

基于气味的不同等级天麻辨状论质机制及其定性识别模型构建

张昊娟¹,周成惠²,虞小静¹,王嘉唯¹,吴志强¹,姚秉韬¹,裴志东¹,张慧¹

(1. 辽宁中医药大学药学院,辽宁 大连 116600;2. 阿克苏地区药品检验所,新疆 阿克苏 842008)

摘要:目的 以气味为研究对象,揭示天麻“气浓者为佳”的辨状论质标准的科学内涵。方法 采用高效液相色谱法与福林酚比色法分别测定53批天麻中9个单体成分及多酚的含量,并借助电子鼻技术定量样品气味值,采用双变量相关法分析二者之间的相关性。以气味的量化特征值为指标,采用化学计量学方法,建立不同等级天麻基于气的品质评价定性识别模型。结果 天麻素、原儿茶酸、对羟基苯甲醛、香兰素、巴利森昔B、多酚均与天麻气味呈正相关,不同等级的天麻能够用PCA和DFA模型区分开。结论 天麻的“气”越浓,则含有的上述药效成分的含量越高,从而揭示了天麻“气浓者为佳”的辨状论质机制,建立了基于气味客观量化识别不同等级天麻的定性模型,为天麻药材的质量评价奠定基础。

关键词:天麻;辨状论质;电子鼻;气味

中图分类号:R285.5

文献标志码:A

文章编号:1673-7717(2025)12-0067-07

Qualitative Identification Mechanism of Different Grades of Tianma (Gastrodiae Rhizoma) Based on Odor and Construction of Its Qualitative Identification Model

ZHANG Haojuan¹, ZHOU Chenghui², YU Xiaojing¹, WANG Jiawei¹, WU Zhiqiang¹, YAO Bingtao¹, PEI Zhidong¹, ZHANG Hui¹

(1. School of Pharmacy, Liaoning University of Traditional Chinese Medicine, Dalian 116600, Liaoning, China;

2. Aksu Drug Inspection Institute, Aksu 842008, Xinjiang, China)

基金项目:国家自然科学基金项目(82173935);辽宁省教育厅面上项目(LJKZ0893, LJKMZ20221312);辽宁省教育厅重点攻关项目(JYTZD2023198)

作者简介:张昊娟(1999-),女,山西孝义人,硕士,研究方向:中药质量评价与创新药物。

通讯作者:张慧(1970-),女,吉林通化人,教授,博士,研究方向:中药质量评价和创新药物。E-mail: syyyycs@163.com。

裴志东(1970-),男,辽宁沈阳人,副教授,硕士,研究方向:中药质量、药事管理。E-mail: pzd87586078@163.com。

- [21] MIZUSHIMA N, LEVINE B, CUERVO A M, et al. Autophagy fights disease through cellular self-digestion [J]. *Nature*, 2008, 451(7182):1069-1075.
- [22] ARIOS A R, LAHIRI V, LEI Y, et al. A perspective on the role of autophagy in cancer [J]. *Biochim Biophys Acta Mol Basis Dis*, 2021, 1867(12):166262.
- [23] ESKELINEN E L, REGGIORI F, BABA M, et al. Seeing is believing; the impact of electron microscopy on autophagy research [J]. *Autophagy*, 2011, 7(9):935-956.
- [24] BAFFI T R, COHEN-KATSENELSON K, NEWTON A C. PHLPPing the script: emerging roles of PHLPP phosphatases in cell signaling [J]. *Annu Rev Pharmacol Toxicol*, 2021, 61:723-743.
- [25] MALLICK A, SHARMA M, DEY C S. Emerging roles of PHLPP phosphatases in the nervous system [J]. *Mol Cell Neurosci*, 2022, 123:103789.
- [26] BOONYING W, JOSELIN A, HUANG E, et al. Pink1 regulates FKBP5 interaction with AKT/PHLPP and protects neurons from neurotoxin stress induced by MPP [J]. *J Neurochem*, 2019, 150(3):312-329.
- [27] SHIMIZU K, PHAN T, MANSUY I M, et al. Proteolytic degradation of SCOP in the hippocampus contributes to activation of MAP kinase and memory [J]. *Cell*, 2007, 128(6):1219-1229.
- [28] SHIMIZU K, MACKENZIE S M, STORM D R. SCOP/PHLPP and its functional role in the brain [J]. *Mol Biosyst*, 2010, 6(1):38-43.
- [29] WEI X E, ZHANG F Y, WANG K, et al. Assembly of the FKBP51- PHLPP2- AKT signaling complex in cerebral ischemia/reperfusion injury in rats [J]. *Brain Res*, 2014, 1566:60-68.
- [30] CHEN B, VAN WINKLE J A, LYDEN P D, et al. PHLPP1 gene deletion protects the brain from ischemic injury [J]. *J Cereb Blood Flow Metab*, 2013, 33(2):196-204.
- [31] LIU Y, SUN J, WANG Y, et al. Deleting both PHLPP1 and CANP1 rescues impairments in long-term potentiation and learning in both single knockout mice [J]. *Learn Mem*, 2016, 23(8):399-404.
- [32] 黄坚毅, 王进, 黄燕宁, 等. FOXO3 相关信号途径影响细胞自噬的研究进展 [J]. *医学综述*, 2019, 25(7):1249-1254.
- [33] SUN Q, WANG S, CHEN J, et al. MicroRNA-190 alleviates neuronal damage and inhibits neuroinflammation via Nlrp3 in MPTP-induced Parkinson's disease mouse model [J]. *J Cell Physiol*, 2019, 234(12):23379-23387.
- [34] JIANG C, DONG N, FENG J, et al. MiRNA-190 exerts neuroprotective effects against ischemic stroke through Rho/Rho-kinase pathway [J]. *Pflugers Arch*, 2021, 473(1):121-130.
- [35] SHAN L, MA D, ZHANG C, et al. miRNAs may regulate GABAergic transmission associated genes in aged rats with anesthetics-induced recognition and working memory dysfunction [J]. *Brain Res*, 2017, 1670:191-200.

