

基于熵权法和灰色关联分析法评价安徽省不同产地黄精药材质量

冯治国¹, 赵 祺^{1,2#}, 朱 强³, 宋大伟², 范欣荣¹, 叶赛金¹, 鲍康德^{1,2*}, 姜程曦^{1,2,4*}

1. 温州医科大学药学院, 浙江 温州 325035

2. 池州市九华山黄精研究所, 安徽 池州 247100

3. 安徽济人药业有限公司, 安徽 亳州 236800

4. 安徽省九华山佛教医药研究所, 安徽 池州 247100

摘 要: 目的 建立熵权和灰色关联度模型, 评价安徽省不同产地黄精 *Polygonati Rhizoma* 的质量。方法 测定 20 批不同来源的水分、总灰分、酸不溶灰分、浸出物、无水葡萄糖含量、总皂苷含量、薯蓣皂苷元含量 7 个主要指标的含量, 采用灰色关联度法, 构建安徽省黄精药材质量评价模型。结果 20 批黄精药材相对关联度介于 0.464 8~0.657 7, 相对关联度 >0.55 的样品有 11 批, 总体上祁门县的黄精质量评价度最高。祁门县、贵池区、青阳县的样品排名靠前, 品质较优; 相对关联度 <0.55 的样本集中在石台、岳西、金寨等地, 样品的排名相对靠后, 品质较差。结论 基于多指标成分构建的熵权和灰色关联度模型评价安徽省不同产地黄精药材质量, 方法简单客观, 为黄精优质种源的筛选提供了参考依据。

关键词: 黄精; 质量评价; 灰色关联度法; 熵权法; 薯蓣皂苷元

中图分类号: R282.6 文献标志码: A 文章编号: 0253-2670(2021)12-3689-07

DOI: 10.7501/j.issn.0253-2670.2021.12.027

Quality evaluation of *Polygonati Rhizoma* from different producing areas in Anhui province by entropy weight and grey correlation degree analysis method

FENG Zhi-guo¹, ZHAO Qi^{1,2}, ZHU Qiang³, SONG Da-wei², FAN Xin-rong¹, YE Sai-jin¹, BAO Kang-de^{1,2}, JIANG Cheng-xi^{1,2,4}

1. College of Pharmaceutical Sciences, Wenzhou Medical University, Wenzhou 325035, China

2. Jiuhua mountain Polygonatum institute, Anhui Province, Chizhou 247100, China

3. Anhui Jiren Pharmaceutical Co., Ltd., Anhui Province, Bozhou 236800, China

4. Jiuhua Mountain Buddhist Medicine Research Institute of Anhui Province, Chizhou 247100, China

Abstract: Objective The quality of *Polygonati Rhizoma* from different producing areas in Anhui Province was evaluated by entropy weight and grey relational grade model. **Method** By measuring the content of seven main indicators of moisture, total ash, acid-insoluble ash, extract, anhydrous glucose content, and total saponin content from 20 batches of different sources, the gray correlation method was used to construct the quality evaluation model of medicinal materials in Anhui Province. **Results** Relative correlation degree of 20 batches of *Polygonati Rhizoma* medicinal materials ranged from 0.4648 to 0.6577. There were 11 batches of samples with relative correlation degree >0.55. Overall, the quality of *Polygonati Rhizoma* in Qimen County was the highest. Samples from Qimen County, Guichi District and Qingyang County are ranked top with better quality. The samples with relative degree of correlation less than 0.55 are concentrated in Shitai, Yuexi, Jinzhai and other places. The samples are ranked relatively low and the quality is poor. **Conclusion** The entropy weight and gray correlation model based on multi-index components were used to evaluate the quality of *Polygonati Rhizoma* in different producing areas in Anhui Province. The method is simple, objective and comprehensive, which provides a reference for the selection of high-quality provenances.

