

研究报告

国内外食品接触用再生塑料管理模式研究及分析

邢航,张泓,李倩云,朱蕾

(国家食品安全风险评估中心,北京 100022)

摘要:目的 研究美国、欧盟、日本、韩国等国家和地区食品接触用再生塑料的管理模式,分析其先进做法,对我国相应管理措施的建立提出建议。方法 收集各国和地区食品接触用再生塑料相关法律、法规、指南文件等,从管理机构与职责、管理概况及审批程序、安全性评估方法、现阶段工作进展等4方面分析美国、欧盟、日本、韩国等国家和地区的食品接触用再生塑料的管理模式,比较异同点,研究分析其中可供我国参考借鉴的内容。结果 欧美等主要发达国家和地区对食品接触用再生塑料均建立了较为成熟的管理措施,以风险评估为基础开展针对性的管控。结论 建议我国综合借鉴欧美经验,进一步摸清行业现状、开展系统性安全性评估研究,探索和建立适合我国国情的风险管理措施。

关键词:食品接触材料及制品;食品接触用再生塑料;再生塑料

中图分类号:R155 文献标识码:A 文章编号:1004-8456(2022)06-1179-06

DOI:10.13590/j.cjfh.2022.06.09

Research and analysis on management mode of recycled plastics for food contact at home and abroad

XING Hang, ZHANG Hong, LI Qianyun, ZHU Lei

(National Center for Food Safety Risk Assessment, Beijing 100022, China)

Abstract: Objective To study the management mode of recycled plastics in food contact materials in the United States, European Union, Japan, the Republic of Korea and other countries and regions, their practices were analyzed, and suggestions on the establishment of corresponding management measures in China were put forward. **Methods** The laws, regulations and guidance from different countries and regions on recycled plastics in food contact materials was collected. The management mode on recycled plastics in food contact materials was analyzed and compared from 4 aspects: management organization and responsibilities, management overview and approval procedures, safety assessment methods and current work progress. The content which could be used for reference in China was analyzed through comparison of the similarities and differences. **Results** Major developed countries and regions have established relatively mature management measures for recycled plastics in food contact, and carried out targeted management and control based on risk assessment. **Conclusion** It is suggested that China should draw lessons from the experience of Europe and the United States, further find out the current situation of the industry, carry out systematic safety assessment and research, and explore and establish risk management measures which are suitable for local conditions.

Key words: Food contact materials and products; recycled plastics in food contact materials; recycled plastics

联合国明确提出加强塑料废弃物回收再利用是实现千年可持续发展目标的重要内容^[1]。目前世界各国和地区均普遍制定了再生塑料循环经济战略目标。塑料是生产食品接触材料的重要原料,推动塑料再生用于食品接触材料是实现可持续发展目标的关键环节,近年来备受社会各界关注。目前已有多

国家和地区允许再生塑料用于食品包装。由于塑料原料来源广泛、污染源复杂、风险未知,在我国推广再生塑料应用于食品接触材料需开展系统的安全性和可行性研究。本文通过梳理欧盟、美国、日本、韩国等主要国家和地区食品接触用再生塑料的管理模式,深入了解其在管理范围、管理方式、评估方法等,为建立适合于我国国情的食品接触用再生塑料风险管理模式提供依据。

1 管理机构与职责

用于食品接触的再生塑料材料及制品的本质仍属于食品接触材料的范畴,因此各国基本均由食

收稿日期:2022-10-11

基金项目:国家自然科学基金委 食品接触材料的风险评估(32061160474)

作者简介:邢航 女 助理研究员 研究方向为食品安全标准管理

E-mail:xinghang@cfssa.net.cn

通信作者:朱蕾 女 研究员 研究方向为食品安全标准管理

E-mail:zhulei@cfssa.net.cn

品接触材料相关管理机构管理该类材料。

欧盟委员会将再生塑料的生产工艺作为食品接触材料新品种的一种进行管理。各成员国的主管部门接收申请后提交“欧洲食品安全局(European Food Safety Authority, EFSA)”, EFSA 负责组织开展食品接触材料新品种安全性评估工作,具体由其管理的“食品接触材料、酶制剂、添加剂和加工助剂工作组(Panel on Food Contact Materials, Enzymes, Flavourings and Processing Aids, CEF)”负责评估,欧盟委员会则通过更新法规的形式批准 EFSA 评估通过的产品及其再生工艺^[2]。

