

展[J]. 中成药, 2025, 47(8): 2619-2624.

[13] Yan Y H, Abdulla R, Ma Q L, *et al.* Comprehensive identification of chemical fingerprint and screening of potential quality markers of *Aloe vera* (L.) Burm. f. from different geographical origins via ultra-high-performance liquid chromatography hyphenated with quadrupole-orbitrap-high-resolution mass spectrometry combined with chemometrics[J]. *J Chromatogr Sci*, 2023, 61(4): 312-321.

[14] 陈彤彤. 中药芦荟化学成分表征及药代动力学研究[D]. 天津: 天津中医药大学, 2021.

[15] 陈迪路, 姚思凡, 孙伍慧, 等. GC-MS、UPLC-Q-TOF-MS/MS 结合网络药理学探讨地锦草药效物质基础及其抗炎作用机制[J]. 湖南中医药大学学报, 2023, 43(12): 2238-2248.

[16] 戴鹏宇, 黄锦豪, 张凯惠, 等. 地锦全草化学成分研究[J]. 中药材, 2024, 47(7): 1688-1693.

[17] 简 平, 元 旗, 周 坤, 等. 藏药诃子化学成分的高效液相色谱-质谱联用技术快速鉴定研究[J]. 世界科学技术-中医药现代化, 2018, 20(9): 1627-1637.

[18] 董婉绒, 崔 雨, 刘恬恬, 等. 诃子化学成分及药理活性研究进展[J]. 中成药, 2024, 46(4): 1237-1245.

[19] 李 师. 藏药毛诃子化学成分及体外抗癌活性的研究[D]. 北京: 北京中医药大学, 2018.

[20] 李雪冬, 罗晓敏, 马 箴, 等. 毛诃子化学成分和药理作用的研究进展及其质量标志物 (Q-Marker) 预测分析[J]. 中草药, 2023, 54(3): 976-990.

[21] Qiu F, Fan S Y, Diao Y P, *et al.* The mechanism of *Chebulae Fructus Immaturus* promote diabetic wound healing based on network pharmacology and experimental verification[J]. *J Ethnopharmacol*, 2024, 322: 117579.

[22] 王 楠, 陈 伟, 古丽再帕尔·托合尼亚孜, 等. 西青果的质量标准提升和指纹图谱建立[J]. 药物评价研究, 2023, 46(12): 2624-2631.

美国薄荷精油提取工艺优化及其对人参 3 种土传致病菌抑制作用评价与成分分析

徐彩燕, 吕泽良, 王 帅, 刘翠晶, 杨 莉*
(吉林农业大学, 吉林 长春 130118)

摘要: **目的** 优化美国薄荷精油提取工艺, 评价其对人参茄腐镰孢菌、尖孢镰孢菌、毁灭柱孢菌的抑制作用, 并分析其成分。**方法** 在单因素试验基础上, 以料液比、NaCl 浓度、提取时间、粒径、提取温度为影响因素, 精油得率为评价指标, Box-Behnken 响应面法优化提取工艺。采用菌丝生长速率法测定精油对 3 种土传致病菌的抑制作用, GC-MS 法进行成分分析。**结果** 最佳条件为料液比 1 : 26, NaCl 浓度 4%, 提取时间 110 min, 粒径 20 目, 提取温度 160 ℃, 精油得率为 2.89%。精油浓度在 0.6 μL/mL 以上时抑菌率为 87.33% ~ 100%, 强度依次为毁灭柱孢菌>尖孢镰孢菌>茄腐镰孢菌。精油主要活性成分为 1-辛烯-3-醇、百里醌和芳樟醇, 三者质量浓度在 1 mg/mL 下时对 3 种土传致病菌的抑制率均达 100%。**结论** 该方法稳定可靠, 可用于提取抑菌活性较强、成分明确的美国薄荷精油, 为开发人参土传病害植物源防控药剂提供了依据。

关键词: 美国薄荷精油; 提取工艺; 人参; 土传致病菌; 成分分析; Box-Behnken 响应面法; 菌丝生长速率法; GC-MS
中图分类号: R284.2 **文献标志码:** A **文章编号:** 1001-1528(2026)08-2706-06
doi: 10.3969/j.issn.1001-1528.2026.08.029

人参是传统名贵中药材, 我国产量与栽培面积均居世界首位^[1], 但该药材在栽培过程中易受土传病害侵袭^[2], 以茄腐镰孢菌 *Fusarium solani*、尖孢镰孢菌 *Fusarium oxysporum*、毁灭柱孢菌 *Ilyonectria destructans* 引起的根腐病与锈腐病更严重^[3-5]。目前, 田间防治时过度依赖化学农药, 易导致病原菌抗药性及土壤生态失调^[6-7], 而植物精

