

含氯苯酚测试技术的研究进展

陈松辉, 杨玉婷, 钱 辉*, 高 丽, 李兴根

泰州市产品质量监督检验院, 国家精细化学品质量检验检测中心 江苏泰州

【摘要】含氯苯酚作为消毒剂和防腐剂用于木材防腐、皮革和纺织品的处理, 但其具有毒性, 且不易在环境中降解, 易积聚于生物体内, 对生态系统及人体健康造成影响。因此建立快速有效的含氯苯酚类化合物的测试方法, 用于监控其在纺织品、皮革和木制品中的含量, 显得尤为重要。本文主要总结了含氯苯酚在纺织、皮革、鞋材、木材等方面的前处理方式, 以及最新的测试方法, 并深入浅出地分析了当前实验中所面临的挑战以及测试技术未来的发展趋势。

【关键词】含氯苯酚; 萃取方法; GC-MS; HPLC-MS; 测试技术

【基金项目】本文受江苏省市场监督管理局科技计划项目资助, 项目编号: KJ21125002

【收稿日期】2025 年 4 月 6 日

【出刊日期】2025 年 6 月 11 日

【DOI】10.12208/j.jccr.20250008

Research progress on testing technology for chlorinated phenols

Songhui Chen, Yuting Yang, Hui Qian*, Li Gao, Xinggen Li

China National Fine Chemicals Quality Inspection and Testing Center, Taizhou Institute of Product Quality Supervision and Inspection, Taizhou, Jiangsu

【Abstract】Chlorinated phenols are used as a disinfectant and preservative for wood preservation, leather and textile treatment, but it is toxic and difficult to degrade in the environment, and can easily accumulate in organisms, affecting ecosystems and human health. Therefore, it is particularly important to establish a rapid and effective detection method for chlorinated phenolic compounds for monitoring their content in textiles, leather, and wood products. This article mainly summarizes the pretreatment and latest detection methods of chlorinated phenols in textiles, leather, shoe materials, and wood, and briefly analyzes the challenges faced in current experiments and the future development trends of detection technology.

【Keywords】Chlorinated phenols; Extraction method; GC-MS; HPLC-MS; Test technology

引言

含氯苯酚 (CP) 是苯酚的氯代衍生物, 常见的有 19 种, 包括单氯苯酚 (Chlorophenol, MCP)、二氯苯酚 (Dichlorophenol, DCP)、三氯苯酚 (Trichlorophenol, TCP)、四氯苯酚 (Tetrachlorophenol, TeCP) 和五氯苯酚 (Pentachlorophenol, PCP) 等。含氯苯酚的氯原子取代度越高, 在水中溶解性越差, 其毒性也越强。该类化合物具有高毒性, 常被当作杀菌消毒剂, 用于纺织品、皮革制品、木制品、造纸、农药等加工和生产领域。但这类化合物在环境中难以降解, 且具有一定的水溶性, 容易在环境和生物体内富集, 从而危害生态系统和人类健康^[1]。本文主要对含氯苯酚的前处理方法及测试技术进行总结, 并对目前测试中的主要难点和挑战进行简

单分析。

1 前处理技术方法

样品前处理是保证检测结果准确的基础, 前处理主要基于检测目标的物理、化学性质, 合理选择高效快速的提取技术方法。目前常用的主要有: 超声波萃取法 (UE)、水蒸汽蒸馏法 (SD)、索氏提取法 (SE)、液-液萃取法 (LLE)、分散液-液微萃取 (DLLME)、微波辅助萃取法 (MAE)、固相萃取 (SPE)、固相微萃取法 (SPME)、超声波辅助萃取 (UAE)、加速溶剂萃取 (ASE) 法等。以下是几种常见的含氯苯酚类化合物的提取方法。

