

纸质食品包装材料中 26 种有机残留物的检测

付善良, 丁利, 焦艳娜, 朱绍华, 龚强, 成婧, 王利兵

(湖南出入境检验检疫局技术中心 食品安全科学技术湖南省重点实验室, 长沙 410004)

摘要: **目的** 建立纸质食品包装材料中 7 种指示性多氯联苯、7 种增塑剂、7 种氯酚类化合物、2 种二苯酮类化合物, 以及 4-辛基酚、2-异丙基硫杂蒽酮和硬脂酸甲酯同时检测的分析方法。 **方法** 采用超声提取, 气相色谱-串联四极杆质谱多反应监测模式分析。 **结果** 26 种有机残留物在 0.02 ~ 2.0 mg/kg 范围内线性关系良好 ($r^2 > 0.997$), 加标浓度在 0.1 mg/kg 时的平均回收率为 88.9% ~ 105.5%, 相对标准偏差低于 12.2%; 方法的检出限为 0.000 90 ~ 0.0035 mg/kg, 定量限为 0.0031 ~ 0.012 mg/kg。应用该方法对实际样品进行了检测, 发现绝大多数样品中均检测出邻苯二甲酸二苯酯类增塑剂 (检出含量为 0.006 ~ 7.02 mg/kg), 部分样品还检测出硬脂酸甲酯 (检出含量为 0.069 ~ 0.43 mg/kg)。 **结论** 该方法简单、快速、准确、灵敏, 可用于纸质食品包装材料及类似基质中多种有机残留物的同时检测。

关键词: 气相色谱-串联质谱法; 纸质食品包装材料; 有机残留物

中图分类号: TB484.1; TB487

文献标识码: A

文章编号: 1001-3563(2014)03-0016-06

Detection of 26 Organic Residues in Food Packaging Paper Material

FU Shan-liang, DING Li, JIAO Yan-na, ZHU Shao-hua, GONG Qiang, CHENG Jing, WANG Li-bing

(Hunan Key Laboratory of Food Safety Science & Technology, Technology Center of

Hunan Entry-Exit Inspection and Quarantine Bureau, Hunan Academy of Inspection and Quarantine, Changsha 410004, China)

ABSTRACT: **Objective** To develop a multi-residue method for the analysis of 7 indicator polychlorinated biphenyls (PCBs), 7 plasticizers, 7 chlorophenols (CPs), 2 benzophenones, as well as 4-octylphenol (4-OP), 2-isopropyl thioxanthone (ITX), and methyl stearate in food packaging paper material. **Methods** Ultrasonic extraction and gas chromatography-tandem quadrupole mass spectrometry in multiple reaction monitoring (MRM) mode was used. **Results** All of the 26 organic residues had good linear relationship ($r^2 > 0.997$) in the range of 0.02 ~ 2.0 mg/kg. The recoveries of the 26 organic residues ranged from 88.9 % to 105.5 % at spike level of 0.1 mg/kg with relative standard deviation (RSD) below 12.2 %. The detection limits of target compounds in the method were between 0.000 90 mg/kg and 0.0035 mg/kg. The quantification limits of target compounds in the method were between 0.0031 mg/kg and 0.012 mg/kg. The method was applied to the analysis of real samples, and plasticizers were detected in almost all of the samples (the amount detected was between 0.006 ~ 7.02 mg/kg), and methyl stearate was detected in part of the samples (the amount detected was between 0.069 ~ 0.43 mg/kg). **Conclusion** The method is simple, quick, accurate and sensitive, and applicable for the simultaneous and high through-put determination of multi-organic residues in food packaging paper material and samples with similar matrixes.

