

沉香的醇浸出物和沉香四醇含量测定及品质分类

李远彬¹, 王羚邴^{1,2*}, 邓幸运¹, 杨良¹, 陈瑞莹¹,
曾春香¹, 罗珊¹, 陈嘉丽¹, 赖小平^{1,2,3}

- (1. 广州中医药大学, 广州 510006;
2. 东莞广州中医药大学 中医药数理工程研究院, 广东 东莞 523808;
3. 广东省中药新药研发重点实验室, 广州 510006)

[摘要] 目的:分析与评价国内外沉香药材的质量,对沉香品质进行分类。方法:按2015年版《中国药典》一部沉香鉴别项下相关要求测定样品醇浸出物的含量;采用HPLC法,Altima C₁₈色谱柱(4.6 mm × 150 mm, 5 μm),流动相乙腈(A)-0.1%甲酸水(B)梯度洗脱,流速0.7 mL·min⁻¹,检测波长252 nm,柱温30 ℃,测定样品中的沉香四醇含量;结合醇浸出物和沉香四醇含量结果探讨沉香品质分类。结果:沉香四醇在2.0~750.0 μg(r=0.999 6)与其峰曲线下面积呈良好的线性关系,平均回收率为102.1%,RSD 2.8%。52种沉香样品中沉香四醇质量分数在0.10%~6.60%,醇浸出物质量分数为6.07%~57.06%。沉香醇浸出物与结香方式、种源无相关性。沉香四醇含量高低与种源、结香方式有一定的相关性。种源为白木香的人工和天然沉香2种结香方式中沉香四醇平均质量分数分别为0.67%,0.15%,两者比较有显著差异(P<0.01);天然沉香种源为*Aquilaria malaccensis*与*A. crassna*,沉香四醇平均质量分数分别为2.57%,0.70%,两者有差异(P<0.05);与白木香(0.15%)有显著差异(P<0.01)。结论:沉香按沉香四醇含量高低进行品质分类具有一定的合理性。

[关键词] 沉香;沉香四醇;结香方式;种源;品质;分类

[中图分类号] R284.1 **[文献标识码]** A **[文章编号]** 1005-9903(2017)15-0070-06

[doi] 10.13422/j.cnki.syfx.2017150070

[网络出版地址] <http://kns.cnki.net/kcms/detail/11.3495.R.20170420.1132.078.html>

[网络出版时间] 2017-04-20 11:32

Investigating and Exploring Content of Alcohol Soluble Extractives and Agarotetrol in Agarwood and Its Quality Classification Method

LI Yuan-bin¹, WANG Ling-li^{1,2*}, DENG Xing-yun¹, YANG Liang¹, CHEN Rui-ying¹,
ZENG Chun-xiang¹, LUO Shan¹, CHEN Jia-li¹, LAI Xiao-ping^{1,2,3}

- (1. Guangzhou University of Chinese Medicine, Guangzhou 510006, China;
2. Dongguan Mathematical Engineering Academy of Chinese Medicine and Guangzhou University of Traditional Chinese Medicine, Dongguan 523808, China;
3. Guangdong Provincial Key Laboratory of New Drug Development and Research of Chinese Medicine, Guangzhou 510006, China)

[Abstract] **Objective:** To analyze and evaluate the quality of agarwood from different areas. **Method:** The method in 2015 edition of the *Chinese Pharmacopoeia* was used to determine the content of alcohol soluble extractives in samples. HPLC analysis was performed to determine agarotetrol on a Altima C₁₈ (4.6 mm ×

[收稿日期] 20161207(021)

[基金项目] 港澳台科技合作专项项目(2014DFH30010);广东省省级科技计划项目(2013B090800052);广东省科技计划项目(2012B011000050)

