

基于指纹图谱结合化学模式识别评价不同品种梅花的质量及抗氧化活性

吴 瑞¹, 程庆兵², 金凤华², 刘 毅¹, 徐 良¹, 王 玮², 张 伟^{1,3}, 李国强^{1*}, 欧金梅^{1,3,4*}

1. 安徽中医药大学药学院, 安徽 合肥 230012

2. 合肥市食品药品检验中心, 安徽 合肥 230012

3. 中药饮片制造新技术安徽省重点实验室, 安徽 合肥 230012

4. 道地药材国家重点实验室, 北京 100700

摘 要: **目的** 利用化学模式识别技术分析不同品种梅花 *Mume Flos* 指纹图谱, 结合含量测定和抗氧化能力测定评价不同品种梅花的质量和差异性。 **方法** 采用超高效液相色谱法 (UPLC) 建立不同品种梅花的指纹图谱, 结合化学模式识别技术探讨不同品种梅花之间的差异性, 筛选导致不同品种梅花差异的特征化学成分, 并定量分析; 采用 DPPH 自由基清除法检测不同品种梅花的抗氧化活性。 **结果** 33 批梅花指纹图谱共有 22 个共有峰, 品种群内相似度在 0.869 以上, 而品种群间相似度较低。聚类分析 (hierarchical cluster analysis, HCA)、主成分分析 (principal component analysis, PCA) 及偏最小二乘判别分析 (orthogonal partial least squares discriminant analysis, OPLS-DA) 可将 33 批梅花分为 2 大类 3 小类, 其中绿萼品种群可与其余样品区分。结合 OPLS-DA 表明, 绿原酸、芦丁、金丝桃苷、异槲皮苷、异绿原酸 B、槲皮苷、柚皮素等 12 个成分可能是导致不同品种梅花差异的特征标志物。含量测定结果表明, 除柚皮素外, 绿萼品种群样品在成分含量上占优势。抗氧化活性结果表明, 绿萼品种群、朱砂品种群及 DHH 的抗氧化能力相对较强, 各品种梅花抗氧化活性与绿原酸、金丝桃苷、异槲皮苷、异绿原酸 B 具有较强相关性。 **结论** 不同品种梅花的成分含量及抗氧化活性具有一定差异性, 其中绿萼品种群相对稳定。为探究不同品种梅花的差异性, 为梅花以“绿萼”为好提供数据支撑。

关键词: 梅; 梅花; 指纹图谱; 差异标志物; 抗氧化活性; 差异性; 绿原酸; 芦丁; 金丝桃苷; 异槲皮苷; 异绿原酸 B; 槲皮苷; 柚皮素

中图分类号: R286.2 文献标志码: A 文章编号: 0253-2670(2026)02-0652-13

DOI: 10.7501/j.issn.0253-2670.2026.02.024

Quality evaluation and antioxidant activity of different varieties of *Mume Flos* based on fingerprint combined with chemical pattern recognition

WU Rui¹, CHENG Qingbing², JIN Fenghua², LIU Yi¹, XU Liang¹, WANG Wei², ZHANG Wei^{1,3}, LI Guoqiang¹, OU Jinmei^{1,3,4}

1. School of Pharmacy, Anhui University of Chinese Medicine, Hefei 230012, China

2. Hefei Food and Drug Inspection Centre, Hefei 230012, China

3. Anhui Key Laboratory of New Manufacturing Technology of Chinese Medicine Pieces, Hefei 230012, China

4. State Key Laboratory of Dao-di Herbs, Beijing 100700, China

Abstract: Objective To evaluate the quality and differences among different varieties of *Mume Flos* by analyzing their fingerprints using chemical pattern recognition techniques, combined with quantitative analysis of characteristic components and antioxidant activity assays. **Methods** Ultra-high performance liquid chromatography (UPLC) was used to establish the fingerprints of different varieties of *Mume Flos*, combined with the chemical pattern recognition technology to explore the differences between different varieties of *Mume Flos*, screened for the characteristic chemical components that lead to the differences between different varieties of *Mume Flos*, and quantitatively analyzed them. The antioxidant activity of different varieties of *Mume Flos* was detected by DPPH free

收稿日期: 2025-10-02

基金项目: 名贵中药资源可持续利用能力建设项目 (2060302); 安徽道地主产药材药效物质基础研究 (RZ2100000757); 安徽省高校科研项目 (2023AH050787); 安徽中医药大学人才项目 (2021rcyb011)

作者简介: 吴 瑞, 女, 硕士研究生, 研究方向为中药资源与质量评价。E-mail: 3360940473@qq.com

*通信作者: 李国强, 男, 副教授, 硕士生导师, 主要从事中药质量控制研究。E-mail: 363052713@qq.com

欧金梅, 女, 教授, 硕士生导师, 主要从事中药资源与质量评价研究。E-mail: toojm9319@163.com

radical scavenging method. **Results** A total of 22 common peaks were identified in the fingerprints of 33 batches of *Mume Flos*. The similarity within the varietal group was above 0.869, while the similarity between the varietal groups was relatively low. Hierarchical cluster analysis (HCA), principal component analysis (PCA) and orthogonal partial least squares discriminant analysis (OPLS-DA) were used to classify the 33 batches of *Mume Flos* into two major groups and three subgroups, among which the green calyx group could be distinguished from the rest of the samples. The combination of OPLS-DA indicated that 12 components, including chlorogenic acid, rutin, hyperoside, isoquercitrin, isochlorogenic acid B, quercitrin, and naringenin, might be the characteristic markers leading to the differences in different varieties of *Mume Flos*. The results of the content determination showed that the samples from the green calyx variety group were dominant in the content of the components except naringenin. The results of antioxidant activity showed that the antioxidant capacity of green calyx variety group, the vermilion variety group, and DHH were relatively higher, and the antioxidant activities of various varieties of *Mume Flos* had strong correlations with chlorogenic acid, hyperoside, isoquercitrin, isochlorogenic acid B. **Conclusion** The content of components and antioxidant activity of different varieties of *Mume Flos* have some variability, among which the green calyx variety group is relatively stable. These results provide data support for exploring the variability of different *Mume Flos* varieties and the preference of “green calyx” for *Mume Flos*.

Key words: *Prunus mume* (Sieb.) Sieb. et Zucc.; *Mume Flos*; fingerprint; differential markers; antioxidant activity; difference; chlorogenic acid; rutin; hyperoside; isoquercitrin; isochlorogenic acid B; quercitrin; naringenin

梅花来源于蔷薇科植物梅 *Prunus mume* (Sieb.) Sieb. et Zucc. 的干燥花蕾, 具有疏肝和中、化痰散结的功效, 常用于治疗肝胃气痛、郁闷心烦、瘰癧疮毒等病症^[1]。现代研究表明, 梅花中含有黄酮类、苯丙素类、挥发油类、有机酸类等成分, 具有抗氧化、抗抑郁、抗黑色素生成和抗血小板凝集等药理作用^[2]。梅花被誉为“中国十大名花之首”, 与菊花同为可食用花卉, 具有美容美白、疏肝解郁、理气和胃、调节神经的作用, 可制成梅花茶、梅花粥、梅花汤、梅花饼等保健食品, 为药食同源药材^[3-4]。除药用和食用价值之外, 梅花还具有较高的观赏价值, 作为“岁寒三友”之一, 饱含精神文化内涵, 被广泛应用于园林造景。

梅花在品种、形态与性状等方面具有多样性, 通过香味浓淡、萼片和花瓣颜色、新生木质部颜色等性状特点可以将梅花区分为不同的品种。由于长期引种栽培、选育等原因, 梅花的品种复杂繁多。经过多年修订, 我国梅花品种目前以 11 个品种群进行分类, 包括单瓣品种群、宫粉品种群、玉蝶品种群、黄香品种群、绿萼品种群、跳枝品种群(洒金品种群)、朱砂品种群、垂枝品种群、龙游品种群、杏梅品种群及美人品种群^[5-11]。张振宇等^[12]通过对梅花进行本草考证, 推测药用白梅花可能包括单瓣品种群、玉蝶品种群和绿萼品种群; 药用红梅花可能包括宫粉品种群和单瓣品种群。《本草纲目拾遗》^[13]记载: “梅花, 有红、白、绿萼, 千叶、单叶之分, 惟单叶绿萼入药优良”。综合古今本草研究, 红梅花和白梅花均可入药, 其中以萼绿花白(绿萼梅)入药优良^[14-15]。目前, 绿萼梅已成为市场主流商品梅花药材。

