

DOI: 10.19812/j.cnki.jfsq11-5956/ts.20241122001

引用格式: 尹素娟, 骆航, 孙兴力. 九蒸九制对黄精品质的影响[J]. 食品安全质量检测学报, 2025, 16(1): 302–307.

YIN SJ, LUO H, SUN XL. Influence of nine steaming and nine processing methods on the quality of *Polygonatum sibiricum* [J]. Journal of Food Safety & Quality, 2025, 16(1): 302–307. (in Chinese with English abstract).

九蒸九制对黄精品质的影响

尹素娟*, 骆航, 孙兴力

(永州职业技术学院, 永州 425100)

摘要: 目的 探讨九蒸九制对黄精性状、显微及有效成分的影响, 并为黄精的炮制工艺提供相关依据。**方法** 采用九蒸九制法制备酒黄精, 对其性状特征、显微结构、有效成分等质量控制指标进行评定。**结果** 黄精在六蒸六制后, 其外观已基本符合中药药典规定, 九蒸九制其表面乌黑油润, 颜色均一具光泽, 内黑里透红, 红里透黑, 内部呈蜂窝状, 草酸钙结构断裂, 多糖含量和水溶性成分减少, 醇溶性成分增加, 提示黄精经九蒸九制后, 刺激物逐渐减少, 多糖发生水解, 逐渐分解成单糖而味道由酸涩变甜, 无麻舌感。**结论** 本研究建立九蒸九制黄精性状评分标准, 以期为黄精九蒸九制品鉴别和质量标准的构建提供依据。

关键词: 黄精; 九蒸九制; 品质

Influence of nine steaming and nine processing methods on the quality of *Polygonatum sibiricum*

YIN Su-Juan*, LUO Hang, SUN Xing-Li

(Yongzhou Vocational and Technical College, Yongzhou 425100, China)

ABSTRACT: Objective To explore the effects of nine steaming and nine processing methods on the characteristics, microstructure, and effective components of *Polygonatum sibiricum*, and provide relevant basis for the processing technology of *Polygonatum sibiricum*. **Methods** Jiuhuangjing was prepared using the nine steaming and nine preparation method, and its characteristics, microstructure, and active ingredients were evaluated as quality control indicators for evaluation. **Results** After six steaming and six processing, the appearance of *Polygonatum sibiricum* basically meets the requirements of the Chinese pharmacopoeia. The surface of *Polygonatum sibiricum* after nine steaming and nine processing was black, oily, and smooth, with a uniform and glossy color. The interior was black with red inside and black inside, with a honeycomb like structure. The structure of calcium oxalate was broken, the content of polysaccharides and the water-soluble components were reduced, and the alcohol soluble components were increased. This suggested that after nine steaming and nine processing, the irritants of *Polygonatum sibiricum* gradually decrease, the polysaccharides undergo hydrolysis, and gradually decompose into monosaccharides, and the taste changes from sour to sweet without a tingling sensation. **Conclusion** This experiment establishes a scoring standard for the characteristics of nine steamed and nine processed *Polygonatum*

收稿日期: 2024-11-22

基金项目: 永州市指导性科技计划项目(2024YZ040)

第一作者/*通信作者: 尹素娟(1988—), 女, 讲师, 主要研究方向为中药工艺加工。E-mail: 912761609@qq.com

sibiricum, in order to provide a basis for the quality identification and construction of quality standards for nine steamed and nine processed *Polygonatum sibiricum*.

KEY WORDS: *Polygonatum sibiricum*; nine steaming and nine cooking methods; quality

0 引言

黄精又名气精、黄芝、笔管菜、野仙姜, 至今已有 2000 多年历史, 根据形状不同又称为“鸡头黄精”“姜形黄精”“大黄精”^[1], 是临床常用的药食同源类中药。目前全球黄精属植物共 327 种^[2], 我国黄精属植物有 79 种^[3], 其中中国药典收录的有滇黄精(*Polygonatum kingianum*)、黄精(*Polygonatum sibiricum*)和多花黄精(*Polygonatum cyrtonema Hua*)^[4]。黄精甘平质补, 具有补脾、润肺、益肾、补气养阴等功效^[5], 临床主要用于治疗肺虚燥热、脾胃不和、体倦乏力、精血不足等症状, 具有“血气双补之王”之美誉^[6]。黄精现代化学研究表明其含有黄精多糖、皂苷、黄酮等^[7]多种化学成分。现代中药药理学研究表明具有降血糖、降血脂^[8]、抗炎^[9]、抗病毒^[10]、抗菌、抗肿瘤^[11-12]、延迟衰老^[13]、提高记忆力^[14]、改善免疫力^[15-16]等药理作用。因此, 黄精具有广阔的市场前景。但黄精生品服用后会有刺激性及麻舌感, 皮肤接触生品黄精, 会引起皮肤瘙痒等刺激性, 因此, 临床上多以炮制品入药^[17]。

