

乌药不同部位乌药醚内酯、去甲异波尔定含量 比较和 FT-NIR 光谱分析

吴瑶^{1,2}, 岳显可^{1,2}, 葛卫红^{1,2*}, 杨柳²,
杜伟锋^{1,2}, 陆兔林³, 王智民⁴

- (1. 浙江中医药大学 中药炮制技术研究中心, 杭州 311401;
2. 浙江中医药大学 中药饮片有限公司 杭州 311041;
3. 南京中医药大学 药学院, 南京 210046;
4. 中国中医科学院 中药研究所, 北京 100700)

[摘要] 目的:检测乌药不同部位乌药醚内酯和去甲异波尔定含量,并对 FT-NIR 光谱进行分析,为乌药产地炮制加工提供资料。**方法:**将乌药分为表皮组、去皮组和原药组,以 2015 年版《中国药典》中乌药项下乌药醚内酯和去甲异波尔定色谱条件,对乌药不同部位乌药醚内酯和去甲异波尔定含量进行测定;选取乌药表皮组、去皮组和原药组的近红外光谱图,运用主成分分析-马氏距离进行判别分析,选择谱段 5 053.85 ~ 4 115.54 cm^{-1} ,采用“标准正则变换 + 原始光谱 + 一阶求导”组合对原始光谱进行处理,建立主成分分析模型。**结果:**FT-NIR 判别分析模型将乌药 3 个不同部位清晰地聚为三类,界限明显;HPLC 分析结果表明乌药不同部位乌药醚内酯和去甲异波尔定含量为表皮组 > 原药组 > 去皮组。**结论:**HPLC 分析结果表明,乌药表皮中乌药醚内酯和去甲异波尔定含量较高,去皮组最低;FT-NIR 光谱进行分析进一步证明了乌药不同部位的质量差异,二者共同为指导乌药在加工过程中“去皮与否”提供科学依据。

[关键词] 乌药; 主成分分析; 产地炮制加工; 乌药醚内酯; 去甲异波尔定

[中图分类号] R284.1 **[文献标识码]** A **[文章编号]** 1005-9903(2017)11-0073-06

[doi] 10.13422/j.cnki.syfjx.2017110073

[网络出版地址] <http://kns.cnki.net/kcms/detail/11.3495.R.20170309.1012.028.html>

[网络出版时间] 2017-03-09 10:12

Comparison on Content of Linderane, Norisoboldine in Different Parts of Linderae Radix and FT-NIR Analysis

WU Yao^{1,2}, YUE Xian-ke^{1,2}, GE Wei-hong^{1,2*}, YANG Liu²,
DU Wei-feng^{1,2}, LU Tu-lin³, WANG Zhi-min⁴

- (1. Research Center of Traditional Chinese Medicine (TCM) Processing Technology, Zhejiang Chinese Medical University, Hangzhou 311401, China; 2. Zhejiang Chinese Medical University Medical Pieces Ltd., Hangzhou 311401, China; 3. College of Pharmaceutical Science, Nanjing University of TCM, Nanjing 210046, China;
4. Institute of Chinese Material Medica, China Academy of Chinese Medical Sciences, Beijing 100700, China)

[Abstract] **Objective:** To examine the content of linderane and norisoboldine in different parts of Linderae Radix, and make a discriminant analysis by fourier transformation infrared spectroscopy. **Method:** Linderae Radix was divided into three groups, namely skin group, peeling group and original group. According to

[收稿日期] 20170320(005)

[基金项目] 中医药行业科研专项(201507002)

