

· 中药工业 ·

不同炮制程度的酒炖和清蒸地黄性状、成分对比研究[△]姜宇¹, 栾雅格¹, 黄蓉¹, 何秀娟¹, 王璇¹, 谭鹏^{1,2*}

1. 北京中医药大学 中药学院, 北京 102488;

2. 北京市科委 中药生产过程控制与质量评价北京市重点实验室, 北京 102400

[摘要] 目的: 研究酒炖和清蒸炮制过程中地黄内在成分和外观性状的变化规律。方法: 根据《中华人民共和国药典》2020 年版(一部)熟地黄项下方法测定浸出物、地黄苷 D 含量, 利用水提醇沉法测定多糖含量, 利用电子舌和分光测色计测定滋味和颜色, 应用主成分分析法分析滋味、颜色与酒炖品、清蒸品炮制质量及内在成分之间的相关程度。结果: 清蒸过程中浸出物含量随炮制时间延长不断下降, 酒炖过程浸出物含量较为稳定; 酒炖和清蒸过程地黄苷 D 含量均呈下降趋势, 酒炖品中地黄苷 D 含量小于同一炮制程度的清蒸品; 酒炖和清蒸过程多糖含量呈先上升后下降趋势, 酒炖品中多糖含量大于同一炮制程度的清蒸品; 通过电子舌和测色计, 酒炖品和清蒸品可被明显区分; 酒炖过程中地黄苷 D 含量与红绿值(a^*)、黄蓝值(b^*)、总色度值(E^*)呈显著正相关($P<0.05$), 多糖含量与 b^* 呈显著正相关($P<0.05$), 浸出物含量与滋味、颜色变量无明显相关性; 清蒸过程中多糖含量与 CTS(咸)、ANS(甜)、 a^* 、 b^* 和 E^* 呈显著正相关($P<0.05$), 浸出物含量与 CTS、ANS、 a^* 和 b^* 呈显著正相关($P<0.05$), 地黄苷 D 含量与 CTS、ANS、明度值(L^*)、 a^* 、 b^* 和 E^* 呈显著正相关($P<0.05$)。结论: 酒炖和清蒸工艺下地黄性状和内在成分变化趋势具有一定差异, 电子舌、测色计与统计学分析方法可以实现地黄酒炖和清蒸炮制过程中的质量检测。

[关键词] 地黄; 酒炖; 清蒸; 性状; 成分; 主成分分析

[中图分类号] R283 **[文献标识码]** A **[文章编号]** 1673-4890(2023)09-1957-09

doi:10.13313/j.issn.1673-4890.20230104006

Comparative Analysis of Characters and Components of Wine-stewed and Steamed Rehmanniae Radix with Different Processing Degrees

JIANG Yu¹, LUAN Ya-ge¹, HUANG Rong¹, HE Xiu-juan¹, WANG Xuan¹, TAN Peng^{1,2*}

1. School of Chinese Materia Medica, Beijing University of Chinese Medicine, Beijing 102488, China;

2. Beijing Key Laboratory for Production Process Control and Quality Evaluation of Traditional Chinese Medicine, Beijing Municipal Science & Technology Commission, Beijing 102400, China

[Abstract] **Objective:** To study the changes in the intrinsic components and character of Rehmanniae Radix during the wine-stewing and steaming processes. **Methods:** According to the 2020 edition of the *Chinese Pharmacopoeia* (Vol. One), the content of extract and rehmannioside D was determined. The polysaccharide content was measured using the water extraction and alcohol precipitation method. The taste and color were determined using an electronic tongue and spectrophotometer. Principal component analysis (PCA) was applied to analyze the correlations of taste and color with the quality of wine stewed and steamed products and intrinsic components. **Results:** During the steaming process, the extract content decreased continuously with the extension of processing time, while the extract content in the wine-stewing process remained relatively stable. Both wine-stewed and steamed Rehmanniae Radix showed a decreasing trend in rehmannioside D content, with the wine-stewed product having lower rehmannioside D content than the steamed product at the same processing level. The polysaccharide content increased first and then decreased during both the wine-stewing and steaming processes, with the wine-stewed product having higher polysaccharide content than the steamed product at the same

[△] [基金项目] 国家“重大新药创制”科技重大专项(2020071620211)

* [通信作者] 谭鹏, 副教授, 研究方向: 中药炮制机制; Tel: 010-53912125, E-mail: tanpengtcm@163.com

processing level. Using the electronic tongue and spectrophotometer indicators, the wine-stewed and steamed products were clearly classified. During the wine-stewing process, rehmannioside D content showed a significant positive correlation with a^* , b^* , and E^* (total color value) ($P < 0.05$), and the polysaccharide content showed a significant positive correlation with b^* ($P < 0.05$). However, there was no significant correlation between extract content and taste or color variables. During the steaming process, the polysaccharide content showed a significant positive correlation with CTS (salty), ANS (sweet), a^* , b^* , and E^* ($P < 0.05$), while the extract content showed a significant positive correlation with CTS, ANS, a^* , and b^* ($P < 0.05$), and rehmannioside D showed a significant positive correlation with CTS, ANS, L^* , a^* , b^* , and E^* ($P < 0.05$). **Conclusion:** The changes in the character and intrinsic components of Rehmanniae Radix under the wine-stewing and steaming processes have some differences. The electronic tongue, spectrophotometer, and statistical analysis methods can be used for quality testing during the wine-stewing and steaming processes of Rehmanniae Radix.

