

栀子“优形优质”特征客观指标量化及评价体系分析

袁秀林^{1,2}, 亢诗雯², 刘志浩³, 黄鼎¹, 叶森⁴, 李帆⁴, 王博铤², 金艳³, 袁媛^{2*}

(1. 广西中医药大学, 南宁 530200; 2. 中国中医科学院医学实验中心, 北京 100700;

3. 中国中医科学院中药资源中心, 北京 100700;

4. 漳州片仔癀药业股份有限公司 (福建省片仔癀天然医药研发企业重点实验室), 福建漳州 363000)

[摘要] 目的: 基于道地药材“三优”理论, 建立不依赖产地标签且基于栀子本身质量特征的客观评价体系, 为栀子优质药材标准化提供科学依据。方法: 收集不同产地、不同批次的栀子样品, 通过本草考证和现代文献分析, 选择果实长度、最大果径和色度作为表征栀子传统外观性状的量化指标, 利用游标卡尺与分光测色仪对上述指标进行测定; 结合经典名方数据与文献分析, 选择总环烯醚萜苷、西红花总苷和总黄酮作为与功效关联的核心成分指标, 并对其进行含量测定。通过聚类分析, 确定“优形”特征与功效成分量化指标的阈值范围, 并通过对各批药材指标的测定, 验证所建立评价体系的适用性。结果: 确定了栀子“优形”指标为: 长度与最大果径比值 ≤ 1.86 ; $0^\circ \leq$ 色调角(h) $\leq 45^\circ$ 且亮度(L^*) ≥ 37.32 ; 功效成分指标为: 总环烯醚萜苷、西红花总苷和总黄酮含量分别不低于2.2%、0.44%、0.028%。对不同批次栀子质量稳定性评估结果显示, 该评价体系可有效区分出符合传统认知“优形优质”的栀子样品。结论: 该研究初步构建了基于“优形优质”的栀子质量评价体系, 实现了外观性状与化学指标的关联, 为药材的质量控制与科学分级提供了方法论基础。

[关键词] 栀子; 优形优质; 客观指标; 品质评价

[中图分类号] R284; R287; R289 **[文献标识码]** A **[文章编号]** 1005-9903(2026)18-0027-09

[doi] 10.13422/j.cnki.syfjx.20260519

[网络出版地址] <https://link.cnki.net/urlid/11.3495.R.20260423.1736.008>

[网络出版日期] 2026-04-24 09:23:01



Objective Indicators and Evaluation System for Excellent Shape and High Quality of Gardeniae Fructus

YUAN Xiulin^{1,2}, KANG Shiwen², LIU Zhihao³, HUANG Ding¹, YE Sen⁴,
LI Fan⁴, WANG Bocheng², JIN Yan³, YUAN Yuan^{2*}

(1. Guangxi University of Chinese Medicine, Nanning 530200, China;

2. Experimental Research Center, China Academy of Chinese Medical Sciences, Beijing 100700, China;

3. National Resource Center for Chinese Materia Medica, China Academy of Chinese Medical Sciences, Beijing 100700, China;

4. Fujian Pien Tze Huang Enterprise Key Laboratory of Natural Medicine Research and Development, Zhangzhou Pien Tze Huang Pharmaceutical Co. Ltd., Zhangzhou 363000, China)

[Abstract] **Objective:** To establish an objective evaluation system based on the quality characteristics of Gardeniae Fructus without relying on the origin label according to the theory of excellent shape, high quality, and superior effect of authentic medicinal materials, thus providing a scientific basis for the standardization of Gardeniae Fructus. **Methods:** Different batches of Gardeniae Fructus samples were collected from different producing areas. Through herbal textual research and a review of modern literature, fruit length, maximum fruit diameter, and chroma were selected as quantitative indicators to characterize the traditional

[收稿日期] 2026-02-05

[基金项目] 国家自然科学基金国家杰出青年科学基金项目(82325049); 中国中医科学院科技创新工程项目(NLTS2025014/C12023D001); 中央本级重大增减支项目(2060302)

[第一作者] 袁秀林, 硕士, 从事中药鉴定学研究, E-mail: 15158232961@163.com

[通信作者] *袁媛, 研究员, 博士生导师, 从事中药鉴定与分子生药学研究, E-mail: y_yuan0732@163.com

appearance traits of Gardeniae Fructus. The above indicators were measured by a vernier caliper and a spectrophotometer. Through classical famous prescription data and literature analysis, total iridoid glycosides, total crocus glycosides, and total flavonoids were selected as the core component indicators related to efficacy, and their content was determined. Finally, through cluster analysis, the threshold ranges of the quantitative indicators of excellent shape and high quality were determined, and the applicability of the established evaluation system was verified by the determination of the indicators for each batch of medicinal materials. **Results:** The excellent shape indicators of Gardeniae Fructus were the fruit length-to-maximum fruit diameter ratio ≤ 1.86 , $0^\circ \leq h \leq 45^\circ$, and $L^* \geq 37.32$. The content of total iridoid glycosides, total crocus glycosides, and total flavonoids should be no less than 2.2%, 0.44%, and 0.028%, respectively. The measurement results of different batches of Gardeniae Fructus showed that the evaluation system could effectively distinguish the Gardeniae Fructus samples in line with the traditional cognition of excellent shape and high quality. **Conclusion:** This study preliminarily constructs an excellent shape and high quality-based quality evaluation system for Gardeniae Fructus, which links appearance traits with chemical indicators and provides a methodological basis for the quality control and scientific grading of this herbal medicine.

