

- [17] 田晓云, 袁兆伟, 郭芳, 等. 色胺酮对小鼠血小板扩展和粘附及斑块回缩的作用[J]. 贵州医科大学学报, 2022, 47(12): 1385-1389.
- [18] Xu S G, Piao L M, Wan Y, et al. CTSS modulates stress-related carotid artery thrombosis in a mouse FeCl<sub>3</sub> model[J]. *Arterioscler Thromb Vasc Biol*, 2023, 43(7): e238-e253.
- [19] 杜佳豪, 赵丽丽, 杨标, 等. 三氯化铁损伤小鼠颈动脉血栓模型的影响因素[J]. 中国实验血液杂志, 2025, 33(1): 193-197.
- [20] Keihanian F, Saeidinia A, Bagheri R K, et al. Curcumin, hemostasis, thrombosis, and coagulation[J]. *J Cell Physiol*, 2018, 233(6): 4497-4511.
- [21] Liu Y L, Wang T, Zhou Q L, et al. Endogenous SIRT6 in platelets negatively regulates platelet activation and thrombosis[J]. *Front Pharmacol*, 2023, 14: 1268708.
- [22] Buka R J, Montague S J, Moran L A, et al. PF4 activates the c-Mpl-Jak2 pathway in platelets[J]. *Blood*, 2024, 143(1): 64-69.
- [23] Rai A, Kumar U, Raj V, et al. Novel 1, 4-benzothiazines obliterate COX-2 mediated JAK-2/STAT-3 signals with potential regulation of oxidative and metabolic stress during colorectal cancer[J]. *Pharmacol Res*, 2018, 132: 188-203.
- [24] Guo B, Yu Y, Wang M, et al. Targeting the JAK2/STAT3 signaling pathway with natural plants and phytochemical ingredients: a novel therapeutic method for combatting cardiovascular diseases[J]. *Biomed Pharmacother*, 2024, 172: 116313.
- [25] Cao W, Meng X, Cao F, et al. Exosomes derived from platelet-rich plasma promote diabetic wound healing via the JAK2/STAT3 pathway[J]. *iScience*, 2023, 26(11): 108236.
- [26] Huang B, Lang X, Li X. The role of IL-6/JAK2/STAT3 signaling pathway in cancers[J]. *Front Oncol*, 2022, 12: 1023177.
- [27] Hoffmann M, Hennighausen L. Spotlight on amino acid changing mutations in the JAK-STAT pathway: from disease-specific mutation to general mutation databases[J]. *Sci Rep*, 2025, 15(1): 6202.

## 基于主成分分析探讨不同干燥工艺对滇黄精饮片活性成分及品质的影响

李玲<sup>1</sup>, 陈定<sup>2,3</sup>, 杨清松<sup>1</sup>, 孙宏伟<sup>1</sup>, 王灿<sup>1</sup>, 赵大伟<sup>1</sup>, 杨玉玲<sup>1</sup>, 陶永宏<sup>1\*</sup>

(1. 文山州农业科学院, 云南文山 663000; 2. 文山学院, 云南文山 663000; 3. 云南农业大学农学与生物技术学院, 云南昆明 660500)

**摘要:** 目的 探讨不同干燥工艺对滇黄精饮片性状、理化指标和活性成分的影响。方法 以3年生滇黄精根茎为原料, 系统评价11种干燥工艺对饮片折干率、复水比、灰分、浸出物及活性成分(多糖、皂苷、黄酮、酚类)含量的影响, 结合主成分分析进行综合评价。结果 微波干燥饮片的多糖、黄酮及酚类含量较高; 冷冻干燥饮片的浸出物含量最高; 阴干法饮片多糖与皂苷含量均较高; 热风干燥饮片中, 60℃热风干燥的多糖含量较高, 70℃热风干燥的皂苷和黄酮含量较高。11种干燥工艺的滇黄精饮片综合得分排序为微波干燥>阴干>70℃热风干燥>60~80℃变温干燥>50℃热风干燥>60℃热风干燥>晒干>80℃热风干燥>冷冻干燥>40℃热风干燥>80~60℃变温干燥。结论 不同干燥工艺对滇黄精饮片的性状、理化指标和活性成分影响显著, 建议根据实际情况选择适宜干燥工艺。

**关键词:** 滇黄精; 干燥工艺; 理化指标; 活性成分; 主成分分析

中图分类号: R283.1

文献标志码: B

文章编号: 1001-1528(2025)12-4188-06

doi:10.3969/j.issn.1001-1528.2025.12.048

滇黄精 *Polygonatum kingianum* Coll. et Hemsl 为百合科黄精属植物, 其干燥根茎是《中国药典》收录的黄精基原品种之一<sup>[1]</sup>, 药食两用, 具有滋阴补肾、健脾润肺等功效。现代药理研究表明, 滇黄精主要活性成分包括多糖、皂苷、

