

引文格式: 张朝阳, 秦邦, 陈娥, 等. 基于感官评价及理化指标的来凤藤茶品质分析[J]. 云南农业大学学报(自然科学), 2023, 38(5): 823–831. DOI: 10.12101/j.issn.1004-390X(n).202210050

基于感官评价及理化指标的来凤藤茶品质分析*

张朝阳, 秦 邦, 陈 娥, 胡百顺**, 马世龙, 陈永波, 刘 瑶, 杜兴媛
(恩施土家族苗族自治州农业科学院, 湖北 恩施 445000)

摘要:【目的】探究来凤藤茶感官评价与理化指标的相关性, 构建藤茶品质评价模型。【方法】以来凤县不同乡镇的 12 个藤茶样品为材料, 通过感官评价及理化指标测定, 结合相关性分析、主成分分析和聚类分析, 利用多元线性回归构建品质评价模型, 并采用线性回归验证模型重现性。【结果】感官综合评分在 85.42~92.59 之间; 12 项理化指标变异系数在 5.12%~30.81% 之间, 其中 10 项指标变异系数大于 10%; 理化指标间呈不同程度的相关性; 主成分分析共提取 3 个主成分, 方差累计贡献率为 86.003%; 聚类分析将 12 个藤茶样品聚为 3 类, 类群Ⅲ有 7 项理化指标低于其他类群; 多元线性回归得到评价模型为: 综合评分=0.742× $M_{\text{二氢杨梅素}}$ -0.574× $N_{\text{浑浊度}}$, 模型评分与感官综合评分线性回归相关系数为 0.782 6; 模型重现性线性回归相关系数为 0.695 6。【结论】本研究可为藤茶特色产业品质评价标准的建立提供参考。

关键词: 来凤藤茶; 感官评价; 理化指标; 多元线性回归; 评价模型

中图分类号: S571.101

文献标志码: A

文章编号: 1004-390X (2023) 05-0823-09

Quality Analysis of Laifeng Vine Tea Based on Sensory Evaluation and Physicochemical Indexes

ZHANG Chaoyang, QIN Bang, CHEN E, HU Baishun, MA Shilong,
CHEN Yongbo, LIU Yao, DU Xingyuan

(Enshi Autonomous Prefecture Academy of Agricultural Sciences, Enshi 445000, China)

Abstract: [Purpose] To explore the correlation between sensory evaluation and physiochemical indexes of Laifeng vine tea, so as to build a quality evaluation model. [Methods] A total of 12 samples of vine tea from different towns in Laifeng County were used as research materials. Through sensory evaluation and physiochemical indexes, combined with correlation analysis, principal component analysis (PCA), cluster analysis, multiple linear regression (MLR) were used to build a quality evaluation model and linear regression, and then the reproducibility of the model was tested.

[Results] The comprehensive sensory scores ranged from 85.42 to 92.59; the coefficient of variation of 12 physiochemical indexes was from 5.12% to 30.81%, of which the coefficient of variation of 10 indexes was greater than 10%; physiochemical indexes were correlated in varying degrees. Three principal components were extracted by PCA, and the cumulative contribution rate of variance was 86.003%; cluster analysis clustered 12 vine tea samples into three groups, and seven physiochemical indexes of group Ⅲ were lower than those of other groups; MLR obtained the quality evaluation

收稿日期: 2022-10-21

修回日期: 2023-09-13

网络首发日期: 2023-10-12

*基金项目: 中组部西部之光访问学者计划 (2021 年度); 恩施州科技指导性项目 (JCY2022000003)。

作者简介: 张朝阳 (1989—), 男, 河南许昌人, 硕士, 助理研究员, 主要从事藤茶加工和品质研究。

E-mail: 316631555@qq.com

**通信作者 Corresponding author: 胡百顺 (1984—), 男, 湖北恩施人, 硕士, 副研究员, 主要从事蜂蜜及藤茶的生产和品质研究。E-mail: 279814350@qq.com

网络首发地址: <https://link.cnki.net/urlid/53.1044.S.20231012.1453.003>



model: comprehensive score= $0.742 \times M_{\text{dihydromyricetin}} - 0.574 \times N_{\text{turbidity}}$, and linear regression correlation coefficient was 0.782 6; the linear regression correlation coefficient of model reproducibility was 0.695 6. [**Conclusion**] This study can provide a reference for the establishment of quality evaluation standard of vine tea characteristic industry.

Keywords: Laifeng vine tea; sensory evaluation; physiochemical indexes; multiple linear regression; evaluation model