Key words: *Polygonati Rhizoma*; different producing areas; quality evaluation; gray correlation method; entropy weight method; diosgenin

收稿日期: 2020-09-09

基金项目: 安徽济人药业有限公司课题 (KJHX2009); 青阳县九华黄精康养产业研究院安徽省院士工作站 2019 年立项课题资助 (JHHJYSGZZ19003, JHHJ-YSGZZ19004)

作者简介: 冯治国 (1977—), 男, 陕西富平人, 博士, 讲师, 研究方向为生物技术学。Tel: 13676796304 E-mail: Zhiguof@126.com

*通信作者: 姜程曦 (1971—), 男, 安徽青阳人, 博士, 研究员, 研究方向为中药学。Tel: 18969715696 E-mail: jiangchengxi@126.com

鲍康德 (1969—), 男, 安徽青阳人, 博士, 副教授, 研究方向为中药学。Tel: 15867176058 E-mail: bocand@163.com

#共同第一作者: 赵 祺 (1994—), 女, 湖北枣阳人, 博士研究生, 研究方向为中药鉴定与抗肿瘤机制。E-mail: 1297909219@qq.com

黄精为“十大皖药”之一,因集药用、食用、观赏于一身,市场需求量近年来迅速增加,价格不断提高,应用领域不断扩大^[1]。安徽省药用黄精主要来源于多花黄精 *Polygonatum cyrtonema* Hua, 适宜生长于表层水分充足且富含腐殖质的砂质土壤及荫蔽之地^[2]。但由于野生黄精类药材组成成分因土壤、气候和光照等生境的不同而异^[3],不同产地黄精的质量和临床效果有很大差别。目前关于黄精药材质量评价的方法,多集中在生药学鉴定方面^[4],或基于1种或2种指标性成分^[5-6]和基于指纹图谱研究的单一评价模式^[7-8]等,综合评价报道较少。

灰色关联度分析法(grey relational analysis)是灰色系统分析方法的一种,是根据因素之间发展趋势的相似或相异程度,作为衡量因素间关联程度的一种方法^[9]。由于灰色关联度分析蕴含的“灰色思维”与中医药理论特点相吻合,已应用于石韦 *Pyrrosiae Folium*^[10]、黄柏 *Phellodendri Chinensis Cortex*^[11]、龙胆 *Gentianae Radix et Rhizoma*^[12]、牡丹皮 *Moutan Cortex*^[13]等中药材的质量评价。熵权法(entropy weight method)是一种客观赋权法,用来判断某个指标的离散程度,熵作为不确定性的一种度量。信息量越大,不确定性就越小,熵也就越小^[14]。本研究采用熵权法和灰色关联度法相结合的质量研究模型^[15],以20个产地野生多花黄精为研究对象,在《中国药典》2020年版规定的指标基础上,增加总皂苷、薯蓣皂苷元含量测定,构建安徽省不同产地黄精药材质量评价的灰色关联度模型,进行安徽省黄精药材质量的综合评价研究,为安徽省多花黄精优质种源的筛选提供了参考依据。

1 仪器与试药

1.1 仪器

SX2-2.5-10Z 箱式电阻炉(上海博迅实业有限公司医疗设备厂);电子分析天平($d=0.1\text{mg}$,赛多利斯科学仪器有限公司);真空干燥箱(上海森信实验仪器有限公司);RE-52AA型旋转蒸发器(上海亚荣生化仪器厂);JP-100S型超声波清洗机(深圳市洁盟清洗设备有限公司);SP-754P型紫外分光光度计(上海光谱仪器有限公司);LC-20A型液相色谱仪(日本岛津公司)。

1.2 试剂

高氯酸、正丁醇、香草醛、蒽酮、浓硫酸、冰醋酸、无水葡萄糖均为分析纯;人参皂苷 Rb_1 (上海安谱实验科技股份有限公司,批号42520050,质

量分数 $\geq 98\%$),薯蓣皂苷元(上海源叶生物科技有限公司,批号B20177,质量分数 $\geq 98\%$)。

1.3 样品

2018年9月26日~10月7日,先后于青阳县西华乡、石台县、祁门县等地方采挖野生多花黄精整株植物,经温州医科大学药学院中药学教研室鲍康德副教授鉴定所有样品均来源于百合科黄精属多花黄精 *P. cyrtonema* Hua,来源见表1。然后将采集的20批次野生多花黄精去泥土,洗净,去须根,初加工蒸制15 min至透心,切厚片,干燥,成为饮片。

表1 安徽省不同产地野生多花黄精样品来源

Table 1 Sources of wild *P. cyrtonema* from different populations in Anhui Province

