

纸质食品包装材料中化学物分析检测技术研究进展

宋欢¹, 王天娇², 李波², 林勤保^{2,*}

(1.山西出入境检验检疫局技术中心, 山西 太原 030024; 2.山西大学应用化学研究所, 山西 太原 030006)

摘要: 纸质包装材料内含的有害化学物迁移到食品中会威胁消费者的健康, 为此国内外相继建立相关的法律法规以及有害物质的检测方法来确定食品包装材料使用的安全性。本文对纸质食品包装材料中的残留污染物、欧盟及我国的纸质食品包装材料安全法规进行概述, 重点分析样品前处理方法和检测技术。

关键词: 食品包装; 纸; 提取; 化学物; 检测技术

Research Progress of Detection Technology of Chemicals in Food Packaging Paper Materials

SONG Huan¹, WANG Tian-jiao², LI Bo², LIN Qin-bao^{2,*}

(1. Shanxi Entry-Exit Inspection and Quarantine Bureau, Taiyuan 030024, China; 2. Institute of Applied Chemistry, Shanxi University, Taiyuan 030006, China)

Abstract: As harmful chemicals which can migrate from paper packaging to foods would threaten the health of consumers, relevant regulations and detection methods have been established in the world to guarantee the safety of paper food packaging materials. This article summarizes residual contaminants in paper food packaging materials and EU and our country's regulations on the safety of paper food packaging materials and emphatically reviews the development of extraction methods and detection technologies of residual contaminants.

Key words: food packaging; paper; extraction; chemicals; detection technology

中图分类号: TS206.4

文献标识码: A

文章编号: 1002-6630(2009)17-0339-06

随着人们对环保要求的日益严格, 绿色食品包装已经成为当今食品包装行业发展的趋势, 而纸质包装材料以其良好的物理性能、机械操作性能以及环保方面的优势, 已成为食品包装工业的重要材料。但是纸质包装材料在生产以及后续加工的过程中会添加一些化学物质如杀菌剂、增塑剂、固化剂、荧光增白剂等, 他们有可能迁移到食品中, 造成食品的污染, 进而威胁消费者的健康。二十世纪九十年代欧盟已经开始对纸质食品包装材料中的化学物质进行研究^[1], 主要研究内容有: 确定纸质食品包装材料中的有害化学物、建立化学物的定性和定量分析方法、开展化学物的迁移实验、研究影响迁移的因素以及建立迁移模型等。在国内, 关于纸质食品包装的研究多是分析方法的建立, 而迁移研究大多是对国外研究成果的借鉴。本文将从包装纸中潜在的残留污染物、欧盟与我国的安全法规、纸质食品包装前处理方法、检测技术四个方面阐述国内外的研究

进展, 为加强我国纸质食品包装方面的研究提供借鉴。

1 食品包装纸中潜在的残留污染物

表 1 纸质食品包装材料中的残留污染物^[8]

Table 1 Residual contaminants in paper food packaging materials

化学残留物	主要成分	来源	毒性
微量元素	铝, 铬, 镉, 汞等及其化合物	印刷油墨	重金属密集, 无法排出体外
荧光增白剂	双三嗪氨基二苯乙炔基磺酸盐及其衍生物	为提高纸的白度而加入	进入人体不易分解, 致癌
有机氯化物	二恶英, 五氯苯酚, 多氯联苯	漂白时产生	一级致癌物
增塑剂	邻苯二甲酸酯, 己二酸酯, 柠檬酸酯	废纸后续加工时引入	邻苯二甲酸盐有潜在致癌作用
芳香族碳水化合物	二异丙基萘同分异构体混合物(DIPNs)	无碳复写纸	致癌、致突变作用
有机挥发性物质	烷烃, 醛, 酮, 杂环类, 丙烯酸类等	原料树脂中的不饱和 脂肪族氧化产物	主要表现在感官效应 和超敏感效应
固化剂	二苯甲酮	UV光固油墨	异二甲胺基二苯甲酮致癌
防油剂	氟烷基磷酸酯和全氟烷基盐	为防止食品中的油脂渗入纸张	使脂肪代谢紊乱, 延迟儿童正常骨化
杀菌剂	次氯酸盐, 亚甲基双硫氰酸酯等	为减少腐浆而加入	未见报道

