

王 杰,蔡净蓉,赵俊跃,等. 橄榄果实发育过程中酚类物质变化的研究[J]. 江苏农业科学,2021,49(22):158-162.
doi:10.15889/j.issn.1002-1302.2021.22.028

橄榄果实发育过程中酚类物质变化的研究

王 杰^{1,2}, 蔡净蓉^{1,2}, 赵俊跃^{1,2}, 余文琴^{1,2}

(1. 福建农林大学园艺学院,福建福州 350002; 2. 福建农林大学园艺产品贮运保鲜研究所,福建福州 350002)

摘要:为了研究橄榄果实酚类物质的变化对果实风味的影响,以橄榄品种(系)长营、檀香、灵峰为试验材料,测定橄榄果实发育过程中酚类物质含量的变化。结果表明,不同品种(系)橄榄果实酚类物质含量的变化存在差异;随着橄榄果实的成熟,长营、檀香的鞣花酸含量明显高于灵峰;檀香的金丝桃苷含量明显高于长营和灵峰;3 个品种(系)的柯里拉京含量总体上均呈先升后降的变化趋势;长营和檀香的对香豆酸、阿魏酸、芥子酸含量均有所下降,灵峰的对香豆酸含量有所下降,但其阿魏酸、芥子酸含量却有所上升。多酚不同组分间含量的差异造成品种(系)间果实风味不同,其中鞣花酸、金丝桃苷、阿魏酸、芥子酸含量的差异可能是造成果实风味差异的重要因素。

关键词:橄榄;酚类物质;发育;果实;风味

中图分类号: S667.501 **文献标志码:** A **文章编号:** 1002-1302(2021)22-0158-04

橄榄[*Canarium album* (Lour.) Raeusch.] 为橄榄科(Burseraceae)橄榄属(*Canarium*)的常绿乔木,属于药食两用果类。橄榄是福建省特色经济果品,近年来关于橄榄功能成分的研究已成为热点。酚类物质是橄榄果实的主要功效成分之一,橄榄的许多药理作用及果实风味都与酚类物质有关。前人研究表明,橄榄多酚具有解酒护肝^[1]、抗氧化、抗 HIV、防癌、抗菌^[1-5]等多种药理作用。橄榄果实的苦涩味与多酚密切相关^[3],且多酚是影响橄榄鲜食品质的主要因素^[6]。因此,研究不同品种(系)橄榄果实发育过程中酚类物质的变化,对果实风味改良及资源利用具有重要意义。

酚类物质是指分子结构中包含酚功能团的一大类物质,可以分为简单酚类、黄酮类、单宁等化合物^[7]。据报道,橄榄酚类物质有没食子酸^[8]、没食子酸乙酯^[9]、鞣花酸^[10]、没食子酸甲酯^[11]等多种组分。目前对橄榄果实多酚的研究大多集中在提取分离、纯化鉴定、药理活性及多酚代谢的研究上,对橄榄酚类物质各个组分含量在果实发育过程中的

变化研究较少。本研究以福建省福州市目前种植面积较大、产量较高且市场热销的橄榄品种(系)长营(加工型品种)、檀香(传统鲜食品种)、灵峰(近年来选育的鲜食优良单株)为试验材料,比较不同品种(系)橄榄果实发育过程中酚类物质含量的变化,探究酚类物质变化对果实风味的影响,以期对橄榄果实风味改良及资源利用提供理论和实践依据。

1 材料与方法

1.1 材料

选取生长健壮、无病虫害、树龄 10 年的植株为供试材料。供试植株位于福建省福州市闽清县大溪石印山橄榄专业合作社甜橄榄基地(118°86'E, 26°29'N)。于花后 50 d(2019 年 7 月 18 日)第 1 次采果,以后每隔 20 d 采 1 次果,到花后 170 d(2019 年 11 月 14 日)结束,共采 7 次。每个品种(系)选 3 棵树,分别编号为 1~3 号,每个品种(系)采取果实 45 个,设置 3 组生物重复。果肉处理为去除果核切片、混匀,包裹于锡箔纸中,液氮速冻后存入 -80 ℃超低温冰箱保存。

