

食品接触材料中几种有害物质限量标准和检测方法的研究进展

胡 雪*, 张志伟, 梁建英, 刘丽君, 李翠枝, 吕志勇

(内蒙古伊利实业集团股份有限公司, 呼和浩特 010110)

摘 要: 为了确保群众“舌尖上的安全”, 食品相关各行各业均对食品安全加以了高度重视。而越来越多的研究表明食品接触材料中有害物质的迁移会污染食品, 且长期食用污染后的食品会造成很多疾病, 因此对食品接触材料中有害物质的危害、检测的研究报道也逐渐增多。本文从来源、危害、国内外标准限量和检测方法等多角度对食品接触材料中邻苯二甲酸酯类、双酚类物质及其衍生物、甲醛和矿物油的研究进展进行了综述, 并对有害物质的控制措施提出了建议。

关键词: 食品接触材料; 邻苯二甲酸酯类; 双酚类物质及其衍生物; 甲醛; 矿物油; 限量; 检测方法

Research progress of limit standards and detection methods for several hazardous substances in food contact materials

HU Xue*, ZHANG Zhi-Wei, LIANG Jian-Ying, LIU Li-Jun, LI Cui-Zhi, LV Zhi-Yong

(Inner Mongolia Yili Industrial Group Co., Ltd., Hohhot 010110, China)

ABSTRACT: In order to ensure the “safety on the tongue” of the masses, all food-related industries have attached great importance to food safety. More and more studies have shown that the migration of harmful substances in food contact materials will contaminate food, and long-term consumption of contaminated food will cause many diseases. Therefore, research reports on the hazards and detection of harmful substances in food contact materials have gradually increased. This article summarized the research progress of phthalates, bisphenols and their derivatives, formaldehyde and mineral oil in food contact materials from multiple angles such as source, hazards, domestic and international standard limits and detection methods, and proposed control measures for hazardous substances.

KEY WORDS: food contact materials; phthalates; biphenols and their derivatives; formaldehyde; mineral oil; limits; analytical methods

1 引 言

食品安全一直是影响人体健康和国计民生的重大问题, 近几年一些突发的健康隐患事件, 其根源与食品接触

材料相关, 比如“双酚 A”引起的性早熟问题等。食品接触材料是对所有可能与食品接触的材料的统称, 具体是指在正常的使用条件下, 各种与食品或食品添加剂接触、或其成分可能转移到食品中的材料和制品, 包括食品生产、加

基金项目: 国家重点研发计划项目(2018YFF0215206)

Fund: Supported by National Key Research & Development Plan Projects (2018YFF0215206)

*通讯作者: 胡雪, 硕士, 高级工程师, 主要研究方向为检测分析。E-mail: jthuxue@yili.com

*Corresponding author: HU Xue, Master, Senior Engineer, Inner Mongolia Yili Industrial Group Co., Ltd., No.8 JinShan Street, JinShan Development Zone, Hohhot, Inner Mongolia, 010110, China. E-mail: jthuxue@yili.com

工、包装、运输、贮存、销售和使用过程中用于食品的包装材料、容器、工具和设备, 及可能直接或间接接触食品的油墨、粘合剂、润滑油等^[1]。

用于包装的食品接触材料虽然可以保护食品不受外界环境的污染, 保持食品本身的水分、品质等特性不发生改变, 但也有安全风险, 如包装材料含有的化学成分可能会发生迁移从而污染食品。如果迁移量超过某一定值, 则会影响到食品的安全^[2,3]。近年来, 由于食品包装材料引起的食品安全问题屡有发生, 使其安全性问题成为消费者关注的热点, 科研人员也对相关领域的研究逐步深入。

本文综述了食品接触材料中几种有害物质的来源、危害、法规限量以及检测方法的研究进展, 并对每类物质推荐了检测方法, 为日常监管食品接触材料规范生产与使用提供参考。

2 邻苯二甲酸酯

2.1 来源及危害

邻苯二甲酸酯(phthalates, PAEs)是一种常用的塑化剂, 也是迄今为止产量和消费量最大的塑料助剂。邻苯二甲酸酯类塑化剂广泛应用在各类聚氯乙烯(polyvinyl chloride, PVC)制品、食品加工机械上的塑料部件和管道、塑料薄膜、印刷油墨、包装用纸和纸板、玻璃瓶盖内壁垫片等。可通过呼吸道、消化道和皮肤等途径进入人体。研究表明, PAEs 具有生殖毒性^[4], 有些 PAEs 具有雌性激素活性, 有可能影响胎儿发育。

2.2 法规限量

我国国家标准 GB 9685-2016《食品接触材料及制品用添加剂使用标准》^[5]和欧盟标准^[6]对食品中邻苯类塑化剂的残留量和特定迁移限量均作了明确的限值规定。在 GB 9685-2016 中只有四种邻苯类塑化剂被允许使用, 分别为邻苯二甲酸二烯丙酯(diallyl phthalate, DAP)、邻苯二甲酸二丁酯(dibutyl phthalate, DBP)、邻苯二甲酸二(2-乙基己)酯(di (2-ethylhexyl) phthalate, DEHP)、邻苯二甲酸二异壬酯(diisononyl phthalate, DINP), 具体限量如表 1 所示。

