

# HPLC法测定工业大麻中大麻二酚和四氢大麻酚的不确定度评定

张鑫<sup>1,2</sup>, 刘丽宅<sup>1,2</sup>, 王多伽<sup>1,2</sup>, 赵云辉<sup>1,2</sup>, 王蕾<sup>1,2</sup>, 金香淑<sup>1,2</sup>,  
刘笑笑<sup>1,2\*</sup>, 姜晓莉<sup>1\*</sup>

(1. 吉林省农业科学院, 长春 130033; 2. 农业农村部农产品及加工品质量监督检验测试中心(长春), 长春 130033;)

**摘要:**对采用高效液相色谱法(HPLC)测定工业大麻中大麻二酚(CBD)和四氢大麻酚(THC)的不确定度进行评估, 依据《测量不确定度评定与表示》(JJF 1059.1-2012)和《化学分析中不确定度的评估指南》(CNAS-GL006-2019), 建立了HPLC法测定工业大麻中CBD和THC的不确定度评定的数学模型, 逐层对测定过程中各不确定度来源进行分析, 对各不确定度分量进行计算, 再对测定结果进行合成不确定度和扩展不确定度评估。结果表明, 检测CBD过程中, 不确定度来源的主要因素所占分量由大到小排序为: 标准溶液配制>标准工作曲线拟合>重复次数>提取>样品称量; 检测THC过程中, 不确定度来源的主要因素所占分量由大到小排序为: 标准工作曲线拟合>重复次数>标准溶液配制>提取>样品称量。CBD结果平均值为0.166 g/100 g, 扩展不确定度为0.0312 g/100 g, 取值结果为 $X=(0.166\pm 0.0312)$  g/100 g, 包含因子 $k=2$ ; THC平均值为0.0522 g/100 g, 扩展不确定度为0.00344 g/100 g, 取值结果为 $X=(0.0522\pm 0.00344)$  g/100 g, 包含因子 $k=2$ 。此方法适用于类似条件下CBD和THC测定不确定度的评定。

**关键词:** 不确定度评定; 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<sup>+</sup>2

文献标识码: A

文章编号: 2096-5877(2024)05-0081-06

## Uncertainty Evaluation of the Determination of CBD and THC in Industrial Hemp by HPLC

ZHANG Xin<sup>1,2</sup>, LIU Lizhai<sup>1,2</sup>, WANG Duoqia<sup>1,2</sup>, ZHAO Yunhui<sup>1,2</sup>, WANG Lei<sup>1,2</sup>, JIN Xiangshu<sup>1,2</sup>,  
LIU Xiaoxiao<sup>1,2\*</sup>, JIANG Xiaoli<sup>1\*</sup>

(1. Institute of Agricultural Quality Standards and Testing Technology, Jilin Academy of Agricultural Sciences, Changchun 130033; 2. Risk Assessment Lab of Agri-products Quality and Safety (Changchun), Ministry of Agriculture and Rural Affairs, P.R.C., Changchun 130033, China)

**Abstract:** To assess the uncertainty in the determination of cannabidiol (CBD) and  $\Delta^9$ -tetrahydrocannabinol (THC) in industrial cannabis using High-performance liquid chromatography (HPLC), according to 'Evaluation and expression of uncertainty in measurement' (JJF1059.1-2012) and 'Guidelines for the evaluation of uncertainty in chemical analysis' (CNAS-GL006-2019), a mathematical model of uncertainty evaluation for determination of CBD and THC in industrial hemp by HPLC was established. The sources of uncertainty were analyzed and the components of uncertainty were calculated, then the synthetic uncertainty and extended uncertainty were evaluated. The results showed that the main factors of uncertainty in the process of CBD were as follows: preparation of standard solution > fitting of standard working curve > repeated times > extraction > weighing of samples. In the process of THC detection, the main factors of uncertainty were as follows: standard working curve fitting > times of repetition > preparation of standard solution > extraction > weighing of samples. The average value of CBD was 0.166 g/100 g, the expanded uncertainty was 0.0312 g/100 g, the result was  $X = (0.166 \pm 0.0312)$  g/100 g, the inclusion factor  $k = 2$ . The average value of THC was 0.0522 g/100 g, the expanded uncertainty was 0.00344 g/100 g,  $X = (0.0522 \pm 0.00344)$  g/100 g,  $k = 2$ . This method is suitable for the evaluation of uncertainty of CBD and THC under similar conditions.

