

风险评估

婴幼儿辅助食品中矿物油的污染水平及其健康影响评估

杨道远¹, 肖潇¹, 武彦文², 李冰宁², 刘玲玲², 李建文¹, 潘峰¹, 雍凌¹, 宋雁¹, 隋海霞¹

(1. 国家食品安全风险评估中心, 北京 100022; 2. 北京市理化分析测试中心, 北京 100094)

摘要:目的 了解我国婴幼儿辅助食品中烃类矿物油的污染水平, 并评估其对我国0~3岁婴幼儿消费人群的潜在健康影响。方法 采用在线高效液相-气相色谱法检测饱和烃矿物油(MOSH)和芳香烃矿物油(MOAH)的含量。结合2015年中国居民食物消费量数据, 采用简单分布法对我国0~3岁婴幼儿矿物油膳食暴露开展风险评估。结果 4类(罐装辅助食品、米粉、面条、饼干或磨牙棒)共计138份市售婴幼儿辅助食品中, MOSH(C16~C35)的总检出率为45.65%, 在各类辅食中平均污染水平范围为0.55~4.40 mg/kg。MOAH仅在1个面条样品和4个饼干或磨牙棒样品中检出, 总检出率为3.62%。我国0~3岁婴幼儿辅食消费人群MOSH(C16~C35)每日平均暴露量及高食物消费量人群(P95)暴露量分别为6.21和19.27 $\mu\text{g}/\text{kg}\cdot\text{BW}$, 各年龄组暴露限值均大于100。结论 我国0~3岁婴幼儿经辅食中MOSH膳食暴露导致的健康风险很低。需要关注婴幼儿辅食中MOAH的污染。

关键词: 婴幼儿辅助食品; 烃类矿物油; 污染水平; 风险评估

中图分类号: R155

文献标识码: A

文章编号: 1004-8456(2022)02-0302-06

DOI: 10.13590/j.cjfh.2022.02.018

Contamination level of mineral oil hydrocarbons in complementary foods and their health impact assessment for infants and young children aged 0-3 years

YANG Daoyuan¹, XIAO Xiao¹, WU Yanwen², LI Bingning², LIU Lingling²,LI Jianwen¹, PAN Feng¹, YONG Ling¹, SONG Yan¹, SUI Haixia¹

(1. China National Center for Food Safety Risk Assessment, Beijing 100022, China;

2. Beijing Center for Physical and Chemical Analysis, Beijing 100094, China)

Abstract: Objective To study the contamination level of mineral oil hydrocarbons in complementary foods for infants and young children and assess its potential health impact for consumers aged 0-3 years old in China. **Methods** The contents of mineral oil saturated hydrocarbons (MOSH) and mineral oil aromatic hydrocarbons (MOAH) were determined by on-line high-performance liquid chromatography coupled with gas chromatography and flame ionization detector. Based on the food consumption data of Chinese residents in 2015, the exposure to mineral oil hydrocarbons in complementary foods of Chinese infants and young children aged 0-3 years old was assessed by simple distribution method. **Results** The overall detection rate of MOSH (C16-C35) in 4 types of complementary foods (canned foods, rice flour, noodles, and biscuits or molar sticks) in total of 138 commercially available complementary food samples was 45.65%, and the mean contamination level in different types of complementary foods was in the range of 0.55-4.40 mg/kg. The MOAH was only detected in 1 sample of noodles and 4 samples of biscuits or molar sticks. The overall detection rate of MOAH was 3.62%. The average daily exposure and high food consumption (P95) daily exposure of MOSH (C16-C35) for complementary foods consumer only population were 6.21 and 19.27 $\mu\text{g}/\text{kg}\cdot\text{BW}$, respectively. The margins of exposure of all age groups were higher than 100. **Conclusion** The health risk from dietary exposure to MOSH by consuming complementary foods is very low for infants and young children aged 0-3 years old in China. Attention should be paid to the contamination of MOAH in complementary foods for infants and young children.

