苯并二噁英和多氯代苯并呋喃;二噁英样多氯联苯;污染监测

中图分类号: R155 **文献标识码:** A **文章编号:** 1004-8456(2021)02-0155-05

DOI: 10.13590/j.cjfh.2021.02.006

Analyzing of polychlorinated dibenzo-p-dioxins, polychlorinated dibenzofurans and dioxin-like polychlorinated biphenyls in infant formula milk powders

DING Hao, ZHANG Lei, LI Jingguang, WU Yongning

(National Health Commission Key Laboratory of Food Safety Risk Assessment, China National Center for Food Safety Risk Assessment, Beijing 100021, China)

Abstract: Objective To collect data on concentrations of dioxins and their analogues in infant formula on Chinese market, and to provide scientific basis for further study. **Methods** A large-scale national survey on contamination of polychlorinated dibenzo-p-dioxins, polychlorinated dibenzofurans (PCDD/Fs) and dioxin-like polychlorinated biphenyls (dl-PCBs) in infant formula milk powder was conducted and 601 samples were collected across China. Seventeen congeners of PCDD/Fs and 12 dl-PCB congeners recommended by the World Health Organization (WHO) were determined according to the national standard method GB 5009.205-2013. **Results** The mean of concentrations of PCDD/Fs and total dioxins (PCDD/Fs plus dl-PCBs) were 0.07 and 0.10 pg TEQ/g respectively, within the range of 0.001-0.69 and 0.003-0.91 pg TEQ/g respectively. The concentrations were significantly lower than the maximum limit of dioxins in infant food recommended by the European Union. **Conclusion** The concentrations indicated the relative low level contamination of dioxins in infant formula milk powders in China. Further studies should be conducted to investigate the source of dioxins from typical regions of China, and improve the risk assessment, contamination control, reduction and legislation to protect the food safety and human health in China.

Key words: Infant formula milk powder; polychlorinated dibenzo-p-dioxins and polychlorinated dibenzofurans; dioxin-like polychlorinated biphenyls; contamination monitoring

二噁英及其类似物是典型持久性有机污染物(persistent organic pollutants, POPs),包括多氯代苯并二噁英和多氯代苯并呋喃(polychlorinated dibenzo-p-dioxins and polychlorinated dibenzofurans,

PCDD/Fs)以及二噁英样多氯联苯(dioxin-like polychlorinated biphenyls, dl-PCBs),在环境和食品中普遍存在,主要为燃烧过程及农药等精细化工品生产过程中产生的副产物^[1]。该类化合物具有强亲脂性,可通过食物链蓄积,研究显示普通人群二噁英及其类似物暴露的90%以上来自于膳食摄入^[2]。大量试验研究和流行调查研究表明二噁英类物质具有神经发育毒性、生殖毒性、免疫毒性、内分泌干扰及致癌性等,长期低剂量暴露尤其是生命早期暴露可对人体健康造成严重威胁^[3]。近年来,

收稿日期:2021-02-02

基金项目:国家重点研发计划(2017YFC1600500)

作者简介:丁颖 女 助理研究员 研究方向为食品安全标准

E-mail: dinghao@cfsa.net.cn

通信作者:张磊 男 研究员 研究方向为持久性有机污染物膳食暴露 E-mail: zhanglei1@cfsa.net.cn

较大规模的二噁英污染事件层出不穷,如1999年比利时毒鸡事件、2008年爱尔兰猪肉污染事件、2011年德国多种肉类和蛋类污染事件等,都造成了严重的经济损失及政治和社会危机^[4]。因此,食品中二噁英及其类似物的污染问题和人体暴露尤其其生命早期如婴儿期暴露所引发的潜在健康危害也引起了我国社会的强烈关注。婴儿配方乳粉是婴儿重要的膳食来源,而我国目前婴儿配方乳粉中二噁英污染数据不充分,需要系统了解其污染状况,为风险评估和限量管理提供基础数据。

