

DOI: 10.19812/j.cnki.jfsq11-5956/ts.20250213003

引用格式: 李娜, 赵冰洋, 孙茜茜, 等. 茵陈总多酚的提取条件优化及其含量研究[J]. 食品安全质量检测学报, 2025, 16(15): 278–286.

LI N, ZHAO BY, SUN XX, et al. Optimization of extraction conditions and content study of total polyphenols from *Artemisia capillaris* [J]. Journal of Food Safety & Quality, 2025, 16(15): 278–286. (in Chinese with English abstract).

茵陈总多酚的提取条件优化及其含量研究

李娜¹, 赵冰洋², 孙茜茜¹, 罗蓓蓓¹, 蒋碧伟¹, 李向力^{1*}

(1. 河南省商业科学研究所有限责任公司, 郑州 450002; 2. 河南工业大学粮油食品学院, 郑州 450001)

摘要: **目的** 优化茵陈中总多酚的提取方法, 并研究河南地区茵陈中总多酚的含量水平。 **方法** 采用单因素优化结合响应面优化建立茵陈中总多酚提取的最优方法, 主要考察料液比、乙醇体积分数、提取时间、提取温度对茵陈中总多酚提取的影响。茵陈样品取自河南省18个地市, 结合土壤类型和分布地区对茵陈中总多酚含量进行分析。 **结果** 筛选出茵陈中总多酚提取的最优条件为: 料液比 1:30 (m:V)、乙醇体积分数 50%、提取时间 72 min、提取温度 63 °C, 此时茵陈中多酚的得率为 1.85%。分析了河南18个地市的茵陈总多酚含量, 最高值出现在安阳, 最低值出现在郑州; 就土壤类型而言, 潮土土壤的茵陈中总多酚最高为 7.51 mg/g, 而水稻土的茵陈中总多酚含量最低为 6.15 mg/g。 **结论** 所确立的提取方法稳定、可靠、经济, 所建立的模型能很好预测茵陈总多酚的得率, 河南地区茵陈的总多酚含量因地区不同而存在差异, 但不同的土壤类型未对其产生显著影响。

关键词: 茵陈; 总多酚提取; 河南; 响应面优化

Optimization of extraction conditions and content study of total polyphenols from *Artemisia capillaris*

LI Na¹, ZHAO Bing-Yang², SUN Xi-Xi¹, LUO Bei-Bei¹, JIANG Bi-Wei¹, LI Xiang-Li^{1*}

(1. Henan Commerce Science Institute Co., Ltd., Zhengzhou 450002, China;

2. School of Food Science and Technology, Henan University of Technology, Zhengzhou 450001, China)

ABSTRACT: Objective To optimize the extraction process of total polyphenols in *Artemisia capillaris* and study the content of it in Henan Province. **Methods** A single factor optimization combined with response surface optimization was used to establish the optimal method for extracting total polyphenols from *Artemisia capillaris*, mainly examining the effects of solid-liquid ratio, ethanol volume fraction, extraction time and extraction temperature on the extraction of total polyphenols from *Artemisia capillaris*. The samples of *Artemisia capillaris* were taken from 18 cities in Henan Province, and the total polyphenol content in *Artemisia capillaris* was analyzed based on soil type and distribution area. **Results** The best values of 4 factors were as follows: Solid-liquid ratio 1:30 (m:V), ethanol

收稿日期: 2025-02-13

基金项目: 河南省科学院基本科研业务费项目(230611035); 河南省科学院创新团队项目(20230104)

第一作者: 李娜(1985—), 女, 硕士, 工程师, 主要研究方向为食品安全与检测。E-mail: linayu1985@163.com

*通信作者: 李向力(1979—), 男, 硕士, 研究员, 主要研究方向为生物与食品安全。E-mail: 25275592@qq.com

concentration 50%, extraction time 72 min, extraction temperature 63 °C, and the best extraction rate of total polyphenols was 1.85%. With the best values of 4 factors, the total polyphenols in *Artemisia capillaris* from 18 regions in Henan was determined and analyzed. The highest value appears in Anyang and the lowest value appears in Zhengzhou. According to the types of soil, the tide soil had the highest value of total polyphenols, which was 7.51 mg/g, and the paddy soil had the lowest value of total polyphenols, which was 6.15 mg/g.

Conclusion The method optimized by this study is stable, reliable and economy. The model established can predict the extraction rate of total polyphenols well. The content of total polyphenols in *Artemisia capillaris* from different regions in Henan is discrepant. But the discrepancy is not significant according to the soil types.

KEY WORDS: *Artemisia capillaris*; extraction of total polyphenol; Henan; response surface optimization

0 引 言

茵陈(*Artemisia capillaris*)是菊科蒿属植物,多生于山坡、河岸、砂砾地,喜温暖湿润气候,适应性较强^[1]。茵陈植株具有浓烈的香气,是一种食用历史悠久且具有良好药效的天然植物。400 多年前,李时珍发现“茵陈,昔人多蒔为蔬”^[2],此外,茵陈还被制作成茶饮、糕点等。中国人还较早地认识到茵陈的药效,例如成书于 1800 年前的《神农本草经》认为“久服轻身益气,面白长年”,茵陈有清热除湿,保肝利胆的作用^[3];现代医学进一步的研究认为,茵陈具有抗氧化、抗炎、抗病毒、调节脂类代谢等功效^[4]。目前对茵陈的研究主要集中在药效,尤其是茵陈和其他中药配伍对于肝病的治疗,而把茵陈作为食品进行研究的文献很少。

茵陈显著的食效和药效是由于其含有多种活性成分,如有机酸、挥发油、萜类、多酚等^[5-7]。其中多酚是植物生长过程中重要的次生代谢物,普遍存在于水果、蔬菜等食物中。在结构上,其多个氢原子被羟基所取代,这些酚羟基能与人体内的自由基反应,从而避免自由基对人体的伤害,因此多酚具有很强的抗氧化能力,在预防和治疗心血管疾病、癌症、老年痴呆症等慢性疾病中发挥着重要作用^[8-9]。对多酚的研究见于多种植物,比如金樱子、罗望子、郁金香、花椒、罗汉果、余甘子、芦苇、粽叶等^[10-14],但对于茵陈中多酚的研究甚少。欧阳玉祝等^[15]采用超声提取工艺对茵陈中总多酚进行提取,总多酚得率最高为 0.5%,但李晓强等^[16]的研究认为,溶剂浸提法提取总多酚的效果要好于超声提取法。因此本研究采用溶剂浸提法提取茵陈中总多酚,优化其中的关键实验参数,对河南不同市区茵陈的总多酚含量进行测定,同时结合不同的土壤类型对茵陈中总多酚含量进行分析,以期对茵陈中总多酚的进一步研究提供基础,为茵陈的更好利用提供技术支撑。

