

Qualitative and Quantitative Analysis of Various New Psychoactive Substances by UPLC-QTOF-MS/MS

Tian Zheng*, Yahong Zhou, Zhiwei Huang, Zhuohua Chen

Department of Criminal Science and Technology, Jiangsu Police Institute, Nanjing Jiangsu
Email: Zhengtian@jspi.cn

Received: Apr. 24th, 2019; accepted: May 8th, 2019; published: May 15th, 2019

Abstract

A high performance liquid chromatography series quadrupole time-of-flight mass spectrometry (HPLC-QTOF-MS) method was developed for the simultaneous determination of various new psychoactive substances. The method was validated. The results showed that the twelve kinds of DL-MEH, 4-MMH, 4-MMC, 4-MEC, MDPV, ETA, RCS-4, BK-MBDB, 2C-C, 2C-B, 2C-E and AM2201 were in the range of 40 ng·mL⁻¹ - 1 000ng·mL⁻¹ with good linearity, MAM-2201, JWH-073, JWH-018, JWH-019, AM694, PB-22, JWH-250, JWH-203, JWH-307, UR-144 and JWH-122 were in the range of 4 ng·mL⁻¹ - 1000 ng·mL⁻¹ with good linearity, JWH-210 was in the range of 1 - 1000 ng·mL⁻¹ with good linearity (the correlation coefficients were more than 0.99); the detection limit of 23 new drugs was 0.2 ng·mL⁻¹ - 40 ng·mL⁻¹; quantitative limit 2 ng·mL⁻¹ - 200 ng·mL⁻¹; recovery rate 90% - 110%; the precision is less than 5%. This method was simple, automation, high accuracy, sensitivity and low detection cost. It is suitable for the qualitative and quantitative analysis for the new drugs in practical cases.

Keywords

New Psychoactive Substances, UPLC-QTOF-MS, Qualitative Analysis, Quantitative Analysis

应用超高效液相色谱串联三重四极杆飞行时间质谱对多种新型毒品的定量定性测定

郑天*, 周亚红, 黄志伟, 陈卓华

江苏警官学院刑事科学技术系, 江苏 南京
Email: Zhengtian@jspi.cn

收稿日期: 2019年4月24日; 录用日期: 2019年5月8日; 发布日期: 2019年5月15日

*通讯作者。

摘要

本文建立了高效液相色谱串联四极杆飞行时间质谱(HPLC-QTOF-MS)同时检测多种新型毒品的定性定量方法,并对方法进行了验证。结果显示待测的二十四种毒品中,DL-MEH、4-MMH、4-MMC、4-MEC、MDPV、ETA、RCS-4、BK-MBDB、2C-C、2C-B、2C-E、AM2201在 $40\text{ ng}\cdot\text{mL}^{-1}\sim 1000\text{ ng}\cdot\text{mL}^{-1}$ 的范围内线性良好, MAM-2201、JWH-073、JWH-018、JWH-019、AM694、PB-22、JWH-250、JWH-203、JWH-307、UR-144、JWH-122在 $4\text{ ng}\cdot\text{mL}^{-1}\sim 1000\text{ ng}\cdot\text{mL}^{-1}$ 的范围内线性良好, JWH-210在 $1\text{ ng}\cdot\text{mL}^{-1}\sim 1000\text{ ng}\cdot\text{mL}^{-1}$ 的范围内线性良好(相关系数均大于0.99), 23种新型毒品的检出限在 $0.2\text{ ng}\cdot\text{mL}^{-1}\sim 40\text{ ng}\cdot\text{mL}^{-1}$ 之间, 定量限在 $2\text{ ng}\cdot\text{mL}^{-1}\sim 200\text{ ng}\cdot\text{mL}^{-1}$ 之间, 回收率在90%~110%之间, 精密度均小于5%。此方法拥有操作简单、自动化程度高、准确度高、灵敏度高及检测成本低优点, 适用于实际案件中对新型毒品进行定性定量的检测。

关键词

新型毒品, 超高效液相色谱—串联三重四极杆飞行时间质谱, 定性分析, 定量分析

Copyright © 2019 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY).