2.3 检测方法

目前邻苯二甲酸酯类塑化剂的检测方法以气相色谱-质谱法为主。如四川大学的 Yang 等^[7]使用气相色谱-质谱

法研究了聚乙烯膜单表面的邻苯类塑化剂连续迁移机理, 研究结果表明, 聚乙烯膜单表面的塑化剂第 2 次迁移达到平衡的速度比第 1 次迁移的速度要快得多, 且受到迁移时间、温度等因素的影响。陈进等^[8]建立了气相色谱-质谱测定法测定塑料饮用吸管中塑化剂迁移量, 方法采用异辛烷在 60 °C 条件下浸泡吸管试样 1 h, 将浸泡液浓缩后, 用正己烷定容。目标物在线性范围内具有良好的线性关系, 加标回收率在 87.3%~98.9%, 相对标准偏差为 3.3%~7.6%。

邻苯类塑化剂除了可以使用气相色谱-质谱法检测外, 研究者还使用了其他的检测方法。例如 Yan 等^[9]使用带有氢火焰离子检测器的气相色谱测定邻苯类塑化剂, 万文博等^[10]用甲醇离心萃取, 经弗罗里硅土固相萃取柱净化后, 用高效液相色谱进行定性和定量分析。还有的研究者用了离子色谱法^[11]以及 ELISA 试剂盒法^[12]对邻苯二甲酸酯类塑化剂进行测定。

随着高通量气相色谱质谱和液相色谱质谱的广泛使用, 食品接触材料中塑化剂的检测技术也开始向高通量发展。王杰等^[13,14]利用气相色谱质谱和高效液相色谱三重四级杆质谱的检测方法考察了 4 种食品模拟物包括超纯水、3%(V:V)乙酸水溶液、10%(V:V)乙醇水溶液、95%(V:V)乙醇水溶液的迁移水平, 实现了对 10 种以上塑化剂和抗氧化剂的同时检测, 大大提高了检测效率。

3 双酚类物质及其衍生物

3.1 来源及危害

双酚类化合物一般是指一类具有 2 个羟苯基结构的物质。其中最常见的是双酚 A(bisphenol A, BPA)、双酚 S(bisphenol S, BPS)、双酚 F(bisphenol F, BPF)等。在几个双酚类类似物中已经商业化的、最广泛应用的物质是双酚 A, 它是生产聚碳酸酯、环氧树脂等高分子材料的重要化工原料, 也可以作为增塑剂、阻燃剂、抗氧化剂、热稳定剂、密封剂等, 被广泛应用在食品塑料包装材料中^[1-3]。从毒理方面分析, 双酚 A 是一种环境雌激素, 会对生物的生殖系统产生危害。因此, 鉴于其安全性受到质疑, 中国、欧盟、加拿大、美国等众多国家禁止其应用于婴幼儿食品容器中, 2015 年法国全面禁止了其应用于食品包装材料中。于是双酚 S、双酚 F 被作为替代品应用于婴儿奶瓶、饭盒、饮料等食品包装材料及食品容器内壁涂料等方面^[5]。

表 1 GB 9685-2016 对塑化剂的限量要求
Table 1 Limited requirements of the plasticizer in GB 9685-2016

化合物	CAS	GB 9685-2016 限量要求
邻苯二甲酸二烯丙酯(DAP)	131-17-9	ND(DL=0.01 mg/kg)
邻苯二甲酸二丁酯(DBP)	84-74-2	≤0.3 mg/kg
邻苯二甲酸二(2-乙基己)酯(DEHP)	117-81-7	≤1.5 mg/kg
邻苯二甲酸二异壬酯(DINP)	68515-48-0	9 mg/kg(SMLT 组号 29 物质之和计)

但是双酚 S 在大规模应用之前并未对其安全性进行充分研究,部分研究表明代替双酚 A 的双酚 S 也是一种内分泌干扰物^[15],具有和双酚 A 相似的毒性,能影响生物体内的雌性激素,摄入过多会导致内分泌失调,同时双酚 S 还会导致新陈代谢紊乱从而引发肥胖。因此深入研究食品包装材料中的多种双酚类物质十分重要。

3.2 法规限量

我国国家标准 GB 9685-2016《食品接触材料及制品用添加剂使用标准》规定^[5],塑料类食品接触材料及制品中允许双酚 A 在涂料、涂层以及粘合剂中按生产需要适量使用,特定迁移限量为 0.6 mg/L,但双酚 A 不得用于生产接触婴儿食品的食品接触材料及制品。在涂料涂层中可以按照生产需要适量使用双酚 S,迁移限量为 0.05 mg/L。欧盟的相关标准中也要求双酚 S 在塑料中的特定迁移量不得超过 0.05 mg/kg^[6]。双酚 F 没有在肯定性列表中。