[第一作者] 吴瑶, 初级中药师, 从事中药材加工和质量分析, Tel:13758966937, E-mail:wuyayao1991@126.com

[通讯作者] * 葛卫红, 博士, 教授, 从事制剂新技术与新剂型研究, Tel:13906522241, E-mail:geweihong@hotmail.com

the chromatographic conditions for linderane and norisoboldine of *Linderae Radix* in *Chinese Pharmacopoeia*, HPLC was used to examine the content of linderane and norisoboldine in different parts of *Linderae Radix*. Near-infrared spectra of skin group, peeling group and original group samples were analyzed through principal component analysis. The principal components analysis model was developed based on the spectrum band of 5 053.85-4 115.54 cm^{-1} with 'SNV + spectrum + F-G'. **Result:** Three samples from the three parts of *Linderae Radix* were divided into three categories by the model of FT-NIR qualitative discriminant analysis, and there was a clear boundary between the different parts. According to the findings of HPLC analysis, the sequence of the content of linderane and norisoboldine in different parts from high to low was skin group > original group > peeling group. **Conclusion:** The results of HPLC analysis showed that the content of linderane and norisoboldine in *Linderae Radix* skin group was higher, and that of the peeling group was the lowest. FT-NIR analysis further proved the differences in the quality of different part *Linderae Radix*. The two analysis methods provide the scientific basis for whether *Linderae Radix* shall be peeled or not during processing.

[**Key words**] *Lindera Radix*; principal component analysis; origin processing; linderane; norisoboldine

乌药为樟科植物乌药的干燥块根,具有行气止痛、温肾散寒之功效,用于寒凝气滞、胸腹疼痛、气逆喘急、膀胱虚冷、遗尿尿频、疝气疼痛、经寒腹痛^[1]。乌药中化学成分主要为挥发油^[2-3]、异喹啉生物碱^[4-5]、呋喃倍半萜及其内酯三大类^[5-6],其中呋喃倍半萜及其内酯是特征性成分,有较强的专属性。现代药理研究表明,乌药对肠胃道平滑肌有兴奋和抑制的双向调节作用^[7-9],抗肿瘤^[10-11],抗炎^[12-13],抗疲劳^[14-15],抗风湿^[16],镇痛^[17]等。

乌药最早收载于陈藏器的《新修本草》,之后《日华子本草》,《汤液本草》,《本草通玄》,《本草求真》和《本草纲目》均有收录,乌药去皮与否,在诸多传统本草中均未见记载。课题组对 2015 年版《中国药典》,浙江,北京,上海等 12 个省市的中药炮制规范进行查阅,以及对主产区浙江台州、衢州等地的乌药生产情况进行调查。发现天津市中药炮制规范中明确规定乌药需刮净外皮;台州当地也有些乌药加工要先刮去外皮,再进行切片;而其他地区未发现有乌药去皮这一加工工序。

桔梗、山药等药材去皮加工工序在 2015 年版《中国药典》以及相关文献中均有记载。近年来研究发现,不去皮相较于去皮药材化学组分更丰富,药理活性也相对较高。乌药表皮有多大的医药利用价值,目前还尚不清楚,此种加工方式却给乌药生产带来了很多人力、财力成本。本实验通过 HPLC 测定乌药醚内酯和去甲异波尔定含量,结合近红外光谱对乌药表皮部分主要化学成分及其含量进行分析。对乌药表皮组、去皮组和原药组进行差异性评价,为指导在加工过程中“去皮与否”提供科学依据。

1 材料

UltiMate 3000 型高效液相色谱仪(包括四元梯度泵,在线真空脱气机,自动进样器,恒温柱温箱, DAD 检测器,美国戴安公司),变色龙色谱数据工作站(美国赛默飞世尔科技有限公司), Eclipse XDB-C₁₈ 色谱柱(4.6 mm × 250 mm, 5 μm , 美国 Agilent 公司), ANTARIS II 型傅立叶红外光谱仪(美国赛默飞世尔科技公司,配有积分球,样品旋转台,样品杯, OMNIC 光谱采集软件和 TQ Analyst 8.0 分析软件),数显电子恒温水浴锅(天津泰斯特仪器有限公司), Al-204 型电子分析天平(瑞士梅特勒托利多仪器有限公司), BP210S 型 1/10 万电子天平(瑞士 Sartorius 公司), DH-9123A 型电热恒温鼓风干燥箱(上海精宏实验设备有限公司), KQ-500DB 型数控超声波清洗器(昆山超声仪器有限公司)。

