

# 基于 AHP 法优化的熵权 TOPSIS 模型对不同产地黄花菜药材质量的综合评价

刘书斌<sup>1</sup>, 张宏武<sup>1</sup>, 冯晓莉<sup>2</sup>, 李成义<sup>2</sup>, 王晓萍<sup>1</sup>, 李波<sup>2,3</sup>, 朱平<sup>1</sup>, 杨晓玲<sup>4</sup>

(1. 甘肃省中医院, 兰州 730050; 2. 甘肃中医药大学, 兰州 730000;  
3. 兰州市肺科医院, 兰州 730050; 4. 甘肃中医药大学附属医院, 兰州 730000)

**[摘要]** 目的:通过优化的熵权 TOPSIS 模型评价不同产地黄花菜的药材质量,为中药的质量控制提供一种新的评价方法。方法:采用层次分析法(AHP法)优化的熵权 TOPSIS 模型对 14 个不同产地黄花菜药材的质量进行综合分析,构建了涵盖 3 个层次(目标层、决策层和指标层),10 个指标(黄花菜花蕾的花冠、雌蕊、雄蕊、花梗的长度、浸出物、总灰分、槲皮素、异鼠李素、山柰酚和 $\beta$ -谷甾醇)的黄花菜药材质量的综合评价指标体系。结果:庆阳地区的黄花菜药材质量最优;其次为渭南地区的黄花菜;山西大同和四川小湾村的样品质量最差,与传统经验鉴别的“辨状论质”评价结果一致,说明建立的模型是成功的。庆阳地区黄花菜的异鼠李素和山柰酚含量分别是四川小湾村的 1.72 倍和 2.74 倍,其他有效成分随产地变化没有显著性差异,建议异鼠李素和山柰酚可作为黄花菜鉴别及质量评价指标。结论:基于 AHP 法的熵权 TOPSIS 模型具有理论清晰,各评价指标主次分明,使用简单易于计算的特点,对于黄花菜药材是一种实用、快捷、有效的多目标决策分析的综合评价方法。

**[关键词]** 层次分析法;熵权 TOPSIS;综合评价;黄花菜

**[中图分类号]** R283.6;R945;R284.1 **[文献标识码]** A **[文章编号]** 1005-9903(2019)06-0168-07

**[doi]** 10.13422/j.cnki.syfjx.20190512

**[网络出版地址]** <http://kns.cnki.net/kcms/detail/11.3495.R.20181120.1602.006.html>

**[网络出版时间]** 2018-11-21 13:49

## Comprehensive Evaluation of Quality of Hemerocallis Flava from Different Regions Based on Entropy TOPSIS Model Optimized by AHP Method

LIU Shu-bin<sup>1</sup>, ZHANG Hong-wu<sup>1</sup>, FENG Xiao-li<sup>2</sup>, LI Cheng-yi<sup>2</sup>, WANG Xiao-ping<sup>1</sup>,  
LI Bo<sup>2,3</sup>, ZHU Ping<sup>1</sup>, YANG Xiao-ling<sup>4</sup>

(1. Gansu Provincial Hospital of Traditional Chinese Medicine (TCM), Lanzhou 730050, China;  
2. Gansu University of Chinese Medicine, Lanzhou 730000, China;  
3. Pulmonary Hospital of Lanzhou, Lanzhou 730050, China;  
4. Affiliated Hospital of Gansu University of Chinese Medicine, Lanzhou 730000, China)

**[Abstract]** **Objective:** To optimize the entropy TOPSIS model to evaluate the quality of Hemerocallis Flava from different regions, in order to provide a new evaluation method for the quality control of traditional Chinese medicine. **Method:** The entropy weight TOPSIS model optimized by analytic hierarchy process (AHP) method was used to analyze the quality of Hemerocallis Flava from 14 different regions, and a comprehensive evaluation index system for the quality of Hemerocallis Flava, which covered 3 layers (target layer, decision layer and index layer), and 10 indexes (corolla of Hemerocallis Flavathe's bud, pistils, stamens, peduncle length, extract, total ash, quercetin,  $\beta$ -rhamnocitrin, kaempferol, sitosterin) was established. **Result:** Qingyang