1.1 超声波萃取法

超声波提取是为了提取生物有效成分而加速目标

成分进入溶剂, 促进提取的一类提取方法, 是利用超声波所具有的机械效应、空化效应和热效应, 通过提高介质分子的运动速度, 提高介质的穿透力。

超声萃取法操作简单, 适合批量处理, 但是也存在无法去除萃取液基质的干扰、萃取效率不够高的缺点。刘霞等^[2], 把皮革等样品采用甲醇(10%乙酸铵)混合溶液超声萃取, 无需衍生化, 无浓缩及定容等复杂前处理步骤的前处理方法, 外标法, 高效液相色谱串联质谱仪(HPLC-MS/MS)直接测定 19 种含氯苯酚。吴依龙^[3], 把织物样品采用甲醇溶液超声萃取, 碳酸钾溶液中乙酰化衍生, 外标法, 气相色谱-质谱法(GC-MSD)测定 19 种含氯苯酚。吕明旭等^[4], 把纺织品试样, 采用 KOH 溶液, 同时加入四氯邻甲氧基苯酚(TCG)内标超声萃取, 然后碳酸钾溶液中乙酰化衍生, GC-MSD 同时检测 19 种含氯苯酚。孙慧芹等^[5], 把纺织品等样品采用甲醇溶液超声萃取, 外标法, 高效液相色谱法同时直接测定 17 种含氯苯酚化合物。杨建英等^[6], 把木制试样粉碎, 采用甲醇溶液超声萃取, 碳酸钾溶液中乙酰化衍生, 外标法, GC-MSD 同时测定木制文具中 10 种含氯苯酚。黄泽琳等^[7], 把纺织品样品采用碳酸钾溶液超声萃取, 乙酰化衍生, 外标法, 气相色谱-质谱法(GC-MSD)测定 19 种残留含氯苯酚。张伟娟等^[8], 把皮革等样品采用甲醇超声萃取, 外标法, 高效液相色谱法(HPLC)直接测定 6 种含氯苯酚。任庆云等^[9], 把纺织品等样品采用甲醇超声萃取, 碳酸钾溶液中乙酰化衍生, 外标法, 气相色谱-质谱法(GC-MSD)测定 10 种含氯苯酚。

吴俐等发表的《KOH 烘箱萃取法测定纺织品和皮革中含氯苯酚含量》文章中发现, 氢氧化钾溶液对皮革样品中目标有机物无法产生较好的浸润作用和溶解效果, 进而导致提取效率较低^[10]。李琳等在《加速溶剂萃取-高效液相色谱法测定皮革和纺织品中含氯苯酚的含量》文章报道, 采用丙酮萃取时易将皮革上的染料组分萃取下来, 萃取液对目标化合物的选择性不够高, 所得萃取液的基质较为复杂, 对后续仪器分析造成一定的难度^[11]。刘霞等发表的《皮革中 19 种含氯苯酚的快速测定方法研究》文章中发现, 甲醇(10%乙酸铵)溶液对于皮革样品中的含氯苯酚的提取效果比较好^[2]。

1.2 水蒸汽蒸馏法

水蒸汽蒸馏法是使具有一定挥发性的目标物和水一起蒸馏, 将目标提取物和水一起蒸馏出来, 收集馏分获得目标物的提取方法^[12]。该方法适用于提取不溶或难溶于水但有一定挥发性的有机物, 具有设备简单技

术成熟、提取效率高、重复性好等优点, 但提取过程耗时较长, 且玻璃仪器容易产生交叉污染, 无法适用于大批量的检测要求。莫贤科等^[13], 把皮革样品经水蒸气蒸馏提取, 乙酰化衍生, 外标法, 气相色谱-质谱法(GC-MSD)测定 19 种残留含氯苯酚。ISO 17070-2015《皮革化学测试 四氯苯酚、三氯苯酚、二氯苯酚、一氯苯酚异构体和五氯苯酚含量的测定》和 GB/T 22808-2021《皮革和毛皮 化学试验 含氯苯酚含量的测定》也都是采用以上方法, 通过水蒸汽蒸馏对皮毛样品中的含氯苯酚进行提取浓缩后, 加入乙酸酐进行乙酰化衍生反应后, 生成相应的氯酚乙酸酯类化合物, 再经最正己烷提取浓缩, 上气相色谱-质谱联用仪进行定性和定量检测^[14]。

1.3 液液萃取法和分散液液微萃取

液液萃取(LLE)在有机合成中常用于目标化合物的分离提纯, 是一种非常成熟样品提取技术。它是利用不同组分在互不混溶的两种溶剂中的溶解度差异, 使目标化合物从原基质中分离出来, 达到目标组分的提取和纯化的效果。

液液萃取(LLE)是一种传统的萃取方式, 作为一种普遍适用的提取方法, 它具有操作简便, 适用于大批量处理的优点。但是, 液液萃取的方法步骤较多, 需要使用大量的玻璃仪器和有机溶剂, 耗费大量的时间和人力, 由此带来的样品污染和实验重现性差就无法避免^[15]。唐楠利用正己烷作为提取溶剂, 对生活饮用水进行液液萃取, 提取其中微量的五氯苯酚, 再经气相色谱法-氢火焰离子化检测器测定五氯苯酚的含量^[16]。但是该方法仅适用于简单的样品, 当遇到类似于皮毛、纺织品之类的复杂样品时, 液液萃取往往不能达到很好的提纯效果。

