

食品接触塑料中化学成分迁移研究方法进展

沈上圯¹, 董海峰¹, 高 峡¹, 李琴梅¹, 魏晓晓¹, 张 梅¹, 陈国浩², 刘伟丽^{1*}

(1. 北京市理化分析测试中心, 北京市食品安全分析测试工程技术研究中心, 有机材料检测技术与质量评价北京市重点实验室, 北京 100094; 2. 中国石油勘探开发研究院油化所, 北京 100083)

摘 要: 塑料以其优良的物理化学性能和低廉的价格广泛应用于食品接触制品中。然而食品长期与塑料包装接触可能导致塑料中化学成分向食品中迁移, 进而造成食品污染, 并最终危害消费者的身体健康。故食品接触塑料中化学成分的迁移行为受到国内外政府机构和科研工作者的广泛关注。本文简述了食品接触塑料迁移实验中食品模拟物的选择、迁移实验条件的设定, 以及受限物质的检测方法。并对食品接触塑料中的光引发剂、重金属元素、增塑剂等三类化学成分的迁移规律的研究进行综述。

关键词: 食品接触塑料; 迁移; 食品模拟物

Review on migration method of chemical substances in polymeric food contact material

SHEN Shang-Yi¹, DONG Hai-Feng¹, GAO Xia¹, LI Qin-Mei¹, WEI Xiao-Xiao¹, ZHANG Mei¹, CHEN Guo-Hao², LIU Wei-Li^{1*}

(1. Beijing Key Laboratory of Organic Materials Testing Technology & Quality Evaluation, Beijing Engineering Research Center of Food Safety Analysis, Beijing Centre for Physical and Chemical Analysis, Beijing 100094, China; 2. The Research Institute of Petroleum Exploration and Development (RIPED), Beijing 100083, China)

ABSTRACT: Because of the lower price and the excellent physical and chemical properties, plastics have been widely applied in food packaging industry. However, during contacting with food at long time, part of the chemical substances from polymeric food contact materials may migrate into food. The contaminated food ate by consumer may cause some health problems. Hence, the migration of chemical substances in food packaging materials has been drawn great attention with governmental agencies and researchers. This article reviewed the research progress of selection with food stimulants, experiment condition setting and detection method of certain substance. The migrations of photoinitiator, heavy metals and plasticizers in food contact materials have also been summarized.

KEY WORDS: polymeric food contact material; migration; food simulation

1 引 言

民以食为天——食品安全问题一直是全球高度关注

的热点问题。材料科学的迅速发展, 使得聚合物作为包装材料的一种, 已经被广泛应用到食品包装中。然而, 塑料中的添加剂在提高聚合物的加工性和使用性能^[1]的同时, 也

*通讯作者: 刘伟丽, 博士, 副研究员, 主要研究方向为材料分析与检测。E-mail: liuweili@iccas.ac.cn

*Corresponding author: LIU Wei-Li, Ph.D, Associate Researcher. Beijing Centre for Physical & Chemical Analysis. Fuhua Building B, 7 Fengxian Middle Road, Haidian District, Beijing 100094, China. E-mail: liuweili@iccas.ac.cn

会在一定条件下通过塑料向与之接触的食品中迁移,进而污染食品^[2]。塑料中的残留单体、增塑剂、抗氧化剂、稳定剂、润滑剂、填充剂、发泡剂等化学成分或多或少有一定毒性。例如,氯乙烯单体能够毒害神经系统、肝脏、肾脏等器官,被国际癌症研究机构(IARC)正式确认为职业性化学致癌物^[3];邻苯二甲酸酯类增塑剂在体内长期积累可导致畸形、癌变,美国国家独立规划署确认高剂量的DEHP可引起肝癌^[4];塑料生产过程会残留苯系物、乙酸乙酯、丁酮等有机溶剂,其中苯系物溶剂具有明确的致癌性^[5-7],2005年“奶粉包装袋苯类溶剂严重超标事件”就属于这类物质的污染。

