

· 化学与分析 ·

## 甘肃商品白条党参质量的灰色关联度评价

李成义<sup>1</sup>, 刘书斌<sup>1</sup>, 李硕<sup>1</sup>, 王明伟<sup>1</sup>, 李俊岳<sup>1</sup>, 张樱山<sup>2\*</sup>

(1. 甘肃中医药大学, 兰州 730000; 2. 甘肃省中药现代制药工程研究院, 兰州 730010)

**[摘要]** 目的:建立甘肃商品白条党参质量的灰色关联度模型并进行其质量评价。方法:对甘肃6个商品白条党参主产地的52份样品,依据传统外观性状结合市场现状进行等级划分,测定其党参炔苷、浸出物、苍术内酯Ⅲ及总多糖的含量;采用灰色关联度法构建白条党参质量的灰色关联度评价模型。结果:各评价单元序列的相对关联度在0.322~0.551,单元序列的相对关联度>0.450的样本有25批,这些样本的质量评价较高,其主要来源于白条党参主产区临洮县、渭源县的样本。相对关联度排名在前43名的样本中,甘肃临洮县产有10批,甘肃渭源县产有9批,甘肃漳县产有4批,分别占各自产地样本总数的100.0%,100.0%和44.4%,说明采集于临洮、渭源县的党参质量较优,这与实地调查情况相一致。结论:该方法及模型可推广应用与其他地产药材的质量评价。现行甘肃白条党参的商品等级划分已不能满足实际需要。

**[关键词]** 白条党参; 灰色关联度法; 党参炔苷; 醇溶性浸出物; 苍术内酯Ⅲ; 总多糖

**[中图分类号]** R284.1;R932 **[文献标识码]** A **[文章编号]** 1005-9903(2015)21-0033-07

**[doi]** 10.13422/j.cnki.syfjx.2015210033

**[网络出版地址]** <http://www.cnki.net/kcms/detail/11.3495.R.20150924.1047.010.html>

**[网络出版时间]** 2015-09-24 10:47

### Quality Evaluation of Merchandise Baitiao Codonopsis Radix in Gansu Province by Grey Relational Analysis

LI Cheng-yi<sup>1</sup>, LIU Shu-bin<sup>1</sup>, LI Shuo<sup>1</sup>, WANG Ming-wei<sup>1</sup>, LI Jun-yue<sup>1</sup>, ZHANG Ying-shan<sup>2\*</sup>  
(1. Gansu University of Chinese Medicine, Lanzhou 730000, China; 2. Gansu Province Engineering Research Institute of Modern Pharmaceutical of Traditional Chinese Medicine, Lanzhou 730010, China)

**[Abstract]** **Objective:** To establish grey relational analysis for quality evaluation of merchandise Baitiao Codonopsis Radix. **Method:** Fifty-two samples of Baitiao Codonopsis Radix were collected from six main producing areas in Gansu province, grade division was adopted by traditional shape description combined market situation, contents of lobetyolin, atractylenoide Ⅲ, alcohol soluble extract and total polysaccharides in Baitiao Codonopsis Radix were determined. Quality evaluation of Baitiao Codonopsis Radix grey relational degree model was established by grey relational analysis. **Result:** Relative relation grades of all evaluation unit sequence were between 0.322-0.551, relative relation grades from 25 batches of samples were less than 0.450, which had high quality evaluation, many of them from main producing areas, such as Lintao county and Weiyuan county. Relative relation grade among the top 43 of samples, included 10 batches from Lintao county, 9 batches from Weiyuan county, 4 batches from Zhang county, accounting for 100.0%, 100.0% and 44.4% of the total number of their samples in this area, indicating that quality of Baitiao Codonopsis Radix from Lintao county and Weiyuan county was excellent. It was consistent with the field survey. **Conclusion:** This method and model can be extended to quality evaluation of other estate medicinal materials. Current commodity grade division of Baitiao Codonopsis Radix can not match the actual needs.

**[Key words]** Baitiao Codonopsis Radix; grey relational analysis; lobetyolin; alcohol soluble extract; atractylenoide Ⅲ; total polysaccharides

**[收稿日期]** 20150602(005)

**[基金项目]** 甘肃省中药材产业科技攻关项目(GYC13-06)

**[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]** \*张樱山,学士,高级工程师,从事药剂相关研究,Tel:13919889392,E-mail:zys@qzh.cn

党参是桔梗科多年生植物,药用部位为根,性平,宜补脾胃益气血,能生津止渴<sup>[1]</sup>。其商品白条党参在甘肃栽培历史已逾 50 年<sup>[2]</sup>。现代研究表明党参传统功效的物质基础主要是糖苷类、萜类化合物等<sup>[3]</sup>,故采用某 1 种或 2 种指标性成分含量难以对白条党参的质量进行综合、科学的评价。