“美国食品药品监督管理局(Food and Drug Administration, FDA)”全面负责再生材料的安全性评估和风险管理工作,具体由美国 FDA 的下设机构“食品安全与应用营养中心(Center for Food Safety and Applied Nutrition, CFSAN)”中的“食品添加剂安全办公室(Office of Food Additive Safety, OFAS)”负责^[3]。

日本由厚生劳动省负责食品接触用再生塑料管理,生产企业及进口企业需要向厚生劳动省医药食品局提交相关文件,最终由食品安全委员会确认是否允许使用^[4]。在韩国,由食品药品监督管理局和环保部共同管理食品接触用再生塑料材料^[5]。

2 管理概况及审批程序

2.1 管理概况

欧盟委员会于 2022 年颁布新法规《关于预期接触食品的再生塑料及制品》(EU)2022/1616,法规要求只有经过 EFSA 许可的再生工艺所生产的再生塑料方可进入市场,上市后的再生塑料与原生塑料一样均需符合《关于预期接触食品的材料及制品》(EC)No 1935/2004^[6]和《关于预期接触食品的塑料材料及制品》(EU)No 10/2011^[7]及其修正案的要求^[8]。此外,EFSA 还发布了《预期接触食品的再生塑料安全性评估资料要求指南》(以下简称“欧盟指南”),用于指导申请人提交相关申请资料^[9]。

美国允许食品级或经安全性评估的再生塑料用于食品包装,但未制定专门针对食品接触用再生塑料的法规,要求再生塑料执行原生塑料同等要求,即符合“《美国联邦法规汇编》第 21 章(21 Code federal regulation, 21 CFR)”规定的质量规格与限量要求。美国 FDA 要求企业自愿向美国 FDA 申请对再生塑料材料进行安全性评估,发布的《用于食品包装的再生塑料的行业指南(化学方面)》(以下简称“美国 FDA 指南”)用于指导企业准备申请资料。对于评估后认为安全风险可接受的,美国 FDA 将向

申请企业出具“不反对信”^[10]。

日本于 2012 年发布《关于在食品用器具以及容器包装中使用再生塑料材料的相关指南》(以下简称“日本指南”),其中要求再生塑料也应符合《食品卫生法》第 16、18 条规定,即与原生塑料要求相一致^[4]。

韩国 2021 年在修订后的《器皿、容器和包装物的标准与规格》中明确,申请企业的再生塑料碎片和粒料应通过环境部的审批、符合《废弃物管理法》的规定,其终产品应获得食品药品监督管理局安全性审批后上市,且符合该标准的规定^[5]。

2.2 管理对象

目前欧盟主要针对物理“再生聚对苯二甲酸乙二醇(Recycleed polyethylene terephthalate, rPET)”进行安全性评估。欧盟(EU)2022/1616 法规规定,只有“合适的再生技术”生产的再生塑料方可用于食品接触,并在附录 I 中明确已被该法规授权的再生技术,包括使用物理再生工艺生产的 rPET(但不同工艺流程仍需单独授权后使用)和生产线闭环回收塑料(不同工艺流程不需要再单独授权),其余新技术需经评估后方可使用^[8]。

美国 FDA 评估的对象不仅包括 rPET,也包括再生 PE、PP 等材料。美国 FDA 按照再生工艺将再生塑料分为 3 级;1 级为工厂里未进入市场的边角料;2 级为通过粉碎、清洗、熔融等不改变基础聚合物种类的物理再生工艺生产的再生塑料;3 级为通过水解、甲醇分解或糖解等将塑料制品解聚为单体、起始物后重新聚合的化学再生工艺生产的再生塑料。其中,美国 FDA 认为 1 级产品预期对于消费者的危害可以接受,不需要进行专门的安全性评估;2 级和 3 级再生塑料应经过安全性评估,其中由 3 级再生工艺生产的 rPET 和“再生聚萘二甲酸乙二醇酯(Recycled polyethylene naphthalate, rPEN)”可不需要安全性评估和获得“不反对信”^[10]。