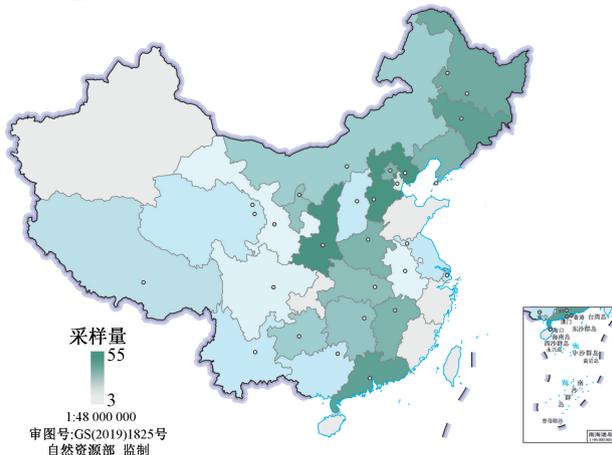
1 材料与方法

1.1 材料

1.1.1 样品采集

采集我国注册生产的婴儿配方乳粉,包括线下市售产品及网上销售产品,采集地区涉及全国25个省(自治区、直辖市)的30个主要城市(图1),共采集市售婴儿配方乳粉551份和网店销售产品50份,共计601份,涉及206个品牌。各类婴儿配方乳粉中1段、2段和3段的比例接近1:1:1。产品基质包括普通牛乳、羊乳和牦牛乳,分别占比74.0%(445/601)、25.5%(153/601)和0.5%(3/601)。产品涉及生产企业97家,基本覆盖我国市售主要(国产)婴儿配方乳粉产品。

中国地图



注:黑色圆圈代表采样城市,浅灰色为未采样省份

图1 采样省份及采样数量

Figure 1 Sampled provinces and number of samples

1.1.2 主要仪器与试剂

气相色谱-高分辨质谱仪(DFS,德国 Thermo Scientific)。定量内标:¹³C 标记的17种 PCDD/Fs 化合物(EPA-1613LCS),¹³C 标记的12种 dl-PCBs 化合物(P48-W-ES);回收内标:¹³C 标记的1,2,3,4-四氯代二苯并-对-二噁英(1,2,3,4-TCDD)和1,2,3,7,8,9-六氯代二苯并-对-二噁英(1,2,3,7,8,9-

HxCDD, EPA-1613ISS),¹³C 标记的 PCB-70、PCB-111、PCB-170(P48-RS),均购自加拿大 Wellington Laboratories。

1.2 方法

1.2.1 样品测定

按 GB 5009.205—2013《食品安全国家标准 食品中二噁英及其类似物毒性当量的测定》^[5] 规定开展婴儿配方乳粉中二噁英及其类似物含量测定。称取样品约15.00 g,与硅藻土充分混匀后,装入自动样品提取仪的样品池并记入稳定同位素标记的定量内标后进行提取。提取溶剂为正己烷-二氯甲烷(1:1,V/V)混合溶液,提取温度为150℃,提取压力为10.3 MPa,循环2次。以减压旋转蒸发器将提取液蒸发至近干,再以150 mL 正己烷复溶,加入40 g 44%(质量分数)硫酸硅胶去除脂肪,将上清液浓缩至约5 mL后,以装有商品化复合硅胶柱、碱性氧化铝柱和碳柱的全自动净化系统进行净化,分别收集含有 PCDD/Fs 和 dl-PCBs 的流出液,各浓缩至约20 μL后,分别加入稳定同位素标记的回收内标并混匀后以气相色谱-高分辨质谱仪进行测定。

