DOI:10.13193/j.issn.1673-7717.2026.02.044

基于有效部位和特征成分不同炮制麦冬的质量研究

薛洋洁[1],田瀚举[1],乔俊昊[1],李运法[1],桑宏扬[1],龚海燕[1,2],杨春静[1,3],雷敬卫[1]
(1.河南中医药大学药学院,河南 郑州 450046;2.河南省中药质量控制与评价工程技术研究中心,河南 郑州 450046;3.河南中医药大学第三附属医院,河南 郑州 450046)

摘要:目的 考察不同炮制方式对麦冬中有效部位和特征成分的影响,辨认影响药性变化的主要成分。方法 制备不同产地麦冬鲜药、饮片、炒麦冬、米炒麦冬、酒炙麦冬的各批次样品,采用紫外-可见分光光度法(Ultraviolet-visible spectroscopy,UV-Vis),以总皂苷、总黄酮、总多糖类成分为有效部位,再采用高效液相色谱-蒸发光散射检测器法(High performance liquid chromatography-evaporative light scattering detection,HPLC-ELSD),以甲基麦冬黄烷酮A、甲基麦冬黄烷酮B、麦冬皂苷C、麦冬皂苷D、麦冬皂苷D'为特征性成分;二者结合进行多元统计学分析,探究影响麦冬炮制品质量和药性的关键因素。结果 不同批次麦冬炮制品虽然来自不同产地,但其经过不同炮制方法后,其含量变化规律较为一致。结论 初步判断麦冬炮制后寒凉性下降与黄酮类成分、皂苷类成分含量、种类变化相关。

关键词:麦冬;鲜药;不同炮制品;多元统计分析;中药药性;质量评价
中图分类号:R284.1 **文献标志码**:A **文章编号**:1673-7717(2026)02-0246-07

Quality Study of Different Processed Products of Maidong(Ophiopogonis Radix) Based on Active Parts and Characteristic Components

XUE Yangjie[1],TIAN Hanju[1],QIAO Junhao[1],LI Yunfa[1],SANG Hongyang[1],GONG Haiyan[1,2],YANG Chunjing[1,3],LEI Jingwei[1]
(1. College of Pharmacy,Henan University of Chinese Medicine,Zhengzhou 450046,Henan,China;
2. Henan Engineering Technology Research Center of Quality Control and Evaluation of Traditional Chinese Medicine,Zhengzhou 450046,Henan,China;
3. The Third Affiliated Hospital of Henan University of Chinese Medicine,Zhengzhou 450046,Henan,China)

Abstract:*Objective* To investigate the effects of different processing methods on the active parts and characteristic components of Maidong(Ophiopogonis Radix),and to identify the main components that affect the changes of medicinal properties. *Method* The samples of different regions of Maidong(Ophiopogonis Radix) fresh herbs,slices and processed products were prepared. The total saponins,total flavonoids and total polysaccharides were used as the effective parts by Ultraviolet-visible spectroscopy(UV-Vis) method. Then,methyl ophiopogon flavanone A,methyl ophiopogon flavanone B,Ophiopogon saponins C,Ophiopogon saponins D and Ophiopogon saponins D´were used as the characteristic components by High Performance Liquid Chromatography-Evaporative Light Scattering Detection(HPLC-ELSD). The two methods were combined for the multivariate statistical analysis to explore the key factors affecting the quality and drug properties of the processed products. *Result* Although different batches of processed products came from different origins,their content changes were relatively consistent after different processing methods. *Conclusion* It was preliminarily determined that the decrease of cold property after processing of Maidong(Ophiopogonis Radix) was related to the changes in the contents and types of flavonoids and saponins.

Keywords:Maidong(Ophiopogonis Radix);fresh herb;different processed products;multivariate statistical analysis;medicinal properties of traditional Chinese medicine;quality evaluation

麦冬为百合科植物麦冬 *Ophiopogon japonicus*(L. f.)Ker-Gawl.的干燥块根,多用治肺燥干咳、喉痹咽痛、阴虚痨嗽、津伤口渴、内热消渴、心烦失眠甚至肠燥便秘等症[1]。中药鲜用是中医药及民族药的一大特色,然而在实际应用中,由于鲜药贮存、运输不便等原因,大部分中药材以干燥后饮片或依据用途炮制入药。目前,《中华人民共和国药典》收载鲜药仅7种,各省市地方中药标准所载鲜药质量标准不足百种,然而,历代本草中记载鲜药入药者不胜枚举,近代研究也证实了药材鲜用药效与干用药效具有显著差异,随着研究的逐渐深入,其质量标准的建立刻不容缓。

古籍中记载,麦冬鲜药可"三捣三绞,……一法薄切用"[2],在1757年清代作者吴仪洛《本草从新》中有"入滋补药,酒润制其寒,或拌米炒黄"[3];除此之外尚有焙制、炒制法、

基金项目:河南省高等学校重点科研项目(24A360009);河南省本科高校大学生创新创业训练计划项目(202310471041)
作者简介:薛洋洁(1999-),女,山西运城人,硕士在读,研究方向:中药质量分析。
通讯作者:雷敬卫(1972-),男,河南郑州人,教授,硕士研究生导师,博士,研究方向:中药质量分析。E-mail:925390812@qq.com。
龚海燕(1980-),女,河南郑州人,副教授,硕士,研究方向:中药质量分析。E-mail:ghy_mz@163.com。

姜汁炒、糯米拌炒、糯米拌蒸、炒焦、辰砂拌、青黛拌等近 30 种炮制方法[4-10]。古籍对麦冬药材的炮制方法虽然记载颇多，但现代学者的研究却略有欠缺，仅有 2005 版《河南中药材炮制规范》有相关记载，酒炙麦冬更无相关中药饮片炮制规范记载。2020 版《中华人民共和国药典》一部“麦冬”项下仅规定[1]“夏季采挖，洗净，反复暴晒、堆置，至七八成干，除去须根，干燥”。酒制及拌米炒黄可入滋补药用，炒麦冬更可以起到益胃除烦的作用。可见麦冬经炮制后药效发生变化，生品性微甘味苦、寒；炮制后，性微寒近平，其功效改变可能与炮制过程中有效成分的增减变化相关。本研究采用紫外分光光度法麦冬鲜药、饮片、炒麦冬、米炒麦冬、酒炙麦冬进行质量分析研究，以总皂苷、总黄酮、总多糖类成分为指标性成分，探究其炮制加工过程中成分的变化，并结合体外抗氧化活性，综合评价不同炮制加工对药效药性的影响，为其质量评价及标准制定提供参考。