1 材料与方 法

1.1 材料与试剂

茵陈样品共 121 份,来自河南 18 个地市,具有采集科学、分布广泛的特点,如表 1 所示。

表 1 茵陈采样数量及分布地区
Table 1 Distribution area and number of *Artemisia capillaris* samples

采样地区	采样数量
郑州市	11
许昌市	5
平顶山市	6
开封市	5
漯河市	8
焦作市	5
洛阳市	10
新乡市	11
济源市	7
商丘市	7
三门峡市	7
周口市	8
南阳市	5
信阳市	5
鹤壁市	5
安阳市	5
濮阳市	5
驻马店	6

乙醇、碳酸钠(分析纯,天津市科密欧化学试剂有限公司);没食子酸对照品(纯度大于 98%,美国 Sigma-Aldrich 贸易有限公司);福林酚(分析纯,上海源叶生物科技有限公司)。

1.2 仪器与设备

HH-S6A 型恒温水浴锅(北京科伟永兴仪器有限公司);UV-2700 型紫外可见分光光度计[岛津企业管理(中国)有限公司];GZX-9246MBE 型电热鼓风干燥箱(上海博迅实业有限公司医疗设备厂);JYL-C012E 榨汁搅拌机(九阳股份有限公司);AL104 电子天平(精度 0.0001 g,梅特勒-托利多仪

器上海有限公司)。

1.3 实验方法

1.3.1 样品制备

去除茵陈样品中的杂草、石块等异物,用蒸馏水洗去灰尘,低温烘干至恒重后进行粉碎,密封保存,备用。

1.3.2 比色法测定多酚的条件优化

依次考察福林酚加入量(mL)、质量分数为 10%的碳酸钠加入量(mL)、显色时间(min)对一定浓度没食子酸标准溶液吸光度的影响,并考察最优条件下标准曲线的相关系数。

取 10 mg 没食子酸标准品,用纯净水溶解定容至 100 mL,制成 0.1 mg/mL 的没食子酸标准溶液。取 2 mL 标准溶液至 25 mL 容量瓶中,加入 1 mL 10%碳酸钠、不同体积(0.1、0.2、0.5、1.0 mL)的福林酚试剂,定容至 25 mL,于暗处反应 1 h,在 760 nm 处测溶液的吸光度。每个处理做 3 个平行,取平均值,以确定最佳的福林酚试剂加入量(mL)。

取 2 mL 标准溶液至 25 mL 容量瓶中,加入不同体积(0.5、1.0、2.0、4.0 mL)的 10%碳酸钠、0.5 mL 福林酚试剂,定容至 25 mL,于暗处反应 1 h,在 760 nm 处测溶液的吸光度。每个处理做 3 个平行,取平均值,以确定最佳的 10%碳酸钠加入量。

取 2 mL 标准溶液至 25 mL 容量瓶中,加入 1 mL 10%碳酸钠、0.5 mL 福林酚试剂,定容至 25 mL,在暗处放置不同的时间(10、20、30、60 min),在 760 nm 处测溶液的吸光度,每个处理做 3 个平行,取平均值,以确定最佳的显色时间。

标准曲线的制作,分别取 0.1 mg/mL 的没食子酸标准溶液 0、0.5、1.0、1.5、2.0、2.5 mL 至 25 mL 容量瓶中,加入 1 mL 10%碳酸钠、0.5 mL 福林酚试剂,定容至 25 mL,在暗处放置 30 min,在 760 nm 处测溶液的吸光度,得到标准曲线。

1.3.3 茵陈中总多酚提取

采用乙醇水溶剂浸提法提取茵陈中总多酚。称取 0.5 g 茵陈样品于 250 mL 锥形瓶中,加入一定量的乙醇溶液,将其置于恒温水浴锅中,设定提取温度,准确计时,提取完成后,将提取液过滤至 50 mL 容量瓶中,用乙醇溶液多次润洗锥形瓶,多次过滤,合并滤液,定容至 50 mL。从中取出 0.5 mL 滤液置于 25 mL 容量瓶中,依次加入 10%碳酸钠、福林酚试剂,定容至 25 mL,摇匀,在 25 °C 避光放置,用试剂空白作参比,用 1 cm 比色皿于 760 nm 处测定溶液的吸光度,结合标准曲线计算出溶液中多酚质量,按照公式(1)计算多酚得率:

$$X\% = \frac{m_1}{m_2} \times 100\% \quad (1)$$

式中: X 为茵陈中总多酚得率,%; m_1 为提取液中总多酚质量, g; m_2 为茵陈样品质量, g。

1.3.4 茵陈中总多酚提取的单因素优化实验

设置乙醇体积分数 50%、料液比 1:30 ($m:V$)、时间 1 h,温度为 50、60、70、80 °C,以总多酚得率为评价指标,选取最佳的提取温度。

设置乙醇体积分数 50%、时间 1 h、温度 60 °C,料液比为 1:20、1:30、1:40、1:50 ($m:V$),以总多酚得率为评价指标,选取最佳的料液比。

设置料液比 1:30 ($m:V$)、时间 1 h、温度 60 °C,乙醇体积分数 30%、40%、50%、60%,以总多酚得率为评价指标,选取最佳的乙醇体积分数。

设置料液比 1:30 ($m:V$)、温度 60 °C、乙醇体积分数 50%,提取时间 45、60、75、90 min,以总多酚得率为评价指标,选取最佳的提取时间。

1.3.5 茵陈中总多酚提取的响应面优化实验

在单因素优化的基础上,采用 Box-Behnken 响应面设计方法,以料液比(A)、乙醇体积分数(B)、提取时间(C)、提取温度(D)为考察因素,以总多酚得率为响应值,开展四因素三水平实验,设计方案见表 2。

表 2 Box-Behnken 响应面设计方案
Table 2 Design table of Box-Behnken response surface

水平	因素			
	A(料液比) ($m:V$)	B(乙醇 体积分数)/%	C(提取 时间)/min	D(提取 温度)/°C
-1	1:20	40	60	50
0	1:30	50	75	60
1	1:40	60	90	70