Key words: Complementary foods for infants and young children; mineral oil hydrocarbons; contamination level; risk assessment

收稿日期: 2021-09-26

基金项目: 国家重点研发计划(2018YFC1603103); 国家自然科学基金(32061160474); 国家食品安全风险评估中心青年科研基金(2021003)

作者简介: 杨道远 男 助理研究员 研究方向为食品安全风险评估 E-mail: yangdaoyuan@cfsa.net.cn

通信作者: 隋海霞 女 研究员 研究方向为食品安全风险评估 E-mail: suihaixia@cfsa.net.cn

烃类矿物油是一类复杂的烃类混合物,根据结构的不同,主要分为饱和烃矿物油(Mineral oil saturated hydrocarbons, MOSH)和芳香烃矿物油(Mineral oil aromatic hydrocarbons, MOAH),两者在毒性上有很大差异。MOSH 目前未发现具有遗传毒性或致癌性,但碳数在 C16~C35 之间的 MOSH 可在肝脏或肠系膜淋巴结中蓄积,引发肝脏或肠系膜淋巴结微肉芽肿;MOAH 具有致突变性,3~7 环的 MOAH 可形成 DNA 加合物,表现出遗传毒性,并有致癌性^[1-2]。

对于 6 个月以上月龄的婴幼儿,辅食是婴幼儿除母乳或婴幼儿配方粉以外重要的营养素来源,不及时适量补充辅食可能会给婴幼儿造成营养不良等长期不良影响^[3-4]。欧盟委员会 2020 年讨论决定,MOAH 不得在婴儿配方食品、较大婴儿配方食品、具有特殊医疗作用的婴幼儿食品中检出,MOAH 在各碳数区间(C10~C16、C16~C25、C25~C35、C35~C50)的定量限临时定为 1 mg/kg^[5]。对于烃类矿物油,目前我国仅在 GB 2760—2014《食品安全国家标准 食品添加剂使用标准》中规定了白油(液体石蜡)作为糖果和鸡蛋被膜剂的最大使用量为 5 g/kg^[6]。但对于毒性较大的中低粘度矿物油,这类矿物油常通过食品包装材料的迁移进入食品,尚无残留量、迁移限量等相关法律规定。

课题组前期采用离线气相色谱质谱(Gas chromatography-mass spectrometry, GC-MS)的方法在婴幼儿配方粉中检出矿物油,并对 0~6 个月婴儿开展了风险评估^[7-8]。课题组在前期研究的基础上,进一步开发建立了在线高效液相-气相色谱法(On-line coupled high performance liquid chromatography-gas chromatography-flame ionization detection, HPLC-GC-FID)并使用该方法在婴幼儿辅食中检出矿物油,分析了 100 种婴幼儿辅食中矿物油的污染情况^[9]。前期分析表明,辅食饼干或磨牙棒中 MOSH 含量与其他种类辅食相比较为高。为进一步探析辅食中矿物油的来源,本研究进一步补充采集了 38 份辅食。

本研究拟在分析婴幼儿辅食中矿物油的污染水平的基础上,评估我国 0~3 岁婴幼儿经辅食中矿物油膳食暴露导致的健康风险,为后续风险管理提供数据支持和科学依据。

1 材料与方法

1.1 材料

1.1.1 样品

本研究涉及的辅食样品,均来源于市场采购,

前后两次共计采集样品 138 份。样品采购时涵盖商超、网络电商等途径,同时兼顾品牌、国别等方面,确保采集到的婴幼儿辅食样品能够覆盖我国婴幼儿日常消费的主要类型。参考国家市场监督管理总局公布的《食品生产许可分类目录》^[10],本研究将样品分为 4 大类:婴幼儿罐装辅助食品(简称罐装辅助食品 45 份)、婴幼儿谷物或高蛋白谷物辅助食品(简称米粉 21 份)、婴幼儿生制类谷物辅助食品(简称面条 34 份)、婴幼儿饼干或其他婴幼儿谷物辅助食品(简称饼干或磨牙棒 38 份),其中婴幼儿罐装辅助食品又分为果蔬泥和鱼肉泥 2 小类。

