

◆濒危植物化学成分多样性◆

基于 PCA-熵权 TOPSIS 法的汉中天麻外观性状与成分含量综合评价研究*

张远帆¹, 王尚涛¹, 莫可¹, 秦梦圆¹, 赵生波², 李菊艳³, 张伟⁴, 张子龙¹, 孙志蓉^{1**}

(1. 北京中医药大学中药学院, 北京 102488; 2. 宁强天麻研究所有限责任公司, 陕西汉中 724400; 3. 宁强县发展和改革局科技开发中心, 陕西汉中 724400; 4. 宁强县中药材产业发展中心, 陕西汉中 724400)

摘要:为探究天麻(*Gastrodia elata* Bl.)质量评价的重要指标,本研究测定了27份陕西省汉中市天麻样品的外观性状、气味、颜色、含水量、浸出物和主要有效成分的含量,采用主成分分析(Principal Component Analysis, PCA)法确定其主要成分,结合熵权 TOPSIS(Technique for Order Preference by Similarity to an Ideal Solution)法得出天麻质量评价体系中各评价指标的权重,并对天麻质量进行综合评价。结果表明汉中市宁强县、略阳县、勉县产出的天麻在块茎粗、螺环纹数、鲜重、干重、颜色明亮度和总色度值上有一定差异;水分、浸出物含量以略阳县最高;天麻素与对羟基苯甲醇总含量以宁强县最高,勉县所产天麻的天麻素与对羟基苯甲醇含量接近,其成分含量比例与其他县差异显著;此外,宁强县所产天麻的巴利森苷类成分含量最高。PCA-熵权 TOPSIS 法评价结果显示,宁强县、略阳县天麻排名靠前,各项指标中颜色因子、巴利森苷类因子、气味因子权重较大,因此天麻质量评价应注重颜色、气味以及巴利森苷类成分含量。

关键词:汉中;天麻;电子鼻;分光测色仪;PCA;熵权 TOPSIS 法;有效成分

中图分类号:R282.2 文献标识码:A 文章编号:1005-9164(2023)06-1204-13

DOI:10.13656/j.cnki.gxkx.20240125.019

天麻为兰科(Orchidaceae)植物天麻(*Gastrodia elata* Bl.)的干燥块茎,具有息风止痉、平抑肝阳、祛风通络之功效,对头晕头痛、镇静催眠、癫痫抽搐等有显著疗效。天麻的主要产地分布在云南、湖北、贵州、陕西、安徽、四川等地^[1,2],其中陕西省汉中市为西天麻的道地产区,所产天麻大多为红天麻(*G. elata* Bl.

f. elata)^[3]。汉中天麻主要产自宁强县、勉县和略阳县,不同产地天麻的产量和质量有所不同,故本研究采集了以上3个地区的红天麻作为研究材料进行测定与分析。

药材的外观性状,如形状、颜色、气味等,往往与其内在质量密切相关,但主观评判的标准难以统一。

收稿日期:2023-03-16

修回日期:2023-04-17

* 国家现代农业产业技术体系项目(CARS-21)和陕西宁强县科技攻关项目(KJ2019-001)资助。

【第一作者简介】

张远帆(1998-),女,在读硕士研究生,主要从事中药资源质量研究,E-mail:1209563660@qq.com。

【**通信作者简介】

孙志蓉(1967-),女,博士,教授,主要从事中药资源质量与开发研究,E-mail:zrs67@126.com。

【引用本文】

张远帆,王尚涛,莫可,等.基于PCA-熵权TOPSIS法的汉中天麻外观性状与成分含量综合评价研究[J].广西科学,2023,30(6):1204-1216.

ZHANG Y F, WANG S T, MO K, et al. Comprehensive Evaluation of Appearance Traits and Component Contents of *Gastrodia elata* Bl. Hanzhong based on PCA-entropy Weight TOPSIS Method [J]. Guangxi Sciences, 2023, 30(6): 1204-1216.

如今,借助电子感官仪器可以将药材外观特征量化,使评判更加客观与直观,为药材质量与视觉、嗅觉等信息的联系提供了可行性^[4,5]。在市场中,人们普遍依据天麻外观性状对其质量进行评判,但是人为评判的主观性过强,缺乏准确性^[6-8]。电子鼻与分光测色仪可以准确、客观地量化药材气味与颜色,常用于中药材的鉴别与质量评价^[9-12]。《中华人民共和国药典(一部)》(2020年版)(以下简称2020年版《中国药典》)对天麻药材中水分、浸出物、天麻素(Gastrodin)和对羟基苯甲醇(*P*-hydroxybenzylalcohol)的含量做了明确要求^[2],另外巴利森苷(Parishins)在天麻中具有显著药理活性且含量丰富^[13],所以本研究选择以上指标进行化学成分含量测定。

主成分分析(PCA)法是一种降维数据的多元统计分析方法,在中药研究中应用广泛^[14-16]。赵梦利等^[17]利用PCA法对鸡血藤(*Spatholobi Caulis*)饮片数据降维以观察差异。巫晓霞等^[18]利用PCA法对不同产地茯苓进行质量评价。熵权TOPSIS(Technique for Order Preference by Similarity to an Ideal Solution)法可充分利用原始数据,且可以排除主观因素的干扰,更客观地筛选出综合功能特性优良的样本,适用于中药质量综合评价^[19-21]。高伟城等^[22]利用熵权TOPSIS法对不同产地枇杷叶质量进

表1 天麻样品信息

Table 1 Sample information of *Gastrodia elata* Bl.

市县 Cities and Counties	乡镇 Towns	编号 Number	村 Village	海拔/m Altitude/m	栽培模式 Cultivation pattern	采收时间 Collect time	
Ningqiang County	Yanzhiban Town	1	Caojiagou Village	962.1	Cultivation under forest	2020-10-04	
		3	Panjiaba Village	1 007.2	Cultivation under forest	2020-10-04	
		4	Xinchangjie Village	1 300.0	Cultivation under forest	2020-11-10	
		5	Shenjiaping Village	1 068.7	Cultivation under forest	2020-10-08	
		6	Jindongzi Village	630.7	Cultivation under forest	2020-10-08	
		7	Mandongzi Village	734.7	Cultivation under forest	2020-10-07	
	Da'an Town	8	Tielugou Village	677.3	Greenhouse cultivation	2020-10-07	
		9	Longquan Village	895.0	Cultivation under forest	2020-10-07	
		13	Wujiaba Village	850.0	Cultivation under forest	2020-10-08	
	Yangpingguan Town	15	Dabahe Village	674.0	Cultivation under forest	2020-11-10	
		16	Songshugou Village	1 050.0	Cultivation under forest	2020-12-11	
	Shujiaba Town	Taiyangling Town	18	Zhaojia Village	1 063.7	Cultivation under forest	2020-10-09
			19	Qinglinju Village	1 083.3	Cultivation under forest	2020-10-09
			20	Tangjiaying Village	1 058.1	Cultivation under forest	2020-10-09
			21	Longgangba Village	775.5	Flat ground cultivation	2020-10-07
	Juting Town	Juting Town	22	Juting Village	960.0	Cultivation under forest	2020-10-07

行综合评价,李雨昕等^[23]、史丛晶等^[24]利用熵权法的灰色关联法-TOPSIS法分别对不同产地生品、蒸品三七,知母及盐知母进行质量评价。本研究将PCA法和熵权TOPSIS法相结合,先利用PCA法提取主成分,再通过熵权TOPSIS法计算权重并排名,能有效减少冗余的评价指标,提高多指标评价的直观性与科学性^[25,26]。