国家强制性标准 GB9685-2008《食品容器、包装材料用添加剂使用卫生标准》^[8]中明确规定了食品包装材料用添加剂的使用原则、允许使用的添加剂品种、使用范围、最大使用量、最大残留量或特定迁移量等。可见,保障食品安全除了食品自身的质量必须达到相关安全卫生标准外,其包装材料也必须满足相关食品的卫生安全要求。根据国家强制性标准 GB9685-2008,我国批准的食品容器、包装材料用添加剂品种达到了959种。目前,塑料包装材料中的各种化学物质向食品或食品模拟体系的迁移已成为食品包装安全领域的研究热点和前沿问题。研究食品接触材料中化学成分的迁移规律,能够有效地防范食品接触材料的安全问题,既有利于政府职能部门的对食品接触材料的监管,也有利于保证消费者的身体健康和生命安全。本文从迁移实验、测试方法两个方面对近年来食品接触材料中化学成分迁移的研究方法进行综述。

2 迁移实验

欧盟对于食品接触塑料制品中化学成分迁移的研究较早^[9],在 Commission Directive 2002/72/EC^[10]中对食品接触塑料制品中的受限物质(包括原料、单体、添加剂等)的迁移量提出了要求。欧盟指令 Council Directive 1982/711/EEC^[11]及其修正指令则对迁移实验条件及食品模拟物的选择做出了系统的规定。2009年,我国出台了 GB/T 23296.1-2009《食品接触材料塑料中受限物质塑料中物质向食品及食品模拟物特定迁移实验和含量测定方法以及食品模拟物暴露条件选择的指南》^[12],对食品接触塑料中受限物质向食品 and 食品模拟物特定迁移的实验方法进行了明确的规定^[13]。

2.1 食品模拟物选择

由于食品的成分复杂,选择合适的食品模拟物进行迁移实验显得尤为重要。根据食品的性质,可以将食品简单分为干固、中性液体、酸性、醇或脂肪类几大类。因此,欧盟、中国等国家标准体系中将食品模拟物分为4类:蒸馏水、乙醇/水溶液、稀酸溶液、脂肪模拟物^[14]。

针对食品接触塑料制品中化学成分的总迁移量的检

测,国家标准 GB 9681-1988^[15]、GB 9683-1988^[16]、GB 9687-1988^[17]、GB 9688-1988^[18]等规定,食品接触塑料的迁移实验中的食品模拟物为蒸馏水、4%乙酸溶液、65%(或20%)乙醇溶液和正己烷,分别模拟中性液体、酸性液体、酒精类饮料和油类食品的迁移情况。由于正己烷对食品接触塑料中的化学成分的萃取能力显著强于常见的油脂类食品,大约是精制橄榄油或异辛烷的6~7倍。因此,欧盟、英国等组织和国家通常采用精制橄榄油、玉米油、异辛烷等物质作为油脂类食品的模拟物^[8,10,11]。

由于食品接触塑料中受限物质(增塑剂、重金属离子等)的迁移可能会引起诸多食品安全问题,我国国家标准 GB/T 23296.1-2009^[12]和欧洲标准 EN 13130-1:2004^[19]中对这些受限物质的特定迁移实验进行规定。上述两个标准根据食品的特性将食品模拟物分为4种:纯水(称为模拟物A),模拟 pH > 4.5 的水性食品;3%乙酸水溶液(称为模拟物B),模拟 pH 4.5 的水性食品;10%乙醇溶液(称为模拟物C),模拟酒精类食品(当食品的酒精含量大于10%时,则调整乙醇溶液的相应浓度);精炼橄榄油(称为模拟物D),也可以采用其他油脂类模拟物,如甘油三酯、向日葵油或玉米油。上述4种食品模拟物主要针对液体类食品,不适合干性及冷冻食品的模拟物。针对食品接触塑料中的挥发物迁移到干性及冷冻食品中的迁移挥发释放量测定,可选择改性聚苯醚(又称 MPPO,可作为挥发性物质的吸收剂)、碳粉(可作为非极性有机物的吸收剂)、水部分饱和的硅胶(可作为极性挥发物的吸收剂)作为食品模拟物。但是,这3种模拟物用于测试干性及冷冻食品中的接触塑料化学物质迁移情况还未完全被认证和标准化^[10]。