1.3.6 河南不同市区茵陈中多酚含量测定及分析

用最优的提取和测定方法处理河南地区茵陈样品,得到茵陈中总多酚含量。对于测定结果,分别从不同地区、不同土壤类型的角度进行分析。

1.4 数据处理

所有实验数据均重复 3 次,用 Origin 2018 进行数据处理和制图,用 Design-Expert 12 进行响应面设计及分析。

2 结果与分析

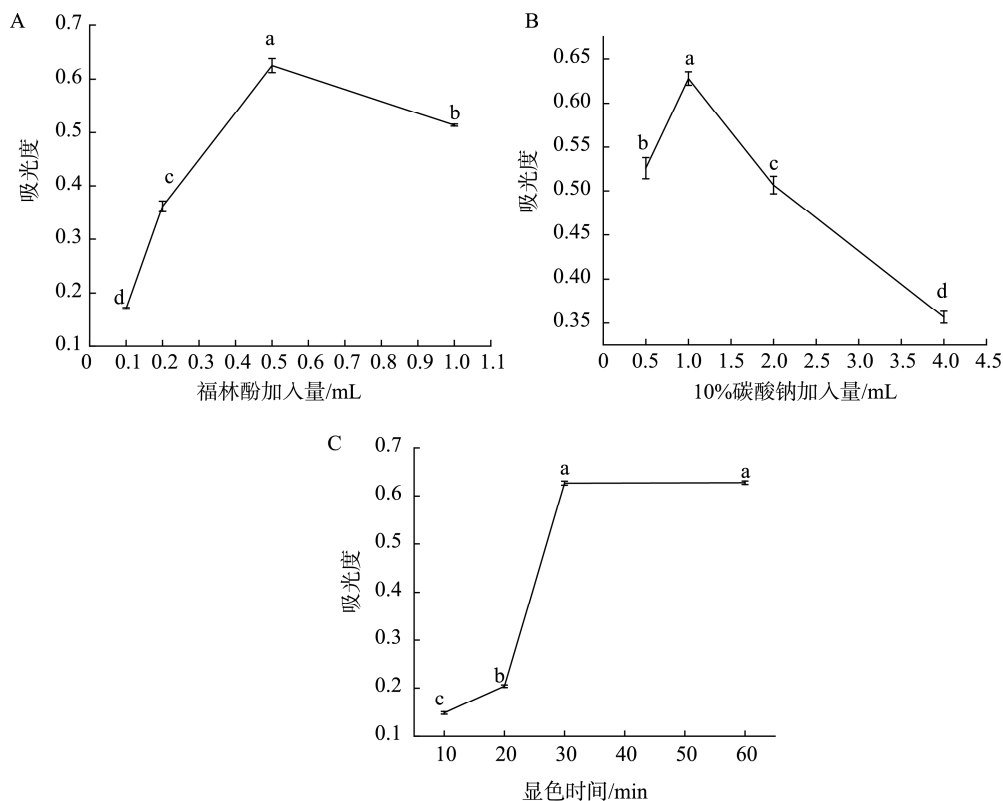
2.1 比色法测定多酚条件的优化结果

2.1.1 福林酚最佳加入量的确定

由图 1A 可知,对于一定浓度的没食子酸标准溶液,随着福林酚加入量的增加,溶液的吸光度先升高后降低。当加入 0.5 mL 福林酚时,溶液的吸光度最大。这种变化趋势与杨春妹等^[17]优化海藻多酚的测定时观察到的现象一致,因此选择 0.5 mL 福林酚为实验加入量。

2.1.2 10%碳酸钠最佳添加量的确定

由图 1B 可知,随着不同体积 10%碳酸钠的加入,没食子酸标准溶液的吸光度先增大后减小,当加入 1.0 mL



注: 不同小写字母表示具有显著性差异($P < 0.05$), 图 2 同。

图 1 福林酚加入量(A)、10%碳酸钠加入量(B)和显色时间(C)对溶液吸光度的影响($n=3$)

Fig.1 Effects of Folin phenol addition amount (A), 10% sodium carbonate addition amount (B) and reaction time (C) on the absorbance of solution ($n=3$)

10%碳酸钠时,溶液的吸光度最大。这是因为福林酚试剂必须在弱碱性环境下才能与多酚类物质发生反应并稳定显色。如果碳酸钠试剂不够则显色不完全,过量则显色体系不稳定。因此本研究选择加入 1.0 mL 10%碳酸钠。朱霞等^[18]在优化比色法测定核桃青皮中多酚时选择加入 3 mL 12.5%碳酸钠试剂,但其最大吸光度小于 0.5,而本研究最大吸光度大于 0.6,明显更优。

2.1.3 最佳显色时间的确定

如图 1C 所示,30 min 之前,没食子酸标准溶液的吸光度随着时间延长而增加,但 30 min 之后,溶液的吸光度保持稳定。为了提高实验的效率,选 30 min 为最佳的显色时间。

2.1.4 最佳实验条件下的标准曲线

用最优条件测定一系列标准溶液的吸光度,所生成的标准曲线相关系数为 0.9993,线性方程为: $Y = -0.0174X + 0.071$,具有良好的线性关系,可以满足实验的需求。

2.2 茵陈中总多酚提取条件优化结果

2.2.1 单因素实验中最佳提取温度的确定

单因素实验中提取温度对总多酚得率的影响如图 2A 所示。随着提取温度的升高,总多酚得率先升高后降低,在 60 °C 时达到最大。这是因为,温度升高会促进总多酚的溶解和扩散,但过高的温度会使总多酚的稳定性发生变化

而导致其含量下降。所以确定最佳的提取温度为 60 °C。张立攀等^[19]在研究牡丹花中总多酚提取的时候发现,50 °C 时可以得到最多的总多酚。这可能是牡丹花和茵陈样品的基质差别较大所导致的。

2.2.2 单因素实验中最佳料液比的确定

单因素实验中料液比对总多酚得率的影响如图 2B 所示。随着料液比的增加,茵陈中总多酚得率呈现先升高再降低的趋势。这是因为乙醇溶剂的增加使茵陈样品的细胞渗透压增高,从而有利于总多酚的溶出,使其得率提高。当料液比为 1:30 ($m:V$)时,总多酚的得率最高。而进一步增加乙醇溶剂,相当于稀释了多酚。从提高实验效率和降低实验成本考虑,选择 1:30 ($m:V$)为最佳的料液比。王玉启等^[20]在优化圆齿野鸦椿果皮总多酚的提取时选择 1:31 ($m:V$)的料液比,与本研究的结果接近。

