

高效液相色谱法测定草果中4种酚酸含量

任洪涛^{1,2}, 谭年文³, 周恒苍^{1,2}, 练强^{1,2}, 张劲松^{1,2}, 范源洪^{2,4*}

(1. 云南农业大学香料研究所, 昆明 650203; 2. 云南省芳香生物工程技術研究中心, 昆明 650203;
3. 云南农业大学, 农学与生物技术学院, 昆明 650201; 4. 云南省高原特色农业产业研究院, 昆明 650201)

摘要: 目的 建立高效液相色谱法测定草果中4种酚酸类成分的分析方法。**方法** 采用高效液相色谱法, 选用C₁₈色谱柱(250 mm×4.6 mm, 5 μm), 以甲醇和0.02 mol/L的稀磷酸溶液为流动相进行梯度洗脱, 对草果中4种主要酚类成分(原儿茶酸、原儿茶醛、对羟基苯甲酸、香草酸)的含量进行同时分析测定; 检测波长为270 nm, 流量为1.0 mL/min, 柱温为30 °C。**结果** 原儿茶酸在0.04~0.36 mg ($r = 0.99988$)、原儿茶醛在0.04~0.36 mg ($r = 0.99973$), 对羟基苯甲酸在0.16~1.44 mg ($r = 0.99993$)、香草酸在0.04~0.36 mg ($r = 0.99993$)内呈良好的线性关系。平均加样回收率分别为93.3%、97.4%、97.1%、95.5%, RSD分别为2.95%、0.99%、1.34%、1.54%; 测得样品中各成分的含量范围分别为, 原儿茶酸9.12~17.42 mg/kg、原儿茶醛7.11~15.51 mg/kg、对羟基苯甲酸22.67~57.08 mg/kg、香草酸7.92~14.21 mg/kg。**结论** 该方法灵敏度高、稳定性强, 可较好地控制草果的质量品质。

关键词: 草果; 高效液相色谱法; 超声提取; 原儿茶酸; 原儿茶醛; 对羟基苯甲酸; 香草酸

Determination of 4 kinds of phenolic acids content from the *Amomum tsao-ko* by high performance liquid chromatography

REN Hong-Tao^{1,2}, TAN Nian-Wen³, ZHOU Heng-Cang^{1,2}, LIAN Qiang^{1,2},
ZHANG Jin-Song^{1,2}, FAN Yuan-Hong^{2,4*}

(1. Institute of Flavor and Fragrance, Yunnan Agricultural University, Kunming 650203, China; 2. Yunnan Aromatic Engineering Research Center, Kunming 650203, China; 3. College of Agronomy and Biotechnology, Yunnan Agricultural University, Kunming 650201, China; 4. Yunnan Plateau Characteristic Agricultural Industry Research Institute, Kunming 650201, China)

ABSTRACT: Objective To establish a method for the determination of 4 phenolic acids from the *Amomum tsao-ko* by high performance liquid chromatography. **Methods** The content of 4 phenolic acids in *Amomum tsao-ko* (protocatechuic acid, protocatechualdehyde, p-hydroxybenzoic acid, vanillic acid) was analyzed and determined simultaneously by high performance liquid chromatography on a C₁₈ column (250 mm×4.6 mm, 5 μm), using methanol and 0.02 mol/L diluted phosphoric acid as mobile phases for gradient elution. The detection wavelength was 270 nm, the flow rate was 1.0 mL/min, and the column temperature was 30 °C. **Results** Protocatechuic acid,

基金项目: 云南省重大科技专项-绿色食品国际合作研究中心专项(2019ZG00903)、国家科技资源共享服务平台-国家热带植物种质资源库-特色香料种质资源分库(国科发基〔2019〕194号)

Fund: Supported by the Yunnan Eco-friendly Food International Cooperation Research Center Project of Yunnan Provincial Key Programs (2019ZG00903), and National Tropical Plant Germplasm Resources Bank-Special Flavor Germplasm Resources Sub Database ([2019]194)