来凤藤茶产于湖北省来凤县, 又名龙须茶、山甜茶, 是由葡萄科 (Vitaceae) 蛇葡萄属 (*Ampelopsis*) 显齿蛇葡萄 [*Ampelopsis grossedentata* (Hand.-Mazz.) W. T. Wang] 茎叶制成的代用茶, 2013 年被国家质量监督检验检疫总局批准成为国家地理标志保护产品。来凤藤茶口感独特^[1], 回甘快而持久, 同时富含黄酮类物质, 具有抗菌消炎^[2-3]、抗氧化^[4]、降压降脂^[5]和解酒保肝^[6-7]等功效, 且不含茶碱和咖啡因, 利于睡眠^[8], 深受消费者青睐。目前, 藤茶特色产业无统一的质量评价标准, 相关研究多以黄酮类物质含量为基准或参考六大茶类感官审评办法来评价藤茶品质优劣。范莉等^[9]、汪秋兰等^[10]和苏素娇^[11]建立了藤茶高效液相 (HPLC) 指纹图谱, 并利用二氢杨梅素、杨梅素和杨梅苷等黄酮类物质对藤茶进行质量评价; 张敏等^[12-13]采用感官定量描述分析法绘制了藤茶风味轮, 同时利用熵权法和灰色关联度分析构建了藤茶理化品质评价模型; 黄建华等^[14]对不同月份藤茶进行感官审评, 同时利用高效液相色谱—二极管阵列检测器 (HPLC-DAD) 测定二氢杨梅素, 发现 4 月的藤茶二氢杨梅素含量最高, 6 月的感官品质最佳。本研究以来凤藤茶为试验材料, 通过对外形、汤色、香气、滋味和叶底共 5 项感官指标及综合评分的评价, 同时在测定多酚、可溶性糖和总氨基酸含量的基础上, 测定 5 项黄酮类物质及 4 项汤色指标, 结合相关性分析、主成分分析和聚类分析, 利用多元线性回归构建品质评价模型, 同时验证模型重现性, 以期对藤茶特色产业品质评价标准的建立提供参考。

1 材料与方法

1.1 材料及试剂

来凤藤茶收集于 2021 年 11 月来凤县藤茶评审大会, 来源于来凤县不同乡镇企业和合作社, 其中, GLC-1~GLC-3 产自革勒车镇, SH-1~SH-4 产自三胡乡, JS-1~JS-3 产自旧司镇, DH-1~

DH-5 产自大河镇, BFS-1~BFS-4 产自百福司镇, LS-1 产自绿水镇。所有样品密封避光保存。

二氢杨梅素 (纯度 $\geq 98\%$, 上海源叶生物科技有限公司, 批号: Y08J12K136911); 花旗松素 (纯度 $\geq 98\%$, 上海阿拉丁生化科技股份有限公司, 批号: D2014038); 杨梅素 (纯度 $\geq 98\%$, 上海源叶生物科技有限公司, 批号: YM0311YA13); 杨梅苷 (纯度 $\geq 98\%$, 上海源叶生物科技有限公司, 批号: DO1031EA14)。甲醇 (色谱纯, 国药集团化学试剂有限公司); 福林酚 (1 mol/L, 上海源叶生物科技有限公司); 总氨基酸测定试剂盒 (南京建成生物工程研究所, 批号: 20220107); 其余试剂均为分析纯。

1.2 仪器设备

UltiMate 3000 高效液相色谱仪 (美国赛默飞世尔科技公司); TU-1810PC 紫外可见分光光度计 (上海普析通用仪器有限责任公司); SB-5200 超声波清洗仪 (宁波新芝生物科技股份有限公司); H1850 离心机 (湖南湘仪实验室仪器开发有限公司); HH-4 恒温水浴锅 (金坛科兴仪器厂); SQP 分析天平 (德国赛多利斯科学仪器有限公司); PCDX-W-10 超纯水器 (成都品成科技有限公司); C18 色谱柱 (Kromasil, 4.6 mm $\times$ 250 mm/5 μ m)。

1.3 试验方法

1.3.1 感官评价

参照 GB/T 23776—2018^[15]并进行适当修改。取茶样 3 g, 沸水 150 mL 冲泡 5 min, 分外形 (25%)、汤色 (10%)、香气 (25%)、滋味 (30%) 和叶底 (10%) 5 个因子, 由 7 名专家评茶员 (评分占 70%) 和 7 名企业评茶员 (评分占 30%) 进行审评, 各因子按专家组和企业组分别取平均值, 再按加权平均法计算各因子得分和综合评分。

1.3.2 样品溶液制备

取茶样 1.000 g, 精密称定, 沸水 50 mL 冲泡 5 min, 3 500 r/min 离心 5 min, 取上清液即得。

1.3.3 黄酮类物质含量的测定

量取 1.3.2 节样品溶液 1 mL 置于 10 mL 容量瓶中, 蒸馏水定容至刻度, 即得供试品溶液。参照汪秋兰等^[10]的方法测定二氢杨梅素、花旗松素、杨梅苷和杨梅素的含量以及二氢杨梅素异构体峰面积。

1.3.4 多酚含量的测定

量取 1.3.2 节样品溶液 1 mL 置于 100 mL 容量瓶中, 蒸馏水定容至刻度, 即得供试品溶液。参照 GB/T 8313—2018^[16]测定。

1.3.5 可溶性糖含量的测定

量取 1.3.2 节样品溶液 10 mL, 加入 4 倍体积无水乙醇, 混匀, 静置 12 h 以上, 3 500 r/min 离心 5 min, 沉淀用 5 mL 蒸馏水溶解, 即得供试品溶液。参照方杰等^[17]的方法测定。

1.3.6 总氨基酸含量的测定

取 1.3.2 节样品溶液作为供试品溶液, 按照总氨基酸 (T-AA) 测定试剂盒说明书测定。

1.3.7 汤色指标测定

亮度、黄度、绿度和浑浊度参照张霞等^[18]的方法测定。

1.4 数据统计与分析

采用 Excel 2010 进行标准差和变异系数分析; 采用 SPSS 22.0 进行相关性分析、主成分分析和多元线性回归分析; 采用 Origin 2021 绘制聚类分析图和线性回归图; 采用 GraphPad 8.0 绘制多元线性回归可视化图。

