

文章编号:1001-6880(2006)02-000193-05

主成分分析法用于西洋参样品分类研究

陈军辉¹, 谢明勇^{1*}, 王远兴¹, 张中伟¹, 彭日煌¹, 王小如²

(1. 南昌大学食品科学教育部重点实验室, 南昌 330047;

2. 国家海洋局第一海洋研究所青岛市现代分析科技与中药标准化重点实验室, 青岛 266061)

摘要:建立西洋参药材分类方法;采用电感耦合等离子体质谱(ICP-MS)法对12个西洋参样品中的15种无机元素的含量进行测定,用高效液相色谱(HPLC)法测定上述样品中的7种人参皂苷的含量,用蒽酮-硫酸法测定其中多糖的含量;进而采用主成分分析法(PCA)对所测得的西洋参样品的23个变量进行分类研究;12个西洋参样品能得到合理的分类,而各人参皂苷的含量是决定西洋参样品分类的第1关键因素,元素Mn、Cu、As、Ni、Mo以及多糖的含量是第2关键因素;主成分分析法是西洋参分析分类的有效方法。

关键词:西洋参;主成分分析;无机元素;人参皂苷;多糖

中图分类号:R284.1

文献标识码:A

Classification of *Panax quinquefolium* L. Samples by Principal Component Analysis

CHEN Jun-hui¹, XIE Ming-yong^{1*},

WANG Yuan-xing¹, ZHANG Zhong-wei¹, PENG Ri-huang¹, WANG Xiao-ru²

(1. Key Laboratory of Food Science of Ministry of Education, Nanchang University, Nanchang 330047, China;

2. Qingdao Key Lab on Analytical Technology Development and Standardization of Chinese Medicines, First Institute Oceanography of SOA, Qingdao 266061, China)

Abstract: A classification method was established for quality assessment of *Panax quinquefolium* L. Fifteen elements in twelve *P. quinquefolium* L. samples were determined by means of ICP-MS, seven ginsenosides by HPLC, and polysaccharides by anthrone-sulfuric acid method. The pattern recognition based on the principal component analysis (PCA) was applied to the measured data of the *P. quinquefolium* L. samples. Twelve samples were classified reasonably, the contents of seven ginsenosides were the first key factor for classification, the contents of Mn, Cu, As, Ni, Mo and polysaccharides were the second one. The principal component analysis was useful in classification of *P. quinquefolium* L.

Key words: *Panax quinquefolium* L.; principal component analysis; elements; ginsenosides; polysaccharide

西洋参(*Panax quinquefolium* L.)又名西洋人参、洋参、花旗参、广东人参,为五加科植物。西洋参主产于美国、加拿大及法国,近年我国亦有栽培。西洋参味苦,性凉,入心、肺、肾经,功能以补益为主,可滋阴降火、益气生津^[1];其活性成分主要有皂苷类、多糖类、微量元素等。皂苷类成分是西洋参中主要活性物质,其研究较全面深入,迄今为止,中外学者已自原产和引种西洋参根中分离鉴定出皂苷类成分19种以上^[2]。西洋参中含有丰富的多糖类物质,有报道西洋参多糖对异常增高的血糖有降低作用,而且可以减少放射性物质对机体的损害,促进机体核酸和蛋白质的合成^[1]。中药疗效不仅和有机成分有

关,而且与无机元素的种类与含量也有密切的关系^[3],西洋参中含有丰富的无机元素^[4]。

主成分分析是化学计量学中的基础方法,广泛用于化学实验数据的统计分析,进行数据降维、变量提取与压缩、确定化学组分数、分类和聚类,以及与其它方法联用进行数据处理^[5]。李芳清等^[6]报道了主成分分析法用于土壤样品的分类,徐永群等^[7]报道了红外光谱结合主成分分析鉴别道地山药。主成分分析用于西洋参分类的研究未见报道,本文探索性地以西洋参中的无机元素、人参皂苷以及多糖含量为分析变量,对不同西洋参样品进行主成分分析分类研究。