1 材料

1.1 仪器与试剂

高效液相色谱仪（型号：Agilent 1200，美国安捷伦科技有限公司）；紫外分光光度计（型号：UV-1800，翱艺仪器上海有限公司）；C_{18} 色谱柱（型号：Venusil 250 mm×4.6 mm，5 μm，天津博纳艾杰尔科技有限公司）；ELSD 检测器（型号：Alltech ELSD 2000ES，美国奥泰科技有限公司）；万分之一分析天平（型号：ME204E，梅特勒-托利多仪器有限公司）；十万分之一分析天平（型号：AB135-S，梅特勒-托利多仪器有限公司）；数控超声波清洗器（型号：KQ-700DB，昆山超声仪器有限公司）；电子恒温水浴锅（型号：HH-S6，巩义市予华仪器有限责任公司）；真空减压干燥箱（型号：DZF-6020，上海川宏实验仪器有限公司）；冷冻干燥机（型号：ST-10N-60A，山东三体仪器有限公司）；离心机（型号：TDZ5-WS，湖南湘仪实验室仪器开发有限公司）；空气源（型号：WSK-A，天津市津分分析仪器制造有限公司）；砂锅，电陶炉（型号：C22-CS03，苏泊尔集团有限公司）；原汁机（型号：NC-91220，韩国 NUC 电子公司）；酶标仪（型号：MULTISKAN FC，赛默飞世尔科技 ThermoFisher Scientific）；DPPH（批号：W27F10E251，上海源叶科技有限公司）；96 孔板（Costar 公司）。

D(+)-无水葡萄糖（批号：Y19F11J108，HPLC≥98%，上海源叶生物科技有限公司）；麦冬甲基黄烷酮 A（批号：MUST-21032315，HPLC>98%）、麦冬甲基黄烷酮 B（批号：MUST-21032304，HPLC>98%）均购自成都曼思特生物科技有限公司；芦丁（批号：230203，HPLC>98%）；鲁斯可皂苷元（批号：220307，HPLC>98%）；抗坏血酸（批号：C12995301；上海麦克林生化科技股份有限公司）；水杨酸，$FeSO_4 \cdot 7H_2O$（分析纯，上海阿拉丁生物科技股份有限公司）。

甲醇（色谱纯，美国 Tedia 公司）；正丁醇、甲醇、无水乙醇（分析纯，天津市富宇化学试剂厂）；氨水、硝酸铝（分析纯，上海阿拉丁生化科技股份有限公司）；亚硝酸钠（上海麦克林生化科技股份有限公司）；苯酚（分析纯，天津市恒兴化学试剂制造有限公司）；高氯酸、浓硫酸（分析纯，烟台市双双化工有限公司）；黄酒（浙江古越龙山绍兴酒股份有限公司）；大米；娃哈哈纯净水；屈臣氏蒸馏水。

1.2 药材

麦冬药材由河南中医药大学第三附属医院提供，采集自浙江省萧山、杭州、慈溪、余姚等地，共计 16 个批次。经河南中医药大学陈随清教授鉴定为百合科植物麦冬 *Ophiopogon japonicus*（L. f）Ker-Gawl 的新鲜块根。处理方法如下：将鲜麦冬洗净，晾干，置于-40 ℃冰箱冷冻，再将样品置真空冷冻干燥机中，冻干温度-40 ℃，真空度（10±5）Pa，冷冻干燥 72 h，干燥过后将其粉碎，过 4 号筛，置于密闭的干燥容器中备用。

麦冬洗净，反复暴晒、堆置，至七八成干，除去须根，干燥后得麦冬生品[1]。取麦冬生品，置炒锅内，用文火炒至表面微黄，略见焦斑，具焦香气后取出放凉。取麦冬生品，加黄酒 10% 拌匀，浸润，至黄酒被充分吸收后置炒锅内文火炒干，取出放凉；米炒麦冬制法为，取相当于麦冬总重 10% 的大米，置于炒锅内用文火炒至大米表面呈现焦黄色时倒入麦冬，继续用文火炒至麦冬表面黄色或出现焦斑，取出后放凉，筛去米即可[11-12]。上述样品均粉碎，分别过 4 号筛贮藏备用，具体样品信息见表 1。

表 1 样品信息

产地	鲜药	饮片	炒麦冬	米炒麦冬	酒炙麦冬
萧山	S1	YP1	FP1	RP1	WP1
萧山	S2	YP2	FP2	RP2	WP2
萧山	S3	YP3	FP3	RP3	WP3
萧山	S4	YP4	FP4	RP4	WP4
杭州	S5	YP5	FP5	RP5	WP5
杭州	S6	YP6	FP6	RP6	WP6
杭州	S7	YP7	FP7	RP7	WP7
杭州	S8	YP8	FP8	RP8	WP8
慈溪	S9	YP9	FP9	RP9	WP9
慈溪	S10	YP10	FP10	RP10	WP10
慈溪	S11	YP11	FP11	RP11	WP11
慈溪	S12	YP12	FP12	RP12	WP12
余姚	S13	YP13	FP13	RP13	WP13
余姚	S14	YP14	FP14	RP14	WP14
余姚	S15	YP15	FP15	RP15	WP15
余姚	S16	YP16	FP16	RP16	WP16

2 方法与结果

2.1 UV-Vis 法测定指标性成分含量

2.1.1 对照品溶液制备 精密称取 D-无水葡萄糖对照品，加水制成浓度为 1.010 4 mg/mL 的对照品溶液；精密称取芦丁对照品，加 80% 乙醇制成浓度为 1.920 7 mg/mL 的对照品溶液；精密称取鲁斯可皂苷元对照品，加甲醇制成浓度为 0.056 8 mg/mL 的对照品溶液。

2.1.2 含量测定方法 （1）总多糖含量测定方法：本实验采用硫酸-苯酚法测定多糖含量。精密称定药材样品 3.000 g，置于索氏提取器内，加无水乙醇 80 mL，提取 2 h，取出，挥干溶剂，加水 30 mL，水浴回流 2 h，过滤，取续滤液 20 mL 溶液，加无水乙醇至 80%，醇沉过夜，离心，弃去上层液体，加水 50 mL 溶解，取 1 mL 定容至 100 mL，取 1 m L，加 5% 苯酚 1 mL，浓硫酸 5 mL，热水浴 20 min 后立即取出，置于冰水中冰水浴 10 min，以相应空白为参照，于波长 490 nm 处测量吸光度，使用标准曲线法计算样品多糖含量[13]。

