

基于两种主成分分析方法分析石斛化学成分差异

钟伟萍¹, 罗 阳¹, 陈懿瑶¹, 李小倩¹, 王梦妍¹, 田孟良^{2*}¹四川农业大学农学院,成都 611130;²四川农业大学新农村发展研究院,雅安 625014

摘要:探索相关性矩阵和协方差矩阵两种算法的主成分分析方法的差异。本文采用两种主成分分析方法分别计算色谱技术检测得到的石斛化学成分并进行聚类讨论。结果表明在 16 种石斛植物中得到的 11 种化学成分含量差异明显,通过相关性矩阵和协方差矩阵两种算法提取得到的主成分及其次序有一定差异,结合聚类分析表明两种聚类结果也存在差异。因此,在对近缘种植物天然产物成分进行差异分析或化学成分聚类,甚至在药材类真伪品鉴别的研究中,建立高效、精准的检测手段与选择适当的数据分析方法同等重要。

关键词:主成分分析;石斛化学成分;色谱技术

中图分类号:R284;Q914.4

文献标识码:A

DOI:10.16333/j.1001-6880.2018.12.003

Analysis of Chemical Composition Differences of *Dendrobium* Based on Two Principal Component Analysis Methods

ZHONG Wei-ping¹, LUO Yang¹, CHEN Yi-yao¹, LI Xiao-qian¹, WANG Meng-yan¹, TIAN Meng-liang^{2*}¹College of Agronomy, Sichuan Agriculture University, Chengdu 611130, China;²Institute for New Rural Development, Sichuan Agriculture University, Yan'an 625014, China

Abstract: Exploring the differences of principal component analysis methods between two algorithms of correlation matrix and covariance matrix. In order to analyze the differences in chemical composition and cluster discussion of *Dendrobium*, the chemical components detected by chromatographic techniques were calculated by two principal component analysis methods. Compare the differences between the two methods and choose the appropriate principal component analysis method. The results showed that the content of 11 chemical composition in 16 *Dendrobium* were significantly different. The principal components extracted by the correlation matrix and the covariance matrix are different, and the clustering analysis shows that the two clustering results are also different. So, the natural product components variance analysis of proximal plants or chemical cluster, even in the research of the authenticity of medicinal material, the establishment of efficient and accurate detection means was as important as the selection of appropriate data analysis methods.

Key words: principal component analysis; chemical composition of dendrobium; chromatography

主成分分析方法^[1](PCA)是将原来的数据指标(一般是多维数据)通过一系列算法重新组成新的互不相关的几个综合指标代替原来数据指标的一种统计方法,通过找出最能代表原始数据的计算方法,处理掉那些噪声和冗余维度,在降低数据维度的同时还保证了数据原始特征不失真,对相似性越高的数据,采用主成分分析越有效。在进行主成分方差分析的时候存在单个指标方差影响和指标之间相关性影响,因此在前者计算的时候多采取协方差矩阵进行计算,后者多采用相关性矩阵进行计算分析。

我国石斛(*Dendrobium*)资源丰富,中国药典^[2]

规定有 4 种石斛可供入药,并且石斛作为药食同源的植物,在保健品上使用也较多,所以市场上石斛“真假”混乱,加工品表观不易鉴别。中国药典规定的检测方法检测指标有限,且检测手段复杂。因此对已有检测手段进行检测优化,利用高效阴离子交换色谱和高效液相色谱检测石斛中药典规定及已报道明确活性的 11 种化学成分^[3-5]。通过主成分分析对比,寻找质量差异,在建立检测检验方法的同时也探讨数据处理对分类鉴别产生的影响,为石斛种质开发和质量控制提供参考。

