# 气相色谱-质谱法测定食品接触耐高温材料中氯苯和对二氯苯迁移量

朱晓艳[1,2]，童嘉琦[1,2]，詹何珊[3]，叶晴[3]，刘江[3]
（1.宁波海关技术中心，浙江 宁波 315000；2.宁波检验检疫科学技术研究院，浙江 宁波 315000；
3.宁波中盛产品检测有限公司，浙江 宁波 315000）

**摘要：目的** 利用气相色谱-质谱联用法测定食品接触耐高温材料中氯苯类物质（氯苯、对二氯苯等）的迁移量。**方法** 从水基、酸性、醇类、油基等食品模拟物的迁移试验中得到的样品，通过正己烷或甲醇等有机溶剂萃取后，提取液中的氯苯类物质经由键合聚乙二醇的毛细管柱分离，最终在质谱中进行检测分析。**结果** 在优化萃取溶剂、色谱柱等检测条件下，该方法可有效测定食品模拟物中氯苯、对二氯苯等物质的迁移量，在 0.05~50 mg/kg（水性模拟物）或 0.2~50 mg/kg（油性模拟物）的范围内线性良好，检出限可达到 0.02 mg/kg（水性模拟物）或 0.1 mg/kg（油性模拟物），回收率在 87.6%~113.2%之间，相对标准偏差小于 10%（$n$=6）。**结论** 建立了食品接触材料中氯苯和对二氯苯迁移量的气相色谱-质谱联用方法，该方法简单、快捷、准确，满足了食品接触材料中氯苯类物质日常检验的要求。

**关键词：**气相色谱-质谱联用；氯苯；对二氯苯；食品接触材料；迁移量
**中图分类号：**TB487；TS206 **文献标识码：**A **文章编号：**1001-3563(2020)05-0091-06
**DOI：**10.19554/j.cnki.1001-3563.2020.05.012

## Migration Determination of Chlorobenzene and *p*-Dichlorobenzene in Thermostable Food Contact Materials by Gas Chromatography-Mass Spectrometry

*ZHU Xiao-yan*[1,2], *TONG Jia-qi*[1,2], *ZHAN He-shan*[3], *YE Qing*[3], *LIU Jiang*[3]
(1.Ningbo Customs Technology Center, Ningbo 315000, China;
2.Ningbo Science and Technology Institute of Inspection and Quarantine, Ningbo 315000, China;
3.Joysun Product Testing Service Company, Ningbo 315000, China)

**ABSTRACT:** The paper aims to measure the migration of chlorinated benzenes (chlorobenzene, *p*-dichlorobenzene, etc.) in thermostable food contact materials by gas chromatography-mass spectrometry. Samples obtained in migration tests in water-based, acidic, alcoholic or oil-based food simulants were extracted by certain solvents, like *n*-hexane or methanol. Chlorinated benzenes in the solvents were then separated by capillary column bonded with polyethylene glycol, and finally tested and analyzed by mass spectrometry. Under the optimized conditions such as extracted solvent and chromatographic column, migration of chlorobenzene, *p*-dichlorobenzene, etc. in food simulants can be effectively determined. The method had good linearity within the mass concentration range of 0.05-50 mg/kg (water-based simulant) or 0.2-50 mg/kg (oil-based simulant). The detection limit reached 0.02-0.1 mg/kg (water-based simulant) or 0.1 mg/kg (oil-based simulant). The recovery rate ranged from 87.6% to 113.2%. And the relative standard deviation was less than 10% ($n$=6). The established gas chromatography-mass spectrometry method for chlorobenzene and *p*-dichlorobenzene is simple, rapid and

**收稿日期：**2019-08-01
**基金项目：**国家质量监督检验检疫总局科技计划（2017IK080）
**作者简介：**朱晓艳（1978—），女，硕士，高级工程师，主要研究方向为食品接触材料有毒有害物质检测和法规跟踪。

accurate. It can satisfy the requirements on inspection of chlorinated benzenes in food contact materials.