黄精的炮制方法最初记载始于南北朝宋·雷敫所著的《雷公炮炙论》^[18], 前人对黄精的炮制加工方法有九蒸九曝法(亦称九蒸九制法、九蒸九晒法)、单蒸法、重蒸法, 以及加辅料蒸制法等 20 多种炮制方法^[19]。其中九蒸九制法备受推崇, 不仅能消除“刺人咽喉”等副作用, 而且蒸制后黄精可以达到“不尔朽坏”^[20]。目前酒黄精主要是通过其外观性状来判断其优劣, 容易造成炮制不及或太过, 影响炮制品判断。酒黄精历代炮制均以蒸煮法为主, 黄精经炮制后, 颜色由黄色变成黑褐色或乌黑色, 酸涩、麻舌感消失、甜味由无到有, 补益作用增强^[21-24]。目前, 黄精加工企业为了节约成本, 采用一次性蒸透的方法进行炮制, 传统九蒸九制工艺操作烦琐, 但临床效果好, 在临床依然广受喜爱。但黄精九蒸九制过程中其颜色、质地、断面、气味、内部结构、有效成分的变化, 目前鲜少有详细的研究, 为了有效解决上述问题, 本研究以九蒸九制后黄精色、香、味等性状、显微结构、水溶性浸出物、醇溶性浸出物、多糖的变化为研究指标, 直接有效的观察黄精九蒸九制过程中外观颜色、断面、质地、气味、微观结构、有效成分的变化, 并建立九蒸九制性状评分标准, 以期对黄精九蒸九制品质鉴别和质量标准的构建提供依据。

1 材料与方法

1.1 仪器与设备

FX202-2 数显电热恒温干燥箱(上海树立仪器仪表有

限公司); BT25S 万分之一电子精密天平、FA2104N 万分之一电子天平(上海精密科学仪器有限公司); UV-2600 紫外可见分光光度计(聚创环保集团); S-3000N 扫描电子显微镜(株式会社日立制作所); RSD20Z 一体式蒸锅(安徽荣事达三洋电器有限公司); BA210 光学显微镜(宁波舜宇仪器有限公司)。

1.2 材料与试剂

黄精购自安徽亳州, 经刘清平教授鉴定为多花黄精。

纯净水(杭州娃哈哈集团有限公司); D-无水葡萄糖对照品(纯度 $\geq 98\%$)、水合氯醛、稀甘油、乙醇(分析纯)(上海诗丹德标准技术服务有限公司)。

1.3 实验方法

1.3.1 黄精九蒸九制炮制

洗净整个黄精, 先用 15% 的黄酒, 闷透, 蒸 3~4 h, 晒至含水量 20%, 再用 5% 的黄酒加第一次蒸出来的黄精汁, 润透, 再蒸, 蒸 3~4 h, 再晒到 20%, 反复蒸, 每次用 5% 的黄酒加上一次蒸出来的黄精汁进行润透再蒸, 反复 9 次, 最后干燥至水分不再较少即可。

1.3.2 九蒸九制黄精的性状变化

随机从每次蒸制黄精样品抽取适量黄精样品, 分别标志为 S0~S9, 以外表皮颜色、内颜色、断面特征、质地、气及味等 6 个方面进行评价, 观察各阶段黄精的变化。其评分标准见表 1。

1.3.3 九蒸九制黄精的显微鉴别

将干燥后的 S0~S9 黄精取适量的酒精, 在研钵中粉碎, 过四号筛, 加适量的水合氯醛透化, 观察其显微结构。并在电子扫描显微镜下, 观察各黄精样品内部结构。

1.3.4 九蒸九制黄精浸出物、多糖含量变化

(1) 水溶性浸出物及醇浸出物测定

按《中国药典》2020 版浸出物测定法(通则 2201), 平行 3 次。

(2) 多糖含量检测

按《中国药典》2020 版黄精多糖的测定方法进行测定^[4], 标准品回归曲线的线性关系如下: $Y=37.704X-0.0573$, $r^2=0.9988$ 。