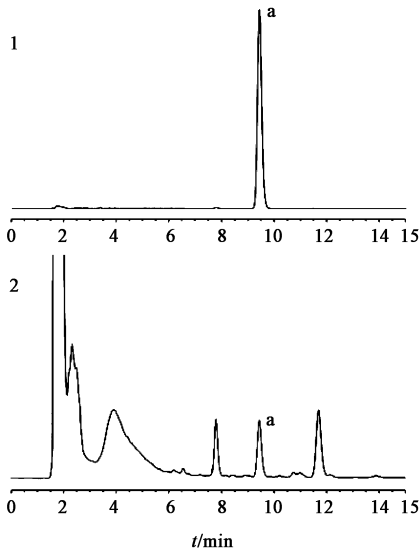
新鲜乌药采自浙江衢州等地,由衢州市衢江区顶峰中药材专业合作社提供,经浙江中医药大学中药饮片有限公司质检科钱敏副主任中药师鉴定为樟科植物乌药 *Lindera aggregate* 的块根。对照品乌药醚内酯(批号 111568-201204,纯度 99.5%),去甲异波尔定(批号 111825-201402,纯度 95.7%)均购自中国食品药品检定研究院。甲醇、甲酸、三乙胺、盐酸为分析纯,液相用甲醇、乙腈为色谱纯(美国 Tedia 试剂有限公司),水为娃哈哈纯净水。

2 方法和结果

2.1 乌药的处理 取新鲜乌药块根,用陶瓷片将一半根刮取外表皮,去皮部分和原药切片,并摊薄阴干,得到乌药表皮组、去皮组和原药组样品各 10 批,打粉过 80 目筛,备用。

2.2 乌药醚内酯含量测定

2.2.1 色谱条件^[1] 采用 Agilent Eclipse XDB-C₁₈ 色谱柱(4.6 mm × 250 mm, 5 μm), 乙腈-水(56:44) 为流动相, 检测波长 235 nm, 柱温 25 °C, 流速 1 mL·min⁻¹, 乌药醚内酯对照品和乌药样品 HPLC 色谱, 见图 1。



1. 乌药醚内酯对照品; 2. 乌药药材; a. 乌药醚内酯

图 1 乌药醚内酯对照品和乌药样品 HPLC

Fig. 1 HPLC chromatograms of linderane and sample of Linderae Radix

2.2.2 对照品溶液的制备 精密称取乌药醚内酯对照品 8.43 mg 置于 20 mL 量瓶中, 加甲醇至刻度, 溶解摇匀, 得对照品储备液。精密吸取对照品储备液依次稀释成质量浓度为 209.70, 83.88, 41.94, 20.97, 16.78 mg·L⁻¹ 的系列对照品溶液, 进行含量测定分析。

2.2.3 供试品溶液的制备 取乌药粉末约 1.0 g, 精密称定, 置于锥形瓶中, 精密加入甲醇 50 mL, 称定质量, 超声提取 15 min(频率 50 Hz), 冷却, 补足缺失的质量, 过滤, 吸取滤液, 过微孔滤膜纯化, 进行 HPLC 含量测定分析。

2.2.4 线性关系考察 将质量浓度为 209.70, 83.88, 41.94, 20.97, 16.78 mg·L⁻¹ 的系列乌药醚内酯对照品溶液, 分别精密吸取 10 μL, 注入液相色谱仪, 测得峰面积积分值。以峰面积积分值为纵坐标, 乌药醚内酯对照品进样量(μg)为横坐标, 绘制标准曲线, 计算回归方程为 $Y = 32.602X - 0.7571$ ($r = 0.9998$), 结果乌药醚内酯在 0.1678 ~ 2.0970 μg 呈良好的线性关系, 符合试验要求。