1.1.2 消费量数据

食物消费量数据来自国家食品安全风险评估中心 2015 年开展的中国食物消费状况调查数据,调查对象为 3 岁以下婴幼儿,涉及 15 个省/自治区/直辖市共 43 个调查点,调查对象约 2 万人,调查食品为婴幼儿配方食品和辅助食品,调查方法为非连续 3 d 24 h 回顾调查和过去 1 个月内各类食物消费频率调查。本研究将调查人群分为以下 4 个年龄组:0~6 月龄、7~12 月龄、13~24 月龄、25~36 月龄。

1.2 方法

1.2.1 矿物油检测

采用课题组建立的在线高效液相-气相色谱法(HPLC-GC-FID)进行定量检测,首先测定 MOSH 及 MOAH 在 C10~C50 范围内的总含量,如有检出,则分别对碳数区间 C10~C16、C16~C20、C20~C25、C25~C35、C35~C40、C40~C50 的 MOSH 含量、碳数区间 C10~C16、C16~C25、C25~C35、C35~C50 的 MOAH 含量进行测定。具体方法参照前期课题组关于婴幼儿辅食中矿物油含量测定和分析相关研究,其中 MOSH 和 MOAH 的定量限均为 0.50 mg/kg^[9]。

1.2.2 未检出数据处理

如样品中 MOSH 或 MOAH 在 C10~C50 范围内未检出(含量小于定量限),则将 MOSH 或 MOAH 在 C10~C50 范围内总含量替换为定量限 0.50 mg/kg, MOSH 或 MOAH 在任一碳数区间(如 C16~C35)含量也为 0.50 mg/kg。

如样品中 MOSH 或 MOAH 在 C10~C50 范围内有检出(含量大于定量限),而在个别碳数区间未检出,则 MOSH 或 MOAH 在 C10~C50 范围内总含量不变,将对应未检出碳数区间含量替换为定量限 0.50 mg/kg,用于计算任一碳数区间 MOSH 或 MOAH 含量。

1.2.3 暴露评估

采用简单分布评估模型,计算每个调查个体每

日每公斤体重 MOSH 或 MOAH 暴露量,计算公式为:

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

式中: Exp 为某个体每日每公斤体重 MOSH 或 MOAH 暴露量, $\mu\text{g}/\text{kg}\cdot\text{BW}$; F_i 为某个体第 i 种辅食的消费量, g/d ; C_i 为第 i 种辅食中 MOSH 或 MOAH 的平均含量, mg/kg ; W 为某个体的体重, kg 。

鉴于 2015 年消费量数据中 0~3 岁婴幼儿辅食消费人群在总调查人群中比例很低,仅为 16.93%(3 297/19 480),本研究采用婴幼儿辅食消费人群的消费量数据开展暴露评估,即 4 类辅食的消费量(F_i)至少有 1 类不为 0。

通过分析个体 MOSH 或 MOAH 暴露量的频数分布,计算 0~3 岁婴幼儿及各年龄组婴幼儿 MOSH 及 MOAH 每日平均暴露量和高食物消费量人群($P95$)暴露量。

1.2.4 风险特征描述

参考欧洲食品安全局(European Food Safety Authority, EFSA)的方法,对具有毒理学意义的碳数区间为 C16~C35 的 MOSH 进行风险特征描述^[1]。现有数据不适合为 MOSH 建立健康指导值,采用暴露限值(Margin of exposure, MOE)法对其进行风险特征描述,毒性参考点为引起肝脏微肉芽肿的未观察到不良作用水平(No observed adverse effect level, NOAEL) $19 \text{ mg}/\text{kg}\cdot\text{BW}$ ^[1]。当 $\text{MOE}>100$ 时,表示风险无需优先关注^[11]。

$$\text{MOE} = \text{NOAEL} (19 \text{ mg}/\text{kg}\cdot\text{BW}) / \text{Exp}$$