收稿日期: 2023-12-17

基金项目: 吉林省科技发展计划项目(20220202050NC、20220502004GH)

作者简介: 张鑫(1984-), 男, 助理研究员, 主要从事畜产品质量安全与检测技术研究。

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

姜晓莉, 女, 硕士, 研究员, E-mail: jxl1990@sohu.com

**Key words:** Uncertainty evaluation; Industrial hemp; CBD; THC; HPLC

工业大麻又称大麻、火麻和汉麻<sup>[1]</sup>,允许种植的大麻品种为四氢大麻酚(THC)含量小于0.3%。目前应用于纺织、食品、化妆品和制药等多种行业,应用范围广,经济价值大<sup>[2-7]</sup>。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<sup>[8]</sup>。具有止痛、抗炎、安眠、镇痉和镇静等作用<sup>[9-15]</sup>。大麻二酚是工业大麻品质评价的重要指标,四氢大麻酚是工业大麻质量控制的重要指标,为了确保检测结果可信,对工业大麻中大麻二酚和四氢大麻酚检测技术进行不确定度评定尤为重要。

测量不确定度评定与检测结果的合格判定直接相关<sup>[16]</sup>,对量值溯源和方法确认具有重要意义<sup>[17]</sup>。《检测和校准实验室能力的通用要求》(GB/T 27025-2019)明确规定<sup>[18]</sup>,当检测结果处于临界值或客户有需求时,须提供检测结果的不确定度。

本研究依据《化学分析中不确定度的评估指南》(CNAS-GL006-2019)和《测量不确定度评定与表示》(JJF 1059.1-2012)规定的方法,对HPLC法测定大麻中CBD和THC的不确定度进行评定,分析影响测定结果准确性的各种因素,旨在相关检测过程中,尽可能控制不准确性因素的影响,以提高检测结果的准确性。

## 1 材料与方 法

### 1.1 材 料

整株工业大麻,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

四氢大麻酚(THC)标准溶液(浓度1.0 mg/mL)和大麻二酚(CBD)标准品(浓度1.0 mg/mL)(美国Sigma-Aldrich公司),乙腈、甲醇和色谱纯(美国Thermo Fisher公司),95%乙醇,分析纯(上海国药集团),试验用水均为超纯水,0.45 μm滤膜(丹东百特仪器有限公司)。

### 1.3 仪 器

1260 II 高效液相色谱仪:安捷伦有限公司;VF 611 超纯水系统:德国SARTORIUS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。

### 1.4 方 法

#### 1.4.1 待测液制备

称取100目的试样1 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 mg,用2 mL甲醇溶解,制成0.5 mg/mL标准储备液。于2~4 °C条件下储存,有效期为1年。

四氢大麻酚标准储备液: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 °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0.02 mg/mL、0.04 mg/mL、0.05 mg/mL、0.06 mg/mL、0.08 mg/mL、0.10 mg/mL的标准工作液。于2~4 °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 °C条件下储存,有效期为6个月。

#### 1.4.4 色 谱 条 件

色谱柱:C<sub>18</sub>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 °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。

### 1.5 数 学 模 型 的 建 立

大麻二酚和四氢大麻酚含量计算公式:

$$X = \frac{C \times V \times f \times 10}{m}$$

式中:X为试样中大麻二酚和四氢大麻酚含量(g/100 g),C为标准曲线上查得大麻二酚和四氢大麻酚的浓度(mg/mL),V为试样定容体积(mL),m为试样质量(g),f为稀释倍数;10为单位换算。