*通信作者: 范源洪, 研究员, 主要研究方向为经济作物遗传育种与研究利用。E-mail: 2247888136@qq.com

*Corresponding author: FAN Yuan-Hong, Professor, Yunnan Plateau Characteristic Agricultural Industry Research Institute, Yunnan Agricultural University, Kunming 650201, China. E-mail: 2247888136@qq.com

protocatechualdehyde, p-hydroxybenzoic acid, vanillic acid showed good linear relationships in the range of 0.04–0.36 mg ($r=0.99988$), 0.04–0.36 mg ($r=0.99973$), 0.16–1.44 mg ($r=0.99993$) and 0.04–0.36 mg ($r=0.99993$), respectively. The average recoveries were 93.3%, 97.4%, 97.1% and 95.5%, RSDs were 2.95%, 0.99%, 1.34% and 1.54%, respectively. The content of each index component in different samples was protocatechuic acid 9.12–17.42 mg/kg, protocatechualdehyde 7.11–15.51 mg/kg, p-hydroxybenzoic acid 22.67–57.08 mg/kg, vanillic acid 7.92–14.21 mg/kg. **Conclusion** This method is highly sensitive with strong specificity and it can be used efficiently in the quality control of *Amomum tsao-ko*.

KEY WORDS: *Amomum tsao-ko*; high performance liquid chromatography; ultrasonic-assisted extraction; protocatechuic acid; protocatechualdehyde; p-hydroxybenzoic acid; vanillic acid

0 引言

草果(*Amomum tsao-ko* Crevost et Lemaire.)为姜科豆蔻属草果亚属多年生常绿丛生草本植物^[1], 主要分布在我国云南、广西和贵州3省部分地区, 以及越南、老挝北部的部分地区, 是亚热带山区常绿阔叶林下生长的一种重要经济作物^[2]。草果药食兼备的功能自古便有记载, 除了作为香料广泛用于食品、化妆品、香料香精外, 草果还是重要的中药材。据统计, 大约有 2/3 以上的草果作为香辛调味料使用, 只有不到 1/3 的草果用作中药和饲料添加剂^[3]。

对于草果的化学成分研究, 常采用常规的植物化学成分测定方法, 通过水提法、乙醇提取法、石油醚提取法等对草果果皮和种子进行化学成分测定, 表明草果含有多种化学成分, 包括糖、蛋白质、氨基酸、酚类化合物、鞣质、有机酸、皂苷、黄酮类化合物、萜烯、香豆素、内酯、强心苷、甾体、萜类、挥发油、油脂、花色苷等^[4–5]。目前, 关于草果化学成分研究, 以挥发油居多, 相关的研究主要集中于对不同产地、不同提取方法以及草果全株各部位的挥发油进行分析比较等方面^[6–7]。挥发油是草果的主要功效成分, 有研究表明, 草果精油对二苯基苦基苯肼(diphenylpicrylhydrazine, DPPH)和 2,2-联氮-二(3-乙基-苯并噻唑-6-磺酸)二铵盐[2,2-diazo-bis(3-ethyl-benzothiazole-6-sulfonic acid) ammonium salt, ABTS]自由基均显示出较好的清除效果, 也具有一定的抑菌作用^[8]。干草果果实挥发油含量可达 2%~3%, 已报道的挥发油成分有 1,8-桉油素、 α -蒎烯、 β -蒎烯、柠檬烯、对-聚伞花素、壬醛、癸醛、芳樟醇、樟脑、反-2-十一烯醛、 α -松油醇、 α -柠檬醛、 β -柠檬醛、香叶醇、草果酮、橙花叔醇等^[9–10]。

关于草果多酚类物质的研究, 王暉等^[11]从草果果实的甲醇提取物中分离得到 9 个酚性化合物, 包括 2-甲氧基-1,4-二苯酚-1-O-[6-O-(3-甲氧基-4-羟基苯甲酰基)]- β -D-吡喃葡萄糖苷、3,5-二-C- β -D-吡喃葡萄糖基根皮素、芦丁、槲皮素-3-O- β -D-吡喃葡萄糖苷、邻苯三酚、邻苯二酚、对羟基苯甲酸、原儿茶酸、香草酸。李志君等^[12]从草果中检