MOAH 为遗传毒性致癌物,也需采用 MOE 的方法进行风险特征描述。但鉴于目前缺乏 MOAH 致癌性的剂量-反应数据,所以无法确定其毒性分离点,因此暂时无法对 MOAH 进行风险特征描述^[2]。

1.3 统计学分析

使用 SPSS 25.0 软件进行数据整理、分析。

2 结果

2.1 婴幼儿辅食样品中矿物油污染水平

4 种婴幼儿辅食样品中 MOSH 含量见表 1。MOSH 在各类婴幼儿辅食中均有检出,4 类辅食中碳数区间在 C10~C50 和 C16~C35 的 MOSH 总检出率分别为 67.39%(93/138)和 45.65%(63/138),含量平均值分别为 3.43 和 2.68 mg/kg ,中位数分别为 1.05 和 1.50 mg/kg ,含量范围分别为 0.50~85.44 和 0.50~30.48 mg/kg 。MOSH 在各类辅食中平均污染水平由高到低依次为饼干或磨牙棒、面条、鱼肉泥、米粉、果蔬泥。共有 5 份样品检出 MOAH,分别为 1 份面条和 4 份饼干或磨牙棒样品,检出率分别为 2.94%(1/34)和 10.53%(4/38),总检出率为 3.62%(5/138)。对于所有检出 MOAH 的样品,样品中同时可检出 MOSH。

对不同产地(国产或进口)婴幼儿辅食样品中矿物油含量分析发现,国产和进口辅食中 MOSH 检出率分别为 74.73%(68/91)和 53.19%(25/47)。国产和进口各类辅食中,碳数区间在 C10~C50 的 MOSH 含量平均值分别为 2.91 和 4.44 mg/kg ,碳数区间在 C16~C35 的 MOSH 含量平均值分别为 2.67 和 2.71 mg/kg 。对于 5 个检出 MOAH 的样品,面条样品来源为国产,4 个饼干或磨牙棒样品来源 2 个为国产、2 个为进口。

鉴于接触材料中矿物油迁移为辅食中矿物油的重要来源,本研究进一步对不同包装材料的婴幼儿辅食样品的矿物油含量进行了初步分析,仅按照大类对食品接触材料进行了划分,即,所有聚合物相关材料均归为塑料类。结果表明,本次检测的婴幼儿辅食的主

表1 婴幼儿辅食样品中 MOSH 含量

Table 1 The contents of MOSH in the samples of complementary foods for infants and young children

碳数区间	辅食类别	样本数	检出数	含量/(mg/kg)				
				最小值	平均值	中位数	P95	最大值
C10~C50	罐装辅助食品	45	18	ND(0.50)	1.22	0.50	5.44	16.05
	果蔬泥	22	1	ND(0.50)	0.51	0.50	0.61	0.63
	鱼肉泥	23	17	ND(0.50)	1.90	0.85	14.02	16.05
	米粉	21	13	ND(0.50)	1.00	0.64	2.48	2.51
	面条	34	30	ND(0.50)	3.81	1.67	21.41	32.21
	饼干或磨牙棒	38	32	ND(0.50)	7.05	3.93	34.31	85.44
	合计	138	93	ND(0.50)	3.43	1.05	15.28	85.44
C16~C35	罐装辅助食品	45	6	ND(0.50)	1.23	0.50	4.38	10.16
	果蔬泥	22	1	ND(0.50)	0.55	0.50	1.37	1.52
	鱼肉泥	23	5	ND(0.50)	1.88	1.50	9.03	10.16
	米粉	21	6	ND(0.50)	1.21	1.50	2.12	2.14
	面条	34	24	ND(0.50)	3.60	1.82	18.77	21.93
	饼干或磨牙棒	38	27	ND(0.50)	4.40	2.48	21.83	30.48
	合计	138	63	ND(0.50)	2.68	1.50	10.35	30.48