日本指南中按照原料的品质将其分成 3 类,1 类为工厂生产线回收的边角料,2 类为消费后的食品级容器且未受到其他污染的,3 类为除 1、2 类以外方法回收的原料(可能混有非食品级原料或其他污染物等等)。规定了物理再生工艺应选择 1、2 级原料,化学再生工艺可不受原料类别限制^[4]。

韩国《器皿、容器和包装物的标准与规格》规定,由物理再生工艺制成的 rPET 且被认定为符合附录 4 要求的和由化学再生工艺制成的再生塑料材料及制品可以用于食品接触^[5]。

2.3 申请资料要求

各国对于食品接触用再生塑料的安全性评估

主要评估原料和制品的安全性,并通过挑战试验证明再生工艺的去污有效性,相关申请资料主要围绕这两个方面。

欧盟的食品接触材料新品种审批分为行政审核和安全性评估两个大步骤,以成员国授权管理机构提交申请开始,EFSA 接收后开始安全性评估,到欧盟委员会采纳 CEF 的科学意见结束。欧盟指南规定申请用于食品接触的再生塑料需提交的资料主要包括:基本信息、申请人信息和再生工艺具体信息。再生工艺具体信息需提供再生过程、投入料描述、污染物去污效率评估、再生塑料参数信息、预期使用条件、合规情况以及生产过程分析与评估^[2]。

美国 FDA 指南中详尽阐述了申请安全性评估所需的材料要求,主要包括三个大方面,再生过程完整的描述(包括消费后的塑料材料来源)、可以证明再生过程有效去除了可能附带污染物的测试结果(替代试验结果)、再生塑料的预期使用条件和膳食暴露评估结果^[10]。

日本厚生劳动省规定企业在对再生塑料材料进行个案申请时,需要提交包括与涵盖原料管理、再生工序的一系列生产工序相关的信息;原料的信息;生产工艺的去污效率试验结果证明(挑战试验结果);与生产品质管理相关的信息;《食品卫生法》的符合情况;与最终产品相关的信息;国际允许使用情况等资料^[4]。

韩国食品药品管理局尚未明确列出安全性认证申请所需的各项材料,但在标准中明确了物理法 rPET 用于制造器具、容器和包装的回收合成树脂标准;其中包括生产标准(投入料和再生过程)、替代污染物去除标准(迁移量、残留量要求和去污效率、挑战试验方法)和终产品标准。这些信息也可视为在申请时所需提交的资料内容^[5]。

3 安全性评估方法

目前国际上对于再生塑料的评估主要评估其原料和制品的安全性,并通过挑战试验证明再生工艺的去污有效性。由于 EFSA 和美国 FDA 开展相关研究较早,并提出一套较为成熟的方法,因此国际上其他国家和地区均借鉴欧美方法或直接采信。如日本的挑战试验和安全性评估均采用美国 FDA 方法;韩国则为挑战试验使用美国 FDA 方法、安全性评估采用 EFSA 方法^[4-5]。

3.1 消费后塑料中的污染物来源分析

EFSA 在《以物理再生工艺生产的食品接触用 rPET 塑料材料及制品的安全性评估意见》中列举了所有可能的污染物来源,包括误用导致的食物级

PET 容器被污染(如储存化学品等)、使用未经许可的添加剂或非食品级 PET、来自 PET 以外的化学材质(如聚氯乙烯标签)、再生工艺中使用的化学品(如洗涤剂、碱液等)、PET 的降解产物(如高温过程中裂解的小分子物质等)和 PET 容器上可能残留物质。由于上述污染物可能通过 rPET 包装迁移至食品中,因此这些污染物是安全性评估的重点^[11]。

美国 FDA 认为经 2 级、3 级再生工艺生产的塑料,其污染物残留量很低,应重点考虑由消费者误用引入污染物会通过包装迁移到食品^[10]。

3.2 替代污染物试验(挑战试验)

在评估再生工艺的去污有效性时,各国一般均要求进行替代污染物试验。替代污染物试验的基本原理是假设所有进入到再生工艺环节的投入料均受到了污染,通过一定浓度水平的替代污染物人为污染原生塑料后,经过再生工艺生产获得再生料,通过对比再生料中替代污染物的残留水平与初始污染水平,考察再生工艺的去污效率。试验主要通过以下步骤进行。

