食品塑料包装材料中邻苯二甲酸二（2-乙基己）酯的暴露评估

白艳红，许珂，赵电波

（郑州轻工业学院食品与生物工程学院，河南郑州 450002）

摘要：文中主要综述了食品塑料包装材料所用邻苯二甲酸酯类增塑剂中，邻苯二甲酸二（2-乙基己）酯(DEHP)的性质、来源、毒性及危害。提出了预防措施和建议，为食品塑料包装材料的安全性以及包装食品的安全性的相关研究提供参考依据。

关键词：食品塑料包装材料，邻苯二甲酸二（2-乙基己）酯(DEHP)，迁移，食品安全

文章篇号：1673-9078(2012)10-1423-1428

Exposure Assessment of Di(2-ethylhexyl)phthalate of Plastic Food Packaging Materials

Bai Yan-hong, Xu Ke, Zhao Dian-bo

(College of Food and Biological Engineering, Zhengzhou University of Light Industry, Zhengzhou 450002, China)

Abstract: This article mainly reviewed the nature, source, toxicity and hazard of di(2-ethylhexyl)phthalate, one of the phthalate plasticizers of food plastics packaging materials. Preventive measures and proposals for this reference were discussed to provide security for plastic food packaging materials, as well as for packed food security research.

Key words: Food plastics packaging materials, Di(2-ethylhexyl)phthalate(DEHP), Migration, Food Safety

食品包装容器材料是指包装、盛放食品用的纸、竹、金属、陶瓷、塑料、橡胶、天然纤维、化学纤维、玻璃制品和接触食品的涂料[1]。我国目前使用的主要有 7 种，而塑料制品的用量最高。塑化剂（Plasticizers，PAEs）也称增塑剂或可塑剂，主要用于塑料及其制品的生产，用来增加塑料包装材料的柔韧性和延展性等。邻苯二甲酸二（2-乙基己）酯(Diethylhexyl phthalate, DEHP)是无色无味的油溶性化合物，是塑化剂中重要的一种，主要用在聚氯乙烯（PVC）塑料制品中，如保鲜膜、食品包装袋、玩具等。DEHP 是小分子物质，作为食品包装材料的添加剂，存在于包装材料（盛放容器）中，然而 DEHP 与塑料的结合并不是以紧密的共价键结合，而是范德华力。当塑料包装与食品表面直接接触时，DEHP 能够渗透迁移到食品中，造成对食品的污染[2]。本文主要对 DEHP 的安全性进行综述，旨在引起科研机构、监管部门、广大消费者对 DEHP 的高度重视，理性对待，并为食品包装材料的合理使用提供依据。

1 DEHP 对塑料包装食品的污染和迁移

1.1 DEHP 在塑料包装食品中的迁移

DEHP 是 6 种允许用于食品级塑料包装材料增塑剂中的一种，应用范围广泛，在塑料包装材料中的含量高达 60%[3]。目前采用塑料材料包装的食品占我国居民日常消费食品的比例逐日增高，最新科研调查显示，在市场销售的采用塑料材料包装的畜禽类食品、蔬菜、水果和干货中均检出 DEHP[4]。2007 年 6 月，瑞士苏黎世州检验中心对来自亚洲的采用玻璃罐、金属旋转盖式包装的油浸式食品进行检测，发现包括中国“老干妈”辣酱在内的 10 种使用软质聚氯乙烯垫圈包装的食品中含有 DEHP，遭到禁售[5]。吴惠勤[6]等采用 GC-MS 方法检测广东市场中不同类型的塑料包装食品 1426 个，检出 6 种邻苯二甲酸酯类物质，其中 DEHP 的检出率最高。中国华南农业大学食品学院对广东超市中 56 种方便面和 25 种方便米粉(包装均为塑料包装)进行检测，结果表明 DEHP 的检出率高于 50%[7]。

斯洛伐克学者通过调查研究指出，DEHP 污染物主要通过塑料包装食品进入人体[8]。能对人体造成危害的 DEHP 并不是塑料包装材料中 DEHP 的总含量，而主要取决于由塑料包装材料迁移到食品中的 DEHP