2.2 迁移实验条件的选择

食品接触塑料中受限物质的迁移实验条件主要包括包装材料与食品模拟物接触的时间和温度。GB/T 23296.1-2009 中规定了选择迁移试验时间和温度的条件(如表1和表2所示),该条件对应于塑料材料或制品可预见最严厉解除条件及任何标签信息注明的最高使用温度。因此,若塑料材料或制品预期与食品的接触覆盖了表中的2种或2种以上温度和时间段,应使用等量的食品模拟物,将试样依次在所有这些可预见最严厉条件下进行迁移实验^[12]。该标准的规定与欧盟法规(EU)No.10/2011^[20]附录V第3章中的规定相同。

3 几种受限物质的迁移研究

针对光引发剂、重金属、增塑剂等化学物质,需要综合利用气相色谱法、液相色谱法、电感耦合等离子质谱法、气相色谱-质谱/串联质谱法等手段对食品或食品模拟物中这些物质的迁移量进行检测,从而得出这些物质的迁移规律^[21-31]。

表 1 采用食品模拟物进行迁移实验的一般时间条件
Table 1 The general time conditions in migration experiment with food simulation

可预见最严厉接触时间	应选择的试验时间
$t < 5 \text{ min}$	根据实际情况确定
$5 \text{ min} < t < 0.5 \text{ h}$	0.5 h
$0.5 \text{ h} < t < 1 \text{ h}$	1 h
$1 \text{ h} < t < 2 \text{ h}$	2 h
$2 \text{ h} < t < 4 \text{ h}$	4 h
$4 \text{ h} < t < 24 \text{ h}$	24 h
$t > 24 \text{ h}$	240 h

表 2 采用食品模拟物进行迁移实验的一般温度条件
Table 2 The general temperature conditions in migration experiment with food simulation

可预见最严厉接触温度	应选择的试验温度
$T < 5^\circ\text{C}$	5°C
$5^\circ\text{C} < T < 20^\circ\text{C}$	20°C
$20^\circ\text{C} < T < 40^\circ\text{C}$	40°C
$40^\circ\text{C} < T < 70^\circ\text{C}$	70°C
$70^\circ\text{C} < T < 100^\circ\text{C}$	100°C
$100^\circ\text{C} < T < 121^\circ\text{C}$	121°C^a
$121^\circ\text{C} < T < 130^\circ\text{C}$	130°C^a
$130^\circ\text{C} < T < 150^\circ\text{C}$	150°C^a
$T > 150^\circ\text{C}$	175°C^a

^a此温度应仅适用于模拟物 D。对于模拟物 A、B、或 C, 本实验的条件可以替代为: 在 100°C 或回流温度下, 试验时间为根据表 1 中一般要求所选择时间的 4 倍

3.1 光引发剂

光引发剂又称光敏剂, 是一类能在紫外光区或可见光区吸收一定波长的能量, 产生自由基、阳离子等进而引发单体聚合交联固化的化合物。光引发剂通过塑料包装进行化学迁移或者物理接触对食品造成污染, 相关的毒理学研究也证明光引发剂会对人体的器官造成病变^[32]。目前, 我国的标准主要针对光引发剂残留量的检测, 而对于其在食品中的特定迁移量和限定含量还没有法规要求。韩伟等^[33]采用超高压液相色谱二极管阵列检测器(UPLC-DAD)对 30 多种食品接触材料在食品模拟物(65%乙醇和正己烷)中 ITX (异丙基硫杂蒽酮) 和 EHDAB (二甲氨基苯甲酸异辛酯) 的迁移量进行了测定。结果表明, 光引发剂 ITX 和 EHDAB 在食品接触材料中一般协同出现, 迁移水平分别为 $0.11 \mu\text{g/L}$ 和 $0.092\sim 0.37 \mu\text{g/L}$, 低于限定值。Jung 等^[34]使

用 MPPO 作为食品模拟物, 采用高效液相色谱二极管阵列检测器(HPLC-DAD)对 310 种固体食品的包装中的 6 种光引发剂的迁移进行研究。实验结果表明, 在保质期前商品储存的过程中, 光引发剂 HCHPK(1-羟环己基苯酮)、BP(二苯甲酮)和 MBP(4-甲基二苯甲酮)很容易通过气相进行迁移。黄秀玲等^[35-37]针对纸塑复合食品接触材料的光引发剂在食品模拟物中的迁移进行研究, 并建立对应迁移模型, 能够准确预测纸塑复合食品接触材料中光引发剂的初期迁移量。