**KEY WORDS:** gas chromatography-mass spectrometry; chlorobenzene; *p*-dichlorobenzene; food contact material; migration

用于食品包装和容器的食品接触材料，其中的原料小分子或有害物质可能会迁移到接触的食品中[1—3]。随着食品安全越来越受到重视，食品接触材料的安全性也越来越受到关注。

氯苯类物质，作为溶剂、有机合成原料和中间体，被广泛应用于化学工业生产[4—6]，同样以树脂原料、涂层、粘合剂等形式被用于食品接触材料中。比如氯苯是耐高温材料聚砜的单体 4,4'-二氯二苯砜的原料及合成聚砜时的溶剂，对二氯苯则是耐高温材料聚苯硫醚的单体，而聚砜或聚苯硫醚则广泛用于炊具、加热食品包装袋或耐热包装容器等食品接触制品[7—8]。不过，氯苯类物质可引起人体呼吸道黏膜刺激，可能引起肝肾损害。其难以发生生物降解，容易在生物体内发生蓄积，过多摄入会对人体健康造成危害[9—11]。在食品接触材料领域中，多个国家或地区已对几种氯苯类物质的迁移量提出了规定。比如我国食品安全国家标准（GB 9685—2016）中规定食品接触材料中对二氯苯的特定迁移限量为 12 mg/kg[12]；德国食品接触材料法规中给出涂层的氯苯限量为 0.08 mg/dm$^2$（若选取 6 dm$^2$ 样品对应 1 kg 食品模拟物的浸泡方法，限量可表示为 0.48 mg/kg）[13]。

虽然食品安全国家标准及国外食品接触材料相关法规中，对食品接触材料中对二氯苯或氯苯等物质提出了限量要求，不过并未提供对应的分析方法标准。目前氯苯类物质的检测方法主要针对大气、土壤、纺织品、水质等检测对象，如气相色谱法[14]、气相色谱-质谱联用法[15—17]、液相色谱法[18—19]等，但对于食品接触材料迁移量测试中，橄榄油等油性食品模拟物，和 4%（体积分数）乙酸水溶液、50%（体积分数）乙醇水溶液等水性食品模拟物中，氯苯、对二氯苯的检测方法却鲜有报道。随着耐高温材料在食品接触材料及制品中的应用越来越广泛，有必要建立食品接触耐高温材料中氯苯和对二氯苯迁移量的检测方法。对此，针对耐高温涂层等食品接触材料中氯苯类物质的迁移量，文中利用气相色谱-质谱联用法建立了一种简单、快速的测定方法，为日常产品质量与安全风险的管控与监督工作提供参考。

# 1 实验

## 1.1 材料与试剂

主要材料与试剂：氯苯（CAS：108-90-7）和对二氯苯（CAS：106-46-7）标准品：纯度≥98%，o2si；正己烷、无水甲醇、无水乙醇、乙腈、乙酸乙酯、叔丁基甲醚、二氯甲烷，均为色谱纯，TEDIA；乙酸、橄榄油为分析纯，国药集团。聚砜或聚苯硫醚材质的不粘锅、烤盘或餐盒等样品为市售。

## 1.2 仪器与设备

主要仪器与设备：7890A 气相色谱-5975C 质谱联用仪，美国 Agilent 公司；涡旋振荡器，德国 Heidolph 公司；3-30KS 高速离心机，德国 Sigma 公司。

## 1.3 实验条件

### 1.3.1 色谱条件

色谱柱：HP-INNOWax 键合聚乙二醇的毛细管柱（30 m×0.25 mm，0.25 μm）；升温程序：40 ℃保持 5 min，以 10 ℃/min 升至 150 ℃，以 30 ℃/min 升至 210 ℃，保持 2 min；载气（He）流速：1.0 mL/min，分流比 5∶1。

### 1.3.2 质谱条件

电子轰击（EI）离子源；电子能量 70 eV；传输线温度：280 ℃；离子源温度：230 ℃；选择离子监测（SIM）数据采集模式：氯苯，选取 112 作为定量离子质荷比，114，77，51 作为定性离子质荷比，对二氯苯，选取 146 作为定量离子质荷比，148，111，75 作为定性离子质荷比。

## 1.4 样品前处理

迁移试验的基本要求参照 GB 31604.1[20]及 GB 5009.156[21]的规定。选取水、4%（体积分数）乙酸、50%（体积分数）乙醇和橄榄油作为水基、酸性、酒精类和油类食品模拟物。参照标准，假定食品模拟物的密度为 1 kg/L，样品及标准溶液的最终质量浓度统一以 mg/kg 表示。