Abstract: *Objective* Taking the odor as the research object, this paper revealed the scientific connotation of the qualitative standard that “the drug with strong odor has good quality” of Tianma (*Gastrodia Rhizoma*). *Methods* The contents of 9 monomer components and polyphenols in 53 batches of Tianma (*Gastrodia Rhizoma*) were determined by high performance liquid chromatography and Folin - Ciocalteu colorimetric method. The odor of the samples was quantified by electronic nose technology, and the correlation between the two was analyzed by bivariate correlation method. Taking the quantitative characteristic value of odor as the index, the qualitative identification model of gas - based quality evaluation of different grades of Tianma (*Gastrodia Rhizoma*) was established by using chemometrics method. *Results* Gastrodin, protocatechuic acid, 4 - hydroxybenzaldehyde, vanillin, parishin B and polyphenols were all positively correlated with the odor. Different grades of Tianma (*Gastrodia Rhizoma*) can be distinguished by PCA and DFA models. *Conclusion* The stronger the odor of Tianma (*Gastrodia Rhizoma*) is, the higher the contents of the above - mentioned pharmacodynamic components are, which reveals the traditional mechanism that “the drug with strong odor has good quality” of Tianma (*Gastrodia Rhizoma*). The establishment of a qualitative identification model based on objective quantification of odor can be used for the identification of different grades of Tianma (*Gastrodia Rhizoma*), which lays a foundation for the quality evaluation of Tianma (*Gastrodia Rhizoma*).

Keywords: Tianma (*Gastrodia Rhizoma*); quality evaluation through morphological identification; electronic nose; odor

天麻为兰科植物天麻 *Gastrodia elata* BL. 的干燥块茎, 具有祛风镇静、抗惊厥等功效^[1-2], 主产于云南、贵州、四川等地^[3]。临床上常用于高血压病、心脑血管疾病的治疗^[4-6]。天麻含有多种化学成分, 其中酚类成分是天麻重要的药效成分且含量较高^[7]。《七十六种药材商品规格标准》将商品天麻划分为以下等级: 一等品为每千克 26 支以内, 二等品为每千克 46 支以内, 三等品为每千克 90 支以内, 四等品为每千克 90 支以外^[8], 等级越高质量越差。目前药材市场存在各种规格等级较为混乱、质量参差不齐的问题, 特别是市场流通的天麻粉末, 采用性状等鉴别存在一定难度, 为此亟待建立快速鉴别药材质量的方法。

谢宗万先生 1994 年首次提出中药“辨状论质”的概念^[9], 中药传统辨状论质标准“以……者为佳”“以……次之”是目前评价中药材质量的经典方法^[10]。《中药商品学》中记载天麻的辨状论质标准为“以个大、色黄白、质坚实沉重、有鹦哥嘴、断面明亮、气浓者为佳”^[11], 天麻“以马尿味浓者为佳”是目前药材流通领域鉴定药材质量的常用方法, 但迄今为止, 依据气味判断质量的辨气论质机制尚未明确。

2024 年, 康廷国教授首次提出了“中药性状学”新概念^[12], 提出“性状学 - 化学 - 生物学”三维质量评价体系, 为揭示中药辨状论质机制提供新的研究思路。基于此, 本文针对天麻药材市场质量良莠不齐问题, 采用人工智能感官定量方法——电子鼻技术, 对 53 批不同等级天麻的气味进行客观量化, 鉴定气味成分, 并采用双变量相关法, 将天麻气味的量化值与其化学成分进行相关性分析, 从而揭示天麻“气浓者为佳”的科学内涵, 同时建立不同等级天麻的定性识别模型。为天麻的质量评价奠定一定的基础。

1 材料

1.1 仪器

AR2140 型电子分析天平 (上海奥豪斯公司); Heracles II 型超快速气相色谱电子鼻 (法国阿尔法莫斯公司); Agilent 1100 高效液相色谱仪; UV - 1750 型紫外分光光度计 (日本岛津); KQ - 250D 型数控超声波清洗器 (昆山市超声仪器有限公司)。

1.2 试剂

没食子酸 (批号 Y19M8C36143) 购于上海源叶生物科技有限公司; 福林酚 (北京索莱宝科技有限公司); 乙腈、甲醇为色

谱级, 购于瑞典欧普森公司; 甲酸、碳酸钙均购于天津市科密欧化学试剂有限公司; 水, 购于杭州娃哈哈集团有限公司。

1.3 药材

共收集 53 批天麻药材, 经辽宁中医药大学张慧教授鉴定为兰科植物天麻 (*Gastrodia elata* BL.) 的干燥块茎, 具体见表 1。

表 1 样品来源

编号	样品等级	产地	编号	样品等级	产地
S1 ~ S4	一等品	安徽	S38	三等品	云南
S5	一等品	安徽	S39	四等品	云南
S6 ~ S9	一等品	湖北	S40	一等品	云南
S10	一等品	湖北	S41	二等品	云南
S11 ~ S13	一等品	四川	S42	三等品	云南
S14 ~ S15	一等品	四川	S43	四等品	云南
S16 ~ S17	一等品	河南	S44	一等品	吉林
S18 ~ S20	一等品	河南	S45	质劣品	云南
S21 ~ S24	一等品	陕西	S46	质劣品	云南
S25	一等品	陕西	S47	质劣品	云南
S26 ~ S28	一等品	贵州	S48	三等品	云南
S29 ~ S30	一等品	贵州	S49	四等品	云南
S31 ~ S32	一等品	云南	S50	一等品	西藏林芝
S33 ~ S35	一等品	云南	S51	四等品	四川
S36	二等品	云南	S52	三等品	吉林长白山
S37	二等品	云南	S53	四等品	吉林长白山

