

对酒店作出罚款人民币 2 000 元的处罚决定。店方自行履行了处罚决定,至此结案。

一个并不复杂的案件,引发不同层面的纷争,法律本身没有正确定位是重要原因。尽管本案没有申

请行政复议和诉讼,但对本案执法主体和法律适用的不同理解仍值得思量,相信新《公共场所卫生管理条例》将解决这些存在问题。

[收稿日期:2004-06-30]

中图分类号:R15;D920.5 文献标识码:C 文章编号:1004-8456(2005)01-0046-03

## 监督管理

# 再生塑料用于食品包装的注意事项:化学方面

张俭波编审 顾履珍审校

(中国疾控中心营养与食品安全所,北京 100021)

关键词:食品包装;塑料;化学;美国食品和药物管理局

美国 FDA 一直以来积极鼓励对塑料包装材料进行再利用,生产新的食品包装容器,但是将再生塑料应用到食品包装仍然涉及许多健康和安全问题。为此, FDA 最近发表了一份题为“再生塑料应用于食品包装时的注意事项:化学方面”的非正式文件,以代替 1992 年的类似文件,现摘要译介如下。

### 1 目的

由于用于再生的塑料中的化学污染物可能残留在再生后的材料中并向它直接接触的食品中迁移,为了保证与食品直接接触的再生塑料的安全利用,制定这个文件。文件指出利用再生塑料的生产商在评价其生产直接接触食品的材料时应该关注的化学方面的内容。该文件不涉及也很重要的微生物污染问题和材料结构问题。

### 2 再生(recycling)过程

有 3 种不同的方法可以对消费者使用后的塑料包装材料进行再生。(1)直接再利用;(2)经过物理再加工(例如碾碎和熔化)进行再塑型;(3)经过化学处理后使其成分分离,再加工后利用。美国环保署现在已经广泛采用了一个新命名方式,将物理再加工过程命名为二级再生(2<sup>9</sup>),将化学加工过程命名为三级再生(3<sup>9</sup>),将未经消费者使用的工业边角料回收制成新的包装材料称为初级再生(1<sup>9</sup>),初级再生在工业生产中是很常见的。

### 3 再利用(reuse)

与再生不同,再利用是将包装材料回收经清洗

消毒后以原来的形态再次利用,也可称之为 0 级再生。

玻璃瓶被再利用有很长历史了。购买牛奶、瓶装水、啤酒和软饮料后,将包装用的瓶子返回、清洗、消毒,并再次添装。塑料瓶的再利用有一些特别之处,塑料瓶比玻璃瓶容易吸附污染物,当再次添装时,污染物容易释放到食品中。因此所采取的清洗、消毒或杀菌措施必须能够有效地将污染物降低到可接受的水平,在对塑料瓶进行清洁处理后,污染物水平必须足够低,以保证再次添装的食品不会受到污染。清洁操作必须对瓶子的完整性没有不利影响,每次清洗和再利用后能够保持瓶子结构的完整性和应有的功能。塑料瓶的再利用应该考虑以下内容:一个瓶子能够循环使用次数的限制,使用这些物品的期限,对瓶子的总体污染水平和瓶子损坏程度的视觉检查系统等。实际上,很难限制循环使用的次数,因为这需要有方法对瓶子再利用的次数进行监测。

通过多种方法可以将与塑料瓶再利用有关的危险降到最低。其中最重要的是教育消费者不要在有再利用价值的容器中存贮家用化学物质,例如杀虫剂和汽油。其次,在瓶子上贴上标签,例如“食品专用”,也是教育内容的一部分。作为一种使用策略,要求使用者在使用瓶子时交一定的押金,如果消费者污染了瓶子就要为此付出代价。使用一些设备来识别化学污染物,例如碳氢化合物探测器或色彩扫描仪等。对于有再利用价值的容器,可以由消费者直接送回商店或由出售者上门回收,由此可以增加一个控制来源的方法。

#### 4 未经消费者使用的边角料 初级再生

初级再生是利用工业边角料生产直接接触食品的材料的过程,初级再生不会给消费者带来危害。如果按照良好生产规范生产,这种边角料(在联邦法规 56 章 49992 部分环保署把它称为“产地边角料”)的再生是可以接受的。如果产地边角料来自几个不同的生产商,就应该关注配料类型和使用量是否符合现行的规定。该文件对于初级再生没有进行更进一步的讨论。

#### 5 物理再加工 二级再生

物理加工包括对塑料包装材料进行碾碎、熔化、重新塑型等过程。在加工过程中基本聚合体不发生改变。在熔化和重新塑型之前,需要对碾碎的、片状的或颗粒状的树脂进行清洗以除去污染物。树脂薄片或树脂颗粒的大小会影响清洗的效果。颗粒小,表面积就大,能够提高清洗效果。不同的树脂重新塑型的条件或许不同,例如加工温度不同,使用真空装置去除挥发性成分,或者使用其它一些可能影响污染物水平的加工程序。