样品编号	采样地点	植株高度	采样数量	海拔/m
QY1	青阳县	60~65	3	234
QY2	青阳县	75~80	3	461
QY3	青阳县	70~75	3	695
JH1	九华山后山	70~80	3	108
JH2	九华山后山	65~70	3	438
GC1	贵池区	75~80	3	725
GC2	贵池区	70~75	3	181
GC3	贵池区	60~70	3	439
ST1	石台县	70~75	3	83
ST2	石台县	65~70	3	214
QM1	祁门县	60~65	3	431
QM2	祁门县	65~75	3	698
QM3	祁门县	75~80	3	874
NL1	南陵县	60~70	3	345
NL2	南陵县	70~80	3	168
JZ1	金寨县	60~70	3	507
JZ2	金寨县	70~75	3	136
JZ3	金寨县	75~80	3	293
YX1	岳西县	60~65	3	698
YX2	岳西县	65~75	3	467

2 方法与结果

2.1 基本指标测定

参照《中国药典》2020年版黄精项下测定20批次黄精药材的水分、总灰分、酸不溶灰分、浸出物和无水葡萄糖含量^[16]。每批样品重复测3次,结果见表2。

总灰分含量=(灰化后总质量-空坩埚质量)/样品质量

酸不溶灰分含量=(酸化后总质量-空坩埚质量)/样品质量

无水葡萄糖含量= $C \times V_s \times N/M$

C 为根据标准曲线测的样品浓度; V_s 试管中溶液体积; N 提取液为稀释倍数; M 为样品质量。

2.2 总皂苷含量的测定

2.2.1 空白溶液制备 加0.2 mL 5%香草醛-冰醋酸溶液(新鲜配制),冰浴时加0.8 mL高氯酸,混匀,60℃水浴加热15 min,再冰浴2 min,加5 mL

表 2 不同产地黄精样品测定结果

Table 2 Determination results of *Polygonati Rhizoma* from different populations

样品编号	水分/%	总灰分/%	酸不溶灰分/%	浸出物/%	无水葡萄糖/%	总皂苷/%	薯蓣皂苷元/%
QY1	11.203	2.355	0.270	87.272	13.708	0.876	0.015
QY2	11.295	2.306	0.240	87.496	13.953	0.892	0.017
QY3	10.990	2.341	0.260	87.935	14.272	0.883	0.016
JH1	11.740	2.296	0.240	85.865	13.105	0.868	0.015
JH2	11.680	2.349	0.269	85.851	13.028	0.873	0.015
GC1	11.201	1.583	0.187	86.037	13.078	0.853	0.013
GC2	11.129	1.537	0.192	86.376	12.479	0.849	0.012
GC3	11.310	1.486	0.181	86.424	12.836	0.844	0.012
ST1	10.675	2.458	0.308	84.770	11.975	0.833	0.011
ST2	10.427	2.513	0.312	83.820	11.539	0.847	0.012
QM1	11.367	1.625	0.201	88.405	14.437	0.826	0.011
QM2	11.021	1.577	0.194	88.623	14.274	0.821	0.010
QM3	10.864	1.503	0.189	88.955	14.659	0.812	0.010
NL1	11.108	2.256	0.271	83.333	11.173	0.870	0.014
NL2	11.249	2.197	0.262	83.895	11.154	0.861	0.013
JZ1	11.542	1.563	0.257	81.333	11.605	0.832	0.011
JZ2	10.847	1.645	0.268	81.088	11.567	0.844	0.013
JZ3	11.058	1.682	0.274	81.196	11.583	0.837	0.012
YX1	11.373	2.343	0.227	81.258	11.518	0.784	0.008
YX2	11.579	2.216	0.203	81.001	11.467	0.780	0.009

冰醋酸，混匀，静置 5 min，即得^[17-19]。

2.2.2 对照品溶液的制备 取人参皂苷 Rb_1 对照品 11.3 mg，精密称定，加甲醇溶解，定容至 10 mL，摇匀即得。

2.2.3 供试品溶液制备 将黄精饮片于 60 °C 干燥 6 h 后，用粉碎机粉碎过四号筛。取黄精样品粉末 1.00 g，精密称定，加 14 倍量水饱和正丁醇，40 °C 超声提取 50 min，滤过，滤渣再提取 1 次，合并 2 次滤液，置 25 mL 量瓶中，加水饱和正丁醇至刻度，摇匀，即得供试品溶液。

