

应用指纹图谱区分降香黄檀中油梨和糠梨

魏建华, 李冠斯, 黄学泓, 许如苏 (汕头海关技术中心, 广东汕头 515031)

摘要 应用高效液相色谱法研究降香黄檀中油梨和糠梨的指纹图谱, 采用相似度分析软件进行分析比较, 分别获得 17 个油梨的共有特征峰和 6 个糠梨的共有特征峰; 根据相对峰面积, 初步建立降香黄檀中油梨和糠梨鉴定方法。结果表明, 该方法结果准确、重复性好, 所建立的指纹图谱可作为降香黄檀中油梨和糠梨的辅助鉴定, 鉴定指标客观, 鉴定方法简便, 实现一定意义上的无损检测。

关键词 高效液相色谱; 指纹图谱; 降香黄檀; 油梨; 糠梨

中图分类号 S781.1 文献标识码 A

文章编号 0517-6611(2023)03-0202-03

doi: 10.3969/j.issn.0517-6611.2023.03.046

开放科学(资源服务)标识码(OSID):

Application of Fingerprint to Distinguish Oil Pear and Bran Pear in *Dalbergia odorifera*

WEI Jian-hua, LI Guan-si, HUANG Xue-hong et al (Shantou Customs Technology Center, Shantou, Guangdong 515031)

Abstract The fingerprints of oil pear and bran pear in *Dalbergia odorifera* were studied by high performance liquid chromatography (HPLC). The similarity analysis software was used to analyze and compare the fingerprints, and 17 common characteristic peaks of oil pear and 6 common characteristic peaks of bran pear were obtained respectively. According to the relative peak area, a preliminary identification method of oil pear and bran pear in *Dalbergia odorifera* was established. The results showed that the precision and repeatability of the method were good. The established fingerprint map could be used as the auxiliary identification of oil pear and bran pear in *Dalbergia odorifera*, which was a kind of objective identification index, simple identification method and could realize damage-free detection in some sense.

Key words High performance liquid chromatography; Fingerprint; *Dalbergia odorifera*; Oil pear; Bran pear

红木作为一类珍贵的木材资源, 它不是树木分类学上某个树种的名称, 而是来源于明清时代的宫廷、王府及不同地区的生产者和经销商, 经长期自然形成的经过归类的木材商品名。由于其具有特征性颜色与良好物理力学性能而备受人们青睐, 在不同时代不同地区红木都有着不同的内涵^[1]。由于红木类资源非常短缺, 随着国民经济的快速增长, 人们对木质材料的追求不论质还是量都越来越高, 所以红木价格很高, 其中不同种类的红木价格差别又极大。由于红木造假利润空间极大, 于是以次充好、以假乱真的现象较为普遍^[2-3]。

蝶形花科黄檀属降香紫檀 (*Dalbergia odorifera*), 由于分布在我国海南岛, 所以也称海南黄花梨, 树种的立地条件、气候条件等区别, 造就了降香黄檀分油梨和糠梨 2 种, 两者颜色、纹理和密度外形有所差别。由于木材名称一般是以属为基础, 把特征相似、性质相近、用途相同的种归类, 没有办法将同属降香黄檀的两类区分出来。传统木材鉴定以木材解剖学为依据, 如我国现行的国家标准 GB/T 18107—2017《红木》^[4], 通过木材的一些微观解剖结构如生长轮类型、心材材色、轴向薄壁组织形态、结构、香气等进行鉴别, 传统木材鉴定往往对红木鉴定到“属”, 鉴定到“种”就很困难, 而油梨和糠梨是降香黄檀树种以下的分类。传统木材鉴定主要是以简便实用的宏观特征(如密度、材色、重量、结构和纹理)为依据来确定, 辅以必要的木材解剖特征与观察记载相比较, 从而实现对木材的鉴定^[5-6]。但是市场上由于油梨和糠梨质地和消费者的偏好, 导致两者价格差别很大。红木专家有根据两者产地、颜色、纹理和密度外形的差别进行区别的经验, 但

是有一定的主观不确定性, 尤其对于不易区分出的又像油梨又像糠梨, 不具有客观统一的标准^[7-8]。该研究尝试直接对降香黄梨木材提取物进行高效液相分析, 将试验分析与化学计量法两者结合分析, 依据油梨和糠梨所含有的化学成分的区别, 采用高效液相法结合指纹图谱分析, 以期较准确区分降香黄梨木中的油梨和糠梨^[9]。