2.2.5 精密密度试验 取质量浓度为 41.94 mg·L⁻¹

的乌药醚内酯对照品溶液, 在上述色谱条件下进样分析, 进样 6 次, 每次 10 μL, 测定峰面积, 结果 RSD 0.3%, 表明仪器精密度符合试验要求。

2.2.6 稳定性试验 取乌药供试品溶液分别于 0, 5, 10, 15, 20, 25, 30 h 分别进样, 测定乌药醚内酯峰面积, 计算 RSD 0.9%, 结果表明乌药供试品溶液中乌药醚内酯在 30 h 内稳定。

2.2.7 重复性试验 称取乌药粉末 1.0 g 共 6 份, 按上述供试品溶液制备方法进行制备, 精密吸取供试品溶液 10 μL, 注入液相色谱仪, 进行含量测定分析, 得乌药醚内酯质量分数为 0.772%, RSD 1.4%, 重复性符合试验要求。

2.2.8 加样回收率试验 称取已知含量乌药粉末 1.0 g, 共 6 份, 加入乌药醚内酯对照品适量, 按上述供试品制备方法及色谱条件进行制样、测定, 计算乌药醚内酯回收率为 98.5%, RSD 1.7%, 见表 1, 结果表明仪器准确度符合试验要求。

表 1 乌药醚内酯加样回收率试验

Table 1 Recovery experiment of linderane

称样量/ g	样品中量 /mg	测得量/ mg	回收率 /%	平均值 /%	RSD /%
1.003 2	7.744 7	11.229 2	99.8	98.5	1.6
1.000 6	7.724 6	11.139 7	98.9		
1.005 5	7.762 5	11.278 0	100.2		
1.002 8	7.741 6	10.947 4	96.2		
1.001 7	7.733 1	11.016 6	97.2		
1.004 3	7.754 8	11.205 8	98.6		

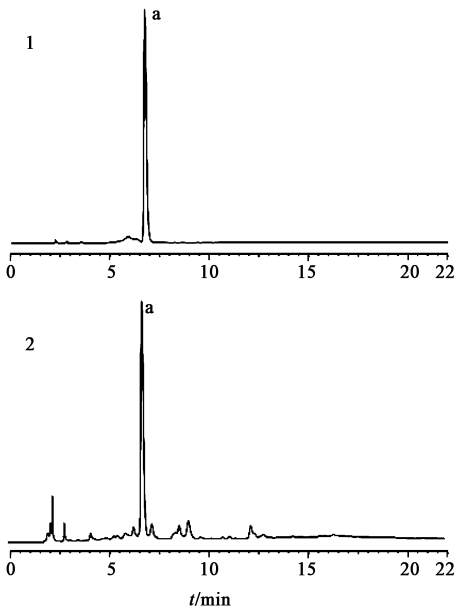
注: 加入量均为 3.500 mg。

2.3 去甲异波尔定含量测定^[1]

2.3.1 色谱条件 采用 Agilent Eclipse XDB-C₁₈ 色谱柱(4.6 mm × 250 mm, 5 μm), 以乙腈为流动相 A, 以含 0.5% 甲酸和 0.1 三乙胺溶液为流动相 B, 梯度洗脱(0 ~ 13 min, 10% ~ 22% A, 13 ~ 22 min, 22% A), 检测波长 280 nm, 柱温 25 °C, 流速 1 mL·min⁻¹, 去甲异波尔定对照品和乌药样品 HPLC 色谱见图 2。

2.3.2 对照品溶液的制备 精密称取去甲异波尔定对照品 12.23 mg 置于 25 mL 量瓶中, 加甲醇-0.5% 盐酸水(2:1)的混合溶液定容至刻度, 溶解摇匀, 作为对照品储备液。精密吸取对照品储备液依次稀释成质量浓度为 233.99, 187.19, 93.60, 46.80, 23.39 mg·L⁻¹ 的对照品溶液, 进行含量测定分析。

