

基于电子眼技术的穿心莲质量评价

张晓^{1,2}, 吴宏伟¹, 于现阔¹, 鲁亚奇^{1,2}, 罗寒燕¹, 杨洪军¹, 许梦莹^{1,2},
郭日新¹, 李志勇³, 唐力英^{1*}, 王祝举^{1*}

(1. 中国中医科学院 中药研究所, 北京 100700; 2. 河南中医药大学 药学院, 郑州 450046;
3. 江西青峰药业有限公司 创新天然药物与中药注射剂国家重点实验室, 江西 赣州 341000)

[摘要] 目的:采用电子眼(视觉分析仪)分析技术,基于穿心莲药材粉末颜色,探讨电子眼用于穿心莲药材质量评价的适用性,并对不同商品规格的穿心莲药材质量进行评价。方法:收集 50 批次不同商品规格(茎、叶、地上部分)的穿心莲药材,采用高效液相色谱法(HPLC)建立穿心莲药材中 4 个二萜内酯类有效成分的分析方法,并对所有样品进行分析;与此同时采用电子眼对样品颜色进行检测。在此基础上,采用主成分分析(PCA)及 Pearson 相关分析对电子眼数据和含量测定结果进行分析,考察电子眼对不同规格穿心莲药材的区分能力,以及色度空间系统参数(L^* , a^* , b^*)与有效成分的相关性。结果:穿心莲含量测定结果显示不同规格的穿心莲药材中,叶中的二萜内酯类成分含量最高,其次为地上部分(茎、叶混合),茎中含量最低;电子眼采集数据的 PCA 结果将穿心莲药材颜色分为 2 部分,即茎部分和叶、地上部分,说明电子眼可用于区分穿心莲药材质量的优劣。相关性分析结果显示穿心莲内酯,脱水穿心莲内酯,14-去氧穿心莲内酯,新穿心莲内酯及 4 个成分的总含量均与 L^* (明度值)呈显著负相关($P < 0.01$),并且所测结果中不符合 2015 年版《中国药典》含量测定下限规定的样品其 L^* 均 ≥ 69.5 ,符合规定的样本 90% 以上的 L^* 均 < 69.5 。结论:电子眼分析技术可用于穿心莲药材的质量评价,为穿心莲药材的质量评价提供了新方法及新思路。

[关键词] 穿心莲; 电子眼; 颜色值; 二萜内酯类; 相关性分析; 主成分分析; 含量测定

[中图分类号] R22;R282;R283;R284;R943.1 **[文献标识码]** A **[文章编号]** 1005-9903(2019)01-0189-07

[doi] 10.13422/j.cnki.syfjx.20181702

[网络出版地址] <http://kns.cnki.net/kcms/detail/11.3495.R.20180613.1202.003.html>

[网络出版时间] 2018-06-14 10:26

Quality Evaluation of Andrographis Herba Based On Electronic-eye Technique

ZHANG Xiao^{1,2}, WU Hong-wei¹, YU Xian-kuo¹, LU Ya-qi^{1,2}, LUO Han-yan¹, YANG Hong-jun¹,
XU Meng-ying^{1,2}, GUO Ri-xin¹, LI Zhi-yong³, TANG Li-ying^{1*}, WANG Zhu-ju^{1*}

(1. Institute of Chinese Materia Medica, China Academy of Chinese Medical Sciences, Beijing 100700, China;
2. College of Pharmacy, Henan University of Chinese Medicine, Zhengzhou 450046, China;
3. State Key Laboratory of Innovative Natural Medicine and Traditional Chinese Medicine Injections,
Jiangxi Qingfeng Pharmaceutical Co. Ltd., Ganzhou 341000, China)

[Abstract] **Objective:** Taking electronic-eye (visual analyzer) technique, based on the powder color of Andrographis Herba, to investigate the applicability of electronic-eye technique and evaluate the quality of Andrographis Herba with different commercial specifications. **Method:** HPLC was employed to determine contents of andrographolide, dehydroandrographolide, 14-deoxyandrographolide, neoandrographolide in 50 batches of Andrographis Herba with different commercial specifications (stems, leaves and aerial parts). Color of these

[收稿日期] 20180423(018)

[基金项目] 国家中药标准化项目(ZYBZH-C-JX-41)