3.2 重金属

人体内重金属含量超过一定的限量值, 就会对人体健康产生严重影响。近年来发生的“毒胶囊”事件、铝箔包装重金属超标等事件使得食品接触塑料中重金属的特定迁移量的研究越来越受到科研工作者的重视^[38-44]。林立等^[45]对食品接触塑料在四种模拟物中对铅、砷、汞、镉等 9 种重金属元素的迁移情况进行分析, 并建立了电感耦合等离子质谱(ICP-MS)的方法。张桂芳等^[46]利用石墨炉原子吸收光谱法测定食品包装塑料在食品模拟液中钒的特定迁移量, 并探讨了样品的处理方法、仪器工作条件、升温程序等参数以及基体改进剂等的合理选用方式。邬蓓蕾^[47]利用 ICP-MS 研究了塑料中有毒有害元素在食品模拟液中的迁移行为, 研究不同迁移体系、试验温度和浸泡时间等特定迁移量的影响。结果表明, 同种元素在不同环境中的迁移量差别较大, 元素的迁移量主要和浸泡液的种类、浸泡样品的材质、浸泡接触面积有关, 与元素残留总量关系不大; 元素迁移量随着浸泡温度的增高而呈非线性式的增大。

3.3 增塑剂

增塑剂是一种常用的高分子助剂, 能够增加聚合物分子链的移动性, 降低聚合物分子链的结晶性, 提高塑料的柔韧性、伸长率和曲挠性。增塑剂的种类繁多, 在提高塑料制品使用性能的同时, 也有可能迁移到食品中, 对人体健康造成损害^[48-49]。测定增塑剂在各类介质中不同条件下的溶出量, 了解不同种类的食品中增塑剂的迁移行为, 才有可能准确评价含有增塑剂包装材料的安全性。王成云等^[50]对 PVC 食品保鲜膜在正己烷中己二酸二乙酯等 5 种增塑剂的迁移行为进行研究, 结果表明, 己二酸酯类增塑剂能够从聚氯乙烯(PVC)食品保鲜膜中迁移到正己烷介质中。刘大鹏等^[51]对市场中使用大米保鲜袋贮存的大米中的增塑剂进行了测定。结果表明: 0.08 mm 厚的 PVC 保鲜膜中贮存 18 个月大米中邻苯二甲酸二辛酯(DOP)迁移量接近 $4.5 \mu\text{g/g}$ 。

4 结 语

食品包装带来的安全问题已越来越受到人们的关注。

与欧美国家相比,我国对于食品接触塑料的卫生安全性研究和标准体系的建设起步较晚,尚不完善。近年来,尽管我国政府对食品接触材料标准体系进行修订制定,但是依然存在很多问题,尚不能满足我国在食品安全方面监督需求,限制了我国食品和塑料产品的出口,阻碍了相关产业的发展。因此,我国相关的政府机构亟需完善相关法规,细化各类化学物质及其迁移的检测标准及限量要求。我国科研人员必须投入更大的精力研究出有效的食品模拟物,开发出食品接触塑料中限量物质的高效检测方法,为国家确定相关标准提供可靠依据。