KEY WORDS: GC-MS/MS; food packaging paper material; organic residues

收稿日期: 2013-11-19

基金项目: “十二五”科技支撑计划(2011BAK10B05, 2012BAD29B05); 质监总局公益项目(2011IK260)

作者简介: 付善良(1977—), 男, 湖南长沙人, 硕士, 湖南出入境检验检疫局工程师, 主要研究方向为食品安全检测。

塑料、玻璃、金属和纸是目前最常用的4类食品包装材料,其中,纸质食品包装材料以其原料来源广、易降解、可回收再生以及安全卫生等方面的优势,成为值得大力推广的环保型食品包装材料,被广泛应用于食品行业中,如液体牛奶纸瓶、各种蛋糕托纸、面包纸袋、餐厅托盘纸、餐厅食物袋等。据报道,纸、纸板及其制品已经占包装材料的40%以上^[1]。国际上,有些国家已经禁止使用塑料袋包装食品,而提倡使用绿色环保的纸制包装材料。然而,在纸质包装材料的原材料及生产、加工过程中,可能会存在或添加某些化学物质,如杀菌剂、防油剂、增塑剂、固化剂、荧光增白剂、消泡剂、抗氧化剂,以及再生纤维带来的油墨成分等。这些化学残留物都可能存在于纸质材料中。当纸质包装材料与食品直接或间接接触时,这些有毒有害物质就会迁移到食品中,造成食品污染,不但影响食品的营养和风味价值,而且还会随之进入人体,危害人类健康。因此,对纸质食品包装材料中的有毒有害物质进行监测,对于保障消费者的生命健康安全具有十分重要的意义。

近年来,国内外学者对纸质食品包装材料中的挥发性有机物^[2-4]、烷基酚^[5]、三甲基二苯甲烷^[6]、邻苯二甲酸酯类和己二酸酯类增塑剂^[7-11]、氯酚类化合物^[9,12-13]、双酚类化合物^[11]、二苯甲酮类化合物^[9,14-15]、硬脂酸甲酯^[9]、多环芳烃^[9]等有害物质的检测技术进行了广泛的研究,采用的主要检测方法为气相色谱法、液相色谱法,以及色谱-质谱联用法,但检测对象大多仅局限于一种或几种同一类型化合物,而对于纸质食品包装材料中的多种不同类型化合物的高通量检测方法,国内外文献鲜有报道。Song等人^[9]以超声萃取为样品前处理手段,建立了纸、纸板中苯甲酮、邻苯二甲酸二甲酯、蒽、硬脂酸甲酯和五氯苯酚等5种不同类型有机污染物的气相色谱分析方法。该方法虽然操作简便,但由于样品提取液未经净化即进行色谱分析,且使用的检测器为氢火焰离子化检测器(FID)和电子捕获检测器(ECD),因而检测灵敏度不够高(检测限为10~500 $\mu\text{g}/\text{kg}$)或色谱干扰较大,致使该方法很难用于多种有机污染物的高通量灵敏检测。串联质谱因其灵敏度高,样品前处理要求低,分析结果更准确,已经被广泛应用于分析化学领域。文中采用超声提取法提取样品,以气相色谱-串联质谱(GC-MS/MS)法进行测定,建立一种简单、快速检测纸质食品包装材料中26种有机残留物(包括7种指示性多氯联苯、7种增塑

剂、7种氯酚类化合物、2种二苯酮类化合物,以及4-辛基酚、异丙基硫杂蒽酮、硬脂酸甲酯)的高通量分析方法,并将其用于实际样品的检测。

1 实验

1.1 仪器和试剂

实验仪器:Varian 450GC-300MS 气相色谱-串联质谱联用仪,美国瓦里安公司;B5500S-MT型超声清洗仪,必能信超声(上海)有限公司;LABOROTA 4000型旋转蒸发仪,Heidolph公司。