收稿日期：2012-05-24

作者简介：白艳红（1975-），女，博士，副教授，主要从事食品质量与安全方面的研究工作

的浓度；同样，DEHP 暴露于人体有多种途径，如土壤、空气、饮食等，但最主要的暴露途径是随食物的摄入进入人体[9]。

王超英等[10]对市场上销售的塑料瓶装纯净水和蒸馏水萃取进样，均检出 DEHP，但不能定量。佟晓芳[11]通过对液态乳、含乳饮料、乳粉采样分析，证实采用塑料包装的乳制品中均含有 DEHP。李荔群等[12]以 49 种随机市售塑料瓶装饮料为研究对象，采用气相色谱法检测，结果表明 DEHP 的检出率高达 100%，平均含量为 0.038 mg/L~0.071 mg/L，其中果汁饮料中 DEHP 的含量(0.60~0.371 mg/L)高于于茶饮料(0.045~0.146 mg/L)和咖啡乳饮料(0.033mg/L~0.089 mg/L)，酸性饮料中 DEHP 的含量也高于弱酸性饮料。

Z. Ezerskis[13]在研究中发现，在香蒜酱、西红柿酱、橄榄油各 15 个样品中，各有 6 个样品中检测到 DEHP，且均超过特定迁移量(SML) 3 mg/kg，浓度从 2.5 mg/kg~8.7 mg/kg，其中尤以橄榄油中 DEHP 含量最高。T. Fierens[9]等对比利时市场上出售的 396 种食品和 4 种包装材料进行分析，结果表明在 400 个样品中，相较于其他 7 种邻苯二甲酸酯类(DMP, DEP, DiBP, DnBP, BBP, DCHP, DnOP)，DEHP 的检出率(81%)与检出量均是最高。Tsumura[14]等对塑料餐盒中快餐检测，其中 DEHP 检出量为 346~11800 μg/kg。Tsumura[15]的另一项研究中指出，日本有 93 种塑料包装零售食品中均含有 DEHP。德国零售商店中所销售的包括火腿香肠、肉末、奶酪、黑麦面包、榛子在内的 31 种塑料包装食品，均有 DEHP 检出[16]。Jarosova[17]同样也在捷克市场的塑料包装食品中检测到 DEHP，检出量为 0.1~4259 mg/kg。Bosnir[18]在克罗地亚市场上的塑料包装软饮料和矿泉水中检测到 DEHP 浓度为 27~136 μg/L。Lopez-Espinosa[19]检测西班牙市场上采用塑料包装材料的外卖食品，其中 DEHP 的浓度范围在 0.52~61.013 μg/kg 之间；同样在对葡萄牙市场上采用塑料包装的干制食品检测时发现，干制食品中 DEHP 检出量为 360~2200 μg/kg。

1.2 DEHP 在油脂类食品中的迁移

柴丽月、辛志宏等[20]以鸡肉、猪肉、猪肝、鱼肉、虾肉、膨化食品和食用油为研究对象，在 7 种样品中均检出 DEHP，检出量为 0.08~5.78 mg/kg，其中被检样品中 DEHP 最低含量为 0.08±0.002 mg/kg，远远超出英国农渔食品部规定的 DEHP 每日耐受量为 0.05 mg/kg 每天的标准。杨科伟和厉曙光等[21]分别采集了市场上不同品牌和不同出厂日期的塑料桶装食用大豆油、调和油、花生油，市场上销售的散装豆油，快餐店煎炸食物的固体起酥油，居民厨房抽油烟机收集的冷凝油等检测样品，检测后发现，几乎所有品牌的塑料桶装食用油中都检测出 DEHP，而未使用塑料容器盛装的散装豆油和固体起酥油中未检出。这一研究表明塑料包装容器应该是食用油中检出的 DEHP 的主要来源。

Natalia Nanni[22]通过研究意大利西西里岛和先不卡拉布里亚出产的 35 种柠檬油、31 种橙油和 21 种柑橘油，发现其中 8 种样品中 DEHP 含量高达 29.9 ppm。Fankhauser-Noti[23]选取 158 种脂肪食品采用塑料包装和玻璃瓶保存作对比，结果表明采用玻璃瓶保存的 158 种样品中只有 7 种检测到 DEHP，而采用塑料包装的全部样品内均检测到 DEHP，检出量为 360~825 mg/kg。Peter 对 27 种欧洲采用塑料包装材料的日常消费食品研究发现，橄榄油中的 DEHP 检出量高达 24000 μg/kg[9]。