[Keywords] Gardeniae Fructus; excellent shape and high quality; objective indicator; quality evaluation

梔子为茜草科植物梔子(*Gardenia jasminoides*)的干燥成熟果实,始载于汉代《神农本草经》^[1],性寒味苦,具泻火除烦、清热利湿、凉血解毒等功效,临床上常用于热病心烦、湿热黄疸等证^[2]。现代药理研究表明,梔子具有保肝利胆、抗炎、镇痛、调节代谢及神经保护等多重活性^[3],是茵胆平肝胶囊等中成药的重要原料^[4-5],其主要活性成分包括环烯醚萜苷类成分(如梔子苷)、二萜类(如西红花苷)、有机酸及黄酮类成分等^[6-7]。

随着市场需求持续增长,梔子栽培面积不断扩大,已在江西、福建、浙江、四川、河南和湖北等地形成规模化产区,湖南、江苏和安徽等产区的种植规模也在逐年上升^[8-9]。然而,当前梔子产业仍面临质量参差不齐、评价体系不完善等问题。近年来,围绕梔子质量评价的研究主要集中于以下2个方面:一是基于化学成分的质量标准研究,现行标准多侧重于单一成分(如梔子苷)的含量测定,但通过比较不同产地梔子中梔子苷含量以筛选最优产地,在业内尚存在较大争议^[10]。二是以“辨状论质”为指导的品质评价研究,旨在通过解析“形-质”关系完善评价体系^[11-13],尽管此类研究已推动梔子的质量评价由单一成分检测向多种化学成分与性状指标相结合的综合模式发展,但检测指标仍主要局限于部分代表性活性单体,尚未实现客观检测指标与传统性状及临床功效的深度关联。

道地药材“三优”理论(涵盖“优形”“优质”“优效”)为完善梔子质量评价提供了新思路^[14-16],该理论强调外观性状与其内在成分及药效间的整体关联,有助于构建从宏观性状到微观成分的综合性评价框架。在此理论指导下,本研究拟通过量化梔子性状特征与多类功效成分含量,明确其“优形”与“优质”的核心评价指标及其阈值,建立一种不依赖

产地标签、基于自身质量属性的客观评价体系,以期为梔子标准化发展提供科学依据。

1 材料

1.1 样品 基于本草文献对梔子产地变迁的考证及前期资源调查,本研究于福建、江西、浙江、湖南、四川等省共收集到梔子药材13批,均为统货。所有样品经中国中医科学院中药资源中心金艳副研究员鉴定为茜草科植物梔子*G. jasminoides*的干燥成熟果实,材料保存于中国中医科学院医学实验中心,具体信息详见表1。

表1 梔子样品信息

Table 1 Gardeniae Fructus sample information

编号	产地	采收日期
S1	福建省宁德市福鼎市	2024年10月24日
S2	福建省宁德市福鼎市	2024年10月20日
S3	福建省宁德市福鼎市	2024年10月24日
S4	江西省宜春市樟树市	2024年10月24日
S5	江西省吉安市吉水县	2024年10月24日
S6	浙江省温州市苍南县	2024年10月30日
S7	浙江省温州市泰顺县	2024年10月24日
S8	浙江省温州市泰顺县	2024年10月24日
S9	湖南省长沙市宁乡市	2024年10月24日
S10	湖南省郴州市永兴县	2024年11月10日
S11	湖南省郴州市永兴县	2024年10月24日
S12	四川省泸州市泸县	2024年10月24日
S13	四川省广元市宝轮镇	2024年10月24日

1.2 试剂 梔子苷、西红花苷 I、芦丁(上海源叶生物科技有限公司,批号分别为 B21661、B21337、B20771,纯度均 $\geq 98\%$),亚硝酸钠、硝酸铝(上海阿拉丁生化科技股份有限公司,均为分析纯),氢氧化钠(西陇科学股份有限公司,分析纯)。

1.3 仪器 CM700D型分光测色仪(日本柯尼卡美能达公司);NewClassic MF型分析天平(瑞士

Mettler Toledo 公司); R-210 型旋转蒸发仪(瑞士步琦公司); MM400 型混合型球磨机(德国莱驰公司); FDU-1 110 型冷冻干燥机(东京理化公司); 7200 型可见分光光度计(上海尤尼柯仪器有限公司)。

2 方法

2.1 外观性状指标的选择及测定 本研究通过系

统梳理历代本草著作中关于栀子“优形”性状的记载,筛选出可用于量化分析的核心外观性状指标。根据表2所列“优形”特征描述,以长度与最大果径的比值量化“小而圆”特征,以果棱数量化“七九棱”特征,以色度值量化其外观颜色属性,确定将果实长度、最大果径、果棱数及果皮色度值作为测量指标。

表2 历代本草关于栀子“优形”特征的记载

Table 2 Records of characteristics of "excellent shape" of Gardeniae Fructus in past dynasties

本草著作	成书年代	“优形”特征描述
《雷公炮炙论》 ^[17]	南北朝	须要如雀脑,并须长,有九路赤色者上
《本草图经》 ^[18]	宋 1061 年	皮薄而圆小,刻房七棱至九棱为佳
《汤液本草》 ^[19]	元 1238-1248 年	皮薄而圆
《本草蒙筌》 ^[20]	明 1565 年	山谷产者,圆小又薄。堪为入药之用,七棱九棱方良
《药性会元》 ^[21]	明 1595 年	形最紧小,七棱至九棱者良
《本草纲目》 ^[1]	明 1596 年	薄皮细子有须
《本草求原》 ^[22]	清 1848 年	小而圆,有七九棱者佳
《药物出产辨》 ^[23]	民国 1930 年	身短而圆者为山栀

2.1.1 果实长度和最大果径的测量和果棱数的计数 各批次栀子药材经净选后,采用四分法反复缩分,随机获取 100 粒代表性样品。使用精度为 0.01 mm 的电子数显游标卡尺逐粒测量果实长度与最大果径,用计数法统计栀子的翅状纵棱数。其中果实长度定义为自果实基部(去除果柄处)至顶端收窄处的直线距离,最大果径定义为果实最宽处的直径^[24]。根据测量结果,计算每粒果实的长度与最大果径的比值。