[第一作者] 张晓,在读硕士,从事中药质量标准化研究,Tel:010-64087609,E-mail:zhangxiaoyx163@163.com

[通信作者] *唐力英,副研究员,从事中药饮片化学成分、质量控制和炮制原理研究,Tel:010-64087609,E-mail:bjtangliyong@163.com;

*王祝举,研究员,从事中药饮片化学成分、质量控制和炮制原理研究,Tel:010-64087609,E-mail:wangzhuju@sina.com

samples were measured by electronic-eye technique. The data were analyzed by principal component analysis (PCA) and Pearson correlation analysis. The ability of electronic-eye to distinguish the different commercial specifications of *Andrographis Herba* was investigated and the correlation of chroma space system parameters (L^* , a^* , b^*) with active components was investigated. **Result:** There was remarkable difference in contents of 4 diterpenoids in *Andrographis Herba* from different parts, their contents in leaves was the highest, followed by the aerial parts (mixture of stems and leaves), and their contents in stems was the lowest. The results of PCA was divided into two classes, namely the stem part, leaf and aerial parts, indicating that electronic-eye could be used to distinguish the quality of *Andrographis Herba*. The correlation results showed that there were significant negative correlation ($P < 0.01$) between L^* (lightness value) and the contents of andrographolide, dehydroandrographolide, 14-deoxyandrographolide, neoandrographolide and the total content of these 4 components. In addition, L^* of samples that did not conform to the lower limit of determination in the 2015 edition of *Chinese Pharmacopeia* was ≥ 69.5 , and the L^* of more than 90% of the samples in accordance with the requirements was < 69.5 . **Conclusion:** Electronic-eye technique provides a new method and idea for the quality evaluation of *Andrographis Herba*.

[**Key words**] *Andrographis Herba*; electronic-eye; color values; diterpene lactones; correlation analysis; principal component analysis; content determination

穿心莲味苦,性寒,归心、肺、大肠、膀胱经,具有清热解毒、凉血、消肿的功效,用于感冒发热、咽喉肿痛、口舌生疮、顿咳劳嗽、泄泻痢疾、热淋涩痛、痈肿疮疡、蛇虫咬伤^[1]。穿心莲主产于广东、广西、安徽、福建等地^[2],主要含有二萜内酯类、黄酮类等成分^[3]。药理研究表明穿心莲中二萜内酯类成分具有抗炎^[4]、抗菌^[5]、抗肿瘤^[6]、保护心血管^[7]、降糖^[8]、保肝^[9]等活性。

传统经验认为,穿心莲质量以叶多、色绿者为佳^[10],然而色泽的经验鉴别依赖于人为主观感受,判别结果容易受到主观意识影响,缺乏客观量化指标。而电子眼(视觉分析仪)可以完全模拟人眼对样品的感知,分析样品的整体颜色,提供稳定的图像攫取环境,保证图像在相同条件下进行分析,使样品具有可比性且简单、快速、无需前处理过程。近些年来,逐渐有学者将中药饮片颜色与内在有效成分进行相关性分析,如花椒黄酮类成分与颜色具有相关性^[11],甘草色泽与其有效成分具有相关性^[12]。本实验采用 HPLC 对穿心莲中 4 个主要有效成分进行定量分析,应用电子眼对穿心莲粉末进行颜色采集,根据样品的颜色数据进行主成分分析;在此基础上,引入色度空间系统参数 L^* (明度值), a^* (红绿分量值) 和 b^* (黄蓝分量值),特征性量化描述样品颜色,并与穿心莲有效成分含量进行相关性分析,考察颜色与内在质量的相关性,为穿心莲的质量评价提供思路和方法。

1 材料

U-3000 型高效液相色谱仪(戴安中国有限公司),VA400 型 IRIS 视觉分析仪(阿默思上海仪器贸易有限公司),DFT-50A 型手提式高速万能粉碎机(温岭市林大机械有限公司),CPA225D 型 1/10 万电子分析天平[赛多利斯科学仪器(北京)有限公司],FA1004 型 1/1 万电子分析天平(上海越平科学仪器有限公司)。

