

白芍药材不同加工方法与其质量的相关性研究

门宇凤¹, 马越¹, 于涵¹, 雷鑫¹, 龙飞^{1*}, 唐红军², 廖中标², 吕光华^{1,3*}

1. 成都中医药大学药学院, 四川 成都 611137

2. 四川聚元药业集团有限公司, 四川 渠县 635200

3. 成都中医药大学民族医药学院, 四川 成都 611137

摘要: 目的 研究白芍药材不同加工方法与质量之间的相关性, 筛选最佳的加工方法。方法 从白芍的道地产区采集芍药鲜根, 针对白芍药材加工过程中去皮、蒸煮、增白等关键环节, 设计了 7 种不同加工方法加工白芍。用测色仪测定白芍表面的颜色, 用 UPLC 测定白芍中芍药苷、芍药内酯苷、苯甲酰芍药苷、氧化芍药苷、没食子酸、儿茶素和 1,2,3,4,6-五没食子酰葡萄糖的含量。并对白芍颜色与药效成分含量之间进行相关性分析, 综合评价白芍的质量和加工方法。结果 不同方法加工白芍的颜色和药效成分的含量不同。以芍药鲜根先煮八分熟、去皮, 再煮透心、干燥的白芍颜色最白 (L^* 值为 72.64); 以芍药鲜根先去皮, 后煮透心, 再干燥的白芍的芍药苷质量分数最高 (50.08 mg/g); 以芍药鲜根先煮透心, 后去皮, 再干燥的白芍药效成分的总量最高 (71.49 mg/g)。结论 白芍的白色程度与药效成分含量之间略呈负相关。白芍的颜色白与药效成分含量高难于兼顾。可根据对白芍外观颜色和内在质量的要求, 选用不同的加工方法。

关键词: 白芍; 芍药; 加工方法; 颜色; 芍药苷; 芍药内酯苷; 苯甲酰芍药苷; 氧化芍药苷; 没食子酸; 儿茶素; 质量评价
中图分类号: R286.2 **文献标志码:** A **文章编号:** 0253-2670(2020)08-2214-07

DOI: 10.7501/j.issn.0253-2670.2020.08.031

Correlation between various processing methods and quality of *Paeoniae Radix Alba*

MEN Yu-feng¹, MA Yue¹, YU Han¹, LEI Xin¹, LONG Fei¹, TANG Hong-jun², LIAO Zhong-biao², LV Guang-hua^{1,3}

1. School of Pharmacy, Chengdu University of Traditional Chinese Medicine, Chengdu 611137, China

2. Sichuan Juyuan Pharmaceutical Group Co., Ltd., Quxian 635200, China

3. School of Ethnic Medicine, Chengdu University of Traditional Chinese Medicine, Chengdu 611137, China

Abstract: **Objective** To investigate the correlation between the various processing procedures and quality of *Paeoniae Radix Alba* (PRA) to optimize its processing method. **Methods** The fresh roots of *Paeonia lactiflora* were harvested at its main cultivating area. Then, a total of seven kinds of processing methods were designed according to the key processing steps, i.e. peeling, cooking or steaming, whitening, etc. The fresh roots of *P. lactiflora* were processed into PRA by those various processing methods. The surface colors of these PRA samples were measured by colorimeter. Meanwhile, seven bioactive compounds including paeoniflorin, albiflorin, benzoylpaeoniflorin, oxypaeoniflorin, gallic acid, catechin and 1,2,3,4,6-pentagalloylglucose in PRA samples were quantified by ultra-high performance liquid chromatography. PRA qualities and processing methods were comprehensively assessed by correlation analysis between color value and content of bioactive compounds in PRA. **Results** Both the values of surface color and bioactive compounds were significantly varied among PRA samples processed by various processing methods. The surface color was the whitest with L^* value of 72.64 for the PRA sample processed by the procedure that the fresh root was firstly boiled medium well, then peeled, boiled well and dried. The highest content of paeoniflorin (50.08 mg/g) in PRA processed by the procedure that the fresh root was peeled, then steamed and dried. In addition, the highest level of total amount for the seven bioactive compounds (71.49 mg/g) was found in PRA processed by the procedure that the fresh peony root was firstly cooked well, then peeled and dried. **Conclusion** The

收稿日期: 2019-11-17

基金项目: 四川省高校科研创新团队建设计划 (18TD0017); 四川省教育厅资助科研项目 (16ZA0113); 成都中医药大学杏林学者学科人才科研提升计划 (CXTD2018018)