3.2.1 污染物选择

美国 FDA 根据化学结构和特性提出了 5 个类别 14 种建议替代污染物来代表常见的污染物,包括氯仿等 4 种挥发性极性有机物、甲苯一种挥发性非极性有机物、二苯甲酮等 2 种非挥发性极性有机物、二十四碳烷等 6 种非挥发性非极性有机物和 2-乙基己酸铜(II)一种重金属盐^[10]。

EFSA 在替代污染物方面与美国 FDA 略有不同,提出 4 类 7 种替代污染物,包括氯苯 1 种挥发性极性有机物、甲苯 1 种挥发性非极性有机物、二苯甲酮等 2 种非挥发性极性有机物、林丹 3 种非挥发性非极性有机物。EFSA 研究认为替代污染物应为常见化学物质,能够具有代表性和相关化学结构,且在挑战试验过程中具有化学稳定性,最终分析时易于量化。在经过欧盟项目 FAIR-CT-98-4318 的研究和大量挑战试验后,选取了一组包括氯苯、甲苯、苯基环己烷、二苯甲酮和硬脂酸甲酯等作为常用替代污染物^[13]。

3.2.2 对塑料进行污染

替代污染物试验可以通过两种方式进行,一种是将原生塑料制成容器,灌满替代污染物(纯溶液或实际使用浓度),可以使用己烷作为稀释剂。另一种做法是将原料浸泡于特定浓度(纯溶液或实际使用浓度)的污染物中,此做法有利于减少有害废弃物。美国 FDA 浸泡条件为 40 °C、14 d 并进行周期性搅拌。而 EFSA 认为这样的条件易产生大量废弃污染物,其通常做法是将塑料在 50 °C、7 d 的高温

条件下或 40 °C、14 d 的条件下浸泡^[10-12]。

3.2.3 经再生工艺后分析测试

由以上步骤进行的替代试验能够代表最严苛情况,即假设所有进入到回收工艺环节的投入料均受到了污染。将污染后的容器或碎片通过再生工艺生产后分析、检测所得塑料瓶或碎片的替代污染物残留浓度,与污染浓度进行比较后计算该再生工艺的去污效率。

3.3 安全性评估

EFSA 采用毒理学关注阈值(TTC)方法评估 rPET 的安全性,计算获得不同人群的可接受迁移水平。TTC 中具有遗传毒性警示结构的阈值为 0.15 μg/d,成年人(60 kg 体质量)摄入量为 0.002 5 μg/kg·BW·d,低于此膳食暴露水平被视为不会产生健康风险。基于婴儿、幼儿和成年人不同体质量的食物消费量和迁移扩散模型,确定了可接受的污染物迁移水平分别为 0.1、0.15 和 0.75 μg/kg(食品质量)。通过挑战试验得到的去污效率和假设参考污染水平,计算得出 rPET 中的污染物残留水平(Residual concentration, Cres);通过不同人群的污染物可接受迁移水平和公认保守的迁移模型,可计算出未知污染物的可接受残留水平(Conservative concentrations, Cmod)。当每种污染的 Cres 均不超过 Cmod 时,即可判定该生产工艺得到的 rPET 对人体不会造成健康风险^[11]。

美国 FDA 通过残留物最大可接受水平估算并基于 21 CFR 170.39 中设定的来自食品接触材料管理阈值,认为污染物的每日估计摄入量不超过 1.5 μg/d 时,对人体不会造成健康风险。美国 FDA 通过对 PET 密度、容器厚度、最严苛的应用场景和污染物全迁移假设,得出去污后的 rPET 中污染物残留量的安全阈值为 220 μg/kg,即如果 rPET 中每种污染物残留量不超过 220 μg/kg 可判定该生产工艺生产获得的 rPET 对人体不会造成健康风险;并用同样的方法计算出其他塑料材质的染物残留量的安全阈值^[10],见表 1。

表 1 不同再生塑料材质的污染物最大残留量

Table 1 Maximum residual amount of pollutants of different recycled plastic materials