1.2.2 质量控制

测定质控要求按 GB 5009.205—2013^[5] 及欧盟法规 Commission Regulation (EU) 2017/644^[6] 的主要规定执行。每批次测定包含1份过程空白样品、1份质控样品和10份待测样品。过程空白样品用于监控实验室背景污染情况及待测样品中的背景扣除。以 z 评分法^[7] 评价质控样品总体情况,所有批次 z 评分得分范围为-1.1~1.2,其中91.5%样品的 |z| < 1,即测定结果在均数±12%内波动。各稳定同位素标记定量内标回收率为40%~130%,符合 GB 5009.205—2013 规定要求。PCDD/Fs 各组分检测限(limit of detection, LOD)中位数范围为0.005~0.02 pg/g, dl-PCBs 各组分检测限中位数范围为0.012~0.037 pg/g。

1.2.3 数据处理

通过计算各组分含量与相应毒性当量因子(toxic equivalency factor, TEQ)乘积之和,获得样品中二噁英及其类似物的毒性当量(toxic equivalent quantity, TEQ)。采用1998年世界卫生组织(World Health Organization, WHO)发布的 TEF^[8] 计算的 TEQ 用于暴露量估计,与联合国粮食及农业组织和世界卫生组织食品添加剂联合专家委员会(Joint FAO/WHO Expert Committee on Food Additives, JECFA)规定暂定每月耐受摄入量(provisional tolerable monthly intake, PTMI, 70 pg TEQ/kg BW)^[9]

进行比较,评价可能风险;采用 2005 年 WHO 再评估中发布的 TEF^[10] 计算 TEQ 用于与欧盟发布的限量标准 Commission Regulation (EC) No 1881/2006^[11] 进行比较。根据对未检出 (ND) 组分的处理情况,分别计算样品含量的低端含量 (lowerbound concentration, LB) 和高端含量 (upperbound concentration, UB):当 ND 按“0”计时,即为 LB;当 ND 按 LOD 计时,即为 UB。

1.2.4 经婴儿配方乳粉摄入量估计

由于不同月龄婴幼儿对婴儿配方乳粉的摄食量差别较大,分别对 0~6 月龄(1 段乳粉)、6~12 月龄(2 段乳粉)、12~36 月龄(3 段乳粉)婴儿经婴儿配方乳粉摄取的每月二噁英及其类似物膳食暴露量进行估计,公式为:暴露量=(婴儿配方乳粉中含量×食物消费量×30)/体质量。其中:食物消费量采用产品标示的推荐摄食量;婴儿体质量按原国家卫生部妇幼保健与社区卫生司发布的《中国 7 岁以下儿童生长发育参照标准》^[12] 中相应体质量数据进行估算。经估算,0~6 月龄婴儿配方乳粉每日消费量约为 20 g/kg BW,6~12 月龄约为 15 g/kg BW,12~

36 月龄约为 12 g/kg BW。

1.3 统计学分析

本次调查采集的婴儿配方乳粉中二噁英及其类似物含量采用均数±标准差($\bar{x}\pm s$)表示,数据呈严重右偏态分布,遂做自然对数转化,以改善数据分布状况后再进行相应统计分析。采用 SPSS 22.0 统计软件以检验水准 $\alpha = 0.05$ 对数据进行检验分析,应用多因素方差分析考核各因素对样品中含量水平影响,应用单样本 *t* 检验作两组间比较,以 $P < 0.05$ 为差异有统计学意义。

2 结果与分析

2.1 样品中二噁英及其类似物存在状况

601 份婴儿配方乳粉样品中 17 种 PCDD/Fs 和 12 种 dl-PCBs 的检出率及含量情况见表 1。PCDD/Fs 各组分的检出率范围为 18.1%~76.4%,检出率最高的是八氯代二苯并对-二噁英(octachlorinated debenzo-p-dioxin, OCDD);dl-PCBs 各组分的检出率范围为 53.4%~99.7%,高于 PCDD/Fs 各组分检出率,dl-PCBs 含量也普遍高于 PCDD/Fs。

表 1 婴儿配方乳粉中二噁英及其类似物检出率和含量(n=601)

Table 1 Detection rate and concentration of dioxins and their analogues in infant formula