1 材料与方法

1.1 实验材料

石斛材料为课题组收集的种质资源,种类如下表(表 1)。

表 1 实验材料
Table 1 The experimental materials

种名 Species	拼音简称 Simplified name	拉丁名 Latin name	种名 Species	拼音简称 Simplified name	拉丁名 Latin name
姬竹叶石斛	JZY	<i>Dendrobium. salaccense</i>	长距石斛	CJ	<i>Dendrobium. longicornu</i>
麝香石斛	SX	<i>Dendrobium. parishii</i>	金钗石斛	JC	<i>Dendrobium. nobile</i>
紫萼石斛	ZW	<i>Dendrobium. transparens Wallich et Lindl</i>	蜻蜓石斛	QT	<i>Dendrobium. pulchellum</i>
细茎石斛	XJ	<i>Dendrobium. moniliforme</i>	景洪石斛	JH	<i>Dendrobium. exile</i>
喇叭唇石斛	LBC	<i>Dendrobium. lituiflorum</i>	铁皮石斛	TP	<i>Dendrobium. officinale</i>
鼓槌石斛	GC	<i>Dendrobium. chrysotoxum</i>	黄喉石斛	HH	<i>Dendrobium. signatum</i>
叠鞘石斛	DQ	<i>Dendrobium. aurantium</i> Rchb. f. var. <i>denneanum</i>	长苏石斛	CS	<i>Dendrobium. brymerianum</i>
滇金石斛	DJ	<i>Flichingeria albopurpurea Seidenf</i>	玫瑰石斛	MG	<i>Dendrobium. crepidatum</i>

1.2 仪器试剂

DIONEX-ICS-5 000⁺ 型离子色谱(配备脉冲安培积分检测器), Chromeleon 7 色谱工作站, CarboPac™ PA100 Analytical (4 mm × 250 mm) 色谱柱(美国 Thermo Fisher Scientific 公司); Agilent 1200 高效液相色谱仪(配备紫外分检测器), XDB-C₁₈ 色谱柱(美国 Agilent 公司); LX-03 型万能高速粉碎机(永康市红光工贸有限公司); CP224S 电子天平(德国 Sartorius 公司); UPH-III-10T 型超纯水机(成都超纯科技有限公司); KQ-400KDE 型高功率数控超声波清洗器(东莞市科桥超声波设备有限公司); Allegra X-30R Centrifuge 型离心机(美国贝克曼库尔特); 0.45 μm 津腾有机滤头及一次性注射器(天津市津腾实验设备有限公司)。

甘露糖、鼠李糖、阿拉伯糖、葡萄糖、木糖、果糖、乳糖、丁香酸、柚皮素、香豆素、香草醛标准品均为色谱级(北京 Solarbio 公司); 50% NaOH 溶液(美国 sigma 公司); 无水乙醇为优级纯(成都市科隆化学有限公司); 甲醇、乙腈、磷酸均为色谱级(天津市科密欧化学试剂有限公司); 用水为电阻率 ≥ 18.19 MΩ · cm 的超纯水。

1.3 实验方法

1.3.1 色谱条件

离子色谱: 淋洗液为超纯水-5 mol/L NaOH 溶液(0 min 90% ~ 10% 0.8 mL/min, 3 min 90% ~ 10% 0.8 mL/min, 5 min 85% ~ 15% 0.8 mL/min, 7 min 85% ~ 15% 0.4 mL/min, 9 min 80% ~ 20% 0.3 mL/min, 12 min 80% ~ 20% 0.4 mL/min, 14 min 80% ~ 20% 0.6 mL/min, 18 min 85% ~ 15% 0.6 mL/min, 20 min 85% ~ 15% 0.8 mL/min, 24 min

90% ~ 10% 0.8 mL/min, 30 min Stop), 进样量 25 μL, 柱温 30 °C。

液相色谱: 流动相为 0.01% 磷酸-乙腈-甲醇, 洗脱程序(0 min 80% ~ 0% ~ 20%, 6 min 70% ~ 10% ~ 20%, 12 min 57% ~ 10% ~ 33%, 15 min 54% ~ 13% ~ 33%, 20 min 50% ~ 20% ~ 30%, 22 min 70% ~ 10% ~ 20%, 25 min 80% ~ 0% ~ 20%, 流速 0.6 mL/min), λ = 270 nm, 进样量 6 μL, 柱温 25 °C。

1.3.2 标准品配制

分别精密量取各标准品配制成质量浓度为 1 000 mg/L 储备母液, 在精密吸取配制成梯度浓度标曲溶液, 过 0.45 μm 滤膜后上样检测。

1.3.3 样品制备

石斛糖样液采用“水提醇沉”与三氟乙酸水解进行制备, 取上述一年生石斛材料, 烘干粉碎过 40 目筛, 精密称定粉末 0.5 g, 加入 50 mL 超纯水, 400 W/50 °C 超声提取 1 h, 放冷, 取上清液 5 mL, 加入无水乙醇 20 mL, 冷藏 4 h 后离心(4 000 rpm) 30 min, 沉淀加 10 mL 热水溶解得多糖提取液, 在次精密吸取多糖提取溶液 1 mL, 精密加入 TFA 1 mL(6 mol/L), 密闭, 100 °C 水解 12 h, 挥干溶剂, 加入 5 mL 热水溶解, 放冷过 0.45 μm 滤膜得测试样液 I。