目前对甘肃白条党参的质量评价多集中在生药学鉴定方面<sup>[4]</sup>,或基于 1 种主要有效成分<sup>[5-6]</sup>,2 种指标性成分<sup>[7]</sup>和基于指纹图谱研究<sup>[8]</sup>的单一评价模式,但采用科学、高效的数据分析技术对其多指标成分进行综合评价的研究尚未见报道。灰色关联分析主要研究系统模型不明确、运行机制不清楚及行为信息不完全系统的建模等问题,其“灰色思维”与中医药理论特点相契合<sup>[9]</sup>,能适用于党参的研究。本实验通过测定 6 个不同主产地共 52 批甘肃白条党参样品中醇溶性浸出物、党参炔苷、苍术内酯Ⅲ及总多糖的含量,构建党参质量评价的灰色关联度模

型,为该药材的质量评价提供新思路 and 参考。

## 1 材料

1100 系列高效液相色谱仪(美国安捷伦公司),DV 215CD 型电子天平(奥豪斯仪器有限责任公司),UPH-I-5T 型优普超纯水制造系统(上海优普超片设备公司),TU-1901 型紫外-可见分光光度计(北京普析通用仪器有限责任公司)。党参炔苷对照品(中国食品药品检定研究院,批号 111732-201206),苍术内酯Ⅲ对照品(上海标准化研究中心,批号 PCM-8Z-003,纯度 >99%),乙腈、甲醇为色谱纯,其他试剂均为分析纯,水为双蒸水。52 批党参样品于 2014 年 1 月分别采自渭源县、临洮县、宕昌县等地,经甘肃中医药大学李成义教授鉴定为桔梗科植物党参 *Codonopsis pilosula* 的干燥根,为商品白条党参。样品均为移栽 1 年生药材,阴干后粉碎成细粉,密封保存待用,样品信息见表 1。

表 1 白条党参编号及来源

Table 1 Numbers and sources of Baitiao Codonopsis Radix

编号	样品来源	等级	编号	样品来源	等级
MXSG1	岷县寺沟乡寺沟村	一等	LXSQ2	陇西县双泉乡何家沟村	二等
MXSG2	岷县寺沟乡寺沟村	二等	LXSQ3	陇西县双泉乡何家沟村	三等
MXSG3	岷县寺沟乡寺沟村	三等	LXDX1	陇西县德兴乡	一等
MXMC1	岷县梅川娃贡村	一等	LXDX2	陇西县德兴乡	二等
MXMC2	岷县梅川娃贡村	二等	LXHZ1	陇西县柯寨乡柯寨村	一等
MXMY1	岷县岷阳镇洮珠村	一等	LXHZ2	陇西县柯寨乡柯寨村	二等
MXMY2	岷县岷阳镇洮珠村	二等	LXHZ3	陇西县柯寨乡柯寨村	三等
MXMY3	岷县岷阳镇洮珠村	三等	WYQY1	渭源县清源镇高家堡	一等
TCHD1	宕昌县哈达铺马藏村	一等	WYQY2	渭源县清源镇高家堡	二等
TCHD2	宕昌县哈达铺马藏村	二等	WYQY3	渭源县清源镇高家堡	三等
TCHD3	宕昌县哈达铺马藏村	三等	WYZ1	渭源县北寨乡	一等
TCLC1	宕昌县理川乡街村	一等	WYZ2	渭源县北寨乡	二等
TCLC2	宕昌县理川乡街村	二等	WYZ3	渭源县北寨乡	三等
TCJT1	宕昌县将台乡罗河村	一等	WYQP1	渭源县庆坪乡清泉村	一等
TCJT2	宕昌县将台乡罗河村	二等	WYQP2	渭源县庆坪乡清泉村	二等
TCJT3	宕昌县将台乡罗河村	三等	WYQP3	渭源县庆坪乡清泉村	三等
ZXYH1	漳县殪虎桥乡	一等	LTYD1	临洮县窑店镇窑店村	一等
ZXYH2	漳县殪虎桥乡	二等	LTYD2	临洮县窑店镇窑店村	二等
ZXYH3	漳县殪虎桥乡	三等	LTYD3	临洮县窑店镇窑店村	三等
ZXMQ1	漳县马泉乡河地村	一等	LTLEW1	临洮县连儿湾乡连儿湾村	一等
ZXMQ2	漳县马泉乡河地村	二等	LTLEW2	临洮县连儿湾乡连儿湾村	二等
ZXMQ3	漳县马泉乡河地村	三等	LTLEW3	临洮县连儿湾乡连儿湾村	三等
ZXSC1	漳县山岔镇四崖头村	一等	LTLM1 +	临洮县龙门镇甜水沟村	特一等
ZXSC2	漳县山岔镇四崖头村	二等	LTLM1	临洮县龙门镇甜水沟村	一等
ZXSC3	漳县山岔镇四崖头村	三等	LTLM2	临洮县龙门镇甜水沟村	二等
LXSQ1	陇西县双泉乡何家沟村	一等	LTLM3	临洮县龙门镇甜水沟村	三等