1.4 数据处理

S0~S9 按取样原则进行取样, 样本量为 6, 进行相关检测, 其数据结果采用 SPSS 30.0 统计软件处理, 比较运用单因素方差分析, 数据以平均值 \pm 标准偏差表示。以 $P<0.05$ 为差异有统计学意义。

表 1 九蒸九制黄精外观性状评分细则

Table 1 Detailed rules for the evaluation of appearance traits of nine steamed and nine processed *Polygonatum sibiricum*

项目	评分细则	分值
色泽(25分)	表面乌黑油润, 颜色均一具光泽, 内黑里透红, 红里透黑	21~25
	颜色呈黑褐色, 颜色均一具光泽	16~20
	表面黑褐色, 内里略带棕色稍具光泽	11~15
	表面浅褐色, 内里略带棕色稍具光泽	6~10
	颜色呈黄色, 颜色不均一, 色泽差	1~5
质地(20分)	柔软有弹性, 略带韧性, 质地疏松, 偶见筋脉点	17~20
	质地稍硬, 略带韧性, 质地疏松, 偶见筋脉点	13~16
	质地较硬, 略带韧性, 质地疏松, 可见筋脉点	9~12
	质地坚硬, 质地细密, 可见筋脉点	5~8
	质地很坚硬或很软, 可见细密筋脉点	1~4
气味(25分)	味道香甜, 药味浓郁扑鼻, 无焦糊味	21~25
	香甜, 药味浓, 无焦糊味	16~20
	较甜, 药香较浓郁, 稍有焦糊味	11~15
	味稍甜, 药香淡, 有焦糊味	6~10
	无黄精香甜的气味	1~5
口感(30分)	软糯甘甜, 有点黏牙, 无麻舌感, 无酸涩味, 无焦糊味	25~30
	口味较甜, 有酸苦味, 黏牙, 无麻舌感, 无焦糊味	19~24
	口味较甜, 有酸苦味, 黏牙, 无麻舌感, 有酒味无焦糊味	13~18
	味较甜, 无酸苦味, 有麻舌感, 有酒味无焦糊味	7~12
	甜味淡, 无酸苦味, 有麻舌感, 味极涩	1~6

2 结果与分析

2.1 九蒸九制黄精的性状变化

采用 1.3.1 进行黄精炮制, 得到黄精不同阶段的 S0~S9 性状图及得分图, 具体结果见图 1~3。由图 1~2 可知, S0~S2 外观颜色基本没有差异, S3~S4 开始外表面颜色有黄色变成黄棕色, 其中 S0~S3 具有生品黄精的酸涩味及麻舌感, S5 开始黄精外表面颜色变成黑色, 内部开始变成黄



图 1 九蒸九制黄精外观变化

Fig.1 Appearance changes of nine steamed and nine processed *Polygonatum sibiricum*

图 2 九蒸九制黄精断面特征变化

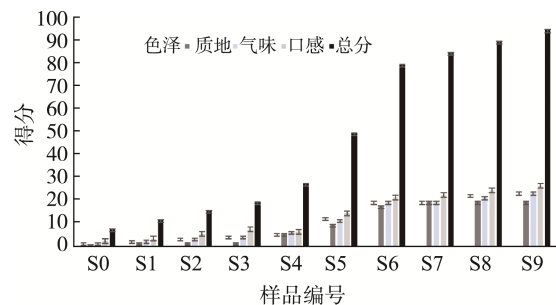
Fig.2 Section characteristics change of nine steamed and nine processed *Polygonatum sibiricum*

图 3 九蒸九制黄精性状得分

Fig.3 Score for the characteristics of nine steamed and nine processed *Polygonatum sibiricum*

棕色, S6 开始基本符合药典要求, 但是随着蒸煮次数增加, 其外表面颜色逐渐变得乌黑, 内表面变成棕褐色, 味道逐渐变甜, 内部呈蜂窝状, 按之回弹, 无麻舌感, 微有焦香味, 光泽度增强。由图 4 可知, 六蒸六制后, 黄精基本符合标准, 随着蒸制次数增加, 其性状分值逐渐增高。