（2）总黄酮含量测定方法：精密称定药材样品 3.000 g，加 80% 乙醇 50 mL，称定重量，回流提取 1.5 h，放冷，补足重量，滤过，取滤液 2 mL，加 5% 亚硝酸钠 0.5 mL，反应 6 min，加入 10% 硝酸铝溶液 0.5 mL，反应 6 min，加入 4% NaOH 溶液 5

mL,摇匀,定容,静置反应 12 min 后,以相应空白为参照于波长 508 nm 处测量吸光度,使用标准曲线法计算样品含量[11,14-15]。

(3)总皂苷含量测定方法:精密称定药材样品 3.000 g,加甲醇 50 mL 回流提取 2 h,滤过,取滤液 25 mL,蒸干,加水 10 mL 溶解,用水饱和正丁醇溶液萃取 5 次,每次 10 mL,合并溶液,用氨水洗涤 2 次,每次 5 mL,合并溶液,蒸干,加 80% 甲醇定容至 50 mL,取 1 mL,加 10 mL 高氯酸溶液,热水浴 15 mL,冰水浴 5 mL,以相应空白为参照,于波长 397 nm 处测量吸光度[1,16]。

2.1.3 含量测定方法学考察 (1)线性关系考察:分别精密移取 2.1.1 项下不同体积的 D-无水葡萄糖、芦丁、鲁斯可皂苷元对照品溶液,按 2.1.2 项下各成分含量测定方法测定吸光度,以吸光度为纵坐标,对照品浓度为横坐标,分别计算得标准曲线,各成分吸光度值在其浓度范围呈现良好的线性关系,线性考察结果见表 2。

表 2 UV-Vis 法线性关系考察结果

对照品	回归方程	R^2	线性范围/(mg/mL)
D-无水葡萄糖	y=7.394 1x-0.004 3	0.999 4	0.010 104~0.101 04
芦丁	y=0.077 8x+0.000 4	0.999 6	0.000 96~0.004 8
鲁斯可皂苷元	y=3.347 1x-0.004 2	0.999 4	0.028 4~0.170 4

(2)精密度、稳定性、重复性:随机抽取样品 1 份,分别照 2.1.2 项下各方法连续测定 6 次,测定吸光度,计算各主成分吸光度 RSD 值,记录结果,总多糖、总黄酮、总皂苷 RSD 值分别为 0.11%、0.18%、0.30%,表明仪器精密度良好。

随机抽取样品 1 份,室温下放置,分别照 2.1.2 项下各方法,每隔 0.5 h 测定 1 次吸光度,计算各主成分吸光度 RSD 值,记录结果,在 3 h 内总多糖、总黄酮、总皂苷 RSD 值分别为 0.45%、0.47%、1.01%,表明供试品溶液在 3 h 内稳定性较好。

随机抽取某个批次的样品,分别照 2.1.2 项下各方法平行制备 6 份样品,测定吸光度,计算各主成分吸光度 RSD 值,记录结果,总多糖、总黄酮、总皂苷 RSD 值分别为 0.12%、1.59%、2.07%。表明该方法重复性良好。

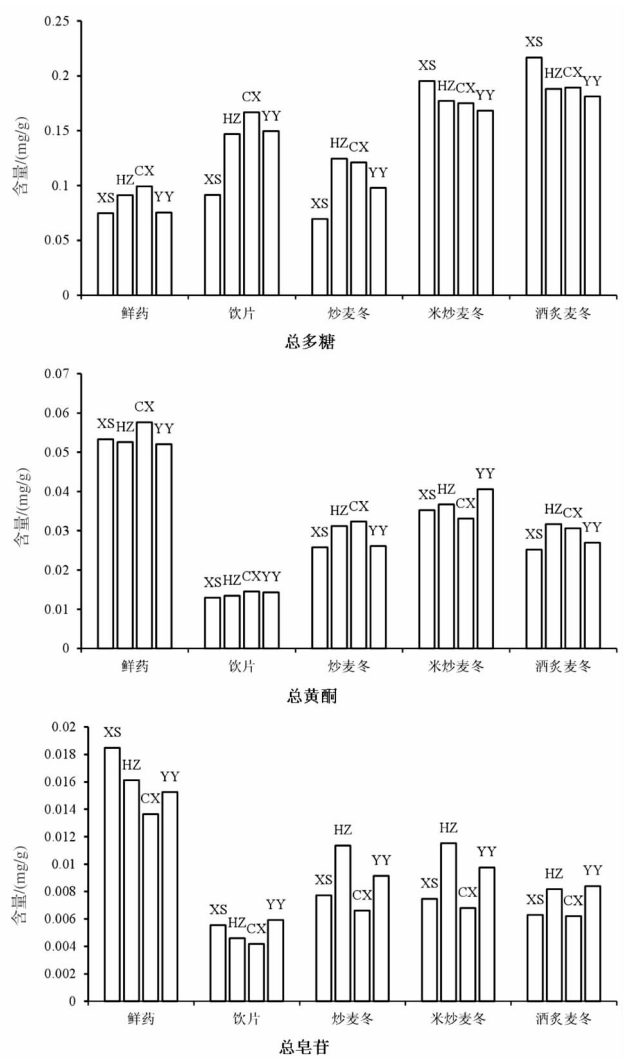
(3)加样回收率:取同一批次样品 6 份,分 3 组,按照2.1.2 项下 3 个方法分别制备供试品溶液,测定其含量,并加入配制好的标准品溶液,测得样品 3 个成分的平均加样回收率为 98.63%、99.71%、98.87%,均在范围 90%~110% 之内,RSD 值为 2.82%、2.78%、2.76%,均小于 3%,表明该方法准确可靠。结果见表 3。

2.1.4 含量测定结果 精密称取各批次样品,分别按照2.1.2 项下 3 种方法制备供试品溶液,分别测定各指标性成分含量,平行测定 3 次,取平均值,计算总多糖、总黄酮、总皂苷含量,各批次含量测定结果按产地和炮制方法取平均值,计算结果见图 1。

2.1.5 麦冬炮制前后 3 种有效部位含量变化 对测定结果进行统计,浙江不同产地麦冬鲜药、麦冬饮片、炒麦冬、米炒麦冬、酒炙麦冬的总多糖类成分范围分别为 0.069 1~0.105 6 mg/g、0.062 0~0.197 5 mg/g、0.029 6~0.150 6 mg/g、0.123 2~0.219 5 mg/g、0.137 0~0.249 6 mg/g;总黄酮类成分范围分别为 0.050 6~0.061 7 mg/g、0.011 7~0.017 8 mg/g、0.022 3~0.036 5 mg/g、0.030 4~0.041 4 mg/g、0.023 3~0.032 8 mg/