收稿日期:2005-04-14

接受日期:2005-05-25

*通讯作者 Tel:86-791-8305011; E-mail:myxie@ncu.edu.cn

1 实验仪器与材料

仪器: FA1104 电子天平(上海精天电子仪器厂),电子恒温不锈钢水浴锅(上海宏兴机械仪器实业制造公司),旋转蒸发器(上海荣生有限公司),超声波发生器(上海声源超声波仪器设备有限公司的SY3200 超声波清洗器),UV-2000 紫外分光光度计(尤尼柯公司);高效液相色谱仪:Waters 公司 515 二元高压梯度系统,515 泵,2487 紫外可变检测器,PCM 泵控制器,Millennium³² 色谱工作软件,柱温箱,手动进样器(20 μ L 定量环);MK 型光纤压力自控密闭微波快速消解系统:煤炭科学研究总院上海分院新科微波溶样技术研究所,4500 系列电感耦合等离子体质谱仪(ICP-MS):美国 Agilent 公司,Milli-Q₅₀

超纯水处理系统:美国 Millipore 公司。

药品与试剂:人参皂苷对照品 Rb₁,Rb₂,Rc,Rd,Rg₁,Rg₂,Re 由吉林大学化学学院提供(含量测定用),蒽酮(上海化学试剂公司),含 Mg、Al、P、Ca、V、Cr、Mn、Fe、Co、Ni、Cu、Zn、As、Se、Sr、Mo、Cd、Pb 离子的混标(5 μ g/mL)。乙腈(HPLC 级试剂,美国 Fisher 公司)、甲醇(HPLC 级试剂,上海陆都化学试剂厂),正丁醇(分析纯,上海豪申化学试剂有限公司),浓硫酸、硝酸、双氧水(G. R. 级试剂),超纯水(18.2 M Ω)。HPLC 用所有试剂均经过 0.45 μ m 微孔滤膜过滤及超声脱气处理。

样品:西洋参样品(各样品经江西中医学院药剂师罗光明鉴定为西洋参)见表 1。

表 1 西洋参样品来源

Table 1 Origins of *Panax quinquefolium* L. samples

编号 No.	样品来源 Origins	采集时间 Herborization	编号 No.	样品来源 Origins	采集时间 Herborization
1	新加坡 1(Singapore 1)	2002-10-17	7	吉林 4(Jilin 4)	2003-04-10
2	吉林 7(Jilin 7)	2002-10-17	8	吉林 5(Jilin 5)	2003-04-10
3	加拿大(Canada)	2002-12-06	9	吉林 6(Jilin 6)	2003-04-10
4	吉林 1(Jilin 1)	2003-04-10	10	广州(Guangzhou)	2002-12-06
5	吉林 2(Jilin 2)	2003-04-10	11	新加坡 2(Singapore 2)	2002-10-17
6	吉林 3(Jilin 3)	2003-04-10	12	吉林 8(Jilin 8)	2002-10-17

2 实验方法

2.1 西洋参中无机元素的含量测定

2.1.1 样品的制备

西洋参样品分别研磨后过 60 目筛,103 $\pm$ 2 烘至恒重供消化用。

2.1.2 样品的消化

每份样品精确称取约 0.2 g,放入 PTFE 消解罐中,加入 5 mL 浓硝酸,室温下预消化过夜。放入消化外罐在微波消解系统中消化。消解条件:满功率(800 W),1 个压力(0.5 MPa)1 min,2 个压力(1.0 MPa)1 min,3 个压力(1.5 MPa)3 min。自然冷却后取出。加 2 mL 30%双氧水,2 个压力微波溶样 3 min,冷却后取出,移入 50 mL 容量瓶中,用超纯水定容至刻度。标准参照物和空白采用同样方式消解。每种样品和试剂空白一式三份。

2.1.3 无机元素测定

用 ICP-MS 测定,先测定 1、4、16、50、100、200 ng/mL 的标准溶液中各元素含量,其结果绘制成标准工作曲线。然后依次测定按 2.1.2 方法消解标准参照

物和各西洋参样品。ICP-MS 工作参数见表 2。

表 2 ICP/MS 仪器工作参数

Table 2 ICP/MS operating conditions

参数 Parameter	设定值 Value	参数 Parameter	设定值 Value
RF 功率 RF power	1200 W	S/C 温度 S/C temperature	2.0
采样锥孔径 Diameter of sampler	1.0 mm	截取锥孔径 Diameter of skimmer	0.4 mm
等离子气体流量 Plasma gas	16.0 L/min	辅助气流量 Auxiliary gas	1.0 L/min
载气流量 Carrier gas	0.98 L/min	分辨率 Resolving power	0.7 AMU
各元素积分时间 Integration time	300 ms	测量循环次数 No. of replicates	3
样品提升率 Sample uptake rate	1.0 mL/min	分析室气压 Vacuum pressure	2.23 $\times 10^{-5}$ Pa