[Keywords] Rehmanniae Radix; wine-stewing; steaming; character; composition; PCA

地黄为玄参科植物地黄 *Rehmannia glutinosa* Libosch. 的新鲜或干燥块根, 是“生熟异治”的代表中药, 炮制后其药性由寒转温, 味由苦转甜, 功效由清转补^[1]。熟地黄质厚味浓、滋腻碍脾, 但酒制后主补阴血, 并可借酒力行散, 起到行药势、通血脉的作用^[2]。经不同炮制工艺制备的地黄炮制品具有不同的药性及临床作用^[3-4]。

中药炮制前后药效变化的内在基础是化学成分的改变, 外在体现是中药性状的改变。色、气、味等性状指标在一定程度上能够客观反映中药饮片整体质量, 但口尝、眼看和鼻闻等传统感官评价方法主观性较强且未有标准参照品, 无法真正指导熟地黄炮制生产和质量检验。近年来, 新兴的色差仪、电子舌和电子鼻等仿生技术在中药炮制火候判别^[5]、贮藏年份鉴别^[6]、基原品种比较^[7]等方面得到广泛应用。钟恋^[8]利用视觉技术、电子鼻、电子舌分析地黄炮制过程中的色、气、味的变化规律, 并通过主成分分析 (PCA)、统计质量控制分析 (SQC) 和聚类分析等方法评价地黄蒸晒5次为火候标准的“拐点”。解杨等^[9]发现, 炆地黄的明度值 (L^*)、红绿值 (a^*)、黄蓝值 (b^*) 与梓醇、5-羟甲基糠醛和还原糖具有极显著相关性。以上研究说明熟地黄的外观性状与内在成分具有一定关联, 通过仿生技术对熟地黄的整体质量进行评价具有可行性。目前, 多聚焦于单一炮制工艺熟地黄的质量研究, 缺乏对不同炮制工艺的熟地黄炮制品的整体对比研究。因此, 本研究拟利用现代分析技术测定酒炖和清蒸2种炮制工艺下不同炮制程度酒炖品和清蒸品中浸出物、多糖、地黄苷D的含量, 利用电子舌、测色计量化样品的滋味和颜色并建立PCA模型, 对2种炮制工艺下不同炮

制程度的酒炖品和清蒸品进行整体性评价, 以期对熟地黄炮制工艺的完善提供参考。

1 材料

1.1 仪器

DZ25Y 型智能电炖盅 (浙江苏泊尔股份有限公司); SKG-1601 型电磁炉 (佛山艾诗凯奇电气有限公司); DHG-9123A 型电热鼓风干燥箱 (上海一恒科学仪器有限公司); KQ-800KDE 型数控超声波清洗器 (济南欧莱博科学仪器有限公司); TG16KR 型高速离心机 (上海继谱电子科技有限公司); 1260 型高效液相色谱仪 (Agilent Technologies Inc 公司); RE-52A 型旋转蒸发仪 (上海亚荣生化仪器厂); Epoch 型多功能微孔板酶标仪 (Bio Tek Instruments Inc 公司); ASTREE 型电子舌 (Alpha MOS 公司); CM-5 型分光测色计 (柯尼卡美能达有限公司)。

1.2 试药

黄酒 (绍兴吴越酿酒有限公司, 干型, 总糖 $\leq 15.0 \text{ g} \cdot \text{L}^{-1}$); 对照品地黄苷 D (批号: B20293)、标准品 D-葡萄糖 (批号: B21882) 均购于上海源叶生物科技有限公司; 三氯甲烷 (批号: 20200721)、正丁醇 (批号: 20220915)、苯酚 (批号: 20190516)、浓硫酸 (批号: 20220208) 均为分析纯, 均购于北京试剂有限公司; $0.01 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ 盐酸 (ASTREE 型电子舌专属试剂, Alpha MOS 公司, 批号: 25.1900703); 甲醇、磷酸均为色谱纯; 无水乙醇为分析纯。

生地黄购买于北京市双桥燕京中药饮片厂 (批号: 1803057, 产地: 河南, 执行标准: 《中华人民共和国药典》(以下简称《中国药典》) 2015 年版, 经北京中医药大学中药学院刘勇教授鉴定为玄参科