参考文献

- [1] 张双灵, 赵奎浩, 郭康权, 等. 食品包装化学物质迁移研究的现状及对策分析[J]. 食品工业科技, 2007, 28(9): 169-172.
Zhang SL, Zhao KH, Guo KQ, *et al.* Comparison and analyze on international food packaging migration [J]. *Sci Technol Food Ind*, 2007, 28(9): 169-172.
- [2] 李明元, 胡银川. 食品塑料包装中 PAEs 迁移危害研究现状[J]. 食品与生物技术学报, 2010, 29(1): 14-17.
Li MY, Hu YC. Current progress of the hazard of PAEs migration in plastic package of food [J]. *J Food Sci Biotechnol*, 2010, 29(1): 14-17.
- [3] 韩伟, 张亢. 氯乙烯对作业工人慢性危害的调查[J]. 中国城乡企业卫生, 2003, (6): 14-15.
Han W, Zhang K. The investigation of chronic hazard of vinyl chloride for workers [J]. *Chin J Urban Rural Ind Hyg*, 2003, (6): 14-15.
- [4] 丁鹏, 赵晓松. 酞酸酯类化合物(PAEs)研究新进展[J]. 吉林农业大学学报, 1999, 21(3): 119-123, 128.
Ding P, Zhao XS. Advances in the research of phthalate esters [J]. *J Jilin Agric Univ*, 1999, 21(3): 119-123, 128.
- [5] Au WW, Ramanujam VM, Ward JJ, *et al.* Chromosome aberrations in lymphocytes of mice after sub-acute low-level inhalation exposure to benzene [J]. *Mut Res/Gene Toxicol*, 1991, 260: 219-224.
- [6] Magos GA, Jimenez ML, Vidrio H. Toluene and benzene inhalation influences on ventricular arrhythmias in the rat [J]. *Neurotoxicol Teratol*, 1990, 12: 119-124.
- [7] Knox JW, Nelson JR. Permanent encephalopathy from toluene inhalation [J]. *New Eng J Med*, 1996, 275: 1494-1497.
- [8] GB 9685-2008 食品容器、包装材料用添加剂使用卫生标准[S].
GB 9685-2008 Hygienic standard for uses of additives in food containers and packaging materials [S].
- [9] 寇海娟, 商贵芹, 邵晨杰. 我国和欧盟食品接触材料迁移实验方法的分析比较[J]. 包装工程, 2012, 33(3): 35-38.
Kou HJ, Shang GQ, Shao CJ. Analysis and comparison of migration test method of food contact material in our country and Europeanunion [J]. *Packag Eng*, 2012, 33(3): 35-38.
- [10] Directive 2002/72/EC. Relating to plastic materials and articles intended to come into contact with foodstuffs [S].
- [11] Council Directive 1982/711/EEC. Laying down the basic rules necessary for testing migration of the constituents of plastic materials and articles intended to come into contact with foodstuffs [S].
- [12] GB 23296.1-2009 食品接触材料塑料中受限物质塑料中物质向食品及食品模拟物特定迁移试验和含量测定方法以及食品模拟物暴露条件选择的指南[S].
GB 23296.1-2009 Materials and articles in contact with foodstuffs-plastics substances subject to limitation-guide to test methods for the specific migration of substances from plastics to foods and food simulants and the determination of substances in plastics and the selection of conditions of exposure to food simulants [S].
- [13] 李挥, 墨伟, 范斌, 等. 食品包装材料迁移实验方法和食品模拟物选择[J]. 塑料助剂, 2008, (2): 13-17.
Li H, Mo W, Fan B, *et al.* Migration test of plastics packaging materials and selection of food simulants [J]. *Plas Addit*, 2008, (2): 13-17.
- [14] 王志伟, 孙彬青, 刘志刚. 包装材料中化学物迁移研究[J]. 包装工程, 2004, (5): 1-4.
Wang ZW, Sun BQ, Liu ZG. On migration of constitutes of packaging materials [J]. *Packag Eng*, 2004, (5): 1-4.
- [15] GB 9681-1988 食品包装用聚氯乙烯成型品卫生标准[S].
GB 9681-1988 Hygienic standard of products of polyvinyl chloride for food packaging [S].
- [16] GB 9683-1988 复合食品包装袋卫生标准[S].
GB 9683-1988 Hygienic standard for composite laminated food packaging bag [S].
- [17] GB 9687-1988 食品包装用聚乙烯成型品卫生标准[S].
GB 9687-1988 Hygienic standard for polyethylene products used food containers tableware [S].
- [18] GB 9688-1988 食品包装用聚丙烯成型品卫生标准[S].
GB 9688-1988 Hygienic standard for polypropylene products used as food containers and tablewares [S].
- [19] EN-13130-1:2004, Materials and articles in contact with foodstuffs-plastics substances subject to limitation [S].
- [20] (EU) No 10/2011. On plastic materials and articles intended to come into contact with food [S].
- [21] 张旭龙, 田延河, 全小盾, 等. 超高压超高压液相色谱-串联质谱法对马口铁罐内涂层中双酚 A 及其模拟迁移的测定[J]. 食品安全检测学报, 2013, 4(4): 999-1004.
Zhang XL, Tian YH, Quan XD, *et al.* Determination of bisphenol A migration from inside coating of tinplate can by ultra pressure liquid chromatography-tandem mass spectrometry [J]. *J Food Saf Qual*, 2013, 4(4): 999-1004.
- [22] 丁岚, 马强, 李文涛, 等. 高压液相色谱法测定纸质食品接触材料中亚甲基双硫氰酸酯的迁移量 [J]. 食品安全质量检测学报, 2013, 4(4): 1015-1019.
Ding L, Ma Q, Li WT, *et al.* Determination of methylene dithiocyanate migration from food contact paper materials by high pressure liquid chromatography [J]. *J Food Saf Qual*, 2013, 4(4): 1015-1019.
- [23] 赵电波, 张丽尧, 白艳红. 食品级塑料包装袋中邻苯二甲酸二丁酯和邻苯二甲酸二辛基酯向高温油炸食品中迁移的研究[J]. 食品安全质量检测学报, 2013, 4(4): 1061-1066.
Zhao DB, Zhang LY, Bai YH. Migration of dibutyl phthalate and di-n-octyl phthalate in food-grade plastic packaging bags applied in fried food packaging [J]. *J Food Saf Qual*, 2013, 4(4): 1061-1066.
- [24] 满正印, 沈坚, 王全林, 等. 食品接触塑料中初级芳香胺检测方法研究进展[J]. 食品安全质量检测学报, 2014, 5(9): 2722-2728.