测出龙胆酸、原花青素 B₂、金丝桃苷、木犀草素-7-O- β -D-葡萄糖苷 4 种多酚类物质, 并通过 DPPH 自由基清除法和 ABTS 自由基清除法检测草果多酚的抗氧化活性。ZHANG 等^[13]从草果中分离鉴定出谷甾醇、胡萝卜苷、内消旋-1,7-双-(4-羟苯基)-3,5-庚二醇、槲皮素、表儿茶素、槲皮素-7-O- β -葡萄糖苷、槲皮素-3-O- β -葡萄糖苷、儿茶酚等 8 种主要化学成分, 其中槲皮素、槲皮素-3-O- β -葡萄糖苷和儿茶酚, 槲皮素-7-O- β -葡萄糖苷和槲皮素-3-O- β -葡萄糖苷首次在草果中发现。

目前, 草果的质量评价主要以外观品质、挥发油含量等为主要评价标准, 有研究建立草果中 1,8-桉油素、 α -蒎烯、香叶醇、(反)-2-十二烯醛含量的气相色谱测定方法^[14–16], 为草果的质量控制奠定了基础, 但仍不能全面反映草果的品质特征。酚酸类化合物广泛分布于自然界中。目前, 已从植物中检出多种酚酸类成分。主要有没食子酸类化合物、间苯三酚类化合物、丹参的酚酸类化合物、绿原酸及奎宁酸类衍生物、茶多酚化合物、鞣花酸鞣质、聚萜烷醇多酚及苯丙素类化合物等, 酚酸类化合物具有较强的抗氧化、抗炎、抑菌等多种生物活性, 是中药材质量评价的重要指标^[17–18]。酚酸类化合物是草果中的一类重要化学成分, 草果中以苯甲酸为母核的 C₆-C₁ 型酚酸类成分包括对羟基苯甲酸、原儿茶酸、原儿茶醛、香草酸、龙胆酸等, 本研究选取云南 2 个主要草果产区不同果形的草果样品, 以草果中原儿茶酸、原儿茶醛、对羟基苯甲酸和香草酸 4 种以苯甲酸为母核的酚酸类成分为质量控制基础, 建立高效液相色谱法(high performance liquid chromatography, HPLC)测定这 4 种成分含量的分析方法, 以期对草果的质量控制研究提供参考。

1 材料与方法

1.1 材料及试剂

不同果形的干草果样品(云南怒江和马关 2 个主要草果产区); 标准对照品(原儿茶酸、原儿茶醛、对羟基苯甲酸、香草酸)(上海麦克林生化科技有限公司); 甲醇(色谱纯, 赛

默飞世尔科技有限公司); 水为超纯水。

1.2 仪器与设备

1260 高效液相色谱仪(DAD 检测器, 美国 Agilent 公司); TSKgel ODS-80TM C₁₈ 色谱柱(250 mm×4.6 mm, 5 μm)(日本 Tosoh 公司); PL403 电子天平[梅特勒-托利多仪器(上海)有限公司]; CQ250 超声仪(上海超声仪器厂); BJ-800A 中药粉碎机(德清拜杰电器有限公司)。

1.3 实验方法

1.3.1 对照品溶液制备

精密称取原儿茶酸、原儿茶醛、对羟基苯甲酸、香草酸各 50.00 mg 分别置于 50 mL 容量瓶中, 加 95%乙醇溶解并稀释至刻度, 摇匀, 作为对照品储备液。分别精密量取原儿茶酸、原儿茶醛、香草酸对照品储备液各 1 mL, 对羟基苯甲酸对照品储备液 4 mL, 置于 25 mL 容量瓶中, 加 95%乙醇稀释至刻度, 摇匀, 即得混合对照品溶液。

1.3.2 供试品溶液制备

干草果粉碎过 50 目筛, 准确称取粉状样品 10.0 g, 置于具塞锥形瓶中, 分别依次加入 70%乙醇 50、30、20 mL, 超声处理 3 次(功率 360 W, 频率 33 kHz), 每次 20 min, 每次超声处理后, 将上层清液倒入 100 mL 的容量瓶中, 后用 70%乙醇定容, 摇匀, 0.45 μm 微孔滤膜过滤后进行 HPLC 测定。