油因其广谱抗菌、易降解等特性, 正成为天然抗菌剂的研发热点^[8-10]。
美国薄荷 *Monarda didyma* L. 为唇形科美国薄荷属草本植物, 是寒旱地区城市绿化中植物配置的优选地被物种, 广泛栽培于我国各地^[11], 具有多种生理活性^[12-13], 但其精油对人参土传致病菌的抑制作用及物质基础尚未见报道。因此, 本实验优

收稿日期: 2026-04-30

基金项目: 吉林省科技发展计划项目 (20230204022YY); 吉林省现代农业产业技术人参体系项目 (JLARS-2025-040205)

作者简介: 徐彩燕 (2001—), 女, 硕士, 从事植物生态学研究。E-mail: 2645358514@qq.com

* 通信作者: 杨 莉 (1981—), 女, 博士, 副教授, 从事化学生态学研究。E-mail: yangliff@126.com

化美国薄荷精油提取工艺,评价该类成分对茄腐镰孢菌、尖孢镰孢菌、毁灭柱孢菌的抑制作用,并采用 GC-MS 法进行成分分析,旨在阐明该药材化学特征与生物活性,为开发高效安全的植物源人参病害防控药剂提供科学依据。

1 材料

1.1 药材 美国薄荷种植于吉林农业大学药用植物园,经吉林农业大学中药材学院植物分类实验室教师鉴定为正品,于 2022 年 7 月采集其叶片,阴干备用。

1.2 病原菌和农药 人参根腐病的茄腐镰孢菌(编号 3.128 0)、尖孢镰孢菌(编号 3.128 34)及人参锈腐病的毁灭柱孢菌(编号 3.913 2)均购于中国普通微生物菌种保藏管理中心。农药为多菌灵。

1.3 试剂 美国薄荷叶精油为吉林农业大学自制,经水蒸气蒸馏得到,为淡黄色透明液体,具有特异的香辛气,避光密封,在 4℃ 下保存,实验前经 0.22 μm 微孔滤膜过滤除菌。

1.4 仪器 高压蒸汽灭菌器(型号 Zeal way-GR, 厦门致微仪器有限公司);恒温培养箱(型号 Binder-DB240, 上海宾德环境试验设备有限公司);超净工作台(型号 SW-CJ-2D, 上海苏净实业有限公

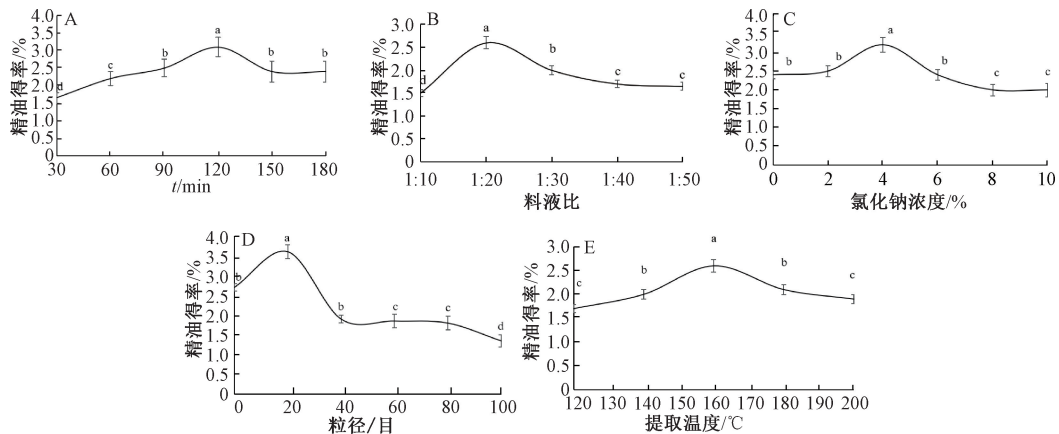
司);数显加热套(型号 ZNHW, 上海力辰仪器科技有限公司);冷凝管、精油提取器、圆底烧瓶(2L/29#型)(四川蜀玻集团有限责任公司);粉碎机(河北北辰科技有限公司)。

2 方法与结果

2.1 提取工艺优化

2.1.1 精油提取 参照 2025 年版《中国药典》挥发油测定方法,并有所改动。称取阴干药材(过 20 目筛)15 g,置于圆底烧瓶中,加入 NaCl 至浓度为 4%,浸泡 30 min,加热提取 110 min,静置一段时间后读取体积,计算得率,公式为精油得率=(精油质量/药材粉末质量)×100%,无水硫酸钠脱水干燥,置于棕色瓶中,在 4℃ 冰箱中保存。