2.2.4 标准曲线的绘制 取人参皂苷 Rb_1 对照品溶液 40、80、120、160、200 μ L，置 10 mL 具塞试管中，挥尽溶剂，之后步骤同空白溶液制备方法，以相应试剂为空白，照紫外-可见分光光度法（通则 0401），在 550 nm 处测定吸光度（A）。以 A 值为纵坐标（Y），人参皂苷 Rb_1 质量为横坐标（X），绘制标准曲线，得回归方程 $Y=0.004 X-0.0748$ ， $R^2=0.999$ ，表明人参皂苷 Rb_1 质量在 45.2~226.0 μ g 线性良好。

2.2.5 总皂苷的测定 精密量取上述溶液 100 μ L，挥尽溶剂，之后步骤同空白溶液制备，以相应试剂为空白，按照紫外-可见分光光度法（通则 0401），在 550 nm 处测定 A 值。计算结果见表 2。

$$\text{皂苷含量} = M_1 \times 250 / M_2$$

M_1 为根据标准曲线测得的样品质量， M_2 为样品质量

2.3 薯蓣皂苷元含量测定

2.3.1 对照品溶液的制备 精密称取薯蓣皂苷元 5 mg 倒入 5 mL 量瓶中，加入甲醇至刻度，充分摇匀，制成含 1 mg/mL 薯蓣皂苷元对照品溶液。采用 0.22 μ m 的滤膜滤过，低温保存，备用。

2.3.2 供试品溶液的制备 精密称取黄精样品粉末 2 g 置烧瓶内，加入 100 mL 的 80% 乙醇，充分摇匀，称定质量，加热回流 3 h，待冷却后再称量，减少的质量用乙醇补足，充分摇匀，抽滤，取滤液备用。准确量取 40 mL 的滤液，旋干乙醇后加 3 mol/L 盐酸溶液 100 mL 溶解，加热回流 3 h，待冷却后，再移到分液漏斗内，加入 20 mL 正丁醇萃取，重复 2 次，保留正丁醇层，再次旋干，残渣加甲醇 10 mL 定容至刻度，再加 10 mg/mL 壳聚糖冰醋酸溶液 0.001 mL，过夜，采用 0.22 μ m 的滤膜滤过，低温保存^[20]。

2.3.3 色谱条件 Hypersil ODS₂ (200 mm×4.6 mm, 5 μ m) 色谱柱，以乙腈（A）-水（B）为流动相，梯度洗脱：0~2 min，5%~10% A；2~10 min，10%~35% A；10~15 min，35%~60% A；15~20 min，60%~80% A；20~25 min，80%~100% A。体积流量 0.2 mL/min，柱温 30 °C，检测波长 203 nm，进样量 10 μ L。

2.3.4 方法学考察 根据文献方法^[20]测定稳定性、重复性、精密度及加样回收率。样品溶液在 4 °C 条

件下放置 24 h, 稳定性试验 RSD 为 0.70%, 精密度试验 RSD 为 0.42%, 重复性试验 RSD 为 1.4%, 平均加样回收率为 100.3%, RSD 为 0.65%, 均符合要求。

2.3.5 样品的测定 取供试品溶液进样, 按照“2.3.3”项下色谱条件, “2.3.2”项下制备方法, 色谱图见图 1, 结果见表 2。

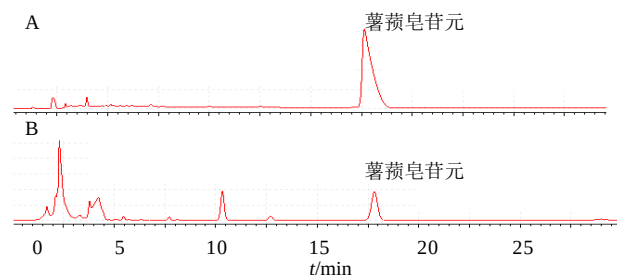


图 1 薯蓣皂苷元 (A) 和黄精药材 (B) HPLC 色谱图
Fig. 1 HPLC chromatogram of iosgenin reference substance (A) and Polygonati Rhizoma (B)