2.1.2 果实颜色测定 样品制备同 2.1.1 项,采用分光测色仪测定果实色度值。仪器预热 30 min,经标准白板及黑筒校准后,选取单粒果实中部纵棱最为明显、色泽最为均匀的区域进行测量,记录 L^* 、 a^* 、 b^* 值,并按公式 $h=\tan^{-1}(b^*/a^*)$ 计算色调角(h)。该色度

体系中, L^* 表示明度(0 为纯黑, 100 为纯白), a^* 代表红绿轴(正值偏红, 负值偏绿), b^* 代表黄蓝轴(正值偏黄, 负值偏蓝)^[25]; h 值以度($^{\circ}$)表示, 范围为 $0^{\circ}\sim 360^{\circ}$, 通常 0° (或 360°) 对应红色, 90° 为黄色, 180° 为绿色, 270° 为蓝色^[26]。

2.2 功效成分指标的选择及测定 通过中国中医药数据库检索系统(<https://cintmed.cintcm.cn/cintmed/>)进行检索含栀子的经典名方,共获得 12 条代表性数据,涉及 5 类临床应用(表3)。结合现代药理学研究^[27-33],系统分析栀子主要生物活性成分与其传统功效的相关性,选择与栀子“泻火除烦、清热利湿、凉血解毒、外用消肿止痛”等核心临床应用高度相关的功效成分:总环烯醚萜苷、西红花总苷及总黄酮,作为本研究的功效成分指标。

表3 栀子功效成分指标的选择

Table 3 Selection of efficacy-related substance indicators for Gardeniae Fructus

临床应用	主治	代表性方剂	功效成分
泻火除烦	热病心烦	栀子豉汤、黄连解毒汤	环烯醚萜苷类 ^[29] 、黄酮类 ^[30]
清热利湿	湿热黄疸	茵陈蒿汤、栀子柏皮汤	环烯醚萜苷类 ^[31] 、西红花苷 ^[4]
凉血解毒	血淋涩痛、血热吐衄	八正散、十灰散	环烯醚萜苷类、西红花苷 ^[28]
目赤肿痛	火毒疮疡	栀子汤	环烯醚萜苷类 ^[4]
消肿止痛	扭挫伤痛	黄金栀子膏	环烯醚萜苷类 ^[31]

2.2.1 总环烯醚萜苷含量测定 参考周婷婷等^[34]建立的方法提取测定栀子总环烯醚萜苷含量。

对照品溶液及标准曲线制备:取对照品栀子苷

2.0 mg 置于 50 mL 量瓶中,加 30% 甲醇定容至刻度,摇匀,得质量浓度为 $40.0\text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$ 的对照品溶液。分别精密量取 1.0、1.5、2.0、2.5、3.0 mL 的 $40.0\text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$

的对照溶液于5 mL量瓶中,加30%甲醇定容至刻度,摇匀。以30%甲醇为空白,遵照2025年版《中华人民共和国药典》(以下简称《中国药典》)四部通则0401紫外-可见分光光度法(下同),在238 nm波长处测定吸光度 A ,以 A 为纵坐标,质量浓度为横坐标,绘制标准曲线。

供试品溶液制备:取干燥栀子果实粗粉3.0 g,精密称定,置圆底烧瓶,取50%乙醇100 mL加入装有样品的圆底烧瓶中,将装有样品及乙醇的圆底烧瓶放置在电热套上,加热回流提取2次,每次2 h。提取液过滤,合并滤液,滤液于旋转蒸发仪减压浓缩后,冷冻干燥,得栀子粉末。精密称取栀子粉末3.0 mg于50 mL量瓶中,以30%甲醇定容至刻度,摇匀。精密量取母液2 mL于5 mL量瓶,以30%甲醇定容至刻度,摇匀,制成样品溶液。

2.2.2 西红花总苷含量测定 参考杨力等^[35]所建立的方法提取测定栀子西红花总苷。

对照品溶液及标准曲线制备:精密称取对照品西红花苷 I 5.0 mg于50 mL量瓶中,用50%乙醇定容至刻度,摇匀,得质量浓度为 $100\text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$ 的对照品溶液。精密移取对照溶液0.2、0.4、0.6、0.8、1.0 mL,置10 mL量瓶中,用50%乙醇定容至刻度,摇匀。以50%乙醇溶液为空白,采用紫外-可见分光光度法,于440 nm波长处测定其 A ,并绘制标准曲线。

供试品溶液制备:取干燥栀子果实粗粉3.0 g,精密称定,置圆底烧瓶,取75%乙醇100 mL加入装有样品的圆底烧瓶中,将装有样品及乙醇的圆底烧瓶放置在电热套上,加热回流提取3 h。提取液过滤,合并滤液,滤液于旋转蒸发仪减压浓缩后,冷冻干燥,得栀子粉末。取栀子粉末于100 mL量瓶中,以50%乙醇定容至刻度,摇匀。精密量取母液0.2 mL于10 mL量瓶,以50%乙醇定容至刻度,摇匀,制成样品溶液。

2.2.3 总黄酮成分测定 参考2025年版《中国药典》^[2]沙棘项下所述方法测定总黄酮含量,具体方法如下。

对照品溶液及标准曲线制备:称取芦丁对照品20 mg,精密称定,置50 mL量瓶中,加60%乙醇适量,置水浴上微热使溶解,放冷,加60%乙醇至刻度,摇匀。精密量取25 mL,置50 mL量瓶中,加水稀释至刻度,摇匀,即得。精密量取对照品溶液1、2、3、4、5、6 mL,分别置25 mL量瓶中,各加30%乙醇至6 mL,加5%亚硝酸钠溶液1 mL,混匀,放置6 min,再加10%硝酸铝溶液1 mL,混匀,放置

6 min。加氢氧化钠试液10 mL,再加30%乙醇至刻度,摇匀,放置15 min,以相应试剂为空白,紫外-可见分光光度法于500 nm波长处测定其 A ,以 A 为纵坐标,浓度为横坐标,绘制标准曲线。