2.1.2 单因素试验 各因素梯度分别为提取时间(图 1A)30、60、90、120、150 min,料液比(图 1B)1:10、1:20、1:30、1:40、1:50,氯化钠浓度(图 1C)0、2%、4%、6%、8%、10%,粒径(图 1D)0、20、40、60、80 目,提取温度(图 1E)120、140、160、180、200℃。结果,不同影响因素下精油得率均呈单峰型变化,并且不同梯度之间存在显著差异($P<0.05$),表明自变量与因变量之间存在非线性关系,并且不同自变量之间可能存在交互作用。



注:不同小写字母之间有显著差异 ($P<0.05$)。

图 1 单因素试验结果

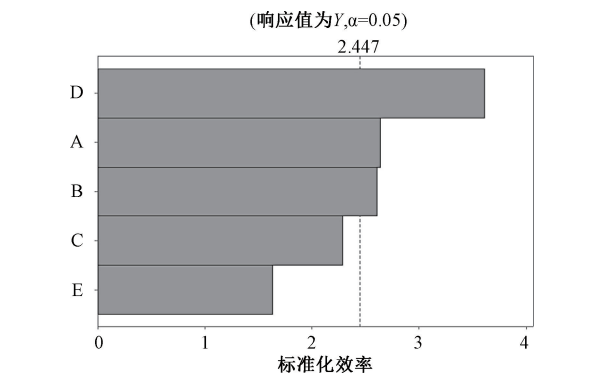
2.1.3 Plackett-Burman (PB) 试验 在单因素试验基础上,以精油得率为因变量 (Y),采用 Minitab 软件设计,结果见图 2。由此可知,各因素影响程度依次为粒径>提取时间>料液比>氯化钠浓度>提取温度,其中前三者更明显,故后续固定 NaCl 浓度 4%,提取温度 160℃,进一步优化粒径、提取时间与料液比的参数组合。

2.1.4 最陡爬坡试验 PB 试验中一阶模型为 $Y=$

$3.704-0.004\ 97A+0.014\ 75B+0.020\ 42C$,其中因素 A 为负效应, B 和 C 为正效应, A 、 B 、 C 步长值分别为 10、7、10,结果见表 1。由此可知,组合 3 中精油得率最高,故以其为中心点进行 Box-Behnken 响应面法设计。

2.1.5 Box-Behnken 响应面法 结果见表 2,可知精油得率在 1.92%~2.89% 范围内。

对表 2 数据进行拟合,得方程为 $Y=-8.672+$



注：A~E 分别为提取时间、料液比、氯化钠浓度、粒径、提取温度。

图 2 各影响因素 Pareto 图

表 1 最陡爬坡试验设计与结果

试验号	A 提取时间/min	B 料液比	C 粒径/目	Y 精油得率/%
1	120	1 : 10	10	2.00
2	110	1 : 17	20	2.33
3	100	1 : 24	30	2.56
4	90	1 : 31	40	2.33
5	80	1 : 38	50	2.00
6	70	1 : 45	60	1.67

表 2 Box-Behnken 响应面法设计与结果

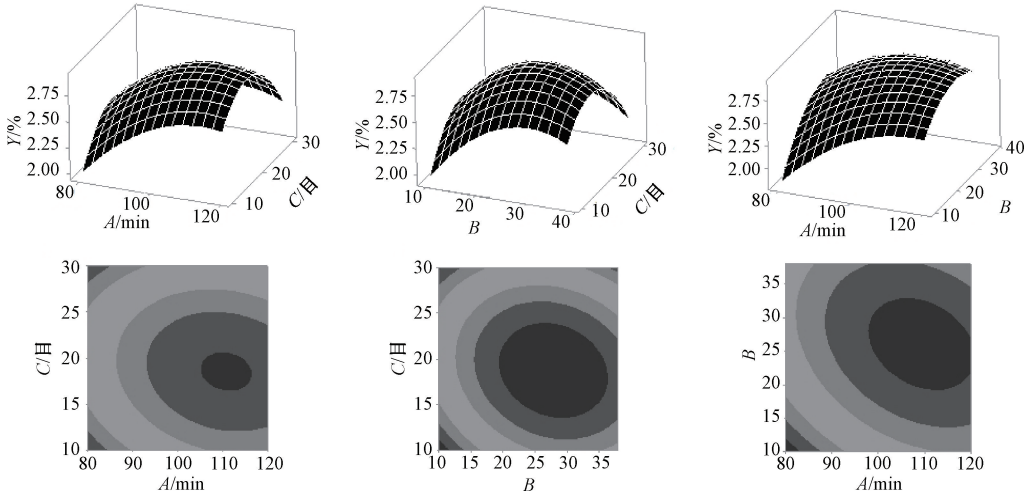
试验号	A 提取时间/min	B 料液比	C 粒径/目	Y 精油得率/%
1	80	1 : 10	20	1.81
2	120	1 : 10	20	2.59
3	80	1 : 38	20	2.37
4	120	1 : 38	20	2.59
5	80	1 : 24	10	2.03
6	120	1 : 24	10	2.59
7	80	1 : 24	30	2.03
8	120	1 : 24	30	2.26
9	100	1 : 10	10	1.92
10	100	1 : 38	10	2.48
11	100	1 : 10	30	2.03
12	100	1 : 38	30	2.14
13	100	1 : 24	20	2.78
14	100	1 : 24	20	2.89
15	100	1 : 24	20	2.89