作者简介: 门宇凤 (1995—), 硕士研究生, 研究方向为中药品种、质量及资源利用。E-mail: 1621873809@qq.com

***通信作者** 吕光华, 教授, 博士生导师, 主要从事中药/民族药鉴定及资源利用。Tel: (028)61800066 E-mail: lughcd@aliyun.com

龙飞, 副教授, 从事中药品种、品质及资源利用。Tel: (028)61800231 E-mail: IF-tcm@163.com

correlation is slightly negative between the whiteness of surface color and the content of bioactive compounds in PRA. It is difficult to obtain PRA with both whiteness and high level of bioactive compounds. The various processing methods are suggested for the different requirements such as white surface color or high level of bioactive compounds in PRA.

Key words: *Paeoniae Radix Alba*; *Paeonia lactiflora* Pall.; root; processing method; color; paeoniflorin; albiflorin; benzoylpaeoniflorin; oxypaeoniflorin; gallic acid; catechin; quality assessment

白芍由毛茛科植物芍药 *Paeonia lactiflora* Pall. 的鲜根加工而成^[1]。在经验鉴别和商品评价中,“色白”是优质白芍的指标之一。然而人们评价颜色的主观性较强。测色仪是一种模拟人眼成像原理的方法,它使用光学原理获得色度值,并将光谱数据转换为三维色彩空间中的色度值,每种颜色都有一个色彩空间,独特的“坐标”已应用于各个领域的颜色评估^[2-6]。故可用测色仪测定白芍的颜色,为白芍的质量评价提供颜色的客观指标。

白芍主要含有单萜苷类成分。其中,芍药苷的含量最高,具有保肝、保肾、抗抑郁、抗炎、镇痛、抗惊厥等作用,是目前白芍及其产品质量评价的指标成分^[1]。同时,芍药内酯苷为芍药苷的同分异构体,在白芍中的含量仅次于芍药苷,是另一种代表性的单萜苷类化合物。此外,苯甲酰芍药苷、氧化芍药苷、儿茶素、1,2,3,4,6-五没食子酰葡萄糖等成分具有抗炎、抗病毒、抗癌、解痉、镇痛、护肝等生物活性,均可作为白芍质量评价的指标性成分^[7-15]。

白芍药材是由新鲜芍药根经加工而成,主产于四川、安徽、浙江等地。由于各地加工白芍的方法不同,有的置沸水中煮后除去外皮,有的去皮后再煮,还有增加了增白的环节,导致白芍的外观性状和内在质量不同。迄今为止,没有公认的白芍加工方法。为此,本研究针对白芍药材加工过程中的去皮、蒸煮、增白等关键环节,设计了 7 种不同的加工方法;从四川省中江县白芍道地产区采集芍药鲜根进行加工。用测色仪测定白芍表面的颜色,用 UPLC 法测定白芍中芍药苷、芍药内酯苷、苯甲酰芍药苷、氧化芍药苷、没食子酸、儿茶素和 1,2,3,4,6-五没食子酰葡萄糖等 7 种药效成分的含量;并研究白芍颜色与药效成分含量之间的相关性,以芍药苷和 7 种药效成分之和(总量)作为白芍质量的评价指标。再从外观色泽和药效成分含量 2 方面综合评价白芍的加工方法,以期对白芍的提取加工提供科学依据。

1 材料与试剂

1.1 材料

从四川省中江县采集 5 年生新鲜芍药根,经成都中医药大学吕光华教授鉴定为毛茛科植物芍药 *Paeonia lactiflora* Pall. 的根。没食子酸(批号 MUST-14040103)、儿茶素(批号 MUST-14072210)、氧化芍药苷(批号 MUST-14081710)、芍药内酯苷(批号 MUST-14031214)、芍药苷(批号 MUST-14081408)、1,2,3,4,6-五没食子酰葡萄糖(批号 MUST-14020710)、苯甲酰芍药苷(批号 MUST-14030411)均购于成都曼斯特生物科技有限公司,质量分数均大于 98%。乙腈、甲醇均为色谱纯(Sigma 公司);乙醇、磷酸均为分析纯(成都市科龙化工试剂厂);超纯水由 ULUP-IV-10T 型优普超纯水器(四川优普超纯科技有限公司)制备。