**[收稿日期]** 20180705(006)

**[基金项目]** 兰州市人才创新创业项目(2017-RC-19);2015 甘肃省高校中(藏)药化学与质量研究省级重点实验室开放基金项目(zzy-2015-01);甘肃省中医药管理局科研课题(GZK-2017-24)

**[第一作者]** 刘书斌, 硕士, 中药师, 从事中药资源与质量综合评价研究, E-mail: liushubinstudy@126.com

showed the best quality of *Hemerocallis Flava*, which was followed by Weinan, and the lowest quality was found in Datong, Shanxi, and Xiaowan village, Sichuan. The results were consistent with the evaluation results of traditional empirical identification, suggesting the successful modeling. The contents of  $\beta$ -rhamnocitrin and kaempferol in Qingyang were 1.72 times and 2.74 times of those of Xiaowan village, Sichuan. There was no significant difference in other active ingredients from different regions. It was suggested that quercetin and kaempferol could be used as the identification and quality evaluation indexes of cauliflower. **Conclusion:** The entropy TOPSIS model based on the AHP method is clear, simple to use and easy to calculate, with distinct evaluation indexes. It is a practical, quick and effective comprehensive evaluation method for multi-objective decision analysis.

[ **Key words** ] analytic hierarchy process method; entropy TOPSIS; comprehensive evaluation; *Hemerocallis Flava*

黄花菜,《本草纲目》称“因其花的颜色呈金黄色而名黄花菜,据其形态像金针而取名为金针菜”,又名柠檬萱草、忘忧等<sup>[1]</sup>。其为百合科萱草属植物黄花菜的未开放或初开的花蕾,为我国传统常用抗抑郁中药,具有解郁、利湿热、利尿、止血、凉血的功效<sup>[2]</sup>,产地加工一般采用蒸、晒加工来达到减毒(秋水仙碱)增效的目的。目前,我国黄花菜集中分布于湖南邵东、江苏宿迁、陕西大荔、甘肃庆阳等地。黄花菜中多含有黄酮类苷类物质<sup>[3]</sup>,槲皮素具有抗病毒、抗氧化、抗纤维化和抗肿瘤等多种功效<sup>[4]</sup>;异鼠李素具有抗心肌缺氧缺血,降低血清胆固醇,促进血流通畅等作用,具有显著抗抑郁作用<sup>[5]</sup>;山柰酚具有抗氧化、抗炎、抗癌、抗纤维化、抗病毒作用<sup>[6]</sup>; $\beta$ -谷甾醇具有抗肿瘤、抗氧化、明显降低血清胆固醇的药理作用<sup>[7]</sup>。

中药饮片的质量取决于原药材的质量,故在追求黄花菜产量的同时,应对黄花菜药材品质提出了更多的性状鉴别要求。良好的外观性状和含量较高的有效成分才能决定黄花菜的商品品质。近年来,国内外学者对黄花菜的质量评价多集中在某单一成分含量测定<sup>[8]</sup>、大类化学成分提取<sup>[9]</sup>等方面,对于不同产地的黄花菜药材多指标成分的质量综合比较未见报道。黄花菜药材质量受多种因素的制约,并且因素间的关系错综复杂,以不同的特征(花冠,雌蕊,雄蕊,花梗大小,浸出物,槲皮素,异鼠李素,山柰酚, $\beta$ -谷甾醇,总灰分等)相互组合对中药质量会产生综合影响。建立一种科学、可量化及操作性强的中药综合评价指标体系,并将定性分析和定量评判相结合,是目前亟须解决的现实问题。

目前,中药质量评价多基于传统经验、多指标成分、指纹图谱及谱效关系等评价模式来对其质量进行综合评价,具有多目标性。TOPSIS 法是一种正在迅速发展并广泛应用的多目标决策算法,近年来多

用于农业、环境科学、经济学等行业的决策评估,其建立的数学模型极大可能的接近理想值从而实现多目标决策分析<sup>[10]</sup>,是研究解决多个不相容问题和方法的有力工具,这与中药多指标质量综合评价思路相符合。本文在 TOPSIS 分析的基础上,结合 AHP 法和贴近度概念,构建评价黄花菜药材质量的熵权 TOPSIS 模型,以中药黄花菜药材质量评价为例,介绍了该方法的具体应用,为中药质量综合评价提供了一条新思路和新方法。

AHP 法是一种可靠、合理的,能使复杂并相关交叉的问题得到简易并且重点突出的层次分析法<sup>[11]</sup>;优点是使评价区域内的各指标数据的无量纲化的测度突出越大越好的特点,但缺陷对越低越好和适中性的指标数据则得不到理想结果,而运用熵权 TOPSIS 模型可较好地解决上述问题。本文运用 AHP 法和熵权 TOPSIS 模型,收集能基本反映黄花菜药材质量的 10 个指标,通过决策矩阵的归一化处理,构建基于加权决策矩阵的综合评价指标体系,计算不同参比指标对最优理想值的欧式贴近度,从而对不同产地黄花菜药材质量做出综合评价,见图 1。