2.2 九蒸九制黄精的显微变化

取 S0~S9 黄精样品进行粉碎, 水合氯醛透化, 在显微镜下观察草酸钙簇晶变化, 结果见图 4; 并用电子扫描显微镜观察黄精九蒸九制各阶段内部特征, 见图 5。由图 4 可知, 生品黄精草酸钙针晶成束, 细密, 经蒸制后, 其草酸钙针晶疏松, 逐渐发生断裂, 并随着蒸煮的次数增加, 逐渐变小。由图 5 可知, 黄精蒸制后, 其内部排列变得疏松, 并随着蒸制时间和次数的增加, 空隙越来越大, 逐渐成棉絮状。

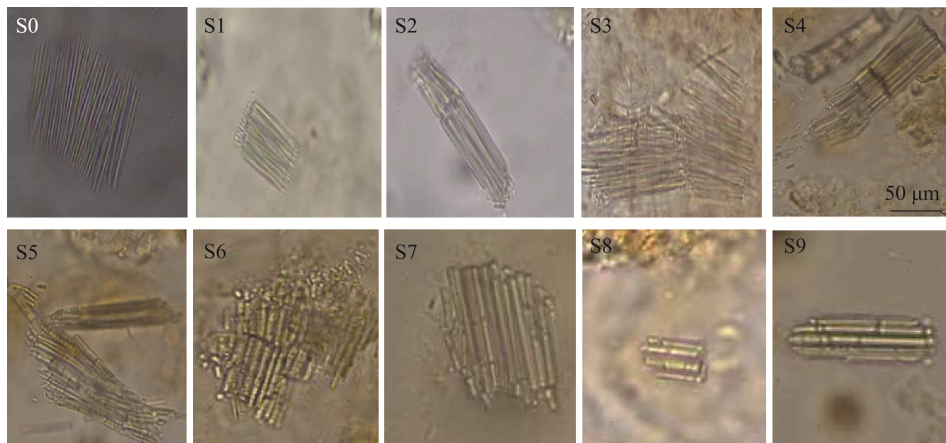


图 4 九蒸九制黄精草酸钙结晶显微变化图

Fig.4 Microscopic changes of calcium oxalate crystals in nine steamed and nine processed *Polygonatum sibiricum*

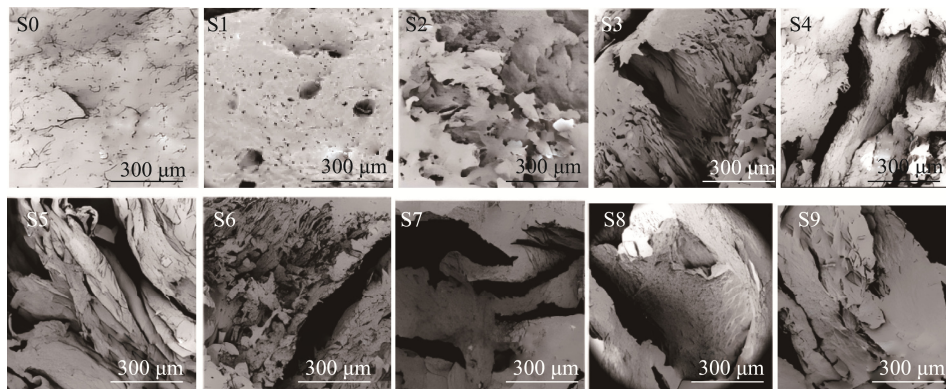


图 5 九蒸九制黄精电子显微镜内部结构

Fig.5 Internal structure of electron microscope for nine steamed and nine processed *Polygonatum sibiricum*

2.3 九蒸九制黄精浸出物及多糖含量的变化

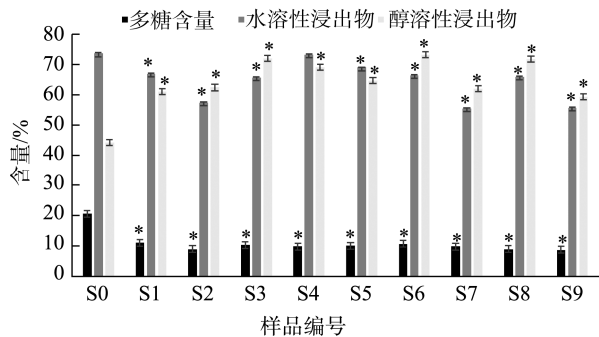
本研究对黄精 S0~S9 水溶性浸出物、醇溶性浸出物以及多糖含量进行检测, 其结果见图 6。由图 6 可知, 黄精经蒸制后, 其水溶性物质在 S4 较生品 S0 变化不大, 其余各组别均有显著减少; 而多糖含量随着蒸制次数增加, 其含