2 DEHP 向食品中迁移的影响因素

影响塑料包装材料中 DEHP 向食品中迁移的主要因素有：杀菌方式，液体食品的震荡，材料中 DEHP 的初始用量，食品贮藏时间，贮藏温度，食品脂肪含量，食品与塑料包装容器接触面积等[24]。

在饮料水中以 γ-射线代替常规的热杀菌，发现 DEHP 向水中的迁移速度随照射强度的增强而明显增大；研究发现摇动瓶子会增加 DEHP 的迁移量；双层 PVC 包装的猪肉在 5 ℃贮存 3 d 的迁移量大于单层包装[24]。食品包装材料中 DEHP 的初始含量越高，其向食品中的迁移量越高，对食品的污染程度越大；食品在塑料包装材料中储存的时间越长，DEHP 的迁移量越高；DEHP 特别容易向油脂类食品（牛奶、肉类、食用油）中迁移[25]。陈海光[26]研究 DEHP 在广式腊肠中的迁移特性，经研究结果表明，微波辐射、紫外照射和高温蒸煮这 3 种杀菌方式下，DEHP 的迁移量增加；同时，DEHP 向肉中的迁移量也会随着温度的升高、时间的延长、脂肪含量的增加而增大。杨柳[27]采取北京市场上塑料袋装牛奶进行分析发现含水量较高的早餐奶和脱脂牛奶中 DEHP 浓度较低，表明 DEHP 容易在脂肪中富集。PVC 包装纸中 DEHP 的迁移随猪肉和牛肉中脂肪含量、贮藏时间和温度升高而升高；瓶装水在刚装瓶时几乎检测不到 DEHP，但在聚乙烯瓶中贮存 10 周后即可检测到微量的 DEHP；若将刚炸好的肉饼立即趁热用塑料薄膜包装，或放置 5~30 min 后再包装，前者 DEHP 的迁移量是后者的 3.5~14 倍[24]。

3 DEHP 的 TDI, RfD, MRL[28]

每日耐受量(Tolerable Daily Intake, TDI)，指在生

物体内每天所能容忍摄入的最大毒物质量，如超出则会对身体造成伤害。参考剂量(reference dose, RfD)，是由美国环保局提出，用于评价非致癌危险物的危险度。RfD 是环境介质（空气、水、土壤、食品等）中化学物质的日平均接触剂量的估计值。最小风险水平(minimal risk level, MRL)也称为每日安全剂量、最低危害值或最大残留量，指一个人每天暴露在有害物质或低于该物质的环境下身体健康所能接受的有害范围。表 1 表示的是 DEHP 在美国和欧洲各机构的风险评估。此研究基于动物实验，在无毒副反应水平(NOAEL)和最低毒副反应水平(LOAEL)基础上得到。

表 1 DEHP 的风险评估[28]

Table 1 Risk assessment of DEHP

	国别	机构	限制要求 Mg/kg/d
TDI	Canada	Health Canada	0.044
	EU	CSTEE	0.050
		ECB/EU	0.020 (＜3 个月的新生儿, 育龄妇女)
			0.025 (3-12 个月婴儿)
			0.048 (除新生儿、婴幼儿、育龄妇女之外)
MRL	USA	ATSDA	0.100 (媒介暴露)
			0.060 (慢性暴露)
RfD	USA	US-EPA	0.020 (慢性暴露)

注：CSTEE-性、生物毒性和环境科学委员会；ECB-欧洲化学品局；ATSDA-毒物及疾病登记部；EPA-美国环保局。

4 DEHP 在动物模型中的毒性

DEHP 广泛用于塑料包装材料中，当 DEHP 进入人体随尿液与粪便排出体外之前，经肠道脂肪酶作用转化为邻苯二甲酸单-2-乙基乙酯[mono-(2-ethylhexyl)phthalate, MEHP]等糖醛酸类氧化代谢产物，较 DEHP 而言，代谢产物产物更容易被动物体吸收，产生危害[29]。

4.1 急性毒性

Agarwal[30]等在小鼠的显性致死试验中发现，小鼠经 DEHP 处理后表现出显性致死效应或致突变作用。进行急性毒性试验，结果表明 DEHP 的大鼠 LD_{50} 分别为经口 30~34 g/kg，腹腔注射 15~30 g/kg，静脉注射 1~2 g/kg，小鼠 LD_{50} 为 33.32 g/kg。