2.2 西洋参中七种人参皂苷的含量测定

根据报道的色谱条件进行西洋参中七种人参皂苷的含量测定^[8]。

2.3 西洋参多糖的含量测定

2.3.1 供试品溶液的制备

精密称取西洋参粉末(10 目)5 g,加 80%乙醇

200 mL,90 ℃水浴回流 1 h,重复一次,趁热抽滤,滤渣用 80 %热乙醇洗涤(10 mL ×2)。挥干溶剂后,滤渣连同滤纸置于烧瓶中,加 75 mL 蒸馏水,100 ℃水浴浸提 1 h,趁热过滤,滤渣重复提取二次,合并滤液,离心分离(4800 rpm,10 min),上清液置于 250 mL 容量瓶中,加蒸馏水定容至刻度,摇匀。精密移取 2 mL 置于 50 mL 容量瓶中,以蒸馏水定容至刻度,摇匀备用。

2.3.2 供试品溶液多糖含量测定
用蒽酮-硫酸法测定^[9]。

3 结果与讨论

3.1 数据的标准化

在主成分分析中,数据的选择和数据的预处理是主成分分析成功与否的一个重要因素。若原始指标变量数量级差异较大,则变量值大的对综合指标(公共因子)的影响也大^[10];因此在运用主成分分析法时,通常需要对原始指标进行无量纲化处理,通常的数据处理方法有标准化、均值化等。标准化处理会保持原始指标数值的相对稳定性,本文应用

表 3 数据标准化结果
Table 3 Results of standardized values

成分 Components	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Mg	0.1854	-1.275	2.0074	-0.2983	-1.3267	1.5329	-0.0603	-0.2119	0.4227	0.2838	-0.7006	-0.5594
Al	-0.5398	-0.6491	1.986	0.7725	-0.1334	-0.6196	-0.4007	-0.7204	1.9073	-0.4287	-0.8645	-0.3097
P	-1.0191	-1.4608	-0.1271	0.0045	-0.1328	2.3982	0.2846	1.0866	-0.5607	0.0707	0.124	-0.6681
Ca	-0.4104	-0.776	0.7655	-0.7343	-1.7151	-1.393	1.3311	0.1028	0.3553	1.0588	0.3983	1.0169
V	-0.2339	-0.3632	2.4306	-0.0399	0.2835	-0.7513	-0.9841	-0.9194	1.4605	-0.1822	-0.221	-0.4797
Cr	0.1104	-0.6995	-0.1683	1.9746	1.9746	-0.1405	0.1153	-0.1194	-0.3002	-0.8152	-1.0107	-0.9211
Mn	-0.2192	-0.4247	1.9397	1.8379	0.3473	-1.1579	-1.0817	-0.6171	-0.2902	0.2455	0.1017	-0.6813
Fe	-0.5475	-1.0447	2.0892	0.3232	-0.0896	-0.453	-0.3774	-0.626	1.3712	1.0427	-0.8556	-0.8324
Ni	1.4903	-0.4446	1.922	1.0949	0.1284	-1.1398	0.0559	-0.2765	-1.0596	-0.3529	-0.8514	-0.5668
Cu	0.4184	-0.2515	0.8256	1.0694	0.697	-0.2015	-1.9739	-1.0405	-1.2233	1.2522	-0.1567	0.5849
Zn	-0.6037	-0.7051	-0.4487	1.4461	0.8348	0.1835	2.2646	-0.6194	-0.2136	-0.5906	-0.8492	-0.6986
As	0.2058	-0.018	0.1141	2.0609	1.4191	-0.5734	-0.9374	-1.1396	-1.3014	0.2409	-0.4952	0.4242
Sr	-0.3402	-1.202	0.2634	0.0616	-0.5696	-1.3384	2.3752	1.0615	-0.654	0.0542	0.0744	0.2139
Mb	-0.4181	-0.656	0.2657	-0.7526	-0.5594	0.2657	2.9269	0.0056	-0.7229	-0.2323	0.2732	-0.3958
Pb	-0.5925	0.0714	-0.6178	-0.4328	0.9371	0.3404	0.8615	-1.8112	1.8028	0.8783	-0.6766	-0.7606
Rb ₁	-0.3041	0.2386	0.8373	0.4818	-0.2386	0.9589	0.7999	0.9776	0.7531	-1.5016	-1.4174	-1.5857
Rb ₂	-0.224	0.4927	0.6719	0.3135	-0.642	1.4482	0.5524	0.7316	0.7316	-2.0156	-1.2392	-0.8212
Rc	-0.6969	-0.5171	1.821	0.9217	-0.3372	0.2923	-0.2473	-0.0674	1.7311	-0.9667	-1.0566	-0.8768
Rd	-0.7084	0.0482	1.2054	1.2499	0.4488	0.4933	0.1817	0.9829	0.3153	-1.3315	-1.465	-1.4205
Rg ₁	-0.8904	-0.5565	-0.5565	-0.8904	-0.8904	0.4452	-0.2226	-0.2226	-0.2226	2.1147	0.1113	1.7808
Rg ₂	-0.5089	0.4216	0.7706	0.2472	-0.1018	0.9451	1.1195	0.8287	0.7124	-1.4976	-1.4976	-1.4394
Re	0.2777	0.4245	0.8018	0.5712	-0.0367	0.7389	0.3826	0.4874	1.1162	-1.504	-1.525	-1.7346
多糖 Polysaccharide	-1.7778	-0.4277	-1.0922	-0.6963	-0.6115	1.3891	0.1944	1.2759	0.8377	0.4913	0.9084	-0.4913