黄酮及酚类等物质, 具有调节糖脂代谢、增强免疫、抗肿瘤、改善记忆、抗衰老等作用<sup>[2-8]</sup>。产地初加工是影响中药材品质的关键环节, 其干燥工艺的合理选择对保留活性成分及提升贮藏稳定性具有显著作用<sup>[9]</sup>。因此, 大多数中药

收稿日期: 2025-05-07

基金项目: 云南省科技计划项目(202105AC160003); 文山州七乡学者项目(WS-QXXZ0011)

作者简介: 李玲(1983—), 女, 高级农艺师, 硕士, 从事中药资源收集与利用研究。Tel: 15758800092, E-mail: 287694310@qq.com

\*通信作者: 陶永宏(1983—), 男, 正高级农艺师, 博士, 从事中药资源收集与利用研究。Tel: 15758800050, E-mail: 108191221@qq.com

材需通过产地初加工来维持其固有品质、降低运输成本。黄精传统的产地加工方法多采用晒干或阴干，但易受自然环境限制。相关研究显示，新型干燥技术展现出更优的应用前景<sup>[10-11]</sup>，如微波真空干燥更适于得到高品质黄精产品<sup>[12]</sup>，真空冷冻干燥的黄精品质更优越<sup>[13]</sup>。然而，现有研究多采用恒定温度热风干燥，缺乏温度梯度优化及变温工艺的系统研究。本研究以 3 年生滇黄精根茎为研究对象，系统比较不同温度热风干燥（含变温梯度）、冷冻干燥、微波干燥及自然干燥等 11 种干燥工艺对其性状、理化指标及活性成分的影响，结合主成分分析法建立综合评价模型，以期为滇黄精饮片标准化生产提供工艺参数支持，同时为中药材低碳加工技术创新提供参考。

## 1 材料

1.1 仪器 UV-8000 紫外可见分光光度计（上海元析仪器有限公司）；FD-A10N-50 冷冻干燥机、FAD 热恒温鼓风干燥箱（上海皓庄仪器有限公司）；FHHS-21-8 电热恒温水浴锅（上海博迅实业有限公司医疗设备厂）；SB-5200D 超声波清洗机（宁波新芝生物科技股份有限公司）；SX<sub>2</sub>-4-10A 箱式电阻炉（绍兴市上虞道墟科析仪器厂）；Advanced-I-12 超纯水机（成都艾柯水处理设备有限公司）；FA2004 电子

天平（上海舜宇恒平科学仪器有限公司）；C10002D 电子天平（杭州万特衡器有限公司）；1000C 多功能粉碎机（永康市红太阳机电有限公司）；微波真空干燥机（贵阳新奇微波工业有限责任公司）。

1.2 试剂与药材 人参皂苷 Re、芦丁、没食子酸、葡萄糖（批号 wkq21072901、wkq22010602、wkq21090111、wkq21100103）对照品（四川省维克奇生物科技有限公司）。无水乙醇、蒽酮、浓硫酸、高氯酸、福林酚、香草醛、冰醋酸、Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>、NaNO<sub>2</sub>、Al (NO<sub>3</sub>)<sub>3</sub>、NaOH 等试剂均为国产分析纯。

样品采集于 2023 年 9 月 10 日在文山阳禾旭中药材种植有限公司黄精基地，选择长势一致、大小相近、无病虫害的三年生滇黄精根茎为实验材料，采样地点为云南省文山市簿竹镇木期黑村，海拔 1 679.0 m，北纬 23°43'，东经 103°42'，由文山州农业科学院陶永宏专家鉴定为百合科黄精属植物滇黄精 *Polygonatum kingianum* Coll. et Hemsl.

## 2 方法

2.1 材料预处理 用自来水清洗样品表面泥土，去除须根部分和腐烂霉变部位，切成薄片，混合均匀，分成每份 1 000 g 的样品，按不同处理方法处理至恒重，备用，见表 1。

表 1 不同干燥工艺的处理方法

序号	干燥工艺	方法
1	40 °C 热风干燥	40 °C 恒温热风干燥至恒重
2	50 °C 热风干燥	50 °C 恒温热风干燥至恒重
3	60 °C 热风干燥	60 °C 恒温热风干燥至恒重
4	70 °C 热风干燥	70 °C 恒温热风干燥至恒重
5	80 °C 热风干燥	80 °C 恒温热风干燥至恒重
6	60~80 °C 变温干燥	60 °C 恒温热风干燥 12 h 后，80 °C 恒温热风干燥至恒重
7	80~60 °C 变温干燥	80 °C 恒温热风干燥 12 h 后，60 °C 恒温热风干燥至恒重
8	冷冻干燥	冷冻干燥至恒重
9	微波干燥	微波干燥至恒重
10	自然晒干	白天在阳光下自然晒干
11	阴干	放于室内通风处自然阴干

