

· 药剂与炮制 ·

基于表里关联的栀子饮片炮制过程中表观颜色变化与其 内在成分含量的相关性分析

李晓庆^{1,2}, 王云², 张雪², 李玲云^{1,2}, 戴业佳^{2,3},

王清浩^{1,2}, 麻印莲², 宋熾⁴, 张玉莲⁴, 吕婷婷⁴, 张村^{1,2,3*}

(1. 河南中医药大学药学院, 郑州 450008; 2. 中国中医科学院中药研究所, 北京 100700;
3. 安徽中医药大学药学院, 合肥 230000; 4. 上海上药华宇药业有限公司, 上海 200002)

[摘要] 目的:研究焦栀子、栀子炭炮制过程中表观颜色与其主要成分环烯醚萜苷类和二萜色素类含量变化的相关性,为规范栀子饮片的炮制工艺提供实验依据。方法:采用电子眼获取栀子炮制过程饮片的色度值,分析栀子不同炒制时间点饮片颜色的变化规律,利用紫外分光光度法测定总环烯醚萜苷和总二萜色素的含量变化情况,采用 Pearson 法对多源数据进行相关性分析。结果:栀子炮制过程中 L^* (明度值), a^* (红绿分量值), b^* (黄蓝分量值) 变化趋势与总环烯醚萜苷含量呈负相关,与总二萜色素含量呈正相关。焦栀子过程饮片 L^* 和总二萜色素含量相关性最大;栀子炭过程饮片 b^* 和总二萜色素含量相关性最大。结论:颜色和色素类成分可考虑作为栀子炮制过程中的控制和监测指标。

[关键词] 栀子; 炮制; 表观颜色; 环烯醚萜苷; 色素; 西红花苷-I; 京尼平苷

[中图分类号] R22;R283;R284;R943.1 **[文献标识码]** A **[文章编号]** 1005-9903(2018)13-0001-05

[doi] 10.13422/j.cnki.syfx.20180912

[网络出版地址] <http://kns.cnki.net/kcms/detail/11.3495.R.20180222.1501.001.html>

[网络出版时间] 2018-02-22 17:42

Correlation Analysis of Apparent Color Change and Chemical Composition Content During Processing of Gardeniae Fructus

LI Xiao-qing^{1,2}, WANG Yun², ZHANG Xue², LI Ling-yun^{1,2}, DAI Ye-jia^{2,3},

WANG Qing-hao^{1,2}, MA Yin-lian², SONG Yan⁴, ZHANG Yu-lian⁴,

LYU Ting-ting⁴, ZHANG Cun^{1,2,3*}

(1. College of Pharmacy, Henan University of Chinese Medicine, Zhengzhou 450008, China;
2. Institute of Chinese Materia Medica, China Academy of Chinese Medical Sciences, Beijing 100700, China;
3. College of Pharmacy, Anhui University of Chinese Medicine, Hefei 230000, China;
4. SPH Huayu Chinese Herbs Co. Ltd., Shanghai 200002, China)

[Abstract] **Objective:** To investigate the correlation of contents of iridoid glycosides and diterpene pigments as well as the apparent color of Gardeniae Fructus during the processing and provide the basis for regulating the processing technology of this herb. **Method:** During the processing of Gardeniae Fructus, the correlation analysis of multi-source data was carried out by Pearson method, which including change regularity of chromatic value measured by color analyzer and content variation of total iridoid glycosides and total diterpene pigments measured by UV. **Result:** The variation tendency of chromatic value [L^* (lightness value), a^* (red

[收稿日期] 20171228(020)

[基金项目] 国家自然科学基金项目(81473356,81173553,81703708);国家“重大新药创制”科技重大专项(2014ZX09304307001);国家中药标准化项目(ZYBZH-Y-SH-38);中国中医科学院自主选题(ZXKT16001,ZZ2014053)