注:ND(0.50)为未检出,以定量限 0.50 mg/kg 计算

要包装材料为玻璃(玻璃罐)、塑料(塑料袋、塑料盒等)、金属(金属盒、铝箔袋等)。对于罐装辅助食品,接触材料多为玻璃和金属。对于鱼肉泥,MOSH 在各类包装样品中均有检出;但对于果蔬泥,MOSH 仅在1个样品(塑料盒)中有检出。对于其他种类辅食样品,接触材料多为塑料或金属。但值得注意的是,饼干或磨牙棒样品中唯一一个接触材料为纸的样品,MOSH 和 MOAH 含量为所有样品中最大,MOSH(C10~C50)和 MOSH(C16~C35)含量分别为 85.44 和

30.48 mg/kg,MOAH(C10~C50)含量为 6.19 mg/kg。
 2.2 0~3岁婴幼儿辅食消费人群每日经辅食摄入 MOSH 的暴露水平

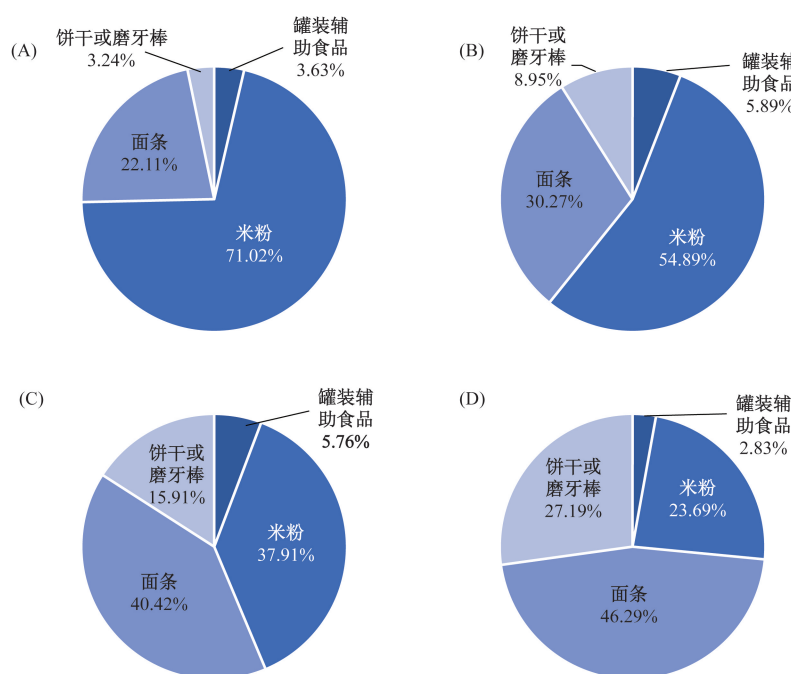
鉴于只有 5 份样品中检出 MOAH,本研究仅对 MOSH 进行暴露评估和后续的风险特征描述。

0~3岁婴幼儿辅食消费人群各年龄组 MOSH(C16~C35)的每日平均暴露量、P95 暴露量及 MOE 见表 2;不同种类辅食对 MOSH(C16~C35)暴露的贡献见图 1。

表 2 0~3岁婴幼儿辅食消费人群 MOSH(C16~C35)暴露水平及 MOE

Table 2 Exposure of MOSH (C16~C35) and MOE for complementary foods consumer only population aged from 0 to 3 years

年龄组	个体数	暴露量/($\mu\text{g}/\text{kg}\cdot\text{BW}$)		MOE		MOE<100个体数
		平均值	P95	平均值	P95	
0~6月龄	508	5.01	14.76	3 792	1 287	0
7~12月龄	1 449	6.53	19.95	2 910	952	0
13~24月龄	1 008	6.27	19.33	3 030	983	0
25~36月龄	332	6.41	20.66	2 964	920	0
合计	3 297	6.21	19.27	3 060	986	0