1.2 仪器

Agilent 1290 型超高效液相色谱仪(配置 G4204A 四元梯度泵, G4226A 自动进样仪, G1316C 柱温箱, G4212A 二极管阵列检测器); CM-5 型柯尼美能达测色仪(柯立配电子科技有限公司);电子天平(BSA224S 型, max=220 g, d=0.1 mg; BP211D 型, max=41 g, d=0.01 mg; 北京赛多利斯科学仪器有限公司); KQ-500VDE 型双频数控超声波清洗仪(昆山市超声仪器有限公司)。

2 方法

2.1 白芍的加工

白芍药材的主要加工方法是芍药根采收后,洗净,除去头尾和细根,置沸水中煮后除去外皮(方法 1),或去皮后再煮,晒干。本研究针对白芍加工过程中去皮、蒸煮和增白等环节,设计了 7 种不同的加工方法。将采收的鲜芍药根,切成小段,去除过大或过小的根,混匀、分组,按照 7 种方法进行加工,重复 1 次,得到不同的白芍,具体方法见表 1。

2.2 白芍表面颜色测定

将标准白板分别放入色度测量仪积分球的样品和参比处,进行基线校正。然后,取出样品处的标准白板,将长度约 1.5 cm 的白芍样品放入测色皿

表 1 白芍加工方法

Table 1 Processing methods for *Paeoniae Radix Alba*

编号	加工程序
1	鲜芍药根→煮透心→去皮→60℃烘干→白芍 1
2	鲜芍药根→煮至八分熟→去皮→煮透心→60℃烘干→白芍 2
3	鲜芍药根→去皮→煮透心→60℃烘干→白芍 3
4	鲜芍药根→蒸透心→去皮→60℃烘干→白芍 4
5	鲜芍药根→去皮→蒸透心→60℃烘干→白芍 5
6	鲜芍药根→去皮→淀粉泡 3.5 h→煮透心→60℃烘干→白芍 6
7	鲜芍药根→煮透心→去皮→熏硫磺→60℃烘干→白芍 7

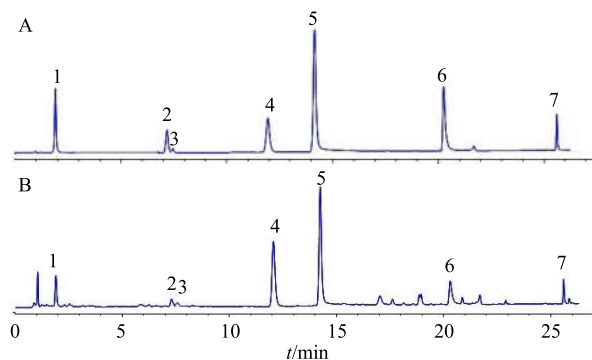
中,使测色皿底部无缝隙,测量白芍的颜色。测量参数:波长范围为 360~740 nm,扫描速度为 600 nm/min,狭缝宽度为 1 nm,波长间隔为 10 nm,半波宽为 10 nm,测量范围为 0~170%(反射或投射),输出/显示分辨率为 0.01%,照明光源为脉冲氙灯(含 UV 滤镜)。每份样品在不同位置测定 3 次,计算颜色数据的平均值。

2.3 白芍中 7 种药效成分的含量测定

用本实验室前期建立的 UPLC 方法^[16],测定这些白芍样品中芍药苷、芍药内酯苷、苯甲酰芍药苷、氧化芍药苷、没食子酸、儿茶素和 1,2,3,4,6-五没食子酰葡萄糖 7 种药效成分的含量。

2.3.1 色谱条件 色谱柱为 Waters CORTECSTM C₁₈ (100 mm×4.6 mm, 2.7 μm); 流动相为乙腈(A)-0.05%磷酸溶液(B); 梯度洗脱程序: 0~7 min, 4%~9% A; 7~11 min, 9% A; 11~14 min, 9%~13% A; 14~20 min, 13%~20% A; 20~25 min, 20%~35% A; 25~30 min, 35% A。体积流量为 1.0 mL/min; 柱温为 30℃; 进样量为 3 μL; 检测波长为 230 nm。在此色谱条件下,7 种药效成分的色谱峰分离良好(图 1)。

