

HPLC法测定工业大麻中大麻二酚和四氢大麻酚的含量

华晶忠¹, 张鑫², 王丹², 李盛钰², 魏春雁², 刘笑笑^{2*}

(1. 吉林省经济管理干部学院食品药品工程学院, 长春 130012; 2. 吉林省农业科学院, 长春 130033)

摘要: 本研究在优化前处理条件和色谱分离的基础上, 建立了高效液相色谱法(HPLC)测定工业大麻中大麻二酚(CBD)和四氢大麻酚(THC)的检测方法。样品经优化提取剂、流动相及色谱条件, 最终选择用95%乙醇提取, 乙腈-水(68:32, v/v)为流动相, 采用C₁₈色谱柱进行分离, 柱温35 °C, 流速1.0 mL/min, 进样体积10 μL, 检测波长220 nm。结果表明, 该方法在0.02~0.10 mg/mL浓度范围内具有良好的线性关系, 相关系数(r)均大于0.998。方法检出限(LOD, S/N=3)和定量限(LOQ, S/N=10)分别为: CBD的检出限为0.0001 g/100 g、定量限为0.0003 g/100 g; THC的检出限为0.0006 g/100 g、定量限为0.0018 g/100 g。在已知样品中加入0.5 mg/kg、50 mg/kg和200 mg/kg三个浓度水平的CBD和THC标准溶液, 进行加标回收试验, CBD的回收率为92%~101%, THC的回收率为80%~102%。该方法准确性、灵敏性和稳定性良好, 能够满足工业大麻中CBD和THC的检测要求。

关键词: 工业大麻; 大麻二酚; 四氢大麻酚; 高效液相色谱法

中图分类号: O657.7⁺2

文献标识码: A

文章编号: 2096-5877(2024)03-0087-06

Determination of CBD and THC in Industrial Hemp by HPLC

HUA Jingzhong¹, ZHANG Xin², WANG Dan², LI Shengyu², WEI Chunyan², LIU Xiaoxiao^{2*}

(1. College of Food and Drug Engineering, Jilin Economic Management Cadre College, Changchun 130012; 2. Jilin Academy of Agricultural Sciences, Changchun 130033, China)

Abstract: Based on the optimization of pretreatment conditions and chromatographic separation, a High-performance liquid chromatography HPLC method for the determination of cannabidiol (CBD) and Δ^9 -tetrahydrocannabinol (THC) in industrial hemp was developed. The samples were extracted with 95% ethanol, acetonitrile-water (68:32, v/v) as the mobile phase, and separated by C₁₈ column at 35 °C with a flow rate of 1.0 mL/min, the injection volume was 10 μL and the detection wavelength was 220 nm. The results show that the method has a good linear relationship in the range of 0.02–0.10 mg/mL, and the correlation coefficients (r) are all greater than 0.998. The detection limits (LOD, S/N=3) and quantitative limits (LOQ, S/N=10) were 0.0001 g/100 g and 0.0003 g/100 g for CBD, 0.0006 g/100 g and 0.0018 g/100 g for THC, respectively. The recovery rates of CBD and THC were 92%–101% and 80%–102%, respectively when the negative samples were added with 0.5 mg/kg, 50 mg/kg and 200 mg/kg. The method has good accuracy, sensitivity and stability, and can meet the detection requirements of CBD and THC in industrial hemp.

Key words: Industrial hemp; CBD; THC; HPLC

工业大麻又称火麻、大麻、汉麻^[1], 规定其中的四氢大麻酚(THC)含量小于0.3%的大麻品种允许种植, 目前其应用范围比较广, 如化妆品、制药、

食品、纺织等多种行业, 具有较大的经济价值^[2-8]。

大麻酚是大麻叶所含的大麻酚类化合物的一种, 是大麻在贮存过程中, 其所含的四氢衍生物被空气氧化而产生的。大麻酚是一种麻醉药, 具有抗炎、镇痛、止痛、镇静、安眠等作用^[7-14]。大麻叶中含有多种大麻酚类衍生物, 已分离到15种以上, 最主要且含量较高的是大麻二酚和四氢大麻酚^[15]。

大麻二酚是评价工业大麻的重要指标, 关注

收稿日期: 2023-08-01

基金项目: 吉林省科技发展计划项目(20220404009NC)