SPSS11.0 统计软件包中的因子分析程序对原始数据进行标准化处理后进行主成分分析。

3.2 主成分筛选及其贡献率

主成分分析的目的之一是用尽可能少的因子来解释观测到的变量,主成分的特征根及贡献率是选择主成分的依据,表 4 描述了主成分分析初始解对原有变量总体描述情况,第二列是因子变量的方差贡献(特征值),它是衡量因子重要程度的指标。第一行中特征值是 7.39,表示第一个因子描述了原有变量总方差中的 7.39,后面因子描述的方差依次减

少。第三列是各因子变量的方差贡献率,表示该因子描述的方差占原有变量总方差的比例。它的值是第二列的特征值除以总方差的结果。第四列是因子变量的累计方差贡献率,表示前 m 个因子描述的总方差占原有变量的总方差的比例。从表 4 中可以看到总方差的 86.3 %的贡献来自前 5 个因子,即一个 5 因子模型解释了试验数据的 86.3 %,而主成分 1 与主成分 2 这两个分量已包含样本的较大部分信息(累计方差贡献率为 54.2 %)。

表 4 主成分分析初始统计值对原有变量总体描述

Table 4 Total variance explained			
主成分 Component	初始特征值		
	特征值 Total	方差贡献率(%) Contribution to variance	累计方差贡献率(%) Cumulative
1	7.39	32.1	32.1
2	5.08	22.1	54.2
3	3.29	14.3	68.5
4	2.47	10.7	79.2
5	1.63	7.09	86.3
6	1.54	6.69	93.0
7	0.724	3.13	96.2
8	0.385	1.67	97.8
9	0.221	0.963	98.8
10	0.169	0.735	99.5
11	0.103	0.449	100

表 5 因子负荷矩阵

Table 5 Component matrix					
成分 Components	主成分 1 Component 1	主成分 2 Component 2	主成分 3 Component 3	主成分 4 Component 4	主成分 5 Component 5
Mg	0.4821	-0.0657	0.6092	-0.0713	-0.1127
Al	0.6993	0.3847	0.5098	-0.0212	0.1327
P	0.1708	-0.5425	0.0015	-0.1475	0.1829
Ca	-0.2684	-0.1296	0.7354	0.5582	-0.0984
V	0.5290	0.5418	0.5501	-0.1233	0.0037
Cr	0.5256	0.3122	-0.6252	0.1790	0.3610
Mn	0.3968	0.7964	0.1062	0.1738	-0.0071
Fe	0.5325	0.4003	0.6636	0.0345	0.2619
Ni	0.4403	0.5905	-0.0849	0.4965	-0.3532
Cu	-0.1876	0.8704	-0.0512	-0.1180	0.0523
Zn	0.4325	-0.2163	-0.3688	0.5483	0.5459
As	0.0118	0.7775	-0.4866	0.1335	0.2331
Sr	-0.0047	-0.3325	0.1477	0.8880	-0.0572
Mo	0.0658	-0.6246	0.1245	0.6793	0.0889
Pb	0.1519	-0.0742	0.1792	-0.1401	0.8115
Rb ₁	0.8926	-0.4010	-0.1069	-0.0535	-0.1174
Rb ₂	0.7816	-0.4602	-0.1143	-0.1946	-0.2373
Rc	0.8932	0.1059	0.3512	-0.1331	0.0513
Rd	0.9238	-0.0687	-0.2069	-0.0118	-0.0442
Rg ₁	-0.6807	-0.0847	0.4938	-0.0645	0.2353
Rg ₂	0.8573	-0.4616	-0.1115	-0.0127	-0.0589
Re	0.9206	-0.2096	-0.1389	-0.1526	-0.1055
多糖 Polysaccharide	-0.1346	-0.7173	0.2304	-0.3443	0.2555

