

固相萃取气相色谱质谱法多反应监测模式检测 饮用水17种邻苯二甲酸酯

石梦醒, 杨妍, 杜利敏

郑州市疾病预防控制中心, 河南 郑州 450007

摘要: **目的** 应用固相萃取气相色谱质谱法多反应监测 (MRM) 模式检测饮用水中17种邻苯二甲酸酯 (PAEs)。 **方法** 取市售瓶装水水样1 L, 经HLB柱固相萃取, 乙酸乙酯、二氯甲烷和甲醇洗脱后, 收集洗脱液。采用三重四极杆气相色谱-质谱联用仪MRM模式检测17种PAEs。通过优化程序升温、调整质谱碰撞能量等提高采集效率、减少基质干扰。绘制17种PAEs的标准曲线, 计算检出限、定量限、相对标准偏差 (RSD) 和平均回收率, 评价方法的精密度和准确度。 **结果** 在0.02~1.0 mg/L范围内, 17种PAEs质量浓度与色谱峰面积均有良好的线性关系, 相关系数均>0.999 1, 检出限为0.002 9~0.009 7 mg/kg, 定量限为0.008 7~0.029 1 mg/kg, RSD为0.8%~3.0%, 平均回收率为88.8%~111.8%。 **结论** 采用固相萃取气相色谱质谱法MRM模式可以更好地测定饮用水中低浓度PAEs。

关键词: 固相萃取; 气相色谱质谱法; 邻苯二甲酸酯; 饮用水

中图分类号: R991; R123 文献标识码: A 文章编号: 2096-5087 (2025) 01-0102-05

Determination of 17 types of phthalates in drinking water by solid-phase extraction coupled with multiple reaction monitoring of gas chromatography-mass spectrometry

SHI Mengxing, YANG Yan, DU Limin

Zhengzhou Center for Disease Control and Prevention, Zhengzhou, Henan 450007, China

Abstract: Objective To determine 17 types of phthalic acid esters (PAEs) in drinking water using solid-phase extraction coupled with gas chromatography-mass spectrometry (GC-MS) in multiple reaction monitoring (MRM) mode. **Methods** One litre of commercially available bottled water was purified using an HLB solid-phase extraction column, and was eluted with ethyl acetate, dichloromethane and average methanol. Seventeen types of PAEs were detected using a triple quadrupole gas chromatography-mass spectrometer in MRM mode. By optimizing the temperature programming and adjusting the mass spectrometry collision energy, collection efficiency was improved and matrix interference was reduced. The precision and accuracy of this method were assessed by determining the standard curves, detection limits, quantification limits, relative standard deviations (RSD) and average spiked recovery rates for the 17 types of PAEs. **Results** The 17 types of PAEs showed good linear relationships between mass concentration and chromatographic peak areas in the range of 0.02 to 1.0 mg/L, with correlation coefficients all greater than 0.999 1. The detection limits ranged from 0.002 9 to 0.009 7 mg/kg, the quantification limits ranged from 0.008 7 to 0.029 1 mg/kg, the RSD ranged from 0.8% to 3.0%, and the average spiked recovery rates ranged from 88.8% to 111.8%. **Conclusion** Solid-phase extraction coupled with MRM of GC-MS can better determine low concentrations of PAEs in drinking water.

Keywords: solid-phase extraction; gas chromatography-mass spectrometry; phthalates; drinking water

DOI: 10.19485/j.cnki.issn2096-5087.2025.01.022

作者简介: 石梦醒, 硕士, 主管技师, 主要从事理化检验工作

通信作者: 杨妍, E-mail: 1981915951@qq.com

邻苯二甲酸酯 (phthalates, PAEs) 是邻苯二甲酸形成的酯的统称, 具有化学相容性好、增塑效率高、生产工艺简单、原料来源广泛和综合成本低等优点, 广泛应用于塑料制品、化妆品和纺织品等^[1]。PAEs 与塑料基质不形成共价键, 仅以分子间作用力连接, 易从塑料制品中游离出来, 迁移至与之接触的各种介质 (如水、食品和土壤等)。PAEs 分子结构与生物内源性激素有一定相似性, 摄入过量会影响内分泌系统、生殖系统等, 对健康造成不可逆转的危害^[2-3]。因此, 加强 PAEs 残留量检测具有重要意义。