[第一作者] 李远彬,博士,从事中药产品开发研究,Tel:13725110727,E-mail:afanliy@ sina.com

[通讯作者] *王羚邴,博士,副研究员,从事中药新药开发研究工作,Tel:020-39358316,E-mail:wlingli@gzucm.edu.cn

150 mm, 5 μm), with acetonitrile (A) -0.1% formic acid solution (B) as the mobile phase for gradient elution. The flow rate was 0.7 mL \cdot min⁻¹; the detection wavelength was set at 252 nm; and the column temperature was 30 $^{\circ}\text{C}$. Then the quality classification of agarwood was discussed through the content of the alcohol soluble extractives and agarotetrol. **Result:** The sample volume showed good linear relationship with area under the peak curve within the range of 2.0-750.0 μg ($r = 0.9996$) for agarotetrol. The average recovery was 102.1%, and the RSD was 2.8%. The mass fraction of agarotetrol was 0.10%-6.60% in 52 kinds of agarwood, and the mass fraction of alcohol soluble extractives was 6.07%-57.06%. The alcohol soluble extractives had no correlation with aroma forming method and sources, but the content of agarotetrol had certain correlation with aroma forming method and sources. The average mass fraction of agarotetrol was 0.67% and 0.15% respectively in artificial and natural *Aquilaria sinensis* agarwood, with significant difference ($P < 0.01$); natural *A. malaccensis* agarwood (2.57%) was different from natural *A. crassna* agarwood (0.70%) ($P < 0.05$), with significant difference with natural *A. sinensis* agarwood (0.15%) ($P < 0.01$). **Conclusion:** Quality classification of agarwood according to the agarotetrol content has certain rationality and feasibility.

[**Key words**] agarwood; agarotetrol; aroma forming method; sources; quality; classification

沉香主要来源于瑞香科沉香属和拟沉香属含有树脂的木材,主要分布于我国广东,广西等地,及越南、印尼、柬埔寨等东南亚国家^[1]。沉香分为进口沉香和国产沉香两种,进口沉香基源植物较多,包括瑞香科沉香属马来沉香 (*Aquilaria malaccensi*), *A. crassna* 等和拟沉香属 (*Gyrinops ledermanii*), *G. versteegii* 的多种树种,国产沉香基源植物为瑞香科植物白木香 *A. sinensis*, 是 2015 年版《中国药典》规定的唯一可以入药的基源植物^[2]。但在国际贸易中,沉香主要被开发成高档香料、香油、香片等,较少入药。目前全球贸易流通的沉香种源主要有白木香,马来沉香, *A. crassna* 等,这些均作为沉香在国际上流通,为了更好地研究和规范沉香,对沉香品质分类具有深远的意义。

沉香形成方式可分为自然结香和人工促结香 2 种,自然结香是指健康的沉香木受自然因素如雷劈、火烧、微生物入侵等的作用逐渐形成,自然结香需要较漫长的时间,人工结香主要人为利用物理法(砍伤、凿洞、打钉等),化学法(硫酸、三氯化铁等化学试剂诱导结香),真菌法(黄绿墨耳菌等诱导结香)及综合结香法(综合应用物理、化学及真菌法进行结香)促使沉香的生成,这些方法有利于加快沉香的形成^[3-4]。目前市场上的沉香品质参差不齐、价格高昂、真伪难辨、以假乱真、以次充好常有发生;目前市场检测沉香的品质优劣只是通过外观、质地、油点,简单的水试火检等方法进行分类,缺乏科学性。近年来,沉香质量研究也主要集中在沉香的真伪鉴别,对沉香的品质多根据产地、性状、油脂含量及分布、质地、是否沉水等传统方法进行分类^[5-6],这些

方法主观性较强,没有具体的科学指标,易受个体人为因素干扰。

沉香主要成分有 2-(2-苯乙基)色酮类、倍半萜类、三萜类等^[7],国内外学者对沉香的质量研究也主要集中在对白木香中某个成分或某类成分的含量测定或化学指纹图谱分析,如沉香四醇、白木香酸、苜基丙酮、色酮类及指纹图谱^[8-13],对沉香其他种源质量研究甚少。2-(2-苯乙基)色酮类为沉香特征性成分,沉香四醇为沉香色酮类成分,其含量高低在一定程度上能反映沉香品质的差异^[14];醇溶性浸出物的多少可能与结香时间和含脂量有关^[11,15]。本文调查研究国内外沉香样品的醇溶性浸出物和沉香四醇的含量,对沉香品质分类进行探讨研究,为沉香品质分类标准提供参考依据。

