

# 川麦冬、浙麦冬中8种成分测定及综合质量评价

顾志荣<sup>1</sup>，李芹<sup>2</sup>，吕鑫<sup>3</sup>，孙岚萍<sup>3</sup>，祁梅<sup>1\*</sup>，葛斌<sup>1\*</sup>

(1. 甘肃省人民医院药剂科, 甘肃兰州 730000; 2. 西南医科大学附属医院药学部, 四川泸州 646000;  
3. 甘肃中医药大学药学院, 甘肃兰州 730000)

**摘要:** 目的 建立川麦冬、浙麦冬中8种成分的含量测定方法并进行综合质量评价。方法 采用HPLC-ELSD法同时测定麦冬中麦冬皂苷B、麦冬皂苷D、麦冬皂苷D'、甲基麦冬二氢高异黄酮A、甲基麦冬二氢高异黄酮B含量, 紫外-可见分光光度法测定总皂苷、总黄酮、总多糖含量, 两两比较的方差分析比较3个主产区川麦冬与浙麦冬中8种成分的含量差异, 聚类分析、主成分分析模型进行产区鉴别与综合质量评价。结果 8种成分在各自范围内线性关系良好( $r>0.9988$ ), 平均加样回收率98.93%~102.33%, RSD 1.34%~2.21%。浙麦冬中麦冬皂苷B、D'、甲基麦冬二氢高异黄酮A、B、总黄酮、总多糖的含量均高于川麦冬( $P<0.05$ ), 但川麦冬中麦冬皂苷D高于浙麦冬( $P<0.05$ ); 四川绵阳产麦冬中甲基麦冬二氢高异黄酮B含量高于雅安产麦冬中( $P<0.05$ ), 其他成分均无统计学差异( $P>0.05$ ); 四川绵阳与雅安产麦冬的化学成分含量差异不明显, 但川麦冬与浙麦冬的化学成分含量差异非常明显。聚类分析及主成分分析均能明确鉴别浙麦冬与川麦冬, 但无法鉴别川麦冬中的绵阳产麦冬与雅安产麦冬; 浙麦冬总体质量最好, 3个主产区的麦冬质量排名依次为浙江慈溪>四川绵阳>四川雅安。结论 该方法准确、可靠, 可用于川麦冬、浙麦冬的质量控制与综合评价。

**关键词:** 麦冬; 多指标成分; 聚类分析; 主成分分析; 综合质量评价

中图分类号: R284.1

文献标志码: A

文章编号: 1001-1528(2021)06-1513-08

doi: 10.3969/j.issn.1001-1528.2021.06.023

## Determination and comprehensive quality evaluation of eight constituents in *Ophiopogon japonicus* in Sichuan and Zhejiang Provinces

GU Zhi-rong<sup>1</sup>, LI Qin<sup>2</sup>, LÜ Xin<sup>3</sup>, SUN Lan-ping<sup>3</sup>, QI Mei<sup>1\*</sup>, GE Bin<sup>1\*</sup>

(1. Department of Pharmacy, Gansu Provincial People's Hospital, Lanzhou 730000, China; 2. Department of Pharmacy, Hospital Affiliated to Southwest Medical University, Luzhou 646000, China; 3. College of Pharmacy, Gansu University of Chinese Medicine, Lanzhou 730000, China)

**KEY WORDS:** *Ophiopogon japonicus* (L. f) Ker-GawL; multi-index constituent; clustering analysis; principal component analysis; comprehensive quality evaluation

麦冬为百合科沿阶草属植物麦冬 *Ophiopogon japonicus* (L. f) Ker-GawL 的干燥块根, 始载于《神农本草经》, 列为上品<sup>[1]</sup>, 功效养阴生津、润肺清心、润肠通便, 用于肺胃阴虚之津少口渴、干咳咯血, 心阴不足之心悸易惊、心烦不眠, 热病伤津之肠燥便秘等<sup>[2]</sup>, 主产于四川及浙江一带, 分

别称为“川麦冬”“浙麦冬”。目前, 我国产量最大、应用最广、市场流通量最大的是川麦冬, 绵阳市三台县花园镇是最大主产区, 也是国家地理标志保护产品<sup>[3-4]</sup>, 雅安市雨城区也是主产区。本草记载, 杭麦冬质量最好, 为著名的“浙八味”之一, 但因种质资源匮乏、种植经验流失、价格波动大、

收稿日期: 2020-12-24

基金项目: 甘肃省中医药管理局科研项目 (GZK-2019-41); 甘肃省人民医院研发攻关项目 (18GSSY2-3)

作者简介: 顾志荣 (1988—), 男, 硕士, 主管中药师, 从事中药化学与临床中药学研究。Tel: 13519311935, E-mail: guzr8817@126.com

\*通信作者: 祁梅 (1967—), 女, 副主任药师, 从事中药分析与质量控制研究。Tel: (0931) 8281933, E-mail: gssyqm@163.com

葛斌 (1965—), 男, 主任药师, 硕士生导师, 从事中药分析与质量控制研究。Tel: (0931) 8281754, E-mail: gjiy0630@163.com

生长周期长等原因导致其种植面积逐步萎缩,同时传统产区城市化进程加快和地域经济发达,大多数药农已放弃种植,导致浙麦冬减产甚至近乎消失,现多为零散种植,大部分作为景观作物,以慈溪市崇寿镇种植较多<sup>[5]</sup>。

现代研究表明,川麦冬、浙麦冬属不同产地的同一种属中药,其成分种类及主要药理作用无明显不同,但成分含量存在明显差异。麦冬含有皂苷、黄酮、多糖等多种类型的有效成分,但在2020年版《中国药典》中仅有总皂苷一项指标<sup>[2]</sup>,难以对其进行全面质量控制与评价。目前,尚缺少基于多指标成分及将单体化合物与有效部位群相结合的川麦冬、杭麦冬综合质量评价,本实验建立麦冬中5个主要单体化合物及总皂苷、总黄酮、总多糖含量的测定方法,采用方差分析进行多重比较,并建立聚类分析及主成分分析模型进行产区鉴别与综合质量评价。