2.2.3 单因素实验中最佳乙醇体积分数的确定

选择不同体积分数的乙醇溶液浸提茵陈总多酚,总多酚得率变化如图 2C 所示。随着乙醇体积分数的升高,总多酚得率先增加后减少,当乙醇的体积分数为 50%,总多酚得率最高。这是因为乙醇体积分数不同则提取溶剂的极性不同,而这会对活性成分的溶出有影响。当提取溶剂中水相比较多时会抑制总多酚的溶出,而当提取溶剂中乙醇较多时会增加其他脂溶性成分的溶出,形成对总多酚溶出的竞争性抑制^[21]。所以确定 50%的乙醇为最佳提取溶剂。

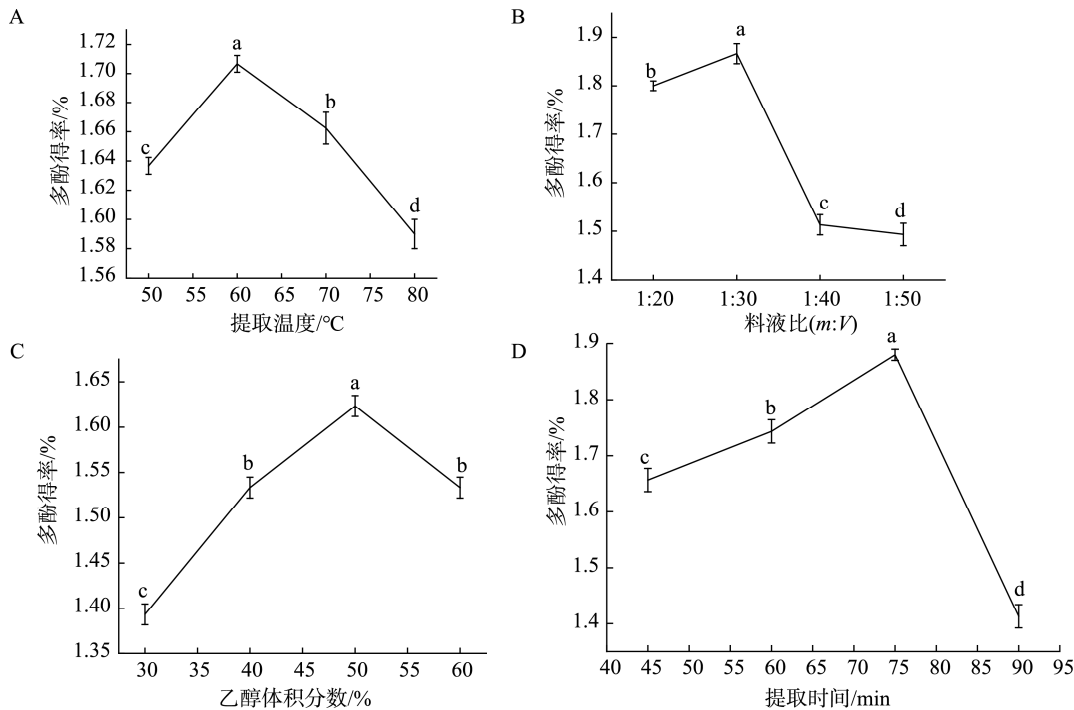


图2 提取温度(A)、料液比(B)、乙醇体积分数(C)和提取时间(D)对茵陈中多酚得率的影响($n=3$)
Fig.2 Effects of extraction temperature (A), solid-liquid ratio (B), ethanol volume fraction (C) and extraction time (D) on the extraction rate of total polyphenol from *Artemisia capillaris* ($n=3$)

2.2.4 单因素实验中最佳提取时间的确定

提取时间对总多酚得率的影响如图 2D 所示。随着时间的增加,总多酚得率不断提高,在 75 min 时最高,但是随着时间的进一步延长总多酚得率反而降低。这是因为更长的提取时间使得溶出的总多酚在空气中被氧化,其结构发生变化^[22],从而使测定数值降低。所以选择 75 min 为最优的提取时间。

2.2.5 响应面优化茵陈中总多酚的提取条件

在单因素实验基础上,以总多酚得率为响应值,以料液比(A)、乙醇体积分数(B)、提取时间(C)、提取温度(D)为考察因素,采用 Design-Expert 12.0 软件设计 4 因素 3 水平的 Box-Behnken 响应面实验,实验设计与结果见表 3,方差分析见表 4。在表 4 的方差分析中可以看到,模型极显著($P<0.01$),失拟项不显著($P>0.05$),表明该方程可以很好地反映总多酚得率和 4 个实验因素之间的关系。 $R^2=0.9807$,表明该拟合方程的相关性很强; R^2 和 R_{adj}^2 的差值小于 0.2,在合理的范围之内。一次项系数 A、B、C、D 和二次项 AC、BD、CD、 A^2 、 B^2 、 C^2 、 D^2 具有显著性差异($P<0.01$ 或 $P<0.05$)。从 F 来看, F 越大说明该因素对响应值的影响强度越大^[23],因此,对茵陈总多酚得率的影响大小依次为 $D>C>B>A$,即提取温度>提取时间>乙醇体积分数>料液比。

利用 Design Expert 软件对上述结果进行多元回归拟合分析,得到实验中 4 个单因素对茵陈中总多酚得率的拟合方程如下:

表 3 响应面实验设计及结果($n=3$)

Table 3 Design and results of response surface ($n=3$)

序号	A	B	C	D	多酚得率/%
1	-1	-1	0	0	1.78±0.014
2	1	-1	0	0	1.71±0.016
3	-1	1	0	0	1.68±0.023
4	1	1	0	0	1.67±0.025
5	0	0	-1	-1	1.55±0.018
6	0	0	1	-1	1.61±0.011
7	0	0	-1	1	1.62±0.021
8	0	0	1	1	1.79±0.017
9	-1	0	0	-1	1.60±0.015
10	1	0	0	-1	1.56±0.019
11	-1	0	0	1	1.72±0.023
12	1	0	0	1	1.68±0.025
13	0	-1	-1	0	1.63±0.022
14	0	1	-1	0	1.58±0.003
15	0	-1	1	0	1.76±0.028
16	0	1	1	0	1.69±0.031
17	-1	0	-1	0	1.67±0.015
18	1	0	-1	0	1.58±0.026
19	-1	0	1	0	1.76±0.019
20	1	0	1	0	1.77±0.036
21	0	-1	0	-1	1.66±0.017
22	0	1	0	-1	1.52±0.036
23	0	-1	0	1	1.72±0.018
24	0	1	0	1	1.73±0.054
25	0	0	0	0	1.82±0.041
26	0	0	0	0	1.81±0.035
27	0	0	0	0	1.83±0.042
28	0	0	0	0	1.84±0.039
29	0	0	0	0	1.85±0.028