穿心莲内酯、脱水穿心莲内酯、新穿心莲内酯和 14-去氧穿心莲内酯对照品(成都克洛玛生物科技有限公司,批号 CHB150612,CHB160917,CHB160809,CHB160814,纯度依次为 98%,98%,98%,95%),水为娃哈哈纯净水,乙腈、甲醇为色谱纯,其他试剂均为分析纯。收集了安徽、广东、广西、福建等地共 50 批穿心莲药材,经中国中医科学院中药研究所王祝举研究员鉴定为爵床科植物穿心莲 *Andrographis paniculata* 的干燥地上部分,样品信息见表 1。

2 方法与结果

2.1 穿心莲中 4 个二萜内酯类成分的含量测定

2.1.1 对照品溶液的制备 分别取穿心莲内酯、脱水穿心莲内酯和 14-去氧穿心莲内酯、新穿心莲内酯对照品约 5.0,2.0,2.0,2.0 mg,精密称定,置于 10 mL 量瓶中,加甲醇溶解并稀释至刻度,摇匀,配成质量浓度分别为 0.475, 0.213, 0.203, 0.205 $\text{g}\cdot\text{L}^{-1}$ 的混合对照品溶液,备用。

2.1.2 供试品溶液的制备 取穿心莲粉末(过四号筛,下同)约 0.5 g,精密称定,置具塞锥形瓶中,

表 1 不同产地穿心莲样品的信息

Table 1 Information of *Andrographis Herba* samples from different regions

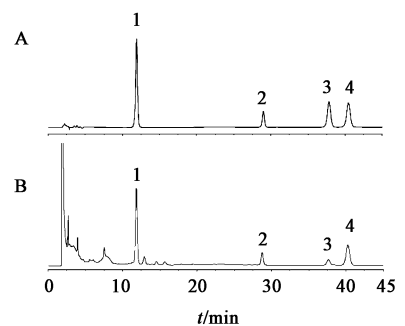
编号	收集时间	产地或来源	收集部位	编号	收集时间	产地或来源	收集部位
S1	2017-08	江西青峰药业	地上部分	S26	2017-11	广西	地上部分
S2	2017-08	江西青峰药业	地上部分	S27	2017-11	广西	地上部分
S3	2017-08	江西青峰药业	茎	S28	2017-11	广西	茎
S4	2017-08	江西青峰药业	地上部分	S29	2017-11	广西	茎
S5	2017-08	江西青峰药业	地上部分	S30	2017-11	广西	茎
S6	2017-08	江西青峰药业	地上部分	S31	2017-11	广西	茎
S7	2017-09	安徽	茎(新货)	S32	2017-11	广东	地上部分
S8	2017-09	安徽	茎(旧货)	S33	2017-11	广东	地上部分
S9	2017-10	安徽	叶	S34	2017-11	广东湛江	地上部分
S10	2017-10	安徽	叶	S35	2017-11	广东湛江	地上部分
S11	2017-10	安徽	叶	S36	2017-10	北京同仁堂药店(广东)	茎
S12	2017-10	安徽	叶	S37	2017-11	广东	茎
S13	2017-10	安徽	叶	S38	2017-11	广东	茎
S14	2017-10	安徽	地上部分	S39	2017-11	安徽	地上部分
S15	2017-10	安徽	地上部分	S40	2017-11	安徽	地上部分
S16	2017-10	广西	地上部分	S41	2017-11	安徽	茎
S17	2017-10	福建	地上部分	S42	2017-11	安徽	茎
S18	2017-11	广西	地上部分	S43	2017-11	四川	茎
S19	2017-11	广西	地上部分	S44	2017-11	四川	茎
S20	2017-11	广西	地上部分	S45	2017-11	四川	茎
S21	2017-11	广西南宁	地上部分	S46	2017-10	浙江桐君堂有限公司	地上部分
S22	2017-11	广西	地上部分	S47	2017-10	浙江桐君堂有限公司(福建)	地上部分
S23	2017-11	广西玉林	地上部分	S48	2017-11	福建	茎
S24	2017-11	广西玉林	地上部分	S49	2017-11	江苏	茎
S25	2017-11	广西	茎	S50	2017-11	江苏	茎

注:地上部分为茎、叶混合。

精密加入 40% 甲醇 50 mL,称定质量,浸泡 1 h,超声提取 30 min(功率 200 W,频率 40 kHz),放冷,称定质量,用 40% 甲醇补足缺失的质量,摇匀,滤过,取续滤液,经 0.22 μm 微孔滤膜滤过,即得。