作者简介: 华晶忠(1983-), 男, 副教授, 硕士, 主要从事食品营养与检测研究。

通信作者: 刘笑笑, 女, 硕士, 副研究员, E-mail: 843202215@qq.com

四氢大麻酚是对大麻毒品监测和控制的重要指标,故测定工业大麻中大麻二酚和四氢大麻酚的含量十分重要。目前,国内外测定大麻二酚和四氢大麻酚的检测方法有高效液相色谱法、气相色谱质谱法、液相色谱质谱法等^[16-25]。

基于此,建立了HPLC方法,具有所需试剂种类少且常见,操作简单且准确、稳定等特点。对于工业大麻品质评价和质量控制具有重要意义。

1 材料与方 法

1.1 材 料

整株大麻由吉林省农业科学院、吉林省麻类工程研究中心和吉林省麻类科技创新中心提供。

1.2 试 剂

大麻二酚(CBD)和四氢大麻酚(THC)标准品(1 mg/mL)(美国Sigma-Aldrich公司);甲醇、乙腈(色谱纯,美国Thermo Fisher公司);95%乙醇(分析纯,上海国药集团);水为自制超纯水;0.45 μm 滤膜(丹东百特仪器有限公司)。

1.3 仪 器 设 备

1260 II 高效液相色谱仪:安捷伦有限公司;BT 124S 电子天平(± 0.001 g):中国赛多利斯科学仪器(北京)有限公司;VF 611 超纯水系统:德国SARTORIUS公司。

1.4 试 验 方 法

1.4.1 待测液制备

称取试样 1.0 g(精确至 0.01 g)于回流瓶中,加入 20 mL 95%乙醇回流 60 min,重复一次,合并两次提取液,过滤,减压回收乙醇,用甲醇溶解转移至 25 mL 容量瓶中,定容至刻度,摇匀,过 0.45 μm 滤膜,上机测定。

1.4.2 标准储备液配制

大麻二酚标准储备液:准确称取大麻二酚(CBD标准品 1.0 mL,加入 2 mL 甲醇溶解,制成 0.5 mg/mL 标准储备液。于 2~4 $^{\circ}\text{C}$ 条件下储存,有效期为 1 年。

四氢大麻酚(THC)标准储备液:准确吸取 1 mg/mL 的四氢大麻酚标准溶液 0.5 mL 于 5 mL 容量瓶中,用甲醇定容至刻度,制成 0.1 mg/mL 的标准储备液。于 -20 $^{\circ}\text{C}$ 条件下储存,有效期为 3 年。

1.4.3 标准工作液配制

大麻二酚标准工作液:吸取适当体积的大麻二酚标准储备液,用甲醇逐级稀释,配制成 0.01 mg/mL、0.02 mg/mL、0.04 mg/mL、0.05 mg/mL、0.06 mg/mL、0.08 mg/mL、0.10 mg/mL、0.15 mg/mL、0.20

mg/mL、0.25 mg/mL 的标准工作液。于 2~4 $^{\circ}\text{C}$ 条件下储存,有效期为 1 个月。

四氢大麻酚标准工作液:吸取适当体积的四氢大麻酚标准储备液,用甲醇逐级稀释,配制成 0.002 mg/mL、0.004 mg/mL、0.006 mg/mL、0.008 mg/mL、0.010 mg/mL、0.020 mg/mL、0.040 mg/mL、0.060 mg/mL、0.080 mg/mL、0.10 mg/mL 的标准工作液。于 -20 $^{\circ}\text{C}$ 条件下储存,有效期为 6 个月。

1.4.4 色 谱 条 件

色谱柱: C_{18} 柱,柱长 150 mm,内径 4.6 mm,粒度 3.5 μm ;或者性能相当的色谱柱。

柱温: 35 $^{\circ}\text{C}$ 。

流动相:乙腈-水(68:32, v/v)。

流动相流速: 1.0 mL/min。

进样体积: 10 μL 。

检测波长: 220 nm。

2 结 果 与 分 析

2.1 最适称样量确定

准确称取样品 0.5 g、1.0 g、1.5 g,通过测定大麻二酚(CBD)和四氢大麻酚(THC)含量,确定最适称样量。

样品混匀粉碎过 18 目筛后,分别称取 0.5 g、1.0 g、1.5 g(精确至 0.01 g)于回流瓶中,加入 20 mL 95%乙醇回流 60 min,重复一次,合并两次提取液,过滤,减压回收乙醇,用甲醇溶解转移至 25 mL 容量瓶中,定容至刻度,摇匀,过 0.45 μm 滤膜,上机测定,结果见表 1。

