

基于灰色关联分析方法评价甘肃产红芪质量

李成义, 强正泽, 王燕, 李硕*, 王明伟
(甘肃中医药大学药学院, 兰州 730000)

[摘要] **目的:**采用灰色关联分析方法评价红芪药材的质量。**方法:**收集甘肃红芪药材主产区武都区、宕昌县、岷县、武山县等地的红芪样品 31 批,采用 HPLC 法测定红芪样品中毛蕊异黄酮和芒柄花素含量,按 2010 年版《中国药典》方法测定红芪中浸出物含量,采用紫外分光光度法测定红芪多糖含量;应用灰色关联分析方法,以定义的相对关联度为测度,构建红芪质量评价模型。**结果:**31 批红芪样品的质量评价结果与药材红芪的道地产区相符合,武都区为红芪的主产区,其中“米仓红芪”的质量最佳,武都区个别红芪样品质量稍差,武山县、岷县、陇西县、宕昌县红芪样品质量较次;其中宕昌县兴化、庞家、车拉、官亭镇的样品质量排名靠后,药材头部均存在不同程度的腐朽斑痕。**结论:**灰色关联分析方法及本文所建立的红芪质量评价模型可用于红芪药材的质量评价。

[关键词] 红芪; 质量评价; 灰色关联分析法

[中图分类号] R284.1 **[文献标识码]** A **[文章编号]** 1005-9903(2016)12-0060-06

[doi] 10.13422/j.cnki.syfjx.2016120060

[网络出版地址] <http://www.cnki.net/kcms/detail/11.3495.R.20160426.1033.024.html>

[网络出版时间] 2016-04-26 10:33

Quality Evaluation of Hedysari Radix by Grey Incidence Degree Method

LI Cheng-yi, QIANG Zheng-ze, WANG Yan, LI Shuo*, WANG Ming-wei

(Department of Pharmacy, Gansu College of Traditional Chinese Medicine, Lanzhou 730000, China)

[Abstract] **Objective:** To evaluate the quality of Hedysari Radix based on grey incidence degree method. **Method:** The 31 batches of Hedysari Radix samples were collected in Wudu district, Tanchang county, Minxian county, and Wushan county of Gansu province, and the contents of calycosin and formononetin were determined by HPLC. The content of extract was determined with the method in *Pharmacopoeia of China* (version 2010). Polysaccharide of Hedysari Radix was determined by ultraviolet spectrophotometry method. Grey incidence degree method was used to establish Hedysari Radix quality evaluation models with the defined relative degree of incidence as the measurement. **Result:** The results of quality evaluation on 31 batches of Hedysari Radix samples were consistent with those of genuine producing area. The main producing area for Hedysari Radix was Wudu district, and the best quality was from Micang mountain in Wudu district. Few samples of Hedysari Radix in Wudu district had somewhat lower quality, followed by those from Wushan, Minxian, Longxi, and Tanchang of Gansu province. The samples from Xinhua, Pangjia, Chela, and Guanting of Tanchang county had lowest quality, with decayed marks on the head of the herbs. **Conclusion:** Grey incidence degree method and the established Hedysari Radix quality evaluation models can be used to evaluate the quality of Hedysari Radix.

[Key words] Hedysari Radix; quality evaluation; grey incidence degree method

[收稿日期] 20150413(019)

[基金项目] 国家自然科学基金项目(地区科学基金项目)(81360621)