## 1 材料

**1.1 样品来源** 于 2016 年 8 月至 10 月前往甘肃省庆阳市、陕西大荔县等地购买 14 个不同产地的黄花菜样品(H1~H14),经甘肃中医药大学药学院李成义教授鉴定为百合科萱草属植物黄花菜 *Hemerocallis citrina* 的干燥花蕾。每个样品均随机抽样,保证样品有代表性,黄花菜样品信息见表 1。

**1.2 仪器** 1200 系列高效液相色谱仪(美国 Agilent 公司,DAD 检测器),GZX-9070MBE 型电热鼓风干燥箱(上海博迅),BS224S 型 1/1 万电子分析天平(北京赛多利斯仪器系统有限公司)。

**1.3 试剂** 对照品槲皮素(批号 100081-200907),山柰酚(批号 110861-201209),异鼠李素(批号

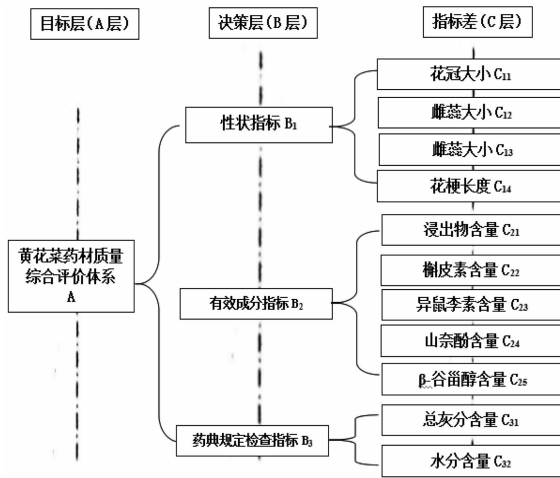


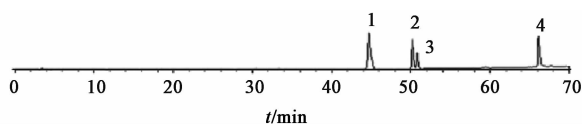
图 1 黄花菜药材质量的 APH 指标体系  
Fig. 1 APH index system for quality of Hemerocallis Flava

表 1 不同产地黄花菜药材来源

Table 1 Source information of Hemerocallis Flava from different regions

编号	产地	采集日期	海拔/m	经度	纬度
H1	陕西渭南市大荔县洪善村	2016-09	347.485	109°52'15.6"	34°38'49.2"
H2	陕西渭南市大荔县堡子村	2016-09	351.087	109°50'45.6"	34°38'16.8"
H3	陕西渭南市大荔县沙南村	2016-09	363.999	109°49'12"	34°39'54"
H4	陕西渭南市大荔县槐元村	2016-09	353.868	109°49'40.8"	34°37'30"
H5	陕西渭南市富平县孝义村	2016-09	413.834	109°19'15.6"	34°45'10.8"
H6	甘肃省庆阳市下赵家村	2016-09	1 241.996	108°4'15.6"	35°24'50.4"
H7	甘肃省庆阳市屯庄村	2016-09	1 254.584	107°59'9.6"	35°25'37.2"
H8	甘肃省庆阳市公曹村	2016-09	1 233.490	107°47'38.4"	35°27'18"
H9	甘肃省庆阳市庙底村	2016-09	1 259.430	107°44'9.6"	34°32'40.56"
H10	甘肃省庆阳市西高村	2016-09	1 255.559	107°44'24"	34°32'37.32"
H11	甘肃省庆阳市范家村	2016-09	1 277.721	107°43'44.4"	35°28'37.2"
H12	山西大同商品	2016-01	未知	未知	未知
H13	四川渠县小湾村	2016-01	1 106.893	106°52'35.92"	30°55'20.05"
H14	湖南祁东商品	2016-01	未知	未知	未知

流速 1.0 mL·min<sup>-1</sup>; 进样量 10 μL。理论板数按各个成分计算均不低于 5 000, 与相邻峰的分度度均 > 1.5, 色谱峰对称因子均在 0.95 ~ 1.05。混合对照品及样品 HPLC 见图 2, 3。浸出物、总灰分、水分含量测定方法参照 2015 年版《中国药典》方法。



1. 槲皮素; 2. 山柰酚; 3. 异鼠李素; 4. β-谷甾醇(图 3 同)

图 2 混合对照品 HPLC 色谱

Fig. 2 HPLC chromatograms of mixed standards

11086-200406), β-谷甾醇(批号 110851-201407) 均购自中国食品药品检定研究院。磷酸(天津市富宇精细化工有限公司, 批号 20150511), 环己烷、乙酸乙酯(天津市大贸化学试剂厂, 批号 20161010, 20161101), 娃哈哈纯净水(杭州娃哈哈集团有限公司, 批号 20170202), 其他试剂均为分析纯。

