乌梅炭炮制过程中颜色与内在质量的相关性及其炮制终点研究Δ

杨琳琳*，辛洁萍，李　千，张海霞，安锦漪，陈思羽，冯春兰，王天舒，徐新房，李向日#（北京中医药大学中药学院/北京市中药品质评价重点实验室，北京　102488）

中图分类号　R283；R917　　**文献标志码**　A　　**文章编号**　1001-0408（2023）03-0289-05
DOI　10.6039/j.issn.1001-0408.2023.03.07

摘　要　目的　研究乌梅炭炮制过程中颜色与内在质量的相关性，为乌梅炭炮制终点的确定提供参考。**方法**　利用色差仪对乌梅炭粉末进行色度值测定，选择水分、水溶性浸出物、枸橼酸和鞣质含量对乌梅炭进行内在质量测定，分析不同炮制时间下乌梅炭色度值、水分、水溶性浸出物、枸橼酸和鞣质含量的动态变化趋势，对颜色和上述指标含量进行相关性分析，建立内在质量-色度值回归方程。同时结合主成分分析（PCA）、层次聚类分析（HCA）和偏最小二乘法判别分析（PLS-DA）法分析乌梅炭不同炮制时间的差异，以确定其炮制终点。**结果**　随着炮制时间的延长，样品颜色逐渐加深；样品色度值L^*与E^*先升高后下降，色度值a^*与b^*下降，最终均趋于稳定；样品中水溶性浸出物、枸橼酸与鞣质含量均呈先升高后下降的趋势，样品中水分含量随炮制时间的延长而下降，最后趋于稳定。相关性分析结果显示，水分、水溶性浸出物、枸橼酸、鞣质含量与L^*、a^*、b^*、E^*均呈显著正相关（$P<0.001$）。PCA及HCA结果显示，不同炮制时间的乌梅炭饮片可聚为2类：0～30 min炮制样品与40～60 min炮制样品。PLS-DA发现，水分和水溶性浸出物是乌梅炭炮制过程中的重要质量指标，b^*是乌梅炭炮制过程中的重要色度指标。炮制50 min和60 min样品的色度值无明显差别，炮制60 min样品的水分、水溶性浸出物、枸橼酸与鞣质含量小于炮制50 min的样品。**结论**　乌梅炭颜色与内在质量具有一定相关性，乌梅炭的炒制应以40～50 min为宜。

关键词　乌梅炭；炒炭；色度值；水分；水溶性浸出物；枸橼酸；鞣质；相关性分析

Study on the correlation between color and inner quality during the processing of *Prunus mume* carbon and its processing end point

YANG Linlin, XIN Jieping, LI Qian, ZHANG Haixia, AN Jinyi, CHEN Siyu, FENG Chunlan, WANG Tianshu, XU Xinfang, LI Xiangri (School of Chinese Materia Medica/Beijing Key Laboratory for Quality Evaluation of Chinese Materia Medica, Beijing University of Chinese Medicine, Beijing 102488, China)

ABSTRACT　OBJECTIVE To study the correlation between color and inner quality during the processing of *Prunus mume* carbon, and provide reference for the determination of processing end point of *P. mume* carbon. **METHODS** The chromaticity value of *P. mume* carbon powder was measured by colorimeter, and the inner quality of *P. mume* carbon was measured by selecting the contents of water, water-soluble extract, citric acid and tannin. The dynamic change trend of the chromaticity value, water, water-soluble extract, the contents of citric acid and tannin in *P. mume* carbon under different processing time was analyzed. The correlation between color and the above indexe contents was analyzed, and the regression equation of inner quality-chromaticity value was established. Combined with principal component analysis (PCA), hierarchical cluster analysis (CA) and partial least squares discriminant analysis (PLS-DA), the difference of *P. mume* carbon at different processing times was analyzed to determine the processing end point. **RESULTS** With the extension of processing time, the sample color gradually deepened; the chromaticity values L^* and E^* of the samples increased at first and then decreased, the chromaticity values a^* and b^* decreased, and finally all tended to be stable. The content of water-soluble extract, citric acid and tannin in the sample increased at first and then decreased, the water content of the sample decreased with time and finally stabilized. Correlation analysis showed that water, water-soluble extract, citric acid and tannin were positively correlated with L^*, a^*, b^* and E^* ($P<0.001$). PCA and HCA showed that *P. mume* carbon under different processing time could be clustered into two categories: the processed samples of 0-30 min and those of 40-60 min. PLS-DA showed that water and water-soluble