2 方法与结果

2.1 天麻气味测定

2.1.1 电子鼻检测条件 称样量为 1.5 g, 检测器温度为 270 ℃; 样品在 80 ℃ 下孵育 30 min, 以 500 μL/s 的速度进样, 进样口的温度为 200 ℃, 进样体积 5000 μL, 样品采集时间为 160 s; 柱温为 45 ℃, 随后以 0.5 ℃/s 的速度升到 70 ℃ 再以 2 ℃/s 的速度升到 250 ℃; 捕集阱温度为 40 ℃, 捕集 20 s。

2.1.2 样品气味的测定 每个批次天麻样品平行测试 3 次。在超快速气相色谱电子鼻 Heracles II 上按照检测程序进行测定分析, 样品通过弱极性和中等极性的色谱柱进行分离, 得到气相色谱图。使用 Alpha Soft V14.2 软件分析, 叠加天麻的气味指纹峰, 见插图 XVII 图 1。将不同等级天麻的气味指纹峰进行比较分析, 其中云南不同等级天麻间色谱峰面积存在差

异,且随等级的递增呈现递增的趋势。

2.1.3 天麻气的量化值分析 53批天麻样品在极性和非极性色谱柱上的气味指纹峰较多,且具有一定的差异,利用Alpha Soft V14.2软件对其结果进行主成分分析(PCA),筛选出9个可区分53批样品的差异气味成分。用AroChemBase数据库进行定性分析,按气味量化值由小到大依次为庚醛、异丁醇、乙醇、2-甲基-1-戊醇、丙烯醛、正丙醇、(E)-3-己烯醛、(E,Z)-2,6-壬二烯、甲酸甲酯。9种差异气味成分的相对含量见表2。

2.2 9个药效成分的含量测定

天麻素、对羟基苯甲醛、原儿茶酸、巴利森苷E、对羟基苯甲醇、香兰素、巴利森苷B、巴利森苷C、巴利森苷A为天麻的药效成分,具有神经保护、镇静镇痛、抗血小板聚集等作用。现采用本实验室前期建立的HPLC同时测定上述9种药效成分的方法^[13],测定了53批天麻样品中各成分的含量,其色谱条件:色谱柱为Phenomenex Kinetex C18 100 Å(250 mm×4.6 mm,5 μm);流动相为乙腈(A)-0.1%甲酸水(B),梯度洗脱(0~5 min,0%~3%A;5~10 min,3%~3%A;10~20 min,3%~9%A;20~28 min,9%~10%A;28~40 min,10%~25%

A;40~50 min,25%~90%A;50~65 min,90%~90%A;65~75 min,90%~100%A);流速1 mL/min;进样量20 μL;柱温25℃;检测波长270 nm^[14],方法学考察结果表明该方法稳定可靠。结果见表3。

2.3 多酚含量测定

2.3.1 对照品溶液的制备 取10 mg的没食子酸配制为1.0 mg/mL的对照品溶液。

2.3.2 供试品溶液的制备 称取1.0 g天麻粉末,加入50%乙醇25 mL,超声提取30 min,取5 mL续滤液做为供试品溶液。

2.3.3 多酚测定 取0.1 mL供试品溶液于10 mL的具塞试管中,加水5 mL,混合均匀,加福林酚0.5 mL,充分混合;加1.5 mL 20%碳酸钠溶液,用水定容至10 mL,避光静置2 h,在752 nm处测定吸光度。

2.3.4 专属性考察 取样品溶液和空白对照溶液,按“2.3.3”方法,在400~900 nm范围内进行全波长扫描,由图2可知天麻供试品溶液的最大吸收波的波长是752 nm,且空白对照溶液无吸收,由此说明阴性溶液不会对供试品溶液造成干扰。