化合物	缩写	检出份数	检出率/%	含量/(pg/g)				
				均数	中位数	P25	P75	最大值
2,3,7,8-四氯代二苯并-对-二噁英	2,3,7,8-TCDD	138	23.0	0.01	—	—	—	0.44
1,2,3,7,8-五氯代二苯并-对-二噁英	1,2,3,7,8-PeCDD	193	32.1	0.01	—	—	0.01	0.36
1,2,3,4,7,8-六氯代二苯并-对-二噁英	1,2,3,4,7,8-HxCDD	109	18.1	0.004	—	—	—	0.47
1,2,3,6,7,8-六氯代二苯并-对-二噁英	1,2,3,6,7,8-HxCDD	198	32.9	0.01	—	—	0.01	0.30
1,2,3,7,8,9-六氯代二苯并-对-二噁英	1,2,3,7,8,9-HxCDD	111	18.5	0.004	—	—	—	0.14
1,2,3,4,6,7,8-七氯代二苯并-对-二噁英	1,2,3,4,6,7,8-HpCDD	357	59.4	0.02	0.01	—	0.03	0.45
1,2,3,4,6,7,8,9-八氯代二苯并-对-二噁英	OCDD	459	76.4	0.21	0.07	0.01	0.20	15.90
2,4,7,8-四氯代二苯并呋喃	2,3,7,8-TCDF	283	47.1	0.01	—	—	0.01	0.23
1,2,3,7,8-五氯代二苯并-对-二噁英	1,2,3,7,8-PeCDF	339	56.4	0.02	0.01	—	0.02	0.27
2,3,4,7,8-五氯代二苯并-对-二噁英	2,3,4,7,8-PeCDF	375	62.4	0.03	0.01	—	0.04	0.38
1,2,3,4,7,8-六氯代二苯并呋喃	1,2,3,4,7,8-HxCDF	404	67.2	0.03	0.01	—	0.04	0.36
1,2,3,6,7,8-六氯代二苯并呋喃	1,2,3,6,7,8-HxCDF	366	60.9	0.02	0.01	—	0.03	0.71
2,3,4,6,7,8-六氯代二苯并呋喃	2,3,4,6,7,8-HxCDF	285	47.4	0.01	—	—	0.02	0.26
1,2,3,7,8,9-六氯代二苯并呋喃	1,2,3,7,8,9-HxCDF	227	37.8	0.01	—	—	0.01	0.31
1,2,3,4,6,7,8-七氯代二苯并呋喃	1,2,3,4,6,7,8-HpCDF	387	64.4	0.02	0.01	—	0.02	0.42
1,2,3,4,7,8,9-七氯代二苯并呋喃	1,2,3,4,7,8,9-HpCDF	129	21.5	0.01	—	—	—	0.17
1,2,3,4,6,7,8,9-八氯代二苯并呋喃	OCDF	142	23.6	0.02	—	—	—	2.38
3,3',4,4'-四氯联苯	PCB-77	537	89.4	0.25	0.14	0.08	0.28	4.56
3,3',4,4',5-五氯联苯	PCB-126	492	81.9	0.22	0.11	0.03	0.27	5.43
3,3',4,4',5,5'-六氯联苯	PCB-169	343	57.1	0.06	0.02	—	0.07	1.74
3,4,4',5-四氯联苯	PCB-81	321	53.4	0.04	0.01	—	0.04	2.15
2,3,3',4,4'-五氯联苯	PCB-105	598	99.5	1.88	1.16	0.69	2.35	19.10
2,3,4,4',5-五氯联苯	PCB-114	516	85.9	0.20	0.12	0.05	0.25	5.42
2,3',4,4',5-五氯联苯	PCB-118	599	99.7	5.63	3.80	2.42	6.50	33.00
2',3,4,4',5-五氯联苯	PCB-123	532	88.5	0.15	0.10	0.05	0.19	2.08
2,3,3',4,4',5-六氯联苯	PCB-156	594	98.8	0.79	0.50	0.29	0.91	10.70
2,3,3',4,4',5'-六氯联苯	PCB-157	551	91.7	0.21	0.13	0.06	0.28	4.63
2,3',4,4',5,5'-六氯联苯	PCB-167	584	97.2	0.35	0.23	0.13	0.40	5.88
2,3,3',4,4',5,5'-七氯联苯	PCB-189	390	64.9	0.13	0.06	—	0.17	4.24
TEQ_PCDD/Fs_UB	—	—	—	0.07	0.04	0.02	0.10	0.69
Total_TEQ_UB	—	—	—	0.10	0.07	0.03	0.13	0.91