1 材料与方法

1.1 仪器与试剂 Agilent 1200 型高效液相色谱仪(美国), DAD 检测器, 四元梯度泵; Millipore Advantage A10 超纯水系统(美国); 梅特勒-托利多 AL204-IC 电子分析天平(瑞士); CBL photoelectron TECHNOLOGY Model C9860A 型超声波清洗器。乙腈、甲酸为色谱纯; 液相用水为超纯水; 其余试剂均为分析纯。

1.2 试验材料 降香黄檀红木样品是原汕头出入境检验检疫局多年来积累红木标本; 通过汕头出入境检验检疫局木材鉴定人员的鉴定, 结合报检的原产地资料, 正确定名的树种样品, 请木材鉴定人员根据国家标准 GB/T 18107—2017《红木》的鉴定定名; 随机抽取正确定名的树种其中一样品送原广东出入境检验检疫局技术中心国家木制品检测重点实验室鉴定, 并出具鉴定证书作为定名的复核方式。降香黄檀拉丁文名为 *D. odorifera* T. C. Chen, 属于黄檀属, 香枝木类, 产地为中国, 该研究使用的样品分别为糠梨 9 个、油梨 7 个。

1.3 供试品的制备 称取降香黄檀红木样品(已经通过传统木材形态学鉴定, 被正确定名的样品)心材部分木屑 0.2 g (精确至 0.001 g), 包括典型的油梨和糠梨心材部分, 置于 50 mL 离心管中, 加入 5 mL 甲醇、5 mL 高纯水, 振摇 5 min, 超声提取 5 min, 滤纸过滤, 再以 0.2 μm 的微孔滤膜过滤后备用^[9]。

1.4 色谱条件 色谱柱为 Agilent Eclipse XDB-C₁₈, 填料粒

基金项目 海关总署科研项目(2021HK204)。

作者简介 魏建华(1977—), 女, 山西大同人, 高级工程师, 硕士, 从事检验检疫检测技术方面的研究。

收稿日期 2021-06-21

径 5 μm , 柱长 250 mm, 柱内径 4.6 mm; 以水为流动相 A, 乙腈为流动相 B, 按照表 1 进行梯度洗脱; 检测波长 290 nm; 柱温 30 $^{\circ}\text{C}$; 流速 1.0 mL/min。

表 1 梯度洗脱程序
Table 1 Gradient elution procedure

时间 Time//min	流动相 A Mobile phase A//%	流动相 B Mobile phase B//%
0~20	92~77	8~23
20~33	77	23
33~43	77~70	23~30
43~53	70	30
53~69	70~62	30~38
69~76	62	38
76~91	62~51	38~49
91~92	51	49
92~95	51~92	49~8
95~103	92	8

1.5 样品测定 吸取“1.3”所得供试品溶液, 注入高效液相色谱仪中进行高效液相色谱检测, 进样量为 20 μL 。按照“1.4”色谱条件分析测定, 采集 103 min 色谱数据。

1.6 数据分析 将经过高效液相采集的木材图谱, 导入色谱指纹图谱相似度评价软件中进行指纹图谱共有峰、强峰、特征峰确证和相似度分析, 通过多个典型的油梨和糠梨降香黄檀红木样品, 建立对应的油梨和糠梨的对照图谱, 并建立谱库。

对于每个收集到的降香黄檀树种的高效液相采集的谱图, 将其导入国家药典委员会颁布的“中药色谱指纹图谱相似度评价系统(2012版)”, 选取时间窗宽度为 0.1~0.2 min, 以中位数生成对照谱图, 经过多点校正后自动匹配, 生成其指纹图谱对照谱图, 并计算所比批次样品的指纹图谱与该对照谱图的相似度。在多批降香黄檀的共有峰中筛选出峰面积较高的且稳定出现的峰作为油梨和糠梨的标准指纹图谱的特征峰, 从而建立降香黄檀中油梨和糠梨的标准指纹图谱。

2 结果与分析

2.1 色谱指纹图谱的建立 分别测定 7 批典型的油梨和 9 批典型的糠梨 HPLC 指纹图谱, 并进行分析比较, 得到由其共有特征峰构成的区别降香黄檀中油梨和糠梨的指纹图谱, 见图 1。