表2 样品中气味成分相对含量

单位:%

序号	甲酸甲酯	乙醇	丙烯醛	正丙醇	异丁醇	(E)-3-己烯醛	2-甲基-1-戊醇	庚醛	(E,Z)-2,6-壬二烯醛
S1	61.92	4.63	4.01	5.08	3.03	6.61	1.98	0.71	12.03
S2	62.69	5.09	4.30	4.87	2.77	6.63	2.09	0.72	10.85
S3	52.48	5.03	4.37	10.36	3.00	6.78	3.04	0.50	14.43
S4	56.91	4.60	4.48	6.64	2.55	7.58	3.15	0.39	13.70
S5	50.65	2.59	3.61	3.44	2.21	14.09	10.22	0.69	12.50
S6	50.94	2.71	3.63	3.33	1.97	13.80	10.87	0.67	12.08
S7	33.84	2.35	2.55	3.62	1.29	23.81	21.43	0.39	10.73
S8	33.02	2.39	2.50	3.69	1.39	23.84	21.30	0.46	11.40
S9	53.76	2.22	2.71	4.20	3.37	15.23	4.41	0.72	13.37
S10	58.17	2.23	3.79	2.67	2.48	9.08	4.63	1.54	15.42
S11	52.07	4.23	15.85	6.01	1.37	3.05	1.36	0.19	15.86
S12	55.34	3.21	7.85	4.01	2.35	7.86	1.73	0.43	17.21
S13	57.89	4.75	7.10	8.58	2.12	8.45	1.78	0.42	8.91
S14	58.51	2.92	7.14	3.56	3.55	9.39	1.90	0.52	12.51
S15	57.90	2.45	6.97	3.70	3.64	10.41	1.77	0.52	12.65
S16	55.13	4.53	4.95	6.73	3.29	7.15	2.29	0.43	15.51
S17	17.62	1.55	2.27	2.46	9.22	39.67	9.93	1.33	15.97
S18	46.89	5.06	4.02	9.72	3.02	10.43	3.92	1.05	15.90
S19	46.93	4.81	4.58	9.09	2.97	8.87	3.10	0.72	18.92
S20	49.54	5.50	5.30	7.45	3.23	9.19	2.95	0.78	16.06
S21	51.88	3.91	6.92	5.42	2.27	8.95	3.55	0.49	16.62
S22	34.02	2.09	11.66	3.93	1.50	12.94	4.72	0.52	28.62
S23	47.88	2.59	6.48	4.07	3.42	12.07	5.01	0.83	17.65
S24	57.35	3.42	5.89	5.19	2.20	7.11	3.22	0.63	14.99
S25	47.54	3.19	5.26	4.18	1.07	14.66	11.29	0.84	11.97
S26	57.27	5.90	8.68	9.93	1.36	6.00	2.29	0.28	8.30
S27	49.03	2.20	4.33	3.42	1.22	15.11	13.21	0.77	10.73
S28	62.36	3.46	5.67	4.72	2.36	7.22	3.05	0.56	10.60
S29	61.06	3.96	5.58	5.75	2.45	6.57	3.57	0.44	10.62
S30	62.70	3.81	5.60	5.64	1.63	7.12	3.31	0.36	9.84
S31	56.26	2.93	3.06	4.59	2.64	13.74	4.85	0.94	11.00
S32	61.45	4.91	3.90	7.29	2.55	4.94	2.72	0.72	11.53
S33	48.71	2.58	3.04	4.06	6.13	13.08	2.85	1.35	18.21

续表2

样品中气味成分相对含量

单位:%

序号	甲酸甲酯	乙醇	丙烯醛	正丙醇	异丁醇	(E)-3-己烯醛	2-甲基-1-戊醇	庚醛	(E,Z)-2,6-壬二烯醛
S34	52.59	4.36	3.58	7.40	4.11	8.31	3.85	1.26	14.53
S35	54.01	2.35	3.55	4.36	7.28	11.73	2.89	1.28	12.56
S36	59.98	2.36	2.99	3.44	3.05	7.53	4.58	3.01	13.07
S37	45.31	1.64	3.53	3.99	5.17	15.23	3.55	1.31	20.28
S38	61.26	2.15	3.50	4.06	2.81	7.18	3.43	0.59	15.03
S39	45.88	2.03	3.15	3.86	3.68	14.54	4.03	1.36	21.46
S40	31.28	2.52	4.35	5.12	6.83	16.40	3.72	1.79	27.99
S41	47.38	4.92	3.37	7.62	2.63	6.80	3.54	1.52	22.22
S42	52.35	3.49	4.49	6.72	3.72	6.78	3.33	0.65	18.46
S43	52.55	4.48	4.23	6.92	2.73	6.61	3.70	1.14	17.64
S44	59.55	4.30	6.30	5.81	2.93	9.43	1.56	0.41	9.70
S45	55.90	6.97	3.48	9.16	2.12	3.81	2.37	1.28	14.91
S46	59.42	5.79	3.84	8.38	2.06	3.56	1.92	0.72	14.32
S47	34.38	5.42	3.49	19.05	1.86	11.23	7.01	0.85	16.71
S48	48.13	2.78	3.76	5.48	3.70	14.14	5.52	1.55	14.95
S49	43.10	7.43	4.15	16.63	3.84	9.85	4.08	0.88	10.04
S50	37.91	2.82	5.79	7.44	4.18	16.50	4.97	2.07	18.32
S51	45.10	3.43	3.78	11.12	3.16	11.11	5.49	1.17	15.64
S52	63.64	3.91	4.65	4.74	3.32	6.71	2.27	0.85	9.92
S53	61.77	3.75	6.16	4.46	4.01	5.93	2.00	0.60	11.31

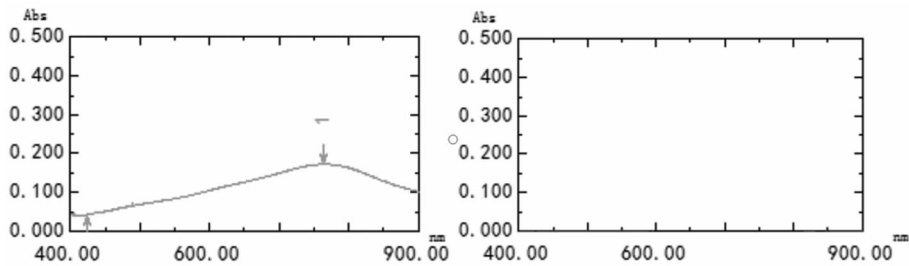


图2 供试品(左)与空白对照(右)在400~900 nm扫描图

2.3.5 线性范围考察 分别将没食子酸对照品溶液稀释至0.05、0.10、0.15、0.25、0.50 mg/mL,按“2.3.3”测定吸光度,以浓度为横坐标,752 nm处的吸光度值作为纵坐标来绘制标准曲线,得到线性回归方程 $Y = 1.7418X + 0.0179$ 和 $R^2 = 0.998$ 。说明在0.05~0.50 mg/mL的浓度范围内,没食子酸具有良好的线性关系。