Δ**基金项目**　国家重点研发计划项目（No.2019YFC1711502）

＊**第一作者**　硕士研究生。研究方向：中药品质评价与中药炮制。E-mail：yanglinlinbucm@126.com

＃**通信作者**　教授，博士生导师，博士。研究方向：中药品质评价与中药炮制。E-mail：lixiangri@sina.com

extract were important quality indexes and b^* was an important chrominance index in the processing of *P. mume* carbon. The chromaticity value of the samples processed for 50 min and 60 min were not significantly different. The contents of water, water-soluble extract, citric acid and tannin in the samples processed for 60 min were less than those processed for 50 min. **CONCLUSIONS** There is a certain correlation between the color and the inner quality of *P. mume* carbon. The processing time of *P. mume* carbon should be 40-50 min.

KEYWORDS *Prunus mume* carbon; carbonized; chromaticity value; water; water-soluble extract; citric acid; tannin; correlation analysis

乌梅为蔷薇科植物梅*Prunus mume*（Sieb.）Sieb. et Zucc.的干燥近成熟果实，具有敛肺、涩肠、生津、安蛔的功效[1]。乌梅炒炭后具有止血祛瘀的作用[2]，可治疗便血、便次增多的溃疡性结肠炎、克罗恩病等[3]，在半夏汤、补气和中汤、补气止崩汤、补中归脾汤等方剂中均有应用。乌梅的化学成分包括枸橼酸等有机酸类成分，以及氨基酸、核苷、挥发性、无机元素等其他成分。在炒炭过程中，其成分含量随炮制时间的延长而发生变化[4]，而乌梅炭成分含量的变化可在一定程度上影响其临床治疗效果。乌梅炭炮制的关键在于把握其炮制程度：2020年版《中国药典》乌梅炭项下仅描述为“皮肉鼓起”[1]，《北京市中药饮片炮制规范》描述为“皮肉鼓起，表面焦黑色”[5]。可见，乌梅炭的炮制终点多依靠主观判断，缺乏客观参数，在实际生产中容易导致乌梅炭的质量不稳定，难以对乌梅炭质量进行控制。

色差分析技术可以对中药粉末颜色进行客观量化，在中药饮片炮制工艺和质量控制研究中已有应用[6-9]。本研究首先通过色差仪对不同炮制时间的乌梅炭粉末颜色进行色度值测定，选择水分、水溶性浸出物、枸橼酸和鞣质含量对乌梅炭进行内在质量测定，分析不同炮制时间下乌梅炭色度值、水分、水溶性浸出物、枸橼酸和鞣质含量的动态变化趋势，对颜色和内在质量进行相关性分析，同时结合多元统计方法来分析乌梅炭不同炮制时间的差异，以确定其炮制终点，以期为乌梅炭饮片的炮制提供科学依据，对乌梅炭饮片质量进行客观、全面的控制，保证其临床用药安全、有效。

1 材料

1.1 主要仪器

本研究所用主要仪器：P7型双光束紫外-可见分光光度计（上海美谱达仪器有限公司），CM-5型分光测色仪（日本Konica Minolta公司），e2695型高效液相色谱仪（包括Waters2695系统、Waters2489紫外检测器、Empower色谱工作站，美国Waters公司），FW100型高速万能粉碎机（天津市泰斯特仪器有限公司），BS110S型十万分之一电子天平（德国Sartorius公司），Scout型电子天平[奥豪斯仪器（常州）有限公司]，DHG-9070A型电热鼓风干燥箱（常州诺基仪器有限公司），SB25-12DTDN型超声波清洗器（宁波新芝生物科技股份有限公司）。

1.2 主要药品与试剂

本研究所用主要药品：3批乌梅饮片经北京中医药大学中药学院李向日教授鉴定为蔷薇科植物梅*P. mume*（Sieb.）Sieb. et Zucc.的干燥近成熟果实，饮片信息见表1。本研究所用主要试剂：枸橼酸对照品（中国食品药品检定研究院，批号100396-202104，纯度100%），没食子酸对照品（成都普思生物科技股份有限公司，批号PS000688，纯度＞98%），磷酸二氢铵（北京化工厂有限责任公司，分析纯），干酪素（北京奥博星生物技术有限责任公司，生物试剂），磷钼钨酸试液（天津市光复精细化工研究所，化学纯），乙腈、磷酸（美国Thermo Fisher Scientific公司，色谱级），纯净水（杭州娃哈哈集团有限公司）。