注:按 TEF 2005 折算 TEQ;—表示未统计

二噁英及其类似物各组分在不同样品中的含量水平差别较大,可达2~3个数量级。在平均水平上,PCDD/Fs中含量最高的是OCDD,含量为 (0.21 ± 0.78) pg/g。dl-PCBs中含量最高的是PCB-118,含量为 (5.63 ± 5.39) pg/g;其次为PCB-105,含量为 (1.88 ± 2.03) pg/g。各样品中总dl-PCBs含量为 (9.92 ± 9.67) pg/g,明显高于总PCDD/Fs含量 $[(0.44 \pm 0.88)$ pg/g],差异有统计学意义($P < 0.05$)。而按TEF折算后,PCDD/Fs含量为 (0.07 ± 0.09) pg TEQ/g,明显高于dl-PCBs含量 $[(0.03 \pm 0.04)$ pg TEQ/g],差异有统计学意义($P < 0.05$)。具体到各组分,对总TEQ贡献由大到小依次为PCB-126、2,3,7,8-TCDD、1,2,3,7,8-PeCDD和

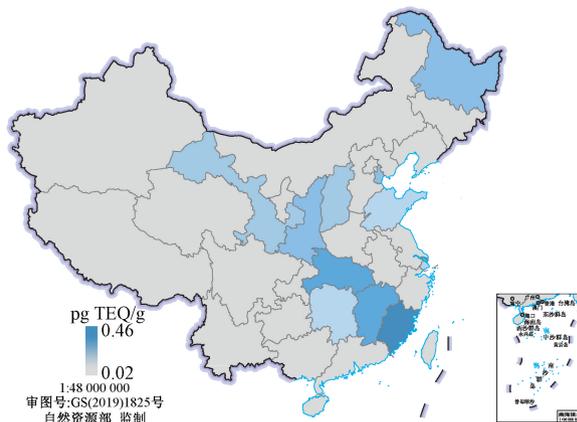
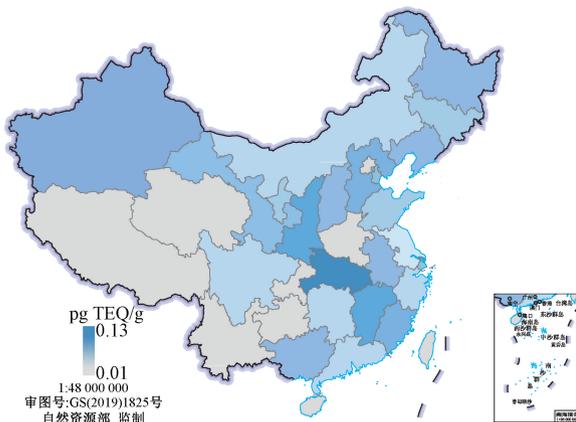
2,3,4,7,8-PeCDF,合计占比71.0%。