2.1.3 色谱条件 Agilent ZORBAX Extend-C₁₈ 色谱柱(4.6 mm × 250 mm, 5 μm),流动相乙腈(A)-水(B)梯度洗脱(0 ~ 15 min, 25% A; 15 ~ 20 min, 25% ~ 30% A; 20 ~ 45 min, 30% A),流速设定 1 mL·min⁻¹,检测波长 205 nm,进样量 10 μL,柱温 30 °C。见图 1。

2.1.4 线性关系考察 分别将混合对照品溶液稀释 0.75, 2, 5, 500 倍,按 2.1.3 项下色谱条件测定,以质量浓度为横坐标,峰面积为纵坐标,进行加权最小二乘法线性回归,得穿心莲内酯、脱水穿心莲内酯



A. 对照品; B. 供试品; 1. 穿心莲内酯; 2. 新穿心莲内酯; 3. 14-去氧穿心莲内酯; 4. 脱水穿心莲内酯

图 1 穿心莲的 HPLC
Fig. 1 HPLC of *Andrographis Herba*

和 14-去氧穿心莲内酯、新穿心莲内酯的回归方程分别为 $Y = 211.92X - 0.054 (r = 0.9999)$, $Y =$

$377.04X - 0.024 (r = 0.9999)$, $Y = 283.40X - 0.004$
($r = 0.9999$), $Y = 128.60X - 0.008 (r = 0.9999)$,
线性范围依次为 $0.0095 \sim 4.75$, $0.0043 \sim 2.13$,
 $0.0041 \sim 2.03$, $0.0041 \sim 2.05 \mu\text{g}$ 。

2.1.5 精密度试验 精密吸取同一样品溶液,按
2.1.3 项下色谱条件续进样 6 次,计算穿心莲内酯、
脱水穿心莲内酯和 14-去氧穿心莲内酯、新穿心莲
内酯峰面积的 RSD 分别为 0.3%, 0.4%, 0.9%,
0.5%, 表明仪器精密度良好。

2.1.6 稳定性试验 取同一供试品溶液,分别于配
制后 0, 2, 5, 8, 12, 24 h 按 **2.1.3** 项下色谱条件进
样,结果穿心莲内酯、脱水穿心莲内酯和 14-去氧穿
心莲内酯、新穿心莲内酯峰面积的 RSD 分别为
0.6%, 0.6%, 1.4%, 1.7%, 表明供试品溶液在 24 h
内稳定。

2.1.7 重复性试验 精密称取同一批穿心莲药材
6 份,按 **2.1.2** 项下方法制备供试品溶液,按 **2.1.3**
项下色谱条件测定,结果穿心莲内酯、脱水穿心莲内
酯和 14-去氧穿心莲内酯、新穿心莲内酯的平均质
量分数分别为 1.68%, 0.57%, 0.17%, 0.59%, RSD
分别为 0.2%, 0.8%, 0.9%, 0.9%, 表明该方法重
复性良好。

2.1.8 加样回收试验 精密称取已知指标成分含
量的穿心莲粉末约 0.25 g,共 6 份(质量分别为
250.5, 250.4, 250.6, 250.5, 250.2, 250.4 mg)。分
别精密称取穿心莲内酯、脱水穿心莲内酯和 14-去
氧穿心莲内酯、新穿心莲内酯对照品适量,置于
200 mL 量瓶中,加 40% 甲醇溶解并稀释至刻度,摇
匀,配成质量浓度分别为 170.2, 57.5, 21.4,
89.9 $\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$ 的混合对照品溶液,精密量取 25 mL 加
入到 6 份样品中,按 **2.1.2** 项下方法制备供试品溶
液,按 **2.1.3** 项下色谱条件测定,计算加样回收率,
结果见表 2。

2.1.9 样品测定 取穿心莲药材共 50 批,按
2.1.2 项下方法制备供试品溶液,按 **2.1.3** 项下色
谱条件测定,计算穿心莲中各指标成分的含量,见表
3。结果发现收集部位为茎的 4 个成分总和的质量
分数处于 0.09% ~ 0.81%; 收集部位为地上部分的
4 个成分总和的质量分数处于 0.74% ~ 3.48%; 收
集部位为叶的 4 个成分总和的质量分数处于
1.66% ~ 3.69%。