1.2 试验方法

1.2.1 酚类物质提取方法 试验参照 Reichel 等的方法^[12]加以修改。于 2020 年 8 月在福建农林大学园艺科技楼 6 楼实验室进行酚类物质提取。取 1 g 橄榄冻干样品,加入 20 mL 甲醇和适量石英砂匀浆,振荡提取 30 min,之后 12 000 r/min 离心 15 min。沉淀再加入 10 mL 甲醇重悬,12 000 r/min 离心

收稿日期:2021-03-16

基金项目:福建省种业创新与产业化工程福建省农业生物资源保存中心项目(编号:[2015]101号10);福建省名优果树产业服务团队项目(编号:11899170119)。

作者简介:王 杰(1994—),女,河南驻马店人,硕士,主要从事果树生理生化的研究。E-mail:1812092536@qq.com。

通信作者:余文琴,博士,教授,主要从事园艺植物生理生化的研究。

E-mail:wenqinshe@163.com。

15 min,合并 2 次上清液。上清液中加入 5 mL 纯水、20 mL 石油醚,用分液漏斗萃取 1 次,再加入 10 mL 石油醚萃取 2 次,合并 3 次下相即为甲醇相。

上述沉淀加入 20 mL 的 70% 丙酮悬浮,过夜浸提 22~24 h,12 000 r/min 离心 15 min,取上清液;沉淀再加入 20 mL 的 70% 丙酮,振荡提取 30 min,12 000 r/min 离心 15 min,取上清液;用 10 mL 的 70% 丙酮洗涤沉淀,12 000 r/min 离心 15 min,取上清液。合并 3 次上清液即为丙酮相。

合并甲醇相和丙酮相。35 ℃ 旋转浓缩干燥,残渣用 5 mL 超纯水(含 10% 甲醇、0.1% 甲酸)溶解,体积记为 V_1 ,15 000 r/min 离心 20 min,取上清液,用 0.22 μm 微孔滤膜过滤到色谱瓶中,保存在 -40 ℃ 冰箱待测。

试验重复 3 次,取平均值,以果实鲜质量计算各物质含量。计算方法:(各组分峰面积 \times 各标准样品浓度($\mu\text{g/mL}$)/各标准样品峰面积) $\times V_1$ (mL)/样品量(g)。主要使用仪器为 ACQUITY UPLC 超高效液相色谱仪(Waters,USA)和 ACQUITY TUV-QDa 检测器(Waters,USA)。

1.2.2 各酚类物质标准品溶液配制 称取适量的鞣花酸、柯里拉京、金丝桃苷、槲皮素、山奈酚、没食子酸、芸香苷、肉桂酸、对香豆酸、咖啡酸、阿魏酸、芥子酸标准品溶于甲醇(色谱级)中,配置成 1 mg/mL 各标准品母液,保存在 -20 ℃ 冰箱。根据试验需要稀释到适宜的浓度。

1.2.3 酚类物质测定方法 于 2020 年 9 月在福建农林大学园艺科技楼 1 楼公共实验室进行酚类物质测定。色谱条件:ACQUITY UPLC[®] BEH-C₁₈ 色谱柱(2.1 mm \times 100 mm,1.7 μm ,Waters,USA),柱温:35 ℃;流速:0.3 mL/min;进样量:5 μL ;流动相 A:0.1% 甲酸水溶液;流动相 B:0.1% 甲酸甲醇溶液。TUV 检测波长为 254、280 nm。色谱洗脱条件如表 1 所示。

质谱条件:ACQUITY UPLC-QDa 检测器;离子源为电喷雾离子源(ESI);数据采集采用 MRM;毛细管电压 0.8 kV;锥孔电压 15 V;Mass 采集范围:100~1 200 m/z 。质谱 MRM 定量参数如表 2 所示。

1.3 数据分析

采用 Excel 2019 分析处理试验数据,SPSS 22.0 软件进行单因素方差分析,以 $P < 0.05$ 表示差异显著。

表 1 橄榄酚类物质测定液相色谱洗脱条件

时间 (min)	流速 (mL/min)	流动相 A (%)	流动相 B (%)
初始	0.3	90	10
1	0.3	90	10
9	0.3	20	80
10	0.3	20	80
10.1	0.3	10	90
12	0.3	10	90
13	0.3	90	10
16	0.3	90	10