综上,本研究对在陕西省汉中市宁强县、勉县和略阳县采集到的天麻样品进行外观性状、气味、颜色、含水量、浸出物和主要有效成分含量测定,在传统形状指标与生物量的基础上,结合感官量化指标与有效成分含量,利用PCA法结合熵权TOPSIS法对天麻质量进行综合评价,探讨各指标在天麻质量评价中的贡献,为汉中天麻质量标准建立及天麻资源的开发利用提供参考。

1 材料与方法

1.1 材料

于2020年10-11月在陕西省汉中市宁强县、勉县、略阳县采集27份红天麻,经北京中医药大学孙志蓉教授鉴定为兰科植物天麻 *Gastrodia elata* Bl. 的块茎。清洗后统一加工、粉碎,过65目筛,备用。样品信息见表1。

续表

Continued table

市县 Cities and Counties	乡镇 Towns	编号 Number	村 Village	海拔/m Altitude/m	栽培模式 Cultivation pattern	采收时间 Collect time
Mian County	Tiesuoguan Town	25		867.2	Cultivation under forest	2020-10-05
		30	Xiaogou Village	940.0	Cultivation under forest	2020-11-30
	Xinpu Town	mx-31	Yujiadong Village	910.0	Cultivation under forest	2020-10-08
	Changgouhe Town	mx-32	Yujiahe Village	1 100.0	Cultivation under forest	2020-11-30
		mx-33	Changgouhe Village	860.0	Cultivation under forest	2020-11-30
Lueyang County	Tonggousi Town	mx-34	Liuba Village	780.0	Cultivation under forest	2020-11-30
	Zhangjiahe Town	mx-35	Bamiao Village	1 300.0	Cultivation under forest	2020-11-30
	Guo Town	ly-36		890.0	Cultivation under forest	2020-10-08
	Xihuaiba Town	ly-37	Dagou Village	1 050.0	Cultivation under forest	2020-11-11
		ly-38	Liangjiahe Village	1 089.0	Cultivation under forest	2020-11-11
Hengxianhe Town	ly-39	Shizhuanggou Village	900.0	Cultivation under forest	2020-11-11	

1.2 仪器与试剂

小型粉碎机(CK-20,北京金洋利科技发展有限公司),电磁炉(21FS37-20110632,九阳股份有限公司),数显游标卡尺(DL91150,得力集团有限公司),鼓风干燥箱(DHG-9123A,上海一恒科技有限公司),分光测色仪(CM-5,日本柯尼达美能达公司),超快速气相电子鼻(Heracles II,法国 Alpha Mos 公司),自动进样器(HS-100,法国 Alpha Mos 公司),高效液相色谱仪(2498,美国 Waters 科技有限公司),C₁₈ 色谱柱(X Bridge,美国 Waters 科技有限公司),十万分之一电子天平(XS205,梅特勒-托利多仪器上海有限公司),电热恒温水浴锅(HH-4A,国华仪器制造有限公司),数控超声波清洗器(KQ-500DE,昆山市超声仪器有限公司)。

天麻素对照品(B21243,纯度 $\geq 98\%$),对羟基苯甲醇对照品(B20326,纯度 $\geq 98\%$),巴利森苷 A、B、C、E 对照品(B20923、B20912、B2091、B20914,纯度 $\geq 98\%$),以上 6 种对照品均为上海源叶生物科技有限公司生产;乙腈、无水乙醇、磷酸(色谱级, Thermo Fisher Scientific 公司);纯水(娃哈哈饮用纯净水,杭州娃哈哈集团有限公司)。

1.3 方法

1.3.1 外观形状与生物量测定

采集的鲜天麻除去腐坏、虫蛀、不完整的块茎,洗去外部泥土,待表面水分晾干后,观察记录天麻的螺环纹数,测量天麻块茎的长度、宽度,称量鲜重,再将

其蒸至内无白心,冷却至室温后放入烘箱,55℃烘干后称量干重。

1.3.2 颜色色度值测定

用分光测色仪进行颜色测定。测定波长为 350–750 nm;测定口径为 8 mm;光源为脉冲氙灯;标准偏差 $\Delta E^*_{ab} \leq 0.4$;数据处理软件为 Spectra Magic NX。称取天麻粉末适量,置于分光测定仪的培养皿中,平行测定 3 次,查看并记录色度空间的明亮度(L^*)、红绿色(a^*)、黄蓝色(b^*),由公式(1)求得总色度值 E^* :

$$E^* = \sqrt{(a^*)^2 + (b^*)^2 + (L^*)^2} \quad (1)$$

1.3.3 气味响应值测定

天麻样品用高速粉碎机粉碎后,过 24 目筛,取上部较粗颗粒,按表 2 的条件进行检测。

表 2 电子鼻测定参数

Table 2 Parameters of electronic nose

条件 Condition	参数 Parameter
Sample bottle	20 mL
Sample weight	1.5 g
Time of shaking	20 min
Temperature of shaking	40℃
Injection volume	1 000 μ L
Sample injection rate	125 μ L/s
Sample injection time	13 s
FID gain	12

续表

Continued table

条件 Condition	参数 Parameter
Initial temperature (Collecting trap)	40 °C
Shunt	10 mL/min
Final temperature	240 °C
Initial temperature (Column temperature)	50 °C
Temperature programming	3-250 °C (21 s)
Acquisition time	110 s
Detector temperature	260 °C

1.3.4 水分和浸出物含量测定

水分含量参照 2020 年版《中国药典》通则中的水分测定法(通则 8302 第二法 烘干法)测定。浸出物含量参照 2020 年版《中国药典》通则中醇溶性浸出物测定下的热浸法(通则 2201)测定。

1.3.5 天麻素和对羟基苯甲醇含量测定

①色谱条件。色谱柱:Waters X Bridge C₁₈ (250 mm×4.6 mm, 5 μm);以乙腈为流动相 A, 0.05% 磷酸溶液为流动相 B, A:B(3:97)等度洗脱;检测波长:220 nm;理论塔板数不低于 5 000。

②对照品溶液的制备。取天麻素和对羟基苯甲醇对照品适量,精密称定,加乙腈-水(3:97)混合,制成天麻素 53 μg/mL、对羟基苯甲醇 28 μg/mL 的混合溶液,超声使其充分溶解,即得。

③供试品溶液的制备。精密称定过 65 目筛的天麻粉末 2 g,置具塞锥形瓶中,精密加入 50% 稀乙醇 50 mL,称重,超声处理(功率 120 W,频率 40 kHz) 30 min,放冷,称重,用 50% 稀乙醇补足减失的重量,滤过,精密量取续滤液 10 mL,放置水浴锅中浓缩近无醇味,加入乙腈-水(3:97)混合溶液溶解,转移至 25 mL 容量瓶中,用乙腈-水(3:97)混合溶液稀释至刻度,摇匀滤过,取续滤液,备用。

④标准曲线的建立。分别取 5、10、15、20、25 μL 的标准品溶液,按照天麻素和对羟基苯甲醇含量测定的色谱条件测定分析,以峰面积为纵坐标(y),浓度为横坐标(x),得到线性回归方程,标准曲线见表 3。