1 材料

1100 型高效液相色谱仪(美国安捷伦公司,包括 SPD-20Avp 紫外检测器), Altima C₁₈ 色谱柱(4.6 mm \times 150 mm, 5 μm), KQ5200BD 型超声波清洗仪(昆山市超声仪器有限公司), CP225D 型 1/1 万分析天平(德国 Sartorius 公司), JJ500 型电子天平(常熟市双杰测试仪器厂), HH-ZK 型智能水浴箱(巩义市予华仪器有限责任公司), TC-15 型套式恒温器(海宁市新华医疗机械厂), DHG-9030A 型电热恒温鼓风干燥箱(上海索谱仪器有限公司)。

乙腈色谱纯(德国 Merck 公司), 甲醇、乙醇分析纯(天津市福晨化学试剂厂), 水为怡宝纯净水。

沉香样品经广州中医药大学新药开发研究中心赖小平教授鉴定为不同种源沉香,见表 1。

表 1 沉香样品来源信息

Table 1 Agarwood reference samples

样品	产地	结香方式	种源
S1	老挝	人工	<i>Aquilaria crassna</i>
S2	柬埔寨	人工	<i>A. crassna</i>
S3	越南	人工	<i>A. crassna</i>
S4	越南	人工	<i>A. crassna</i>
S5	柬埔寨	人工	<i>A. crassna</i>
S6	越南	人工	<i>A. crassna</i>
S7	老挝	人工	<i>A. crassna</i>
S8	越南	人工	<i>A. crassna</i>
S9	中国中山	人工	白木香 <i>A. sinensis</i>
S10	中国中山	人工	白木香 <i>A. sinensis</i>
S11	中国湛江	人工	白木香 <i>A. sinensis</i>
S12	中国中山	人工	白木香 <i>A. sinensis</i>
S13	中国中山	人工	白木香 <i>A. sinensis</i>
S14	中国中山	人工	白木香 <i>A. sinensis</i>
S15	中国中山	人工	白木香 <i>A. sinensis</i>
S16	中国中山	人工	白木香 <i>A. sinensis</i>
S17	中国中山	人工	白木香 <i>A. sinensis</i>
S18	中国中山	人工	白木香 <i>A. sinensis</i>
S19	中国中山	人工	白木香 <i>A. sinensis</i>
S20	中国中山	人工	白木香 <i>A. sinensis</i>
S21	印尼	天然	马来沉香 <i>A. malaccensis</i>
S22	越南	天然	马来沉香 <i>A. malaccensis</i>
S23	印尼	天然	马来沉香 <i>A. malaccensis</i>
S24	马来西亚	天然	马来沉香 <i>A. malaccensis</i>
S25	印尼	天然	马来沉香 <i>A. malaccensis</i>
S26	越南	天然	马来沉香 <i>A. malaccensis</i>
S27	马来西亚	天然	马来沉香 <i>A. malaccensis</i>
S28	马来西亚	天然	马来沉香 <i>A. malaccensis</i>
S29	汶莱	天然	马来沉香 <i>A. malaccensis</i>
S30	印尼	天然	马来沉香 <i>A. malaccensis</i>
S31	印尼	天然	马来沉香 <i>A. malaccensis</i>
S32	印尼	天然	马来沉香 <i>A. malaccensis</i>
S33	柬埔寨	天然	<i>A. crassna</i>
S34	柬埔寨	天然	<i>A. crassna</i>
S35	柬埔寨	天然	<i>A. crassna</i>
S36	柬埔寨	天然	<i>A. crassna</i>
S37	柬埔寨	天然	<i>A. crassna</i>
S38	柬埔寨	天然	<i>A. crassna</i>
S39	柬埔寨	天然	<i>A. crassna</i>
S40	柬埔寨	天然	<i>A. crassna</i>
S41	柬埔寨	天然	<i>A. crassna</i>
S42	越南	天然	<i>A. crassna</i>
S43	柬埔寨	天然	<i>A. crassna</i>
S44	越南	天然	<i>A. crassna</i>
S45	中国海南	天然	白木香 <i>A. sinensis</i>
S46	中国海南	天然	白木香 <i>A. sinensis</i>
S47	中国广西	天然	白木香 <i>A. sinensis</i>
S48	中国海南	天然	白木香 <i>A. sinensis</i>
S49	中国广西	天然	白木香 <i>A. sinensis</i>
S50	中国海南	天然	白木香 <i>A. sinensis</i>
S51	中国海南	天然	白木香 <i>A. sinensis</i>
S52	中国海南	天然	白木香 <i>A. sinensis</i>
S53	中国中山	无结香	白木香 <i>A. sinensis</i>
S54	中国潮州	无结香	白木香 <i>A. sinensis</i>