实验试剂:7种多氯联苯混合标准溶液(包括PCB28, PCB52, PCB101, PCB118, PCB138, PCB153, PCB180,每个组分质量浓度为100 $\mu\text{g}/\text{mL}$,溶剂为异辛烷),购自美国Restek公司;7种增塑剂混合标准溶液(M-506,包括邻苯二甲酸二甲酯(DMP)、邻苯二甲酸二乙酯(DEP)、邻苯二甲酸二正丁酯(DNBP)、邻苯二甲酸丁基苄基酯(BBP)、邻苯二甲酸二(2-乙基)己酯(DEHP)、邻苯二甲酸二正辛酯(DNOP)、己二酸二(2-乙基)己酯(DEHA),每个组分质量浓度为100 $\mu\text{g}/\text{mL}$,溶剂为甲醇),7种氯酚类混合标准溶液(M-1653A,包括4-氯苯酚(4-MCP)、2,4-二氯苯酚(2,4-DCP)、2,6-二氯苯酚(2,6-DCP)、2,4,5-三氯苯酚(2,4,5-TCP)、2,4,6-三氯苯酚(2,4,6-TCP)、2,3,4,6-四氯苯酚(2,3,4,6-TeCP)、五氯苯酚(PCP),每个组分质量浓度为100 $\mu\text{g}/\text{mL}$,溶剂为甲醇),2-异丙基硫杂蒽酮标准溶液(质量浓度为1.0 mg/mL ,溶剂为异辛烷),均购自美国AccuStandard公司;米氏酮、对-二甲氨基二苯甲酮、4-辛基酚(4-OP)、硬脂酸甲酯均为固体标准品,购自Dr. Ehrenstorfer公司,纯度大于99.0%;丙酮为HPLC级,购自Sigma-Aldrich公司。

1.2 GC-MS/MS 条件

分析柱为DM-5 MS毛细管色谱柱(30 $\text{m} \times 0.25 \text{ mm}$,0.5 μm),载气为高纯He,纯度>99.999%,流速为1.0 mL/min ,柱温程序为:初始温度为80 $^{\circ}\text{C}$,保持1.0 min,以8 $^{\circ}\text{C}/\text{min}$ 的速度升至300 $^{\circ}\text{C}$,保持5.0 min。不分流进样,进样体积为1 μL ,进样口温度为250 $^{\circ}\text{C}$ 。

离子源(EI源)温度为250 $^{\circ}\text{C}$,能量为70 eV,传输线温度为280 $^{\circ}\text{C}$,四极杆温度为40 $^{\circ}\text{C}$,溶剂延迟时

间为 5.0 min,碰撞气为高纯氩气(纯度>99.999%), 标分析物的离子对及其他 GC-MS/MS 参数见表 1。碰撞气压力为 0.266 Pa,扫描方式为 MRM。26 种目