2.2 性状观察 用肉眼和直观感觉对干燥后的滇黄精饮片性状进行观察。

2.3 检测项目与方法 折干率、复水比参照文献 [14] 进行测定，总灰分、浸出物、黄精多糖含量参照 2020 年版《中国药典》一部黄精项下进行测定，皂苷、总黄酮、酚类含量参照文献 [15-16] 方法进行测定。

2.4 数据处理 采用 SPSS 17.0 和 Microsoft Office Excel 2010 软件进行分析，数据以 ( $\bar{x} \pm s$ ) 表示，同一类型、不同样品的相同指标采用 LSD 比较。 $P < 0.05$  表示差异具有统计学意义。

## 3 结果

3.1 不同干燥工艺对滇黄精饮片外观性状的影响 由图 1 可知，40 °C 热风干燥的滇黄精饮片外观泛白，质地精密坚硬；50、60、70、80 °C 热风干燥的饮片颜色偏浅棕黄色，中间收缩、凹陷、紧密，不易折断和粉碎。60~80、80~60 °C 变温干燥的饮片外观棕黄色，但颜色不均匀，大部分

样品可以明显看出局部有明显的深棕黄色，质地坚硬，不易折断和粉碎。冷冻干燥的饮片结构完整，保持了原有的色泽性状，切片表面呈黄白色，收缩均匀；内部结构疏松，易折断和粉碎。微波干燥的饮片颜色呈深棕色，收缩严重，质地坚硬，不易折断和粉碎。自然晒干和阴干的饮片外观差异较小，其颜色泛黄，轻微收缩，内部结构质地坚实，难折断和粉碎。

3.2 不同干燥工艺对滇黄精饮片理化指标的影响 不同干燥工艺处理的滇黄精饮片折干率、灰分、浸出物、复水比存在显著差异，见表 2。由此可知，折干率在 23.85%~26.71% 之间，以自然晒干饮片折干率最高；其次为阴干饮片；60~80 °C 热风变温干燥折干率最低。灰分含量在 1.89%~3.11% 之间，均达到 2020 年版《中国药典》要求（总灰分低于 4%），晒干饮片的灰分含量最低；60 °C 热风干燥饮片的灰分含量最高。浸出物含量在 79.46%~84.47% 之间，均达到 2020 年版《中国药典》要求（高于 45%），