## 2 方法与结果

**2.1 白条党参指标成分的含量测定** 党参炔苷 HPLC 色谱条件为 ZORBAX SB-C<sub>18</sub> 色谱柱 (4.6 mm × 250 mm, 5 μm), 流动相乙腈-水 (28:72), 流速 1.0 mL·min<sup>-1</sup>, 进样量 10 μL, 柱温 30 °C, 检测波长 269 nm; 理论塔板数按党参炔苷计算 > 4 000, 党参炔苷与相邻峰分离度均 > 1.5, 分离度良好。苍术内酯Ⅲ的 HPLC 色谱条件为 ZORBAX SB-C<sub>18</sub> 色谱柱 (4.6 mm × 250 mm, 5 μm), 流动相甲醇-水 (70:30), 流速 1.0 mL·min<sup>-1</sup>, 进样量 10 μL, 柱温 30 °C, 检测波长 222 nm; 理论塔板数按苍术内酯Ⅲ计算 > 4 000, 苍术内酯Ⅲ与相邻峰分离度均 > 1.5。党参醇溶性浸出物参照《中国药典》2010 年版中醇溶性浸出物测定法 (附录 X A) 项下的热浸法测定。党参总多糖测定采用苯酚硫酸法, 精密移取供试品溶液 0.5 mL, 补水至 3.5 mL, 加入 5% 苯酚溶液 1.5 mL 和浓硫酸 5.0 mL, 混匀, 于 100 °C 水浴中静置 15 min, 迅速冷却, 利用紫外-可见分光光度计在 486 nm 处测吸光度, 计算总多糖含量。

### 2.2 灰色关联度方法的建立

**2.2.1 参考序列的选择**<sup>[10]</sup> 设有  $m$  个样品, 每个样品有  $n$  个评价指标, 则组成一个评价单元序列, 记为  $\{X_{ik}\}$  ( $i = 1, 2, 3, \dots, m; k = 1, 2, 3, \dots, n$ );  $m = 52$ ,  $n = 4$ 。用灰色关联度作为评价测度时, 应选择参考序列, 一般应确定最优参考序列和最差参考序列。设最优参考序列的各项指标是  $n$  个样品对应指标的最大值, 记为  $\{X_{sk}\} = \max\{1 \leq s \leq m\} \{X_{ik}\}$ , 最差参考序列的各项指标是  $m$  个样品对应指标的最小值, 记为  $\{X_{tk}\} = \min\{1 \leq t \leq m\} \{X_{ik}\}$ 。

**2.2.2 原始数据变换**<sup>[11]</sup> 若原始数据纲量不统一, 则需进行变换处理。以均值化变换最常用, 公式为  $Y_{ik} = X_{ik}/Y_k$ , 式中  $Y_{ik}$  为规格化处理后的数据,  $X_{ik}$  为原始数据,  $Y_k$  为第  $m$  个样品的第  $k$  个指标的均值。

**2.2.3 关联系数的计算** 相对于最优参考序列和最差参考序列的关联系数分别按公式 (1) 和 (2) 计算。

$$\xi_{k(s)}^i = \frac{\Delta_{\min} + \rho\Delta_{\max}}{|Y_{ik} - Y_{sk}| + \rho\Delta_{\max}} \quad (1)$$

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

$$\xi_{k(t)}^i = \frac{\Delta'_{\min} + \rho\Delta'_{\max}}{|Y_{ik} - Y_{tk}| + \rho\Delta'_{\max}} \quad (2)$$

式中  $\Delta'_{\min} = \min |Y_{ik} - Y_{tk}|$ ,  $\Delta'_{\max} = \max |Y_{ik} - Y_{tk}|$  ( $i = 1,$

$2, \dots, m; k = 1, 2, \dots, n$ ),  $\rho$  ( $0 < \rho < 1$ ) 为分辨系数, 其值越大分辨能力越强, 一般取  $\rho = 0.5$  即可满足分辨率要求。