表 1 26 种化合物的 GC-MS/MS 参数

Tab.1 GC-MS/MS parameters of the 26 compounds

时间/min	化合物中文名	英文缩写名	保留时间 /min	母离子 1 (m/z)	子离子 1 (m/z)	碰撞能量 /eV	母离子 2 (m/z)	子离子 2 (m/z)	碰撞能量 /eV
5.0 ~ 10.5	2,4-二氯苯酚	2,4-DCP	8.63	162	63	20	162	98	15
	4-氯苯酚	4-MCP	8.95	128	65	20	128	100	10
	2,6-二氯苯酚	2,6-DCP	9.26	162	63	20	162	98	15
10.6 ~ 13.0	2,4,5-三氯苯酚	2,4,5-TCP	11.86	196	97	25	196	132	15
	2,4,6-三氯苯酚	2,4,6-TCP	11.96	196	97	25	196	132	15
13.0 ~ 14.5	邻苯二甲酸二甲酯	DMP	13.41	163	77	20	163	133	10
14.5 ~ 15.3	2,3,4,6-四氯苯酚	2,3,4,6-TeCP	15.15	168	133	10	232	133	25
15.3 ~ 17.0	邻苯二甲酸二乙酯	DEP	15.53	149	93	15	177	149	15
17.0 ~ 19.4	4-辛基酚	4-OP	17.90	107	77	15	206	107	10
18.5 ~ 19.4	五氯苯酚	PCP	18.84	266	167	30	266	202	15
19.4 ~ 20.0	2,4,4'-三氯联苯	PCB 28	19.64	186	150	20	256	186	25
20.0 ~ 21.0	邻苯二甲酸二正丁酯	DNBP	20.45	149	93	10	149	121	10
	2,2',5,5'-四氯联苯	PCB 52	20.50	222	150	30	292	222	25
21.0 ~ 22.4	硬脂酸甲酯	/	22.22	143	55	15	298	101	15
22.4 ~ 23.5	2,2',4,5,5'-五氯联苯	PCB 101	22.63	256	184	30	326	291	10
23.5 ~ 24.3	米氏酮	/	23.95	148	77	25	225	148	15
	2,3',4,4',5-五氯联苯	PCB 118	24.14	254	184	30	326	256	25
24.3 ~ 24.8	2,2',3,4,4',5'-六氯联苯	PCB 138	24.65	290	218	30	360	290	25
24.8 ~ 25.1	邻苯二甲酸丁苄酯	BBP	24.95	149	93	15	206	149	10
25.1 ~ 25.5	己二酸二(2-乙基)己基酯	DEHA	25.18	129	55	15	147	55	20
	2,2',4,4',5,5'-六氯联苯	PCB 153	25.31	290	218	30	361	290	25
25.5 ~ 26.2	2-异丙基硫杂蒽酮	ITX	25.55	239	224	10	254	239	10
26.2 ~ 27.5	邻苯二甲酸二(2-乙基)己基酯	DEHP	26.75	149	93	15	167	149	10
	2,2',3,4,4',5,5'-七氯联苯	PCB 180	26.82	324	254	30	394	324	25
27.5 ~ 29.0	邻苯二甲酸二正辛酯	DNOP	28.48	149	93	15	279	149	10
29.0 ~ 31.0	对-二甲胺基二苯甲酮	/	30.23	268	148	20	268	224	10

1.3 标准溶液的配制

将固体标准品用丙酮配制成质量浓度为 1.0 mg/mL 的单标准储备溶液,再将各单标准储备溶液与多氯联苯、增塑剂、氯酚类混合标准溶液,以及 2-异丙基硫杂蒽酮标准溶液一起用丙酮配制成质量浓度为 10 μg/mL 的混合标准溶液。将混合标准溶液用丙酮逐级稀释,配制成质量浓度分别为 0.01,0.02,0.05,0.1,0.5,1.0 μg/mL 的混合标准系列溶液。

1.4 样品处理

实验样品为市售纸质食品包装材料,用剪刀剪成 0.2 cm×0.2 cm 左右的碎片,混匀,称取 2.5 g 于具塞

锥形瓶中,加入 30 mL 丙酮,超声提取 15 min,将提取液转移到蒸馏烧瓶中。重复提取 2 次,合并全部提取液,用旋转蒸发仪在 40 ℃ 下浓缩,用丙酮定容到 5 mL,供 GC-MS/MS 分析。