供试品溶液制备:取干燥栀子果实粗粉2.0 g,精密称定,加60%乙醇30 mL,加热回流2 h,放冷,滤过,残渣再分别加60%乙醇25 mL,加热回流2次,每次1 h。滤过,合并滤液,置100 mL量瓶中,残渣用60%乙醇洗涤,洗液并入同一量瓶中,用60%乙醇稀释至刻度,摇匀。精密量取25 mL,置50 mL量瓶中,加水至刻度,摇匀,作为供试品溶液。精密量取供试品溶液3 mL,置25 mL量瓶中,加30%乙醇至6 mL,照标准曲线的制备项下的方法,自“加亚硝酸钠溶液1 mL起”,依法测定 A ,同时取供试品溶液3 mL,除不加氢氧化钠试液外,其余同上操作,作为空白,从标准曲线上读出供试品溶液中含芦丁的质量(mg),计算,即得。

2.3 统计分析 采用Excel 2021软件整理栀子长度、最大果径、色度值等性状数据,以及总环烯醚萜苷、西红花总苷和总黄酮含量数据。采用SPSS Statistics 25软件对各评价指标进行 K -均值聚类分析,利用Origin 2024软件对性状和功效成分指标进行相关性分析。

2.4 多批次样品评估策略 按上述2.1项和2.2项所述方法,对13批栀子药材进行性状和功效成分含量的测定。基于建立的“优形”(性状)与“优质”(功效成分)阈值,统计每批样品中同时满足2类阈值的样本数量,并计算其占该批样本总数的比例,将该比例定义为该批药材的“优形优质”符合率,用以综合评价各批次质量的稳定性。

3 结果

3.1 果实形态指标确定 收集了13批次栀子药材,每批经四分法缩分后,各取100粒,共1 300粒单粒样品,分别进行单粒果实长度与最大果径的测量,栀子果实棱数的计数,并计算长度与最大果径比值。结果显示,单粒栀子药材的长度与最大果径比值分布于1.16~2.72。理论上,该比值越接近1,表明果实形态越趋于圆整饱满,与传统经验中优质栀子所具“小而圆”的“优形”特征越相符。所收集样品的单粒果棱数多为6棱,7棱栀子所占比例仅为1%~3%,因此未被纳入后续分析。为进一步划分质量等级,预设聚类数 $K=2$,对长度与最大果径比值进行 K -means聚类分析,结果见表4。根据分析结果,将长度与最大果径比值 ≤ 1.86 确定为表征栀子“优

形”的果实形态指标阈值。

表4 栀子药材长度与最大果径比值的K-均值聚类分析
Table 4 K-means cluster analysis results of ratio of length to maximum fruit diameter of Gardeniae Fructus

聚类	聚类中心	范围	数量/个	占比/%
1	1.66	1.16~1.86	782	60.15
2	2.07	1.87~2.72	518	39.85

3.2 果实颜色指标的确定 对已完成形态指标测量的1 300粒单粒栀子样品,测量其 L^* 、 a^* 、 b^* 值,并依据公式计算各样品的 h 。在该色彩体系中,随着 h 值由 0° 向 90° 递增,表征颜色由红向黄色渐变。当 $0^\circ \leq h \leq 45^\circ$ 时, a^* 值(红绿值)占据主导,果实外观呈红色,与传统优质栀子“果实赤色”的“优形”标准相符。

基于此,本研究设定 $0^\circ \leq h \leq 45^\circ$ 为首轮色度筛选条件,以排除偏橙黄的果实。结果显示,1 300粒单粒栀子样品的 h 分布范围为 $19.99^\circ \sim 121.25^\circ$,其中符合 $0^\circ \leq h \leq 45^\circ$ 的样品共529个,占总数的40.69%。在满足 h 条件的样品中,部分果实的色泽暗沉,与传统感官要求不符。因此,进一步对满足 h 筛选条件的样品,按明度 L^* 值进行聚类分级,结果见表5, L^* 值越高,表明样品色泽越鲜亮。综合分析色调与明度,最终将栀子“优形”的色度指标确定为 $0^\circ \leq h \leq 45^\circ$,且 $37.32 \leq L^* \leq 48.40$ 。

表5 栀子药材 L^* 值K-均值聚类分析
Table 5 L^* value K-means cluster analysis of Gardeniae Fructus

聚类	聚类中心	范围	数量/个	占比/%
1	40.02	37.32~48.40	258	48.77
2	34.56	27.65~37.29	271	51.23

3.3 功效物质含量指标确定 为了系统评估栀子的内在品质,本研究选取总环烯醚萜苷、西红花总苷及总黄酮3类功效成分进行定量分析。因单颗栀子无法满足同时测定3类成分含量的需求,从已完成性状测定的1 300粒栀子中,经四分法缩分获得100份代表性样品,每份样品包含10颗栀子,粉碎提取后,依次进行上述3类成分的含量测定。

3.3.1 线性考察 在总环烯醚萜苷的测定中,以栀子苷质量浓度(X)为横坐标, $A(Y)$ 为纵坐标进行线性回归,得到方程 $Y=0.005\,3X-0.003\,8(R^2=0.993\,2)$,表明栀子苷质量浓度在 $8.0 \sim 24.0\,\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$ 线性关系良好。在西红花总苷的测定中,以西红花苷I质量浓度(X)为横坐标, $A(Y)$ 为纵坐标,得方程 $Y=0.027X-$

$0.001\,7(R^2=0.999\,2)$,表明西红花苷I质量浓度在 $2.0 \sim 10.0\,\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$ 线性关系良好。在总黄酮的测定中,以芦丁浓度(X)为横坐标, $A(Y)$ 为纵坐标,得方程 $Y=2.117X-0.000\,2(R^2=0.999\,9)$,表明芦丁质量浓度在 $8.0 \sim 48.0\,\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$ 线性关系良好。