[第一作者] 李成义,教授,博士生导师,从事中药品种与质量研究,Tel:0931-8765385,E-mail:gslichengyi@163.com

[通讯作者] *李硕,副教授,从事中药资源开发与质量综合评价研究,Tel:13919824303,E-mail:290608323@qq.com

中药红芪是甘肃特色药材^[1],其药用历史悠久,具有补气升阳、固表止汗、利水消肿、生津养血等^[1]功效。目前已在甘肃陇南北部山区及定西地区^[2]广泛栽培。

中药的质量是保证临床用药安全、可控的基础,古今认识统一,但质量控制方法各异。据《本草蒙筌》^[3]记载:“……种有三品,治无两段。木芪茎短理横,功力殊劣;此为下品。缺岁多收备用,煎服亦宜。水芪生白水、赤水二乡,俱属陇西。白水颇胜;此为中品。绵芪出山西沁州绵上,此品极佳,为上品”,此文以药材道地性来评价药材质量。而随着科学技术的发展,对中药红芪质量评价的方法层出不穷,杨扶德等^[4]从来源、性状、显微、理化、薄层色谱、醇溶性浸出物等方面对甘肃红芪质量进行了初步系统评价,马真金^[5]认为可增加红芪多糖指标来控制红芪质量,刘丽华等^[6]认为高效液相色谱法是制剂质量控制的一种有力手段,袁毅君等^[7]认为可

以建立红芪的指纹图谱方法,控制红芪的质量,这些研究为红芪质量评价奠定了基础,但是中药红芪是一个复杂的体系,包括已知信息和未知信息,从单一的已知信息去评价红芪的质量是不全面的。灰色系统是既包含已知信息,又包含未知信息的系统^[8],采用灰色关联性分析法评价红芪的质量更加符合中药复杂性的要求。因此,本研究为客观的评价红芪的质量,结合红芪主要活性成分毛蕊异黄酮、芒柄花素、浸出物及多糖的含量测定结果,以灰色关联分析方法中相对关联度为测度,构建评价红芪质量的灰色关联分析模型,为全面评价红芪质量提供新方法。

1 材料

1.1 药材 红芪样品采集于甘肃红芪药材主产区(武都区、宕昌县、岷县、武山县、陇西县),采集红芪药材来源见表 1。药材样品由甘肃中医学院药学院李成义教授鉴定,为豆科植物多序岩黄芪 *Hedysarum polybotrys* 的干燥根。经搓条后晾干,粉碎备用。

表 1 红芪样品信息

Table 1 Samples information of Hedysari Radix

No.	产地	类型	No.	产地	类型
H1	武都安化镇米仓山铺底下村	野生	H17	武都郭河乡柏树坪郭罗社	栽培
H2	武都安化镇米仓山李家庙村	野生	H18	武都郭河乡马儿沟村	栽培
H3	武都区马街乡郭能干村	野生	H19	武都鱼龙乡黑头坪	栽培
H4	武都郭河乡马儿沟村	野生	H20	宕昌庞家乡庞家村	栽培
H5	武都区鱼龙乡黑头坪	野生	H21	宕昌哈达铺镇上哈童村	栽培
H6	武都区甘泉乡双沟村	野生	H22	宕昌哈达铺镇金木村	栽培
H7	天水武山县	野生	H23	宕昌县城关镇马鞍山	栽培
H8	宕昌庞家乡庞家村	野生	H24	宕昌将台乡潘家山村	栽培
H9	宕昌城关镇马鞍山	野生	H25	宕昌车拉乡儿家湾村	栽培
H10	宕昌将台乡潘家山村	野生	H26	宕昌贾河乡大堡子村	栽培
H11	宕昌车拉乡儿家湾村	野生	H27	宕昌南阳镇草坡村	栽培
H12	宕昌官亭镇	野生	H28	宕昌南阳镇草坡村	栽培
H13	岷县龙王台奈子沟村	野生	H29	宕昌兴化乡常家庄村	栽培
H14	武都安化镇官沟村	栽培	H30	陇西首阳镇渭河村	栽培
H15	武都安化镇米仓山铺底下村	栽培	H31	岷县梅川镇大占寺村	栽培
H16	武都安化镇米仓山李家庙村	栽培			