2.3.3 供试品溶液的制备 称取乌药粉末约 0.5 g, 至锥形瓶中, 精密加入甲醇-0.5% 盐酸(2:1)



1. 去甲异波尔多定对照品; 2. 乌药; a. 去甲异波尔多定

图 2 去甲异波尔多定对照品和乌药样品 HPLC

Fig. 2 HPLC chromatograms of norisoboldine and sample of Linderae Radix

的混合溶液 25 mL, 称定质量, 加热回流并保持微沸 1 h, 放冷, 再称定质量, 用甲醇-0.5% 盐酸(2:1) 的混合溶液补足减失的质量, 摇匀, 取续滤液, 过微孔滤膜纯化, 进行 HPLC 含量测定分析。

2.3.4 线性关系考察 将稀释制成的系列质量浓度为 233.99, 187.19, 93.60, 46.80, 23.39 mg·L⁻¹ 的去甲异波尔多定对照品溶液, 分别精密吸取 10 μL, 注入液相色谱仪, 测得峰面积积分值。以峰面积积分值为纵坐标, 去甲异波尔多定对照品进样量(μg) 为横坐标, 绘制标准曲线, 计算回归方程为 $Y = 21.564X + 0.4418$ ($r = 0.9998$), 由结果可知去甲异波尔多定在 0.2339 ~ 2.3399 μg 呈良好的线性关系, 符合试验要求。

2.3.5 精密密度试验 精密吸取 93.60 mg·L⁻¹ 的去甲异波尔多定对照品溶液, 在上述色谱条件下进样分析, 进样 6 次, 每次 10 μL, 测定峰面积, 结果 RSD 0.7%, 表明仪器精密密度符合试验要求。

2.3.6 稳定性试验 精密吸取乌药供试品溶液, 分别于 0, 5, 10, 15, 20, 25, 30 h 进样, 测定去甲异波尔多定峰面积, 结果 RSD 1.0%, 表明乌药供试品溶液中去甲异波尔多定在 30 h 内稳定。

2.3.7 重复性试验 称取乌药粉末 0.5 g 共 6 份, 按上述供试品溶液制备方法进行制备, 精密吸取供试品溶液 10 μL, 注入液相色谱仪, 进行含量测定分析, 结果去甲异波尔多定质量分数平均值为 2.355%,

RSD 1.5%, 表明重复性符合试验要求。

2.3.8 加样回收率试验 精密称定已知含量乌药粉末 0.5 g, 共 6 份, 加入去甲异波尔多定对照品适量, 按上述供试品制备方法及色谱条件进行制样、测定, 计算去甲异波尔多定回收率为 97.8%, RSD 1.9%, 见表 2。

表 2 去甲异波尔多定加样回收率试验

Table 2 Recovery experiment of norisoboldine

称样量 /g	样品中量 /mg	测得量 /mg	回收率 /%	平均值 /%	RSD /%
0.5008	11.6937	16.1937	99.8		
0.5016	11.7124	16.2124	99.6		
0.5006	11.6890	16.1890	96.2		
0.5021	11.7240	16.2240	97.9	98.0	1.8
0.5012	11.7030	16.2030	95.5		
0.5019	11.7232	16.1647	98.7		

注: 加入量均为 4.5000 mg。

2.4 乌药不同部位乌药醚内酯和去甲异波尔多定含量测定 取乌药表皮组、去皮组和原药组样品各 10 批, 打粉过 80 目筛。按上述制备方法和检测方法对乌药醚内酯和去甲异波尔多定含量进行分析, 结果见表 3。

表 3 乌药不同部位乌药醚内酯和去甲异波尔多定质量分数比较

Table 3 Compared on content of linderane and norisoboldine in different parts of Linderae Radix %