分别将 7 批油梨和 9 批糠梨样品指纹图谱导入国家药典委员会颁布的“中药色谱指纹图谱相似度评价系统(2012版)”, 选取时间窗宽度为 0.2 min, 以中位数生成对照谱图, 经过多点校正后自动匹配, 分别生成油梨指纹图谱和糠梨指纹图谱共有模式, 并分别计算与对应共有模式的相似度。油梨共有模式含有共有特征峰 17 个, 保留时间分别为 10.194、19.575、24.208、25.627、27.305、28.141、31.900、33.785、38.336、39.618、41.636、45.414、47.237、48.495、54.045、56.92、61.009 min, 以 12 号峰峰面积最大。其中油梨的 17 个共有峰和糠梨的 6 个共有峰, 经验证其信噪比 S/N 都大于 10, 说明峰信号稳定, 分别在各批次都稳定出现, 故确定其为

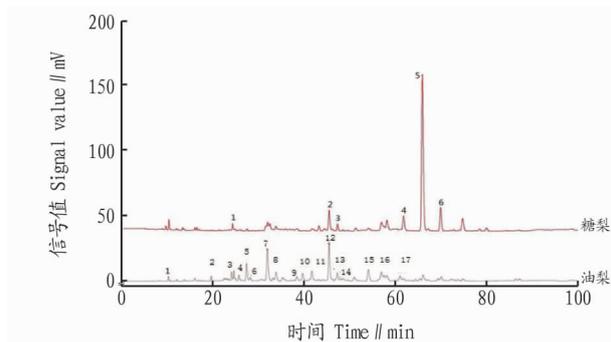


图 1 降香黄檀中油梨和糠梨的标准指纹图谱

Fig. 1 Standard fingerprint of oil pear and bran pear in *Dalbergia odorifera*

共有特征峰。油梨的 12 号峰和糠梨的 2 号峰具有非常相近的保留时间, 分别为 45.414 和 45.457 min。7 批油梨与其对照图谱相似度分别为 0.851、0.909、0.909、0.891、0.871、0.950、0.888, 7 批样品的相似度均在 0.800 以上。糠梨共有模式含有共有特征峰 6 个, 保留时间分别为 24.269、45.457、47.308、61.786、65.923、69.918 min, 以 5 号峰峰面积最大; 9 批糠梨与其对照图谱相似度分别为 0.921、0.898、0.950、0.946、0.985、0.816、0.986、0.835、0.985, 9 批样品的相似度均在 0.800 以上。

2.2 数据标准化并设置区别油梨和糠梨的判断指标 数据标准化的目的是避免了保留时间数据漂移和色谱检测仪器造成的峰面积不一致问题, 以便于使用多元分析法进行分类。样品指纹图谱进行标准化处理, 首先需要确定基峰, 其次样品指纹图谱中共有特征峰的保留时间和峰面积与基峰的保留时间和峰面积的比值为相对保留时间和相对峰面积。

以油梨和糠梨共有峰保留时间是 (45.414 ± 0.500) min 作为参照峰, 分别列出油梨样品 17 个共有峰和糠梨样品的 6 个共有峰, 并分别列出所述 7 批油梨和 9 批糠梨保留的油梨样品和糠梨样品对应各自参照峰的相对峰面积, 通过大量试验, 反复比对, 找到区别油梨和糠梨的特征, 参见表 2。

油梨和糠梨都包含保留时间是 45.414 min 的峰, 而且峰面积都很大, 两者的主要区别表现为最大峰和特征峰的不同: ①最大峰, 油梨的峰面积最大峰保留时间为 45.414 min, 糠梨的峰面积最大峰保留时间为 65.923 min。②特征峰, 3 个特征峰的保留时间分别为 19.575、27.305、39.618 min, 油梨同时含有这 3 个特征峰; 糠梨仅含有其中 1 个或者 2 个峰, 不同时包含。

为了尽量消除各种其他的原因导致高效液相色谱方法获得的指纹图谱保留时间漂移带来的影响, 该研究设置区别油梨和糠梨的判断指标, 设定为保留时间 (45.414 ± 0.500) min、面积最大的特征峰作为参照峰, 5 个特征峰采用与参照峰的相对保留时间表示, 分别是 0.431、0.601、0.872、1.000、1.452, 根据这 5 个特征峰的有无以及最大峰面积, 区分油梨和糠梨。对于降香黄檀样品, 判断其是油梨或者糠梨标准: ①油梨, 至少同时具有 4 个特征峰, 相对保留时间分别是 0.431、0.601、0.872、1.000, 并且面积最大的峰是相对保留