收稿日期: 2009-06-01

作者简介: 宋欢(1968 -), 女, 高级工程师, 硕士, 研究方向为食品安全。E-mail: huanle_song@163.com

* 通讯作者: 林勤保(1968 -), 男, 副教授, 博士, 研究方向为食品化学。E-mail: qblin@sxu.edu.cn

表2 GMP对食品包装纸污染物含量的具体要求^[9-10]

Table 2 Specific requirements of GMP on contaminants content of paper package end-product

化学物质	要求
二苯甲酮	特定迁移限量为0.1mg/dm ² 纸
邻苯二甲酸盐	参考EU指令90/128/EEC
米蚩酮	检测不到该物质迁移到食品中的量(检测限为0.01mg/kg食物)只有食品类型I要求检测
4,4'-双(二乙氨基)二苯甲酮(DEAB)	检测不到该物质迁移到食品中的量(检测限为0.01mg/kg食物)只有食品类型I要求检测
二异丙基萘	该物质在纸和纸板中的含量应该尽量低,以使迁移到食物中的量最小化
氯化三联苯	该物质在纸和纸板中的含量应该尽量低,以使迁移到食物中的量最小化
偶氮染料	在食品包装纸中不应检测到芳香胺(检测量为0.1mg/kg纸)只有食品类型I要求检测
荧光增白剂(FWAs)	检测不到该物质迁移到食物中的量,只有食品类型I要求检测
低级芳香胺	在食品包装纸中不应检测到芳香胺(检测量为0.1mg/kg食物)只有食品类型I要求检测
多环芳香烃(PAH)	检测不到该物质迁移到食品中的量(检测限为0.01mg/kg食物)只有食品类型I要求检测
溶剂	很多溶剂具有挥发性因而不会出在最终的产品中,但是企业必需采取必要的措施以确保最终产品中残留溶剂的量达到最少,以便向食物中的迁移不会对人体健康产生危害。

注:食品类型I为液态食品(或)脂肪食品,除非有其他的规定,否则仅针对食品类型I和。

用于包装食品的纸质材料中,存在的微量元素^[2]、荧光增白剂^[3]、有机氯化物^[4]、增塑剂^[5]、芳香族碳水化合物^[6]、有机挥发性物质^[7]、固化剂、防油剂以及杀菌剂等化学残留物均可能迁移到食品中。本文从化学残留物的来源、成分及其对人体的危害等方面进行综述(表1)^[8]。

2 国内外纸包装材料的安全法规

2.1 欧盟的相关法规

表3 欧盟公布的食物纸包装检测方法

Table 3 Detection methods of food packaging paper published by EU

标准编号	名称
EN ISO 15318 - 1999	纸浆、纸和纸板:个指定多氯联苯的测定
EN 920 - 2000	与食品接触的纸和纸板:水萃取物中干物质的测定
EN 1541 - 2001	与食品接触的纸和纸板:水溶液萃取物中甲醛的测定
EN 1230-1 - 2001	与食品接触的纸和纸板:感官分析;气味
EN 1230-2 - 2001	与食品接触的纸和纸板:感官分析;第2部分:臭味(腐败)
EN 1104 - 2004	与食品接触的纸和纸板:抗微生物成分转移测定
EN 12497 - 2005	预期与接触食品的纸和纸板:水溶液萃取物中水银的测定
EN 12498 - 2005	预期与接触食品的纸和纸板:水溶液萃取物中镉铅的测定

欧盟委员会从1987年开始着手纸质食品包装材料卫生安全的研究,该研究很可能成为欧盟未来的相关纸质食品包装材料卫生安全法规的框架。目前,欧盟对食品包装纸的管理使用了“良好操作规范”(good manufacturing practice, GMP)。其中对食品包装纸最终产品中的有害物质作了限定,具体见表2^[9-10]。与此同时,欧盟也不断出台了关于食品接触纸和纸板中具体残留物的检测方法(表3)。