2.2 穿心莲药材的颜色测定

2.2.1 电子眼检测条件及样品前处理 开机稳定
15 min,待仪器指示绿灯后开始测试。校正镜头曝

表 2 穿心莲中 4 个二萜内酯类成分的加样回收率试验

Table 2 Recovery test of four diterpene lactones in *Andrographis Herba*

成分	样品中量 /mg	加入量 /mg	测得量 /mg	回收率 /%	平均值 /%	RSD /%
穿心莲内酯	4.216 2	4.253 8	8.481 7	100.28	102.11	1.2
	4.214 5	4.253 8	8.517 2	101.15		
	4.217 9	4.253 8	8.627 3	103.66		
	4.216 2	4.253 8	8.603 8	103.15		
	4.211 1	4.253 8	8.547 0	101.93		
	4.214 5	4.253 8	8.573 8	102.48		
脱水穿心 莲内酯	1.418 4	1.437 5	2.807 4	96.63	98.79	1.6
	1.417 9	1.437 5	2.821 8	97.67		
	1.419 0	1.437 5	2.868 7	100.85		
	1.418 4	1.437 5	2.859 6	100.26		
	1.416 7	1.437 5	2.834 9	98.66		
	1.417 9	1.437 5	2.836 8	98.71		
14-去氧穿 心莲内酯	0.422 3	0.533 8	0.919 6	93.18	96.66	1.8
	0.422 1	0.533 8	0.945 1	98.00		
	0.422 4	0.533 8	0.939 9	96.96		
	0.422 3	0.533 8	0.943 3	97.61		
	0.421 8	0.533 8	0.938 1	96.74		
	0.422 1	0.533 8	0.942 2	97.44		
新穿心莲内酯	1.484 6	2.246 5	3.655 4	96.63	97.36	0.6
	1.484 0	2.246 5	3.661 8	96.94		
	1.485 2	2.246 5	3.690 2	98.15		
	1.484 6	2.246 5	3.682 4	97.83		
	1.482 8	2.246 5	3.661 9	97.00		
	1.484 0	2.246 5	3.676 4	97.59		

光度和焦距,并将 24 色色彩校正板置于仪器中进行
校正,使用 5 mm 光圈,光源 D65,同时打开顶部及底
部背光灯,消除背景,单一快照拍照模式。取表 1 中
50 批样品的粉末(过四号筛)适量于载玻片,压平,
置于仪器测量白板上,每个样品重复测定 3 次,取平
均值。分别记录每个样品全部色号及该色号的比
例。

2.2.2 数据处理 根据国际照明委员会(CIE)规
定,每个样品的颜色均对应一系列的色号,根据每个
色号的比例不同,特征性地反映颜色差异;并且每个
色号均对应一组固定的色度空间参数(L^* , a^* ,
 b^*),其中 L^* 表示明度值, a^* 表示红绿分量值, b^*
表示黄蓝分量值。基于每个样本颜色对应的系列色号
的比例进行主成分分析(PCA);在此基础上,根据每
个色号的比例,计算每个样品的累计色度空间参数

(L^*, a^*, b^*) , 简化颜色数据, 与含量测定结果进行相关性分析。

表 3 穿心莲中 4 个二萜内酯类成分的含量测定和颜色值

Table 3 Contents of 4 four diterpene lactones and chromatic values of *Andrographis Herba* samples