**2.2.4 关联度的计算** 相对于最优参考序列和最差参考序列的关联度分别按公式 (3) 和公式 (4) 计算。

$$r_{i(s)} = \frac{1}{n} \sum_{k=1}^n \xi_{k(s)}^i \quad (3)$$

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

**2.2.5 相对关联度的计算** 若该评价单元与最优参考序列  $r_{i(s)}$  关联程度最大而同时与最差参考序列  $r_{i(t)}$  的关联程度最小, 说明所评价的单元序列越理想, 为最佳评价单元。由此将评价单元序列同时相对于最优参考序列和最差参考序列的相对关联度  $r$  定义为  $r_i = r_{i(s)} / (r_{i(s)} + r_{i(t)})$ , ( $i = 1, 2, \dots, n$ ), 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。

### 2.3 白条党参质量评价及灰色关联度模型的建立

**2.3.1 样品数据集的建立** 测定不同产地、不同商品等级白条党参药材的 4 种主要评价指标, 计算各成分含量, 建立评价白条党参药材质量的灰色模式识别数据集, 见表 2。

**2.3.2 数据处理** 将原始数据集中的数据按照公式  $Y_{ik} = X_{ik}/Y_k$  进行规格化处理, 结果见表 3。按照公式 (1) 和 (2) 计算各评价单元序列相对最优 (差) 参考序列的差值。

**2.3.3 关联系数与关联度的计算** 分别由公式 (1), (2), (3), (4) 计算各评价单元相对于最优、最差参考序列的关联系数  $\xi_{k(s)}^i$ ,  $\xi_{k(t)}^i$  及关联度  $r_{i(s)}$ ,  $r_{i(t)}$ , 结果见表 4, 5。

**2.3.4 计算相对关联度** 依据相对关联度的定义, 由公式 (5) 计算各样品的相对关联度, 按照  $r_i$  的大小进行排序, 得出不同产地、不同商品等级白条党参的质量名次, 见表 6。

**2.3.5 质量评价**<sup>[12-13]</sup> 由表 6 可知, 相对关联度  $r_i$  越大, 则该产地商品白条党参的质量评价越高。52 批样品中各评价单元序列的相对关联度 > 0.450 的样本有 25 批, 这些样本的质量评价较高, 主要来源于主产区临洮县、渭源县的样本。相对关联度排名在前 43 名的样本中, 甘肃临洮县有 10 批, 甘肃渭源县有 9 批, 甘肃漳县有 4 批, 分别占各自产地样本总数的 100.0%, 100.0% 和 44.4%, 说明采集于临洮县、渭源县的党参质量较优, 这与市场调查时“药商对临洮县、渭源县主产地的党参评价度较高”一致。

另外,漳县不同乡镇间白条党参的质量评价相差较大,据观察发现排名靠后的 5 个漳县样品在外观形

状上皆芦头扁小、主根细短,外观性状上不属于优质白条党参,评价结果与药材的实际情况相符。

表 2 白条党参中 4 种成分的含量测定

Table 2 Contents of four components in Baitiao Codonopsis Radix

%

样品编号	党参炔苷	苍术内酯Ⅲ	浸出物	党参多糖	样品编号	党参炔苷	苍术内酯Ⅲ	浸出物	党参多糖
MXSG1	0.040	0.027	65.21	6.35	LXSQ2	0.032	0.023	61.82	11.60
MXSG2	0.042	0.031	68.37	5.94	LXSQ3	0.051	0.046	58.34	11.87
MXSG3	0.043	0.041	67.54	6.37	LXDX1	0.035	0.039	59.12	8.34
MXMC1	0.024	0.026	63.6	10.09	LXDX2	0.032	0.014	62.89	11.75
MXMC2	0.028	0.021	66.19	5.54	LXHZ1	0.050	0.031	63.20	8.45
MXMY1	0.051	0.034	55.68	10.38	LXHZ2	0.045	0.024	68.22	10.58
MXMY2	0.064	0.053	61.46	10.30	LXHZ3	0.065	0.015	62.93	10.37
MXMY3	0.092	0.091	55.39	9.58	WYQY1	0.052	0.009	66.06	8.93
TCHD1	0.103	0.122	51.59	5.42	WYQY2	0.059	0.008	65.70	7.74
TCHD2	0.069	0.086	55.83	5.18	WYQY3	0.044	0.070	61.44	5.37
TCHD3	0.040	0.023	53.79	8.46	WYZ1	0.056	0.023	58.81	7.53
TCLC1	0.025	0.025	61.71	13.44	WYZ2	0.061	0.020	60.5	10.61
TCLC2	0.043	0.028	61.18	14.08	WYZ3	0.063	0.010	63.38	12.51
TCJT1	0.023	0.024	63.38	12.06	WYQP1	0.058	0.012	62.31	12.54
TCJT2	0.032	0.020	62.54	11.61	WYQP2	0.066	0.052	49.82	10.68
TCJT3	0.032	0.020	58.46	10.60	WYQP3	0.041	0.008	64.38	8.59
ZXYH1	0.025	0.018	61.41	7.56	LYTD1	0.052	0.012	64.21	13.97
ZXYH2	0.031	0.009	60.54	5.96	LYTD2	0.061	0.022	60.45	14.12
ZXYH3	0.043	0.007	54.50	5.48	LYTD3	0.047	0.006	61.69	13.01
ZXMQ1	0.031	0.016	58.45	4.55	LTLEW1	0.066	0.016	61.46	8.06
ZXMQ2	0.030	0.019	59.63	4.75	LTLEW2	0.066	0.019	54.87	13.79
ZXMQ3	0.049	0.033	65.93	4.28	LTLEW3	0.046	0.019	64.16	9.11
ZXSC1	0.045	0.017	60.20	11.99	LTLM1 +	0.050	0.012	61.46	10.11
ZXSC2	0.054	0.024	62.88	14.62	LTLM1	0.051	0.013	62.23	12.55
ZXSC3	0.064	0.027	58.61	14.82	LTLM2	0.050	0.012	54.65	11.94
LXSQ1	0.021	0.019	66.24	13.41	LTLM3	0.056	0.037	63.89	10.99