表 3 UV-Vis 法加样回收率实验结果

成分	称样量/(g)	样品含量/(mg)	对照品加入量/(mg)	测得量/(mg)	回收率/(%)	平均回收率/(%)	RSD/(%)
总多糖	3.000 4	0.180 0	1.010 4	1.159 7	96.97	98.63	2.82
	3.000 1	0.155 6	1.010 4	1.117 1	95.16		
	3.000 9	0.155 0	1.010 4	1.163 9	99.86		
	3.000 6	0.124 9	1.010 4	1.121 9	98.68		
	3.000 3	0.149 5	1.010 4	1.193 2	103.30		
	3.000 6	0.164 8	1.010 4	1.152 9	97.80		
总黄酮	3.000 2	0.015 9	1.920 0	1.977 3	102.16	99.71	2.78
	3.000 6	0.013 5	1.920 0	1.892 0	97.84		
	3.000 1	0.012 3	1.920 0	1.931 2	99.94		
	3.000 3	0.014 3	1.920 0	1.994 6	103.14		
	3.000 6	0.014 4	1.920 0	1.849 8	95.59		
	3.000 2	0.013 3	1.920 0	1.925 2	99.58		
总皂苷	3.000 6	0.005 3	0.056 8	0.062 3	100.46	98.87	2.76
	3.000 4	0.006 8	0.056 8	0.063 1	99.11		
	3.000 2	0.005 9	0.056 8	0.062 6	99.79		
	3.000 0	0.004 4	0.056 8	0.058 6	95.50		
	3.000 5	0.003 7	0.056 8	0.061 9	102.51		
	3.000 8	0.004 4	0.056 8	0.058 8	95.83		



注:萧山产区为 XS;杭州产区为 HZ;慈溪产区为 CX;余姚产区为 YY。

图 1 UV-Vis 法不同炮制品含量均值

g;总皂苷类成分范围分别为 0.013 5 ~ 0.018 6 mg/g、0.003 3 ~ 0.006 9 mg/g、0.006 3 ~ 0.013 7 mg/g、0.005 9 ~ 0.018 5 mg/g、0.005 5 ~ 0.009 2 mg/g。

2.2 HPLC - ELSD 法测定指标性成分含量

2.2.1 对照品溶液制备 精密称取麦冬皂苷 C、麦冬皂苷 D、麦冬皂苷 D'、甲基麦冬黄烷酮 A、甲基麦冬黄烷酮 B 对照品适量,加甲醇制成浓度为 0.140 7、0.300 2、0.161 2、0.140 1、0.151 0 mg/mL 对照品溶液。精密称取 D - 无水葡萄糖对照品,加水制成浓度为 1.010 4 mg/mL 的对照品溶液;精密称取芦丁对照品,加 80% 乙醇制成浓度为 1.920 7 mg/mL 的对照品溶液;精密称取鲁斯可皂苷元对照品,加甲醇制成浓度为 0.056 8 mg/mL 的对照品溶液。上述溶液配制完成后置于 -4 ℃冰箱内备用。

2.2.2 含量测定方法 (1) 供试品溶液制备:精密称定药材样品 3.000 g,加甲醇 50 mL,超声 60 min,滤过,取续滤液,蒸干,使用 80% 甲醇溶解,定容至 5 mL 即得。

(2) 色谱条件:使用 HPLC - ELSD 法测定。流动相:乙腈(A) - 水(B)梯度洗脱,梯度洗脱程序:0 ~ 20 min,25% A ~ 40% A;20 ~ 50 min,40% A ~ 45% A;50 ~ 55 min,45% ~ 50% A;55 ~ 70 min,50% ~ 65% A,流速 1 mL/min,柱温 30 ℃,进样量 20 μL。ELSD 气体流速 1.6 L/min,空气,信号放大倍数1 gain。

2.2.3 含量测定方法学考察 (1) 线性关系考察:分别精密吸取 2.2.1 项下甲基麦冬黄烷酮 A、甲基麦冬黄烷酮 B、麦冬皂苷 C、麦冬皂苷 D、麦冬皂苷 D' 对照品溶液,稀释后配成不同浓度,按照 2.2.3 项下色谱条件进样,以浓度为横坐标,峰面积为纵坐标,绘制标准曲线,线性考察结果见表 4。

表 4 HPLC - ELSD 法线性关系考察结果

对照品	回归方程	R^2	线性范围/(mg/mL)
A	y = 585 132x - 1 390.6	0.999 0	0.002 8 ~ 0.014 0
B	y = 607 515x - 826.29	0.999 2	0.001 5 ~ 0.012 0
C	y = 5 306 206x - 2 663.1	0.999 0	0.000 7 ~ 0.003 5
D	y = 740 530x - 2346	0.999 2	0.006 0 ~ 0.030 0
D'	y = 837 597x - 2028.5	0.999 1	0.003 2 ~ 0.016 0

注:A:麦冬甲基黄烷酮 A,B:麦冬甲基黄烷酮 B,C:麦冬皂苷 C,D:麦冬皂苷 D,D':麦冬皂苷 D'。

(2) 精密度、稳定性、重复性:随机取抽取样品一份,照 2.2.2项下制备供试品溶液,照 2.2.3 项下含量测定方法连续进样 6 次,计算得到麦冬甲基黄烷酮 A、麦冬甲基黄烷酮 B、麦冬皂苷 C、麦冬皂苷 D、麦冬皂苷 D' 峰面积 RSD 分别为 2.41%、1.44%、1.63%、0.35%、0.93%,均小于 3%,表明仪器精密度良好。

随机取抽取样品 1 份,照 2.2.2 项下制备供试品溶液,照 2.2.3 项下含量测定方法分别于 0、2、4、6、8、12、24 h 进样,计算得到麦冬甲基黄烷酮 A、麦冬甲基黄烷酮 B、麦冬皂苷 C、麦冬皂苷 D、麦冬皂苷 D' 峰面积 RSD 值分别 1.33%、0.33%、0.98%、3.90%、1.92%,均小于 5%,表明该方法稳定性良好。

随机抽取样品 1 份,照 2.2.2 项下分别制备 6 份供试品溶液,照 2.2.3 项下含量测定方法进样,计算得到麦冬甲基黄烷酮 A、麦冬甲基黄烷酮 B、麦冬皂苷 C、麦冬皂苷 D、麦冬皂苷 D' 成分含量 RSD 值分别为 2.75%、1.83%、1.61%、1.55%、0.94%,均小于 3%,表明该方法重复性良好。

(3) 加样回收率:随机抽取同一批次样品 6 份,分 5 组,照 2.3.1 项下制备供试品溶液,并加入配置好的标准品溶液,照 2.3.2 项下含量测定方法进样,测定其含量,计算得到麦冬甲基黄烷酮 A、麦冬甲基黄烷酮 B、麦冬皂苷 C、麦冬皂苷 D、麦冬皂苷 D' 含量平均回收率分别为 98.50%、100.36%、99.44%、99.43%、99.79%,均在范围 90% ~ 110% 之内,RSD 分别为 0.92%、2.26%、1.60%、2.20%,均小于 3%,表明该方法重复性良好。加样回收率实验结果见表 5。

