

食品包装用纸中残留污染物分析

余丽¹, 匡华¹, 徐丽广¹, 马伟¹, 刘丽强¹, 吴晓玲¹, 朱怡橙², 朱建平¹, 胥传来¹
(1. 江南大学, 无锡 214122; 2. 淮阴工学院, 淮安 223003)

摘要: **目的** 介绍食品包装用纸中常见残留污染物的种类及其分析方法, 为以后的研究提供方向。 **方法** 分析和总结近些年来国内外有关食品包装纸中污染物的研究成果。 **结果** 食品包装纸中常见的污染残留物主要有六大类, 包括重金属及其化合物、荧光增白剂、病原微生物、有机挥发性溶剂类物质、增塑剂、有机氯化物等。 **结论** 通过对比各污染物的分析方法, 指出快速、高灵敏、廉价的检测技术是发展方向。

关键词: 食品包装用纸; 污染物; 检测技术

中图分类号: TB484.1; TS207 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001-3563(2015)01-0006-06

Residual Contaminant Analysis in Paper Packaging of Food

YU Li¹, KUANG Hua¹, XU Li-guang¹, MA Wei¹, LIU Li-qiang¹, WU Xiao-ling¹, ZHU Yi-cheng²,
ZHU Jian-ping¹, XU Chuan-lai¹

(1. Jiangnan University, Wuxi 214122, China; 2. Huaiyin Institute of Technology, Huaian 223003, China)

ABSTRACT: To introduce the types and analysis methods of common residual contaminants in paper packaging of food, so as to provide potential directions for future research. Domestic and foreign literatures on contaminants in food packaging paper were analyzed and summarized. There are 6 main classes of contaminants in food packaging paper, including heavy metals and their compounds, fluorescent brightening agents, pathogenic microorganisms, volatile organic solvents, plasticizers and organic chlorine compounds. The analysis methods for the different contaminants were compared, and the fast, highly sensitive and cheap detection technology was pointed out as the developmental direction.

KEY WORDS: food packaging paper; residual contaminants; detection technology

常用的食品接触材料有纸、纺织品、陶瓷、金属、玻璃、塑料、橡胶、硅胶、竹木以及复合材料等, 其中纸、塑料、玻璃、金属被称为现代包装的四大支柱。纸作为传统而又新型的包装材料, 具有安全卫生、价格低廉、方便易得、可回收利用、可降解等优点, 从而成为绿色环保包装材料的一员, 是食品包装材料中的宠儿。食品包装用纸制品是指用于包装、盛放食品或食品添加剂的复合纸制品, 以及食品或食品添加剂在生产、流通、使用过程中直接接触的纸容器、用具、餐具等制品。

当纸制品的原材料受到污染时, 这些残留污染物直接与食品接触, 通过吸收、溶解、扩散等过程迁移进入食品中, 从而影响食品的安全性, 继而危害人体健康^[1-8]。迁移的物理本质是扩散和热传导, 它是指包装材料中的残留物或添加剂从包装材料内部向与食品接触的表面扩散, 从而被溶剂化或溶解。迁移模型可以很好地预测污染物的迁移行为^[9-10]。造成食品污染的原因多数是由于食品包装材料中的污染物迁移到了食品中。

美国联邦法规对食品包装的规定很严格, 明确限

收稿日期: 2014-10-08

基金项目: “十二五”科技计划项目(2012AA06A303; 2012BAD29B05)

作者简介: 余丽(1989—), 女, 河南郑州人, 江南大学硕士生, 主攻食品安全检测。

通讯作者: 胥传来(1965—), 男, 江南大学教授、博导, 主要研究方向为食品安全与检验检疫安全。

制了迁移物(残余溶剂、重金属和异物等)的总量。我国现行的与食品接触材料相关的法律法规,除了《食品卫生法》和《产品质量法》等基本法律和国家标准外,还有诸多行业标准和一些相应的专项法规,以及部分规章和技术规范等。由于食品安全问题突出,目前国内各部门正在整合、修订新的法律法规,以保障食品安全^[11-18]。

纸质包装材料中常见的有害残留污染物主要是重金属及其化合物、荧光增白剂、病原微生物、有机挥发性溶剂类物质、增塑剂、有机氯化物等^[19]。

1 重金属及其化合物的残留

大多数重金属都具有一定的富集性,不易被分解和代谢,会污染环境,而且其一旦进入人体就会在肝、肾、骨骼、心脏和大脑等部位聚集,难以排出,从而危害人体健康,尤其对免疫力弱的儿童会造成不可恢复的伤害。国标中规定,砷的测定方法有氢化物原子荧光光度法、银盐法、砷斑法、硼氢化物还原比色法等;铅的测定方法有石墨炉原子吸收光谱法、氢化物原子荧光光度法、火焰原子吸收光谱法、二硫脲比色法、单扫描极谱法等;镉的测定方法有石墨炉原子吸收光谱法、原子吸收光谱法、比色法、原子荧光法等;总汞的测定方法有原子荧光光谱分析法、冷原子吸收光谱法、二硫脲比色法等;甲基汞的测定方法有气相色谱法和冷原子吸收法;铬的测定方法有原子吸收石墨炉法和示波极谱法。