表 4 Box-Behnken 响应面方差分析
Table 4 Analysis of variance of Box-Behnken response surface

来源	平方和	自由度	均方	F	P	显著性
模型	0.2426	14	0.0173	50.87	<0.0001	显著
A(料液比)	0.0049	1	0.0049	14.48	0.0019	显著
B(乙醇体积分数)	0.0117	1	0.0117	34.31	<0.0001	显著
C(提取时间)	0.0448	1	0.0448	131.67	<0.0001	显著
D(提取温度)	0.0479	1	0.0479	140.54	<0.0001	显著
AB	0.0010	1	0.0010	2.85	0.1135	不显著
AC	0.0022	1	0.0022	6.47	0.0234	显著
AD	0	1	0	0.05	0.8215	不显著
BC	0.0002	1	0.0002	0.47	0.5024	不显著
BD	0.0059	1	0.0059	17.28	0.0010	显著
CD	0.0033	1	0.0033	9.61	0.0078	显著
A ²	0.0226	1	0.0226	66.26	<0.0001	显著
B ²	0.0287	1	0.0287	84.17	<0.0001	显著
C ²	0.0450	1	0.0450	132.03	<0.0001	显著
D ²	0.0827	1	0.0827	242.72	<0.0001	显著
残差	0.0048	14	0.0003			
失拟项	0.0039	10	0.0004	1.74	0.3121	不显著
纯误差	0.0009	4	0.0002			
总和	0.2473	28				
R ²	0.9807			R _{adj} ²	0.9614	

$$Y=1.83-0.0203A-0.0312B+0.0611C+0.0632D+0.0156AB+0.0235AC-0.0021AD-0.0064BC+0.0384BD+0.0286CD-0.0590A^2-0.0665B^2-0.0833C^2-0.1129D^2$$

通过响应面交互作用分析,可以得到两两因素的相互作用情况。三维曲面图和等高线图可以直观地反映因素间的交互作用对响应值的影响程度。其三维曲面图和等高线图如图 3~5 所示。曲面坡度陡、等高线密集则表示两因素交互作用显著^[24]。图 3~5 的三维曲面图皆是凸形曲面,存在最高点,说明茵陈总多酚得率在因子设计范围内存在最大值。由图 3~5 的等高线图可知,CD、BD 均呈椭圆形,说明

提取时间和提取温度,乙醇体积分数和提取温度的交互作用显著,而 AD 呈近圆形,说明料液比和提取温度的交互作用不显著^[25]。这与方差分析结果一致。

2.2.6 验证实验

通过 Design-expert 软件得到茵陈中多酚最优提取条件为:料液比 1:28.80 (m:V)、乙醇体积分数 48.18%、提取时间 72.25 min、提取温度 63.01 °C,在此条件下,总多酚含量为 1.86%。考虑到实验操作可行性,将其修正为料液比 1:30 (m:V)、乙醇体积分数 50%、提取时间 72 min、提

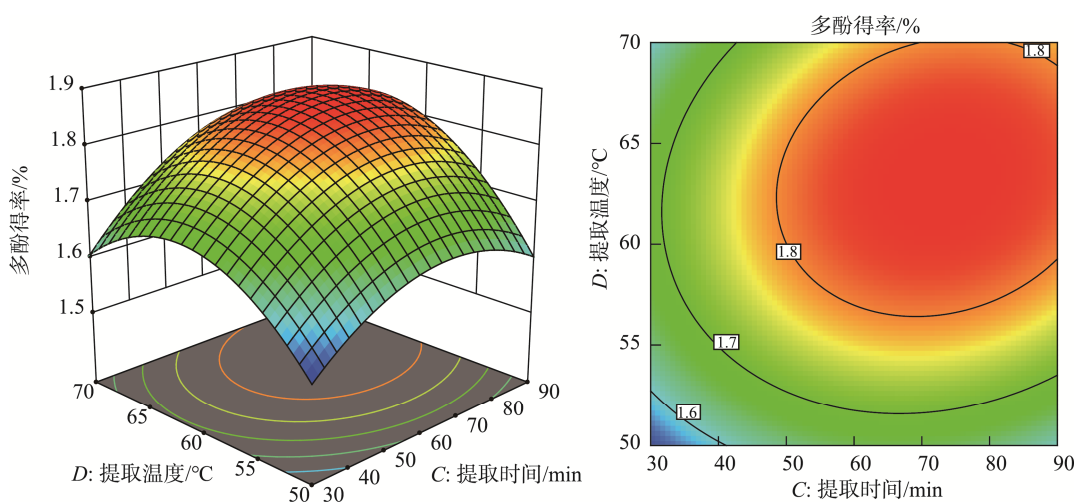


图 3 提取时间和提取温度交互作用的三维曲面图和等高线图

Fig.3 Three dimensional surface and contour map of the interaction between time and extraction temperature

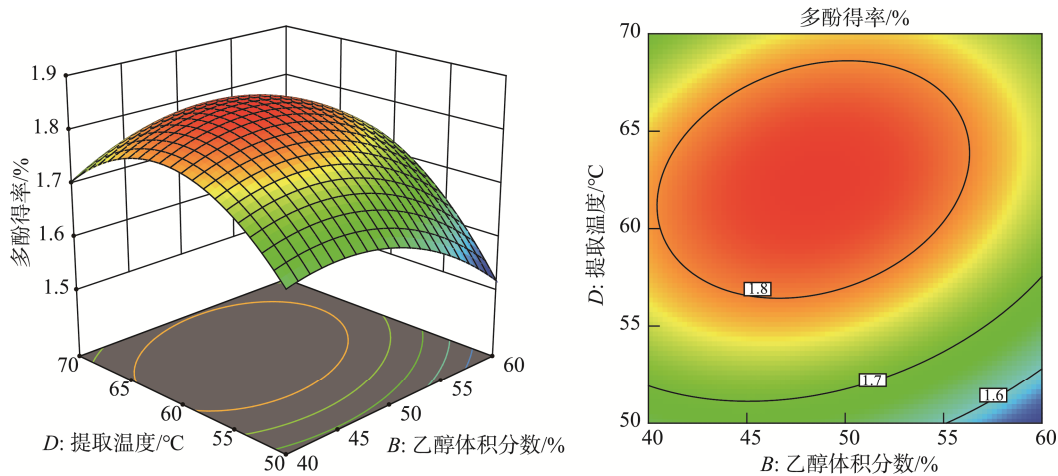


图 4 乙醇体积分数和提取温度交互作用的三维曲面图和等高线图

Fig.4 Three dimensional surface and contour map of the interaction between ethanol concentration and extraction temperature