表 2 橄榄各酚类物质组分质谱 MRM 定量参数

化合物	保留时间 (min)	电离模式	质量数 (Da)
鞣花酸	6.37	ESI(-)	302
柯里拉京	4.91	ESI(-)	634
金丝桃苷	6.26	ESI(-)	464
对香豆酸	5.65	ESI(+)	164.1
阿魏酸	6.07	ESI(+)	194.2
芥子酸	6.22	ESI(+)	224.2

2 结果与分析

2.1 橄榄果实发育过程中鞣花酸含量的变化

如图 1 所示,果实成熟过程中,3 个品种(系)鞣花酸含量的变化趋势存在差异。长营总体呈“M”形趋势,在花后 150 d 达到最高含量,为 246.62 $\mu\text{g/g}$ 。檀香总体呈下降—上升的动态趋势,在花后 50 d 达到最高含量,为 177.47 $\mu\text{g/g}$ 。灵峰总体呈下降—上升—下降的趋势,在花后 150 d 达到最高含量,为 87.33 $\mu\text{g/g}$ 。灵峰在花后 90~110 d 期间其鞣花酸含量低于检测限而未检出。在整个生长发育时期,长营、檀香的鞣花酸含量总体上高于灵峰。

2.2 橄榄果实发育过程中柯里拉京含量的变化

如图 2 所示,橄榄果实发育进程中,3 个品种(系)柯里拉京的含量均呈先上升后下降的动态变化趋势。长营在花后 170 d 达到最高含量 323.97 $\mu\text{g/g}$;檀香在花后 130 d 达到最高含量 366.61 $\mu\text{g/g}$,分别为同时期长营、灵峰的 1.55 倍、3.49 倍;灵峰在花后 150 d 达到最高含量 326.62 $\mu\text{g/g}$;长营、檀香在花后 70~90 d 及花后 130 d,其含量均明显高于灵峰。

2.3 橄榄果实发育过程中金丝桃苷含量的变化

如图 3 所示,果实发育过程中,3 个品种(系)金

丝桃苷含量的变化趋势存在差异。长营的金丝桃苷含量呈先上升后下降的动态变化趋势;在花后 70 d 急剧上升达到最高含量 55.68 $\mu\text{g/g}$, 分别是同时期檀香、灵峰的 3.08 倍、5.28 倍。檀香的金丝桃苷含量总体呈下降—上升的动态变化趋势;花后

130 d 达到最高含量为 71.68 $\mu\text{g/g}$, 分别是同时期长营、灵峰的 3.35 倍、29.38 倍。灵峰的金丝桃苷含量总体呈下降—上升趋势, 花后 150 d 达到最高含量 20.14 $\mu\text{g/g}$ 。檀香在花后 130 d 和花后 170 d, 其金丝桃苷含量均明显高于另外 2 个品种(系)。