植物地黄 *Rehmannia glutinosa* Libosch. 的干燥块根。

2 方法与结果

2.1 样品的制备

根据《中国药典》2020年版熟地黄的炮制要求, 参考文献[10]确定炮制工艺: 1) 酒炖地黄(JD): 取生地黄适量, 按2:1加入黄酒, 浸润12 h, 放入炖制容器内, 密闭炖至一定时间(4、8、16、24、32、40、56 h)后取出, 晾晒22 h, 切厚片, 60℃干燥12 h, 即得; 2) 清蒸地黄(QZ): 取生地黄适量, 按2:1加水浸润12 h, 放入蒸制容器内, 蒸至一定时间(4、8、16、24、32、40、56 h)后取出, 晾晒22 h, 切厚片, 60℃干燥12 h, 即得。取样品适量, 打粉后过三号筛。样品及其粗粉性状见图1、图2, 炮制收率见表1。



图1 不同炮制程度清蒸熟地黄成品及粉末



图2 不同炮制程度酒炖熟地黄成品及粉末

2.2 浸出物测定

根据《中国药典》2020年版熟地黄项下规定, 采用冷浸法测定样品中水溶性浸出物的含量, 测定结果见表2。

表1 不同炮制时间酒炖和清蒸熟地黄炮制收率

炮制时间/h	QZ	JD
4	-3.02	4.73
8	-2.56	6.11
16	-25.79	5.10
24	-18.25	6.21
32	-42.46	3.37
40	-49.74	0.60
56	-71.72	-1.95

表2 不同炮制时间酒炖和清蒸熟地黄浸出物质量分数

炮制时间/h	QZ	JD
4	85.11	84.24
8	84.38	84.06
16	81.34	81.70
24	79.45	84.86
32	69.67	83.71
40	68.56	84.03
56	56.03	82.94

2.3 地黄苷D测定

参照《中国药典》2020年版熟地黄项下地黄苷D测定方法, 测定不同炮制程度的酒炖品和清蒸品中地黄苷D的含量, 结果见表3。

表3 不同炮制程度酒炖和清蒸熟地黄中地黄苷D质量分数

炮制时间/h	QZ	JD
4	0.149 3	0.137 1
8	0.139 4	0.132 5
16	0.140 1	0.102 8
24	0.111 9	0.067 8
32	0.098 0	0.055 7
40	0.079 7	0.022 4
56	0.062 3	—

注: —表示未检出。

2.4 多糖含量测定

参照文献[11], 分别取样品适量, 切成小块, 精密称定, 加10倍量水回流提取2次, 每次1.5 h, 合并水煎液, 减压浓缩后加无水乙醇至含醇量为80%, 静置24 h, 滤过。滤渣溶解于适量蒸馏水中, 采用Sevage试剂(三氯甲烷-正丁醇=4:1)按粗多糖溶液-Sevage试剂=4:1的比例混合, 置于摇床充分振摇20 min, 在4℃下6000 r·min⁻¹(离心半径为14.3 cm)离心5 min, 取水层继续加入Sevage试剂,

重复4次以除去多糖蛋白。合并水层于250 mL量瓶，加水稀释至刻度，得到多糖母液，备用。

2.4.1 对照品溶液的制备 精密称取干燥至恒重的无水葡萄糖标准品10.04 mg，于100 mL量瓶中，用水稀释至刻度，制成质量浓度为 $100.4 \mu\text{g}\cdot\text{mL}^{-1}$ 的对照品溶液。

2.4.2 供试品溶液的制备 取样品多糖母液0.1 mL于100 mL量瓶，加水稀释至刻度，制备供试品溶液。

2.4.3 标准曲线的绘制 分别精密吸取对照品溶液0.1、0.2、0.3、0.5、0.7、0.9 mL置于10 mL离心管中，分别加水至2.0 mL，再分别加入6%苯酚溶液1.0 mL，摇匀后迅速加入浓硫酸5.0 mL，迅速摇匀，于沸水中加热15 min，取出冷却至室温。另取蒸馏水2.0 mL，同法操作制备空白对照品。利用酶标仪测得490 nm处的吸光度(A)。以 A 为纵坐标(Y)，以葡萄糖质量浓度为横坐标(X)，绘制标准曲线。得到回归方程： $Y=0.034450X+0.007851$ ($r=0.9992$)。结果表明葡萄糖在 $1.255\sim11.295 \mu\text{g}\cdot\text{mL}^{-1}$ 与 A 有良好的线性关系。

2.4.4 方法学考察

2.4.4.1 精密性试验 精密吸取对照品溶液0.5 mL，加水至2 mL，按2.4.3项下方法连续测定6次，多糖含量的RSD为0.82%，表明仪器精密性良好。

2.4.4.2 重复性试验 精密移取酒炖40 h多糖母液0.1 mL于100 mL量瓶中，共6份，加水稀释至刻度，按2.4.3项下方法进行测定，多糖含量的RSD为1.03%，表明该方法重复性良好。

