



doi: 10.19969/j.fxcxb.22012903

消费品快速检测技术研究进展

尚宇瀚, 郭项雨, 白桦, 马强*

(中国检验检疫科学研究院, 北京 100176)

摘要: 消费品质量安全与人民生活水平、社会经济发展息息相关。消费品质量提升对促进消费品行业发展、改善国内消费环境、提振消费者信心具有重要意义。近年来, 随着各种新材料、新配方、新工艺不断投入应用, 消费品种类不断推陈出新, 为改善消费者的生活品质发挥了重要作用。然而, 随之而来的质量安全问题也对消费品检测技术提出了更高的要求和挑战。传统检测方法前处理过程复杂、检测周期长、依赖大型仪器, 已不能满足当前经济社会发展的需要, 快速检测技术已成为科技工作者关注的重点研究方向。该文综述了近5年来消费品快速检测技术的相关研究工作, 对其发展趋势进行了展望, 以期从事相关研究的技术人员提供有益参考。

关键词: 消费品; 快速检测; 研究进展; 综述

中图分类号: O65; G353.11

文献标识码: A

文章编号: 1004-4957(2022)06-0921-10

Research Progress on Rapid Detection Technology for Consumer Products

SHANG Yu-han, GUO Xiang-yu, BAI Hua, MA Qiang*

(Chinese Academy of Inspection and Quarantine, Beijing 100176, China)

Abstract: The quality and safety of consumer products are closely related to people's living standards and socioeconomic development. The improvement of the quality of consumer products is of great significance to promoting the development of consumer product industries, improving domestic consumption environment, and boosting consumer confidence. In recent years, with the continual applications of new materials, formulations and techniques, the categories of consumer products have been greatly broadened, contributing to the improvement of consumers' living quality. However, the accompanying quality and safety issues also put forward higher requirements and challenges for consumer product detection technology. Traditional detection methods, complicated in sample preparation, long in detection period and relying on large-scale instruments, could no longer meet the needs of current economic and social development. Therefore, rapid detection technology has become a key research direction. In this paper, the research progress on rapid detection technology for consumer products in the past five years was reviewed. The present situation and future prospect were discussed, which may provide a useful guidance for relevant researchers and practitioners.

Key words: consumer products; rapid detection; research progress; review

当前, 我国已成为全球消费品生产、消费和贸易大国。随着社会经济的快速发展, 人民群众的消费需求日益增长, 消费水平呈逐年升高趋势, 消费对经济增长的基础作用明显增强。国家统计局数据显示, 2021年1月至11月, 我国社会消费品零售总额比去年同期增长8.2%^[1], 欣欣向荣的消费品市场已成为我国经济稳定运行的“压舱石”。然而, 目前我国消费品质量安全水平还难以完全满足人民群众的消费需求, 呈现较为明显的供需错配。具体表现为消费品供给结构不合理, 品牌竞争力不强, 消费环境有待改善, 国内消费信心不足等, 对我国经济社会发展造成不利影响^[2]。例如, 国家市场监督管理总局于2020年组织开展了一系列产品质量国家监督抽查, 涵盖多种类型不同来源消费品, 并通报了多批次不合格情况^[3-8]。其中, 儿童及婴幼儿服装、儿童家具、塑胶玩具、学生文具、纺织品、皮鞋、

收稿日期: 2022-01-29; 修回日期: 2022-03-09

基金项目: 国家市场监督管理总局科技计划项目(2019MK124)

* 通讯作者: 马强, 博士, 研究员, 研究方向: 产品质量安全检测技术研究, E-mail: maqiang@caiq.org.cn

食品接触材料等类型消费品中,存在有害物质含量、特定物质/元素迁移量、溶剂残留量、菌落总数与致病菌数、pH 值等超标情况,对消费者的合法权益造成损害。

为提升消费品标准和质量水平,确保消费品质量安全,提高人民生活品质,促进消费品产业高质量发展,需要建立科学准确的消费品质量安全检测方法。目前,消费品质量安全检测主要依靠基于大型仪器的分析方法。这类常规方法可以提供令人满意的灵敏度、准确性与重复性,是制定相关领域标准和规范的重要依据。然而,常规方法受限于繁琐的前处理过程、较长的检测耗时以及较高的材料与设备成本,在面对不断接近现场的检测场景和不断增加的样品种类与数量时稍显力不从心。

快速检测是一类具有快速简便、现场可操作性强、检测成本较低、对测试人员技术要求低等特点的检测方法的统称^[9]。与常规方法相比,快速检测方法在满足适当性能要求^[10-11]的前提下,还具有分析时间显著缩短、实验操作简便或可自动化、对大型仪器依赖更小等优势,在日常质量监督、重大活动保障、突发事件应对等场景中体现出巨大的应用潜力。近年来,消费品质量安全快速检测相关技术的研发与应用已成为研究热点,多项相关国家标准相继发布实施。考虑到消费品产品种类及快速检测技术路线多样,相关研究缺乏系统性整理,本文综述了近 5 年来消费品快速检测技术领域的相关研究工作,旨在为消费品质量安全检验监管提供有益指导和技术参考。

1 消费品快速检测技术研究及应用

1.1 基于比色法的快速检测方法

比色法是借助显色试剂确定溶液中化学元素或化合物浓度的方法。随着化学分析技术的不断发展,基于新方法、新材料的显色试剂不断面世,显色反应愈发灵敏;在紫外/可见光、荧光分光光度计等仪器的辅助下,其定量能力也得到显著增强。比色法主要包括目视比色法和光电比色法,因制样简便、检测快捷等优势,在工农业生产、医药卫生、环境保护等领域得到广泛应用。目视比色法虽然准确度不高,且易受其它有色物质干扰,但所需设备简易、操作简便,是消费品快速检测的常用手段^[12-14]。曲良^[15]通过比色法测定梨形四膜虫在样品浸出液中的细胞活力,进而对纺织品和皮革材料中的六价铬含量进行测定,方法灵敏度良好。叶丽雯等^[16]建立了日用陶瓷釉面涂层中镉溶出量的快速显色分析方法,并通过与国家标准比对,验证了方法的可靠性。周佳等^[17]则将胶体金免疫层析法应用于检测纺织品中总铅含量和汗液中铅迁移量,可在 5 min 内完成检测,检出限分别为 1.0、0.1 mg/kg。光电比色法与目视比色法相比,定量准确度更高。近年来,基于荧光探针的光电比色法被应用于消费品快速检测领域,展现出良好的应用前景^[18-20]。赵婷^[21]设计了荧光探针用于研制同时检测纺织品中甲醛与镉、汞等重金属残留的快速检测仪,在保持检测精度的前提下,降低了操作难度与检测成本。何雨等^[22]、Li 等^[23]分别制备了基于硅烷功能化碳点-硫化锌量子点或上转换颗粒(UCNPs)-四甲基罗丹明的荧光探针,用于测定食品接触材料中双酚 A,均获得较好的选择性与灵敏度。在此基础上,李巧凤等^[24]进一步设计了检测纸杯热溶出双酚 A 的快速试纸条,其检测性能与国家标准推荐方法相比无显著差异。