GB/T 5750.8—2023《生活饮用水标准检验方法第8部分: 有机物指标》^[4]推荐采用固相萃取气相色谱质谱法选择性离子扫描 (selected ion monitoring, SIM) 模式测定 5 种 PAEs, 但 SIM 模式的检出限相对较高, 有背景干扰^[5], 而多反应监测 (multiple reaction monitoring, MRM) 模式的抗干扰能力更强, 灵敏度和信噪比更高^[6]。本研究采用固相萃取气相色谱质谱法 MRM 模式检测饮用水中 17 种 PAEs, 为同时检测多种 PAEs 提供参考。

1 材料与方法

1.1 仪器与试剂

7890A-7000 型三重四极杆气相色谱-质谱联用仪和 DB-5MS 色谱柱 (30 m×0.25 mm×0.25 μm) 均购自美国 Agilent 公司; Vortex Genie 2 型旋涡混匀振荡器购自美国 SI 公司; 固相萃取柱 HLB 柱 (18600015, 500 mg, 6 mL) 购自 Waters 公司; CNWBOND HC-C18 柱 (SBEQ-CA0854, 500 mg, 6 mL) 购自 AMP 公司; Carb-NH2 柱 (12252202, 500 mg, 6 mL) 购自美国 Agilent 公司。17 种 PAEs 混合标准溶液 (1 000 mg/L, 纯度>99%) 购自北方伟业计量集团有限公司, 包括邻苯二甲酸二甲酯 (DMP)、邻苯二甲酸二乙酯 (DEP)、邻苯二甲酸二烯丙酯 (DAP)、邻苯二甲酸二异丁酯 (DIBP)、邻苯二甲酸二正丁酯 (DBP)、邻苯二甲酸二 (2-甲氧基) 乙酯 (DMEP)、邻苯二甲酸二 (4-甲基-2-戊基) 酯 (BMPP)、邻苯二甲酸二 (2-乙氧基) 乙酯 (DEEP)、邻苯二甲酸二戊酯 (DPP)、邻苯二甲酸二己酯 (DHXP)、邻苯二甲酸丁基苄基酯 (BBP)、邻苯二甲酸二 (2-丁氧基) 乙酯 (DBEP)、邻苯二甲酸二环己酯 (DCHP)、邻苯二甲酸二 (2-乙基) 己酯 (DEHP)、邻苯二甲酸二苯酯 (DPhP)、邻苯二甲酸二正辛酯 (DNOP) 和邻苯二甲酸二壬酯 (DNP)。正

己烷、乙酸乙酯、二氯甲烷和甲醇均为色谱纯, 购自美国默克公司。

1.2 方法

1.2.1 样品前处理

参考 GB/T 5750.8—2023《生活饮用水标准检验方法第8部分: 有机物指标》^[4]检测 DEHP 的前处理方法。活化固相萃取柱 HLB 柱, 依次用 5 mL 二氯甲烷和 5 mL 乙酸乙酯以大约 3 mL/min 的流速缓慢过柱, 再依次用 10 mL 甲醇和 10 mL 纯水过柱; 取市售瓶装水水样 1 L, 以大约 15 mL/min 的流速过固相萃取柱, 并将固相萃取柱抽吸至干燥; 最后依次用 3 mL 乙酸乙酯、3 mL 二氯甲烷和 1.5 mL 甲醇洗脱, 收集洗脱液, 室温下氮气吹至近干, 用正己烷定容至 1 mL, 用三重四极杆气相色谱-质谱联用仪测定。

1.2.2 标准溶液配制

取 17 种 PAEs 混合标准溶液 1 mL 于 100 mL 容量瓶中, 加正己烷定容至标线, 得到各组分质量浓度均为 10 mg/L 的混合标准中间溶液。取 1 mL 10 mg/L 的混合标准中间溶液于 10 mL 容量瓶中, 加正己烷定容至标线, 得到质量浓度为 1.0 mg/L 的混合标准中间溶液。取适量 1.0 mg/L 的混合标准中间溶液, 用正己烷逐级稀释至 1.0、0.8、0.5、0.3、0.1、0.05 和 0.02 mg/L 的 17 种 PAEs 混合标准工作溶液。

1.2.3 仪器条件

气相色谱条件: DB-5MS 色谱柱; 程序升温, 初始柱温 60 °C 保持 1 min, 以 20 °C/min 升温至 220 °C, 保持 1 min, 再以 25 °C/min 升温至 270 °C, 保持 1 min, 最后以 20 °C/min 升温至 300 °C, 保持 4 min; 载气为高纯氮气, 纯度>99.99%, 流速为 1.5 mL/min; 进样口温度为 260 °C; 进样体积为 1 μL; 进样模式为不分流进样。