再生材料的生产者必须能够证明在成型的塑料中污染物的水平已经降到了足够低的程度以保证生产的包装物不会污染食品。为了使生产的树脂能够达到预期的质量要求,在生产再生树脂过程中可能需要加入抗氧化剂、加工助剂和其它助剂,这些添加剂的种类和数量应该符合现行规定。塑料中原有的任何助剂不应该在再生过程中发生反应产生不符合规定的添加剂。如果再生树脂需要使用新的添加剂或添加剂的用量超过现行规定,应该按照直接接触食品用添加剂的规定进行申请。

二级再生过程中存在一些特殊的问题,这些问题可能使之不适用于生产直接接触食品的材料。特别是当再生材料生产商不能够或不能很好地控制废物进入再生产设施时。如果建立了有效的来源控制措施,不同消费者使用过的包装材料之间发生混合的情况就会减少到最小或彻底消除。然而,即使所有的树脂均来自直接接触食品的材料,也会突破食品类型和使用条件的限制。比如一种按规定只能用于水性食品和冷冻使用的添加剂,可能进入在高温条件下用于包装富含脂肪的食物的包装,结果是这种直接接触食品的材料不符合规定。通过建立分检工序,使再加工过程只生产单一特性的容器,如聚对苯二甲酸乙二醇酯苏打瓶,就可以减轻这种担心。

在提交给管理机构的有关二级再生的材料的文件中应对以上内容进行说明,说明应该包括再生树

脂的来源控制,再生包装材料使用条件的限制(例如在常温或低温条件下使用)或者能够使用的食品类型的限制(例如,只能用于包装干食品或水性食品)。

#### 6 化学再加工 三级再生

化学再加工包括用过的包装材料的解聚(合)、再生过程和所产生的单体(或齐聚物)的净化。在这个过程中,单体重新聚合成聚合体,再生的聚合体成形为新的包装材料。再生的单体、聚合体或二者同时都有可能与未用过的材料混合。再生过程可能涉及一系列的单体或聚合体的净化步骤,除了清洗,还包括蒸馏、结晶和其它的化学反应。

此种类型再生的主要目标是重新生产纯净的原始材料。在三级再生中使用的助剂应该符合有关法规的要求。

#### 7 功能性屏障的使用

将二级再生和三级再生的材料用作多层食品包装的非食品接触层是再生塑料的一种潜在应用方式。在这种情况下,通过使用符合规定的未用过的原树脂或其它适当的材料(例如铝膜)作为有效的屏障,将再生树脂与食品分隔开来,就不用担心污染物迁移到食品中的可能性了。

#### 8 污染物的暴露

准备再利用的瓶子应该是经过灭菌的,二级和三级再生过程中包括对原材料进行有效灭菌的步骤(或者高温,或者溶剂浸泡,或两者兼用),因此,不需顾虑微生物污染。

因使用二级和三级再生塑料制造的食品容器而引起的化学污染物的急性污染物暴露量是很低的,因为再生聚合体中污染物残留的浓度很低(见下文)。但是,微量致癌物质(或其它可能有慢性危害的物质)可能通过二级和三级再生过程而带入包装材料,从而迁移到与包装材料接触的食品中。尽管进一步的再生过程会稀释致癌物(或其它污染物),但可以肯定的是,某些致癌物会长期以一种极低的稳态浓度存在于再生材料中。因此,消费者可能长期暴露于一种低浓度的致癌物。为了制定一项标准用于决定再生物质中的污染物在何种水平下是可以接受的而不会对公众健康造成危害,关于致癌物的风险问题是以或然率的方式而不是以逐个化合物的方式加以考虑的。

建立一个可接受的化学污染物饮食暴露上限可以成为再生材料良好生产规范的基础。为了建立这个上限,必须确定污染物的残留水平与可接受的饮

食暴露上限的对应关系。美国食品安全和应用营养中心初步考虑来自直接接触食品的再生材料中污染物的饮食暴露量定为 1ppb 左右或更少,这个水平通常认为是可以忽略的风险。下面以聚对苯二甲酸乙二醇酯 (PETE) 中的一种污染物为例,介绍如何计算膳食摄入量不致超过 1ppb 的塑料中的最大残留量。