⑤样品含量测定。精密吸取对照品和供试品各 10 μL,按照 1.3.5 节①的色谱条件测定,得到天麻素和对羟基苯甲醇的峰面积并计算二者含量。

表 3 天麻素和对羟基苯甲醇的标准曲线

Table 3 Standard curves of gastrodin and *P*-hydroxybenzylalcohol

化合物 Components	回归方程 Regression equation	R ²	线性范围/ (μg/mL) Linear range/ (μg/mL)
Gastrodin	$y = 620248x - 472.2$	1	0.026 5 - 0.132 5
<i>P</i> -hydroxybenzylalcohol	$y = 577347x - 17186$	1	0.014 0 - 0.070 0

1.3.6 巴利森苷类成分含量测定

①色谱条件。色谱柱:Waters X Bridge C₁₈ (250 mm×4.6 mm, 5 μm);以乙腈为流动相 A, 0.1% 磷酸溶液为流动相 B, 梯度洗脱,具体见表 4;流速:0.8 mL/min,柱温:30 °C;检测波长:220 nm;理论板数不低于 5 000。

表 4 梯度洗脱程序

Table 4 Gradient elution procedure

时间/min Time/min	流动相 A/% Mobile phase A/%	流动相 B/% Mobile phase B/%
0-10	3-10	97-90
10-15	10-12	90-88
15-25	12-18	88-82
25-40	18	82
40-42	18-95	82-5

②对照品溶液制备。取巴利森苷 A、B、C、E 对照品适量,精密称定,加 50% 甲醇混合溶液制成巴利森苷 A 97 μg/mL、巴利森苷 B 65 μg/mL、巴利森苷 C 30 μg/mL、巴利森苷 E 50 μg/mL 的混合溶液,适当超声溶解后,得到对照品溶液。

③供试品溶液的制备。取天麻药材粉末约 0.5 g,精密称定,置具塞锥形瓶中,精密加入 50% 甲醇 25 mL,超声处理(功率 500 W,频率 40 kHz) 30 min,放冷,摇匀,滤过,量取续滤液,备用。

④标准曲线的建立。分别取 5、10、15、20、25 μL 的标准品溶液,按照色谱条件测定分析,以峰面积为纵坐标(y),浓度为横坐标(x),得到线性回归方程,标准曲线见表 5。

⑤样品含量测定。吸取对照品和供试品各 10 μL,按照 1.3.6 节①的色谱条件测定,得到巴利森苷 A、B、C、E 的峰面积并计算各巴利森苷的含量。

表5 巴利森苷 A、B、C、E 的标准曲线

Table 5 Standard curves of Parishin A, Parishin B, Parishin C, Parishin E

化合物 Components	回归方程 Regression equation	R^2	线性范围/ ($\mu\text{g}/\text{mL}$) Linear range/ ($\mu\text{g}/\text{mL}$)
Parishin A	$y = 993498x + 10188$	0.999	0.048 5 - 0.242 5
Parishin B	$y = 729616x - 18983$	1.000	0.032 5 - 0.162 5
Parishin C	$y = 262075x + 2174.6$	0.997	0.015 0 - 0.075 0
Parishin E	$y = 479631x - 2687.7$	1.000	0.025 0 - 0.125 0

2 结果与分析

2.1 不同产地天麻的外观形状与生物量

27 份汉中天麻的块茎长、块茎粗、螺环纹数、鲜重与干重分别为 77.6 - 160.0 mm、26.3 - 60.8 mm、11 - 19 条、50.0 - 235.0 g、8.2 - 37.1 g, 略阳县天麻的各项指标均值最高, 分别为 135.5 mm、51.4 mm、16.6 条、176.0 g、27.3 g, 运用 SPSS 20.0 以及 Excel 2020 进行数据分析以及图表制作, 其中各地区天麻块茎长均值无显著差异, 略阳县天麻在块茎粗、鲜重、干重均值上与宁强县天麻有显著差异, 与勉县天麻差异不显著, 勉县天麻与宁强县天麻差异不显著, 见图 1。由图 2, 勉县天麻的螺纹环数与宁强县天麻、略阳县天麻差异显著, 宁强县天麻的螺纹环数与略阳县天麻差异不显著。

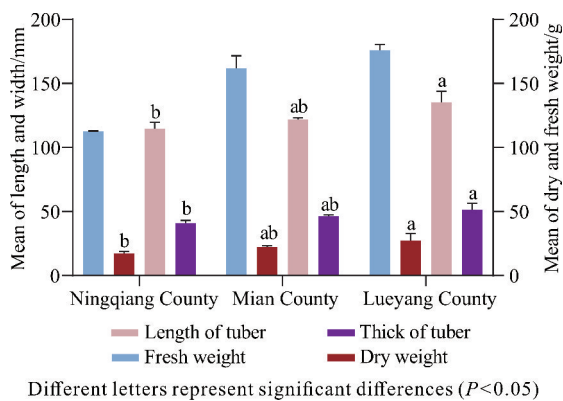


图1 不同地区天麻形状指标

Fig. 1 Shape indexes of *G. elata* Bl. in different regions

2.2 不同产地天麻的颜色色度值

27 份汉中天麻的 L^* 和 E^* 值变化明显, 如表 6 所示, 二者均为勉县 > 略阳县 > 宁强县, 说明勉县天麻在外观上比宁强县、略阳县天麻明亮, 总色度值较高; 勉县天麻的 L^* 值较大, 平均值为 86.68, 外观明亮度较高。 a^* 值以宁强县较高, b^* 值以略阳县较高,

说明通过色度值大小可以区分汉中市不同地区的天麻。结合图 3, 可以发现不同地区天麻色度值变化趋势不同, 其中 L^* 和 E^* 值变化最为明显, 说明不同地区红天麻的外观颜色明亮度和总色度值存在差异。

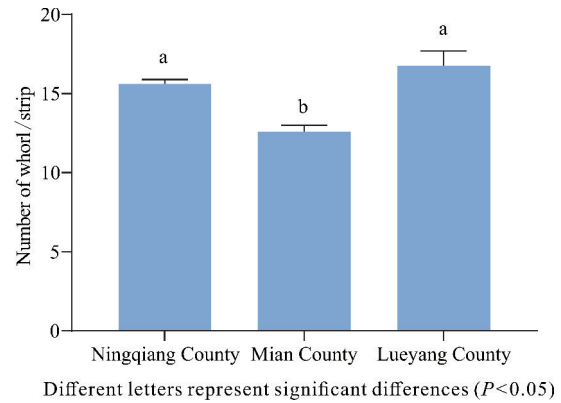


图2 不同地区天麻螺环纹数

Fig. 2 Number of whorl *G. elata* Bl. in different regions

表6 不同地区天麻色度值

Table 6 Chromatic values of *G. elata* Bl. in different regions

地区 Regions	L^* (D65)	a^* (D65)	b^* (D65)	E^* (D65)
宁强县 Ningqiang County	79.56 ± 0.63	2.68 ± 0.15	16.44 ± 0.28	81.31 ± 0.60
勉县 Mian County	86.68 ± 0.71	2.31 ± 0.32	15.63 ± 1.48	85.57 ± 2.89
略阳县 Lueyang County	81.54 ± 3.90	2.09 ± 0.78	16.72 ± 0.72	84.76 ± 2.20