因子负荷能反映各指标对主成分贡献的大小,因子负荷的符号表示各指标对改变主成分值的增减效果。从表 5 中可以看出,人参皂苷 Rb₁, Rb₂, Rc, Rd, Rg₂, Re 在主成分 1 中有明显的正相负荷,表明它们增加,第 1 主成分增大;而人参皂苷 Rg₁ 则对第 1 主成分有较强的逆负荷,说明人参皂苷 Rg₁ 含量

增大,第 1 主成分值较少,其它项目对第 1 主成分影响较小。因此第 1 主成分可称为“人参皂苷因子”。当某样品第 1 主成分值大时,必有人参皂苷 Rb₁、Rb₂、Rc、Rd、Rg₂、Re 含量较高,人参皂苷 Rg₁ 含量较低等特点。

无机元素 Mn、Cu、As、Ni 在主成分 2 中有明显的正相负荷,而多糖与元素 Mo 在主成分 2 中有明显的逆负荷,因此第 2 主成分可称为“过渡金属多糖因子”。当某样品第 2 主成分值大时,应该有 Mn、Cu、As、Ni 含量较高,多糖与 Mo 元素含量较低等特点。

从第三主成分看,Mg、Al、Ca、V、Fe 元素含量较高,Cr 元素的含量较低,这几种元素的共同特点是原子序数较小,并且都是营养元素,所以第 3 主成分可称为“营养元素因子”。

从第四主成分看,Sr、Mo 元素含量较高,说明 Sr、Mo 元素与第 4 主成分正相关。

从第五主成分看,Pb 元素含量很高,说明当某样品第 5 主成分值大时,Pb 元素的含量可能会超标,应该引起注意。

3.3 求各样本的主成分值并进行分类

经计算后,各个样本的主成分值列于表 6。以主成分 1 为横坐标,主成分 2 为纵坐标,将 12 个样本点分别标入坐标系中,将较近的点圈在一起便得到图 1。

表 6 各样本的主成分值

Table 6 Principal component value of samples					
样品 Samples	主成分 1 Component 1	主成分 2 Component 2	主成分 3 Component 3	主成分 4 Component 4	主成分 5 Component 5
1	-0.608	1.5885	-1.1884	0.3751	-1.726
2	-0.554	-0.1303	-1.5779	-1.4848	-1.0319
3	4.256	2.596	2.867	0.8367	-1.3182
4	2.73	2.6448	-2.0683	0.8622	0.7118
5	0.501	1.9116	-2.7279	-0.2551	1.7786
6	1.216	-3.0051	-0.4811	-2.5193	0.591
7	0.919	-3.9503	-0.0935	3.6669	0.9281
8	0.503	-2.8267	-0.5678	-0.0782	-1.8328
9	2.657	-0.7822	2.5306	-1.8408	1.149
10	-3.685	1.3989	2.1638	0.1511	1.5208
11	-3.794	-0.2709	0.4442	-0.0484	-0.3757
12	-4.141	0.8257	0.6991	0.3346	-0.3946

从图中可见,每个点都由原 23 维空间的样本点降维映射而来,反映了 12 个样品的分类情况,根据图中各样点的位置,大致可将 12 个样本点分为 4 类;10,11,12 号样品为第一类,其共同点是人参皂苷含量偏低,但是这三个样品并不是同一产地,10 号是广州产西洋参,11 号是新加坡 2 号参,而 12 号是

吉林 8 号参;第二类为 3,4,9 号样品,其中 3 号是加拿大产西洋参,4,9 号为吉林产西洋参,它们的共同特点是人参皂苷含量很高,即人参皂苷的含量是决定这 6 个样品与其它样品分开的主要因素。第三类为 6,7,8 号样品,这些样品的共同点是 Mn、Cu、As、Ni 元素含量偏低,而多糖和元素 Mo 含量较高,即 Mn、Cu、As、Ni、Mo 和多糖的含量是决定这 3 个样品与其它样品分开的主要因素。其余三个样品可归为最后一类,它们的共同特点是距离 x 轴、y 轴的交点较近,说明各成分的含量适中。

