蜘蛛香炒制过程中色泽与主要成分的相关性研究

王梦琦[1]，谷云霞[1]，田　静[1]，席武霞[1]，谢　晖[3*]，刘小莉[1,2*]

1. 云南中医药大学 云南省傣医药与彝医药重点实验室，云南 昆明 650500
2. 云南省高校外用给药系统与制剂技术研究重点实验室，云南 昆明 650500
3. 复旦大学人类表型组研究院，上海 200120

摘　要：目的　探究蜘蛛香 *Valerianae Jatamansi Rhizoma* et *Radix* 生品和不同炒制品的主要成分变化，并建立颜色值与主要成分的变化关系，确立蜘蛛香炒焦节点。**方法**　对 5 个产地的蜘蛛香生品以及炒制 2、4、6、8、10、12、14、16 min 的样品，利用色差仪对其颜色值进行测量，通过 HPLC 法测定其主要化学成分（缬草三酯、乙酰缬草三酯、缬草醛、橙皮素、绿原酸）的含量，并对二者进行相关性分析。**结果**　蜘蛛香生品中未检测出缬草醛，随着炮制时间增加，缬草醛含量先增加后降低，在 6～8 min 达到最高。乙酰缬草三酯和缬草三酯含量与炮制时间呈负相关，在 8 min 后未检测到。随着炒制时间的延长，粉末的 ΔE_{ab}^*值总体呈减小趋势，L^*值在 2 min 后下降；a^*值在 0～6 min 时增加，6 min 后下降；b^*值在 0～2 min 时小幅度上升，4 min 后下降。结合炮制时间、颜色值和成分含量来看，在 0～6 min 时间段内乙酰缬草三酯含量与 a^*值呈负相关；缬草三酯含量与 L^*、b^*、ΔE_{ab}^*值呈显著正相关。缬草醛含量与 L^*、a^*、b^*、ΔE_{ab}^*都呈正相关，与 a^*、b^*值极相关。其中缬草醛与 a^*值相关系数为 0.637，表明缬草醛含量与 a^*值的相关程度更高。**结论**　选择电磁炉 800 W 功率下炒制 6～8 min 的蜘蛛香作为炒制时间节点，其缬草醛含量最高，饮片性状为黄中带焦，ΔE_{ab}^*值在 32.446 9～39.637 0。乙酰缬草三酯和缬草三酯在 0～2 min 时含量最高。

关键词：蜘蛛香；炮制；颜色值；缬草醛；缬草三酯；乙酰缬草三酯
中图分类号：R283.6　　**文献标志码：**A　　**文章编号：**0253 - 2670(2023)18 - 5916 - 07
DOI: 10.7501/j.issn.0253-2670.2023.18.009

Correlation between color and main components of *Valerianae Jatamansi Rhizoma* et *Radix* during frying

WANG Meng-qi[1], GU Yun-xia[1], TIAN Jing[1], XI Wu-xia[1], XIE Hui[3], LIU Xiao-li[1,2]

1. Yunnan Key Laboratory of Dai and Yi Medicines, Yunnan University of Chinese Medicine, Kunming 650500, China
2. Key Laboratory of External Drug Delivery System and Preparation Technology in University of Yunnan Province, Kunming 650500, China
3. Human Phenome Institute, Fudan University, Shanghai 200120, China

Abstract: Objective　To explore changes in the main components in raw and fried products of Zhizhuxiang (*Valerianae Jatamansi Rhizoma* et *Radix*, VJRR), and establish the correlation between the components and color for establishing fried node. **Methods**　The color difference meter was used to measure the color values of raw and fried products processed for 2, 4, 6, 8, 10, 12, 14, and 16 min in five producing areas. Contents of its main components including valepotriate, acevaltrate, baldrinal, hesperetin and chlorogenic acid were determined by HPLC. And the correlation between components and the color value was analyzed. **Results**　Baldrinal was not detected in raw VJRR. With the increase of processing time, the content of baldrinal first increased and then decreased, and reached the highest in 6—8 min. Valepotriate and acevaltrate contents changed inversely with processing time and were not detected after 8 min. ΔE_{ab}^* value showed a decreasing trend with the increase of frying time. L^* value decreased after 2 min. The value of a^* increased at 0—6 min and decreased after 6 min. The value of b^* increased slightly in 0—2 min and decreased after 4 min. Combined with