时间为 1.000 的特征峰梨;②糠梨,至少同时具有 2 个特征峰,相对保留时间分别是 1.000 和 1.452,面积最大的峰是相

对保留时间为 1.452 的特征峰,且不同时包含相对保留时间分别是 0.431、0.601、0.872 这 3 峰。

表 2 7 批油梨和 9 批糠梨的区别特征

Table 2 Differences between 7 batches of oil pears and 9 batches of bran pears

样品 Sample	相对峰面积 Relative peak area						基准峰面积 Reference peak area 45.414 min	
	19.575 min	27.305 min	39.618 min	31.900 min	65.923 min	69.918 min		
油梨 Oil pear	1	1.774	47.338	9.206	88.845	84.193	49.052	320.091
	2	6.146	61.037	17.615	75.738	0	22.658	304.073
	3	6.146	61.037	17.615	75.738	0	22.658	304.073
	4	1.725	14.982	15.107	76.628	33.288	54.308	135.561
	5	26.211	63.536	87.468	144.337	39.393	34.454	524.070
	6	6.446	22.295	19.818	95.400	2.885	14.332	2 276.399
	7	2.397	51.533	4.249	63.411	22.235	0	868.548
糠梨 Bran pear	1	0.540	5.096	0	58.897	342.538	37.780	682.970
	2	0	0	0	59.375	421.882	288.561	290.362
	3	0	0	0	118.429	949.208	90.002	149.135
	4	0	0	0	66.766	507.994	41.765	209.290
	5	0	0	0	272.850	1 931.146	156.350	233.299
	6	0	0	0	71.969	208.739	80.097	249.755
	7	0	16.340	0	86.000	1 541.254	84.641	547.489
	8	0	14.164	0	65.753	249.899	189.635	567.069
	9	8.756	0	22.337	300.014	2 458.545	227.688	288.241

2.3 方法学考察

2.3.1 精密度试验。取油梨同一供试品溶液,依据“1.4”色谱条件、“1.5”样品测定方法,连续进样 5 次。将其指纹色谱图导入中药色谱指纹图谱相似度评价系统(2012 版),与生成的对照指纹图谱对比,各图谱的相似度均大于 0.984。以 12 号峰为参照峰,计算出 1~17 号共有指纹峰的相对保留时间的 RSD 均小于 3.0%,且相对峰面积的 RSD 均小于 0.5%,表明仪器稳定、精密度良好。

2.3.2 重现性试验。取同一批油梨木屑,精密称取 5 份,按“1.3”供试品制备方法平行制备 5 份供试品溶液,分别依据“1.4”色谱条件、“1.5”样品测定方法进样,同法进行检测。将其指纹色谱图导入中药色谱指纹图谱相似度评价系统(2012 版),与生成的对照指纹图谱相比,5 份样品的相似度均大于 0.990。以 12 号峰为参照峰,计算出 1~17 号共有指纹峰的相对保留时间的 RSD 均小于 2.0%,由于天然红木样品的不均一性,4 号峰相对峰面积的 RSD 为 0.9%,其他共有峰相对峰面积的 RSD 均小于 0.5%,表明该方法共有峰保留时间重现性良好。

2.3.3 稳定性试验。取油梨同一份供试品溶液(C₃),依据“1.4”色谱条件、“1.5”样品测定方法,分别于 0、3、6、9、15、24 h 进样检测。将其指纹色谱图导入中药色谱指纹图谱相似度评价系统(2012 版),与生成的对照指纹图谱相比,6 份样品的相似度均大于 0.980。以 12 号峰为参照峰,计算出 1~17 号共有指纹峰的相对保留时间的 RSD 均小于 1.5%,且相对峰面积的 RSD 均小于 0.3%,表明供试品溶液在 24 h 内稳定。

3 小结与讨论

对红木的鉴定不能照搬中药材质量控制、道地性和真伪

鉴别的指纹图谱方法,红木树种鉴定的相似度判断指标和相对保留时间、相对峰面积的标准偏差判断指标比一般的中药材等一年生的植物的范围要宽一些才有实用意义。其保留时间的含义是对应样品所含的化学成分,峰面积含义是该化学成分的量,为了尽可能地减少各种条件造成的高效液相保留时间的漂移对指纹图谱的影响,所以在此研究相对保留时间和相对峰面积。