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



Open Access

1. 引言

近年来中国政府的严厉打击使海洛因、可卡因等传统毒品的泛滥得到了有效的遏制[1] [2] [3] [4]。然而在近几年, 一类能够影响人的中枢神经系统、引起人情绪感官变化, 导致思维分裂、人格扭曲的人工合成毒品逐渐充斥了毒品市场, 如“红冰”、“麻古”、“神仙水”、“浴盐”等, 这些新型毒品在各种公共娱乐场所出现了蔓延的趋势[5] [6] [7] [8] [9]。由于大多数新型毒品都是由传统毒品合成出来的, 因此它们也没有一个标准的命名, 大多数只有一个字母代号。根据其组成基团特征可分为卡西酮类, 合成大麻素类等。DL-MEH、4-MEC、4-MMH、4-MMC、MDPV 属卡西酮类新型毒品, JWH-018、IWH-307、JWH-019、JWH-250、JWH-073、JWH-210、JWH-203、RCS-4、JWH-122、AM-2201 等属合成大麻素类[10]-[15], 还有 BK-MBDB、2C-C、2C-B、2C-E、AM694、PB-22、MAM2201、ETA 等其他芬太尼类、苯乙胺类、哌嗪类新型毒品[16] [17] [18] [19]。

随着毒品环境的日益严峻, 目前国内外对新型毒品检测的方法, 已经不能满足当下形势的要求。近年来公安部物证鉴定中心张春水、翟晚枫等[20]应用高效液相色谱—三重四极杆质谱联用分析方法, 对合成大麻素的质谱特征和离子破碎规律进行了研究, 实现了对常见的十种新型合成大麻素的定性定量分析; 公安部禁毒情报技术中心钱振华、乔宏伟、花镇东运用气相色谱—质谱联用法同时测定 8 种合成大麻素, 以 $20\text{ }^{\circ}\text{C}\cdot\text{min}^{-1}$ 速率升温至 $280\text{ }^{\circ}\text{C}$, 以 $10\text{ }^{\circ}\text{C}\cdot\text{min}^{-1}$ 速率升温至 $300\text{ }^{\circ}\text{C}$ 的条件进行检测定性定量分析并分析出了 JWH-203、JWH-250、RCS-4、JWH-018、JWH-019、JWH-122、AM-2201 和 JWH-210 等 8 种合成大麻素类新型毒品的检测范围[21]; 公安部物证鉴定中心常颖、高利生[22]采用三重串联四极杆液质联用仪对卡西酮、甲卡西酮、4-甲基甲卡西酮进行了定性定量分析。重庆市公安局毒品检测中心余林海、黄颀[23]采用气相色谱—质谱联用法对 2 种卡西酮类物质 4-MEC、MDPV 和 3 种合成大麻素 JWH-018、JWH-250、AM-2201 进行检测, 实现了对合成大麻素和卡西酮类物质等新型毒品物质的快速定性定量分析。

本文采用超高效液相色谱串联三重四极杆飞行时间质谱法成功实现了对 24 种新型毒品进行了定性定量筛查研究,建立了多种新型毒品液质联用分析方法。利用高分辨质谱定性功能强大的特点,可以对样品进行快速筛查,并且可以同时定性定量检测多种新型毒品,并对该方法进行了验证,为公安部门的毒品检验鉴定工作提供了一种更为准确、快捷的方式。

2. 实验部分

2.1. 仪器

质谱仪: Triple QTOF 5600 (美国 AB SCIEX 公司); 液相色谱仪: 1290Infinity (美国 Agilent 公司)。

2.2. 试剂

色谱纯的甲醇和乙腈购自于默克股份两合公司(德国)、超纯水来自默克密理博公司的 Milli-Q 超纯水纯化仪(德国), 色谱纯的甲酸和乙酸铵购自 SIGMA-ALDRICH 公司(美国)。

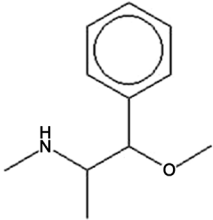
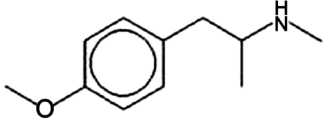
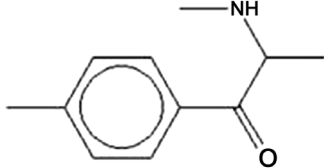
2.3. 实验方法

2.3.1. 样品制备

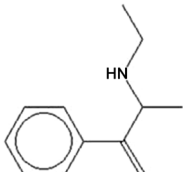
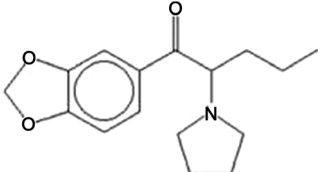
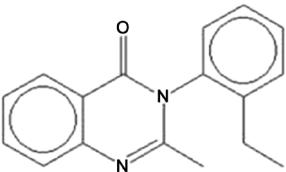
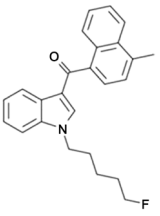
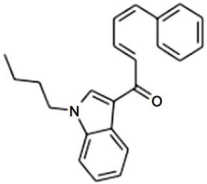
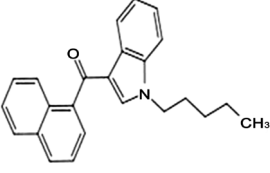
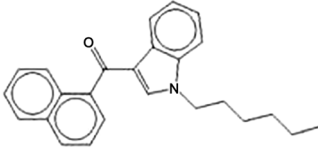
DL-MEH、4-MMH、4-MMC、4-MEC、MDPV、ETA、MAM2201、JWH-073、JWH-018、JWH-019、BK-MBDB、2C-C、2C-B、2C-E、AM694、AM2201、PB-22、JWH-250、JWH-203、JWH-307、UR-144、JWH-122、JWH-210、RCS-4 [24] [25]均为 $1 \text{ mg}\cdot\text{mL}^{-1}$ 乙腈溶液, 由公安部二所提供, 如表 1 所示。