植物外观性状与内部物质组成具有较强的关联性。不同品种梅花的花香味具有浓淡之别^[16], 可侧面反映不同品种梅花之间挥发性成分的组成和数量不同。Zhang 等^[17]发现白梅品种间挥发物组成基本一致, 以乙酸苄酯为主; 而红梅品种间挥发物组成存在差异。由于花瓣颜色不同, 不同品种梅花之间花青素的组成和含量也有所不同, 白色和淡黄色花少含或几乎不含花青素, 而淡粉色、粉色和紫红色花则含有花青素^[18-19]。《饮片新参》^[20]中记载“红梅花, 清肝解郁, 治头目痛; 绿萼梅, 平肝和胃, 止脘痛、头晕, 进饮食”, 可以看出不同品种梅花的功效侧重有所不同, 古今均认为梅花以“绿萼”入药为好, 但关于绿萼梅品质更好的原因未见阐述。药效与药用成分之间关联密切, 次生代谢产物多是药用植物的活性成分, 是药材发挥药效的物质基础^[21], 不同品种梅花的化学成分组成或含量可能存在一定差异。以绿原酸为代表的苯丙素类成分及黄酮类成分为梅花药理活性的主要物质基础^[22-23], 目前已有不少研究对梅花中的苯丙素类、黄酮类、挥发油类成分进行分析比较^[24-29], 但是对于不同品种梅花之间化学成分的差异性研究较少, 关于梅花以“绿萼”为好缺乏理论支撑。本研究采用超高效液相色谱法(UPLC)建立不同品种梅花的指纹图谱, 结合化学模式识别技术探讨不同品种梅花之间化学成分的差异性; 采用 UPLC 对影响不同品种梅花质量的特征化学成分进行含量测定; 借助 DPPH 法测定不同品种梅花的抗氧化活性, 并将成分含量与抗氧化活性进行相关性分析。研究结果为明确不同品种梅花的差异性, 为梅花以“绿萼为好”提供数据支撑。

1 材料

1.1 仪器

ACQUITY H-CLASS 型超高效液相色谱仪 (美国 Waters 公司); METASH UV-8000 型紫外可见分光光度计 (上海元析仪器有限公司); LGJ-10 型真空冷冻干燥机 (北京松源华兴科技发展有限公司); AB135-S 型十万分之一天平 (梅特勒-托利多有限公司); AS20500BDT 型超声波清洗机 (天津奥特赛恩斯仪器有限公司); Milli-Q Advantage A10 型超纯水仪 (Millipore 公司)。

1.2 试剂

对照品新绿原酸 (批号 PS0601-0020)、隐绿原酸 (批号 PS0775-0020)、咖啡酸 (批号 PS1331-1000)、木犀草苷 (批号 PS011186)、异绿原酸 B (批号 PS0067-0025)、异绿原酸 C (批号 PS0068-0020) 购自成都普思生物科技股份有限公司; 芦丁 (批号 B20771)、绿原酸 (批号 B20782)、金丝桃苷 (批号 B20631)、异槲皮苷 (批号 B21529)、槲皮苷 (批号 MUST-17120503)、槲皮素 (批号 B20527)、山柰酚 (批号 B21126) 购自上海源叶生物科技有限公司; 柚皮素 (批号 CFN98742) 购自武汉天植生物技术有限公司, 质量分数均大于 98.0%。抗坏血酸 (Vc, 批号 20150617, 国药集团化学试剂有限公司); DPPH 试剂 (批号 C11753367, 上海麦克林生化科技股份有限公司); 甲醇和乙腈为色谱级 (瑞典 Oceanpak 公司); 水为超纯水, 其他试剂均为分析纯。

1.3 药材

33 批梅花样品分别采收于安徽庐江、安徽歙县、安徽合肥、江苏南京、湖北武汉, 经安徽中医药大学欧金梅教授鉴定为蔷薇科植物梅 *P. mume* (Sieb.) Sieb. et Zucc. 的干燥花蕾, 品种包括绿萼品种群农家栽培种, 朱砂品种群“粉红朱砂”“徽州骨红”, 宫粉品种群“粉白宫粉”“雪海宫粉”; 玉蝶品种群“素白台阁”“三轮玉蝶”; 单瓣品种群“单瓣早白”“淡寒红”。将不同批次梅花样品真空冷冻干燥, 放入干燥器中保存备用。样品信息见表 1。

2 方法与结果

2.1 色谱条件

ACQUITY UPLC BEH C₁₈ 色谱柱 (100 mm×2.1 mm, 1.7 μm), 流动相为 0.1% 甲酸水 (A)-乙腈 (B), 梯度洗脱程序为 0~6 min, 90%~83%A; 6~12 min, 83%A; 12~20 min, 83%~20%A; 20~21 min, 20%~90%A; 21~26 min, 90%A。体积

表 1 梅花样品信息

Table 1 Sample information of *Mume Flos*

批次	编号	品种群	品种	产地
S1	LE-JPS-1	绿萼	农家栽培种	安徽庐江
S2	LE-JPS-2	绿萼	农家栽培种	安徽庐江
S3	LE-JPS-3	绿萼	农家栽培种	安徽庐江
S4	LE-JGJ-1	绿萼	农家栽培种	安徽歙县
S5	LE-JGJ-2	绿萼	农家栽培种	安徽歙县
S6	LE-JGJ-3	绿萼	农家栽培种	安徽歙县
S7	LE-YSH-1	绿萼	农家栽培种	安徽歙县
S8	LE-YSH-2	绿萼	农家栽培种	安徽歙县
S9	LE-YSH-3	绿萼	农家栽培种	安徽歙县
S10	FHZS-1	朱砂	粉红朱砂	安徽合肥
S11	FHZS-2	朱砂	粉红朱砂	湖北武汉
S12	FHZS-3	朱砂	粉红朱砂	安徽合肥
S13	HZGH-1	朱砂	徽州骨红	安徽合肥
S14	HZGH-2	朱砂	徽州骨红	湖北武汉
S15	HZGH-3	朱砂	徽州骨红	湖北武汉
S16	XHGF-1	宫粉	雪海宫粉	安徽合肥
S17	XHGF-2	宫粉	雪海宫粉	安徽合肥
S18	XHGF-3	宫粉	雪海宫粉	江苏南京
S19	FBGF-1	宫粉	粉白宫粉	安徽合肥
S20	FBGF-2	宫粉	粉白宫粉	安徽合肥
S21	FBGF-3	宫粉	粉白宫粉	安徽合肥
S22	SBTG-1	玉蝶	素白台阁	安徽合肥
S23	SBTG-2	玉蝶	素白台阁	安徽合肥
S24	SBTG-3	玉蝶	素白台阁	江苏南京
S25	SLYD-1	玉蝶	三轮玉蝶	安徽合肥
S26	SLYD-2	玉蝶	三轮玉蝶	江苏南京
S27	SLYD-3	玉蝶	三轮玉蝶	江苏南京
S28	DBZB-1	单瓣	单瓣早白	安徽合肥
S29	DBZB-2	单瓣	单瓣早白	安徽合肥
S30	DBZB-3	单瓣	单瓣早白	江苏南京
S31	DHH-1	单瓣	淡寒红	湖北武汉
S32	DHH-2	单瓣	淡寒红	湖北武汉
S33	DHH-3	单瓣	淡寒红	湖北武汉

流量 0.2 mL/min; 柱温 30 ℃; 进样量 2 μL; 检测波长 355 nm。

2.2 溶液的制备

2.2.1 供试品溶液制备 精密称取梅花样品粉末约 0.5 g (过四号筛), 置具塞锥形瓶中, 精密加入 50% 甲醇 50 mL, 密塞, 称定质量, 超声处理 (250 W、40 kHz) 45 min, 放冷, 再称定质量, 用 50% 甲醇补足减失的质量, 摇匀, 滤过, 取续滤液, 即得。

2.2.2 对照品溶液制备 分别取对照品新绿原酸、绿原酸、隐绿原酸、咖啡酸、芦丁、金丝桃苷、异槲皮苷、木犀草苷、异绿原酸 B、槲皮苷、异绿原酸 C、槲皮素、柚皮素、山柰酚适量, 精密称定,

置量瓶中, 加入 50% 甲醇制成含新绿原酸 43.6 $\mu\text{g/mL}$ 、绿原酸 136.4 $\mu\text{g/mL}$ 、隐绿原酸 38.0 $\mu\text{g/mL}$ 、咖啡酸 30.6 $\mu\text{g/mL}$ 、芦丁 76.6 $\mu\text{g/mL}$ 、金丝桃苷 45.6 $\mu\text{g/mL}$ 、异槲皮苷 56.4 $\mu\text{g/mL}$ 、木犀草苷 23.0 $\mu\text{g/mL}$ 、异绿原酸 B 39.0 $\mu\text{g/mL}$ 、槲皮苷 37.6 $\mu\text{g/mL}$ 、异绿原酸 C 34.2 $\mu\text{g/mL}$ 、槲皮素 39.5 $\mu\text{g/mL}$ 、柚皮素 17.0 $\mu\text{g/mL}$ 、山柰酚 38.2 $\mu\text{g/mL}$ 的混合对照品溶液。