该研究提供一种应用指纹图谱区别降香黄檀中油梨和糠梨的方法。具体如下:将降香黄檀的供试品溶液进行高效液相色谱检测,获得指纹图谱;其中将保留时间(45.414±0.500)min 且面积最大的特征峰作为参照峰;若指纹图谱至少包含相对保留时间分别是 0.431、0.601、0.872、1.000 的 4 个峰,并且其中相对保留时间为 1.000 的特征峰是指纹图谱中峰面积最大的特征峰,那么降香黄檀为油梨;若指纹图谱至少包含相对保留时间为 1.000 和 1.452 这 2 个峰,且相对保留时间为 1.452 的特征峰是指纹图谱中峰面积最大的特征峰,相对保留时间分别是 0.431、0.601、0.872 的这 3 个特征峰并不同时在该指纹图谱中出现,那么降香黄檀为糠梨。对于已知降香黄檀的红木,可以利用指纹图谱相似度软件分析相似度,结合共有特征峰相对保留时间的标准偏差进行油梨和糠梨的进一步分类判断。

作为指纹图谱研究的重要参数色谱条件中波长的选择,主要是考虑 2 个方面:一方面,能较多地检测出木材浸提物中的化学物质,以便于呈现其整体特征,又不能太多,否则色谱峰数量太多对后续的分析带来的工作量太大;另一方面,对于降香黄檀的指纹图谱研究,其目的在于油梨和糠梨的区分,而不是研究其所含化学成分,所以需要采用一致的

(下转第 249 页)

村级集体工程项目和资产资源实施情况实时监督。

3.2 由企业参与的分利共谋模式:进一步盘活社会资本,构筑“互利共建”的结构框架 佛山市陈村镇“乡村振兴促进会”利用企业参与基层治理之中,是一种责任共同体、行动共同体、利益共同体,将社会资本引入村庄,与村庄形成“分利共谋体”。虽然社会资本和乡村资源结合创造了经济效应,但是在利益分配过程中还没有形成良好的制度框架,在政治参与中缺乏有力的制度依据,这就使得企业嵌入乡村的程度不一,治理效果也就参差不齐。在未来的村庄参与治理中,村庄要利用本身的自然空间和资源优势,充分撬动社会资本的同时,要进一步提供制度构建,依靠合理规范的制度框架,吸引企业共商共建,进一步盘活社会资本,用好资金杠杆,充分撬动治理的有效性和持续性。在利益分配方面,构建起“公平互惠”的利益分配制度,用制度规范行为,防止因为分利不均导致的无序治理。

3.3 由社群精英参与的协商共治模式:进一步激发社群内生力,强化“群策群力”的协商共治 湖州市德清县的乡贤参事会,充分利用乡贤的力量参与基层治理,使治理主体真正下沉到基层,新乡贤是社会主义核心价值观的传播者、弘扬者和践行者,是最了解也是最想建设农村的一批人,他们对建设农村有着最天然的热情,但是他们也存在着天然不足,就是专业性和内生力不足^[13]。所谓专业性不足就是乡贤在实际解决乡村治理问题的过程中,缺乏系统的专业治理和理论基础,往往是凭借着过往经验和主观判断来进行治理;所谓的内生力不足是指乡贤组织在处理乡村纷繁复杂的事务过程中,一开始的热情和积极性会逐渐减退,治理过程就会变得粗糙。所以,由社群精英为治理主体的治理模式应该通过机制刺激来激发他们的治理内生力,使群策群力成为一种常态,避免村民参与热情退失而导致社群精英唱“独角戏”的情况。

4 结语

社会组织参与基层协商治理既是实现基层社会治理良

性运转的内在条件,也是推进国家治理体系和治理能力现代化的题中之义^[14]。政府、企业、社群精英等作为主要参与者在参与过程中发挥着不同的作用。该研究依据参与治理的主体不同,构建了3种不同的基层治理模式,分别是主要由政府参与的行政主导模式、主要由企业参与的分利共谋模式、主要由社群精英参与的协商共治模式。并通过相应的实践案例予以验证。最后提出社会组织参与基层协商治理模式类型的优化方向及建议。通过调查研究,介绍了3种有效的治理实践,是对多主体参与基层治理实践的丰富和补充,为其他学者研究多主体参与基层治理提供借鉴与启发。