2 结果与讨论

2.1 MRM 参数的确定

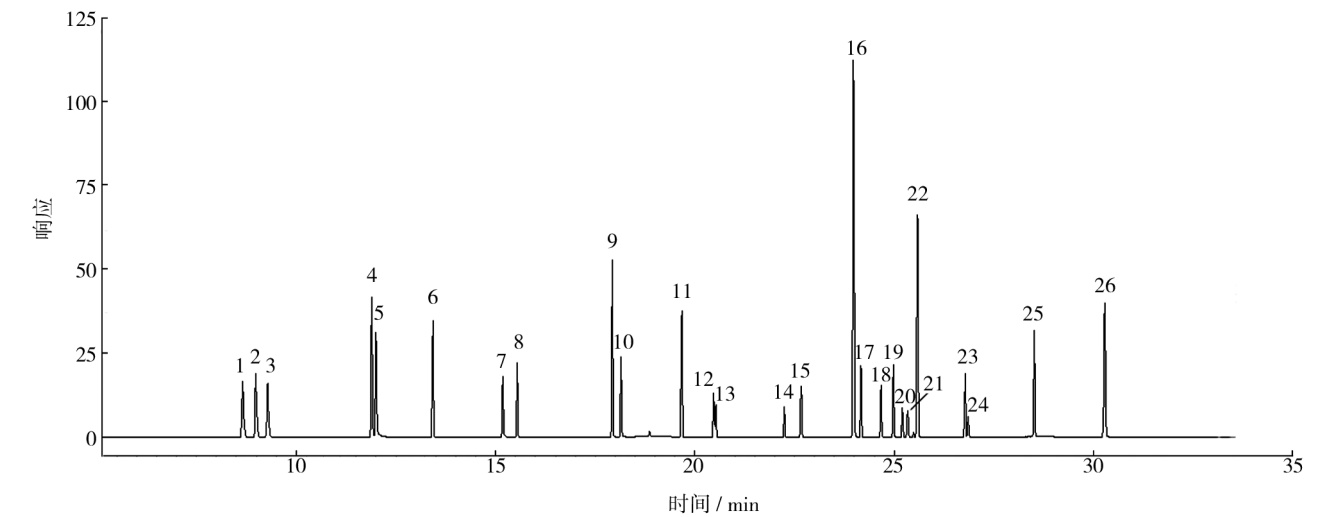
由于采用 MRM 模式,GC-MS/MS 技术不但可以提高定性分析的准确性,还能有效地消除基质干扰,降低噪声,提高信噪比,从而降低目标分析物的检出限。MRM 参数的优化是一个比较复杂的过程,具体

步骤如下。

- 1) 用质量浓度为 1.0 $\mu\text{g/mL}$ 的混合标准溶液进行全扫描分析,获得这 26 种化合物的一级质谱图,通过谱库检索来确定各目标化合物的保留时间。
- 2) 对这 26 种化合物的一级质谱图逐一进行分析,每个化合物选择 2~3 个丰度较高的离子初步定为母离子。
- 3) 设定碰撞能量为 20 eV,将选取的每一个母离子进一步打碎,全扫描二级质谱碎片离子,选择 2~3

个响应最好的二级碎片离子(子离子),与对应的母离子组成离子对。

- 4) 对每一组离子对分别在 5,10,15,20,25,30,35 eV 的碰撞能量下进行电离轰击,根据峰高响应确定每组离子对的最佳碰撞能量。
- 5) 综合考虑峰高响应(信噪比)和色谱干扰等因素,为每个目标化合物选择 2 组离子对,最终确定各分析物的 MRM 条件(见表 1)。26 种质量浓度为 0.1 $\mu\text{g/mL}$ 的有机残留物标准溶液的 MRM 图见图 1。



1-2,4-二氯苯酚;2-4-一氯苯酚;3-2,6-二氯苯酚;4-2,4,5-三氯苯酚;5-2,4,6-三氯苯酚;6-邻苯二甲酸二甲酯;7-2,3,4,6-四氯苯酚;8-邻苯二甲酸二乙酯;9-4-辛基酚;10-五氯苯酚;11-2,4,4'-三氯联苯;12-邻苯二甲酸二正丁酯;13-2,2',5,5'-四氯联苯;14-硬脂酸甲酯;15-2,2',4,5,5'-五氯联苯;16-米氏酮;17-2,3',4,4',5-五氯联苯;18-2,2',3,4,4',5'-六氯联苯;19-邻苯二甲酸丁苄酯;20-己二酸二(2-乙基)己基酯;21-2,2',4,4',5,5'-六氯联苯;22-2-异丙基硫杂蒽酮;23-邻苯二甲酸二(2-乙基)己基酯;24-2,2',3,4,4',5,5'-七氯联苯;25-邻苯二甲酸二正辛酯;26-对-二甲胺基二苯甲酮