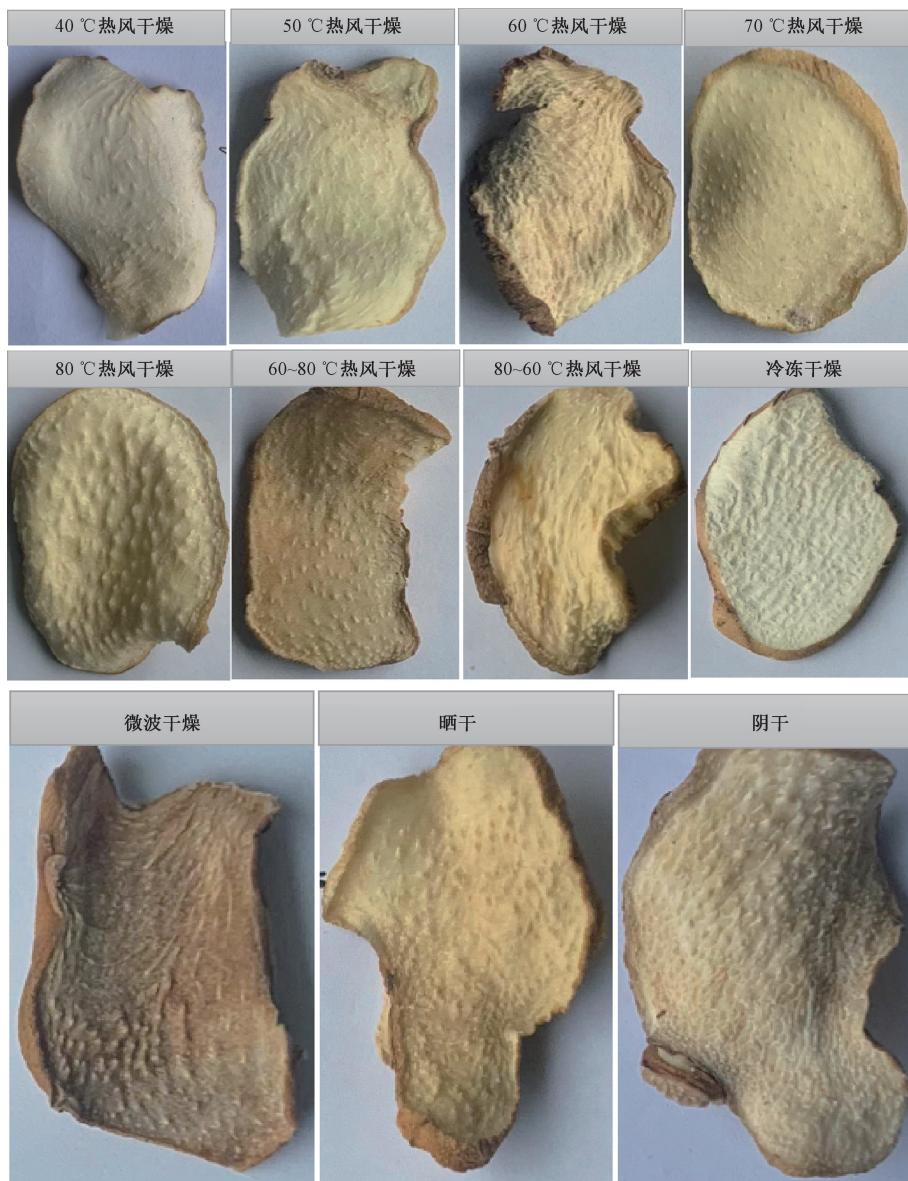


图1 不同干燥工艺滇黄精饮片的外观性状

冷冻干燥、80 °C热风干燥饮片的浸出物含量无显著差异，70 °C热风干燥饮片的复水比最高；80 °C热风干燥的饮片复水比最低，且显著性低于其他方法处理的饮片。于其他方法处理的饮片。复水比在1.966~4.025之间，

表2 不同干燥工艺的滇黄精饮片理化指标 ( $\bar{x} \pm s$ , n=3)

编号	处理工艺	折干率/%	灰分含量/%	浸出物含量/%	复水比
1	40 °C热风干燥	24.45	2.84±0.00 <sup>Cb</sup>	79.46±0.25 <sup>Ab</sup>	2.554±0.030 <sup>Dede</sup>
2	50 °C热风干燥	25.29	3.03±0.01 <sup>ABa</sup>	81.44±0.01 <sup>Aab</sup>	2.216±0.191 <sup>Efef</sup>
3	60 °C热风干燥	24.32	3.11±0.01 <sup>Aa</sup>	83.27±0.01 <sup>Aab</sup>	3.128±0.053 <sup>BCde</sup>
4	70 °C热风干燥	24.19	3.03±0.02 <sup>ABCa</sup>	82.62±0.39 <sup>Aab</sup>	4.025±0.033 <sup>Aa</sup>
5	80 °C热风干燥	24.90	2.28±0.03 <sup>Ed</sup>	84.43±0.08 <sup>Aa</sup>	1.966±0.072 <sup>Ff</sup>
6	60~80 °C变温干燥	23.85	2.62±0.04 <sup>Dc</sup>	80.23±0.11 <sup>Aab</sup>	3.743±0.047 <sup>ABab</sup>
7	80~60 °C变温干燥	25.04	2.39±0.02 <sup>Ed</sup>	81.08±0.14 <sup>Aab</sup>	3.038±0.120 <sup>CDc</sup>
8	冷冻干燥	24.53	3.04±0.01 <sup>Aa</sup>	84.47±0.08 <sup>Aa</sup>	3.318±0.028 <sup>BCbc</sup>
9	微波干燥	24.85	2.85±0.02 <sup>BCb</sup>	81.85±0.05 <sup>Aab</sup>	2.980±0.007 <sup>CDed</sup>
10	晒干	26.71	1.89±0.01 <sup>Fe</sup>	83.21±0.06 <sup>Aab</sup>	2.053±0.029 <sup>EFF</sup>
11	阴干	25.45	2.33±0.04 <sup>Ed</sup>	83.35±0.04 <sup>Aab</sup>	2.568±0.044 <sup>Dede</sup>

注：大写字母表示在0.01水平上有显著性差异，小写字母表示在0.05水平上有显著性差异。

3.3 不同干燥工艺对滇黄精饮片活性成分含量的影响 不同干燥工艺处理的滇黄精饮片多糖、皂苷、黄酮、酚类含量存在显著差异,见表3。由此可知,多糖含量在5.80%~10.40%之间,有9种方法处理的饮片达到2020年版《中国药典》的要求(黄精多糖含量不得少于7.0%)。其中,微波干燥饮片的多糖含量最高,其次为阴干饮片;冷冻干燥、80~60℃热风变温干燥饮片的多糖含量较低,未达到要求。皂苷含量在1.968%~4.428%之间,晒干、微波干燥、