2.3 方法学考察

2.3.1 精密度试验 精密称取绿萼梅样品 (LE-JPS-1) 0.5 g, 按“2.2.1”项下方法制备供试品溶液, 按“2.1”项下色谱条件测定, 连续进样 6 次, 以绿原酸为参照峰 (S), 计算其他各个特征峰的相对保留时间和相对峰面积的 RSD, 考察仪器的精密度, 各特征峰相对保留时间的 RSD 值为 0.10%~0.67%, 各色谱峰相对峰面积的 RSD 值为 0.06%~1.69%。

2.3.2 重复性试验 取同一绿萼梅样品 (LE-JPS-1), 按“2.2.1”项下方法制备 6 份供试品溶液, 按“2.1”项下色谱条件分别进样测定, 以绿原酸为参照峰 (S), 计算其他特征峰的相对保留时间和相对峰面积的 RSD, 考察方法的重复性。各特征峰相对保留时间的 RSD 值为 0.66%~0.84%, 各色谱峰相对峰面积的 RSD 值为 0.35%~2.88%。

2.3.3 稳定性试验 取同一绿萼梅供试品溶液 (LE-JPS-1), 分别于制备后 0、2、4、8、12、24 h 进样测定, 以绿原酸为参照峰 (S), 计算其他特征峰的相对保留时间和相对峰面积的 RSD, 考察供试品溶液的稳定性, 各特征峰相对保留时间 RSD 值为 0.08%~0.26%, 各色谱峰相对峰面积 RSD 值为 0.04%~3.71%。

2.4 指纹图谱的建立

2.4.1 对照指纹图谱的生成 分别取 33 批梅花样品约 0.5 g, 精密称定, 按“2.2.1”项下方法制备供试品溶液, 按“2.1”项下色谱条件进行分析, 将所得的 33 批梅花样品 UPLC 图谱以 AIA 格式按品种分别导入国家药典委员会“中药色谱指纹图谱相似度评价系统 (2021.130723)”软件, 以 S1 为参照图谱, 采用中位数法, 时间窗的宽度默认为 0.1 min, 经过多点校正之后进行自动匹配, 生成 33 批梅花药材的 UPLC 指纹图谱、混合对照品色谱图及梅花对照图谱, 见图 1~3。

2.4.2 特征峰的指认 33 批梅花样品的共有峰有 22 个。经与混合对照品色谱峰比对, 33 批梅花样品确认其中 14 个共有峰, 分别为新绿原酸 (1 号峰)、绿原酸 (2 号峰)、隐绿原酸 (3 号峰)、咖啡酸 (4 号峰)、

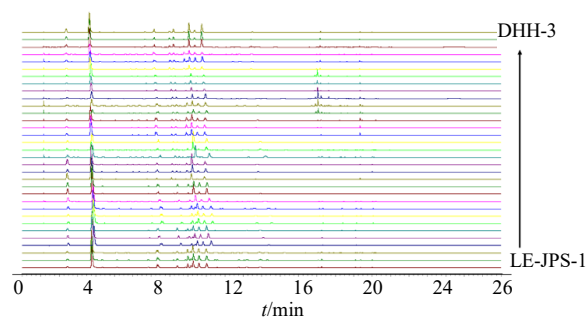
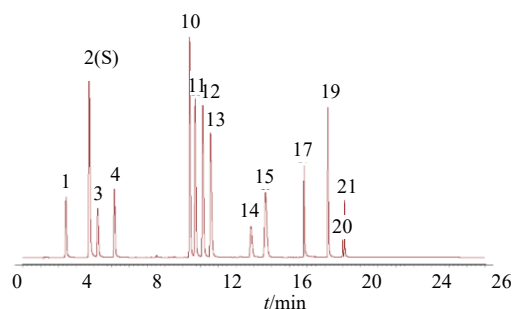


图 1 33 批梅花样品 UPLC 指纹图谱叠加图

Fig. 1 Overlay plot of UPLC fingerprints of 33 batches of *Mume Flos* samples



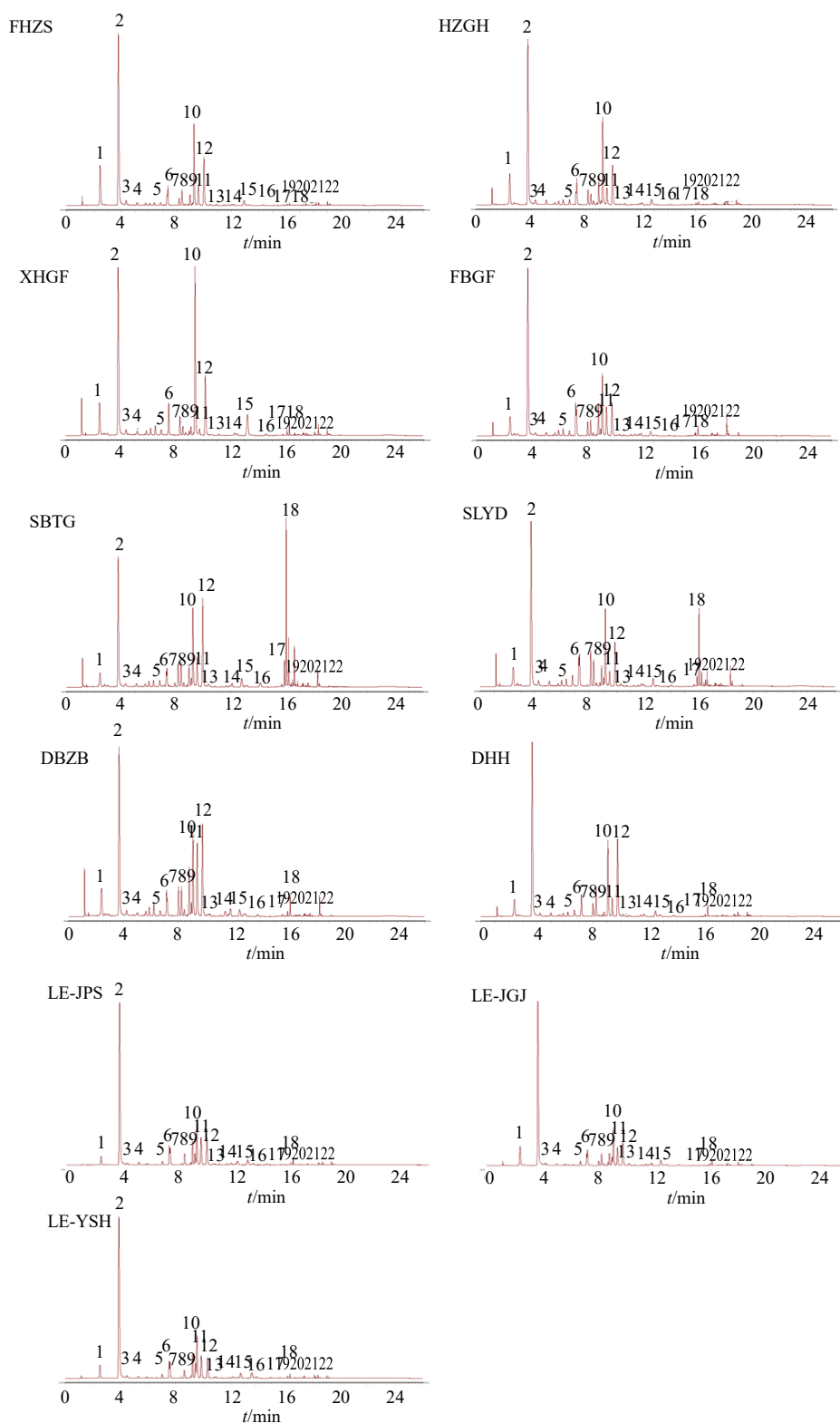
1-新绿原酸; 2-绿原酸; 3-隐绿原酸; 4-咖啡酸; 10-芦丁; 11-金丝桃苷; 12-异槲皮苷; 13-木犀草苷; 14-异绿原酸 B; 15-槲皮苷; 17-异绿原酸 C; 19-槲皮素; 20-柚皮素; 21-山柰酚。
1-neochlorogenic acid; 2-chlorogenic acid; 3-cryptochlorogenic acid; 4-caffic acid; 10-rutin; 11-hyperoside; 12-isoquercitrin; 13-cynaroside; 14-isochlorogenic acid B; 15-quercitrin; 17-isochlorogenic acid C; 19-quercetin; 20-naringenin; 21-kaempferol.