2012年闻诚^[20]等人对比了银盐法和原子荧光法测定食品用纸包装、容器中砷的含量,结果发现原子荧光法适用于衡量分析,而银盐法适用于仲裁分析。2009年王继才^[21]等人建立了用电感耦合等离子体发射光谱法来测定食品用纸包装容器和材料中可迁移性镉残留量。2010年薛美贵^[22]等人通过采用电感耦合等离子体-质谱法对汉堡、油炸食品、干面包、月饼、坚果、白砂糖等13种食品用印刷纸质包装材料的研究

发现,印刷包装纸中各种重金属的含量均较高,其中铬出现的频率最高。通过研究发现,常见的重金属残留主要是铬、镉、砷、铅、汞等。

2 荧光增白剂的残留

荧光增白剂因其在一定波长下能被激发,发射出蓝色荧光且具有增白的效果而命名,简称OBAs或FWAs。未被处理过的纸张常呈黄色或灰白色,被荧光增白剂处理后会呈现纯白色,这是因为纸张中的纸纤维在光的照射下会发出蓝色或紫色的光,抵消了纸纤维中的黄色或灰白色,从而使纸张增白。有研究发现荧光增白剂易被人体的口鼻黏膜组织吸收,一旦进入人体很难被分解,毒性常积累在肝脏或其他主要器官,可使细胞产生变异,具有潜在的致癌性。造纸工业中常用的荧光增白剂以双三嗪氨基-二苯乙烯衍生物居多,最常见的有3种:VBL(CAS号12224-06-5),VBA(CAS号4193-55-9)和APC(CAS号16470-4-9)^[23-24]。一些其他常被检测的荧光增白剂有:BBU(CAS号16470-24-9),CXT(CAS号16090-02-1),BA(CAS号12768-92-2),ER(ER-1,CAS号13001-39-3;ER-2,CAS号13001-38-2;ER-3,CAS号13001-40-6),CBS-X(CAS号27344-41-8),CBS-127(CAS号40370-68-6),KCB(CAS号5089-22-5),OB(CAS号7128-64-5),SPP(CAS号41098-56-0)以及APH(CAS号55585-28-9)等。荧光增白剂常见的检测方法有高效液相色谱法、薄层层析法、紫外分光光度法、分子荧光光度法等,其中高效液相色谱法具有高速、灵敏、检测范围广等特点,从而成为目前最常用的检测方法。各种检测方法见表1。

2002年沈永嘉^[25]等人给出了接触含荧光增白剂制品时,人体通过食品摄入荧光增白剂的总含量为每天0.001 mg/kg,残留在包装纸上的吸附量为0.001~0.03 mg/d。2014年杜志峰^[26]等人研究了13个食品接

表1 不同的检测方法对比

Tab.1 Comparison of different detection methods

分析方法	检测对象	研究文献中最低检出限/(mg·kg ⁻¹)
荧光分光光度法	荧光增白剂 VBL, BA, CXT, CBS-X	0~0.8
紫外分光光度法	荧光增白剂 BBU, ER	0.03
薄层色谱法	荧光增白剂 VBL	0.83
高效液相色谱法(正向、反向、离子对色谱法)	荧光增白剂 CBS-127, VBL, ER, KCB, CBS-X, OB 等	0.005
液相色谱-串联质谱法	荧光增白剂 VBL, APC, SPP, APH, VBA	0.01

触纸包装材料样品,其中1个样品检出含有荧光增白剂184(FWA184),含量为0.287 mg/kg。2012年Edit^[27]等人通过离子对反相高效液相色谱法对纸制品中的7种荧光增白剂进行了检测,其最低检测限可以达到1.2~11 mg/kg。

3 病原微生物的污染

许多厂家为了节省成本,循环利用废纸和造纸白水作为造纸原料,这些原料不可避免地会引入一些微生物^[28]。如果受到致病菌和可以代谢生物毒素的霉菌污染,很有可能会导致纸制品中残留此类污染物,若直接接触食品,必定会污染食品,从而间接地对人体造成危害,甚至危及生命。