## 2 结 果 与 分 析

### 2.1 来 源 分 析

根据JJF 1059.1-2012《测量不确定度评定与

表示》<sup>[19]</sup>,按照检测流程和数学模型,不确定度的来源见图1。

- (1)重复次数引入的不确定度  $U_{rel}(f)$ ;
- (2)样品称量引入的不确定度  $U_{rel}(M_1)$ ;

- (3)提取过程引入的不确定度  $U_{rel}(C_{提})$ ;
- (4)标准溶液配制引入的不确定度  $U_{rel}(C_{标})$ ;
- (5)标准工作曲线拟合求浓度引入的不确定度  $U_{rel}(C_{拟})$ 。

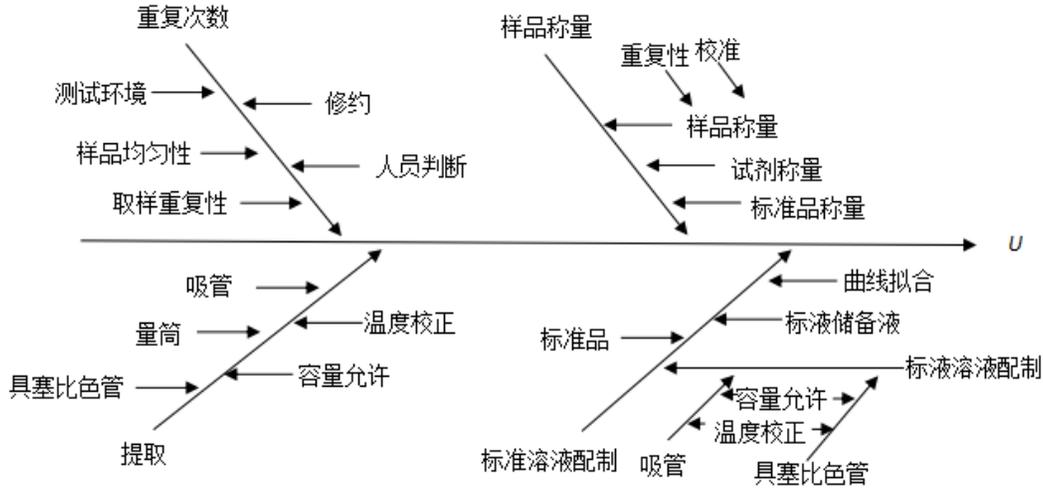


图1 不确定度来源与分析

### 2.2 不确定度分量的评定

#### 2.2.1 重复次数引入的不确定度 $U_{rel}(f)$

采用同一大麻样品、同一检验员、同一台仪器

重复处理测定10次,用标准偏差评定重复次数引入的不确定度,测定结果见表1和表2。

由表1计算大麻二酚  $\mu(f_{CBD})$ 和  $U_{rel}(f_{CBD})$ 为:

表1 大麻中大麻二酚含量测定结果

检测参数	重复次数P									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
大麻二酚	0.166	0.167	0.166	0.166	0.166	0.166	0.167	0.166	0.166	0.167

注:平均值:0.166 g/100 g,标准偏差:0.000 483 g/100 g

表2 大麻中四氢大麻酚含量测定结果

检测参数	重复次数P									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
四氢大麻酚	0.052 3	0.052 2	0.052 1	0.052 2	0.052 2	0.052 3	0.052 3	0.052 1	0.052 1	0.052 3

注:平均值:0.052 2 g/100 g,标准偏差:0.000 087 6 g/100 g

$$\mu(f_{CBD}) = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{10} (X_i - \bar{X})^2}{10 \times (10 - 1)}} = \sqrt{\frac{0.000 483}{90}}$$

$$= 0.002 317 (\text{g}/100 \text{ g})$$

$$U_{rel}(f_{CBD}) = \frac{0.002 317}{0.166} = 0.013 96$$

由表2计算四氢大麻酚  $\mu(f_{THC})$ 和  $U_{rel}(f_{THC})$ 为:

$$\mu(f_{THC}) = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{10} (X_i - \bar{X})^2}{10 \times (10 - 1)}} = \sqrt{\frac{0.000 483}{90}}$$