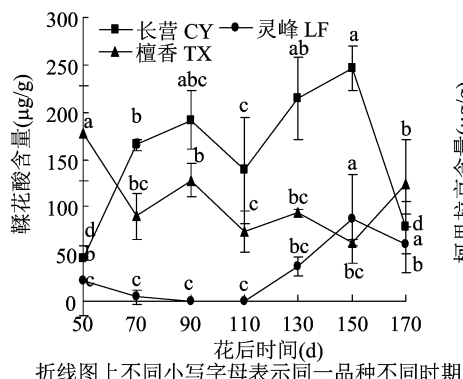


图1 橄榄果实发育过程中鞣花酸含量的动态变化

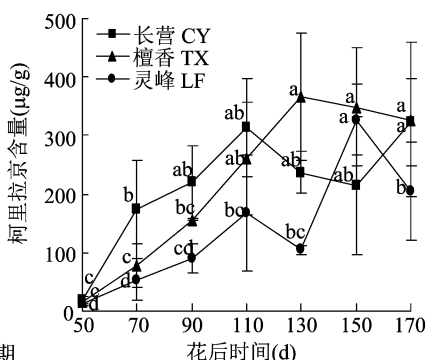


图2 橄榄果实发育过程中柯里拉京含量的动态变化

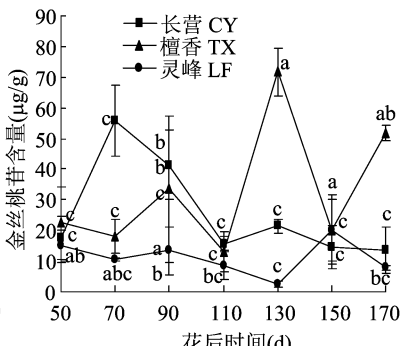


图3 橄榄果实发育过程中金丝桃苷含量的动态变化

2.4 橄榄果实发育过程中对香豆酸含量的变化

如图 4 所示,果实发育过程中,3 个品种(系)对香豆酸含量的变化趋势存在差异。长营的对香豆酸含量总体呈下降的趋势,在花后 50 d 达到最高含量 522.81 $\mu\text{g/g}$ 。檀香、灵峰的对香豆酸含量总体均呈下降—上升—下降的动态变化趋势,且均在花后 130 d 达到最高含量,分别为 260.42、396.91 $\mu\text{g/g}$ 。花后 170 d,长营、檀香的对香豆酸含量均上升,但灵峰却下降。

2.5 橄榄果实发育过程中阿魏酸含量的变化

如图 5 所示,果实发育过程中,3 个品种(系)阿魏酸含量的变化趋势存在差异。长营在整个生长发育时期变化幅度不大,檀香和灵峰变化幅度较大。长营和檀香总体呈下降—上升的动态变化趋势。长营、檀香均在花后 110 d 达到最高含量,分别为 59.74、74.92 $\mu\text{g/g}$ 。灵峰的对香豆酸含量呈“V”形趋势,花后 50 d 含量最高,为 44.35 $\mu\text{g/g}$;花后

170 d,长营、檀香的阿魏酸含量均下降,但灵峰却上升。

2.6 橄榄果实发育过程中芥子酸含量的变化

如图 6 所示,果实发育过程中,3 个品种(系)芥子酸含量的变化趋势存在差异。长营和檀香总体呈下降—上升的动态变化趋势,其中长营在花后 150 d 达到最高含量,为 90.81 $\mu\text{g/g}$,檀香在花后 130 d 达到最高含量,为 127.10 $\mu\text{g/g}$ 。灵峰总体呈上升—下降的动态变化趋势,在花后 130 d 达到最高含量 116.45 $\mu\text{g/g}$ 。花后 170 d,长营、檀香的芥子酸含量均下降,但灵峰却急剧上升;此时期灵峰的芥子酸含量明显高于另外 2 个品种。