2.4.4.3 稳定性试验 精密移取酒炖32 h供试品溶液1 mL，按2.4.3项下方法每隔30 min测定 A ，至150 min，多糖含量的RSD为1.83%，表明该样品在150 min内稳定性良好。

2.4.4.4 加样回收率试验 精密移取酒炖32 h样品多糖母液0.1 mL于100 mL量瓶，用水稀释至刻度，平行制备6份，分别移取0.4 mL于10 mL离心管中，加入 $100.4 \mu\text{g}\cdot\text{mL}^{-1}$ 的葡萄糖标准溶液0.2 mL，加水补至2 mL，按2.4.3项下方法测定 A ，并计算回收率，见表4。

2.4.5 样品测定 精密吸取供试品溶液1 mL，分别置于10 mL离心管中，按2.4.3项下方法操作，在490 nm处测定 A ，利用标准曲线计算各样品中的多糖含量。不同炮制程度的酒炖品和清蒸品中多糖含量见表5。

表4 多糖加样回收率试验结果分析

样品中含量/ μg	测得量/ μg	回收率/%	平均回收率/%	RSD/%
17.52	38.00	101.99	102.04	1.83
17.52	37.89	101.41		
17.52	38.29	103.43		
17.52	37.54	99.68		
17.52	38.58	104.88		
17.52	37.77	100.83		

注：对照品加入量均为20.08 μg 。

表5 不同炮制时间酒炖和清蒸熟地黄中多糖质量分数 ($n=3$) $\text{mg}\cdot\text{g}^{-1}$

炮制时间/h	QZ	JD
4	37.58	40.99
8	40.91	47.92
16	37.98	43.60
24	29.41	37.00
32	25.24	27.45
40	18.56	25.17
56	12.65	24.11

2.5 颜色测定的方法与结果

2.5.1 颜色测定 待仪器稳定，进行零校正、白板校正后开始测定。参数设置：光源D65；照明系统为specular component excluded (SCE)反射；目标罩30 mm。取地黄粉末3.0 g，置于测色计专用培养皿中进行测定，利用Spectra Magic NX软件分别记录样品粉末颜色的 L^* 、 a^* 、 b^* 值，并按公式(1)计算各样品的总色度值(E^*)。每份样品粉末重复测定3次，取平均值。

$$E^*=(a^{*2}+b^{*2}+L^{*2})^{1/2} \quad (1)$$

2.5.2 测定结果 如图3所示，在炮制过程中清蒸品的颜色变化趋势与酒炖品有明显差异，酒炖熟地黄样品颜色 L^* 、 a^* 和 b^* 下降趋势平缓， E^* 相差较小，随炮制时间的延长，清蒸品的 L^* 、 a^* 、 b^* 和 E^* 值呈明显下降而后平缓趋势。利用SMICA 14.1软件以 L^* 、 a^* 、 b^* 值为变量对酒炖品和清蒸品进行PCA，载荷结果见表6。前2个主成分的累积方差贡献率为99.295%，可以解释样品颜色的大部分原始信息。因主成分数量较少，所以选取前2个主成分建模，图4显示样品之间的离散程度。所有炮制品未有重叠，说明在2种炮制工艺炮制过程中熟地黄的颜色均发生一定变化。除酒炖4 h，其他酒炖品聚集在一起，说明在酒炖4~8 h熟地黄颜色发生明显变化，之后炮制的酒炖品颜色相近；相较于酒炖品，清蒸品

之间的离散程度较大,其中清蒸4~32 h主要沿PC1轴明显分开,清蒸32~56 h主要沿PC2轴明显变化,由于主成分2的方差贡献率仅有2.385%,说明 L^* 、 a^* 、 b^* 对炮制32 h后的清蒸品颜色影响较小,炮制过程的颜色变化主要集中在清蒸4~32 h阶段。