PETE 的密度是  $1.4 \text{ g/cm}^3$ ,假设容器的厚度为 20 mils,包装材料的质量与表面积的比值为  $460 \text{ mg/in}^2$ ,进一步假设:10 g 食品接触一平方英寸的容器,消费因子 (CF) 为 0.05,食品类型分布因子 ( $f_T$ ) 为 1.0(水对 PETE 的食品类型分布因子为 0.97),PETE 的用途为几乎全部是饮料瓶。饮食中浓度和 CF、 $f_T$  及从包装向食品迁移水平的关系为:

$$CF \cdot \langle M \rangle = CF \cdot \sum_{i=1}^4 (M \cdot f_T)_i =$$

dietary concentration

上式中  $M$  是迁移到模拟食品的溶剂中的浓度, $i$  代表模拟的 4 种食品类型:水性、酸性、酒精性和脂肪性。使用前面提到的参数可以计算出:

膳食中,1 ppb =  $0.05 (M) (1.0)$ 。

$M = (1 \times 10^{-9} \text{ g 污染物/g 食品}) / (0.05) = 2 \times 10^{-8} \text{ g 污染物/g 食品}$ 。

于是,  $(460 \times 10^{-3} \text{ g 包装/平方英寸}) / (10 \text{ g 食品/平方英寸}) = 0.046 \text{ g 包装材料/g 食品}$ 。

相当于  $4.3 \times 10^{-7} \text{ g 污染物/g 包装材料}$ 。

或者说包装材料中污染物水平为 430 ppb。换言之,利用再生材料制作的 PETE 容器中污染物的水平为 430 ppb,如果假设污染物 100%地迁移到食品中(在室温条件下使用象 PETE 这样的高屏障性材料,这是一个保守估计),则每日膳食中的污染物浓度为 1 ppb。

PETE 以外的其它聚合体能够导致污染物暴露超过建议的上限值的污染物残留量水平是不同的。应用 FDA 推荐的不同聚合体制成的食品包装的相应消费因子,并保守地估计所有食品类型都使用各种聚合体的情况下,下表列举了几种聚合体中污染物的残留水平,在此水平下,膳食中污染物浓度不会超过 1 ppb(假设容器厚度为 20 mil)

聚合体 (密度, $\text{g/cm}^3$ )	消费因子	最大残留量 (ppb)
聚对苯二甲酸乙二醇酯 (1.4)	0.05	430
聚苯乙烯 (1.05)	0.08	360
聚氯乙烯 (1.58)	0.11	180
聚烯烃 (0.965)	0.33	96

因此,为了达到膳食浓度低于 1 ppb,聚对苯二甲酸乙二醇酯容器材料中化学污染物的水平不能超过 430 ppb,聚烯烃容器材料中不能超过 96 ppb。利

用上述假设计算得出的最大可接受污染物水平是现代分析技术的分析能力能够达到的。需要强调的是计算得出的最大可接受污染物水平是基于包装的厚度和预期的用途的。上面提到的消费因子是假设与食品直接接触的容器 100%地使用再生树脂制成。如果能够证明再生树脂只是在特定范围内使用,在计算最大可接受污染物水平时就应该使用较低的消费因子。上面污染物限值的计算也是假定最终产品用 100%的再生树脂制成,在许多情况下,再生树脂是与新生树脂混合使用的,在这种情况下,就会降低污染物的暴露水平。

前面的讨论是在对进入再生过程中的物品做了最坏的假设的情况下得出的。目前,还没有资料能够表明或预计再生物品中污染物的实际水平。到有些资料时,所提供的数据就能够用于计算暴露量和污染物水平。

塑料瓶的再利用不用关注污染物的慢性、低水平暴露。即使被污染的瓶子进入食物链,它也只能在回收、清洗、再灌装前的一段时间内影响一个或少数几个消费者。同一个瓶子再次回到同一个消费者手中是不可能的;相同的污染物出现在别的瓶子中,又被同一个消费者得到也是不可能的。因为瓶子在使用过程中是完整的,所以污染物不可能象再生过程中那样分散到其它瓶子中。因此,对于塑料饮料瓶的再利用,安全考虑应该集中于毒性污染物的急性暴露,不应象再生材料那样集中于慢性暴露。

在 FDA 颁布的 A 级巴斯德消毒牛奶法令中有对灌装塑料牛奶容器再利用的要求:(1)“在灌装线上应该安装一台能够对每个容器在灌装前进行检测的设备,检查发现其数量与公众健康相关的挥发性有机污染物……经检测设备检测认为不合格的必须自动排除,不再灌装”。(2)“容器不能将超过联邦食品、药品化妆品法规以及它们的修订版本规定的可接受限量的杀虫剂残留或其它的化学污染物带入产品。”(3)“所有的容器应该有‘食品专用’的标记”。法令还包含了一系列关于多次使用的塑料容器的清洁和消毒标准。对于牛奶,这些卫生要求能够使污染物的急性暴露降到足以保护消费者的水平。对于其它产品,达到这些要求的塑料容器可以再次利用。