3.3 检测方法

目前,双酚类化合物的检测多使用灵敏度高的液相荧光光谱法^[16-19]、液相色谱-质谱法^[20]、电化学传感器法^[21]或飞行时间质谱法^[22]。如梁锡镇等^[20]建立的液相色谱-质谱法同时检测食品接触材料中双酚 A、双酚 F 和双酚 S 的迁移量,BPA 和 BPF 检出限可达 0.3 μg/L,BPS 最低检出限为 0.05 μg/L。

为了提高检测效率,更全面的考察双酚类物质的迁移情况,高通量检测方法也逐步建立起来。如毛丽莎等^[23]建立了高效液相色谱-串联质谱法同时测定食品接触材料中 11 种

双酚类物质的检测方法,方法检出限为 0.01~0.78 μg/L,加标回收率范围为 84.5%~99.2%,是一种快速可靠、准确简便,适用于食品接触材料中双酚类化合物检测的方法。

为保证双酚类物质检测的准确性,使检测结果对风险数据分析研究更科学,检测方法的不确定度研究也必不可少。李灿明等^[24]通过分析测定过程中的各种不确定度来源,对 HPLC 法测定食品接触材料中双酚 A 迁移量的方法进行了分析,确定了双酚 A 迁移量的不确定度主要来自双酚 A 标品的纯度和标准曲线的拟合。

4 甲 醛

4.1 来源及危害

甲醛用于三聚氰胺-甲醛树脂餐具、粘合剂和铁罐内壁树脂涂层的生产,由于产品制造过程中聚合反应不完全,高温接触或盛装酸性食品等原因,甲醛有可能从制品中迁移出来并污染到食品。主要来源包括三聚氰胺-甲醛树脂餐具、金属涂层、竹木、橡胶、纸板食品接触材料等。

甲醛对人体有危害作用,毒性有急性和慢性 2 种,易经呼吸道、消化道、皮肤吸入。甲醛被世界卫生组织确定为可疑致癌致畸物质^[25]。

4.2 法规限量

我国国家标准 GB 4806.10-2016《食品安全国家标准食品接触用涂料及涂层》^[26]、GB/T 24398-2009《植物纤维一次性筷子》^[27]及一些国际标准中对该项物质均有限量要求,具体限量如表 2 所示。

表 2 甲醛的限量要求
Table 2 Limited requirements of formaldehyde

可能用途与来源	主要管控的法规	限量要求
涂层	GB 4806.10-2016	游离甲醛: ≤0.1 mg/L
三聚氰胺-甲醛塑料	GB 4806.6-2016	迁移量: ≤15 mg/kg
纸和纸板	GB 4806.8-2016	残留量: ≤1 mg/dm ²
竹木	GB/T 24398-2009	溶出量: ≤2.5 mg/dm ²
塑料	欧盟(EU)No.10/2011 ^[6]	迁移量: ≤15 mg/kg
三聚氰胺塑料		迁移量: ≤15 mg/kg
涂层	德国 BfR《食品接触用塑料建议》 ^[28]	迁移量: ≤15 mg/kg
橡胶		迁移量: ≤3 mg/kg
酚醛树脂		迁移量: ≤4 mg/kg
三聚氰胺-甲醛塑料		迁移量: ≤4 mg/kg
橡胶	韩国食品器具、容器、包装标准与规范(2013) ^[29]	迁移量: ≤4 mg/kg
纸制品		迁移量: ≤4 mg/kg
金属涂层		迁移量: ≤4 mg/kg

4.3 检测方法

目前, 食品接触材料中甲醛含量和迁移量的检测方法以分光光度法^[30,31]为主, 也有研究者使用气相质谱法, 如李杏华等^[32]建立了一种气质联用技术检测食品接触材料纸和纸板中的甲醛含量的外标定量方法。实验对衍生条件进行了充分优化, 确定衍生温度 60 ℃, 衍生时间 20 min, 衍生试剂用量为每 1 mL 样品添加 0.4 mL, 萃取试剂为二氯甲烷。甲醛浓度在 0.5 mg/L~4.0 mg/L 范围内线性关系良好, 相关系数为 0.999。样品平均加标回收率为 86 %, 相对标准偏差为 2.48 %, 方法检出限为 0.78 mg/L。

接触材料中甲醛的检测方法较为简单, 但是只有对其迁移规律有了充分了解, 才能指导对其毒性的控制。李波平等^[33]对比了 2 种不同的纸包装材料在不同的温度和浸泡条件下甲醛的迁移规律。研究结果表明, 对甲醛迁移量影响因素大小依次为: 介质>温度>时间。