3.3.2 含量测定及范围 对100份栀子样品分别进行总环烯醚萜苷、西红花总苷、总黄酮的提取和含量测定,结果显示,总环烯醚萜苷质量分数介于 $1.38\% \sim 3.90\%$,西红花总苷质量分数介于 $0.33\% \sim 0.71\%$,总黄酮质量分数介于 $0.019\% \sim 0.036\%$ 。采用K-means聚类分析对上述成分含量进行分级,预设 $K=2$,将栀子“优质”指标确定为总环烯醚萜苷 $>2.2\%$,西红花总苷 $>0.44\%$,总黄酮 $\geq 0.028\%$,见表6。

表6 栀子化学成分含量测定($n=3$)
Table 6 Chemical composition determination of Gardeniae Fructus ($n=3$)

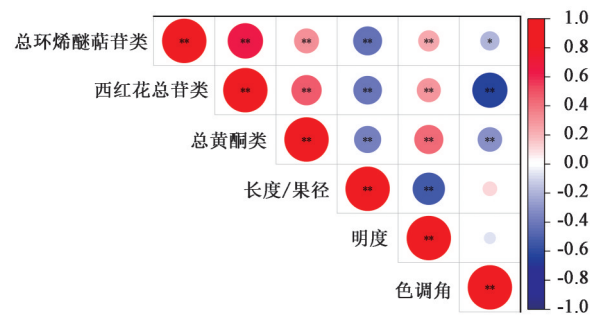
成分	分级	范围/%	数量/份	占比/%
总环烯醚萜苷	1	>2.2	38	38
	2	≤ 2.2	62	62
西红花总苷	1	>0.44	33	33
	2	≤ 0.44	67	67
总黄酮	1	≥ 0.028	41	41
	2	≤ 0.027	59	59

3.3.3 性状与功效成分指标的相关性分析 为满足对同一份样品进行“优形”“优质”指标分析,本研究以每10颗栀子的性状测定指标平均值与该份栀子样品的功效成分含量进行关联分析。结果显示,栀子性状指标与功效成分含量之间存在相关性,见图1。其中,果实长度与最大果径的比值及 h 值与总环烯醚萜苷类、西红花总苷类及总黄酮类成分均呈负相关,而栀子果实的 L^* 值则与上述3类成分含量均呈正相关。

综合上述分级结果,本研究最终设定栀子“优形”指标为长度与最大果径比值 ≤ 1.86 , $0^\circ \leq h \leq 45^\circ$,且 $L^* \geq 37.32$;功效成分指标为总环烯醚萜苷、西红花总苷和总黄酮质量分数分别不低于 2.2% 、 0.44% 、 0.028% 。

3.4 不同批次栀子的质量稳定性评价 对各批次栀子进行质量评价,按2.4项所述方法,统计每批中同时符合“优形”和“功效成分”阈值的比例。

由于“优形符合率”和“功效成分符合率”对应同一批药材,属于配对变量,斯皮尔曼(Spearman)



注: * $P<0.05$, ** $P<0.01$

图1 栀子性状与功效成分相关性热图

Fig. 1 Heat map of correlation between *Gardeniae Fructus* traits and functional components

相关性分析显示,“优形符合率”和“功效成分符合率”两者显著正相关($P<0.01$),相关系数 $r=0.888$ 。为进一步综合评价,本研究定义“优形优质”符合率为同一批次栀子同时达到“优形”与“功效成分”指标的联合概率。 X 和 Y 为二分类变量,其中 $X=1$ 表示该样品达到“优形”指标, $X=0$ 为未达到; $Y=1$ 表示达到“功效成分”指标, $Y=0$ 为未达到。由于 X 与 Y 存在显著相关性,若直接采用独立事件联合概率公式 $P(X=1 \text{ 且 } Y=1)=P(X=1) \times P(Y=1)$ 计算会导致结果存在偏差,因此需要通过协方差 $Cov(X, Y)$ 及相关系数 r 对其进行校正。

具体如下,设某批次“优形符合率” $P(X=1)=a$,“功效成分符合率” $P(Y=1)=b$, X 与 Y 的相关系数为 r 。

$$Cov(X, Y) = E(XY) - E(X)E(Y) = p_{11} - a \times b^{[36]}$$

$$r = \frac{Cov(X, Y)}{\sqrt{a(1-a) \times b(1-b)}} = \frac{p_{11} - ab}{\sqrt{a(1-a)b(1-b)}}$$

$$P(X=1 \text{ 且 } Y=1) = a \times b + r \times \sqrt{a(1-a)b(1-b)}$$

计算各批次校正后的“优形优质”符合率 $P(X=1 \text{ 且 } Y=1)$,见表7。二分类变量联合概率需满足 $P(X=1 \text{ 且 } Y=1) \in [\max(0, a+b-1), \min(a, b)]$ 的理论边界,除S8批次外,其余批次的“优形符合率”(a)显著低于“功效成分符合率”(b),若采用整体批次的平均相关系数($r=0.888$)进行校正,导致其联合概率大于 $\min(a, b)$,因此上述批次样本采用各批次允许的最大相关系数 $r_{\max}$ 进行校正,确保结果严格处于理论区间内。

$$r_{\max} = \frac{\min(a, b) - ab}{\sqrt{a(1-a)b(1-b)}}$$

4 讨论

本研究基于道地药材“三优”理论,通过测定栀

表7 不同批次栀子品质评价

Table 7 Quality evaluation results of different batches of *Gardeniae Fructus* %

样品编号	优形符合率	功效成分符合率	“优形优质”特征符合率
S1	11	20	11
S2	2	10	2
S3	0	0	0
S4	21	30	21
S5	16	30	16
S6	2	20	2
S7	30	70	30
S8	3	0	0
S9	19	50	19
S10	11	30	11
S11	37	80	37
S12	5	10	5
S13	0	10	0