Table 1. Names and structures of 24 drugs

表 1. 24 种毒品名称及其结构式

CAS 号	毒品中文名称	毒品简写	分子式	结构式
18760-80-0	外消旋盐酸甲基麻黄碱	DL-MEH	$\text{C}_{11}\text{H}_{17}\text{NO}$	
83986-67-8	4-甲氧基甲基苯丙胺盐酸盐	4-MMH	$\text{C}_{11}\text{H}_{17}\text{NO}$	
1189726-22-4	4-甲基甲卡西酮盐酸盐	4-MMC	$\text{C}_{11}\text{H}_{15}\text{NO}$	

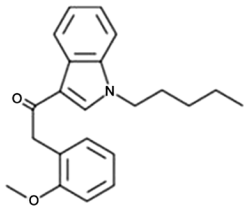
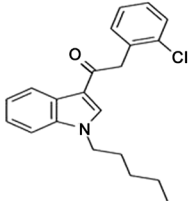
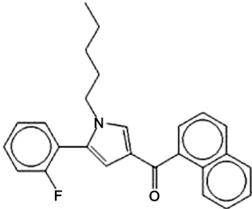
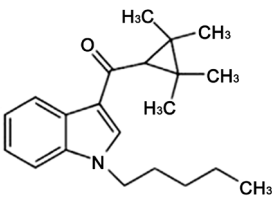
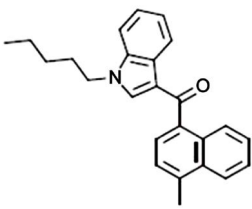
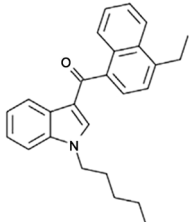
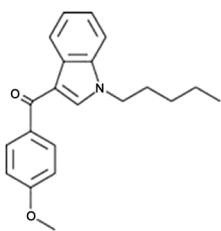
Continued

1266688-86-1	4-甲基乙卡西酮盐酸盐	4-MEC	$C_{12}H_{17}NO_2$	
24622-62-6	亚甲基二氧吡咯戊酮盐酸盐	MDPV	$C_{16}H_{21}NO_3$	
7432-25-9	乙喹酮	ETA	$C_{17}H_{16}N_2O$	
1354631-24-5	1-(5-氟戊基)-3-(4-甲基-1-萘甲酰基)吡啶	MAM2201	$C_{24}H_{22}FNO$	
208987-48-8	1-丁基-3-(1-萘甲酰基)吡啶	JWH-073	$C_{23}H_{21}NO$	
209414-07-3	1-戊基-3-(1-萘甲酰基)吡啶	JWH-018	$C_{24}H_{23}NO$	
209414-08-4	1-己基-3-(1-萘甲酰基)吡啶	JWH-019	$C_{25}H_{25}NO$	

Continued

17762-90-2	2-氨基-1-[3,4-(亚甲二氧基)苯基]-1-丁酮盐酸盐	BK-MBDB	$C_{12}H_{15}NO_3$	
88441-14-9	2,5-二甲氧基-4-氯苯乙胺	2C-C	$C_{10}H_{14}ClNO_2$	
66142-81-2	4-溴-2,5-二甲氧基苯乙胺	2C-B	$C_{10}H_{14}BrNO_2$	
71539-34-9	2,5-二甲氧基-4-乙基苯乙胺	2C-E	$C_{12}H_{19}NO_2$	
335161-03-0	[1-(5-氟戊基)-1H-吡啶-3-基](2-碘苯基)甲酮	AM694	$C_{20}H_{19}FINO$	
335161-24-5	[1-(5-氟戊基)-1H-吡啶-3-基]-1-萘基甲酮	AM2201	$C_{24}H_{22}FNO$	
1400742-17-7	1-戊基吡啶-3-甲酸-8-喹啉酯	PB-22	$C_{23}H_{22}N_2O_2$	