1.2 仪器及试剂 UV-2600 型紫外分光光度计(日本岛津),1200 型高效液相色谱仪(DAD 检测器,美国安捷伦公司);对照品葡萄糖、毛蕊异黄酮和芒柄花素(批号分别为 MUST-12122601, MUST-13030602, MUST-13050801,纯度分别为 ≥98%, 99%, 99%,均购于成都曼思特生物科技有限公司);乙腈色谱纯,其他

试剂均为分析纯,娃哈哈纯净水。

1.3 数据来源 毛蕊异黄酮和芒柄花素含量采用 HPLC-DAD 法测定;浸出物含量测定参照 2010 年版《中国药典》附录 XA 项下热浸法测定^[9];多糖含量测定通过苯酚-硫酸法显色,采用紫外分光光度计,在 488 nm 波长下测定。结果见表 2。

表 2 不同产地红芪中 I, II, III, IV 质量分数

Table 2 Content of calycosin, formononetin, extract, polysaccharide of Hedysari Radix in different regions

No.	I	II	III	IV	No.	I	II	III	IV
H1	62.49	735.08	0.28	12.04	H17	17.20	289.98	0.32	14.18
H2	33.10	367.55	0.29	11.07	H18	26.81	318.91	0.30	14.44
H3	38.23	365.38	0.25	13.59	H19	18.45	424.92	0.34	11.35
H4	29.36	360.40	0.26	9.73	H20	18.45	143.21	0.23	10.68
H5	48.53	484.50	0.26	10.66	H21	21.57	111.72	0.24	15.68
H6	49.87	510.39	0.22	6.83	H22	18.15	194.63	0.29	11.19
H7	39.48	210.08	0.30	13.65	H23	3.49	74.35	0.33	16.76
H8	22.80	171.61	0.28	9.39	H24	8.93	116.93	0.30	15.52
H9	10.81	159.20	0.25	10.75	H25	9.83	182.88	0.23	8.74
H10	46.85	413.64	0.21	11.50	H26	34.34	192.47	0.27	13.71
H11	28.36	288.95	0.22	7.58	H27	26.13	239.37	0.22	15.34
H12	10.43	161.00	0.26	7.21	H28	24.49	165.87	0.25	14.57
H13	20.08	167.82	0.24	14.58	H29	24.77	391.50	0.20	12.65
H14	23.77	262.56	0.27	10.97	H30	2.27	77.51	0.33	12.46
H15	15.77	198.53	0.31	11.91	H31	5.87	98.00	0.32	14.38
H16	18.41	168.20	0.30	11.68					

注: I. 毛蕊异黄酮; II. 芒柄花素; III. 浸出物; IV. 多糖(表 3~5 同)。

2 灰色关联分析法及质量评价模型构建^[8-10,18]

2.1 确定参考序列 以本研究收集的 31 份不同产地的红芪药材为样品,同时以每个样品的 4 类活性成分含量为质量评价指标,组成评价单元序列 $\{X_{ik}\}$ ($i=1,2,3,\dots,n;k=1,2,3,\dots,m$)。其中最优化参考序列和最差参考序列分别为 $\{X_{sk}\}$ 和 $\{X_{tk}\}$ ($k=1,2,3,\dots,m$),设最优化参考序列的各项指标是 n 个样品对应指标的最大值,即 $\{X_{sk}\} = \max(1 \leq i \leq n) \{X_{ik}\}$,最差参考序列的各项指标是 n 个样品对应指标的最小值,即 $\{X_{tk}\} = \min(1 \leq i \leq n) \{X_{ik}\}$ 。

2.2 原始数据无量纲化 由于红芪质量评价指标之间的量纲是不统一的,因此必须对原始数据进行无量纲化处理,公式为(1):

$$Y_{ik} = X_{ik}/X_k \quad (1)$$

式中, Y_{ik} 为规格化处理后的数据, X_{ik} 为原始数据, X_k 为第 n 个中药样品第 k 个指标的均值。

2.3 关联系数计算

2.3.1 相对最优化参考序列关联系数

$$\xi_{k(s)}^i = \frac{\Delta_{\min} + \rho\Delta_{\max}}{|Y_{ik} - Y_{sk}| + \rho\Delta_{\max}} \quad (2)$$