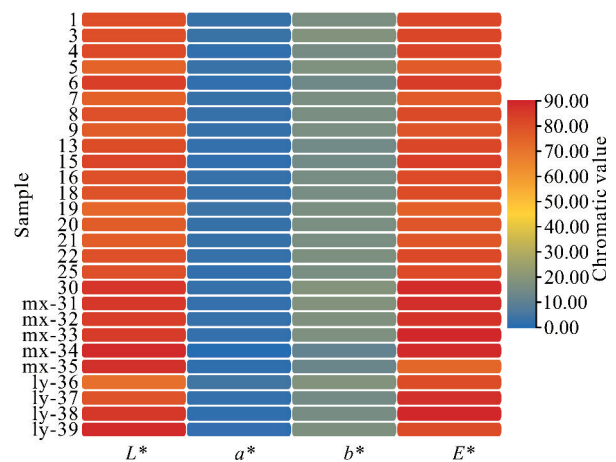


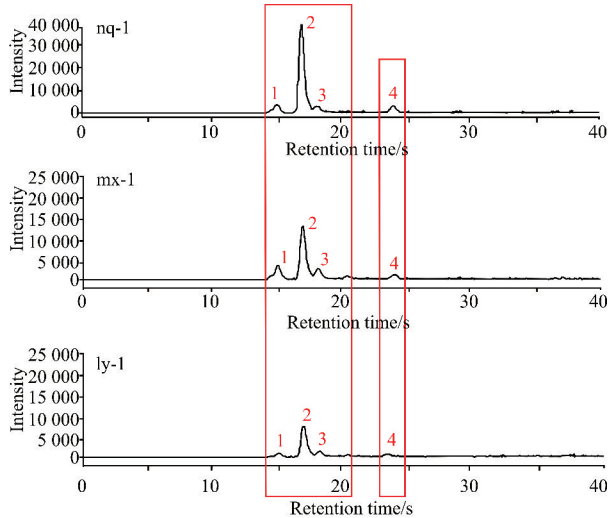
图3 不同地区天麻色度值热点图

Fig. 3 Heat map of *G. elata* Bl. chromaticity values in different regions

2.3 不同产地天麻的气味响应值

27 份汉中天麻的电子鼻气味分析如图 4 所示,

不同地区天麻的气味响应值根据产区的不同,在峰形一致的基础上,峰强度有一定差异。



Note: nq-1 represents Ningqiang County, mx-1 represents Mian County, and ly-1 represents Lueyang County. 1,2,3,4 represent 4 chromatographic peaks respectively.

图4 不同地区天麻电子鼻气相色谱图

Fig. 4 Electronic nose gas chromatograms of *G. elata* Bl. from different regions

可根据气味响应值将汉中市不同地区天麻大致区分为4类(图5),宁强县大部分天麻样品主要聚为一类,分布在黄色和绿色区域;勉县、略阳县天麻则在各个分类中均有分布,大部分聚集在蓝色区域。3个地区天麻样品的分布未见明显规律,聚类分析中代表点相对分散,气味响应值特征点较为相似。

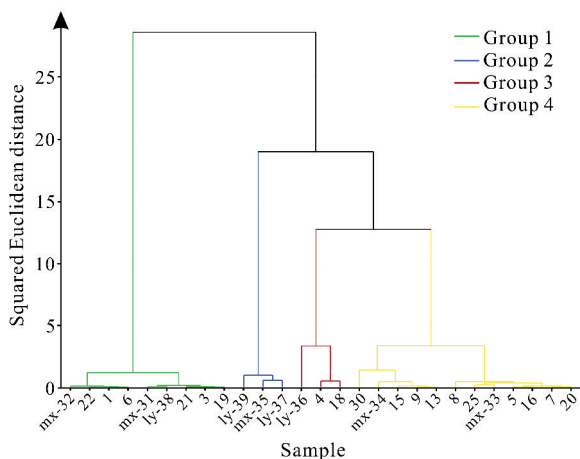


图5 不同地区天麻气味响应值的聚类分析

Fig. 5 Principal component analysis of the odor response values of *G. elata* Bl. in different regions

2.4 不同产地天麻的成分含量

2.4.1 水分和浸出物含量

汉中天麻的水分、浸出物含量均达到了2020年版《中国药典》标准(图6)。各地区天麻的水分含量

为5.6%–9.4%,浸出物含量为15.4%–28.3%,其中,略阳县天麻水分、浸出物含量均值最高,分别为8.0%和22.0%。

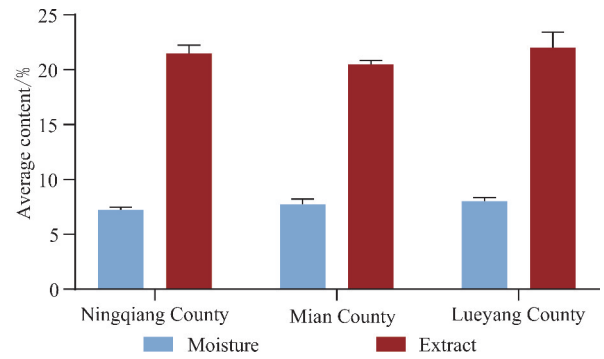


图6 不同地区天麻水分、浸出物含量

Fig. 6 Moisture and extract contents of *G. Elata* Bl. in different regions

2.4.2 天麻素和对羟基苯甲醇含量

由图7可知,不同地区天麻的天麻素含量为0.13%–0.65%,其中宁强县天麻的天麻素平均含量最高,为0.35%。不同地区天麻的对羟基苯甲醇含量为0.02%–0.38%,其中勉县天麻的对羟基苯甲醇平均含量较高,为0.20%。不同地区天麻的天麻素和对羟基苯甲醇的总含量为0.26%–0.68%,均达到了2020年版《中国药典》规定标准,宁强县天麻的2种主要有效成分平均总含量最高,达到了0.44%。此外,勉县天麻的对羟基苯甲醇和天麻素的含量接近,2种成分含量比例和其他地区差异显著。

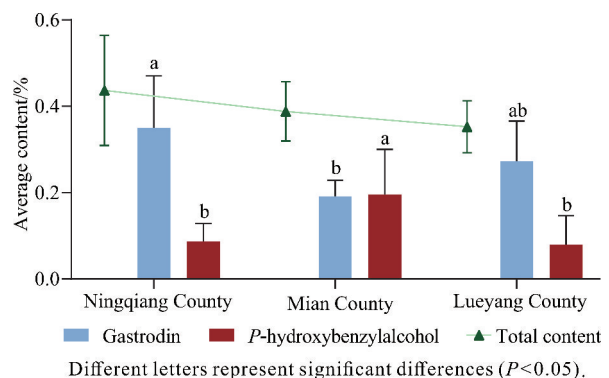


图7 不同地区天麻2种主要化学成分含量

Fig. 7 Contents of two main chemical components of *G. elata* Bl. in different regions

2.4.3 巴利森苷类成分含量

不同地区间天麻中巴利森苷 E、B、C、A 含量测

定结果如图 8 所示,不同地区天麻巴利森苷 E、B、C、A 均值含量均为宁强县天麻最高,分别为 7.65、5.87、2.10 和 10.67 mg/g,总含量为 26.30 mg/g。

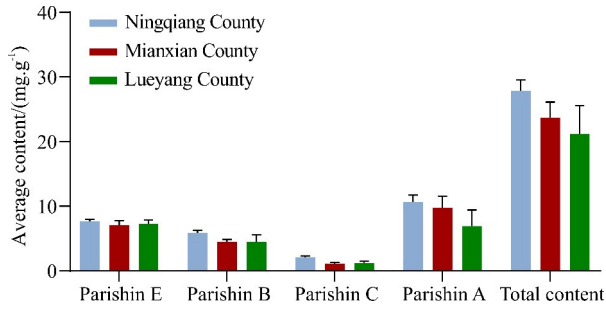


图 8 不同地区天麻巴利森苷 E、B、C、A 成分

Fig. 8 Components of Parishin E, B, C and A of *G. elata*

Bl. in different regions

表 7 天麻外观性状及气味响应值标准化数据

Table 7 Standardized data of appearance traits and odor response values of *G. elata* Bl.