收稿日期：2023-04-06
基金项目：云南省傣医药与彝医药重点实验室资助项目（202210SS2214）；云南省科技人才和平台计划（202105AG070012）
作者简介：王梦琦（1999—），女，四川达州，硕士研究生，研究方向为中药资源开发与利用。Tel: 17780185544　E-mail: 978633846@qq.com
***通信作者：**刘小莉，博士，副教授，从事中药资源品质评价和形成研究。Tel: 18087835221　E-mail: kmxunzi@aliyun. com
谢　晖，博士，高级工程师，从事药用植物资源开发与利用研究工作。Tel: 13764512265　E-mail: xiehui@fudan.edu.cn

processing time, color value and component content, the content of acevaltrate was negatively correlated with a^* value in the period of 0—6 min. The content of valepotriate was positively correlated with L^*, b^* and $\Delta E_{ab}{}^*$ values. The content of baldrinal was positively correlated with L^*, a^*, b^* and $\Delta E_{ab}{}^*$, and highly correlated with a^* and b^* values. The correlation coefficient between baldrinal and a^* value was 0.637, which indicated that the correlation between baldrinal content and a^* value was higher. **Conclusion** It was recommended that the important time node for frying under 800 W power in an electromagnetic furnace was 6—8 min. Under this condition, the content of valerian aldehyde presents the highest accompanied by the characteristics of the herbal pieces were yellow with a burnt appearance and $\Delta E_{ab}{}^*$ value of 32.446 9—9.637 0. The contents of valepotriate and acevaltrate reached the highest content at 0—2 min.

Key words: *Valerianae Jatamansi Rhizoma* et *Radix*; processing; color value; baldrinal; valepotriate; acevaltrate

蜘蛛香 *Valerianae Jatamansi Rhizoma* et *Radix*（VJRR）为败酱科（Valerianaceae）缬草属 *Valeriana* Linn.植物蜘蛛香 *Valeriana jatamansi* Jones 的干燥根茎和根，具有理气止痛、消食止泻、祛风除湿、镇惊安神的功效，常用于脘腹胀痛、食积不化、腹泻痢疾、风湿痹痛、腰膝酸软、失眠等[1]。蜘蛛香是《中国药典》2020 年版收载品种，也是我国多民族用药，具有悠久的用药历史。现代研究表明，蜘蛛香中主要成分为环烯醚萜类、木脂素、黄酮、倍半萜、有机酸和氨基酸等[2-5]。其中环烯醚萜类成分是其主要成分，有很好的抗抑郁、抗流感、抗炎、止泻、乳腺癌细胞抑制的作用[6-9]。

药材的炮制方法影响其品质和药效[10-11]。《中国药典》2020 年版记载，蜘蛛香采后加工方法为除去杂质，洗净，润透，切片，晒干[1]，而云南彝族多用其炒焦品，称为“鸡屎臭药”，用于健胃消食，云南特色药香果健消片即为蜘蛛香炒焦品配以草果等用于消化不良、气胀饱闷、食积腹痛、胸满腹胀。蜘蛛香炒制后与生品比其主要成分发生什么变化？目前炒制程度缺乏客观、量化的评价标准，难以确保蜘蛛香炮制饮片质量的稳定性。中药的色泽直接反映了其内含有效成分的含量如姜黄颜色与姜黄素类成分含量[12]，随着现代感官技术发展，色度学分析可以实现药材颜色客观量化[13-14]，以色度指证药材炮制过程的化学成分的变化，对炮制终点量化，将是建立炮制品的质量评价方法的重要手段[15]。本实验研究了采自云南和贵州 5 个产地的蜘蛛香根茎不同清炒时间蜘蛛香主要化学成分的变化，通过颜色值精准定量炮制程度，建立颜色值与化学成分的变化关系，以建立蜘蛛香炮制程度的评价体系。

1 仪器与材料

1.1 仪器

LC-2030-Plus 型高效液相色谱仪，岛津马来西亚工厂；DQ-103 型台式方形切片机，温岭市林大机械有限公司；HGZF-11/H-101-2 型电热恒温鼓风干燥箱，上海跃进医疗器械有限公司；H22-X3 型电磁炉，杭州九阳生活电器有限公司；CR-400 型色彩色差仪，日本柯尼卡美能达公司；EX2250ZH 型电子分析天平，奥豪斯代仪器有限公司；KQ3200E 型超声波清洗器，昆山市超声仪器有限公司。

1.2 对照品与试剂

1.2.1 对照品 缬草三酯（批号 O25HB199080，20 mg）、乙酰缬草三酯（批号 N12GB167461，20 mg）、缬草醛（批号 O26HB199085，20 mg）、绿原酸（批号 A22GB158496，20 mg）、橙皮素（批号 C03F6Y1，20 mg），质量分数均≥98%，均购于上海源叶生物科技有限公司。

1.2.2 试剂 乙腈（批号 ZGRSRERO）、甲醇（批号 SJEORRKR），色谱纯，安耐吉化学公司；甲酸，批号 201910301，色谱纯，成都科隆化学品有限公司；水为超纯水。

1.3 药材

蜘蛛香于 2022 年 8 月采自云南会泽（103.48° E，26.28° N，2563 m）、贵州毕节（105.38° E，26.78° N，2258 m）、云南新平（102.15° E，23.91° N，1680 m）、云南红河（103.20° E，23.70° N，2360 m）和云南文山（104.00° E，23.50° N，1470 m）的野生居群，经云南中医药大学刘小莉副教授鉴定，为败酱科缬草属植物蜘蛛香 *V. jatamansi* Jones 的新鲜根茎和根。