注:长度与最大果径比 ≤ 1.86 , $0^\circ \leq h \leq 45^\circ$ 且 $L^* \geq 37.32$;总环烯醚萜苷含量 $>2.2\%$,西红花总苷含量 $>0.44\%$,总黄酮含量 $\geq 0.028\%$

子果实的长度与果径比、 h 、 L^* 等外观性状参数,并将其与总环烯醚萜苷、西红花总苷等关键活性成分含量进行关联分析,建立了一套“外观形态-内在质量”的量化评价体系。研究结果显示,栀子的性状指标与其功效成分含量之间存在显著相关,其中果实长度与最大果径的比值、色调角与三类功效成分呈负相关,而 L^* 值呈正相关。该结果与“辨状论质”的传统经验高度一致:传统经验认为“小而圆,色赤”者为佳,与本研究栀子果实形状趋于圆整(长度与最大果径比 ≤ 1.86),果实颜色红亮($0^\circ \leq h \leq 45^\circ$ 且 $L^* \geq 37.32$)的样品符合一致,其核心功效成分含量更高。

该体系依据药材自身的物理与化学属性进行评价,突破了对“产地标签”的依赖,具有较强的客观性与普适性。通过基于Spearman相关性的协方差修正模型对各批次药材的“优形优质”符合率进行计算。由于性状与成分间存在显著正相关($r=0.888$),传统“辨状论质”经验认为,药材的外观性状是其内在品质的外部表征,大部分批次药材的“优形优质”符合率在数值上与“优形”符合率保持高度一致,且“优质”符合率普遍高于“优形”符合率,表明药材性状是制约其综合质量的关键因素。未来研究可进一步挖掘关键性状指标与化学成分、药理活性之间的内在关联,为传统经验的科学阐释提供更坚实的数据支撑。

根据历代本草考证,至明清时期,主流本草普

遍认为以江西(古临江,今樟树)、福建等地所产为道地,尤以“江栀子”著称,其皮薄、色红、饱满的特征曾被视为优质标准^[37-39]。然而,同一产地不同批次间的质量稳定性存在显著差异,对13批样品的检测结果显示,部分来自传统道地产区批次的“优形优质”特征符合率较低,如批次S3为0%、S5为16%;来自新兴产区湖南郴州的批次S11“优形优质”特征符合率最高(37%)。上述结果在一定程度上表明,在人工栽培模式下,道地药材的品质保障不能仅依赖于产地标签,更取决于产区内具体的生产实践与管理水平。种植模式分散、田间管理标准不统一等问题,加之长期连作可能引发的土壤退化及栽培种质混杂,共同导致了药材活性成分的合成与积累过程不稳定,进而影响了不同批次间“优形优质”特征的稳定表达^[40]。此外,本草记载栀子果实以“七至九棱者为佳”,但目前样品多为六棱,栀子的种质资源筛选应优先选择具有七至九棱的果实类型。

综上,本研究初步构建了栀子外观性状与化学指标之间的关联评价体系,实现了从“外观辨识”到“物质基础”的跨越,但系统阐明其“形-质-效”的科学内涵,实现从“优形优质”到“优效”的完整评价,仍是未来研究的关键方向。尽管本研究已构建栀子的“优形优质”评价体系,后续仍需在扩大样本量基础上,进一步验证该体系各指标阈值的稳定性与普适性。同时,需进一步聚焦“效”这一核心,利用已分级样本开展系统的体内外药效学评价,整合化学指标与生物活性数据,进行多维度、多层次的“效-质”关联分析,构建“形-质-效”相统一的综合评价范式。在此基础上,系统阐释栀子品质形成与效应表达的内在机制,为产区优化、生产调控及临床合理应用提供更为坚实的科学依据。

[利益冲突] 袁媛为本刊编委,本文遵循期刊标准流程处理,其同行评审工作独立于编委会成员及其研究团队之外。本文不存在任何利益冲突。

[参考文献]

- [1] 佚名. 神农本草经[M]. 广州:广东科学技术出版社,2022.
Anonymous. Shennong Bencao Jing [M]. Guangzhou: Guangdong Science & Technology Press, 2022.
- [2] 国家药典委员会. 中华人民共和国药典:一部[M]. 北京:中国医药科技出版社,2025.
Chinese Pharmacopoeia Commission. Pharmacopoeia of the People's Republic of China: Volume I [M]. Beijing: China Medical Science Press, 2025.
- [3] 张嘉豪,呼田,周雪薇,等. 栀子药理作用及临床应用研究进展[J]. 辽宁中医药大学学报,2024,26(5):93-98.