样品 Sample	C1:块茎长 C1:Length of tuber	C2:块茎粗 C2:Thick of tuber	C3:鲜重 C3:Fresh weight	C4:干重 C4:Dry weight	C5: a^*	C6:15 s 峰值 C6:15 s intensity	C7:17 s 峰值 C7:17 s intensity	C8:18 s 峰值 C8:18 s intensity	C9:24 s 峰值 C9:24 s intensity
1	-0.457	0.216	-0.485	-0.332	0.778	-0.961	-1.196	-0.645	-1.168
3	-1.224	-1.297	-1.611	-1.477	1.293	-0.605	-0.858	-0.509	-0.514
4	-0.430	1.689	0.918	0.803	-0.902	1.728	0.544	-0.145	2.117
5	-1.161	-1.332	-1.680	-1.371	1.087	0.413	0.811	-0.334	-1.005
6	-1.424	-0.493	-0.679	-0.129	-0.959	-1.067	-1.110	-0.681	-1.004
7	0.563	-0.410	-0.456	-0.430	0.755	-0.168	-0.485	-0.413	1.218
8	0.216	-0.848	-0.785	-0.973	0.047	0.719	-0.938	-0.556	0.013
9	-0.315	-2.053	-1.506	-1.185	0.607	0.554	0.085	-0.422	1.165
13	-2.187	0.748	0.729	0.571	-0.285	0.392	0.163	-0.429	1.213
15	-0.057	-0.500	-0.269	-0.605	-0.868	1.622	0.202	-0.192	-0.066
16	0.616	-0.840	-0.694	-0.754	0.047	0.612	0.123	-0.292	-0.307
18	-0.294	-0.209	-0.362	-0.372	-0.079	0.582	3.681	-0.193	1.165
19	-0.273	0.494	0.410	0.336	1.487	-0.481	-0.643	-0.500	-0.812
20	0.794	0.725	0.743	1.717	0.767	-0.507	0.191	-0.555	0.410
21	2.146	0.914	0.953	1.154	0.778	-0.671	-0.971	-0.690	0.099
22	1.257	-0.209	-0.083	-0.494	0.161	-1.390	-0.634	-0.661	-1.075
25	-1.587	-1.557	-1.052	-0.927	-0.719	0.802	0.285	0.729	-1.043
30	-0.316	-0.418	-1.004	-1.049	0.127	2.630	-0.025	-0.621	-0.791
mx-31	0.348	0.417	0.953	0.768	-0.186	-0.763	-0.882	-0.341	-0.409
mx-32	0.024	0.046	0.515	0.232	-0.110	-1.127	-0.578	-0.677	-0.938
mx-33	0.169	0.630	0.602	0.389	-0.281	-0.534	0.365	-0.397	-0.403
mx-34	0.005	0.375	0.712	0.167	-2.004	0.638	1.195	0.161	0.497
mx-35	0.164	0.276	0.412	0.066	-1.169	-1.361	0.752	1.359	1.417

2.5 PCA - 熵权 TOPSIS 综合评价体系建立

利用 PCA 选取质量评价主成分,结合熵权法算得权重后,通过 DPS 数据统计软件采用 TOPSIS 法对天麻样品整体质量进行综合评价排名。

2.5.1 PCA 提取主要指标

选择外观性状指标:块茎长、块茎宽、鲜重、干重、螺环纹数、色度值(L^* 、 a^* 、 b^* 、 E^*);气味响应值指标:15、17、18、24 s 峰值;化学指标:水分、浸出物、天麻素、对羟基苯甲醇,巴利森苷 E、B、C、A 含量共 21 个指标。根据各指标差异系数以及相关性最终选出 16 个指标建立评价体系,数据标准化后进行主成分分析,如表 7、表 8 所示。

续表

Continued table

样品 Sample	C1:块茎长 C1:Length of tuber	C2:块茎粗 C2:Thick of tuber	C3:鲜重 C3:Fresh weight	C4:干重 C4:Dry weight	C5: <i>a</i> *	C6:15 s 峰值 C6:15 s intensity	C7:17 s 峰值 C7:17 s intensity	C8:18 s 峰值 C8:18 s intensity	C9:24 s 峰值 C9:24 s intensity
ly-36	-0.194	-0.375	-0.209	-0.602	2.459	0.411	0.825	1.903	1.914
ly-37	1.696	1.851	2.012	2.100	-0.216	-0.008	0.336	3.223	-0.956
ly-38	1.496	2.029	2.151	2.239	-1.154	-0.761	-0.290	-0.275	-0.572
ly-39	0.427	0.130	-0.235	0.158	-1.459	-0.699	-0.949	2.156	-0.164

表 8 天麻化学指标标准化数据

Table 8 Standardized data of chemical composition of *G. elata* Bl.

样品 Sample	C10:水分 C10:Moisture	C11:天麻素 C11:Gastrodin	C12:对羟基苯甲醇 C12:P-hydroxyben- zylalcohol	C13:巴利森昔 E C13:Parishin E	C14:巴利森昔 B C14:Parishin B	C15:巴利森昔 C C15:Parishin C	C16:巴利森昔 A C16:Parishin A
1	-0.263	-0.238	-0.226	1.224	0.096	0.613	-0.249
3	-0.927	-0.073	-0.921	-0.771	-0.279	-0.269	-0.800
4	0.135	0.503	-0.921	-0.396	-1.855	-1.351	-1.401
5	0.907	1.902	0.468	1.367	2.314	2.959	2.878
6	-0.642	-0.814	-0.782	1.176	-0.985	-0.657	-0.822
7	1.517	0.338	-0.087	-0.031	0.323	0.364	0.025
8	-0.459	-0.485	-0.643	0.469	-0.559	-0.561	0.138
9	-1.798	0.421	0.329	0.486	1.569	1.191	1.617
13	-1.235	0.091	-0.365	1.062	0.930	0.747	0.654
15	-0.890	2.807	-1.198	-0.229	-0.391	-0.552	-0.196
16	-1.310	-0.402	-0.782	-0.841	0.551	0.258	0.624
18	-0.840	-0.238	0.746	-0.977	0.610	0.475	0.373
19	-0.505	0.174	0.468	-0.170	0.645	1.747	-0.796
20	0.490	-0.402	0.190	0.414	1.239	0.998	1.070
21	1.929	0.009	0.051	2.363	-0.255	-0.181	-0.216
22	1.140	0.585	-0.226	-1.323	0.748	0.610	0.181
25	-0.866	-0.402	-0.782	-0.688	0.335	0.086	0.087
30	-0.127	2.231	-0.087	-0.952	-0.056	-0.056	-0.252
mx-31	-1.299	-0.814	0.468	0.248	0.236	0.019	1.358
mx-32	-0.131	-0.978	0.885	0.982	-0.769	-1.033	-0.811
mx-33	0.902	-0.814	0.746	0.231	-0.652	-0.860	-0.583
mx-34	1.095	-0.731	0.329	-1.364	-0.598	-0.689	0.346
mx-35	0.912	-1.472	3.801	-1.681	-0.948	-1.183	-0.499
ly-36	-0.266	-1.143	1.023	-0.416	-1.836	-1.269	-1.725
ly-37	0.400	0.503	-0.921	0.938	0.470	0.087	0.687
ly-38	1.056	-0.731	-0.782	0.089	0.692	-0.184	-0.237
ly-39	1.076	0.174	-0.782	-1.208	-1.576	-1.311	-1.451