量较生品 S0 均有显著减少, 且整体呈下降趋势; 醇溶性浸出物在蒸制后较生品 S0 均有显著性增加。

3 讨论与结论

《中药炮制大全》及《中国药典》(2020 版)中均没有黄精“九蒸九制”具体方法的记载, 仅以黄精多糖为含量指标, 黄精多糖含量不得低于 4%^[4]。黄精产业化生产中, 为了节约生产成本, 逐渐缩短其蒸制次数, 一般采用一次蒸透的方法进行炮制, 但黄精炮制时间及次数对其药效成分均有较大影响^[25]。杨圣贤等^[26]研究表明, 随着蒸制时间及次数的增加, 多糖含量显著下降。廖念^[27]研究发现, 黄精浸出物的含量与蒸制次数呈反比。杨云等^[28]研究表明黄精在第四制时(约 25 h)部分化学成分含量达到最大值。金剑等^[29]研究表明四制黄精在调节血脂代谢方面效果最佳, 九制黄精在改善肝功能及提高免疫球蛋白方面效果最佳。

2020 版《中国药典》规定酒黄精呈不规则的厚片; 表面棕褐色至黑色, 有光泽, 中心棕色至浅褐色, 可见筋脉小点; 质地较柔软; 味甜, 微有酒香气^[4]。主要是从外观颜色、断面特征、质地、气味等外观特征来评价其质量



注: 较生品对比, 具有显著性差异用*号表示。

图 6 黄精九蒸九制多糖、水溶性浸出物、醇溶性浸出物含量变化
Fig.6 Changes in the content of polysaccharides, water-soluble extracts and alcohol soluble extracts in nine steamed and nine processed *Polygonatum sibiricum*

优劣, 容易造成炮制“不及”或“太过”, 无法精确判断炮制程度^[30]。本研究通过观察黄精蒸制的外观颜色、断面特征、质地、气味, 建立评价标准, 为九蒸九制黄精的标准提供依据。

本研究显示, 黄精九蒸九制后, 颜色由黄色, 颜色不均一, 色泽差, 逐渐转变为表面乌黑油润, 颜色均一, 具有光泽, 内黑里透红。通过断面特征显示, 质地由坚硬可见细密筋脉点逐渐转变为柔软有弹性, 略带韧性, 质地疏松, 偶见筋脉点, 其气味由酸涩麻舌逐渐转变为味甜微有酸味无涩无麻舌感。通过对九蒸九制过程中黄精的性状评分, 结果显示其生品黄精在六蒸六制后基本符合中国药典要求, 但是九蒸九制后色泽更乌黑明亮, 按之有弹性, 中间呈蜂窝状。林莹^[31]发现, 利用色差仪显示, 但在 S5~S9 相差 4 个色差单位左右, 与本研究显示九蒸九制后, 其性状评分最高相同; 电子扫描显微镜显示其内部结构成棉絮状, 表明其多糖发生变化。多糖含量测定显示, 其九蒸九制后, 其多糖含量减少, 进一步证实其多糖发生水解, 逐渐分解成单糖而味道由酸涩变甜, 更利于人体吸收, 其水溶性成分变化可能是苷类发生了水解, 导致其水溶性成分较少, 醇溶性成分增加。林莹^[31]发现蒸制后的黄精, 草酸钙含量减少, 且对动物的刺激减弱, 与本研究结果显示草酸钙针晶逐渐发生断裂, 并随着蒸煮的次数增加, 逐渐变小, 基本发生断裂结果一致。王贺鹏等^[32]认为草酸钙含量可作为中药刺激性控制指标, 进一步证实黄精经蒸制后, 能有效减少其刺激性。同时, 李九九等^[33]研究发现, 黄精经九蒸九制后, 其重金属和有害元素的含量是在安全范围内, 有利于黄精的进一步开发。因此, 本研究表明黄精经九蒸九制后, 其性状评分最高, 其多糖发生水解, 更利于人体吸收。本研究建立九蒸九制性状评分标准, 以期黄精九蒸九制品鉴别和质量标准的构建提供依据。