2 方法与结果

2.1 药材加工和炮制品制备

每个居群至少 20 株混合的新鲜蜘蛛香根茎和根洗净，除去杂质和须根，切成 3 mm 厚片，于 40 ℃下干燥至恒定质量。每个产地取蜘蛛香厚片 180 g，分为 9 份，每份 20 g。使用电磁炉于 800 W 功率下炒制，预热 1 min 后，从 0 min 开始计时直至 16 min 止，每隔 2 min 取样品 1 次，生品和炒制品每个产

地 9 组，共计 45 组。将各处理后的蜘蛛香炮制品打粉，过 60 目筛密封保存，备用。

2.2 饮片性状观察与颜色值的测定

称取约 2 g 粉末，装入玻璃测色皿中，盖上测色皿盖，备用。使用色差仪测量 L^*、a^*、b^*值并计算 $\Delta E_{ab}{}^*$值［$\Delta E_{ab}{}^*=(\Delta L^{*2}+\Delta a^{*2}+\Delta b^{*2})^{1/2}$］，求得平均值。

随着炮制时间增加，饮片在 2 min 左右开始出现白色烟雾并且随着炒制过程逐渐浓烈，在 5 min 左右出现浓郁气味并且烟雾由白色转为黄色，10 min 后局部变黑开始碳化。蜘蛛香饮片颜色由黄白色逐渐加深至黑褐色，不同产地之间饮片颜色变化趋势相似（图 1、2）。颜色值 L^*表示颜色深浅明暗，即黑白色，a^*值表示红绿色轴，b^*值表示黄蓝色轴。由图 1、2 可得，随着炮制时间增加，蜘蛛香的 $\Delta E_{ab}{}^*$值呈减小趋势，2～10 min 陡然下降，12 min 后变化不明显。其中毕节蜘蛛香生品的 $\Delta E_{ab}{}^*$值要较小于其他居群，而另外 4 个居群生品的 $\Delta E_{ab}{}^*$值基本一致。从 L^*、a^*及 b^*值看，随着炮制时间增加，L^*值在 2 min 后下降；a^*值在 0～6 min 时上升，6 min 后下降；b^*值在 0～2 min 时小幅度上升，4 min 后下降，不同产地呈现一致的变化规律。

2.3 5 种成分含量测定

2.3.1 色谱条件 按照已有文献报道方法[16]，采用 Thermo C_{18} 色谱柱（250 mm×4.6 mm，5 μm）；乙腈-0.1%甲酸水溶液为流动相，梯度洗脱：0～18 min，