- ZHANG J H, HU T, ZHOU X W, et al. Research progress on the pharmacological effects and clinical application of Zhizi (*Gardeniae Fructus*) [J]. J Liaoning Univ Tradit Chin Med, 2024, 26(5): 93-98.
- [4] 李萍,刘耀. 栀子的主要药理作用及质量标志物预测研究[J]. 中药材, 2023, 46(12): 3171-3174.
LI P, LIU Y. Study on the main pharmacological effects and quality marker prediction of *Gardenia jasminoides* Ellis [J]. Chin J Med Mater, 2023, 46(12): 3171-3174.
- [5] 宋丹丹,罗光明,罗扬婧,等. 栀子在肝脏疾病防治中的应用及作用机制研究进展[J]. 江西中医药大学学报, 2024, 36(2): 119-123.
SONG D D, LUO G M, LUO Y J, et al. Research progress of *Gardenia* in the prevention and treatment of liver diseases and mechanism of action [J]. J Jiangxi Univ Chin Med, 2024, 36(2): 119-123.
- [6] 孙晨曦,韩欣园,叶田园. 栀子化学成分改善阿尔茨海默病的作用机制研究进展[J]. 中草药, 2025, 56(8): 2969-2983.
SUN C X, HAN X Y, YE T Y. Research progress on mechanisms of *Gardeniae Fructus* chemical components in improving Alzheimer's disease [J]. Chin Tradit Herb Drugs, 2025, 56(8): 2969-2983.
- [7] 赵倩娜,崔红倩,申远. 栀子的化学成分及药理作用研究进展[J]. 新乡医学院学报, 2024, 41(11): 1090-1096.
ZHAO Q N, CUI H Q, SHEN Y. Research progress on chemical constituents and pharmacological effects of *Gardenia jasminoides* Ellis [J]. J Xinxiang Med Univ, 2024, 41(11): 1090-1096.
- [8] 中国科学院《中国植物志》编辑委员会. 中国植物志[M]. 北京:科学出版社,1993.
Editorial Committee of Flora of China, Chinese Academy of Sciences. Flora of China [M]. Beijing: Science Press, 1993.
- [9] 陈雅林. 栀子属资源概况及栀子本草学研究[D]. 北京:北京协和医学院,2018.
CHEN Y L. Study on resources survey of *Gardenia* and herbalism studies of *Gardenia jasminoides* Ellis [D]. Beijing: Peking Union Medical College, 2018.
- [10] 王永香,米慧娟,李森,等. 不同产地栀子药材中8种主要药效成分的含量测定及聚类分析[J]. 中国实验方剂学杂志, 2015, 21(20): 44-48.
WANG Y X, MI H J, LI M, et al. Determination and cluster analysis of eight effective components in gardeniae fructus from different localities [J]. Chin J Exp Tradit Med Form, 2015, 21(20): 44-48.
- [11] 刘森琴. 栀子果实形态与其主要活性成分的相关性研究[D]. 合肥:安徽中医药大学,2017.
LIU M Q. Research on the correlation between the fruit morphology and the main active components of fruit of *Gardenia jasminoides* Ellis [D]. Hefei: Anhui University of Chinese Medicine, 2017.
- [12] 邓绍勇,贺义昌,朱培林,等. 栀子野生群体栀子苷及西红花苷-I含量分析[J]. 中药材, 2016, 39(7): 1493-1498.

- DENG S Y, HE Y C, ZHU P L, et al. Analysis of geniposide and crocin-I content in wild population of *Gardenia jasminoides*[J]. Chin J Med Mater, 2016, 39(7): 1493-1498.
- [13] 费曜, 段恒, 王刚, 等. 不同产地栀子种质资源和药材品质的比较[J]. 华西药理学杂志, 2016, 31(1): 48-51.
- FEI Y, DUAN H, WANG G, et al. Research on the germplasm resources and quality of *Gardenia jasminoides* from different sources[J]. West China J Pharm Sci, 2016, 31(1): 48-51.
- [14] 袁媛, 郑汉, 黄璐琦. 再论道地药材“优形、优质、优效”特征成因及研究模式[J]. 中国中药杂志, 2024, 49(15): 3977-3985.
- YUAN Y, ZHENG H, HUANG L Q. Review of contributing factors and research model of "excellent shape, high quality, and superior effect" of Dao-di herbs[J]. China J Chin Mater Med, 2024, 49(15): 3977-3985.
- [15] 袁媛, 黄璐琦. 道地药材评价理论的传承与创新[J]. 中国中药杂志, 2025, 50(13): 3522-3528.
- YUAN Y, HUANG L Q. Inheritance and innovation: Theoretical evolution in assessing Dao-di herbs[J]. China J Chin Mater Med, 2025, 50(13): 3522-3528.
- [16] 袁媛, 黄璐琦. 道地药材评价的范式转型: 从地理标识到特征稳定[J]. 中国实验方剂学杂志, 2026, doi: 10.13422/j.cnki.syfjx.20260218.
- YUAN Y, HUANG L Q. Paradigm shift in the evaluation of daodi-herbs: From geographical indication to characteristic consistency[J]. Chin J Exp Tradit Med Form, 2026, doi: 10.13422/j.cnki.syfjx.20260218.
- [17] 雷敦. 雷公炮炙论[M]. 张骥, 辑校. 南京: 江苏科学技术出版社, 1985: 35.
- LEI X. Leigong Paozhi Lun [M]. Zhang Ji, ed. Nanjing: Jiangsu Science and Technology Publishing House, 1985: 35.
- [18] 苏颂. 本草图经[M]. 尚志钧, 辑校. 合肥: 安徽科学技术出版社, 1994: 371-373.
- SU S. Bencao Tujing [M]. SHANG Z J, ed. Hefei: Anhui Science & Technology Publishing House, 1994: 371-373.
- [19] 王好古. 汤液本草[M]. 哈尔滨: 黑龙江教育出版社, 2025.
- WANG H G. Tangye Bencao [M]. Harbin: Heilongjiang Education Press, 2025.
- [20] 陈嘉谟. 本草蒙筌[M]. 北京: 中医古籍出版社, 2009.
- CHEN J M. Bencao Mengquan [M]. Beijing: Traditional Chinese Medicine Classics Press, 2009.
- [21] 中国文化研究会. 中国本草全书: 76卷[M]. 北京: 华夏出版社, 1999.
- China Association For Culture Studies. Chinese Materia Medica Book: 76 volumes [M]. Beijing: Huaxia Publishing House, 1999.
- [22] 赵其光. 本草求原[M]. 北京: 中国中医药出版社, 2023.
- ZHAO Q G. Bencao Qiuyuan [M]. Beijing: China Traditional Chinese Medicine Press, 2023.
- [23] 陈仁山. 药物出产辨[M]. 广州: 朗明印刷社, 1930.
- CHEN R S. Drug production identification [M]. Guangzhou: Langming Printing Press, 1930.
- [24] 钱慧敏. 栀子和水栀子果实性状与主要活性成分含量关系研究[D]. 合肥: 安徽中医药大学, 2024.
- QIAN H M. Research on relationship between fruit traits and main active components contents of Zhizi and Shuizhi [D]. Hefei: Anhui University of Chinese Medicine, 2024.
- [25] 孙逸天. 蓝色调海纹石成分与颜色的关系[D]. 北京: 中国地质大学, 2018.
- SUN Y T. The relationship between the component and color of blue tone larimar [D]. Beijing: China University of Geosciences, 2018.
- [26] TUBEROSO C I G, JERKOVIĆ I, SARAIŠ G, et al. Color evaluation of seventeen European unifloral honey types by means of spectrophotometrically determined CIE $L^*C_{ab}^*h_{ab}^*$ chromaticity coordinates [J]. Food Chem, 2014, 145: 284-291.
- [27] 胡燕珍, 卫军营, 唐仕欢, 等. 《中医方剂大辞典》中含栀子方剂用药规律分析[J]. 中国中药杂志, 2016, 41(7): 1342-1347.
- HU Y Z, WEI J Y, TANG S H, et al. Analysis on composition principles of formulae containing Gardeniae Fructus in dictionary of traditional Chinese medicine prescriptions [J]. China J Chin Mater Med, 2016, 41(7): 1342-1347.
- [28] 陈榕, 何梓炫, 颜焯, 等. 栀子及其主要成分的药理及毒性作用研究进展[J]. 中草药, 2023, 54(18): 6092-6105.
- CHEN R, HE Z X, YAN Y, et al. Research progress on pharmacological and toxic effects of Gardeniae Fructus and its main components [J]. Chin Tradit Herb Drugs, 2023, 54(18): 6092-6105.
- [29] 江思琪, 商培钊, 刘震远, 等. 黄连解毒汤药理活性研究进展及质量标志物预测分析[J]. 中国现代中药, 2025, 27(5): 980-989.
- JIANG S Q, SHANG P Z, LIU Z Y, et al. Research progress on pharmacological activity of Huanglian Jiedu decoction and quality marker prediction and analysis [J]. Mod Chin Med, 2025, 27(5): 980-989.
- [30] 商缘君, 杜思宇, 耿波, 等. 栀子超高效液相色谱指纹图谱的建立及其降血糖作用谱效关系研究[J]. 中国医院药学杂志, 2025, 45(2): 167-172.
- SHANG Y J, DU S Y, GENG B, et al. Establishment of UPLC fingerprint for Gardeniae Fructus and study on the spectral effect of the hypoglycemic effect [J]. Chin J Hosp Pharm, 2025, 45(2): 167-172.
- [31] 赵海军, 劳秋荣, 等. 茵陈蒿汤研究进展及其质量标志物预测分析[J]. 山东中医药大学学报, 2024, 48(6): 754-760.
- ZHAO H J, LAO Q R, et al. Research progress of Yinchenhao decoction and prediction analysis of its quality marker [J]. J Shandong Univ Tradit Chin Med, 2024, 48(6): 754-760.
- [32] 李佳鑫. 外敷黄金栀子膏治疗急性膝关节创伤性滑膜炎的临床疗效观察[D]. 哈尔滨: 黑龙江中医药大学, 2023.
- LI J X. Clinical efficacy of external application of golden gardenia cream in the treatment of acute traumatic synovitis of knee joint [D]. Harbin: Heilongjiang University of Chinese