### 1.4.1 水基、酸性、酒精类食品模拟物样品的处理

取 2.0 mL 从迁移试验中获得的水性模拟物（水、乙酸（4%）、乙醇（50%））于 10 mL 具塞离心管中，加入 2 mL 正己烷，涡旋振荡 5 min 后静置 10 min，而后移取正己烷层清液供气相色谱-质谱测定。

### 1.4.2 油基食品模拟物样品的处理

取 2 g 从迁移试验中获得的橄榄油模拟物于 10 mL 具塞离心管中，加入 2 mL 甲醇，涡旋振荡 5 min 后静置 10 min，经高速离心（3000 r/min）5 min 后取上层供气相色谱-质谱测定。

### 1.5　标准溶液的配置

配制标准溶液时，各准确称取氯苯和对二氯苯标准品 50 mg（精确至 0.1 mg），用甲醇定容至 50 mL，配制混合标准贮备液（1000 mg/L）。

#### 1.5.1　水基、酸性食品、酒精类食品模拟物标准工作溶液

准确移取适量混合标准贮备液，用对应水基、酸性食品、酒精类食品模拟物稀释到特定浓度。参照前述水基、酸性、酒精类食品模拟物样品的处理方法操作。

#### 1.5.2　油基食品模拟物标准工作溶液

称取 2 g（精确至 0.01 g）橄榄油食品模拟物，用微量玻璃注射器分别移取适量混合标准贮备液至橄榄油中，用涡旋振荡器混合均匀，得到一定浓度的标准工作液，而后参照前述油基食品模拟物样品的处理方法操作。

## 2　结果与分析

### 2.1　仪器条件的选择

依据氯苯、对二氯苯及基质或溶剂的性质，考察极性柱 HP-INNOWax（30 m×0.25 mm，0.25 μm）对氯苯类物质与食品模拟物、溶剂及其他杂质的分离效果。结果显示，在极性柱 HP-INNOWax 中，氯苯和对二氯苯可以在较短的时间内出峰，且色谱峰峰型良好，能够实现与其他物质的有效分离，因而选用极性柱作为后续分析检测的色谱柱。乙酸（4%）食品模拟物中，氯苯和对二氯苯（质量浓度为 5 mg/kg）进行前处理和气相色谱-质谱仪分析得到的色谱图见图 1。

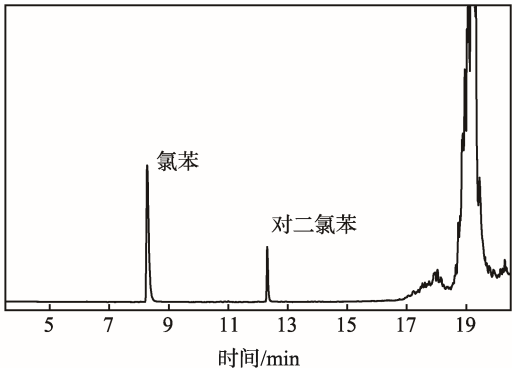



图 1　乙酸（4%）食品模拟物中氯苯和对二氯苯选择离子检测

Fig.1 Selected ion detection of chlorobenzene and *p*-dichlorobenzene in 4% acetic acid food simulant

### 2.2　萃取溶剂的选择

样品基质主要涉及水基、酸性（如体积分数为 4%的乙酸溶液）、酒精类（如体积分数为 10%，20%，50%的乙醇溶液）和油基（如橄榄油）等。

对于水性的食品模拟物，可以选取不溶于水的有机溶剂，比如二氯甲烷、乙酸乙酯、正己烷、叔丁基甲醚等。结果显示，用二氯甲烷、乙酸乙酯、叔丁基甲醚等有机溶剂从酒精类食品模拟物（以体积分数为 50%的乙醇溶液为例）中提取目标物时，模拟物可能会与这些有机溶剂（比如乙酸乙酯）形成互溶体系，或是模拟物中大量乙醇进入到有机溶剂层（比如二氯甲烷和叔丁基甲醚）。这将导致无法萃取出模拟物中的目标产物，或导致有机溶剂层体积发生明显变化而需要增加前处理步骤。而正己烷与 50%及以下体积分数的乙醇溶液基本不互溶[22]，因而考察正己烷作为酒精类和其他水性食品模拟物的萃取溶剂的效果。

