

本文引用: 刘菁, 周俊, 葛钰, 唐蓉, 皮锦怡, 彭彩云, 龚力民. 基于“成分-活性-风味”的怀化细叶黄精九蒸九烘工艺研究[J]. 湖南中医药大学学报, 2026, 46(8): 1570–1576.

基于“成分-活性-风味”的怀化细叶黄精九蒸九烘工艺研究

刘菁¹, 周俊¹, 葛钰¹, 唐蓉¹, 皮锦怡¹, 彭彩云^{1*}, 龚力民^{1,2*}

1. 湖南中医药大学, 湖南 长沙 410208; 2. 中药质量研究国家重点实验室, 澳门科技大学, 澳门 999078

〔摘要〕目的 为明确怀化细叶黄精九蒸九烘的炮制规律, 优化其工艺参数, 本研究基于“成分-活性-风味”三维评价体系, 对比清蒸与酒蒸两种工艺的差异, 为标准化炮制提供科学依据。方法 以怀化细叶黄精为对象, 考察不同蒸烘次数样品的表观特征; 电子舌技术分析味觉演变规律, 采用蒽酮-硫酸法测定多糖含量, 采用 DPPH 自由基清除率评价体外抗氧化活性。结果 随蒸烘次数增加, 样品颜色加深、质地黏腻、气味香甜, 生品与炮制品的味觉差异显著; 清蒸味觉变化更均匀, 酒蒸 8~9 次、清蒸 6~7 次的味觉趋于稳定。两种工艺的多糖含量整体呈波动下降趋势; 抗氧化活性随蒸烘次数递增, 均在八蒸八烘时达峰值, 且酒蒸组整体优于清蒸组 ($P < 0.01$)。结论 综合外观性状、多糖、抗氧化及味觉指标, 确定酒蒸 8 次、清蒸 6~8 次为怀化细叶黄精九蒸九烘的最佳炮制工艺参数, 可为其质量控制提供参考。

〔关键词〕 怀化细叶黄精; 滇黄精; 九蒸九烘; 多糖含量; 抗氧化活性; 炮制工艺优化

〔中图分类号〕R283.1

〔文献标志码〕A

〔文章编号〕doi:10.3969/j.issn.1674-070X.2026.08.004

Nine cycles of steaming and drying processing technology of Huaihua Xiye Huangjing based on the "composition-activity-flavor" framework

LIU Jing¹, ZHOU Jun¹, GE Yu¹, TANG Rong¹, PI Jinyi¹, PENG Caiyun^{1*}, GONG Limin^{1,2*}

1. Hunan University of Chinese Medicine, Changsha, Hunan 410208, China; 2. State Key Laboratory of Quality Research in Chinese Medicine, Macau University of Science and Technology, Macao 999078, China

〔Abstract〕Objective To clarify the processing rules of nine cycles of steaming and drying for Huaihua Xiye Huangjing (*Polygonatum kingianum* Coll. et Hemsl.), optimize its processing parameters, and compare the differences between plain steaming and wine steaming based on a three-dimensional evaluation system of "composition-activity-flavor," so as to provide a scientific basis for its standardized processing. Methods Taking *Polygonatum kingianum* Coll. et Hemsl. as the research subject, the macroscopic characteristics of samples with different steaming-drying cycles were investigated. Electronic tongue technology was adopted to analyze the taste evolution rule. Anthrone-sulfuric acid method was used to determine polysaccharide content, and DPPH free radical scavenging assay was used to assess in vitro antioxidant activity. Results With increasing numbers of steaming-drying cycles, the samples showed darker color, sticky texture, and sweet aroma, and there was a significant taste difference between raw and processed products. The taste changes were more uniform in the plain steaming group; the taste tended to stabilize after 8~9 cycles in the wine steaming group and after 6~7 cycles in the plain steaming group. Polysaccharide content in both

〔收稿日期〕2026-02-14

〔基金项目〕国家大学生创新训练计划项目(S202410541070); 湖南省重点研发计划(2023SK2046)。

〔通信作者〕* 龚力民, 男, 硕士, 副教授, 硕士研究生导师, E-mail: glm5065451@163.com; 彭彩云, 女, 硕士, 教授, 硕士研究生导师, E-mail: 952294018@qq.com。

processing groups generally fluctuated and decreased. Antioxidant activity increased progressively with the number of steaming-drying cycles, reaching a peak at cycle 8 in both groups, with the wine steaming group showing significantly higher activity than the plain steaming group ($P<0.01$). **Conclusion** Based on comprehensive evaluation of macroscopic characteristics, polysaccharide content, antioxidant activity, and taste indices, the optimal processing parameters of nine cycles of steaming and drying for *Polygonatum kingianum* Coll. et Hemsl. are determined as 8 cycles of wine steaming and 6–8 cycles of plain steaming, which can provide a reference for quality control of processed products.