2.2 我国的相关法规

《食品包装用原纸卫生标准 GB 11680—89》^[11]和《食品包装用原纸卫生管理办法》^[12]是我国在纸质食品

包装材料方面主要参考的法律依据。《食品包装用原纸卫生标准 GB 11680—89》规定,食品包装纸不得采用废旧纸和社会回收废纸作为原料,不得使用荧光增白剂或对人体有影响的化学助剂为添加剂。我国食品包装纸的国家标准要求检测的具体指标如下(表4)。国家标准中要求检验项目少,且检验要求低,与欧盟委员会的规定相比完善性还有一定差距。

表4 我国国家标准对食品包装用原纸的理化指标要求^[11]

Table 4 Physical and chemical indicators of food-packaging Of virgin paper in the China national standard of GB 11680—89

项目	指标
铅(以Pb计, mg/kg)	5
砷(以As计, mg/kg)	1
荧光性物质 254 及 365nm	合格
脱水实验(水, 正己烷)	阴性

3 纸样前处理方法

3.1 顶空萃取法

食品纸包装中气味大多来源于有机挥发性物质,而气体是挥发性物质最理想的溶剂,因此顶空萃取是常见的纸样前处理方法。Landy等^[13]对无印刷面和有印刷面的包装纸进行气味测定,用静态顶空萃取-气相色谱-气味测定法进行感官分析,同时与固相微萃取比较,结果表明静态顶空萃取提取出更多的挥发性气体。郭紫明等^[14]用顶空气相色谱法测定了卷烟硬包装盒、软包装盒、接装纸、铝箔纸、卡纸的8种顶空成分:乙酸乙酯、正丁醇、苯、4-甲基-2-戊酮、甲苯、乙酸丁酯、邻二甲苯、间二甲苯和对二甲苯,优化了顶空载气流量、平衡温度及平衡时间。王双飞等^[15]用二甲苯作为有机模拟物,顶空萃取该有机模拟物并计算它在纸

和空气间的分配系数 $K_{paper/air}$ 。

3.2 固相微萃取法

Bononi 等^[16]用固相微萃取法 (solid-phase micro extraction, SPME)提取比萨饼包装盒中残留的邻苯二甲酸二异丁酯(DIBP), 1cm² 纸样中 DIBP 含量为 6~72 μg。Carasek 等^[17]在同时测定食品包装纸中的三氯苯酚、三溴苯酚和五氯苯酚含量时用固相微萃取进行样品前处理, 确定最佳萃取温度为 70 °C, 进样体积为 20ml。

3.3 超临界流体萃取法

超临界流体萃取(supercritical fluid extraction, SFE)是用超临界流体作为萃取溶剂的一种技术。因它具有降低能耗, 分析速度快, 溶剂强度容易控制等诸多优点, 应用领域非常广泛。Nerin 等^[18]采用超临界流体萃取法提取原纤维纸和二次纤维纸中的增塑剂邻苯二甲酸二乙酯、二异丙基萘、二异丁基邻苯二甲酸酯、辛己二酸酯、邻苯二甲酸(2-乙基己基)酯, 选用超临界的 CO₂ 做萃取溶剂, 对压力、温度、流速等萃取条件进行优化, 并用最优条件同时与乙醇溶剂萃取对比, 由样品的气相色谱图看出前者有更好的分离度和灵敏度。

3.4 超声辅助萃取法

邻苯二甲酸二甲酯、二苯甲酮、蒽、五氯苯酚、硬脂酸甲酯是造纸过程中常用的添加剂, Song 等^[19]分析包装食品的再生纸中以上 5 种物质含量时, 用丙酮作溶剂超声萃取纸样。纸样中加入 30ml 丙酮超声 15min 后旋转蒸发溶剂近干, 用丙酮定容至 5ml, 过膜后用气相色谱检测, 回收率范围 80%~109%, 精密度为 ± 4%。

3.5 微波辅助萃取法

微波萃取是近几年微波制样中发展最快、最引人注意的技术。Cano 等^[20]测定 PVC 膜中邻苯二甲酸二乙酯、二异丙基萘、二异丁基邻苯二甲酸酯、辛己二酸酯、邻苯二甲酸(2-乙基己基)酯 6 种增塑剂的含量时, 微波辅助萃取样品中的增塑剂, 对溶剂、温度、时间、功率进行优化后提高了回收率, 同时与超临界流体萃取作对比, 检测己二酸酯和邻苯二甲酸酯时微波辅助萃取有更高的回收率。Latorre 等^[21]在对纸样中的壬基酚和辛基酚含量检测时, 先将样品进行微波辅助萃取, 对影响萃取的溶剂和时间进行优化, 提取液用顶空固相微萃取净化之后上气质联用仪检测。