表 3 不同批次商品白条党参原始数据规格化

Table 3 Original data normalization among different batches of merchandise Baitiao Codonopsis Radix

样品编号	党参炔苷	苍术内酯Ⅲ	浸出物	党参多糖	样品编号	党参炔苷	苍术内酯Ⅲ	浸出物	党参多糖
MXSG1	0.83	0.98	1.07	0.65	LXSQ2	0.67	0.83	1.01	1.19
MXSG2	0.87	1.12	1.12	0.61	LXSQ3	1.06	1.67	0.95	1.22
MXSG3	0.89	1.49	1.11	0.65	LXDX1	0.73	1.42	0.97	0.85
MXMC1	0.50	0.94	1.04	1.03	LXDX2	0.67	0.51	1.03	1.20
MXMC2	0.58	0.76	1.08	0.57	LXHZ1	1.04	1.12	1.03	0.87
MXMY1	1.06	1.23	0.91	1.06	LXHZ2	0.94	0.87	1.12	1.08
MXMY2	1.33	1.92	1.01	1.05	LXHZ3	1.35	0.54	1.03	1.06

续表 3

样品编号	党参炔苷	苍术内酯Ⅲ	浸出物	党参多糖	样品编号	党参炔苷	苍术内酯Ⅲ	浸出物	党参多糖
MXMY3	1.91	3.30	0.91	0.98	WYQY1	1.08	0.33	1.08	0.91
TCHD1	2.14	4.43	0.84	0.55	WYQY2	1.23	0.29	1.07	0.79
TCHD2	1.44	3.12	0.91	0.53	WYQY3	0.92	2.54	1.01	0.55
TCHD3	0.83	0.83	0.88	0.87	WYZ1	1.17	0.83	0.96	0.77
TCLC1	0.52	0.91	1.01	1.38	WYZ2	1.27	0.73	0.99	1.09
TCLC2	0.89	1.02	1.00	1.44	WYZ3	1.31	0.36	1.04	1.28
TCJT1	0.48	0.87	1.04	1.23	WYQP1	1.21	0.44	1.02	1.28
TCJT2	0.67	0.73	1.02	1.19	WYQP2	1.37	1.89	0.82	1.09
TCJT3	0.67	0.73	0.96	1.09	WYQP3	0.85	0.29	1.05	0.88
ZXYH1	0.52	0.65	1.00	0.77	LTYP1	1.08	0.44	1.05	1.43
ZXYH2	0.65	0.33	0.99	0.61	LTYP2	1.27	0.80	0.99	1.45
ZXYH3	0.89	0.25	0.89	0.56	LTYP3	0.98	0.22	1.01	1.33
ZXMQ1	0.65	0.58	0.96	0.47	LTLEW1	1.37	0.58	1.01	0.83
ZXMQ2	0.62	0.69	0.98	0.49	LTLEW2	1.37	0.69	0.90	1.41
ZXMQ3	1.02	1.20	1.08	0.44	LTLEW3	0.96	0.69	1.05	0.93
ZXSC1	0.94	0.62	0.98	1.23	LTLM1 +	1.04	0.44	1.01	1.04
ZXSC2	1.12	0.87	1.03	1.50	LTLM1	1.06	0.47	1.02	1.28
ZXSC3	1.33	0.98	0.96	1.52	LTLM2	1.04	0.44	0.89	1.22
LXSQ1	0.44	0.69	1.08	1.37	LTLM3	1.17	1.34	1.05	1.13
最优	2.14	4.43	1.12	1.52	最差	0.44	0.22	0.82	0.44