$\Delta_{\min} = \min |Y_{ik} - Y_{sk}|$, $\Delta_{\max} = \max |Y_{ik} - Y_{sk}|$, ($i=1,2,3,\dots,n;k=1,2,3,\dots,m$)。

2.3.2 相对最差参考序列关联系数

$$\xi_{k(t)}^i = \frac{\Delta'_{\min} + \rho\Delta'_{\max}}{|Y_{ik} - Y_{tk}| + \rho\Delta'_{\max}} \quad (3)$$

$\Delta'_{\min} = \min |Y_{ik} - Y_{tk}|$, $\Delta'_{\max} = \max |Y_{ik} - Y_{tk}|$, ($i=1,2,3,\dots,n;k=1,2,3,\dots,m$); ρ 为分辨系数,一般取 0.5)。

2.4 关联度计算

2.4.1 相对于最优化参考序列的关联度

$$r_{i(s)} = \frac{1}{m} \sum_{k=1}^m \xi_{k(s)}^i \quad (4)$$

2.4.2 相对于最差参考序列的关联度

$$r_{i(t)} = \frac{1}{m} \sum_{k=1}^m \xi_{k(t)}^i \quad (5)$$

2.5 相对关联度的定义与计算 $r_{i(s)}$ 越大,表明评价单元序列与最优化参考序列的关联程度越高,评价单元越好,越接近实际情况。 $r_{i(t)}$ 的意义正好相反。理想的最佳评价单元应该是:该评价单元与最优化参考序列关联程度最大而同时与最差参考序列的关联程度最小,则可定义评价单元序列 $\{X_{ik}\}$ 同时相对于最优化参考序列 $\{X_{sk}\}$ 和最差参考序列 $\{X_{tk}\}$ 的相对关联度为:

$$r_i = \frac{r_{i(s)}}{r_{i(s)} + r_{i(t)}} \quad (i=1,2,3,\dots,n) \quad (6)$$

根据定义的相对关联度含义, r_i 越大,则评价单元越好。因此可以根据相对关联度的大小对评价单元序列进行排序,最终得到优劣评价结果。

2.6 红芪质量的灰色关联评价模式

2.6.1 样品数据集的建立 测定不同产地红芪药

材的 4 种活性成分含量,建立红芪药材质量灰色模式识别的数据集。

2.6.2 数据处理 将不同产地红芪样品数据集中

的原始数据,按公式(1)无纲量化处理,结果见表 3;并计算各评价单元序列相对最优及最差参考序列的差值。

表 3 原始数据无纲量化处理

Table 3 Original data normalization

No.	I	II	III	IV	No.	I	II	III	IV
H1	2.55	2.83	1.02	1.00	H17	0.70	1.12	1.17	1.17
H2	1.35	1.42	1.07	0.92	H18	1.09	1.23	1.11	1.19
H3	1.56	1.41	0.94	1.12	H19	0.75	1.64	1.26	0.94
H4	1.20	1.39	0.97	0.81	H20	0.75	0.55	0.84	0.88
H5	1.98	1.87	0.96	0.88	H21	0.88	0.43	0.91	1.30
H6	2.04	1.97	0.81	0.56	H22	0.74	0.75	1.06	0.93
H7	1.61	0.81	1.10	1.13	H23	0.14	0.29	1.21	1.39
H8	0.93	0.66	1.03	0.78	H24	0.36	0.45	1.11	1.28
H9	0.44	0.61	0.95	0.89	H25	0.40	0.70	0.84	0.72
H10	1.91	1.59	0.78	0.95	H26	1.40	0.74	1.02	1.13
H11	1.16	1.11	0.80	0.63	H27	1.07	0.92	0.83	1.27
H12	0.43	0.62	0.95	0.60	H28	1.00	0.64	0.92	1.21
H13	0.82	0.65	0.90	1.21	H29	1.01	1.51	0.74	1.05
H14	0.97	1.01	1.01	0.91	H30	0.09	0.30	1.24	1.03
H15	0.64	0.76	1.15	0.99	H31	0.24	0.38	1.18	1.19
H16	0.75	0.65	1.12	0.97					