质谱条件: 离子源类型为电子轰击离子源; 电子能量为 70 eV; 离子源温度为 230 °C; 四极杆温度为 150 °C; 传输线温度为 280 °C; 溶剂延迟时间为 5 min; 质谱信号采集模式为 MRM。

取 10 mg/L 的 17 种 PAEs 混合标准中间溶液 1 mL 于进样瓶中, 采用三重四极杆气相色谱-质谱联用仪全扫描模式, 扫描质荷比范围 40~500 m/z, 根据总离子流色谱图确定 17 种 PAEs 目标化合物的保留时间和特征碎片离子, 选择离子响应强度最大且质荷比较大的特征碎片离子为母离子; 采用 MRM 模式以不同的碰撞能量碰撞母离子形成子离子, 并选择离子响应强度最大的 2 个碎片离子为子离子, 选择

丰度最大的离子对为定量离子对, 丰度次之的为定性离子对; 在选定的离子对和碰撞能量条件下采用MRM模式进行定性和定量分析。

1.2.4 试验条件优化

取 10 mg/L 的 17 种 PAEs 混合标准中间溶液 1 mL 于进样瓶中, 采用三重四极杆气相色谱-质谱联用仪全扫描模式进行数据采集, 优化程序升温。参照 GB 5009.271—2016《食品安全国家标准 食品中邻苯二甲酸酯的测定》^[7] (见表 1 的程序升温 1), 发现 17 种 PAEs 目标化合物中 DEHP 和 DPhP 的分离度较差, 峰形有部分重合。比较程序升温 1 中第 3 段 5、15、25、35 °C/min 不同升温速率对 DEHP 和 DPhP 分离度的影响, 同时比较程序升温 1 中第 3、4 段 250、270、290、300 °C 不同温度对化合物离子强度的影响。

取 1.0 mg/L 的 17 种 PAEs 混合标准中间溶液 1 mL 于进样瓶中, 采用三重四极杆气相色谱-质谱联用仪 MRM 模式进行数据采集, 优化质谱碰撞能量。为使离子对的丰度强度达到最大, 比较 10~40 eV 不同碰撞能量碰撞母离子形成子离子时的效果, 根据丰度大小确定最优碰撞能量。

在样品前处理过程中, 通过加标回收试验比较 HLB 柱、CNWBOND HC-C18 柱和 Carb-NH2 柱对 17 种 PAEs 的吸附效果。

1.2.5 线性回归方程、检出限和定量限

在优化后的试验条件下, 对配制好的 17 种 PAEs 混合标准工作溶液及样品溶液进行检测分析。以 17 种 PAEs 的定量离子对峰面积为纵坐标, 质量浓度为横坐标, 以最小二乘法建立线性回归方程, 绘制标准曲线。根据标准曲线计算样品中 17 种 PAEs 质量浓度。对标准曲线最低质量浓度点进行 7 次平行试验, 采用 $S \times t(n-1, 0.99)$ 计算最低检出限, 其中 S 为标准偏差; $t(n-1, 0.99)$ 为置信度 99%、自由度 $n-1$ 时的 t 值; n 为重复分析样品次数。以 3 倍的标准偏差确定检出限, 以 10 倍的标准偏差确定定量限。

1.2.6 精密度和加标回收试验

配制 0.02、0.3、1.0 mg/L 的样品分别作为低、中、高浓度进行精密度和加标回收试验, 每个浓度水平的样品进行 6 次平行试验, 计算相对标准偏差 (relative standard deviation, RSD) 和平均回收率。

1.2.7 实际饮用水样品检测

购买市售 10 种瓶装水, 采用上述方法对水中 17

种 PAEs 进行检测分析。在实际样品中加入 0.5 mg/L 的标准样品测定精密度和准确度。

2 结果

2.1 试验条件优化结果

2.1.1 程序升温优化

升温速率较慢时, DEHP 和 DPhP 在色谱柱上停留时间较长, 分离效果相对较差; 升温速率过快时, 两者无法充分分离, 分离效果变差, 因此选择 25 °C/min 作为合适的升温速率。同时, 提高程序升温中第 3、4 段温度有助于增强离子强度, 缩短运行时间, 提高采集效率, 最终选择程序升温 3。见表 1。

表 1 程序升温优化参数

Table 1 Optimization parameters for temperature programming

项目	速率/ (°C/min)	温度/ °C	保持时间/ min	运行时间/ min
程序升温 1	初始	60	1.0	1.0
	20	220	1.0	10.0
	5	250	1.0	17.0
	20	290	7.5	26.5
程序升温 2	初始	60	1.0	1.0
	20	220	1.0	10.0
	25	250	1.0	12.2
程序升温 3	初始	60	1.0	1.0
	20	220	1.0	10.0
	25	270	1.0	13.0
	20	300	4.0	18.5