在食品接触材料甲醛迁移规律的研究中也应用了液相色谱法的检测方法。如张海亮等^[34,35]以 C₁₈ 色谱柱为分离柱, 以甲醇-水(6:4, V:V)溶液为流动相进行梯度洗脱, 检测波长为 355 nm, 对 4%乙酸、10 %乙醇、20%乙醇、50%乙醇及精炼玉米油 5 种食品模拟物进行了研究。

5 矿物油

5.1 来源及危害

矿物油主要的污染来源为黄麻和剑麻袋、涂蜡包装材料、油墨、回收纸、罐头用润滑油、添加剂等。而食品接触材料中矿物油的迁移和污染是导致食品中烃类矿物油污染严重的一个主要来源^[36,37]。

矿物油有直链、支链及环状组成的饱和烃矿物油(mineral oil saturated hydrocarbon, MOSH)及由聚芳烃化合物组成的芳香烃矿物油(mineral oil aromatic hydrocarbon, MOAH)。EFSA 2012 食品安全评估报告里描述矿物油为低毒性物质, 经口半数致死量大于 5000 mg/kg。虽然 MOSH 没有致癌性, 但含有 MOAH 的矿物油可致突变, 特别是包含多于 3 个苯环的多环芳烃的矿物油具有致癌性(皮肤上皮肿瘤)。短链烃极易被人体吸收, 低粘度的矿物油会在体

内累积并对肝脏、心脏瓣膜和淋巴结造成损伤, 长期摄入这类被污染的食物存在安全风险^[36,37]。

5.2 法规限量

国内外相关法规对矿物油的限量规定如表 3 所示。

5.3 检测方法

矿物油检测的方法有在线和离线 2 种前处理方法。在线高效液相色谱-气相-火焰离子化检测器是研究较早且目前在欧洲应用较为广泛的方法^[41-43], 但是在线检测法要求有专属的昂贵仪器, 不利于应用和推广。随着近年来优格网^[44]对矿物油在婴幼儿乳粉中污染问题的曝光, 国内科研人员加大了对该项目的研究深度, 出现了很多优化的离线检测方法^[45-47]。如李克亚等^[48]建立了食品包装纸中矿物油的固相萃取-气相色谱检测方法, 经硝酸银硅胶柱分离纯化, 采用气相色谱法对食品纸包装材料中的矿物油进行定量。方法的检出限和定量限分别为 2.57 mg/L 和 7.79 mg/L, 加标回收率为 79.0%~86.5%, 相对标准偏差小于 5.0%。

对矿物油来说油脂类食品更易被污染, 待测物难于和油中脂类、烯烃和天然烷烃类分离, 因此研究适宜的前处理方式十分重要^[49,50]。柯润辉等^[49]利用环氧化反应结合自制的分子筛 SPE 柱和 0.3% AgNO₃ 硅胶 SPE 柱交替净化方式, 可以实现油类模拟物中矿物油的检测, 饱和烃类矿物油(MOSH)和芳香烃类矿物油(MOAH)检出限达到了 1.0 mg/kg 和 0.3 mg/kg, 加标回收率分别为 93.2%~103.7%和 78.5%~81.3%, 相对标准偏差分别为 2.7%~5.0% 和 2.9%~4.0%, 为矿物油迁移量的检测提供思路。

6 控制措施及结论

如今, 很多食品安全问题追根溯源与食品接触材料中有害物质的迁移有关, 威胁到了人类健康。对于食品接触材料中几种有害物质的控制措施建议从溯源管理和抽查监控 2 方面加强。首先要建立追溯体系, 保证能获得食品接触材料的来源、去向、相关物质或材料信息, 并且要求供应商提供原料配方等信息。其次, 在到货验收阶段, 采用本文推荐的检测方法进行检测, 结合限量要求评估食品接触材料的安全性。

表 3 矿物油的限量要求
Table 3 The limited requirements of mineral oil

可能用途与来源	主要管控的法规	限量要求
黄麻和剑麻袋、涂蜡包装材料、油墨、回收纸、罐头用润滑油、添加剂等	瑞士 Verordnung 817.023.21, 2005 ^[38]	MOAH 迁移量 < 0.1 mg/L
	德国针对回收纸板(干性和非脂类食品)中矿物油的第 3 版立法草案 ^[39]	符合以下条件, 回收纸可用于食品接触: ≤24 MOSH mg/kg 纸或纸板 ≤6 MOAH mg/kg 纸或纸板
	欧盟(EU) 2017/84 监测食品中以及 与食品接触的材料和物品中的矿物油碳氢化合物 ^[40]	≤0.5 MOAH(C16-C35)mg/kg 食品

本文选择了近年来在食品安全领域热点关注的几种有害物质,邻苯二甲酸酯类、双酚类物质及其衍生物、甲醛和矿物油,对其危害、来源、国内外限量和检测方法进行了综述。对以上有害物质的毒理研究或风险评估可以建立在灵敏度高、检测结果准确稳定的检测方法的基础上。邻苯二甲酸酯类推荐固相萃取结合气质的方法,双酚类物质的质谱检测方法推荐使用固相萃取进行净化,甲醛使用分光光度法可以满足检测要求,矿物油则推荐使用离线气相色谱仪方法,必要时使用大体积进样器以降低基质干扰。