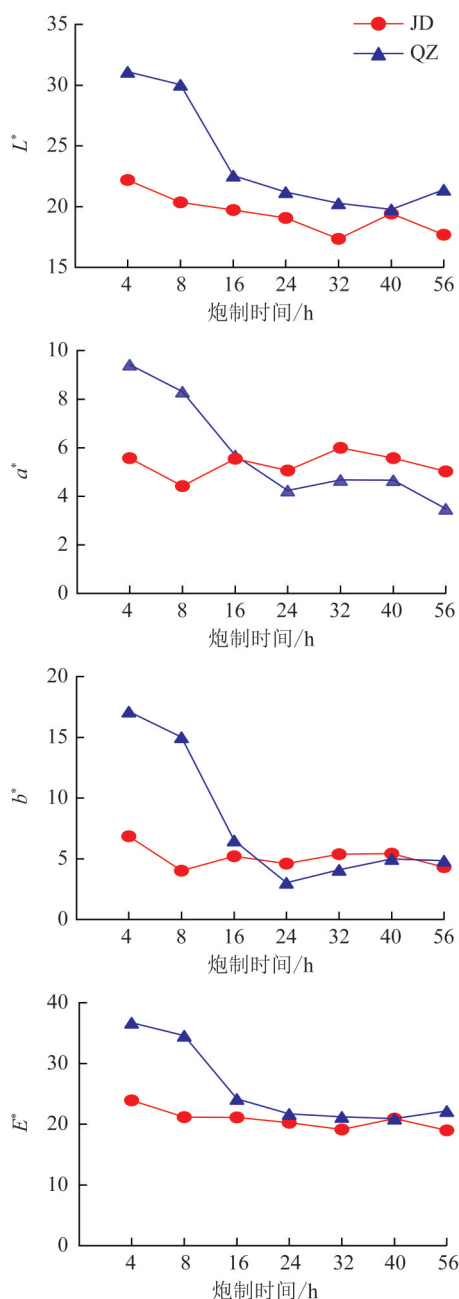


图3 酒炖和清蒸炮制过程中地黄颜色变化

表6 不同炮制时间酒炖和清蒸熟地黄颜色的载荷分析

主成分	特征值	贡献率/%	累积贡献率/%
1	3.876	96.910	96.910
2	0.095	2.385	99.295
3	0.028	0.702	99.997

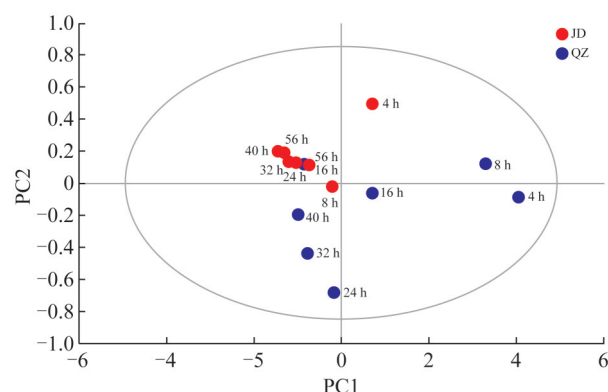


图4 不同炮制时间酒炖和清蒸熟地黄颜色的主成分得分

2.6 滋味测定的方法与结果

2.6.1 滋味测定 精密称取地黄粉末0.5 g于锥形瓶,加入水25 mL静置30 min,30 °C超声波辅助提取30 min,4 °C\5000 r·min⁻¹ (离心半径为14.3 cm)离心10 min,取上清液,滤渣加水25 mL按上述步骤重复1次,合并上清液,转移至50 mL量瓶,用水稀释至刻度,待测。每个样品制备3个平行。以0.01 mol·L⁻¹盐酸对电子舌进行预平衡,将待测溶液倒入电子舌专用小烧杯中至刻度线进行测定。每份样品重复测定9次,记录后3次测定传感器响应值。

2.6.2 测定结果 图5可直观显示,酒炖和清蒸2种炮制工艺炮制过程中滋味的变化趋势。不同炮制程度的酒炖品的甜味响应值均大于清蒸品;苦味响应值均小于清蒸品;酸味响应值清蒸品呈先上升后下降再上升趋势,但波动范围小,酒炖品呈先下降后上升趋势,波动范围大。

将SCS、ANS (甜)、AHS、NMS和CTS进行PCA,载荷结果见表7,主成分1方差贡献率为58.041%,主成分2方差贡献率为35.239%,累积方差贡献率93.280%,可解释样品滋味的大部分原始信息。根据特征值>1原则,选取前2个主成分建模,得分结果见图6。不同炮制程度的清蒸品和酒炖品能较好分离,说明清蒸和酒炖2种炮制工艺熟地黄的滋味具有明显差异。

2.7 感官指标的协同分析

将颜色(L^* 、 a^* 、 b^* 、 E^*)、滋味(SCS、ANS、AHS、CTS、NMS)做PCA,由图7可知,酒炖品和清蒸品可明显区分,不同炮制程度酒炖品聚集一处,离散程度较小,清蒸品中除清蒸4 h、清蒸8 h,