$0.138\ 8A + 0.149\ 4B + 0.217\ 5C - 0.000\ 537A^2 - 0.001\ 521\ B^2 - 0.004\ 093C^2 - 0.000\ 496AB - 0.000\ 417AC - 0.000\ 794BC$ ($R^2 = 99.01\%$, $R^2_{\text{adj}} = 97.24\%$, $R^2_{\text{pred}} = 90.61\%$), 方差分析见表 3。由此可知, 模型 $P < 0.01$, 具有高度显著性; 失拟项 $P > 0.05$, 表明模型拟合程度良好; 因素 A、B、C 及其平方项、交互项有显著或极显著影响 ($P < 0.05$, $P < 0.01$)。

表 3 方差分析结果

来源	离均差平方和	自由度	均方	F 值	P 值
模型	1.758	9	0.195	55.800	<0.001
线性	0.620	3	0.207	59.070	<0.001
A	0.395	1	0.395	112.850	<0.001
B	0.187	1	0.187	53.340	0.001
C	0.039	1	0.039	11.020	0.021
平方	0.983	3	0.328	93.650	<0.001
A ²	0.170	1	0.170	48.680	0.001
B ²	0.328	1	0.328	93.770	<0.001
C ²	0.619	1	0.619	176.680	<0.001
双因子交互作用	0.154	3	0.051	14.690	0.006
AB	0.077	1	0.077	22.040	0.005
AC	0.028	1	0.028	7.930	0.037
BC	0.049	1	0.049	14.110	0.013
误差	0.018	5	0.004	—	—
失拟	0.009	3	0.003	0.750	0.615
纯误差	0.008	2	0.004	—	—
合计	1.776	14	—	—	—

响应面分析见图 3, 可知各影响因素交互作用的响应面均较陡峭, 等高线均呈椭圆形, 并且在 1 个因素固定的情况下, 其余 2 个因素对精油得率的影响呈先升后降的趋势, 表明它们在对应范围内有响应极值。采用 Minitab 软件得到最优工艺为提取时间 109.90 min, 料液比 1 : 26.40, 粒径 18.49 目, 精油得率为 2.93%, 根据实际情况, 将其



注：A、B、C、Y 分别为提取时间、料液比、粒径、精油得率。上方小图为三维曲面图，下方小图为等高线图。

图 3 各因素响应面图

修正为提取时间 110 min，料液比 1：26，粒径 20 目，NaCl 浓度 4%，提取温度 160 ℃。3 批验证试验结果显示，平均精油得率为 2.89%，与预测值 2.93% 接近，表明该工艺稳定可靠。

2.2 精油抑菌活性评价 采用菌丝生长速率法，按“2.1”项下最优工艺提取的精油与一定量吐温 80 混合，过滤除菌，加到 PDA 培养基中，控制含药培养基终浓度分别为 0.2、0.4、0.6、0.8、1.0 μL/mL，培养基冷却后每皿等距放入 1 个生长一致的受试菌种的菌饼，密封后在 25 ℃ 黑暗环境下倒置培养 7 d，测定菌落直径，建立毒力回归方程，计算 EC₅₀ 值。以加入等量吐温 80 的 PDA 培养基为对照，多菌灵质量浓度 500 μg/mL（田间施用时推荐使用 500 倍稀释液）的 PDA 培养基为阳性对照，计算抑菌率，公式为 $\text{抑菌率} = \frac{\text{对照组菌落直径} - \text{处理组菌落直径}}{\text{对照组菌落直径} - \text{菌饼直径}} \times 100\%$ ，结果见