表 1 不同称样量对样品中大麻二酚和四氢大麻酚提取效果的影响

项目	称样量/g			
	0.5	1.0	1.5	
本底值/ $\text{g} \cdot 100 \text{g}^{-1}$	加入量/ $\text{g} \cdot 100 \text{g}^{-1}$	0.13	0.17	0.16
	RSD/%	0.006	0.003	0.006
本底值/ $\text{g} \cdot 100 \text{g}^{-1}$	加入量/ $\text{g} \cdot 100 \text{g}^{-1}$	0.04	0.05	0.05
	RSD/%	0.006	0.006	0.006

注: n=3, 下同

由表 1 可知,当称样量为 1.0 g 和 1.5 g 时,对样品中大麻二酚和四氢大麻酚提取效果均较好,从经济和计算方面分析,选择称样量为 1.0 g 较适宜。

2.2 最适粒度确定

将样品过 18 目、20 目和 60 目筛,称取样品 1.0 g(精确至 0.01 g),加入 20 mL 95%乙醇回流

60 min,重复一次,合并两次提取液,过滤,减压回收乙醇,用甲醇溶解转移至25 mL容量瓶中,定容至刻度,摇匀,过0.45 μm 滤膜,上机测定。通过测定大麻二酚和四氢大麻酚含量,确定最适粒度,结果见表2。

表2 不同粒度对样品中大麻二酚和四氢大麻酚提取效果的影响

项目		18目	20目	60目
本底值/ $\text{g}\cdot 100\text{g}^{-1}$	加入量/ $\text{g}\cdot 100\text{g}^{-1}$	0.167	0.166	0.166
	RSD/%	0.005	0.006	0.006
本底值/ $\text{g}\cdot 100\text{g}^{-1}$	加入量/ $\text{g}\cdot 100\text{g}^{-1}$	0.052 5	0.052 5	0.052 6
	RSD/%	0.005	0.005	0.006

由表2可知,粒度对样品中大麻二酚和四氢大麻酚提取效果影响不大,选择18目即可。

2.3 最适提取剂确定

样品混匀粉碎过18目筛后,称取1.0 g(精确至0.01 g)于回流瓶中,分别加入20 mL 75%乙醇、95%乙醇和无水乙醇回流60 min,重复一次,合并两次提取液,过滤,减压回收乙醇,用甲醇溶解转移至25 mL容量瓶中,定容至刻度,摇匀,过0.45 μm 滤膜,上机测定。通过测定大麻二酚和四氢大麻酚含量,确定最适提取剂,结果见表3。

表3 不同提取剂对样品中大麻二酚和四氢大麻酚提取效果的影响

项目		75%乙醇	95%乙醇	无水乙醇
本底值/ $\text{g}\cdot 100\text{g}^{-1}$	加入量/ $\text{g}\cdot 100\text{g}^{-1}$	0.137	0.167	0.156
	RSD/%	0.005	0.006	0.006
本底值/ $\text{g}\cdot 100\text{g}^{-1}$	加入量/ $\text{g}\cdot 100\text{g}^{-1}$	0.032 2	0.052 6	0.050 6
	RSD/%	0.005	0.005	0.006

由表3可知,95%乙醇对样品中大麻二酚和四氢大麻酚提取效果较好。

2.4 最适提取剂体积确定

样品混匀粉碎过18目筛后,称取1.0 g(精确至0.01 g)于回流瓶中,经过大量试验后,采用分别加入95%乙醇10 mL、20 mL、30 mL回流,回流60 min,重复一次,合并两次提取液,过滤,减压回收乙醇,用甲醇溶解转移至25 mL容量瓶中,定容至刻度,摇匀,过0.45 μm 滤膜,上机测定。通过测定大麻二酚和四氢大麻酚含量,确定最适提取剂体积,结果见表4。