No.	乌药醚内酯			去甲异波尔多定		
	表皮组	去皮组	原药组	表皮组	去皮组	原药组
1	0.825	0.617	0.643	3.092	1.514	1.998
2	0.867	0.530	0.772	2.742	2.225	2.355
3	0.696	0.574	0.658	3.047	1.489	2.227
4	0.862	0.602	0.732	3.094	0.855	1.992
5	0.879	0.692	0.772	3.858	1.202	2.412
6	0.738	0.493	0.646	3.702	1.019	2.263
7	0.607	0.488	0.565	3.337	0.699	1.89
8	0.833	0.701	0.788	3.516	1.605	2.094
9	0.728	0.510	0.532	3.886	1.125	1.843
10	0.749	0.609	0.700	4.059	0.846	1.895

2.5 FT-NIR 光谱分析

2.5.1 FT-NIR 光谱采集 每份样品取约 15 g, 混合均匀后放入样品杯中, 摊平, 然后以空气为参比, 扣除背景, 采集光谱图。采集方式为积分球漫反射, 采集区间 4 000 ~ 10 000 cm⁻¹, 分辨率 8.0, 扫描次数 64 次, empty 门衰减, 增益为 1, 温度(25 ± 2) °C, 相对湿度 40% ~ 45%。每份样品扫描 3 次, 求平均值作为样品的 NIR 光谱。

2.5.2 光谱模型的建立 取乌药表皮组 10 批、去皮组 10 批、原药组 10 批,共 30 批样品进行红外扫描,并采集红外光谱。对所采集的红外光谱用 TQ Analyst 8.0 分析软件进行处理和计算。分别将乌药、乌药去皮组、乌药原药组,10 张近红外光谱图重合在一起后发现,相同组别不同批次红外光谱之间的差异很小,见图 3。

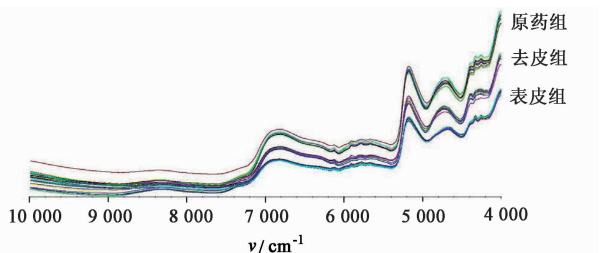


图 3 乌药不同部位近红外原始光谱
Fig. 3 NIR crude spectrum of different groups Linderae Radix

而相同批次不同组别的红外光谱经重合发现,在 4 500 ~ 4 100 cm^{-1} 波段范围内,乌药不同部位峰位置和峰强度存在差异,其中去皮组和原药组在峰形上存在的差异较小,而表皮组和另两个组别在峰形上存在明显差异,见图 4。

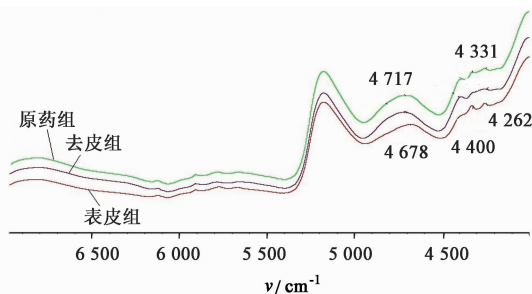


图 4 乌药不同部位近红外原始光谱
Fig. 4 NIR crude spectrum of different parts of Linderae Radix

经过一阶导数处理后,对红外光谱图进行仔细观察,在 7 600 ~ 4 000 cm^{-1} 波段光谱差异变得明显。表皮组、去皮组和原药组峰位置在一阶导数处理图中未有明显差异,但各峰的吸收强度存在明显区别,且可看出去皮组和原药组差异较小,表皮组和另外两组差异较大,并同时存在梯度性变化,见图 5。

经二阶导数处理后,不同波段内样品吸收之间的差异凸显,峰形比较尖锐,这表明二阶导数法可以有效扣除本底吸收,消除光谱基线的漂移,强化谱带特征,但同时也扩大了光谱中噪音信号,见图 6。