1.4.1 相关性分析

将理化指标数据导入 SPSS 22.0, 利用 Per-

son 相关系数进行相关性分析。

1.4.2 主成分分析

将理化指标数据导入 SPSS 22.0, 基于特征值大于 1 的原则进行主成分分析。

1.4.3 聚类分析

将理化指标数据标准化处理后导入 Origin 2021 进行聚类分析, 聚类方法采用瓦尔德法, 聚类区间为欧式距离。

1.4.4 多元线性回归分析

将感官综合评分与 12 项理化指标数据标准化处理后导入 SPSS 22.0, 以感官综合评分为因变量、12 项理化指标为自变量进行多元线性回归分析。

1.4.5 评价模型重现性分析

另取来凤县不同乡镇藤茶样品, 按 1.3.1 节感官评价方法进行感官审评, 利用加权平均法计算感官综合评分, 同时测定相关理化指标。将理化指标数据标准化处理后代入评价模型, 以模型评分为横坐标、数据标准化处理后的感官综合评分为纵坐标进行线性回归分析。

2 结果与分析

2.1 感官评价

由表 1 可知: 样品外形得分 84.81~93.25, 最高分为 DH-1, 最低分为 JS-2; 汤色得分 81.46~91.80, 最高分为 BFS-2, 最低分为 JS-1; 香气得分 86.27~92.89, 最高分为 DH-1, 最低分为 JS-1; 滋味得分 85.91~92.46, 最高分为 DH-1, 最低分为 JS-1; 叶底得分 85.01~96.74, 最高分为 LS-1,

表 1 感官评价结果
Tab. 1 Results of sensory evaluation

样品编号 sample No.	外形 (25%) appearance	汤色 (10%) liquor color	香气 (25%) aroma	滋味 (30%) taste	叶底 (10%) leaf base	感官综合评分 sensory composite score	排名 rank
GLC-1	90.44±2.10	85.71±4.60	88.21±3.25	89.00±1.68	87.41±5.40	88.68±2.84	9
GLC-2	87.41±1.80	89.30±1.88	89.72±2.03	89.30±3.54	88.75±2.03	88.88±2.41	8
SH-1	90.68±2.82	89.94±2.64	90.39±3.08	91.89±1.68	90.84±4.62	90.91±2.71	5
SH-2	90.94±2.02	88.65±2.15	91.16±1.97	88.69±2.97	88.19±3.00	89.82±2.40	7
JS-1	86.06±2.54	81.46±3.72	86.27±5.14	85.91±2.19	86.64±4.68	85.67±3.42	11
JS-2	84.81±2.66	83.25±2.48	86.43±4.13	85.94±4.15	85.01±2.18	85.42±3.41	12
DH-1	93.25±1.54	88.95±2.02	92.89±1.42	92.46±2.20	94.19±2.99	92.59±1.90	1
DH-2	90.59±2.25	89.91±2.14	92.81±1.11	90.00±2.10	96.70±2.59	91.51±1.94	4
DH-3	92.17±1.90	91.65±2.39	92.65±1.28	90.00±3.30	91.79±0.62	91.55±2.09	2
BFS-1	87.75±3.24	85.06±3.18	88.17±1.61	87.54±2.87	88.70±3.03	87.62±2.69	10
BFS-2	91.04±1.66	91.80±2.11	90.24±1.71	90.69±2.26	89.24±2.44	90.63±1.98	6
LS-1	91.05±2.34	91.78±2.40	91.77±1.20	89.92±2.30	96.74±1.94	91.53±2.01	3

最低分为 JS-2；感官综合评分 85.42~92.59，最高分为 DH-1，最低分为 JS-2；综合排名依次为 DH-1、DH-3、LS-1、DH-2、SH-1、BFS-2、SH-2、GLC-2、GLC-1、BFS-1、JS-1、JS-2。

2.2 理化指标

2.2.1 描述性分析

由表 2 可知：12 项理化指标变异系数在 5.12%~30.81% 之间，最大为浑浊度，最小为多酚，且除二氢杨梅素和多酚外，其他理化指标的变异系数均大于 10%，其中 7 项理化指标变异系数大于 20%，说明不同样品间理化指标存在不同程度差异。

二氢杨梅素含量、花旗松素含量、二氢杨梅素异构体峰面积、多酚含量和可溶性糖含量均为 DH-3 最高，总氨基酸含量和黄度吸光度均为 BFS-1 最高，杨梅苷含量、绿度吸光度和浑浊度吸光度均为 JS-1 最高，杨梅素含量为 SH-2 最高，亮度吸光度为 JS-2 最高；二氢杨梅素含量、多酚含量、可溶性糖含量和总氨基酸含量均为 JS-2 最低，亮度吸光度、黄度吸光度、绿度吸光度和浑浊度吸光度均为 DH-2 最低，花旗松素含量和二氢杨梅素异构体峰面积均为 JS-1 最低，杨梅苷含量为 GLC-1 最低，杨梅素含量为 DH-1 最低。