## 1 材料

1.1 仪器 Agilent 1200型高效液相色谱仪(美国Agilent公司,包括二元泵、自动进样器);Alltech 3300型ELSD(美国Grace公司);UV8100A型紫外-可见分光光度计(北京莱伯泰科仪器有限公司);Milli-Q Advantage A10超纯水仪(法国Merck

Millipore公司);DZF-6090型真空干燥箱(上海一恒科学仪器有限公司);AL204型电子天平(万分之一,瑞士Mettler-Toledo公司);DD-5M型离心机(湘仪离心机仪器有限公司);SB25-12DTD型超声波清洗机(宁波新芝生物科技股份有限公司)。

1.2 试剂与药物 60批麦冬采集于四川、浙江3个主要产区,具体信息见表1,均经甘肃中医药大学中药鉴定教研室李硕副教授鉴定为百合科沿阶草属植物麦冬 *Ophiopogon japonicus* (L. f) Ker-Gawl.的干燥块根,粉碎后过80目筛,冷藏备用。

麦冬皂苷B(批号CHB180122)、麦冬皂苷D(批号CHB180120)、麦冬皂苷D'(批号CHB180121)、甲基麦冬二氢高异黄酮A(批号CHB190119)、甲基麦冬二氢高异黄酮B(批号CHB190125)、芦丁(批号CHB170303)、D-无水葡萄糖(批号CHB180115)对照品,均由成都克洛玛生物科技有限公司提供,纯度均≥98%;鲁斯可皂苷元(批号4299)对照品,由上海诗丹德生物技术有限公司提供,纯度≥98%。乙腈为色谱纯(天津大茂化学试剂厂);甲醇、正丁醇、无水乙醇、丙酮、高氯酸、浓氨溶液、亚硝酸钠、硝酸铝、氢氧化钠、苯酚、浓硫酸等均为分析纯(天津大茂化学试剂厂);水为纯化水。

表1 样品信息  
Tab. 1 Information of samples

编号	批次/批	类别	来源	气候类型	平均海拔/	年均温度/	无霜期/	年降雨量/	年日照时
					m	℃	d	mm	数/h
HY1~HY20	20	川麦冬	四川省绵阳市三台县花园镇(HY)	亚热带季风性湿润气候	450	16.7	283.0	882.2	1 276.1
YC1~YC20	20	川麦冬	四川省雅安市雨城区(YC)	亚热带季风性湿润气候	566	16.1	295.0	1 732.0	1 019.0
CS1~CS20	20	浙麦冬	浙江省宁波市慈溪市崇寿镇(CS)	亚热带季风气候	5	16.0	256.8	1 260.0	2 038.4

## 2 方法与结果

### 2.1 HPLC-ELSD法同时测定5种成分含量

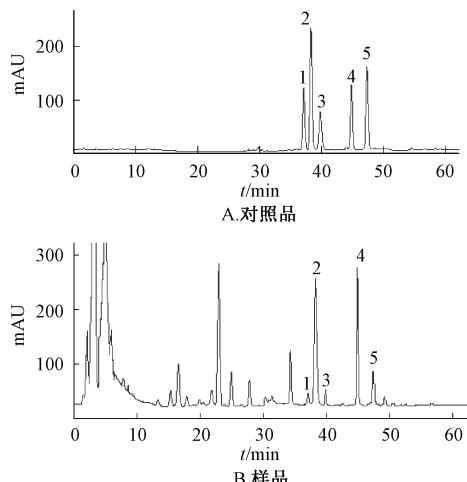
2.1.1 对照品溶液制备 精密称取麦冬皂苷B、麦冬皂苷D、麦冬皂苷D'、甲基麦冬二氢高异黄酮A、甲基麦冬二氢高异黄酮B 5.51、7.72、8.62、10.14、7.53 mg,置于25 mL量瓶中,甲醇超声溶解并定容至25 mL,制备成质量浓度分别为0.220 4、0.308 8、0.344 8、0.405 6、0.301 2 mg/mL的溶液,即得。

2.1.2 供试品溶液制备 取麦冬粉末约4.0 g,精密称定,置于具塞三角瓶中,精密加入50 mL甲醇,超声(500 W、40 kHz)提取60 min,滤过,

滤液于60 ℃水浴蒸至近干,转移至5 mL量瓶中,以甲醇洗涤并定容至刻度,0.45 μm微孔滤膜过滤,取续滤液,即得。

2.1.3 色谱条件 Agilent Extend C<sub>18</sub>柱(4.6 mm×250 mm, 5 μm);流动相乙腈(A)-水(B),梯度洗脱(0~60 min, 35%~65% A);体积流量1 mL/min;柱温35 ℃;检测器ELSD,漂移管温度100 ℃;氮气体积流量3.0 L/min;进样量20 μL。色谱图见图1。

2.1.4 线性关系考察 精密吸取对照品溶液1、2、5、10、15、20、25、30 μL,在“2.1.3”项色谱条件下测定。以峰面积的对数值为纵坐标



1. 麦冬皂苷 B 2. 麦冬皂苷 D 3. 麦冬皂苷 D' 4. 甲基麦冬二氢高异黄酮 A 5. 甲基麦冬二氢高异黄酮 B  
1. ophiopogonin B 2. ophiopogonin D 3. ophiopogonin D'  
4. methylophiopogonanone A 5. methylophiopogonanone B