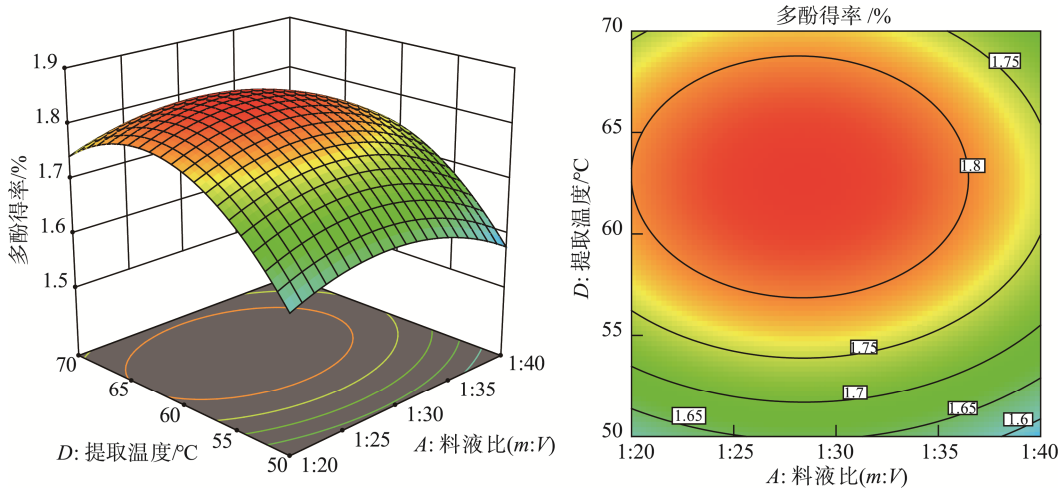


图 5 料液比和提取温度交互作用的三维曲面图和等高线图

Fig.5 Three dimensional surface and contour map of the interaction between material-solvent ratio and extraction temperature

取温度 63 °C。按照优化后的实验参数对茵陈总多酚进行 3 次测定, 平均值为 1.85%, 与理论值很接近, 表明该模型稳定可靠, 能很好预测茵陈总多酚的得率。

2.3 河南地区茵陈总多酚含量测定结果

河南地区有多种土壤类型^[26], 每种土壤类型的营养成分不同^[27-30], 生长于其上的植物合成的营养成分也有差异。本研究采集的茵陈属于野生样品, 因此茵陈总多酚含量除了与其生理生化特性有关, 也可能与其所根植的土壤类型有关。用最优实验参数测定茵陈样品总多酚含量, 结合采样地点以及河南地区土壤类型分布得到表 5。从表 5 可以看到, 潮土土壤的茵陈总多酚含量最高为 7.51 mg/g, 而水稻土的茵陈总多酚含量最低为 6.15 mg/g。从地区看, 最高值出现在安阳, 最低值出现在郑州, 而这两个地区都属于褐土土壤。用 SPSS 20 对不同土壤类型中茵陈总多酚含量进行分析, 其差异并不显著($P>0.05$)。

表 5 河南地区茵陈中总多酚含量(mg/g, n=3)
Table 5 Content of total polyphenol of *Artemisia capillaris* in Henan area (mg/g, n=3)

土壤类型	样品地区	总多酚含量	平均值
潮土	商丘	6.84±0.06	7.51
	开封	5.66±0.08	
	周口	11.00±0.03	
	新乡	5.95±0.04	
	濮阳	10.70±0.08	
	鹤壁	7.19±0.03	
	焦作市	5.23±0.02	
褐土	三门峡	8.43±0.03	7.11
	许昌	6.06±0.13	
	济源	5.28±0.01	
	安阳	11.20±0.03	
砂姜黑土	郑州	4.60±0.03	7.46
	南阳	7.63±0.24	
	漯河	6.81±0.18	
黄褐土	驻马店	7.93±0.13	6.38
	平顶山市	7.10±0.18	
水稻土	洛阳	5.65±0.17	6.15
	信阳	6.15±0.11	

3 结 论

本研究通过单因素优化和响应面优化相结合的方法, 确定了茵陈总多酚提取的最优条件: 料液比 1:30 (*m*:*V*)、乙醇体积分数 50%、提取时间 72 min、提取温度 63 °C, 该方法具有可靠、稳定、经济的特点, 与已有文献相比, 该方法显著提高了茵陈总多酚的得率, 可用于茵陈总多酚的提取。对河南不同地区茵陈样品的测定表明, 茵陈总多酚最高含量出现在安阳地区, 周口地区紧跟其后, 郑州地区的茵陈总多酚含量最低。分析了不同土壤类型对茵陈总多酚含量的影响, 方差分析表明差异并不显著。本研究从总多酚的提取和含量的角度对茵陈进行了研究, 将为茵陈的进一步开发利用提供技术支持。同时, 我国有丰富的茵陈资源, 茵陈含有多种生物活性物质, 对于产地自然环境对茵陈总多酚含量及生物活性的影响机制, 以及溶剂浸提法所得总多酚的具体组成成分及其生理功效还有待进一步研究。