再生塑料材质	密度/(g/cm ³)	污染物最大残留量/(μg/kg)
PET	1.4	220
聚丙烯(PS)	1.05	300
聚氯乙烯(PVC)	1.58	200
聚氨酯(PO)	0.965	320

4 各国食品接触用再生塑料工作进展

欧盟在新旧法规下目前尚未批准再生塑料的申

请,在原(EC)No. 282/2008^[12]法规下认可通过“行政审查”的再生过程为 89 种^[14]。欧盟委员会在 2022 年 9 月发布实施了替代 EC No. 282/2008 的法规(EU) 2022/1616。该法规进一步细化了再生塑料相关要求,包括再生塑料的生产、合适的再生技术、装置、消费后塑料的回收及其污染物的去除、再次上市使用、质量控制和逐项审批等细节。

根据美国 FDA 官网数据,截至 2022 年 5 月美国 FDA 已对 266 种塑料材质出具了“不反对信”,其中针对 rPET 的“不反对信”有 186 份,占比 69.9%。美国 FDA 在其官网公布了“不反对信”的出具时间、申请企业名称、所采用的再生工艺、使用限制条件和塑料材质。在出具的“不反对信”中会详尽描述再生塑料的产品类别、使用范围及使用量、接触食品的类别及条件、原料要求和产品质量要求^[15]。

需要注意,欧盟和美国批准或允许的食品接触用再生塑料适用于申请企业和申请企业授权使用企业。除欧盟和美国外,加拿大、日本、韩国、南方共同市场、中国台湾地区等也相继制定了法规或技术指南对再生塑料加以管理^[4-5,16-18]。

5 我国食品接触用再生塑料安全性管理模式启示

综上所述,欧美等主要发达国家和地区对食品接触用再生塑料均建立了较为成熟的管理措施,以风险评估为基础开展针对性的管控。我国 2018 年废止原卫生部发布的《食品用塑料包装、容器、工具等制品生产许可审查细则》^[19]后,尚缺乏针对食品接触用再生塑料的专门管控措施,仅原国家质检总局和原卫生部批准了一家企业允许其生产食品接触用 rPET^[20]。

由于我国在资源回收再利用和生活废物分类等领域起步较晚,再生塑料生产原料材料来源复杂,再生工艺又各不相同,将再生塑料应用于食品接触材料在终产品和再生工艺去污效率方面均未经系统评估,对人体是否会产生健康风险未知,急需开展系统的风险评估工作,为建立适合于我国国情的食品接触用再生塑料风险管理措施提供科学依据。鉴于上述问题,提出以下工作建议。

5.1 摸清我国行业发展现状

通过系统的行业调查,摸清我国拟应用于食品接触材料的再生塑料行业生产、使用的实际应用情况,初步了解企业所用再生工艺、关注的污染物、质量控制措施和预期接触的食品类别等重点信息。考虑到欧盟已是多年前有针对性地开展 rPET 中污染物调查^[12],其所推荐的替代污染物种类和浓度不足以反映我国再生塑料的实际污染情况。因此,应

通过实地调研并在我国再生塑料生产企业生产线取样,通过危害物筛查、迁移规律和机理研究,进一步获得我国再生塑料中的典型污染物信息,为开展有针对性的安全性评估提供资料。

5.2 建立系统的安全性评估方法

欧美等发达国家和地区已经开展了再生塑料材料的安全性评估研究,尤其是 rPET 材料的研究已相对成熟,其他国家基本均主要参考欧美模式。我国可综合借鉴欧美经验,在摸清行业现状和典型污染物种类的前提下,以最大程度保护我国居民健康为基本原则,确定适用于我国的替代污染物种类、初始污染浓度和可接受的暴露水平等,在我国建立以挑战试验为基础的去污效率评估方法,并对经再生工艺所获得的终产品中可能迁移出的高关注物质开展风险评估,以全面评价再生工艺和终产品的安全性,为风险管理措施的建立提供科学依据。

5.3 研究适合我国的风险管理措施

欧美等国和地区对食品接触用再生塑料的管理一般采用“一事一议”的个案评估原则。建议可在目前我国食品接触材料的风险管理模式基础上^[21],建立以风险评估为基础的食品接触用再生塑料风险管理模式。考虑到再生塑料种类、工艺等的复杂性,可考虑选择较为成熟的、国外已批准的产品和工艺先行,例如 rPET 等,在保障产品安全性的基础上,提升工作效率,且更具可操作性。