表 4。由此可知，精油对 3 种病原菌均有抑制活性，并表现出一定剂量依赖性；浓度为 0.6 μL/mL 时，抑制率达 80% 以上；浓度在 0.4~1.0 μL/mL 范围内时，对病原菌的抑制作用依次为毁灭柱孢菌>尖孢镰孢菌>茄腐镰孢菌；浓度为 1.0 μL/mL 时，抑制率高于多菌灵。

表 4 美国薄荷精油对 3 种病原菌的抑制作用 ($\bar{x} \pm s$)			
浓度/(μL·mL ⁻¹)	抑制率/%		
	茄腐镰孢菌	尖孢镰孢菌	毁灭柱孢菌
0(空白)	0.00±0.00 ^f	0.00±0.00 ^f	0.00±0.00 ^e
0.2	30.37±2.71 ^e	50.42±1.16 ^e	49.05±1.39 ^d
0.4	49.37±0.65 ^d	60.55±1.10 ^d	77.95±0.48 ^e
0.6	81.13±1.21 ^e	85.43±0.33 ^e	90.97±0.08 ^b
0.8	84.67±0.08 ^b	92.08±0.35 ^b	93.82±0.32 ^a
1.0	87.33±0.26 ^a	100.00±0.00 ^a	100.00±0.00 ^a
多菌灵(500 μg/mL)	83.42±0.13 ^b	96.76±0.19 ^b	92.98±0.21 ^b

注：不同小写字母之间有显著差异（*P*<0.05）。

2.3 MIC、MFC 测定 在微孔板上加入溶于吐温 80 的精油，PDA 培养基稀释至终浓度分别为 0.6、0.8、1.0、1.2、1.4 μL/mL，每孔中加入 50 μL 含病原菌的孢子悬浮液（1×10⁶ CFU/mL），设置不加药物的真菌生长对照孔和不加真菌的药液对照孔，充分振荡以使孔内溶液混匀，置于 25 ℃ 培养箱中培养 72 h，以未见菌丝生长的浓度为 MIC，将其菌饼移接到新的无药培养基上，96 h 后仍未见菌丝生长的浓度为 MFC^[14]，结果见表 5。由此可知，精油对毁灭柱孢菌、尖孢镰孢菌的 MIC 和 MFC 相同，即主要表现为杀菌活性；精油对茄腐镰孢菌的 MIC 小于 MFC，即主要表现为抑制生长作用。

表 5 美国薄荷精油对 3 种病原菌的 MIC、MFC					
菌株	毒力回归方程	EC ₅₀ /	<i>R</i> ²	MIC/	MFC/
		(μL·mL ⁻¹)		(μL·mL ⁻¹)	(μL·mL ⁻¹)
茄腐镰孢菌	<i>Y</i> =4.551 5 <i>X</i> +6.616 7	0.440	0.963	1.200	1.400
尖孢镰孢菌	<i>Y</i> =11.470 8 <i>X</i> +9.062 3	0.440	0.942	1.000	1.000
毁灭柱孢菌	<i>Y</i> =9.939 4 <i>X</i> +9.295 1	0.370	0.963	1.000	1.000

2.4 成分分析 采用 GC-MS 法，色谱条件为 Agilent HP-5 色谱柱（30 m×250 μm×0.25 μm）；载气高纯度氦气，体积流量 1 mL/min；分流比 30：1；进样量 1 μL；程序升温（初始 70 ℃，保持 3 min，以 15 ℃/min 升至 80 ℃，保持 30 min，最后升至 280 ℃，总运行时间 45 min）。质谱条件为电子能量 70 eV；电子源温度 230 ℃；四级杆温度 150 ℃；溶剂延迟 6 min。总离子流图见图 4，共获得 69 个信号，按照匹配度大于 90%，共鉴定出 17 种成分，采用峰面积归一化法测得其总相对含量为 85.30%，具体见表 6。由此可知，精油中含 10 种萜烯类（占比 7.81%）、2 种醇类（占比 6.51%）、2 种烃类（占比 36.37%）、2 种酚类（占比 28.72%）、1 种醌类（占比为 4.94%），其中含量较高的化合物为间伞花烃（34.39%）和 3-甲基-4-异丙基苯酚（24.99%）。