4.2 生殖发育毒性

Li Shu-Guang 等[31]研究发现 DEHP 能作用于生物体的生殖腺，使精巢萎缩精子畸变。Gray 等[32]研究发现，在孕后 14 天开始经口给予母鼠 0~750 mg/kg 的 DEHP，至分娩后 3 d 观察到雄性仔鼠生殖系统损害（睾丸萎缩，附睾畸形，尿道下裂等），并存在剂量-效应关系。翠月美等[33]研究发现 DEHP 对小鼠雄性生殖系统具有明显的毒性作用，其作用机制可能与氧化应激反应和 NO 含量降低有关。

4.3 致癌、致畸致、突变

许多环境污染物都能引起啮齿类动物肝过氧化物酶体的增生，如引起过氧化物酶体体积和数量的增加，导致肝肿大或肝癌等[34]。DEHP 因分子结构中具有芳香族基团，因而可能具有一定的类激素活性[35]。在美国国家毒理规划署（NTP）的实验报道中指出，大鼠和小鼠能通过食物长期吸收 DEHP 而引起肝癌，睾丸间质细胞瘤疑似由 DEHP 的代谢单体 MEHP 引起[36]。Agarwal[30]等通过志愿者试验显示反复接触小剂量 DEHP 对人体可能具有后期致突变效应。高丽芳[37]等实验表明 DEHP 能够在无明显细胞毒性的剂量下导致胚胎生长发育异常。因此 DEHP 具有一种潜在的强致畸剂。Safa Abdul-Ghani[38]通过以雏鸡为模型研究 DEHP 毒性，结果表明当 DEHP 暴露于母体的量从 20~100 mg/kg 时，鸡蛋的孵化百分比由 80%降至 65%，晚孵化率由 12.5%上升至 29.4%，新生鸡仔呈现腹部肌肉弱化、内部器官突出、无囊、脐膨出或腹裂等畸形。

Jane C. Caldwell[39]研究表明 DEHP 能够引起非哺乳类动物体外突变，促使仓鼠胚胎细胞发生形变并抑制其凋亡，同时 DEHP 也是是啮齿类动物的致癌物，促使肝脏突变频率增加。

5 DEHP 的毒性对人的危害

5.1 DEHP 的毒性对婴幼儿的危害

Bronehag[40]对 198 例有过敏症状和 202 例健康儿童进行医学和环境调查，结果表明 DEHP 和哮喘发病有相关性，且存在剂量相关关系。Harder[41]指出暴露在居室中 DEHP 的最高浓度组中儿童哮喘的发病率是最低浓度组儿童的 219 倍，存在明显的剂量相关关系。Safa Abdul-Ghani[38]通过建立雏鸡模型研究发现，产前妇女暴露于 DEHP 后，所产新生儿在日后生活中多数缺乏注意力并患有多动障碍(ADHD)。唐佳琦[42]通过研究 DEHP 对幼鼠学习和记忆能力的影响，发现脑组织在较高 DEHP 浓度下会发生损伤，学习和记忆能力受到明显的影响，从而验证 S. C. Cho 在 2010 年指出的学龄儿童的智商与尿液中 DEHP 含量呈负相关的结论。

5.2 DEHP 的毒性对成年人的危害

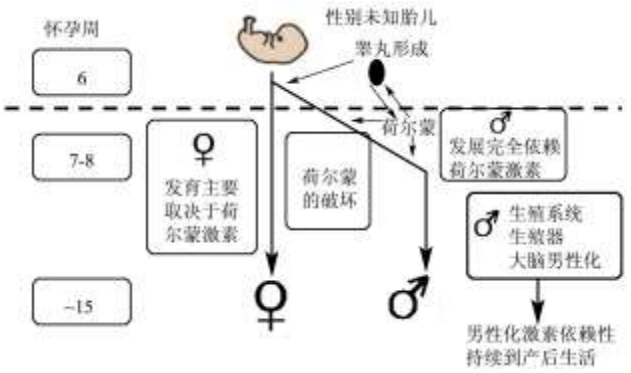


图 1 人类性别发展和性分化

Fig.1 Sex determination and sexual differentiation in humans

Anderson[43]等通过彗星实验发现 DEHP 可造成人类血细胞 DNA 损伤。体外实验表明 DEHP 在体内可能会影响白细胞的功能[44]。Carlie D. Piche[45]研究发现 DEHP 的多种活性代谢产物都具有睾丸毒性，能够引起男性生殖道畸形，降低精细胞发育能力。Jane C. Caldwell[39]研究还指出人体细胞或组织体外暴露于 DEHP，会发生 DNA 损伤，有丝分裂、细胞凋亡及细胞增殖速度发生改变，肿瘤扩散速度加大。表 2 表示的是未知性别的胎儿在母体内女性的发展，并由这一途径产生分支形成男性的途径。从图 1 可看出在男性胎儿的形成和发展过程中，睾丸激素起到重要作用[28]。相关实验已经证明 DEHP 具有睾丸毒性，因此 DEHP 对于孕期妇女的影响也不可忽视。