参考文献

- [1] 庞玉新, 赵致, 李立星. 黄精的化学成分及药理作用[J]. 山地农业生物学报, 2003(6): 547-550.
PANG YX, ZHAO Z, LI LX. Chemical composition and pharmacological effects of *Polygonatum sibiricum* [J]. Journal of Mountain Agriculture Biology, 2003(6): 547-550.
- [2] 焦劼. 黄精种质资源研究[D]. 杨凌: 西北农林科技大学, 2018.
JIAO J. Research on germplasm resources of *Polygonatum sibiricum* [D]. Yangling: Northwest Agriculture & Forestry University, 2018.
- [3] 李莺, 赵兵, 陈克克, 等. 黄精的研究进展[J]. 中国野生植物资源, 2012(1): 9-13.
LI Y, ZHAO B, CHEN KK, et al. Research progress of Huangjing [J]. Wild Plant Resources in China, 2012(1): 9-13.
- [4] 国家药典委员会. 中华人民共和国药典: 2020 年版四部[M]. 北京: 中国医药科技出版社, 2020.
National Pharmacopoeia Committee. Pharmacopoeia of the People's Republic of China: 2020 edition, Volume 4 [M]. Beijing: China Medical Science and Technology Press, 2020.
- [5] 李亚森, 周芳, 曾婷, 等. 药用黄精化学成分与活性研究进展[J]. 中药导报, 2019, 25(5): 90-93.
LI YL, ZHOU F, ZENG T, et al. Research progress on chemical components and activities of medicinal *Polygonatum sibiricum* [J]. Traditional Chinese Medicine Guide, 2019, 25(5): 90-93.
- [6] 孙哲, 陈玉婷. 中药黄精的基原鉴定与现代研究进展[C]. 北京: 中国商品学会, 2008.
SUN Z, CHEN YT. Identification and modern research progress of the origin of traditional chinese medicine Huangjing [C]. Beijing: China Commodity Society, 2008.
- [7] 陈辉, 冯珊珊, 孙彦君, 等. 3 种药用黄精的化学成分及药理活性研究进展[J]. 中草药, 2015, 46(15): 2329-2338.
CHEN H, FENG SS, SUN YJ, et al. Research progress on chemical components and pharmacological activities of three medicinal *Polygonatum sibiricum* [J]. Chinese Herbal Medicine, 2015, 46(15): 2329-2338.
- [8] 王建新. 黄精降糖降脂作用的实验研究[J]. 中国中医药现代远程教育, 2009, 7(1): 93-94.
WANG JX. Experimental study on the hypoglycemic and lipid-lowering effects of Huangjing [J]. Modern distance education of traditional Chinese medicine in China, 2009, 7(1): 93-94.
- [9] 郑春艳, 汪好芬, 张庭廷. 黄精多糖的抑菌和抗炎作用研究[J]. 安徽师范大学学报(自然科学版), 2010, 33(3): 272-275.
ZHENG CY, WANG HF, ZHANG TY. Research on the antibacterial and anti-inflammatory effects of *Polygonatum sibiricum* polysaccharides [J]. Journal of Anhui Normal University (Natural Science Edition), 2010, 33(3): 272-275.
- [10] 辜红梅, 蒙义文, 蒲蕾. 黄精多糖的抗单纯疱疹病毒作用[J]. 应用与环境生物学报, 2003(1): 21-23.
GU HM, MENG YW, PU Q. The anti herpes simplex virus effect of Huangjing polysaccharide [J]. Chinese Journal of Applied & Environmental Biology, 2003(1): 21-23.
- [11] LIU B, CHENG Y, BIAN HJ, et al. Molecular mechanisms of *Polygonatum cyrtonea* lectin-induced apoptosis and autophagy in cancer cells [J]. Autophagy, 2009, 5(2): 253-255.
- [12] 江华. 黄精多糖的抗肿瘤活性研究[J]. 南京中医药大学学报, 2010, 26(6): 479-480.
JIANG H. Study on the anti-tumor activity of *Polygonatum sibiricum* polysaccharides [J]. Journal of Nanjing University of Traditional Chinese Medicine, 2010, 26(6): 479-480.
- [13] 齐冰, 丁涛, 常正尧, 等. 泰山黄精对 D-半乳糖所致衰老小鼠的抗衰老作用研究[J]. 时珍国医国药, 2010, 21(7): 1811-1812.
QI B, DING T, CHANG ZR, et al. Study on the anti-aging effect of Mount Taishan Huangjing on aging mice induced by D-galactose [J]. Shi Zhen Traditional Chinese Medicine, 2010, 21(7): 1811-1812.
- [14] 王涛涛, 程娟, 姚余有. 黄精水煎剂对 β -淀粉样蛋白诱导的大鼠学习记忆能力下降的保护作用研究[J]. 安徽农业大学学报, 2013, 40(1): 95-99.
WANG TT, CHENG J, YAO YY. Study on the protective effect of Huangjing decoction on β -amyloid protein induced decline in learning and memory ability in rats [J]. Journal of Anhui Agricultural University, 2013, 40(1): 95-99.
- [15] 李泽, 潘登, 沈建利, 等. 黄精多糖对免疫抑制小鼠免疫功能影响的实验研究[J]. 药物生物技术, 2013, 20(3): 241-244.
LI Z, PAN D, SHEN JL, et al. Experimental study on the effect of