2012年彭春娇^[29]等人通过对大理市食品包装用纸张的微生物进行了检测,选取大理市的学校食堂、菜市场、超市等3种场所,并随机采集不同材质食品包装纸,检测发现200份样本中有155份带菌,总带菌率为77.5%。2011年钟泽辉^[30]等人运用原子吸收光谱对40℃下抗菌剂在5种不同食品模拟物中的迁移情况,在3种食品模拟物中检测到抗菌剂。

4 有机挥发性溶剂类的残留

有机溶剂的残留是最常见的一种危害物,它主要来源于食品用纸包装材料的生产及后续加工过程中添加的一些化学物质,当这些化学物质中的有机溶剂直接或间接接触食品时,就会通过渗透及其他方式向食品中转移,最终污染食品。

2014年沈聪文^[31]等人对35种市面上食品用纸包装材料进行了检测,检出乙酸乙酯、丁酮、乙酸丁酯,未发现苯系溶剂残留。2014年王美华^[32]等人对食品用纸包装容器中17种残留溶剂的残留量进行了研究,60批次样品中有10批次样品检出了苯系溶剂残留。

甲醛是公认的变态反应源,目前已被WHO认为是对人体有毒、致畸、致癌的化学物质,欧盟2002/72/EC规定了与食品接触塑料中甲醛的限量为15 mg/kg,我国现行食品包装材料卫生标准对甲醛迁移量的限量规定为30 mg/kg^[33]。2014年李克宏^[34]对食品用纸包装材料纸杯和纸袋中的甲醛含量进行了研究,其中甲醛含量的最低限为2.14 mg/kg,最高限为3.24 mg/kg。2009年李慧勇^[35]等人通过对60多种不同种类的食品

纸包装产品进行检测,研究发现甲醛含量最高的是内层未经涂层处理的纸浆快餐具等产品,平均检出量高达0.93 mg/kg,而内层经涂层处理的纸杯等产品的平均检出量低于0.2 mg/kg,此研究说明内层未经涂层处理的纸浆产品甲醛含量很高。Sturaro^[36]等人探讨了再生纸和纸板食品包装中污染物三甲基二苯基甲烷向干性食品的迁移,三甲基二苯基甲烷在固态食品中的均量为0.018 mg/kg。

在纸制品的生产过程中,不可避免地会使用有机溶剂,有些溶剂在限量内是允许使用的,而有些溶剂的残留是禁止的,尤其是苯系溶剂,其残留危害性很大。苯系溶剂的残留物能随着血液危害人的血球及造血机能,损害人的神经系统,导致白血病。目前,苯已经被世界卫生组织认定为严重的致癌物质。

5 增塑剂的残留

在纸塑复合材料中,使用增塑剂的目的是增加聚合物的塑性。该类物质通过削弱聚合物分子间的范德华力,增加聚合物分子链的移动性,从而降低聚合物分子链的结晶性,增加产品的柔韧性和延展性。

2012年杨博锋^[37]等人对市场上10种不同类型的食品纸质包装材料进行了检测,发现其中有2个样品在乙醇(95%)的食品模拟物中有邻苯二甲酸二(2-乙基己基)酯,迁移量分别为0.32 mg/kg和0.11 mg/kg。2014年吴宇梅^[38]等人对食品包装纸中的邻苯二甲酸二异丁酯、邻苯二甲酸二丁酯和邻苯二甲酸二(2-乙基己基)酯进行了测定,发现所有纸样中都含有增塑剂,其中茶叶袋滤纸中有一样品的增塑剂含量超标。高松^[39]等人研究了纸张印刷油墨中4种增塑剂(邻苯二甲酸二(2-乙基己基)酯、邻苯二甲酸二(2-乙基己基)酯、邻苯二甲酸二丁酯和乙酰基柠檬酸三丁酯)向食品模拟物2,6-二苯吡喃多孔聚合物树脂(Tenax TA)和奶粉在微波条件下的迁移情况,结果显示在一定条件下微波功率越大,迁移量越大,且迁移行为受增塑剂分子质量和极性性质的影响,常规条件下的迁移影响因素也适用于微波条件。Summerfield^[40]等用气质联用技术对二异丙基萘和邻苯二甲酸二丁酯的迁移条件进行了研究。

Choi^[41]等人研究了覆有聚乙烯膜(PE膜)的纸和纸板包装中蒽、二苯甲酮、邻苯二甲酸二甲酯、硬脂酸甲酯和五氯苯酚向水中迁移以及受温度迁移的情况,发现在低温或室温条件下,是否覆有聚乙烯膜