Mohammad Rezaee 等创新性地提出了一种新型的液液萃取技术, 即分散液相微萃取(DLLME)技术。该技术弥补了传统液液萃取技术耗时费力的缺陷, 囊括了采样、提取和富集过程, 简化了操作过程, 提高了样品处理效率, 降低了实验成本, 是一种高效绿色环保的新型提取技术, 具有极大的应用潜力^[17]。铁建成等利用衍生分散液相微萃取(DLLME)技术对纺织品固体废物进行前处理, 并用气相色谱质谱联用仪对其中 18 种含氯酚(CPs)和邻苯基苯酚(OPP)进行了检测, 该方法丙酮作为分散剂, 以四氯化碳作为萃取剂, 能够获得较好的萃取效果, 且实验重复性好^[18]。高永刚等利用中空纤维液相微萃取技术, 将提取、浓缩和净化过程集为一体, 再用高效液相色谱对纺织品中 10 种含氯苯

酚类化合物进行测定, 大大提高了高效液相色谱检测的灵敏度, 简化了检测过程, 提高了检测效率^[19]。分散液液微萃取法操作简便, 提取效果好, 且无需大量溶剂, 节约成本, 获得了广泛的认可。

1.4 固相萃取法(SPE)和固相微萃取法(SPME)

固相萃取(简称 SPE)起源于八十年代, 是一种由液固萃取和液相色谱技术相结合而发展起来的样品前处理技术, 利用选择性吸附与选择性洗脱的色谱分离原理, 对样品进行浓缩和提纯。固体吸附剂将液体样品中的目标化合物吸附, 使其与样品的基体和干扰化合物分离, 再经洗脱液洗脱或加热解吸, 从而达到提纯浓缩的效果, 被广泛用于液体样品中痕量有机物的前处理^[20]。李海玉^[21]等早有报道过, 利用固相萃取法对木材样品进行前处理, 经提取净化浓缩后, 上气相色谱-质谱检测其中含氯酚类化合物和菊酯类化合物的含量, 方法高效可行。

固相微萃取 (SPME) 是在固相萃取的基础上, 经改进而来的新型萃取技术。该方法集提取、净化、浓缩、解吸、进样于一体, 省去了有机溶剂洗脱的过程, 分析速度快, 操作便捷, 可实现自动化与色谱联用, 高效环保, 具有广泛的应用前景^[22]。池缔萍采用了自动固相微萃取(Automated SPME)超声波辅助萃取技术(UE)与气相色谱联用, 测定了水产品中五氯苯酚及其钠盐的残留量^[23]。杨杨等开发出了固相微萃取-气相色谱质谱法联用测定纺织品中五氯苯酚含量的方法^[33]。Mostafa Karimaei 等采用连续样品滴流微萃取(CSDFME)联合气相色谱-电子捕获检测器 (GC- ECD) 测定现场环境水样中的 12 种含氯苯酚, 并对萃取条件进行了优化。

1.5 加速溶剂萃取法

加速溶剂萃取(ASE)是指在加压(1 000~3 000 PSI)和高温(50~200 °C)条件下, 使用有机溶剂对固体或半固体进行自动化萃取的方法。该提取方法可以直接与精密分析仪器(气相色谱仪、液相色谱仪等联用, 分析过程中使用的有机溶剂较少, 提取速度快, 适用于大批量、自动化检测, 在分析检测行业有着广泛的应用前景^[24-25]。李琳等建立的皮革和纺织品中含氯苯酚的测定方法, 将加速溶剂萃取法与高效液相色谱 / 二极管阵列检测器 (HPLC/DAD) 联用, 选取正己烷对不同类型的皮革和纺织品样品进行提取, 获得了良好的检测效果。付善良等将加速溶剂萃取(ASE)法与气相色谱质谱仪联用, 检测了食品接触材料纸、纸板、木材和木制品中 6 种含氯苯酚(CPs)残留量, 试验重复性好, 精密度高^[26]。