2.3.2 对照品溶液制备 分别精密称定没食子酸 15.37 mg、儿茶素 15.20 mg、氧化芍药苷 15.14 mg、芍药内酯苷 15.18 mg、芍药苷 19.64 mg、1,2,3,4,6-五没食子酰葡萄糖 18.28 mg、苯甲酰芍药苷 15.59 mg 置于 7 个 10 mL 量瓶中; 加甲醇溶解,定容至刻度,摇匀,制成各对照品的储备液。分别吸取没食子酸、儿茶素、氧化芍药苷、芍药内酯苷、芍药苷、1,2,3,4,6-五没食子酰葡萄糖、苯甲酰芍药苷储备液 0.8、0.4、0.4、2.0、4.0、1.2、0.4 mL 于 10 mL 量瓶中,加甲醇定容至刻度,得到这 7 种对照品混合溶液,其质量浓度分别为 122.96、60.80、60.56、303.60、785.60、219.36、62.36 μg/mL。



1-没食子酸 2-儿茶素 3-氧化芍药苷 4-芍药内酯苷 5-芍药苷
6-1,2,3,4,6-五没食子酰葡萄糖 7-苯甲酰芍药苷
1-gallic acid 2-catechin 3-oxypaeoniflorin 4-albiflorin
5-paeoniflorin 6-1,2,3,4,6-pentagalloylglucose 7-benzoylpaeoniflorin

图 1 对照品 (A) 和样品 (B) 在 230 nm 的 UPLC 色谱
Fig. 1 UPLC chromatograms of reference (A) and sample (B) detected at 230 nm

2.3.3 供试品溶液的制备 取经 7 种加工方法加工的白芍样品,经粉碎后,过 65 目筛。精密称取样品粉末 0.1 g,置于 100 mL 锥形瓶中,加 50%乙醇 25 mL,超声提取(功率 250 W,频率 45 kHz)45 min,冷却,再加 50%乙醇补足减失质量,经 0.22 μm 微孔膜滤过,得到供试品溶液。

2.3.4 线性范围考察 分别吸取对照品混合溶液 0.01、0.5、1.0、1.5、2.0、3.0 mL 于 6 个 10 mL 量瓶中,加甲醇定容至刻度,摇匀;经 0.22 μm 微孔膜滤过,得到 6 个质量浓度梯度的对照品混合溶液。进样 UPLC 仪器,测定这 7 种药效成分色谱峰的峰面积。以峰面积(Y)对质量浓度(X)进行线性回归,计算回归方程和相关系数(表 2)。结果表明,这 7 种药效成分在各自质量浓度范围内的线性关系良好。

2.3.5 白芍样品的测定 7 种加工方法处理的白芍样品各精密称取 2 份粉末,分别按上述方法制备成

表 2 7 种药效成分的线性回归方程

Table 2 Linear regression equation of seven bioactive compounds

成分	回归方程	r	线性范围(μg·mL ⁻¹)
没食子酸	$Y=51.79X+19.75$	0.999 2	0.130 0~38.990 0
儿茶素	$Y=9.21X+2.44$	0.999 5	0.060 8~18.240 0
氧化芍药苷	$Y=36.02X+7.11$	0.999 1	0.065 6~19.680 0
芍药内酯苷	$Y=19.01X+17.50$	0.999 1	0.303 6~91.080 0
芍药苷	$Y=20.41X+37.86$	0.999 1	0.785 6~235.700 0
1,2,3,4,6-五没食子酰葡萄糖	$Y=42.88X+6.71$	0.999 0	0.219 4~65.810 0
苯甲酰芍药苷	$Y=33.91X+7.42$	0.999 1	0.062 4~18.710 0

供试品溶液，进样测定这 7 种药效成分的峰面积；根据回归方程计算这些成分在供试品溶液中的质量浓度；再计算各白芍粉末中这 7 种成分的含量，以及 2 份平行样品中这 7 种药效成分的平均含量。同时，按照烘干法测定各白芍粉末的含水量。以干质量表示白芍样品 7 种药效成分的含量。

3 结果与分析

在白芍的经验鉴别中，“色白”为优质药材的评价指标之一。而中药发挥治病防治功效的物质基础是药效成分，是质量评价的主要指标。为此，本研究对 7 种不同方法加工白芍的颜色和药效成分进行了比较。

用肉眼宏观看出，这 7 种白芍的颜色明显不同。为了客观比较，用测色仪测定了这些白芍的颜色（表 3）。在色调上，白芍的颜色是以黄色为主；测定结果的颜色明度（ L^* ）值越大，颜色越白。结果表明，这 7 种白芍的颜色测定结果明显不同， L^* 值由明到暗的顺序为白芍 2>白芍 7>白芍 4>白芍