## 2 方法和结果

2.1 有效成分指标检测方法 同时测定槲皮素, 异鼠李素, 山柰酚, β-谷甾醇 4 种成分, 采用课题组前期建立的方法<sup>[12]</sup>。色谱条件: 安捷伦 C<sub>18</sub> 反相色谱柱(4.6 mm × 250 mm, 5 μm); 流动相乙腈(A) - 0.1% 磷酸水(B), 梯度洗脱(0 ~ 20 min, 5% ~ 20% A; 20 ~ 40 min, 20% ~ 30% A; 40 ~ 70 min, 30% ~ 90% A); 检测波长设定 210 nm; 柱温 30 °C;

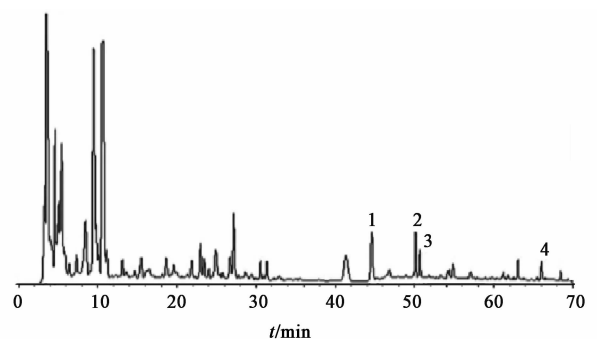


图 3 黄花菜药材 HPLC 对照指纹谱

Fig. 3 HPLC control fingerprint of Hemerocallis Flava

## 2.2 供试品、对照品制备及方法学考察

**2.2.1 对照品溶液制备** 分别精密称取山柰酚, 槲皮素,  $\beta$ -谷甾醇, 异鼠李素 4 种对照品适量, 置于 10 mL 量瓶中, 用色谱甲醇溶解, 并稀释至刻度, 摇匀, 得到质量浓度分别 0.094, 0.132, 0.111, 0.126  $\text{g}\cdot\text{L}^{-1}$  的对照品储备液, 精密移取上述对照品储备液 3, 4, 0.3, 1 mL 至 10 mL 量瓶中, 用甲醇稀释 10 倍, 摇匀, 得山柰酚, 槲皮素,  $\beta$ -谷甾醇, 异鼠李素质量浓度分别为 28.2, 52.8, 3.33, 12.6  $\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$  的混合对照品储备液。冰箱冷藏保存备用。

**2.2.2 供试品溶液制备** 将黄花菜药材粉碎, 过 60 目筛, 混匀, 精密称取 10 g, 置具塞锥形瓶中, 精密移取甲醇-25% 盐酸(4:1) 混合溶剂 50 mL, 称质量。80  $^{\circ}\text{C}$  水浴回流提取 60 min, 放至室温, 补足损失的质量, 摇匀后滤过, 用 0.45  $\mu\text{m}$  微孔滤膜过滤, 作为供试品溶液。

**2.2.3 方法学考察** 同时测定黄花菜样品中槲

皮素, 异鼠李素, 山柰酚,  $\beta$ -谷甾醇这 4 种成分的含量, 并进行方法学考察。精密度试验, 槲皮素, 山柰酚, 异鼠李素,  $\beta$ -谷甾醇的 RSD 分别为 0.2%, 0.3%, 0.8%, 1.4%, 表明仪器精密度良好。稳定性试验, 4 种成分的 RSD 分别为 1.9%, 0.5%, 1.7%, 2.4%, 表明供试品溶液在 24 h 内稳定。重复性试验, 4 种成分的 RSD 分别为 0.4%, 2.7%, 2.4% 和 2.6%, 表明方法的重复性良好。加样回收率试验中 4 种成分的平均回收率分别为 99.3%, 99.1%, 98.8%, 96.9%, RSD 分别为 2.8%, 2.7%, 1.9%, 2.6%, 表明该色谱条件及方法较为客观、合理。

**2.3 有效成分指标测定结果** 排除水分含量数据对原始构建模型的干扰, 筛选 10 个有效指标来构建基于 AHP 法优化的熵权 TOPSIS 模型。具体评价指标为花冠长度、雌蕊长度、雄蕊长度、花梗长度、浸出物含量、总灰分含量、槲皮素含量、异鼠李素含量、山柰酚含量和  $\beta$ -谷甾醇含量, 见表 2。

表 2 不同产地黄花菜药材外观性状及有效成分指标含量

Table 2 Appearance and effective components of *Hemerocallis Flava* from different regions