1.6 索氏提取法

索氏提取法主要用于固体样品的提取处理, 先用溶剂将固体长期浸润, 再进行蒸发回流, 从而将所需目标物质提取出来, 再进一步净化浓缩。其过程是利用回流和虹吸原理, 使固体物质每一次都能被纯的溶剂所萃取。然而, 此法耗时较长, 难以控制有机溶剂的挥发损耗, 挥发出来的试剂容易危害实验人员的身体健康, 其在日常检测中的使用已越来越较少。目前多采用热抽提, 即对萃取所用的有机试剂加热, 使其温度保持在沸点以下, 来缩短萃取时间进而提高萃取效率^[27-29]。

2 检验方法

目前, 含氯苯酚的检测方法主要有直接测试和衍生化后测试 2 种, 具体有气相色谱法、气相色谱-质谱法、高效液相色谱法、高效液相色谱-质谱法等。衍生化后测试主要采用气相色谱和气相色谱-质谱法, 直接测试主要采用液相色谱法或液相色谱质谱法。然而, 这些方法并不适用于全部含氯苯酚类化合物的检测, 各有优缺点。

2.1 气相色谱和气质联用法

气相色谱和气相色谱-质谱法测定含氯苯酚时, 前处理过程比较繁琐, 样品经提取、净化、浓缩后的测试液体还需衍生, 过程繁琐, 对实验人员要求高, 不利于快速检测^[30]。且乙酰化步骤是两相反应, 与振荡的强度密切相关, 使用振荡频率高($\geq 200\text{r/min}$)的机械振荡器有利于反应的进行, 手摇反应容易导致实验准确率低、重现性差。若振荡强度不够, 衍生反应无法完全, 影响检测结果。气相色谱-电子捕获检测法的灵敏度较高, 但在定性分析的精确度上不如气相色谱-质谱联用法, 且一氯、二氯目标物的响应值不高^[31], 无法达到低限量值的检测要求。李鹏宇等人分别采用超声萃取和水蒸气蒸馏对皮革样品进行前处理, 用气相色谱-质谱联用仪检测其中五氯苯酚的含量。对比发现, 通过优化超声萃取的时间、温度和乙酰化条件, 可以达到水蒸气蒸馏的处理效果, 大大缩短了前处理时间。赵玉文等人以丙酮/水(体积比 8: 2)为提取溶剂, 对木砧板样品进行超声萃取, 经衍生后利用气相色谱串联质谱仪进行检测, 通过内标法对其中的五氯苯酚进行定量分析, 结果表示该方法检测木砧板中的五氯苯酚具有较高的准确度和灵敏度。

2.2 液相色谱法

高效液相色谱法适合沸点较高、热稳定性较差的化合物的测定, 测定含氯苯酚时无需衍生, 样品经提取后可直接用液相色谱法进行测定^[32]。虽然液相色谱法

测定氯苯酚类化合物的前处理步骤大大简化, 但紫外检测器的灵敏度通常达不到技术要求, 检测器的选择性较差, 结果准确度不高, 所以高效液相色谱-串联质谱法能够更加准确地对结果进行定性和定量分析。陈仁瑾用 1%甲酸乙腈做为提取溶剂对水产品中的五氯苯酚及其钠盐进行超声萃取, 经净化浓缩后上液相色谱-质谱仪进行检测, 该方法检测速度快, 回收率和灵敏度高。但目前高效液相色谱-串联质谱法的普及率不高, 难以推广^[34-36]。

3 未来前景与展望

近年来, 由于人类认知程度的不断深入, 安全意识逐渐提高, 对各类消费品的安全评估越来越全面, 尤其是有毒有害物质的潜在风险^[37], 迫切需要相关的检测技术来保障消费品的安全性。我国从开始的 GB/T 22808-2008《皮革和毛皮 化学试验 五氯苯酚含量的测定》到 2021 年发布与实施的新标准 GB/T 22808-2021《皮革和毛皮 化学试验 含氯苯酚的测定》, 顺应了皮革和毛皮工艺发展的步伐, 扩大了检测范围, 对含氯苯酚的检测技术提出了更高的要求^[38]。由此也吸引了众多化学分析研究者的目光, 主要聚焦在以下几个方面:

一、检测氯苯酚的种类。随着生产工艺的发展与改善, 作为杀菌、防腐的氯苯酚的种类越来越多, 检测方法的测定范围也将更加广泛。

二、检测灵敏度。影响检测灵敏度的第一步就是前处理, 对低含量的有毒物质的检测方法必然需要提取效率高的前处理法, 这取决于测试基材的组成结构和提取方法的选择。第二步就是检测方法的选择, 即精密分析仪器的选择。若选用液相色谱仪进行检测, 无需衍生化可直接上机检测, 但需要与质谱检测器联用才能具有更高的准确度和更低的检出限。若选用气相方法进行含氯苯酚的含量测定, 就必须进行乙酰化衍生, 但乙酰化反应, 对人员的要求较高, 乙酰化反应容易失败, 且时间耗费较多, 如何能够快速成功的乙酰化, 也是我们需要面临的挑战, 我们需要不断优化衍生方法。王佳慧选取了棉、羊毛、聚酯纤维、腈纶等纺织品材质, 分别选用了甲醇、乙腈、正己烷、丙酮、丙酮-正己烷(1:1, 体积比)等五种提取液, 采用不同的时间进行超声振荡萃取, 旋蒸浓缩后, 无需衍生步骤, 用液相色谱-串联质谱对 16 种含氯苯酚进行检测。结果显示, 甲醇的提取效果最好, 且提取时间为 25min 时, 提取效果达到饱和, 16 种含氯苯酚检出限在 0.001-0.02 $\mu\text{g}/\text{kg}$ 之间^[39]。

总之, 消费品中含氯苯酚残留的检测随着工业的

发展还需不断改进与深入, 检测行业标准的制定与修订也需要更多的数据支撑, 如何提高检测效率和检测灵敏度还需研究者的进一步探索。

参考文献

- [1] 罗忻, 丁友超, 叶曦雯, 等. 纺织品中酚类化合物的法规标准及分析技术研究进展[J]. 纺织学报, 2023, 44(07): 222-231.
- [2] 刘霞, 梁花, 李巧, 等. 皮革中 19 种含氯苯酚的快速测定方法研究[J]. 中国皮革, 2024, 53(05): 23-31.
- [3] 吴依龙. 基于气相色谱-质谱法(GC-MSD)的织物中 19 种含氯苯酚含量的测定方法[J]. 化纤与纺织技术, 2021, 50(12): 93-96.
- [4] 吕明旭, 胡苹, 廖耀祖. KOH 超声萃取/气相色谱-质谱法同时检测纺织品中 19 种含氯苯酚[J]. 东华大学学报(自然科学版), 2022, 48(06): 71-76+111.
- [5] 孙慧芹, 李永丽, 龙志新, 等. 超声萃取-高效液相色谱法同时测定纺织固体废物中 17 种含氯苯酚化合物[J]. 分析科学学报, 2022, 38(01): 71-76.
- [6] 杨建英, 徐宁. 气相色谱-质谱法测定木制文具中含氯苯酚[J]. 汕头大学学报(自然科学版), 2013, 28(01): 22-27.
- [7] 黄泽琳, 刘丽琴. 纺织品中 19 种含氯苯酚的气相色谱-质谱联用测定及其迁移行为[J]. 分析试验室, 2017, 36(07): 845-849.
- [8] 张伟娟, 王沁玮. 高效液相色谱法测定皮革中含氯苯酚的研究[J]. 中国皮革, 2016, 45(12): 50-52+59.
- [9] 任庆云, 王松涛. 气相色谱-质谱法测定纺织品中 10 种含氯苯酚的含量[J]. 现代化工, 2016, 36(10): 193-197.
- [10] 吴俐, 连小彬, 尹洪雷, 等. KOH 烘箱萃取法测定纺织品和皮革中含氯苯酚含量[J]. 印染, 2019, 45(21): 52-56.
- [11] 李琳, 薛秀玲, 连小彬. 加速溶剂萃取-高效液相色谱法测定皮革和纺织品中含氯苯酚的含量[J]. 分析化学, 2010, 38(10): 1469-1473.
- [12] 胡苹, 李大刚, 陈崇城, 等. 水蒸气蒸馏-气相色谱-质谱法测定皮革制品中 19 种含氯苯酚[J]. 理化检验(化学分册), 2020, 56(11): 1205-1211.
- [13] 莫贤科, 黄泽琳, 刘丽琴. GC-MS 联用对皮革中 19 种含氯苯酚的测定[J]. 皮革科学与工程, 2017, 27(01): 58-62.
- [14] GB/T 22808-2021, 皮革和毛皮 化学试验 含氯苯酚的测