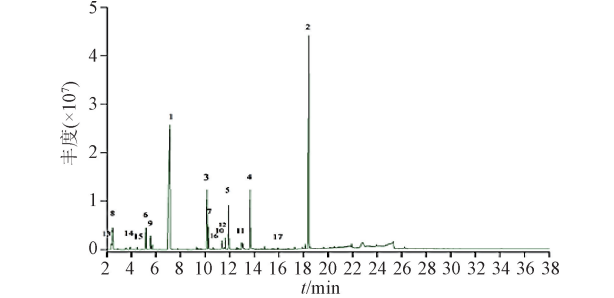


图 4 美国薄荷精油 GC-MS 总离子流图

表 6 美国薄荷精油化学成分鉴定结果			
峰号	名称	CAS 编号	相对含量/%
1	间伞花烃	535-77-3	34.39
2	3-甲基-4-异丙基苯酚	3228-02-2	24.99
3	1-辛烯-3-醇	3391-86-4	5.37
4	百里醌	490-91-5	4.94
5	香芹酚甲醚	6379-73-3	3.73
6	(+)-4-萜烯	29050-33-7	2.21
7	2-甲基-2-丁烯	17699-16-0	1.98
8	α-侧柏烯	2867-05-2	1.54
9	(+)-柠檬烯	5989-27-5	1.25
10	芳樟醇	78-70-6	1.14
11	β-石竹烯	87-44-5	1.04
12	2-蒎烯	80-56-8	0.66
13	桉烯	3387-41-5	0.32
14	3-萜烯	13466-78-9	0.28
15	β-波旁烯	5208-59-3	0.23
16	α-姜黄烯	30021-74-0	0.18
17	石竹素	1139-30-6	0.10

2.5 精油成分抑菌活性评价 在“2.4”项下结果基础上，综合考量各成分相对含量占比及相关文献报道的活性潜力进行筛选，同时考虑到生物农药研发的经济性与产业化的可行性，重点选取市场供应充足、成本较低的 9 种成分，采用菌丝生长速率法进行验证，其质量浓度均为 1 mg/mL（每 1 mg 成分对应的体积为 0.99~1.19 μ L，与精油 MIC 基本一致），其余操作同“2.2”项，结果见表 7。由此可知，1-辛烯-3-醇、百里醌和芳樟醇对 3 种病原菌的抑制率最高，均达 100%。

表 7 美国薄荷精油成分对 3 种病原菌的抑制作用 ($\bar{x}\pm s$)

成分	茄腐镰孢菌	尖孢镰孢菌	毁灭柱孢菌
1-辛烯-3-醇	100.00±0.00 ^a	100.00±0.00 ^a	100.00±0.00 ^a
芳樟醇	100.00±0.00 ^a	100.00±0.00 ^a	100.00±0.00 ^a
百里醌	100.00±0.00 ^a	100.00±0.00 ^a	100.00±0.00 ^a
(+)-柠檬烯	15.86±0.04 ^b	23.72±0.03 ^c	22.15±0.02 ^c
3-甲基-4-异丙基苯酚	15.15±0.02 ^b	41.14±0.02 ^c	37.74±0.02 ^b
β -石竹烯	15.91±0.02 ^b	33.45±0.00 ^d	10.70±0.01 ^d
2-萜烯	6.14±0.02 ^c	10.39±0.01 ^f	2.57±0.00 ^e
桉烯	7.99±0.00 ^c	39.74±0.07 ^c	22.41±0.02 ^c
3-葑烯	17.97±0.03 ^b	46.66±0.02 ^b	23.25±0.01 ^c

注：不同小写字母之间有显著差异 ($P<0.05$)。

3 讨论与结论

本实验采用 Box-Behnken 响应面法优化美国薄荷精油提取工艺，测得该类成分得率达 2.89%，显著高于文献 [13] 报道的 0.49%，这得益于工艺参数的协同优化，也凸显吉林产区该药材良好的资源开发价值。研究表明，同类病原菌对植物精油的敏感性存在差异^[15-16]；本实验发现，美国薄荷精油在 1.0 μ L/mL（约 0.9 mg/mL）浓度下对尖孢镰孢菌、毁灭柱孢菌的抑制率均达 100%，并且对茄腐镰孢菌的作用优于同剂量茅苍术精油^[17]。

本实验鉴定出间伞花烃（34.39%）和 3-甲基-4-异丙基苯酚（24.99%）为美国薄荷精油主要成分，与文献 [18-20] 报道的欧洲产地药材精油化学组成特征存在显著差异，可能源于遗传差异、提取方法、生长环境、产地（美国薄荷原产于北美洲，而本实验所用药材栽培于吉林）。为了明确具体的抑菌物质基础，本实验基于 GC-MS 法和抑菌实验发现，1-辛烯-3-醇、百里醌、芳樟醇对 3 种病原菌的抑制率均达 100%，与关于芳樟醇^[21-22]、1-辛烯-3-醇^[23-24]具有广谱抗菌作用的报道一致。

综上所述，本实验优化美国薄荷精油提取工艺，并证实该类成分及其主要组成对人参土传病原菌具有显著抑制作用。尽管美国薄荷精油具体作用

机制（如对菌丝生长、孢子萌发的干扰途径等）及田间实际防效仍需进一步考察，但它已展现出优异的性能，可作为高效天然植物源药剂研发的候选物。

参考文献：

[1] 王佰平. 关于东北林区人参产业发展的思考[J]. 国家林业和草原局管理干部学院学报, 2021, 20(1): 28-34.