图1 各成分HPLC色谱图

Fig. 1 HPLC chromatograms of various constituents

(Y), 对照品进样量的对数值为横坐标 (X) 进行回归, 结果见表2, 表明各成分在各自范围内线性关系良好。

表2 各成分线性关系

Tab. 2 Linear relationships of various constituents

成分	回归方程	r	线性范围/ $\mu$ g
麦冬皂苷 B	$Y=1.1346X+8.1526$	0.9994	0.2204~6.612
麦冬皂苷 D	$Y=1.8016X+7.2588$	0.9995	0.3088~9.264
麦冬皂苷 D'	$Y=1.4313X+6.2873$	0.9992	0.3448~10.344
甲基麦冬二氢高异黄酮 A	$Y=1.4673X+9.7518$	0.9988	0.4056~12.168
甲基麦冬二氢高异黄酮 B	$Y=1.5024X+7.1166$	0.9993	0.3012~9.036

2.1.5 精密度试验 精密吸取同一批供试品溶液 (HY1) 20  $\mu$ L, 在“2.1.3”项色谱条件下连续进样6次, 测得麦冬皂苷 B、麦冬皂苷 D、麦冬皂苷 D'、甲基麦冬二氢高异黄酮 A、甲基麦冬二氢高异黄酮 B 峰面积 RSD 分别为 0.92%、0.71%、0.84%、0.81%、0.93%, 表明仪器精密度良好。

2.1.6 稳定性试验 取同一批供试品溶液 (HY1), 于 0、2、4、6、10、14、18、24 h 在“2.1.3”项色谱条件下进样, 测得麦冬皂苷 B、麦冬皂苷 D、麦冬皂苷 D'、甲基麦冬二氢高异黄酮 A、甲基麦冬二氢高异黄酮 B 峰面积 RSD 分别为 0.84%、0.98%、1.13%、1.21%、0.75%, 表明溶液在 24 h 内稳定性良好。

2.1.7 重复性试验 取同一批供试品溶液 (HY1), 按“2.1.2”项下方法制备供试品溶液, 在“2.1.3”项色谱条件下进样, 测得麦冬皂苷 B、

麦冬皂苷 D、麦冬皂苷 D'、甲基麦冬二氢高异黄酮 A、甲基麦冬二氢高异黄酮 B 峰面积 RSD 分别为 1.52%、1.85%、1.45%、1.61%、1.78%, 表明该方法重复性良好。

2.1.8 加样回收率试验 取各成分含量已知的样品 (HY1) 约 2 g, 共 9 份, 精密称定, 按低、中、高 3 个水平 (0.8、1.0、1.2 倍) 精密加入对照品适量, 按“2.1.2”项下方法制备供试品溶液, 在“2.1.3”项色谱条件下进样, 计算回收率。结果, 麦冬皂苷 B、麦冬皂苷 D、麦冬皂苷 D'、甲基麦冬二氢高异黄酮 A、甲基麦冬二氢高异黄酮 B 的平均加样回收率分别为 101.19%、100.24%、102.33%、98.93%、99.57%, RSD 分别为 1.76%、1.87%、1.94%、2.13%、2.21%。

2.1.9 样品含量测定 按“2.1.2”项下方法制备供试品溶液, 在“2.1.3”项色谱条件下测定, 计算含量, 结果见表3。

2.2 麦冬总皂苷含量测定 按 2020 年版《中国药典》方法进行测定<sup>[2]</sup>, 结果见表3。

### 2.3 麦冬总黄酮含量测定

2.3.1 对照品溶液制备 精密称取于 105  $^{\circ}$ C 干燥至恒定质量的芦丁对照品 10.03 mg, 置于 50 mL 量瓶中, 甲醇溶解并定容至刻度, 摆匀, 即得 (质量浓度为 0.2006 mg/mL), 于 4  $^{\circ}$ C 保存备用。

2.3.2 供试品溶液制备及吸光度测定 取麦冬粉末约 1.5 g, 精密称定, 精密加入 70% 乙醇 50 mL, 称定质量, 回流提取 2 h, 放冷, 70% 乙醇补足减失质量, 摆匀, 滤过, 精密量取续滤液 3.5 mL, 分别加入 5% 亚硝酸钠溶液 0.5 mL, 摆匀, 放置 6 min 后加入 10% 硝酸铝溶液 0.5 mL, 摆匀, 放置 6 min, 再加入 1% 氢氧化钠溶液 5 mL, 摆匀, 用水定容至刻度, 放置 12 min<sup>[6]</sup>, 即得。另精密吸取 3.5 mL 纯化水, 同法制备得空白对照溶液。在 200~800 nm 波长处进行全扫描, 发现对照品与供试品溶液均在 510 nm 处有最大吸收, 因此在此处测定吸光度。

2.3.3 线性关系考察 精密吸取对照品溶液 1、2、4、6、8、10、12 mL, 置于 25 mL 量瓶中, 甲醇定容, 各精密量取 3.5 mL, 按“2.3.2”项下方法测定吸光度。以对照品溶液质量浓度为横坐标 (X), 吸光度为纵坐标 (A) 进行回归, 得方程为  $A=24.572X-0.4238$  ( $r=0.9996$ ), 在 0.008~0.096 mg/mL 范围内线性关系良好。

2.3.4 精密度试验 精密吸取对照品溶液, 按

表3 各成分含量测定结果 (n=3)

Tab. 3 Results of content determination of various constituents (n=3)