1.2 基于光谱的快速检测方法

光谱分析法是利用光谱学的原理和实验方法确定物质结构和化学组成的方法。由于不同物质的原子和分子的能级分布是特征的,其吸收和发射光子的能量也具有特征性,这使得光谱分析法兼具高灵敏度、高选择性和高检测通量。同时,光谱分析法还具有前处理简单、对样品破坏性小、操作简便、分析速度快等优点,在消费品快速检测领域应用广泛。

1.2.1 红外光谱法 红外光谱(Infrared spectroscopy)是一种根据分子内部原子间的相对振动和分子转动等信息来确定物质分子结构和鉴别化合物种类的分析方法。通常规定红外光谱的波长范围为 700 nm 至 1 mm,而近红外光谱的波长范围为 780 ~ 2 526 nm。红外光谱法适用于木材或木制品^[25-29]、纤维或纺织品^[30-33]等多种类型样品,是消费品快速检测的常用方法。为解决大型光谱仪不适用于现场检测的问题,研究人员研发了多种便携式红外或近红外光谱仪并开展应用研究。陈智锋等^[34]、王莉等^[35]将便携式近红外光谱仪用于分析混纺织物中的羊毛、羊绒成分,相关方法经过对比验证,达到纺织检测标准要求。宋文琦等^[36]则将便携式近红外光谱仪用于防火涂料的现场快速检测,为产品质量监督提供技术手段。

1.2.2 拉曼光谱法 拉曼光谱(Raman spectroscopy)是通过分析物质被单色光照射时产生的非弹性散射光谱,获取其分子振动特征、组合方式以及周围分子相互作用方式等信息的分析方法。与红外光谱法相比,拉曼光谱法采用激光束作为单色光源,谱峰清晰尖锐,空间分辨率更高,受水分子干扰小,更适合定量分析、数据库搜索、差异性分析定性等。在消费品检测领域,拉曼光谱法主要用于鉴别具有不同化学组成的样品,如塑料^[37-41]、纤维等^[42-43],相关方法操作简便、分析快速,适用于现场快速检测场景。表面增强拉曼光谱(SERS)是通过将待测物分子吸附在粗糙金属或纳米结构表面来增强其拉曼散射的表面敏化技术。SERS的增强因子可达到 $10^0 \sim 10^{11}$,意味着该技术可用于检测单个分子。近年来,在化学计量学的辅助下,SERS法信噪比低、信号易被荧光背景湮没、易受复杂体系中未知组分干扰等问题得到显著改善,在定量分析与模式识别中展现出应用潜力。在消费品快速检测领域,常用的SERS基底材料为纳米金/银溶胶。这类基底材料可直接滴加至待测样品表面,操作简单,将其应用于纺织品中染料成分鉴定^[44-46]以及纺织品^[47-49]、化妆品^[50-51]、食品接触材料^[52]等中禁限用物质的快速检测,结果令人满意。此外,也有合成复杂结构纳米粒子或固载金属纳米阵列作为SERS基底的研究报道。成小林等^[53]利用Au@SiO₂壳层隔绝纳米粒子,实现了对丝织品文物中茜草染料的原位无损检测,为相关研究提供了新思路。Zhang等^[54]借助原子转移自由基聚合法制备了Au@PS-OH纳米阵列,用于快速检测化妆品中的呋喃妥因,方法选择性与重现性良好,定量下限低至7.74 mg/L(图1)。

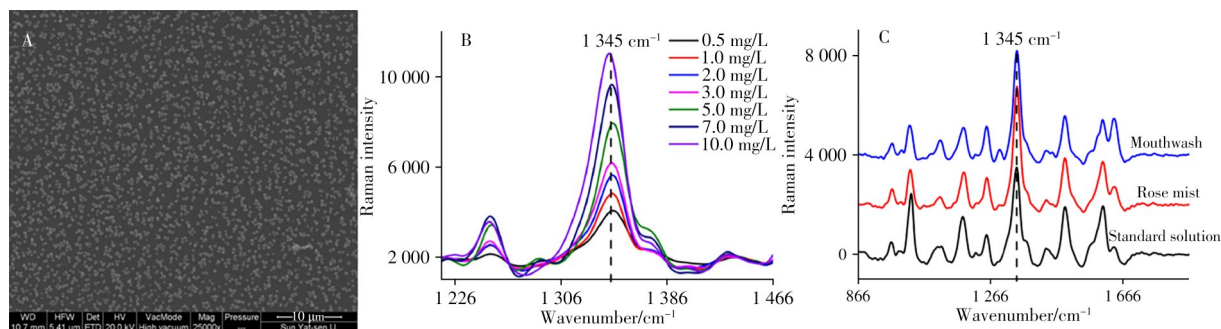


图1 Au@PS-OH基底表面增强拉曼光谱法快速检测化妆品中呋喃妥因^[54]

Fig. 1 Rapid detection of nitrofurantoin in cosmetics using Au@PS-OH-based SERS^[54]

SEM characterization of Au@PS-OH substrate(A); SERS spectra of nitrofurantoin in standard solution at different concentrations (B) and real samples(C)

1.2.3 原子光谱法 原子光谱(Atomic spectroscopy)是一类通过研究原子吸收或发射的电磁辐射,以确定物质元素组成与含量的分析方法,主要包括光学发射光谱(OES)、原子吸收光谱(AAS)、原子荧光光谱(AFS)以及X射线荧光光谱(XFS)等。在消费品安全检测领域,原子光谱法主要用于分析不同类型消费品中的重金属元素含量。随着微波消解技术^[55-57]以及用于辅助前处理的新材料^[58-59]的引入,基于原子光谱法的常规检测方法前处理过程复杂而耗时的问题得到一定改善,但样品测试对大型仪器的依赖仍然严重。为此,研究人员选择将便携式XFS仪应用于消费品现场快速检测,并取得了令人满意的效果。蒋小良等^[60]建立了基于便携式能量色散XFS仪快速检测皮革中铅、镉、铬、汞、砷的分析方法,其中铅、汞、砷的检出限小于2 mg/kg,镉、铬的检出限小于5 mg/kg,各元素的相对标准偏差不高于6.78%;梁剑锋等^[61]将便携式XFS仪用于快速检测化妆品中的汞含量,方法检出限为1.0 mg/kg,特异性与灵敏度良好。值得注意的是,上述两种方法的测定结果与国家标准推荐的常规方法不存在显著性差异,可以满足日常监督抽查与突发事件应对中的检测需求。

1.2.4 激光诱导击穿光谱法 激光诱导击穿光谱(LIBS)是一种基于激光烧蚀待分析物质产生的特征发射光谱进行物质成分和浓度分析的方法^[62]。作为一种定量分析技术,激光诱导击穿光谱具有无需样品制备、非接触测量、样品损伤小、分析速度快、检测通量高等优势,在消费品快速检测领域的应用前景广阔^[63-66]。刘俊安等^[67]、Junjuri等^[68]将LIBS与主成分分析-支持向量机算法、偏最小二乘判别分析法相结合,用于快速分析塑料制品,准确率分别达到99.9%和93.3%。王满萃等^[69]建立了基于LIBS定量测定纸质食品接触材料中铅元素的方法,与国家标准方法相比,样品前处理更简单、检测速度更快、检出限更低。