[**Keywords**] Huaihua Xiye Huangjing; *Polygonatum kingianum* Coll. et Hemsl.; nine cycles of steaming and drying; polysaccharide content; antioxidant activity; processing optimization

滇黄精(*Polygonatum kingianum* Coll. et Hemsl.)为百合科植物滇黄精属植物干燥根茎,是云南特色地道药材,药性甘平,能补气养阴、健脾、润肺、益肾,常用于改善脾胃气虚、肺虚燥咳、精血不足、腰膝酸软等虚损问题^[1]。生品黄精具有刺激性,直接服用会产生口舌麻木、刺激咽喉等反应,皮肤直接接触亦会引发刺激反应^[2];张伟娜等^[3]研究表明,传统九蒸九晒炮制工艺可消除黄精刺激性,同时增强补益药效。现代药理研究证实,滇黄精具备抗疲劳、降血糖^[4]等多种活性;作为典型药食同源原料,黄精自古以来即可用于食疗充饥、养生延寿,内含多种功能性活性成分,在医药、保健食品领域开发潜力巨大,湖南多地已形成规模化种植与药膳加工产业^[5]。

黄精化学成分体系丰富,当前相关研究多围绕多糖、皂苷两类核心物质开展,绝大多数补益、防病功效均与总多糖、总皂苷密切相关^[6]。其中黄精多糖是滇黄精的标志性药效物质,兼具抗肿瘤^[7]、抗衰老^[8]、改善抑郁^[9]等多重作用,现行《中华人民共和国药典》亦将多糖含量作为评判黄精药材品质的关键标准。

怀化细叶黄精基源物种为百合科多年生草本植物滇黄精 *Polygonatum kingianum* Coll. et Hemsl., 主要分布于湖南西部的雪峰山和武陵山区, 又称“怀化黄精”“新晃黄精”。目前国家层面尚未出台强制统一的“九蒸九烘/九蒸九晒”黄精炮制技术标准, 本研究旨在系统研究怀化细叶黄精九蒸九烘全过程中各部分变化, 通过对比用不同的辅料进行九蒸九烘而产生的多糖含量差异, 全程监测怀化细叶黄精炮制过程中外观、多糖含量、1,1-二苯基-2-三硝基苯肼(DPPH)抗氧化活性及味觉特征的动态变化, 综合多维度指标筛选最优炮制节点, 为建立怀化细叶黄精标准化炮制工艺提供科学依据。

1 材料

1.1 主要仪器

不锈钢节能电蒸桶(广东伟纳斯不锈钢实业有限公司, 型号:WSD-40);电热鼓风干燥箱(北京中兴伟业仪器有限公司, 型号:101-2AB);高速多功能粉碎机(浙江铂欧电器有限公司, 型号:1500Y);Motic体式显微镜(麦克奥迪实业集团有限公司, 型号:SMZ-171);分析天平(梅特勒-托利多国际股份有限公司, 型号:ME204E);超声波清洗器(昆山美美超声仪器有限公司, 型号:KM5200DE, 功率:200W);台式低速离心机(湖南湘仪实验室仪器开发有限公司, 型号:TD5A-WS);恒温水浴锅(杭州领胜科技有限公司, 型号:HH-4);岛津紫外可见分光光度计(日本岛津制作所, 型号:UV-1900i);上海保圣电子舌(上海保圣实业发展有限公司, 型号:CTongue);多功能酶标仪(帝肯集团有限公司, 型号:SPARK)。

1.2 试药

黄酒(绍兴越皇贡酿酒有限公司, 批号:20251105, 酒精度 $\geq 14\%$ vol);蒸馏水、D-无水葡萄糖(分析纯, 纯度 $\geq 98\%$, 上海源叶生物科技有限公司, 批号:KB348399);蒽酮(分析纯, 国药集团化学试剂有限公司, 批号:20220225);浓硫酸(分析纯, 湖南汇虹试剂有限公司, 批号:20220304);无水乙醇(分析纯, 安徽泽升科技股份有限公司, 批号:SADBREK5);DPPH 自由基清除能力检测试剂盒(索莱宝生化试剂盒事业部, 批号:2407004)。

1.3 药材

怀化细叶黄精根茎(批号:2025120601, 湖南怀化食尚康农业股份有限公司), 经湖南中医药大学龚

力民副教授鉴定为百合科植物滇黄精 *Polygonatum kingianum* Coll. et Hemsletl.