[第一作者] 李晓庆,在读硕士,从事中药炮制机制研究,Tel:010-64087690,E-mail:13641169007@163.com

[通信作者] *张村,研究员,博士生导师,从事中药炮制、中药化学研究,Tel:010-64087690,E-mail:zhc95@163.com

and green component value), b^* (yellow and blue component value)] was negatively correlated with the content of total iridoid glycosides and positively correlated with the content of total diterpene pigments in the process of Gardeniae Fructus processing. L^* was most correlated with the content of total diterpene pigments in process of stir-baked Gardeniae Fructus, b^* was most correlated with the content of total diterpene pigments in process of carbonized Gardeniae Fructus. **Conclusion:** The color and pigments can be considered as the control and monitoring index in the process of Gardeniae Fructus processing.

[**Key words**] Gardeniae Fructus; processing; apparent color; iridoid glycosides; pigment; crocin- I ;geniposide

栀子具有泻火除烦、清热利湿、凉血解毒的功效,临床上主要用于治疗热病心烦、湿热黄疸、淋证涩痛、血热吐衄、目赤肿痛、火毒疮疡,外治扭挫伤痛^[1]。栀子生品苦寒之性较强,临床上多以炮制品组方配伍入药。与生栀子相比,焦栀子苦寒之性缓和,止血作用增强;栀子炭则侧重于凉血止血。随着栀子炮制程度的加深,栀子的药性和药效均发生了明显改变。目前,市场上流通的焦栀子、栀子炭饮片质量参差不齐,这主要是因为各饮片生产企业对炒制温度和炒制时间尚无统一的标准,故而导致各饮片企业生产的焦栀子、栀子炭内在质量存在较大差异。在栀子饮片炮制过程中,表观颜色变化是判断其炮制程度的主要依据,但是目测颜色的鉴别方法极易受到人为主观判断色彩差异和外界光线等客观条件的影响,难以精确测量与定量^[2]。

从 1990 年代开始,逐渐有学者应用色差仪研究中草药饮片颜色与其内在质量的关系,主要集中在颜色和有效成分的相关性研究。据文献报道,黄连粉末色度与生物碱含量之间具有显著的相关性^[3],金银花粉末与所含总黄酮含量相关^[4],该方法可作为中药饮片炮制火候色度品质评价的一种新方法。

本课题组前期研究发现,在栀子炮制过程中,栀子的主要药效成分环烯醚萜苷类和二萜色素类都发生了不同程度的变化^[5]。其中以京尼平苷和西红花苷-I 为代表的化合物在整个炮制过程中变化最为明显^[6]。本研究拟通过色彩分析仪测定栀子炮制过程中的色度空间数据(L^* , a^* , b^*)及其总色值变化趋势,以京尼平苷和西红花苷-I 为对照品,采用紫外分光光度法分析栀子炒制过程中饮片的环烯醚萜苷总量和二萜色素总量变化趋势,结合数据统计关联分析,探讨栀子炮制过程中颜色变化与其内在成分含量变化的相关性,为制定栀子饮片的生产工艺技术标准提供数据支撑。

1 材料

CGY900B 型滚筒式燃气炒药机(江阴市香山中

药机械有限公司,功率 4 kW,电源 380 V,频率 50 Hz,锅直径 90 cm,转数 $14 \text{ r} \cdot \text{min}^{-1}$),VA400 型色彩分析仪[阿默思(上海)仪器贸易有限公司,AlphaSoft 14.3 数据分析软件],T6 型新世纪紫外-可见分光光度计(北京普析通用仪器有限责任公司),BS400S-WEI 型 1/10 万电子分析天平(北京赛多利斯天平有限公司),FA2204B 型 1/1 万电子天平(上海精密科学仪器有限公司),ST60 型手持红外测温仪(美国雷泰公司)。