$$= 0.000 986 6 (\text{g}/100 \text{ g})$$

$$U_{rel}(f_{THC}) = \frac{0.000 986 6}{0.052 2} = 0.018 90$$

#### 2.2.2 样品称量引入的不确定度 $U_{rel}(M_1)$

样品称量引入的不确定度主要是电子天平。

电子天平最大允许误差为 $\pm 0.15 \text{ mg}$ ,按矩形分布计算,则电子天平引入的不确定度  $\mu(M_1)$ 为:

$$\mu(M_1) = \frac{a}{k} = \frac{0.15 \text{ mg}}{\sqrt{3}} = 0.086 6 \text{ mg}$$

电子天平引入的相对不确定度  $U_{rel}(M_1)$ 为:

$$U_{rel}(M_1) = \frac{\mu(M_1)}{m_1} = \frac{0.086 6 \text{ mg}}{1 000 \text{ mg}}$$

$$= 0.000 086 6$$

#### 2.2.3 提取过程引入的不确定度 $U_{rel}(C_{提})$

提取过程中引入的不确定度主要是容量器具(25 mL量筒和25 mL容量瓶,根据JJG 196-2006《常用玻璃量器》<sup>[20]</sup>,其不确定度和相对不确定度计算结果见表3。

表3 容量器具引入的相对不确定度

项目	容量允差 /mL	容量校正不确定度/mL, $V_{\text{容量}}$ 按 正态分布, 取 $\sqrt{3}$	温度变化引入体积变化的不确定	相对不确定度 $U_{\text{rel}}(\text{标定}) = \frac{\sqrt{V_{\text{容量}}^2 + V_{\text{温度}}^2}}{V}$
			度/mL, $V_{\text{温度}}$ $V_{\text{温度}} = \frac{V \times 2.1 \times 10^{-4} \times 5}{\sqrt{3}}$	
1 mL单标吸管(A类)	0.007	0.004 04	0.000 630	0.004 09
25 mL量筒(量出式)	0.50	0.288 68	0.031 500	0.005 81
1 mL容量瓶(A类)	0.01	0.005 77	0.000 618	0.005 80
2 mL容量瓶(A类)	0.015	0.008 66	0.001 212	0.004 37
5 mL容量瓶(A类)	0.02	0.011 55	0.003 030	0.002 39
25 mL容量瓶(A类)	0.03	0.017 32	0.015 156	0.000 921

$$U_{\text{rel}}(C_{\text{提}}) = \sqrt{[U_{\text{rel}}(\nu_{25\text{容}})]^2 + [U_{\text{rel}}(\nu_{25\text{量}})]^2}$$

$$= 0.005 88$$

2.2.4 标准溶液配制引入的不确定度  $U_{\text{rel}}(C_{\text{标}})$

2.2.4.1 标准品纯度引入的不确定度  $U_{\text{rel}}(\rho_1)$

由大麻二酚标准物质证书可知,标准品纯度 $\geq 98\%$ ,按正态分布计算,取 $\sqrt{3}$ 。标准品纯度不确定度  $U_{\text{rel}}(\rho_{1\text{CBD}})$ 为:

$$U_{\text{rel}}(\rho_{1\text{CBD}}) = \frac{100\% - 98\%}{\sqrt{3}} = 0.011 6$$

由四氢大麻酚标准物质证书可知,标准品纯度 $\geq 98\%$ ,按正态分布计算,取 $\sqrt{3}$ 。标准品纯度不确定度  $U_{\text{rel}}(\rho_{1\text{THC}})$ 为:

$$U_{\text{rel}}(\rho_{1\text{THC}}) = \frac{100\% - 98\%}{\sqrt{3}} = 0.011 6$$

2.2.4.2 标准储备液引入的不确定度  $U_{\text{rel}}(\rho_2)$

称量 1.0 mg 大麻二酚引入的相对不确定度  $U_{\text{rel}}(m_{\text{CBD}})$ ,计算方法同 2.2.2。

$$U_{\text{rel}}(m_{\text{CBD}}) = \frac{0.086 6 \text{ mg}}{1 \text{ mg}} = 0.086 6$$