通过以上结果, 表明黄精药材符合《中国药典》2020 年版规定, 含水量在 10.427%~11.740%, ST2 水分最少, GC3 水分最多; 总灰分在 1.486%~2.513%, 酸不溶灰分在 0.181%~0.312%, GC3 总灰分最少, ST2 总灰分和酸不溶灰分最多; 浸出物在 81.001%~88.955%, YX2 浸出物含量最少, QM3 含量最多; 无水葡萄糖含量在 11.154%~14.659%, NL2 含量最少, QM3 含量最多; 总皂苷含量在 0.714%~0.898%, YX2 含量最少, QY2 含量最多; 薯蓣皂苷元含量在 0.008%~0.017%, YX1 含量最少, QY2 含量最多。

2.4 熵权法

2.4.1 数据标准化处理: 假设给定了 k 个指标, n 个样本 ($n=20, k=7$), 对原始数据进行标准化处理, 标准化处理公式:

$$Y_{ij} = [X_{ij} - \min(X_i)] / [\max(X_i) - \min(X_i)] \quad (1)$$

X_{ij} 为原始数据, X_i 为样品第 i 个指标的均值。

2.4.2 求各指标的信息熵 根据信息论中信息熵的定义, 一组数据的信息熵 (E_j):

$$E_j = -\ln(n)^{-1} \sum p_{ij} \ln p_{ij} \quad (2)$$

$p_{ij} = Y_{ij} / \sum Y_{ij}$, 若 $p_{ij} = 0$, 则定义 $\ln p_{ij} = 0$ 。

确定各指标权重各个指标的信息熵后, 计算各指标的权重 (W_i), 计算结果见表 3。

$$W_i = (1 - E_i) / (k - \sum E_i) \quad (3)$$

E_i 为样品第 i 个指标的信息熵。

表 3 熵权法计算所得信息熵及权重

Table 3 Information entropy and weight calculated by entropy weight method

考察指标	E_j	W_i
水分	0.879 4	0.040
总灰分	0.823 4	0.063
酸不溶灰分	0.816 2	0.061
浸出物	0.904 7	0.165
无水葡萄糖含量	0.978 1	0.245
总皂苷含量	0.966 9	0.221
薯蓣皂苷元含量	0.953 7	0.205

2.5 灰色关联度法

2.5.1 原始数据标准化处理 为了更好的实现数据的计算和管理, 需对原始数据进行规格化处理^[21-22], 规格化处理公式:

$$Y_{ik} = X_{ik} / X_k \quad (4)$$

X_{ik} 为原始数据, X_k 为样品第 k 个指标的均值。

2.5.2 关联系数的计算 设其中最优参考序列记为 $\{Y_{sk}\}$, 最差参考序列记为 $\{Y_{tk}\}$, 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 (5)、(6) 计算:

$$\xi_{k(s)} = (\Delta_{\min} + \rho \Delta_{\max}) / (|Y_{ik} - Y_{tk}| + \rho \Delta_{\max}) \quad (5)$$

$$\Delta_{\min} = \min |Y_{ik} - Y_{sk}|, \Delta_{\max} = \max |Y_{ik} - Y_{sk}|$$

$$\xi_{k(t)} = (\Delta_{\min} + \rho \Delta_{\max}) / (|Y_{ik} - Y_{tk}| + \rho \Delta_{\max}) \quad (6)$$

$$\Delta_{\min} = \min |Y_{ik} - Y_{tk}|, \Delta_{\max} = \max |Y_{ik} - Y_{tk}|$$