其余成分样液采用“醇提”制备, 精密称取样品粉末 0.5 g, 加入甲醇 25 mL, 400 W/40 °C 超声提取 2 h, 放冷, 取上清液过 0.45 μm 滤膜得测试样液 II。

1.3.4 数据处理

所有数据采用 Excel 2016 版和 R x64 3.44 版软件进行处理分析。

2 结果与分析

2.1 分离色谱图谱

精密吸取配置成各糖浓度均为 10 mg/L 混合样液,按 1.3.1 项下离子色谱条件进样测试,混合糖标准品分离色谱图(图 1),出峰先后顺序为甘露糖、鼠李糖、阿拉伯糖、葡萄糖、木糖、果糖、乳糖,所有糖标准品能在 20 min 之内实现快速分离鉴别,分离度、理论塔板数均能达到分析要求。

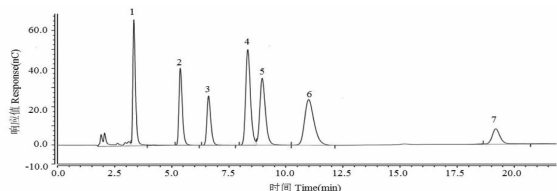


图 1 糖类标准品分离色谱图

Fig. 1 The chromatogram of sugar standard

注:1:甘露糖;2:鼠李糖;3:阿拉伯糖;4:葡萄糖;5:木糖;6:果糖;7:乳糖。

Note:1: mannose; 2: mannose; 3: arabinose; 4: glucose; 5: xylose; 6: fructose; 7: lactose.

精密吸取配置其余 4 种化学成分,浓度为 10 mg/L,按 1.3.1 项下液相色谱条件进样测试,混合标准品分离色谱图(图 2),出峰先后顺序为丁香酸、香草醛、香豆素、柚皮素,4 个标准品能在 25 min 之内实现快速分离鉴别,分离度、理论塔板数均能达到分析要求。

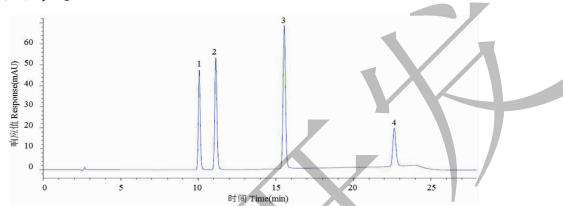


图 2 4 种化学标准品分离色谱图

Fig. 2 The chromatogram of 4 chemical standard

注:1:丁香酸;2:香草醛;3:香豆素;4:柚皮素。

Note:1: syringate; 2: vanillin; 3: coumarin; 4: naringenin.

2.2 标准曲线

通过标准曲线计算,得到线性回归方程、线性范围、回收率、相对标准偏差(RSD)等数据(表 2)。数据表明,利用离子色谱和液相色谱对石斛样品中化学成分的检测分析满足简便、快速、精确的要求。

表 2 标准曲线

Table 2 Linear equations

化学成分 Chemical composition	回归方程 Linear regression equation	R^2 Correlation coefficient R	线性范围 Linear range (mg/L)	回收率 Recovery (%)	RSD (%)
甘露糖 Mannose	$y = 6.60x + 0.260$	0.999 2	0.05 ~ 6.00	109.79	3.4
鼠李糖 Rhamnose	$y = 5.39x + 0.180$	0.999 7	0.01 ~ 4.00	82.89	4.7
阿拉伯糖 Arabinose	$y = 13.60x + 0.203$	0.999 2	0.01 ~ 2.00	83.89	4.6
葡萄糖 Glucose	$y = 17.70x - 0.612$	0.999 7	0.01 ~ 20.00	119.22	2.4
木糖 Xylose	$y = 1.32x + 0.226$	0.999 3	0.01 ~ 10.00	116.32	4.4
果糖 Fructose	$y = 20.16x + 0.579$	0.999 9	0.01 ~ 2.00	110.63	1.9
乳糖 Lactose	$y = 2.32x + 2.474$	0.999 0	0.01 ~ 4.00	103.79	2.6
丁香酸 Syringate	$y = 19.11x - 3.280$	0.999 1	0.5 ~ 20.0	98.8	1.5
香草醛 Vanillin	$y = 24.92x - 5.195$	0.999 0	0.5 ~ 20.0	102.5	1.9
香豆素 Coumarin	$y = 34.58x - 4.444$	0.999 4	0.1 ~ 100.0	92.6	2.3
柚皮素 Naringenin	$y = 11.76x - 1.142$	0.999 6	0.5 ~ 20.0	99.7	1.4