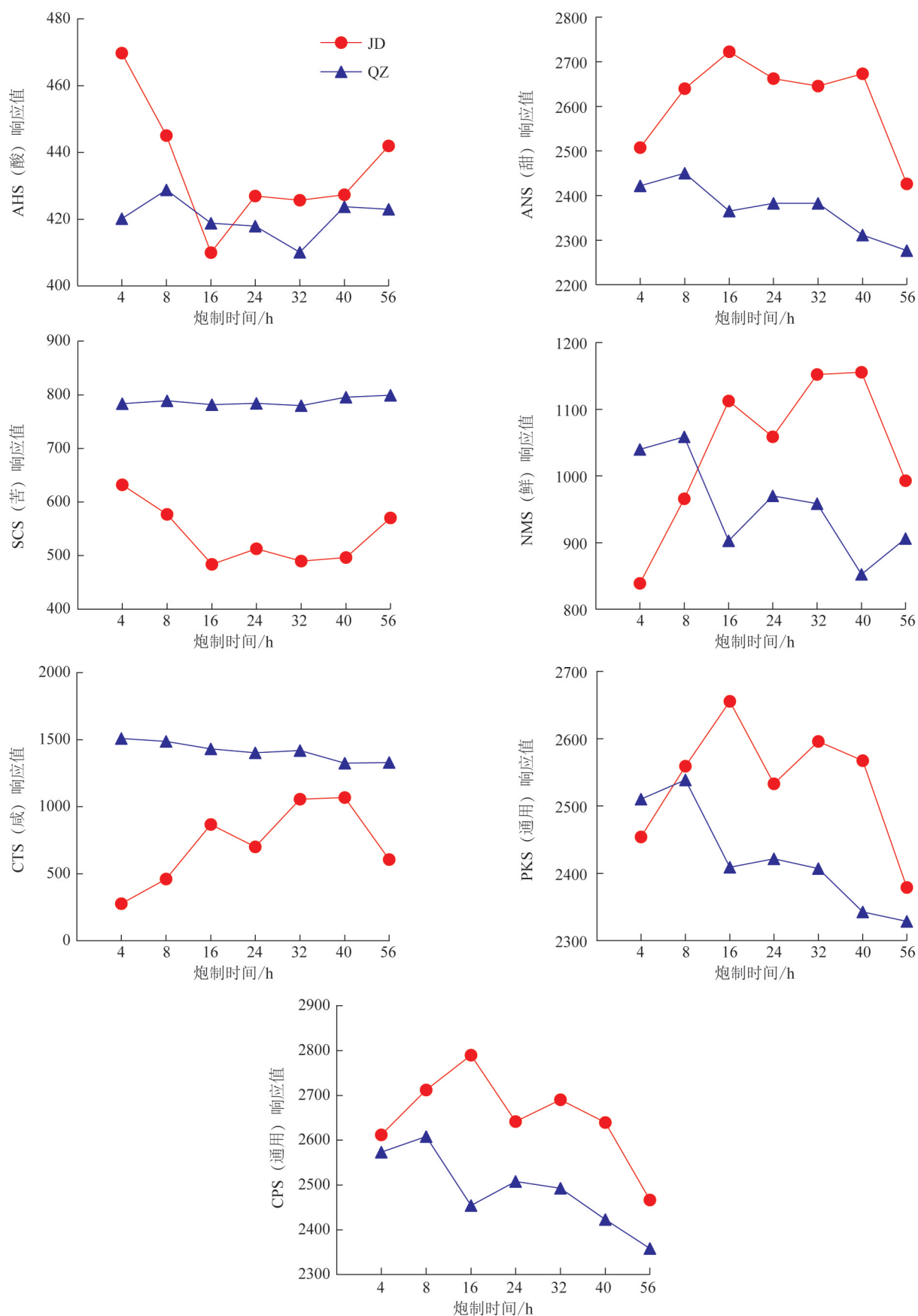


图5 酒炖和清蒸炮制过程中地黄滋味变化

表7 不同炮制程度酒炖和清蒸熟地黄滋味的载荷分析

主成分	特征值	方差贡献率/%	累积方差贡献率/%
1	2.902	58.041	58.041
2	1.762	35.239	93.280
3	0.225	4.497	97.777
4	0.087	1.743	99.520
5	0.024	0.480	100.000

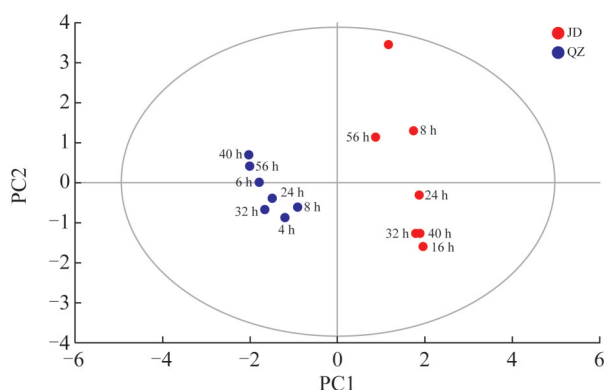


图6 不同炮制程度酒炖和清蒸熟地黄滋味的PC1得分

其他样品聚集一处。图8显示,样本与变量之间的相关性。越靠近变量的样品在该变量中含量或响应值越高,而在相对的变量中较低。相较于清蒸4 h与清蒸8 h,其他清蒸品及所有酒炖品的颜色值均处于较低水平,酒炖品的甜味、鲜味和酸味响应值较高,苦味和咸味的响应值较低,清蒸品则相反。