表 2 各国对食品塑料包装材料中 DEHP 的限制要求[46]

Table 2 Limits of DEHP in food plastics packaging materials requirements in different countries

国别	法规/标准	适用范围	含量限制	迁移量限制
中国	《食品容器、包装材料用食品添加剂使用卫生标准》(GB 9685-2008)	仅可用于非脂肪性食品的接触；不得用于婴幼儿食品接触材料	0.1%	1.5 mg/kg
欧盟	新《食品接触材料和制品法规》(10/2011/EU)	用于与非脂类食品接触的重复使用材料和制品	0.1%	1.5 mg/kg
日本	《食品、食品添加剂等的规格和标准》(日本厚生劳动省第 370 号公告，2010 年第 336 号公告最新修订)	禁止用在聚氯乙烯食品包装材料中	禁用	禁用

6 降低 DEHP 污染的建议措施

6.1 消费者自身的预防措施

目前由于技术以及成本上的局限，从根本上杜绝塑料包装材料使用 DEHP 的问题还需要一定的时间，这就要求消费者在日常生活中改变不良的习惯。根据 DEHP 的迁移规律，消费者应该尽量做到：首先购买生产日期较近的塑料包装食品；其次注意贮藏地点应保持干燥、低温。很多家庭习惯将桶装油置于灶台旁以便取用，但是这种高温条件无形中促使 DEHP 等有害物质迁移量的增加；再次不要一味的追求塑料桶装食用油油量大实惠，可以选取较小的规格，在保质期内应该尽早用完；应该尽量减少塑料桶装食用油与空气的接触。最后在食用塑料包装中的食品时，如需加热则尽可能避免直接与塑料包装一起加热，如不可避免则在加热时将包装袋戳几个小洞以便气体放出；尽可能少的的食用塑料包装的即食食品并避免直接用塑料包装材料盛装油脂含量较高的食物。

6.2 政府部门加大对 DEHP 的控制

目前，各国政府已开始认识到 DEHP 对食品安全和人体健康的危害。虽然各国限制 DEHP 的方式不尽相同，但基本遵循两个原则：其一，限制塑料中增塑剂的使用量；其二，限制向食品中迁移的最大允许量。我国也制定有食品容器、包装材料用助剂的使用卫生标准(GB9685-94)，对食品容器、包装材料用助剂的品种、使用范围和最大使用量均作了规定，但尚未制定食品中的最大允许含量。因此，对 DEHP 进行食品卫生的安全性评价，制定食品（食用油）中 DEHP 的最大容许量及人体每日容许摄入量(ADI)是非常必要的。总之，越来越多的专业人士已经认识到标准的重要性，目前国内外的塑料食品包装材料的发展趋势应该朝着高性能、无毒无害、绿色环保、方便实用的方向发展。

我国食品行业应大力提倡减少塑料包装容器的使用，尤其应避免塑料制品同各种食品的直接接触，防止 DEHP 对食品的污染。与此同时，应该在科学研究方面加大投入，开展 DEHP 毒性方面的研究，以及同人体健康进行相关的前瞻性流行病学调查，从细胞、分子、基因等水平分析和了解 DEHP 的毒性，在高分子领域开发和研制更优质、更安全的替代产品，并研究相关的干预防治措施。

参考文献

[1] 张岩,王丽霞,李辉,等.食品接触材料安全性进展与相关法规[J].塑料助剂,2009,75(3):16-18

[2] Dongzhi Ran, Song Cai, Huilinng Wu. et al. Di (2-ethylhexyl) phthalate modulates cholinergic mini-presynaptic transmission of projection neurons in Drosophila antennal lobe [J]. Food and Chemical Toxicology, 2012, 7:6550-6557