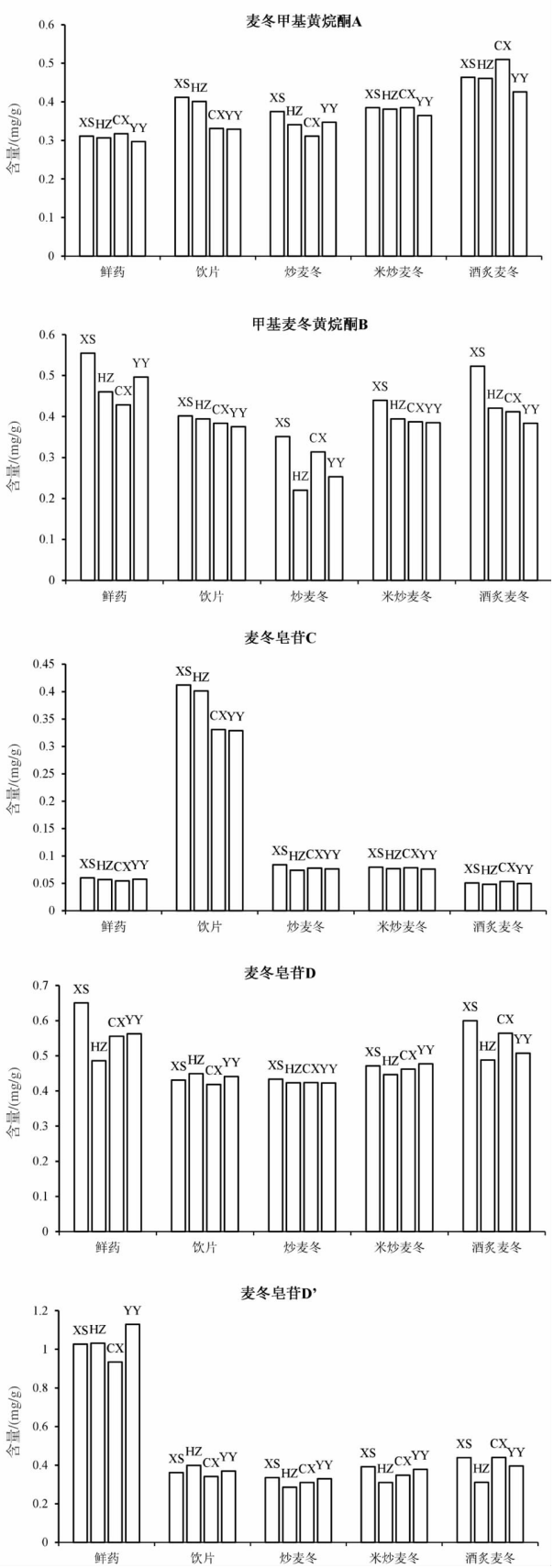
表 5 HPLC - ELSD 法加样回收率实验结果

成分	称样量/(g)	样品含量/(mg)	对照品加入量/(mg)	测得量/(mg)	回收率/(%)	平均回收率/(%)	RSD/(%)
A	3.000 5	0.443 4	0.140 0	0.581 7	98.78	98.50	0.92
	3.000 5	0.450 9	0.140 0	0.590 3	99.58		
	3.000 3	0.413 6	0.140 0	0.550 1	97.50		
	3.000 4	0.459 7	0.140 0	0.596 0	97.38		
	2.999 8	0.423 1	0.140 0	0.562 0	99.26		
	3.000 4	0.429 9	0.140 0	0.567 8	98.48		
B	3.000 2	0.342 2	0.150 0	0.495 1	101.93	100.36	2.26
	3.000 1	0.405 6	0.150 0	0.558 5	101.91		
	3.000 4	0.364 9	0.150 0	0.514 8	99.92		
	3.000 4	0.349 2	0.150 0	0.497 1	98.62		
	3.000 3	0.382 7	0.150 0	0.537 0	102.83		
	3.000 2	0.398 3	0.150 0	0.543 7	96.97		
C	3.000 2	0.077 8	0.140 0	0.213 4	96.86	99.44	2.66
	3.000 7	0.087 6	0.140 0	0.224 1	97.54		
	3.000 2	0.086 4	0.140 0	0.223 8	98.09		
	3.000 4	0.084 8	0.140 0	0.223 5	99.09		
	3.000 3	0.085 6	0.140 0	0.231 1	103.90		
	3.000 6	0.083 7	0.140 0	0.225 3	101.17		
D	3.000 2	0.517 5	0.300 0	0.807 6	96.70	99.43	1.60
	3.000 5	0.559 3	0.300 0	0.859 0	99.89		
	3.000 1	0.465 0	0.300 0	0.766 6	100.53		
	3.000 3	0.449 2	0.300 0	0.744 3	98.37		
	3.000 2	0.536 8	0.300 0	0.837 6	100.26		
	3.000 4	0.516 2	0.300 0	0.818 6	100.82		
D'	3.000 3	0.416 6	0.160 0	0.582 2	103.51	99.79	2.20
	3.000 1	0.388 7	0.160 0	0.550 0	100.84		
	3.000 6	0.393 4	0.160 0	0.549 0	97.26		
	3.000 5	0.397 9	0.160 0	0.555 5	98.55		
	3.000 1	0.421 7	0.160 0	0.581 6	99.94		
	3.000 2	0.387 4	0.160 0	0.545 2	98.66		

注:A:麦冬甲基黄烷酮 A,B:麦冬甲基黄烷酮 B,C:麦冬皂苷 C,D:麦冬皂苷 D,D':麦冬皂苷 D'。

2.2.4 含量测定结果 精密称取各批次样品,分别按照 2.2.2、2.2.3 项下方法制备供试品溶液,分别测定各指标性成分含量,平行测定 3 次,取平均值,计算麦冬甲基黄烷酮 A、麦冬甲基黄烷酮 B、麦冬皂苷 C、麦冬皂苷 D、麦冬皂苷 D' 成分含量,各批次含量测定结果按产地和炮制方法取平均值,计算结果见图 2。

2.2.5 麦冬炮制前后五种特征成分含量变化 对测定结果进行统计,浙江不同产地麦冬鲜药、麦冬饮片、炒麦冬、米炒麦冬、酒炙麦冬的麦冬甲基黄烷酮 A 含量范围分别为 0.244 4 ~ 0.375 3 mg/g、0.276 3 ~ 0.459 7 mg/g、0.209 8 ~ 0.442 5 mg/g、0.302 7 ~ 0.446 0 mg/g、0.394 0 ~ 0.535 2 mg/g;麦冬甲基黄烷酮 B 范围分别为 0.287 4 ~ 0.626 4 mg/g、0.342 2 ~ 0.465 9