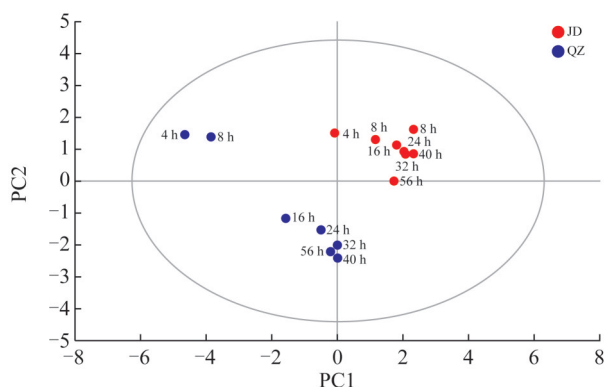


图7 不同炮制程度酒炖和清蒸熟地黄滋味与颜色的协同分析

2.8 性状-内在成分相关性分析

采用双变量相关性分析方法,运用IBM SPSS Statistics 20软件中Person系数分别对酒炖和清蒸过程中的样品的颜色(L^* 、 a^* 、 b^*)、滋味(SCS、ANS、AHS、CTS、NMS)与内在质量(多糖、浸出物、地黄苷D含量)之间的相关性进行分析,结

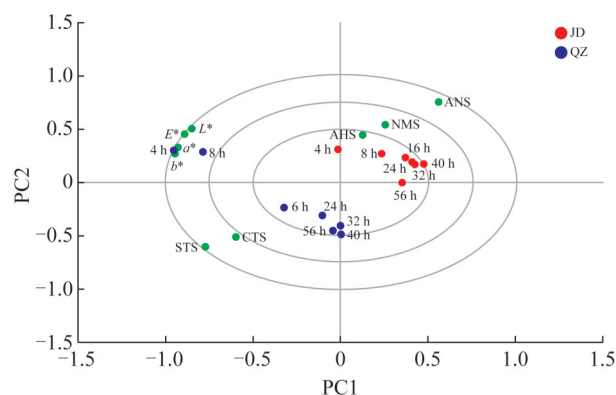


图8 不同炮制程度酒炖和清蒸熟地黄滋味与颜色主成分 Biplot图

果见表8、表9。如图8所示,酒炖过程中地黄苷D含量与 a^* 、 b^* 、 E^* 显著正相关($P<0.05$),多糖含量与 b^* 呈显著正相关($P<0.05$),浸出物含量与滋味、颜色变量相关性不明显。如表9所示,清蒸过程中多糖含量与CTS、ANS、 a^* 、 b^* 和 E^* 呈显著正相关($P<0.05$),浸出物含量与CTS、ANS、 a^* 和 b^* 呈显著正相关($P<0.05$),地黄苷D与CTS、ANS、 L^* 、 a^* 、 b^* 和 E^* 呈显著正相关($P<0.05$)。颜色指数变化可以解释JD中有效成分的变化,滋味和颜色指数变化能够较好解释QZ中有效成分的变化。

3 讨论

清蒸工艺中随炮制时间的延长炮制收率不断下降,可能由于在蒸制过程中受水蒸气影响,地黄细胞吸水膨胀过度而导致细胞壁破裂^[12],水分及成分严重流失。酒炖工艺的炮制收率呈先增加后减少趋势,可能是由于在密闭环境下炮制,避免了与水蒸气的直接接触,减轻细胞壁受损程度,减少了水分与成分的损失。

地黄苷D含量在酒炖和清蒸过程中随炮制时间的延长均呈下降趋势,且同一炮制程度酒炖品的地黄苷D含量低于清蒸品,这可能是由于地黄水提液的pH呈弱酸性^[13],地黄苷D结构稳定性差,在高温和酸性环境下易发生水解^[14],酒炖品的酸味响应值高于清蒸品,酒炖品的地黄苷D分解速率大于清蒸品。

酒炖和清蒸炮制过程酸味响应值整体上均呈现先下降后上升趋势,可能因为地黄在炮制过程中发生美拉德反应,地黄中氨基酸和蛋白质中氨基($-NH_2$)与碳水化合物中羰基($-CO-$)可形成氨基酸糖反应物,而羧基($-COOH$)则游离在表面^[15]。