栀子药材购自河北安国市,产地为江西丰城,经中国中医科学院中药研究所张村研究员鉴定为茜草科植物栀子 *Gardenia jasminoides* 的干燥成熟果实;以 2015 年版《中国药典》和 1988 年版《全国中药炮制规范》为依据,以栀子药材净制后的生栀子为原料,在河北百草康神药业有限公司进行焦栀子、栀子炭的中试炮制加工。西红花苷-I (成都曼思特生物科技有限公司,批号 15111212,纯度 >99%),京尼平苷对照品(自制,经 HPLC 面积归一化法测定,纯度 >98%,可供含量测定使用),水为纯净水,甲醇、乙腈为色谱纯,其他试剂均为分析纯。

2 方法和结果

2.1 栀子饮片过程样品的制备 以 2015 年版《中国药典》项下焦栀子和 2008 年版《北京市中药饮片炮制规范》项下栀子炭炮制工艺为依据,由河北百草康神药业有限公司相关人员对栀子炒制过程进行监控。采用红外测温仪测定温度,每隔 1 min 取样并测定药温和锅温。

2.1.1 焦栀子过程饮片样品的制备 将炒药机加热到 168 ℃时,投入生栀子 10 kg,炒至栀子饮片表面焦褐色、内部种子团棕褐色时,取出。炒制过程每分钟取样 1 次,焦栀子炒制时间约 11 min,样品编号 J0 ~ J11(初始样品计为 J0)。

2.1.2 栀子炭过程饮片样品的制备 将炒药机加热到 230 ℃时,投入生栀子 10 kg,炒至饮片表面焦黑褐色、内部种子团棕黑色时喷淋清水,灭尽火星,

取出。炒制过程每分钟取样 1 次, 栀子炭炒制时间约 14 min, 样品编号 T0 ~ T14(初始样品计为 T0)。

2.2 色度值的测定 取栀子不同饮片分别粉碎, 95% 以上过 30 目筛, 未能过筛的粉末和已过筛的粉末合并, 混合均匀后平铺于载玻片上, 置于色彩分析仪中测定色度值。

2.2.1 色彩分析仪的参数设定 照相机为 Basler acA2500-14gc, 镜头为 computar 5 mm, 照明模式为顶部及底部照明, 拍照模式为单一快照。

2.2.2 色度值测定方法 开启色彩分析仪电源及顶层、底层光源, 待指示灯提示预热完成即系统稳定后, 校正镜头曝光度和焦距, 并将标准比色板置于仪器中校正。校正完成后, 取各样品粉末(过 30 目筛) 适量于载玻片, 压平, 置于仪器测量白板上, 重复拍照 3 次, 根据色彩编码分别记录主色彩图谱主成分的 L^* , a^* , b^* 。

2.2.3 方法学考察 校正仪器后, 取生栀子粉末样品连续采集图像 6 次, 测得色度值均为 $L^* = 50.41$, $a^* = 22.52$, $b^* = 45.39$, $RSD = 0$, 数据结果稳定, 表明该仪器精密度良好。取生栀子粉末样品分别在仪器校正后 0, 30, 60, 120, 240, 480 min 采集图像, 测得色度值均为 $L^* = 50.41$, $a^* = 22.52$, $b^* = 45.39$, $RSD = 0$, 表明灯光在 8 h 内稳定性良好。校正仪器后, 平行制备样品 6 份, 分别测定色度值, 结果均为 $L^* = 50.41$, $a^* = 22.52$, $b^* = 45.39$, $RSD = 0$, 说明样品装样的重复性良好。

2.2.4 样品测定 取各栀子炮制过程饮片的样品粉末, 按照 2.2.2 项下方法制备, 待系统稳定并校正后进行图像采集, 重复拍照 3 次, 根据色彩编码分别记录主色彩图谱主成分的 L^* , a^* , b^* , 根据公式 $E^*ab = \sqrt{L^{*2} + a^{*2} + b^{*2}}$ 计算栀子饮片的总色值 (E^*ab), 见表 1, 2。