(PE膜)的影响不大。Song^[42]等人通过研究在100℃下不同模拟物中覆有聚丙烯膜(PP膜)的不同再生纸板的迁移情况,发现当增大PP的厚度时,污染物向食品模拟物中的迁移量会相应减少,但这并不等于说聚丙烯膜(PP膜)越厚越好,现实中食品的复杂程度要远远高于食品模拟物,因此在某种条件下食品模拟物中的安全性也不能代表完全的安全性。Ozaki^[43]等人研究了食品包装纸和纸板中的松香酸及其水解产物向不同食品模拟物和替代脂肪的食品模拟物2,6二苯吡喃多孔聚合物树脂(Tenax TA)中的迁移,其中松香酸和松香酸水解产物在所检测的回收纸样品中被全部检出,含量达到110~1200 mg/kg。2011年李丹^[44]等人建立了气相色谱法检测被污染的奶粉中光引发剂Irgacure-184的方法,当温度升高时,迁移速度加快,容易在短时间内达到平衡,总迁移量越大。调查分析发现,邻苯二甲酸酯是迁移分析中最常被检出物质,使用不当极易造成包装内容物的污染,从而危害食用者安全。

6 有机氯化物的残留

五氯苯酚是一种重要的防腐剂,曾经常用作木材的防腐,若用这些木材作为纸浆原料,纸质食品包装材料中有可能会残留五氯苯酚。五氯苯酚的毒性很强,它可通过空气或皮肤被人体吸收,吸收五氯苯酚可引起人体的各种不适,如头痛、疲倦、眼睛及皮肤的刺激症状、多汗、神经痛、呼吸困难等,甚至造成肾脏、肝脏的损害^[45-47]。2010年杨左军^[48]等人对市售的13种面包纸袋进行了检测,在其中1种面包纸袋的热水提取物中检出了五氯苯酚,含量为0.02 mg/kg。

多氯联苯是另一类易于残留在纸包装中的化学品。多氯联苯属于重要的内分泌干扰物,具有致畸、致癌和致突变等作用,且具有化学惰性、低水溶性、高脂溶性等特征,易于在脂肪组织中发生生物蓄积,当在生物体内累积达到一定浓度时就会导致中毒,危害人体健康。欧盟委员会规定,与食品直接接触的纸和纸板中多氯联苯的限量值为2 mg/kg。2011年白彦坤^[49]等人在北京和石家庄超市购买的15个食品纸包装材料纸盒中,有2个纸盒被检出多氯联苯,分别含有0.0105 mg/kg和0.011 mg/kg。2009年陈乔华^[50]等人采用气相色谱-质谱联用法测定了食品用纸包装容器及材料样品中的多氯联苯,检出限量为0.001 mg/kg。2009年郭丽敏^[51]等人采用索氏提取法

提取样品,用气相色谱-电子捕获检测器测定了食品包装材料中的多氯联苯,该法的检出限可以达到0.0005 mg/kg。

7 结语

目前食品包装材料中污染物的残留已经引起了很多研究学者的注意,文中综述了常见的污染物仪器检测分析方法以及迁移特性。随着食品安全关注度的提高,其他化学物如抗菌剂、光引发剂等新型危害物的迁移日渐增多,所引起的危害也不容忽视,但对这些污染物的研究还很少。笔者通过总结分析发现,食品包装污染残留物的检测技术仍依赖于传统的色谱、质谱技术,面对五花八门的食品包装,海量的检测样本亟需快速、廉价的分析方法或设备为食品安全保驾护航。

参考文献:

- [1] 陈旭. 食品包装材料安全性及检测技术[J]. 包装与食品机械, 2013, 30(6): 53—56.
CHEN Xu. The Safety and Detection Techniques of Food Packaging Material[J]. Packaging and Food, 2013, 30(6): 53—56.
- [2] 和东芹, 位玉灵. 浅析包装材料对食品安全性的影响[J]. 邯郸职业技术学院学报, 2004, 17(1): 41—44.
HE Dong-qin, WEI Yu-ling. Analysis of the Influence on Packaging Materials for Food Security[J]. Journal of Handan Polytechnic College, 2004, 17(1): 41—44.
- [3] 黄宁选, 张光华. 纸张纤维类绿色包装材料的现状与发展[J]. 包装工程, 2006, 27(6): 368—370.
HUANG Ning-xuan, ZHANG Guang-hua. Present Situation and Developing Prospect of Plant Fiber Packaging Materials[J]. Packaging Engineering, 2006, 27(6): 368—370.
- [4] 李念, 杨坚. 纸包装材料的发展趋势[J]. 中国包装, 2006, 26(1): 49—51.
LI Nian, YANG Jian. The Trend of Paper Packaging Materials[J]. China Packaging, 2006, 26(1): 49—51.
- [5] 彭珊珊, 丘讯安. 食品包装新材料[J]. 包装工程, 2004, 25(2): 131—134.
PENG Shan-shan, QIU Xun-an. New Food Packaging Materials[J]. Packaging Engineering, 2004, 25(2): 131—134.
- [6] 王晓华, 黄启超, 葛长荣. 浅析食品包装容器, 材料存在的安全隐患问题及其控制措施[J]. 食品科技, 2006, 31(8): 14—17.
WANG Xiao-hua, HUANG Qi-chao, GE Chang-rong. Shal-