表8 酒炖过程内在质量变化与性状变化的相关性分析

指标	AHS	CTS	NMS	ANS	SCS	L^*	a^*	b^*	E^*	多糖含量	浸出物含量	地黄苷D含量
AHS	1.000											
CTS	-0.820*	1.000										
NMS	-0.904*	0.980*	1.000									
ANS	-0.716	0.577	0.655	1.000								
SCS	0.962*	-0.930*	-0.974*	-0.740	1.000							
L^*	0.783*	-0.804*	-0.862*	-0.351	0.800*	1.000						
a^*	0.693	-0.754	-0.778*	-0.120	0.711	0.943*	1.000					
b^*	0.641	-0.862*	-0.835*	-0.190	0.744	0.879*	0.942*	1.000				
E^*	0.774*	-0.822*	-0.868*	-0.319	0.802*	0.997*	0.963*	0.914*	1.000			
多糖含量	0.161	-0.553	-0.448	0.325	0.299	0.562	0.741	0.837*	0.619	1.000		
浸出物含量	0.464	-0.239	-0.256	-0.074	0.302	0.167	0.214	0.076	0.165	-0.033	1.000	
地黄苷D含量	0.357	-0.577	-0.536	0.238	0.417	0.750	0.907*	0.898*	0.793*	0.927*	0.090	1.000

注: * $P<0.05$; 表9同。

表9 清蒸过程内在质量变化与性状变化的相关性分析

指标	AHS	CTS	NMS	ANS	SCS	L^*	a^*	b^*	E^*	多糖含量	浸出物含量	地黄苷D含量
AHS	1.000											
CTS	0.010	1.000										
NMS	0.149	0.873*	1.000									
ANS	0.034	0.932*	0.880*	1.000								
SCS	0.639	-0.675	-0.423	-0.675	1.000							
L^*	0.477	0.843*	0.787*	0.718	-0.190	1.000						
a^*	0.380	0.898*	0.812*	0.799*	-0.327	0.978*	1.000					
b^*	0.308	0.928*	0.880*	0.852*	-0.389	0.955*	0.990*	1.000				
E^*	0.437	0.870*	0.816*	0.754*	-0.240	0.997*	0.990*	0.975*	1.000			
多糖含量	0.118	0.913*	0.697	0.896*	-0.683	0.751	0.824*	0.828*	0.774*	1.000		
浸出物含量	0.106	0.856*	0.654	0.883*	-0.672	0.684	0.801*	0.813*	0.722	0.958*	1.000	
地黄苷D含量	0.072	0.928*	0.683	0.864*	-0.694	0.778*	0.861*	0.859*	0.804*	0.984*	0.959*	1.000

研究表明,酒炖工艺和清蒸工艺下地黄性状和内在成分变化趋势具有一定差异,电子舌、测色计与统计学分析方法可以实现地黄酒炖和清蒸炮制过程中的质量检测。

参考文献

- [1] 叶定江,张世臣. 中药炮制学[M]. 北京:人民卫生出版社,1999:290.
- [2] 卢鹏伟. 地黄的化学成分和炮制的比较研究[D]. 开封:河南大学,2008.
- [3] 李娴,卫向龙,庄蕴丁,等. 比较熟地黄不同炮制品引起大鼠滋腻碍胃现象的实验研究[J]. 中国临床药理学杂志,2017,33(14):1336-1339.
- [4] 崔瑛,房晓娜,王会霞,等. 地黄不同炮制品补血作用研究[J]. 时珍国医国药,2009,20(1):20-22.
- [5] 郑晓倩,徐超,金传山,等. 基于颜色变化的“九蒸九晒”黄精炮制火候及内外在质量的相关性研究[J]. 中草药,2022,53(6):1719-1729.
- [6] 刘鹏,白上圆,张维瑞,等. 电子鼻技术鉴别金银花真伪、产地、贮藏年份[J]. 中成药,2021,43(7):1960-1963.
- [7] 蓬桂华,王永平,李文馨,等. 25个干辣椒品种色、香、味品质差异评价[J]. 食品工业科技,2021,42(8):242-248.
- [8] 钟恋. 基于“性状”和化学成分的清蒸九制地黄过程研究[D]. 成都:成都中医药大学,2015.
- [9] 解杨,钟凌云,薛晓,等. 基于多指标-响应曲面法优选炮制地黄炮制工艺及成分与色泽相关性分析[J]. 中国中药杂志,2022,47(18):4927-4937.
- [10] 赵丹,张振凌,韩宁宁,等. 酒炖炮制时间对熟地黄质量的影响[J]. 中医学报,2017,32(7):1231-1235.
- [11] 袁炎炎. 基于秀丽隐杆线虫模型的生、熟地黄多糖抗衰老作用及机制研究[D]. 北京:北京中医药大学,2020.

- [12] 吕思霖. 基于性状、化学成分的地黄九蒸九晒炮制科学性研究[D]. 太原:山西大学,2021.
- [13] 刘彦飞. 地黄产后加工过程中梓醇的变化规律研究[D]. 济南:山东大学,2008.
- [14] 郭艳霞. 美拉德反应与地黄炮制机理的关系研究[D]. 济南:山东大学,2012.
- [15] WU S X. Effects of temperatures on Maillard Reactions[J]. Food Science, 2005, 26(7): 63.

(收稿日期: 2023-01-04 编辑: 王笑辉)