参考文献

- [1] 谢伟楠, 张晶, 张湘苑, 等. 重构本草——茵陈[J]. 吉林中医药, 2023, 43(5): 582–585.
XIE WN, ZHANG J, ZHANG XY, *et al.* Reconstruction of Chinese materia medica--virgate wormwood herb [J]. Jilin Journal of Traditional Chinese Medicine, 2023, 43(5): 582–585.
- [2] 陈凌利, 韦雯璐, 李建明, 等. 茵陈蒿黄酮的提取、化学组成及生物活性研究进展[J]. 江西农业大学学报, 2024, 46(2): 263–277.
CHEN LL, WEI WL, LI JM, *et al.* Advances in extraction, purification, chemical composition and biological activities of *Artemisia capillaris* Thunb. flavonoids [J]. Acta Agriculturae Universitatis Jiangxiensis, 2024, 46(2): 263–277.
- [3] 王璐瑶, 李余佳, 耿佳乐, 等. 茵陈标准汤剂与其饮片中的化学成分比较[J]. 中国药房, 2024, 35(12): 1451–1456.
WANG LY, LI YJ, GENG JL, *et al.* Comparison of the chemical components in *Artemisiae scopariae* herba standard decoction and its decoction pieces [J]. China Pharmacy, 2024, 35(12): 1451–1456.
- [4] 何静怡, 舒腾云, 苏丽花, 等. 茵陈蒿的化学成分及其药理活性研究[J]. 云南中医药大学学报, 2023, 46(1): 64–70.
HE JY, SHU TY, SU LH, *et al.* Study on chemical constituents and pharmacological activities of *Artemisia capillaris* [J]. Journal of Yunnan University of Chinese Medicine, 2023, 46(1): 64–70.
- [5] 宋雨, 孙彦刚, 张艺媛, 等. 基于网络药理学和试验验证探讨茵陈蒿汤治疗糖尿病的作用机制[J]. 中国畜牧兽医, 2024, 51(9): 4106–4119.
SONG Y, SUN YG, ZHANG YY, *et al.* Study on the mechanism of Yinchenhao decoction in treating diabetes mellitus based on network pharmacology and experimental verification [J]. China Animal Husbandry & Veterinary Medicine, 2024, 51(9): 4106–4119.
- [6] 蓝淑珍, 周恩超. 周恩超运用苏叶-茵陈药对治疗慢性肾脏病经验[J]. 辽宁中医杂志, 2024, 51(5): 26–28.
LAN SZ, ZHOU ENC. Experience of ZHOU Enchao treating chronic kidney disease with couplet medicines of Suye (*Perillae folium*) and Yinchen (*Artemisiae scopariae* Herba) [J]. Liaoning Journal of Traditional Chinese Medicine, 2024, 51(5): 26–28.
- [7] 陈星梅, 刘琴文, 李懿, 等. 茵陈蒿汤治疗肝纤维化的核心功能成分群以及潜在通路[J]. 南方医科大学学报, 2024, 44(8): 1508–1517.
CHEN XM, LIU QW, LI Y, *et al.* Analysis of core functional components in Yinchenhao decoction and their pathways for treating liver fibrosis [J]. Journal of Southern Medical University, 2024, 44(8): 1508–1517.
- [8] 李鹤林, 周小玲, 吴晓娟, 等. 多酚调控蛋白、多糖及蛋白-多糖复合物乳液中脂质-蛋白质共氧化研究进展[J]. 食品科学, 2024, 45(12): 358–367.
LI HL, ZHOU XL, WU XJ, *et al.* Research progress on polyphenol regulation of lipid-protein co-oxidation in emulsions stabilized by proteins, polysaccharides or their complexes [J]. Food Science, 2024, 45(12): 358–367.
- [9] 王远利, 康心蕊, 陶亮, 等. 蛋白质与多酚的互作机制及其应用[J]. 中国食品学报, 2024, 24(2): 357–372.
WANG YL, KANG XR, TAO L, *et al.* The interaction mechanism between protein and polyphenol and its application [J]. Journal of Chinese Institute of Food Science and Technology, 2024, 24(2): 357–372.
- [10] 王慧竹, 李新胜, 王亮, 等. 金樱子总多酚提取工艺优化及抗氧化活性研究[J]. 中国酿造, 2023, 42(7): 190–195.
WANG HZ, LI XS, WANG L, *et al.* Optimization of extraction process and antioxidant activity of total polyphenols from *Rosa laevigata* [J]. China Brewing, 2023, 42(7): 190–195.
- [11] 曹叶霞, 李慧卿, 尹爱萍, 等. 超声辅助提取罗望子中总多酚及其抗氧化性研究[J]. 粮食与油脂, 2023, 36(1): 131–134, 138.
CAO YX, LI HQ, YIN AIP, *et al.* Study on the ultrasonic assisted extraction of polyphenols from *Tamarindus indica* L. and their antioxidant activity [J]. Cereals & Oils, 2023, 36(1): 131–134, 138.
- [12] 王文杰, 焦士蓉, 孙博瑞, 等. 花椒总多酚的提取工艺优化及其抑菌作用[J]. 中国调味品, 2021, 46(8): 37–42.
WANG WJ, JIAO SR, SUN BR, *et al.* Optimization of extraction technology and antibacterial effect of total polyphenols from *Zanthoxylum bungeanum* Maxim [J]. China Condiment, 2021, 46(8): 37–42.
- [13] 汪洪涛, 薛珂. 罗汉果花总多酚的提取工艺优化[J]. 粮食与油脂, 2020, 33(8): 77–80.
WANG HT, XUE K. Optimization of extraction process of total polyphenols from *Siraitia grosvenorii* flower [J]. Cereals & Oils, 2020, 33(8): 77–80.
- [14] 崔巧玉, 沈雯娟, 孙小璐, 等. 郁金香总多酚提取工艺优化及其抗氧化活性研究[J]. 中成药, 2022, 44(6): 1918–1922.
CUI QY, SHEN WJ, SUN XL, *et al.* Optimization of extraction process and antioxidant activity of total polyphenols from tulip [J]. Chinese Traditional Patent Medicine, 2022, 44(6): 1918–1922.
- [15] 欧阳玉祝, 吴道宏, 雷刚. 茵陈总多酚的超声提取工艺研究[J]. 应用化工, 2010, 39(12): 1827–1829.
OUYANG YZ, WU DH, LEI G. Research on ultrasound extraction technology of total polyphenol from herba *Artemisiae scopariae* [J]. Applied Chemical Industry, 2010, 39(12): 1827–1829.
- [16] 李晓强, 胡坤, 龚玉石, 等. 不同产地、不同提取方法对余甘子多酚含量及抗氧化活性的影响[J]. 食品工业科技, 2023, 44(2): 317–323.
LI XQ, HU K, GONG YS, *et al.* Effects of different producing areas and extraction methods of polyphenols from *Phyllanthus emblica* L. [J]. Science and Technology of Food Industry, 2023, 44(2): 317–323.
- [17] 杨春妹, 李志明, 范先婷, 等. 福林酚比色法测定海藻多酚的反应条件