2.3 测定结果

分别取样液 I 和样液 II,分别按 1.3.1 项下离子色谱条件和液相色谱条件进样测试。测定各成分含量如下(表 3),11 种化学成分在石斛种分布差异显著,所有石斛均含有甘露糖、鼠李糖、阿拉伯糖、葡萄糖、木糖、丁香酸、香豆素和柚皮素成分;麝香石斛

中阿拉伯糖含量高于其它种,为 0.63%;紫萼石斛中葡萄糖和木糖含量高于其它种,分别为 1.92%和 9.61%;喇叭唇石斛中甘露糖、果糖、乳糖含量高于其它种,分别为 6.74%、0.39%和 3.08%;黄喉石斛中鼠李糖含量高于其它种,为 1.12%;叠鞘石斛中香草醛含量高于其它种,为 0.479%;蜻蜓石斛中丁香酸、柚皮

素含量高于其它种,分别为 0.409‰和 0.526‰;玫瑰石斛中香豆素含量高于其它种,为 0.87‰。

表 3 各成分含量(%)

Table 3 The component content(‰)

种名 Species	甘露糖 Mannose	鼠李糖 Rhamnose	阿拉伯糖 Arabinose	葡萄糖 Glucose	木糖 Xylose	果糖 Fructose	乳糖 Lactose	丁香酸 Syringate	香草醛 Vanillin	香豆素 Coumarin	柚皮素 Naringenin
姬竹叶石斛 JZY	0.39	0.26	0.22	0.06	1.61	0.07	0.43	0.035	0.180	0.045	0.019
麝香石斛 SX	2.09	0.82	0.63	0.32	3.79	0.17	1.07	0.067	0.000	0.240	0.092
紫萼石斛 ZW	6.41	0.72	0.57	1.92	9.61	0.36	2.73	0.039	0.033	0.029	0.152
细茎石斛 XJ	4.59	0.48	0.55	1.38	7.26	0.30	2.66	0.066	0.072	0.013	0.060
喇叭唇石斛 LBC	6.74	0.52	0.59	1.78	8.47	0.39	3.08	0.030	0.000	0.036	0.124
鼓槌石斛 GC	1.53	0.34	0.025	0.14	2.43	0.08	0.77	0.086	0.048	0.026	0.281
叠鞘石斛 DQ	0.59	0.52	0.37	0.10	2.18	0.08	0.08	0.307	0.479	0.039	0.032
滇金石斛 DJ	0.26	0.12	0.05	0.01	0.59	0.00	0.00	0.156	0.180	0.030	0.405
长距石斛 CJ	0.3	0.16	0.07	0.03	1.09	0.00	0.21	0.067	0.039	0.060	0.095
金钗石斛 JC	0.05	0.31	0.06	0.01	0.80	0.03	0.76	0.370	0.032	0.071	0.056
蜻蜓石斛 QT	2.96	0.32	0.42	0.63	4.4	0.17	1.42	0.409	0.302	0.108	0.526
景洪石斛 JH	0.22	0.09	0.06	0.02	0.11	0.01	0.00	0.229	0.077	0.022	0.391
铁皮石斛 TP	1.53	0.30	0.03	0.34	2.63	0.16	0.13	0.036	0.035	0.015	0.018
黄喉石斛 HH	0.87	1.12	0.54	0.04	2.29	0.09	0.26	0.346	0.203	0.073	0.266
长苏石斛 CS	0.56	0.19	0.07	0.04	0.82	0.00	0.52	0.069	0.041	0.389	0.419
玫瑰石斛 MG	0.71	0.21	0.06	0.03	1.08	0.03	0.00	0.047	0.000	0.870	0.110