- lowly Analysis on the Existing Safety Problems and Control Measures in Food Packaging Containers and Materials[J]. Food Science and Technology, 2006, 31(8): 14—17.
- [7] 张黎明. 我国食品包装安全问题的现状与分析[J]. 中国包装, 2007, 27(2): 89—90.
ZHANG Li-ming. The Situation and Analysis of Chinese Food Packaging Safety[J]. China Packaging, 2007, 27(2): 89—90.
- [8] 朱建萍. 论食品的安全包装[J]. 食品科学, 2007, 27(11): 566—570.
ZHU Jian-ping. Discussing on the Safe Packaging of Food[J]. Food Science, 2007, 27(11): 566—570.
- [9] 戴宏民, 戴佩华. 食品包装材料的迁移规律及预防对策[J]. 包装工程, 2012, 33(6): 32—40.
DAI Hong-min, DAI Pei-hua. Migration of Food Packaging Materials and Its Preventive Measures[J]. Packaging Engineering, 2012, 33(6): 32—40.
- [10] 黄秀玲, 王志伟, 胡长鹰, 等. 纸塑复合包装材料纸中化学物迁移预测模型[J]. 化工学报, 2008, 59(6): 1578—1583.
HUANG Xiu-ling, WANG Zhi-wei, HU Chang-ying, et al. Migration Model of Chemical Substances from Paper and Paperboard through Plastic Coating Layer[J]. Journal of Chemical Industry and Engineering, 2008, 59(6): 1578—1583.
- [11] 刘延莉, 黎继烈, 李忠海, 等. 纸质食品包装材料的研究现状[J]. 包装工程, 2010, 31(7): 108—113.
LIU Yan-li, LI Ji-lie, LI Zhong-hai, et al. Present Situation of Paper Food Packaging Materials[J]. Packaging Engineering, 2010, 31(7): 108—113.
- [12] 樊永祥, 王竹天. 国内外食品包装材料安全管理状况及对策分析[J]. 中国食品卫生杂志, 2006, 18(4): 342—345.
FAN Yong-xiang, WANG Zhu-tian. Comparison and Analyze on International Food Packaging Regulation[J]. Chinese Journal of Food Hygiene, 2006, 18(4): 342—345.
- [13] 李宁. 国内食品安全性毒理学评价的现状和发展[J]. 毒理学杂志, 2008, 21(5): 368—370.
LI Ning. The Present Situation and Development of the Domestic Food Safety Toxicology Evaluation[J]. Toxicology Magazine, 2008, 21(5): 368—370.
- [14] 马爱进. 国内外食品接触材料及制品标准体系状况及对策建议[J]. 中国食物与营养, 2008(10): 32—33.
MA Ai-jin. The Countermeasures and Suggestions on Food Contact Materials and Products Standard System Status at Home and Abroad [J]. Food and Nutrition in China, 2008(10): 32—33.
- [15] 王菁, 刘文. 国内外食品包装材料与容器标准对比分析研究[J]. 食品科技, 2009(4): 226—229.
WANG Jing, LIU Wen. Contrast and Analysis of Indexes in Standards of Packaging Containers and Materials for Food Both China and Abroad[J]. Food Science and Technology, 2009(4): 226—229.
- [16] 王志才. 国内外食品包装材料安全管理现状[J]. 中国公共卫生管理, 2008, 23(6): 562—564.
WANG Zhi-cai. The Safety Management Situation on Food Packaging Materials at Home and Abroad[J]. Chin J of PHM, 2008, 23(6): 562—564.
- [17] 王志伟, 黄秀玲, 胡长鹰. 多类型食品包装材料的迁移研究[J]. 包装工程, 2008, 29(10): 1—7.
WANG Zhi-wei, HUANG Xiu-ling, HU Chang-ying. Study on Migration of Different Type Food Contact Materials[J]. Packaging Engineering, 2008, 29(10): 1—7.
- [18] 许文才, 李东立, 魏华. 国内外食品包装安全研究进展[J]. 包装工程, 2009, 30(8): 86—90.
XU Wen-cai, LI Dong-li, WEI Hua. Progress of Food Packaging Safety Research at Home and Abroad[J]. Packaging Engineering, 2009, 30(8): 86—90.
- [19] 黄志刚, 刘凯, 刘科. 食品包装新技术与食品安全[J]. 包装工程, 2014, 35(13): 161—166.
HUANG Zhi-gang, LIU Kai, LIU Ke. New Technologies in Food Packaging and Food Safety[J]. Packaging Engineering, 2014, 35(13): 161—166.
- [20] 闻诚, 郑月瑛, 诸葛海涛, 等. 银盐法和原子荧光法测定食品用纸包装, 容器中砷含量的对比分析[J]. 中国包装, 2012, 32(1): 47—49.
WEI Cheng, ZHENG Yue-ying, ZHUGE Hai-tao, et al. Silver Salt Method and Atomic Fluorescence Spectrometry Food Paper Packaging, Contrastive Analysis of the Arsenic Content in the Container[J]. Chinese Packaging, 2012, 32(1): 47—49.
- [21] 王继才, 郑艳明, 郭长虹, 等. ICP-AES法测定食品用纸包装容器及材料中可迁移性重金属镉[J]. 河北化工, 2009, 32(1): 47—48.
WANG Ji-cai, ZHENG Yan-ming, GUO Chang-hong, et al. Determination of Transportable Cd in Paper-made Food Packaging Containers and Materials by ICP-AES[J]. Hebei Chemical, 2009, 32(1): 47—48.
- [22] 薛美贵, 王双飞, 黄崇杏. 印刷纸质食品包装材料中Pb, Cd, Cr及Hg含量的测定及其来源分析[J]. 化工学报, 2010(12): 3258—3265.
XUE Mei-gui, WANG Shuang-fei, HUANG Chong-xing. Determination of Heavy Metals (Pb, Cd, Cr and Hg) in Printed Paper as Food Packaging Materials and Analysis of Their Sources[J]. CIESC Journal, 2010(12): 3258—3265.
- [23] 刘峻, 徐振华, 闫辉, 等. 纸张中荧光物质检测方法的对比[J]. 中国造纸, 2011, 30(4): 18—21.
LIU Jun, XU Zhen-hua, YAN Hui, et al. Comparative Analysis of Fluorescence Intensity and Fluorescent Migration in Pa-