由表 1 可知, 焦栀子在炒制过程中, 0 ~ 5 min 时, E^*ab 几乎无变化, 从第 6 min 开始 E^*ab 呈阶段下降, 分别在 6 ~ 7 min 和 8 ~ 9 min 出现 2 个平台, 第 10 min 开始 E^*ab 大幅度下降。焦栀子炮制全程中 E^*ab 下降幅度为 26.74, 降低了约 37.41%。由表 2 可知, 栀子炭在炮制过程中, E^*ab 在 0 ~ 1 min 无明显的颜色变化, 在 1 ~ 2 min 上升, 3 min 达峰顶, 从第 4 min 开始急剧下降, 从第 13 min 至炮制完成, E^*ab 呈现稳定状态。栀子炭炮制全程中 E^*ab 下降幅度 30.74, 降低了约 43.01%。

2.3 总环烯醚萜苷和总二萜色素的含量测定^[5]

2.3.1 总环烯醚萜苷 取栀子样品粉末(过 30 目

表 1 焦栀子炮制过程中的总色值测定

Table 1 Determination of chromatic values of Gardeniae Fructus in stir-baked processing

编号	L^*	a^*	b^*	E^*ab
J0	50.411	22.523	45.390	71.476
J1	50.411	22.523	45.390	71.476
J2	50.411	22.523	45.390	71.476
J3	50.411	22.523	45.390	71.476
J4	50.411	22.523	45.390	71.476
J5	50.411	22.523	45.390	71.476
J6	48.309	15.420	42.504	66.167
J7	48.309	15.420	42.504	66.167
J8	48.448	16.136	34.685	61.730
J9	48.448	16.136	34.685	61.730
J10	46.501	8.933	31.853	57.068
J11	40.521	11.939	14.735	44.739

表 2 栀子炭炮制过程中的总色值测定

Table 2 Determination of chromatic values in processing of carbonized Gardeniae Fructus

编号	L^*	a^*	b^*	E^*ab
T0	50.411	22.523	45.390	71.476
T1	50.411	22.523	45.390	71.476
T2	56.345	20.987	51.768	79.342
T3	56.272	20.625	57.310	82.924
T4	56.345	20.987	51.768	79.342
T5	54.350	13.936	49.077	74.543
T6	50.411	22.523	45.390	71.476
T7	50.411	22.523	45.390	71.476
T8	48.448	16.136	34.685	61.730
T9	48.448	16.136	34.685	61.730
T10	46.704	10.058	23.198	53.109
T11	46.704	10.058	23.198	53.109
T12	40.521	11.939	14.735	44.739
T13	38.671	4.784	11.872	40.734
T14	38.671	4.784	11.872	40.734

筛)0.5 g, 精密称定, 置 50 mL 具塞锥形瓶中, 精密加入 50% 甲醇 25 mL, 密塞, 称定质量, 超声处理 20 min, 放冷, 用 50% 甲醇补足失重, 摇匀, 过滤, 精密吸取续滤液 0.2 mL, 用 50% 甲醇定容到 25 mL 量瓶中, 摇匀, 即得供试品溶液。精密称取京尼平苷对照品 3.74 mg, 置于 25 mL 量瓶中, 加 50% 甲醇定容至刻度, 摇匀, 制成 149.6 mg·L⁻¹ 对照品溶液。

分别吸取京尼平苷对照品溶液 0.2, 0.4, 0.6, 0.8, 1.0, 1.2, 1.4 mL 置于 5 mL 量瓶中, 加 50% 甲醇定容至刻度, 摇匀, 以 50% 甲醇为空白, 于 238 nm 处测定吸光度 A。以 A 为纵坐标, 质量浓度为横坐标, 得回归方程 $Y = 0.0276X - 0.015$ ($r = 0.9998$),