1.3.3 色谱分析条件

流动相为 0.02 mol/L 的稀磷酸溶液(A)-甲醇(B), 选择不同比例的 A 相、B 相进行对比实验; 流量为 1.0 mL/min; 柱温为 30 °C; 进样量 10 μL; 采用二极管阵列检测器(diode array detector, DAD)在 190~400 nm 进行波长扫描。

1.4 方法学考察

1.4.1 标准曲线绘制

分别精密吸取原儿茶酸、原儿茶醛、对羟基苯甲酸、香草酸混合对照品溶液 1、3、5、7、9 μL, 按色谱分析条件(1.3.3)进行检测。

1.4.2 精密度考察

取混合对照品溶液, 在同 1 天内连续进样 6 次, 记录峰面积值, 计算精密度(relative standard deviation, RSD)。

1.4.3 加样回收率考察

精密称取已测含量的草果样品 10.0 g, 分别加入不同质量浓度的对照品溶液, 按上述方法制备供试品溶液, 在同样的色谱条件(1.3.3)测定含量, 分别计算 4 种成分的平均回收率和 RSD。

1.4.4 稳定性考察

取同一供试品溶液, 分别放置 0、3、6、9、24 h 进样测定分析, 测定峰面积并计算 RSD。

1.4.5 超声提取条件的选择

乙醇浓度的选择: 干草果粉碎过 50 目筛, 准确称取粉状样品 10.0 g, 置于具塞锥形瓶中, 分别加入 50%、70%、

90%不同质量浓度的乙醇溶剂, 超声处理 3 次(功率 360 W, 频率 33 kHz), 每次 20 min, 后将上层清液倒入 100 mL 的容量瓶中, 定容, 摇匀, 0.45 μm 微孔滤膜过滤后进行 HPLC 测定。实验进行 3 次重复, 得到不同质量浓度乙醇溶剂提取 4 种成分的平均含量并计算 RSD。

超声提取时间: 选择 70%乙醇为提取溶剂, 超声 3 次提取总时间为 30、45、60、75 min, 其他操作同上。实验进行 3 次重复, 得到不同提取时间提取 4 种成分的平均含量并计算 RSD。

2 结果与分析

2.1 超声提取条件优化

2.1.1 不同质量浓度乙醇溶剂对提取率的影响

不同质量浓度乙醇溶剂对提取率的影响如图 1 所示, 原儿茶醛、原儿茶酸和对羟基苯甲酸的提取量随乙醇浓度的增加出现下降趋势; 香草酸的提取量随乙醇浓度的增加而增加, 当乙醇浓度大于 70%, 香草酸的提取量的增加趋势趋于平缓。因此本研究选择 70%乙醇为提取溶剂。

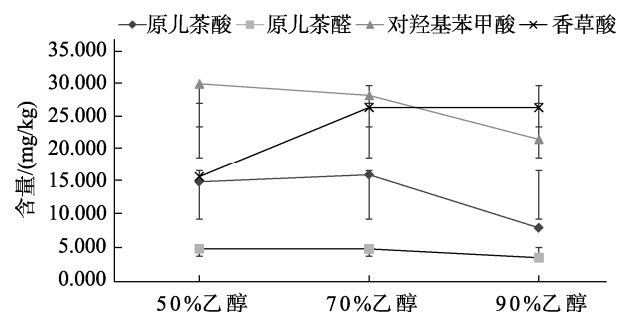


图 1 不同浓度提取溶剂对 4 种化合物提取量的影响(n=3)

Fig.1 Effects of different extraction solvents on the extraction amount of 4 compounds (n=3)

2.1.2 超声提取时间对提取率的影响

不同超声时间的提取结果如图 2 所示, 45 min 前 4 种成分的提取率随时间增加均出现上升趋势。45 min 后香草酸的含量随超声时间增加出现下降趋势, 60 min 后原儿茶醛的含量随超声时间增加出现下降趋势, 原儿茶酸和对羟基苯甲酸含量在超声提取 60 min 后增加趋于平缓。因此, 超声提取 60 min 更利于 4 种成分的同时提取。