2 方法与结果

2.1 沉香醇浸出物测定 取沉香粉末(过 24 目筛)样品约 1 g,精密称定,置 250 mL 圆底烧瓶中,精密加入无水乙醇 50 mL,密塞,称定质量,静置 1 h,连接回流冷凝管,加热至沸腾,微沸维持 1 h。放冷后,取下锥形瓶,密塞,再称定质量,用乙醇补足减失的质量,摇匀。过滤并迅速取 25 mL 置于干燥恒重的蒸发皿中,水浴蒸干,再置于烘箱中 105 °C 下烘干至恒重,计算醇溶性物质的含量。

2.2 溶液的制备

2.2.1 对照品溶液的制备 精密称取沉香四醇对照品适量,加入甲醇溶解并定容至 25 mL,制成质量浓度为 750 mg·L⁻¹的对照品储备液,冰箱保存备用(4 °C)。

2.2.2 供试品溶液制备 取沉香样品 0.10 g,精密称定,置于 25 mL 具塞锥形瓶中,精密加入甲醇 10 mL,称定质量,摇匀,超声(功率 500 W,频率 40 kHz)提取 30 min,取出放冷,补足质量,过滤,上清液用 0.45 μm 微孔滤膜滤过,取续滤液,即得。

2.3 色谱条件和系统适用性 Altima C₁₈ 色谱柱(4.6 mm × 150 mm, 5 μm),流动相乙腈(A)-0.1% 甲酸水(B)梯度洗脱(0 ~ 8 min, 10% ~ 12% A; 8 ~ 18 min, 12% ~ 14% A; 18 ~ 30 min, 14% A; 30 ~ 40 min, 14% ~ 16% A; 40 ~ 60 min, 16% A),流速 0.7 mL·min⁻¹,检测波长 252 nm,柱温 30 °C。在此色谱条件下,色谱峰之间的分离度 > 1.5,理论塔板数大于 6 000,见图 1。

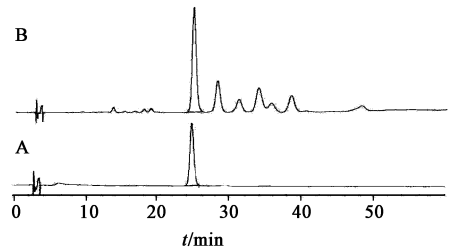


图 1 沉香四醇对照品(A)和沉香样品(B)HPLC
Fig. 1 HPLC chromatogram of agarotetrol(A) and agarwood(B)

2.4 线性关系考察 精密吸取对照品储备液适量,配制成质量浓度为 2, 50, 125, 250, 500, 750 mg·L⁻¹的对照品溶液。分别精密吸取上述对照品溶液及储备液各 10 μL 进样。按 2.3 项下色谱条件测定。以沉香四醇质量浓度(X)为横坐标,峰面积(Y)为纵坐标进行线性回归,绘制标准曲线,得到沉香四醇的回归方程为 Y = 34.284X + 85.744, r = 0.999 6。结果表明,沉香四醇在 0.02 ~ 7.50 μg 线性关系良好。

2.5 精密度试验 取质量浓度为 $50 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ 对照品溶液,按 2.3 项下色谱条件连续进样 6 针,记录色谱峰的峰面积,结果峰面积的 RSD 1.3%,表明仪器的精密度良好。

2.6 稳定性试验 取同一供试品溶液,按 2.3 项下色谱条件分别于 0,2,4,6,8,10,12,24 h 进样测定,记录沉香四醇的峰面积。结果峰面积的 RSD 1.6%,表明供试品溶液在 24 h 内稳定性良好。