2.3.6 精密度考察 精密移取天麻样品(S22)供试品溶液0.1 mL,按“2.3.3”测定吸光度,平行测定6次,含量RSD为0.27%,表明仪器精密度良好。

2.3.7 稳定性考察 吸取0.1 mL的天麻样品(S22)供试品溶液,按“2.3.3”方法,在溶液配制后的0、0.5、1.0、1.5、2.0、2.5 h,测定752 nm吸光度,RSD值为2.12%,表明在2.5 h内,供试品溶液较稳定。

2.3.8 重复性考察 称取6份天麻样品(S22),每份1 g,配制为供试品溶液,分别测定吸光度,其含量的RSD值为1.75%,这说明该方法具有很好的重复性。

2.3.9 准确度考察 分别称取6份天麻样品(S22),每份0.5 g,再取6份没食子酸对照品,每份1.4 mg,混合后分别制成供试品溶液,用“2.3.3”的方法测定吸光度,平均回收率为99.22%,RSD为1.09%,说明此方法较为准确。

2.3.10 样品含量测定 分别称取不同批次的天麻样品,制为

供试品溶液,按“2.3.3”方法于752 nm处测定吸光度并记录对应的值,带入线性回归方程中计算出这53批样品中多酚的含量。结果见表3。

2.4 气的量化值与药效成分的相关性分析

运用SPSS 24.0 统计分析软件对9种差异性气味成分提取主成分,共得到4个主成分,总贡献率为84.953%,其中FAC1、FAC2、FAC3、FAC4的贡献率分别为29.143%、26.307%、17.009%、12.493%。采用主成分FAC1、FAC2、FAC3、FAC4与所测得的化学成分的含量进行双变量相关处理。相关分析结果见表4,主成分FAC1与多酚含量呈正相关;FAC2与巴利森昔E呈正相关,与巴利森昔C呈负相关;FAC3与天麻素、原儿茶酸、对羟基苯甲醛、香兰素、巴利森昔B、巴利森昔C、多酚的含量呈正相关,与巴利森昔E呈负相关;FAC4与巴利森昔E的含量呈负相关。而对羟基苯甲醇、巴利森昔A与4个主成分的双侧检验P值均大于0.05,与药材的气无相关性。

2.5 不同等级天麻气味识别模型构建

2.5.1 主成分分析 对天麻药材气的量化值进行主成分分析,以特征气味差异成分峰面积为变量,采用Alpha soft V14.2 统计分析软件,对4种不同等级天麻药材进行分析,结果见图2(左)。不同等级天麻药材分别位于二维图的不同区域,且在PCA二维图上的区分指数为61,说明基于气味上的PCA分析

表3 天麻中9种单体成分及多酚含量测定结果(mg/g)