2.2 含量水平的影响因素分析

经统计分析,婴儿配方乳粉中二噁英及其类似物含量与产地、奶粉基质(羊乳或牛乳)等有关($P < 0.05$),而与婴儿配方乳粉适用年龄(1段、2段、3段)无关($P = 0.64$)。羊乳基质的婴儿配方乳粉中二噁英及其类似物含量 $[0.11$ pg TEQ/g(几何均数,UB,下同)]明显高于牛乳基质的产品 $(0.06$ pg TEQ/g),差异有统计学意义($P < 0.001$)。此外,虽然我国婴儿配方乳粉中二噁英及其类似物含量处于低水平,但在地理尺度上,不同产地婴儿配方乳粉中含量水平存在较大差别,具体见图2。

中国地图

中国地图



注:统计结果为几何均数,UB;浅灰色为未涉及省份

图2 我国不同产地婴儿配方乳粉中二噁英及其类似物含量比较

Figure 2 Comparison of the content of dioxins and their analogues in infant formula from different origins in China

2.3 婴儿暴露量估计

假定婴幼儿按产品标识推荐量摄食婴儿配方乳粉时,0~6、6~12和12~36月龄婴幼儿经婴儿配方乳粉摄入的二噁英及其类似物膳食月暴露量为38.2、32.6、27.5 pg TEQ/kg BW(几何均数)。即在平均水平上,我国婴幼儿由摄食婴儿配方乳粉引入的二噁英及其类似物暴露远低于JECFA规定的PTMI(70 pg TEQ/kg BW),表明我国婴幼儿经由婴儿配方乳粉摄入的二噁英及其类似物导致的可能健康风险较低。

3 讨论

欧盟相关法规^[11]对婴儿食品中二噁英及其类似物最大限量做出了规定:婴儿配方食品“按产品标识进行或无产品标识时按1份奶粉加7份水”冲调后,PCDD/Fs总量不得高于0.1 pg TEQ/g湿质量,二噁英及其类似物总量(PCDD/Fs+dl-PCBs)不得高于0.2 pg TEQ/g湿质量。由此,冲调前婴儿配方乳粉中可按“PCDD/Fs总量不得高于

0.8 pg TEQ/g干质量,二噁英及其类似物总量(PCDD/Fs+dl-PCBs)不得高于1.6 pg TEQ/g干质量”进行判定。与之相比,此次调查所采集的我国市售601份婴儿配方乳粉中二噁英及其类似物含量都远低于欧盟限量规定,表明我国当前婴儿配方乳粉中二噁英及其类似物污染处于较低水平。

郑明辉等^[13]前期对我国二噁英类化合物的排放情况开展研究,显示我国东部地区由于工业化和城镇化程度较低,其二噁英排放量高于内陆地区,特别是西北部以农牧为主的地区。与之相符,我国全国母乳监测项目所获结果也显示东部沿海地区非职业暴露人群中二噁英及其类似物机体负荷水平高于中部和西部农牧地区^[14-15]。大体上,以羊乳为主要原料的婴儿配方乳粉中二噁英及其类似物空间分布情况与我国环境水平基本一致,提示产地环境污染可能是婴儿配方乳粉中二噁英及其类似物的主要来源。而以牛乳为主要原料的婴儿配方乳粉中二噁英及其类似物污染的空间分布状况与我国环境分布状况不相符,则提示可能存在其他污

染来源,后续有必要开展污染溯源工作,为进一步消减婴儿配方乳粉中二噁英及其类似物污染水平提供科学依据。

因为缺乏来源于代表性婴幼儿对包括婴儿配方乳粉在内的多种食物的实际消费量数据及对应体质量数据,目前无法对婴幼儿的膳食暴露和健康风险进行全面评估。后续有必要开展相关调查研究工作,建立婴幼儿膳食消费量及对应体质量等生长信息数据库,实现对婴幼儿这一生命关键期重点、热点污染物的精确评估,为健康风险评估和限量管理提供数据支撑。