2.1.2 质谱碰撞能量优化

分子量较大的子离子需要较低的碰撞能量, 且每种化合物的定量离子对和定性离子对所需要的碰撞能量都不相同, 最终的碰撞能量见表 2。

2.1.3 固相萃取柱选择

HLB 柱、CNWBOND HC-C18 柱和 Carb-NH2 柱的加标回收率分别为 87.2%、85.3% 和 84.1%, 因此选择加标回收率最高、吸附效果较好的 HLB 柱作为样品前处理的固相萃取柱。

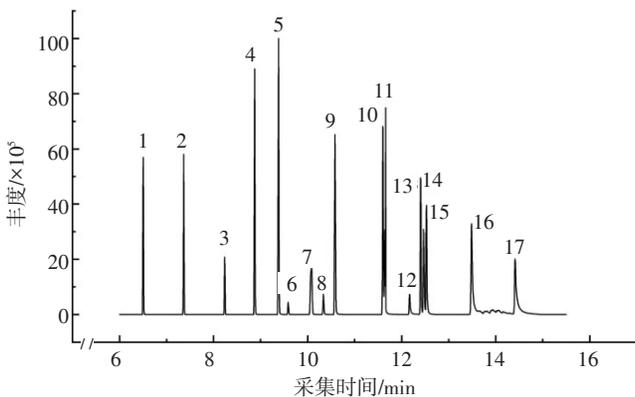
在优化后的试验条件下, 17 种 PAEs 的基质干扰较少, 具有较好的分离度, 色谱峰峰形基本对称, 无明显拖尾现象, 分谱峰形和保留时间分布均满足定量和定性分析要求。见图 1。

2.2 方法学验证结果

在 0.02~1.0 mg/L 范围内, 17 种 PAEs 质量浓度与色谱峰面积均有良好的线性关系, 相关系数均 >

表2 17种PAEs的色谱保留时间及质谱参数
Table 2 Retention time and mass spectrum parameters for 17 types of PAEs

化合物	保留时间/min	定量离子对质荷比	碰撞能量/eV	定性离子对质荷比	碰撞能量/eV	丰度/ $\times 10^5$
DMP	6.51	163, 77	26	163, 135	20	58.1
DEP	7.36	149, 65	32	149, 93	20	29.2
DAP	8.23	149, 65	34	149, 93	24	21.1
DIBP	8.87	149, 65	36	149, 93	26	90.5
DBP	9.38	149, 65	38	149, 93	24	102.3
DMEP	9.59	149, 65	34	149, 93	22	8.5
BMPP	10.09	149, 65	20	149, 93	10	19.3
DEEP	10.33	149, 65	38	149, 93	26	9.8
DPP	10.58	149, 65	34	149, 93	26	68.5
DHXP	11.59	149, 65	36	149, 93	24	70.1
BBP	11.64	149, 65	36	149, 93	24	79.1
DBEP	12.16	149, 65	30	149, 93	20	9.9
DCHP	12.40	149, 65	30	149, 93	20	53.1
DEHP	12.46	149, 65	36	149, 93	26	31.2
DPhP	12.52	225, 77	34	225, 141	28	40.1
DNOP	13.48	149, 65	38	149, 93	26	38.2
DNP	14.41	149, 65	38	149, 93	26	23.1



注：1~17依次表示DMP、DEP、DAP、DIBP、DBP、DMEP、BMPP、DEEP、DPP、DHXP、BBP、DBEP、DCHP、DEHP、DPhP、DNOP和DNP。

图1 MRM模式下17种PAEs混合标准溶液总离子流色谱图
Figure 1 Total ion chromatogram of standard sample solution of 17 types of PAEs in MRM mode

0.999 1, 检出限为 0.002 9~0.009 7 mg/kg, 定量限为 0.008 7~0.029 1 mg/kg。RSD 为 0.8%~3.0%, 平均回收率为 88.8%~111.8%。见表 3。

2.3 实际饮用水样品检测结果

BBP、DEP 和 DMP 在实际饮用水样品中的 RSD 分别为 9.2%、5.4% 和 2.1%，平均回收率分别为 96.6%、95.3% 和 94.2%；GB/T 5750.8—2023《生活饮用水标准检验方法 第 8 部分：有机物指标》^[4] 附录 B 方法测定的 RSD 分别为 11.0%、9.6% 和