样品	麦冬皂苷 B/ (μg·g⁻¹)	麦冬皂苷 D/ (μg·g⁻¹)	麦冬皂苷 D'/ (μg·g⁻¹)	甲基麦冬二氢异黄酮 A/ (μg·g⁻¹)	甲基麦冬二氢异黄酮 B/ (μg·g⁻¹)	总皂苷/%	总黄酮/%	总多糖/%
HY1	26.21	168.42	42.16	154.52	84.65	1.25	0.35	16.26
HY2	17.65	183.58	52.32	165.61	81.28	0.84	0.28	13.65
HY3	19.69	152.22	63.25	142.39	88.29	0.74	0.14	9.17
HY4	24.16	159.54	35.87	165.93	76.57	1.65	0.25	16.57
HY5	29.56	151.44	46.42	188.45	65.26	0.15	0.33	13.02
HY6	—	145.71	48.62	163.60	67.46	1.74	0.21	15.92
HY7	33.25	139.93	35.83	138.09	81.81	0.76	0.28	7.98
HY8	33.07	134.14	46.03	149.34	76.16	2.47	0.13	14.04
HY9	27.61	128.36	51.24	141.68	87.52	1.54	0.33	13.11
HY10	24.14	122.58	46.44	168.83	89.87	1.02	0.31	24.17
HY11	26.68	116.79	37.25	157.07	62.22	0.15	0.12	12.76
HY12	10.22	111.01	40.82	175.32	104.57	1.21	0.27	18.73
HY13	29.76	105.23	42.15	163.56	82.92	1.25	0.48	10.16
HY14	27.29	99.44	49.39	181.81	68.27	0.33	0.31	15.40
HY15	36.83	121.66	51.40	139.05	86.62	0.20	0.41	14.74
HY16	25.37	150.88	62.59	148.30	68.97	1.18	0.18	8.90
HY17	—	182.09	48.64	156.54	62.32	0.56	0.27	38.73
HY18	24.45	176.31	56.54	164.79	88.68	0.63	0.31	16.78
HY19	26.46	152.26	42.17	155.03	105.22	1.21	0.53	17.85
HY20	38.01	164.74	45.67	171.28	79.56	1.50	0.35	18.91
YC1	24.28	153.59	39.49	162.43	58.56	0.87	0.50	14.81
YC2	21.23	143.58	41.82	152.29	87.52	1.24	0.57	21.12
YC3	30.29	138.43	39.48	150.26	73.25	0.96	0.51	17.78
YC4	26.21	132.35	47.26	163.49	68.15	2.18	0.57	21.06
YC5	—	146.85	50.19	158.25	59.25	0.98	0.22	14.40
YC6	24.15	155.28	—	152.37	67.26	0.89	0.23	19.95
YC7	23.05	162.03	34.89	138.32	76.21	1.21	0.13	6.37
YC8	30.38	128.61	40.09	143.87	58.26	0.80	0.54	18.44
YC9	—	147.18	52.72	159.41	69.48	0.95	0.55	20.01
YC10	19.03	134.76	46.94	133.96	55.71	1.55	0.14	7.21
YC11	26.36	142.34	33.46	141.50	58.94	0.74	0.52	15.74
YC12	20.68	118.91	44.98	153.86	47.17	1.27	0.16	11.87
YC13	24.01	119.49	35.51	157.37	75.44	1.08	0.24	12.12
YC14	31.34	128.07	46.03	137.60	82.64	0.92	0.55	8.61
YC15	28.66	140.64	43.55	161.21	64.87	1.24	0.40	23.28
YC16	25.99	151.22	46.08	152.66	58.10	0.20	0.24	17.14
YC17	23.32	156.80	44.70	129.12	58.33	0.96	0.15	15.70
YC18	20.64	126.37	35.32	178.57	66.56	0.36	0.42	12.14
YC19	—	147.95	48.94	162.02	77.80	0.18	0.38	15.63
YC20	21.30	153.53	36.57	143.47	65.03	0.64	0.36	31.21
CS1	76.26	57.88	83.26	173.26	225.56	1.74	0.53	26.59
CS2	64.48	44.26	81.26	168.29	214.37	0.64	0.48	24.54
CS3	82.26	77.59	112.23	193.25	234.36	1.52	0.69	39.18
CS4	17.29	58.46	73.28	219.59	210.35	0.29	0.55	27.24
CS5	73.32	121.25	87.26	192.75	247.64	1.18	0.62	19.26
CS6	62.59	60.54	83.66	174.43	213.36	2.42	0.36	24.39
CS7	68.42	52.46	76.67	167.96	245.25	0.25	0.67	25.98
CS8	17.48	43.95	81.67	185.50	263.29	1.05	0.70	28.70
CS9	58.54	61.95	58.49	192.03	203.28	1.12	0.25	32.76
CS10	51.60	56.94	46.93	166.56	187.23	0.33	0.50	19.65
CS11	69.67	71.53	55.50	168.09	227.18	1.18	0.78	29.53
CS12	57.73	78.78	53.01	177.62	209.13	0.25	0.62	27.42
CS13	56.79	62.46	62.52	181.70	194.24	1.21	0.25	37.31
CS14	48.85	89.64	66.03	149.73	236.68	1.03	0.59	24.20
CS15	—	55.75	69.54	186.76	217.11	1.35	0.86	26.09
CS16	80.98	50.55	73.05	184.25	196.55	0.98	0.62	32.97
CS17	43.04	42.40	66.13	171.81	234.99	0.45	0.54	22.86
CS18	29.10	41.29	73.69	159.67	225.42	1.30	0.50	34.75
CS19	53.17	76.18	87.61	179.34	211.86	1.13	0.42	38.48
CS20	67.23	47.08	79.86	164.89	226.30	2.12	0.33	25.56

注:—表示未检出。

“2.3.2”项下方法测定吸光度，连续6次，测得其RSD为1.26%，表明仪器精密度良好。

**2.3.5 稳定性实验** 取同一批供试品溶液(HY1)，按“2.3.2”项下方法于0、10、20、30、40、50、60 min测定吸光度，测得其RSD为1.25%，表明溶液在1 h内稳定性良好。

**2.3.6 重复性试验** 取同一批供试品溶液(HY1)6份，按“2.3.2”项下方法测定吸光度，测得其RSD为2.16%，表明该方法重复性良好。

**2.3.7 加样回收率试验** 取各成分含量已知的同一批供试品溶液(HY1)6份，精密加入对照品适量，按“2.3.2”项下方法测定吸光度，计算回收率。结果，总黄酮平均加样回收率为100.35%，RSD为1.72%。

**2.3.8 样品含量测定** 按“2.3.2”项下方法测定吸光度，计算总黄酮含量，结果见表3。

#### 2.4 麦冬总多糖含量测定

**2.4.1 供试品溶液制备** 取麦冬粉末约20 g，精密称定，以石油醚250 mL回流1 h脱脂，滤过，弃提取液，挥干药渣，药渣加500 mL纯化水回流提取3次，每次1 h，趁热抽滤，合并提取液，水浴浓缩至100 mL，加入无水乙醇，边加边搅拌，使乙醇体积分数达95%，静置过夜，滤过，残渣依次用丙酮、无水乙醇洗涤2次，60 °C烘干，称定质量。取约1 g，精密称定，用纯化水定容至100 mL量瓶中，即得<sup>[7]</sup>。