1>白芍 3>白芍 5>白芍 6。

由于芍药苷是《中国药典》2015 年版白芍质量评价的指标成分，本研究中测定的其他 6 种成分也是药效成分。故将白芍中芍药苷的含量单独比较，并同时比较这 7 种药效成分的总量。结果表明，这 7 种白芍样品中的这些药效成分的含量均不同（表 4）。芍药苷含量由高到低的顺序为白芍 5>白芍 1>白芍 3>白芍 2>白芍 6>白芍 4>白芍 7。这 7 种药效成分总量由高到低的顺序为白芍 1>白芍 5>白芍 4>白芍 3>白芍 7>白芍 2>白芍 6。

3.1 不同方法加工白芍的比较

3.1.1 白芍煮至八分熟、去皮后，再煮透心（方法 2）与煮透心后去皮（方法 1）之间比较 生产中常用的方法为芍药根煮透心、去皮、干燥，得到白芍 1。目前，为了使白芍的颜色更白，在生产中有采用 2 次煮的方法，即芍药根先煮至八分熟，去皮后，再煮透心、干燥，得到白芍 2。白芍 2 与白芍 1 相比，白芍 2 的 L^* 值(72.635)比白芍 1 的 L^* 值(58.400)

表 3 白芍的颜色测定值 ($n=3$)

Table 3 Color measurement value of *Paeoniae Radix Alba* ($n=3$)

样品号	L^*	a^*	b^*	ΔL^*	Δa^*	Δb^*	ΔE^*_{ab}
1	58.400	9.520	27.915	—	—	—	—
2	72.635	6.405	22.820	14.235	-3.115	-5.095	15.437
3	57.150	15.156	36.660	-15.485	8.751	13.840	22.537
4	64.160	10.370	29.595	7.010	-4.786	-7.065	11.044
5	56.175	14.465	36.910	-7.985	4.095	7.315	11.577
6	54.080	17.680	39.690	-2.095	3.215	2.780	4.739
7	69.810	-1.310	18.440	15.730	-18.990	-21.250	32.552

L^* 为颜色的明度， a^* 为红色到绿色， b^* 为黄色到蓝色， ΔL^* 表示亮度差值， Δa^* 为正说明样品偏白， Δb^* 为负说明样品偏黑， ΔE^*_{ab} 为色差综合评定指标（以样品 1 为标准）

L^* is the brightness of color, a^* is red to green, b^* is yellow to blue, ΔL^* is the brightness difference, Δa^* is positive, indicating that the sample is white, Δb^* is negative, indicating that the sample is black, ΔE^*_{ab} is the comprehensive evaluation index of color difference (sample 1 as the reference)

表 4 白芍中 7 种药效成分的含量及含水量

Table 4 Contents of seven bioactive compounds and water content in *Paeoniae Radix Alba*

样品号	含水量/%	质量分数/(mg·g ⁻¹)							总量
		没食子酸	儿茶素	氧化芍药苷	芍药内酯苷	芍药苷	1,2,3,4,6-五没食子酰葡萄糖	苯甲酰芍药苷	
1	8.61	1.80	0.73	0.56	13.74	47.44	4.96	2.26	71.49
2	11.11	1.58	0.53	0.47	8.74	44.11	4.17	2.00	61.61
3	9.28	1.45	0.59	0.39	9.39	45.47	3.27	2.38	62.94
4	8.14	2.11	0.94	0.48	12.60	41.89	5.21	2.41	65.62
5	10.23	1.82	0.72	0.53	10.98	50.08	4.59	2.51	71.21
6	9.99	1.83	0.55	0.49	10.61	42.42	3.35	2.15	61.39
7	10.33	2.17	0.00	0.24	19.34	34.75	3.93	1.92	62.36

大 24.4%，即白芍 2 比白芍 1 白。白芍 2 的颜色最接近白色。表明白芍经过二次煮能起到增白的作用。

而药效成分的含量却是相反。白芍 2 比白芍 1 中 7 种药效成分均低，即芍药苷含量低 7.02%，没食子酸低 12.22%，儿茶素低 27.40%，氧化芍药苷低 16.07%，芍药内酯苷低 36.39%，1,2,3,4,6-五没食子酰葡萄糖低 15.93%，苯甲酰芍药苷低 11.50%；7 种药效成分总量低 13.82%。表明去皮后第 2 次煮，药效成分提出到水里，导致白芍中药效成分减少。