[2] 章亚博, 王丽伟, 赵 敏, 等. 人参土传病害生防微生物及其抑菌促生机制研究进展[J]. 中国植保导刊, 2022, 42(5): 20-26; 33.

[3] 邵慧慧, 张西梅, 刘紫祺, 等. 引起西洋参锈腐病的 *Ilyonectria* 属 4 种病原菌的生物学特性及其对不同杀菌剂的敏感性[J]. 植物病理学报, 2022, 52(2): 215-222.

[4] 毕 武, 陈 娟, 焦晓林, 等. 北京地区西洋参根腐病病原鉴定及其致病性[J]. 植物保护, 2011, 37(5): 135-138.

[5] Ma Y Y, Guan Y M, Zhang Y, *et al.* First report of *Fusarium oxysporum* causing basal stem rot on *Panax ginseng* in China[J]. *Plant Dis*, 2020, 104(10): 2723.

[6] 孙 海, 邵 财, 李美佳, 等. 人参常见病害的防治用药分析[J]. 中国植保导刊, 2023, 43(9): 91-95.

[7] 刘静婉, 李 琼, 张 涛, 等. 从改良土壤角度探索人参连作障碍解决方法的研究进展[J]. 应用化学, 2022, 39(12): 1818-1832.

[8] 向婷婷, 周忠林, 廖 钢, 等. 重大入侵害虫番茄潜叶蛾绿色防控研究进展[J]. 环境昆虫学报, 2025, 47(1): 1-11.

[9] 肖 瑶. 细辛精油的微波水上蒸馏法提取及对黄芪根腐致病菌的抑制活性的研究[D]. 哈尔滨: 东北林业大学, 2019.

[10] 聂小妮. 土荆芥挥发油成分分析及药用活性研究[D]. 咸阳: 西北农林科技大学, 2011.

[11] 中国科学院《中国植物志》编辑委员会. 中国植物志（第六十六卷）[M]. 北京: 科学出版社, 1977: 201.

[12] 代金龙. 美国薄荷精油在蓝莓采后保鲜防腐中的应用研究[D]. 长春: 吉林大学, 2022.

[13] Côté H, Pichette A, St-Gelais A, *et al.* The biological activity of *Monarda didyma* L. essential oil and its effect as a diet supplement in mice and broiler chicken[J]. *Molecules*, 2021, 26(11): 3368.

[14] Jordheim L P, Ben Larbi S, Fendrich O, *et al.* Gemcitabine is active against clinical multiresistant staphylococcus aureus strains and is synergistic with gentamicin[J]. *Int J Antimicrob Agents*, 2012, 39(5): 444-447.

[15] 王光慧, 余 帅, 王梓懿, 等. 紫苏精油和毛地黄鼠尾草精油的挥发性成分及生物活性[J]. 微生物学通报, 2024, 51(9): 3409-3421.

[16] Sun W M, Ma Y N, Yin Y J, *et al.* Effects of essential oils from *Zingiberaceae* plants on root-rot disease of *Panax notoginseng*[J]. *Molecules*, 2018, 23(5): 1021.

[17] 陈 飞, 李 蕾, 周佳宇, 等. 茅苍术挥发油及主要组分对 3 种病原菌和 2 种内生菌的抑菌活性[J]. 江苏农业学

报, 2015, 31(6): 1270-1277.

[18] Ricci D, Epifano F, Fraternale D. The essential oil of *Monarda didyma* L. (Lamiaceae) exerts phytotoxic activity *in vitro* against various weed seed[J]. *Molecules*, 2017, 22(2): 222.

[19] Wróblewska K, Szumny A, Zarowska B, *et al.* Impact of mulching on growth essential oil composition and its biological activity in *Monarda didyma* L. [J]. *Ind Crops Prod*, 2018, 125: 112-120.

[20] Fraternale D, Dufat H, Albertini M C, *et al.* Chemical composition, antioxidant and anti-inflammatory properties of *Monarda didyma* L. essential oil[J]. *PeerJ*, 2022, 10: e14433.