参考文献

- [1] GB 4806.1-2016 食品安全国家标准 食品接触材料及制品通用安全要求[S].
GB 4806.1-2016 Food safety national standards-General rules for food contact materials and products [S].
- [2] 马爱进. 国内外食品接触材料标准体系状况及对策建议[J]. 中国食物与营养, 2008, (10): 32–33.
Ma AJ. Status and strategies on domestic and foreign standards system of materials and its products [J]. Food Nutr Chin, 2008, (10): 32–33.
- [3] 王健健, 生吉萍. 欧美和我国食品包装材料法规及标准比较分析[J]. 食品安全质量检测学报, 2014, 5(11): 3548–3552.
Wang JJ, Sheng JP. Analysis on food packaging materials laws and regulations and standards between China and some developed countries [J]. J Food Saf Qual, 2014, 5(11): 3548–3552.
- [4] 徐毅, 薛山, 贺雅非, 等. 食品包装中增塑剂 DEHP 毒性特点及迁移研究进展[J]. 食品工业科技, 2013, 34(21): 385–389.
Xu Y, Xue S, He ZF, *et al.* Toxicity characteristics and migration studies on plasticizer DEHP in food packaging [J]. Sci Technol Food Ind, 2013, 34(21): 385–389.
- [5] GB 9685-2016 食品安全国家标准 食品接触材料及制品用添加剂使用标准[S].
GB 9685-2016 Food safety national standards-Use of additives in food contact materials and products [S].
- [6] (EU) No 10/2011 of 14 January on plastic materials and articles intended to come into contact with food [S].
- [7] Yang JL, Li YX, Wu X, *et al.* Gas chromatography-triple quadrupole tandem mass spectrometry for successive single-surface migration study of phthalate esters from polythene film [J]. Food Control, 2017, 73: 1134–1144.
- [8] 陈进, 周静, 陈梦, 等. 塑料饮用吸管中塑化剂迁移量的气相色谱-质谱测定法[J]. 环境与健康杂志, 2016, 33(8): 744–746.
Chen J, Zhou J, Chen M, *et al.* Determination of migration of plasticizer in plastic drinking straw with gas chromatography-mass spectrometry [J]. J Environ Health, 2016, 33(8): 744–746.
- [9] Yan ZJ, He M, Chen BB, *et al.* Magnetic covalent triazine framework for rapid extraction of phthalate esters in plastic packaging materials followed by gas chromatography-flame ionization detection [J]. J Chromatogr A, 2017, 1525: 32–41.
- [10] 万文博, 李劭彤, 李巧玲. 高效液相色谱法测定食用油中塑化剂的含量[J]. 中国食品添加剂, 2014, (2): 220–224.
- Wan WB, Li ST, Li QL. Determination of plasticizers content in edible oil by high performance liquid chromatography [J]. Chin Food Addit, 2014, (2): 220–224.
- [11] 彭丽英, 王卫国, 王新, 等. 离子迁移谱快速筛查白酒中痕量邻苯二甲酸酯的研究[J]. 分析化学, 2014, 42(2): 278–282.
Peng LY, Wang WG, Wang X, *et al.* Rapid screening of trace phthalate esters in wine using ion mobility spectrometry [J]. Chin J Anal Chem, 2014, 42(2): 278–282.
- [12] Fang HQ, Wang J, Robert A. Short communication: Migration of di (2-ethylhexyl) phthalate (DEHP) and di-n-butylphthalate (DBP) from polypropylene food containers [J]. Food Control, 2017, 73: 1298–1302.
- [13] 王杰, 谭雄翠, 陈东鹏, 等. 食品接触材料中多种添加剂高通量检测方法的研究[J]. 食品工业, 2018, 39(11): 305–309.
Wang J, Tan XC, Chen DP, *et al.* Study on high-throughput detection method of various additives in food contact materials [J]. Food Ind, 2018, 39(11): 305–309.
- [14] 张宁, 王彦, 王薇薇, 等. 高效液相色谱三重四级杆质谱联用法同时测定食品接触材料中 12 种塑化剂和抗氧化剂[J]. 现代生物医学进展, 2018, 18(14): 32–40.
Zhang N, Wang Y, Wang WW, *et al.* Simultaneous determination of plasticizers and antioxidants in food contact materials by high performance liquid chromatography/triple quadrupole mass spectrometry [J]. Progress Mod Biomed, 2018, 18(14): 32–40.
- [15] Kuruto-Niwa R, Nozawa R, Miyakoshi T, *et al.* Estrogenic activity of alkylphenols, bisphenol S, and their chlorinated derivatives using a GFP expression system [J]. Environ Toxicol Pharmacol, 2005, 19(1): 121–130.
- [16] 于杰, 周静, 江澜, 等. 高效液相色谱荧光法测定食品包装材料中双酚 A 及双酚 S 的迁移量[J]. 粮食与食品工业, 2017, 24(3): 61–70.
Yu J, Zhou J, Jiang L, *et al.* Determination of bisphenol A and bisphenol S in food packaging materials by high performance liquid chromatography with fluorescence spectrometry [J]. Cere Food Ind, 2017, 24(3): 61–70.
- [17] Zhou Q, Gao Y, Xie G. Determination of bisphenol A, 4-n-nonylphenol, and 4-tert-octylphenol by temperature-controlled ionic liquid dispersive liquid-phase microextraction combined with high performance liquid chromatography-fluorescence detector [J]. Talanta, 2011, 85: 1598–1602.
- [18] 王涛, 马明, 邵敏, 等. 高效液相色谱法同时测定塑料食品接触材料中双酚 S、双酚 A 和 4, 4'-二氯二苯砜的迁移量[J]. 理化检验-化学分册, 2017, 53(12): 1398–1402.
Wang T, Ma M, Shao M, *et al.* Simultaneous determination of migration of bisphenol s, bisphenol a and 4, 4'-dichlorodiphenyl sulfone in plastic food contact materials by HPLC [J]. Phys Test Chem Anal Part B: Chem Anal, 2017, 53(12): 1398–1402.
- [19] Sadeghi M, Nematifar Z, Fattahi N, *et al.* Determination of bisphenol A in food and environmental samples using combined solid-phase extraction-dispersive liquid-liquid Microextraction with solidification of floating organic drop followed by HPLC [J]. Food Anal Methods, 2016, 9(6): 1814–1824.
- [20] 梁锡镇, 隋海霞, 李丹, 等. 液相色谱-三重四级杆质谱同时测定食品接触材料中双酚 A、双酚 F 与双酚 S 的迁移量[J]. 分析测试学报, 2018, 37(1): 87–91.
Liang XZ, Shui HX, Li D, *et al.* Determination on migration of bisphenol A, bisphenol F and bisphenol S in food contact materials by liquid chromatography-tandem mass spectrometry [J]. J Instrum Anal, 2018,