通过配制含一定浓度氯苯类物质的水性模拟物溶液（乙醇体积分数为 50%），用正己烷提取后测得其中的氯苯类物质的信号强度，并与含有相同浓度的氯苯类物质的正己烷溶液的信号强度进行比较，计算提取效率，结果见表 1。结果显示在 0.1~20 mg/kg 的质量浓度范围内，随着乙醇（50%）中氯苯和对二氯苯含量的增加，正己烷的提取率分别可以达到 89.8%和 90.7%以上。

表 1　正己烷萃取乙醇（50%）中氯苯和对二氯苯的提取效率

**Tab.1 Extraction efficiency of chlorobenzene and p-dichlorobenzene from 50% ethanol by n-hexane　%**

| 提取物 | 质量浓度/(mg·kg$^{-1}$) | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | 0.1 | 0.5 | 1.0 | 10.0 | 20.0 |
| 氯苯 | 89.8 | 90.6 | 99.9 | 101.5 | 100.1 |
| 对二氯苯 | 90.7 | 91.7 | 95.7 | 97.9 | 99.6 |

对于油性模拟物，考虑在一定体积比例下不与油性模拟物互溶的甲醇和乙腈等溶剂作为萃取溶剂。而甲醇提取液中氯苯类物质的信号强度要高于乙腈提取液中氯苯类物质的信号强度，因而，在后续的检测中水性食品模拟物和油基食品模拟物中氯苯类物质的萃取溶剂分别选用正己烷和甲醇。

### 2.3　线性关系与检出限

在 4 种食品模拟物基质中，分别配制一定梯度的标准工作溶液。用对应的溶剂萃取后，在优化的测试条件下依次由低浓度至高浓度进样分析。以氯苯或对二氯苯定量离子的峰面积作为纵坐标，以相应的质量浓度（mg/kg）作为横坐标，得到标准工作曲线。测定的 4 种食品模拟物中氯苯或对二氯苯的回归方程及相关系数见表 2；在表 2 所给出的浓度范围内工作曲线的线性良好，相关系数（$R^2$）均大于 0.997。

配制浓度更低的标准溶液，进行前处理及仪器分析，而后计算测定得到的色谱峰的信噪比（*S*/*N*）。

以满足 $S/N$＞3.0 作为检出限的判断依据，$S/N$＞10.0 作为定量限的判断依据，从而得出水性模拟物中氯苯或对二氯苯的检出限和定量限分别为 0.02 mg/kg 和 0.05 mg/kg；油性模拟物中的检出限和定量限分别为 0.1 mg/kg 和 0.2 mg/kg。在 GB 9685—2016 中限定了对二氯苯的迁移限量为 12 mg/kg，该方法的线性范围和检出限完全可以达到限量对检测方法的要求，同样能够满足德国等食品接触材料法规中氯苯等的限量对检测方法的要求。

## 2.4 样品检测

基于氯苯和对二氯苯主要用于聚砜、聚苯硫醚等耐高温食品接触材料中，因而选取市售的含有这些材料的制品测定氯苯和对二氯苯迁移量。样品主要包括带有聚砜或聚苯硫醚涂层的不粘锅或烤盘，以及聚砜材质的微波用餐盒。参照 GB 31604.1 及 GB 5009.156 开展迁移试验，分别取 4 种食品模拟物浸没样品，在一定的温度下（70 ℃）开展迁移试验（2 h）。移取迁移试验获得的食品模拟物 2 mL（水基、酸性、酒精类模拟物）或 2 g（油类模拟物），通过溶剂萃取后进样测得各模拟物中氯苯或对二氯苯。检测结果显示在选取的 5 种不粘锅、5 种烤盘及 3 种餐盒中未检出氯苯和对二氯苯。

## 2.5 回收率与精密度

选取 1 款不粘锅样品进行氯苯或对二氯苯的加标回收试验，以验证回收率和精密度。

在进行加标回收试验时，将不粘锅样品用含有一定浓度氯苯或对二氯苯（加标质量浓度为 0.5，1.0，10 mg/kg）的食品模拟物在 70 ℃下浸泡 2 h。在迁移试验之后，用溶剂萃取其中的氯苯和二氯苯进样。每个添加浓度平行测定 6 次，而后按 GB 5009.156—2016 计算最终的迁移量。各个加标样品的质量浓度以及计算的回收率、相对标准偏差等见表 3。结果表明，方法加标回收率（87.6%~113.2%）和精密度（＜10%）满足测试的需求。