样品编号	外观性状指标/mm ( $n=5$ )				有效成分指标/% ( $n=3$ )					药典检查 ( $n=3$ )
	花冠	雌蕊	雄蕊	花梗	槲皮素	异鼠李素	山柰酚	$\beta$ -谷甾醇	浸出物	灰分/%
H1	62	57	49	31	1.464	1.035	1.906	0.176	50.62	6.23
H2	62	53	48	33	2.541	1.227	2.216	0.144	51.56	6.05
H3	67	57	46	32	1.017	1.045	1.966	0.103	50.06	5.54
H4	57	55	49	32	1.656	1.112	1.959	0.184	51.30	5.64
H5	67	60	52	37	2.017	1.452	2.410	0.074	59.30	5.29
H6	75	69	53	32	2.143	1.241	2.188	0.154	61.74	5.81
H7	72	63	51	33	2.174	1.056	2.013	0.182	58.91	5.86
H8	80	69	58	40	2.118	1.311	2.041	0.045	50.69	5.65
H9	73	64	52	34	2.715	1.214	2.392	0.150	50.01	6.04
H10	69	65	52	39	2.658	1.440	2.365	0.050	48.93	5.14
H11	77	69	58	42	1.609	0.995	1.759	0.106	45.10	5.53
H12	76	72	58	34	2.510	1.143	2.396	0.175	50.59	5.04
H13	66	59	50	50	2.478	0.838	0.872	0.178	59.49	4.70
H14	66	57	51	47	2.969	1.421	1.678	0.175	63.65	6.43

**2.4 熵权 TOPSIS 数学模型的建模方法** 模型主要包括初始化决策矩阵的建立、决策矩阵的归一化处理、评价指标熵权的计算、加权决策矩阵的构建、加权决策矩阵最优向量和最劣向量的确定、每一评价指标与正负理想解的距离计算, 最后根据各评价指

标对最优解的欧氏贴近度得到优劣评价结果。

归一化处理公式[花冠、雌蕊、雄蕊、花梗大小、浸出物、槲皮素、异鼠李素、山柰酚和  $\beta$ -谷甾醇指标越大越优型(1)及总灰分指标越小越优型(2)分别计算]。评价指标熵权, 首先进行评价指标的熵定

义,再计算评价指标的熵权比重,加权决策矩阵,加权决策矩阵的最优向量  $Z^+(Z_1^+, Z_2^+ \dots Z_n^+)$  和最差向量  $Z^-(Z_1^-, Z_2^- \dots Z_n^-)$ ,每一评价指标与正负理想解的距离,最优解欧氏贴近度,建立评价黄花菜药材质量的熵权 TOPSIS 模型。

$$x_{ij}^* = \frac{x_{ij} - \min(x_j)}{\max(x_j) - \min(x_j)} \quad (1)$$

$$x_{ij}^* = \frac{\max(x_j) - x_{ij}}{\max(x_j) - \min(x_j)} \quad (2)$$

$$H_j = \frac{1}{Lnm} \left( \sum_{j=1}^n f_{ij} \ln f_{ij} \right) \quad (3)$$

$$f_{ij} = \frac{1 + x_{ij}^*}{\sum_{j=1}^n (1 + x_{ij}^*)} \quad (4)$$

$$\omega_j = \frac{1 - H_j}{m - \sum_{j=1}^m H_j} \quad (0 \leq \omega_j \leq 1, \sum_{j=1}^m \omega_j = 1) \quad (5)$$

$$Z = (\omega_j \cdot x_{ij}^*)_{m \times n} \quad (6)$$

$$Z_j^+ = \max(Z_{1j}, Z_{2j}, \dots, Z_{nj},) \quad (7)$$

$$Z_j^- = \min(Z_{1j}, Z_{2j}, \dots, Z_{nj},) \quad (8)$$

$$D_i^+ = \sqrt{\sum_{j=1}^m \omega_j (Z_{ij} - Z_j^+)^2} \quad (9)$$

$$D_i^- = \sqrt{\sum_{j=1}^m \omega_j (Z_{ij} - Z_j^-)^2} \quad (10)$$

$$C_i = \frac{D_i^-}{D_i^+ + D_i^-} \times 100\% \quad (11)$$

**2.4.1 初始化决策矩阵的建立** 测定不同产地黄花菜样品花蕾的花冠、雌蕊、雄蕊、花梗长度、浸出物、总灰分、槲皮素、异鼠李素、山柰酚和  $\beta$ -谷甾醇的含量,通过评价指标的单位转换,统一数量级,建立评价黄花菜药材质量熵权 TOPSIS 模型的初始化决策矩阵。