70℃热风干燥饮片的皂苷含量均较高,且无显著性差异,以晒干饮片的含量最高,其次为70℃热风干燥、微波干燥饮片;40℃热风干燥饮片的皂苷含量最低。黄酮含量在0.286~0.590 mg/g之间,微波干燥饮片的黄酮含量最高,其次为阴干饮片;80~60℃热风变温干燥饮片的黄酮含量最低。酚类含量在0.015~0.085 mg/g之间,以微波干燥饮片的酚类含量最高,其次为阴干饮片;40、50℃热风干燥饮片的含量均最低。

表3 不同干燥工艺的滇黄精饮片化学成分含量( $\bar{x}\pm s$ , n=3)

编号	处理方法	多糖含量/%	皂苷含量/%	黄酮样含量/(mg·g <sup>-1</sup> )	酚类含量/(mg·g <sup>-1</sup> )
1	40℃热风干燥	8.79±0.13 <sup>ABCbc</sup>	1.968±0.118 <sup>Dc</sup>	0.353±0.015 <sup>CDEde</sup>	0.015±0.000 <sup>Eef</sup>
2	50℃热风干燥	8.79±0.13 <sup>ABCbc</sup>	4.073±0.041 <sup>ABa</sup>	0.368±0.015 <sup>CDed</sup>	0.015±0.005 <sup>Ef</sup>
3	60℃热风干燥	8.83±0.12 <sup>ABCbc</sup>	2.695±0.246 <sup>CDbc</sup>	0.312±0.003 <sup>EFfg</sup>	0.019±0.004 <sup>DEde</sup>
4	70℃热风干燥	7.90±0.19 <sup>CDed</sup>	4.178±0.0228 <sup>Aa</sup>	0.362±0.023 <sup>CDd</sup>	0.017±0.009 <sup>DEdef</sup>
5	80℃热风干燥	7.93±0.01 <sup>CDed</sup>	2.750±0.352 <sup>BCDbc</sup>	0.327±0.021 <sup>DEFef</sup>	0.031±0.023 <sup>Bb</sup>
6	60~80℃变温干燥	7.99±0.08 <sup>CDed</sup>	2.730±0.259 <sup>CDbc</sup>	0.343±0.017 <sup>DEdef</sup>	0.031±0.003 <sup>Bb</sup>
7	80~60℃变温干燥	6.98±0.12 <sup>DEd</sup>	3.608±0.005 <sup>ABCab</sup>	0.286±0.007 <sup>Fg</sup>	0.027±0.010 <sup>BCbc</sup>
8	冷冻干燥	5.80±0.12 <sup>Ee</sup>	3.940±0.008 <sup>ABCa</sup>	0.342±0.023 <sup>DEdef</sup>	0.015±0.009 <sup>Eef</sup>
9	微波干燥	10.40±0.08 <sup>Aa</sup>	4.105±0.021 <sup>Aa</sup>	0.590±0.016 <sup>Aa</sup>	0.085±0.010 <sup>Aa</sup>
10	晒干	8.07±0.15 <sup>BCDed</sup>	4.428±0.008 <sup>Aa</sup>	0.398±0.019 <sup>BCbc</sup>	0.022±0.004 <sup>CDed</sup>
11	阴干	9.60±0.03 <sup>ABab</sup>	3.959±0.065 <sup>ABCa</sup>	0.430±0.017 <sup>Bb</sup>	0.080±0.009 <sup>Aa</sup>

注:大写字母显示在0.01水平上有显著性差异,小写字母显示在0.05水平上有显著性差异。

3.4 不同干燥工艺处理的滇黄精饮片主要成分相关性分析 各评价指标的相关系数矩阵见表4,可知7个检测指标之间具有一定的相关性,其中酚类与多糖、黄酮之间的相关系数分别为0.604、0.754,黄酮与多糖的相关系数为0.689,皂苷与折干率的相关系数为0.501,复水比与折干

率的相关系数为-0.729。KMO和Bartlett球形度检验显示,11种不同干燥工艺处理的滇黄精饮片的7个指标之间存在不同程度的相关性,KMO值>0.05,Bartlett球形度检验的相伴概率P<0.05,进一步表明各成分之间存在相关性。

表4 不同干燥工艺处理的滇黄精饮片主要成分的相关系数矩阵

评价指标	折干率	复水比	浸出物含量	多糖含量	皂苷含量	黄酮含量	酚类含量
折干率	1.000						
复水比	-0.729	1.000					
浸出物含量	-0.084	0.147	1.000				
多糖含量	-0.058	-0.079	-0.155	1.000			
皂苷含量	0.501	-0.003	0.275	-0.059	1.000		
黄酮含量	0.234	-0.086	-0.128	0.689	0.359	1.000	
酚类含量	0.161	-0.100	-0.142	0.604	0.266	0.754	1.000