## 9 化学污染物分析

消费者误用或滥用塑料容器或包装物可能造成包装材料的污染,比如说消费者用包装食品的容器储存杀虫剂或汽油造成的污染,应该证明二级和三级再生有能力去除这些污染。消费者误用的情况可以通过将塑料包装材料(以容器形式,或者以片状或

碾碎的形式)暴露于选定的污染物替代品进行模拟。然后将暴露于替代污染物的树脂进行再生加工,最后对树脂中污染物替代品进行分析,以证明再生过程去除污染物的效果。

用于模拟消费者误用物品的材料应该具有多种化学和物理特性,污染物模型应该是消费者容易接近的“普通”物质,包括挥发性的非极性有机物质、挥发性的极性有机物质、非挥发性的非极性有机物质、非挥发性的极性有机物质,例如,甲苯、氯仿、林丹、二嗪农等。甲苯和氯仿可以作为洗涤剂的成分,林丹和二嗪农是常见的杀虫剂。有毒的盐类,例如,disodium monomethylarsonate(一种除草剂)完全符合提到的特性。研究中还应该包括某种聚合体特有的污染物。对于聚对苯二甲酸乙二醇酯来说,邻-甲酚可能就是这种污染物,它能够很好地使聚合体膨胀。对于聚苯乙烯、聚氯乙烯来说,象丙酮、三氯乙烯可能是符合要求的污染物。

如果试验是在食品生产厂进行,而不是在与食品加工或包装过程分离的实验室进行,使用毒性物质就会受到质疑。在这种情况下,可以使用与上述毒性物质化学和物理特性相近的非毒性物质模型。如不使用林丹和二嗪农,而是用维生素A的醋酸盐作为非极性非挥发性污染物模型,使用苯甲酮作为极性非挥发性污染物模型。这些是对应该调查的污染物类型的建议。在研究中使用的污染物模型应该与管理部门进行讨论。

塑料容器的污染试验可以通过灌装“纯的”或“使用浓度”的污染物模型进行。有一个方法可以减少具有潜在危险性废物的量,将几千克片状或碾碎的塑料(再生过程中实际使用的形状)浸泡在选定的污染物中,也就是在“纯”的或“使用浓度”条件下进行。试验中常常可以使用混合的即“鸡尾酒”式的污染物,在这种情况下,混合污染物中的成分不应相互反应。在瓶子装满污染物或将树脂薄片完全浸泡在混合物中后,将其密封好后在40℃下放置2周,并

定期进行摇动。将污染物倒出后,测定其浓度。将被污染的树脂进行再生加工,然后对利用上述树脂生产的再生成分或包装材料进行污染物残留量分析。这个方法代表了一种最坏的情况,即假定所有用于再生的材料都遭受了污染。

对于只做三级再生加工,可以将污染物掺加于解聚材料中,为了能够模拟一个可能出现的最严重情况,建议将每种污染物占用于解聚树脂重量的0.1%(1000 ppm)作为掺加的水平。因为,三级再生涉及单体(或齐聚物)的再生和净化过程,再生聚合物的污染物残留量明显的低于500 ppb(见“污染物暴露”部分)。因此,这个相对简单的掺加方案,可能是一个能够比较直接模拟出最严重的消费者滥用情况的手段,能够用来证明三级再生过程去除污染物的能力。

在进行任何污染研究之前,试验方案应该送FDA进行评价。所有分析应该按照FDA“关于间接食品添加剂申请化学数据的建议”中的相关讨论内容进行确认。

在上述讨论中是假定100%的再生材料都受过消费者的污染,如果试验结果表明再生过程不能够将污染物去除到可接受的饮食暴露量水平上限,就应该提出足够的附加理由证明再生包装不会使膳食中的污染物达到不可接受水平。一些附加的正当因素仍然可以导致再生的包装材料不会将过多的污染物带入膳食。与膳食接触量上限有关的附加因素包括:混合使用再生与原生树脂,来源控制、使用限制、迁移到食品中污染物的量,功能性屏障的使用等。每个附加因素都必须有足够的文件支持(例如,特定的来源控制计划的研究,污染物进入再生链的实际情况以及证明由于使用了功能性屏障使得食品与再生树脂分离的研究)。

[收稿日期:2004-11-09]

中图分类号:R15;R199 文献标识码:C 文章编号:1004-8456(2005)01-0048-04

**冷冻调理食品(frozen prepared foods)**:以农产、畜禽、水产品等为主要原料,经前处理及/或配制加工后,采用速冻工艺,并在冻结状态下(产品中心温度在-18℃以下)贮存、运输、和销售的包装食品。冷冻调理食品可分为生制冻结(frozen without cooking)和熟制冻结(cooked before freezing)。