**2.4.2 对照品溶液制备** 精密称取于105 °C干燥至恒定质量的D-无水葡萄糖对照品5.0 mg，置于50 mL量瓶中，纯化水溶解并定容至刻度，摇匀，即得(质量浓度为0.1 mg/mL)，于4 °C下保存备用。

**2.4.3 检测波长选择** 精密吸取对照品、供试品溶液各1 mL，分别置于2个20 mL具塞试管中，加入5%苯酚溶液1 mL，混匀，再精密加入浓硫酸5 mL，迅速放入沸水浴中加热15 min，迅速取出后于冰水混合液中冷却5 min，停止反应。另精密吸取1 mL纯化水于20 mL具塞试管中，同法制得空白对照溶液，在200~800 nm波长处进行全扫描。结果，对照品、供试品溶液均在488 nm处有最大吸收，因此在此处测定吸光度。

**2.4.4 线性关系考察** 精密吸取对照品溶液1、2、4、6、8、10 mL，置于10 mL量瓶中，纯化水定容，各取1 mL，按“2.4.3”项下方法测定吸光度。以对照品溶液质量浓度为横坐标(X)，吸光

度为纵坐标(A)进行回归，得方程为A=28.709X-0.126 4 (r=0.999 3)，在0.01~0.10 mg/mL范围内线性关系良好。

**2.4.5 精密度试验** 精密吸取对照品溶液，按“2.4.3”项下方法测定吸光度，连续6次，测得其RSD为0.21%，表明仪器精密度良好。

**2.4.6 稳定性试验** 取同一批供试品溶液(HY1)，按“2.4.3”项下方法于0、10、20、30、40、50、60 min测定吸光度，测得其RSD为1.52%，表明溶液在1 h内稳定性良好。

**2.4.7 重复性试验** 取同一批供试品溶液(HY1)6份，按“2.4.3”项下方法测定吸光度，测得其RSD为1.34%，表明该方法重复性良好。

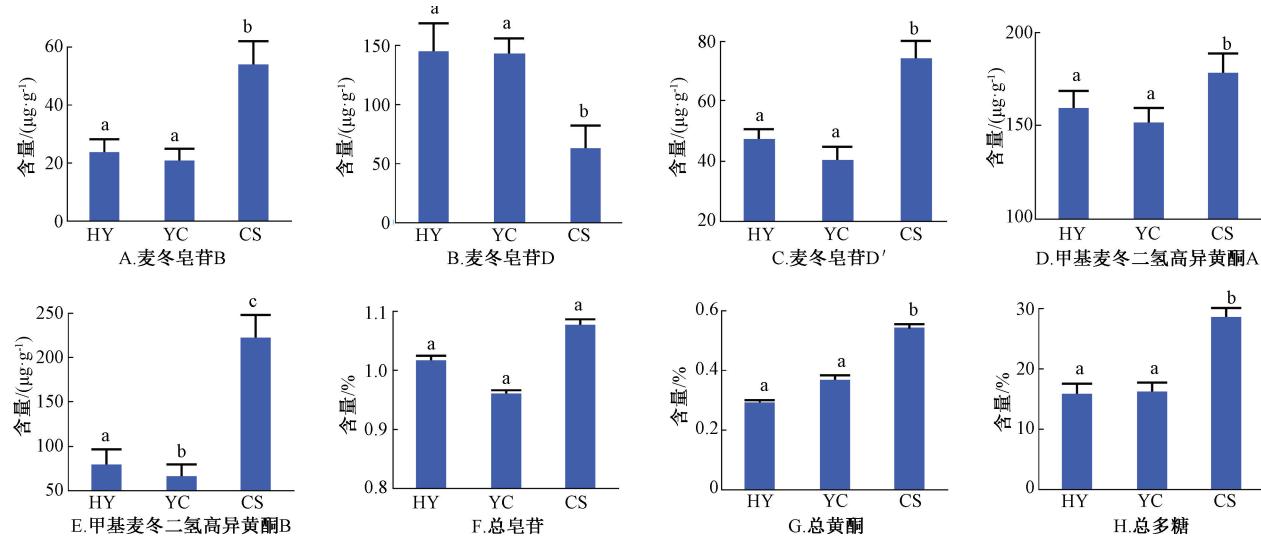
**2.4.8 加样回收率试验** 取各成分含量已知的同一批供试品溶液(HY1)6份，精密加入对照品适量，按“2.4.3”项下方法测定吸光度，计算回收率。结果，总多糖平均加样回收率为101.43%，RSD为1.88%。

**2.4.9 样品含量测定** 按“2.4.1”项下方法制备供试品溶液，按“2.4.3”项下方法测定吸光度，计算含量，结果见表3。

**2.5 样品成分含量的多重比较及相关性分析** 为了比较3个主产区麦冬中8种成分含量的差异性，本实验采用方差分析(ANOVA)进行两两比较，并绘制柱状图，见图2，相关性分析见表4。由此可知，四川绵阳与雅安产麦冬的麦冬皂苷B、D、D'，甲基麦冬二氢高异黄酮A，总皂苷、总黄酮、总多糖含量均无统计学差异( $P>0.05$ )，浙江慈溪产麦冬与四川绵阳、雅安产麦冬的麦冬皂苷B、D、D'，甲基麦冬二氢高异黄酮A、B，总黄酮、总多糖含量均有统计学差异( $P<0.05$ )，浙江慈溪、四川绵阳、雅安产麦冬的甲基麦冬二氢高异黄酮B含量均有统计学差异( $P<0.05$ )，但三者总皂苷含量均无统计学差异( $P>0.05$ )。