2 方法

2.1 九蒸九烘黄精炮制品的制备

将采挖的怀化细叶黄精去须根、洗净泥沙后,横切为约 2 mm 的薄片,置 60 ℃烘箱中干燥至恒重(连续两次称重差异不超过 5 mg)。取出冷却,使用高速多功能粉碎机打粉,过 60 目筛,得生黄精 S。

2.1.1 清蒸-九蒸九烘制黄精^[10-11] 取生黄精,蒸锅蒸制 3 h,取出置 60 ℃烘箱中干燥至外皮微干,轻捏不黏手的状态,为蒸烘 1 次的制黄精,反复 9 次蒸烘,分别取一蒸一烘至九蒸九烘的制黄精横切为约 2 mm 的薄片,置 60 ℃烘箱中干燥至恒重(连续两次称重差异不超过 5 mg)。取出冷却,使用高速多功能粉碎机打粉,过 60 目筛,得清蒸组黄精 Q1~Q9 共 9 份。

2.1.2 酒蒸-九蒸九烘制黄精^[10-11] 取生黄精与黄酒总量的 20%拌匀(每 100 kg 干燥生黄精,用黄酒总量为 20 kg),闷润至黄酒被药材吸尽,蒸锅蒸制 3 h,取出置 60 ℃烘箱中干燥至外皮微干,轻捏不黏手的状态,为蒸烘 1 次的制黄精,第 2~9 次蒸烘均需将上一步的半成品与黄酒总量的 10%进行闷润,分别取一蒸一烘至九蒸九烘的制黄精横切为约 2 mm 的薄片,置 60 ℃烘箱中干燥至恒重(连续两次称重差异不超过 5 mg)。取出冷却,使用高速多功能粉碎机打粉,过 60 目筛,得酒蒸组黄精 J1~J9 共 9 份。

2.2 电子舌测定

采用超声辅助提取法^[12],精密称取各样品粉末 1.0 g 于离心管中,加入 30 mL 蒸馏水浸泡 30 min,将样品放入超声仪中,60 ℃超声 1 h。超声结束后,离心 10 min,转速 3 000 r/min,取上清液。离心管内剩余沉淀物中再加 30 mL 蒸馏水浸泡 30 min,60 ℃超声 45 min,按上述条件重复提取 1 次,离心取上清液,合并 2 次上清液,得到多糖提取液。

取清蒸和酒蒸每次蒸烘所得怀化细叶黄精样品制备成的多糖提取液,采用电子舌系统平行检测 5 次,获取味觉响应值,利用 Origin 进行数据处理,通过主成分分析(principal component analysis, PCA)及聚类分析解析味觉演变规律。

2.3 多糖含量测定

2.3.1 对照品溶液的制备 取无水葡萄糖对照品(纯度≥98%)33 mg,精密称定,置 100 mL 量瓶中,加水溶解并稀释至刻度,摇匀,即得(每 1 mL 中含无水葡萄糖 0.33 mg)。

2.3.2 标准曲线的制备 精密量取对照品溶液 0.1、0.2、0.3、0.4、0.5、0.6 mL,分别置 10 mL 具塞试管中,各加水至 2.0 mL,摇匀,在冰水浴中缓缓滴加 0.2% 蒽酮-硫酸溶液至刻度,混匀,放冷后置水浴中保温 10 min,取出,立即置冰水浴中冷却 10 min,取出,以相应试剂为空白。照紫外-可见分光光度法(通则 0401),在 582 nm 波长处测定吸光度。以吸光度为纵坐标,浓度为横坐标,绘制标准曲线。如图 1 所示。拟合出回归方程 $y=40.251x+0.013$ ($R^2=0.998$)。当葡萄糖浓度分布在 0.003 3~0.019 8 mg/mL 区域时,吸光度与葡萄糖浓度变化具有良好线性关系。

2.3.3 多糖提取液制备 取 60 ℃干燥至恒重(连续两次称重差异不超过 5 mg)的样品粉末约 1.0 g 于离心管中,加入 30 mL 蒸馏水浸泡 30 min,将样品放入超声仪中,60 ℃超声 1 h。超声结束后,离心 10 min,转速 3 000 r/min,取上清液。离心管内剩余沉淀物中再加 30 mL 蒸馏水浸泡 30 min,60 ℃超声 45 min,按上述条件重复提取 1 次,离心取上清液,合并 2 次上清液至 100 mL 容量瓶中定容摇匀。精密量取 1.0 mL 定容后的样品溶液至 100 mL 容量瓶中二次定容后,精密量取 1.0 mL 置 10 mL 具塞刻度试管中。