Continued

864445-39-6	1-戊基-3-(2-甲氧基苯乙酰基)吲哚	JWH-250	$C_{22}H_{25}NO_2$	
86445-54-5	1-戊基-3-(2-氯苯乙酰基)吲哚	JWH-203	$C_{21}H_{22}ClNO$	
914458-26-7	(5-(2-氟苯基)-1-戊基-1H-比咯-3-基)(萘-1-基)甲酮	JWH-307	$C_{26}H_{24}FNO$	
1199943-44-6	1-戊基-3-(2,2,3,3-四甲基环丙甲酰基)吲哚	UR-144	$C_{21}H_{29}NO$	
619294-47-2	1-戊基-3-(4-甲基-1-萘甲酰基)吲哚	JWH-122	$C_{25}H_{25}NO$	
824959-81-1	1-戊基-3-(4-乙基-1-萘甲酰基)吲哚	JWH-210	$C_{26}H_{27}NO$	
1345966-78-0	1-戊基-3-(4-甲氧基苯甲酰基)吲哚	RCS-4	$C_{21}H_{23}NO_2$	

标准溶液配制：精密移取适量样品贮备液，配置成 $100 \mu\text{g}\cdot\text{mL}^{-1}$ 的母液。梯度稀释为 $1000 \text{ ng}\cdot\text{mL}^{-1}$ 、 $200 \text{ ng}\cdot\text{mL}^{-1}$ 、 $100 \text{ ng}\cdot\text{mL}^{-1}$ 、 $40 \text{ ng}\cdot\text{mL}^{-1}$ 、 $4 \text{ ng}\cdot\text{mL}^{-1}$ 、 $1 \text{ ng}\cdot\text{mL}^{-1}$ 、 $0.5 \text{ ng}\cdot\text{mL}^{-1}$ 、 $0.2 \text{ ng}\cdot\text{mL}^{-1}$ 、 $0.1 \text{ ng}\cdot\text{mL}^{-1}$ 的梯度标准溶液，置于 -20°C 冰箱保存备用；平行配制 $80 \text{ ng}\cdot\text{mL}^{-1}$ 、 $20 \text{ ng}\cdot\text{mL}^{-1}$ 、 $10 \text{ ng}\cdot\text{mL}^{-1}$ 、 $2 \text{ ng}\cdot\text{mL}^{-1}$ 的标准溶液用于确定检出限和定量限。

2.3.2. 仪器条件

色谱条件：色谱柱 Agilent ZORBAX ECLIPSE Plus C18 ($2.1 \times 50 \text{ mm}$, 1.8-Micron) 色谱柱，柱温 30°C ，流速 $400 \mu\text{L}\cdot\text{min}^{-1}$ ；进样量 $1 \mu\text{L}$ ，A 相为 20 mmol 乙酸铵溶液，甲酸调至 pH 4.00，B 相为乙腈。并采用梯度洗脱的方法对配制好的毒品标样进行检测，梯度洗脱程序见表 2。

Table 2. Elution procedure of mobile phase gradient

表 2. 流动相梯度的洗脱程序

时间(min)	流速($\mu\text{L}\cdot\text{min}^{-1}$)	A(%)	B(%)
0	400	90.0	10.0
2	400	90.0	10.0
9	400	5.0	95.0
16	400	5.0	95.0
18	400	90.0	10.0
20	400	90.0	10.0

质谱条件：采用电喷雾离子源(ESI)，正离子模式检测，对质荷比为 100 至 1000 范围内的物质进行扫描，离子源温度(TEM)： 500°C ，毛细管温度 350°C ，雾化气(GS1)： 50 Pa ，干燥器流速为 $10 \text{ L}\cdot\text{min}^{-1}$ ，辅助加热气(GS2)： 50 Pa ，气帘气(CUR) 35 Pa ，电压(IS)： 5500 V ，碰撞能量(CE) $35 \pm 20 \text{ eV}$ ，去簇电压(DP)： 80 eV 。通过 Analyst TF 1.7 Software 获得数据，使用 MultiQuant 3.0 进行数据处理[26]。