3 讨论与结论

酚类物质的合成与分布,与品种和栽培条件等密切相关^[13],通常从色、味 2 个方面影响果实风味。有关研究表明,橄榄酚类物质对果实风味的影响主

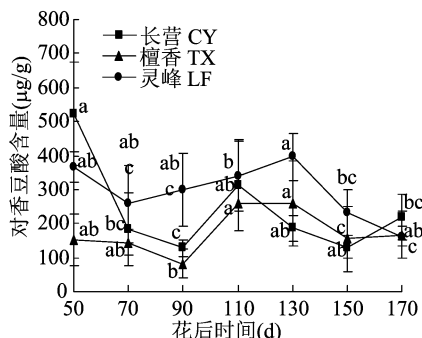


图4 橄榄果实发育过程中对香豆酸含量的动态变化

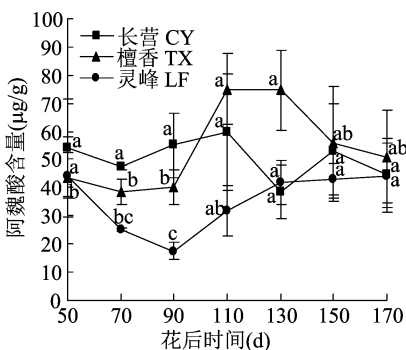


图5 橄榄果实发育过程中阿魏酸含量的动态变化

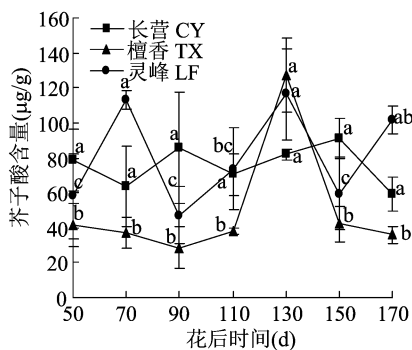


图6 橄榄果实发育过程中芥子酸含量的动态变化

要体现在味觉上,酚类物质种类不同,其呈现的口感也不尽相同^[6]。本试验通过分析橄榄果实发育期酚类物质的组分,发现没食子酸、芸香苷、槲皮素、山奈酚未检出,这与何志勇等^[11,14-15]的研究有所差异。推测与酚类物质的提取方法及测定方法有关。除此之外,品种(系)间的差异也可能造成酚类组分有所差异。

本试验共检出 6 种酚酸,分别为鞣花酸、柯里拉京、金丝桃苷、对香豆酸、阿魏酸、芥子酸,其中对香豆酸含量最高,柯里拉京和鞣花酸次之。鞣花酸和柯里拉京属于对羟基苯甲酸衍生物类酚酸。沈玺龙等研究表明,鞣花酸具有抗氧化、抗癌变的能力,特别是对肝癌、肺癌等具有较好的抑制作用^[16]。Wu 等研究表明,柯里拉京在体内外均具有显著的抗食道癌作用^[17]。金丝桃苷属黄酮醇苷类化合物。Sun 等研究表明,金丝桃苷可减轻非酒精性脂肪性肝病^[18]。对香豆酸、阿魏酸、芥子酸等属于羟基肉桂酸类酚酸类化合物,是苯丙烷代谢途径下的物质,同时也是木质素合成的前体酚类物质。肖楚丽等研究表明,对香豆酸可改善急性束缚诱导小鼠记忆提取障碍^[19]。曹玉玺等研究表明,阿魏酸、芥子酸均对杨梅酒具有护色作用^[20]。因此,橄榄果实所含的酚类物质组分可作为今后药理活性成分研究的开发资源。

本试验对 2 个对羟基苯甲酸衍生物酚酸类物质的分析表明,品种(系)间鞣花酸含量的变化趋势存在差异。其中,长营鞣花酸含量呈“M”形趋势,檀香鞣花酸含量处于先下降后上升的动态变化,灵峰鞣花酸含量呈下降—上升—下降的趋势。果实发育后期,长营、檀香鞣花酸的含量明显高于灵峰。这可能是长营、檀香果实与灵峰相比,入口较涩的原因之一,与谢倩等的研究结果^[15]基本一致。3 个品种(系)的柯里拉京含量总体上均处于先升后降的变化趋势。品种(系)间柯里拉京含量在前期差异明显。因此鞣花酸含量的不同可能是造成长营、檀香果实风味不同于灵峰的原因。

对 1 个黄酮醇苷类化合物的分析表明,品种(系)间金丝桃苷含量的变化趋势存在差异。其中长营金丝桃苷含量总体呈先升后降的变化趋势,檀香、灵峰金丝桃苷含量总体呈下降—上升的动态变化。檀香果实发育后期,其金丝桃苷含量明显高于长营、灵峰。因此,金丝桃苷可能是檀香果实风味特殊的原因。

对 3 个对羟基肉桂酸类酚酸类化合物的分析表明,品种(系)间对香豆酸、阿魏酸和芥子酸含量的变化趋势存在差异。其中长营的对香豆酸含量总体呈下降的趋势,檀香、灵峰的对香豆酸含量总体呈先降后升再降的变化趋势,这与张睿在铁核桃的研究^[21]基本一致。长营、檀香的阿魏酸和芥子酸含量总体呈下降—上升的动态变化,灵峰的阿魏酸含量总体呈“V”形变化,芥子酸含量总体呈上升—下降的动态变化。果实发育后期,长营、檀香的阿魏酸、阿魏酸、芥子酸含量均有所下降;灵峰的对香豆酸含量有所下降,但阿魏酸和芥子酸含量却有所上升。因此,灵峰果实发育后期的阿魏酸和芥子酸含量的差异可能是造成其口感不同的因素之一。这与陈建业在葡萄果实酚酸含量变化上的研究结果^[22]有所不同,主要可能是由不同物种之间的差异造成。