配制大麻二酚标准储备液使用 2 mL 容量瓶,引入的相对不确定度  $U_{\text{rel}}(V_2)$ (见表 3)。

$$U_{\text{rel}}(V_2) = 0.004 37$$

$$U_{\text{rel}}(\rho_{2\text{CBD}}) = \sqrt{[U_{\text{rel}}(m_{\text{CBD}})]^2 + [U_{\text{rel}}(V_2)]^2}$$

$$= \sqrt{0.086 6^2 + 0.004 37^2}$$

$$= 0.086 7$$

配制四氢大麻酚标准储备液使用 1 mL 单标吸管和 5 mL 容量瓶,引入的相对不确定度  $U_{\text{rel}}(\rho_{2\text{THC}})$ 见表 3。

$$U_{\text{rel}}(\rho_{2\text{CBD}}) = \sqrt{[U_{\text{rel}}(\nu_1)]^2 + [U_{\text{rel}}(V_2)]^2}$$

$$= \sqrt{0.004 09^2 + 0.002 39^2}$$

$$= 0.007 10$$

2.2.4.3 标准工作液配制引入的不确定度  $U_{\text{rel}}(\rho_3)$

配制标准溶液过程中使用 1 mL 单标吸管和

1 mL 容量瓶,各自引入的相对不确定度见表 3。

配制大麻二酚标准工作液引入的相对不确定度  $U_{\text{rel}}(\rho_{3\text{CBD}})$ 为:

$$U_{\text{rel}}(\rho_{3\text{CBD}}) = \sqrt{[U_{\text{rel}}(\nu_{1\text{吸}})]^2 + [U_{\text{rel}}(\nu_{1\text{容}})]^2}$$

$$= 0.007 10$$

配制四氢大麻酚标准工作液引入的相对不确定度  $U_{\text{rel}}(\rho_{3\text{THC}})$ 为:

$$U_{\text{rel}}(\rho_{3\text{THC}}) = \sqrt{[U_{\text{rel}}(\nu_{1\text{吸}})]^2 + [U_{\text{rel}}(\nu_{1\text{容}})]^2}$$

$$= 0.007 10$$

标准溶液配制合成不确定度  $U_{\text{rel}}(C_{\text{标}})$ 为:

$$U_{\text{rel}}(C_{\text{标CBD}}) = \sqrt{U_{\text{rel}}^2(\rho_{1\text{CBD}}) + U_{\text{rel}}^2(\rho_{2\text{CBD}}) + U_{\text{rel}}^2(\rho_{3\text{CBD}})}$$

$$= 0.087 8$$

$$U_{\text{rel}}(C_{\text{标THC}}) = \sqrt{U_{\text{rel}}^2(\rho_{1\text{THC}}) + U_{\text{rel}}^2(\rho_{2\text{THC}}) + U_{\text{rel}}^2(\rho_{3\text{THC}})}$$

$$= 0.014 4$$

2.2.5 标准工作曲线拟合求浓度引入的不确定度

$U_{\text{rel}}(C_{\text{拟}})$

大麻二酚采用 6 个浓度水平的标准溶液进行测定。四氢大麻酚采用 10 个浓度水平的标准溶液进行测定。相应的峰面积与标准溶液浓度用最小二乘法进行拟合,结果见表 4。

拟合曲线求样品溶液中大麻二酚平均浓度产生的标准不确定度为  $\mu(C_{\text{拟}})$ :

$$S_R = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n [A_i - (aC_i + b)]^2}{n - 2}} = 181.906$$

$$\mu(C_{\text{拟}}) = \frac{S_R}{a} \sqrt{\frac{1}{P} + \frac{1}{n} + \frac{(C_i - \bar{C})^2}{\sum_{i=1}^n (C_i - \bar{C})^2}}$$

$$= 0.001 97$$

式中:  $S_R$  为标准溶液峰面积的标准偏差,  $A_i$  为各溶液峰面积,  $C$  为样品溶液的平均质量浓度,  $\bar{C}$  为标准系列溶液的平均质量浓度,  $C_i$  为各标准溶