2.6.3 关联系数与关联度计算 分别由公式(2), (3), (4), (5)计算各评价单元相对于最优、最差参考序列的关联系数与关联度,见表 4,5。

2.6.4 计算相对关联度 依据相对关联度的定义,由公式(6)计算各样品的相对关联度,并按照 r_i 的大小进行排序,得出不同产地红芪质量名次,见表 6。

表 4 评价单元序列相对于最优参考序列的关联系数和关联度

Table 4 Relative optimal correlation coefficients and relevant of evaluating unit sequence

No.	I	II	III	IV	关联度	No.	I	II	III	IV	关联度
H1	1.00	1.00	0.53	0.51	0.76	H17	0.40	0.43	0.76	0.66	0.56
H2	0.51	0.47	0.59	0.47	0.51	H18	0.46	0.44	0.64	0.68	0.56
H3	0.55	0.47	0.45	0.61	0.52	H19	0.41	0.52	1.00	0.48	0.60
H4	0.48	0.47	0.47	0.41	0.46	H20	0.41	0.36	0.38	0.45	0.40
H5	0.68	0.57	0.47	0.45	0.54	H21	0.42	0.35	0.43	0.82	0.50
H6	0.70	0.60	0.37	0.33	0.50	H22	0.40	0.38	0.57	0.47	0.46
H7	0.57	0.39	0.62	0.61	0.55	H23	0.34	0.33	0.85	1.00	0.63
H8	0.43	0.37	0.54	0.40	0.44	H24	0.36	0.35	0.65	0.80	0.54
H9	0.37	0.36	0.46	0.45	0.41	H25	0.36	0.37	0.39	0.38	0.38
H10	0.66	0.51	0.35	0.49	0.50	H26	0.52	0.38	0.53	0.62	0.51
H11	0.47	0.43	0.36	0.35	0.40	H27	0.45	0.40	0.38	0.78	0.50
H12	0.37	0.37	0.46	0.34	0.38	H28	0.44	0.37	0.44	0.69	0.48
H13	0.42	0.37	0.43	0.69	0.48	H29	0.44	0.49	0.33	0.55	0.45
H14	0.44	0.41	0.51	0.46	0.46	H30	0.33	0.33	0.94	0.54	0.54
H15	0.39	0.38	0.71	0.51	0.50	H31	0.35	0.34	0.76	0.68	0.53
H16	0.41	0.37	0.66	0.49	0.48						

表 5 评价单元序列相对于最差参考序列的关联系数和关联度

Table 5 Relative worst correlation coefficients and relevant of evaluating unit sequence