对各项指标数据进行 KMO 和 Bartlett 检验, KMO 值为 $0.586 > 0.5$, $P < 0.05$, 说明数据适宜进行主成分分析。如表 9 所示, 提取出 6 个主成分, 累计方差贡献率达到 82.415%, 代表了绝大部分原始指标信息。由表 10 可知, 第 1 个主成分中, 块茎长、块茎粗、鲜重、干重载荷值较大, 因此第 1 主成分可作为形状与生物量的综合体现, 定性为形状与生物量因子; 同理, 第 2 个主成分中巴利森苷 E、B、C、A 载荷值较大, 定性为巴利森苷类因子; 第 3 个主成分中气味响应值载荷值较大, 定性为气味因子; 第 4 个主成分中天麻素载荷值较大, 定性为天麻素因子; 第 5 个主成分中水分载荷值较大, 定性为水分因子; 第 6 个主成分中颜色值载荷值较大, 定性为颜色因子^[27]。

表 10 主成分在各评价指标上的因子载荷矩阵

Table 10 Factor loading matrix of principal components on each evaluation index

评价指标 Evaluation index	主成分 1 Principal component 1	主成分 2 Principal component 2	主成分 3 Principal component 3	主成分 4 Principal component 4	主成分 5 Principal component 5	主成分 6 Principal component 6
C1	0.564	0.413	0.074	0.047	0.437	0.222
C2	0.824	0.340	0.163	0.227	-0.195	0.067
C3	0.841	0.371	0.212	0.139	-0.209	-0.046
C4	0.781	0.499	0.168	0.142	-0.236	-0.039
C5	-0.407	0.196	-0.100	-0.393	-0.052	0.698
C6	-0.380	-0.368	0.359	0.652	-0.106	0.226
C7	-0.064	-0.288	0.856	-0.023	-0.050	-0.056
C8	0.421	-0.251	0.250	0.066	0.263	0.012
C9	0.186	-0.459	0.531	-0.145	-0.305	0.393
C10	0.531	0.268	0.061	-0.057	0.581	0.217
C11	-0.493	0.127	0.114	0.655	0.295	0.261
C12	0.171	-0.149	0.39	-0.760	0.115	0.005
C13	-0.070	0.643	-0.257	-0.014	-0.424	0.284
C14	-0.572	0.687	0.342	-0.063	0.036	-0.163
C15	-0.657	0.632	0.256	-0.107	0.034	0.017
C16	-0.533	0.567	0.445	-0.037	0.025	-0.239

如表 11 所示, 将载荷系数除以对应特征根的平方根, 得到主成分特征向量, 构建主成分函数[以形状与生物量因子为例, 式(2)], 并求得主成分矩阵^[28]。

$$F_{\text{shape \& biomass}} = 0.268 \times C1 + 0.391 \times C2 + 0.399 \times C3 + 0.370 \times C4 - 0.193 \times C5 - 0.180 \times$$

表 9 天麻质量评价指标的特征值和累积方差贡献率

Table 9 Eigenvalues and cumulative variance contribution rates of *G. elata* Bl. quality evaluation indicators

主成分 Principal component	特征根 Characteri- stic root	方差解释率/% Variance explained rate/%	累积方差 贡献率/% Cumulative variance contribution rates/%
1	4.442	27.763	27.763
2	2.921	18.256	46.018
3	1.936	12.102	58.120
4	1.726	10.786	68.906
5	1.128	7.052	75.958
6	1.033	6.457	82.415

$$C6 - 0.030 \times C7 + 0.200 \times C8 + 0.088 \times C9 + 0.252 \times C10 - 0.234 \times C11 + 0.081 \times C12 - 0.033 \times C13 - 0.272 \times C14 - 0.312 \times C15 - 0.253 \times C16.$$

(2)

表 11 主成分特征向量

Table 11 Eigenvectors of principal components

评价指标 Evaluation index	形状与生物量因子 Shape and biomass factors	巴利森苷类因子 Parishin factors	气味因子 Odor factor	天麻素因子 Gastrodin factor	水分因子 Water content factor	颜色因子 Color Factor
C1	0.268	0.242	0.053	0.036	0.411	0.218
C2	0.391	0.199	0.117	0.173	-0.184	0.066
C3	0.399	0.217	0.152	0.106	-0.197	-0.045
C4	0.370	0.292	0.121	0.108	-0.222	-0.039
C5	-0.193	0.115	-0.072	-0.299	-0.049	0.686
C6	-0.180	-0.215	0.258	0.496	-0.100	0.223
C7	-0.030	-0.169	0.615	-0.017	-0.047	-0.055
C8	0.200	-0.147	0.180	0.051	0.248	0.012
C9	0.088	-0.269	0.381	-0.110	-0.287	0.387
C10	0.252	0.157	0.044	-0.043	0.547	0.214
C11	-0.234	0.075	0.082	0.499	0.278	0.257
C12	0.081	-0.087	0.280	-0.579	0.108	0.005
C13	-0.033	0.376	-0.185	-0.011	-0.399	0.280
C14	-0.272	0.402	0.246	-0.048	0.034	-0.161
C15	-0.312	0.370	0.184	-0.082	0.032	0.016
C16	-0.253	0.332	0.320	-0.028	0.024	-0.235

2.5.2 熵权 TOPSIS 法

运用熵权法^[29]计算主成分矩阵权重(表 12), 结合 DPS 统计软件进行 TOPSIS 分析。其中, 颜色因子、巴利森苷类因子和气味因子所占权重较大, 说明上述指标对评价结果影响较大。表 13 为评价结果, 从中可以看出宁强县、略阳县天麻综合质量较优。

表 12 熵权法主成分矩阵权重

Table 12 Entropy method weights of principal matrix

主成分指标 Principal component index	熵值 Entropy	差异系数 Diversity factor	权重/% Weight/%
Shape and biomass factors	0.967 5	0.032 5	13.85
Parishin factors	0.954 0	0.046 0	19.64
Odor factor	0.957 8	0.042 2	18.02
Gastrodin factor	0.970 4	0.029 6	12.61
Water content factor	0.974 7	0.025 3	10.81
Color factor	0.941 2	0.058 8	25.07

表 13 综合得分排名

Table 13 Ranking of comprehensive scores

样品 Sample	D+	D-	相对接近 程度 CI	名次 Ranking
1	0.096 5	0.072 6	0.429 4	17
3	0.107 3	0.057 6	0.349 4	25
4	0.074 8	0.097 6	0.566 1	6
5	0.080 8	0.097 5	0.546 6	7
6	0.129 6	0.045 4	0.259 5	27
7	0.063 0	0.100 0	0.613 3	2
8	0.094 2	0.067 2	0.416 2	18
9	0.089 6	0.073 8	0.451 7	13
13	0.095 1	0.074 2	0.438 5	15
15	0.085 5	0.081 0	0.486 4	10
16	0.103 4	0.061 3	0.372 2	23
18	0.096 7	0.083 7	0.464 1	12
19	0.079 5	0.084 2	0.514 4	9
20	0.072 4	0.097 3	0.573 5	5