表4 最小二乘法拟合标准曲线数据

组分	浓度/mg·mL <sup>-1</sup>	峰面积/mAU·min <sup>-1</sup>	线性回归方程	相关系数
大麻二酚	0.02	1 037.875 6	y=51 661.507 2x-1.412 4	0.998 39
	0.04	1 986.916 4		
	0.05	2 701.034 9		
	0.06	3 079.739 7		
	0.08	4 109.358 5		
	0.10	5 446.922 6		
	0.002	93.542 2		
	0.004	156.172 1		
	0.006	173.563 1		
	0.008	338.829 1		
四氢大麻酚	0.01	415.889 6	y=40 834.048 6x-10.091 1	0.999 62
	0.02	805.877 5		
	0.04	1 613.709 5		
	0.06	2 441.945 4		
	0.08	3 218.427 0		
	0.10	4 106.197 7		

液浓度值, a 为回归方程斜率, b 为截距, P 为样品平行测定次数, n 为标准工作曲线的点数。

大麻二酚最小二乘法拟合标准曲线求样品浓度引入的相对不确定度  $U_{rel}(C_{CBD})$  为:

$$U_{rel}(C_{CBD}) = \frac{\mu(C_{拟})}{C} = \frac{0.001 97}{0.066} = 0.029 8$$

拟合曲线求样品溶液中四氢大麻酚平均浓度产生的标准不确定度为  $\mu(C_{拟})$ :

$$S_R = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n [A_i - (aC_i + b)]^2}{n - 2}} = 39.022$$

$$\mu(C_{拟}) = \frac{S_R}{a} \sqrt{\frac{1}{P} + \frac{1}{n} + \frac{(C_i - \bar{C})^2}{\sum_{i=1}^n (C_i - \bar{C})^2}} = 0.000 443$$

四氢大麻酚最小二乘法拟合标准曲线求样品浓度引入的相对不确定度  $U_{rel}(C_{THC})$  为:

$$U_{rel}(C_{THC}) = \frac{\mu(C_{拟})}{C} = \frac{0.000 443}{0.02} = 0.022 2$$

### 2.3 大麻中大麻二酚和四氢大麻酚含量测定的合成不确定度和扩展不确定度

大麻二酚合成不确定度  $U_{rel}(C_{总CBD})$  为:

$$U_{rel}(C_{总CBD}) = \sqrt{U_{rel}(f_{CBD})^2 + U_{rel}(M_1)^2 + U_{rel}(C_{拟})^2 + U_{rel}(C_{标CBD})^2 + U_{rel}(C_{拟CBD})^2} = 0.093 9$$

四氢大麻酚合成不确定度  $U_{rel}(C_{总THC})$  为:

$$U_{rel}(C_{总THC}) = \sqrt{U_{rel}(f_{THC})^2 + U_{rel}(M_1)^2 + U_{rel}(C_{拟})^2 + U_{rel}(C_{标THC})^2 + U_{rel}(C_{拟THC})^2} = 0.093 9$$

大麻中大麻二酚含量为 0.166 g/100 g, 合成标准不确定度为:

$$U_{rel(合成CBD)} = X \times U_{rel(总CBD)} = 0.166 \times 0.093 9 = 0.015 6 (\text{g}/100 \text{g})$$

大麻中四氢大麻酚含量为 0.052 2 g/100 g, 合成标准不确定度为:

$$U_{rel(合成THC)} = X \times U_{rel(总THC)} = 0.052 2 \times 0.093 9 = 0.004 8 (\text{g}/100 \text{g})$$

扩展不确定度 U 为:

$$U_{CBD} = kU_{rel(合成CBD)} = 2 \times 0.015 6 = 0.031 2 (\text{g}/100 \text{g})$$

$$U_{THC} = kU_{rel(合成THC)} = 2 \times 0.004 8 = 0.009 6 (\text{g}/100 \text{g})$$