3.1.2 白芍煮制前去皮（方法 3）与煮制后去皮（方法 1）之间比较 白芍 3 为先去皮，后煮透心；而白芍 1 为先煮透心，后去皮。白芍 3 的 L^* 值（57.150）比白芍 1 的 L^* 值（58.400）小 2.14%。表明白芍煮制前去皮与煮制后去皮的颜色相近，或后者略白；煮透心与去皮的先后顺序对白芍表面颜色的影响较小。

除苯甲酰芍药苷在白芍 3 比白芍 1 高 5.31% 外，白芍 3 比白芍 1 中的 6 种药效成分中的含量都低，即：芍药苷低 4.15%，氧化芍药苷低 30.36%，儿茶素低 19.18%，没食子酸低 19.44%，芍药内酯苷低 31.66%，1,2,3,4,6-五没食子酰葡萄糖低 34.07%；7 种药效成分的总量低 11.96%。说明白芍去皮后煮容易使药效成分损失，降低了白芍的质量。

3.1.3 白芍蒸制（方法 4）与煮制（方法 1）之间比较 白芍 4 为蒸制，白芍 1 为煮制。白芍 4 的 L^* 值（64.160）比白芍 1 的 L^* 值（58.400）大 9.8%，说明蒸制比煮制的白芍更白。可能白芍在水中煮制过程中，水煮液的颜色、成分影响了白芍的颜色。

白芍 4 比白芍 1 的芍药苷含量低 11.70%，7 种药效成分总量低 8.21%。白芍 4 比白芍 1 低的成分：氧化芍药苷低 14.29%、芍药内酯苷低 8.30%。而白芍 4 比白芍 1 高的成分：没食子酸高 17.2%、儿茶素高 28.7%、1,2,3,4,6-五没食子酰葡萄糖高 5.0%、苯甲酰芍药苷高 6.6%。说明在蒸制或煮制期间，白芍成分的转化程度不同。

3.1.4 白芍蒸制前去皮（方法 5）与蒸制后去皮（方法 4）之间比较 白芍 5（蒸制前去皮）的 L^* 值（56.175）比白芍 4（蒸制后去皮）的 L^* 值（64.160）小 12.45%，表明白芍先蒸透心后去皮比先去皮后蒸的白芍更白。

白芍 5 比白芍 4 的芍药苷含量高 19.6%，7 种药效成分总量高 8.5%。白芍 5 比白芍 4 高的成分：

氧化芍药苷高 10.4%、苯甲酰芍药苷高 4.1%。而白芍 5 比白芍 4 低的成分：没食子酸低 13.74%、儿茶素低 23.40%、芍药内酯苷低 12.86%、1,2,3,4,6-五没食子酰葡萄糖低 11.90%。表明在蒸制过程中，去皮与否影响白芍药效成分的转化。

3.1.5 白芍去皮后直接煮（方法 3）与淀粉浸泡后煮（方法 6）之间比较 在白芍加工过程中，为了使白芍更白，有的用淀粉浸泡。为此，本研究比较了淀粉浸泡与否对白芍的影响。白芍 3 为先去皮，后煮透心；白芍 6 为先去皮，后用淀粉浸泡，再煮透心。白芍 3 的 L^* 值（57.150）比白芍 6 的 L^* 值（54.080）大 5.7%，即白芍 3 的颜色比白芍 6 略白，差异不明显。说明在加工过程中，用淀粉浸泡的增白作用不明显。

白芍 3 比白芍 6 的芍药苷质量分数高 7.2%，7 种药效成分总量高 2.5%。白芍 3 比白芍 6 高的成分：儿茶素高 7.3%、苯甲酰芍药苷高 10.7%。而白芍 3 比白芍 6 低的成分：没食子酸低 20.77%、氧化芍药苷低 20.41%、芍药内酯苷低 11.50%、1,2,3,4,6-五没食子酰葡萄糖低 2.39%。说明在加工过程中，增加淀粉浸泡的环节，会影响药效成分的转化。

3.1.6 白芍熏硫（方法 7）与未熏硫（方法 1）之间比较 虽然现在国内外都禁止、限制熏硫，但是在加工白芍的过程中，为了使白芍更白，存在极个别用硫磺熏的现象。本研究比较了熏硫与未熏硫白芍之间的差异。白芍 7 为先煮制，后去皮，再熏硫；白芍 1 为先煮制，后去皮，未熏硫。白芍 7 的 L^* 值（69.810）比白芍 1 的 L^* 值（58.400）大 19.5%，即白芍 7 的颜色比白芍 1 白。说明熏硫可使白芍的颜色增白。