表1 3批乌梅饮片信息

编号	产地	生产厂家	批号
WM0101	四川	保和堂制药有限公司	20200116
WM0102	云南	保和堂制药有限公司	20200830-1
WM0103	云南	保和堂制药有限公司	20200830-2

2 方法与结果

2.1 乌梅炭样品的制备

分别取3批乌梅饮片各200 g，置于预热的炒锅中，将温度控制在150～180 ℃，分别炮制0、10、20、30、40、50、60 min，取出，放凉，即得不同炒制时间的乌梅炭样品。炮制样品粉碎，过二号筛，即得不同炒制时间的乌梅炭样品粉末。炒制时间在0～10 min时，乌梅开始膨胀，体积逐渐变大，外表皮为灰黑色；炒制10～20 min时，乌梅膨胀至最大体积，不再变化，同时颜色开始变暗；炒制20～30 min时，乌梅颜色逐渐加深，质地变轻；炒制30～40 min时，乌梅颜色变黑，质地变轻；炒制40～50 min时，乌梅颜色、质地无明显变化；炒制50～60 min时，乌梅颜色、质地无明显变化，个别果核开始发黑。不同炒制时间乌梅炭样品见图1。

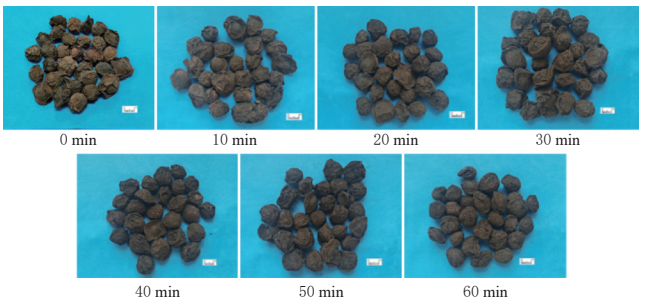


图1　不同炒制时间乌梅炭样品图

2.2　乌梅炭炒制过程中样品粉末色度值测定

2.2.1　色度值测定条件　采用分光测色仪，选择D65光源，视场选择10°视角，仪器测量口径8 mm，仪器误差$\Delta E^* \leqslant 0.04$（$E^*$代表颜色的总色差值），数据处理软件为SpectraMagic NX。对仪器进行黑白板校正后，进行样品测定，测得样品的色度值为L^*、a^*、b^*。其中，L^*代表亮度，L^*越大，亮度越大；a^*代表红绿相，正值表示红色，负值表示绿色；b^*代表黄蓝相，正值表示黄色，负值表示蓝色。

2.2.2　方法学考察　（1）精密度：取炒制40 min的乌梅炭粉末（编号WM0101），装入测色皿中，装入量为测色皿的2/3体积，按“2.2.1”项下色度值测定条件连续测量6次，记录L^*、a^*、b^*。结果显示，其RSD均小于2.0%（n=6），表明仪器精密度良好。（2）重复性：取炒制40 min的乌梅炭粉末（编号WM0101）6份，分别装入测色皿中，装入量为测色皿的2/3体积，按“2.2.1”项下色度值测定条件进行颜色测定，记录L^*、a^*、b^*值。结果显示，其RSD均小于3.0%（n=6），表明该方法重复性良好。（3）稳定性：取炒制40 min的乌梅炭粉末（编号WM0101），分别于0、2、4、6、8 h按“2.2.1”项下色度值测定条件进行样品颜色测定，记录L^*、a^*、b^*。结果显示，其RSD均小于3.0%（n=5），表明样品在8 h内稳定性良好。