5.4 各部门、各领域协同推进

除科学基础外,还应注重推动社会共治,提高塑料利用率。消费后塑料的再生利用涉及从收集到再次进入消费端的全周期,应建立顺畅的流通和监管体系。在收集阶段进一步健全回收体系,前端的高效、清洁的回收有利于后端进行生产加工。目前国际上已有可借鉴的方式,德国、瑞典等国已建立了健全的“押金制”的塑料瓶回收模式^[22],每家超市都设有全自动的回收机器,这可使消费后的塑料瓶直接进入回收体系,减少与外来污染物接触的机会,同时通过押金返还的形式鼓励消费者,提高塑料瓶的回收率。在全周期中延伸企业责任,引导企业做好产品中使用再生塑料的准备,包括设计回收友好包装(无 PVC 标签等)、建立上下游合作的闭环回收体系等。再生塑料应尤其注重生产过程控制和监管,严格管控再生工艺中由于操作不当或人为添加引入的污染物,保证终产品符合食品安全要求。上述工作需要各相关部门分工负责,统筹推进,从政府层面出台相应规章,共同合理引导企业;同时更需要生产全链条上的各类企业开放合作,以高度的社会责任感协同推进,引导产业健康发展。

5.5 做好面向消费者的科普宣教工作

食品接触用再生塑料在我国尚未普遍使用,属于“新生事物”,还应充分考虑消费者的认知和接受度,预判舆论风险。因此,在我国推广该类产品,应充分发挥相关科研机构、行业组织力量,从应用食品接触用再生塑料对可持续发展的意义、了解再生塑料生产工艺、认识再生与原生塑料在安全性方面的异同、再生塑料的安全性评估等方面,做好面向消费者的科普宣传工作。

参考文献

- [1] United Nations. Global sustainable development report [EB/OL]. (2019-09-11) [2022-09-12]. https://sustainabledevelopment.un.org/content/documents/24791GSDR_press_release_for_11_Sept.pdf.
- [2] John Wiley&Sons, Ltd. Administrative guidance for the processing of applications for regulated products (update 2021) [J]. EFSA Supporting Publications, 2021, 18(3).
- [3] U. S. Food and Drug Administration. Guidance for industry: preparation of premarket submissions for food contact substances (chemistry recommendations) [Z/OL]. (2007-12) [2022-08-09]. <https://www.fda.gov/regulatory-information/search-fda-guidance-documents/guidance-industry-preparation-premarket-submissions-food-contact-substances-chemistry>.
- [4] 日本厚生劳动省.《关于在食品用器具以及容器包装中使用再生塑料材料的相关指南(指南)》[Z]. 2012.
- [5] Ministry of Food and Drug Safety. Standards and Specifications for Utensils, Containers and Packages (No. 2021-76). [EB/OL]. (2021-12-31) [2022-10-09]. https://www.mfds.go.kr/eng/brd/m_15/view.do?seq=72435.
- [6] European Union. REGULATION (EC) No 1935/2004 OF THE EUROPEAN PARLIAMENT AND OF THE COUNCIL of 27 October 2004 on materials and articles intended to come into contact with food and repealing Directives 80/590/EEC and 89/109/EEC [Z]. 2004.
- [7] European Commission. Commission Regulation (EU) No 10/2011 of 14 January 2011 on plastic materials and articles intended to come into contact with food [Z]. 2011.
- [8] European Commission. Commission Regulation (EU) 2022/2016 of 15 September 2022 on recycled plastic materials and articles intended to come into contact with foods, and repealing Regulation (EC) No 282/2008 [Z]. 2022.
- [9] European Food Safety Authority (EFSA). Guidelines on submission of a dossier for safety evaluation by the EFSA of a recycling process to produce recycled plastics intended to be used for manufacture of materials and articles in contact with food—Opinion of the Scientific Panel on food additives, flavourings, processing aids and materials in contact with food (AFC) [J]. EFSA Journal, 2008.
- [10] U S Food and Drug Administration. Guidance for industry: Use of recycled plastics in food packaging (chemistry considerations) [EB/OL]. (2021-07) [2022-09-21] <https://www.fda.gov/regulatory-information/search-fda-guidance-documents/guidance->