3.2%，平均回收率分别为 154.0%、118.0% 和 120.0%。本方法的测定结果较好。

3 讨论

本研究采用固相萃取气相色谱质谱法 MRM 模式检测饮用水中 17 种 PAEs, 检出限为 0.002 9~0.009 7 mg/kg, 精密度高, 重现性好, 特异性强, 抗干扰能力也得到提升, 可为检测饮用水中多种 PAEs 提供参考。

本研究优化了程序升温、质谱碰撞能量及水样前处理的固相萃取柱对 17 种 PAEs 的影响。结果表明, 选择 25 °C/min 的升温速率最为合适, 可以提高 DEHP 和 DPhP 的分离效果; 并且在程序升温第 3、4 段中提高温度有助于提高采集效率。碰撞能量的选择对质谱结果和离子产物的选择影响较大, 较低的碰撞能量可能导致碰撞解离反应不完全, 离子断裂不彻底; 较高的碰撞能量可以产生更多的碰撞解离反应, 使离子断裂更彻底, 产生更多碎片离子, 但可能导致信噪比下降^[8]。本研究通过比较不同的碰撞能量碰撞母离子形成子离子时的效果, 选出了每种化合物的定量离子对和定性离子对最优的碰撞能量。在固相萃取柱的选择上, HLB 柱因水可亲润性高、吸附容量高、回收率高、应用范围广和能兼容大多数溶剂等优点^[9], 作为本研究水样前处理的固相萃取柱。

与 GB/T 5750.8—2023《生活饮用水标准检验方法 第 8 部分：有机物指标》^[4] 附录 B 规定的 5 种 PAEs (DMP、DEP、DBP、BBP、DEHP) 检测方法相比, 本研究将 PAEs 由 5 种增加至 17 种, 质谱信号采集模式由 SIM 模式变为 MRM 模式。该模式是在 SIM 模式的基础上, 每个化合物选择离子丰度最高的特征离子作为母离子, 并进一步通过能量碰撞得到相应的子离子, 最后将离子丰度最高的母离子和子离子配对进行数据采集。由于 2 次选择都是单离子, 可排除更多噪声和干扰, 抗干扰能力更强, 灵敏度和信噪比会更高^[10-11]。最终本研究结果得到的检出限更低, 精密度更高, 为饮用水中低浓度 PAEs 的检测提供了新思路。

参考文献

[1] 刘静, 徐沛维, 陈志健, 等. 人群邻苯二甲酸酯暴露水平研究综述 [J]. 预防医学, 2021, 33 (9): 906-909, 912.
LIU J, XU P W, CHEN Z J, et al. The exposure levels of phthalic acid esters in population: a review [J]. China Prev Med J, 2021, 33 (9): 906-909, 912. (in Chinese)
[2] 曹龙, 张朝升, 陈秋丽, 等. 邻苯二甲酸酯的环境污染和生态

表 3 17 种 PAEs 的方法学验证结果
Table 3 Validation of the detection method of 17 types of PAEs

化合物	线性回归方程	相关系数	检出限/ (mg/kg)	定量限/ (mg/kg)	RSD/%	平均回收率/%		
						低浓度	中浓度	高浓度
DMP	Y=193 559.71X+1 270.76	0.999 7	0.003 0	0.009 0	0.8	97.7	92.4	93.4
DEP	Y=163 734.52X+1 006.04	0.999 9	0.002 9	0.008 7	0.9	93.7	91.6	92.4
DAP	Y=67 014.79X-290.52	0.999 6	0.003 7	0.011 1	1.0	111.8	89.1	93.4
DIBP	Y=223 217.60X+16 528.53	0.999 6	0.003 0	0.009 0	1.2	102.4	103.1	99.6
DBP	Y=257 691.15X+27 787.90	0.999 8	0.004 7	0.014 1	1.1	96.1	106.6	103.6
DMEP	Y=16 497.66X-112.54	0.999 8	0.005 0	0.015 0	1.7	92.9	88.8	98.5
BMPP	Y=124 201.33X-305.21	0.999 6	0.003 6	0.010 8	1.4	93.6	89.7	95.5
DEEP	Y=33 364.51X-357.14	0.999 7	0.004 7	0.014 1	1.5	92.3	90.4	96.6
DPP	Y=248 100.03X+1 188.03	0.999 3	0.003 4	0.010 2	1.2	94.3	91.0	93.8
DHXP	Y=249 802.30X+634.37	0.999 1	0.005 4	0.016 2	1.1	93.8	92.1	96.3
BBP	Y=56 353.12X+321.44	0.999 9	0.004 0	0.012 0	1.5	89.6	97.3	95.6
DBEP	Y=40 576.89X-402.83	0.999 6	0.004 3	0.012 9	1.5	90.8	88.7	100.9
DCHP	Y=187 630.49X+665.91	0.999 1	0.003 6	0.010 8	1.2	97.0	90.9	94.4
DEHP	Y=129 346.63X+312.31	0.999 5	0.006 5	0.019 5	1.4	92.0	96.7	102.7
DPhP	Y=220 783.67X+114.31	0.999 4	0.004 8	0.014 4	1.3	97.2	90.4	93.9
DNOP	Y=224 198.62X-302.32	0.999 7	0.009 7	0.029 1	1.8	98.2	89.7	101.2
DNP	Y=204 324.99X-815.02	0.999 5	0.005 8	0.017 4	3.0	97.8	91.5	96.5