2.4 成分相似性

通过 R 计算,得到 11 种化学成分相似性系数(表 4),结果表明有 45.5% 的数据之间相似性系数大于

0.3,其中以糖类成分之间相似性较高,因此数据适宜于采用主成分分析方法进行进一步分析。

表 4 相似性系数矩阵

Table 4 The similarity coefficient matrix

化学成分 Chemical composition	甘露糖 Mannose	鼠李糖 Rhamnose	阿拉伯糖 Arabinose	葡萄糖 Glucose	木糖 Xylose	果糖 Fructose	乳糖 Lactose	丁香酸 Syringate	香草醛 Vanillin	香豆素 Coumarin	柚皮素 Naringenin
甘露糖 Mannose	1.00										
鼠李糖 Rhamnose	0.39	1.00									
阿拉伯糖 Arabinose	0.71	0.8	1.00								
葡萄糖 Glucose	0.99	0.34	0.67	1.00							
木糖 Xylose	0.98	0.49	0.77	0.98	1.00						
果糖 Fructose	0.97	0.49	0.77	0.96	0.98	1.00					
乳糖 Lactose	0.95	0.35	0.70	0.95	0.94	0.92	1.00				
丁香酸 Syringate	-0.31	0.17	0.05	-0.31	-0.27	-0.27	-0.24	1.00			
香草醛 Vanillin	-0.23	0.11	0.15	-0.22	-0.15	-0.17	-0.26	0.61	1.00		
香豆素 Coumarin	-0.21	-0.15	-0.2	-0.25	-0.25	-0.28	-0.25	-0.2	-0.27	1.00	
柚皮素 Naringenin	-0.11	-0.21	-0.15	-0.15	-0.19	-0.25	-0.12	0.36	0.16	0.02	1.00

2.5 主成分分析

2.5.1 特征向量

利用 R 软件分别输入相关系数矩阵和协方差

矩阵计算命令,得到其特征向量(表 5),选取方差累积贡献值大于 80% 的主成分进行下一步分析。

表 5 不同矩阵主成分分析的特征值

Table 5 The eigenvalues of principal component analysis of different matrices

统计指标 Statistical index	相关系数矩阵 Correlation matrix			协方差矩阵 Covariance matrix	
	PC1	PC2	PC3	PC1	PC2
标准偏差 Standard deviation	2.443	1.425	1.055	3.724	0.407
方差贡献值(%) Proportion of variance	53.8	18.5	10.1	97.3	1.2
累积贡献值(%) Cumulative proportion	53.8	72.3	82.4	97.3	98.5

2.5.2 载荷矩阵

载荷矩阵(表 6)反应对评价结果的影响程度,

其绝对值越趋近于 1 则代表该主成分对变量的代表性越高,对评价结果越重要。

表 6 不同矩阵主成分载荷

Table 6 The different matrix principal component loads

化学成分 Chemical composition	相关系数矩阵 Correlation matrix			协方差矩阵 Covariance matrix	
	PC1	PC2	PC3	PC1	PC2
甘露糖 Mannose	-0.399	-	0.174	-0.567	0.487
鼠李糖 Rhamnose	-0.224	-0.316	-0.509	-	-0.479
阿拉伯糖 Arabinose	-0.335	-0.277	-0.239	-	-0.258
葡萄糖 Glucose	-0.395	-	0.181	-0.168	0.151
木糖 Xylose	-0.407	-	-	-0.760	-0.487
果糖 Fructose	-0.404	-	-	-	-
乳糖 Lactose	-0.389	-	0.192	-0.261	0.377
丁香酸 Syringate	0.115	-0.586	-	-	-
香草醛 Vanillin	-	-0.574	-	-	-0.155
香豆素 Coumarin	0.111	0.318	-0.206	-	0.104
柚皮素 Naringenin	-	-0.203	0.725	-	0.147

2.5.3 主成分得分图

计算相关系数矩阵主成分得分,绘制主成分得分三维空间图并结合平方欧式距离聚类树状图(图 3),结果表明在这 11 种化学成分上,不同石斛之间可聚为以下几类,第一类为细茎石斛、喇叭唇石斛和紫萼石斛,这 3 种石斛在甘露糖、阿拉伯糖、木糖、果糖、乳糖含量上相近;第二类为黄喉石斛和叠鞘石斛,这 2 种石斛在木糖、果糖、丁香酸含量上相近;第三类为铁皮石斛、金钗石斛、姬竹叶石斛、鼓槌石斛、长苏石斛、长距石斛、景洪石斛和滇金石斛,这 8 种石斛在果糖、鼠李糖、香豆素、柚皮素含量上相近;其