图 2 混合对照品 UPLC 图谱

Fig. 2 UPLC chromatogram of mixed reference substances

芦丁 (10 号峰)、金丝桃苷 (11 号峰)、异槲皮苷 (12 号峰)、木犀草苷 (13 号峰)、异绿原酸 B (14 号峰)、槲皮苷 (15 号峰)、异绿原酸 C (17 号峰)、槲皮素 (19 号峰)、柚皮素 (20 号峰)、山柰酚 (21 号峰)。

2.4.3 相似度评价 将绿萼品种群、朱砂品种群、宫粉品种群、玉蝶品种群、单瓣品种群药材的图谱数据分别导入“中药色谱指纹图谱相似度评价系统 (2012.130723)”软件, 生成相对应的对照图谱, 计算各色谱图组内的相似度。结果显示, 绿萼品种群之间的相似度为 0.946~0.977; 朱砂品种群之间的相似度为 0.939~0.987; 宫粉品种群之间的相似度为 0.873~0.985; 玉蝶品种群之间的相似度为 0.869~0.952; 单瓣品种群之间的相似度为 0.965~0.997, 说明同一品种群梅花之间的差异不大。再将



1-新绿原酸; 2-绿原酸; 3-隐绿原酸; 4-咖啡酸; 10-芦丁; 11-金丝桃苷; 12-异槲皮苷; 13-木犀草苷; 14-异绿原酸 B; 15-槲皮苷; 17-异绿原酸 C; 19-槲皮素; 20-柚皮素; 21-山奈酚。

1-neochlorogenic acid; 2-chlorogenic acid; 3-cryptochlorogenic acid; 4-caffic acid; 10-rutin; 11-hyperoside; 12-isoquercitrin; 13-cynaroside; 14-isochlorogenic acid B; 15-quercitrin; 17-isochlorogenic acid C; 19-quercetin; 20-naringenin; 21-kaempferol.

图 3 不同品种梅花 UPLC 对照图谱

Fig. 3 Reference UPLC chromatograms of different varieties of *Mume Flos*

33 批梅花药材的图谱数据依次导入该软件, 进行组间相似度分析(表 2), 结果显示品种群间相似度在 0.251~0.898, 说明不同品种群梅花之间的差异较大。

表 2 33 批梅花样品的相似度分析
Table 2 Similarity analysis of 33 batches of *Mume Flos* samples

批次	相似度	批次	相似度
LE-JPS-1	0.875	XHGF-3	0.746
LE-JPS-2	0.880	FBGF-1	0.356
LE-JPS-3	0.876	FBGF-2	0.343
LE-JGJ-1	0.851	FBGF-3	0.356
LE-JGJ-2	0.858	SBTG-1	0.677
LE-JGJ-3	0.887	SBTG-2	0.718
LE-YSH-1	0.870	SBTG-3	0.723
LE-YSH-2	0.861	SLYD-1	0.323
LE-YSH-3	0.860	SLYD-2	0.338
FHZS-1	0.869	SLYD-3	0.319
FHZS-2	0.885	DBZB-1	0.354
FHZS-3	0.898	DBZB-2	0.345
HZGH-1	0.858	DBZB-3	0.251
HZGH-2	0.859	DHH-1	0.256
HZGH-3	0.360	DHH-2	0.256
XHGF-1	0.722	DHH-3	0.261
XHGF-2	0.778		

2.5 化学模式识别分析

2.5.1 聚类分析(hierarchical cluster analysis, HCA) 将 33 批梅花样品中 22 个共有峰的峰面积导入 SPSS 26.0 软件, 利用“描述统计”方法标准化后, 采用组间联接法, 以平方欧式距离为测度进行 HCA, 结果见图 4。当分类距离为 5 时, 除 DBZB-1 外, 其余梅花样品均按品种聚为一类; 当分类距离为 20 时, 绿萼品种群聚为一类, 玉蝶品种群、FBGF、DBZB 聚为一类, 朱砂品种群、DHH、XHGF 聚为一类; 当分类距离为 25 时, 绿萼品种群、玉蝶品种群、FBGF、DBZB 聚为一类, 其余梅花样品聚为一类。由药材外观可见, LE-JPS、LE-JGJ、LE-YSH、SBTG、SLYD、DBZB、FBGF 花色偏白, FHZS、HZGH、DHH、XHGF 花色偏红, 根据外观性状, 聚类分析可大致将 33 批梅花品种分为白梅花和红梅花。

2.5.2 主成分分析(principal component analysis, PCA) 以主成分的特征值和累积贡献率为依据, 22 个共有峰峰面积为变量, 采用 SPSS 26.0 软件对 33 批梅花药材进行 PCA, 相关系数的特征值和方

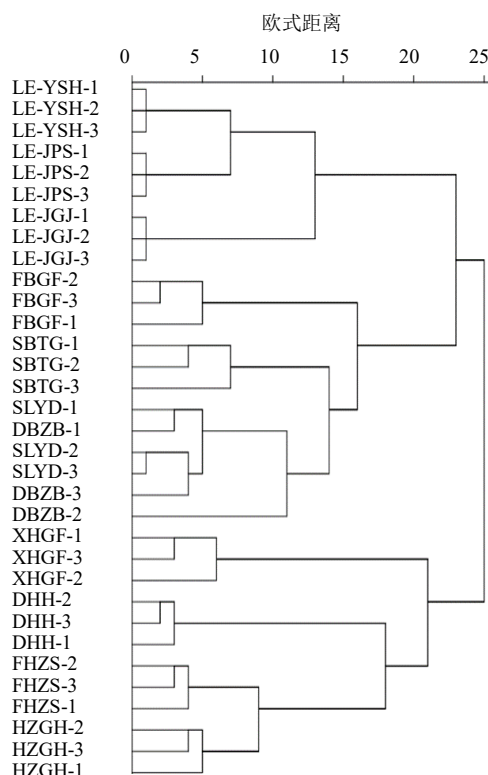


图 4 33 批梅花样品 HCA 图

Fig. 4 HCA of 33 batches of *Mume Flos* samples

差贡献率见表 3。将特征值>1 为提取标准, 可提取出 6 个主成分, 累积方差贡献率达 86.586%, 能基本反映出样品的主要信息。为进一步分析 33 批梅花样品之间的差异, 用 SIMCA-P 14.1 软件绘制 33 批梅花样品的主成分得分图(图 5)。33 批梅花样品可大致分为 3 类, 绿萼品种群单独聚为一类, 玉蝶品种群、FBGF、DBZB 聚为一类, 朱砂品种群、XHGF、DHH 聚为一类, 与 HCA 结果一致。值得注意的是, 绿萼品种群、玉蝶品种群、FBGF、DBZB 与其余样品分别位于上下 2 个区域, 可能是由于花瓣颜色不同所致; 绿萼品种群样品与其余样品分别位于左右 2 个区域, 这可能与“萼绿花白”的性状特点有关, 同时也体现出绿萼梅与其他品种梅花之间的差异性。

2.5.3 正交-偏最小二乘判别分析(orthogonal partial least squares discriminant analysis, OPLS-DA) 在 PCA 提取得到的 6 个主成分的基础上, 建立监督模式偏最小二乘判别分析模型, 进一步寻找不同品种梅花的差异标志物。在建立的偏最小二乘判别分析模型中, R^2_X 和 R^2_Y 分别为 0.987 和 0.844, Q^2 为 0.641, 均大于 0.5, 表明建立的模型预测能力较好。OPLS-DA 得分图见图 6。33 批梅

表 3 特征值和方差贡献率

Table 3 Characteristic values and variance contribution rates			
主成分	特征值	方差贡献率/%	累积方差贡献率/%
1	6.250	28.408	28.408
2	4.954	22.519	50.927
3	2.599	11.814	62.742
4	2.320	10.547	73.288
5	1.897	8.623	81.912
6	1.028	4.674	86.586

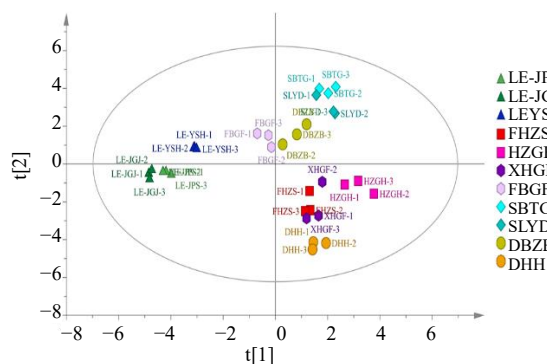


图 5 33 批梅花样品主成分得分图

Fig. 5 PCA score plot of 33 batches of *Mume Flos* samples

花可被分为上下 2 大类, I 类包括朱砂品种群、XHGF、DHH, II 类包括绿萼品种群、玉蝶品种群、FBGF、DBZB。该结果与 HCA 及 PCA 结果一致, 说明不同品种梅花之间的化学成分存在差异。变量重要性投影值 (variable importance in projection, VIP) 见图 7, 筛选出贡献率较大的 12 个变量 (VIP>1), 依次为 2 (绿原酸)、10 (芦丁)、12 (异槲皮苷)、11 (金丝桃苷)、6、18、9、7、8、14 (异绿原酸 B)、15 (槲皮苷)、20 号峰 (柚皮素), 说明不同品种梅花的化学成分差异是由上述成分引起的, 这 12 个成分可作为不同品种梅花之间差异性的主要特征标志物。

表 4 对照品的线性方程、相关系数和线性范围

Table 4 Linear equations, correlation coefficients and linear ranges of reference substances