经上述图谱分析,采用“标准正交变换 + 原始光谱 + 一阶求导”组合对原始光谱进行处理,建立主成分分析模型,乌药不同部位近红外色谱具有一

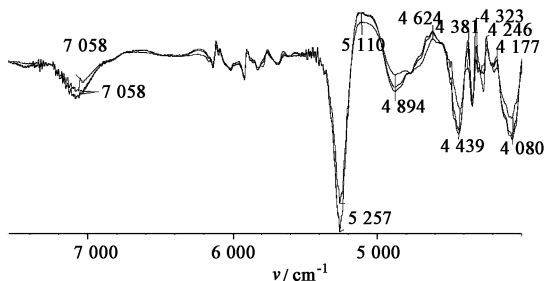


图 5 乌药不同部位近红外一阶导数光谱
Fig. 5 NIR first derivative spectrum of different parts of Linderae Radix

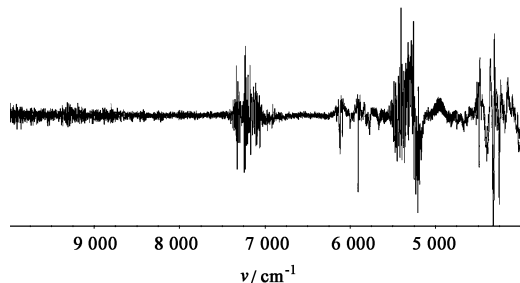


图 6 乌药不同部位近红外二阶导数光谱
Fig. 6 NIR second derivative spectrum of different parts of Linderae Radix

定的特征性和指纹性,这一差异为乌药主成分分析和部位鉴别提供了一定的数据基础。

2.5.3 乌药不同部位的主成分分析 通过 TQ Analyst 8.0 分析软件进行主成分分析,对乌药不同部位红外光谱进行鉴别。并计算得识别率为 100% 和拒绝率 100%,说明同组样品落在模型的区域,而不同组别样品落在模型的区域外,表明表皮组、去皮组和原药组之间没有重叠,较好地将不同部位样品聚类分开。见图 7。

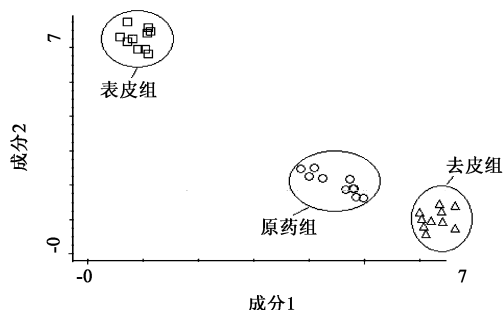


图 7 乌药不同部位的主成分分析
Fig. 7 Principal component analysis of different parts of Linderae Radix

3 结论

乌药醚内酯与去甲异波尔定分别属于萜类内酯和生物碱成分,其提取方法以及检测方法差异较大,故不能进行同时测定。本研究通过 HPLC 法对乌药

表皮组、去皮组和原药组的乌药醚内酯和去甲异波尔定含量分别进行测定, 10 批乌药样品检测结果显示乌药醚内酯含量为表皮组 > 原药组 > 去皮组, 去甲异波尔定含量为表皮组 > 原药组 > 去皮组, 说明乌药表皮中乌药醚内酯和去甲异波尔定含量均高于去皮部分。

同时, 本研究还分析了乌药不同部位的 FT-NIR 光谱特征, 在此基础上对光谱数据进行主成分分析, 找出了乌药不同部位 FT-NIR 光谱特征差异的光谱波段。其判别分析结果与 HPLC 含量测定结果互相验证。此结果显示, 乌药表皮部位与去皮部位不仅在指标性成分含量上有较大的区别, 在成分的组成上也有差异。