3.6 微波消解法

微波消解法具有分解完全、重现性好、省时节能等优点, 是检测金属含量时常见样品前处理方法。徐嵘等^[22]将纸样采用微波消解进行消化, 消解后的溶液用火焰原子吸收光谱法测定镉、铬、铅的含量, 用原子荧光光谱法测定汞的含量。金献忠等^[23]根据 PVC 塑料消解后存在 Cl⁻ 的特性, 在消解溶剂中加入盐酸, 建立了 ICP-AES 同时测定 PVC 塑料中铅、铬、镉和汞的方法。

该方法可应用于塑料、橡胶、纤维等材料中铅、镉、汞和汞的测定。王艳泽等^[24]建立了聚丙烯塑料的微波消解方法来测定其中的铅、镉、汞、铬, 在对消解用酸及其用量、微波消解程序优化之后提高了方法的回收率。样品前处理方法及其相关信息见表 5。

表 5 纸样的前处理方法

Table 5 Extraction methods for detection of compounds or heavy metal ions in paper materials

提取方法	英文缩写	目标提取物	参考文献
		有机挥发性物质	[13]
顶空萃取	HS	乙酸乙酯等 8 种成分	[14]
		有机模拟物二甲苯	[15]
超临界流体萃取	SFE	邻苯二甲酸二乙酯、二异丙基萘二异丁基邻苯二甲酸酯、辛己二酸邻苯二甲酸(2-乙基己基)酯	[18]
固相微萃取	SPME	邻苯二甲酸二异丁酯	[16]
		三氯苯酚、三溴苯酚、五氯苯酚	[17]
超声辅助萃取	USE	邻苯二甲酸二甲酯、二苯甲酮、蒽五氯苯酚、硬脂酸甲酯	[19]
微波辅助萃取	MAE	邻苯二甲酸二乙酯等 6 种增塑剂	[20]
		壬基酚和辛基酚	[21]
微波消解	MD	镉、铬、铅、汞	[22]
		镉、铬、铅、汞	[23]
		镉、铬、铅、汞	[24]

4 检测技术

目前, 对迁移物同时进行分离、定性和定量检测的色谱技术已成为国内外研究的一个主要发展方向。有机物主要采用色谱与其它检测器的联用技术来检测, 而微量元素主要用原子吸收光谱法、电感耦合等离子体原子发射光谱法、放射化学法检测。下面对国内外所用到的几种检测方法展开论述。

4.1 高效液相色谱法

Castle 等^[25]用含有 0.4% 三乙胺的乙醇溶剂提取食品纸包装中的米啉酮、4,4'-双(二乙胺)-二苯甲酮(DEAB), 提取物用高效液相色谱分析。Lopez-Espinosa 等^[26]用高效液相色谱法检测快餐纸盒中的双酚 A、邻苯二甲酸二丁酯、邻苯二甲酸二(2-乙基己基)酯。Pastorell 等^[27]在研究二苯甲酮从纸塑复合包装材料到蛋糕的迁移情况时, 萃取液用高效液相色谱进行分析, 检测器为紫外检测器, 流动相为水:乙腈(50:50)。用内层有聚丙烯塑料膜的纸包装蛋糕, 置于 70 °C 的乙腈 24h 后有 3.800 μg/g 二甲苯酮迁移, 说明该膜并不能有效地阻止纸中二苯甲酮向食品的迁移。

4.2 气相色谱法

Eskilson 等^[28]用气相色谱-硫敏化学发光检测器(gas chromatograph-Sulfur chemiluminescence's detector, GC-SCD)