3. 结果与讨论

3.1. 应用超高效液相色谱串联三重四极杆飞行时间质谱法同时检测 24 种新型毒品

利用建立的 UPLC-QTOF-MS 方法同时检测 24 种新型毒品时，分离效果较好。总离子流图如图 1 所示，各新型毒品的母离子及子离子如表 3 所示。

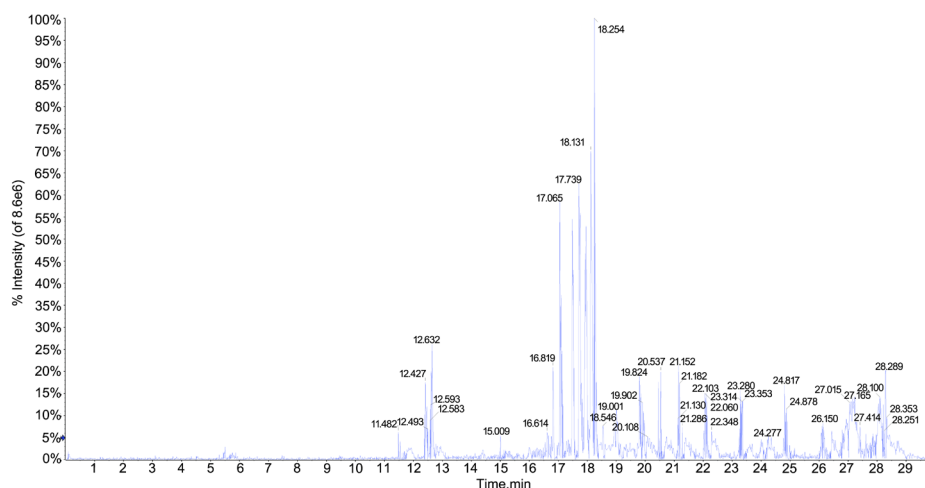


Figure 1. Total ion flow chart for simultaneous detection of 24 new drugs by triple quadrupole time of flight mass spectrometry
图 1. 应用三重四极杆飞行时间质谱同时检测 24 种新型毒品的总离子流图

Table 3. Mother and daughter ions and retention time of 24 new drugs**表 3.** 24 种新型毒品的母离子、子离子及保留时间

序号	化合物	母离子(m-z)	子离子(m-z)		保留时间(min)	采集模式
1	DL-MEH	180.14	162.13	115.10	10.94	Q+
2	4-MMH	180.14	121.07	91.06	11.66	Q+
3	4-MMC	178.12	160.11	144.08	11.70	Q+
4	4-MEC	208.13	144.08	131.07	12.07	Q+
5	MDPV	276.16	175.08	126.13	13.15	Q+
6	ETA	265.13	146.09	131.07	15.56	Q+
7	MAM2201	374.19	169.07	232.11	17.21	Q+
8	JWH-073	328.17	155.05	127.06	17.26	Q+
9	JWH-018	342.18	155.05	127.06	17.52	Q+
10	JWH-019	356.20	155.05	127.05	17.78	Q+
11	BK-MBDB	222.11	146.10	183.08	11.73	Q+
12	2C-C	216.08	184.03	169.01	12.22	Q+
13	2C-B	260.03	227.98	212.96	12.38	Q+
14	2C-E	210.15	178.10	163.08	12.79	Q+
15	AM694	436.05	230.93	202.94	16.74	Q+
16	AM2201	360.18	155.05	127.06	16.98	Q+
17	PB-22	359.18	214.12	144.05	17.19	Q+
18	JWH-250	336.20	121.07	91.06	17.25	Q+
19	JWH-203	340.15	125.02	188.14	17.43	Q+
20	JWH-307	386.19	155.05	127.06	17.71	Q+
21	UR-144	312.23	214.12	125.10	17.88	Q+
22	JWH-122	356.20	169.07	214.12	17.73	Q+
23	JWH-210	370.22	183.08	155.09	17.94	Q+
24	RCS-4	322.18	135.05	135.64	17.15	Q+

3.2. 方法学考察

3.2.1. 标准曲线的建立

采用外标法考察新型毒品的标准曲线^[27]。即配置不同浓度的新型毒品混合标准溶液(1000 ng·mL⁻¹、200 ng·mL⁻¹、100 ng·mL⁻¹、40 ng·mL⁻¹、4 ng·mL⁻¹、1 ng·mL⁻¹、0.5 ng·mL⁻¹、0.2 ng·mL⁻¹、0.1 ng·mL⁻¹)，以新型毒品溶液浓度为横坐标 X，相应新型毒品平均峰面积为纵坐标 Y 绘制标准曲线，结果显示，所测定的 24 种新型毒品的标准曲线相关系数(r)均高于 0.99，DL-MEH、4-MEC、4-MMH、4-MMC、MDPV、ETA、RCS-4、BK-MBDB、2C-C、2C-B、2C-E、AM2201 新型毒品的峰面积与其浓度在 40-1000ng·mL⁻¹ 的范围内线性良好，MAM-2201、JWH-073、JWH-018、JWH-019、AM694、PB-22、JWH-250、JWH-203、JWH-307、UR-144、JWH-122 新型毒品的峰面积与其浓度与在 4 ng·mL⁻¹~1000 ng·mL⁻¹ 的范围内线性良好，JWH-210 峰面积与其浓度在 1 ng·mL⁻¹~1000 ng·mL⁻¹ 的范围内线性良好，每种新型毒品的标准曲线线性回归方程、相关系数及线性范围见表 4。