注:萧山产区为 XS;杭州产区为 HZ;慈溪产区为 CX;余姚产区为 YY。

图 2 HPLC - ELSD 法不同炮制品含量均值

mg/g、0.184 2 ~ 0.393 6 mg/g、0.357 1 ~ 0.484 3 mg/g、0.252 9 ~ 0.591 5 mg/g;麦冬皂苷 C 范围分别为 0.049 5 ~ 0.065 5 mg/g、0.069 4 ~ 0.094 4 mg/g、0.067 4 ~ 0.087 6 mg/g、0.064 3 ~ 0.082 6 mg/g、0.046 2 ~ 0.055 5 mg/g;麦冬皂苷 D 范围分别为 0.424 8 ~ 0.753 5 mg/g、0.389 7 ~ 0.552 9 mg/g、0.335 0 ~ 0.570 6 mg/g、0.388 7 ~ 0.536 8 mg/g、0.429 2 ~ 0.623 1 mg/g;麦冬皂苷 D' 范围分别为 0.845 5 ~ 1.225 3 mg/g、0.337 8 ~ 0.416 6 mg/g、0.240 8 ~ 0.36 46 mg/g、0.286 8 ~ 0.410 0 mg/g、0.253 7 ~ 0.470 5 mg/g。

2.3 含量统计学分析

2.3.1 熵值法结合 CRITIC 权重法评价药物质量 熵值法作为一种客观赋值法,可以对所分析元素进行赋值,熵值(Entropy)是一种物理计量单位,信息携带信息熵越大,说明该元素越混乱,携带的信息越少,其效用值越小,权重也随之减小,因此可以使用熵值法对所提供信息中含有的元素进行权重[17]。

CRITIC 权重法是一种客观赋权法[18]。其核心在于对数据的强度和冲突性指标这两项指标的应用。其强度的对比使用标准差进行诠释,即数据标准差越大,则说明数据之间的波动越大,权重会越高;冲突性则使用相关系数进行表示,若指标之间的相关系数值越大,则说明冲突性越小,其权重也就越低。对比强度与冲突性指标相乘计算数据权重,并且进行归一化处理,即得到最终的权重[19-20]。

将总多糖、总黄酮、总皂苷、麦冬甲基黄烷酮 A、麦冬甲基黄烷酮 B、麦冬皂苷 C、麦冬皂苷 D、麦冬皂苷 D' 含量(下称 8 种成分含量信息)信息导入 SPSS 22.0 统计软件进行分析,首先进行无量纲化处理,然后分别计算各成分信息熵及权重。熵值结果见表 6,排序见图 3。CRITIC 权重计算结果见表 7,排序见图 4。

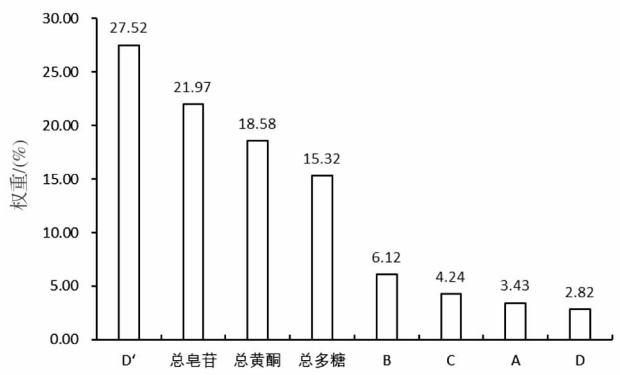
表 6 各成分信息熵权重

成分	信息熵值 e	信息效用值 d	权重系数 w
A	0.996 3	0.003 7	3.43%
B	0.993 4	0.006 6	6.12%
C	0.995 4	0.004 6	4.24%
D	0.997 0	0.003 0	2.82%
D'	0.970 5	0.029 5	27.52%
总多糖	0.983 6	0.016 4	15.32%
总皂苷	0.976 4	0.023 6	21.97%
总黄酮	0.980 1	0.019 9	18.58%

注:A:麦冬甲基黄烷酮 A,B:麦冬甲基黄烷酮 B,C:麦冬皂苷 C,D:麦冬皂苷 D,D':麦冬皂苷 D'。

由熵值法计算可知,所选 8 种指标性成分中,麦冬皂苷 D' 的权重值最高,其次为总皂苷、总黄酮、总多糖。CRITIC 权重计算结果显示,麦冬皂苷 D' 权重值最高,其次为麦冬甲基黄烷酮 B、A、麦冬皂苷 D。上述结果提示麦冬皂苷 D' 在针对麦冬炮制品所建立的质量标准中可以考虑作为核心指标性成分,并围绕该成分建立评价体系。

2.3.2 因子分析 将 8 种成分含量信息数据导入 SPSS 22.0 统计软件进行因子分析,并进行 Bartlett 球形度检验,结果为 KMO 为 0.720,大于 0.6,满足因子分析的前提要求,意味着数据可用于因子分析研究。以及数据通过 Bartlett 球形度检验($P<0.05$),说明研究数据适合进行因子分析,使用最大方差法旋转矩阵。结果见表 8、表 9,碎石图见图 5。



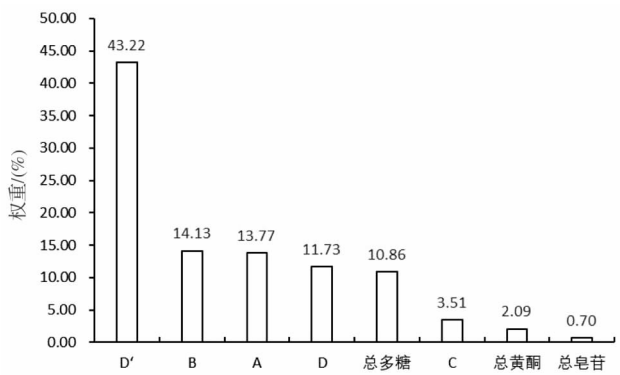
注:A:麦冬甲基黄烷酮 A,B:麦冬甲基黄烷酮 B,C:麦冬皂苷 C,D:麦冬皂苷 D,D':麦冬皂苷 D'。

图 3 熵值法计算成分权重

表 7 CRITIC 权重计算结果

成分	指标变异性	指标冲突性	信息量	权重
A	0.068	7.547	0.512	13.77%
B	0.095	5.548	0.525	14.13%
C	0.014	9.484	0.130	3.51%
D	0.081	5.381	0.436	11.73%
D'	0.276	5.827	1.607	43.22%
总多糖	0.052	7.758	0.404	10.86%
总皂苷	0.004	5.920	0.026	0.70%
总黄酮	0.013	5.750	0.078	2.09%