1.3 基于色谱的快速检测方法

色谱法通过不同物质在不同相态的选择性分配,以流动相洗脱固定相中的混合物,并通过各组分保留时间的差别实现分离。色谱法作为很多标准和规范中的推荐方法,在消费品检测中应用广泛,但也面临样品前处理复杂、分析时间长、依赖大型仪器等问题。近年来,研究人员通过改进采样技术,开发了多种快速检测方法,意在经典色谱方法进行优化。古鸣等^[70-71]设计了一种表面压合式采样器,实现了木家具中挥发性有机物的现场快速检测。与传统的气候舱法相比,新方法的单次分析时间大幅缩短,而检测结果无显著性差异。在此基础上,古鸣等制定了3项适用于不同类型家具中挥发性有机物现场快速检测的国家标准^[72-74]。王冬梅^[75]、雷春妮等^[76]则将顶空技术与气相色谱法相结合,用于食品包装材料中溶剂残留与医用口罩中环氧乙烷残留的测定。结果表明,使用顶空气相色谱法可以免除冗长繁琐的样品前处理过程,实现实验操作自动化,分析速度得到显著提升。

1.4 基于质谱的快速检测方法

1.4.1 气相色谱-质谱法 质谱检测器显著提升了色谱技术的定性与定量能力,使其成为分析测试领域的“金标准”。顶空气相色谱-质谱法(HS/GC-MS)以其制备简单、检测快速、定性定量准确的特点,在消费品检测领域得到广泛应用。吕庆等^[77-78]使用全蒸发顶空气相色谱-质谱法对聚酯纤维或ABS塑料制品中的致敏性芳香剂进行快速测定,顶空平衡时间仅为6 min。该方法对54种致敏性芳香剂的定量下限为0.2~15 mg/kg,其中90%以上待测物的回收率在80%~120%之间。热裂解气相色谱-质谱法(Py-GC-MS)使用气相色谱-质谱仪分析由样品在惰性气氛或真空中热裂解产生的小分子待测物,能够兼容固体或液体样品,且热裂解速率较快,满足快速检测实验操作更简便、分析时间更短的需求。目前,热裂解气相色谱-质谱法已成功应用于纺织品^[79-80]、儿童玩具^[81]、汽车塑料零件^[82]、食品接触材料^[83]等消费品中特定化学物质的检测,展现出良好的应用前景。固相微萃取(SPME)是基于吸附/吸收和解吸作用,利用涂层萃取头富集气态或液态样品中挥发性和半挥发性化合物的采样技术。Fu等^[84]将基于磁性 Fe_3O_4 中空微球的微波辅助顶空固相微萃取与气相色谱-质谱法联用,鉴定了薰衣草精油中39种化合物,并借助主成分分析实现了对薰衣草品种的快速鉴别。该方法的相对标准偏差小于9.0%,精密度较好;萃取时间为15 min,与常规方法相比具有一定优势。

1.4.2 原位电离质谱法 原位电离质谱(AIMS)具有无需复杂样品前处理、可实时原位分析等优点,与传统的质谱分析方法相比更适用于消费品快速检测场景。实时直接分析质谱(DART-MS)通过电晕放电产生电离气体将吸附于样品表面的待测物离子化,是一种代表性的原位电离质谱技术,近年来已广泛应用于化妆品中禁限用组分检测^[85-89]、塑料制品中化学风险物质监测^[90]、木材种类与来源鉴别^[91-92]等多种场景。激光解吸电离质谱(LDI-MS)使用激光直接电离凝聚态待测物,也可用于消费品的原位电离分析。胡清源等^[93]将微纳吸光材料与激光解吸技术结合,建立了在1 min内检测纺织品中邻苯二甲酸酯、乙醇胺和己内酰胺的高通量筛查方法。该方法对邻苯二甲酸酯类与己内酰胺的检出限为1 mg/kg,乙醇胺类的检出限不高于60 mg/kg,定量能力较强。快速蒸发电离质谱(REIMS)通过电热灼烧样品表面迅速形成电离气溶胶用于质谱检测,具有高通量、实时快速、绿色环保等优势,应用前景良好。刘鸣畅等^[94]基于快速蒸发电离质谱数据建立了化学计量学模型,实现了对2类共15种化妆品样品的真伪快速鉴别。Gao等^[95]开发了用于分析不同种类皮革制品的快速蒸发电离质谱方法,通过采集不同动物来源皮革样品的质谱指纹信息,创建主成分分析和线性判别分析模型,结合扫描电镜表征实现了对皮革样品的实时分类和鉴别。与传统电喷雾电离相比,基于电喷雾的原位电离技术设备依赖程度更低、操作更加简便,在消费品现场快速检测中潜力巨大。郭项雨等^[96-97]将纸喷雾和萃取纳升喷雾等原位电离技术与小型便携式质谱相结合,建立了不同类型儿童玩具和婴幼儿用品中禁限用物质的快速检测方法(图2),可在1 min内完成对样品中化学风险物质的现场筛查分析。

1.4.3 离子迁移谱法 离子迁移谱(IMS)是一种根据气相中电离分子在载气缓冲气体中的迁移率对其进行分离识别的方法。离子迁移谱的灵敏度高,尺寸小巧,非常适于研制便携式仪器设备,用于消费品现场快速检测。曹雅静等^[98]将顶空气相色谱-离子迁移谱联用法用于快速鉴别沉香木,基于沉香挥发性成分指纹图谱的主成分分析,实现了对合格与不合格沉香的鉴别。方文娟等^[99]采用气相色谱-离子迁移谱获取了6种配方香水的离子迁移谱图,并通过分析各香水配方之间的相似度与禁限用组分使

用情况,初步实现了对化妆品真伪的快速鉴别。马强等则将热解吸电晕放电电离^[100]、纸喷雾或萃取纳升喷雾电离^[101-105]等技术与离子迁移谱结合,建立了一系列针对化妆品、儿童玩具等样品中违禁染料等危害物质的现场快速检测方法,为相关消费品的质量安全监管提供了技术支撑。