Table 4. Linear regression equation, correlation coefficient and linear range of 24 new drugs
表 4. 24 种新型毒品的线性回归方程、相关系数及线性范围

化合物	回归方程	相关系数	线性范围(ng·mL)
DL-MEH	$y = 1.239e^3x + 2.283e^4$	0.100	40~1000
4-MEC	$y = 1.870e^3x + 3.771e^4$	0.999	40~1000
4-MMH	$y = 9.689e^2x + 1.811e^4$	0.999	100~1000
4-MMC	$y = 1.860e^3x + 1.842e^4$	0.100	100~1000
MDPV	$y = 4.834e^3x + 3.206e^4$	0.999	40~1000
ETA	$y = 4.126e^3x - 5.022e^3$	0.100	40~1000
MAM-2201	$y = 9.052e^3x + 1.944e^5$	0.996	4~1000
JWH-073	$y = 6.790e^3x + 1.536e^5$	0.997	4~1000
RCS-4	$y = 8.090e^3x + 2.808e^5$	0.997	80~1000
JWH-018	$y = 9.371e^3x + 1.386e^5$	0.998	4~1000
JWH-019	$y = 9.732e^3x + 1.683e^5$	0.998	4~1000
JWH-210	$y = 1.325e^4x + 2.498e^5$	0.997	4~1000
BK-MBDB	$y = 1.937e^3x + 2.297e^4$	0.100	40~1000
2C-C	$y = 2.669e^2x - 7.455e^2$	0.100	40~1000
2C-B	$y = 2.54e^2x - 2.112e^3$	0.999	200~1000
2C-E	$y = 9.802e^2x + 7.545e^3$	0.100	200~1000
AM694	$y = 5.576e^3x + 4.526e^3$	0.100	4~1000
AM2201	$y = 7.351e^3x + 1.884e^5$	0.100	40~1000
PB-22	$y = 4.844e^3x + 9.371e^4$	0.999	4~1000
JWH-250	$y = 8.036e^3x + 1.682e^5$	0.999	40~1000
JWH-203	$y = 6.891e^3x + 9.894e^4$	0.999	4~1000
JWH-307	$y = 7.360e^3x + 3.105e^5$	0.998	4~1000
UR-144	$y = 1.087e^5x + 2.335e^5$	0.999	4~1000
JWH-122	$y = 8.813e^2x + 2.613e^5$	0.999	4~1000

注：回收率括号数值为计算回收率的相对标准偏差。

3.2.2. 检出限与定量限

当待测物的信噪比为 3:1 时为该物质的检出限，当待测物的信噪比为 10:1 为该物质的定量限[28]，检出限与定量限见表 5。

3.2.3. 精密度的分析

平行制备 24 种新型毒品的 100 ng·mL⁻¹ 溶液，每份进样 6 次后分别记录色谱图，根据各样品色谱峰面积计算 RSD，以考察方法的重复性与仪器的精密度。

精密度通常使用相对标准偏差(RSD)来表示分析测试结果，相对标准偏差(RSD) = 标准偏差(SD) × 计算结果的算术平均值(X) × 100% [29]。各新型毒品精密度计算结果见表 4，可知 RSD 均小于 5%，符合相应的国家标准，表明该方法的精密度良好。

Table 5. Precision, repeatability, recovery and RSD, detection limit and quantitative limit of 24 new drugs
表 5. 24 种新型毒品的精密度、重复性、回收率及其 RSD、检出限、定量限

名称	精密度 RSD%	重复性 RSD%	回收率%	检出限(ng·mL)	定量限(ng·mL)
DL-MEH	5.52	6.65	97.70 (7.94)	0.5	10
4-MEC	3.13	3.55	110.84 (6.12)	4	40
4-MMH	31.68	12.80	97.33 (3.08)	0.5	100
4-MMC	4.09	3.38	96.17 (2.47)	0.2	100
MDPV	3.65	4.44	96.72 (2.05)	4	20
ETA	39.27	4.65	99.60 (1.98)	4	20
MAM-2201	14.27	8.30	108.31 (3.80)	0.5	4
JWH-073	5.59	1.40	108.40 (3.86)	1	4
RCS-4	15.34	1.25	98.27 (4.27)	4	80
JWH-018	9.39	1.22	106.36 (1.79)	0.5	2
JWH-019	16.07	2.55	102.50 (1.53)	0.5	4
JWH-210	8.17	3.17	114.30 (5.78)	0.5	4
BK-MBDB	1.29	3.97	104.04 (2.15)	40	200
2C-C	27.05	1.46	104.78 (4.19)	4	40
2C-B	4.75	8.17	106.37 (3.68)	40	200
2C-E	1.98	2.30	107.27 (9.90)	4	200
AM694	4.65	3.32	100.96 (3.73)	1	4
AM2201	14.38	1.04	100.52 (16.3)	4	20
PB-22	3.13	0.64	118.03 (1.47)	0.2	2
JWH-250	11.27	3.01	111.50 (1.40)	1	40
JWH-203	15.78	0.93	108.92 (2.88)	1	4
JWH-307	2.20	1.00	122.17 (4.14)	0.5	4
UR-144	4.75	8.75	113.97 (0.46)	0.5	4
JWH-122	8.72	1.79	114.91 (3.20)	0.5	4