图 1 26 种有机残留物的 MRM 图

Fig. 1 MRM chromatogram of the 26 organic residues

2.2 方法的线性关系、检出限和定量限

取配制的质量浓度分别为 0.01,0.02,0.05,0.1,0.5,1.0 $\mu\text{g/mL}$ 的混合标准系列溶液各 1.0 μL 进行 GC-MS/MS 测定,以目标化合物的峰响应值(y)为纵坐标,其相应的质量浓度(x)为横坐标,制作峰面积-浓度标准曲线,计算回归方程和相关系数。同时分析空白样品,以最低质量浓度点 0.01 $\mu\text{g/mL}$ 的响应值与空白样品中噪声响应的 3 倍计算最低检出限(LOD);以最低质量浓度点 0.01 $\mu\text{g/mL}$ 的响应值与空白样品中噪声响应的 10 倍计算最低定量限(LOQ)。方法的线性关系、检出限及定量限结果见表 2。

表 2 中的数据表明,在 0.02~2.0 mg/kg 范围内,该方法的线性关系良好,相关系数均大于 0.997;26 种目标化合物的最低检出限为 0.000 90~0.0035

mg/kg,最低定量限为 0.0031~0.012 mg/kg。

2.3 方法的回收率与精密度

以不含 26 种目标分析物的纸样作为空白样品,添加混合标准溶液,添加浓度为 0.1 mg/kg,按照 1.4 章节中的实验条件进行超声提取,并进行回收率实验,平行测定 6 次,计算精密度,结果见表 2。表 2 的数据表明,该方法的平均加标回收率为 88.9%~105.5%,相对标准偏差(RSD)为 2.5%~12.2%。

2.4 实际样品的检测结果

应用本方法对从市场购买的 10 个纸质包装材料样品(包括 7 个包装纸,2 个纸杯和 1 个纸盒)进行检测。结果发现,所有的样品都检出了邻苯二甲酸二甲酯等增塑剂,含量最高达到 7.02 mg/kg(邻苯二甲酸

二甲酯),部分样品还检出了硬脂酸甲酯。具体检出结果见表 3。

表 2 26 种化合物的线性相关系数、回收率、相对标准偏差、检出限和定量限

Tab.2 Linear correlation coefficients, average recoveries, relative standard deviations (RSDs), limits of detection (LODs) and limits of quantification of the 26 compounds