- Man ZY, Shen J, Wang QL, *et al.* Research progress of detection methods for primary aromatic amines in food contact plastics [J]. *J Food Saf Qual*, 2014, 5(9): 2722–2728.
- [25] Xue MG, Tian LY, Yang YC. Predictive migration model for organic contaminants from printed paper(Board) food packaging materials into food [J]. *Appl Mech Mater*, 731(2015): 471–475.
- [26] Muncke J. Hazards of food contact material: food packaging contaminants [J]. *Encyclopedia Food Saf*, 2014: 430–437.
- [27] Suci NA, Tiberto F, Vasileiadis S, *et al.* Recycled paper–paperboard for food contact materials: Contaminants suspected and migration into foods and food simulant [J]. *Food Chem*, 2013, 141(4): 4146–4151.
- [28] 陈明, 舒溢, 茅辰, 等. AS 和 ABS 塑料类食品接触材料中丙烯腈的迁移研究[J]. *食品安全质量检测学报*, 2014, 5(11): 3564–3570.
Chen M, Shu Y, Mao C, *et al.* Research on migration of acrylonitrile in acrylonitrile styrene and acrylonitrile butadiene styrene plastic food contact materials [J]. *J Food Saf Qual*, 2014, 5(11): 3564–3570.
- [29] Li XJ, Xiong WM, Lin H, *et al.* Analysis of 16 phthalic acid esters in food simulants from plastic food contact materials by LC-ESI-MS/MS [J]. *J Sep Sci*, 2013, 36(3): 477–484.
- [30] Simoneau C, Valzacchi S, Morkunas V, *et al.* Comparison of migration from polyethersulphone and polycarbonate baby bottles [J]. *Food Addit Contam: Part A*, 2011, 28(12): 1763–1768.
- [31] Fengler R, Schlummer M, Gruber L, *et al.* Migration of fluorinated telomerAlcohols(FTOH) from food contact materials into food at elevated temperatures [J]. *Organohalogen Compounds*, 2011, 73: 939–942.
- [32] 刘珊珊, 柯玮, 范子彦, 等. 食品接触材料中光引发剂残留及其迁移规律研究进展[J]. *中国食品卫生杂志*, 2014, 26(5): 507–514.
Liu SS, Ke W, Fan ZY, *et al.* Research progress in residue analysis of photoinitiators in food contact materials and migration in food matrices [J]. *Chin J Food Hyg*, 2014, 26(5): 507–514.
- [33] 韩伟, 庞震, 张媛媛, 等. 超高压液相色谱法测定食品接触材料印刷油墨中光引发剂[J]. *食品安全质量检测学报*, 2013, 4(4): 1005–1009.
Han W, Pang Z, Zhang YY, *et al.* Determination of photo-initiators in printing ink on food contact material by ultra-pressure liquid chromatography [J]. *J Food Saf Qual*, 2013, 4(4): 1005–1009.
- [34] Jung T, Simat T, Altkofer W, *et al.* Survey on the occurrence of photo-initiators and amine synergists in cartonboard packaging on the German market and their migration into the packaged foodstuffs [J]. *Food Addit Contam*, 2013, 30(11): 1993–2016.
- [35] 黄秀玲. 纸塑复合包装材料 UV 墨光引发剂迁移试验与理论研究[D]. 无锡: 江南大学, 2009.
Huang XL. The experimental and theoretical study on migration of UV ink photoinitiators from paper or paperboard through plastic coating layer [D]. Wuxi: Jiangnan University, 2009.
- [36] 黄秀玲, 王志伟. UV 墨光引发剂在迁移实验条件下的稳定性[J]. *包装工程*, 2008, 29(5): 8–10.
Huang XL, Wang ZW. Stability of UV ink photo-initiators under migration test conditions [J]. *Packag Eng*, 2008, 29(5): 8–10.
- [37] 黄秀玲, 王志伟. PE 淋膜纸中 UV 墨光引发剂向食品模拟物的迁移行为[J]. *高分子材料科学与工程*, 2009, 25(7): 97–100.