表 2 理化指标测定结果
Tab. 2 Measurement results of physiochemical indexes

样品编号 sample No.	二氢杨梅素/ (mg·mL ⁻¹) dihydro-myricetin	花旗松素/ (μg·mL ⁻¹) taxifolin	杨梅苷/ (μg·mL ⁻¹) myricitrin	杨梅素/ (μg·mL ⁻¹) myricetin	二氢杨梅素异构体峰面积 peak area of dihydromyricetin isomer	多酚/ (mg·mL ⁻¹) polyphenol	可溶性糖/ (μg·mL ⁻¹) soluble sugar	总氨基酸/ (μmol·mL ⁻¹) total amino acids	亮度 bright-ness	黄度 yellow-ness	绿度 green-ness	浑浊度 turbidity
GLC-1	6.95	64.39	36.69	48.61	59.62	5.68	21.55	16.03	0.293	0.791	0.067	0.020
GLC-2	6.70	60.91	52.74	52.63	55.66	5.88	20.18	14.38	0.348	0.919	0.072	0.016
SH-1	7.09	66.61	44.52	48.44	55.46	5.99	24.73	19.67	0.260	0.824	0.051	0.015
SH-2	6.83	58.26	58.35	85.82	55.19	5.75	19.42	14.74	0.337	1.028	0.059	0.014
JS-1	6.44	53.77	75.01	55.66	45.16	5.66	22.91	13.46	0.387	1.065	0.097	0.029
JS-2	6.14	54.14	62.82	56.70	47.90	5.46	17.45	12.82	0.403	0.750	0.074	0.025
DH-1	6.96	66.85	49.47	45.63	60.41	6.32	22.15	14.10	0.284	0.792	0.062	0.016
DH-2	7.27	63.42	47.02	58.97	62.10	6.24	22.00	20.87	0.245	0.714	0.044	0.010
DH-3	7.89	78.45	48.57	83.55	68.10	6.39	33.52	13.46	0.326	1.036	0.059	0.021
BFS-1	6.55	55.68	71.33	74.45	58.18	5.59	21.39	21.79	0.361	1.375	0.068	0.012
BFS-2	7.04	58.17	57.54	82.74	60.11	6.02	33.52	18.95	0.307	1.307	0.059	0.018
LS-1	7.31	63.73	41.48	65.70	63.85	6.11	21.85	13.46	0.255	0.788	0.049	0.015
平均值 average	6.93	62.03	53.80	63.24	57.65	5.92	23.39	16.15	0.317	0.949	0.063	0.018
标准差 standard deviation	0.45	6.91	11.67	14.80	6.40	0.30	5.06	3.25	0.052	0.218	0.014	0.005
变异系数/% coefficient of variation	6.56	11.14	21.68	23.40	11.11	5.12	21.63	20.15	16.39	22.99	22.03	30.81

2.2.2 相关性分析

由表 3 可知：二氢杨梅素、花旗松素、二氢杨梅素异构体、多酚之间呈极显著正相关 ($P<0.01$)，二氢杨梅素与可溶性糖呈显著正相关 ($P<0.05$)，杨梅素与黄度呈显著正相关 ($P<0.05$)，杨梅苷、亮度、黄度、绿度、浑浊度呈不同程度正相关；总氨基酸与浑浊度呈显著负相关 ($P<0.05$)，二氢杨梅素、花旗松素、二氢杨梅素异构体、多酚与杨梅苷、亮度、黄度、绿度、浑浊度

之间呈不同程度负相关。

2.2.3 主成分分析

由表 4 可知：共提取主成分 3 个，特征值分别为 5.931、2.493 和 1.896，方差贡献率分别为 49.424%、20.776% 和 15.803%，方差累计贡献率为 86.003%，大于 85%，可代表藤茶品质的大部分信息。对主成分 1 影响较大的理化指标有二氢杨梅素、花旗松素、杨梅苷、二氢杨梅素异构体、多酚、亮度和绿度，其中二氢杨梅素、花旗

松素、二氢杨梅素异构体和多酚具有较大的正向载荷系数, 杨梅苷、亮度和绿度具有较大的负向载荷系数; 对主成分 2 影响较大的理化指标有杨梅素和黄色度, 均具有较大的正向载荷系数; 对主成分 3 影响较大的理化指标有总氨基酸和浑浊度, 其中浑浊度具有较大的正向载荷系数, 总氨

表 3 理化指标相关性分析结果

Tab. 3 Correlation analysis results of physiochemical indexes

指标 indexes	二氢杨 梅素 dihydrom- yricetin	花旗 松素 taxifolin	杨梅苷 myricitroside	杨梅素 myricetin	二氢杨梅 素异构体 dihydromy- ricetin isomer	多酚 polyphenol	可溶 性糖 soluble sugar	总氨 基酸 total amino acids	亮度 brightness	黄色度 yellowness	绿度 greenness
花旗松素 taxifolin	0.885**										
杨梅苷 myricitroside	-0.648*	-0.686*									
杨梅素 myricetin	0.306	0.035	0.274								
二氢杨梅素异构体 dihydromyricetin isomer	0.879**	0.770**	-0.645*	0.328							
多酚 polyphenol	0.857**	0.796**	-0.541	0.079	0.763**						
可溶性糖 soluble sugar	0.659*	0.521	-0.117	0.484	0.516	0.557					
总氨基酸 total amino acids	0.071	-0.109	0.027	0.097	0.199	0.014	0.150				
亮度 brightness	-0.687*	-0.542	0.801**	0.170	-0.669*	-0.692*	-0.213	-0.357			
黄色度 yellowness	-0.099	-0.278	0.626*	0.664*	-0.009	-0.212	0.449	0.344	0.406		
绿度 greenness	-0.668*	-0.513	0.689*	-0.191	-0.741**	-0.611*	-0.206	-0.407	0.827**	0.276	
浑浊度 turbidity	-0.340	-0.185	0.364	-0.145	-0.558	-0.361	0.094	-0.629*	0.628*	0.005	0.780**

注: “*”表示显著相关 ($P<0.05$); “**”表示极显著相关 ($P<0.01$)。
Note: “*” indicates significant correlation ($P<0.05$); “**” indicates extremely significant correlation ($P<0.01$).