余蜻蜓石斛、麝香石斛、玫瑰石斛各单独为一类。

计算协方差矩阵主成分得分,绘制主成分得分二维空间图并结合平方欧式距离聚类树状图(图 4),结果表明在这 11 种化学成分上,分类主要衡量标准在于 PC1 向量上,在 PC1 主成分向量上距离相近,只是在 PC2 主成分向量上有一定距离,因此可以分为以下几类,第一类为细茎石斛、紫萼石斛和喇叭唇石斛;第二是蜻蜓石斛和麝香石斛;第三类是金钗石斛、姬竹叶石斛、玫瑰石斛、长苏石斛、长距石斛、景洪石斛、滇金石斛、铁皮石斛、鼓槌石斛、黄喉石斛和叠鞘石斛。

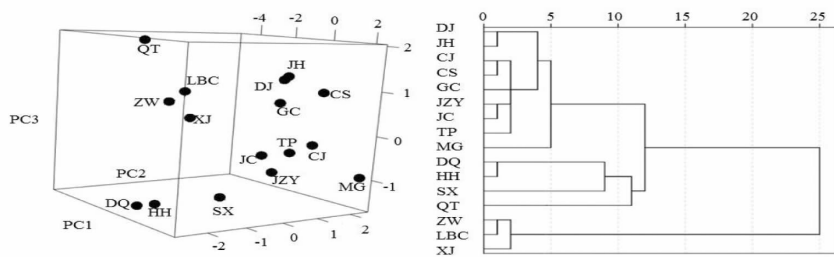


图3 相关系数矩阵主成分得分图和聚类树状图

Fig. 3 The principal component score of correlation coefficient matrix and Cluster tree

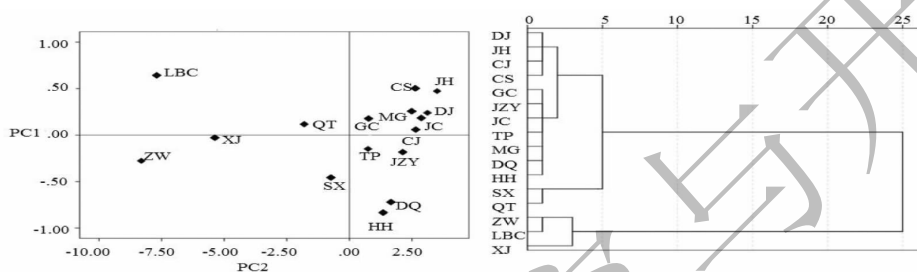


图4 协方差矩阵主成分得分图和聚类树状图

Fig. 4 The principal component score of covariance matrix and Cluster tree

3 结论

不论是在天然产物^[6]或者中药标志物^[7]的研究中,我们更多的是集中在研究其自身化学成分的组成、检测方法手段的建立更新,但大量的数据随着多维质谱等新技术检测设备^[8-9]的更新而不断的激增,那如何从中筛选有用指标,如何建立数据分析方法进行大数据的挖掘,这将是人为鉴定和分类标准建立的重要末端环节,而不同的数据分析处理方法将会带来不同的标准体系。同时,很多的化学成分是存在相关性的,所以面对海量的“多维”数据选择能有效“降维”的分析手段,主成分分析是一个很好的数据处理分析方法。

通过色谱法测试得到的石斛样品中 11 种化学成分进行分析表明,16 种石斛在化学成分上存在明显差异,并且不同的主成分分析方法得到的结果存在一定差异,这本身与两种算法差异存在关系。在对相关性较大的数据处理时,如果采用协方差矩阵算法则可能导致重要的主成分和主成分次序发生变换;而在对原始数据做相关系数分析时,会存在权大(即在原始数据中的重要程度)权小之分,而权的大小又是随机的,所以在提取主成分时也会存在一定问题。