2.2 色谱分析条件优化

经查阅文献^[19-20]及反复对比实验, 原儿茶酸的最大吸收波长为 259 nm 和 272 nm、原儿茶醛的最大吸收波长为 280 nm、对羟基苯甲酸的最大吸收波长为 258 nm 和 294 nm、香草酸的最大吸收波长为 260 nm, 考虑需要对原儿茶酸、原儿茶醛、对羟基苯甲酸和香草酸进行同时测定, 故确定检测波长为 270 nm。

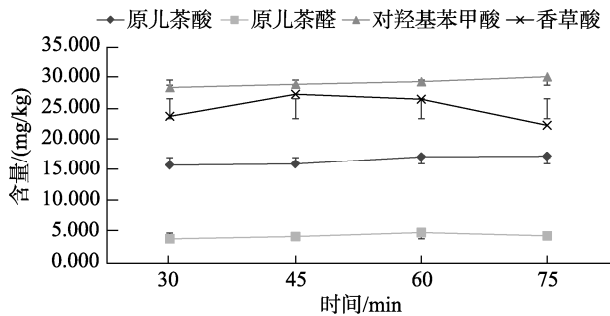


图 2 超声时间对 4 种化合物提取量的影响($n=3$)
Fig.2 Effects of ultrasonic treatment time on the extraction amount of 4 compounds ($n=3$)

检测酚酸类成分,在流动相中加入酸性成分可以改善色谱峰形,研究选择 0.02 mol/L 的稀磷酸溶液和甲醇作为流动相,待测组分的峰形和分离度较好。关于稀磷酸溶液和甲醇的比例,甲醇比例高,待测组分保留时间提前,使部分峰分离不佳,所以选择流动相方案为: 0~20 min, A 相为 80%, B 相为 20%; 20~35 min, A 相为 80%~60%, B 相为 20%~40%; 35~40 min, A 相为 60%, B 相为 40%。在此条件下,标准对照品和草果中的 4 个成分均能达到基线分离,标准对照品和草果样品的色谱图见图 3、图 4。

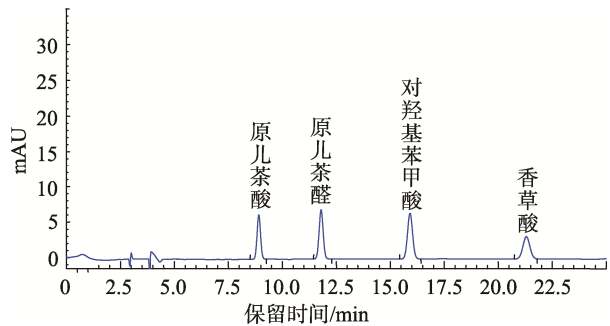


图 3 标准对照品 HPLC 色谱图
Fig.3 HPLC chromatogram of reference materials

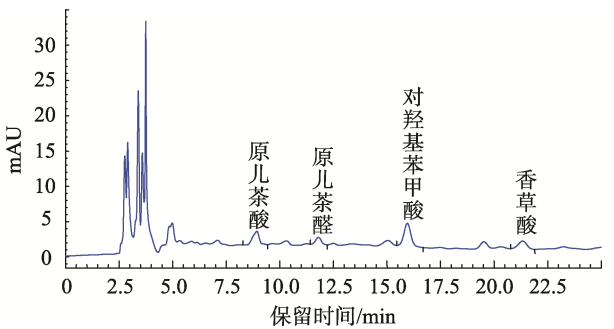


图 4 草果中 4 种酚酸 HPLC 色谱图
Fig.4 HPLC chromatogram of 4 kinds of phenolic acids in the *Amomum tsao-ko*

2.3 线性关系考察及标准曲线

分别精密吸取原儿茶酸、原儿茶醛、对羟基苯甲酸、香草酸混合对照品溶液 1、3、5、7、9 μL , 按色谱条件(1.3.3)测定, 分别以各对照品进样量为横坐标(X), 峰面积积分值为纵坐标(Y), 绘制标准曲线, 回归方程及线性范围结果见表 1。