- 优化[J]. 江苏农业学报, 2023, 39(1): 238–245.
- YANG CM, LI ZM, FAN XT, *et al.* Study on determination conditions of seaweed polyphenols by Folin-Ciocalteu colorimetry [J]. *Jiangsu Journal of Agricultural Sciences*, 2023, 39(1): 238–245.
- [18] 朱霞, 李焕荣, 罗游. Folin-Ciocalteu 比色法测定核桃青皮中多酚含量条件的优化[J]. 食品与机械, 2014, 30(4): 122–125.
- ZHU X, LI HR, LUO Y. Determination of the total polyphenols in walnut green husk by Folin-Ciocalteu colorimetric method [J]. *Food & Machinery*, 2014, 30(4): 122–125.
- [19] 张立攀, 王俊朋, 钱佳英, 等. 超声辅助法提取牡丹花中总黄酮和总多酚的工艺优化[J]. 食品安全质量检测学报, 2022, 13(2): 567–575.
- ZHANG LP, WANG JP, QIAN JY, *et al.* Optimization of the extraction process of total flavonoids and polyphenols from peony flowers by ultrasonic assisted method [J]. *Journal of Food Safety & Quality*, 2022, 13(2): 567–575.
- [20] 王玉启, 冯璐, 姚秋娟, 等. 圆齿野鸦椿果皮总多酚的提取及其抗炎作用[J]. 福建农林大学学报(自然科学版), 2020, 49(4): 498–504.
- WANG YQ, FENG H, YAO QJ, *et al.* Extraction of total polyphenols from *Euscaphis konishii* Hayata pericarp and its anti-inflammatory activity [J]. *Journal of Fujian Agriculture and Forestry University (Natural Science Edition)*, 2020, 49(4): 498–504.
- [21] 李华生, 周振华, 张航航, 等. 金银花中总黄酮和绿原酸加压同步提取的工艺优化[J]. 食品工业科技, 2019, 40(4): 172–177.
- LI HS, ZHOU ZH, ZHANG HH, *et al.* Optimization of synchronization extraction process of total flavonoids and chlorogenic acid by pressure assisted from *Lonicerae japonicae* [J]. *Science and Technology of Food Industry*, 2019, 40(4): 172–177.
- [22] 陈刚, 王国霞, 马晓, 等. 响应面法优化‘凤丹’牡丹花瓣多酚提取工艺[J]. 食品工业科技, 2018, 39(22): 158–162, 168.
- CHEN G, WANG GX, MA X, *et al.* Optimization of extraction technique of polyphenols from *Paeonia suffruticosa* ‘Feng Dan’ petals by response surface methodology [J]. *Science and Technology of Food Industry*, 2018, 39(22): 158–162, 168.
- [23] 祝媛媛, 任晓聪, 刘元松, 等. 响应面法优化马齿苋总多酚提取工艺及其抗氧化活性分析[J]. 粮食与油脂, 2024, 37(4): 119–123.
- ZHU YY, REN XC, LIU YS, *et al.* Optimization of total polyphenols extraction process from *Portulaca oleracea* L. by response surface method and analysis of its antioxidant activity [J]. *Cereals & Oils*, 2024, 37(4): 119–123.
- [24] 王诗瑶, 吴欣恬, 曹星星, 等. 响应面分析法优化啤酒花总多酚的提取工艺及抗氧化活性的研究[J]. 化学试剂, 2021, 43(12): 1743–1748.
- WANG SY, WU XT, CAO XX, *et al.* Optimization of the extraction process and antioxidant activity of total polyphenols from hops by response surface analysis [J]. *Chemical Reagents*, 2021, 43(12): 1743–1748.
- [25] 张小庆, 苏伟航, 孙芸, 等. 响应面法优化沙枣叶多酚提取工艺及体内外抗氧化活性研究[J]. 化学与生物工程, 2024, 41(9): 15–22.
- ZHANG XQ, SU WH, SUN Y, *et al.* Optimization in extraction process of polyphenols from *Elaeagnus angustifolia* L. leaves by response surface methodology and its antioxidant activities *in vitro* and *in vivo* [J]. *Chemistry & Bioengineering*, 2024, 41(9): 15–22.
- [26] 罗澜, 席源, 华仲臣, 等. 河南省典型土壤类型及土地利用方式对土壤活性有机质及碳库管理指数的影响[J]. 中国水土保持科学, 2023, 21(5): 29–37.
- LUO L, XI Y, HUA ZC, *et al.* Effects of typical soil types and land use patterns on soil labile organic matter and carbon pool management index in Henan Province [J]. *Science of Soil and Water Conservation*, 2023, 21(5): 29–37.
- [27] 孟繁华, 孟已圜. 河南省耕地土壤主要养分含量及空间差异分析[J]. 河南农业, 2023(31): 25, 31.
- MENG FH, MENG YY. Analysis of main nutrient content and spatial difference of cultivated land soil in Henan Province [J]. *Henan Nongye*, 2023(31): 25, 31.
- [28] 郭艺, 甘甫平, 闫柏琨, 等. 1948—2021年河南省土壤含水量时空分布特征及其影响因素研究[J]. 自然资源遥感, 2023, 35(3): 241–252.
- GUO Y, GAN FP, YAN BK, *et al.* Spatio-temporal distribution and influencing factors of soil moisture content in Henan Province during 1948—2021 [J]. *Remote Sensing for Natural Resources*, 2023, 35(3): 241–252.
- [29] 郭强, 蔡春楠, 谷志云, 等. 河南省表层土壤全碳与有机碳地球化学背景值研究[J]. 安徽农业科学, 2024, 52(19): 45–49.
- GUO Q, CAI CN, GU ZY, *et al.* Study on geochemical background values of total carbon and organic carbon in surface soil of Henan Province [J]. *Journal of Anhui Agricultural Sciences*, 2024, 52(19): 45–49.
- [30] 张楚磊, 田耀武. 河南省土壤有机碳储量及影响因素[J]. 环境监测管理与技术, 2024, 36(4): 71–76.
- ZHANG CL, TIAN YW. Soil organic carbon storage and its influencing factors in Henan [J]. *The Administration and Technique of Environmental Monitoring*, 2024, 36(4): 71–76.

(责任编辑: 于梦娇 安香玉)