本次研究基于对石斛质量控制标准,建立高效、

精确的检测检验手段得到大量数据的同时,对主成分分析方法进行研究,通过对比相关性矩阵和协方差矩阵两种算法的不同,得到的分析结果还是存在一定差异。两者的优势效应不同是造成分析结果差异的主要原因,相关性矩阵的优势效应主要表现在相关性大、相关性指数多的一类指标,而协方差矩阵主要表现在单个指标方差大、指标之间相关程度高的一类指标。因此,在选择主成分分析时,应注意数据分析方法的全面性,建立标准统一的数据处理和信息挖掘方法,避免采用单一、不全面的人为分类标准。而通过分析本次实验结果,采用协方差矩阵算法进行的主成分分析更适用于此次所测试的结果,这主要是由于此次分析的 11 种化学成分中,有 7 种单糖成分,因此其指标之间的相关程度较高,适用于协方差矩阵算法。

参考文献

- 1 Zhu XF (朱晓峰). Comparative research on main components analysis with covariance matrix and correlation matrix [J]. *China Sport Sci Tech* (中国体育科技), 2015, 41: 134-136.
- 2 Chinese Pharmacopoeia Commission (国家药典委员会). *Pharmacopoeia of the people's republic of China; Vol I* (中华人民共和国药典:第一部) [M]. Beijing: China Medical

- Science Press, 2015; 92-93, 282-283.
- 3 Zhang X(张雪), Xu JK(续洁琨), Wang NL(王乃利), et al. Studies on antioxidant activity of bibenzyls and phenolic components from *Dendrobium nobile* [J]. *Chin Pharm J*(中国药学杂志), 2008, 43: 829-832.
 - 4 Gong QF(龚庆芳), Zhou H(周浩), Wang XG(王新桂), et al. Determination of the content and monosaccharide composition of 7 species of *Dendrobium polysaccharides* [J]. *Food Sci Tech J*(食品科技), 2013, 38: 172-175.
 - 5 Ye Z(叶子), Lu L(卢叶), Xue YF(薛亚甫), et al. Separation and identification of specific components and quality standard of stem of *Dendrobium officinale* [J]. *Chin J of Chin Mater Med*(中国中药杂志), 2016, 41: 2481-2486.
 - 6 Zhao LM(赵丽梅), Tan NH(谭宁华). Status of libraries and databases for natural products at abroad [J]. *Chin J of Chin Mater Med*(中国中药杂志), 2015, 40(1): 29-35.
 - 7 Liu CX(刘昌孝), Chen SL(陈士林), Xiao XH(肖小河), et al. A new concept on quality marker of chinese materia medica: quality control for chinese medicinal products [J]. *Chin Tradit and Herbal Drugs*(中草药), 2016, 47: 1443-1457.
 - 8 Luo HQ(罗红情), Hu B(胡波). The new research of MS in the determination of natural products [J]. *Guangzhou Chem Ind*(广州化工), 2012, 40(2): 57-58.
 - 9 Zhang JJ(张俊杰), Jia JP(贾金萍), Qin XM(秦雪梅). Application progress of spectrometry in analysis of traditional chinese medicine [J]. *J Instru Anal*(分析测试学报), 2017, 36: 579-587.

《天然产物研究与开发》青年编委会

青年编委(以姓氏笔划为序)

Members

丁克	王红兵	戈惠明	尹文兵	尹胜	吕兆林
DING Ke	WANG Hongbing	GE Huiming	YIN Wenbing	YIN Sheng	LV Zhaolin
伍婉卿	刘相国	孙昊鹏	孙桂波	李芸霞	李良成
WU Wanqing	LIU Xiangguo	SUN Haopeng	SUN Guibo	LI Yunxia	LI Liangcheng
李国友	邱莉	汪海波	沐万孟	张炳火	陈益华
LI Guoyou	QIU Li	WANG Haibo	MU Wanmeng	ZHANG Binghuo	CHEN Yihua
林昌俊	欧阳杰	易华西	罗应刚	周文	胡友财
LIN Changjun	OU Yangjie	YI Huaxi	LUO Yinggang	ZHOU Wen	HU Youcai
袁涛	夏永刚	高慧敏	唐金山	黄胜雄	韩淑燕
YUAN Tao	XIA Yonggang	GAO Huimin	TANG Jinshan	HUANG Shengxiong	HAN Shuyan
蓝蔚青	廖晨钟	薛永波			
LAN Weiqing	LIAO Chenzhong	XUE Yongbo			