2.4 精密度、稳定性和加样回收率考察

原儿茶酸、原儿茶醛、对羟基苯甲酸和香草酸峰面积 RSD 见表 2, 原儿茶酸、原儿茶醛、对羟基苯甲酸和香草酸的平均回收率分别为 93.3%、97.4%、97.1%、95.5%, 表明仪器精密度良好, 室温下样品溶液在 24 h 内稳定。

2.5 样品含量测定

取 6 个样品, 分别按方法(1.3.2)制备供试品溶液, 按色谱条件(1.3.3)测定原儿茶酸、原儿茶醛、对羟基苯甲酸和香草酸的含量, 结果见表 3。6 个样品中各成分的含量: 原儿茶酸 9.12~17.42 mg/kg、原儿茶醛 7.11~15.51 mg/kg、对羟基苯甲酸 22.67~57.08 mg/kg、香草酸 7.92~14.21 mg/kg。

表 1 回归方程、线性范围和相关系数
Table 1 Regression equations, correlation coefficients and linear ranges

化合物	回归方程	线性范围/(mg/mL)	相关系数
原儿茶酸	$Y=2413.25111X+0.12692$	0.04~0.36	0.99988
原儿茶醛	$Y=3239.58930X-0.52592$	0.04~0.36	0.99973
对羟基苯甲酸	$Y=3589.83045X+0.70304$	0.16~1.44	0.99993
香草酸	$Y=2417.11526X+0.32079$	0.04~0.36	0.99993

表 2 精密度、稳定性和加样回收率结果
Table 2 Results of precision, stability and recoveries

成分	原含量/mg	加入量/mg	理论值/mg	检出量/mg	回收率/%	平均回收率/%	RSD/%
原儿茶酸	0.153	0.20	0.353	0.318	90.1	93.3	2.95
		0.40	0.553	0.526	95.1		
		0.60	0.753	0.712	94.6		
原儿茶醛	0.067	0.20	0.267	0.263	98.5	97.4	0.99
		0.40	0.467	0.454	97.2		
		0.60	0.667	0.644	96.6		
对羟基苯甲酸	0.233	0.20	0.433	0.414	95.6	97.1	1.34
		0.40	0.633	0.62	97.9		
		0.60	0.833	0.815	97.8		
香草酸	0.132	0.20	0.332	0.322	97.0	95.5	1.54
		0.40	0.532	0.501	94.2		
		0.60	0.732	0.697	95.2		

表 3 草果样品测定结果
Table 3 Determination results of *Amomumtsao-ko* samples

编号	产地	果形	含量/(mg/kg)				
			原儿茶酸	原儿茶醛	对羟基苯甲酸	香草酸	合计
1	怒江	椭圆	11.91	15.51	37.69	8.08	73.19
2		小球果	9.12	7.11	54.27	9.74	80.24
3		纺锤	10.22	8.05	57.08	7.92	83.27
		平均	10.42	10.22	49.68	8.58	78.90
4	马关	椭圆	15.28	8.26	25.30	12.73	61.57
5		小球果	17.42	7.45	22.67	14.21	61.75
6		纺锤	16.85	7.40	33.23	12.57	70.05
		平均	16.52	7.70	27.07	13.17	64.46

3 结 论

本研究以草果中原儿茶酸、原儿茶醛、对羟基苯甲酸和香草酸 4 种以苯甲酸为母核的酚酸类成分为质量控制基础,通过超声提取条件的优化,确定以 70%乙醇为溶剂,超声处理 3 次共 60 min 为供试品溶液的制备方法。对不同产地和果型草果中 4 种成分的含量进行测定,结果表明,不同类型的样品 4 种成分的含量之间存在一定的差异,地域和品种的差异可能是导致含量异同的主要因素。本研究采用 HPLC 法同时测定草果中 4 种酚酸类成分的含量,检测灵敏度高、方法简便。丰富了目前大多仅测定草果挥发油的质量控制方法,可为全面评价草果质量提供依据。

参考文献

[1] 张薇,杨生超,魏翔,等. 云南草果种植发展现状及对策[J]. 世界科学技术-中医药现代化, 2011, 13(5): 899-903.
ZHANG W, YANG SC, WEI X, *et al.* Developing status and strategies of *Amomumtsao-ko* plantation in Yunnan [J]. World Sci Technol-Mod Tradit Chin Med, 2011, 13(5): 899-903.