序号	化合物中文名	英文缩写名	线性相关系数	平均回收率/%	RSD/%	LOD/(mg·kg ⁻¹)	LOQ/(mg·kg ⁻¹)
1	2,4-二氯苯酚	2,4-DCP	0.9992	90.3	9.4	0.0021	0.0069
2	4-一氯苯酚	4-MCP	0.9989	89.8	5.6	0.0025	0.0083
3	2,6-二氯苯酚	2,6-DCP	0.9994	91.5	12.2	0.0021	0.0070
4	2,4,5-三氯苯酚	2,4,5-TCP	0.9985	88.9	4.8	0.0017	0.0058
5	2,4,6-三氯苯酚	2,4,6-TCP	0.9971	92.7	6.1	0.0026	0.0088
6	邻苯二甲酸二甲酯	DMP	0.9997	94.3	2.5	0.0013	0.0042
7	2,3,4,6-四氯苯酚	2,3,4,6-TeCP	0.9992	89.4	5.4	0.0016	0.0053
8	邻苯二甲酸二乙酯	DEP	0.9996	97.5	3.3	0.0018	0.0059
9	4-辛基酚	4-OP	0.9994	98.1	4.9	0.0013	0.0043
10	五氯苯酚	PCP	0.9988	92.4	11.9	0.0023	0.0078
11	2,4,4'-三氯联苯	PCB 28	0.9997	98.0	4.7	0.0022	0.0072
12	邻苯二甲酸二正丁酯	DNBP	0.9993	104.3	3.8	0.0026	0.0086
13	2,2',5,5'-四氯联苯	PCB 52	0.9995	97.5	2.6	0.0028	0.0093
14	硬脂酸甲酯	/	0.9998	93.7	3.1	0.0031	0.0100
15	2,2',4,5,5'-五氯联苯	PCB 101	0.9993	97.5	8.4	0.0024	0.0080
16	米氏酮	/	0.9997	101.6	4.2	0.000 90	0.0031
17	2,3',4,4',5-五氯联苯	PCB 118	0.9991	98.7	6.4	0.0021	0.0068
18	2,2',3,4,4',5'-六氯联苯	PCB 138	0.9996	99.0	8.2	0.0023	0.0076
19	邻苯二甲酸丁苄酯	BBP	0.9995	93.4	7.3	0.0020	0.0068
20	己二酸二(2-乙基)己基酯	DEHA	0.9997	95.6	5.8	0.0035	0.0120
21	2,2',4,4',5,5'-六氯联苯	PCB 153	0.9991	97.5	9.4	0.0032	0.0110
22	2-异丙基硫杂蒽酮	ITX	0.9994	90.2	8.7	0.0014	0.0047
23	邻苯二甲酸二(2-乙基)己基酯	DEHP	0.9997	105.5	4.6	0.0019	0.0065
24	2,2',3,4,4',5,5'-七氯联苯	PCB 180	0.9995	94.8	5.9	0.0024	0.0079
25	邻苯二甲酸二正辛酯	DNOP	0.9998	99.3	7.7	0.0019	0.0062
26	对-二甲胺基二苯甲酮	/	0.9990	97.1	8.9	0.0034	0.0120

表 3 实际样品的检测结果

Tab.3 The detection results of samples

样品	检测结果/(mg·kg ⁻¹)				
	邻苯二甲酸二甲酯	邻苯二甲酸二乙酯	邻苯二甲酸二正丁酯	硬脂酸甲酯	邻苯二甲酸二(2-乙基)己基酯
样品 1(粉色条纹图案包装纸)	0.03	ND	0.05	ND	0.19
样品 2(白色字母图案包装纸)	0.12	0.08	0.02	ND	0.11
样品 3(黑色云朵图案包装纸)	1.32	0.38	ND	ND	ND
样品 4(紫色玫瑰图案包装纸)	1.60	0.66	0.006	0.07	0.03
样品 5(黄色奶牛图案包装纸)	ND	ND	ND	ND	ND
样品 6(粉底小白兔图案包装纸)	0.05	ND	0.12	ND	0.58
样品 7(绿色格子图案包装纸)	7.02	1.90	ND	ND	ND
样品 8(咖啡色烘焙纸杯)	ND	ND	ND	ND	ND
样品 9(乳白色烘焙纸杯)	ND	ND	0.03	0.43	0.03
样品 10(蛋糕纸盒)	0.05	0.01	1.18	0.08	0.24

注:ND 表示未检出;所有样品中均未检出的项目未列出。

3 结语

采用超声提取、GC-MS/MS分析,建立了纸质食品包装材料中26种有机残留物的高通量检测方法,方法不仅样品处理简单,抗干扰能力强,而且准确性好、精密度高,适合纸质食品包装材料及类似基质中多种有机残留物的同时检测。

参考文献:

- [1] 王成云,杨左军,谢堂堂,等. 纸质食品包装材料中禁用芳香胺迁移量的测定[J]. 中国造纸,2011(11):7—12.
WANG Cheng-yun, YANG Zuo-jun, XIE Tang-tang, et al. Determination of the Migration of Banned Aromatic Amines in Paper Packaging Materials for Foodstuffs Using Gas Chromatography-tandem Mass Spectrometry[J]. China Pulp & Paper, 2011(11):7—12.
- [2] LANDY P, NICKLAUS S, SEMON E, et al. Representativeness of Extracts of Offset Paper Packaging and Analysis of the Main Odor-active Compounds[J]. J Agric Food Chem, 2004, 52(8):2326—2334.
- [3] 范金鑫,孙佳笑,任亚威,等. 顶空气相色谱法测定牛奶包装袋中的残留溶剂[J]. 杭州化工,2013(2):24—26.
FAN Jin-xing, SUN Jia-xiao, REN Ya-wei, et al. Determination of Residual Solvents in Milk Packaging by Headspace Gas Chromatography[J]. Hangzhou Chemical Industry, 2013(2):24—26.
- [4] 任志强,杨虹. 快速测定卷烟包装纸中挥发性有机化合物顶空-气相色谱/质谱联用法[J]. 科技信息, 2009(30):332—333.
REN Zhi-qiang, YANG Hong. Rapid Determination of Volatile Organic Compounds in Printed Cigarette Package by Headspace Gas Chromatography-mass Spectrometry[J]. Science & Technology Information, 2009(30):332—333.
- [5] 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]. J Chromatogr A, 2005, 1065(2):251—256.
- [6] STURARO A, RELLA R, PARVOL I G, et al. Contamination of Dry Foods with Trimethyldiphenylmethanes by Migration from Recycled Paper and Board Packaging[J]. Food Addit Contam, 2006, 23(4):431—436.
- [7] CANO J M, MARIN M L, SANCHEZ A, et al. Determination of Adipate Plasticizers in Poly(Vinyl Chloride) by Microwave-assisted Extraction[J]. J Chromatogr A, 2002, 963(1/2):401—409.
- [8] NERÍN C, ASENSIO E, JIMÉNEZ C. Supercritical Fluid Extraction of Potential Migrants from Paper and Board Intended for Use As Food Packaging Materials[J]. Analytical Chemistry, 2002, 74(22):5831—5836.
- [9] 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.
- [10] MONICA B, FERNANDO T. Identification of Diisobutyl Phthalate (DIBP) Suspected as Possible Contaminants in Recycled Cellulose for Take-away Pizza Boxes[J]. Packaging Technology and Science, 2008, 22(1):59.
- [11] DAVID P P, MIGUEL ÁNGEL F R, CRISTINA M, et al. Determination of Bisphenol-type Endocrine Disrupting Compounds in Food-contact Recycled-paper Materials by Focused Ultrasonic Solid-liquid Extraction and Ultra Performance Liquid Chromatography-high Resolution Mass Spectrometry[J]. Talanta, 2012, 99:167—174.
- [12] MARTENDAL E, BUDZIAK D, DEBASTIANI R, et al. Determination of Haloanisoles in Paper Samples for Food Packaging by Solid-phase Microextraction and Gas Chromatography[J]. Microchimica Acta, 2007, 159(3/4):229—234.
- [13] 蒋小良,王斌,徐正华,等. 微波萃取-气相色谱法测定纸质包装材料中五氯苯酚[J]. 中华纸业, 2013(2):22—24.
JIANG Xiao-liang, WANG Bin, XU Zheng-hua, et al. Determination of Pentachlorophenol in Paper Packaging Materials by Microwave Extraction and Gas Chromatography[J]. China Pulp & Paper Industry, 2013(2):22—24.
- [14] 李中皓,唐纲岭,王庆华,等. 超高效液相色谱法测定卷烟包装纸中的二苯甲酮和4-甲基二苯甲酮[J]. 现代食品科技, 2011(10):1276—1280.
LI Zhong-hao, TANG Gang-ling, WANG Qing-hua, et al. Determination of Benzophenone and 4-Methylbenzophenone Residual Content in Cigarette Packing Paper by Ultra Performance Liquid Chromatography[J]. Modern Food Science & Technology, 2011(10):1276—1280.
- [15] CASTLE 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 Addit Contam, 1997, 14(1):45—52.