综上所述,橄榄果实发育过程中,多酚组分间含量的差异会造成品种(系)间果实风味不同,其中鞣花酸、金丝桃苷、阿魏酸和芥子酸含量的差异可能是不同品种(系)果实风味差异的重要因素。

参考文献:

- [1] Ito M, Shimura H, Watanabe N, et al. Hepatoprotective compounds from *Canarium album* and *Euphorbia nematocarpa* [J]. Chemical & Pharmaceutical Bulletin, 1990, 38(8): 2201–2203.
- [2] 常强, 苏明华, 陈清西, 等. 2 种提取工艺对橄榄果实多酚含量及抗氧化活性的影响 [J]. 热带作物学报, 2016, 37(8): 1575–1581.
- [3] Duan W J, Tan S Y, Chen J, et al. Isolation of anti-HIV components from *Canarium album* fruits by high-speed counter-current chromatography [J]. Analytical Letters, 2013, 46(7): 1057–1068.
- [4] Liu Q, Zhou M, Zheng M, et al. *Canarium album* extract restrains lipid excessive accumulation in hepatocarcinoma cells [J]. International Journal of Clinical and Experimental Medicine, 2016, 9(9): 17509–17518.
- [5] Jia Y L, Zheng J, Yu F, et al. Anti-tyrosinase kinetics and antibacterial process of caffeic acid N-nonyl ester in Chinese Olive (*Canarium album*) postharvest [J]. International Journal of Biological Macromolecules, 2016, 91: 486–495.
- [6] 池毓斌, 朱丽娟, 黄敏杰, 等. 鲜食橄榄品质综合评价模型的建立与验证 [J]. 果树学报, 2017, 34(8): 1051–1060.
- [7] He Z Y, Xia W S, Chen J E. Isolation and structure elucidation of phenolic compounds in Chinese olive (*Canarium album* L.) fruit [J]. European Food Research and Technology, 2008, 226(5): 1191–1196.
- [8] He Z Y, Xia W S. Analysis of phenolic compounds in Chinese olive (*Canarium album* L.) fruit by RPHPLC-DAD-ESI-MS [J]. Food Chemistry, 2007, 105(3): 1307–1311.
- [9] 项昭保, 徐一新, 陈海生, 等. 橄榄中酚类化学成分研究 [J]. 中成药, 2009, 31(6): 917–918.

杨树林,杨太新,路宁宁. 不同采收时间珊瑚菜种子的产量及质量[J]. 江苏农业科学,2021,49(22):162-166.

doi:10.15889/j.issn.1002-1302.2021.22.029

不同采收时间珊瑚菜种子的产量及质量

杨树林,杨太新,路宁宁

(河北农业大学农学院/省部共建华北作物改良与调控国家重点实验室/河北省作物生长调控实验室,河北保定 071001)

摘要:通过对不同采收时间珊瑚菜种子产量和质量的研究,确定其适宜采收时间,为珊瑚菜良种繁育和提高种子质量提供理论依据。结果表明,不同采收时间的珊瑚菜种子产量和质量差异显著。珊瑚菜种子的产量以 T3(6 月 25 日)处理的最高,为 888.71 kg/hm²,且显著高于 T4(6 月 30 日)处理的 706.69 kg/hm²;种子千粒质量和发芽率均随采收时间的推迟逐渐上升,T4 处理的种子千粒质量和发芽率均达到最高,但均与 T3 处理差异不显著。种子的 SOD、POD 和 CAT 活性随采收时间的推迟均表现出逐渐增高的变化趋势,均以 T4 处理的活性最高。随采收时间的推迟,种子的 ABA、GA₃ 和 ZR 含量均呈逐渐下降的趋势,均以 T4 处理的含量最低,种子的 IAA 含量呈先上升后下降的趋势,以 T2(6 月 20 日)处理的最高,为 52.82 ng/g。从种子的产量及质量考虑,河北安国及周边地区的珊瑚菜种子适宜采收时间为 6 月 25 日。