No.	I	II	III	IV	关联度	No.	I	II	III	IV	关联度
H1	0.33	0.33	0.48	0.49	0.41	H17	0.67	0.61	0.37	0.40	0.51
H2	0.49	0.53	0.44	0.54	0.50	H18	0.55	0.57	0.41	0.39	0.48
H3	0.46	0.53	0.57	0.42	0.49	H19	0.65	0.49	0.33	0.52	0.50
H4	0.53	0.54	0.53	0.63	0.56	H20	0.65	0.83	0.72	0.56	0.69
H5	0.39	0.45	0.54	0.56	0.49	H21	0.61	0.90	0.61	0.36	0.62
H6	0.39	0.43	0.79	1.00	0.65	H22	0.65	0.73	0.44	0.53	0.59
H7	0.45	0.71	0.42	0.42	0.50	H23	0.96	1.00	0.35	0.33	0.66
H8	0.59	0.77	0.47	0.66	0.62	H24	0.82	0.89	0.41	0.36	0.62
H9	0.78	0.80	0.55	0.56	0.67	H25	0.80	0.75	0.71	0.72	0.75
H10	0.40	0.49	0.86	0.52	0.57	H26	0.48	0.74	0.48	0.42	0.53
H11	0.54	0.61	0.80	0.87	0.70	H27	0.56	0.67	0.74	0.37	0.58
H12	0.79	0.79	0.55	0.93	0.76	H28	0.58	0.78	0.59	0.39	0.58
H13	0.63	0.78	0.61	0.39	0.60	H29	0.57	0.51	1.00	0.46	0.64
H14	0.58	0.64	0.49	0.54	0.56	H30	1.00	0.99	0.34	0.47	0.70
H15	0.69	0.73	0.38	0.49	0.57	H31	0.89	0.93	0.37	0.40	0.65
H16	0.65	0.78	0.40	0.51	0.58						

表 6 不同产地红芪样品相对关联度质量排名

Table 6 Relative correlation ranking order of different regions of Hedysari Radix

No.	相对关联度	质量排名	No.	相对关联度	质量排名	No.	相对关联度	质量排名
H1	0.651	1	H12	0.335	31	H22	0.436	22
H2	0.504	8	H13	0.442	21	H23	0.488	10
H3	0.513	7	H14	0.447	20	H24	0.465	12
H4	0.452	17	H15	0.465	13	H25	0.335	30
H5	0.527	4	H16	0.453	16	H26	0.491	9
H6	0.434	23	H17	0.523	6	H27	0.463	14
H7	0.523	5	H18	0.536	3	H28	0.454	15
H8	0.411	26	H19	0.547	2	H29	0.417	25
H9	0.380	27	H20	0.367	28	H30	0.434	24
H10	0.468	11	H21	0.449	19	H31	0.450	18
H11	0.364	29						

3 结果

本研究采集的不同产地的 31 份红芪样品中,相对关联度质量排名前 5 名样品为 H1, H19, H18, H5, H7, 其中样品 H1, H19, H5 均采集于武都区米仓山,说明产于武都区米仓山的红芪质量最佳,这与“米仓红芪”的实际情况相符合;而相对关联度质量排名前五名样品中前四个样品均产于武都地区,这与武都是红芪的主产区是一致的;同时分析 H7 样品发现,其为产于天水武山县的野生样品,这与马鹏里等^[10]分析红芪开花及主根生长延伸阶段,北部的西

和、礼县及武山平均气温为 17.0 ~ 19.0 °C, 10.0 cm 平均地温为 20.0 ~ 21.0 °C, 适合红芪生长的结论是一致的;武都区个别红芪样品及岷县、陇西县、宕昌县红芪样品质量较次,其中宕昌县兴化、庞家、车拉、官亭镇样品 H29, H8, H9, H20, H11, H23, H12 质量排名靠后,对比其原药材发现这些样品的综合特征就是药材头部均存在不同程度的腐朽斑痕,原因可能是生长年限过久,导致其品质下降。综上可以说明红芪质量的评价结果与药材红芪的道地产区相符合,同时也说明本研究以相对关联度为测度构建的