ρ 为分辨系数, 本实验 ρ 取值为熵权法“2.4.2”项下计算所得各指标关联系数, 计算结果见表 4。

2.5.3 关联度的计算: 最优参考序列关联度 $r_{i(s)}$ 和最差参考序列关联度 $r_{i(t)}$ 分别按公式 (7) 和公式 (8) 计算:

$$r_{i(s)} = \sum \xi_{k(s)} / n \quad (7)$$

$$r_{i(t)} = \sum \xi_{k(t)} / n \quad (8)$$

2.5.4 相对关联度的计算 相对关联度 r_i 与最优参考序列关联度 $r_{i(s)}$ 和最差参考序列关联度 $r_{i(t)}$ 密切相关, 计算方法如下:

$$r_i = r_{i(s)} / [r_{i(s)} + r_{i(t)}] \quad (9)$$

计算结果见表 5, 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。

从质量研究角度分析, 浸出物、有效成分含量越高质量越好^[23-24]。本研究通过以浸出物、总皂苷、薯蓣皂苷元含量等 7 种指标, 通过灰色关联模型和熵权模型, 对安徽省野生多花黄精进行质量评价, 发现黄精药材相对关联度介于 0.464 8~0.657 7, 说

表4 各评价单元相对于最优参考序列的关联系数

Table 4 Correlation coefficients of each evaluation unit with respect to optimal reference sequences

样品编号	关联系数						
	水分	总灰分	酸不溶灰分	浸出物	无水葡萄糖含量	总皂苷含量	薯蓣皂苷元含量
QY1	0.09	0.13	0.11	0.26	0.37	0.33	0.30
QY2	0.09	0.13	0.10	0.26	0.38	0.34	0.34
QY3	0.09	0.12	0.11	0.25	0.39	0.33	0.32
JH1	0.09	0.12	0.10	0.26	0.35	0.33	0.30
JH2	0.09	0.12	0.11	0.25	0.35	0.33	0.30
GC1	0.09	0.08	0.09	0.25	0.35	0.32	0.26
GC2	0.09	0.08	0.09	0.25	0.33	0.32	0.24
GC3	0.09	0.07	0.08	0.25	0.34	0.32	0.24
ST1	0.08	0.12	0.13	0.25	0.32	0.32	0.22
ST2	0.08	0.13	0.13	0.24	0.31	0.32	0.24
QM1	0.09	0.08	0.08	0.26	0.39	0.31	0.23
QM2	0.09	0.08	0.08	0.26	0.38	0.31	0.22
QM3	0.08	0.07	0.08	0.26	0.39	0.31	0.21
NL1	0.09	0.11	0.11	0.24	0.30	0.33	0.28
NL2	0.09	0.11	0.11	0.24	0.30	0.33	0.26
JZ1	0.09	0.08	0.11	0.23	0.31	0.32	0.22
JZ2	0.08	0.08	0.11	0.23	0.31	0.33	0.26
JZ3	0.09	0.08	0.11	0.23	0.31	0.321	0.24
YX1	0.09	0.12	0.09	0.23	0.31	0.30	0.16
YX2	0.09	0.11	0.08	0.24	0.30	0.31	0.18

表5 不同产地黄精样品相对关联度及质量排序

Table 5 Relative correlation degrees and quality ranking orders of *Polygonati Rhizoma* from different populations

样品编号	最优关联度	最差关联	相对关联度	质量排序
QY1	0.748 9	0.404 0	0.649 6	4
QY2	0.738 6	0.403 8	0.646 5	5
QY3	0.748 8	0.413 1	0.644 5	6
JH1	0.601 1	0.431 0	0.582 4	11
JH2	0.739 9	0.413 0	0.641 8	8
GC1	0.599 8	0.428 0	0.583 6	10
GC2	0.752 1	0.417 0	0.643 3	7
GC3	0.599 3	0.422 1	0.586 7	9
ST1	0.509 5	0.491 5	0.508 9	14
ST2	0.501 9	0.488 0	0.507 0	15
QM1	0.817 8	0.440 8	0.649 8	3
QM2	0.819 7	0.441 0	0.650 5	2
QM3	0.822 4	0.428 0	0.657 7	1
NL1	0.490 9	0.467 6	0.512 2	13
NL2	0.489 4	0.451 0	0.520 4	12
JZ1	0.478 3	0.497 3	0.490 3	16
JZ2	0.470 4	0.492 0	0.488 8	18
JZ3	0.477 9	0.499 0	0.489 2	17
YX1	0.430 9	0.496 1	0.464 8	20
YX2	0.442 1	0.481 0	0.478 9	19