分析 10 种包装食品的再生纸中挥发性含硫化合物的含量。结果表明,原生纸和再生纸中都残留多种含硫化合物。Song 等^[19]检测食品包装用再生纸中邻苯二甲酸二甲酯、二苯甲酮、蒽、五氯苯酚、硬脂酸甲酯 5 种添加剂时,分别气相色谱-氢火焰离子检测器(GC-FID)、气相色谱-电子捕获检测器(GC-ECD)两种方法检测。Triantafyllou 等^[29]在做纸质包装中化学物向食品模拟液改性聚苯醚(MPPO)迁移研究中,用 GC-MS 和 GC-FID 进行检测。结果表明,温度和时间是影响迁移的关键因素。Landy 等^[13]对包装纸进行气味分析时,用气相色谱-气味测定法(gas chromatography olfactometry)检测出 4-苯基环己烷,气相色谱-质谱联用法检测 13 种气味物质时,有 10 种属于醛酮类。Carasek 等^[17]用气相色谱-电子捕获检测器(GC-ECD)测定纸样中的三氯苯酚、三溴苯酚和五氯苯酚的含量,检出限为 0.43 ~ 1.32 ng/g,回收率为 70% ~ 100%。

气相色谱-质谱联用法常用来检测纸包装中有机挥发性物质,Latorre 等^[21]用 GC-MS 检测食品包装纸的壬基酚和辛基酚,壬基酚的检出限为 9.50 ~ 950 $\mu\text{g}/\text{kg}$,辛基酚的检出限为 1.25 ~ 125 $\mu\text{g}/\text{kg}$ 。最后对 6 种纸样进行普查,总量在 3 ~ 211 $\mu\text{g}/\text{kg}$ 。Sturaro 等^[30]用气质联用法确定无碳复写纸中残留的三甲基二苯甲烷迁移到米饭、大麦咖啡等固体食品的迁移量,从无碳复写纸中提取的三甲基二苯甲烷用质子核磁共振定性分析。迁移结果表明:迁移量为 18 $\mu\text{g}/\text{kg}$,固体食品中同时发现二异丙基萘,可推断这两种物质有相似的化学性质和迁移方式。刘杨^[1]用 GC-MS 检测食品包装纸的乙醇萃取液,得到如下有机物:苯乙酮、苯基乙酸酯、苯酚、壬醛、3,5-二甲基-2-环己烯-1-酮、N,N-二甲基甲酰胺、正十五烷、正十六烷、异丁基氢基甲苯、邻苯二甲酸二异丁酯、邻苯二甲酸二丁酯等,还有大量链烯烃、醛、醇、酮、杂环类、丙烯酸类、硫化物类以及菇类物质。

4.3 原子吸收光谱法

欧盟标准 BS EN 12498—2005 规定了与食品接触的纸和纸板中镉和铅的测定方法为电感耦合等离子体-原子吸收光谱法^[31]。分别用冷水和热水提取纸样中的成分,镉的分析波长为 228.8nm,铅的分析波长为 217.0nm。刘建等^[32]建立了用微波消解法消化,石墨炉原子吸收法测定餐巾纸和面巾纸中铅、镉含量的方法。相对标准偏差均小于 5%,结果表明:购自超市的餐巾纸和面巾纸大多铅、镉含量较低,购自批发市场的铬、铅餐巾纸和面巾纸的铅、镉含量较高。石敏等^[33]采用原子吸收光谱法测定纸巾中铅、镉的含量。发现不同纸巾中的污染元素铅、镉的含量不同。还对一种纸巾的铅、镉元素进行了回收实验,回收率在 92% ~ 104% 之间。徐崑

等^[22]用火焰原子吸收光谱法测定纸质包装中的镉的含量。检出限数据看出,该方法可满足欧盟指令 94/62/EC 对检验方法的要求。

4.4 氢化物原子荧光光谱法

郁倩^[34]采用光纤控压密闭微波快速消解系统,建立了餐巾纸、面巾纸的微波消解液与消解程序,确定了氢化物发生-原子荧光光谱仪的仪器工作条件及最佳氢化反应条件,测定铅的加标回收率为 96.5% ~ 101.3%,相对标准偏差为 1.8% ~ 3.7%。沈勤^[35]利用氢化物发生-原子荧光光谱法(HG-AFS)测定浆层纸中铅的含量,研究了实验条件对荧光强度的影响和共存元素的干扰。方法的检测限为 0.031 $\mu\text{g}/\text{ml}$,精密率为 3.87%,回收率为 96.6% ~ 101.4%。