2.7 重复性试验 精密称取沉香药材(S15)6 份,按 2.2.2 项下方法制备供试品溶液,按 2.3 项下色谱条件进样测定,记录沉香四醇的峰面积。结果供试品中沉香四醇质量分数为 $2.7 \text{ mg} \cdot \text{g}^{-1}$, RSD 2.2%,表明该方法重复性良好。

2.8 加样回收试验 精密称取已知沉香四醇含量的沉香样品(S15)约 0.1 g,6 份,加入分别取质量浓度为 $250 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ 沉香四醇对照品溶液 1.1 mL,按 2.2.2 项下方法制备供试品溶液。按 2.3 项下色谱条件测定。结果沉香四醇的平均加样回收率为 102.1%, RSD 2.8%,表明回收率良好,见表 2。

表 2 沉香中沉香四醇的加样回收试验

Table 2 Recovery test of agarotetrol in agarwood

称样量 /g	样品中量 /mg	测得量 /mg	回收率 /%	平均值 /%	RSD /%
0.100 1	0.270 3	0.540 7	98.3		
0.099 8	0.269 5	0.554 6	103.7		
0.100 2	0.270 5	0.541 2	98.4	102.1	2.8
0.100 1	0.270 3	0.555 3	103.6		
0.100 2	0.270 5	0.557 2	104.3		
0.100 4	0.271 1	0.557 6	104.2		

注:加入量均为 0.275 0 mg。

2.9 测定结果 取上述 52 种沉香样品,分别测定沉香醇浸出物和沉香四醇含量,结果见表 3。

本研究显示 52 种沉香中的醇浸出物质量分数在 6.07% ~ 57.06%,沉香四醇质量分数在 0.10% ~ 6.60%,未结香样品醇浸出物仅为 2.95% ~ 3.21%,但未检出沉香四醇。除 S20 醇浸出物达不到 2015 年版《中国药典》一部沉香项下浸出物要求外,其他样品沉香四醇和醇浸出物指标均符合要求,同时结果显示来自不同种源和结香方式的沉香样品中的醇浸出物和沉香四醇含量差异较大。

表 3 沉香样品醇浸出物和沉香四醇含量测定

Table 3 Content of alcohol soluble extractives and agarotetrol in agarwood

分组	样品	醇浸出物	沉香四醇		
Aquilaria crassna	S5	19.85	1.79		
	人工	S2	26.15	1.41	
		S1	34.17	0.75	
		S7	35.54	0.69	
		S3	11.03	0.50	
		S8	24.66	0.43	
		S4	25.06	0.42	
		S6	12.59	0.22	
		A. sinensis 人工	S19	44.76	1.16
			S12	46.83	1.01
S11			26.90	0.94	
S18	38.19		0.84		
S10	37.04		0.81		
S17	33.68		0.68		
S13	36.98		0.63		
S16	24.91		0.62		
S9	26.42		0.55		
S20	6.07		0.30		
S15	25.41	0.27			
S14	22.23	0.23			
A. malaccensis 天然	S29	34.11	6.60		
	S26	32.67	4.03		
	S25	20.51	3.73		
	S28	30.50	3.33		
	S31	32.26	2.90		
	S21	32.8	2.51		
	S23	28.12	2.12		
	S32	26.75	1.74		
	S24	19.28	1.41		
	S22	17.39	1.17		
S27	28.36	0.81			
S30	36.23	0.70			
A. crassna 天然	S37	57.06	2.37		
	S36	30.57	2.04		
	S43	30.25	1.12		
	S41	10.02	0.72		
	S39	13.26	0.40		
	S34	27.43	0.32		
	S38	14.74	0.29		

续表 3

分组	样品	醇浸出物	沉香四醇
A. <i>sinensis</i> 天然	S42	20.94	0.28
	S35	26.18	0.27
	S33	14.26	0.24
	S40	35.51	0.20
	S44	17.16	0.19
	S45	29.46	0.26
	S52	30.15	0.24
	S51	24.93	0.14
	S49	24.17	0.13
	S47	22.81	0.12
	S50	22.17	0.12
	S46	19.29	0.10
	S48	26.79	0.10
	A. <i>sinensis</i> 无结香	S3	3.21
S4		2.95	0