对照品	线性方程	<i>r</i>	线性范围/(mg·mL ⁻¹)
绿原酸	$Y=8\,009.6X-9\,962.9$	0.999 4	0.021~1.364
芦丁	$Y=14\,105X+6\,607.8$	0.999 9	0.012~0.766
金丝桃苷	$Y=19\,922X-64\,392$	0.999 2	0.007~0.456
异槲皮苷	$Y=17\,436X-69\,506$	0.999 1	0.009~0.564
异绿原酸B	$Y=10\,832X-298\,979$	0.999 6	0.006~0.390
槲皮苷	$Y=17\,115X-22\,095$	0.999 3	0.006~0.390
柚皮素	$Y=15\,609X-72\,267$	0.999 4	0.005~0.324

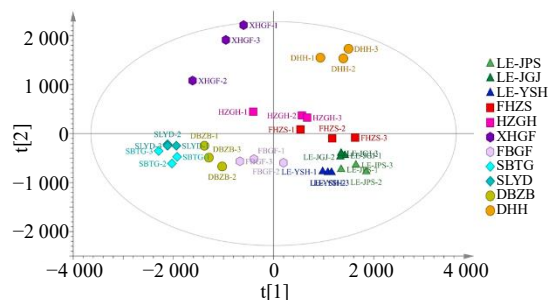


图 6 33 批梅花样品 OPLS-DA 得分图

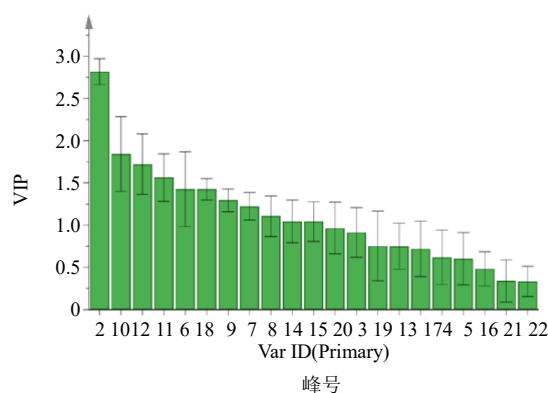
Fig. 6 OPLS-DA score plot of 33 batches of *Mume Flos* samples

图 7 33 批梅花样品的 OPLS-DA 的 VIP 图

Fig. 7 OPLS-DA VIP plot of 33 batches of *Mume Flos* samples

2.6 不同品种梅花有效成分的含量测定

2.6.1 线性关系考察 精密吸取各对照品储备液适量, 使用 50% 甲醇逐级稀释, 按“2.1”项下色谱条件测定绿原酸、芦丁、金丝桃苷、异槲皮苷、异绿原酸 B、槲皮苷、柚皮素的峰面积。以对照品质量浓度为横坐标 (X), 峰面积为纵坐标 (Y), 绘制标准曲线, 计算线性回归方程和相关系数, 结果见表 4。

2.6.2 精密度试验 取混合对照品溶液,按“2.1”项下色谱条件重复进样 6 次,绿原酸、芦丁、金丝桃苷、异槲皮苷、异绿原酸 B、槲皮苷、柚皮素峰面积的 RSD 值分别为 1.02%、0.83%、0.86%、0.87%、0.99%、0.90%、0.84%。

2.6.3 重复性试验 取 HL-JPS-1 样品共 6 份,按“2.2.1”项下方法制备供试品溶液,按“2.1”项下色谱条件分别进样测定,绿原酸、芦丁、金丝桃苷、异槲皮苷、异绿原酸 B、槲皮苷、柚皮素质量分数的 RSD 值分别为 0.54%、1.59%、2.76%、2.53%、0.70%、1.79%、2.29%。

2.6.4 稳定性试验 取 HL-JPS-1 样品粉末,按“2.2.1”项下方法制备供试品溶液,于配制后 0、2、4、8、12、24 h 进样测定,按“2.1”项下色谱条件重复进样 6 次,绿原酸、芦丁、金丝桃苷、异槲皮苷、异绿原酸 B、槲皮苷、柚皮素峰面积的 RSD 值

分别为 1.81%、1.95%、1.89%、1.89%、1.81%、1.82%、1.91%。

2.6.5 加样回收率试验 取已测定的 HL-JPS-1 梅花样品粉末 6 份各 0.25 g,精密称定,分别加入等量的绿原酸、芦丁、金丝桃苷、异槲皮苷、异绿原酸 B、槲皮苷、柚皮素对照品溶液,按“2.2.1”项下方法制备供试品溶液,按“2.1”项下色谱条件进行测定,绿原酸、芦丁、金丝桃苷、异槲皮苷、异绿原酸 B、槲皮苷、柚皮素加样回收率分别为 93.05%、91.70%、92.67%、95.60%、91.65%、90.48%、89.12%,RSD 分别为 2.17%、2.89%、1.87%、3.03%、2.23%、2.20%、1.91%。

2.6.6 样品含量测定 按“2.2.1”项下方法制备梅花药材供试品溶液,按“2.1”项下色谱条件进样,记录数据,测得绿原酸、芦丁、金丝桃苷、异槲皮苷、异绿原酸 B、槲皮苷、柚皮素的含量,结果见表 5。由结果可知,除 S17、S22~24、S26~27 中

表 5 梅花样品中有效成分的含量 ($\bar{x} \pm s, n = 3$)

Table 5 Contents of active components in *Mume Flos* samples ($\bar{x} \pm s, n = 3$)

批次	绿原酸/%	芦丁/%	金丝桃苷/%	异槲皮苷/%	异绿原酸B/%	槲皮苷/%	柚皮素/%
LE-JPS-1	6.631±0.138	0.994±0.021	0.554±0.011	0.653±0.012	0.485±0.004	0.174±0.003	0.076±0.001
LE-JPS-2	7.491±0.147	0.961±0.018	0.611±0.010	0.713±0.012	0.470±0.004	0.166±0.003	0.078±0.001
LE-JPS-3	7.279±0.082	0.985±0.013	0.519±0.006	0.654±0.008	0.461±0.003	0.175±0.002	0.080±0.001
LE-JGJ-1	6.901±0.007	0.747±0.001	0.507±0.002	0.752±0.002	0.406±0.001	0.181±0.001	0.089±0.001
LE-JGJ-2	6.835±0.003	0.720±0.001	0.495±0.001	0.730±0.001	0.400±0.001	0.174±0.001	0.090±0.001
LE-JGJ-3	6.722±0.010	0.770±0.001	0.519±0.001	0.777±0.001	0.408±0.001	0.189±0.001	0.087±0.001
LE-YSH-1	6.769±0.012	0.803±0.001	0.380±0.001	0.425±0.001	0.485±0.001	0.160±0.001	0.080±0.001
LE-YSH-2	6.917±0.007	0.803±0.001	0.387±0.001	0.428±0.001	0.482±0.001	0.159±0.001	0.079±0.001
LE-YSH-3	7.005±0.009	0.822±0.001	0.391±0.001	0.429±0.001	0.489±0.001	0.157±0.001	0.080±0.001
FHZS-1	6.210±0.008	0.898±0.001	0.274±0.002	0.516±0.001	0.325±0.001	0.111±0.001	0.056±0.001
FHZS-2	7.143±0.065	0.731±0.006	0.330±0.001	0.546±0.002	0.313±0.001	0.144±0.001	0.057±0.001
FHZS-3	7.766±0.029	0.817±0.005	0.270±0.004	0.627±0.004	0.331±0.001	0.111±0.001	0.058±0.003
HZGH-1	4.749±0.023	1.058±0.001	0.215±0.002	0.529±0.002	0.331±0.003	0.080±0.001	0.062±0.001
HZGH-2	6.858±0.023	0.799±0.019	0.151±0.001	0.544±0.001	0.327±0.001	0.082±0.001	0.060±0.003
HZGH-3	7.314±0.019	0.801±0.002	0.120±0.002	0.419±0.003	0.327±0.001	0.093±0.001	0.055±0.001
XHGF-1	4.147±0.004	1.795±0.005	0.106±0.003	0.690±0.005	0.318±0.001	0.339±0.001	0.072±0.004
XHGF-2	2.693±0.031	1.221±0.003	0.172±0.003	0.529±0.003	0.322±0.001	0.248±0.001	0.066±0.002
XHGF-3	3.284±0.007	1.696±0.003	0.147±0.002	0.690±0.004	0.325±0.001	0.333±0.001	0.073±0.008
FBGF-1	4.681±0.045	0.850±0.005	0.334±0.004	0.481±0.004	0.356±0.002	0.114±0.001	0.214±0.001
FBGF-2	5.507±0.006	0.870±0.001	0.400±0.001	0.520±0.001	0.350±0.001	0.104±0.001	0.182±0.001
FBGF-3	4.082±0.035	0.806±0.004	0.363±0.001	0.473±0.002	0.364±0.001	0.110±0.001	0.182±0.002
SBTG-1	2.528±0.017	0.644±0.002	0.276±0.004	0.638±0.001	0.344±0.001	0.056±0.001	0.127±0.002
SBTG-2	2.347±0.041	0.733±0.001	0.286±0.001	0.570±0.001	0.350±0.001	0.059±0.001	0.115±0.003
SBTG-3	2.454±0.016	0.626±0.001	0.254±0.001	0.584±0.002	0.341±0.001	0.058±0.001	0.123±0.002
SLYD-1	3.007±0.023	0.570±0.001	0.134±0.007	0.414±0.001	0.318±0.001	0.092±0.001	0.108±0.002
SLYD-2	2.707±0.001	0.526±0.001	0.143±0.001	0.353±0.001	0.315±0.001	0.095±0.001	0.110±0.004
SLYD-3	2.703±0.018	0.512±0.001	0.138±0.001	0.341±0.001	0.314±0.001	0.093±0.001	0.109±0.005
DBZB-1	3.641±0.025	0.562±0.003	0.235±0.003	0.396±0.003	0.333±0.001	0.101±0.001	0.099±0.002
DBZB-2	3.511±0.012	0.720±0.002	0.283±0.010	0.424±0.001	0.351±0.001	0.102±0.001	0.129±0.002
DBZB-3	3.591±0.009	0.566±0.001	0.262±0.001	0.368±0.001	0.358±0.001	0.108±0.001	0.121±0.008
DHH-1	6.219±0.006	1.147±0.011	0.267±0.002	1.199±0.003	0.363±0.002	0.137±0.001	0.091±0.001
DHH-2	7.139±0.020	1.202±0.006	0.272±0.001	1.139±0.004	0.349±0.001	0.118±0.001	0.089±0.001
DHH-3	6.930±0.001	1.382±0.011	0.295±0.001	1.225±0.001	0.359±0.007	0.121±0.001	0.091±0.001