2.2.3　颜色测定　采用分光测色仪对乌梅炭粉末颜色进行客观评价，量化颜色指标。每批样品重复测量3次，以平均值为各样品测定结果，计算出各样品的总色值$(E^*)=(a^{*2}+b^{*2}+L^{*2})^{1/2}$，总色差$(\Delta E^*)=(\Delta L^{*2}+\Delta a^{*2}+\Delta b^{*2})^{1/2}$，$\Delta L^*$、$\Delta a^*$、$\Delta b^*$分别表示不同炮制时间乌梅炭与同批次乌梅数据的差值，计算同一炮制时间3批样品批间均值，结果见图2。由图2可知，随着炮制时间的延长，乌梅炭色度值L^*与E^*先升高后下降，色度值a^*与b^*逐渐下降，最终均趋于稳定。在炒制40～60 min时，乌梅炭色度值趋于稳定，L^*、a^*、b^*与E^*的均值分别为29.60、10.34、15.58和35.02，ΔL^*、Δa^*、Δb^*与ΔE^*均值分别为−9.89、−4.48、−8.71和13.91，与生品色度值具有明显差异。

2.3　乌梅炭炒制过程中样品内在质量测定

2.3.1　水分测定　按照2020年版《中国药典》（四部）通则0832水分测定法第二法测定不同炒制时间乌梅炭的水分含量[10]，计算不同炮制时间3批样品的批间均值，结果见图3。由图3可知，随着炮制时间的延长，乌梅炭水分持续下降，在炒制40～60 min时趋于稳定，此时水分含量范围为1.8%～4.6%。

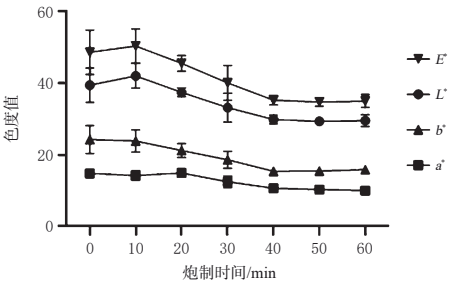


图2　乌梅炭粉末色度随炒制时间的变化趋势图

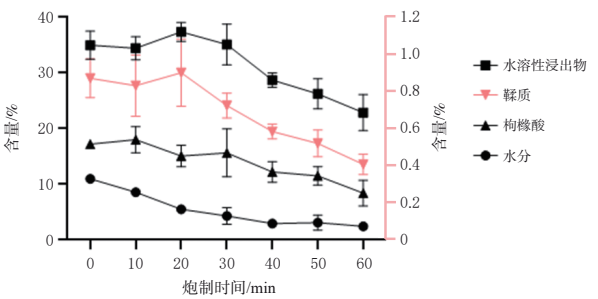


图3　乌梅炭水分、水溶性浸出物、枸橼酸及鞣质含量随炒制时间变化趋势图（$\bar{x}\pm s$，n=3）

2.3.2　水溶性浸出物测定　按照2020年版《中国药典》（四部）通则2201水溶性浸出物测定法项下的热浸法测定不同炒制时间乌梅炭的水溶性浸出物含量[10]，计算不同炮制时间3批样品的批间均值，结果见图3。由图3可知，随着炮制时间的延长，乌梅炭水溶性浸出物含量先升高后下降，炒制40～60 min时水溶性浸出物含量范围为20.4%～30.1%。

2.3.3　枸橼酸含量测定　按照2020年版《中国药典》（一部）乌梅含量测定项下HPLC法测定不同炒制时间乌梅炭的枸橼酸含量[1]，计算不同炮制时间3批样品的批间均值，结果见图3。由图3可知，随着炮制时间的延长，乌梅炭的枸橼酸含量先升高后下降，炒制40～60 min时枸橼酸含量范围为6.7%～14.1%。

2.3.4　鞣质含量测定　按照2020年版《中国药典》（四部）通则2202鞣质含量测定法测定不同炒制时间乌梅炭的鞣质含量[10]，计算不同炮制时间3批样品的批间均值，结果见图3。由图3可知，随着炮制时间的延长，样品鞣质含量先升高后下降，炒制40～60 min时鞣质含量范围为0.38%～0.63%。

2.4　乌梅炭颜色与内在质量相关性分析

2.4.1　色度值与内在质量的相关性分析　采用SPSS 19.0软件对乌梅炭的L^*、a^*、b^*、E^*与水分、水溶性浸出物、枸橼酸及鞣质含量进行相关性分析，数据符合正态分布时采

用Pearson相关性分析，不符合正态分布时采用Spearman相关性分析，结果见表2。相关性分析结果显示，乌梅炭样品粉末的水分、水溶性浸出物、枸橼酸、鞣质含量与L^*、a^*、b^*、E^*均呈显著正相关（$P<0.001$）。