关键词:珊瑚菜;种子;采收时间;产量;质量

中图分类号: S567.23⁺9.04

文献标志码: A

文章编号: 1002-1302(2021)22-0162-05

伞形科植物珊瑚菜 (*Glehnia littoralis* Fr. Schmidt ex Miq.) 为常用中药北沙参的基原植物。

收稿日期:2021-03-09

基金项目:河北省中药材产业技术创新团队项目(编号:HBCT2018060202);太行山农业创新驿站安国药博园(编号:1717050)。

作者简介:杨树林(1996—),男,河北保定人,硕士研究生,研究方向为药用作物栽培。E-mail:1518632070@qq.com。

通信作者:杨太新,博士,教授,主要从事药用植物规范化栽培和管花肉苁蓉的科学研究。E-mail:yangtaixin@126.com。

北沙参性微寒,味甘、微苦,归肺、胃经,具有润肺益胃、养阴生津的功效^[1]。北沙参有着悠久的栽培历史和较成熟的种植加工技术,主产于河北安国、山东莱阳和内蒙古赤峰三大产区。其中河北安国所产的北沙参是“八大祁药”之一,习称“祁沙参”^[2]。

珊瑚菜为伞形科植物,其种子成熟度不一致,质量参差不齐,严重影响了优良种苗的培育,最终影响药材质量。乔凯宁等研究了珊瑚菜种子质量的检验方法:千粒质量采用千粒法;含水率用低温

[10]何志勇,夏文水. 橄榄果实中酚类化合物的分析研究[J]. 安徽农业科学,2008,36(26):11406-11407.

[11]何志勇. 橄榄酚类化合物的分离纯化和结构研究[D]. 无锡:江南大学,2007:60-61.

[12]Reichel M, Carle R, Sruamsiri P, et al. Changes in flavonoids and nonphenolic pigments during on-tree maturation and postharvest pericarp browning of litchi (*Litchi chinensis* Sonn.) as shown by HPLC-MSn[J]. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 2011, 59(8):3924-3939.

[13]张上隆,陈昆松. 果实品质形成与调控的分子生理[M]. 北京:中国农业出版社,2007:208-219.

[14]林玉芳,杜正花,陈清西. 橄榄果实品质评价因子的筛选及指标确定[J]. 热带作物学报,2014,35(4):805-810.

[15]谢倩,张诗艳,叶清华,等. 鲜食橄榄发育成熟过程中多酚及相关酶活性的动态变化[J]. 果树学报,2019,36(6):774-784.

[16]沈玺龙,李永霞,张群英. 树莓鞣花酸提取纯化及生物活性的研究进展[J]. 山东化工,2019,48(14):94-96.

[17]Wu C Q, Huang H Q, Choi H Y, et al. Anti-esophageal cancer effect of corilagin extracted from phmlanthi fructus via the mitochondrial and endoplasmic Reticulum stress pathways[J]. Journal of Ethnopharmacology, 2021, 269:113700.

[18]Sun B, Zhang R T, Liang Z C, et al. Hyperoside attenuates non-alcoholic fatty liver disease through targeting Nr4A1 in macrophages[J]. International Immunopharmacology, 2021, 94:107438.

[19]肖楚丽,李金成,李碧蓉,等. 对香豆酸对急性应激诱导小鼠记忆提取障碍的改善作用[J]. 中国药理学通报,2020,36(9):1248-1253.

[20]曹玉玺,吴祖芳,翁佩芳. 酚酸类物质对杨梅发酵酒贮藏期间色泽和挥发性风味物质的影响[J]. 食品科学,2021,42(11):78-85.

[21]张睿. 铁核桃果实发育过程中酚类代谢的转录组分析[D]. 贵阳:贵州大学,2019:65-67.

[22]陈建业. 葡萄酒中酚酸及葡萄果实苯丙烷类代谢途径研究[D]. 北京:中国农业大学,2005:61-62.