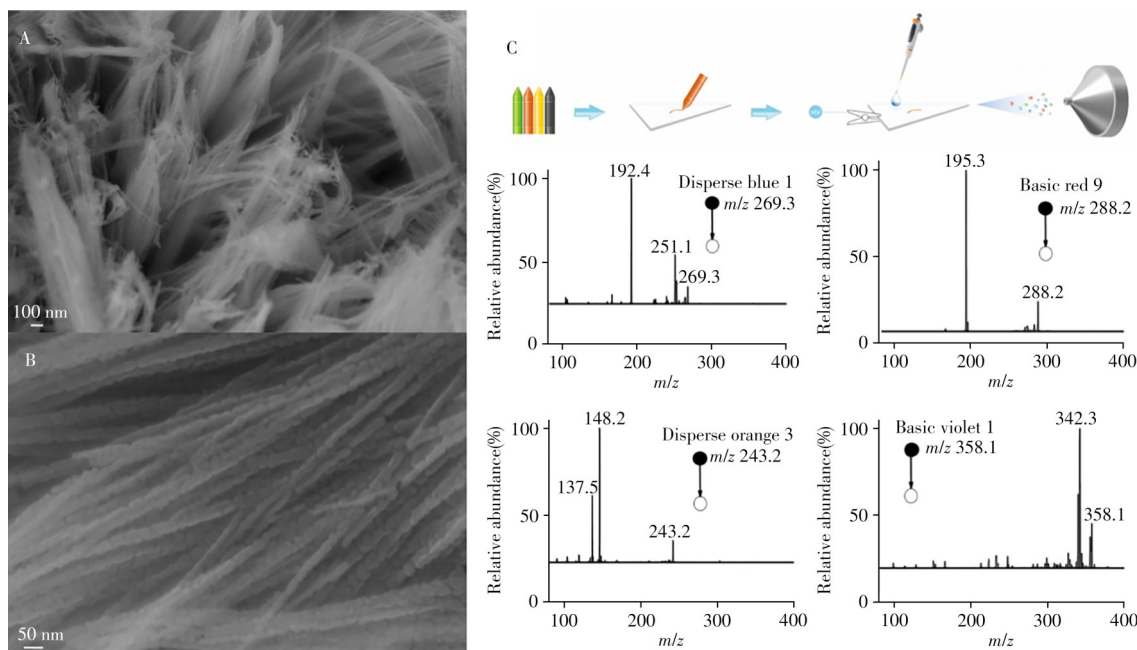


图2 Co₃O₄纳米颗粒修饰纸喷雾快速检测蜡笔中禁用物质^[97]

Fig. 2 Rapid detection of prohibited substances in crayons using Co₃O₄ nanoparticles modified paper spray ionization mass spectrometry^[97]

SEM(A) and TEM(B) images of Co₃O₄ nanoparticles; experimental procedure for the analysis of crayon samples by paper spray ionization mass spectrometry(C)

1.5 基于电化学的快速检测方法

电化学分析法是通过测量电极反应体系中待测物的电位、电流、电阻等电信号的变化,分析待测物组成及浓度的一类分析方法。与其它仪器分析方法相比,电化学分析法仪器成本低,操作简便,可自动化检测,无需复杂前处理过程,分析速度快,灵敏度高,在电化学工业、材料保护、环境监测、生物化学等领域应用广泛。近年来,研究人员将电化学分析法应用于消费品快速检测领域,构建了多种性能优异的电化学传感器^[106-111]。例如,Wang等使用离子溅射法构建了基于PET膜的金膜塑料电极,并将其应用于纺织品中总铬与六价铬含量^[112],以及化妆品中铅、砷、汞含量^[113]的测定,对4种元素的检出限分别为铬0.5 μg/L、铅2 μg/L、砷5 μg/L与汞2 μg/L,具有在日常监测中取代常规方法的潜力。李海玉等^[114]进一步制备了多壁碳纳米管修饰的金膜塑料电极用于检测儿童用品中的壬基酚,方法检出限为0.03 mg/L,相对标准偏差小于16%。

1.6 基于生物技术的快速检测方法

进入21世纪,现代生物技术发展突飞猛进,基于生物技术的快速检测方法也随之取得长足进步。该类检测方法凭借优异的选择性与灵敏度,在医药、食品、农产品、化学工业、环境监测等领域应用广泛。近年来,也被用于分析生物源性材料生产的消费品,以及消费品中的生物源性风险物质^[115-119]。例如,基因扩增技术可将极微量的靶DNA特异性扩增上百万倍,从而显著增强对DNA分子的检测能力。此类方法在分子生物学、微生物学、医学及遗传学等领域发展迅速、应用广泛,在消费品快速检测领域也显示出一定的应用价值。文霞等针对化妆品中的金黄色葡萄球菌和铜绿假单胞菌,分别设计了基于聚合酶链式反应(PCR)^[120]或环介导等温扩增技术(LAMP)^[121]的快速检测方法,在保证检测准确性的前提下,大幅缩短了分析时间。李轲等则将免疫磁珠富集技术与PCR或LAMP技术结合,开发了针对纺织品中大肠杆菌O157:H7^[122]和铜绿假单胞菌^[123]的荧光检测方法。上述方法特异性强、灵敏快速,适用于病原微生物的即时现场初筛。

2 总结与展望

消费品质量与人民群众生命健康息息相关,是推动经济高质量发展的重要引擎,而科学精准的快速检测技术可为确保消费品质量安全提供重要的技术保障。当前,消费品快速检测技术尚处于起步阶段,现有检测方法各具优势,但也存在不足,可概括为:(1)快速检测技术缩短了检测周期,提高了检测通量,呈现出较强的定性能力,但如何提高方法准确度、灵敏度和稳定性还需进一步研究;(2)随着材料科学和绿色化学的不断发展,新材料、新技术不断融入快速检测技术研发中,开发特异性强、灵敏度高、绿色环保的快速检测技术已成为科技工作者关注的重点;(3)随着小型便携式仪器和分析装置的不断开发应用,建立稳定可靠的现场快速检测方法标准也成为科技人员的努力方向。总而言之,快速检测技术研究已成为消费品质量安全检验检测领域的重要研究方向,将不断助力消费品产业的高质量发展。

参考文献:

- [1] National Bureau of Statistics of China. Total Retail Sales of Consumer Goods Up 3.9% in November 2021 (国家统计局. 2021 年 11 月份社会消费品零售总额增长 3.9%). [2021-12-27]. http://www.stats.gov.cn/tjsj/zxfb/202112/t20211214_1825286.html.
- [2] General Office of the State Council of the People's Republic of China. General Office of the State Council Notification on the Issuance of Consumer Goods Standards and Quality Improvement Plan (2016-2020) (国务院办公厅. 国务院办公厅关于印发消费品标准和质量提升规划(2016-2020 年)的通知). [2021-12-27]. http://www.gov.cn/zhengce/content/2016-09/12/content_5107628.htm.
- [3] State Administration for Market Regulation. General Office of SAMR Notification on the 2020 Plastic Toys and Other 37 Kinds of Product Quality National Supervision and Sampling Situations (国家市场监督管理总局. 市场监管总局办公厅关于 2020 年塑胶玩具等 38 种产品质量国家监督抽查情况的通报). [2021-12-27]. https://gkml.samr.gov.cn/nsjg/zljdj/202012/t20201229_324793.html#.
- [4] State Administration for Market Regulation. General Office of SAMR Notification on the 2020 Laminated Film Bags and Other 20 Kinds of Food-related Product Quality National Supervision and Sampling Situations (国家市场监督管理总局. 市场监管总局办公厅关于 2020 年复合膜袋等 21 种食品相关产品质量国家监督抽查情况的通报). [2021-12-27]. https://gkml.samr.gov.cn/nsjg/zljdj/202101/t20210111_325105.html#.
- [5] State Administration for Market Regulation. Notification on the 2020 Leather Shoes and Other 36 Kinds of Product Quality National Supervision and Sampling Situations (国家市场监督管理总局. 2020 年皮鞋等 37 种产品质量国家监督抽查情况通报). [2021-12-27]. https://gkml.samr.gov.cn/nsjg/zljdj/202101/t20210128_325573.html#.
- [6] State Administration for Market Regulation. Notification on the 2020 Daily Ceramic Dining Sets and Other 3 Kinds of Food-related Product Quality National Supervision and Sampling Situations (国家市场监督管理总局. 2020 年日用陶瓷餐饮具等 4 种食品相关产品质量国家监督抽查情况通报). [2021-12-27]. https://gkml.samr.gov.cn/nsjg/zljdj/202102/t20210208_326004.html#.
- [7] State Administration for Market Regulation. Notification on the 2020 Children's and Infants' Clothes and Other 33 Kinds of Product Quality National Supervision and Sampling Situations (国家市场监督管理总局. 2020 年儿童及婴幼儿服装等 34 种产品质量国家监督抽查情况通报). [2021-12-27]. https://gkml.samr.gov.cn/nsjg/zljdj/202102/t20210209_326020.html#.
- [8] State Administration for Market Regulation. Notification on the 2020 Children's and Infants' Clothes and Other 7 Kinds of Online Sale Product Quality National Supervision and Sampling Situations (国家市场监督管理总局. 儿童及婴幼儿服装等 8 种网售产品质量国家监督抽查情况通报). [2021-12-27]. https://gkml.samr.gov.cn/nsjg/zljdj/202107/t20210720_332901.html.
- [9] Shi Q Y, Ji Q X, Xu L Y. *Rapid Detection Technology and Application in Food Safety*. Beijing: Chemical Industry Press (师邱毅, 纪其雄, 许莉勇. 食品安全快速检测技术及应用. 北京: 化学工业出版社), 2010.
- [10] General Office of the State Food and Drug Administration. General Office Notification on Printing and Distributing the Technical Specifications for Evaluation of Rapid Food Testing Methods (原国家食品药品监督管理总局办公厅. 总局办公厅关于印发食品快速检测方法评价技术规范的通知). [2022-02-24]. <http://www.sda.gov.cn/WS01/CL1605/171311.html>.
- [11] State Food and Drug Administration. State Food and Drug Administration Notification on Printing and Distributing the Guidelines for the Accreditation of Rapid Testing Methods for Health Foods and Cosmetics (原国家食品药品监督管理局. 国家食品药品监督管理局关于印发保健食品化妆品快速检测方法认定指南的通知). [2022-02-24]. <http://www.sda.gov.cn/WS01/CL0847/73102.html>.