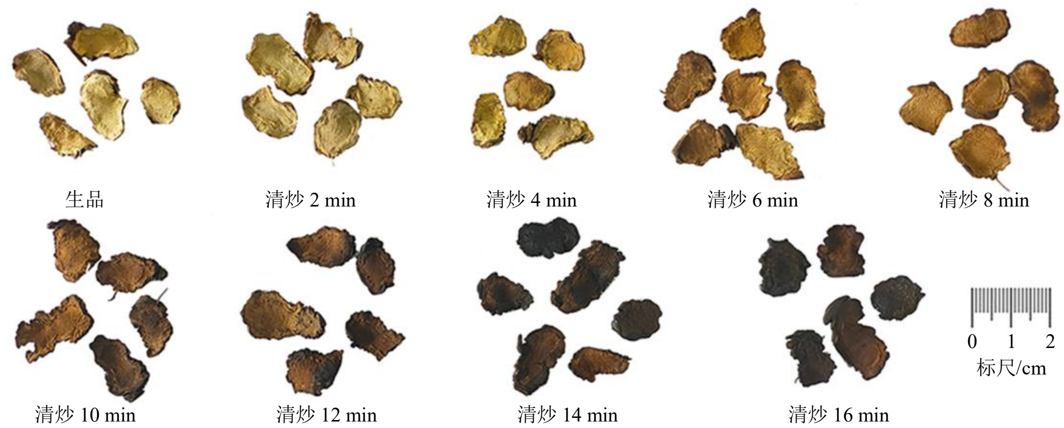


图 1 不同炮制时间蜘蛛香饮片性状

Fig. 1 Characteristics of VJRR at different processing time

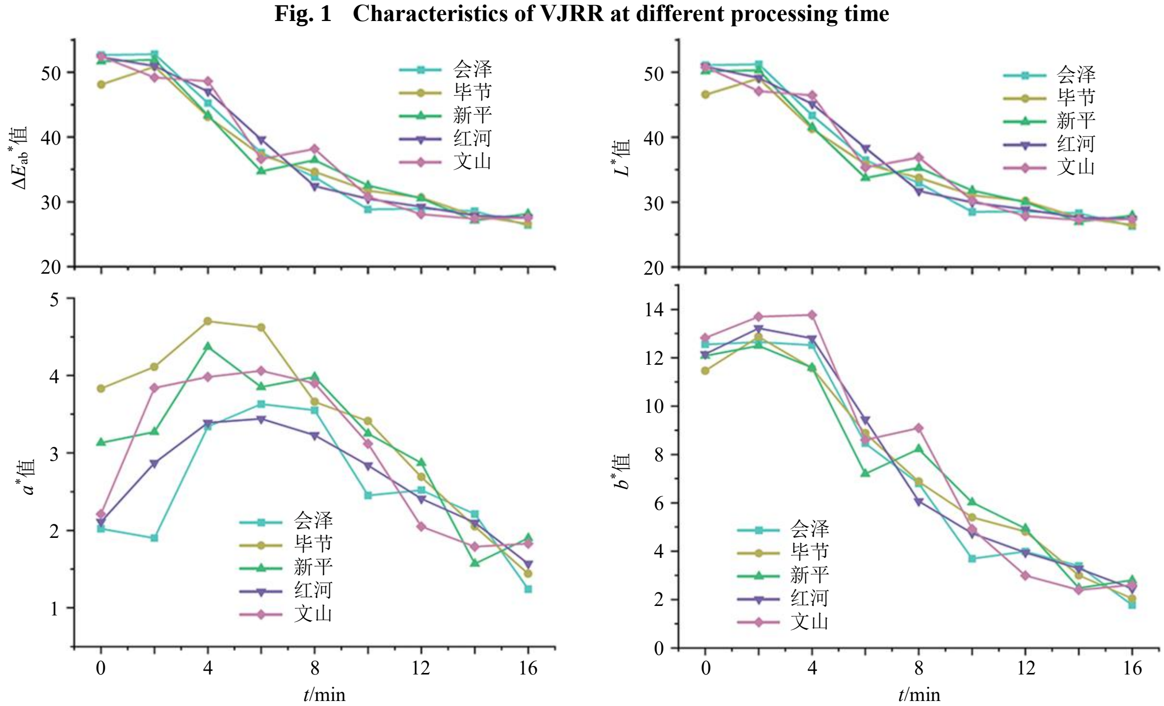


图 2 蜘蛛香不同炒制时间炮制品颜色值图

Fig. 2 Color values of processed products of VJRR with different processing time

12%～30%乙腈；18～20 min，30%～32%乙腈；20～23 min，32%～40%乙腈；23～25 min，40%乙腈；25～33 min，40%～53%乙腈；33～90 min，53%～85%乙腈；体积流量 1.0 mL/min；检测波长为 256 nm；柱温 30 ℃；进样量 20 μL。

2.3.2 对照品溶液的制备 分别精密称取缬草三酯、乙酰缬草三酯、缬草醛、绿原酸、橙皮素对照品 5.11、5.77、10.15、10.09、10.28 mg，加入 70%甲醇溶解制成 50 mL 混合对照品溶液（质量浓度分别为缬草三酯 102.2 μg/mL、乙酰缬草三酯 115.4 μg/mL、缬草醛 203.0 μg/mL、绿原酸 201.8 μg/mL、橙皮素 205.6 μg/mL），摇匀，使用 0.45 μm 微孔滤膜滤过，即得。

2.3.3 供试品溶液的制备 取本品粉末（60 目筛）0.2 g，精密称定，置于棕色 EP 管中，加入 10 mL 70%甲醇，称定后于 37 ℃超声 40 min（功率 150 W、频率 40 kHz），放置至室温后称定，用 70%甲醇补足减失的质量，经 0.45 μm 微孔滤膜滤过，即得供试品溶液。

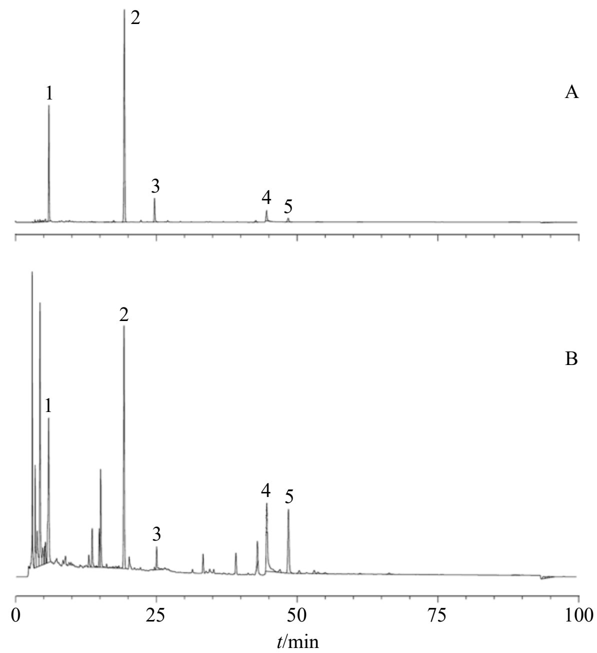
2.3.4 5 个成分含量变化 取“2.3.2”与“2.3.3”项下对照品溶液和供试品溶液，按“2.3.1”项色谱条件进样检测。此条件下所测各成分能够较好分离，混合对照品与蜘蛛香炮制品（以新平产炒制 8 min 为例）的 HPLC 图见图 3。