线性范围 5.984 ~ 41.888 mg·L⁻¹。取焦栀子、栀子炭过程饮片样品粉末(过 30 目筛)各约 0.5 g,精密称定,依上述方法制备供试品溶液。以 50% 甲醇为随行空白对照,于 238 nm 处测定 A,计算总环烯醚萜苷含量,以初始状态(J0,T0)含量计为 1 作参照,计算各时间点的相对含量,见图 1。结果表明焦栀子和栀子炭的炮制过程中总环烯醚萜苷含量处于上下波动状态,总体呈略微上升趋势。

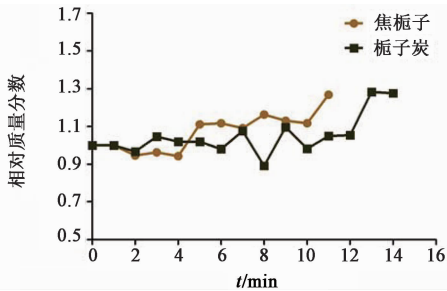


图 1 焦栀子、栀子炭炮制过程中总环烯醚萜苷的相对质量分数
Fig. 1 Relative content variation of total iridoid glycosides in processing of Gardeniae Fructus

2.3.2 总二萜色素 取栀子样品粉末(过 30 目筛)约 0.5 g,精密称定,置于 50 mL 具塞锥形瓶中,精密加入 50% 甲醇 25 mL,密塞,称定质量,超声处理 20 min,放冷,用 50% 甲醇补足失重,摇匀,过滤,精密吸取续滤液 0.2 mL,用 50% 甲醇定容至 10 mL 量瓶中,摇匀,即得供试品溶液。精密称取西红花苷-I 对照品 2.15 mg 置于 5 mL 量瓶中,加 50% 甲醇稀释并定容至刻度,摇匀,吸取 1 mL 于 50 mL 量瓶中,加 50% 甲醇定容至刻度,制成质量浓度为 8.60 mg·L⁻¹的对照品溶液。

分别吸取西红花苷-I 对照品溶液 0.5, 1.0, 1.5, 2.0, 2.5, 3.0, 3.5 mL 置于 5 mL 量瓶中,加

50% 甲醇定容至刻度,摇匀,以 50% 甲醇为空白,在 440 nm 处测定 A。以 A 为纵坐标,质量浓度为横坐标,得回归方程 $Y = 0.127\ 61X - 0.003\ 4$ ($r = 0.999\ 8$),线性范围 0.86 ~ 5.16 mg·L⁻¹。取焦栀子、栀子炭过程饮片样品粉末(过 30 目筛)各约 0.5 g,精密称定,依上述方法制成供试品溶液。以 50% 甲醇为随行空白对照,在 440 nm 处测定 A,根据标准曲线计算总二萜色素的含量,以初始状态(J0,T0)含量计为 1 作参照,计算各时间点的相对含量,见图 2。结果表明焦栀子和栀子炭的炮制过程中总二萜色素含量呈下降趋势,其中栀子炭下降趋势更加明显。

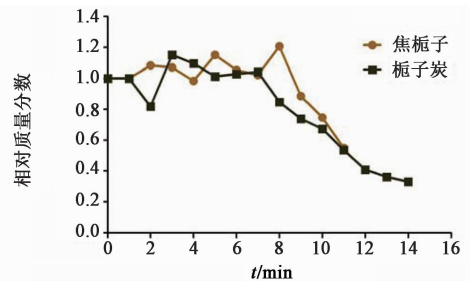


图 2 焦栀子、栀子炭炮制过程中总二萜色素的相对质量分数
Fig. 2 Relative content variation of total diterpene pigments in processing of Gardeniae Fructus