表2　色度值与内在质量的相关性分析结果

色度值	水分		水溶性浸出物		枸橼酸		鞣质	
	相关系数	P	相关系数	P	相关系数	P	相关系数	P
L^*	0.891	<0.001	0.681	0.001	0.712	<0.001	0.829	<0.001
a^*	0.908	<0.001	0.836	<0.001	0.786	<0.001	0.886	<0.001
b^*	0.917	<0.001	0.703	<0.001	0.738	<0.001	0.805	<0.001
E^*	0.891	<0.001	0.694	<0.001	0.741	<0.001	0.836	<0.001

2.4.2　内在质量-色度值回归分析　以色度值L^*、a^*、b^*为自变量，以乌梅炭的水分、水溶性浸出物、枸橼酸、鞣质为因变量，利用SPSS 19.0软件进行回归分析，结果见表3。结果显示，乌梅炭中水溶性浸出物和鞣质含量均有82.5%是受外观颜色指标L^*、a^*、b^*控制的。因b^*是样品色度值中的关键成分，故进一步以颜色指标b^*为自变量，以乌梅炭的水分、水溶性浸出物、枸橼酸、鞣质含量为因变量，利用SPSS 19.0软件进行回归分析，建立内在质量（Y）-b^*的回归方程，结果见表4。结果显示，乌梅炭的水分、水溶性浸出物含量与b^*成显著的线性关系（$P<0.05$）。因水溶性浸出物在一定程度上是受外观颜色指标值控制的，故可通过乌梅炭颜色快速预测乌梅炭中的水分与水溶性浸出物含量。

表3　内在质量-色度值的回归分析结果

指标	R	R^2	调整后的R^2	标准估算的误差
水分	0.880	0.774	0.734	1.628
水溶性浸出物	0.908	0.825	0.794	2.540
枸橼酸	0.772	0.596	0.524	2.634
鞣质	0.908	0.825	0.794	0.092

表4　内在质量-b^*的回归分析结果

指标	模型	非标准化系数B	标准误差	标准化系数β	t	P	回归方程
水分	常量	−7.425	1.660		−4.472	<0.001	$Y=-7.425+0.666b^*$
	b	0.666	0.084	0.875	7.894	<0.001	
水溶性浸出物	常量	13.924	4.518		3.082	0.006	$Y=13.924+0.905b^*$
	b	0.905	0.230	0.671	3.941	0.001	
枸橼酸	常量	1.922	3.040		0.632	0.535	
	b	0.628	0.155	0.682	4.060	0.001	
鞣质	常量	−0.066	0.132		−0.499	0.623	
	b	0.039	0.007	0.803	5.872	<0.001	

2.5　乌梅炭颜色与内在质量的多元统计分析

本研究以乌梅炭炮制过程中样品的L^*、a^*、b^*、E^*和水分、水溶性浸出物、枸橼酸及鞣质含量8个变量为指标，采用SIMCA 14.1软件进行多元统计分析。

2.5.1　主成分分析和层次聚类分析　对乌梅炭不同炮制时间样品进行主成分分析（principal component analysis，PCA），2个主成分参数R^2为0.918、Q^2为0.807，均大于0.5，表明此模型为优质模型，PCA得分图见图4。由图4可知，2个主成分的作用显著，可用于反映乌梅炭不同炮制时间样品90%以上的特征信息。以平方欧氏距离为测度，进行层次聚类分析（hierarchical clustering analysis，HCA），结果见图5。由图5可知，乌梅炭炮制过程样品可聚为2类：炮制0～30 min的样品聚为一类，炮制40～60 min的样品聚为另一类。