表 4 主成分分析向量载荷系数、特征值和方差贡献率

Tab. 4 Vector load coefficient, eigenvalue and variance contribution rates of principal component analysis

理化指标 physiochemical indexes	主成分1 principal component 1	主成分2 principal component 2	主成分3 principal component 3
二氢杨梅素 dihydromyricetin	0.923	0.186	0.280
花旗松素 taxifolin	0.824	-0.043	0.444
杨梅苷 myricitroside	-0.788	0.489	-0.067
杨梅素 myricetin	0.134	0.846	0.025
二氢杨梅素异构体 dihydromyricetin isomer	0.912	0.212	0.039
多酚 polyphenol	0.860	0.038	0.259
可溶性糖 soluble sugar	0.482	0.652	0.408
总氨基酸 total amino acids	0.239	0.321	-0.786
亮度 brightness	-0.865	0.269	0.254
黄色度 yellowness	-0.245	0.923	-0.121
绿度 greenness	-0.862	0.051	0.373
浑浊度 turbidity	-0.591	-0.039	0.738
特征值 characteristic value	5.931	2.493	1.896
方差贡献率/% variance contribution rate	49.424	20.776	15.803
方差累计贡献率/% variance cumulative contribution rate	49.424	70.200	86.003

基酸具有较大的负向载荷系数。

2.2.4 聚类分析

由图 1 可知：当欧式距离为 8.0 时，可将 12 个来凤藤茶样品聚为 3 个类群。类群 I 有 7 个藤茶样品，分别为 GLC-1、GLC-2、SH-1、DH-2、DH-1、LS-1 和 DH-3；类群 II 有 3 个藤茶样品，分别为 SH-2、BFS-1 和 BFS-2；类群 III 有 2 个藤茶样品，分别为 JS-1 和 JS-2。

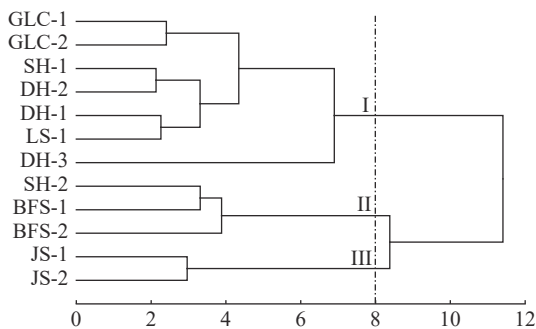


图 1 来凤藤茶聚类分析图
Fig. 1 Cluster analysis of Laifeng vine tea

由表 5 可知：类群 I 藤茶样品的二氢杨梅素含量、花旗松素含量、二氢杨梅素异构体峰面积和多酚含量的平均值均高于其他类群，杨梅苷含量、亮度、黄度和绿度的平均值均低于其他类群；类群 II 藤茶样品的杨梅素含量、可溶性糖含量、总氨基酸含量和黄度的平均值均高于其他类群，浑浊度的平均值低于其他类群；类群 III 藤茶样品的杨梅苷含量、亮度、绿度和浑浊度的平均值均高于其他类群，二氢杨梅素含量、花旗松素含量、杨梅素含量、二氢杨梅素异构体峰面积、多酚含量、可溶性糖含量和总氨基酸含量的平均值均低于其他类群。同时，除类群 I 的杨梅素和浑浊度、类群 II 的可溶性糖和浑浊度、类群 III 的黄度外，各类群其他理化指标的变异系数均小于 20%，说明类群划分基本合理。

2.3 多元线性回归评价模型

多元线性回归结果表明：Durbin-Watson 值为 1.756，说明样本间基本独立，各指标方差膨胀系数 (variance inflation factor, VIF) 均大于 5，说明指标间存在较强的多重共线性，因此需排除多重共线性指标，重新进行线性回归。由于二氢

表 5 不同类群来凤藤茶理化特征
Tab. 5 Physicochemical characteristics of Laifeng vine tea from different groups

指标 indexes	类群 I group I		类群 II group II		类群 III group III	
	平均值 average value	变异系数/% coefficient of variation	平均值 average value	变异系数/% coefficient of variation	平均值 average value	变异系数/% coefficient of variation
二氢杨梅素/(mg·mL ⁻¹) dihydromyricetin	7.17	5.28	6.81	3.55	6.29	3.32
花旗松素/(μg·mL ⁻¹) taxifolin	66.34	8.61	57.37	2.55	53.95	0.48
杨梅苷/(μg·mL ⁻¹) myricitroside	45.79	11.77	62.41	12.40	68.91	12.51
杨梅素/(μg·mL ⁻¹) myricetin	57.65	23.20	81.00	7.26	56.18	1.31
二氢杨梅素异构体 dihydromyricetin isomer	60.74	7.39	57.83	4.29	46.53	4.16
多酚/(mg·mL ⁻¹) polyphenol	6.09	4.18	5.79	3.77	5.56	2.52
可溶性糖/(μg·mL ⁻¹) soluble sugar	23.71	19.11	24.78	30.80	20.18	19.11
总氨基酸/(μmol·mL ⁻¹) total amino acids	16.00	19.15	18.50	19.18	13.14	3.45
亮度 brightness	0.287	13.33	0.335	8.08	0.395	2.86
黄度 yellowness	0.838	12.72	1.237	14.87	0.908	24.54
绿度 greenness	0.058	17.61	0.062	8.38	0.086	19.02
浑浊度 turbidity	0.016	22.46	0.015	20.83	0.027	10.48