表 4 评价单元序列相对于最优参考序列的关联系数与关联度

Table 4 Correlation coefficients and correlation degrees by evaluation unit sequences relative to optimal reference sequence

样品编号	党参炔苷	苍术内酯Ⅲ	浸出物	党参多糖	关联度	样品编号	党参炔苷	苍术内酯Ⅲ	浸出物	党参多糖	关联度
MXSG1	0.39	0.38	0.74	0.38	0.47	LXSQ2	0.37	0.37	0.58	0.62	0.48
MXSG2	0.40	0.39	0.99	0.37	0.54	LXSQ3	0.44	0.43	0.48	0.64	0.50
MXSG3	0.41	0.42	0.91	0.38	0.53	LXDX1	0.38	0.41	0.50	0.45	0.43
MXMC1	0.34	0.38	0.65	0.53	0.47	LXDX2	0.37	0.35	0.62	0.63	0.49
MXMC2	0.35	0.36	0.80	0.36	0.47	LXHZ1	0.44	0.39	0.64	0.45	0.48
MXMY1	0.44	0.40	0.42	0.54	0.45	LXHZ2	0.41	0.37	0.97	0.55	0.58
MXMY2	0.51	0.46	0.57	0.54	0.52	LXHZ3	0.52	0.35	0.62	0.54	0.51
MXMY3	0.79	0.65	0.41	0.50	0.59	WYQY1	0.45	0.34	0.79	0.47	0.51
TCHD1	1.00	1.00	0.35	0.36	0.68	WYQY2	0.48	0.34	0.77	0.43	0.50
TCHD2	0.55	0.62	0.42	0.35	0.48	WYQY3	0.41	0.53	0.57	0.36	0.47
TCHD3	0.39	0.37	0.38	0.45	0.40	WYZ1	0.47	0.37	0.49	0.42	0.44
TCLC1	0.34	0.37	0.58	0.79	0.52	WYZ2	0.49	0.36	0.54	0.55	0.49
TCLC2	0.41	0.38	0.56	0.87	0.55	WYZ3	0.51	0.34	0.64	0.69	0.55
TCJT1	0.34	0.37	0.64	0.65	0.50	WYQP1	0.48	0.35	0.60	0.70	0.53
TCJT2	0.37	0.36	0.61	0.62	0.49	WYQP2	0.53	0.45	0.33	0.56	0.47
TCJT3	0.37	0.36	0.48	0.55	0.44	WYQP3	0.40	0.34	0.69	0.46	0.47
ZXYH1	0.34	0.36	0.57	0.42	0.42	LTYP1	0.45	0.35	0.68	0.86	0.58
ZXYH2	0.36	0.34	0.54	0.37	0.40	LTYP2	0.49	0.37	0.53	0.88	0.57
ZXYH3	0.41	0.34	0.40	0.36	0.37	LTYP3	0.42	0.33	0.58	0.74	0.52
ZXMQ1	0.36	0.35	0.48	0.34	0.38	LTLEW1	0.53	0.35	0.57	0.44	0.47
ZXMQ2	0.36	0.36	0.51	0.34	0.39	LTLEW2	0.53	0.36	0.40	0.83	0.53
ZXMQ3	0.43	0.39	0.78	0.33	0.49	LTLEW3	0.42	0.36	0.68	0.48	0.48
ZXSC1	0.41	0.36	0.53	0.65	0.49	LTLM1 +	0.44	0.35	0.57	0.53	0.47
ZXSC2	0.46	0.37	0.62	0.96	0.60	LTLM1	0.44	0.35	0.60	0.70	0.52
ZXSC3	0.51	0.38	0.48	0.99	0.59	LTLM2	0.44	0.35	0.40	0.64	0.46
LXSQ1	0.33	0.36	0.81	0.79	0.57	LTLM3	0.47	0.41	0.67	0.58	0.53

表 5 评价单元序列相对于最差参考序列的关联系数与关联度

Table 5 Correlation coefficients and correlation degrees by evaluation unit sequences relative to the worst reference sequence