行为及毒理效应研究进展 [J]. 生态毒理学报, 2018, 13 (2): 34-46.

CAO L, ZHANG C S, CHEN Q L, et al. Progress in the study of environmental pollution and ecological behavior and toxicological effects of phthalate ester [J]. Asian J Ecotoxicol, 2018, 13 (2): 34-46. (in Chinese)

[3] 王芳, 杨风华, 杨中荣, 等. 湖州市市售黄酒邻苯二甲酸酯污染健康风险评估 [J]. 预防医学, 2023, 35 (5): 421-424.

WANG F, YANG F H, YANG Z R, et al. Health risk assessment of phthalic acid esters contamination in market-available yellow rice wine in Huzhou City [J]. China Prev Med J, 2023, 35 (5): 421-424. (in Chinese)

[4] 国家市场监督管理总局, 国家标准化管理委员会. 生活饮用水标准检验方法 第 8 部分: 有机物指标: GB/T 5750.8—2023 [S]. 2023.

State Administration for Market Regulation, National Standardization Administration. Standard examination methods for drinking water—Part 8: Organic indices: GB/T 5750.8—2023 [S]. 2023. (in Chinese)

[5] 邹开贺. 自动固相微萃取-气相色谱-串联质谱法测定瓶装水中 17 种邻苯二甲酸酯 [J]. 分析仪器, 2024 (2): 42-47.

ZOU K H. Determination of 17 phthalate esters in bottled waters using automatic solid-phase microextraction and gas chromatography tandem mass spectrometry [J]. Anal Instrum, 2024 (2): 42-47. (in Chinese)

[6] 郑烽, 郝国辉, 李楠楠, 等. 三重四极杆气质联用仪多反应离子监测模式检测三种常见邻苯二甲酸酯 [J]. 现代食品, 2022, 28 (16): 210-213.

ZHENG F, HAO G H, LI N N, et al. Determination of three common phthalate esters by MRM of GC-MS/MS [J]. Mod Food, 2022, 28 (16): 210-213. (in Chinese)

[7] 国家卫生和计划生育委员会, 国家食品药品监督管理总局. 食品安全国家标准 食品中邻苯二甲酸酯的测定: GB 5009.271—2016 [S]. 2016.

National Health and Family Planning Commission, State Food and Drug Administration. National food safety standard—Determination of phthalates in food: GB 5009.271—2016 [S]. 2016. (in Chinese)

[8] 管悦, 泮燕媚. 液液萃取气相色谱-串联质谱法测定含油半固体食品中 19 种邻苯二甲酸酯类化合物 [J]. 化学分析计量, 2024, 33 (4): 90-94, 100.

GUAN Y, PAN Y M. Determination of 19 phthalic acid esters in oily semi-solid food by liquid-liquid extraction combined with GC-MS/MS [J]. Chem Anal Meterage, 2024, 33 (4): 90-94, 100. (in Chinese)

[9] 李申莹. 固相萃取-气相色谱质谱法同时检测水中 5 种塑化剂 [J]. 化学工程师, 2023, 37 (10): 49-51.

LI S Y. Simultaneous determination of five plasticizers in water by solid phase extraction GC-MS [J]. Chem Eng, 2023, 37 (10): 49-51. (in Chinese)

[10] 余蕾, 张小毅. 气相色谱-三重四极杆质谱法测定地下水中 44 种有机物污染物 [J]. 岩矿测试, 2021, 40 (3): 365-374.