注:(A)为0~6月龄;(B)为7~12月龄;(C)为13~24月龄;(D)为25~36月龄

图 1 4类辅食对0~3岁婴幼儿辅食消费人群 MOSH(C16~C35)暴露的贡献

Figure 1 Contribution of 4 types of complementary foods to MOSH (C16~C35) exposure for consumer only population aged from 0 to 3 years

由表 2 可见,0~3岁婴幼儿辅食消费人群 MOSH(C16~C35)每日平均暴露量和 P95 暴露量分别为 6.21 和 19.27 $\mu\text{g}/\text{kg}\cdot\text{BW}$ 。由图 1 可见,4类辅食对不同月龄婴幼儿 MOSH(C16~C35)暴露的贡献率不同,米粉随月龄增加贡献率减小,而面条和饼干或磨牙棒随月龄增加贡献率增大。对于 0~6月龄和 7~12月龄婴幼儿,米粉对 MOSH 暴露量贡献率最高;对于 13~24月龄和 25~36月龄婴幼儿,面条对 MOSH 暴露量贡献率最高。

2.3 0~3岁婴幼儿经辅食摄入矿物油的风险特征描述

由表 2 可见,0~3岁婴幼儿辅食消费人群 MOSH(C16~C35)每日平均暴露量和 P95 暴露量对应的 MOE 分别为 3 060 和 986,均远高于 100;各年龄组的 MOE 也均远高于 100。进一步分析发现,我国 0~3岁婴幼儿辅食消费人群所有调查个体 MOE 均高于 100。因此,0~3岁婴幼儿经辅食摄入矿物油的健康风险无需优先关注。另外,虽然仅有 5 份

样品中检出 MOAH,但婴幼儿辅食中 MOAH 的污染仍需引起关注。

3 讨论

矿物油在包括婴幼儿食品在内的各类食品中的污染已经引起国际上的广泛关注^[2,12-13]。本研究采用在线高效液相-气相色谱的方法,检测了 138 份市售婴幼儿辅食中矿物油的含量,同时开展我国 0~3 岁婴幼儿辅食消费人群的膳食暴露风险评估。结果发现, MOSH (C16~C35) 的总检出率为 45.65%, 在各类辅食中平均污染水平范围为 0.55~4.40 mg/kg。评估结果显示,我国 0~3 岁婴幼儿消费人群经市售辅食摄入 MOSH 的健康风险很低。只有 5 份样品检出 MOAH,分别为 1 份国产面条样品和 4 份饼干或磨牙棒样品(国产和进口样品各半),其中 3 份样品 MOAH 在某些碳数区间含量超过欧盟委员会规定的 1 mg/kg。因此,虽然本研究因检出数过少未计算 MOAH 暴露量,但考虑到 MOAH 的致突变性,婴幼儿辅食中 MOAH 的污染仍需引起关注。

矿物油的污染来源包括环境污染和食品接触材料迁移等^[13]。本次检测的罐装辅助食品中, MOSH (C10~C50) 在鱼肉泥中检出率为 73.91%, 远高于果蔬泥的 4.55%, 而鱼肉泥和果蔬泥的包装材料基本一致,因此推断罐装辅助食品中 MOSH 的污染可能来源于食品成分。食品成分污染可能来自于原料污染、加工过程中污染等,但具体溯源工作需要更多数据。食品接触材料迁移是另一可能污染来源。德国一项调查表明,与食品直接接触的纸或纸板是食品中矿物油污染的主要来源^[14]。这与此次检测中 1 个纸质包装磨牙棒样品中 MOSH (C16~C35) 和 MOAH (C10~C50) 含量分别高达 30.48 和 6.19 mg/kg 相一致。然而,由于仅有 1 个纸质包装样品,尚需检测更多样品以验证此结论。