- [12] Wang Y P, Zhang G Q, Chen K L, Song J H, Su C Z, Yu B Q. *Text. Dye. Finish. J.* (王玉平, 张国清, 陈凯玲, 宋金花, 苏长智, 于秉清. 染整技术), **2020**, 42(11): 45–46, 64.
- [13] Ma W J, Duan X X, Yang F B. *West Leather*(马伟娟, 段晓霞, 杨锋波. 西部皮革), **2019**, 41(23): 18–19.
- [14] Gu Y L. *Prog. Text. Sci. Technol.* (顾玉兰. 纺织科技进展), **2017**, 11: 40–41, 45.
- [15] Qu L. *Leather Manuf. Environ. Technol.* (曲良. 皮革制作与环保科技), **2020**, 1(8): 7–9.
- [16] Ye L W, Li W M, Jiang X L, Zhong Y X, Su S T. *Foshan Ceram.* (叶丽雯, 李文敏, 蒋小良, 钟月香, 苏淑坛. 佛山陶瓷), **2019**, 29(11): 46–49.
- [17] Zhou J, Guo Y F, Ding Y C, Tang J, Qian K. *China Stand.* (周佳, 郭亚飞, 丁友超, 汤娟, 钱凯. 中国标准化), **2018**, 14: 196–197.
- [18] Wen J Q. *Text. Rep.* (文杰清. 纺织报告), **2020**, 39(9): 13–15.
- [19] Wang X, Chen L N, Xiang J N, Xu W J. *Green Packag.* (汪宣, 陈栎娜, 项佳凝, 徐文君. 绿色包装), **2018**, 9: 56–62.
- [20] Liu D Z, Liu Y F, Xie Z M. *China Surfactant Deterg. Cosmet.* (刘岱拯, 柳亚峰, 谢珍茗. 日用化学工业), **2020**, 50(12): 896–900.
- [21] Zhao T. *Chem. Fiber Text. Technol.* (赵婷. 化纤与纺织技术), **2020**, 49(10): 57–59.
- [22] He Y, Wang S, Wang J P. *Chin. J. Anal. Lab.* (何雨, 王硕, 王俊平. 分析实验室), **2020**, 39(8): 895–898.
- [23] Li Q F, Bai J L, Ren S Y, Wang J, Gao Y F, Li S, Peng Y, Ning B A, Gao Z X. *Anal. Bioanal. Chem.*, **2019**, 411: 171–179.
- [24] Li Q F, Bai J L, Peng Y, Wang Z P, Gao Z X. *J. Food Saf. Qual.* (李巧凤, 白家磊, 彭媛, 王周平, 高志贤. 食品安全质量检测学报), **2019**, 10(18): 6223–6227.
- [25] Su M L, Liu C W, Wang Y R, Sun H Y, Ren H Q, Lü B. *Spectrosc. Spectral Anal.* (苏明垒, 刘苍伟, 王玉荣, 孙海燕, 任海青, 吕斌. 光谱学与光谱分析), **2018**, 38(10): 3048–3052.
- [26] Jiang K B, Niu P, Wang B, Lin Y, He Z D, Huang S W. *J. Fujian Agric. For. Univ. : Nat. Sci. Ed.* (蒋开彬, 牛品, 王博, 林艳, 何紫迪, 黄少伟. 福建农林大学学报: 自然科学版), **2018**, 47(6): 764–768.
- [27] Fahey L M, Nieuwoudt M K, Harris P J. *Cellulose*, **2019**, 26(13/14): 7695–7716.
- [28] Zhao P, Li Y. *Spectrosc. Spectral Anal.* (赵鹏, 李悦. 光谱学与光谱分析), **2019**, 39(11): 3525–3532.
- [29] Tham V T H, Inagaki T, Tsuchikawa S. *Wood Sci. Technol.*, **2018**, 52: 115–129.
- [30] Zhang F, Geng X, Li M Y, Hu L F, Zhou K. *Infrared*(张帆, 耿响, 李毛英, 胡莉芳, 周凯. 红外), **2021**, 42(1): 38–42.
- [31] Guo X S, Shang L, Zhang Z S. *Anal. Instrum.* (郭雪松, 商琳, 张卓姝. 分析仪器), **2017**, 3: 33–38.
- [32] Yang X H, Luo J, Nie F M, Fan W, Liang Y Z. *Cotton Text. Technol.* (杨欣卉, 罗峻, 聂凤明, 范伟, 梁逸曾. 棉纺织技术), **2017**, 45(8): 73–76.
- [33] Hu Y J, Han J J, Hu M Z. *Text. Dye. Finish. J.* (胡勇杰, 韩健健, 胡敏专. 染整技术), **2019**, 41(9): 54–58, 63.
- [34] Chen Z F, Wan C J, Chen J H. *China Fiber Insp.* (陈智锋, 万昌江, 陈建华. 中国纤检), **2019**, 12: 80–83.
- [35] Wang L, Tian W L, Lü X H, Yao M M. *China Fiber Insp.* (王莉, 田文亮, 吕晓红, 姚苗苗. 中国纤检), **2018**, 9: 84–86.
- [36] Song W Q, Xue G, Tao P Y. *Fire Sci. Technol.* (宋文琦, 薛岗, 陶鹏宇. 消防科学与技术), **2018**, 37(6): 823–825.
- [37] Xu X X, Shen X J, Yang X B, Chen J W, Zhao M D, Liu J, Zhao Y, Cui F P, Li X P. *Spectrosc. Spectral Anal.* (徐昕霞, 沈学静, 杨晓兵, 陈吉文, 赵萌迪, 刘佳, 赵迎, 崔飞鹏, 李晓鹏. 光谱学与光谱分析), **2020**, 40(6): 1929–1933.
- [38] Zhang Y R, Liu K J, Chen M F, Jiang H. *Shandong Chem. Ind.* (张愚若, 刘奎江, 陈敏璠, 姜红. 山东化工), **2020**, 49(15): 121–122.
- [39] Jiang H, Zhu X H, He X Y, Zhang Y R, Liu F, Duan B. *China Meas. Test*(姜红, 朱晓晗, 何歆沂, 张愚若, 刘峰, 段斌. 中国测试), **2020**, 46(8): 76–79.
- [40] Zhu X H, Jiang H. *Chem. Res. Appl.* (朱晓晗, 姜红. 化学研究与应用), **2019**, 31(11): 1927–1930.
- [41] Kong W H, Wang L L, Hao X, Qiu Y, Liu X, Han Y, Xu J G, Xin X. *Anal. Instrum.* (孔维恒, 王琳丽, 郝欣, 邱烨, 刘鑫, 韩莹, 徐记各, 忻欣. 分析仪器), **2019**, 5: 109–111.
- [42] Luo J, Jiang X, Yang X H, Wu S H. *Shanghai Text. Sci. Technol.* (罗峻, 姜逊, 杨欣卉, 吴淑焕. 上海纺织科技), **2017**, 45(6): 53–55.
- [43] Luo J, Yang X H, Wu S H, Fan W. *Prog. Text. Sci. Technol.* (罗峻, 杨欣卉, 吴淑焕, 范伟. 纺织科技进展), **2017**, 6: 25–28.
- [44] Wang Y C, Sun Q R, Zhang Q H, Bian X W. *Chin. J. Forensic Sci.* (王雅晨, 孙其然, 张清华, 卞新伟. 中国司法鉴定), **2020**, 4: 59–62.