通过开展我国婴儿配方乳粉中二噁英及其类似物含量的调查工作,基本了解我国市售(国产)婴儿配方乳粉中二噁英及其类似物含量状况,虽然含量水平变化较大,但都普遍低于欧盟现行婴儿食品中二噁英及其类似物的最大限量规定,表明我国婴儿配方乳粉中二噁英及其类似物污染处于较低水平,经由婴儿配方乳粉摄食导致的潜在健康风险也处于可接受水平。

(志谢 中国科学院生态环境研究中心、中国检验检疫科学研究院、中国农业科学院农业质量标准与检测技术研究所、湖北省疾病预防控制中心、浙江省疾病预防控制中心、上海市疾病预防控制中心、深圳市疾病预防控制中心对样品采集和含量检测工作的支持及帮助)

参考文献

[1] SCIPPO M L, EPPE G, SAEGERMAN C, et al. Chapter 14 persistent organochlorine pollutants, dioxins and polychlorinated biphenyls[J]. Food Contaminants and Residue Analysis, 2008 (51): 457-506.

[2] WHO. Assessment of the health risk of dioxins: re-evaluation of the tolerable daily intake (TDI) [J]. Food Additives and Contaminants, 2000, 17 (4): 223-240.

[3] DE COSTER S, VAN LAREBEKE N. Endocrine-disrupting chemicals: associated disorders and mechanisms of action [J]. Journal of Environmental and Public Health, 2012, 2012: 713696.

[4] MALISCH R, KOTZ A. Dioxins and PCBs in feed and food-review from European perspective [J]. Science of the Total Environment, 2014, 491-492: 2-10.

[5] 中华人民共和国国家卫生和计划生育委员会. 食品安全国家标准 食品中二噁英及其类似物毒性当量的测定: GB 5009.205—2013[S]. 北京: 中国标准出版社, 2013.

[6] The European Commission. Commission Regulation (EU) 2017/644. Laying down methods of sampling and analysis for the control of levels of dioxins, dioxin-like PCBs and non-dioxin-like PCBs in certain foodstuffs and repealing Regulation (EU) No 589/2014[Z]. 2017.

[7] 张磊, 李敬光, 赵云峰, 等. 食品中二噁英类化合物国际比对结果分析及其在质量控制中的应用[J]. 卫生研究, 2013, 42 (3): 486-490.

[8] VAN DEN BERG M, BIRNBAUM L, BOSVELD A T, et al. Toxic equivalency factors (TEFs) for PCBs, PCDDs, PCDFs for humans and wildlife [J]. Environmental Health Perspectives, 1999, 106 (12): 775-792.

[9] JECFA. Evaluation of certain additives and contaminants (fifty-seventh report of the Joint FAO/WHO Expert Committee on Food Additives) [R]. Geneva, WHO, 2001.

[10] VAN DEN BERG M, BIRNBAUM L S, DENISON M, et al. The 2005 World Health Organization reevaluation of human and mammalian toxic equivalency factors for dioxins and dioxin-like compounds [J]. Toxicological Sciences, 2006, 93 (2): 223-241.

[11] The European Commission. Commission Regulation (EC) No 1881/2006 of 19 December 2006 setting maximum levels for certain contaminants in foodstuffs[S]. 2006.

[12] 卫生部. 中国7岁以下儿童生长发育参照标准[Z]. 2009.

[13] 郑明辉, 孙阳昭, 刘文彬. 中国二噁英类持久性有机污染物排放清单研究[M]. 北京: 中国环境科学出版社, 2008.

[14] LI J G, ZHANG L, WU Y N, et al. A national survey of polychlorinated dioxins, furans (PCDD/Fs) and dioxin-like polychlorinated biphenyls (dl-PCBs) in human milk in China [J]. Chemosphere, 2009, 75 (9): 1236-1242.

[15] ZHANG L, YIN S X, LI J G, et al. Increase of polychlorinated dibenzo-p-dioxins and dibenzofurans and dioxin-like polychlorinated biphenyls in human milk from China in 2007-2011 [J]. International Journal of Hygiene and Environmental Health, 2016, 219(8): 843-849.