- Huangjing polysaccharides on immune function in immunosuppressed mice [J]. *Pharmaceutical Biotechnology*, 2013, 20(3): 241–244.
- [16] 赵谨. 黄精粗多糖对环磷酸胺应激下雏鸡生长性能及免疫功能的影响[D]. 雅安: 四川农业大学, 2016.
- ZHAO J. The effect of crude polysaccharides from *Polygonatum sibiricum* on the growth performance and immune function of chicks under cyclophosphamide stress [D]. Ya'an: Sichuan Agricultural University, 2016.
- [17] 林雨, 余亮, 魏馨瑶, 等. 黄精炮制前后的化学成分变化及其减毒增效研究[J]. *中药材*, 2021(6): 1353–1359.
- LIN YU, SHE L, WEI XY, *et al.* Study on the chemical composition changes and toxicity reduction and efficiency enhancement of Huangjing before and after processing [J]. *Traditional Chinese Medicine*, 2021(6): 1353–1359.
- [18] 雷敦. 雷公炮炙论[M]. 北京: 人民卫生出版社, 1957.
- LEI Z. *Lei Gong's Cannon Burning Theory* [M]. Beijing: People's Health Publishing House, 1957.
- [19] 任洪民, 邓亚玲, 张金莲, 等. 药用黄精炮制的历史沿革、化学成分及药理作用研究进展[J]. *中国中药杂志*, 2020, 45(17): 4163–4182.
- REN HM, DENG YL, ZHANG JL, *et al.* Research progress on the historical evolution, chemical composition, and pharmacological effects of medicinal Huangjing processing [J]. *Chinese Journal of Traditional Chinese Medicine*, 2020, 45(17): 4163–4182.
- [20] 孟洗. 食疗本草[M]. 上海: 中华书局, 2011.
- MENG Q. *Dietary therapy herbs* [M]. Shanghai: Zhonghua Book Company, 2011.
- [21] 张庭廷, 胡威, 汪好芬, 等. 九华山黄精多糖的分离纯化及化学表征[J]. *食品科学*, 2011, 32(10): 48–51.
- ZHANG TT, HU W, WANG HF, *et al.* Isolation, purification, and chemical characterization of polysaccharides from *Polygonatum sibiricum* from Jiuhuashan Mountain [J]. *Food Science*, 2011, 32(10): 48–51.
- [22] 张晓红, 博·格日勒图, 昭日格图, 等. 高效液相色谱法对黄精多糖相对分子质量及组成的测定[J]. *色谱*, 2005(4): 394–396.
- ZHANG XH, BO GRLT, ZHAO RGT, *et al.* Determination of relative molecular weight and composition of *Polygonatum sibiricum* polysaccharides by high performance liquid chromatography [J]. *Chromatography*, 2005(4): 394–396.
- [23] 朱新焰, 孙信梅, 杜春华, 等. 滇黄精与轮叶黄精多糖的组织化学及含量测定研究[J]. *中华中医药学刊*, 2020, 38(1): 69–72, 271–275.
- ZHU XY, SUN XM, DU CH, *et al.* Study on the histochemistry and content determination of polysaccharides from Dianhuangjing and *Polygonatum sibiricum* [J]. *Chinese Journal of Traditional Chinese Medicine*, 2020, 38(1): 69–72, 271–275.
- [24] 张静, 张艳贞, 陈文, 等. 四产地黄精中多糖含量及抗氧化活性比较[J]. *食品工业科技*, 2013, 34(2): 147–148.
- ZHANG J, ZHANG YZ, CHEN W, *et al.* Comparison of polysaccharide content and antioxidant activity in the fourth generation *Rehmannia root* extract [J]. *Food Industry Technology*, 2013, 34(2): 147–148.
- [25] 王永禄, 王丽瑶, 朱欣佚, 等. 常压蒸制和高压蒸制对酒黄精化学成分的影响研究[J]. *中国生化药物杂志*, 2014, 34(8): 173–175.