注:A:麦冬甲基黄烷酮 A,B:麦冬甲基黄烷酮 B,C:麦冬皂苷 C,D:麦冬皂苷 D,D':麦冬皂苷 D'。



注:A:麦冬甲基黄烷酮 A,B:麦冬甲基黄烷酮 B,C:麦冬皂苷 C,D:麦冬皂苷 D,D':麦冬皂苷 D'。

图 4 CRITIC 法计算权重

表 8 方差解释率

因子	特征根	方差解释率/(%)	累积/(%)
1	3.690	46.125	46.125
2	1.977	24.712	70.837

表 9 旋转前后方差解释率

因子编号	旋转前方差解释率			旋转后方差解释率		
	特征根	方差解释率/(%)	累积/(%)	特征根	方差解释率/(%)	累积/(%)
1	3.690	46.125	46.125	3.012	37.650	37.650
2	1.977	24.712	70.837	2.655	33.188	70.837

由上述图表可知,因子分析一共提取出 2 个因子,特征根值均大于 1,此 2 个因子旋转后的方差解释率分别是 37.650%,33.188%,旋转后累积方差解释率为 70.837%。使用最大方差旋转方法(Varimax)进行旋转,以便找出因子和研究项的对应关系,由表 10 可知:所有研究项对应的共同度值均高于 0.4,意味着 8 种成分之间有着较强统计学相关性,因子分析可以有效地提取出信息,进一步验证所选指标性成分的科学性。

表 10 旋转后因子载荷系数

成分	因子载荷系数		共同度(公因子方差)
	因子 1	因子 2	
A	0.243	−0.837	0.760
B	0.740	0.020	0.549
C	−0.787	0.070	0.625
D	0.834	−0.027	0.697
D'	0.650	0.673	0.875
总多糖	0.109	−0.780	0.621
总皂苷	0.508	0.703	0.752
总黄酮	0.630	0.626	0.789

注:A:麦冬甲基黄烷酮 A,B:麦冬甲基黄烷酮 B,C:麦冬皂苷 C,D:麦冬皂苷 D,D':麦冬皂苷 D'。

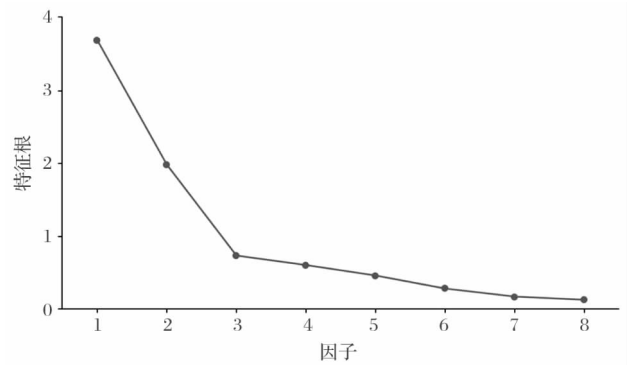


图 5 成分因子碎石图

3 分析讨论

实验前期对紫外分光光度法 HPLC 含量测定方法测量总黄酮、总多糖、总皂苷实验条件的考察,对于不同的取样量,提取方式、提取时间、显色剂加入量、反应时间、反应温度及检测波长范围等进行了考察,最终确定 2.1 项和 2.2 项下各检测方法,检测结果较为稳定,干扰较少,故选择上述条件作为含量测定方法。

通过含量测定可以发现,不同批次麦冬炮制品虽然来自于不同产地,但其经过不同炮制方法后,其含量变化规律较为一致。对于总多糖成分:酒炙 > 米炒 > 饮片 > 炒制 > 鲜药;总皂苷类成分:鲜药 > 米炒≥炒制 > 饮片 > 酒炙;总黄酮成分:鲜药 > 米炒≥炒制 > 饮片 > 酒炙;麦冬甲基黄烷酮 A:酒炙 > 米炒≥饮片≥炒制 > 鲜药;麦冬甲基黄烷酮 B:鲜药 > 酒炙 > 米炒 > 饮片 > 炒制;麦冬皂苷 C:米炒≥饮片≥炒制 > 酒炙≥鲜药;麦冬皂苷 D:鲜药≥酒炙 > 米炒≥炒制≥饮片;麦冬皂苷 D':鲜药 > 酒炙≥米炒≥炒制≥饮片。

麦冬药材鲜药干燥过程中成分损失较大,炮制过程中损失较小。该现象可能是由于鲜药冷冻干燥过程中以及炒制的过程中多糖类成分结构被破坏,致使其含量低于阴干后饮片,曾有报道显示传统阴干法相较于冷冻干燥及微波干燥中总多糖含量较高[21],而其余单体类成分由于受到该因素影响较小,因

此含量保留量较高。米炒和酒炙两种方式由于使用了辅料，且黄酒以及大米中含有较高的糖类物质，因此呈现出酒炙、米炒麦冬中多糖成分含量略高于饮片。有多项研究表明多糖含量较高的药材炮制过程中，药材本身的多糖类成分会与自身的酸类发生反应，逐渐转化为 5 - 羟甲基糠醛（5 - Hydroxymethylfurfural，5 - HMF），5 - HMF 的毒性作用也越来越受到重视，其代谢产物 5 - 磺基氧甲基糠醛（5 - Sulfooxymethylfurfural，5 - SMF）具有显著毒性[22]，米炒药材中 5 - HMF 含量低于清炒药材[23-24]，后续可考虑检测所有样品中的 5 - HMF，保证用药安全。总黄酮类成分增加可能是由于氨基酸类成分在加热炮制的过程中分解，形成新的黄酮苷元有关，这也是其单体黄酮类成分差异较小的可能原因[25]。炒制和米炒的过程中存在加热过程，此过程中皂苷类成分溶出度增加，而酒炙品由于成分复杂，炮制过程中使得麦冬内皂苷类成分结构发生改变转化为其他化合物，并且皂苷类成分的降低可能与该类成分水溶解性较好，闷润等炮制过程中流失有关[26]，由含量测定结果可知，麦冬皂苷 C 在酒炙过程中变化较大，麦冬皂苷 D 和 D' 变化较小，有研究表明麦冬皂苷 D 具有良好的抗炎和抗氧化活性，其组方对多种肺热型肺炎和肺癌都具有一定的改善作用[27-29]。古籍中对麦冬酒浸后寒性减弱的情况也多有记载[30-34]，现代相关药理研究较少，初步判断麦冬炮制后寒凉性下降与黄酮类成分、皂苷类成分含量、种类变化相关[35-38]。