矿物油的检测方法非常复杂,自 1991 年首个检测 MOSH 方法问世以来,已经有了 20 多年的发展,但国际上仍未确定一种标准的检测方法^[11,15]。许多研究采用离线 GC-MS 的方法,但离线方法的缺点是操作难度高、实验步骤复杂,分析结果的灵敏度和重现性较差,并且容易进入污染。本研究采用的在线 HPLC-GC-FID 的方法具有灵敏度高、自动化程度高、重现性好、避免通过操作引入杂质等优点,是目前检测食品、食品接触材料、化妆品等样品中烃类矿物油最常使用的检测方法^[1,16]。除了检测 MOSH 和 MOAH 在 C10~C50 碳数区间总含量外,本研究还参照欧盟委员会对矿物油的最新检测要

求,分别检测了 MOSH 和 MOAH 在各碳数区间的含量^[17]。与 ZHU 等^[18]分析的 76 份婴幼儿辅食中矿物油含量相比,本研究检测的 4 类辅食中 MOSH 检出率均偏高,推测与检测方法有关。本研究采用了在线检测方法,具有更高的灵敏度,且定量限 0.50 mg/kg 也低于 ZHU 等^[18]所用方法。

婴幼儿烃类矿物油膳食暴露途径,除市售辅食外,也包含母乳、婴幼儿配方粉、家庭自制辅食等其他食物来源。母乳和家庭自制辅食中矿物油含量数据获取困难,但对于婴幼儿配方粉,课题组前期已进行了部分相关研究。前期研究结果显示,婴幼儿配方粉中 MOSH 和 MOAH 含量平均值分别为 2.1 和 0.8 mg/kg,其中牛奶粉中 MOSH 和 MOAH 含量平均值分别为 2.0 和 0.8 mg/kg、羊奶粉中 MOSH 和 MOAH 含量平均值分别为 2.3 和 0.6 mg/kg^[7]。ZHU 等^[18]研究结果显示,婴儿配方粉、较大婴儿配方粉、幼儿配方粉中 MOSH 均值分别为 4.77、3.99、3.94 mg/kg。参考该 MOSH 平均含量,结合本研究各类辅食中 MOSH 平均含量,计算我国 0~3 岁婴幼儿通过摄入婴幼儿配方粉和辅食的 MOSH 暴露量。对于 0~3 岁消费人群, MOSH 经婴幼儿配方粉和辅食的每日平均暴露量和 P95 暴露量分别为 40.07 和 95.75 $\mu\text{g}/\text{kg BW}$, MOE 分别为 474 和 198,均高于 100。对于 0~6 月龄、7~12 月龄、13~36 月龄年龄组消费人群,每日平均暴露量分别为 58.88、43.96、31.20 $\mu\text{g}/\text{kg BW}$, P95 暴露量分别为 141.32、99.10、70.96 $\mu\text{g}/\text{kg BW}$, MOE 均高于 100。因此初步判断我国 0~3 岁同时摄入婴幼儿配方粉和辅食的消费人群摄入 MOSH 导致的健康风险无需优先关注。

由于资料和数据方面的原因,本研究存在一些不确定因素,一是尽管涵盖了商超、网络电商等途径,同时兼顾品牌、国别等方面的因素,但仍未包括市售所有婴幼儿辅食的品牌及种类,且检测的样本数量也会带来一定的不确定性;二是未检出样品含量用定量限代替,可能会高估污染水平,应用时需考虑不确定性因素可能带来的影响。

参考文献

- [1] EFSA Panel on Contaminants in the Food Chain (CONTAM). Scientific opinion on mineral oil hydrocarbons in food[J]. EFSA Journal, 2012, 10 (6): 2704.
- [2] European Food Safety Authority (EFSA), ARCELLA D, BAERT K, et al. Rapid risk assessment on the possible risk for public health due to the contamination of infant formula and follow-on formula by mineral oil aromatic hydrocarbons (MOAH) [J]. EFSA Supporting Publications, 2019, 16 (11):