[2] 刘永国,陈宏,赵塘颀,等. 文山州草果种质资源及其生境调查[J]. 西部林业科学, 2017, 46(5): 106-112, 126.
LIU YG, CHEN H, ZHAO TJ, *et al.* Investigation on the germplasm resource of *Amomumtsao-ko* and its habitat in Wenshan prefecture [J]. Jo West Chin For Sci, 2017, 46(5): 106-112, 126.

[3] 秦太峰,周铁生. 云南特色天然香料资源开发与利用[M]. 北京: 中国

- 农业科学技术出版社. 2011.
- QIN TF, ZHOU TS. Development and utilization of natural flavor resources with characteristics of Yunnan [M]. Beijing: China Agricultural Science and Technology Press, 2011.
- [4] 刘小玲, 仇厚媛, 王强, 等. 香辛料草果中化学成分的定性研究[J]. 中国调味品, 2011, 36(1): 104–106.
- LIU XL, QIU HY, WANG Q, *et al.* Qualitative study on chemical constituents of *Amomumtsao-ko* [J]. Chin Cond, 2011, 36(1): 104–106.
- [5] 谢子锐, 于月兰, 蒲忠慧, 等. 草果化学成分的研究进展[J]. 成都中医药大学学报, 2020, 43(2): 75–80.
- XIE ZR, YU YL, PU ZH, *et al.* Research progress on chemical constituents of *Amomumtsao-ko* [J]. J Chengdu Univ Tradit Chin Med, 2020, 43(2): 75–80.
- [6] 谷凤林, 张林辉, 房一明, 等. 云南不同地区草果物理性状、精油含量及组成分析[J]. 热带作物学报, 2018, 39(7): 1440–1446.
- GU FL, ZHANG LH, FANG YM, *et al.* Analysis of physical properties, essential oil content and composition of *Amomumtsao-ko* from different origins of Yunnan [J]. Chin J Tropical Crops, 2018, 39(7): 1440–1446.
- [7] 杨志清, 徐绍忠, 张薇, 等. 云南草果茎叶挥发油含量及主要化学成分分析[J]. 中药材, 2019, 42(2): 339–343.
- YANG ZQ, XU SZ, ZHANG W, *et al.* Analysis on the content and main chemical components of volatile oils from *Amomumtsao-ko* stems and leaves in Yunnan [J]. J Chin Med Mat, 2019, 42(2): 339–343.
- [8] 韩林, 汪开拓, 王兆丹, 等. 草果精油的化学组成、抗氧化及抑菌活性研究[J]. 食品工业科技, 2013, 34(14): 152–155.
- HAN L, WANG KT, WANG ZD, *et al.* Chemical composition, antioxidant and antibacterial activities of the essential oil from *Amomumtsao-ko* [J]. Sci Technol Food Ind, 2013, 34(14): 152–155.
- [9] 彭建明, 马洁, 张丽霞. 近年来草果的研究概况[J]. 中成药, 2006, 28(7): 1036–1038.
- PENG JM, MA J, ZHANG LX. A survey of research on *Amomumtsao-ko* in recent years [J]. Chin Tradit Pat Med, 2006, 28(7): 1036–1038.
- [10] 徐士琪, 白佳伟, 杨文熙, 等. 干草果中的关键香气成分分析[J]. 精细化工, 2019, 36(9): 1857–1862, 1873.
- XU SQ, BAI JW, YANG WX, *et al.* Analysis of the key odorants in dried *Amomumtsao-ko* *Crevost et Lemaire* [J]. Fine Chem, 2019, 36(9): 1857–1862, 1873.
- [11] 王晔, 杨崇仁, 张颖君. 草果果实中的酚性成分[J]. 植物分类与资源学报, 2009, 31(3): 284–288.
- WANG W, YANG CR, ZHANG YJ. Phenolic constituents from the fruits of *Amomumtsao-ko* [J]. Plant Diversity, 2009, 31(3): 284–288.