浙麦冬中麦冬皂苷B、D'，甲基麦冬二氢高异黄酮A、B，总黄酮、总多糖的含量均高于川麦冬( $P<0.05$ )，但川麦冬中麦冬皂苷D高于浙麦冬( $P<0.05$ )；四川绵阳产麦冬中甲基麦冬二氢高异黄酮B含量高于雅安( $P<0.05$ )，其他成分均无统计学差异( $P>0.05$ )。

相关性分析表明，麦冬皂苷B、D'与甲基麦冬二氢高异黄酮A、B、总黄酮、总多糖的含量均呈显著正相关，而麦冬皂苷D与麦冬皂苷D'、甲基麦冬二氢高异黄酮A、B、总黄酮、总多糖的含量



注：图中字母不同的，表示差异显著 ( $P<0.05$ )；字母相同的，表示差异不显著 ( $P>0.05$ )。HY、YC、CS 分别为四川省绵阳市三台县花园镇、四川省雅安市雨城区、浙江省宁波市慈溪市崇寿镇样品。

图 2 样品中化学成分含量的多重比较

Fig. 2 Multiple comparison of chemical constituent contents in samples

表 4 样品中化学成分含量的相关性分析

Tab. 4 Correlation analysis of chemical constituent contents in samples

	麦冬皂苷 B	麦冬皂苷 D	麦冬皂苷 D'	甲基麦冬二氢高异黄酮 A	甲基麦冬二氢高异黄酮 B	总皂苷	总黄酮	总多糖
麦冬皂苷 B	1							
麦冬皂苷 D	-0.061 **	1						
麦冬皂苷 D'	0.575 **	-0.658 **	1					
甲基麦冬二氢高异黄酮 A	0.324 *	-0.540 **	0.533 **	1				
甲基麦冬二氢高异黄酮 B	0.686 **	-0.864 **	0.795 **	0.593 **	1			
总皂苷	0.150	-0.064	0.193	-0.053	0.098	1		
总黄酮	0.359 **	-0.508 **	0.438 **	0.407 **	0.603 **	-0.068	1	
总多糖	0.446 **	-0.569 **	0.560 **	0.537 **	0.666 **	0.072	0.457 **	1

注：\*  $P<0.05$ ，\*\*  $P<0.01$ 。

均呈显著负相关，呈显著正相关的成分在体现麦冬总体质量及药理效应方面可能具有正向协同作用，即一种成分含量较高时另一种成分含量倾向于也较高，而呈显著负相关的成分则恰好相反。甲基麦冬二氢高异黄酮 A、B 与总黄酮、总多糖，以及总黄酮与总多糖的含量均呈显著正相关，表明麦冬中总黄酮与总多糖在体现药材总体质量及药理效应方面可能具有正向协同作用，同时甲基麦冬二氢高异黄酮 A、B 是麦冬总黄酮的重要组分。

**2.6 聚类分析** 本实验以麦冬中 8 种化学成分含量为变量进行聚类分析，以 Euclidean distance (欧氏距离) 系数为测度，采用 between-groups linkage (组间平均链锁) 法进行聚类<sup>[8]</sup>，结果见图 3。由此可知，聚类分析能将浙麦冬与川麦冬明确归类鉴别，但无法将川麦冬中的绵阳产麦冬与雅安产麦冬进行鉴别，进一步表明两地麦冬的化学成分含量无

明显差异，但 2 种麦冬之间差异明显。

**2.7 基于主成分分析的综合质量评价** 本实验以麦冬中 8 种化学成分含量的归一化数据为变量，对 3 个产区的 60 批样品进行主成分分析<sup>[9]</sup>，共提取了 2 个主成分，累积贡献率为 77.563%，能反映整体变量的主要特征，主成分分析散点图见图 4，主成分得分 ( $F$ ) 及排名见表 5。由此可知，主成分分析模型能鉴别浙麦冬与川麦冬，但无法区分川麦冬中的绵阳产麦冬与雅安产麦冬，与聚类分析一致。

$F$  越高，样品质量越好，可知排名前 20 的样品全部为浙麦冬，表明其总体质量最好；排名第 21~40 名的样品中，绵阳产麦冬有 14 批，占比 70%，而雅安产仅占 30%，表明川麦冬中绵阳产麦冬总体质量优于雅安产麦冬。综合来看，3 个产区的麦冬质量依次为浙江慈溪>四川绵阳>四川雅安。