绿原酸质量分数低于 3.0% 之外, 其余各品种梅花中绿原酸、金丝桃苷、异槲皮苷的含量均可达到《中国药典》的要求, 可能是长期引种栽培导致梅花质量不稳定。同时将测定结果导入微生信在线平台, 绘制聚类热图, 结果见图 8。可见, 聚类热图将 33 批梅花分为 2 大类 3 小类: 其中 LE-JPS、LE-JGJ、LE-YSH 单独聚为一类; FBGF、SBTG、SLYD、DBZB 和 XHGF、DHH、FHZS、HZGH 各为一类并与绿萼品种群区分, 与 PCA 和 OPLS-DA 结果一致。从成分来看, 绿原酸、金丝桃苷和异绿原酸 B 聚为一类, 其余 4 种成分聚为一类。除柚皮素外, 整体趋势为绿萼品种群在成分含量上占优势, 同时也有其他品种梅花的某个成分含量不低于绿萼品种群, 构成了不同品种之间的差异性(图 9)。例如, DHH、FHZS、HZGH 中的绿原酸含量与绿萼品种群样品相当, XHGF 中芦丁和槲皮苷的含量较高, DHH 中异槲皮苷含量较高, FBGF 中柚皮素的含量也较为突出。

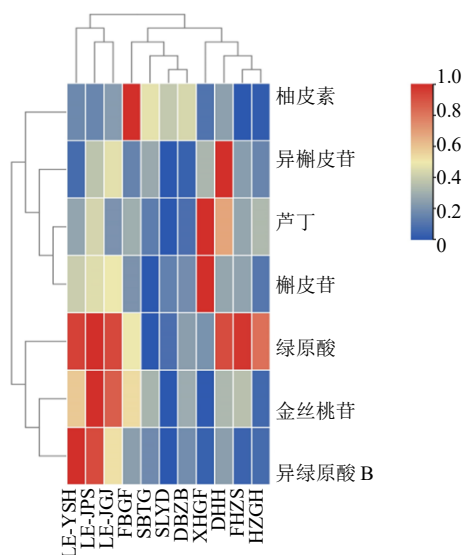
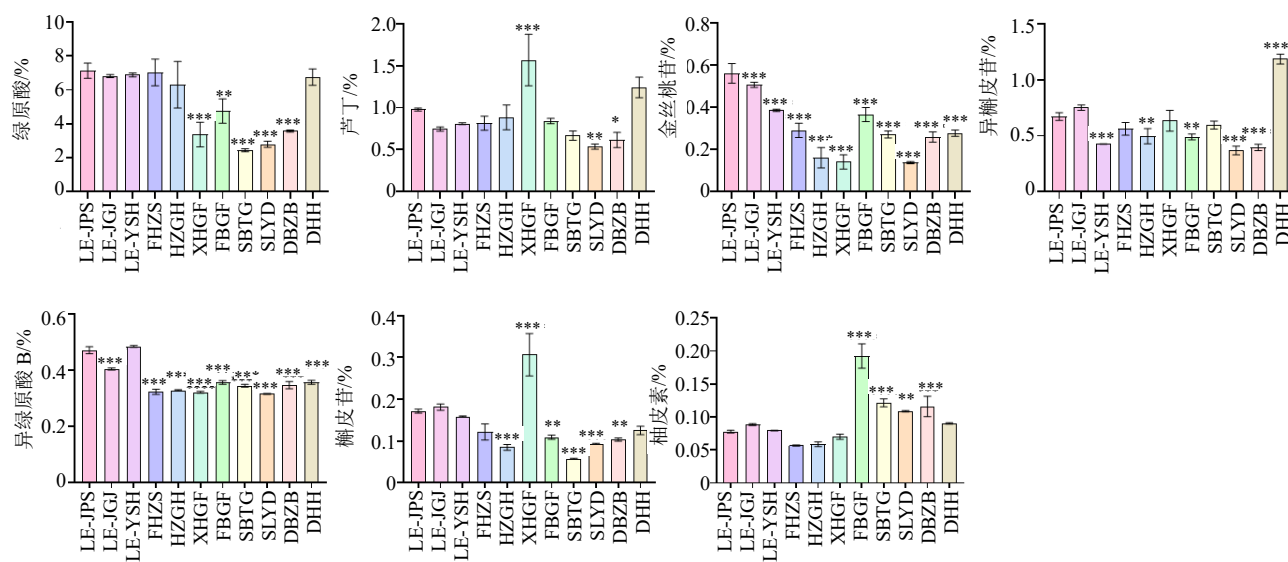


图 8 梅花样品中差异标志物的聚类热图

Fig. 8 Cluster heat map of differential markers in *Mume Flos* samples



与 LE-JPS 比较: * $P < 0.05$ ** $P < 0.01$ *** $P < 0.001$ 。

* $P < 0.05$ ** $P < 0.01$ *** $P < 0.001$ vs LE-JPS.

图 9 梅花样品中差异标志物的含量差异分析

Fig. 9 Content differences analysis of differential markers among *Mume Flos* samples

2.7 DPPH 法测定不同品种梅花抗氧化活性

2.7.1 DPPH·乙醇溶液的制备 精密称取 DPPH 粉末 3.94 mg, 置于 100 mL 量瓶中, 加 95%乙醇定容至刻度, 摇匀, 超声 30 min, 即得 0.10 mmol/L DPPH·乙醇溶液。避光, 备用。

2.7.2 供试品溶液的制备 按照“2.2.1”项下方法制备 33 批梅花样品母液 (10 mg/mL), 加入 50%甲

醇依次稀释制成药材质量浓度分别为 2.50、1.25、0.625、0.313、0.156、0.078、0.039、0.020、0.010 mg/mL 的待测溶液。

2.7.3 阳性对照溶液的制备 精密称取 Vc 粉末 0.1 g, 加入 50%甲醇 10 mL, 制得 Vc 母液 (10 mg/mL), 加入 50%甲醇依次稀释制成质量浓度分别为 2.50、1.25、0.625、0.313、0.156、0.078、

0.039、0.020、0.010 mg/mL 的 Vc 50%甲醇溶液。避光，备用。

2.7.4 测定方法 取 0.10 mmol/L DPPH·乙醇溶液 3 mL，置 10 mL 具塞试管中，分别加入不同浓度的样品溶液 0.5 mL，摇匀，充分反应 60 min，置紫外-可见分光光度计中，于 517 nm 波长处测定吸光度 (A)，按下列公式计算清除率。

清除率=1-(A_i-A_j)/ A_0

A_i 为样品组的吸光度； A_j 为空白组的吸光度（以 3 mL 95%乙醇与 0.5 mL 50%甲醇溶液混合物为空白组）； A_0 为对照组的吸光度（以 50%甲醇溶液代替样品溶液）