但是，白芍 7 比白芍 1 的芍药苷质量分数低 26.75%，7 种药效成分总量低 12.77%。白芍 7 比白芍 1 低的成分：儿茶素（白芍 7 未检测到）、氧化芍药苷低 57.14%、1,2,3,4,6-五没食子酰葡萄糖低 20.77%、苯甲酰芍药苷低 15.04%。而白芍 7 比白芍 1 高的成分：没食子酸质量分数高 20.5%、芍药内酯苷高 36.5%。说明白芍在加工过程中熏硫，化学成分的变化很明显。

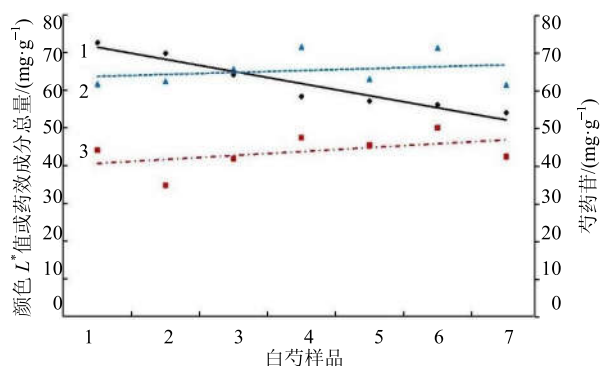
3.2 白芍颜色与药效成分之间的相关性分析

为了分析白芍的白色与药效成分之间的相关性，将这 7 份白芍样品的 L^* 值由高至低排列，并调整各样品的药效成分含量顺序，先分别计算颜色、芍药苷含量、7 种药效成分总量的直线性趋势；再

计算芍药苷与颜色, 7 种药效成分总量与颜色之间的相关性。

以 X 为按 L^* 值从高到低排列的样品编号, 7 份白芍样品的颜色 L^* 值 (Y) 的直线回归方程为 $Y = -3.2123X + 74.622$, r 为 0.963 0; 芍药苷含量 (Y') 的直线回归方程为 $Y' = 1.0418X + 39.57$, r 为 0.461 0; 7 种药效成分总量 (Y'') 的直线回归方程为 $Y'' = 0.5129X + 63.18$, r 为 0.251 6。

用 SPSS 20 统计软件计算, 7 份白芍的颜色与芍药苷含量呈负相关 ($r = -0.561$), 总的趋势为颜色越白, 芍药苷的含量越低。7 份白芍的颜色与 7 种药效成分的总量也呈负相关 ($r = -0.399$), 总的趋势为颜色越白, 药效成分的总量越低。由于芍药苷是这 7 种药效成分中的主要成分, 占 55.7%~72.2%, 芍药苷与药效成分总量呈正相关 ($r = 0.666$)。结果见图 2。



1-白芍颜色 L^* 值 2-药效成分总量 3-芍药苷含量
1- L^* value of *Paeoniae Radix Alba* 2-total amount of seven bioactive compounds 3-amount of paeoniflorin

图 2 白芍颜色与药效成分的相关性

Fig. 2 Tendency chart of surface color and bioactive compounds in *Paeoniae Radix Alba*

4 讨论

白芍为常用中药, 由芍药鲜根加工而成, 主产于四川、安徽、浙江等地。由于各地的加工方法不同, 导致白芍的质量不同。本研究针对白芍加工过程中蒸煮、去皮、增色等关键环节, 采用 7 种不同的加工方法对新鲜芍药根进行了加工, 用测色仪测定了白芍表面颜色, 用 UPLC 法测定了芍药苷等 7 种药效成分的含量。发现用不同方法加工白芍的外观颜色和内在药效成分的含量均有明显差异, 而白色程度与药效成分含量之间略呈现负相关性, 白芍增白和提高药效成分含量难于兼得。

根据白芍的外观色泽和内在质量, 以及加工环

节, 建议 3 种特色性加工方法。

第 1 种以药效成分总量高为目的, 可采用方法 1 (芍药鲜根经煮透心、去皮、干燥)。用该方法加工的白芍, 7 种药效成分总量最高; 芍药苷的含量位列第 2, 达到最高量的 94.7%; 颜色的白色度位列第 4, 为最白样品 80.4%。生产上操作比较容易。这是目前白芍生产中多采用的方法。