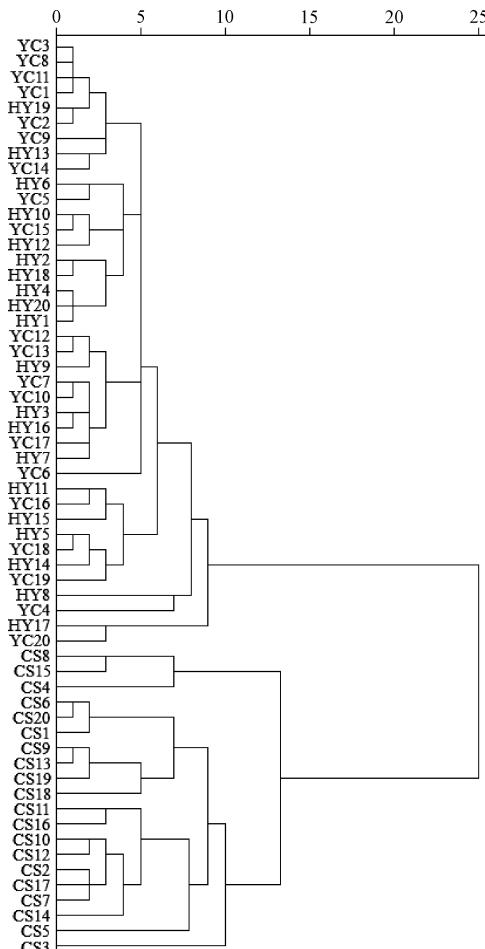


图3 60批样品聚类树状图

Fig. 3 Dendrogram of sixty batches of samples

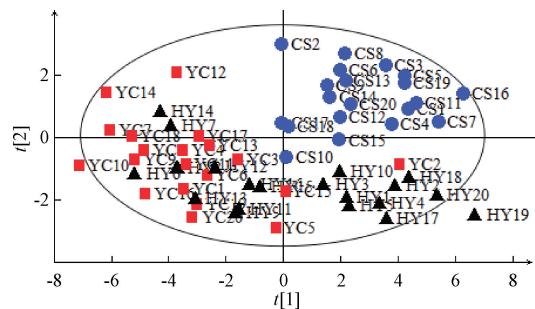


图4 60批样品主成分分析图

Fig. 4 Principal component analysis plot for sixty batches of samples

### 3 讨论

造成浙麦冬与川麦冬质量差异的环境因素在于两者主产区的气候类型及环境因子差异较大,浙麦冬主产区海拔较川麦冬低,无霜期较短,年日照时数较长<sup>[10]</sup>;川麦冬的2个主产区三台县花园镇与雅安市雨城区的气候类型及环境因子相近。除了环境因素,浙麦冬与川麦冬的种植模式也差异较大,川麦冬在种植次年的清明之后采收,而浙麦冬则在种植后的第3年立夏后采收,两者采收期时间跨度差异较大,加之种植环境差异明显,是造成质量差异的最显著因素。浙麦冬品质最优,但生产周期长达3年,种植成本较高,种植效益没有川麦冬好,近年来生产规模逐年萎缩,种植资源逐渐向山东曹县等地迁移,并且浙江东阳等地种植麦冬大多为引

表5 各样品主成分得分排名

Tab. 5 Ranks of constituent scores of various samples

排名	样品	F	排名	样品	F	排名	样品	F	排名	样品	F	排名	样品	F
1	CS5	3.687	13	CS12	2.813	25	HY5	0.438	37	YC1	-0.577	49	YC18	-1.227
2	CS3	3.578	14	CS13	2.596	26	HY1	0.237	38	YC19	-0.631	50	HY7	-1.229
3	CS1	3.547	15	CS4	2.591	27	HY4	0.035	39	YC20	-0.686	51	YC14	-1.437
4	CS19	3.453	16	CS2	2.379	28	HY17	0.002	40	HY9	-0.696	52	HY13	-1.466
5	CS7	3.431	17	CS17	2.362	29	HY10	-0.016	41	YC3	-0.745	53	YC17	-1.634
6	CS11	3.411	18	CS18	2.192	30	HY3	-0.175	42	YC16	-0.794	54	YC13	-1.681
7	CS6	3.403	19	CS15	1.865	31	YC2	-0.244	43	HY15	-0.829	55	HY11	-1.784
8	CS8	3.323	20	CS10	1.694	32	HY16	-0.414	44	HY6	-0.913	56	YC8	-2.156
9	CS16	3.208	21	HY18	1.125	33	HY12	-0.416	45	HY14	-1.012	57	YC6	-2.328
10	CS14	3.142	22	HY20	1.043	34	YC15	-0.468	46	YC9	-1.028	58	YC11	-2.494
11	CS20	3.111	23	HY19	0.842	35	YC4	-0.523	47	YC7	-1.123	59	YC10	-2.672
12	CS9	3.057	24	HY2	0.640	36	HY8	-0.563	48	YC5	-1.137	60	YC12	-2.792

种的川麦冬<sup>[4]</sup>。

四川绵阳与雅安所产麦冬中麦冬皂苷B、D、D', 甲基麦冬二氢高异黄酮A、总皂苷、总黄酮、总多糖等含量均无统计学差异 ( $P>0.05$ ), 两者均属川麦冬主流产品, 质量具有均一性;浙江慈溪产麦冬与四川绵阳、雅安所产麦冬中麦冬皂苷B、D、

D', 甲基麦冬二氢高异黄酮A、B, 总黄酮、总多糖等含量均有统计学差异 ( $P<0.05$ ), 且浙麦冬中麦冬皂苷B、D', 甲基麦冬二氢高异黄酮A、B, 总黄酮、总多糖的含量更高, 表明川麦冬与浙麦冬的化学成分含量差异非常明显, 两者不具有质量均一性。从有效成分含量的角度讲, 浙麦冬的质量明

显优于川麦冬。

聚类分析与主成分分析均能将浙麦冬与川麦冬明确归类鉴别,但无法将川麦冬中的绵阳产麦冬与雅安产麦冬进行鉴别,表明四川绵阳与雅安产麦冬的化学成分含量差异不明显,但川麦冬与浙麦冬非常明显,总体表现为后者更高。主成分得分及排名表明,川麦冬中绵阳产麦冬总体质量优于雅安产麦冬。