续表

Continued table

样品 Sample	D+	D-	相对接近 程度 CI	名次 Ranking
21	0.057 6	0.122 5	0.680 2	1
22	0.096 4	0.076 4	0.442 0	14
25	0.129 2	0.048 2	0.271 9	26
30	0.079 4	0.085 6	0.518 5	8
mx-31	0.111 6	0.067 0	0.375 3	22
mx-32	0.106 0	0.061 2	0.365 8	24
mx-33	0.092 9	0.070 9	0.433 0	16
mx-34	0.115 3	0.071 7	0.383 4	21
mx-35	0.114 8	0.072 5	0.387 1	19
ly-36	0.080 9	0.119 4	0.596 1	3
ly-37	0.071 5	0.103 7	0.592 0	4
ly-38	0.099 1	0.088 9	0.473 0	11
ly-39	0.107 8	0.067 1	0.383 7	20

Note: "D+" defines the distance between the *i*-th evaluation object and the maximum value, "D-" defines the distance between the *i*-th evaluation object and the minimum value.

3 讨论

本研究在天麻传统性状指标的基础上,结合有效成分含量以及颜色、气味的定量数据对汉中不同地区天麻进行了比较分析与质量评价。在综合评价中为了有效消除主观影响,本研究运用 PCA-熵权 TOPSIS 法构建了天麻质量综合评价体系^[30],且筛选出了 3 个重要评价指标,但由于在略阳县、勉县采集的样品较少,天麻样品范围存在局限性,还需进一步完善与验证。

在外观性状上,3 个地区所产天麻的块茎粗、螺环纹数、鲜重和干重均有一定的差异;颜色明亮度和总色度值有一定差别,通过色度值大小可以区分汉中市不同地区的天麻;不同地区天麻样品的气味响应值特征点较为相似。与李巧玲等^[30]研究的不同产区天麻相比,汉中 3 县红天麻与湖北宜昌、安徽岳西、重庆南川红天麻块茎长度相近。略阳县红天麻鲜重及干重、勉县红天麻鲜重较安徽岳西红天麻低,较湖北宜昌、重庆南川高。宁强县红天麻鲜重较安徽岳西、重庆南川低,较湖北宜昌高。勉县红天麻干重较安徽岳西低,较湖北宜昌、重庆南川高。宁强县红天麻干重较安徽岳西低,较湖北宜昌高,与重庆南川相近^[31]。

在化学成分上,汉中天麻中水分、浸出物含量均

符合 2020 年版《中国药典》标准,宁强县天麻的天麻素和对羟基苯甲醇的总含量在 3 县天麻中最高,平均总含量达到了 0.44%,勉县、略阳县总含量为 0.40% 左右,与其他文献研究结果基本一致^[32,33]。勉县天麻中天麻素和对羟基苯甲醇含量接近,2 种成分含量比例和其他地区差异显著。3 县天麻中宁强县天麻的巴利森苷 E、B、C、A 及总含量均为最高。与张卫等^[33]研究的贵州天麻相比,汉中 3 县红天麻水分含量与贵州红天麻相近,浸出物含量更低。与薛华丽等^[34]研究的雪峰山区域不同产地天麻相比,汉中 3 县红天麻浸出物含量与湖南洪江、溆浦以及湖北罗田等地红天麻相近,天麻素及对羟基苯甲醇总含量与湖南红天麻相似,较湖北红天麻含量高。此外,与周媛等^[35]研究的安徽金寨红天麻相比,汉中 3 县红天麻的天麻素含量较低,对羟基苯甲醇、巴利森苷 E 含量较高;宁强县红天麻的巴利森苷 B 含量较高,勉县、略阳县红天麻较低;巴利森苷 C 含量方面,宁强县红天麻与安徽金寨天麻相近,勉县、略阳县较低。与王庆等^[36]研究的西南不同产区红天麻相比,宁强县红天麻的天麻素含量较云南昭通、四川广元红天麻低,较贵州大方红天麻高,与贵州德江红天麻相近,勉县、略阳县较低;对羟基苯甲醇含量方面,勉县红天麻较高,宁强县、略阳县红天麻较四川广元红天麻低,较贵州德江红天麻高,与云南昭通、贵州大方红天麻相近。

田孟华等^[37]表示可将巴利森苷 A、巴利森苷 E 作为乌天麻(*G. elata* Bl. f. *glauca* S. Chow)与其他天麻品种差异性分析的标志物。巴利森苷类化合物有生理活性和多种药理作用,且与天麻素之间存在相互转化的关系^[4,13],间接提高天麻素含量。张琦^[5]在分析引种前后天麻 6 种主要活性成分含量变化时,发现引种后天麻中天麻素、巴利森苷 A、B、C 含量有明显的相关性。由此可见,在对天麻开展质量评价时,可将巴利森苷类成分含量纳入评价指标。在本研究建立的评价体系中,颜色因子、气味因子、巴利森苷类因子权重较大,说明在质量评价中应重视上述指标。

4 结论

本研究采用 PCA 结合熵权 TOPSIS 法对汉中天麻整体质量进行了综合评价,探究了天麻外观性状与内在成分指标所占权重,发现颜色、气味、巴利森苷类因子权重较大,应注重上述指标在质量评价中的重要性,在此评价体系下,宁强县、略阳县天麻排名靠前。本研究为天麻质量评价提供了参考,也为进一步的