2.7.5 数据处理 不同品种梅花样品的 DPPH 自由基清除率见图 10，各品种梅花样品的抗氧化活性呈浓度相关性，对于 DPPH 自由基清除的能力随样品浓度的增大而增强。高质量浓度下各品种梅花样品的自由基清除率接近，在低质量浓度下，SLYD、DBZB、SBTG、XHGF、FBGF 的自由基清除率低于其他品种。将计算结果导入 SPSS 26.0 计算自由基清除率的半数最大效应浓度 (EC_{50})，结果表明抗坏血酸的 EC_{50} 为 0.015 mg/mL，与文献报道 EC_{50} 值接近^[30]。各样品抗氧化活性 EC_{50} 见表 6。将各样品 EC_{50} 进行单因素方差分析，比较各品种梅花的抗氧化差异，结果表明 SLYD、DBZB、SBTG、XHGF、FBGF 的抗氧化活性最低，与 LE-JPS 抗氧化活性差异极显著 ($P<0.001$)。

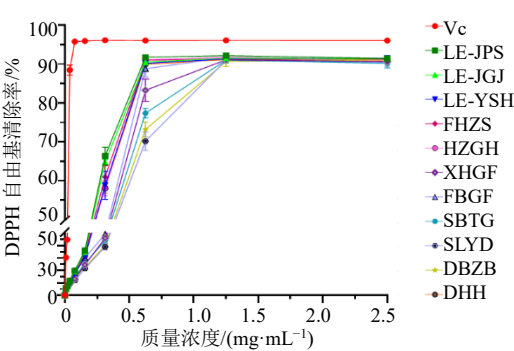


图 10 不同质量浓度样品与抗坏血酸对 DPPH 自由基的清除率

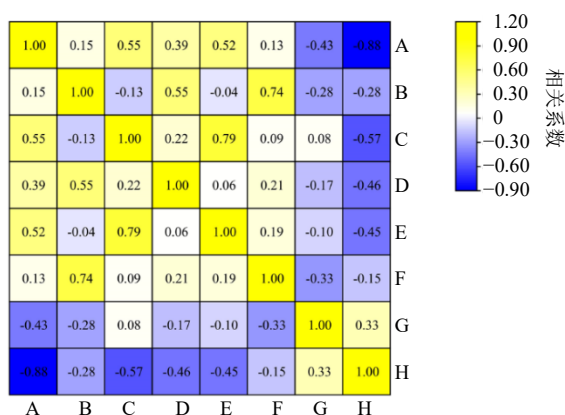
Fig. 10 DPPH radical scavenging rates of samples at different mass concentrations and ascorbic acid

将各品种梅花样品的 EC_{50} 与上述质量差异物含量进行 Pearson 相关性分析，探讨不同品种梅花间的差异标志物含量与抗氧化活性的相关性，结果见图 11。各品种梅花样品 EC_{50} 与绿原酸、芦丁、金丝桃苷、异槲皮苷、异绿原酸 B、槲皮苷、柚皮素含量相关系数分别为-0.88、-0.28、-0.57、-0.46、-0.45、-0.15、0.33，抗氧化活性与绿原酸、金丝桃苷、异槲皮苷、异绿原酸 B 含量存在明显的负相关 ($P<0.01$)，与芦丁、槲皮苷、柚皮素含量的相关性较弱 ($|$ 相关系数 $|<0.4$)。这可能是尽管 XHGF 中芦丁、槲皮苷含量最高，FBGF、SBTG、SLYD、DBZB 中柚皮素含量较高，反而抗氧化活性低于其他品种

表 6 不同品种梅花 DPPH 自由基清除能力的 EC_{50}

Table 6 EC_{50} values of different species of *Mume Flos* on DPPH radical scavenging capacity

品种群	批次	$EC_{50}/(mg \cdot mL^{-1})$	品种群	批次	$EC_{50}/(mg \cdot mL^{-1})$
绿萼品种群	LE-JPS-1	0.183	宫粉品种群	XHGF-3	0.272
	LE-JPS-2	0.193		FBGF-1	0.244
	LE-JPS-3	0.199		FBGF-2	0.223
	LE-JGJ-1	0.200		FBGF-3	0.244
	LE-JGJ-2	0.212	玉蝶品种群	SBTG-1	0.280
	LE-JGJ-3	0.212		SBTG-2	0.300
	LE-YSH-1	0.223		SBTG-3	0.279
	LE-YSH-2	0.222		SLYD-1	0.328
	LE-YSH-3	0.244		SLYD-2	0.361
朱砂品种群	FHZS-1	0.219		SLYD-3	0.329
	FHZS-2	0.193	单瓣品种群	DBZB-1	0.331
	FHZS-3	0.201		DBZB-2	0.302
	HZGH-1	0.223		DBZB-3	0.328
	HZGH-2	0.196		DHH-1	0.221
	HZGH-3	0.206		DHH-2	0.211
宫粉品种群	XHGF-1	0.270		DHH-3	0.219
	XHGF-2	0.295			



A-绿原酸; B-芦丁; C-金丝桃苷; D-异槲皮苷; E-异绿原酸 B;
F-槲皮苷; G-柚皮素; H-DPPH EC₅₀。

A-chlorogenic acid; B-rutin; C-hyperoside; D-isoquercitrin; E-
isochlorogenic acid B; F-quercitrin; G-naringenin; H-DPPH EC₅₀。

图 11 梅花差异标志物与抗氧化活性相关性

Fig. 11 Correlation between differential markers and
antioxidant activity of *Mume Flos*

的原因所在。因此,绿原酸、金丝桃苷、异槲皮苷、异绿原酸 B 是梅花发挥抗氧化活性的主要成分。

3 讨论

3.1 提取方法的选择

基于文献提取方法^[31],本实验分别考察了不同提取溶剂(50%甲醇、70%甲醇、30%乙醇、50%乙醇、70%乙醇)、提取方式(超声提取、加热回流提取)、提取时间(30、45、60 min)等因素对色谱图的影响,最终选用体积分数为 50%甲醇超声 45 min 作为提取方法。

3.2 分析方法的优化

对于 UPLC 色谱条件,基于文献方法^[32]进行优化,本实验考察了流动相体系(0.1%甲酸水-乙腈、0.1%甲酸水-0.1%甲酸乙腈、0.1%磷酸水-乙腈、0.1%醋酸水-乙腈)及检测波长(260、355、370 nm),以分离度、色谱峰峰形及色谱峰个数为评价指标,最终确定以 0.1%甲酸水-乙腈为流动相,以 355 nm 作为检测波长。对于 DPPH 法测定抗氧化活性,考察甲醇、50%乙醇及 95%乙醇作为 DPPH 粉末的配制溶剂,发现 95%乙醇能更好地溶解 DPPH 粉末;为与样品溶液制备方法保持一致,选用 50%甲醇作为抗坏血酸的配制溶剂。

3.3 结果分析

本实验通过 UPLC 结合化学模式识别技术对不同品种梅花的指纹图谱进行分析,33 批梅花指纹图谱共得到 22 个共有峰,相似度评价结果为 0.251~

0.898,各品种群内的相似度在 0.869 以上,说明同一品种群梅花之间具有一定相似性,不同品种群梅花之间具有一定差异性。HCA、PCA 及 OPLS-DA 可将 33 批梅花分为 2 大类 3 小类,I 类为绿萼品种群,II 类为玉蝶品种群、FBGF、DBZB,III 类为朱砂品种群、XHGF、DHH;在 PCA 和 OPLS-DA 中,以坐标轴上下 2 区域划分,I 类、II 类可与 III 类区分,这可能与相应花瓣颜色偏白、偏红有关;若以坐标轴左右 2 区域划分,I 类又可与 II 类、III 类区分,这可能与绿萼梅独特的外观性状及其内在成分含量相关。根据 VIP>1,筛选出 12 个成分,与混合对照品色谱图比对指认出绿原酸、芦丁、金丝桃苷、异槲皮苷、异绿原酸 B、槲皮苷、柚皮素 7 个化合物,可作为不同品种梅花之间的差异差异标志物。通过含量测定,发现绿萼品种群梅花样品的含量整体较高且稳定,但也存在其他品种梅花的某个成分含量较突出的现象。聚类热图结果与化学模式识别分析结果一致,绿萼品种群可单独聚为一类。单因素方差分析表明不同品种梅花之间的成分含量具有差异性,与 LE-JPS 梅花样品相比较,其余品种群梅花中绿原酸、金丝桃苷、异槲皮苷、异绿原酸 B、槲皮苷的含量差异尤为明显($P<0.01$)。药材的内部物质组成或含量的差异不仅反映着药材外观性状的差异性,也可反映出其药材质量的高低。通过化学模式识别分析,绿萼品种群的样品能够与其余品种相互区分,造成差异的原因可能与绿萼梅“萼绿花白”的特点有关;对筛选出的不同品种梅花之间的 7 个差异差异标志物进行含量测定,其结果可以初步表明绿萼梅的质量较其他品种梅花略胜一筹。