- [12] 李志君, 万红焱, 顾丽莉, 等. 草果多酚物质提取及 LC-MS/MS 分析[J]. 食品工业科技, 2017, 38(8): 294–299, 334.
- LI ZJ, WAN HY, GU LL, *et al.* Extraction and LC-MS/MS analysis of the polyphenols from *Amomumtsao-ko* [J]. Sci Technol Food Ind, 2017, 38(8): 294–299, 334.
- [13] ZHANG TT, LU CL, JIANG JG. Bioactivity evaluation of ingredients identified from the fruits of *Amomumtsao-ko* *Crevost et Lemaire*, a Chinese spice [J]. Food Funct, 2014, 5(8): 1747–175.
- [14] 唐元军. 中药草果中桉油精的含量测定[J]. 海峡药学, 2002, 14(2): 42–43.
- TANG YJ. Determination of eucalyptol from *Amomumtsao-ko* [J]. Strait Pharm J, 2002, 14(2): 42–43.
- [15] 沈勇, 吴静, 熊娇, 等. GC 法测定草果挥发油中 α -蒎烯、桉油精和香叶醇的含量[J]. 中国药师, 2014, 17(8): 1426–1428.
- SHEN Y, WU J, XIONG J, *et al.* Determination of α -pinene, eucalyptol and geraniol in volatile oil from *Amomumtsao-ko* by GC [J]. Chin Pharm, 2014, 17(8): 1426–1428.
- [16] 丁艳霞, 杜丽敏, 郭中献, 等. 气相色谱法测定草果挥发油中桉油精、(反)-2-十二烯醛的含量[J]. 中成药, 2008, 30(7): 1030–1032.
- DING YX, DU LM, GUO ZX, *et al.* Determination of eucalyptol and (trans)-2-dodecanal in volatile oil from *Amomumtsao-ko* by GC [J]. Chin Tradit Pat Med, 2008, 30(7): 1030–1032.
- [17] 林鹏飞, 贾小舟, 祁燕, 等. 酚酸类化合物研究进展[J]. 广东化工, 2017, 44(1): 50–52.
- LIN PF, JIA XZ, QI Y, *et al.* Advances in study on phenolic acids [J]. Guangdong Chem Ind, 2017, 44(1): 50–52.
- [18] 张囡, 杜丽丽, 王冬, 等. 中药酚酸类成分的研究进展[J]. 中国现代中药, 2006, 8(2): 25–28.
- ZHANG N, DU LL, WANG D, *et al.* Research progress of phenolic acids in traditional Chinese medicine [J]. Mod Chin Med, 2006, 8(2): 25–28.
- [19] 游勇基, 程广强, 陈铭辉. 丹参注射剂中丹参素、原儿茶酸、原儿茶醛和丹酚酸 B 的同时测定[J]. 药物分析杂志, 2004, 24(1): 46–49.
- YOU YJ, CHENG GQ, CHEN MH. Simultaneous determination of danshensul, protocatechuic acid protocatechuic aldehyde and salviamolic acid b in *Salvia miltiorrhiza* injection [J]. Chin J Pharm Anal, 2004, 24(1): 46–49.
- [20] 孙志, 王凤春, 马宏峰, 等. RP-HPLC 法测定板栗种仁中原儿茶酸、对羟基苯甲酸和异香草酸的含量[J]. 沈阳药科大学学报, 2011, 28(9): 716–720.
- SUN Z, WANG FC, MA HF, *et al.* Simultaneous determination of contents of protocatechuic acid, p-hydroxybenzoic acid and isovallic acid in seeds of *Castanea mollissima* Blume by RP-HPLC [J]. J Shenyang Pharm Univ, 2011, 28(9): 716–720.

(责任编辑: 王 欣)

作者简介



任洪涛, 副研究员, 主要研究方向为天然香料的研究与利用。
E-mail: 1493636439@qq.com



范源洪, 研究员, 主要研究方向为经济作物遗传育种与研究利用。
E-mail: 2247888136@qq.com