4.5 电感耦合等离子体原子发射光谱法

王继才等^[36]用 4% 乙酸溶液,在 60 条件下浸泡食品用纸包装样品 2h,用电感耦合等离子体发射光谱法准确测定浸泡中可迁移性重金属镉的浓度,该方法快速简单,也适用于食品纸包装中其他可迁移性重金属的同时检测。

4.6 电感耦合等离子体质谱法

ICP-MS 法具有检出限更低、线性动态范围更宽、干扰更少,适合极低浓度元素的同时测定等优点,受到越来越多的检测机构的青睐。2006 年,王英锋等^[37]用微波消解-电感耦合等离子体质谱法同时测定聚氯乙烯塑料中的铅、镉、汞、铬,检出限为 1.4 ~ 7.2 ng/g。2008 年王英锋等^[38]用同样的检测方法同时测定丙烯腈-丁二烯-苯乙烯共聚物(ABS)塑料中的铅、镉、汞、铬、砷 5 种元素。对此类塑料样品中上述元素分析的前处理条件,如消解体系、消解温度、恒温时间以及酸用量进行了优化。方法检出限为 0.7 ~ 6.5 ng/g。该方法为食品纸包装中重金属的同时检测提供参考。

4.7 放射化学法

Aston 等^[39]用放射化学法研究残留在 10 种包装食品的再生纸中无机污染物的迁移情况。锌和铁做迁移实验,浓度接近检出限。用该方法跟踪某些食品中的锌和铁,发现是包装迁移而入。锌和铁的最大迁移量为 4.8 μg 和 2.6 μg 。当用改性聚苯醚做食品模拟液时则没有锌的迁入。Aston 等^[40]用该方法研究 10 种包装食品的再生纸中无机污染物向食品的迁移情况。实验结果表明,60 种元素只有锌和铁迁入食品中,迁移量分别为 0.012 ~ 0.25、0.045 ~ 0.11 mg/kg,与 UK 规定的阈值 15 mg/d 相比对人体健康无危害。

检测技术及其检测物质等相关信息见表 6。

目前国内外对纸质食品包装材料的研究已有一定进展,对其中有毒有害物质的分析已经建立了一些方法,但也存在以下不足之处:(1)纸质包装材料有毒有害物质

研究的种类还不够全面;(2)相关法规与欧盟相比有较大的差距;(3)迁移研究还未成熟。

在今后的研究中,我们不能只关注纸中残留污染物含量的测定,接触食品或食品模拟液的迁移研究有更重要更实用的价值。同时,我们还需不断提高食品纸包装材料的相关标准与国际接轨的程度。另外,为满足检测机构的需求,我们要研究更便捷的检测技术以实现样品的现场检测。

表6 纸包装材料残留物的检测技术及检测物质
Table 6 Detection technologies and analytes from for paper packaging materials

检测方法	英文缩写	检测物质	参考文献
气质联用法	GCMS	壬基酚、辛基酚	[21]
		三甲基二甲苯	[30]
		苯乙酮等20多种有机污染物	[1]
气相色谱法	GC-SCD	挥发性含硫化合物	[28]
	GC-FID	邻苯二甲酸二甲酯等5种添加剂	[19]
	GC-O	4-苯基环己烷	[13]
	GC-ECD	三氯苯酚、三溴苯酚和五氯苯酚	[17]
高效液相色谱法	HPLC	米喹酮、4,4'-双(二乙胺)-二苯甲酮	[25]
		双酚 A、邻苯二甲酸二丁酯	[26]
		邻苯二甲酸二(2-乙基己基)酯	[27]
放射化学法	RM	锌和铁	[39]
		镉和铅	[40]
原子吸收光谱法	AAS	镉和铅	[33]
		镉和铅	[32]
		镉和铅	[31]
		镉	[22]
氢化物原子荧光光谱法	ICP-AFS	铅	[34]
		铅	[35]
电感耦合等离子体质谱法	ICP-MS	铅、镉、汞、铬	[37]
		铅、镉、汞、铬、砷	[38]
电感耦合等离子原子发射光谱法	ICP-AES	镉	[36]