2.4 色度值与总环烯醚萜苷、总二萜色素含量的相关性分析 将样品的色度值变化趋势与总环烯醚萜苷、总二萜色素的相对含量变化趋势进行 Pearson 相关性分析,见表 3。结果发现焦栀子和栀子炭过程饮片 L^* , a^* , b^* 与总环烯醚萜苷含量呈负相关,与总二萜色素含量呈正相关;其中,焦栀子过程饮片 L^* 和总二萜色素含量相关性最大,栀子炭过程饮片 b^* 和总二萜色素含量相关性最大。

表 3 栀子饮片表现颜色与内在成分的相关性分析

Table 3 Correlation analysis of apparent color and internal components of processed products of Gardeniae Fructus

饮片	成分	相关性分析	L^*	a^*	b^*	E^*_{ab}
焦栀子	总环烯醚萜苷	Pearson 相关性	-0.815	-0.773	-0.830	-0.855
		P	0.001	0.003	0.001	0
	总二萜色素	Pearson 相关性	0.824	0.626	0.794	0.793
		P	0.001	0.030	0.002	0.002
栀子炭	总环烯醚萜苷	Pearson 相关性	-0.658	-0.651	-0.594	-0.612
		P	0.008	0.009	0.020	0.015
	总二萜色素	Pearson 相关性	0.893	0.887	0.954	0.945
		P	0	0	0	0

3 讨论

3.1 外观颜色比较 本实验根据色度学原理,应用色彩分析仪获取栀子炒制过程饮片的色度值(L^* ,

a^* , b^*),最终对传统主观性描述的颜色特征进行数据化表达,见图 3。 L^* 用来表示亮度,黑、白处在 L 轴两极; a^* 越大表示红色越明显,越小表示绿色越

明显; b^* 用来指示黄色和蓝色区域, b^* 越大黄色越明显,反之蓝色越明显。随着炮制程度的加深,栀子炒制过程饮片粉末颜色逐渐加深,由橙黄色逐渐过渡到暗黄色,最后呈现棕褐色至焦黑色, E^*ab 呈下降趋势,且栀子炭下降幅度更为明显,这一点与栀子饮片传统主观颜色描述一致。由于各饮片生产企业对炒制温度和炒制时间没有统一的标准,致使生产的焦栀子、栀子炭内在质量存在较大差异,建议可将栀子炮制过程饮片的颜色变化参数用于规范栀子饮片的生产工艺。

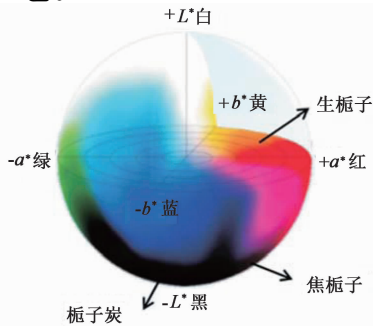


图 3 栀子饮片的外观颜色示意

Fig. 3 Apparent color diagram of processed products of *Gardeniae Fructus*

3.2 外观颜色与内在品质相关性 栀子为果实类药材,主要包括环烯醚萜苷类和二萜色素类成分。栀子炒制过程中,随着炒制温度升高和炒制时间延长,环烯醚萜苷类成分和二萜色素类成分均会发生明显的变化,其中含量较高的京尼平苷,京尼平-1- β -D-龙胆二糖苷,6"-对香豆酰基京尼平龙胆双糖苷随着温度的升高呈逐渐降低的趋势,在 $<140\text{ }^\circ\text{C}$ 时结构较为稳定, $160\sim 200\text{ }^\circ\text{C}$ 时略微降低, $>220\text{ }^\circ\text{C}$ 时这几个成分易被破坏,含量急剧下降,到 $250\text{ }^\circ\text{C}$ 时仅有少量的京尼平苷。故采用紫外分光光度法测定栀子炮制过程样品中环烯醚萜苷类的含量时以京尼平苷为对照品。