序号	天麻素	对羟基苯甲醇	原儿茶酸	巴利森苷 E	对羟基苯甲醛	香兰素	巴利森苷 B	巴利森苷 C	巴利森苷 A	多酚
S1	19.091	0.125	0.217	1.202	0.042	0.031	4.134	0.694	2.689	3.6
S2	3.493	0.666	0.050	2.946	0.045	0.028	4.706	1.150	8.887	2.9
S3	8.081	0.216	0.069	2.149	0.022	0.033	5.356	1.389	8.037	3.3
S4	6.310	0.918	0.067	2.588	0.031	0.028	8.695	2.706	20.861	3.1
S5	3.518	1.167	0.064	2.619	0.031	0.028	5.772	1.592	12.848	3.2
S6	6.040	0.888	0.071	2.881	0.046	0.038	6.761	2.186	14.648	3.1
S7	3.314	0.454	0.051	4.115	0.010	0.016	6.792	2.129	13.596	3.0
S8	6.379	1.352	0.071	3.815	0.055	0.047	7.400	2.243	14.423	3.4
S9	2.788	0.603	0.041	5.033	0.066	0.053	3.561	0.952	5.728	3.0
S10	2.401	0.484	0.022	5.278	0.023	0.024	3.543	0.911	8.514	2.5
S11	5.576	0.743	0.057	4.618	0.026	0.044	7.622	2.836	17.391	3.5
S12	5.914	0.202	0.036	5.627	0.018	0.012	7.783	3.649	15.289	3.3
S13	4.938	0.581	0.028	2.943	0.029	0.050	8.479	3.137	18.339	3.7
S14	5.613	0.578	0.026	5.282	0.023	0.025	6.620	2.077	11.577	3.2
S15	5.335	0.547	0.025	5.202	0.023	0.023	6.400	2.009	11.186	3.5
S16	4.200	0.976	0.027	3.176	0.031	0.037	4.292	1.116	7.858	2.1
S17	22.264	0.157	0.274	1.478	0.037	0.027	2.222	0.469	0.570	2.3
S18	6.714	0.607	0.045	3.971	0.028	0.027	8.129	3.020	17.506	1.7
S19	5.292	0.939	0.041	2.874	0.038	0.032	6.254	2.325	13.158	1.8
S20	5.260	0.849	0.029	3.201	0.030	0.033	6.255	2.016	12.292	1.9
S21	9.851	0.638	0.062	3.360	0.046	0.056	6.382	2.722	18.775	2.2
S22	12.477	0.317	0.068	3.798	0.041	0.089	7.781	2.685	12.645	2.8
S23	7.516	0.332	0.066	2.909	0.040	0.038	3.664	1.216	8.444	2.0
S24	6.921	0.641	0.056	5.427	0.029	0.016	6.730	2.549	17.927	1.5
S25	11.824	0.205	0.154	3.826	0.042	0.034	8.613	2.453	12.259	2.2
S26	5.449	0.641	0.032	3.080	0.023	0.041	6.349	2.642	13.989	2.4
S27	11.515	0.180	0.127	1.085	0.034	0.023	1.424	0.318	0.655	2.0
S28	9.517	1.518	0.047	3.603	0.045	0.052	8.886	2.726	16.508	2.5
S29	7.523	0.505	0.041	3.477	0.024	0.045	6.243	3.166	14.463	2.5
S30	7.187	0.485	0.035	3.335	0.025	0.043	5.997	3.050	14.011	2.0
S31	5.963	1.464	0.038	3.428	0.059	0.050	5.893	1.425	14.201	2.4
S32	9.041	0.610	0.046	3.051	0.019	0.040	6.799	4.501	15.134	1.9
S33	2.670	0.129	0.012	4.501	0.010	0.003	2.969	0.789	5.309	0.9
S34	8.372	0.371	0.046	3.411	0.018	0.016	6.719	2.827	17.931	1.8
S35	3.161	0.198	0.015	5.359	0.014	0.004	3.078	0.758	4.591	1.0
S36	5.101	1.141	0.047	4.640	0.049	0.038	5.991	1.447	14.215	2.2
S37	3.863	0.952	0.027	4.292	0.027	0.031	4.403	1.085	6.741	2.2
S38	4.563	1.138	0.019	4.981	0.029	0.040	5.149	1.274	7.968	2.2
S39	4.967	0.823	0.031	5.609	0.033	0.041	4.948	1.303	7.824	2.3
S40	3.597	0.551	0.029	4.335	0.017	0.009	7.226	2.261	17.817	3.0
S41	5.138	0.337	0.023	4.439	0.019	0.014	7.132	2.677	17.459	2.0
S42	3.575	1.317	0.021	4.250	0.017	0.021	7.550	1.741	21.203	2.5
S43	5.211	0.941	0.039	5.247	0.013	0.015	9.089	2.415	27.425	2.1
S44	5.797	0.891	0.035	4.729	0.040	0.027	6.375	1.615	10.865	1.6
S45	6.119	0.439	0.036	4.288	0.021	0.036	6.701	3.102	14.829	1.9
S46	8.187	0.590	0.044	2.961	0.025	0.059	7.131	4.132	14.729	2.3
S47	4.360	1.041	0.049	3.041	0.058	0.085	4.822	1.826	9.703	2.2
S48	3.886	0.653	0.038	4.676	0.035	0.048	4.230	1.170	8.947	1.8
S49	4.821	1.054	0.059	3.457	0.047	0.029	6.831	1.609	12.830	3.0
S50	8.144	1.637	0.079	3.853	0.047	0.038	7.857	1.817	20.330	3.7
S51	10.803	0.276	0.129	4.303	0.049	0.052	4.619	2.073	13.689	2.5
S52	1.361	0.485	0.002	5.484	0.015	0.018	3.561	1.056	3.232	1.5
S53	2.747	0.760	0.019	5.307	0.020	0.027	3.757	1.104	3.159	1.6

表4 气的量化值与药效成分含量相关结果

化学成分	指标	FAC1	FAC2	FAC3	FAC4
天麻素	相关系数	0.008	-0.206	0.360 *	-0.085
	显著性(双尾)	0.957	0.152	0.01	0.558
对羟基苯甲醇	相关系数	-0.155	-0.102	0.115	0.015
	显著性(双尾)	0.282	0.483	0.425	0.916
原儿茶酸	相关系数	0.066	0.072	0.595 **	0.14
	显著性(双尾)	0.651	0.618	0.000	0.332
巴利森昔 E	相关系数	-0.082	0.301 *	-0.518 **	-0.329 *
	显著性(双尾)	0.570	0.034	0.000	0.02
对羟基苯甲醛	相关系数	0.002	0.125	0.388 **	0.048
	显著性(双尾)	0.987	0.389	0.005	0.742
香兰素	相关系数	-0.006	-0.182	0.435 **	0.002
	显著性(双尾)	0.966	0.206	0.002	0.992
巴利森昔 B	相关系数	0.060	-0.229	0.365 **	-0.043
	显著性(双尾)	0.681	0.11	0.009	0.768
巴利森昔 C	相关系数	0.062	-0.462 **	0.422 **	-0.064
	显著性(双尾)	0.670	0.001	0.002	0.658
巴利森昔 A	相关系数	-0.047	-0.267	0.22	0.044
	显著性(双尾)	0.746	0.061	0.124	0.762
多酚	相关系数	0.344 *	0.033	0.413 **	-0.055
	显著性(双尾)	0.014	0.818	0.003	0.704