### 2.4 不确定度分量影响比较

各不确定度分量的比较结果见图 2 和图 3。

## 3 结 论

CBD 结果平均值为 0.166 g/100 g, 扩展不确定度为 0.031 2 g/100 g, 取值结果为 X=(0.166±0.031 2)g/100 g; THC 结果平均值为 0.052 2 g/100 g, 扩展不确定度为 0.009 6 g/100 g, 取值结果为 X=(0.052 2±0.009 6)g/100 g。

测定 CBD 过程中引入不确定度的各分量影响因素排序为: 标准溶液配制>标准工作曲线拟

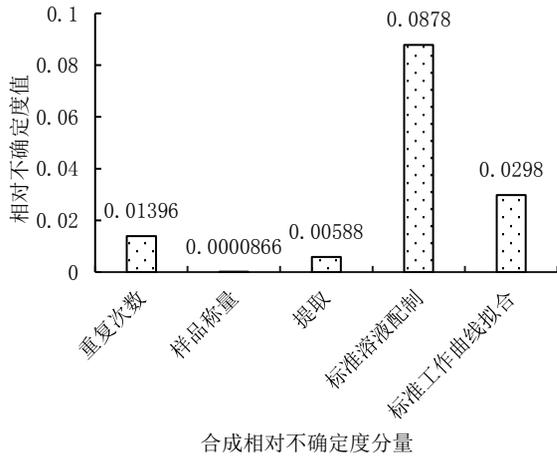


图2 大麻二酚合成相对不确定度分量比较

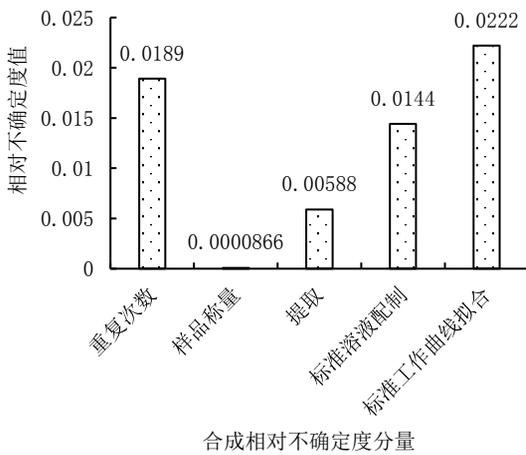


图3 四氢大麻酚合成相对不确定度分量比较

合>重复次数>提取>样品称量;测定THC过程中引入不确定度的各分量影响因素排序为:标准工作曲线拟合>重复次数>标准溶液配制>提取>样品称量。

#### 参考文献:

- [1] 高哲,张志军,李晓君,等.火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] 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.
- [3] 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.

- [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] 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.
- [6] 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.
- [7] 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.
- [8] 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.
- [9] 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.
- [10] 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.
- [11] 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.
- [12] 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.
- [13] 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.
- [14] 李臻,王雁,Kwan Patrick.大麻二酚在癫痫治疗中的研究进展[J].中华神经科杂志,2019,52(7):586-591.
- [15] 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.
- [16] 吴迪,江涛,李长燕,等.超高效液相色谱-串联质谱法测定鱼肉中4种有机磷农药残留量不确定度评定[J].东北农业科学,2024,49(3):102-108.
- [17] 刁银军,刘莉,肖珊美,等.UPLC-MS/MS法测定元胡中4种有机磷农药残留的不确定度评定[J].安徽农业科学,2018,46(6):157-161.
- [18] 国家市场监督管理总局,国家标准化管理委员会.检测和校准实验室能力的通用要求:GB/T 27025—2019[S].北京:中国标准出版社,2020.
- [19] 国家市场监督管理总局.中华人民共和国国家计量技术规范JJF1059-2012测量不确定度评定与表示[S].北京:中国质检出版社,2013.
- [20] 全国流量容量计量技术委员会.JJG 196-2006中华人民共和国国家计量检定规程常用玻璃量器[S].北京:中国计量出版社,2007.

(责任编辑:王昱)