**2.4.2 决策矩阵的归一化处理** 花冠、雌蕊、雄蕊、花梗大小、浸出物、槲皮素、异鼠李素、山柰酚和  $\beta$ -谷甾醇为有效成分,其指标至越大越优型,总灰分为 2015 年版《中国药典》规定检查指标,其指标越小越优型。将初始化决策矩阵数据按归一化公式(1)和(2)处理,得到决策矩阵。结果见表 3。

表 3 决策矩阵归一化分析

Table 3 Results after normalization for decision matrix

编号	花冠 /cm	雌蕊 /cm	雄蕊 /cm	花梗 /cm	槲皮素 /%	异鼠李素 /%	山柰酚 /%	$\beta$ -谷甾醇 /%	浸出物 /%	灰分 /%
H1	0.217 4	0.210 5	0.250 0	0.000 0	0.229 0	0.320 8	0.672 3	0.942 4	0.297 6	0.115 6
H2	0.217 4	0.000 0	0.166 7	0.105 3	0.780 7	0.633 6	0.873 9	0.712 2	0.348 2	0.219 7
H3	0.434 8	0.210 5	0.000 0	0.052 6	0.000 0	0.337 1	0.711 3	0.417 3	0.267 4	0.514 5
H4	0.000 0	0.105 3	0.250 0	0.052 6	0.327 4	0.446 3	0.706 8	1.000 0	0.334 2	0.456 6
H5	0.434 8	0.368 4	0.500 0	0.315 8	0.512 3	1.000 0	1.000 0	0.208 6	0.765 5	0.659 0
H6	0.782 6	0.842 1	0.583 3	0.052 6	0.576 8	0.656 4	0.855 7	0.784 2	0.897 0	0.358 4
H7	0.652 2	0.526 3	0.416 7	0.105 3	0.592 7	0.355 0	0.741 9	0.985 6	0.744 5	0.329 5
H8	1.000 0	0.842 1	1.000 0	0.473 7	0.564 0	0.770 4	0.760 1	0.000 0	0.301 3	0.450 9
H9	0.695 7	0.578 9	0.500 0	0.157 9	0.869 9	0.612 4	0.988 3	0.755 4	0.264 7	0.225 4
H10	0.521 7	0.631 6	0.500 0	0.421 1	0.840 7	0.980 5	0.970 7	0.036 0	0.206 5	0.745 7
H11	0.869 6	0.842 1	1.000 0	0.578 9	0.303 3	0.255 7	0.576 7	0.438 8	0.000 0	0.520 2
H12	0.826 1	1.000 0	1.000 0	0.157 9	0.764 9	0.496 7	0.990 9	0.935 3	0.296 0	0.803 5
H13	0.391 3	0.315 8	0.333 3	1.000 0	0.748 5	0.000 0	0.000 0	0.956 8	0.775 7	1.000 0
H14	0.391 3	0.210 5	0.416 7	0.8421	1.000 0	0.949 5	0.524 1	0.935 3	1.000 0	0.000 0

**2.4.3 加权决策矩阵的构建及质量评价排序** 依据上述公式分别计算评价指标的熵权,花冠、雌蕊、雄蕊、花梗长度、浸出物、总灰分、槲皮素、异鼠李素、山柰酚和  $\beta$ -谷甾醇的熵权比值分别是 0.099 95, 0.100 10, 0.100 05, 0.101 06, 0.099 74, 0.099 80, 0.099 16, 0.099 58,

0.100 21, 0.100 33, 将归一化决策矩阵与评价指标的权重相乘,得到加权决策矩阵。依据公式确定加权决策矩阵最优向量和最劣向量,计算每一评价指标与正负理想解的距离,得出最优解的欧氏贴近度,最终确定不同产地黄花菜药材质量的综合排序,结果见表 4。