明安徽省内各产地黄精的质量存在一定差异；依据不同产地黄精的相对关联度大小，相对关联度 >0.55 的样品有11批，相同县内不同海拔的黄精药材相对关联度略有差异，总体上祁门县的黄精质量评价度最高，这与吴其国等^[25]、钱枫等^[26]的研究结果基本一致。此外，祁门县、贵池区、青阳县的样品排名靠前，品质较优，可在以上产地区域建立高品质栽培基地，规范加工方法，能总体提高黄精药材质量。相对关联度 <0.55 的样本集中在石台、岳西、金寨、南陵等地，样品的排名相对靠后，品质较差，其中岳西县的黄精质量评价度最低，可能与药材的土壤特性、生长环境和地理位置有关。

3 讨论

黄精属于多基原药材，一般来说，多花黄精以安徽、湖南、贵州所产质量较优^[27]。近年来随着人们日益增长的健康需求，黄精产业发展逐步迈入快车道，安徽各地区广泛种植黄精。但由于气候、水肥等生境的不同，导致黄精药材各化学成分含量存在差异^[28]。本研究通过综合评价黄精药材质量，发现祁门县、贵池区、青阳县品质较优，说明可在以

上产地区域建立黄精规范化种植基地,基于多指标成分构建的熵权和灰色关联度模型评价安徽省不同产地黄精药材质量,方法简单客观,为黄精优质种源的筛选提供了参考依据。

质量是中药产业的生命线,中药质量诸多问题是阻碍中药现代化、国际化的瓶颈之一^[29]。中药成分复杂,各成分间通过多维度、多层次非线性协同作用发挥药效^[30],因此评价中药质量仅以单一化学成分作为指标具有一定局限性,应该进行多指标综合评价。且由于灰色关联度计算中各计算指标 ρ 没有一个量化的方法,多数沿用文献中的方法取 $\rho=0.5$ (指标数量 ≥ 4)^[31-32],分析结果不够真实客观,而将各评价指标根据熵权法赋值进行区分后,再用灰色关联度质量评价模型进行分析,可以区分不同指标对整体的影响。本实验围绕中药成分有效性、可测性、特有性的属性,建立中药多成分体系宏观质量表征的灰色关联模型和熵权模型,选择了基础指标水分、灰分,加上浸出物、无水葡萄糖含量、总皂苷等有效成分,共7个指标,能较客观地反映其内在质量。但由于黄精多糖结构复杂,结构鉴定、次生代谢研究还不够深入,从现有的成分指标难以全面评价,且尚未发现黄精特有成分,因此,未来还需从黄精原植物体内中药化学代谢途径、节点代谢或代谢网络研究,多角度、全方位地研究黄精有效成分,从而实现黄精药材质量评价体系从点到面的转变。