- [45] Chen L, Pei K M, Kang X J, Li W Y, Zhao F, Liu J. *J. Text. Res.* (陈磊, 裴克梅, 康晓静, 李文瑛, 赵丰, 刘剑. 纺织学报), **2019**, 40(3): 76–82.
- [46] Li J J, Wang Y, Pang Q, Li X Y, Shen B, Gong Y. *Shanghai Text. Sci. Technol.* (李晶晶, 王岩, 庞琦, 李晓云, 沈蓓, 龚葵. 上海纺织科技), **2017**, 45(8): 24–27.
- [47] Pan J, Xu M M, Yuan Y X, Yao J L. *Chem. J. Chin. Univ.* (潘菁, 徐敏敏, 袁亚仙, 姚建林. 高等学校化学学报), **2021**, 42(12): 3716–3721.
- [48] Huang Y W, Lin J S, Xie T T, Wen B Y, Li J F. *Spectrosc. Spectral Anal.* (黄艺伟, 林嘉盛, 谢堂堂, 温宝英, 李剑锋. 光谱学与光谱分析), **2020**, 40(3): 760–764.
- [49] Ma Z F, Yuan Y J, Xu D J, Li B, Li J, Liu Z Y. *Chem. Anal. Meter.* (马占峰, 袁英杰, 徐大江, 李波, 李菁, 刘志勇. 化学分析计量), **2018**, 27(5): 21–24.
- [50] Zhou J Y, Zhou G M, Chen R, Huang Z Y. *Chin. J. Anal. Lab.* (周家羽, 周光明, 陈蓉, 黄子怡. 分析实验室), **2021**, 40(3): 255–259.
- [51] Chen R, Zhou G M, Luo D, Zhou J Y. *Guangzhou Chem. Ind.* (陈蓉, 周光明, 罗丹, 周家羽. 广州化工), **2019**, 47(4): 84–88.
- [52] Ge Q, He Z F, Lin J N, Hu Y L, Li G K. *J. Instrum. Anal.* (葛琨, 何致峰, 林佳娜, 胡玉玲, 李攻科. 分析测试学报), **2021**, 40(11): 1588–1595.
- [53] Cheng X L, Yang Q, Zhao D D, Lei Y. *J. Light Scatt.* (成小林, 杨琴, 赵丹丹, 雷勇. 光散射学报), **2018**, 30(1): 24–27.
- [54] Zhang Y, Yu Z N, Yue Z F, Gao J M, Wu S J, Zhang Z M, Li G K. *J. Raman Spectrosc.*, **2019**, 50(8): 1094–1102.
- [55] Liu M M, Yang M C, Liang A Y. *Phys. Test. Chem. Anal. : Chem. Anal.* (刘满满, 杨目才, 梁爱勇. 理化检验—化学分册), **2018**, 54(9): 1066–1067.
- [56] Zhou X, Wang Y H, Jiang X J, Chang S, Sun F F. *China Surfactant Deterg. Cosmet.* (周霞, 王延华, 姜新杰, 常澍, 孙芬芳. 日用化学工业), **2019**, 49(11): 764–768.
- [57] Wang M, Cai L, Wang S T, Feng X M. *J. Mol. Sci.* (王敏, 蔡莉, 汪仕韬, 冯秀梅. 分子科学学报), **2017**, 33(3): 260–264.
- [58] Zhang J, Xue W W, Wang Y, Zhu H Y, Chen C Y. *Chem. Reagents* (张京, 薛雯蔚, 王颖, 朱海燕, 陈昌云. 化学试剂), **2021**, 43(7): 930–935.
- [59] Liu J F, Sun H L, Zheng Y, Wang Q Y, Guo J, Wu Y W. *Micro Nano Lett.*, **2018**, 13(5): 606–610.
- [60] Jiang X L, Wei X H, Xie S Y, Hu Y M, Xu Y D, Wu R R, Liu M H. *China Port Sci. Technol.* (蒋小良, 魏晓恒, 谢思瑶, 胡业明, 许瀛丹, 吴瑞茹, 刘敏慧. 中国口岸科学技术), **2021**, 4: 49–53.
- [61] Liang J F, Li Y, Liang Y N, Zhuo M F, Yang S P. *China Surfactant Deterg. Cosmet.* (梁剑锋, 李亚, 梁燕妮, 卓梅芳, 杨韶平. 日用化学工业), **2021**, 51(1): 68–72, 77.
- [62] GB/T 38257–2019. Laser-induced Breakdown Spectroscopy. National Standards of the People's Republic of China (激光诱导击穿光谱法. 中华人民共和国国家标准).
- [63] Rehan I, Gondal M A, Rehan K, Sultana S. *Talanta*, **2020**, 217: 121007.
- [64] Liu Y C, Chu Y W, Hu Z L, Zhang S Y, Ma S X, Khan M S, Chen F, Zhang D, Guo L B, Lau C. *Microchem. J.*, **2020**, 158: 105322.
- [65] Yin W Y, Liu Y Z, Qiu X J, Zhou F B, Zhang Q H. *Spectrosc. Spectral Anal.* (尹文怡, 刘玉柱, 邱学军, 周冯斌, 张启航. 光谱学与光谱分析), **2018**, 38(9): 2957–2961.
- [66] Dai G G, Wang G Q, Chen H C. *J. China Univ. Meter.* (戴格格, 王国琴, 陈华才. 中国计量大学学报), **2017**, 28(4): 430–436.
- [67] Liu J A, Li J M, Zhao N, Ma Q X, Guo L, Zhang Q M. *Spectrosc. Spectral Anal.* (刘俊安, 李嘉铭, 赵楠, 马琼雄, 郭亮, 张庆茂. 光谱学与光谱分析), **2021**, 41(6): 1955–1960.
- [68] Junjuri R, Zhang C, Barman I, Gundawar M K. *Polym. Test.*, **2019**, 76: 101–108.
- [69] Wang M P, Hu J D, Wang S, Ma L Z, Sun H F, Wang Z A, Liu S S, Guo Y. *J. Anhui Agric. Sci.* (王满苹, 胡建东, 王顺, 马刘正, 孙海峰, 王志安, 刘帅帅, 郭勇. 安徽农业科学), **2018**, 46(19): 179–183.
- [70] Wang J, Gu M, Huang S J. *Chin. J. Wood Sci. Technol.* (汪进, 古鸣, 黄松军. 木材科学与技术), **2021**, 35(2): 68–72.
- [71] Gu M, Wu J X. *Furniture* (古鸣, 吴静霞. 家具), **2020**, 41(2): 110–114.
- [72] GB/T 39764–2021. Volatile Organic Compounds from Upholstered Furniture—On-site and Rapid Detection Method. National Standards of the People's Republic of China (软体家具中挥发性有机化合物 现场快速检测方法. 中华人民共和国国家标准).
- [73] GB/T 39931–2021. Volatile Organic Compounds from Wooden Furniture—On-site and Rapid Detection Method. National Standards of the People's Republic of China (木家具中挥发性有机化合物 现场快速检测方法. 中华人民共和国国家标准).