由表4可知,提取剂加入20 mL和30 mL对样品中大麻二酚和四氢大麻酚提取效果均较好。从

表4 不同提取剂体积对样品中大麻二酚和四氢大麻酚提取效果的影响

项目		10 mL	20 mL	30 mL
本底值/ $\text{g}\cdot 100\text{g}^{-1}$	加入量/ $\text{g}\cdot 100\text{g}^{-1}$	0.132	0.166	0.166
	RSD/%	0.005	0.006	0.006
本底值/ $\text{g}\cdot 100\text{g}^{-1}$	加入量/ $\text{g}\cdot 100\text{g}^{-1}$	0.028 6	0.053 0	0.053 0
	RSD/%	0.005	0.005	0.006

经济和时间角度考虑,提取剂加入20 mL较适宜。

2.5 最适提取时间确定

样品混匀粉碎过18目筛后,称取1.0 g(精确至0.01 g)于回流瓶中,经过大量试验后,采用分别加入95%乙醇20 mL,分别回流30 min、60 min、90 min重复一次,合并两次提取液,过滤,减压回收乙醇,用甲醇溶解转移至25 mL容量瓶中,定容至刻度,摇匀,过0.45 μm 滤膜,上机测定。通过测定大麻二酚和四氢大麻酚含量,确定最适提取时间,结果见表5。

表5 不同提取时间对样品中大麻二酚和四氢大麻酚提取效果的影响

项目		30 min	60 min	90 min
本底值/ $\text{g}\cdot 100\text{g}^{-1}$	加入量/ $\text{g}\cdot 100\text{g}^{-1}$	0.133	0.166	0.166
	RSD/%	0.005	0.006	0.006
本底值/ $\text{g}\cdot 100\text{g}^{-1}$	加入量/ $\text{g}\cdot 100\text{g}^{-1}$	0.029 2	0.053 6	0.053 6
	RSD/%	0.005	0.005	0.006

由表5可知,提取时间60 min和90 min对样品中大麻二酚和四氢大麻酚提取效果均较好。从经济和时间角度考虑,提取时间为60 min较适宜。

2.6 线性关系

按照1.4.3制作标准工作曲线,分别得大麻二酚和四氢大麻酚浓度范围为0.02~0.10 mg/mL系列标准工作溶液进行HPLC分析,结果见图1。

从图1得出,大麻二酚标准曲线相关系数(r)为0.998 4,线性方程为 $y=53\ 631x-58.442$;四氢大麻酚标准曲线相关系数(r)为0.999 8,线性方程为 $y=40\ 834x-10.096$ 。

2.7 检出限和定量限

采用信噪比方法,将标准溶液逐步稀释计算检出限和定量限,结果见表6。以3倍信噪比计算出CBD和THC的检出限分别为0.000 1 g/100 g和0.000 6 g/100 g。以10倍信噪比计算出CBD和THC的定量限分别为0.000 3 g/100 g和0.001 8 g/100 g。

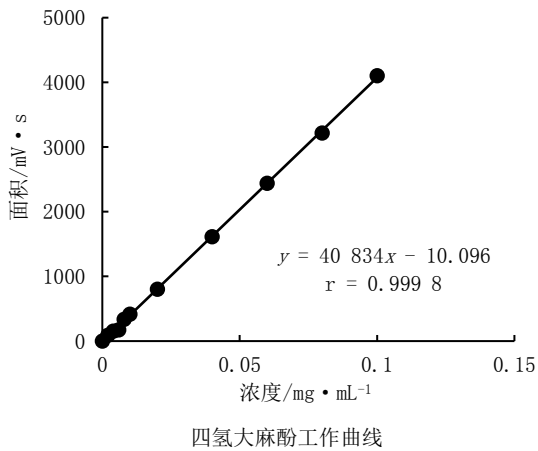
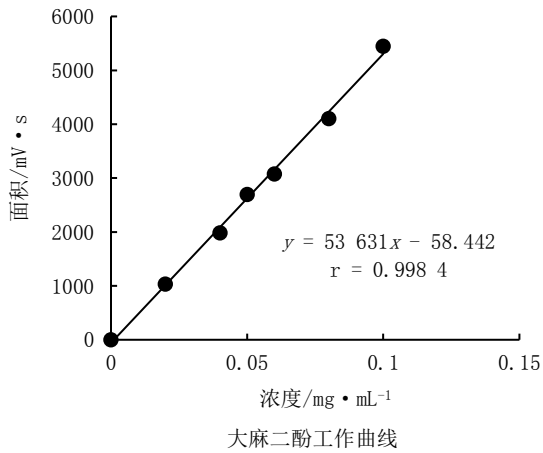