析研究提供了理论基础,从而使评估天麻质量的因素可以被更加科学地把握。

参考文献

- [1] 张进强,肖承鸿,周涛,等. 神奇的天麻[J]. 中国食品药品监管,2021(2):114-119.
- [2] 国家药典委员会. 中华人民共和国药典:一部[M]. 2020年版. 北京:中国医药科技出版社,2020.
- [3] 黄璐琦,詹志来,郭兰萍. 中药材商品规格等级标准汇编[M]. 北京:中国中医药出版社,2019.
- [4] 田紫平,肖慧,冯舒涵,等. 天麻有效成分巴利森苷的降解规律分析[J]. 中国实验方剂学杂志,2017,23(23):18-21.
- [5] 张琦. 天麻共生菌生物学特性及天麻引种前后成分变化的研究[D]. 北京:北京协和医学院,2020.
- [6] 高原,方妍,单梦瑶,等. 基于色差原理分析不同产地桑白皮有效成分含量与颜色的相关性[J]. 中国药房,2021,32(2):213-219.
- [7] 王杨,甄臻,隆毅,等. 基于颜色变化的酒白芍质量标准及炮制工艺研究[J]. 中药材,2020,43(9):2141-2145.
- [8] 宿莹,李翟,侯晓琳,等. 基于色差原理分析龙胆有效成分含量与颜色的相关性[J]. 中国实验方剂学杂志,2019,25(13):151-156.
- [9] 宿莹,侯晓琳,刘战,等. 基于色差原理分析黄柏有效成分含量与颜色的相关性[J]. 中药材,2019,42(8):1766-1770.
- [10] 张冬月,吴浩善,李思雨,等. 电子鼻技术鉴别通关藤真伪及其道地性[J]. 中成药,2018,40(10):2228-2233.
- [11] AMKOR A, EL BARBRI N. A measurement prototype based on gas sensors for detection of pesticide residues in edible mint [J]. Journal of Food Measurement and Characterization,2021,15(1):170-180.
- [12] PENG L, ZOU H Q, BAUER R, et al. Identification of Chinese herbal medicines from zingiberaceae family using feature extraction and cascade classifier based on response signals from e-nose [J]. Evidence-Based Complementary and Alternative Medicine: ECAM, 2014, 2014:963035.
- [13] 张琦,王兆丰,王秋颖. 天麻中巴利森苷类化合物的研究概述[J]. 中国现代中药,2020,22(1):148-153.
- [14] 覃桂,葛锦蓉,周锐,等. 基于 PCA-Logistic 回归分析的艾叶药材等级评价方法研究[J]. 医药导报,2023,42(3):317-321.
- [15] 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):890-892.
- [16] 石岩,魏锋,马双成. 关于主成分分析在中药和天然药物分析研究中应用的探讨[J]. 中国中药杂志,2018,43(14):3031-3035.
- [17] 赵梦利,刘妍如,宋忠兴,等. 基于成分-抗氧化活性相关的鸡血藤饮片等级评价研究[J]. 中草药,2020,51(4):943-949.
- [18] 巫晓霞,黄群,李羿. 基于多元统计学的茯苓质量综合评价[J]. 化学研究与应用,2022,34(10):2472-2476.
- [19] 郝佳旭,李元增,范晓,等. 基于熵权 TOPSIS 法综合评价苹果质量[J]. 中国药房,2022,33(17):2087-2092.
- [20] 张梦奇,李彬,王琼芬,等. 基于熵权逼近理想解排序法的西红花质量综合评价[J]. 医药导报,2023,42(12):1825-1830.
- [21] 吴红伟,李东辉,张育贵,等. 基于熵权 TOPSIS 模型对不同加工方式黄芪药材质量的综合评价[J]. 中国药理学杂志,2021,56(16):1325-1331.
- [22] 高伟城,王小平,陈荣珠,等. 基于化学模式识别和熵权 TOPSIS 法不同品种枇杷叶品质分析研究[J]. 甘肃中医药大学学报,2023,40(5):33-39.
- [23] 李雨昕,邢娜,白浩东,等. 基于熵权法的灰色关联法-TOPSIS 法对不同产地三七及其炮制品质量的评价研究[J]. 中草药,2023,54(4):1252-1259.
- [24] 史丛晶,白浩东,李雨昕,等. 基于熵权法结合灰色关联法和 TOPSIS 法对不同产地知母及盐知母质量的评价研究[J]. 中国现代应用药理学,2023,40(7):873-880.
- [25] 姚芳. 基于 PCA-EWM-TOPSIS 模型的绿色食品企业财务风险评估[J]. 广东石油化工学院学报,2022,32(6):81-86.
- [26] 李俊杰,李钢铁,麻云霞,等. 基于 PCA-TOPSIS 的沙漠不同林龄榆树土壤养分评价[J]. 中国水土保持科学(中英文),2022,20(5):17-23.
- [27] 李伟,郝海燕,陈杭君,等. 基于主成分分析的不同品种杨梅果实综合品质评价[J]. 中国食品学报,2017,17(6):161-171.
- [28] 邵明灿,胡花丽,王毓宁,等. 基于主成分分析法分析一氧化氮对绿芦笋贮藏品质的影响[J]. 食品科学,2012,33(20):318-322.
- [29] 肖璞,吴潇威. 基于熵值法的评价模型构造与应用[J]. 现代计算机,2021,27(30):50-54.
- [30] 李巧玲,肖波,邓才富,等. 不同产区天麻种质资源收集保存、评价及优选[J]. 西南大学学报(自然科学版),2020,42(12):54-59.
- [31] 仲瑞雪,陈韵蓓,段小云,等. 天麻商品等级与天麻素含量相关性研究[J]. 亚太传统医药,2016,12(17):27-30.
- [32] 冯永辉,马朝英. 陕滇两地天麻中天麻素的含量比较[J]. 光谱实验室,2013,30(4):1998-2000.
- [33] 张卫,刘春艳,谢宇,等. 贵州天麻的品质评价研究[J]. 亚太传统医药,2019,15(8):66-69.
- [34] 薛华丽,田玉桥,邱小燕,等. 雪峰山区域不同产地天麻

- 化学成分含量比较研究[J]. 中国现代医药杂志, 2022, 24(12): 23-26.
- [35] 周媛, 周娜, 王泽旭, 等. 安徽金寨红天麻、红乌天麻高效液相色谱法指纹图谱与化学成分比较[J]. 安徽医药, 2023, 27(4): 683-690.
- [36] 王庆, 李丹丹, 陈艾萌, 等. 西南不同产区3种天麻变型主要化学成分含量比较[J]. 中草药, 2018, 49(11): 2646-2652.
- [37] 田孟华, 袁天军, 周瑞, 等. 不同产地及变型天麻有效成分差异性分析[J]. 中成药, 2020, 42(7): 1824-1829.

Comprehensive Evaluation of Appearance Traits and Component Contents of *Gastrodia elata* Bl. Hanzhong based on PCA-entropy Weight TOPSIS Method

ZHANG Yuanfan¹, WANG Shangtao¹, MO Ke¹, QIN Mengyuan¹, ZHAO Shengbo², LI Juyan³, ZHANG Wei⁴, ZHANG Zilong¹, SUN Zhirong^{1*}

(1. School of Chinese Materia Medica, Beijing University of Chinese Medicine, Beijing, 102488, China; 2. Ningqiang Tianma Research Institution Limited Liability Company, Hanzhong, Shaanxi, 724400, China; 3. Science and Technology Development Center, Ningqiang County Development and Reform Bureau, Hanzhong, Shaanxi, 724400, China; 4. Ningqiang County Traditional Chinese Medicine Industry Development Center, Hanzhong, Shaanxi, 724400, China)

Abstract: In order to explore the important indexes of *Gastrodia elata* Bl. for quality evaluation, the appearance trait, odor, color, water content, extract and main effective components of 27 samples of *G. elata* were determined and integrated by Principal Component Analysis (PCA) combined with entropy weight Technique for Order Preference by Similarity to an Ideal Solution (TOPSIS) method. The results showed that there were some differences in tuber diameter, whorl number, fresh weight, dry weight, color brightness and total chromaticity of *G. elata* Bl. between Ningqiang County, Lueyang County and Mian County. The content of water and extract was the highest in Lueyang County. The total content of gastrodin and *P*-hydroxybenzylalcohol in Ningqiang County is the highest, and the content of gastrodin and *P*-hydroxybenzylalcohol in Mian county was similar. Moreover, the proportion of component content is significantly different from that in other counties. In addition, the content of Parishin was the highest in Ningqiang County. According to the PCA-entropy weight TOPSIS method, Ningqiang county and Lueyang County ranked top, and the factors of color, Parishin and odor in each index were heavily weighted. Therefore, the color, odor and Parishin component content should be paid attention to in the quality evaluation.

Key words: Hanzhong; *Gastrodia elata* Bl.; electronic nose; colorimeter; Principal Component Analysis (PCA); entropy weight Technique for Order Preference by Similarity to an Ideal Solution (TOPSIS) method; effective constituent

责任编辑: 陆雁, 陈少凡