- [74] GB/T 39939-2021. Volatile Organic Compounds in Furniture Components—Test Method for the Rapid Determination in the Field. National Standards of the People's Republic of China(家具部件中挥发性有机化合物 现场快速检测方法. 中华人民共和国国家标准).
- [75] Wang D M. *Sci. Technol. Innov.* (王冬梅. 科学技术创新), **2021**, 5: 41-42.
- [76] Lei C N, Wang B, Gao L H, Sun M M. *Phys. Test. Chem. Anal.: Chem. Anal.* (雷春妮, 王波, 高黎红, 孙苗苗. 理化检验-化学分册), **2020**, 56(5): 536-538.
- [77] GB/T 39181-2020. Consumer Products—Polyester Fiber and ABS Material—Rapid Determination Method of Fragrance Allergens. National Standards of the People's Republic of China(消费品 聚酯纤维及ABS材质 致敏性芳香剂快速检测方法. 中华人民共和国国家标准).
- [78] Lü Q, Wang Z J, Zhang Q, Ma Q, Bai H, Cai Y Q. *Chin. J. Anal. Chem.* (吕庆, 王志娟, 张庆, 马强, 白桦, 蔡亚岐. 分析化学), **2018**, 46(8): 1314-1320.
- [79] Bao H F, Zhao H L, Tan Y J. *China Dye. Finish.* (包海峰, 赵海浪, 谭玉静. 印染), **2021**, 47(4): 61-66.
- [80] Lian Q Y, Tian X R, Huang Z X, Qiu S R. *Synth. Fiber China* (连秋燕, 田晓蕊, 黄宗雄, 邱尚仁. 合成纤维), **2021**, 50(12): 42-46.
- [81] Hu Y J, Han J J, Yin T. *China Fiber Insp.* (胡勇杰, 韩健健, 殷桃. 中国纤检), **2021**, 4: 68-70.
- [82] Yan Y X, Wu Y, Wang X, Dong W S. *Aut. Parts* (闫玉禧, 吴玥, 王鑫, 董文生. 汽车零部件), **2021**, 1: 95-97.
- [83] Zhang Z L, Yang X J, Chen X N, Li Y Y, Sun X C, Wang W S. *Chem. World* (张智力, 杨学军, 陈肖南, 李元月, 孙筱辰, 王微山. 化学世界), **2017**, 58(1): 47-50.
- [84] Fu J H, Zhao J, Zhu Y, Tang J. *Food Anal. Methods*, **2017**, 10(7): 2373-2382.
- [85] Jiang T, Du L Y, Zhu S, Wang H, Zhan Y, Yu P, Zhang Z, Wang E P, Chen C B. *Chin. J. Appl. Chem.* (姜涛, 杜连云, 朱爽, 王欢, 战宇, 俞萍, 张哲, 王恩鹏, 陈长宝. 应用化学), **2020**, 37(11): 1333-1339.
- [86] Lan C, Shao L Z, Chen S M. *J. Instrum. Anal.* (蓝草, 邵琳智, 陈思敏. 分析测试学报), **2019**, 38(12): 1503-1506.
- [87] Lan C, Shao L Z, Xu J. *Phys. Test. Chem. Anal.: Chem. Anal.* (蓝草, 邵琳智, 徐娟. 理化检验-化学分册), **2020**, 56(6): 686-691.
- [88] Gu J, Hao X, Qin Z Y, Liu X, Cui J, Yang L J. *Anal. Instrum.* (谷婕, 郝欣, 秦子渊, 刘鑫, 崔杰, 杨丽君. 分析仪器), **2018**, 5: 92-98.
- [89] Shimada H, Maeno K, Kinohsita K, Shida Y. *J. Am. Soc. Mass Spectrom.*, **2017**, 28(11): 2393-2400.
- [90] Wei X Y, Zhang Y. *Chin. J. Anal. Lab.* (魏新宇, 张颖. 分析试验室), **2019**, 38(5): 618-621.
- [91] Evans P D, Mundo I A, Wiemann M C, Chavarria G D, McClure P J, Voin D, Espinoza E. *IAWA J.*, **2017**, 38(2): 266-281.
- [92] Finch K, Espinoza E, Jones F A, Cronn R. *Appl. Plant Sci.*, **2017**, 5(5): 1600158.
- [93] Hu Q Y, Ma Q, Ouyang Z, Ma X X. *J. Chin. Mass Spectrom. Soc.* (胡清源, 马强, 欧阳证, 马潇潇. 质谱学报), **2021**, 42(4): 372-380.
- [94] Liu M C, Su N, Lin J H, Yang Y, Wang X J, Wu Y J. *Chem. Ind. Eng. Prog.* (刘鸣畅, 苏宁, 林继红, 杨悦, 王秀娟, 吴亚君. 化工进展), **2020**, 39(S2): 48-56.
- [95] Gao H Y, Lin J H, Jia X F, Zhao Y, Wang S Y, Bai H, Ma Q. *Talanta*, **2021**, 225: 122069.
- [96] Guo X Y, Zhang W R, Bu J X, Bai H, Ma Q. *J. Chin. Mass Spectrom. Soc.* (郭项雨, 张婉茹, 卜杰洵, 白桦, 马强. 质谱学报), **2021**, 42(4): 419-426.
- [97] Guo X Y, Bai H, Lv Y G, Xi G C, Li J F, Ma X X, Ren Y, Ouyang Z, Ma Q. *Talanta*, **2018**, 180: 182-192.
- [98] Cao Y J, Liu Y X, Huang G K, Luo Z Y. *Chem. Anal. Meter.* (曹雅静, 刘亚雄, 黄国凯, 罗卓雅. 化学分析计量), **2021**, 30(9): 38-41, 47.
- [99] Fang W J, Gong Y, Xu M Z. *China Food Drug Adm. Mag.* (方文娟, 龚葵, 许明翥. 中国食品药品监管), **2019**, 2: 57-61.
- [100] Guo X Y, Zhai J F, Ma L H, Wu Q, Bai H, Ma Q. *Chin. J. Chromatogr.* (郭项雨, 翟俊峰, 马龙华, 吴青, 白桦, 马强. 色谱), **2019**, 37(2): 233-238.
- [101] Lian X H, Guo X Y, Xue H Y, Bai H, Ma Q. *Phys. Test. Chem. Anal.: Chem. Anal.* (连显会, 郭项雨, 薛宏宇, 白桦, 马强. 理化检验-化学分册), **2018**, 54(5): 529-532.
- [102] Chen M, Guo X Y, Cao W, Li T, Bai H, Wang P L, Lei H M, Ma Q. *J. Anal. Sci.* (陈萌, 郭项雨, 操卫, 李焘, 白桦, 王鹏龙, 雷海民, 马强. 分析科学学报), **2018**, 34(3): 342-346.
- [103] Yan M M, Guo X Y, Meng X S, Bai H, Lei H M, Ma Q. *China Surfactant Deterg. Cosmet.* (闫萌萌, 郭项雨, 孟宪双, 白桦, 雷海民, 马强. 日用化学工业), **2017**, 47(9): 536-540.
- [104] Guo X Y, Ma Q, Meng X S, Lü Y G, Wang C X, Bai H. *J. Hyg. Res.* (郭项雨, 马强, 孟宪双, 吕悦广, 王传现, 白桦. 卫生研究), **2017**, 46(3): 467-471.