参考文献:

[1] 刘杨. 有机模拟物从食品包装纸传质到空气中迁移行为的研究[D]. 广西: 广西大学, 2007.
 [2] 余集锋. 浅谈食品包装用纸中有害物质的来源及其危害[J]. 湖北造纸, 2007(2): 36-38.
 [3] 傅瑞芳. 荧光增白剂在造纸中的应用[J]. 上海造纸, 2007, 38(3): 52-55.
 [4] 王严. “二噁英”与人体健康[J]. 中国卫生工程学, 2003, 2(4): 246-250.
 [5] AURELA B, KULMALA H, SODERHJELM L. Phthalates in paper and board packaging and their migration into tenax and sugar[J]. Food Additives and Contaminants, 1999, 16(12): 571-577.
 [6] ZHANK K, NOONAN G O, BEGLEY T H. Determination of 2,6-diisopropyl-naphthalene (DIPN) and n-dibutylphthalate (DBP) in food and paper packaging materials from US marketplac[J]. Food Additives and Contaminants, 2008, 25(11): 1416-1423.

[7] TRIANTAFYLLOU V I, AKRIDA-DEMERTZI K, DEMERTZIS P G. A study on the migration of organic pollutants from recycled paperboard packaging materials to solid food matrices[J]. Food Chemistry, 2007, 101: 1759-1768.
 [8] 王志伟, 王双飞. 纸质食品包装材料中的残留污染物[J]. 包装工程, 2007, 28(7): 12-15.
 [9] ESCABASSE J Y, OTTENIO D. Food-contact paper and board based on recycled fibres: regulatory aspects-new rules and guidelines[J]. Food Additives and Contaminants, 2002, 19(4): 79-92.
 [10] 王志伟, 王双飞, 薛美贵, 等. 国内外食品接触纸质包装材料安全法规的现状[J]. 包装工程, 2008, 29(9): 204-207.
 [11] 中华人民共和国国家标准. GB 11680—89食品包装用原纸卫生标准[S].
 [12] 食品包装用原纸卫生管理办法[J]. 中国包装工业, 2007(7): 40.
 [13] LANDY P, NICKLAUS S, SMON E. Representativeness of extracts of offset paper packaging and analysis of the main odor-active compounds [J]. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 2004, 52(8): 2326-2334.
 [14] 郭黎明, 李艳春. 卷烟包装材料中残留的挥发性有机物[J]. 烟草科技, 2007(2): 35-37.
 [15] 王双飞, 黄崇杏, 王志伟. 顶空气相色谱法测定包装纸中有机污染物在纸和空气间的分配系数[J]. 分析化学研究简报, 2008, 36(10): 1396-1398.
 [16] BONONI M, TATEO F. Identification of diisobutyl phthalate (DIBP) suspected as possible contaminant in recycled cellulose for take-away pizza boxes[J]. Packaging Technology and Science, 2007, 22(1): 53-58.
 [17] CARASEK E, BUDZIAK D, DEBASTIANI R. Determination of haloanisoles in paper samples for food packaging by solid-phase microextraction and gas chromatography[J]. Microchimica Acta, 2007, 159: 229-234.
 [18] NENN C, ASENSIO E, JIMENEZ C. Supercritical fluid extraction of potential migrants from paper and board intended for use as food packaging materials[J]. Analytical Chemistry, 2002, 74: 5831-5836.
 [19] SONG Y S, PARK H J, KOMOLPRASERT V. Analytical procedure for quantifying five compounds suspected as possible contaminants in recycled paper/paperboard for food packaging[J]. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 2000, 48(12): 5856-5859.
 [20] CANOA J M, MARIN M L, SANCHEZ A, et al. Determination of adipate plasticizers in poly(vinyl chloride) by microwave-assisted extraction[J]. Journal of Chromatography A, 2002, 963: 401-409.
 [21] LATORRE A, LACORTE S, BARCELO D, et al. Determination of nonylphenol and octylphenol in paper by microwave-assisted extraction coupled to headspace solid-phase microextraction and gas chromatography-mass spectrometry[J]. Journal of Chromatography A, 2005, 1065 (2): 251-256.
 [22] 徐嵘, 顾浩飞, 陈旭辉. 纸制包装中镉、铬、铅、汞的测定[J]. 中国造纸, 2005, 24(11): 31-33.
 [23] 金献忠, 杭纬, 黄本立. 低压微波消解-ICP-AES 法测定聚氯乙烯塑料及其制品中的 Pb、Cd、Cr 和 Hg[J]. 分析试验室, 2007, 26(8): 80-83.
 [24] 王艳泽, 张学凯. 微波消解-电感耦合等离子体原子发射光谱法测定聚丙烯塑料中的铅镉汞[J]. 冶金分析, 2008, 28(2): 55-58.
 [25] CASTIE L, DAMANT A P, HONEYBONE C A, et al. Migration studies from paper and board food packaging materials. Part 2. Survey for residues of dialkylamino benzophenone UV-cure ink photoinitiators[J]. Food Additives and Contaminants, 1997, 14(1): 45-52.
 [26] LOPEZ-ESPINOSA M J, GRANADA A, ARAQUE P. Oestrogenicity of paper and cardboard extracts used as food containers[J]. Food Additives and Contaminants, 2007, 24(1): 95-102.