样品编号	党参炔苷	苍术内酯Ⅲ	浸出物	党参多糖	关联度	样品编号	党参炔苷	苍术内酯Ⅲ	浸出物	党参多糖	关联度
MXSG1	0.68	0.73	0.38	0.72	0.63	LXSQ2	0.79	0.77	0.44	0.42	0.61
MXSG2	0.66	0.70	0.33	0.76	0.61	LXSQ3	0.58	0.59	0.53	0.41	0.53
MXSG3	0.65	0.62	0.34	0.72	0.58	LXDX1	0.75	0.64	0.50	0.57	0.61
MXMC1	0.93	0.74	0.40	0.48	0.64	LXDX2	0.79	0.88	0.42	0.41	0.63
MXMC2	0.86	0.80	0.36	0.81	0.71	LXHZ1	0.59	0.70	0.41	0.56	0.56
MXMY1	0.58	0.67	0.62	0.46	0.58	LXHZ2	0.63	0.76	0.34	0.46	0.55
MXMY2	0.49	0.55	0.45	0.47	0.49	LXHZ3	0.48	0.87	0.42	0.46	0.56
MXMY3	0.37	0.41	0.63	0.50	0.48	WYQY1	0.57	0.95	0.37	0.53	0.60
TCHD1	0.33	0.33	0.86	0.82	0.59	WYQY2	0.52	0.97	0.37	0.61	0.62
TCHD2	0.46	0.42	0.62	0.86	0.59	WYQY3	0.64	0.48	0.45	0.83	0.60
TCHD3	0.68	0.77	0.71	0.56	0.68	WYZ1	0.54	0.77	0.51	0.62	0.61
TCLC1	0.91	0.75	0.44	0.37	0.62	WYZ2	0.51	0.81	0.47	0.46	0.56
TCLC2	0.65	0.73	0.45	0.35	0.55	WYZ3	0.49	0.94	0.41	0.39	0.56
TCJT1	0.96	0.76	0.41	0.40	0.63	WYQP1	0.53	0.91	0.43	0.39	0.56
TCJT2	0.79	0.81	0.42	0.42	0.61	WYQP2	0.48	0.56	1.00	0.45	0.62
TCJT3	0.79	0.81	0.52	0.46	0.64	WYQP3	0.67	0.97	0.39	0.55	0.65
ZXYH1	0.91	0.83	0.45	0.62	0.70	LYD1	0.57	0.91	0.39	0.35	0.56
ZXYH2	0.81	0.95	0.47	0.76	0.75	LYD2	0.51	0.78	0.47	0.35	0.53
ZXYH3	0.65	0.98	0.68	0.82	0.78	LYD3	0.61	1.00	0.44	0.38	0.61
ZXMQ1	0.81	0.85	0.52	0.95	0.78	LTLEW1	0.48	0.85	0.45	0.58	0.59
ZXMQ2	0.82	0.82	0.49	0.92	0.76	LTLEW2	0.48	0.82	0.66	0.36	0.58
ZXMQ3	0.59	0.68	0.37	1.00	0.66	LTLEW3	0.62	0.82	0.40	0.52	0.59
ZXSC1	0.63	0.84	0.48	0.41	0.59	LTLM1 +	0.59	0.91	0.45	0.48	0.60
ZXSC2	0.55	0.76	0.42	0.34	0.52	LTLM1	0.58	0.89	0.43	0.39	0.57
ZXSC3	0.49	0.73	0.52	0.33	0.52	LTLM2	0.59	0.91	0.67	0.41	0.64
LXSQ1	1.00	0.82	0.36	0.37	0.64	LTLM3	0.54	0.65	0.40	0.44	0.51

表 6 商品白条党参样品相对关联度质量排序名次

Table 6 Quality ranking of relative correlation degree of Baitiao Codonopsis Radix

样品编号	相对关联度	名次	样品编号	相对关联度	名次	样品编号	相对关联度	名次
MXSG1	0.427	38	ZXYH3	0.322	52	WYZ1	0.419	42
MXSG2	0.470	19	ZXMQ1	0.328	51	WYZ2	0.467	20
MXSG3	0.477	14	ZXMQ2	0.339	50	WYZ3	0.495	11
MXMC1	0.423	40	ZXMQ3	0.426	39	WYQP1	0.486	12
MXMC2	0.398	46	ZXSC1	0.454	25	WYQP2	0.431	37
MXMY1	0.437	36	ZXSC2	0.536	2	WYQP3	0.420	41
MXMY2	0.515	6	ZXSC3	0.532	4	LYD1	0.509	9
MXMY3	0.551	1	LXSQ1	0.471	18	LYD2	0.518	5
TCHD1	0.535	3	LXSQ2	0.440	32	LYD3	0.460	22
TCHD2	0.449	26	LXSQ3	0.485	13	LTLEW1	0.443	30
TCHD3	0.370	48	LXDX1	0.413	44	LTLEW2	0.477	15
TCLC1	0.456	24	LXDX2	0.438	35	LTLEW3	0.449	27
TCLC2	0.500	10	LXHZ1	0.462	21	LTLM1 +	0.439	34
TCJT1	0.442	31	LXHZ2	0.513	7	LTLM1	0.477	16
TCJT2	0.445	29	LXHZ3	0.477	17	LTLM2	0.418	43
TCJT3	0.407	45	WYQY1	0.459	23	LTLM3	0.510	8
ZXYH1	0.375	47	WYQY2	0.446	28			
ZXYH2	0.348	49	WYQY3	0.439	33			