杨梅素为藤茶的主要活性物质^[19]，因此选定二氢杨梅素为分析指标，排除与二氢杨梅素显著相关的理化指标，最终选定二氢杨梅素、杨梅素、总氨基酸、黄度和浑浊度 5 项指标再次进行多元线性回归。结果表明：调整后 $R^2=0.753\ 0$ ，说明综合评分与 5 项理化指标线性拟合度良好；Durbin-Watson 值为 2.367，说明样本间基本独立； F 值为 7.707， P 值为 0.014，小于 0.05，说明线性关系显著。由表 6 可知：5 项理化指标 VIF 值均小于 5，说明指标间多重共线性较弱，但杨梅素、总氨基酸和黄度的 P 值均大于 0.05，说明该 3 项理化指标与综合评分线性关系不显著，因此选择二氢杨梅素和浑浊度构建综合评价模型，结合标准化系数，最终评价模型为：综合评分= $0.742\times M_{\text{二氢杨梅素}}-0.574\times N_{\text{浑浊度}}$ ，其中 $M_{\text{二氢杨梅素}}$ 和 $N_{\text{浑浊度}}$ 均为标准化处理后数据，模型可视化见图 2。

表 6 多元线性回归分析结果

Tab. 6 Results of multiple linear regression analysis

理化指标 physiochemical indexes	标准化系数 standardization coefficient	P 值 P -value	VIF 值 VIF value
二氢杨梅素 dihydromyricetin	0.742	0.006	1.469
杨梅素 myricetin	-0.259	0.348	2.888
总氨基酸 total amino acids	-0.267	0.309	2.578
黄度 yellowness	0.139	0.624	3.252
浑浊度 turbidity	-0.574	0.046	2.339

将二氢杨梅素和浑浊度数据标准化处理后代入评价模型进行线性回归，由图 3 可知：线性回归方程为 $y=0.8282x+7.1739\times10^{-7}$ ，调整后 $R^2=0.7826$ ，与多元线性回归分析结果基本相符。

表 7 评价模型重现性样品信息

Tab. 7 Sample information of evaluation model reproducibility

样品编号 sample No.	外形 (25%) appearance	汤色 (10%) liquor color	香气 (25%) aroma	滋味 (30%) taste	叶底 (10%) leaf base	感官综合评分 sensory composite score	二氢杨梅素/ ($\text{mg}\cdot\text{mL}^{-1}$) dihydromyricetin	浑浊度 turbidity
GLC-3	91.49±2.12	88.71±2.84	91.29±2.30	89.84±1.98	88.75±2.82	90.39±2.27	6.65	0.015
SH-3	85.59±2.40	87.41±3.95	89.18±2.35	89.93±1.72	88.24±3.11	88.24±2.41	6.14	0.019
SH-4	90.46±1.96	88.55±2.87	92.60±1.50	89.01±2.83	89.95±2.21	90.32±2.22	6.77	0.012
JS-3	90.05±2.15	90.07±2.06	87.60±2.25	90.11±1.56	91.41±3.00	89.59±2.07	6.86	0.014
DH-4	86.16±3.46	88.56±3.95	89.94±5.55	90.62±1.67	89.87±4.07	89.05±3.56	6.30	0.016
DH-5	88.35±2.58	89.20±2.08	89.10±2.03	88.05±2.23	90.54±0.76	88.75±2.11	6.58	0.015
BFS-3	95.01±2.12	91.30±0.93	92.86±1.55	90.94±2.58	90.26±2.23	92.40±2.01	7.05	0.012
BFS-4	90.15±3.44	82.56±4.05	87.85±3.92	87.86±2.03	89.30±4.85	88.04±3.34	6.38	0.018

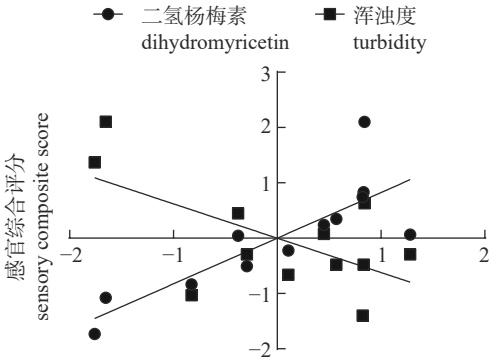


图 2 多元线性回归可视化图

Fig. 2 Visualization diagram of multiple linear regression

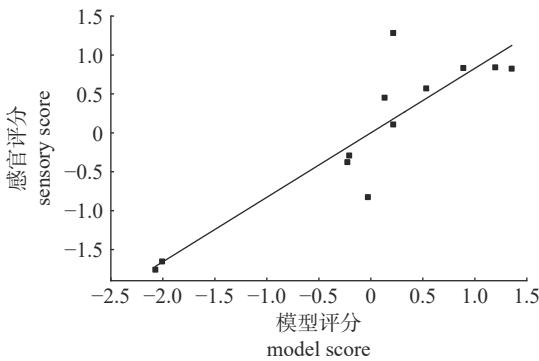


图 3 模型评价与感官评价线性回归图

Fig. 3 Linear regression diagram of model evaluation and sensory evaluation

2.4 评价模型重现性

评价模型重现性样品信息见表 7。由图 4 可知：线性回归方程为 $y=0.667\ 6x+0.001\ 7$ ，调整后 $R^2=0.695\ 6$ ，略低于 2.3 节的线性回归相关系数，可能是由于样品数量少或感官评价主观因素干扰所致。