本研究建立麦冬鲜药、饮片及其炮制品指标性成分含量测定的方法，探讨了其加工炮制过程中含量、成分的变化规律，并对其样品差异进行初步分析，为麦冬及其炮制品质量评价及标准的建立提供参考。

参考文献

[1] 国家药典委员会. 中华人民共和国药典：一部[S]. 北京：中国医药科技出版社，2020.
[2] 孙思邈. 备急千金要方[M]. 北京：中国医药科技出版社，2011.
[3] 吴仪洛. 本草从新[M]. 新 1 版. 上海：上海卫生出版社，1957.
[4] 王怀隐. 太平圣惠方[M]. 北京：人民卫生出版社，1958.
[5] 卢之颐. 本草乘雅半偈[M]. 冷方南，王齐南，校点. 北京：人民卫生出版社，1986.
[6] 严西亭. 得配本草[M]. 新 1 版. 上海：上海卫生出版社，1957.
[7] 陈复正，编撰. 幼幼集成[M]. 杨金萍，臧守虎，杨佃会，整理. 北京：人民卫生出版社，2006.
[8] 陈修园，编著. 医学从众录[M]. 仲书志环，点校. 太原：山西科学技术出版社，1996.
[9] 凌奂. 本草害利[M]. 北京：中医古籍出版社，1982.
[10] 费伯雄. 医醇賸义[M]. 王鹏，王振国，整理. 北京：人民卫生出版社，2006.
[11] 周玉波，曾怡，王赛男，等. 比较麦冬·去心麦冬及炮制品中多糖和总黄酮的含量[J]. 安徽农业科学，2019，47(22)：181-183，186.
[12] 国家药典委员会. 中华人民共和国药典：四部[S]. 北京：中国医药科技出版社，2020.
[13] 王彤，李德坤，周大铮，等. 麦冬总糖提取工艺考察[J]. 辽宁中医药大学学报，2018，20(2)：37-40.
[14] 刘晓梅，李沛霞，甘蓝湘，等. 川麦冬须根总黄酮和总皂苷提取和富集工艺研究[J]. 天然产物研究与开发，2020，32(8)：1285-1294.
[15] 曾嘉，陈槐，鲜骏仁，等. 施肥对川麦冬多糖、黄酮含量和产量的影响[J]. 西南农业学报，2019，32(7)：1537-1542.
[16] 王悦，葛威，刘小康，等. 基于含量测定及指纹图谱评价麦冬“去心”的科学性[J]. 中药材，2022，45(6)：1388-1393.
[17] 陈伟，夏建华. 综合主、客观权重信息的最优组合赋权方法[J]. 数学的实践与认识，2007，37(1)：17-22.
[18] 贺方良，程显隆，李明华，等. 权重赋值法在多指标综合评价中的研究进展及其在中药质量评价中的应用展望[J]. 中国现代中药，2024，26(1)：224-232.
[19] 祁玉芳，范星晨，汪思晨，等. 基于 AHP-CRITIC 复合加权法优选厚朴姜炙工艺及姜炙前后化学成分变化研究[J]. 中国中药杂志，2023，48(14)：3806-3814.
[20] 张锐，顾志荣，吕鑫，等. 锁阳药材质量多指标评价体系构建及权重分配方法优化[J]. 中国中医药信息杂志，2021，28(12)：74-81.
[21] CHEN G J，HONG Q Y，JI N，et al. Influences of different drying methods on the structural characteristics and prebiotic activity of polysaccharides from bamboo shoot（*Chimonobambusa quadrangularis*）residues[J]. Int J Biol Macromol，2020，155：674-684.
[22] 李恩灿，贺玖明，靳洪涛，等. 5-羟甲基糠醛的药理和毒理研究进展[J]. 中国药物警戒，2018，15(4)：210-215.
[23] 周玥. 党参炮制原理及质量标准研究[D]. 北京：北京中医药大学，2007.
[24] 严斐霞，谢永艳，陈畅，等. 熟地黄炮制过程中的化学成分变化和药理作用研究进展[J]. 时珍国医国药，2021，32(10)：2493-2495.
[25] CHEN L N，SONG F R，LIU Z Q，et al. Multi-residue method for fast determination of pesticide residues in plants used in traditional Chinese medicine by ultra-high-performance liquid chromatography coupled to tandem mass spectrometry[J]. J Chromatogr A，2012，1225：132-140.
[26] 屠万倩，张留记，刘晓苗，等. 牛膝及其炮制品中甾酮类和皂苷类成分的含量比较[J]. 中药新药与临床药理，2019，30(1)：89-93.
[27] 文艳萍，姜怡，沈丽萍，等. 基于有氧糖酵解探讨加味四君子汤合沙参麦冬汤提高 EGFR-TKI 耐药肺腺癌细胞顺铂敏感性的作用机制[J]. 中国实验方剂学杂志，2025，31(1)：39-46.
[28] 康庆鑫，焦深山，熊政，等. 麦冬皂苷 D 对脂多糖诱导的肺泡上皮细胞凋亡的影响[J]. 中国临床药理学杂志，2024，40(12)：1744-1748.
[29] 李国英，陈良，刘远婷. 沙参麦冬汤加减方联合阿奇霉素治疗小儿支原体肺炎的疗效及安全性的系统评价与 Meta 分析[J]. 中国医院用药评价与分析，2024，24(6)：726-730.
[30] 郭佩兰，杨俊杰，陈婷，等. 本草汇[M]. 北京：中国中医药出版社，2015：429.
[31] 王翃，辑. 握灵本草[M]. 叶新苗，校注. 北京：中国中医药出版社，2012：91.
[32] 杨璇. 伤寒温疫条辨[M]. 北京：学苑出版社，2006：273.
[33] 赵其光. 本草求原[M]. 北京：中国中医药出版社，2016：127.
[34] 刘云密. 本草述[M]. 北京：中医古籍出版社，2005：270
[35] 崔兵兵，辛义周，马传江. 中药炮制对中药化学成分及药效影响的研究进展[J]. 药学研究，2019，38(7)：403-406.
[36] 胡爱萍. 关于中药药性理论现代化研究的思考[J]. 光明中医，2006，21(10)：20-22.
[37] XIE W Y，WANG M，CHEN C，et al. Hepatoprotective effect of isoquercitrin against acetaminophen-induced liver injury[J]. Life Sci，2016，152：180-189.
[38] DOMITROVIĆ R，RASHED K，CVIJANOVIĆ O，et al. Myricitrin exhibits antioxidant，anti-inflammatory and antifibrotic activity in carbon tetrachloride-intoxicated mice[J]. Chem Biol Interact，2015，230：21-29.