[3] 张双灵,徐仰丽,王世清.食品塑料袋中 DEHP 气相色谱检测方法的建立[J].食品科学,2007,28(8):341-344

[4] 谢利,李霞,张国柱,等.食品及塑料内垫材料中增塑剂 DEHP 向食品模拟物的迁移特性研究[J].西安理工大学学报,2011,27(1):83-87

[5] 廖玉文,曹国荣,许文才,等.瓶盖垫圈中增塑剂的食品安全问题[J].包装工程,2008,29(10):228-231

[6] 吴惠勤,朱志鑫,黄晓兰,等.不同类别食品中 21 种邻苯二甲酸酯的气相色谱-质谱测定及其分布情况研究[J].分析测试学报,2011,30(10):1079-1087

[7] 张田勘.从起云剂到塑化剂[J].科技世界,2011,10(28):43-45

[8] 姚卫荣.食品中酞酸聚酯类污染物的研究概况[J].食品研究与开发,2004,25(6):21-23

[9] T. Fierens, K. Sevaes, M. Van Holderbeke. et al. Phthalates in food – Part I: Analysis of food products and packaging materials sold on the Belgian market [J]. Food and Food and Chemical Toxicology, 2012, 30:6592-6611

[10] 王超英,李碧芳,李攻科.固相微萃取/高效液相色谱联用分析水样中邻苯二甲酸酯[J].分析测试学报,2005,24(5):35-38

[11] 佟晓芳.乳制品中邻苯二甲酸酯类化合物残留量检测方法[J].中国乳品工业,2012,40(1):59-62

[12] 李荔群,陈蓉芳,高强,等.塑料瓶装饮料中邻苯二甲酸酯的含量分析[J].环境与职业医学,2011,28(10):585-588

[13] Z Ezerslis, V Morkunas, M Suman, et al. Analytical sereening of ploy adipates and other plasticizers in ploy (vinyl chloride) gasket seals and in fatty food by gas chromatography-mass spectrometry [J]. Analytica Chimica Acta, 2007, 604:29-38

[14] Tsumura Y, Ishimitsu S, Kaihara A. et al. Di (2-ethylhexyl) phthalate contamination of retail packed lunches caused by PVC gloves used in the preparation of foods [J]. Food Addit. Contam, 2001, 18: 569-579

[15] Tsumura Y, Ishimitsu S, Kaihara A. et al. Phthalates, adipates, citrate and some of the other plastistizers detected in Japanese retail foods: a suvery [J]. J. Health Sci, 2002, 48: 493-502

[16] Pfordt J. Di (2-ethylhexyl) phthalate (DEHP) und dibutyl-phthalate in einigen lebensmitteln mit kunstst of fverpackungen und in frauenmilch [J]. Dtsch. Lebensm. -Rundsch, 2004, 100: 431-436

[17] Jarosova A. Phthalic acid esters (PAEs) in the food chain [J]. Czech. J. Food Sci, 2006, 24: 223-231

[18] Bosnir J, Puntaric D, Galic A. et al. Migration of phthalates from plastic containers into soft drinks and mineral water [J]. Food Technol Biotechnol, 2007, 45: 91-95

[19] Lopez-Espinosa M J, Granada. et al. Oestrogenicity of paper and cardboard extracts used as food containers [J]. Food Addit. Contam, 2007, 24: 95-102

[20] 柴丽月,辛志宏,蔡晶,等.食品中邻苯二甲酸酯类增塑剂含量的测定[J].食品科学,2008,29(7):392-365

[21] 杨科伟,厉曙光,蔡智明.食用油及其加热产物中酞酸酯类增塑剂的分析[J].环境与职业医学,2002,19(1):37-39

[22] Bella G di, Saitta M, Pellegrino M, et al. Cotanamination of Italian Citrus essential oils,Presence of phthala esters [J]. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 1999, 47(3): 1009-1012

[23] Fankhauser-Noti A, Biedermann-Brem S, Grob K. PVC plasticizers/additives migrating from the gaskets of metal closures into oily food: Swiss market survey June 2005 [J]. Eur. Food Res. Technol., 2006, 223: 447–453.