2.3.4 样品含量测定 按照“2.3.2”项下方法,自“各加水至 2.0 mL”起,依法测定吸光度,从标准曲线上读出供试品溶液中相当于无水葡萄糖的量,计算,即得。每个样品平行测定 3 次,取平均值制作多糖含量变化趋势图。

2.4 抗氧化活性测定

DPPH 自由基与抗氧化剂发生反应,使其被还原成非自由基,可以通过吸光度变化范围来定量^[13]。

2.4.1 样本的制备 取 60 ℃干燥至恒重(连续两次称重差异不超过 5 mg)的样品粉末约 0.05 g 于 EP 管中,加入 1 mL 试剂盒提取液后置于 40 ℃水浴锅中浸提 30 min,10 000 r/min 室温离心 10 min,取上清液为样品提取液,置冰上待测。

2.4.2 测定步骤 酶标仪预热 30 min 以上,选择 515 nm 波长,以无水乙醇为空白调零。在 96 孔板中分别平行 3 次加入 10 μ L 试剂盒提取液与 190 μ L 工作液作空白,加入 10 μ L 样品提取液与 190 μ L 工作液作测定,加入 10 μ L 样品提取液与 190 μ L 无水乙醇作对照,加入 10 μ L 10 mg/mL 维生素 C 溶液与 190 μ L 工作液作阳性对照。

将加完上述待测液的 96 孔板涡旋混匀,室温避光静置 30 min,测定 515 nm 处的吸光度。分别记为 $A_{\text{空白}}$ 、 $A_{\text{测定}}$ 、 $A_{\text{对照}}$ 、 $A_{\text{阳性对照}}$ 。根据公式计算样品的自由基清除率; $D\%=[(A_{\text{空白}}-(A_{\text{测定}}-A_{\text{对照}}))\div A_{\text{空白}}]\times 100\%$

3 结果

3.1 外观性状观察

对比不同样品发现,随着蒸烘次数的增加,所得制黄精的表面、断面、粉末颜色均逐渐加深,其质地也由硬变软,气味逐渐香甜。无论清蒸样品还是酒蒸样品,经七蒸七烘炮制后表面均已呈乌黑色,但其断面色泽仍呈持续加深趋势。前期蒸制时,酒蒸颜色略深于清蒸颜色,随着蒸制次数增多,此差异减小。详见图 1 和表 1。

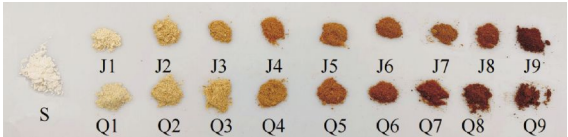


图 1 样品粉末颜色

Fig.1 Colors of sample powders

3.2 电子舌测定结果分析

PCA1 和 PCA2 的总贡献率分别达到 99.3% 和 98.9%,总贡献率大于 80.0%,可表明样品的整体滋味轮廓,能够将生品、低蒸烘次数(第 1~3 次蒸烘)与高蒸烘次数(第 7~9 次蒸烘)的黄精在 PCA 图中区分开来。详见图 2。

样品 S 单独聚在绿色分支,与所有中高次数蒸制样品完全分开,再次验证了蒸制对味觉特征的显著改变。在蓝色分支中,酒蒸和清蒸的中高次数样品混合聚类,说明随着蒸制次数增加,两种处理方式的味觉特征差异逐渐缩小。详见图 3。