3.2.4. 重复性

将 24 种毒品各制备 6 份供试品溶液, 按色谱条件测定, 各种毒品峰平均面积、RSD 值、重复性见表 5。

3.2.5. 加样回收率

在空白溶剂中添加标准样品配置的母液, 配置为 $100 \text{ ng}\cdot\text{mL}^{-1}$ 的加标样品溶液。重复进样三次, 计算回收率[30]。各新型毒品回收率计算结果见表 5。

4. 结论

本文建立了一套公安实际工作中极易遇到的 24 种新型毒品的筛查和定量 UPLC-QTOF•MS 方法, 覆盖的新型毒品种类广, 样品前处理快速、简单, UPLC-QTOF•MS 方法具有覆盖新型毒品种类多, 分析时间短, 通量高, 检测灵敏度高等特点, 可对公安实际中可能缴获的 24 种新型毒品同时进行筛查和准确定量分析。

参考文献

- [1] 常颖, 高利生. 卡西酮、甲卡西酮和 4-甲基甲卡西酮的 LC-MS/MS 分析方法的研究[J]. 刑事技术, 2014, 39(1): 29-30.
- [2] 师维. 新型毒品犯罪的现状审视及防控完善[J]. 中国人民公安大学学报(社会科学版), 2012, 28(1): 52-56.
- [3] 赵丹, 滕姣, 陈学国. 卡西酮类新精神活性物质研究进展[J]. 福建分析测试, 2018, 27(3): 26-31.
- [4] 李重阳, 王乐, 赵文成. 甲卡西酮类新型策划毒品的危害及其检测[J]. 中国司法鉴定, 2014(2): 47-50.
- [5] 钱振华, 徐鹏, 刘克林. 新型毒品卡西酮类策划药“浴盐”[J]. 中国药物滥用防治杂志, 2013, 19(1): 42-44.
- [6] 徐鹏, 刘克林, 高利生. 新型香料类毒品的研究进展[J]. 中国药物依赖性杂志, 2012, 21(6): 406-410.
- [7] 李云鹏. 合成毒品甲卡西酮的危害及其对策[J]. 中国药物依赖性杂志, 2013, 22(2): 152-154.
- [8] 秦睿, 张莉. 卡西酮类精神活性物质的防控对策[J]. 广东化工, 2018, 45(10): 186+169.
- [9] 刘博. 涉毒案件中甲基麻黄碱的 GC/MS 检验[J]. 刑事技术, 2012(1): 54-56.
- [10] Murakami, T., Iwamuro, Y., Ishimaru, R., Chinaka, S. and Hasegawa, H. (2018) Molecularly Imprinted Polymer Solid-Phase Extraction of Synthetic Cathinones from Urine and Whole Blood Samples. *Journal of Separation Science*, **41**, 4506-4514. <https://doi.org/10.1002/jssc.201800874>
- [11] Baumann, M.H., Walters, H.M., Niello, M. and Sitte, H.H. (2018) Neuropharmacology of Synthetic Cathinones. In: Maurer, H. and Brandt, S., Eds., *New Psychoactive Substances. Handbook of Experimental Pharmacology*, Springer, Cham, 113-142. https://doi.org/10.1007/164_2018_178
- [12] Saha, K., Li, Y., Holy, M., et al. (2018) The Synthetic Cathinones, Butylone and Pentylone, Are Stimulants that Act as Dopamine Transporter Blockers but 5-HT Transporter Substrates. *Psychopharmacology*, **35**, 28-31. <https://doi.org/10.1007/s00213-018-5075-5>
- [13] Williams, M., Martin, J. and Galettis, P. (2019) A Validated Method for the Detection of Synthetic Cannabinoids in Oral Fluid. *Journal of Analytical Toxicology*, **43**, 10-17. <https://doi.org/10.1093/jat/bky043>
- [14] Abdel-Hay, K.M., Belal, T.S., Abiedalla, Y., et al. (2018) Gas Chromatography-Mass Spectrometry (GC-MS) and Gas Chromatography-Infrared (GC-IR) Analyses of the Chloro-1-*n*-Pentyl-3-(1-Naphthoyl)-Indoles: Regioisomeric Cannabinoids. *Applied Spectroscopy*, **73**, 433-443. <https://doi.org/10.1177/0003702818809998>
- [15] 苗翠英, 邱志远, 等. 合成大麻素 JWH-250 的高效液相色谱分析方法研究[J]. 刑事技术, 2015, 40(5): 396-399.
- [16] 谭家海. 新型毒品的特点及其检验分析[J]. 法制博览, 2016, 10(3): 132-133.