蜘蛛香生品中不含缬草醛和橙皮素，其中缬草三酯含量最高为新平产，乙酰缬草三酯含量最高为会泽产，绿原酸含量最高为红河产（表 1）。炒制后，缬草醛含量先增加后降低，在 6～8 min 达到顶峰，5 个产地蜘蛛香炮制品含量总趋势一致（图 4）。乙酰缬草三酯和缬草三酯含量随炮制时间增加而减少，8 min 左右未检测到。

毕节和新平产乙酰缬草三酯和缬草三酯含量在 0～2 min 升高，其他 3 个产地炮制品中含量均直接下降。绿原酸含量 5 个产地呈现一定差异，其中红河＞文山＞毕节＞新平＞会泽，绿原酸含量总体趋势是随炮制时间增加先上升再下降。除毕节产蜘蛛香没有检测到橙皮素外，其他产地的蜘蛛香橙皮素含量在炮制到 6～8 min 时开始出现，会泽产蜘蛛香橙皮素含量显著高于其他产地。

2.4 粉末颜色值与 5 种主要化学成分含量的相关性分析

蜘蛛香中主要化学成分含量与粉末颜色值相关性分析基于 Pearson（SPSS 26.0 软件）相关性分析。



1-绿原酸 2-缬草醛 3-橙皮素 4-乙酰缬草三酯 5-缬草三酯
1-chlorogenic acid 2-baldrinal 3-hesperetin 4-acevaltrate 5-valepotriate

图 3 混合对照品 (A) 与新平产炒制 8 min 蜘蛛香炮制品 (B) 的 HPLC 图

Fig. 3 HPLC of mixed reference substances (A) and VJRR processed products from Xinping (B)

表 1 5 个产地蜘蛛香生品中 5 种成分含量

Table 1 Contents of five chemical constituents in raw VJRR products from five producing areas

编号	质量分数/(mg·g^{-1})				
	绿原酸	缬草醛	橙皮素	乙酰缬草三酯	缬草三酯
会泽-0	2.2	–	–	18.3	55.1
毕节-0	2.8	–	–	2.4	48.4
新平-0	2.4	–	–	9.2	63.5
红河-0	6.6	–	–	2.9	28.3
文山-0	5.0	–	–	2.9	26.6

由表 2 可知，L^*值与绿原酸，缬草醛，乙酰缬草三酯及缬草三酯含量均呈现出显著性，相关系数分别为 0.524、0.373、0.585、0.784，呈正相关关系。同时，L^*与橙皮素之间没有相关性。a^*与绿原酸，缬草醛，乙酰缬草三酯之间呈现出显著性。其中 a^*与绿原酸、缬草醛之间的相关系数分别为 0.537、0.637，且 $P<0.01$ 呈极显著，说明 a^*与绿原酸、缬草醛之间有着显著的正相关关系。a^*和乙酰缬草三酯之间的相关系数为−0.568，且 $P<0.05$，说明 a^*和乙酰缬草三酯之间有着显著的负相关关系。a^*与橙皮素、缬草三酯没有相关关系。b^*与绿原酸，缬草醛，缬