- industry-use-recycled-plastics-food-packaging-chemistry-considerations#ftnref1.
- [11] EFSA Panel on food contact materials, enzymes, flavourings and processing aids (CEF). Scientific Opinion on the criteria to be used for safety evaluation of a mechanical recycling process to produce recycled PET intended to be used for manufacture of materials and articles in contact with food [J]. *EFSA Journal*, 2011, 9(7): 2184.
- [12] WELLE F, FRANZ R, BAYER F. Guidance and criteria for safe recycling of post consumer polyethylene terephthalate (PET) into new food packaging applications[J]. *European Commission*, 2015.
- [13] The European Parliament and Council of the European Union. Commission Regulation (EC) No 282/2008 of 27 March 2008 on recycled plastic materials and articles intended to come into contact with foods and amending Regulation (EC) No 2023/2006 [Z]. 2008.
- [14] European Commission. 15th update of the register of valid applications for authorisation of recycling processes to produce recycled plastic materials and articles intended to come into contact with foods submitted under article 13 of regulation (ec) no 282/2008 [Z]. 2014.
- [15] U.S. Food & Drug Administration. Submissions on Post-Consumer Recycled (PCR) plastics for food-contact articles [EB/OL]. (2022-5-30) [2022-05-30]. <https://www.cfsanappsexternal.fda.gov/scripts/fdcc/?set=RecycledPlastics>.
- [16] Government of Canada. Guidelines for determining the acceptability and use of recycled plastics in food packaging applications [EB/OL]. (2011-10-07) [2022-05-15]. <https://www.canada.ca/en/health-canada/services/food-nutrition/legislation-guidelines/guidance-documents/guidelines-determining-acceptability-use-recycled-plastics-food-packaging-applications-1996.html>.
- [17] 南方共同市场.《与食品接触的消费后PET包装(食品级)的南方共同市场技术法规》(GMC/RES No.30/07) [Z]. 2008. Mercado Común del Sur (MERCOSUR). MERCOSUR technical regulations for post-consumer PET packaging (food grade) in contact with food (GMC/RES No.30/07) [Z]. 2008.
- [18] 中国台湾卫生福利部.《供作食品容器具包装制造使用之PET再制酯粒原料适宜性申请作业流程》[Z]. 2022. Ministry of and Welfare. Application Procedure for Suitability of PET Regenerated Ester Granule Raw Materials for Food Containers and Packaging [Z]. 2022.
- [19] 国家质量监督检验检疫总局.《食品用塑料包装、容器、工具等制品生产许可审查细则》[Z]. 2015. Inspection and Quarantine of the People's Republic of China. Detailed Rules for Examination of Production License of Plastic Packaging, Containers, Tools and Other Products for Food [Z]. 2015.
- [20] 国家质量监督检验检疫总局.关于再生瓶级聚酯切片用于生产食品包装有关问题的通知(质检办食监函〔2010〕695号) [EB/OL]. (2010-07-02) [2022-05-15] <http://m.foodcta.com/spfg/detail13862.html>. Inspection and Quarantine of the People's Republic of China. Notice on Issues Related to the Use of Recycled Bottle Grade Polyester Chip in Food Packaging (No.〔2010〕695号) [EB/OL]. (2010-07-02) [2022-05-15] <http://m.foodcta.com/spfg/detail13862.html>.
- [21] 张泓, 张俭波, 朱蕾. 我国食品接触材料及制品原料安全管理模式研究 [J]. *中国食品卫生杂志*, 2019, 31(1): 75-80. ZHANG H, ZHANG J B, ZHU L. Study of the safety management mode of food contact raw materials in China. *Chinese Journal of Food Hygiene*, 2019, 31(1): 75-80.
- [22] 中国循环经济协会. 国外城市再生资源环境押金制实践及经验借鉴. [EB/OL]. (2020-09-27) [2022-10-10]. <https://www.chinace.org/news/view?id=11880>. China Association of Circular Economy. Practice and experience of foreign urban renewable resources environmental deposit system. [EB/OL]. (2020-09-27) [2022-10-10]. <https://www.chinace.org/news/view?id=11880>.