- [27] PASTORELLI S, SANCHES-SILVA A, CRUZ J M, et al. Study of the migration of benzophenone from printed paperboard packages to cakes through different plastic films[J]. *European Food Research and Technology*, 2008, 227(6): 1585-1590.
- [28] ESKILSON M, HUBER M. Screening of volatile sulfur compounds in waste paper based corrugated boards for food packaging using a sulfur sensitive chemiluminescence detector[J]. *Journal of High Resolution Chromatography*, 1998, 21(11): 623-624.
- [29] TRIANTAFYLLOU V I, AKRIDA-DEMERTZI K, DEMERTZIS P G. Migration studies from recycled paper packaging materials: development of an analytical method for rapid testing[J]. *Analytica Chimica Acta*, 2002, 467: 253-260.
- [30] STURARO A, RELLA R, PARVOL G. Contamination of dry foods with trimethyldiphenylmethanes by migration from recycled paper and board packaging[J]. *Food Additives and Contaminants*, 2006, 23(4): 431-436.
- [31] EN Food Standard. Paper and board-Paper and board intended to come into contact with foodstuffs-Determination of cadmium and lead in an aqueous extract. CEN/TC172"pulp paper and board"[S]. 2005.
- [32] 刘建, 徐海芳. 微波消解-石墨炉原子吸收法测定餐巾纸和面巾纸中的铅镉含量[J]. *口岸卫生控制*, 2003, 8(6): 9-11.
- [33] 石敏, 郝爱国. AAS 测定纸巾中的铅和镉[J]. *光谱实验室*, 2003, 20(3): 463-464.
- [34] 郁倩. 微波消解-氢化物原子荧光光谱法测定餐巾纸、面巾纸中的铅[J]. *光谱仪器与分析*, 2004(2): 17-20.
- [35] 沈勤. HG-AFS 法测定浆层纸中的铅[J]. *电池*, 2007, 37(1): 81-82.
- [36] 王继才, 郑艳明. 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.
- [37] 王英锋, 陈玉红, 张华. 微波消解-电感耦合等离子体质谱(ICP-MS) 法同时测定塑料中的铅、镉、汞、铬、砷[J]. *环境化学*, 2006, 25(4): 521-523.
- [38] 王英锋, 施燕支. 微波消解-电感耦合等离子体质谱法测定丙烯腈-丁二烯-苯乙烯共聚物塑料中的铅、镉、汞、铬、砷[J]. *光谱学与光谱分析*, 2008, 28(1): 191-194.
- [39] ASTON D S J, PARRY S J. Migration of inorganic contaminants into dry food from packaging made from recycled paper and board[J]. *Food Additives and Contaminants*, 2004, 21(5): 506-511.
- [40] ASTON D S J, PARRY S J. A radiotracer technique for the migration of inorganic contaminants into dry food from packaging made from recycled paper and board[J]. *Journal of Radioanalytical and Nuclear Chemistry*, 2006, 263(1): 81-86.