- [17] Angeli, A., Vaiano, F., Mari, F., Bertol, E. and Supuran, C.T. (2017) Psychoactive Substances Belonging to the Amphetamine Class Potently Activate Brain Carbonic Anhydrase Isoforms VA, VB, VII, and XII. *Journal of Enzyme Inhibition and Medicinal Chemistry*, **32**, 1253-1259. <https://doi.org/10.1080/14756366.2017.1375485>
- [18] Papaseit, E., Farré, M., Pérez-Mañá, C., et al. (2018) Acute Pharmacological Effects of 2C-B in Humans: An Observational Study. *Frontiers in Pharmacology*, **9**, 206. <https://doi.org/10.3389/fphar.2018.00206>
- [19] Philogene-Khalid, H.L., Simmons, S.J., Nayak, S., et al. (2017) Stereoselective Differences between the Reinforcing and Motivational Effects of Cathinone-Derived 4-Methylmethcathinone (Mephedrone) in Self-Administering Rats. *ACS Chemical Neuroscience*, **8**, 2648-2654. <https://doi.org/10.1021/acscemneuro.7b00212>
- [20] 张春水, 翟晚枫. 高效液相色谱-三重四极杆质谱法同时测定新型“香料”毒品中的 10 种合成大麻素[J]. 分析测试学报, 2016, 35(3): 264-270.
- [21] 钱振华, 乔宏伟, 花镇东. 气相色谱-质谱联用法同时测定 8 种合成大麻素[J]. 中国法医学杂志, 2015, 30(1): 1-4.
- [22] 常颖, 高利生. 卡西酮、甲卡西酮和 4-甲基甲卡西酮的 LC-MS/MS 分析方法的研究[J]. 刑事技术, 2014(1): 29-30.
- [23] 余林海, 黄颀. GC/MS 法同时测定 6 种新精神活性物质[J]. 警察技术, 2016(1): 63-65.
- [24] Scheidweiler, K.B., Jarvis, M.J.Y. and Huestis, M.A. (2015) Nontargeted SWATH Acquisition for Identifying 47 Synthetic Cannabinoid Metabolites in Human Urine by Liquid Chromatography-High-Resolution Tandem Mass Spectrometry. *Analytical and Bioanalytical Chemistry*, **407**, 883-897. <https://doi.org/10.1007/s00216-014-8118-8>
- [25] Kerrigan, S., Mott, A., Jatzlau, B., et al. (2014) Designer Psychostimulants in Urine by Liquid Chromatography-Tandem Mass Spectrometry. *Journal of Forensic Sciences*, **59**, 175-183. <https://doi.org/10.1111/1556-4029.12306>
- [26] 林宽, 王继芬, 等. 超高效液相色谱串联质谱法检验全血中三种合成大麻素[J]. 分析实验室, 2017, 36(8): 894-899.
- [27] 郑重, 孙琦, 等. 高效液相色谱-串联质谱法直接定量分析植物酵素中多种氨基酸成分[J]. 色谱, 2015, 33(3):

309-313.

- [28] 翟晚枫, 张春水, 高利生. 高效液相色谱检测新型“香料”毒品中的两种合成大麻素[J]. 中国药物滥用防治杂志, 2014, 20(5): 270-273.
- [29] 苗翠英, 钱尊磊, 等. 合成大麻素 JWH-122 的高效液相色谱分析方法研究[J]. 中国法医学杂志, 2016, 31(6): 563-566.
- [30] 徐秀明. 液质联用法检测新型毒品合成大麻素[C]//辽宁省警察协会(The Police Association of Liaoning Province), 大连警察协会(The Police Association of Dalian), 国际高科合作协会(World High Technology Society). 升级发展、迎接挑战、共筑平安社会——2016 国际警察科技大会会刊. 大连: 百奥泰国际会议(大连)有限公司, 2016: 1.

知网检索的两种方式:

1. 打开知网页面 <http://kns.cnki.net/kns/brief/result.aspx?dbPrefix=WWJD>
下拉列表框选择: [ISSN], 输入期刊 ISSN: 2163~1557, 即可查询
2. 打开知网首页 <http://cnki.net/>
左侧“国际文献总库”进入, 输入文章标题, 即可查询

投稿请点击: <http://www.hanspub.org/Submission.aspx>

期刊邮箱: aac@hanspub.org