结合 PCA 图与聚类分析结果可见,酒蒸 8~9 次、清蒸 6~7 次黄精样品的味觉特征趋于稳定。

3.3 多糖含量测定结果分析

通过九蒸九烘后,两种制法的样品多糖含量变

表 1 表观变化

Table 1 Changes in macroscopic characteristics

样品	色泽	质地	气味	粉末颜色
S	表面棕黄色,断面淡黄色且完整,可见筋脉点	质地硬,无黏性	气味淡,无焦糊味	淡白色
Q1	表面灰黄色,断面黄色且完整,可见筋脉点	质地较硬,黏性小	气味香,无焦糊味	米白色
Q2	表面黄褐色,断面黄褐色且完整,可见筋脉点	质地较柔软,具韧性,黏性较小	气味香,无焦糊味	米黄色
Q3	表面棕褐色,断面褐色且相对完整,可见筋脉点	质地较柔软,具韧性,黏性较弱	气味香,无焦糊味	棕黄色
Q4	表面棕褐色,断面褐色且相对完整,可见筋脉点	质地较柔软,具韧性,黏性弱	气味香,焦香味弱	浅棕褐色
Q5	表面黑褐色,断面棕褐色,可见筋脉点,角质样光泽较弱	质地柔软,具黏性	气香甜,具焦香味	棕褐色
Q6	表面黑褐色,断面棕褐色,可见筋脉点,角质样光泽较弱	质地柔软,具黏性	气香甜,具焦香味	深棕褐色
Q7	表面乌黑色,断面棕褐色,可见筋脉点,角质样光泽明显	质地柔软黏腻	气香甜浓郁,焦糊味弱	红棕褐色
Q8	表面乌黑色,断面乌黑色,可见筋脉点,角质样光泽明显	质地柔软黏腻	气香甜浓郁,具焦糊味	暗棕褐色
Q9	表面乌黑色,断面乌黑色,可见筋脉点,角质样光泽明显	质地柔软黏腻	气香甜浓郁,具焦糊味	暗棕褐色
J1	表面黄褐色,断面棕黄色且完整,可见筋脉点	质地较硬,黏性小	气味香,无焦糊味	淡黄色
J2	表面黄褐色,断面棕色且完整,可见筋脉点	质地较柔软,具韧性,黏性较小	气清香,无焦糊味	米黄色
J3	表面棕褐色,断面褐色且相对完整,可见筋脉点	质地较柔软,具韧性,黏性较弱	气清香,无焦糊味	棕黄色
J4	表面棕褐色,断面深褐色,可见筋脉点,有角质样光泽	质地较柔软,具韧性,黏性弱	气清香,焦香味弱	浅棕褐色
J5	表面黑褐色,断面棕褐色,可见筋脉点,角质样光泽较弱	质地柔软,具黏性	气香甜,具焦香味	棕褐色
J6	表面黑褐色,断面棕褐色,可见筋脉点,角质样光泽较弱	质地柔软,具黏性	气香甜,具焦香味	深棕褐色
J7	表面乌黑色,断面黑褐色,可见筋脉点,角质样光泽明显	质地柔软黏腻	气香甜浓郁,焦糊味弱	红棕色
J8	表面乌黑色,断面乌黑色,可见筋脉点,角质样光泽明显	质地柔软黏腻	气香甜浓郁,具焦糊味	暗棕褐色
J9	表面乌黑色,断面乌黑色,可见筋脉点,角质样光泽明显	质地柔软黏腻	气香甜浓郁,具焦糊味	暗棕褐色

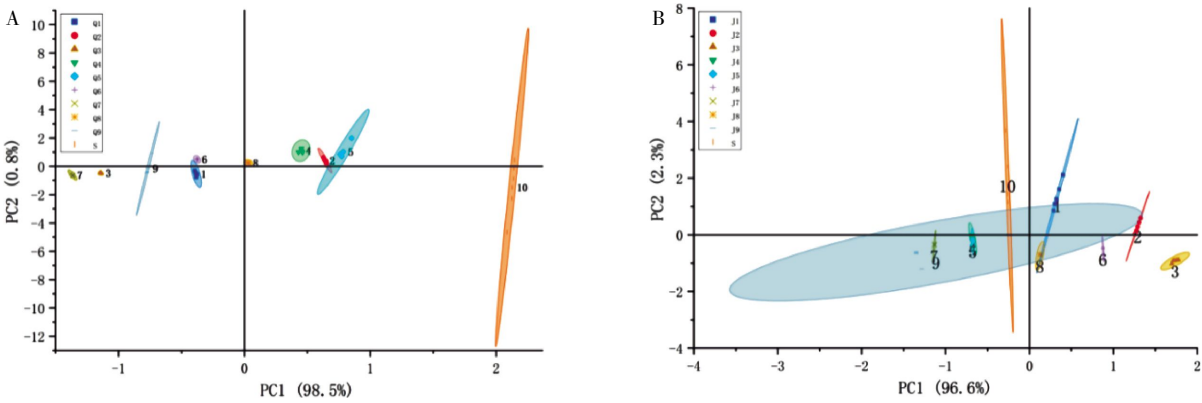


图 2 电子舌 PCA 图(A)清蒸组(B)酒蒸组

Fig.2 PCA score plots of electronic tongue for (A) non-wine steaming group and (B) wine steaming group