YU L, ZHANG X Y. Determination of 44 organic pollutants in groundwater by gas chromatography-triple quadrupole mass spectrometry [J]. Rock Miner Anal, 2021, 40 (3): 365-374. (in Chinese)

[11] 王芳, 胡明友, 杨风华, 等. 磁性固相萃取-气相色谱-串联质谱法测定黄酒中 16 种邻苯二甲酸酯 [J]. 中国卫生检验杂志, 2022, 32 (17): 2072-2076.

WANG F, HU M Y, YANG F H, et al. Determination of 16 phthalate esters in yellow rice wine by magnetic solid-phase extraction combined with gas chromatography-tandem mass spectrometry [J]. Chin J Health Lab Tec, 2022, 32 (17): 2072-2076. (in Chinese)

收稿日期: 2024-07-08 修回日期: 2024-11-06 本文编辑: 徐文璐

《预防医学》杂志稿约

《预防医学》(原《浙江预防医学》)(ISSN 2096-5087; CN 33-1400/R)杂志创刊于1989年9月,月刊,每月10日出版。由浙江省科学技术协会主管,浙江省预防医学会主办,《预防医学》编辑部编辑出版,是中华预防医学会系列杂志。被中国科技核心期刊(中国科技论文统计源期刊)、《中国学术期刊影响因子年报》统计源期刊、科技期刊世界影响力指数(WJCI)报告、中国科学评价研究中心(RCCSE)源期刊、世界卫生组织西太平洋地区医学索引(WPRIM)、美国化学文摘(CA)、美国乌利希期刊指南(ULRICHSWEB)、波兰哥白尼索引期刊数据库(ICI World of Journal)、中国学术期刊综合评价数据库、中文生物医学期刊文献数据库等国内外知名数据库收录。

1 办刊宗旨

贯彻预防为主,依靠科技进步,推进三级预防,坚持普及与提高相结合,关注公共卫生和预防医学学术发展前沿,服务预防医学领域专业人员科研成果和信息交流。

2 刊登内容及征稿范围

报道预防医学学科的新理论、新技术、新方法和新发现。刊登传染病学、流行病学、寄生虫学、环境卫生、劳动与职业卫生、营养与食品卫生、儿童青少年卫生、放射卫生、妇幼卫生、社区卫生、卫生毒理、卫生检验技术、健康教育与健康促进、公共卫生管理等学科研究论文;有实际参考价值的国内外文献综述、专题讨论等。主要栏目有述评、论著、综述、疾病控制、疾病监测、妇幼保健、健康教育、卫生管理、实验技术等。

3 投稿说明

3.1 作者登录《预防医学》杂志网站(www.zjyfyxzz.com)注册并投稿,编辑部收稿后系统自动生成稿件编号,并发送电子邮件通知作者提交《〈预防医学〉杂志论文投稿介绍信及版权协议》《作者声明表》等材料及稿件处理费。审稿流程请登录杂志网站“编辑政策”页面了解。

3.2 来稿一律文责自负。

3.3 依照《中华人民共和国著作权法》有关规定,

本刊编辑部有权对来稿作文字修改、删节。

3.4 本刊收取稿件处理费50元/篇;稿件录用后收取版面费300~500元/1000字符;稿件刊出后编辑部支付相应稿酬(所付稿酬含本刊以其他形式出版的稿酬)并赠送样刊2本。

3.5 稿件处理费、版面费逾期不缴或稿件逾期未修回,需书面说明理由;否则视为自动撤稿。作者如要改投其他杂志,须先与本刊编辑部联系,否则视为一稿多投。

4 稿件要求

稿件需作者原创、内容新颖、论点明确、资料可靠、数据准确、格式规范。论文内容具有创新性、科学性和学术性。篇幅在6000~8000字为宜。

4.1 文字 要求表达准确,文字简洁通顺。专业术语应使用全国科学技术名词审定委员会公布的名词,且全文统一。

4.2 文题 研究对象、研究因素、效应指标明确,反映论文的主要内容。尽量避免使用缩略语、字符和公式等。中文文题不宜超过25个汉字。英文文题应与中文文题内容一致。

4.3 作者署名 按照在研究工作和论文撰写中的实际贡献大小排序,投稿后一般不可更改;如要改动须重新提交《〈预防医学〉杂志论文投稿介绍信及版权协议》《作者声明表》。作者单位应著录全称、所在省市及邮政编码。多个作者不同单位时,在相应作者姓名右上角加注阿拉伯数字,在作者名下按序写出单位名称。稿件首页页脚应著录第一作者简介(包括姓名、学历、职称及主要从事工作)和通信作者(姓名及E-mail)。作者署名及单位的英文著录应与中文保持一致,并在邮政编码后加注“China”。