人体内生物分子的氧化损伤参与了衰老、中风、糖尿病、冠心病、癌症等退行性或病理过程,梅花的传统功能可能源于其抗氧化活性^[33]。通过前期预实验及文献考察结果,本实验选择 DPPH 自由基清除法检测梅花的抗氧化能力^[34-35]。抗氧化分析结果表明,SLYD、DBZB、SBTG、XHGF、FBGF 的抗氧化能力相对较低,且与 LE-JPS 具有显著差异性($P<0.001$)。相关性分析表明,抗氧化活性与绿原酸、金丝桃苷、异槲皮苷、异绿原酸 B 含量强相关,是梅花发挥抗氧化活性的主要成分。可见,苯丙素类成分及黄酮类成分作为梅花药理活性的物质基础,对于梅花的抗氧化能力也起着至关重要的作用,抗氧化活性也可侧面体

现出梅花的药效质量。

通过建立各品种梅花样品指纹图谱,结合化学模式识别分析、含量测定及抗氧化能力测定,可以看出不同品种梅花之间具有一定差异性。综合来看,与其他品种群梅花相比,绿萼品种群的含量较高且稳定,抗氧化能力较强,可能是“梅花以绿萼为好”的原因之一,但是仅对梅花中的某几个成分进行比较研究相对片面,对于不同品种梅花整体化学成分组成及含量的差异性分析仍需进一步完善。目前已有不少研究揭示梅花具有抗抑郁、抗黑色素生成、抑制醛糖还原酶活性等药理作用^[36-39],应继续加强对梅花药理活性的研究,增加对梅花的开发利用。

利益冲突 所有作者均声明不存在利益冲突

参考文献

- [1] 中国药典 [S]. 一部. 2020: 324.
- [2] 严辉, 蓝锦珊, 濮宗进, 等. 梅花化学成分与药理活性研究进展 [J]. 中草药, 2021, 52(11): 3453-3461.
- [3] 陈安冉, 丁明君, 王保根. 梅花饮食文化探究 [J]. 中国园林, 2020, 36(S1): 33-35.
- [4] 唐桂梅, 黄国林, 曾斌, 等. 梅花种质资源研究进展 [J]. 湖南农业科学, 2020(5): 108-111.
- [5] 陈俊愉. 中国梅花的研究: II. 中国梅花的品种分类 [J]. 园艺学报, 1962(S1): 337-350.
- [6] 陈俊愉. 中国梅花品种分类新系统 [J]. 北京林学院学报, 1981, 3(2): 48-62.
- [7] 陈俊愉, 包满珠. 中国梅 (*Prunus mume* Sieb. et Zucc.) 变种 (变型) 与品种的分类学研究 [J]. 北京林业大学学报, 1992(S4): 1-6.
- [8] 陈俊愉. 中国梅花品种之种系、类、型分类检索表 [J]. 中国园林, 1999, 15(1): 64-65.
- [9] 陈俊愉. 中国梅花品种分类最新修正体系 [J]. 北京林业大学学报, 1999, 21(2): 1-6.
- [10] 陈俊愉, 陈瑞丹. 关于梅花 *Prunus mume* 的品种分类体系 [J]. 园艺学报, 2007, 34(4): 1055-1058.
- [11] 陈俊愉, 陈瑞丹. 中国梅花品种群分类新方案并论种间杂交起源品种群之发展优势 [J]. 园艺学报, 2009, 36(5): 693-700.
- [12] 张振宇, 严辉, 郭盛, 等. 梅花的本草考证 [J]. 中国实验方剂学杂志, 2021, 27(10): 117-125.
- [13] 清·赵学敏著. 闫冰等校注. 本草纲目拾遗 [M]. 北京: 中国中医药出版社, 1998: 245-250.
- [14] 清·王士雄原著. 宋咏梅, 张传友点校. 随息居饮食谱 [M]. 天津: 天津科学技术出版社, 2003: 44-45.
- [15] 《浙江药用植物志》编写组. 浙江药用植物志 [M]. 杭州: 浙江科学技术出版社, 1980: 502-504.
- [16] 金荷仙, 陈俊愉, 金幼菊. 南京不同类型梅花品种香气成分的比较研究 [J]. 园艺学报, 2005, 32(6): 1139.
- [17] Zhang T X, Bao F, Yang Y J, et al. A comparative analysis of floral scent compounds in intraspecific cultivars of *Prunus mume* with different Corolla colours [J]. *Molecules*, 2019, 25(1): 145.
- [18] Zhao C L, Guo W M, Chen J Y. Research advances in the flower color of *Prunus mume* [J]. *J Beijing Fore Univ*, 2004, 26: 123-127.
- [19] Zhang Q, Hao R J, Xu Z D, et al. Isolation and functional characterization of a R2R3-MYB regulator of *Prunus mume* anthocyanin biosynthetic pathway [J]. *Plant Cell Tissue Organ Cult PCTOC*, 2017, 131(3): 417-429.
- [20] 王一仁. 饮片新参 [M]. 上海: 千顷堂书局, 1936: 235.
- [21] 卢鋈, 高伟, 黄璐琦. 药用植物 microRNA 与次生代谢产物的合成调控 [J]. 中国中药杂志, 2018, 43(9): 1806-1811.
- [22] 王灿灿, 张伟, 吴德玲, 等. 绿萼梅乙酸乙酯部位的化学成分研究 [J]. 中国中药杂志, 2020, 45(2): 347-351.
- [23] Fujimoto K, Nakamura S, Matsumoto T, et al. Medicinal flowers. XXXVIII. structures of acylated sucroses and inhibitory effects of constituents on aldose reductase from the flower buds of *Prunus mume* [J]. *Chem Pharm Bull*, 2013, 61(4): 445-451.
- [24] 张伟, 郭晶晶, 郑太华, 等. 不同产地梅花中绿原酸含量测定 [J]. 安徽中医学院学报, 2013, 32(6): 89-91.
- [25] 张晓霞, 房经贵, 陈世忠, 等. 高效液相色谱法测定中药梅花中绿原酸、芦丁、金丝桃苷和异槲皮苷的含量 [J]. 中国医院药学杂志, 2016, 36(2): 107-109.
- [26] 郑毓珍, 卢静华, 孙玉琦. HPLC 法同时测定白梅花中 6 种黄酮类成分 [J]. 中成药, 2018, 40(9): 2007-2010.
- [27] 赵宏苏, 赵茹, 乔金为, 等. 基于指纹图谱结合化学模式识别绿萼梅差异标志物的评价研究 [J]. 中草药, 2022, 53(5): 1345-1353.
- [28] 苗婉清, 李小花, 何希荣, 等. 梅花挥发油化学成分研究 [J]. 中国实验方剂学杂志, 2013, 19(22): 117-120.
- [29] 赵印泉, 潘会堂, 张启翔, 等. 不同类型梅花品种挥发性成分的研究 [J]. 热带亚热带植物学报, 2010, 18(3): 310-315.
- [30] 包黎明, 包晓华, 白迎春, 等. 基于 DPPH 法的 16 种蒙药材抗氧化活性比较研究 [J]. 亚太传统医药, 2017, 13(6): 9-11.
- [31] 李国卫, 吴文平, 何民友, 等. 一测多评法用于梅花多成分含量测定的适用性研究 [J]. 中医药导报, 2020, 26(11): 42-45.
- [32] 王灿灿, 杨沫, 吴德玲, 等. 绿萼梅药材超高效液相色谱指纹图谱研究 [J]. 安徽中医药大学学报, 2019,

- 38(1): 93-96.
- [33] Shi J Y, Gong J Y, Liu J E, *et al.* Antioxidant capacity of extract from edible flowers of *Prunus mume* in China and its active components [J]. *LWT Food Sci Technol*, 2009, 42(2): 477-482.
- [34] Kim D H, Bok Y O, Lee H S, *et al.* Antioxidant activities of *Plunus mume* flower buds extract by various solvents [J]. *Kjopp*, 2017, 31(3): 188-193.
- [35] 石嘉怿. 青梅花、枝、叶中多酚的抗氧化活性及稳定性的研究 [J]. 食品与发酵工业, 2011, 37(9): 171-175.
- [36] Nakamura S, Fujimoto K, Matsumoto T, *et al.* Structures of acylated sucroses and an acylated flavonol glycoside and inhibitory effects of constituents on aldose reductase from the flower buds of *Prunus mume* [J]. *J Nat Med*, 2013, 67(4): 799-806.
- [37] Nakamura S, Fujimoto K, Matsumoto T, *et al.* Acylated sucroses and acylated quinic acids analogs from the flower buds of *Prunus mume* and their inhibitory effect on melanogenesis [J]. *Phytochemistry*, 2013, 92: 128-136.
- [38] 陈明珠, 陈静, 黄幼霞, 等. 绿萼梅总黄酮对慢性应激抑郁模型大鼠抑郁行为的影响及机制研究 [J]. 中国药房, 2017, 28(13): 1758-1762.
- [39] 甘宜杰, 张伟, 欧金梅, 等. 绿萼梅抗 β 淀粉样蛋白致阿尔茨海默病细胞模型活性部位的筛选及其化学成分分析 [J]. 安徽中医药大学学报, 2022, 41(3): 92-96.

[责任编辑 时圣明]