表 4 加权决策矩阵分析及质量评价排序

Table 4 Weight decision matrix and relative ordering of quality evaluation

编号	花冠 /cm	雌蕊 /cm	雄蕊 /cm	花梗 /cm	槲皮素 /%	异鼠李素 /%	山柰酚 /%	$\beta$ -谷甾醇 /%	浸出物 /%	灰分 /%	$D_i^+$	$D_i^-$	$C_i$	排序
H1	0.021 7	0.021 1	0.025 0	0.000 0	0.022 8	0.032 0	0.066 7	0.093 8	0.029 8	0.011 6	0.072 6	0.281 3	0.794 8	9
H2	0.021 7	0.000 0	0.016 7	0.010 6	0.077 9	0.063 2	0.086 7	0.070 9	0.034 9	0.022 0	0.066 8	0.288 5	0.812 1	7
H3	0.043 5	0.021 1	0.000 0	0.005 3	0.000 0	0.033 6	0.070 5	0.041 6	0.026 8	0.051 6	0.074 1	0.277 2	0.789 0	10
H4	0.000 0	0.010 5	0.025 0	0.005 3	0.032 7	0.044 5	0.070 1	0.099 6	0.033 5	0.045 8	0.069 8	0.287 3	0.804 5	8
H5	0.043 5	0.036 9	0.050 0	0.031 9	0.051 1	0.099 8	0.099 2	0.020 8	0.076 7	0.066 1	0.049 8	0.303 0	0.858 9	3
H6	0.078 2	0.084 3	0.058 4	0.005 3	0.057 5	0.065 5	0.084 8	0.078 1	0.089 9	0.036 0	0.044 3	0.305 5	0.873 4	1
H7	0.065 2	0.052 7	0.041 7	0.010 6	0.059 1	0.035 4	0.073 6	0.098 1	0.074 6	0.033 1	0.051 7	0.298 3	0.852 2	6
H8	0.100 0	0.084 3	0.100 1	0.047 9	0.056 3	0.076 9	0.075 4	0.000 0	0.030 2	0.045 2	0.048 9	0.303 4	0.861 2	2
H9	0.069 5	0.058 0	0.050 0	0.016 0	0.086 8	0.061 1	0.098 0	0.075 2	0.026 5	0.022 6	0.051 3	0.299 4	0.853 8	5
H10	0.052 1	0.063 2	0.050 0	0.042 6	0.083 9	0.097 9	0.096 3	0.003 6	0.020 7	0.074 8	0.051 0	0.303 1	0.855 9	4
H11	0.086 9	0.084 3	0.100 1	0.058 5	0.030 3	0.025 5	0.057 2	0.043 7	0.000 0	0.052 2	0.054 6	0.061 3	0.528 9	14
H12	0.082 6	0.100 1	0.100 1	0.016 0	0.076 3	0.049 6	0.098 3	0.093 1	0.029 7	0.080 6	0.040 1	0.078 1	0.660 5	11
H13	0.039 1	0.031 6	0.033 4	0.101 1	0.074 7	0.000 0	0.000 0	0.095 3	0.077 7	0.100 3	0.058 0	0.066 9	0.535 3	13
H14	0.039 1	0.021 1	0.041 7	0.085 1	0.099 7	0.094 8	0.052 0	0.093 1	0.100 2	0.000 0	0.051 0	0.071 6	0.584 2	12

表 4 结果显示,综合排名高低依次为庆阳市下赵家村 > 庆阳市公曹村 > 渭南市富平县孝义村 > 庆阳市西高村 > 庆阳市庙底村 > 庆阳市屯庄村 > 渭南市大荔县堡子村 > 渭南市大荔县槐元村 > 渭南市大荔县洪善村 > 渭南市大荔县沙南村 > 山西大同商品 > 湖南祁东商品 > 四川渠县小湾村 > 庆阳市范家村。

### 3 讨论

中药材的疗效是中药有效物质群、微量元素、次生代谢产物等相互协同作用的结果,其质量评价具有整体性、全面性和复杂性的特点<sup>[13]</sup>。目前,传统采用某单一组分来评价中药材,因其筛选的指标成分并不一定能真正代表活性成分或与药效直接相关的某一大类成分,故存在一定的局限性,采用多指标、多有效成分是目前对传统质量评价的一个有效补充<sup>[14]</sup>。在本实验中,运用 AHP 法结合熵权 TOPSIS 分析,进行得到简易并且重点突出的层次分析,优化了黄花菜药材质量的各指标成分权重,证实了各成分质量效应的主次关系。模型研究结果发现与课题组前期市场调查结果基本吻合,庆阳地区的黄花菜的欧氏贴近度均在 0.855 9 以上,其外观性状鉴别特征也较为突出,颜色亮黄,条长而粗壮,质量最优,排名最靠前,与传统经验鉴别的“辨状论质”评价结果一致,这说明模型的建立是成功的。渭南地区的欧氏贴近度在 0.804 5 ~ 0.789 0,品质

居中;山西大同和四川小湾村样品的欧式贴近度在 0.660 5 以下,故排名靠后,这与笔者观察该样品颜色呈深黄并略显微红,条形不均匀略显短瘦,质量最差相吻合,当然,这一数据并不能代表该地区所有样品,这可能与采集样品的储存方式和生产年限有关。