- 37(1): 87–91.
- [21] 周利英, 骆海清. 国内外食品接触材料中双酚 A 的规定和检测方法[J]. 中国食品卫生杂志, 2016, 28(6): 787–790.
- Zhou LY, Luo HQ. The domestic and foreign regulations and detection methods for bisphenol A in the food contact materials [J]. Chin J Food Hyg, 2016, 28(6): 787–790.
- [22] 廖勤俭, 安明哲, 李杨华, 等. 高效液相色谱飞行时间质谱联用法检测食品包装材料迁移物双 S[J]. 酿酒科技, 2017, (7): 121–123.
- Liao QJ, An MZ, Li YH, *et al.* Determination of the migration of bisphenol s in food packaging materials by LC-QTOF [J]. Liquor-Mak Scie Technol, 2017, (7): 121–123.
- [23] 毛丽莎, 周鑫, 黄世权, 等. 高效液相色谱-串联质谱法同时测定食品接触材料中 11 种双酚 A 类和 3 种烷基酚类化合物迁移量[J]. 食品安全质量检测学报, 2020, 11(4): 1072–1080.
- Mao LS, Zhou X, Huang SQ, *et al.* Simultaneous determination of 11 bisphenol A and 3 alkyl phenolic compounds in food contact materials by HIGH performance liquid chromatography-tandem mass spectrometry [J]. J Food Saf Qual, 2020, 11(4): 1072–1080.
- [24] 李灿明, 柏建国. HPLC 法测定食品接触材料中 BPA 迁移量的不确定度评定[J]. 食品研究与开发, 2017, (18): 168–172.
- Li CM, Bai JG. Uncertainty evaluation for the determination of bisphenol a migration of food contacted materials by HPLC [J]. Food Res Dev, 2017, (18): 168–172.
- [25] 江丽, 李亚光, 程杰西, 等. 解剖实验技术人员如何预防甲醛危害[J]. 中国继续医学教育, 2017, 6(3): 121–122.
- Jiang L, Li YG, Cheng JX, *et al.* How to prevent the harm of formaldehyde for anatomical laboratory technician [J]. Chin Contin Med Ed, 2017, 6(3): 121–122.
- [26] GB 4806.10-2016 食品安全国家标准 食品接触用涂料及涂层[S].
- GB 4806.10-2016 Food safety national standards-Paints and coatings for food contact [S].
- [27] GB/T 24398-2009 植物纤维一次性筷子[S].
- GB/T 24398-2009 Vegetable fiber disposable chopsticks [S].
- [28] 德国 BfR 《食品接触用塑料建议》[Z].
- German BfR "suggestions on plastics for food contact" [Z].
- [29] 韩国食品器具、容器、包装标准与规范[Z].
- Korea standards and specifications for utensils, containers and packaging for food products [Z].
- [30] 高梦雅. 食品接触材料纸片中甲醛迁移量的检测分析[J]. 食品安全导刊, 2019, (24): 117.
- Gao MY. Detection and analysis of formaldehyde migration in paper sheets of food contact materials [J]. Chin Food Saf Magaz, 2019, (24): 117.
- [31] 姜欢, 商贵芹, 季玮玉, 等. 有机涂层食品接触材料中甲醛在食品模拟物中迁移规律的研究[J]. 食品安全质量检测学报, 2015, 6(11): 4635–4639.
- Jiang H, Shang GQ, Ji WY, *et al.* Migration rules of formaldehyde in food simulants from organic coating of food contact materials [J]. J Food Saf Qual, 2015, 6(11): 4635–4639.
- [32] 李杏华, 潘婉筠, 白卫滨, 等. 气质联用检测食品接触材料纸和纸板的甲醛含量[J]. 食品研究与开发, 2017, 38(1): 117–122.
- Li XH, Pan WJ, Bai WB, *et al.* Gas chromatography-mass spectrometry determination of food contact materials-formaldehyde content of paper and board [J]. Food Res Dev, 2017, 38(1): 117–122.
- [33] 李波平, 刘能盛, 李政军, 等. 纸质食品接触材料中甲醛与残留化学物迁移规律的研究[J]. 广东化工, 2014, 41(277): 59–60.
- Li BP, Liu NS, Li ZJ, *et al.* Research on the law of formaldehyde migration and overall chemicals migration from paper-made food contact materials [J]. Guangdong Chem Ind, 2014, 41(277): 59–60.
- [34] 张海亮, 汪文杰, 江建华. 高效液相色谱法测定食品接触材料中甲醛迁移量[J]. 粮食科技与经济, 2018, 43(7): 45–48, 60.
- Zhang HL, Wang WJ, Jiang JH. Determination of formaldehyde migration in food contact materials by high efficiency liquid chromatography [J]. Grain Sci Technol Econ, 2018, 43(7): 45–48, 60.
- [35] 刘宪军, 周法东, 张霞文, 等. 高效液相色谱法检测食品接触材料甲醛和 2-甲酚聚合物中甲醛的迁移量[J]. 食品与营养科学, 2018, 7(3): 153–158.
- Liu XJ, Zhou FD, Zhang XW, *et al.* Determination of formaldehyde in formaldehyde and 2-cresol polymers by foodstuffs by HPLC [J]. J Food Nutr Sci, 2018, 7(3): 153–158.
- [36] European Food Safety Authority (EFSA) (2012). Scientific opinion on mineral oil hydrocarbons in food [Z].
- [37] 杨春艳, 柯润辉, 安红梅, 等. 食品中烃类矿物油的污染情况及迁移研究进展[J]. 食品与发酵工业, 2017, 43(2): 258–264.
- Yang CY, Ke RH, An HM, *et al.* Research progress on contamination and migration of mineral oil hydrocarbons in food [J]. Food Ferment Ind, 2017, 43(2): 258–264.
- [38] 瑞士 Verordnung 817. 023. 21, 2005[S].
- Switzerland Verordnung 817. 023. 21, 2005 [S].
- [39] 德国针对回收纸板(干性和非脂类食品)中矿物油的第 3 版立法草案[Z].
- Germany's third draft legislation on the recovery of mineral oil in cardboard (dry and non-fat food) [Z].
- [40] Commission Recommendation (EU) 2017/84 of 16 January 2017 on the monitoring of mineral oil hydrocarbons in food and in materials and articles intended to come into contact with food [S].
- [41] Grob K, Biedermann M, Caramaschi A, *et al.* LC-GC analysis of the aromatics in a mineral oil fraction: Batching oil for jute bags [J]. J High Resolut Chromatogr, 1991, 14(1): 33–39.
- [42] Fiselier K, Grob K. Determination of mineral oil paraffins in foods by on-line HPLC-GC-FID: Lowered detection limit contamination of sunflower seeds and oils [J]. Eur Food Res Technol, 2009, 229: 679–688.
- [43] Zurfluh M, Biedermann M, Grob K. Enrichment for reducing the detection limits for the analysis of mineral oil in fatty foods [J]. J Consum Prot Food Saf, 2014, 9: 61–69.
- [44] 优格网. 优格抽检 9 款婴儿奶粉, 可瑞佳雅培等 5 款亮红灯[OL]. [2015-05-13]. <https://www.okoer.com/report/milkpowder>
- Okoeer. com. Okoeer has made sampling for nine kinds of infant milk powder, finding out that five kinds including Karicare and Abbott were in danger [OL]. [2015-05-13]. <https://www.okoer.com/report/milkpowder>
- [45] 张玉霞, 刘肖肖, 梁青, 等. 气相色谱法测定食品包装纸中饱和烃矿物油迁移量[J]. 标准科学, 2017, (6): 70–74.
- Zhang YX, Liu XX, Liang Q, *et al.* Determination the migration amount of MOSH in food packaging paper by gas chromatography [J]. Stand Sci, 2017, (6): 70–74.
- [46] 杨春艳, 张九魁, 柯润辉, 等. SPE-PTV-GC-FID 法定量分析食用植物油中的饱和烃类矿物油[J]. 中国食品添加剂, 2018, (1): 165–174.