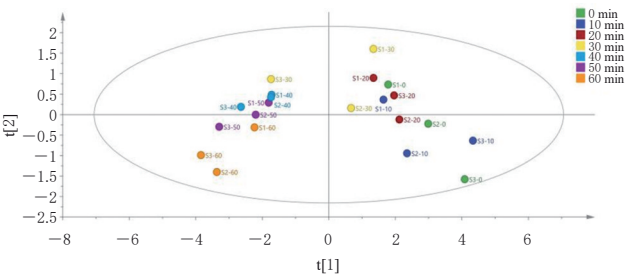


图4　乌梅炭炮制过程样品的PCA得分图

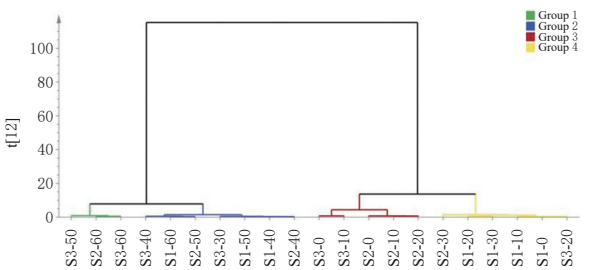


图5　乌梅炭炮制过程样品的HCA图

2.5.2　偏最小二乘法判别分析　对乌梅炭炮制过程样品进行偏最小二乘法判别分析（partial least squares discriminant analysis，PLS-DA），结果见图6。由图6可知，乌梅炭炮制过程样品可聚为2类，聚类结果与HCA结果一致。进一步对该模型中8个指标的变量投影重要性（variable importance of projection，VIP）进行分析，结果见图7。选择VIP>1的指标作为乌梅炭炮制过程中的重要质量指标[11]，本研究选择VIP>1且排名前2位的指标。结果显示，得到水溶性浸出物和水分是乌梅炭炮制过程中的重要质量指标；b^*是乌梅炭炮制过程中的重要颜色指标。

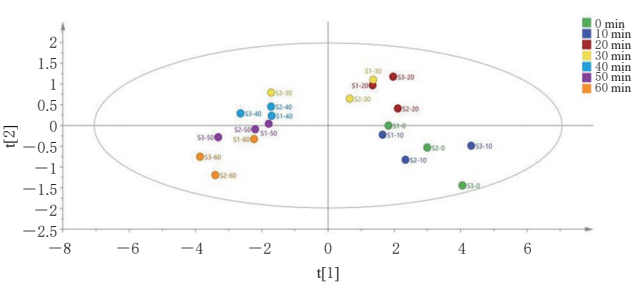


图6　乌梅炭炮制不同时间样品的PLS-DA图

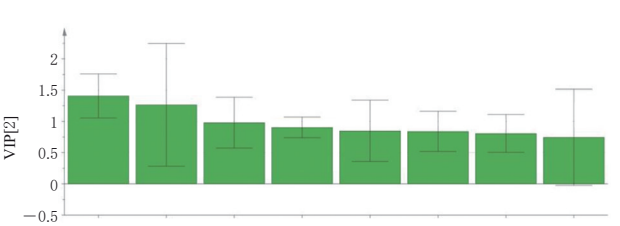


图7　乌梅炭炮制不同时间样品中各指标的VIP值

3 讨论

3.1 乌梅炭炮制过程中颜色的变化

炒制时间在0～10 min时，乌梅炭L^*与E^*升高，a^*、b^*下降，推测是由于在锅内受热饮片颜色偏亮；炒制10～60 min时，L^*、a^*、b^*与E^*均呈下降趋势，且在炒制40～60 min时趋于稳定，表明随着炮制时间延长，乌梅炭样品颜色逐渐加深，与肉眼所见一致。通过PLS-DA发现，b^*是乌梅炭炮制过程中的重要颜色指标，表明色度值b^*可以客观准确地表征传统经验的外观火候。

3.2 乌梅炭炮制过程中内在质量的变化

随着炒制时间的延长，乌梅炭中水溶性浸出物、枸橼酸与鞣质含量均呈先升高后下降的趋势，“先升高”是由于乌梅药材受热膨胀，有利于成分的溶出；“后下降”是由于高温受热，使得成分逐渐开始分解，在炒制40～60 min时各时间点指标均符合2020年版《中国药典》(一部)乌梅炭各项指标要求。通过PLS-DA发现，水分和水溶性浸出物是乌梅炭炮制过程中的重要质量指标，表明二者可作为指示乌梅炭炮制终点的重要依据。