在中药材的加工过程中, 有些药材皮部药用价值不大, 且有毒性成分, 去皮更有易干燥, 故需去皮后药用, 如桔梗、山药、雷公藤、三棱、白芍、黄芩、泽泻等; 而有的药材因皮部化学成分富集, 更具药用价值, 故取皮药用, 如牡丹皮、地骨皮、黄柏、香加皮等。乌药是否去皮加工, 目前还未统一, 本实验乌药醚内酯和去甲异波尔定含量为定量评价指标, 结合近红外光谱对乌药表皮组、去皮组和原药组进行分析, 发现乌药表皮相较于去皮部位指标性成分含量更高, 且化学组分更为丰富。课题组将通过药理学实验和生物活性测定进行深入研究, 明确乌药表皮与其他部位功效异同点, 为指导在加工过程中“去皮与否”提供科学依据。

[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: 77.
[2] 晏润纬, 彭小梅. 乌药挥发油的化学成分及药理作用 [J]. 时珍国医国药, 2014, 25(11): 2747-2749.
[3] 杜志谦, 夏华玲, 江海肖, 等. 乌药挥发油化学成分的 GC-MS 分析 [J]. 中草药, 2003, 34(4): 308-310.
[4] 韩铮, 苏慧丽, 陈娜, 等. 高效液相色谱法同时测定乌药中的 4 种生物碱 [J]. 中国中药杂志, 2009, 34(5): 583-586.

[5] 宋瑞凯, 俞桂新, 尉小慧. 酸性染料比色法测定乌药生物碱提取物中总碱含量 [J]. 上海中医药杂志, 2012, 46(8): 90-92.
[6] 乐贵洲, 杨立, 袁长春, 等. 乌药烷型倍半萜及其二聚体的全合成研究进展 [J]. 有机化学, 2013, 33(1): 90-100.
[7] 聂子文, 郭建生, 陈君, 等. 乌药不同提取部位对小肠推进、胃排空的影响 [J]. 中药药理与临床, 2011, 27(2): 93-95.
[8] 聂子文, 郭建生, 陈君, 等. 乌药提取物对胃实寒模型大鼠 cAMP, cGMP, GAS, MTL 水平的影响 [J]. 中国实验方剂学杂志, 2011, 17(20): 162-165.
[9] 聂子文, 郭建生, 王小娟, 等. 乌药挥发油的血清药物化学及对兔在体肠运动的影响 [J]. 西安交通大学学报: 医学版, 2013, 34(2): 240-243.
[10] 晏润纬, 彭小梅, 邹国林. 乌药提取物的抗肿瘤及抗氧化活性 [J]. 武汉大学学报: 理学版, 2011, 57(3): 265-268.
[11] 晏润纬, 花金红. 乌药根挥发油的体外抗肿瘤活性及其有效成分分析 [J]. 武汉大学学报: 理学版, 2014, 60(4): 345-348.
[12] 汪群红, 胡敏, 汪官富. 乌药生物碱镇痛和抗炎作用研究 [J]. 中华中医药学刊, 2015, 33(4): 910-912.
[13] 王军伟, 胡培阳, 陈昕昝. 乌药对急性酒精性肝损伤模型大鼠炎症因子的影响 [J]. 中华灾害救援医学, 2014, 2(7): 373-376.
[14] 刘卫东, 温中京, 郭伟娣, 等. 乌药提取物抗疲劳作用的实验研究 [J]. 浙江中医杂志, 2006, 41(7): 428-429.
[15] 陈宇, 吴人照, 戴关海, 等. 乌药抗疲劳机理探讨 [J]. 浙江中医杂志, 2010, 45(4): 293-294.
[16] 俞桂新, 李庆林, 王峥涛, 等. 乌药活性组分 LEF 的化学成分及抗风湿作用 [J]. 植物资源与环境, 1999, 8(4): 1-6.
[17] 李珊, 陈文明, 欧阳荣. 乌药及其炮制品不同提取物镇痛作用的研究 [J]. 中国现代应用药学, 2015, 32(11): 1306-1308.

[责任编辑 顾雪竹]