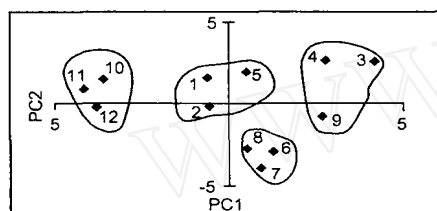


图 1 12 个样品按主成分 1 和主成分 2 分类图

Fig. 1 Classification of twelve samples according to principal component 1 and 2

按药材的产地进行分类和道地性判别,是传统的中药品质评价方法。从本文的分类结果可以看出,产地相同的西洋参样品并没有完全分在一类,说明本文建立的分类方法与传统的按产地分类的方法有一定的差异。从西洋参药理活性的角度来讲,本文建立的分类方法更为科学,因为此分类方法是以公认的有机(多种人参皂苷和多糖)、无机(多种无机元素)、活性成分为分类变量,而传统的分类方法主观、模糊性较强。

由于本文的西洋参样本数量较小,特别是广州、加拿大产西洋参样品只有一个,所以统计学意义不足,分类结果的可信度不高。本文主要是对西洋参药材分类方法的一种探讨,如果要得到可信度较高的分类结果,可以增大样本数量后采用本文建立的分类方法进行判别;也可以将此分类方法应用于其它药材的分类研究。

4 结论

本研究探索性地用主成分分析法对 12 个西洋参样品进行了化学模式识别研究,主成分分析可以按西洋参中人参皂苷含量、无机元素含量、多糖含量的内在规律将西洋参样品较合理地分为几类,主成分分析能反映出样品间的亲疏远近关系,并且能反映出决定

类别的关键因素。本实验结果说明,各种人参皂苷的含量是决定西洋参样品分类的第一关键因素,无机元素 Mn、Cu、As、Ni、Mo 以及多糖含量是第二关键因素;这就弥补了以前只以有机成分或只以无机元素含量为标准分类的缺陷,并进一步揭示了各成分与分类的相关性。这就大大缩减了以往全凭主观判断所造成的误差,使数据分析结果更具客观性,对西洋参品种与质量的鉴定有一定的理论意义和实用价值。

参考文献

- 1 Meng FZ(孟凡征), Li B(李柏). *Panax quinquefolium* L. (西洋参). Beijing: Science and Technology Publishing House, 2003. 2.
- 2 Wei CY(魏春雁), Mou JM(牟金明). A survey of study of chemical components of *Panax quinquefolium* L. S. W. E. *Anim Plan Res* (特产研究), 1997, 4: 39-41.
- 3 Qi JS(祁俊生), Xu HB(徐辉碧), Zhou JY(周井炎), et al. Factor analysis and cluster analysis of trace elements in some Chinese medicinal herbs. *Chin J Anal Chem* (分析化学), 1998, 26: 1309-1314.
- 4 Han JT(韩金士), Wang H(王辉). Determination of ten trace elements in ginseng and American ginseng by flame atomic absorption spectrometry. *J Xinyang Normal Univ* (信阳师范学院学报), 2004, 17: 173-174.
- 5 Liu G(刘广军), Gao HT(高洪涛). Application of principal component analysis in chemometrics. *J Qufu Normal Univ* (曲阜师范大学学报), 2004, 30(3): 75-81.
- 6 Li FQ(李芳清), Ni YN(倪永年), Yang SP(杨水平). Classification of the soil samples by application of principal component analysis. *J Nanchang Univ, Nat Sci* (南昌大学学报, 自科版), 2004, 28: 140-143.
- 7 Xu YQ(徐永群), Sun SQ(孙素琴), Yuan ZM(袁子民), et al. Discrimination of trueborn tuber dioscoreae by fingerprint infrared spectra and principal component analysis. *Chinese J Anal Chem* (分析化学), 2002, 30: 1231-1233.
- 8 Chen JH(陈军辉), Xie MY(谢明勇), Zhang ZW(张中伟), et al. Determination of ginsenosides in *Panax quinquefolium* L. by HPLC and comparison of different extracting methods. *Nat Prod Res Dev* (天然产物研究与开发), 2006, 18: 120-125.
- 9 Chen JH(陈军辉), Xie MY(谢明勇), Nie SP(聂少平), et al. Determination of polysaccharides in *Panax quinquefolium* L. *J Food Sci Biotech* (食品与生物技术学报), 2005, 24(5): 72-76.
- 10 You JX(游家兴). How factor analysis method was used for comprehensive evaluation. *Statistic Edu* (统计教育), 2003, 5: 10-11.