- Yang CY, Zhang JK, Ke RH, *et al.* Quantitative analysis of mineral oil saturated hydrocarbons (MOSH) in edible vegetable oils by solid phase extraction-programmed temperature vaporizer-gas chromatography-flame ionization detection (SPE-LVI-GC-FID) method [J]. *Chin Food Addit*, 2018, (1): 165–174.
- [47] 刘玲玲, 武彦文, 李冰宁, 等. 固相萃取-大体积进样-气相色谱法定量分析油茶籽油中的矿物油[J]. *分析化学*, 2016, 44(9): 1419–1424.
- Liu LL, Wu YW, Li BN, *et al.* An off-line solid phase extraction combined with large volume injection-gas chromatography-flame ionization detection method for determination of mineral oil saturated hydrocarbons in camellia seed oils [J]. *Chin J Anal Chem*, 2016, 44(9): 1419–1424.
- [48] 李克亚, 钟怀宁, 胡长鹰, 等. SPE-GC-FID 法检测食品包装纸中的矿物油[J]. *食品工业科学*, 2015, 36(19): 280–285.
- Li KY, Zhong HN, Hu CY, *et al.* Determination of mineral oil in food packaging paper by solid phase extraction-gas chromatography-flame ionization detector [J]. *Sci Technol Food Ind*, 2015, 36(19): 280–285.
- [49] 柯润辉, 杨春艳, 胡雪, 等. 固相萃取-气相色谱法定量分析橄榄油中饱和烃矿物油和芳香烃矿物油[J]. *分析化学*, 2018, 46(10): 1677–1684.
- Ke RH, Yang CY, Hu X, *et al.* Off-line solid phase extraction combined with gas chromatography-flame ionization detection method for determination of mineral oil saturated and aromatic hydrocarbons in olive oils [J]. *Chin J Anal Chem*, 2018, 46(10): 1677–1684.
- [50] 刘玲玲, 张贞霞, 李冰宁, 等. 离线 SPE-LVI-GC-FID 法分析婴儿配方奶粉中的饱和烃类矿物油[J]. *食品科学*, 2017, 38(22): 303–308.
- Liu LL, Zhang ZX, Li BN, *et al.* Off-line solid phase extraction-large volume injection-gas chromatography-flame ionization detection (SPE-LVI-GC-FID) for the analysis of mineral oil saturated hydrocarbons in infant formula [J]. *Food Sci*, 2017, 38(22): 303–308.