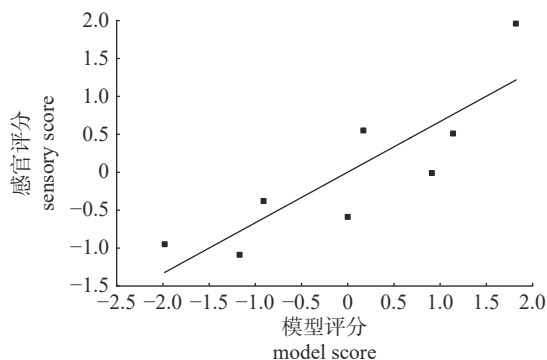


图 4 评价模型重现性线性回归图

Fig. 4 Linear regression diagram of evaluation model reproducibility

3 讨论

3.1 理化指标间相关性

张敏等^[13]研究表明：茶汤亮度与黄度、绿度、浊度，绿度与浊度，干茶多酚与茶汤黄酮之间呈极显著正相关 ($P<0.01$)，茶汤多酚与绿度、浊度之间呈极显著负相关 ($P<0.01$)，这与本研究结果类似，但单一黄酮类物质间的相关性研究鲜见报道。本研究发现：二氢杨梅素、花旗松素、二氢杨梅素异构体之间呈极显著正相关 ($P<0.01$)，杨梅苷与二氢杨梅素、花旗松素、二氢杨梅素异构体之间呈显著负相关 ($P<0.05$)。由于黄酮类物质为藤茶中主要活性成分^[20]，因此明确单一黄酮类物质的组成与含量关系，将有利于藤茶水溶性提取物的进一步研究与开发。

3.2 多元线性回归评价模型的适用性

感官评价是评价茶叶品质的主要方法，但容易受到评茶员专业性和个人经验等主观因素干扰^[21]，因此将感官评价量化为稳定的评价标准至关重要。本研究在参考利用多元线性回归分析茶叶感官品质和理化指标相关研究^[22-24]的基础上，通过分析藤茶理化指标相关性，同时对感官综合评分与理化指标进行多元线性回归并构建评价模型，结果表明：二氢杨梅素含量对综合评分具有正向促进作用，这与相关研究^[14, 25-26]以藤茶中二氢杨梅素含量为基准对藤茶进行品质评价基本相符；模型评分与感官综合评分线性回归相关系数为 0.7826，略低于张敏等^[13]利用熵权法和灰色关联度分析法构建的评价模型 ($R^2=0.822$)，这可能是由于构建模型的理化指标和样品数量偏少所致。由于本研究探究的是藤茶感官评价与理化指

标的相关性，理化指标测定对象与感官评价对象保持一致，均为藤茶茶汤，而常规的品质评价测定对象多为醇溶性提取物^[27]，因此构建的评价模型在适用性上存在一定的局限性。

目前，藤茶特色产业没有统一的质量评价标准，相关研究多以黄酮类物质为基准或参照传统茶叶感官评价方法，由于藤茶是显齿蛇葡萄嫩茎叶制成的代用茶，在植物基原、化学成分和风味等方面与传统茶叶存在明显差异，单纯参照传统茶叶评价方法在茶水比例、滋味、汤色和叶底等方面进行评价已不相适宜，因此下一步将继续扩大样品覆盖范围，改进并完善相关技术参数，以期建立适用于藤茶的质量评价体系。

4 结论

本研究通过对来凤藤茶感官评价及理化指标测定，明确了藤茶理化指标间的相关性，明确了影响藤茶品质的主要理化指标，利用多元线性回归构建了评价模型：综合评分 = $0.742 \times M_{\text{二氢杨梅素}} - 0.574 \times N_{\text{浑浊度}}$ ，模型评分与感官综合评分线性回归相关系数为 0.7826，可为藤茶特色产业品质评价标准的建立提供参考。

[参考文献]

- [1] CARNEIRO R, YE L Y, BAEK N, et al. Vine tea (*Ampelopsis grossedentata*): a review of chemical composition, functional properties, and potential food applications[J]. Journal of Functional Foods, 2021, 76: 104317. DOI: 10.1016/j.jff.2020.104317.
- [2] QIAN J N, WANG X, CAO J, et al. Dihydromyricetin attenuates D-galactose-induced brain aging of mice via inhibiting oxidative stress and neuroinflammation[J]. Neuroscience Letters, 2021, 756: 135963. DOI: 10.1016/j.neulet.2021.135963.
- [3] ZHOU H Y, GAO S Q, GONG Y S, et al. Anti-HSV-1 effect of dihydromyricetin from *Ampelopsis grossedentata* via the TLR9-dependent anti-inflammatory pathway[J]. Journal of Global Antimicrobial Resistance, 2020, 23: 370. DOI: 10.1016/j.jgar.2020.10.003.
- [4] 王元, 徐新, 李佳川. 土家药食资源藤茶黄酮类化合物体外抗氧化活性研究[J]. 食品科技, 2020, 45(1): 274. DOI: 10.13684/j.cnki.spkj.2020.01.045.
- [5] XIE K, HE X, CHEN K Y, et al. Ameliorative effects and molecular mechanisms of vine tea on western diet-induced NAFLD[J]. Food & Function, 2020, 11(7): 1. DOI: 10.1039/d0fo00795a.
- [6] GAO J, SHI N, GUO H J, et al. UPLC-Q-TOF/MS-based metabolomics approach to reveal the hepatotoxicity of