[24] 姚卫荣.食品包装污染物研究进展[J].现代食品科技,2005,21(1):150-153

[25] 谈金辉,蒋永祥,孟靖颖.六种邻苯二甲酸酯类化合物的测定方法研究[J].分析实验室,2007,26(12):133-135

[26] 陈海光,肖乃玉,刘朝霞,等.邻苯二甲酸二(2-乙基己基) 酯在广式腊肠中的迁移特性[J].化工进展,2011,30(8):1809-1814

[27] 杨柳,杨凯,路平,等.牛奶中邻苯二甲酸酯类环境激素测定方法研究[J].中国畜牧兽医,2011,38(9):74-79

[28] Tzung-Hai Yen, Dan-Tzu Lin-Tan, Ja-Liang Lin. Food safety involving ingestion of foods and beverages prepared with phthalate-plasticizer-containing clouding agents [J]. 2011, 110: 671-684

[29] Sher Singh, Steven Shoei-Lung Li. Bisphenol A and phthalates exhibit similar toxicogenomics and health effects [J]. Gene, 2012, 494: 85-91

[30] Agarwal D K, Lawrence W H, Atitian J. Antifertility and mutsgenic effects in mice from parenteral administration of DEHP [J]. Toxicol Environ Heath, 1985, 16(1): 71-84

[31] Li S G, Yang K F, Zhao W H, et al. Toxicological study on the health effect of Phthalate acid esters [J]. International Academic Conference on Environmental and Occupational Medicine, 2004, 1110-1112

[32] Gray L E, Ostby J, Furr J, et al. Perinatal exposure to the phthalates DEHP, BBP and DINP, but not DEP, DMP or DOTP, alters sexual differentiation of the male rat [J]. Toxicol Science, 2000, 58(2): 350-365

[33] 崔月美,叶建新,吴茂聪,等.邻苯二甲酸酯对小鼠雄性生殖系统的毒性作用[J].大连医科大学学报,2009,31(4):260-263

[34] 陈波,倪静.邻苯二甲酸酯的毒理学效应及对人体健康的影响[J].化工技术与开发,2010,39(11):46-49

[35] Sonnenschein C, Soto A M. An updated review of environmental estrogen and androgen mimics and antagonists [J]. J. Steroid Biochem Mol Biol, 1998, 65(1-6): 143-150

[36] Dees J H, Gazouil M, Papadopoulos V. Effect of monoethlhexyl phthalate on MA-10 Leydig tumor cells [J]. Reprod Toxicol, 2001, 15(2): 171-187

[37] 高丽芳,李勇,苏忆兰.邻苯二甲酸二-(2-乙基己基)酯对小鼠胚胎致畸作用和心肌细胞的毒性[J].毒理学杂志,2005, 19(2):123-124

[38] Safa Abdul-Ghani, Joseph Yanai, Rula Abdul- Ghani, et al. The teratogenicity and behavioral teratogenicity of di(2-ethylhexyl) phthalate (DEHP) and di-butyl Phthalate (DBP) in a chick model [J]. Neurotoxicology and Teratology, 2012, 34: 56-62

[39] Jane C Caldwell. DEHP: Genotoxicity and potential carcinogenic mechanisms-A review [J]. Mutation Research/ Review in Mutation Research, 2012, 8029-88105

[40] Bornehag C G, Sundell J, Charles J. The association between asthma and allergic symptoms in children and phthalates in house dust: A Nested Case-control Study [J]. Environ Health Perspec, 2004, 112(14):1393-1397

[41] Harder B. Dangerous Dust [J]. Sci News, 2004, 166(4): 52-53

[42] 唐佳琦,张平,袁烨,等.增塑剂邻苯二甲酸二乙基己酯对小鼠学习和记忆能力的影响[J].玉林师范学院学报,2011, 32(2):7-11

[43] Anderson D, Yu T W, Hincal F. Effect of some phthalateester in human cells in the comet assay [J]. Teratog Carcinog Mutagen, 1999, 19(4): 275-280

[44] Fischer F P, Machleidt C, Rettennier A W. et al. Plasticizers and inhibition of leukocyte fuction in virto [J]. Petit Dial Int, 1998, 18(6): 620-625

[45] Carlie D Piche, Donminic Sauvageau, Marie Vanlian, et al. Effects of di-(2-ethylhexyl) phthalate and four of its metabolites on steroidogenesis in MA-10 cells [J]. Ecptocicology and Environmental Safety, 2012, 79: 108-115

[46] 张静,陈会明.邻苯二甲酸酯类增塑剂的危害及监管现状[J]. 现代化工,2011,31(12):1-6

现代食品科技