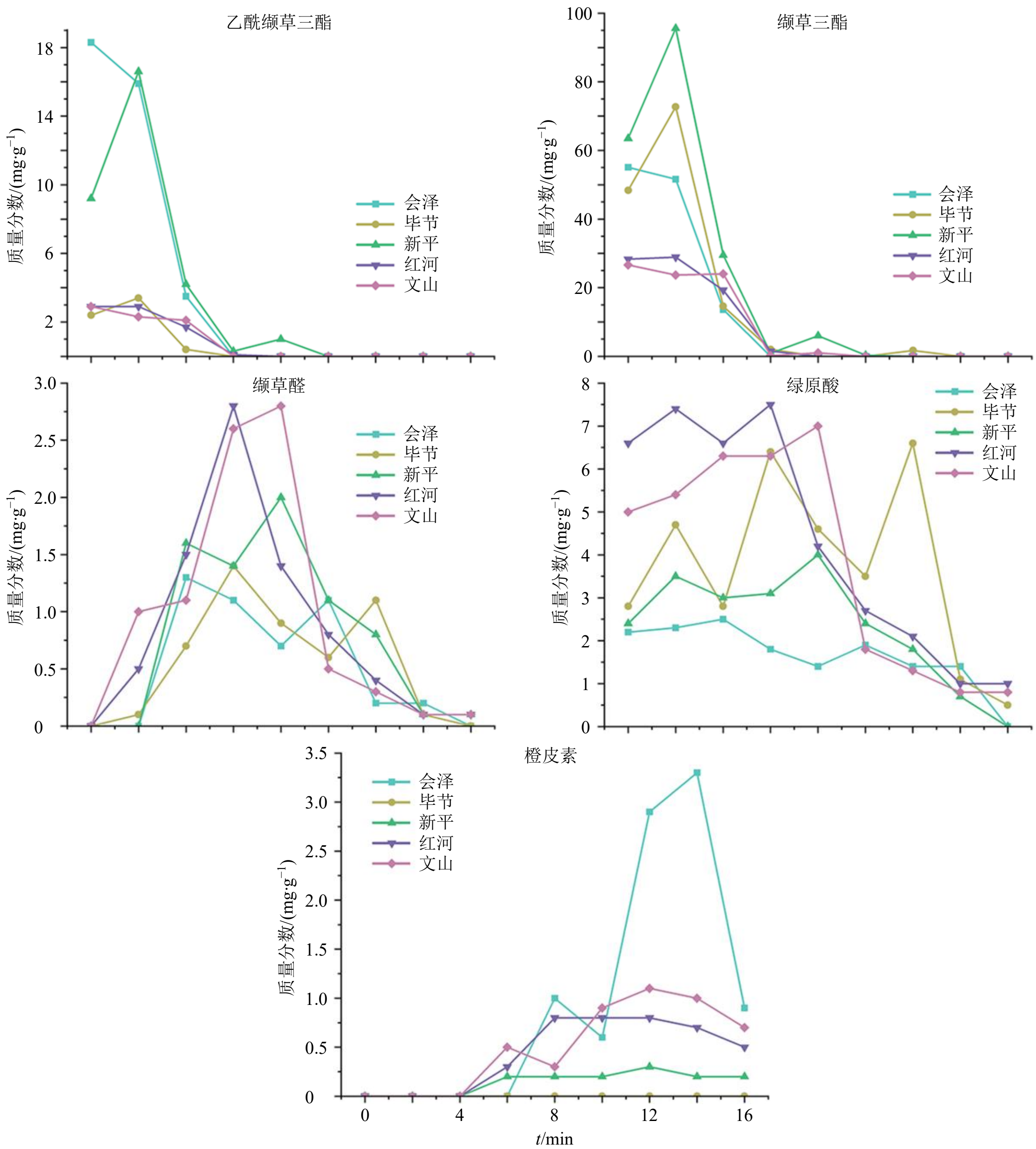


图 4　5 个产地蜘蛛香不同炮制时间 5 种成分的含量变化图

Fig. 4　Content changes of five chemical constituents in VJRR products from five producing areas at different processing time

表 2　蜘蛛香 5 种成分与色差值的相关性分析

Table 2　Correlations between five chemical constituents of VJRR and color difference values

化学成分	L^*	a^*	b^*	$\Delta E_{ab}{}^*$
绿原酸含量	0.524##	0.537##	0.621##	0.535##
橙皮素含量	−0.322	−0.232	−0.296	−0.321
缬草醛含量	0.373#	0.637##	0.488##	0.385#
乙酰缬草三酯含量	0.585#	−0.568#	0.309	0.569#
缬草三酯含量	0.784##	−0.282	0.616##	0.775##

#P<0.05　##P<0.01

草三酯均呈现出显著性，相关系数分别为 0.621、0.488、0.616，为正相关关系。同时，b^*与橙皮素，乙酰缬草三酯并没有相关关系。$\Delta E_{ab}{}^*$与绿原酸、缬草醛、乙酰缬草三酯、缬草三酯相关系数分别为 0.535、0.385、0.569、0.775，呈正相关关系。同时，$\Delta E_{ab}{}^*$与橙皮素之间并没有相关关系。

结合炮制时间、成分含量和颜色值来看，在 0～8 min 时间段内乙酰缬草三酯含量与 a^*值呈负相关，a^*值越大乙酰缬草三酯含量越低；缬草三酯含量与 L^*、b^*、$\Delta E_{ab}{}^*$值呈显著正相关，数值越小含量越少。

2 min 后含量测定开始出现缬草醛，且缬草醛含量与 L^*、a^*、b^*、$\Delta E_{ab}{}^*$都呈正相关，与 a^*、b^*值极相关，表明颜色值越大，缬草醛含量越大。并且缬草醛与 a^*值相关系数为 0.637，远大于与其他值的相关系数，表明 a^*值与缬草醛含量的相关程度更高。以乙酰缬草三酯，缬草三酯，缬草醛为自变量，L^*、a^*和 b^*值为因变量进行线性回归分析，结果见表 3。

表 3 指标性成分与颜色值的关联性

Table 3 Correlations between index chemical constituents and color values

颜色值	R^2	F	回归系数值	显著成分
L^*	0.615	33.486##	207.683##	缬草三酯
a^*	0.405	23.190##	743.179##	缬草醛
b^*	0.238	10.637##	2 411.439##	缬草醛

##$P<0.01$

结果显示 L^*与缬草三酯有显著的正向影响关系，回归方程 L^*＝37.610＋207.683 缬草三酯含量；a^*与缬草醛有显著的正向影响关系，回归方程 a^*＝2.412＋743.179 缬草醛含量；b^*与缬草醛有显著的正向影响关系，回归方程 b^*＝4.741＋2 411.439 缬草醛含量。说明缬草醛对表达颜色的 a^*、b^*值有显著影响，缬草三酯对表达颜色的 L^*值有显著影响。