3.3 颜色与内在质量的相关性

相关性分析结果显示，乌梅炭的水分、水溶性浸出物、枸橼酸、鞣质含量与L^*、a^*、b^*、E^*均呈显著正相关($P<0.001$)。在乌梅炭炮制过程中，随着L^*、a^*、b^*、E^*的降低，其水分、水溶性浸出物、枸橼酸、鞣质含量也呈下降趋势。内在质量-色度值回归分析结果显示，乌梅炭中水溶性浸出物和鞣质含量均有82.5%是受外观颜色指标L^*、a^*、b^*控制的。这表明乌梅炭的水分、水溶性浸出物含量与b^*呈线性关系，且水溶性浸出物在一定程度上是受外观颜色指标值控制的，并通过相关因素回归方程得知可通过乌梅炭的颜色快速预测水分与水溶性浸出物含量。

3.4 乌梅炭炮制终点的判定

将外观颜色通过色差仪量化，与4种内在质量指标进行PCA及HCA发现，炒制时间为40～60 min时乌梅炭样品在PCA得分图上基本重合，HCA时也明显聚为一类，即炒制时间40～60 min时炮制样品聚为一类，乌梅炭色度值在炒制40～60 min范围内趋于稳定，变化很小。在炒制40～60 min时，L^*、a^*、b^*与E^*的均值分别为29.60、10.34、15.58和35.02，ΔL^*、Δa^*、Δb^*与ΔE_{ab}^*的均值分别为－9.89、－4.48、－8.71和13.91，与生品的色度值具有明显差异。且不同批次的生品之间色度值有一定波动，但炒制40～60 min时不同批次炮制样品色度值波动减小，样品外观性状趋于一致。炒制40～60 min时乌梅炭水分含量范围为1.8%～4.6%，水溶性浸出物含量范围为20.4%～30.1%，枸橼酸含量范围为6.7%～14.1%，鞣质含量范围为0.38%～0.63%，均符合2020年版《中国药典》(一部)乌梅炭各项指标要求[1]。炮制50 min和60 min样品的色度值无明显差别，炮制60 min样品的水分、水溶性浸出物、枸橼酸与鞣质含量小于炮制50 min的样品。根据炮制适度理论——“凡药制造，贵在适中，不及则功效难求，太过则气味反失”[12]，笔者认为乌梅炭的炒制应以40～50 min为宜，但后续还需要结合药效实验进一步合理解释乌梅炭的炮制终点。

综上所述，乌梅炭颜色与内在质量具有一定相关性，乌梅炭的炒制应以40～50 min为宜。

参考文献

[1] 国家药典委员会. 中华人民共和国药典：一部[S].2020年版.北京：中国医药科技出版社，2020：81.

[2] 叶静，付静，余晗，等. 乌梅生品及其炭品的特征图谱比较[J]. 湖北中医药大学学报，2017，19(6)：42-45.

[3] 单兆伟，吴静，吴星星. 免疫相关性胃肠疾病证治述要[J]. 江苏中医药，2018，50(10)：1-4.

[4] 李威，杨瑾，杜文彬. 乌梅炭品中有机酸含量的测定[J]. 时珍国医国药，2007，18(11)：2767-2769.

[5] 北京市药品监督管理局. 北京市中药饮片炮制规范[S].2008年版.北京：化学工业出版社，2008：220.

[6] 王帅，王丽丽，房娟娟，等. 滇黄精酒制过程中颜色与5种成分含量变化的相关性分析[J]. 中国实验方剂学杂志，2022，28(21)：156-162.

[7] 王清浩，王云，张雪，等. 基于“表里关联”的米炒党参炮制过程质量传递规律研究[J]. 中草药，2019，50(12)：2848-2855.

[8] 胡佳莉，刘林，李钟，等. 黄精发酵过程中有效成分含量与色泽的相关性[J]. 中国实验方剂学杂志，2020，26(15)：169-176.

[9] 陈青垚，雷星，高亚珍，等. 基于“色如漆，甘如饴”的砂仁陈皮制熟地黄炮制过程质量评价[J]. 中国实验方剂学杂志，2022，28(4)：154-162.

[10] 国家药典委员会. 中华人民共和国药典：四部[S].2020年版.北京：中国医药科技出版社，2020：114-115，232-233.

[11] 杨朝堃，徐仕娟，徐文芬，等. 红花龙胆药材的UPLC指纹图谱研究与芒果苷含量测定[J]. 中国药房，2023，34(1)：34-39.

[12] 陈嘉谟. 本草蒙筌[M]. 周超凡，陈湘萍，王淑民，点校. 北京：人民卫生出版社，1988：88-89.

(收稿日期：2022-08-19　修回日期：2023-01-17)

(编辑：舒安琴)