- 1741E.
- [3] 罗明洋, 吴菊清, 赵迪, 等. 婴幼儿辅食肉泥消费行为调研与分析[J]. 肉类工业, 2020, (9): 5-12.
- LUO M Y, WU J Q, ZHAO D, et al. Investigation and analysis on consumption behavior of infant complementary meat puree [J]. *Meat Industry*, 2020, (9): 5-12.
- [4] 中华预防医学会儿童保健分会. 婴幼儿喂养与营养指南[J]. 中国妇幼健康研究, 2019, 30(4): 392-417.
- China Preventive Medicine Association, Society of Child Health. Guide to infant feeding and nutrition [J]. *Chinese journal of woman and child health research*, 2019, 30(4): 392-417.
- [5] European Commission Standing Committee on Plants, Animals, Food and Feed Section. Novel food and toxicological safety of the food chain [R]. 2020: 1-10.
- [6] 国家卫生和计划生育委员会. 食品安全国家标准 食品添加剂使用标准: GB 2760—2014[S]. 北京: 中国标准出版社, 2015.
- National Health and Family Planning Committee of the People's Republic of China. National standard of food safety: standards of food additives. GB 2760-2014[S]. Beijing: Standards Press of China, 2015.
- [7] SUI H X, GAO H B, CHEN Y F, et al. Survey of mineral oil hydrocarbons in infant formula from the Chinese market[J]. *Food Additives & Contaminants: Part A*, 2020, 37 (6): 1040-1048.
- [8] LI M, YING X, YANG C Y, et al. Dietary exposure to mineral oil hydrocarbons of Chinese infants aged 0-6 months[J]. *Food Additives & Contaminants: Part A*, 2020, 37 (12): 2070-2081.
- [9] LIU L L, LI B N, YANG D Y, et al. Survey of mineral oil hydrocarbons in Chinese commercial complementary foods for infants and young children[J]. *Food Additives & Contaminants: Part A*, 2021, 38 (9): 1441-1455.
- [10] 国家市场监督管理总局. 食品生产许可分类目录[A]. 2020-02-23.
- State Administration for Market Regulation of the People's Republic of China. Classification catalogue of food production licenses[A]. 2020-02-23.
- [11] HOCHEGGER A, MORET S, GEURTS L, et al. Mineral oil risk assessment: Knowledge gaps and roadmap. Outcome of a multi-stakeholders workshop [J]. *Trends in Food Science & Technology*, 2021, 113: 151-166.
- [12] MONDELLO L, ZOCCALI M, PURCARO G, et al. Determination of saturated-hydrocarbon contamination in baby foods by using on-line liquid-gas chromatography and off-line liquid chromatography-comprehensive gas chromatography combined with mass spectrometry [J]. *Journal of Chromatography A*, 2012, 1259: 221-226.
- [13] GROB K. Mineral oil hydrocarbons in food: A review[J]. *Food Additives & Contaminants: Part A*, 2018, 35 (9): 1845-1860.
- [14] VOLLMER A, BIEDERMANN M, GRUNDBÖCK F, et al. Migration of mineral oil from printed paperboard into dry foods: Survey of the German market[J]. *European Food Research and Technology*, 2011, 232 (1): 175-182.
- [15] WEBER S, SCHRAG K, MILDAU G, et al. Analytical methods for the determination of mineral oil saturated hydrocarbons (MOSH) and mineral oil aromatic hydrocarbons (MOAH) -A short review[J]. *Analytical Chemistry Insights*, 2018, 13: 1-16.
- [16] BIEDERMANN M, MUNOZ C, GROB K. Update of on-line coupled liquid chromatography-gas chromatography for the analysis of mineral oil hydrocarbons in foods and cosmetics[J]. *Journal of Chromatography A*, 2017, 1521: 140-149.
- [17] BRATINOVA S, HOEKSTRA E. Guidance on sampling, analysis and data reporting for the monitoring of mineral oil hydrocarbons in food and food contact materials[R]. 2019.
- [18] ZHU L, ZHANG H, CHEN Y F, et al. Risk assessment of MOAH and MOSH in infants and young children[J]. *Biomedical and Environmental Sciences*, 2019, 32 (2): 130-133.