通过对不同种源和结香方式沉香中醇浸出物和沉香四醇含量进行归类分析,见表 4,种源为 A. *crassna* 的人工和天然结香沉香的醇浸出物的平均质量分数分别 23.63%,24.78%,经 t 检验显示,两者无显著差异;白木香的人工和天然结香沉香则分别为 30.79%,24.97%,经 t 检验显示两者无显著差异;种源马来沉香天然结香沉香醇浸出物平均质量分数为 28.25%,与另外 2 种种源的自然结香沉香比较,无显著差异。

上述结果表明醇浸出物与结香方式、种源并无关联,但沉香四醇质量分数高于 2.0% 以上的样品,均为天然结香样品且醇浸出物均高于 20%,有些甚至高达 57.06%,醇浸出物在一定程度可作为沉香品质分类的辅助参考指标。

表 4 不同种源和结香方式沉香中的醇浸出物和沉香四醇含量($\bar{x} \pm s$)
Table 4 Content of alcohol soluble extractives and agarotetrol in different kind of agarwood ($\bar{x} \pm s$)

种源	结香方式	数量/个	醇浸出物/%	沉香四醇/%
A. <i>crassna</i>	天然	12	24.78 ± 13.02	0.70 ± 0.75
	人工	8	23.63 ± 8.92	0.78 ± 0.54
白木香	天然	8	24.97 ± 3.70	0.15 ± 0.06
	人工	12	30.79 ± 11.18	0.67 ± 0.30 ²⁾
马来沉香	天然	12	28.25 ± 6.18	2.57 ± 1.68 ^{1,2)}

注:与 A. *crassna* 天然组比较¹⁾ P < 0.01;与白木香天然组比较²⁾ P < 0.01。

通过对沉香四醇含量测定结果表明 A. *crassna* 人工和天然结香沉香的平均质量分数分别为 0.78%,0.70%,两者无显著差异,白木香人工和天然结香沉香的平均质量分数分别为 0.67%,0.15%,经 t 检验(P < 0.01),具有显著差异。同时按结香方式对沉香中沉香四醇含量进行分类比较,发现不同种(A. *crassna* 和白木香)人工结香沉香中沉香四醇并无差异,不同种的天然结香沉香进行两两比较发现马来沉香与 A. *crassna* 有差异(P < 0.05),与白木香有显著差异,但天然 A. *crassna* 与白木香中的沉香四醇含量并无显著差异。上述结果显示白木香人工和天然沉香中沉香四醇具有显著差异,且人工结香沉香四醇含量明显高于天然沉香,可能与目前国内人工结香技术成熟,同时国内天然沉香匮乏,难寻觅到优质的天然国产沉香有关;而 A. *crassna* 人工和天然沉香无显著差异,究其原因可能 A. *crassna* 沉香的野生资源有一定存量,能采集到较优质的天然沉香,所以不同种源沉香无论是人工结香还是天然结香在一定程度上都能达到较高质量的沉香。另外本研究对不同种源的自然沉香进行对比分析发现来自马来沉香天然沉香与其他 2 种天然沉香存在差异,且沉香四醇平均含量较高,说明马来沉香可能是产生较高质量的天然沉香种源之一。

通过对 52 种沉香的调查研究,沉香品质与种源、结香方式并无明显相关性,为了更好地规范沉香市场,有必要对沉香进行品质的分类。本项目拟对沉香品质进行初步分类,以沉香四醇为指标,按沉香四醇质量分数大于 2.0%,大于 1.0% 小于 2.0%,大于 0.1% 小于 1.0% 分别划分为一级、二级、三级,见表 5,按这一分类结果显示一级沉香中均为天然沉香。本研究的人工结香沉香样品中沉香四醇含量均不能到达 2.0%,这可能与沉香结香年限有关,人工结香沉香样品结香时间一般较短,而天然沉香样品结香时间少则几年,多则数 10 年,由此可见沉香四醇的含量高低可能有沉香结香时间相关。对分类