3.5 不同干燥工艺处理的滇黄精品质的综合评价 对不同干燥方式处理滇黄精饮片的折干率、复水比及浸出物、多糖、皂苷、黄酮、酚类含量进行因子降维分析,得到特征值和贡献率,见表5。由此可知,特征值大于1的有3种主成分,三者的方差累计率为81.49%(>80%),能够客观反映不同干燥工艺处理的滇黄精饮片的内在质量,故以这3种主成分对11种不同干燥工艺处理的滇黄精饮片品质进行综合评价。其中,第1主成分的方差贡献率为37.385%,有5个指标的特征向量值在0.5以上(表6),贡献量从大到小依次为黄酮>酚类>多糖>折干率;第2主成分的方差贡献率为24.885%,有2个指标的特征向量值在0.5以上,贡献量从大到小依次为复水比>多糖;第3主成分的方差贡献率为19.220%,有3个指标的特征向量值在0.5以上,贡献量从大到小依次为浸出物含量>皂苷>复水比。

表5 不同干燥工艺处理的滇黄精饮片的初始特征值与贡献率

成分	初始特征值			提取平方和载入		
	合计	方差/%	累积/%	特征值	方差/%	累积/%
1	2.617	37.385	37.385	2.617	37.385	37.385
2	1.742	24.885	62.270	1.742	24.885	62.270
3	1.345	19.220	81.490	1.345	19.220	81.490
4	0.703	10.048	91.537			
5	0.318	4.543	96.081			
6	0.176	2.513	98.594			
7	0.098	1.406	100.000			

根据初始特征值和特征向量,计算各主成分因子得分和综合得分,并对综合得分排序,确定滇黄精的最佳干燥

表6 各成分主成分特征向量

项目	第1主成分	第2主成分	第3主成分
折干率	0.504	-0.826	-0.100
复水比	-0.379	0.663	0.502
浸出物含量	-0.198	-0.141	0.758
多糖含量	0.698	0.522	-0.138
皂苷含量	0.434	-0.431	0.682
黄酮含量	0.894	0.251	0.138
酚类含量	0.840	0.283	0.081

表7 不同干燥工艺处理滇黄精饮片的主成分因子得分

编号	处理方法	F1	F2	F3	F	排序
1	40 °C热风干燥	-0.996 2	0.931 9	-2.147 4	-0.553 3	10
2	50 °C热风干燥	0.423 6	-0.925 9	-0.817 2	-0.229 1	5
3	60 °C热风干燥	-1.024 9	0.734 7	-0.256 9	-0.249 7	6
4	70 °C热风干燥	-1.045 7	0.865 9	2.435 9	0.292 7	3
5	80 °C热风干燥	-0.287 5	-0.977 5	0.088 6	-0.333 8	8
6	60~80 °C变温干燥	-1.021 2	1.677 1	-0.388 5	-0.039 1	4
7	80~60 °C变温干燥	-1.135 3	-0.662 3	-0.635 7	-0.711 5	11
8	冷冻干燥	-1.601 7	-0.541 5	1.227 8	-0.497 7	9
9	微波干燥	3.427 3	1.545 7	0.251 9	1.714 6	1
10	晒干	0.991 2	-2.740 6	0.037 3	-0.304 3	7
11	阴干	2.270 4	0.092 6	0.204 4	0.911 2	2

#### 4 讨论

本研究首次系统比较了梯度变温干燥对滇黄精品质的影响, 填补了传统热风工艺优化研究的空白。本研究发现, 微波干燥能显著提高多糖、黄酮和酚类物质的保留率, 可能与微波的快速脱水特性减少了热敏成分降解有关<sup>[17-18]</sup>, 但其高能输入导致饮片质地坚硬、复水比低, 影响后续煎煮或制剂加工效率, 这一结果与衡银雪<sup>[19]</sup>、刘勇<sup>[20]</sup>等研究结果一致。阴干法则通过低温缓慢脱水, 避免了高温引发的糖链断裂<sup>[21]</sup>, 其低能耗特性符合绿色加工趋势, 但长达7~10 d的干燥周期难以满足工业化生产需求。冷冻干燥虽能保持饮片结构完整, 但不利于多糖成分的保留, 这与前人关于“冷冻干燥有利于多糖保留”的研究结果不一致<sup>[22]</sup>, 可能是由于不同中药材饮片多糖结构不一致<sup>[23]</sup>。本研究还发现, 传统热风干燥中40、50、60 °C热风干燥对多糖保留具有特异性优势, 但低温延长干燥时长, 能耗高, 进而增加成本; 而适宜的温度(如70 °C)加速酶解反应促进皂苷元释放, 但过高温度(如80 °C)会导致皂苷侧链断裂<sup>[24]</sup>。此外, 皂苷保留率在自然晒干中达峰值, 其作用机制需进一步研究。值得注意的是, 80 °C热风干燥及变温干燥的酚类含量显著高于低温热风干燥, 其具体机制需结合细胞超微结构观察进一步阐明。