- WANG YL, WANG LY, ZHU XY, *et al.* Study on the effects of atmospheric pressure steaming and high pressure steaming on the chemical composition of Jiuhuajing [J]. *Chinese Journal of Biopharmaceuticals*, 2014, 34(8): 173–175.
- [26] 杨圣贤, 杨正明, 陈奕军, 等. 黄精“九蒸九制”炮制过程中多糖及皂苷的含量变化[J]. *湖南师范大学学报(医学版)*, 2015, 12(5): 141–144.
- YANG SX, YANG ZM, CHEN YJ, *et al.* Changes in the content of polysaccharides and saponins during the processing of Huangjing “Nine Steaming and Nine Processing” [J]. *Journal of Hunan Normal University (Medical Edition)*, 2015, 12(5): 141–144.
- [27] 廖念. 多花黄精产地加工炮制及其质量标准的研究[D]. 长沙: 湖南中医药大学, 2018.
- LIAO N. Research on the processing and quality standards of *Polygonatum sibiricum* in production areas [D]. Changsha: Hunan University of Traditional Chinese Medicine, 2018.
- [28] 杨云, 万焱, 许小华, 等. 黄精中还原糖含量与饮片加工方法和时间的相关性研究[J]. *中药材*, 2008(11): 1631–1633.
- YANG Y, WAN Y, XU XH, *et al.* Study on the correlation between reducing sugar content in Huangjing and processing methods and time of decoction pieces [J]. *Traditional Chinese Medicine*, 2008(11): 1631–1633.
- [29] 金剑, 劳嘉, 钟灿, 等. 基于仿生提取法研究黄精蒸制过程抗氧化活力动态变化[J]. *湖南中医药大学学报*, 2019, 39(7): 837–840.
- JIN J, LAO J, ZHONG C, *et al.* Study on the dynamic changes of antioxidant activity during the steaming process of *Polygonatum sibiricum* based on biomimetic extraction method [J]. *Journal of Hunan University of Traditional Chinese Medicine*, 2019, 39(7): 837–840.
- [30] 单佳乐. 黄精炮制工艺和质量标准的研究[D]. 吉林: 吉林化工学院, 2022.
- DAN JL. Research on the processing technology and quality standards of Huangjing [D]. Jilin: Jilin University of Chemical Technology, 2022.
- [31] 林莹. 泰山黄精炮制前后外观性状、有效成分及刺激性物质变化相关性研究[D]. 济南: 山东中医药大学, 2023.
- LIN Y. Study on the correlation of changes in appearance traits, effective ingredients and irritants of Mount Taishan *Rhizoma polygonati* before and after processing [D]. Ji'nan: Shandong University of Traditional Chinese Medicine, 2023.
- [32] 王贺鹏, 郁红礼, 吴皓, 等. 炮制对天南星毒性成分草酸钙针晶及凝集素蛋白含量的影响[J]. *南京中医药大学学报*, 2022, 38(5): 375–381.
- WANG HP, YU HL, WU H, *et al.* Processing the content of calcium oxalate needle crystals and lectin proteins, which are toxic components of *Arisaema elata*, by processing impact [J]. *Journal of Nanjing University of Traditional Chinese Medicine*, 2022, 38(5): 375–381.
- [33] 李九九, 赵成仕, 汪光军, 等. 九华黄精 9 蒸 9 晒加工过程中重金属含量的变化及安全性[J]. *食品安全质量检测学报*, 2020, 11(19): 6862–6866.
- LI JJ, ZHAO CS, WANG GJ, *et al.* Changes and safety of heavy metal content during the processing of JiuhuaHuangjing by steaming and sun drying [J]. *Journal of Food Safety & Quality*, 2020, 11(19): 6862–6866.

(责任编辑: 蔡世佳 于梦娇)