- per[J]. *China Pulp & Paper*, 2011, 30(4): 18—21.
- [24] 邓凯芬,任佳丽,彭湘莲,等. ASE/HPLC测定纸塑包装中荧光增白剂VBL[J]. *食品与机械*, 2012(3): 96—100.
DENG Kai-fen, REN Jia-li, PENG Xiang-lian, et al. Determination of Fluorescent Whitening Agents VBL in Food Paper-plastic Packaging Materials Using Accelerated Solvent Extraction/High Performance Liquid Chromatography[J]. *Food Machinery*, 2012(3): 96—100.
- [25] 沈永嘉,许煦. 荧光增白剂的毒性[J]. *化工科技市场*, 2002, 25(8): 5—8.
SHEN Yong-jia, XU Xu. The Toxic Properties of Fluorescent Whitening Agents[J]. *Chemical Technology Market*, 2002, 25(8): 5—8.
- [26] 杜志峰,洗燕萍,刘付建,等. 液相色谱-高分辨飞行时间质谱法测定食品接触纸包装材料中的7种荧光增白剂[J]. *分析化学*, 2014, 42(5): 636—642.
DU Zhi-feng, XIAN Yan-ping, LIU Fu-jian, et al. Simultaneous Determination of Seven Fluorescent Whitening Agents in Food Contact Paper Package Materials by High Performance Liquid Chromatography Tandem Triple TOF-high Resolution Mass Spectrometry[J]. *Chinese Journal of Analytical Chemistry*, 2014, 42(5): 636—642.
- [27] DU Zhi-feng, LIU Fu-jian, XIAN Yan-ping, et al. Determination of Fluorescent Whitening Agents in Paper Materials by Ion-pair Reversed-phase High-performance Liquid Chromatography[J]. *Journal of the Chinese Chemical Society*, 2009, 56(4): 797—803.
- [28] 莫立焕,陈克复,陈祖鑫. 杀菌防腐剂在造纸工业中的应用概述[J]. *造纸化学品*, 2004, 16(2): 7—10.
MO Li-huan, CHEN Ke-fu, CHEN Zu-xin. The Summary of Biocide Used in the Papermaking Industry[J]. *Paper Chemicals*, 2004, 16(2): 7—10.
- [29] 彭春娇,刘奇. 大理市食品包装用纸的微生物学检测[J]. *大理学院学报:综合版*, 2012, 11(3): 96—97.
PENG Chun-jiao, LIU Qi. On the Microorganism's Test of Food-wrapping Paper in Dali[J]. *Journal of Dali University*, 2012, 11(3): 96—97.
- [30] 钟泽辉,李婷. 载银沸石在抗菌牛皮纸中迁移实验研究[J]. *包装工程*, 2011, 32(21): 23—26.
ZHONG Ze-hui, LI Ting. Experimental Study of Migration of Silver-loaded Zeolite in Antibacterial Kraft[J]. *Packaging Engineering*, 2011, 32(21): 23—26.
- [31] 沈聪文,郑艳明,李慧勇,等. 食品纸包装中甲醛的检测——乙酰丙酮紫外分光光度法[J]. *河北化工*, 2009, 32(2): 63—63.