- emodin and detoxification of dihydromyricetin[J]. ACS Omega, 2021, 6(8): 5348. DOI: 10.1021/acsomega.0c05488.
- [7] FAN L L, QU X S, YI T, et al. Metabolomics of the protective effect of *Ampelopsis grossedentata* and its major active compound dihydromyricetin on the liver of high-fat diet hamster[J]. Evidence-based Complementary and Alternative Medicine, 2020, 2020(35): 3472578. DOI: 10.1155/2020/3472578.
- [8] 孙晓媛. 藤茶及其主要成分双氢杨梅素对慢性睡眠剥夺小鼠学习记忆能力的改善作用与机制初探[D]. 北京: 北京协和医学院, 2020.
- [9] 范莉, 侯小龙, 王文清, 等. 指纹图谱结合一测多评模式在藤茶质量评价中的应用研究[J]. 中草药, 2016, 47(22): 4076. DOI: 10.7501/j.issn.0253-2670.2016.22.024.
- [10] 汪秋兰, 王文清, 万青, 等. 基于HPLC-PDA指纹图谱、化学模式识别及多成分定量分析评价藤茶药材的质量[J]. 中国药师, 2021, 24(8): 558. DOI: 10.19962/j.cnki.issn1008-049X.2021.08.031.
- [11] 苏素娇. 显齿蛇葡萄品质评价及其相关药效学研究[D]. 福州: 福建中医药大学, 2014.
- [12] 张敏, 余佶, 王琪琰, 等. 藤茶感官特征定量描述分析与风味轮构建[J]. 食品与发酵工业, 2021, 47(8): 134. DOI: 10.13995/j.cnki.11-1802/ts.025759.
- [13] 张敏, 余佶, 王琪琰, 等. 基于熵权法和灰色关联分析的藤茶理化品质评价与分级应用[J]. 食品与机械, 2021, 37(1): 186. DOI: 10.13652/j.issn.1003-5788.2021.01.031.
- [14] 黄建华, 谢思敏, 彭清华, 等. 基于感官审评与HPLC-DAD法的不同月份藤茶质量研究[J]. 中国野生植物资源, 2020, 39(4): 7. DOI: 10.3969/j.issn.1006-9690.2020.04.002.
- [15] GB/T 23776—2018. 茶叶感官审评方法[S].
- [16] GB/T 8313—2018. 茶叶中茶多酚和儿茶素类含量的检测方法[S].
- [17] 方杰, 王成祥, 王莉婷, 等. 红曲茯苓片中多糖含量测定方法的比较研究[J]. 时珍国医国药, 2021, 32(11): 2672. DOI: 10.3969/j.issn.1008-0805.2021.11.27.
- [18] 张霞, 许云霞, 杨朝东. 绿茶茶水放置过程中主要呈味物质动态变化研究[J]. 长江大学学报(自科版), 2015, 12(21): 50. DOI: 10.16772/j.cnki.1673-1409.2015.21.006.
- [19] HU H C, LUO F, WANG M J, et al. New method for extracting and purifying dihydromyricetin from *Ampelopsis grossedentata*[J]. ACS Omega, 2020, 5(23): 13955. DOI: 10.1021/acsomega.0c01222.
- [20] 杨冰慧, 李兵, 马金龙, 等. 药用植物藤茶的研究进展[J]. 大连民族大学学报, 2023, 25(3): 199. DOI: 10.13744/j.cnki.cn21-1431/g4.2023.03.001.
- [21] 温立香, 张芬, 何梅珍, 等. 茶叶品质评价技术的研究现状[J]. 食品研究与开发, 2018, 39(15): 197. DOI: 10.3969/j.issn.1005-6521.2018.15.038.
- [22] 叶琳. 典型产区武夷岩茶感官品质与内含物关系研究[D]. 福州: 福建农林大学, 2016.
- [23] 赵素芬, 刘晓艳. 西湖龙井茶生化成分与感官品质的相关性研究[J]. 安徽农业科学, 2010, 38(12): 6197. DOI: 10.13989/j.cnki.0517-6611.2010.12.108.
- [24] 张守科, 方林鑫, 王毅, 等. 基于组成型抗性性状的油茶抗茶籽象的评价模型[J]. 林业科学, 2020, 56(12): 67. DOI: 10.11707/j.1001-7488.20201208.
- [25] 林诗瑶, 阙金花, 李煌, 等. HPLC法测定藤茶的二氢杨梅素含量[J]. 福建中医药大学学报, 2014, 24(3): 44. DOI: 10.13261/j.cnki.jfutcm.002940.
- [26] 付明, 李胜华, 张婷, 等. RP-HPLC法测定湘西藤茶二氢杨梅素的含量[J]. 江苏农业科学, 2014, 42(7): 332. DOI: 10.15889/j.issn.1002-1302.2014.07.282.
- [27] 冯淳, 张妮, 周大颖, 等. HPLC测定显齿蛇葡萄叶中4种黄酮类化合物的含量[J]. 食品工业科技, 2018, 39(24): 240. DOI: 10.13386/j.issn1002-0306.2018.24.041.

责任编辑: 何承刚