注: * 在 0.05 级别(双尾), 相关性显著; ** 在 0.01 级别(双尾), 相关性显著。

能有效区分不同等级天麻样品。

2.5.2 判别因子分析 对天麻药材气的量化值进行判别因子(DFA)分析,以特征气味差异成分峰面积为变量,采用 Alpha soft V14.2 统计分析软件,将 4 种等级天麻样品进行判别因子分析,结果见插图 XVII 图 3(右),4 种等级天麻药材分别位于 DFA 二维图的不同区域,且判别因子 1 和 2 之和为 98.442%,说明建立的 DFA 模型能够用于天麻等级的鉴别。

3 讨论

53 批不同产地和不同等级的天麻中,9 种药效成分的含量具有一定差异,其中产地为陕西、贵州的天麻对羟基苯甲醇和天麻素的含量与其它产地相比较,而四川产地的天麻巴利森昔类含量较高,表明四川、陕西、贵州的天麻质量较好,这与文献报道的相一致^[15-18]。

传统的辨状论质方法包括口尝、鼻闻等,但仅依靠人的感官鉴别药材品质,结果不够准确客观。近年来随着仿生技术的发展,电子鼻技术逐渐被应用到中药品质评价领域。通过电子智能感官技术,模拟人的嗅觉器官^[19-23],将药材的气信号转化为电信号,其结果以客观定量的方式呈现出来,进而使传统的气味鉴别更具科学性和说服力。

近年来,有关天麻辨状论质相关研究,文献可见秦梦圆^[24]以陕西汉中不同地区的天麻为研究对象,对其外观性状进行研究,分析其品质与产区的相关性;李平^[25]通过将天麻“角质样”这一外观性状与多糖等化学成分的含量进行相关性分析,为天麻炮制工艺的研究提供一定依据。但有关不同等级的天麻辨状论质研究尚未见报道,因此本文基于气味对不同等级天麻的辨状论质机制进行研究并构建定性识别模型,为天麻的质量控制及不同等级的鉴别提供参考。

参考文献

[1] 国家药典委员会. 中华人民共和国: 一部[S]. 北京: 中国医药科技出版社, 2020: 59-60.

- [2] CHEN S C, LIU Z J, ZHU G H, et al. Flora of China Vol. 25[M]. Beijing & Missouri Botanical [M]. Garden: Science Press, 2009: 204.
- [3] 沈涛, 刘鸿高, 王元忠. 天麻本草考证与现代资源利用问题探讨[J]. 中草药, 2023, 54(18): 6106-6117.
- [4] GUIRONG X, RONG T, NAN Y, et al. Review on pharmacological effects of gastrodin [J]. Archives of pharmacol research, 2023, 46(9-10): 744-770.
- [5] 胡芙蓉, 王昱涵, 向琴, 等. 天麻改善失眠作用机制及产品开发研究进展[J]. 食品工业科技, 2025, 46(6): 438-447.
- [6] 尚玉杰, 张强, 韩彦斌, 等. 天麻化学成分、药理作用及其产品开发分析[J]. 中医药学报, 2024, 52(8): 115-121.
- [7] 程巧巧. 天麻素保护心肌细胞对抗缺血再灌注损伤的作用及其机制研究[D]. 上海: 上海中医药大学, 2023.
- [8] 国家医药管理局, 中华人民共和国卫生部. 七十六种药材商品规格标准[S]. 北京: 北京市西城区丰盛印刷厂, 1984: 55-56.
- [9] 谢宗万. 中药品种传统经验鉴别“辨状论质”论[J]. 时珍国药研究, 1994(3): 19-21.
- [10] 王皓南, 田滢琦, 刘大会, 等. 中药“辨状论质”的历史、发展与应用[J]. 中药材, 2021, 44(3): 513-519.
- [11] 张贵君. 中药商品学[M]. 北京: 人民卫生出版社, 2008: 143-145.
- [12] 康廷国, 张慧, 李峰, 等. 论中药性状学[J]. 中草药, 2024, 55(11): 3579-3587.
- [13] 裴文茜, 李思雨, 宋欢洁, 等. 天麻中 9 种成分的含量测定及野生与栽培品的差异成分分析[J]. 中国现代应用药学, 2022, 39(18): 2347-2353.
- [14] 虞小静, 张冬月, 李思雨, 等. 天麻水提取物 HPLC 指纹图谱的建立及其真伪鉴别[J]. 中成药, 2018, 40(12): 2698-2702.
- [15] 刘大会, 龚文玲, 詹志来, 等. 天麻道地产区的形成与变迁[J]. 中国中药杂志, 2017, 42(18): 3639-3644.
- [16] 朱华, 黄飘玲, 杨雯琪, 等. 2015 年版《中国药典》(一部) 含天麻成方制剂的归纳分析[J]. 辽宁中医杂志, 2021, 48(7): 175-178.
- [17] 王恬, 赵岩, 张秋梅, 等. HPLC 指纹图谱分析不同产地天麻中酚类成分差异[J]. 中国药学杂志, 2022, 57(10): 791-798.
- [18] 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.
- [19] 马静, 田亮玉, 周鹏. 中药饮片质量评价方法研究[J]. 中国医药导刊, 2019, 21(2): 95-98.
- [20] 商杰, 彭嘉玉, 郑郁清, 等. 基于电子鼻和 HS-GC-MS 技术结合相对气味活度值分析甘草不同炮制品气味差异及其物质基础[J]. 中国中药杂志, 2024, 49(19): 5218-5228.
- [21] 杨硕, 徐中利, 赵新芝, 等. 基于电子感官系统和 GC-IMS 技术的大黄饮片基原辨识研究[J]. 中国药房, 2024, 35(9): 1076-1081.
- [22] 王世丽, 朱娟娟, 吕畅, 等. 基于电子鼻和气相离子迁移谱技术分析南北柴胡气味物质差异[J]. 中华中医药学刊, 2025, 43(1): 134-141, 277-281.
- [23] 彭嘉玉, 黄玉珍, 温佳文, 等. 基于 HS-GC-MS 和电子感官技术分析白芍不同炮制品的颜色、气味变化[J]. 中国实验方剂学杂志, 2024, 30(20): 141-150.
- [24] 秦梦圆. 陕西汉中天麻质量评价与加工工艺研究[D]. 北京: 北京中医药大学, 2021.
- [25] 李平, 许金国, 季德, 等. 天麻饮片传统性状与内在品质相关性研究[J]. 中国中药杂志, 2019, 44(20): 4460-4466.