- Medicine,2023.
- [33] 吴金鸿,欧阳林旗,欧阳婷,等. 栀子治疗肝脏疾病作用机制研究进展[J]. 湖南中医药大学学报,2024,44(7):1346-1350.
WU J H, OUYANG L Q, OUYANG T, et al. Research progress on mechanism of Zhizi (Gardeniae Fructus) in treating liver diseases[J]. J Hunan Univ Chin Med, 2024, 44(7):1346-1350.
- [34] 周婷婷,闻俊,佟典承,等. 栀子总环烯醚萜苷含量的紫外分光光度法测定[J]. 时珍国医国药,2011,22(2):273-275.
ZHOU T T, WEN J, TONG D C, et al. Determination of total iridoid glycosides in gardenia jasminoides ellis by ultraviolet spectrophotometry[J]. Lishizhen Med Mater Med Res, 2011, 22(2):273-275.
- [35] 杨力,常寒,王逍,等. 响应曲面法优化栀子活性成分的提取工艺[J]. 华西药学杂志,2021,36(5):531-534.
YANG L, CHANG H, WANG X, et al. Response surface methodology was used to optimize the extraction process of active components from *Gardenia jasminoides* Ellis[J]. West China J Pharm Sci, 2021, 36(5):531-534.
- [36] 茆诗松,程依明,濮晓龙. 概率论与数理统计教程[M]. 2版. 北京:高等教育出版社,2011.
MAO S S, CHENG Y M, PU X L. Tutorial of probability theory and mathematical statistics[M]. 2nd ed. Beijing:Higher Education Press, 2011.
- [37] 李明利,赵佳琛,金艳,等. 经典名方中栀子的本草考证[J]. 中国现代中药,2020,22(8):1287-1302.
LI M L, ZHAO J C, JIN Y, et al. Textual research on classical prescription of Gardeniae Fructus[J]. Mod Chin Med, 2020, 22(8):1287-1302.
- [38] 刘方舟,杨阳,张一颖,等. 栀子药材道地性系统评价与分析[J]. 中国现代中药,2018,20(11):1330-1339.
LIU F Z, YANG Y, ZHANG Y Y, et al. Systematic evaluation and analysis on Dao-di herbs Gardenia Fructus[J]. Mod Chin Med, 2018, 20(11):1330-1339.
- [39] 金世元. 金世元中药材传统鉴别经验[M]. 北京:中国中医药出版社,2010.
JIN S Y. Jin Shiyuan's experience on heritable identification the traditional Chinese medicinal materials [M]. Beijing: China Press of Traditional Chinese Medicine, 2010.
- [40] 曹秋霞. 湖南栀子种质资源遗传多样性及有效成分研究[D]. 长沙:中南林业科技大学,2022.
CAO Q X. Study on the genetic diversity and available compositions of *Gardenia jasminoides* in Hunan area [D]. Changsha: Central South University of Forestry and Technology, 2022.
- [责任编辑 顾雪竹]