灰色关联质量评价模型可用于对红芪质量的评价。

4 结论与讨论

中药红芪是一个复杂的药材,成分的多样性致使其质量很难控制,而且提取分离出的指标性成分不能准确反映中药的药效和质量,使得在分析评价中药的质量时损失信息量太多。现有的中药质量评价方法不能够反映中药的全面成分信息,如代谢组学的方法^[10]、选择离子集成谱的方法^[11]、色谱联用技术^[12]、一测多评结合指纹图谱技术^[13]等方法,这些方法一定程度上能够表征中药的质量,但这些技术仅能够反映中药中含量较高的成分和一些官能团的信息,专属性较差且微量成分信息体现不足,此外主成分分析^[14]、聚类分析、人工神经网络等数理统计^[15]的方法被合理的应用到了中药质量评价的体系,为中药质量评价数据的深度挖掘奠定了基础,因此中药的质量评价体系已深入到质控指标多元化、成分信息集成化的阶段,但中药是在中医药理论体系指导下应用的药物,因此对中药的质量评价应该体现出“整体观”的思维^[16],才能制定出复合中药作用特点的质量评价体系。灰色关联度分析法可以利用已知的信息去揭示未知的信息^[17],含有整体观的思想,适合于分析成分复杂的中药。本研究结合红芪主要活性成分毛蕊异黄酮、芒柄花素、浸出物、多糖的含量测定结果,以灰色关联分析方法构建评价红芪质量的灰色关联分析模型,为评价红芪质量提供了新方法。

[参考文献]

[1] 国家药典委员会. 中华人民共和国药典. 一部[S]. 北京:中国医药科技出版社,2010:142,附录62.
[2] 马鹏里,蒲金涌,党冰. 甘肃省红芪栽培区适生气候条件评价[J]. 安徽农业科学,2010,38(33):18742-18743,18746.
[3] 明·陈嘉谟. 本草蒙筌[M]. 张印生,韩学杰,赵慧玲校注. 北京:中医古籍出版社,2009:29-31.
[4] 杨扶德,罗文蓉,林丽,等. 甘肃红芪质量标准研究

[J]. 中国药房,2008,19(18):1391-1393.
[5] 马真金. 甘肃人工栽培红芪的质量分析[J]. 西部中医药,2011,24(8):15-16.
[6] 刘丽华,李加林. 黄芪与红芪的高效液相色谱鉴定[J]. 时珍国医国药,2010,21(5):1277-1278.
[7] 袁毅君,王廷璞,李蕊,等. 甘肃道地药材红芪的质量控制研究进展[J]. 天水师范学院学报,2010,35(9):43-46.
[8] 李少泓,夏鹏飞,马肖,等. 基于灰色关联分析方法评价当归药材质量[J]. 中药材,2012,35(11):1742-1746.
[9] 马鹏里,蒲金涌,党冰. 甘肃省红芪栽培区适生气候条件评价[J]. 安徽农业科学,2010,38(33):18742-18743,18746.
[10] 范刚,罗尚华,李艳,等. 基于¹H-NMR代谢组学的中药质量评价[J]. 世界科学技术—中医药现代化,2013,15(9):1862-1868.
[11] 张玉峰,范晓辉,瞿海斌. 基于选择离子集成谱的中药质量评价新方法[J]. 高等学校化学学报,2011,32(11):2515-2520.
[12] 王勇,梁琼麟,胡坪,等. 色谱及相关技术在中药质量评价中的应用[J]. 色谱,2008,26(2):136-141.
[13] 何兵,刘艳,田吉,等. 指纹图谱结合一测多评模式在中药鱼腥草质量评价中的应用研究[J]. 中国中药杂志,2013,38(16):2682-2688.
[14] 孔浩,郭庆梅,王慧慧,等. 主成分分析法在中药质量评价中的应用[J]. 辽宁中医杂志,2014,41(5):890-812.
[15] 樊岩,黎阳,刘素香,等. 数理统计方法在中药质量评价中的应用[J]. 中草药,2009,40(5):836-840.
[16] 姜华,高原,杨景明,等. 源于“整体观”思想的中药质量评价方法研究概述[J]. 中国中药杂志,2015,40(6):1027-1031.
[17] 李峰,张振秋,李可强,等. 基于灰色关联分析的全蝎、蜈蚣药材商品质量评价研究[J]. 中成药,2012,32(12):2118-2120.

[责任编辑 顾雪竹]