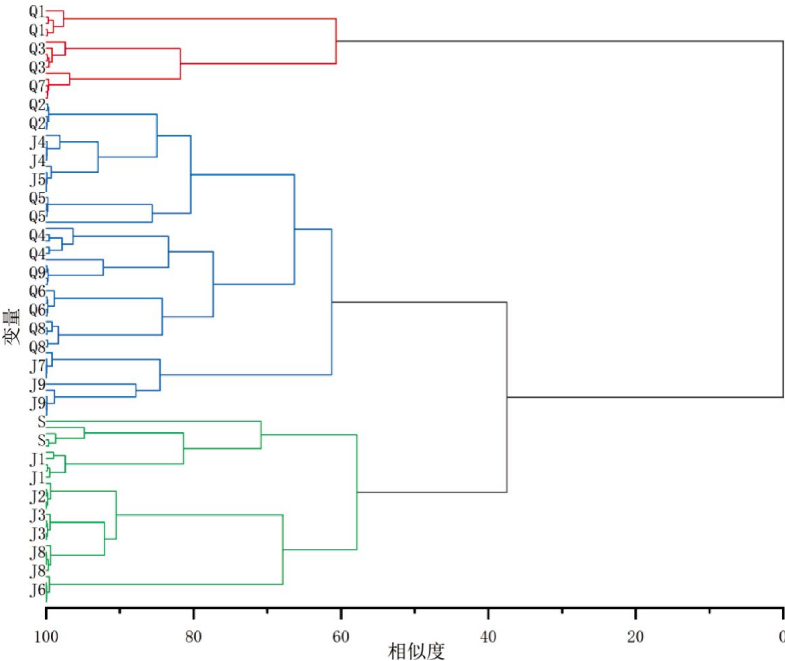


图 3 聚类分析图

Fig.3 Cluster analysis diagram

化虽有波动,但整体仍呈现下降趋势。其中清蒸怀化细叶黄精的总多糖含量由一蒸一烘的 $7.64\% \pm 0.36\%$ 降为九蒸九烘的 $6.69\% \pm 0.10\%$,三蒸三烘时达到最高 $7.66\% \pm 0.21\%$,与怀化细叶黄精生品比较,第 6 次蒸烘后多糖含量显著增加($P < 0.01$);酒蒸怀化细叶黄精的总多糖含量由一蒸一烘的 $7.68\% \pm 0.22\%$ 降为九蒸九烘的 $6.83\% \pm 0.10\%$,一蒸一烘时达到最高 $7.68\% \pm 0.21\%$,与怀化细叶黄精生品比较,第 2~9 次蒸烘后多糖含量显著增加($P < 0.01$)。详见图 4。

3.4 抗氧化活性测定结果分析

两种工艺制黄精的自由基清除率均随着蒸制次数的增加呈上升趋势,并于第八蒸时达到峰值。其

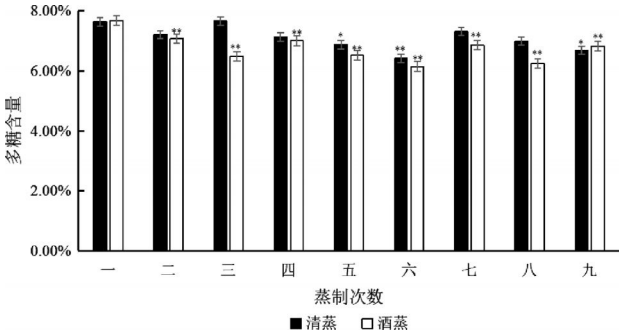


图 4 多糖含量趋势图

Fig.4 Polysaccharide content trend

注:与 S 比较,* $P < 0.05$;** $P < 0.01$ 。

中,清蒸 $14.08\% \pm 0.60\%$ 、酒蒸 $21.37\% \pm 0.58\%$,且此时酒蒸组显著高于清蒸组($P < 0.01$)。组间对比显示,除一蒸一烘外,二蒸二烘至九蒸九烘阶段酒蒸黄精

表 2 制黄精多糖含量与自由基清除率

Table 2 Polysaccharide content and free radical scavenging rates of processed *Polygonatum* samples