第 2 种以芍药苷含量高为目的, 可采用方法 5 (芍药鲜根经去皮、蒸透心、干燥)。用该方法加工的白芍, 芍药苷含量最高; 7 种药效成分的总量位列第 2, 达到最高含量的 99.6%。但其白色度位列第 6, 为最白白芍的 77.3%, 颜色差一些。

第 3 种以颜色白为主要目的, 可采用方法 2 (芍药鲜根先煮至八分熟、去皮、再煮心、干燥)。用该方法加工的白芍, 颜色最白; 芍药苷位列第 4, 为最高含量 88.1%; 7 种药效成分总量位列第 6, 为最高含量的 86.1%。在该方法中, 增加了第 2 次煮的环节, 多费工时。

参考文献

- [1] 中国药典 [S]. 一部. 2015.
- [2] 殷莉丽, 夏 琴, 蔡晓洋, 等. 基于姜黄中姜黄素类成分与姜黄粉末颜色指数 L^* 、 a^* 、 b^* 值的相关性分析 [J]. 中药材, 2016, 39(6): 1247-1250.
- [3] 张树航, 李 颖, 王广鹏, 等. 利用精密色差仪测定板栗果实褐变的方法研究 [J]. 河北农业科学, 2016, 20(3): 101-103.
- [4] 宿 莹, 侯晓琳, 刘 战, 等. 基于色差原理分析黄柏有效成分含量与颜色的相关性 [J]. 中药材, 2019, 42(8): 1766-1770.
- [5] 吴 翠, 徐 靓, 马玉翠, 等. 不同色泽红参与水分和 5-羟甲基糠醛含量的相关性分析 [J]. 中国实验方剂学杂志, 2019, 25(20): 136-140.
- [6] 宿 莹, 李 翟, 侯晓琳, 等. 基于色差原理分析龙胆有效成分含量与颜色的相关性 [J]. 中国实验方剂学杂志, 2019, 25(13): 151-156.
- [7] 张建军, 李 伟, 王丽丽. 赤芍和白芍品种、功效及临床应用述评 [J]. 中国中药杂志, 2013, 38(20): 3595-3601.
- [8] 罗 淳. 浅谈赤芍与白芍的历史源流、划分及应用 [J]. 光明中医, 2011, 26(11): 2356-2357.
- [9] He C N, Peng Y, Feng Y X, et al. Quick comparison of *Radix Paeonia Alba*, *Radix Paeonia Rubra*, and *Cortex Moutan* by high performance liquid chromatography coupled with monolithic columns and their chemical pattern recognition [J]. *Pharmacogn Mag*, 2012, 8(31):

- 237-243.
- [10] Martey O N K, Shi X, He X. Advance in pre-clinical pharmacokinetics of paeoniflorin, a major monoterpene glucoside from the root of *Paeonia lactiflora* [J]. *Pharmacol Pharm*, 2013, 4: 4-14.
- [11] 汪 萌, 闫永红, 邹慧琴, 等. 芍药甘草汤镇痛作用研究及镇痛效果与配伍比例相关性分析 [J]. *中华中医药杂志*, 2015, 30(5): 1767-1773.
- [12] 秦亚东, 钟正灵, 汪荣斌, 等. 白芍多糖对 D-半乳糖胺/脂多糖诱导小鼠急性肝损伤的保护作用 [J]. *中国临床药理学与治疗学*, 2015, 20(8): 854-858.
- [13] 朱映黎, 王林元, 王景霞, 等. 芍药内酯苷对环磷酰胺致血虚小鼠的补血作用及机制 [J]. *中华中医药杂志*, 2016, 31(5): 1892-1896.
- [14] 张建军, 王景霞, 李 伟, 等. 芍药内酯苷抗抑郁作用的实验研究 [J]. *中药与临床*, 2011, 2(6): 35-37.
- [15] Zhu Y L, Wang L Y, Wang J X, *et al*. Protective effects of paeoniflorin and albiflorin on chemotherapy-induced myelosuppression in mice [J]. *Chin J Nat Med*, 2016, 14(8): 599-606.
- [16] 刘永强, 马 越, 杨博文, 等. UHPLC 测定不同产地芍药根的有效成分 [J]. *中药材*, 2016, 39(5): 980-985.