#### 5 结论

不同干燥工艺通过调控水分迁移速率与热作用强度, 显著影响滇黄精饮片的品质特性。微波干燥在活性成分保留方面表现卓越, 适用于以活性成分最大化为目标的高附加值产品(如提取物制备); 而阴干法展现了传统工艺的可持续性优势, 适合小型产地初加工及有机认证产品。工业化生产中, 70 °C热风干燥在综合活性成分保留与生产效率间达到最佳平衡, 可作为平衡效率与品质的优选方案, 适

方式, 见表7。不同干燥工艺处理的滇黄精饮片的综合得分差异较大, 表明11种不同干燥工艺处理的滇黄精品质差异较大, 其中微波干燥处理的滇黄精饮片综合得分最高, 品质最好, 40 °C热风干燥综合得分最低, 品质最差。不同方法处理的滇黄精的综合得分从高到低依次为微波干燥、阴干、70 °C热风干燥、60~80 °C变温干燥、晒干、50 °C热风干燥、60 °C热风干燥、80 °C热风干燥、冷冻干燥、80~60 °C变温干燥、40 °C热风干燥。

用于常规饮片规模化生产; 60 °C热风干燥则适用于多糖导向型产品; 冷冻干燥虽浸出物含量最高, 但多糖未达药典标准且能耗高昂, 暂不推荐作为主流工艺。本研究结果为滇黄精干燥工艺的精准调控提供了科学依据, 也为中药材低碳加工技术开发奠定了理论基础。

#### 参考文献:

- [1] 国家药典委员会. 中华人民共和国药典: 2020年版一部[S]. 北京: 中国医药科技出版社, 2020: 319-320.
- [2] 马慕稼. 炮制方法对黄精多糖成分和“补气养阴”功效相关药理作用的影响[D]. 杭州: 浙江中医药大学, 2019.
- [3] 杜青, 陈林, 贺炜, 等. 黄精多糖对RAW 264.7细胞活性及炎症因子TNF- $\alpha$ , IL-6, iNOS表达的影响[J]. 中成药, 2022, 44(8): 2676-2679.
- [4] 丛悦, 李莉, 关佳莉, 等. 黄精多糖对X射线辐射损伤小鼠外周血象及肠道菌群的影响研究[J]. 现代中药研究与实践, 2024, 38(1): 24-29.
- [5] Chen Z F, Luo J Y, Jia M J, et al. *Polygonatum sibiricum* saponin exerts beneficial hypoglycemic effects in type 2 diabetes mice by improving hepatic insulin resistance and glycogen synthesis-related proteins[J]. Nutrients, 2022, 14(24): 5222.
- [6] 翟玉凤, 丁兰, 余叶敏, 等. 黄精皂苷的化学成分、生物合成及药理作用研究进展[J]. 中国农学通报, 2024, 40(29): 21-30.
- [7] 李萌茹, 周玉枝, 杜冠华, 等. 中药黄酮类化合物抗衰老作用及其机制研究进展[J]. 药学学报, 2019, 54(8): 1382-1391.
- [8] 雍潘. 多花黄精的多糖提取、纯化、结构解析及活性研究[D]. 成都: 西南民族大学, 2019.
- [9] 陈林伟, 秦昆明, 朱艳汇, 等. 中药材产地加工的研究现状及展望[J]. 中国中药杂志, 2015, 40(4): 602-606.