3 讨论

环烯醚萜类物质结构多为半缩醛衍生物，半缩醛结构不稳定，易开环并发生苷元分子间聚合，发生水解、缩合等反应，形成多种降解产物。本实验发现，蜘蛛香生品中未检测出缬草醛成分，随着炮制时间增加，缬草三酯和乙酰缬草三酯含量逐渐降低，缬草醛出现并含量逐渐升高，结合文献缬草三酯和乙酰缬草三酯降解临界温度为 37 ℃，推断在炒制过程中随着温度升高缬草三酯、乙酰缬草三酯与缬草醛发生了转化，缬草三酯质子化后脱氢，环内消除再氧化得到缬草醛及其衍生物，这与之前蜘蛛香炒焦制品化学成分研究的报道一致[17-19]。缬草醛可以改善胃肠道的相关症状，对慢-急性应激致肠易激综合征（irritable bowel syndrome，IBS）模型大鼠的胃肠道功能亢进有明显抑制作用，能有效降低内脏敏感性[20]，可见彝族习用炒焦制品和香果健消片用炒焦品是有意义的。

本实验中绿原酸含量随着炮制时间增加先上升后下降，在 6～8 min 时达到顶峰。这与前期文献报导一致[21]，这可能是因为温度升高使绿原酸更易析出，温度继续升高时，会使绿原酸分子水解和分子内酯基迁移而形成同分异构体，导致绿原酸含量降低[22]。绿原酸和橙皮素的变化是否引起其他蜘蛛香功效的变化，需要进一步通过药理研究进行评价。

传统“辨色论质”是通过药材外观色泽特点来判断药材的真伪优劣，而中药显色的一个重要原因是其有机化合物分子共轭体系中的 $\pi\rightarrow\pi^*$跃迁和含有杂原子的不饱和有机物的 $p\rightarrow\pi$ 共轭体系中的 $n\rightarrow\pi^*$或 $n\rightarrow\sigma^*$跃迁[23]。炮制加工过程中饮片颜色改变可能有多种因素，如焦栀子炮制过程中产生 Maillard 反应使颜色变为焦褐色[24]，内在成分含量变化对栀子颜色有一定影响[25]。中药外观颜色往往反映了其内在成分的有无和含量，而且与药理活性相关[26-27]。本研究中颜色值 L^*表示颜色深浅明暗，即黑白色，a^*值表示红绿色轴，b^*值表示黄蓝色轴。被测物之间的差值代表了物质的偏色情况，L^*的差值为正表示偏白，反之表示偏黑；a^*的差值为正表示偏红，反之表示偏绿；b^*的差值为正表示偏黄，反之表示偏蓝。不同产地蜘蛛香在炒制过程中颜色值变化总体趋势一致，a^*值在 0～4 min 时增加，6 min 后下降，炮制品颜色先逐步偏红再偏绿；b^*值在 0～2 min 时小幅度上升，4 min 后下降，炮制品颜色先偏黄再偏蓝。蜘蛛香炮制品炒黄的颜色变化可能与生成缬草醛成分的共轭体系有关。与原始成分相比，缬草醛具有新的成键和反键轨道，导致能量降低波长红移。

温度升高使得物质的基态和激发态的能级差减小，电子跃迁所需能量减小，物质的颜色加深[23]。随着炮制时间增加，代表明暗的 L^*值下降，炮制品颜色变暗变深。由于 L^*与缬草三酯有显著的正向影响关系，缬草三酯含量下降。0～6 min 时间段内乙酰缬草三酯含量与 a^*值呈负相关，a^*值越大乙酰缬草三酯含量越低；乙酰缬草三酯和缬草三酯在 0～2 min 时含量最高。不同产地蜘蛛香乙酰缬草三酯和缬草三酯含量变化总趋势相同，除新平和毕节产外，其他 3 个产地生品含量最高，可能与产地间环境因素差异有关。2 min 后检测到缬草醛成分，缬草醛含量与 L^*、a^*、b^*都呈正相关，明度值 L^*降低、红绿值 a^*、黄蓝值 b^*先升高后降低，表明缬草醛含量在炮制过程中先增加后降低，在 6～8 min 时达最大值，不同产地间缬草醛含量变化趋势相同。

本实验通过对蜘蛛香炮制品粉末颜色具体量化，并结合其主要化学成分含量进行相关性研究，探究蜘蛛香炮制过程中颜色变化与成分含量变化的

联系。以缬草醛含量为指标评价蜘蛛香炮制品质量，综合 5 个产地对比蜘蛛香炮制品，6～8 min 的炒制品缬草醛含量最佳，这时指证的饮片性状为黄中带焦，这与彝族民间炒焦后使用一致，对应的色度值为 ΔE_{ab}^*值在 32.446 9～39.637 0，本研究可为后续炮制饮片的制备以及健胃消食功效评价提供参考，为建立蜘蛛香炮制品的评价体系奠定基础。

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: 385.

[2] Tang J X, Quan L Q, Xie K, *et al*. Jatavaleridoids A-H, eight new iridoids from the roots and rhizomes of *Valeriana jatamansi* Jones [J]. *Fitoterapia*, 2022, 162: 105286.

[3] Maurya A K, Agnihotri V K. A new iridoid from the roots of *Valeriana jatamansi* Jones with α-glucosidase activity [J]. *Nat Prod Res*, 2023, doi: 10.1080/14786419.2023.2187796.