图1 大麻二酚和四氢大麻酚标准曲线图

表6 检出限与定量限考察结果 g/100 g

项目	本底值	加入量
检出限	0.000 1	0.000 6
定量限	0.000 3	0.001 8

2.8 重复性

2.8.1 精密度试验

同一检验员、同一台仪器、同一样品连续测定7次,计算各组含量的相对标准偏差(RSD)(表7)。

表7 精密度考察结果 g/100 g

进针次数	本底值	加入量
第一针	0.166	0.052 1
第二针	0.167	0.052 3
第三针	0.166	0.052 6
第四针	0.166	0.052 1
第五针	0.167	0.052 3
第六针	0.166	0.052 3
第七针	0.167	0.052 3
平均值	0.166	0.052 3
RSD /%	0.000 535	0.000 168
CV 值	0.321 172	0.320 578

依据GB 27417-2017《合格评定化学分析方法确认和验证指南》采用变异系数CV值对重复性进行判定,当被测组分含量在1 000 mg/kg时,CV值≤3.8%,表明本方法可靠稳定,重复性好。

2.8.2 日间精密度试验

同一样品,每隔24 h重新制备,上机测定,同时制备后分8次上机测定,计算RSD。参见表8。依据GB 27417-2017《合格评定化学分析方法确认和验证指南》采用变异系数CV值对再现性进行判定,当被测组分含量在1 000 mg/kg时,CV值≤3.8%,符合要求,表明本方法再现性良好。

表8 再线性考察结果 g/100 g

进针次数	本底值		加入量	
	第一日	第二日	第一日	第二日
第一针	0.166	0.166	0.052 1	0.052 1
第二针	0.167	0.167	0.052 3	0.052 3
第三针	0.166	0.166	0.052 6	0.052 6
第四针	0.166	0.167	0.052 1	0.052 2
第五针	0.167	0.167	0.052 3	0.052 3
第六针	0.166	0.166	0.052 6	0.052 6
第七针	0.167	0.167	0.052 3	0.052 3
第八针	0.167	0.167	0.052 3	0.052 3
平均值	0.167	0.166	0.052 3	0.052 3
日RSD/ %	0.000 535	0.000 518	0.000 191	0.000 177
日间RSD/ %	0.000 088 4		0.000 017 7	
日CV值	0.32	0.31	0.36	0.34
日间CV值	0.053		0.034	

2.9 稳定性试验

同一份样品溶液分别在0 h、4 h、8 h、12 h、18 h、24 h时上机测定,测定结果计算RSD。参见表9。依据GB 27417-2017《合格评定化学分析方法确认和验证指南》采用变异系数CV值对稳定性进行判定,当被测组分含量在1 000 mg/kg时,CV值≤3.8%,符合要求。表明本方法稳定性良好。

表9 稳定性考察结果 g/100 g

间隔时间	本底值	加入量
0 h	0.167	0.052 1
4 h	0.167	0.052 3
8 h	0.166	0.052 3
12 h	0.167	0.052 1
18 h	0.167	0.052 3
24 h	0.166	0.052 3
平均值	0.167	0.052 2
RSD %	0.000 516	0.000 103
CV 值	0.310	0.198

2.10 加标回收试验

为了降低不同批次之间的变化,采用覆盖整个浓度测试范围的不用试样评估偏倚。依据GB 27417-2017《合格评定化学分析方法确认和验证

指南》,分别在已知含量样品中添加浓度水平为0.5 mg/kg、50 mg/kg、200 mg/kg标准溶液。根据添加浓度对照标准中规定回收率范围,若在范围表明该方法准确可行。结果见表10。

表10 加标回收试验

项目	加入浓度/mg·kg ⁻¹	本底值/g·100 g ⁻¹	加入量/g·100 g ⁻¹	平均回收率/(n=5)	标准规定/%
大麻二酚	0.5	0.166	0.02	101	95~105
	50		0.005	92	90~110
	200		0.000 05	100	80~110
四氢大麻酚	0.5	0.052 3	0.02	102	95~105
	50		0.005	98	90~110
	200		0.000 05	80	80~110