- [10] 朱文学, 赵雅婷, 吴建章, 等. 根茎类中药材干燥技术与装备研究进展[J]. 中国农业大学学报, 2023, 28(1): 153-171.
- [11] 赖文, 杨利民, 韩佳宏, 等. 不同干燥方法对林下参品质的影响[J]. 中国野生植物资源, 2023, 42(2): 62-68.
- [12] 朱新焰, 丛琨, 石亚娜, 等. 不同初加工方法对黄精品质的影响研究[J]. 中国药房, 2019, 30(18): 2537-2541.
- [13] 刘怡菲. 不同干燥方式对黄精生理生化指标的影响[J]. 吉林林业科技, 2019, 48(4): 11-14.
- [14] Falade K O, Abbo E S. Air-drying and rehydration characteristics of date palm (*Phoenix dactylifera* L.) fruits[J]. *J Food Eng*, 2007, 79(2): 724-730.
- [15] 李玲, 杨玉玲, 黄玉玲, 等. 2种类型滇黄精生药学指标和化学成分动态分析[J]. 中成药, 2021, 43(6): 1548-1554.
- [16] 李玲, 黄玉玲, 杨玉玲, 等. 滇黄精不同部位理化指标与化学成分差异性研究[J]. 农学学报, 2021, 11(8): 70-75.
- [17] 李芷萍, 李占明, 吴雨凌, 等. 微波一步固化脱水多花黄精切片的植物化学成分、水分状态及形态研究[J]. 中国果菜, 2021, 41(6): 80-87.
- [18] Li R S, Tao A E, Yang R M, et al. Structural characterization, hypoglycemic effects and antidiabetic mechanism of a novel polysaccharides from *Polygonatum kingianum* Coll. et Hemsl[J]. *Biomed Pharmacother*, 2020, 131: 110687.
- [19] 衡银雪, 郑旭煦, 殷钟意, 等. 不同干燥方法对黄精干燥特性和品质的影响[J]. 食品工业科技, 2018, 39(7): 158-161; 167.
- [20] 刘勇, 徐娜, 陈骏飞, 等. 不同干燥方法对三七药材性状与内在结构及其品质的影响[J]. 中草药, 2019, 50(23): 5714-5723.
- [21] Fan B L, Wei G L, Gan X F, et al. Study on the varied content of *Polygonatum cyrtonema* polysaccharides in the processing of steaming and shining for nine times based on HPLC-MS/MS and chemometrics[J]. *Microchemical J*, 2020, 159: 105352.
- [22] Fan L P, Li J W, Deng K Q, et al. Effects of drying methods on the antioxidant activities of polysaccharides extracted from *Ganoderma lucidum*[J]. *Carbohydr Polym*, 2012, 87(2): 1849-1854.
- [23] 吴伟菁, 陈家凤, 赵海军, 等. 加工方式对黄精多糖的结构和活性影响的研究进展[J]. 食品工业科技, 2022, 43(17): 482-493.
- [24] 范天慈, 窦志英, 李捷, 等. 不同干燥方式对中药成分影响的研究进展[J]. 中国现代中药, 2021, 23(11): 2017-2024.

## 基于 UPLC-Q-Orbitrap/MS/MS 的搜风愈喘方成分分析及网络药理学研究

郑海涛<sup>1,2</sup>, 丁樱<sup>1,2</sup>, 闫永彬<sup>1,2\*</sup>, 宋纯东<sup>1,2</sup>, 张霞<sup>1,2</sup>, 陈文霞<sup>1,2</sup>, 张宇婧<sup>2</sup>, 任献青<sup>1,2\*</sup>  
(1. 河南中医药大学第一附属医院儿科医院, 河南郑州 450003; 2. 河南中医药大学儿科医学院, 河南郑州 450003)

**摘要:** 目的 分析搜风愈喘方化学成分, 并对其治疗哮喘的作用机制进行网络药理学研究。方法 采用 UPLC-Q-Orbitrap/MS/MS 技术对搜风愈喘方干浸膏及其含药血清进行成分鉴定, Xcalibur 软件进行数据采集和分析, 利用数据库信息对质谱峰进行指认, 并结合文献确定化合物的药理活性。结果 从干浸膏和含药血清中共鉴定出 25 个共有成分。网络药理学发现, 主要成分除了可靶向作用于哮喘外, 还可作用于消化系统、内分泌系统疾病; 分子对接结果显示有效成分与哮喘靶点之间的结合能力良好。结论 该方法可鉴定搜风愈喘方主要有效成分和入血成分, 搜风愈喘方通过“多成分-多靶点-多途径”发挥治疗哮喘的作用, 可为后续其作用机制研究提供参考。

**关键词:** 搜风愈喘方; 干浸膏; 含药血清; 成分分析; 药理作用; 网络药理学

中图分类号: R284.1

文献标志码: B

文章编号: 1001-1528(2025)12-4193-09

doi:10.3969/j.issn.1001-1528.2025.12.049

收稿日期: 2025-03-20

**基金项目:** 国家自然科学基金项目(81973903, 82174438); 河南省自然科学基金项目(232300420277); 河南省中医药科学专项课题(重点课题)(20-21ZY1002); 河南省中医药国家中医临床研究基地科研专项(2019JDZX2031); 河南省中医学“双一流”创建科学研究专项课题-青年骨干科技创新培育项目(HSRP-DFCTCM-2023-7-14)

**作者简介:** 郑海涛(1988—), 男, 博士, 主治医师, 从事中医药防治小儿肺系和脾系疾病的研究。Tel: (0371) 66242894, E-mail: zhenghaitaozz@163.com

\*通信作者: 闫永彬(1969—), 男, 博士, 主任医师, 教授, 博士生导师, 从事中医药防治小儿肺系和脾系疾病的研究。Tel: (0371) 66212322, E-mail: yanyongbin827@sina.com

任献青(1973—), 男, 博士, 教授, 主任医师, 博士生导师, 从事中医防治小儿肺系和免疫相关疾病的研究。E-mail: renxq723@163.com