- 定[S].
- [15] 谭仁威,李小川,许少辉.气质联用法测定含氯苯酚的优化研究[J].广东化工,2016,43(15):239-240.
- [16] 唐楠.液液萃取气相色谱法测定生活饮用水中五氯苯酚[J].化学工程师,2016,30(10):20-22.
- [17] 田海,罗金辉,谢芳德,等.分散液相微萃取技术在农药残留分析样品前处理中的应用[J].农药,2013,52(4):238-240.
- [18] 铁建成,龙志新,刘俊,等.衍生化—分散液液微萃取—气相色谱/质谱法同时测定纺织固体废物中含氯苯酚和邻苯基苯酚[J].分析科学学报,2021,37(5):587-593.
- [19] 高永刚,牛增元,张艳艳,等.中空纤维液相微萃取-高效液相色谱法测定纺织品中10种含氯苯酚类化合物[J].色谱,2016,34(09):906-911.
- [20] 温裕云,陈志华,陈婷,等.超高效液相色谱-串联质谱法测定纺织品中9种酚类化合物[J].厦门大学学报(自然科学版),2014,53(04):555-560.
- [21] 李海玉,张庆,康苏媛,等.固相萃取-气相色谱-质谱法测定木制家具中氯酚类及菊酯类防腐剂[J].色谱,2012,30(06):596-601.
- [22] 陈秋凯,颜远瞻,刘志荣,等.气相色谱-质谱法快速测定皮革中19种含氯苯酚[J].西部皮革,2020,42(05):37-39+43.
- [23] 池缔萍.固相微萃取气相色谱法测定水产品中五氯苯酚及其钠盐残留量[J].分析试验室,2007,(S1):321-323.
- [24] 黄宗雄.染料产品中五氯苯酚的测量不确定度评定[J].市场监管与质量技术研究,2023,(04):5-9.
- [25] 宋玉峰.五氯苯酚检测标准技术与展望[J].中国标准化,2023,(15):199-202.
- [26] 付善良,丁利,肖家勇,等.加速溶剂萃取-GC-MS法检测食品接触材料——纸、纸板、木材和木制品中的6种氯酚类物质残留[J].包装工程,2011,32(15):48-52.
- [27] 刘卓钦,周长征,张瑞,等.气相色谱-质谱法同时测定皮革中邻苯基苯酚与7种含氯苯酚[J].分析测试学报,2013,32(04):504-507.
- [28] 季浩,沈日炯.染料中含氯苯酚的测定[J].染料与染色,2012,49(02):58-61.
- [29] 杨晓燕,刘玉莲,张伟,等.HPLC-UV同时测定皮革中三种含氯苯酚[J].山东化工,2010,39(11):43-45.
- [30] 麦晓霞,兰丽丽,张晓利,等.气质联用测定纺织品中多种含氯苯酚[J].印染,2010,36(19):32-34.
- [31] 王明泰,牟峻,靳颖,等.GC-MSD法测定纺织品中含氯苯酚残留量[J].印染,2007,(05):31-34.
- [32] 洪爱华,尹平河,黄晓兰.高效液相色谱-质谱联用法测定纺织品中的含氯苯酚[J].分析试验室,2009,28(11):88-90.
- [33] 杨杨,张成敏,刘娜,等.固相微萃取-气相色谱质谱法测定纺织品中五氯苯酚含量[J].中国纤检,2016,(02):78-80.
- [34] 唐玉红,刘强,高艳丽,等.GC-MS内标法同时测定鞋材中邻苯基苯酚和含氯苯酚残留量的不确定度评定[J].中国皮革,2021,50(03):15-21.
- [35] 胡苹,李大刚,陈崇城,等.水蒸气蒸馏-气相色谱-质谱法测定皮革制品中19种含氯苯酚[J].理化检验(化学分册),2020,56(11):1205-1211.
- [36] 胡苹,李大刚,陈晓玲,等.气相色谱-电子捕获负化学源质谱法测定皮革中10种含氯苯酚[J].化学研究与应用,2020,32(10):1905-1910.
- [37] 李世朋,李杰,曹贻儒.含氯苯酚在纺织品中的安全限量要求[J].染整技术,2014,36(02):49-51.
- [38] 韩燕燕,金萍,黄满梅.GB/T22808—2021与GB/T22808—2008的新旧标准差异分析[J].中国纤检,2022,(12):93-94.
- [39] 王佳慧.纺织品中16种多环芳烃及16种含氯苯酚类物质的检测方法研究[D].吉林大学,2016.

版权声明: ©2025 作者与开放获取期刊研究中心(OAJRC)所有。本文章按照知识共享署名许可条款发表。

<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



OPEN ACCESS