[4] Tan Y Z, Wang L X, Li H X, *et al*. Lignans from the root of *Valeriana jatamansi* and their biological evaluation [J]. *J Asian Nat Prod Res*, 2023, 25(8): 810-817.

[5] Jugran A K, Rawat S, Bhatt I D, *et al*. *Valeriana jatamansi*: An herbaceous plant with multiple medicinal uses [J]. *Phytother Res*, 2019, 33(3): 482-503.

[6] Wang Y, Liu Z Y, Zhou Y, *et al*. The chemical constituents from *Valeriana jatamansi* and their anti-influenza virus and anti-inflammatory effects [J]. *Phytochem Lett*, 2022, 52: 20-26.

[7] Zhang L, Wang L W, Huang L, *et al*. Antidepressant effects of total iridoids of *Valeriana jatamansi* via the intestinal flora-blood-brain barrier pathway [J]. *Pharm Biol*, 2021, 59(1): 912-921.

[8] Zhang B, Wang Y, Jiang C M, *et al*. *Valeriana jatamansi* Jones inhibits rotavirus-induced diarrhea via phosphatidylinositol 3-kinase/protein kinase B signaling pathway [J]. *J Microbiol Biotechnol*, 2021, 31(8): 1115-1122.

[9] 胡萍萍, 胡静娜. 蜘蛛香单帖环烯醚类成分及其抗乳腺癌活性 [J]. 中成药, 2021, 43(11): 3057-3061.

[10] Kondo T, Ishida T, Ye K, *et al*. Correction to: Suppressive effects of processed aconite root on dexamethasone-induced muscle ring finger protein-1 expression and its active ingredients [J]. *J Nat Med*, 2023, 77(3): 620.

[11] Zhang G Q, Liu M Q, Ma Z C, *et al*. Analysis of bitter almonds and processed products based on HPLC-fingerprints and chemometry [J]. *Chem Biodivers*, 2023, 20(3): e202200989.

[12] 王晓宇, 赵军宁, 吴萍, 等. 基于“辨状论质”的川产姜黄颜色与主要化学成分含量的相关性研究 [J]. 中草药, 2018, 49(24): 5929-5937.

[13] 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.

[14] 刘杰, 徐佳, 杨瑶珺, 等. 基于色度分析原理的防风有效成分含量与颜色值相关性研究 [J]. 现代中药研究与实践, 2015, 29(2): 20-25.

[15] 郭静英, 易海燕, 郑郁清, 等. 基于“辨色论质”的百合制桔梗质量控制研究 [J]. 中草药, 2023, 54(1): 72-80.

[16] 程盛勇, 付洋, 郁林娜, 等. HPLC 同时测定蜘蛛香中 9 种指标成分的含量 [J]. 贵州医科大学学报, 2019, 44(12): 1413-1418.

[17] 赵倩, 饶凯瑞, 周艳, 等. 蜘蛛香炮制品的化学成分和抗炎活性研究 [J]. 中国药学杂志, 2022, 57(7): 539-548.

[18] 都晓伟, 吴军凯. 缬草属植物化学成分及药理活性研究进展 [J]. 国外医药: 植物药分册, 2006, 21(1): 10-14.

[19] 狄宏晔. 蜘蛛香治疗肠易激综合征 (IBS) 的物质基础研究 [D]. 北京: 北京中医药大学, 2007.

[20] 陶丝雨, 肖丛瑞, 王晶, 等. 缬草醛对肠易激综合征模型大鼠胃肠敏感性和结肠中 5-HIAA 及 5-HT 相关受体蛋白表达的影响作用 [J]. 北京中医药大学学报, 2017, 40(7): 572-577.

[21] 姜爽, 李明达, 刘成琳, 等. 苍耳子烘制前后绿原酸含量的变化 [J]. 人参研究, 2022, 34(2): 42-43.

[22] 宋越冬, 王明超, 韩晓静, 等. 超声辅助提取荞麦叶绿原酸及体外降糖活性研究 [J]. 食品科技, 2020, 45(7): 242-249.

[23] 龙飞. 从“色”刍议中药的“归经” [J]. 中药与临床, 2016, 7(6): 34-37.

[24] 刘德鹏, 王云, 王国有, 等. 焦栀子炮制过程中饮片色泽变化与美拉德反应的相关性分析 [J]. 中国中药杂志, 2020, 45(10): 2382-2388.

[25] 李晓庆, 王云, 张雪, 等. 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 [J]. 中国实验方剂学杂志, 2018, 24(13): 1-5.

[26] 刘伟, 周冰谦, 王晓, 等. 丹参药材粉末色泽与有效成分含量的相关性 [J]. 中华中医药杂志, 2019, 34(4): 1466-1470.

[27] 李倩, 艾青青, 兰志琼, 等. 基于现代色度原理研究大黄蒽醌类成分含量与其颜色的相关性 [J]. 中药材, 2019, 42(1): 62-65.

[责任编辑 郑礼胜]