表 5 不同等级沉香中的醇溶性物质和沉香四醇含量($\bar{x} \pm s$)
Table 5 Content of alcohol soluble extractives and agarotetrol in different grass of agarwood($\bar{x} \pm s$)

等级	数量/个	醇浸出物/%	沉香四醇/%
一	9	33.18 ± 9.83	3.29 ± 1.42
二	8	28.91 ± 11.30	1.35 ± 0.29 ¹⁾
三	35	24.71 ± 8.51 ¹⁾	0.41 ± 0.25 ^{1,2)}

注:与一级组比较¹⁾ P < 0.01;与二级组比较²⁾ P < 0.01。

后的沉香进行统计分析,不同等级间沉香四醇平均含量具有显著差异,而对醇溶性物质比较发现仅一级与三级间有差异,其他级别见无显著差异,说明醇溶性物质仅可作为沉香品质分类的辅助指标,并不能很好地反应沉香的内在品质。

3 结论

本研究对沉香品质分类进行了初步探讨,对沉香品质分类有一定的指导意义,同时对定义为一级的沉香样品中奇楠样品(S37),分类结果符合市场一级沉香或特级沉香的分类,但同时笔者发现奇楠样品中的沉香四醇并不是所有样品中最高,其醇浸出物相对较高,因此认为当沉香中沉香四醇含量达到2.0%以上,其醇浸出物高低或者更能代表其品质。当然沉香中成分复杂,仅从浸出物和沉香四醇2个指标来评价沉香品质显然存在许多不足,有待进一步深入研究。

[参考文献]

[1] 黄俊卿,魏建和,张争,等.沉香结香方法的历史记载、现代研究及通体结香技术[J].中国中药杂志,2013,38(3):302-306.

[2] 国家药典委员会.中华人民共和国药典.一部[M].北京:中国医药科技出版社,2015:185.

[3] 李薇,梅文莉,左文健,等.白木香的化学成分与生物活性研究进展[J].热带亚热带植物学报,2014,22(2):201-212.

[4] 张兴丽.伤害诱导的白木香防御反应与沉香形成的关系研究[D].北京:北京林业大学,2013.

[5] 梁食,梅全喜,吴惠妃,等.沉香资源质量的研究现状与等级划分的方法[J].时珍国医国药,2013,24(7):1735-1737.

[6] 安娜贝拉,陈颖,许敏,等.沉香的质量评价及药理活

性研究进展[J].中国野生植物资源,2014,33(2):1-4.

[7] CHEN H Q, WEI J H, YANG J S, et al. Chemical constituents of agarwood originating from the endemic genus *Aquilaria* plants [J]. Chem Biodivers, 2012, 9(2):236-250.

[8] 顾宇凡,张倩,霍会霞,等. HPLC-DAD 测定沉香药材中沉香四醇的含量[J].世界科学技术—中医药现代化,2014,16(12):2643-2646.

[9] 周欣,樊云飞,雷智东,等.人工沉香中白木香酸与浸出物含量的相关性[J].中国实验方剂学杂志,2016,22(11):55-59.

[10] 杜海芳,熊礼燕,林励,等. HPLC 同时测定沉香中5种色酮含量[J].中国实验方剂学杂志,2015,21(20):87-90.

[11] 高晓霞,周伟平,钟兆健,等.沉香中苜基丙酮与浸出物含量相关性研究[J].中药材,2012,35(6):919-924.

[12] 张倩,霍会霞,顾宇凡,等.沉香药材 HPLC-DAD 特征图谱研究[J].中国药学杂志,2015,50(3):2013-2016.

[13] 杨锦玲,梅文莉,余海谦,等.国产沉香 HPLC 指纹图谱研究[J].中草药,2014,45(23):3456-3461.

[14] Lancaster C, Espinoza E. Evaluating agarwood products for 2-(2-phenylethyl)chromones using direct analysis in real time time-of-flight mass spectrometry [J]. Rapid Commun Mass Spectrom,2012,26(23):2649-2656.

[15] 杨德兰,梅文莉,杨锦玲,等. GC-MS 分析4种奇楠沉香中致香的倍半萜和2-(2-苯乙基)色酮类成分[J].热带作物学报,2014,35(6):1235-1243.

[责任编辑 顾雪竹]