编号	穿心莲内酯 /%	脱水穿心莲 内酯/%	14-去氧穿心 莲内酯/%	新穿心莲 内酯/%	穿心莲内酯 + 脱水穿心莲 内酯/%	4 个成分 总和/%	颜色值		
							L^*	a^*	b^*
S1	1.60	0.55	0.16	0.57	2.15	2.88	61.781	1.577	18.047
S2	0.72	0.14	0.18	0.10	0.86	1.14	65.621	3.782	19.581
S3	0.44	0.12	0.03	0.06	0.56	0.65	76.560	1.887	20.496
S4	0.69	0.18	0.07	0.09	0.87	1.03	74.714	2.067	19.401
S5	0.78	0.14	0.14	0.12	0.92	1.19	69.109	3.471	18.910
S6	1.01	0.25	0.11	0.14	1.26	1.50	73.581	1.828	18.510
S7	0.42	0.11	0.02	0.11	0.53	0.66	78.605	1.453	18.569
S8	0.17	0.06	0.02	0.05	0.23	0.30	73.277	2.012	19.030
S9	2.24	0.28	0.39	0.78	2.51	3.69	56.074	3.013	13.196
S10	1.35	0.22	0.33	0.61	1.58	2.51	61.339	1.237	17.844
S11	1.62	0.19	0.25	0.49	1.82	2.56	61.127	-1.001	17.039
S12	1.48	0.22	0.32	0.60	1.70	2.62	61.935	1.924	17.842
S13	0.62	0.38	0.18	0.48	1.00	1.66	65.299	-2.146	16.796
S14	0.73	0.15	0.05	0.27	0.88	1.20	68.342	1.671	18.059
S15	0.70	0.22	0.04	0.26	0.92	1.22	73.507	1.743	18.559
S16	0.75	0.36	0.15	0.42	1.11	1.67	67.133	-0.597	20.607
S17	1.24	0.70	0.20	0.59	1.93	2.72	67.409	-0.045	21.433
S18	1.42	0.59	0.18	0.62	2.01	2.81	60.475	0.008	17.216
S19	0.47	0.33	0.05	0.31	0.81	1.17	69.201	0.227	19.470
S20	0.53	0.36	0.06	0.32	0.89	1.27	69.125	1.197	19.092
S21	1.49	0.31	0.23	0.44	1.81	2.48	67.387	-0.158	18.815
S22	0.81	0.46	0.19	0.56	1.26	2.01	56.960	2.063	13.311
S23	1.40	0.29	0.22	0.46	1.69	2.37	66.309	-1.700	18.203
S24	0.72	0.35	0.09	0.32	1.07	1.48	66.617	0.473	17.677
S25	0.39	0.10	0.02	0.10	0.49	0.61	74.605	0.117	19.423
S26	0.87	0.66	0.18	0.69	1.53	2.40	62.568	1.556	18.062
S27	1.89	0.15	0.19	0.51	2.04	2.74	59.922	0.733	16.062
S28	0.12	0.05	0.01	0.04	0.17	0.23	73.278	1.889	18.147
S29	0.37	0.15	0.03	0.10	0.52	0.65	69.477	1.207	17.428
S30	0.42	0.10	0.02	0.09	0.51	0.63	76.501	-2.570	20.879
S31	0.17	0.11	0.01	0.08	0.28	0.37	73.702	1.941	18.025
S32	1.42	0.14	0.21	0.31	1.55	2.07	67.111	-0.730	21.563
S33	0.79	0.28	0.18	0.40	1.07	1.65	66.947	-0.709	19.924
S34	1.84	0.62	0.29	0.72	2.46	3.48	55.999	2.034	18.561
S35	1.93	0.20	0.11	0.42	2.13	2.67	66.903	-0.564	18.339
S36	0.38	0.12	0.03	0.13	0.50	0.65	73.649	1.810	18.122

续表 3

编号	穿心莲内酯 /%	脱水穿心莲内酯 /%	14-去氧穿心莲内酯 /%	新穿心莲内酯 /%	穿心莲内酯 + 脱水穿心莲内酯 /%	4 个成分总和 /%	颜色值		
							L^*	a^*	b^*
S37	0.39	0.11	0.02	0.10	0.50	0.61	75.244	-0.558	19.692
S38	0.24	0.13	0.05	0.06	0.37	0.48	73.847	2.317	18.127
S39	1.31	0.21	0.12	0.48	1.52	2.13	60.599	1.494	14.395
S40	1.17	0.17	0.26	0.55	1.34	2.15	55.674	3.287	11.288
S41	0.03	0.03	0.01	0.02	0.06	0.09	74.956	6.091	13.984
S42	0.21	0.04	0.02	0.03	0.24	0.29	71.175	1.481	15.172
S43	0.41	0.16	0.02	0.11	0.57	0.70	73.360	1.463	18.034
S44	0.34	0.13	0.02	0.10	0.47	0.60	73.841	1.410	17.694
S45	0.50	0.16	0.03	0.12	0.66	0.81	72.242	-0.882	17.284
S46	0.37	0.11	0.09	0.17	0.48	0.74	66.156	-0.086	16.445
S47	0.82	0.27	0.16	0.56	1.09	1.82	67.831	1.453	17.165
S48	0.43	0.16	0.03	0.13	0.59	0.74	72.588	-1.009	17.758
S49	0.30	0.06	-	0.07	0.36	0.44	78.458	-0.158	18.359
S50	0.43	0.13	0.02	0.09	0.57	0.67	78.492	0.740	17.933