表 2 各类食品模拟物中的氯苯和对二氯苯的线性关系和检出限

**Tab.2 Linear equations and detection limits of chlorobenzene and *p*-dichlorobenzene in different food simulants**

| 物质 | 模拟物 | 线性范围/(mg·kg$^{-1}$) | 线性方程 | 相关系数 $R^2$ | 检出限/(mg·kg$^{-1}$) |
|---|---|---|---|---|---|
| 氯苯 | 水 | 0.05~50 | $y$ = 5803$x$−199 | 0.999 31 | 0.02 |
| | 乙酸（4%） | 0.05~50 | $y$ = 5219$x$+563 | 0.999 84 | 0.02 |
| | 乙醇（50%） | 0.05~50 | $y$ = 14686$x$−330 | 0.998 91 | 0.02 |
| | 橄榄油 | 0.2~50 | $y$ = 2985$x$+108 | 0.997 57 | 0.10 |
| 对二氯苯 | 水 | 0.05~50 | $y$ = 4395$x$−140 | 0.999 06 | 0.02 |
| | 乙酸（4%） | 0.05~50 | $y$ = 4992$x$+214 | 0.998 92 | 0.02 |
| | 乙醇（50%） | 0.05~50 | $y$ = 28830$x$+2763 | 0.998 61 | 0.02 |
| | 橄榄油 | 0.2~50 | $y$ = 2453$x$+532 | 0.998 08 | 0.10 |

表 3 各类食品模拟物中氯苯和对二氯苯的加标回收率和精密度（$n$=6）

**Tab.3 Adding standard recovery and precision ($n$=6) of chlorobenzene and *p*-dichlorobenzene in various food simulants**

| 模拟物 | 氯苯 | | | | 对二氯苯 | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 添加量/(mg·kg$^{-1}$) | 平均值/(mg·kg$^{-1}$) | 回收率/% | RSD/% | 添加量/(mg·kg$^{-1}$) | 平均值/(mg·kg$^{-1}$) | 回收率/% | RSD/% |
| 水 | 0.5 | 0.516 | 103.2 | 5.7 | 0.5 | 0.563 | 112.6 | 5.9 |
| | 1.0 | 0.905 | 90.5 | 3.1 | 1.0 | 0.965 | 96.5 | 2.9 |
| | 10.0 | 9.72 | 97.2 | 2.8 | 10.0 | 9.37 | 93.7 | 4.6 |
| 乙酸（4%） | 0.5 | 0.546 | 109.2 | 2.6 | 0.5 | 0.544 | 108.8 | 9.4 |
| | 1.0 | 0.917 | 91.7 | 1.7 | 1.0 | 0.909 | 90.9 | 1.5 |
| | 10.0 | 9.16 | 91.6 | 2.5 | 10.0 | 8.76 | 87.6 | 4.6 |
| 乙醇（50%） | 0.5 | 0.538 | 107.6 | 7.2 | 0.5 | 0.534 | 106.8 | 6.0 |
| | 1.0 | 0.913 | 91.3 | 5.9 | 1.0 | 0.964 | 96.4 | 4.3 |
| | 10.0 | 9.24 | 92.4 | 4.3 | 10.0 | 9.41 | 94.1 | 4.9 |
| 橄榄油 | 0.5 | 0.523 | 104.6 | 6.9 | 0.5 | 0.566 | 113.2 | 9.8 |
| | 1.0 | 0.903 | 90.3 | 2.9 | 1.0 | 0.917 | 91.7 | 4.9 |
| | 10.0 | 9.82 | 98.2 | 3.3 | 10.0 | 9.18 | 91.8 | 1.5 |