[21] Li X M, Wang Q F, Li H S, *et al.* Revealing the mechanisms for linalool antifungal activity against *Fusarium oxysporum* and its efficient control of *Fusarium wilt* in tomato plants[J]. *Int J Mol Sci*, 2022, 24(1): 458.

[22] Li Y, Li T T, Qin X J, *et al.* Linalool inactivates TORC1, disrupting ribosome biogenesis and inhibiting *Fusarium oxysporum* growth[J]. *Chem Biodivers*, 2025, 22(2): e202400688.

[23] Xiong C, Li Q, Li S H, *et al.* *In vitro* antimicrobial activities and mechanism of 1-octen-3-ol against food-related bacteria and pathogenic fungi[J]. *J Oleo Sci*, 2017, 66(9): 1041-1049.

[24] 杨秀娟, 李卫雅, 李彩苗, 等. 茶籽饼对黄芪和三七根腐病病原菌的抑制效果[J]. *浙江农业学报*, 2022, 34(6): 1227-1235.

益气安神消癥汤提取纯化工艺优化

魏子轩^{1,2}, 江漪冉^{1,2}, 邵孟其^{1,2}, 黄亚威^{1,2}, 张先林^{1,2}, 左全^{1,2*}, 吴磊^{1,2,3*}
(1. 南京中医药大学附属医院, 江苏 南京 210029; 2. 南京中医药大学第一临床医学院, 江苏 南京 210029; 3. 南京中医药大学附属医院中药制剂实验室, 江苏 南京 210029)

摘要: **目的** 优化益气安神消癥汤提取纯化工艺。**方法** 在单因素试验基础上, 以浸泡时间、加水量、提取时间为影响因素, 红景天苷、咖啡酸、阿魏酸、特女贞苷、芸香柚皮苷、柚皮苷、橙皮苷、迷迭香酸、芒柄花苷、川陈皮素含量及浸膏得率为评价指标, AHP-熵权法结合正交试验优化提取工艺。以君臣药成分含量、佐使药成分含量、浸膏得率为评价指标, 优化浓缩工艺。以相对密度、离心力、离心时间为影响因素, 君臣药成分含量、佐使药成分含量、浸膏得率为评价指标, AHP-熵权法结合正交试验优化离心工艺。**结果** 最佳条件为浸泡 45 min 后加 12 倍量水提取 60 min, 共 2 次, 药液减压浓缩 (60 ℃) 至相对密度 1.08, 离心力 22 136×g, 离心时间 10 min。**结论** 该方法合理可行, 可为益气安神消癥汤开发利用提供理论依据。

关键词: 益气安神消癥汤; 提取纯化工艺; AHP-熵权法; 正交试验

中图分类号: R284.2 **文献标志码:** A **文章编号:** 1001-1528(2026)08-2711-07

doi: 10.3969/j.issn.1001-1528.2026.08.030

提取纯化工艺是影响中药复方制剂质量的关键环节, 直接决定有效成分的转移率与药效物质基础的完整性, 传统方法常以单一或少数成分为评价依据, 难以全面反映其整体质量属性。层次分析法 (AHP 法) 可依据君臣佐使配伍关系对指标进行主观赋权, 而熵权法基于实测数据客观确定权重, 两者结合能兼顾中医药理论与实验数据, 从而保障中药制剂的安全性和有效性^[1]。

益气安神消癥汤来源于江苏省中医院协定方,

收稿日期: 2026-03-30

基金项目: 国家中医药管理局 2025 年全国老药工传承工作室建设项目 (国中医药人教函 [2025] 181 号); 江苏省中药融合创新中心项目 (苏中医科教 [2024] 7 号); 江苏省中医药学会攀登计划项目 (PDJH2024007)

作者简介: 魏子轩 (2000—), 女, 硕士, 从事中药分析研究。E-mail: wxz2732106664@163.com

* **通信作者:** 左全 (1989—), 男, 主管中药师, 从事中药制剂研究。E-mail: 475119290@qq.com

吴磊 (1983—), 男, 博士, 主任中药师, 从事中药制剂研究。E-mail: xiaoleiyaoshi@163.com

临床用于肺部小结节、气阴不足、气郁痰结者的康复治疗, 由黄芪、女贞子、陈皮等 17 味中药组成, 具有益气扶正、理气化痰、通络散结功效。根据网络药理学研究结果和文献 [2-4] 报道, 课题组前期确定红景天苷、咖啡酸、阿魏酸、特女贞苷、芸香柚皮苷、柚皮苷、橙皮苷、迷迭香酸、芒柄花苷、川陈皮素是益气安神消癥汤活性成分, 本实验在此基础上优化该方提取纯化工艺, 以期为其后期开发应用提供理论支撑。