SHEN Cong-wen, ZHENG Yan-ming, LI Hui-yong, et al. Determination of Form Aldehyde in Paper-made Food Packaging Containers and Materials by Ultraviolet Spectroscopy[J]. *Hebei Chemical*, 2009, 32(2): 63—63.
- [32] 王美华,屠瑶,沈之丞,等. 食品用纸包装容器中17种残留溶剂的测定研究[J]. *包装工程*, 2014, 35(1): 13—17.
WANG Mei-hua, TU Yao, SHEN Zhi-cheng, et al. Determination of 17 Residual Solvents in Paper Packages and Containers for Food[J]. *Packaging Engineering*, 2014, 35(1): 13—17.
- [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(11): 59—60.
LI Bo-ping, LIU Neng-sheng, LI Zheng-jun, et al. Research on the Law of Formaldehyde Migration and Overall Chemicals Migration from Paper-made Food Contact Materials[J]. *Guangdong Chemical*, 2014, 41(11): 59—60.
- [34] 李克宏,白彦坤,王东. 食品用纸包装材料中甲醛含量的研究[J]. *包装工程*, 2014, 35(3): 43—47.
LI Ke-hong, BAI Yan-kun, WANG Dong. Determination of Formaldehyde in Paper Packaging Materials[J]. *Packaging Engineering*, 2014, 35(3): 43—47.
- [35] 李慧勇,郑艳明,谭建华,等. 食品纸包装产品中微量甲醛的测定研究[J]. *现代食品科技*, 2009, 25(3): 324—326.
LI Hui-yong, ZHENG Yan-ming, TAN Jian-hua, et al. Determination of Formaldehyde Residues in Paper-made Food Containers[J]. *Modern Food Science and Technology*, 2009, 25(3): 324—326.
- [36] STURARO A, RELLA R, PARVOLI G, et al. Contamination of Dry Foods with Trimethyldiphenylmethanes by Migration from Recycled Paper and Board Packaging[J]. *Food Additives and Contaminants*, 2006, 23(4): 431—436.
- [37] 杨博锋,汤志旭,高昕,等. 高效液相色谱法测定纸制食品接触材料中邻苯二甲酸酯的迁移量[J]. *分析测试学报*, 2012, 31(10): 1272—1276.
YANG Bo-feng, TANG Zhi-xu, GAO Xin, et al. Determination of Phthalic Acid Esters Released from Food Paper Packaging Materials by High Performance Liquid Chromatography [J]. *Journal of Instrumental Analysis*, 2012, 31(10): 1272—1276.
- [38] 吴宇梅,程娟,胡长鹰,等. 食品包装纸和纸巾纸中邻苯二甲酸酯类增塑剂的测定[J]. *包装工程*, 2014, 35(7): 1—5.
WU Yu-mei, CHENG Juan, HU Chang-ying, et al. Determination of Phthalates in Food Packaging Paper and Tissue Paper[J]. *Packaging Engineering*, 2014, 35(7): 1—5.
- [39] 高松,王志伟,胡长鹰. 微波条件下纸包装油墨中增塑剂向食品(模拟物)的迁移[J]. *食品科学*, 2014, 35(3): 6—9.
GAO Song, WANG Zhi-wei, HU Chang-ying. Migration of
(下转第69页)