- [105] Lü Y G, Guo X Y, Ma Q, Bai H, Meng X S, Hu M Z, Ma L H, Wu Q, He Y J, Yang J K. *J. Instrum. Anal.* (吕悦广, 郭项雨, 马强, 白桦, 孟宪双, 胡明珠, 马龙华, 吴青, 何裕建, 杨镜奎. 分析测试学报), **2017**, 36(8): 949–954.
- [106] Zhu X, Chen H L, Wang X, Xu J J, Wang L, Li W, Xu W J, Xiang J N, Shen J M, Cai X, Zhao H L, Lan M B. *Green Packag.* (朱翔, 陈惠兰, 汪宣, 徐继俊, 王蕾, 李炜, 徐文君, 项佳凝, 沈建敏, 蔡璇, 赵红莉, 蓝闽波. 绿色包装), **2019**, 2: 41–46.
- [107] Furtado L A, Lucena I O, Fernandes J O, Lepri F G, Martins D L, Semaan F S. *Measurement*, **2018**, 125: 651–658.
- [108] Wu Z S, Song W, Xu D K, Zhong W Y. *Environ. Chem.* (吴志珊, 宋伟, 许丹科, 钟文英. 环境化学), **2017**, 36(4): 885–891.
- [109] Hong H, Wang H W, Zhang A P, Shen X P, Ren F Y, Liu S. *Chem. Anal. Meter.* (洪华, 王红卫, 张爱平, 申晓萍, 任风云, 刘沙. 化学分析计量), **2019**, 28(2): 30–34.
- [110] Long J, Hu C G. *J. Anal. Sci.* (龙娟, 胡成国. 分析科学学报), **2017**, 33(2): 165–170.
- [111] Isa I M, Saidin M I, Ahmad M, Hashim N, Bakar S A, Ali N M, Si S M. *Electrochim. Acta*, **2017**, 253: 463–471.
- [112] Wang W, Bai H, Li H Y, Lv Q. *J. Electroanal. Chem.*, **2017**, 794: 148–155.
- [113] Wang W, Bao N, Yuan W F, Si N P, Bai H, Li H Y, Zhang Q. *Microchem. J.*, **2019**, 148: 240–247.
- [114] Li H Y, Zong Y J, Bai H, Wang W, Lü Q, Wang Z J, Zhang Q. *J. Instrum. Anal.* (李海玉, 宗艺晶, 白桦, 王婉, 吕庆, 王志娟, 张庆. 分析测试学报), **2021**, 40(3): 406–410.
- [115] Shen H, Yuan Y, Chen B L, Li C, Sun H, Jiang C. *Chin. J. Exp. Tradit. Med. Formulae* (沈泓, 袁媛, 陈碧莲, 李超, 孙晗, 蒋超. 中国实验方剂学杂志), **2019**, 25(17): 130–135.
- [116] Liu X X, You Z Y, Wang Y J, Sun S Y. *Prog. Text. Sci. Technol.* (刘晓侠, 尤忠毓, 王玉洁, 孙世元. 纺织科技进步), **2018**, 3: 22–25.
- [117] Peng H Y, Chen B, Lin J, Zeng W Y, Xu S, Ke L. *Fujian Med. J.* (彭华毅, 陈彬, 林杰, 曾维扬, 徐珊, 柯璐. 福建医药杂志), **2020**, 42(1): 135–137.
- [118] Zhang H. *Ind. Microbiol.* (张浩. 工业微生物), **2017**, 47(5): 53–56.
- [119] Xie Y Q, Jiang W Y, Gao Q M, Liu J M. *Ind. Microbiol.* (谢永强, 江汶钰, 高倩铭, 刘家铭. 工业微生物), **2017**, 47(3): 66–69.
- [120] Wen X, Zhang S Y, Chen Y W, Xie X B. *Ind. Microbiol.* (文霞, 张淑瑶, 陈漪汶, 谢小保. 工业微生物), **2021**, 51(5): 20–25.
- [121] Wen X, Liu J X, Zhang S Y, Yang X J, Xie X B. *Ind. Microbiol.* (文霞, 刘静霞, 张淑瑶, 杨秀芷, 谢小保. 工业微生物), **2018**, 48(5): 37–41.
- [122] Li K, Zhang Z H, Yu J Y, Lian S M, Ding Y C, Xie T T, Fu K J, Guo H Q. *J. Text. Res.* (李轲, 张子宏, 禹建鹰, 连素梅, 丁友超, 谢堂堂, 傅科杰, 郭会清. 纺织学报), **2021**, 42(10): 92–98.
- [123] Li K, Yu J Y, Guo H L, Zhang S X, Guo H Q. *Cotton Text. Technol.* (李轲, 禹建鹰, 郭华麟, 张淑霞, 郭会清. 棉纺织技术), **2018**, 46(6): 30–34.

(责任编辑: 丁 岩)