在进行 UV 含量测定时,由于所测炮制过程样品较多,持续周期较长,每天测定时的基准值可能差别较大,过程样品测定的数值之间的可比性较差,为了消除因为周期长而使得仪器产生的误差,炮制过程样品中环烯醚萜苷和二萜色素含量的数据均采取相对含量去比较。二萜色素类成分含量较高的西红花苷-I 在 $140\text{ }^\circ\text{C}$ 以下较为稳定, $140\text{ }^\circ\text{C}$ 时,含量约下降一半,加热到 $160\text{ }^\circ\text{C}$ 时西红花苷-I 含量急剧下降约 90%,且有 7 个新的成分明显出现, $180\text{ }^\circ\text{C}$ 时西红花苷-I 被破坏至微量, $220\text{ }^\circ\text{C}$ 时,饮片中仅含微量的西红花苷-I,结果表明二萜色素类成分较环烯醚萜苷类成分易被破坏,可能与其长链结构的不稳定

性有关。在整个加热炮制过程中,西红花苷-I 存在结构降解转化为西红花苷-II,西红花苷-III 和藏红花酸的可能^[6]。因此,紫外测定栀子炮制过程样品中二萜色素类成分的含量时以西红花苷-I 为对照品。

紫外分光光度法结果表明焦栀子和栀子炭的炮制过程中总环烯醚萜苷含量处于上下波动状态,且总体呈略微上升趋势;总二萜色素的含量呈下降趋势,其中栀子炭下降趋势更加明显。这和几类环烯醚萜苷类和二萜色素类成分模拟加热的结果一致。随着加热温度的提高,这两类成分发生了破坏或转化。其中,环烯醚萜苷类成分较二萜色素类成分稳定,从总二萜色素含量来看,栀子炭的下降趋势更明显。栀子外观颜色与内在化学成分的研究结果表明,栀子外观颜色和总环烯醚萜苷含量呈负相关,和总二萜色素含量呈正相关。即随着颜色的加深 (E^*ab 降低),总环烯醚萜苷含量呈上升趋势,总二萜色素含量呈下降趋势,与栀子饮片在炒制过程中这两类成分的变化趋势一致。栀子炒制过程中,二萜色素类成分最容易受到炮制温度和炮制时间的影响。尤其在炮制温度较高的炒炭过程中,二萜色素类成分大约有 85% 的成分被破坏,环烯醚萜苷类成分大约有 30% 的成分被破坏^[7-9]。

[参考文献]

- [1] 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, 2015: 1165-1166.
- [2] 陈楚明, 吴纯洁, 孙灵根, 等. 中药饮片有关颜色描述客观化表达的构建思路[J]. 世界科学技术—中医药现代化, 2007, 9(4): 22-25.
- [3] 吉光见稚代, 瞿显友, 罗维早, 等. 基于色度对中药材品质评价研究(I). 黄连粉末色度与化学成分含量之间的相关性[J]. 中药材, 2014, 37(5): 785-789.
- [4] 熊吟, 肖潇, 闫永红, 等. 基于色度分析原理的金银花有效成分含量与颜色相关性研究[J]. 中华中医药学刊, 2013, 31(3): 667-670.
- [5] 陈建红. 栀子炒制过程血清化学动态变化规律研究[D]. 郑州: 河南中医学院, 2015.
- [6] 姚蓝. 基于栀子炒炭存性的物质基础内涵研究[D]. 北京: 中国中医科学院, 2014.
- [7] 戴业佳, 王云, 张雪, 等. 栀子及其相关复方的质控方法及药代动力学研究进展[J]. 中国实验方剂学杂志, 2017, 23(24): 208-216.
- [8] 姚蓝, 张村, 刘慧, 等. 栀子炒炭前后 3 个环烯醚萜苷类成分的比较研究[J]. 中国药学杂志, 2014, 49(4): 279-282.
- [9] 黄潇, 刘婧, 付小梅, 等. 栀子微波炮制过程中指标成分及粉末颜色变化的关联性分析[J]. 中国实验方剂学杂志, 2017, 23(10): 1-6.

[责任编辑 刘德文]