- ZHANG Yun, QIAN Jing. Preparation and Performance Analysis of Biodegradable Gelatinous Refrigerant[J]. Packaging Engineering, 2012, 33(23): 40—44.
- [13] 张仁元. 相变材料与相变储能技术[M]. 北京: 科学出版社, 2009.
- ZHANG Ren-yuan. Phase Change Materials with the Phase Change Energy Storage Technology[M]. Beijing: Science Press, 2009.
- [14] WANG H Y, LU S S. Study on Thermal Properties of Phase Change Material by an Optical DSC System[J]. Applied Thermal Engineering, 2013, 60(1): 132—136.
-
- (上接第11页)
- Plasticizers from Paper Packaging Inks to Food (Simulant) under Microwave Heating[J]. Food Science and Technology, 2014, 35(3): 6—9.
- [40] SUMMERFIELD W, COOPER I. Investigation of Migration from Paper and Board into Food—development of Methods for Rapid Testing[J]. Food Additives & Contaminants, 2001, 18(1): 77—88.
- [41] CHOI J O, JITSUNARI F, ASAKAWA F, et al. Migration of Surrogate Contaminants in Paper and Paperboard into Water through Polyethylene Coating Layer[J]. Food Additives & Contaminants, 2002, 19(12): 1200—1206.
- [42] SONG Y, BEGLEY T, PAQUETTE K, et al. Effectiveness of Polypropylene Film as a Barrier to Migration from Recycled Paperboard Packaging to Fatty and High-moisture Food[J]. Food Additives & Contaminants, 2003, 20(9): 875—883.
- [43] OZAKI A, OOSHIMA T, MORI Y. Migration of Dehydroabietic and Abietic Acids from Paper and Paperboard Food Packaging into Food—simulating Solvents and Tenax TA[J]. Food Additives and Contaminants, 2006, 23(8): 854—860.
- [44] 李丹, 胡长鹰, 吴宇梅, 等. 高温下纸中 Irgacure-184 向奶粉迁移行为研究[J]. 包装工程, 2011, 32(19): 25—27.
- LI Dan, HU Chang-ying, WU Yu-mei, et al. Research on Migration of Irgacure-184 from Paper into Milk Powder at High Temperature[J]. Packaging Engineering, 2011, 32(19): 25—27.
- [45] 周颖红, 郭仁宏. 纸制品中有毒有害物质分析及限量要求[J]. 造纸科学与技术, 2006, 24(4): 34—36.
- ZHOU Ying-hong, GUO Ren-hong. Analysis and Limitation Requirement of Toxic and Harmful Substances in Paper Product[J]. Paper Science and Technology, 2006, 24(4): 34—36.
- [46] 岳青青. 纸质包装材料中可能存在的有害物质及其迁移研究现状[J]. 华东纸业, 2011, 42(4): 61—64.
- YUE Qing-qing. Harmful Substance in Paper Packaging Material and Its Status of Migration Study[J]. East China Pulp and Paper Industry, 2011, 42(4): 61—64.
- [47] 许洁玲, 王勃, 许思昭, 等. 食品纸质包装材料中的有害物质的产生与分析[J]. 现代食品科技, 2009(9): 1083—1087.
- XU Jie-ling, WANG Bo, XU Si-zhao, et al. Analysis of the Harmful Substances in Paper-made Food Packaging Materials [J]. Modern Food Science and Technology, 2009(9): 1083—1087.
- [48] 杨左军, 王成云, 顾浩飞, 等. 纸质食品包装材料中五氯酚的测定[J]. 中国造纸, 2010(5): 43—46.
- YANG Zuo-jun, WANG Cheng-yun, GU Hao-fei, et al. Determination of Pentachlorophenol in Paper Packaging Materials for Food Stuffs[J]. China Pulp and Paper, 2010(5): 43—46.
- [49] 白彦坤, 郭丽敏, 李强. 气相色谱-质谱联用法测定食品纸包装材料中的多氯联苯[J]. 分析仪器, 2011(5): 18—21.
- BAI Yan-kun, GUO Li-min, LI Qiang. Determination of Polychlorinated Biphenyle in Food Packaging Paper Materials by GC-MS[J]. Analytical Machinery, 2011(5): 18—21.
- [50] 陈乔华, 郑艳明, 李慧勇, 等. 气相色谱-质谱联用测定食品用纸包装中的多氯联苯[J]. 现代食品科技, 2009, 25(4): 444—446.
- CHEN Qiao-hua, ZHENG Yan-ming, LI Hui-yong, et al. Determination of Polychlorobiphenyls in Paper-made Food Packaging Containers by Gas Chromatograph-mass Spectrometry[J]. Modern Food Science and Technology, 2009, 25(4): 444—446.
- [51] 郭丽敏, 白彦坤, 李强, 等. 索氏提取-气相色谱法测定食品纸包装材料中的多氯联苯[J]. 现代仪器, 2009(6): 74—75.
- GUO Li-min, BAI Yan-kun, LI Qiang, et al. Determination of Polychlorobiphenyls in Paper-made Food Packaging Containers and Materials by Soxlet's Extraction-GC-ECD[J]. Modern Instruments, 2009(6): 74—75.