利益冲突 所有作者均声明不存在利益冲突

参考文献

- [1] 姜程曦,洪涛,熊伟.黄精产业发展存在的问题及对策研究[J].中草药,2015,46(8):1247-1250.
- [2] 钱枫,赵宝林,王乐,等.安徽药用黄精资源及开发利用[J].现代中药研究与实践,2009,23(4):33-34.
- [3] 徐兵兵,倪穗.野生黄精的多糖含量测定及提取工艺研究[J].中国野生植物资源,2016,35(4):19-22.
- [4] 胡中盛,郑颖,何娥英,等.黄精药材和黄精片在炮制工艺中的质量研究[J].安徽农业科学,2020,48(8):158-162.
- [5] 巫永华,张建萍,赵节昌,等.大孔树脂纯化黄精多酚及其抗氧化性与组成分析[J].农业工程学报,2020,36(1):318-326.
- [6] 陈蕾,万婉,刘艳,等.黄精有效成分提取测定的研究[J].赤峰学院学报:自然科学版,2019,35(9):37-39.
- [7] 王元媛,李欢欢,雷林玉,等.不同产地多花黄精的电化学指纹图谱研究[J].化学试剂,2019,41(3):253-257.
- [8] 李松涛,于晓,耿翠翠,等.HPLC测定黄精的指纹图谱[J].食品与药品,2018,20(5):336-339.
- [9] 付士鹏,沈宏伟,王谦博,等.指纹图谱结合灰色关联度分析法对不同产地赤芍质量的评价研究[J].中草药,2019,50(23):5865-5871.
- [10] 崔露露,石韦的.HPLC指纹图谱研究与灰色关联度分析[D].济南:山东中医药大学,2017.
- [11] 关树光,韩曦英,宋美薇,等.吉林省不同产地关黄柏药材质量的灰色关联度法综合评价[J].药物分析杂志,2018,38(7):1275-1279.
- [12] 吕伟奇,张霁,左智天,等.基于灰色关联度分析法的滇龙胆质量评价[J].中国实验方剂学杂志,2017,23(13):66-73.
- [13] 付士朋,沈宏伟,王谦博,等.指纹图谱结合灰色关联度分析法对不同产地赤芍质量的评价研究[J].中草药,2019,50(23):5865-5871.
- [14] Cheng QY. Structure entropy weight method to confirm the weight of evaluating index[J]. Syst Eng-Theory Pract, 2010, 30: 1225-1228.
- [15] 崔曰新,张景珍,王思雨,等.基于熵权法和灰色关联度法的羌活饮片质量评价研究[J].中草药,2019,50(23):5724-5730.
- [16] 中国药典[S].一部.2020:306.
- [17] 周改莲,李健,徐梦云,等.广西产多花黄精不同炮制工艺研究[J].中国民族民间医药,2018,27(10):34-37.
- [18] 秦枫,刘靖,陈玉勇,等.三七总皂苷含量测定方法及超声提取工艺研究[J].安徽农业科学,2008,36(8):3062-3063.
- [19] 赵欣.黄精HPLC指纹图谱的研究及其不同产地的质量评价[D].杨凌:西北农林科技大学,2011.
- [20] 周宝珍.不同产地黄精薯蓣皂苷元含量的研究[J].陕西农业科学,2017,63(8):42-45.
- [21] Hua Y J, Wang S N, Chai C, et al. Quality evaluation of pseudostellariae Radix based on simultaneous determination of multiple bioactive components combined with grey relational analysis[J]. Molecules, 2016, 22(1): E13.
- [22] 张阳,李可强,张鹏,等.灰色关联度分析法评价北豆根药材质量研究[J].辽宁中医杂志,2016,43(2):367-369.
- [23] Liu H, Zheng Y F, Li C Y, et al. Discovery of anti-inflammatory ingredients in Chinese herbal formula kouyanqing granule based on relevance analysis between chemical characters and biological effects[J]. Sci Rep, 2015, 5: 18080.
- [24] 林钦贤,梁伟龙,王斌,等.基于灰色关联分析法评价广藿香药材质量[J].安徽农业科学,2020,48(2):

- 213-218.
- [25] 吴其国, 胡叶青, 陈帅帅, 等. 安徽不同产地野生与栽培多花黄精中黄精多糖含量比较 [J]. 甘肃中医药大学学报, 2018, 35(1): 47-50.
- [26] 钱枫, 左坚, 潘国石, 等. 安徽产主要黄精品种的无水葡萄糖含量测定和比较 [J]. 甘肃中医学院学报, 2011, 28(01): 61-63.
- [27] 林永强, 林林, 焦阳, 等. 基于 Q-Marker 理论的化学标识物研究及应用 [J]. 中国药学杂志, 2020, 55(2): 161-166.
- [28] 江振作, 王跃飞. 基于“药材基原-物质基础-质量标志物-质控方法”层级递进的中药质量标准模式研究 [J]. 中草药, 2016, 47(23): 4127-4133.
- [29] 胡世林. 中国道地药材 [M]. 哈尔滨: 黑龙江科学技术出版社, 1989: 21.
- [30] 叶钱, 蒋燕锋, 冯家骏, 等. 多花黄精有效成分与主要环境因子的相关性 [J]. 浙江农林大学学报, 2017, 34(1): 192-196.
- [31] 东亚斌, 段志善. 灰色关联度分辨系数的一种新的确定方法 [J]. 西安建筑科技大学学报: 自然科学版, 2008, 40(4): 589-592.
- [32] 乌仁娜. 基于信息熵权法和灰色关联度法的水资源综合效益评价 [J]. 水利技术监督, 2018, 26(3): 144-146.

[责任编辑 时圣明]