最新研究表明,麦冬抗动脉粥样硬化的有效成分是总皂苷与高异黄酮类化合物<sup>[11]</sup>。麦冬总黄酮(尤其是高异黄酮类)是麦冬抗氧化、抗衰老、抗炎、抗应激、抗组胺、心血管保护等药理效应的物质基础,而甲基麦冬二氢高异黄酮A及B是麦冬高异黄酮类的主要代表性成分<sup>[12]</sup>。麦冬皂苷与麦冬黄酮同是天然的诱导型一氧化氮合酶抑制剂<sup>[13]</sup>,也是麦冬抗炎、抗肿瘤的主要活性成分,麦冬皂苷与麦冬多糖也是潜在的天然免疫增强剂<sup>[14]</sup>,麦冬多糖是麦冬抗心肌缺血<sup>[15]</sup>、降血糖<sup>[16]</sup>的主要有效成分,麦冬皂苷D具有较好的镇咳<sup>[17]</sup>、抗炎<sup>[18]</sup>、抗肿瘤<sup>[19]</sup>作用,麦冬皂苷B<sup>[20]</sup>、麦冬皂苷D'<sup>[21]</sup>也是麦冬抗肿瘤的主要活性成分。

综上所述,当前的质量标准难以对麦冬进行全面质量控制与评价;另一方面,浙麦冬与川麦冬的物质基础具有统计学差异,表明两者质量不具有一致性、均一性,因此不能用统一的标准来控制。对此,2015年版《浙江省中药炮制规范》已有单独的浙麦冬地方标准,可以有效区分浙麦冬与川麦冬<sup>[22]</sup>。

#### 参考文献:

- [1] 顾观光. 神农本草经(卷一) [M]. 杨鹏举, 校注. 北京: 学苑出版社, 2007: 44-46.
- [2] 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: 162.
- [3] 龚亚君, 张洁, 项志南, 等. 中药麦冬本草溯源释疑 [J]. 中国药师, 2017, 20(2): 229-231.
- [4] 肖旭坤, 阮洪生. 浙麦冬与川麦冬差异性研究进展 [J]. 中国野生植物资源, 2019, 38(6): 57-61.
- [5] 王欢, 李振丰, 陈君, 等. 浙麦冬传统产地生态特征及适宜性分析 [J]. 河南农业科学, 2016, 45(6): 89-95.
- [6] 李振丰, 徐建中, 孙乙铭, 等. 不同采收期对浙麦冬总黄酮和总多糖含量的影响 [J]. 时珍国医国药, 2015, 26(3): 734-736.
- [7] 席啸虎, 刘瑢, 刘霞. 基于化学成分变化优化麦冬硫熏工艺 [J]. 中草药, 2017, 48(7): 1327-1333.
- [8] 刘圣金, 乔婷婷, 马瑜璐, 等. 正品、伪品治糜康栓的差异特征元素分析及无机元素特征谱 [J]. 中成药, 2019, 41(5): 1096-1101.
- [9] 顾志荣, 王亚丽, 孙宇靖, 等. 当归中5种成分同时测定与产地质量评价 [J]. 中成药, 2014, 36(10): 2135-2140.
- [10] 刘霞, 林韵涵, 谢彩香, 等. 道地药材川麦冬和浙麦冬的生态遗传分化 [J]. 中国实验方剂学杂志, 2017, 23(17): 27-33.
- [11] Tian Y S, Gong P Y, Wu Y, et al. Screening and identification of potential active components in *Ophiopogonis Radix* against atherosclerosis by biospecific cell extraction [J]. *J Chromatogr B*, 2019, 1133: 121817.
- [12] 童菊华, 庞小存, 王威, 等. 杭麦冬与川麦冬中高异黄酮类成分和抗氧化活性的比较 [J]. 中草药, 2015, 46(20): 3091-3095.
- [13] Guo Y J, Fu R J, Qian Y, et al. Comprehensive screening and identification of natural inducible nitric oxide synthase inhibitors from *Radix Ophiopogonis* by off-line multi-hyphenated analyses [J]. *J Chromatogr A*, 2019, 1592: 55-63.
- [14] Lu X Y, Tong W, Wang S F, et al. Comparison of the chemical constituents and immunomodulatory activity of ophiopogonis radix from two different producing areas [J]. *J Pharm Biomed Anal*, 2017, 134: 60-70.
- [15] Sun G L, Lin X, Shen L, et al. Mono-pegylated *Radix Ophiopogonis* polysaccharide for the treatment of myocardial ischemia [J]. *Eur J Pharm Sci*, 2013, 49(4): 629-636.
- [16] Ding L W, Li P B, Liu B S, et al. Mechanistic studies on the antidiabetic activity of a polysaccharide-rich extract of *Radix Ophiopogonis* [J]. *Phytother Res*, 2012, 26(1): 101-105.
- [17] Ishibashi H, Mochidome T, Okai J, et al. Activation of potassium conductance by ophiopogonin-D in acutely dissociated rat paratracheal neurons [J]. *Br J Pharmacol Chemother*, 2001, 132(2): 461-466.
- [18] An E J, Kim Y, Lee S H, et al. Ophiopogonin D ameliorates DNCB-induced atopic dermatitis-like lesions in BALB/c mice and TNF- $\alpha$ -inflamed HaCaT cell [J]. *Biochem Biophys Res Commun*, 2020, 522(1): 40-46.
- [19] Zhu X, Wang K, Chen Y. Ophiopogonin D suppresses TGF- $\beta$ 1-mediated metastatic behavior of MDA-MB-231 breast carcinoma cells via regulating ITGB1/FAK/Src/AKT/ $\beta$ -catenin/MMP-9 signaling axis [J]. *Toxicol In Vitro*, 2020, 69: 104973.
- [20] Gao G Y, Ma J, Lu P, et al. Ophiopogonin B induces the autophagy and apoptosis of colon cancer cells by activating JNK/c-Jun signaling pathway [J]. *Biomed Pharmacother*, 2018, 108: 1208-1215.
- [21] 王佳佳, 卢宗亮, 孔亚, 等. 麦冬皂苷D'通过RIP1/MLKL诱导前列腺癌PC3细胞程序性坏死 [J]. 第三军医大学学报, 2017, 39(3): 201-207.
- [22] 李正, 陈勇, 马临科, 等. 浙麦冬质量标准的制定及探讨 [J]. 中国现代应用药学, 2016, 33(6): 795-799.