参考文献

- [1] 申建林. 高效能治理的逻辑、困境与出路[J]. 人民论坛, 2020(20): 14-16.
- [2] 毛一敬. 构建乡村治理共同体: 村级治理的优化路径[J]. 华中科技大学学报(社会科学版), 2021, 35(4): 56-63.
- [3] 刘志红, 张银花. H 市政府推进 PPP 模式发展中存在的问题及对策研究[J]. 中小企业管理与科技, 2021(9): 124-126.
- [4] 谢小芹. 乡村社区“三治协同”的理论逻辑与社区实践[J]. 学术探索, 2021(4): 73-82.
- [5] 张春华. 缺位与补位: 乡村治理中的现代乡贤[J]. 重庆社会科学, 2018(3): 74-80.
- [6] 广州市社会科学院. 特大城市发展中的基层社会治理模式创新[C]// 全国城市智库联盟城市发展与城市治理现代化高端论坛论文集. 济南: [出版者不详], 2017: 84-92.
- [7] 沈永东, 陈天慧. 多元主体参与基层社会治理的共治模式: 以宁波市鄞州区为例[J]. 治理研究, 2021, 37(4): 82-89.
- [8] 程璆, 郑逸芳, 许佳贤. 闽台两地农业科技协同创新机制构建研究[J]. 台湾农业探索, 2017(2): 17-22.
- [9] 孙瑜欢. 村级治理中的规则追求、展开逻辑与制度演进: 以村级小微清单制度为分析样本[J]. 中共宁波市委党校学报, 2020, 42(2): 107-112.
- [10] 孙丽珍. 新乡贤参与乡村治理探析: 以浙江省为例[J]. 江西社会科学, 2019, 39(8): 225-233.
- [11] 路康. 面向治理的社会成长与政府功能: 基于绍兴市乡贤组织建设的考察[D]. 金华: 浙江师范大学, 2017.
- [12] 江跃中. 德清发布首个《乡贤参事会》地方标准[N]. 新民晚报美国版, 2019-05-14(A09).
- [13] 宋海霞, 许加明. 新乡贤参与乡村治理的作用分析及完善策略[J]. 安徽农业科学, 2020, 48(10): 227-229.
- [14] 杨柯, 张长东. 自主与嵌入: 社会组织参与基层协商治理的逻辑与模式[J]. 北京行政学院学报, 2021(5): 56-63.

(上接第 204 页)

紫外波长,即选择一个能兼顾多种红木树种或者掺伪树种指纹图谱的研究,以便于比较。沈明月等^[10]采用波长为 290 nm 研究了 4 种红木的 HPLC 指纹图谱,该研究参照文献,采用同样的波长。从该研究的结果来看,采用该波长能够满足降香黄檀中油梨和糠梨的区分。

对于木材识别,由最早的树木分类科、属系统根据宏观的颜色、气味、气干密度等特征,发展到根据微观的木材解剖学角度的显微结构识别。降香黄檀中由于稀缺程度,木质特点,油梨和糠梨的价格相差悬殊。HPLC 标准指纹图谱技术具有人为因素较小、分辨率高、特异性强、快速准确的特点,作为一种辅助传统方法的木材识别方法,可以鉴定到降香黄檀这个树种内部的分类,对于木材交易市场、木材经销商、消费者、公安机关、海关和科研机构等具有很强的应用价值。

参考文献

- [1] 胡景初. 弘扬红木文化 发展红木家具[J]. 林产工业, 2002, 29(4): 3-6.
- [2] 姜笑梅, 殷亚方, 刘波. 木材树种识别技术现状、发展与展望[J]. 木材工业, 2010, 24(4): 36-39.
- [3] 张妍茵, 顾玉琦, 张雯雅. 近红外光谱技术对红木家具的鉴别[J]. 安徽农业科学, 2017, 45(22): 115-116.
- [4] 中华人民共和国国家质量监督检验检疫总局, 中国国家标准化管理委员会. 红木: GB/T 18107—2017[S]. 北京: 中国标准出版社, 2017.
- [5] 任洪娥, 高洁, 马岩. 我国木材材种识别技术的新进展[J]. 木材加工机械, 2007(4): 38-41.
- [6] 冯凌霄, 苏中海, 许立更, 等. 木材品名的鉴定[J]. 中国检验检疫, 2006(3): 15-16.
- [7] 雒丹阳, 冯德君, 穆亚平, 等. 宝鸡金台观古建筑木结构树种鉴定[J]. 西北林学院学报, 2008, 23(1): 166-168, 173.
- [8] 中国林业科学研究院木材工业研究所. 一种鉴别 6 种紫檀属木材的 DNA 组合条形码及其鉴别方法和应用: CN201710511802.2[P]. 2017-09-15.
- [9] 罗莎. 四种红木抽提物的 FTIR 与 GC-MS 指纹图谱鉴别研究[D]. 长沙: 中南林业科技大学, 2013.
- [10] 沈明月, 章启元, 朱仲良, 等. 基于 HPLC 技术及模式识别方法鉴别 4 种红木[J]. 林业科学, 2012, 48(5): 168-172.