(责任编辑: 韩晓红)

作者简介

胡雪, 高级工程师, 主要研究方向为检测分析。
E-mail: jthuxue@yili.com

“食品添加剂与配料的研发与检测”专题征稿函

食品添加剂是为改善食品色、香、味等品质, 以及为防腐和加工工艺的需要而加入食品中的人工合成或者天然物质。食品添加剂是食品工业发展的必然产物, 食品添加剂法规和标准是保证其安全使用和保护消费者健康的重要措施。

鉴于此, 本刊特别策划了“食品添加剂与配料的研发与检测”专题, 由天津科技大学食品科学与工程学院王浩副教授担任专题主编, 主要围绕添加剂作用及原理、添加剂的开发与应用、添加剂的安全性、食品中的非法添加物、添加剂的安全标准法规等方面或您认为有意义的相关领域展开论述和研究, 综述及研究论文均可。本专题计划在 2020 年 8–9 月出版。

鉴于您在该领域的成就, 学报主编国家食品安全风险评估中心吴永宁研究员及专题主编天津科技大学食品科学与工程学院王浩副教授特别邀请有关食品领域研究人员为本专题撰写稿件, 以期进一步提升该专题的学术质量和影响力。综述及研究论文均可, 请在 2020 年 6 月 30 日前通过网站或 E-mail 投稿。我们将快速处理并经审稿合格后优先发表。

同时烦请您帮忙在同事之间转发一下, 希望您能够推荐该领域的相关专家并提供电话和 E-mail。再次感谢您的关怀与支持!

投稿方式(注明专题**食品添加剂与配料的研发与检测**):

网站: www.chinafoodj.com(备注: 投稿请登录食品安全质量检测学报主页-作者登录-注册投稿-投稿选择“专题: **食品添加剂与配料的研发与检测**)

邮箱投稿: E-mail: jfoodsqa@126.com(备注: **食品添加剂与配料的研发与检测**专题投稿)

《食品安全质量检测学报》编辑部