基于气味的不同等级天麻辨状论质机制及其定性识别模型构建

(正文见 67 - 72 页)

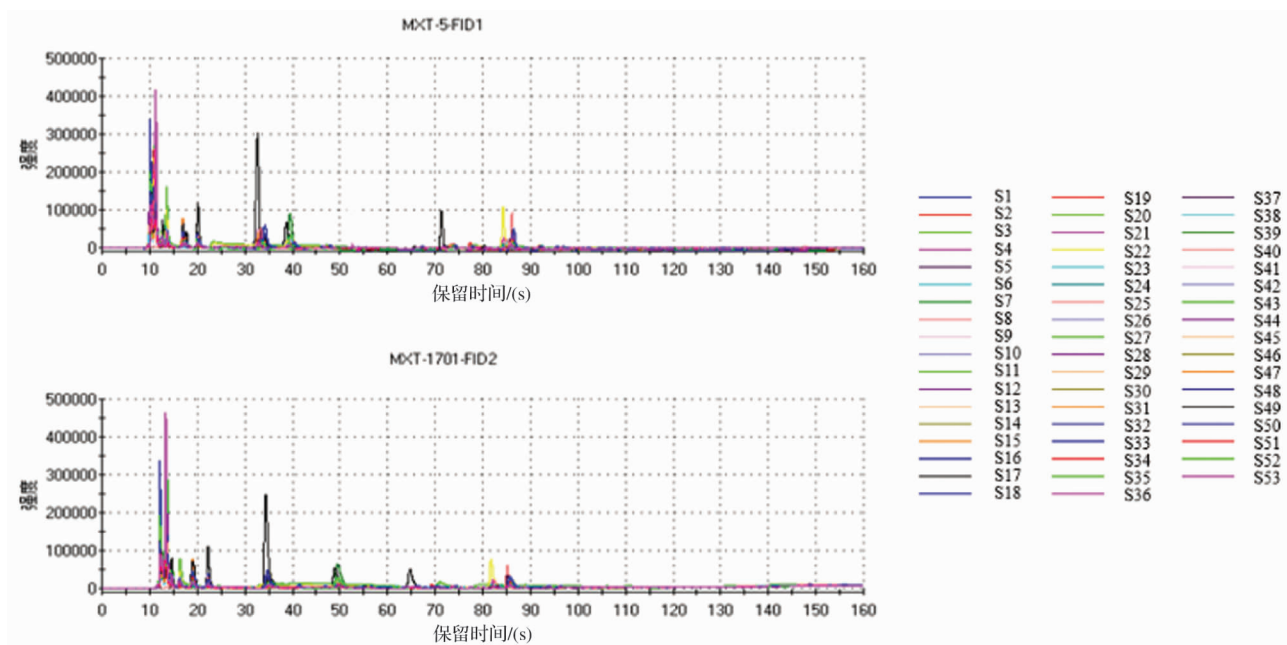


图1 天麻的气味指纹峰叠加图

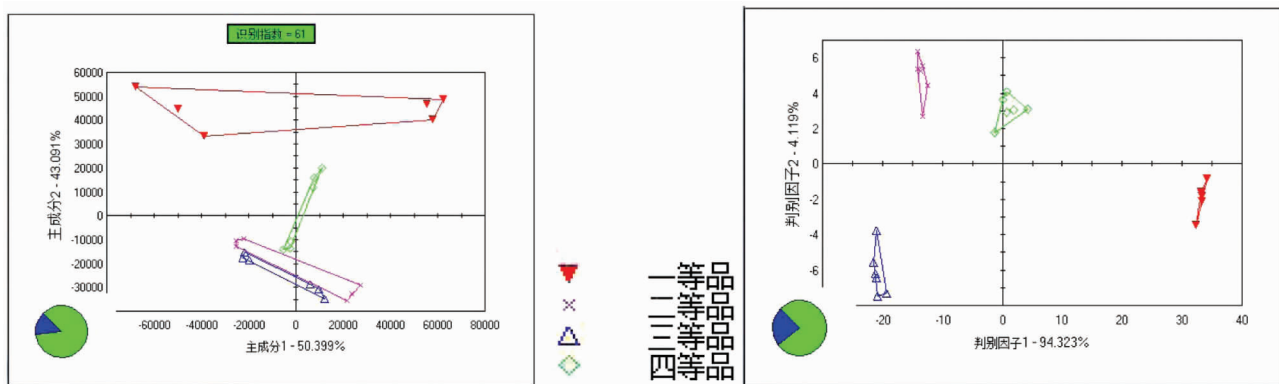


图3 不同等级天麻气的PCA图(左)和DFA图(右)