样品	多糖含量/%	自由基清除率/%
S	7.57±0.11	5.55±1.03
Q1	7.64±0.36	7.18±0.63*
Q2	7.21±0.34	7.61±0.99**
Q3	7.66±0.21	8.03±0.30**
Q4	7.13±0.62	8.63±0.92**
Q5	6.88±0.48*	8.22±0.91**
Q6	6.42±0.02**	10.73±0.85**
Q7	7.32±0.32	9.19±1.07**
Q8	7.00±0.47	14.08±0.60**
Q9	6.69±0.10*	9.30±1.06**
J1	7.68±0.22	4.94±0.91
J2	7.08±0.20**	8.73±0.55**
J3	6.49±0.07**	8.97±0.87**
J4	7.01±0.21**	16.77±0.76**
J5	6.52±0.01**	20.22±0.26**
J6	6.15±0.08**	16.86±0.60**
J7	6.86±0.07**	15.25±0.46**
J8	6.25±0.13**	21.37±0.58**
J9	6.83±0.10**	16.22±0.46**

注:与 S 比较,* $P<0.05$;** $P<0.01$ 。

的自由基清除率均高于清蒸法。与怀化细叶黄精生品比较,两种制法的黄精第 2~9 次蒸烘后自由基清除率均显著升高($P<0.01$)。详见图 5。

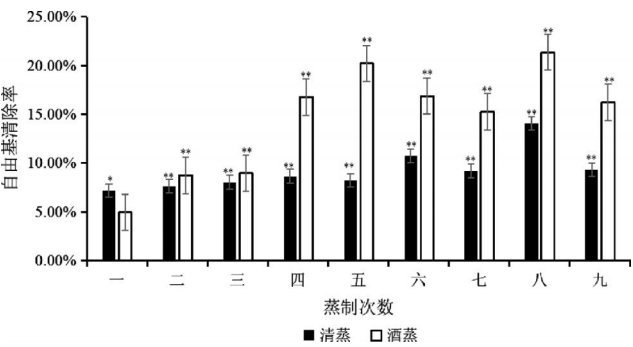


图 5 DPPH 清除率趋势图

Fig.5 DPPH scavenging rate trend plots

注:与 S 比较,* $P<0.05$;** $P<0.01$ 。

4 讨论

本研究围绕“成分-活性-风味”协同优化目标,系统探究了清蒸与酒蒸两种九蒸九烘工艺对怀化细叶黄精的影响,明确了炮制关键规律与最佳节点,为其标准化工艺的建立提供科学支撑。

表观特征上,《本草图经·草部上品之上·黄精》中曾对蒸制程度进行了详细描述:“汁尽色黑,当光黑如漆,味甘如饴糖。”此种方法是将生品黄精洗净泥土去除须根后蒸一天,取出晾干,晒一天再次蒸制,重复九次,直到内芯呈现黑色、湿润时为止。由此可见,黄精经“九蒸”可以达到汁尽色黑、转苦为甘、寒性变平的效果;经过“九晒”或用微火烘干,标准应为色黑、味甜、滋润。本研究结果表明,随蒸烘次数增加,黄精逐步从生品棕黄硬实状态,转变为乌黑色、柔软黏腻的状态,气味由淡转香甜,契合传统“汁尽色黑、味甘如饴”的炮制要求,颜色加深并非单纯物理变色,而是美拉德反应持续发生的直观体现:蒸制过程中黄精所含还原糖与氨基酸、多肽在湿热条件下发生缩合、重排与降解,生成类黑精等一系列棕色产物,使外观由浅变深、质地由硬转黏。前期酒蒸样品颜色略深于清蒸样品,与黄酒中糖类、氨基酸参与美拉德反应、加速褐变进程有关^[14];随蒸制次数增加,反应趋于完全,两组颜色差异逐渐缩小。味觉特征经电子舌分析显示,生品与蒸制品差异显著,清蒸样品味觉演变更均匀,酒蒸组受辅料与反应程度影响变化更复杂。酒蒸 8~9 次、清蒸 6~7 次时味觉特征稳定。更精准详细的味觉分析还需要根据人对酸、苦、甘、辛、咸、涩味的标准物质及样品进行感官评价并进行拟合分析,后使用电子舌对样品进行味觉评分^[15]。

成分变化与美拉德反应、抗氧化活性之间存在密切关联。两种工艺的多糖含量整体呈波动下降趋势,清蒸样品三蒸三烘达含量峰值,酒蒸样品一蒸一烘达峰值,整体分析多糖含量起伏可能有以下几种原因:(1)蒽酮-硫酸法反应较为剧烈,而样品数量较多,导致对温度和控制不统一,从而产生误差。(2)黄精在蒸制过程中,其多糖既会发生分子降解、解聚,也会出现分子聚集与结构重组的现象;而蒸制过程中黄精多糖含量有上升的趋势,也可能是由于原料中的低聚糖、单糖分子富含羟基,分子间可通过相互作用发生聚合,进而形成新的多糖分子^[16]。(3)随着蒸制次数的持续增加,体系中的单糖与寡糖逐步被消耗或转化为其他产物,同时美拉德反应不断加剧,造成黄精多糖的含量呈下降趋势;美拉德反应产物是抗氧化活性提升的核心物质基础:

清蒸与酒蒸样品抗氧化活性随蒸烘次数递增,均在八蒸八烘时达最高清除率,且酒蒸样品活性整体优于清蒸,这一趋势与颜色加深、美拉德反应强度高度同步,而美拉德反应生成的类黑精具有自由基清除能力,是黄精炮制后抗氧化活性大幅提升的关键物质^[17]。黄酒的加入也提供额外底物强化美拉德反应,使酒蒸组抗氧化能力优于清蒸组^[14]。

综合来看,此种蒸制方法下,酒蒸 8 次及清蒸 6~8 次为最佳炮制节点,此时炮制品在味觉风味、多糖保留与抗氧化活性上实现协同最优,有效降低了生品刺激性,可为怀化细叶黄精的质量控制与相关产品开发提供技术参考。

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, 2020: 328-329.
- [2] 胡菊. 九蒸九晒黄精炮制“缓性增效”原理及产品开发研究[D]. 成都: 成都中医药大学, 2021.
- [3] 张伟娜, 李金生, 陈井太, 等. 黄精功效与炮制的古代文献分析[J]. 中医药信息, 2019, 36(4): 45-48.
- [4] 杨兴鑫, 穆健康, 顾雯, 等. 滇黄精资源的开发应用进展及前景分析[J]. 生物资源, 2019, 41(2): 138-142.
- [5] 邓钰文, 欧阳琳, 王珊, 等. 黄精药食同源价值研究进展[J]. 湖南中医药大学学报, 2024, 44(5): 912-920.
- [6] 柳威, 林懋怡, 刘晋杰, 等. 滇黄精研究进展及黄精研究现状[J]. 中国实验方剂学杂志, 2017, 23(14): 226-234.
- [7] 张峰, 高群, 孔令雷, 等. 黄精多糖抗肿瘤作用的实验研究[J]. 中国实用医药, 2007, 2(21): 95-96.
- [8] Liu Y X, Wang Y, Liang Y F, et al. Transcriptomics and metabolomics revealed the effects of Polygonatum Rhizoma polysaccharide on delaying *C. elegans* senescence and ameliorating Alzheimer's disease[J]. International Journal of Biological Macromolecules, 2025, 327(Pt 2): 147375.
- [9] Xiao L X, Qi L, Zhang G Z, et al. Polygonatum sibiricum polysaccharides attenuate lipopolysaccharide-induced septic liver injury by suppression of pyroptosis via NLRP3/GSDMD signals[J]. Molecules, 2022, 27(18): 5999.
- [10] 郭涛, 王荣靖, 宋艺君, 等. 黄精九蒸九晒炮制过程中中药效化学成分动态变化[J]. 药学研究, 2022, 41(4): 220-224, 229.
- [11] 郑晓倩, 金传山, 张亚中, 等. 黄精九蒸九晒炮制过程中糖类成分动态变化[J]. 中成药, 2020, 42(7): 1837-1841.
- [12] 郑梅霞, 苏海兰, 李焱勤, 等. 响应面法优化超声提取多花黄精多糖工艺及其生物活性研究[J]. 中国食品添加剂, 2024, 35(9): 1-9.
- [13] 韦献雅, 殷丽琴, 钟成, 等. DPPH 法评价抗氧化活性研究进展[J]. 食品科学, 2014, 35(9): 317-322.
- [14] 魏桃英, 张秋汀. 绍兴黄酒生产及贮存中的美拉德反应[J]. 酿酒科技, 2011(5): 76-77, 80.
- [15] 戚淑叶, 毛岳忠, 耿利华, 等. 现有电子舌设备的技术现状与发展趋势[J]. 药学报, 2023, 58(11): 3165-3172.
- [16] Mei X Y, Xia J B, Li W Q, et al. Glycan degradation in Polygonati Rhizoma: Effects of traditional 'nine steaming and nine basking' on low molecular weight Fructans and polysaccharides[J]. Food Chemistry: X, 2025, 25: 102131.
- [17] 吴良发, 宁火华, 岳翊熠, 等. 正交设计研究黄精炮制中美拉德反应产物的抗氧化活性[J]. 中国药师, 2015, 19(6): 916-918, 919.

(本文编辑 苏 维)