## 3　结语

针对耐高温食品接触材料与制品中的氯苯、二氯苯等风险物质，通过气相色谱-质谱联用建立了一种操作简单、快速，精密度高的迁移量测定方法。结果显示，正己烷可用于多种水性食品模拟物（包括 50%及以下体积分数的乙醇水溶液）中氯苯、二氯苯等物质的提取。优化测试条件后，方法回收率在 87.6%~113.2%之间，相对标准偏差小于 10%（$n$=6）。方法检出限达到 0.02 mg/kg（水性模拟物）或 0.1 mg/kg（油性模拟物），可满足现有食品接触材料相关限量的要求，可用于食品接触材料安全检验监管。其他类型食品接触材料采用相同的迁移试验标准方法（GB 31604.1 及 GB 5009.156）时，也可采用此方法测定氯苯、二氯苯等物质的迁移量。

参考文献：


[1] OSORIO J, AZNAR M, NERÍN, C. Identification of Key Odorant Compounds in Starch-Based Polymers Intended for Food Contact Materials[J]. Food Chemistry, 2019, 285: 39—45.

[2] ISSART A, GODIN S, PREUD'HOMME H, et al. Direct Screening of Food Packaging Materials for Post-Polymerization Residues, Degradation Products and Additives by Liquid Extraction Surface Analysis Nanoelectrospray Mass Spectrometry (LESA-nESI-MS)[J]. Analytica Chimica Acta, 2019, 1058: 177—126.

[3] 王芳, 刘曙, 沈康俊, 等. 食品接触材料及制品非有意添加物风险评估与监管[J]. 中国塑料, 2019, 33(4): 89—95.
WANG Fang, LIU Shu, SHEN Kang-jun, et al. Risk Assessment and Supervision of Non-intentionally Added Substances in Food Contact Materials and Articles[J]. China Plastics, 2019, 33(4): 89—95.

[4] 任志远, 李秋爽, 高新, 等. 氯苯类生产过程 POPs 污染风险点分析及环境管理建议[J]. 化工环保, 2016, 36(6): 696—701.
REN Zhi-yuan, LI Qiu-shuang, GAO Xin, et al. Pollution Risks Analysis of POPs in Chlorobenzenes Production and Suggestions for Environment Management[J]. Environmental Protection of Chemical Industry, 2016, 36(6): 696—701.

[5] 马久强, 王超. 氯苯生产废水处理技术[J]. 中国氯碱, 2017(5): 31—32.
MA Jiu-qiang, WANG Chao. Wastewater Treatment Technology of Chlorobenzene Production[J]. China Chlor-Alkali, 2017(5): 31—32.

[6] 周长春, 韩珩. 浅谈对二氯苯的开发[J]. 氯碱工业, 2001(6): 27—29.
ZHOU Chang-chun, HAN Heng. Introduction to the Development of *p*-Dichlorobenzene[J]. Chlor-Alkali Industry, 2001, (6): 27—29.

[7] 孟翠敏. 对二氯苯的生产技术及应用前景[J]. 中国氯碱, 2006(6): 14—16.
MENG Cui-min. Production Technology of Paradichlorobenzene and Application Prospect[J]. China Chlor-Alkali, 2006(6): 14—16.

[8] 韩啸, 罗世鹏, 商贵芹, 等. 高效液相色谱法测定食品接触材料中 1,4-二氯苯的迁移量[J]. 中外食品工业, 2014(5): 35—52.
HAN Xiao, LUO Shi-peng, SHANG Gui-qin, et al. Determination of 1,4-Dichlorobenzene Migration in Food Contact Materials by High Performance Liquid Chromatography[J]. Sino-foreign Food Industry, 2014 (5): 35—52.

[9] ROOSTAIE A, MOHAMMADIAZAR S, BARGOZIN H, et al. A Modified Nanoporous Silica Aerogel as a New Sorbent for Needle Trap Extraction of Chlorobenzenes from Water Samples[J]. Chromatographia, 2018, 81(4): 649—655.

[10] 杨开贵, 粟安银. 顶空-气相色谱质谱法测定生活饮用水源地中氯苯类化合物[J]. 科技广场, 2015(5): 124—127.
YANG Kai-gui, SU An-yin. Determination of Chlorinated Compounds in the Source of Drinkable Water by Head Space Gas Chromatography[J]. Science Mosaic, 2015(5): 124—127.

[11] 奚晔, 郑嵘, 詹铭, 等. 顶空气相色谱法测定饮用水中 11 种氯苯类化合物及六氯丁二烯[J]. 上海预防医学, 2017, 29(1): 44—53.
XI Ye, ZHENG Rong, ZHAN Ming, et al. Measuring Eleven Kinds of Chlorobenzenes and Hexachlorobutadiene in Drinking Water by HS-GC[J]. Shanghai Journal of Preventive Medicine, 2017, 29(1): 44—53.