综上所述,熵权 TOPSIS 模型应用于黄花菜药材的质量评价效果令人满意,能够反映出黄花菜药材的优劣,这是由于优化的熵权 TOPSIS 模型考虑了黄花菜药材评价指标的权重,消除了主观偏好性的原因,这种模型用于中药质量综合评价更为客观科学、合理。也应注意,黄花菜药材质量也受生态因子、生境周围土壤类型、微量元素等因素的影响,后期课题组应注意上述因素,建立更加完善的体系。另外,庆阳地区的异鼠李素和山柰酚分别是四川小湾村的 1.72 倍和 2.74 倍,其他有效成分随产地变化没有显著性差异,建议异鼠李素和山柰酚可作为黄花菜鉴别及质量评价指标。

熵权 TOPSIS 模型评价适用于中药中成分复杂且各有效成分间不相容问题的研究,运用归一化处理公式计算中药质量评价指标的熵权比重,加权决策矩阵的最优向量  $Z^+$  和最差向量  $Z^-$ ,得到最优解欧氏贴近度<sup>[15]</sup>。本研究中,传统鉴别方法认为“花条长且粗壮,挺上、均匀完整”,故选用黄花菜药材花蕾的花冠、雌蕊、雄蕊、花梗的长度作为商品黄花菜质量“辨状论质”的主要评价指标之一,传统中药

性状鉴别经验认为,在花蕾未开放的限度内,4 个外观性状的测量指标数值越高,认为质量越优;总灰分作为 2015 年版《中国药典》规定检查项目,也是唯一能说明药材洁净度的指标,指标数值小说明质量越优;浸出物为黄花菜有效物质群的宏观体现,能够整体代表药材质量;槲皮素、异鼠李素、山柰酚和 $\beta$ -谷甾醇 4 种成分能溶于醇类,但几乎不溶于水,这与水溶性浸出物不相互干扰,数值越大认为质量越优。以上 10 个评价指标通过 AHP 法层次划分后,各指标间既能从不同角度来代表黄花菜的质量,各指标各成分之间又互不相容、互不影响,符合熵权 TOPSIS 模型评价的特点。此外,经 AHP 法优化的熵权 TOPSIS 理论清晰,较为客观地反映了中药质量评价各指标的相对重要程度,各评价指标主次分明,统计方法计算仅需要软件 Excel 就可以完成计算分析。该方法利用数学模型实现多目标决策分析,是解决含有复杂化学成分的中药质量综合评价的一种有效、实用的研究手段。

[参考文献]

[1] 中国医学科学院药物研究所. 中药志[M]. 北京:人民卫生出版社,1979:223.  
[2] 南京中医药大学. 中药大辞典[M]. 2 版. 上海:上海科学技术出版社,2006:1947.  
[3] 杨青,唐瑞仁,任凤莲. 黄花菜中黄酮化学成分的测定[J]. 食品科技,2006(9):235-236.  
[4] 卢兰芳. 萱草花镇静作用的实验研究[J]. 海峡药学,2010,22(5):59-60.  
[5] DU B J, TANG X S, LIU F, et al. Antidepressant-like

effects of the hydroalcoholic extracts of *Hemerocallis citrina* and its potential active components [J]. BMC Complem Altern Med,2014,14(1):326-426.  
[6] 沈楠,黄晓东,李治伟,等. 萱草花总黄酮改善 CCl<sub>4</sub> 致大鼠肝纤维化的作用[J]. 药学学报,2015,50(5):547-551.  
[7] 魏金婷,刘文奇. 植物药活性成分 $\beta$ -谷甾醇研究概况[J]. 莆田学院学报,2007(2):38-40,46.  
[8] 汤敏娜,刘秀斌,黄嘉璐,等. 食用黄花菜中含秋水仙碱的质证研究[J]. 中草药,2016,47(18):3293-3300.  
[9] 周向军,高义霞,张继. 黄花菜多酚提取工艺及抗氧化作用的研究[J]. 作物杂志,2012(1):68-72.  
[10] 王明伟,李硕,李敏,等. 基于熵权 TOPSIS 模型对当归不同栽培品种(品系)药材质量的综合评价[J]. 中国实验方剂学杂志,2017,23(5):63-68.  
[11] 谢忠秋. Cov-AHP:层次分析法的一种改进[J]. 数量经济技术经济研究,2015,32(8):137-148.  
[12] 冯晓莉,李成义,罗兴平,等. HPLC 同时测定不同产地黄花菜中 4 种成分含量[J]. 中华中医药杂志,2018,33(3):1124-1127.  
[13] 刘书斌,李成义,张樱山,等. 基于变异系数权重的模糊物元模型评价甘肃商品纹党的质量[J]. 中国实验方剂学杂志,2016,22(9):16-20.  
[14] 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.  
[15] 朱卫东,杜承勇,吴勇,等. 一种基于相关系数矩阵的 TOPSIS 决策方法[J]. 教学的实践与认识,2014,44(4):33-38.

[责任编辑 顾雪竹]