### 3 讨论

基于“中药成分与中药质量的关系是一种灰色关系”这样一种认识,故采用灰色系统理论中的关联度分析来评价中药质量<sup>[14]</sup>。本文利用灰色系统,以定义的相对关联度为测度,建立评价白条党参质量的灰色关联分析模型,以相对关联度为测度来综合评价该药材质量,为其等级划分和综合质量评价提供新方法。由所建立的模型可知,不同产地白条党参药材的质量评价排序与走访调查的实际调查情况基本一致,说明以党参炔苷、浸出物,苍术内酯Ⅲ及总多糖为指标建立的灰色关联度模型应用于甘肃地产白条党参药材的质量评价,能够较为客观地反映白条党参的内在质量。另外,灰色关联度评价适用于多因素相互影响、相互制约的问题研究。本文中醇溶性浸出物中包含党参炔苷和苍术内酯Ⅲ,符合灰色关联度评价的特点。

目前商品白条党参的流通交易多以“小规模、分散化”的农户生产经营方式普遍存在,加之各产地乡镇因种植不规范、采收年限短、加工方式落后等原因,导致该商品质量参差不齐。本文收集了白条党参6个不同主产地18个不同乡镇的商品白条党参,能够代表甘肃地产白条党参的实际商品情况。按药材大小直径、外皮及断面颜色、质地等传统评价的方法将各代表产地样品划分为3个等级。由表6可以看出,药材排名并不与其商品等级保持一致,二等商品相对于该产地一等、三等品居于排名前列,部分产地(岷县寺沟乡、漳县马泉乡、漳县山岔镇)甚至出现商品等级越高,其排名越靠后,综合质量越差情况,说明现行商品白条党参等级划分混乱,药材安全性、有效性不能得到保证。综合分析,传统按党参芦下直径、药材长度进行等级划分的方法已经不能适应市场需要,采用某单一成分或某几种成分的含量高低已不能正确评价党参质量,亟需建立新的党参商品等级标准以综合衡量党参的质量。

### [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,2010:264-265.
- [2] 赵汝能. 甘肃中草药资源志. 下册[M]. 兰州:甘肃科学技术出版社,2007:303.
- [3] 朱恩圆,贺庆,王峥涛,等. 党参化学成分研究[J]. 中国药科大学学报,2001,32(2):94-95.
- [4] 杨扶德,罗文蓉,王炯. 不同产地党参的质量比较研究[J]. 甘肃中医,2007,20(9):48-50.
- [5] 刘书斌,张櫻山,高慧琴,等. 甘肃不同产地党参中表征成分党参炔苷的含量分析[J]. 甘肃中医学院学报,2014,31(5):15-19.
- [6] 张承军,王建良,李川国,等. 甘肃产党参中党参炔苷含量的动态研究[J]. 西部中医药,2014,27(9):7-9.
- [7] 杨静,苏强,刘恩荔,不同产地党参苍术内酯Ⅲ和党参炔苷含量测定[J]. 山西医科大学学报,2010,41(8):698-702.
- [8] 封士兰,胡芳弟,刘欣,等. HPLC 研究甘肃产白条党参指纹图谱[J]. 中成药,2005,27(7):745-748.
- [9] 魏航,林励,张元,等. 灰色系统理论在中药色谱指纹图谱模式识别中的应用研究[J]. 色谱,2013,31(2):128.
- [10] 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,2010,32(12):2119.
- [11] 刘小花,梁瑾,任远,等. 黄芩对机体免疫力影响的谱效关系研究[J]. 中药材,2012,35(12):1980.
- [12] 顾志荣,陈晖,王亚丽,等. 当归药材安全性的灰色关联度评价[J]. 中国实验方剂学杂志,2014,20(17):60-64.
- [13] 李硕,李成义,李敏,等. 基于灰色关联分析方法评价商品甘草药材质量[J]. 中国实验方剂学杂志,2015,21(1):89-94.
- [14] 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.

[责任编辑 刘德文]