[12] GB 9685—2016, 食品安全国家标准 食品接触材料及制品用添加剂使用标准[S].
GB 9685—2016, National Food Safety Standard-Use of Additives in Food Contact Materials and Articles[S].

[13] 王超, 陈少鸿. 国外食品接触材料法律法规汇编. 欧盟及其成员国食品接触材料法律法规[M]. 北京: 中国轻工业出版社, 2013.
WANG Chao, CHEN Shao-hong. Compilation of Foreign Food Contact Materials Laws and Regulations. Food Contact Materials Laws and Regulations of the European Union and its Member States[M]. Beijing: China Light Industry Press, 2013.

[14] 周守毅, 李冰清, 刘芳. 热脱附气相色谱法测定大气中氯苯类化合物[J]. 环境保护科学, 2014, 40(2): 107—109.
ZHOU Shou-yi, LI Bing-qing, LIU Fang. Determination of Chlorobenzenes in Air by Thermal Desorption-Gas Chromatography[J]. Environmental Protection Science, 2014, 40(2): 107—109.

[15] MA Xiao, MA Jun. Determination of Trace Amounts of Chlorobenzenes in Water Using Membrane-Supported Headspace Single-Drop Microextraction and Gas Chromatography-Mass Spectrometry[J]. Journal of Analytical Chemistry, 2017, 72(8): 890—896.

[16] 沈浩, 程海鸥, 林宇, 等. 气相色谱-质谱法同时测定皮革制品中 11 种氯苯类化合物[J]. 质量技术监督研究, 2017(1): 7—10.
SHEN Hao, CHENG Hai-ou, LIN Yu, et al. Simultaneous Determination of 11 Chlorobenzene in Leather Products by Gas Chromatography-Mass Spectrometry[J]. Quality and Technical Supervision Research, 2017(1): 7—10.

[17] FERNÁNDEZ E, VIDAL L, CANALS A. Hydrophilic Magnetic Ionic Liquid for Magnetic Headspace Single-Drop Microextraction of Chlorobenzenes Prior to Thermal Desorption-Gas Chromatography-Mass Spectrometry [J]. Analytical and Bioanalytical Chemistry, 2018, 410(19): 4679—4687.

[18] 高永刚, 牛增元, 张艳艳, 等. 液相色谱-质谱法同时测定纺织品中 19 种含氯苯酚类化合物[J]. 分析测试学报, 2019, 38(1): 75—79.
GAO Yong-gang, NIU Zeng-yuan, ZHANG Yan-yan, et al. Simultaneous Determination of 19 Chlorinated Phenols in Textiles by Liquid Chromatography-Mass Spectrometry[J]. Journal of Instrumental Analysis, 2019, 38(1): 75—79.

[19] 史春丽, 高楼军, 柴红梅. 溶剂浮选-高效液相色谱法测定水体中氯苯类环境激素的方法研究[J]. 江西师范大学学报(自然科学版), 2011, 35(1): 24—27.
SHI Chun-li, GAO Lou-jun, CHAI Hong-mei. Study on Determination of Chlorobenzene Environmental Hormone in Water Samples by Solvent Sublation-High Performance Liquid Chromatography[J]. Journal of Jiangxi Normal University (Natural Sciences Edition), 2011, 35(1): 24—27.

[20] GB 31604.1—2015, 食品安全国家标准 食品接触材料及制品迁移试验通则[S].
GB 31604.1—2015, National Food Safety Standard-General Principle for the Determination of Migration of Food Contact Materials and Articles[S].

[21] GB 5009.156—2016, 食品安全国家标准 食品接触材料及制品迁移试验预处理方法通则[S].
GB 5009.156—2016, National Food Safety Standard-General Principle for the Pretreatment of Migration of Food Contact Materials and Articles[S].

[22] 李高阳, 丁霄霖. 正己烷-乙醇-水三元体系的相平衡研究[J]. 食品科学, 2008, 29(8): 91—94.
LI Gao-yang, DING Xiao-lin. Study on Phase Balance of Hexane-ethanol-water System in Flaxseed[J]. Food Science, 2008, 29(8): 91—94.