4.4 基金项目 在论文首页页脚注明基金资助项目名称(国家有关部门规定的正式名称)及编号;多项基金应依次列出,以分号隔开。示例如下:

基金项目:国家自然科学基金项目(30800399);科技部公益重大专项(2002D2A40022, 2003DIA6N008)

4.5 中英文摘要 应包括目的(Objective)、方法(Methods)、结果(Results)和结论(Conclusion)四部分。摘要应具有独立性和自明性,以第三人称撰写,不加评论和解释。英文摘要应与中文摘要内容一致,句式简洁,语法正确,英文缩写词第一次出现时

须写出全称。

4.6 关键词 需标引3~8个关键词,以分号隔开。尽量使用《汉语主题词表》等词表提供的规范词,英文关键词需与中文一致。

4.7 图表 应具有自明性,量、单位、符号、缩略语应规范,并与正文一致。统计表一般使用三线表(即顶线、表头线、底线),如有合计行或统计学结果,须在此行上面加一条分界横线。插图要求黑白,图像清晰,反差鲜明,文字和线条可编辑修改。表(图)题须附英文对照。

4.8 数字 执行 GB/T 15835—2011《出版物上数字用法》。以下情况应使用阿拉伯数字:①用于计量的数字,如500余人次,31.6 mol/L,92.5%,1:6等。②用于编号的数字,如章节编号2.1.4,产品型号 YB2-132S-4H,邮政编码100871等。③已经定型的含阿拉伯数字的词语,如5G手机,G8峰会,97号汽油等。以下情况应使用汉字数字:①非公历纪年,如正月初一,庚辰年八月五日等。②数字连用(中间不加顿号)表示概数、含“几”的概数,如三四十米、四五十万元,几十万分之一等。③已经定型的含汉字数字的词语,如二氧化硅,十二指肠,星期四,“九五”项目,第一作者等。

4.9 量和单位 执行 GB 3100~3102.1~13—1993《量和单位》中有关量、单位和符号的规定及其书写规则,可参照人民军医出版社2004年出版的《法定计量单位在医学上的应用》第3版。量的符号通常是单个拉丁字母或希腊字母,用斜体排印(pH例外),符号后不加缩写点。表示物理量的符号作下标时也应用斜体排印。单位符号用正体排印,无复数形式,符号后不加缩写点。来源于人名单位符号的首字

母应大写,例如Pa、Gy等。“升”单位符号用大写“L”,例如mg/L。其他单位符号均为小写。

4.10 统计描述 统计学符号按照 GB/T 3358.1~3—1993《统计学术语》有关规定。采用均数±标准差描述服从正态分布的定量资料,采用中位数和四分位数间距描述偏态分布的定量资料。应写明所用统计分析方法的具体名称、统计量的具体值。

4.11 参考文献 执行 GB/T 7714—2015《信息与文献参考文献著录规则》。采用顺序编码制著录,按正文中引用的文献出现的先后顺序连续编码,将序号置于方括号中,集中著录在文后。参考文献的作者1~3名全部列出,3名以上只列前3名,后加“等”。中文文献需提供英文对照。示例如下:

- [1] 贾成静,沈郁,苏丹婷,等.浙江省居民膳食烟酸摄入量与代谢综合征的关联研究[J].预防医学,2021,33(10):973-976.
JIA C J, SHEN Y, SU D T, et al. Association of dietary niacin intake with metabolic syndrome among adults in Zhejiang Province [J]. China Prev Med J, 2021, 33 (10): 973-976. (in Chinese)
- [2] MASTEN A S, LUCKE C M, NELSON K M, et al. Resilience in development and psychopathology: multisystem perspectives [J]. Annu Rev Clin Psycho, 2021, 17 (1): 521-549.
- [3] 刘维屏.农药环境化学[M].北京:化学工业出版社,2006.
LIU W P. Pesticide environmental chemistry [M]. Beijing: Chemical Industry Press, 2006. (in Chinese)
- [4] 曹宇.传染病动力学模型研究[D].沈阳:东北大学,2014.
CAO Y. Research on infectious diseases modeling [D]. Shenyang: Northeastern University, 2014. (in Chinese)

感谢您关注《预防医学》杂志,本刊《稿约》对出版宗旨、报道范围、投稿要求、稿件处理流程、作者版权等作了详细说明,请在投稿前仔细阅读。我们真诚地希望您将论文投至本刊,并顺利发表。