从表10可以看出,该方法加标回收率满足GB 27417-2017《合格评定化学分析方法确认和验证指南》中规定值,表明该检测方法可行。

2.11 工业大麻中大麻二酚和四氢大麻酚含量测定

按照建立的方法对工业大麻中大麻二酚和四氢大麻酚进行测定,测定结果见表11和图2。测

表11 工业大麻中大麻二酚和四氢大麻酚含量

项目	含量 mg/g
大麻二酚	0.067
四氢大麻酚	0.020

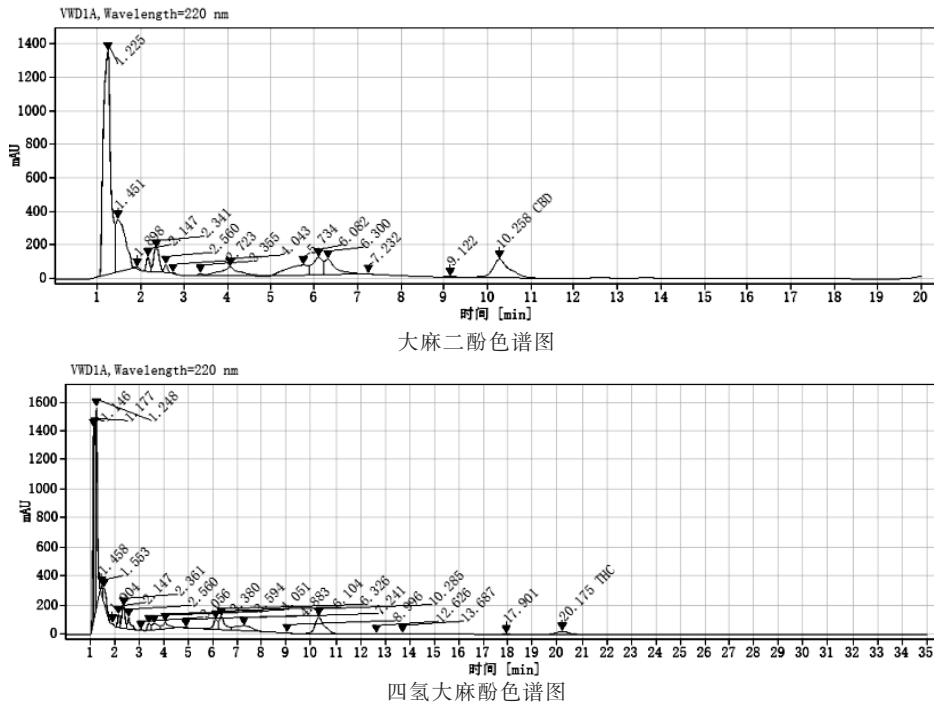


图2 大麻二酚和四氢大麻酚色谱图

定大麻二酚含量为0.067 mg/g,四氢大麻酚含量为0.020 mg/g(0.002%),满足规定四氢大麻酚(THC)含量小于0.3%的要求。

3 结论

建立 HPLC 法测定工业大麻中大麻二酚和四

氢大麻酚含量的检测方法,在0.02~0.10 mg/mL浓度范围内具有良好的线性关系,相关系数(r)均大于0.998。方法检出限(LOD, S/N=3)和定量限(LOQ, S/N=10)分别为: CBD的检出限为0.000 1 g/100 g、定量限为0.000 3 g/100 g; THC的检出限为0.000 6 g/100 g、定量限为0.001 8 g/100 g。在已

知样品中加入 0.5 mg/kg、50 mg/kg 和 200 mg/kg 三个浓度水平的 CBD 和 THC 标准溶液,进行加标回收试验,CBD 的回收率为 92%~101%,THC 的回收率为 80%~102%。该方法准确性、灵敏性和稳定性良好,能够满足工业大麻中 CBD 和 THC 的检测要求。此外,该方法节本增效,适用性较强。

参考文献:

- [1] 高哲,张志军,李晓君,等.大麻叶中大麻二酚的热回流提取工艺研究[J].中国油脂,2019,44(3):107-111.
- [2] 赵国良,张喜平,卜虎虎,等.天水生态条件下不同大麻品种(系)产量及株高生长研究[J].东北农业科学,2022,47(3):59-64.
- [3] 张雪,徐立群,王庆峰,等.不同用途亚麻的研究进展[J].东北农业科学,2018,43(5):16-20.
- [4] 刘胜贵,马海悦,李智高,等.HPLC法测定工业大麻中 CBD 和 THC 的含量[J].云南化工,2020,47(5):62-64.
- [5] 陈建华,臧巩固,赵立宁,等.大麻化学成分研究进展与开发我国大麻资源的探讨[J].中国麻业,2003(6):6-11.
- [6] 傅强,舒智,邓轲,等.反相 HPLC 法同时测定大麻植物中的三种有效成分[J].法医学杂志,2016,32(4):261-263.
- [7] 卢延旭,董鹏,崔晓光,等.工业大麻与毒品大麻的区别及其可利用价值[J].中国药理学通报,2007(8):1112-1114.
- [8] 李杨,赵晓俊,王璞,等.工业大麻中 4 种大麻素脱羧工艺研究[J].中国麻业科学,2023,45(1):20-24.
- [9] 殷莎,唐双奇,陆阳,等.大麻二酚神经保护作用机制研究进展[J].中草药,2014,45(3):432-436.
- [10] 王秋月,卢芳,刘树民,等.大麻及大麻素药用价值的现代研究进展[J].中药药理与临床,2020,36(4):222-227.
- [11] 胡乃华.大麻中抗癫痫作用新化合物的发现[J].天然产物研究与开发,2021,33(11):1917.
- [12] 徐雯,张敬军.大麻二酚治疗癫痫的研究进展[J].山东第一医科大学(山东省医学科学院)学报,2022,43(1):74-77.
- [13] 李臻,王雁,Kwan Patrick.大麻二酚在癫痫治疗中的研究进展[J].中华神经科杂,2019,52(7):586-591.
- [14] 成亮,孔德云.大麻中非成瘾性成分大麻二酚及其类似物的研究概况[J].中草药,2008,39(5):783-787.
- [15] 常祥文,陈文茜,孙艳,等.大麻的潜在医疗价值及使用风险[J].中国药物依赖性杂志,2020,29(3):161-168.
- [16] 车野,郭丽,王明泽,等.我国工业大麻发展现状及存在的问题[J].黑龙江农业科学,2022(9):105-110.
- [17] 郝红江,孙武兴,邢俊波,等.工业大麻叶提取大麻二酚工艺研究[J].绿色科技,2019(20):149-150.
- [18] 李俊生,王学峰,姜冰,等.超高效液相色谱-串联质谱法同时检测工业大麻中 8 种大麻素的含量[J].环境化学,2023,42(1):337-340.
- [19] 孙静,周靖,罗嘉嘉,等.GC-MS 和 UPLC-Q-TOF-MS 法测定工业大麻花叶中的化学成分[J].中国医药工业杂志,2022,53(10):1465-1481.
- [20] 曹菲斐,丁雯倩,邬晓欧,等.HPLC 测定化妆品中 4 种大麻酚类成分的检测方法[J].广州化工,2022,50(16):91-93.
- [21] 于宛彤,侯康鑫,苏新堯,等.药用大麻活性成分、产品开发及育种研究进展[J].中国实验方剂学杂志,2023,29(3):213-222.
- [22] 王丹,秦世丽,赵英楠,等.超高效液相色谱法同时测定面膜中 12 种大麻素的含量[J].分析实验室,2023,42(2):217-221.
- [23] 徐晖,陆征杰,李翼,等.工业大麻中非兴奋剂成分大麻二酚检测方法的研究进展[J].理化检验-化学分册,2023,59(3):367-372.
- [24] 祝冬,范蓓,孙玉凤,等.大麻二酚检测方法的研究进展[J].食品质量安全检测学报,2022,13(3):852-858.
- [25] 李俊,米要磊,王思嘉,等.基于 UPLC-QQQ-MS/MS 的工业大麻中 6 种大麻素类成分定量研究[J].中草药,2022,53(4):1163-1172.

(责任编辑:王 昱)