2.2.3 PCA 将所得数据用 AlphaSoft 14.3 软件进行 PCA, 见图 2。结果发现主成分 1(PC1) 与主成分 2(PC2) 的累计 $R^2 = 59.2\%$, 说明模型的 PC1 与 PC2 体现了样品绝大部分的变量信息, 所收集的 50 批穿心莲样品较为清楚地分为 2 部分, 穿心莲的茎大多数在纵轴的左边, 除了样品茎 S7, S29, S41, S49, S50 分布在纵轴右侧, 但是这几个样品离纵轴左侧最近。而纵轴右侧主要为叶和地上部分, 其中样品叶 S9 ~ S13 均分布在纵轴右侧上方。

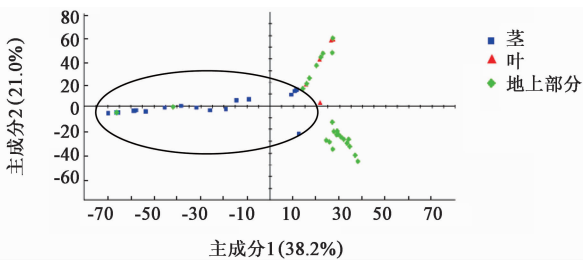


图 2 穿心莲样品颜色的 PCA

Fig.2 PCA of color of *Andrographis Herba* samples

2.2.4 相关性分析 将穿心莲中穿心莲内酯, 脱水穿心莲内酯, 14-去氧穿心莲内酯, 新穿心莲内酯, 穿心莲内酯 + 脱水穿心莲内酯及 4 个成分的总和分别与色度空间参数 L^* , a^* , b^* 相关联, 利用 SPSS 21.0 软件进行相关性分析, 见表 4。结果发现穿心莲中穿心莲内酯, 脱水穿心莲内酯, 14-去氧穿心莲内酯, 新穿心莲内酯, 穿心莲内酯 + 脱水穿心莲内酯及 4 个成分的总和与 L^* 呈极显著负相关 ($P < 0.01$);

穿心莲粉末的 a^* , b^* 与 4 个二萜内酯类成分含量的相关性不具有统计意义。

表 4 穿心莲粉末色度值与 4 个二萜内酯类成分含量的相关性分析
Table 4 Correlation analysis between chromatic values and contents of four diterpene lactones of *Andrographis Herba*

成分	相关性分析	L^*	a^*	b^*
穿心莲内酯	Pearson 相关性	-0.764	-0.106	-0.158
	P	0	0.463	0.273
脱水穿心莲内酯	Pearson 相关性	-0.572	-0.143	0.070
	P	0	0.321	0.630
14-去氧穿心莲内酯	Pearson 相关性	-0.850	0.009	-0.233
	P	0	0.951	0.103
新穿心莲内酯	Pearson 相关性	-0.873	-0.105	-0.266
	P	0	0.468	0.062
穿心莲内酯 + 脱水穿心莲内酯	Pearson 相关性	-0.795	-0.127	-0.116
	P	0	0.380	0.420
4 个成分总和	Pearson 相关性	-0.846	-0.110	-0.169
	P	0	0.445	0.240

3 讨论

现代药理研究显示穿心莲内酯为穿心莲主要药效物质基础, 选择的 4 个内酯类成分 (穿心莲内酯、脱水穿心莲内酯和 14-去氧穿心莲内酯、新穿心莲内酯) 在穿心莲中含量较高, 占总内酯的 75% 以上^[13], 是穿心莲的主要有效成分, 在一定程度上

反映了穿心莲的内在质量,所以选择这 4 个成分作为穿心莲的定量指标。4 个二萜内酯类成分总和的平均值在茎中为 0.54%,叶中为 2.61%,地上部分为 1.92%,说明 4 个二萜内酯类成分含量在叶中最高。按 2015 年版《中国药典》规定,穿心莲中穿心莲内酯和脱水穿心莲内酯总量不得少于 0.8%,所有合格样品的收集部位基本为叶和地上部分,而收集部位为茎的样品含量均不合格。电子眼的数据经过 PCA 后,50 批不同商品规格的穿心莲样品在无监督模式下大体被分为 2 个部分,即茎部分和叶、地上部分。但由于药材颜色是受内在药效物质、杂质和外界环境因子等多因素影响^[14-15],所以个别颜色分类存在偏差,如地上部分样品 S4,S6,S15 在 PCA 中和茎的颜色分为 1 组,但总体来说,颜色分类结果基本可以区分穿心莲质量的优劣。