Huang XL, Wang ZW. Migration behavior of UV ink photo-initiators from paper through PE coating into food simulants [J]. *Poly Mater Sci Eng*, 2009, 25(7): 97–100.
- [38] 付善良, 贺鹏, 丁利, 等. 微波条件下陶瓷食品接触材料中有害重金属迁移行为的研究[J]. *食品安全检测学报*, 2003, 4(4): 1005–1009.
Fu SL, He P, Ding L, *et al.* Study on migration of hazardous heavy metals from ceramic food contact material during microwave heating [J]. *J Food Saf Qual*, 2013, 4(4): 988–992.
- [39] 陈朝方, 许彩芸, 彭彬, 等. 微区能量色散 X 荧光元素成像法测定陶瓷中重金属元素 [J]. *食品安全质量检测学报*, 2013, 4(4): 1046–1052.
Chen CF, Xu CY, Peng B, *et al.* Detection of heavy metal elements in glaze layer of ceramic by micro-energy dispersive X-ray fluorescence [J]. *J Food Saf Qual*, 2013, 4(4): 1046–1052.
- [40] 俞凌云, 董伟, 温滨庆, 等. 浓缩柱富集-流动注射分光光度法测定食品接触材料中的微量铅[J]. *食品安全质量检测学报*, 2013, 4(4): 1033–1038.
Yu LY, Dong W, Wen YQ, *et al.* Spectrophotometric determination of trace lead in food contact materials by concentrated enrichment-flow injection analysis [J]. *J Food Saf Qual*, 2013, 4(4): 1033–1038.
- [41] Addo-Ntim S, Thomas TA, Begley TH, *et al.* Characterisation and potential migration of silver nanoparticles from commercially available polymeric food contact materials [J]. *Food Addit Contam: Part A*, 2015, 32(6): 1003–1011.
- [42] Dong ZH, Lu LX, Liu ZG. Migration model of toxic metals from ceramic food contact materials into acid food [J]. *Packag Technol Sci*, 2015, 28(6): 545–556.
- [43] Noonan GO, Whelton AJ, Carlander D. Measurement methods to evaluate engineered nanomaterial release from food contact materials [J]. *Comprehens Rev Food Sci Food Saf*, 13(4): 679–692.
- [44] Elskens M, Vloberghs D, Van-Elsen L, *et al.* Multiple testing of food contact materials: A predictive algorithm for assessing the global migration from silicone moulds [J]. *Talanta*, 2012, 99(15): 161–166.
- [45] 林立, 周谱非, 王朝晖. 电感耦合等离子体质谱法测定食品包装材料中有害金属元素[J]. *食品工业科技*, 2011, 32(11): 457–458, 513.
Lin L, Zhou AF, Wang CH. Determination of harmful metals in food simulants by ICP-MS [J]. *Sci Technol Food Ind*, 2011, 32(11): 457–458, 513.
- [46] 张桂芳, 陈金东, 丁尔良, 等. 石墨炉原子吸收光谱法测定塑料食品包装材料中的钡[J]. *预防医学论坛*, 2011, 17(7): 629–631.
Zhang GF, Chen JD, Ding EL, *et al.* Determination of barium in plastic products used in food packaging by graphite furnace atomic absorption spectrometry [J]. *Prev Med Tribune*, 2011, 17(7): 629–631.
- [47] 郭蓓蕾. 塑料中有毒有害物质检测技术[M]. 北京: 化学工业出版社, 2013.
Wu BL. The detecting techniques of toxic and harmful substance in polymer [M]. Beijing: Chemical Industry Press, 2013.
- [48] 黄晓群, 刘红河, 王晖. 人体血清中邻苯二甲酸酯类化合物含量分析[J]. *中国热带医学*, 2007, 8(7): 1443–1445.
Huang XQ, Liu HH, Wang H. Analysis of content of phthalic acid esters in human serum [J]. *China Tropic Med*, 2007, 8(7): 1443–1445.
- [49] Ema M, Miyawaki E, Kawashima K. Critical period for adverse effects on development of reproductive system in male offspring of rats given Di-n-butyl phthalates during late pregnancy [J]. *Toxicol*, 2000, 111:

271-278.

- [50] 王成云, 张少文, 张伟亚, 等. PVC 食品保鲜膜在模拟油中己二酸 30 酯类增塑剂的迁移行为研究[J]. 上海塑料, 2007, 1(137): 29-32.

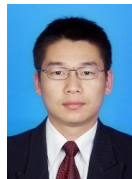
Wang CY, Zhang SW, Zhang WY, *et al.* Study on the migration of adipates in PVC thin films for food strapping dipped in stimulant oil [J]. Shanghai Plas, 2007, 1(137): 29-32.

- [51] 刘大鹏, 李喜宏, 陈丽. 贮藏期间保鲜膜中增塑剂 DOP 对大米的污染规律研究[J]. 食品科技, 2007, (4): 222-225.

Liu DP, Li XH, Chen L. Study on contaminate of DOP in rice for film in storage [J]. Food Sci Technol, 2007, (4): 222-225.

(责任编辑: 李振飞)

作者简介



沈上圯, 博士, 助理研究员, 主要研究方向为食品接触材料化学成分迁移规律。
E-mail: ssy2573@163.com



刘伟丽, 博士, 副研究员, 主要研究方向为材料化学成分分析及检测。
E-mail: liuweili@iccas.ac.cn

“禽产品加工贮藏与质量安全”专题征稿函

我国是世界禽产品生产和消费大国, 近年来禽类产业发展迅速。禽蛋营养丰富、口味鲜美, 是人类最理想的天然食品之一, 其中存在的生物活性物质也在近年来得到了广泛研究, 并应用于医学、营养保健和食品强化等领域。而禽肉与畜肉相比, 蛋白质含量丰富, 脂肪含量少, 肉质鲜嫩, 易消化, 价格低, 受到消费者的青睐。目前禽类产业正在加速转变, 规模化、标准化、专业化和集约化程度显著提高, 高附加值的禽类深加工产品拥有广阔的发展前景。

鉴于此, 本刊特别策划“禽类产品加工贮藏与质量安全”专题, 由东北农业大学的迟玉杰教授担任专题主编。迟教授现任东北农业大学食品学院副院长, 兼任中国畜产品加工学会常务理事, 中国食品学会大豆加工分会常务理事, 中国农业工程学会农产品贮藏与加工分会常务理事, 中国农学会农产品加工与贮藏分会理事, 黑龙江省食品添加剂生产与应用协会副理事长等职。专题将围绕“禽类饲养与屠宰, 禽蛋与禽肉加工工艺与技术, 禽蛋与禽肉贮藏与保鲜工艺技术, 禽蛋与禽肉质量与安全控制, 禽产品检测技术, 禽产品营养与功能特性, 禽蛋生物活性物质提取与应用, 禽类产业体系优化”等方面展开。计划在 2015 年 12 月出版。

鉴于您在此领域的成就, 本刊专题主编迟玉杰教授特邀请您为本刊撰稿, 展示您的研究成果、学术发现以及对禽类产业体系的调查与见解, 以期促进禽类产品加工贮藏与质量安全的研究进行、推动禽类产业体系优化进程。并进一步提升该专题的学术质量和影响力。请在 2015 年 11 月 20 日前通过网站或 E-mail 投稿。我们将快速处理并优先发表。

感谢您的参与和支持!

投稿方式:

网站: www.chinafoodj.com

E-mail: jfoodsqa@126.com

《食品安全质量检测学报》编辑部