颜色和指标成分含量的相关性结果显示穿心莲内酯,脱水穿心莲内酯,14-去氧穿心莲内酯,新穿心莲内酯及 4 个成分的总和与 L^* 呈极显著负相关 ($P < 0.01$),而 a^* , b^* 与 4 个二萜内酯类成分含量的相关性则不具有统计意义,这为传统经验颜色鉴别“色绿者为佳”提供了科学依据。合格样品(叶和地上部分)的 L^* 处于 55.674 ~ 74.714,不合格样品(茎)的 L^* 处于 69.477 ~ 78.605,而 90% 合格样品的 L^* 均 < 69.5 ,故建议可将 $L^* < 69.5$ 作为快速评价穿心莲药材符合标准的参考。本实验引入电子眼对穿心莲药材颜色进行了客观量化,研究穿心莲中二萜内酯类成分与其颜色的相关性,建立了一种以量化颜色快速评价穿心莲品质优劣的方法,为穿心莲药材质量评价提供了新方法及新思路。后续实验将基于穿心莲味苦这一特点,引入电子舌等数字化感官仪器与穿心莲的有效成分进行相关性研究,以为穿心莲的质量评价提供更全面的数据支撑。

[参考文献]

[1] 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,2015:268-269.
[2] 闫婕,卫莹芳,胡慧玲,等. 穿心莲药用植物资源调查[J]. 时珍国医国药,2013,24(8):1997-1999.
[3] 蒋珍藕. 穿心莲属植物化学成分研究进展[J]. 中成药,2011,33(8):1382-1388.

[4] TAN W S D, LIAO W, ZHOU S, et al. Is there a future for andrographolide to be an anti-inflammatory drug? Deciphering its major mechanisms of action [J]. Biochem Pharmacol, 2017, 139:71-81.
[5] Hussain R M, Razak Z N R A, Saad W M M, et al. Mechanism of antagonistic effects of *Andrographis paniculata* methanolic extract against *Staphylococcus aureus* [J]. Asian Pac J Trop Med, 2017, 10(7): 685-695.
[6] Kumar R A, Sridevi K, Kumar N V, et al. Anticancer and immunostimulatory compounds from *Andrographis paniculata* [J]. J Ethnopharmacol, 2004, 92(2/3): 291-295.
[7] Awang K, Abdullah N H, Hadi A H A, et al. Cardiovascular activity of labdane diterpenes from *Andrographis paniculata* in isolated rat hearts [J]. J Biomed Biotechnol, 2012, doi:10.1155/2012/876458.
[8] Nugroho A E, Ardrie M, Warditiani N K, et al. Antidiabetic and antihyperlipidemic effect of *Andrographis paniculata* (Burm. f.) Nees and andrographolide in high-fructose-fat-fed rats [J]. Indian J Pharmacol, 2012, 44(3):377-381.
[9] SHI G J, ZHANG Z J, ZHANG R, et al. Protective effect of andrographolide against concanavalin A-induced liver injury [J]. Naunyn Schmiedebergs Arch Pharmacol, 2012, 385(1):69-79.
[10] 刘芑. 中药鉴定学[M]. 北京:中医古籍出版社, 2003:323.
[11] 郭换,刘飞,梅国荣,等. 色度分析花椒黄酮类成分含量与颜色值的相关性[J]. 中国实验方剂学杂志, 2017, 23(6):91-97.
[12] 马婷婷,龚慕辛,王智民,等. 甘草色泽与有效成分含量的相关性研究[J]. 中国中药杂志, 2017, 42(19): 3776-3785.
[13] 周凯岚. 穿心莲和旱芹的化学成分研究[D]. 沈阳:沈阳药科大学, 2008.
[14] 徐曼菲,吴志生,刘晓娜,等. 从辨色论质谈中药质量评价方法[J]. 中国中药杂志, 2016, 41(2):177-181.
[15] 李旻,陈美君,潘欢欢,等. 基于颜色客观化的陈皮药材鉴别[J]. 中国实验方剂学杂志, 2016, 22(18): 31-34.

[责任编辑 刘德文]