

河北道地药材北沙参 HPLC – PDA 指纹图谱研究*

郑旭光¹ 陈钟² 项峰³ 孟岩⁴ 刘俊霞⁴ 朱红¹ 张兰桐^{1**}

(1. 河北医科大学药学院药物分析教研室 石家庄 050017; 2. 河北省中药注射剂工程技术研究中心 石家庄 051430;
3. 河北北方学院附属第一医院 张家口 075000; 4. 石家庄市中心医院药剂科 石家庄 050011)

摘要 目的: 建立河北道地药材北沙参 HPLC – PDA 指纹图谱分析方法, 并与不同产地北沙参药材指纹图谱特征进行比较, 为科学评价与有效控制北沙参药材质量提供新方法。**方法:** 采用 Diamonsil™ C₁₈ (250 mm × 4.6 mm 5 μm) 色谱柱, 流动相为甲醇 – 乙腈 – 0.05% 磷酸水溶液, 梯度洗脱, 流速 1.0 mL · min⁻¹, 柱温 30 °C, 检测波长 295 nm。结果: 13 批道地药材的相似度在 0.9 以上, 化学组成一致性较好; 不同产地饮片相似度只在 0.1 ~ 0.4 之间。结论: 本方法操作简便、快速、准确, 为北沙参药材的鉴别和质量的全面控制提供了依据。

关键词: 中药; 伞形科; 珊瑚菜; 北沙参; 饮片; 补骨脂素; 花椒毒素; 佛手柑内酯; 欧前胡素; 异欧前胡素; 呋喃香豆素; 高效液相色谱; 指纹图谱; 特征图谱

中图分类号: R917 文献标识码: A 文章编号: 0254 – 1793(2011)09 – 1683 – 06

Study on HPLC – PDA fingerprints of Radix Glehniae from Hebei province*

ZHENG Xu – guang¹, CHEN Zhong², XIANG Feng³, MENG Yan⁴,
LIU Jun – xia⁴, ZHU Hong¹, ZHANG Lan – tong^{1**}

(1. Department of Pharmaceutical Analysis School of Pharmacy of Hebei Medical University, Shijiazhuang 050017, China;

2. Hebei Province Engineering Research Center for Traditional Chinese Drug Injections, Shijiazhuang 051430, China;

3. The First Affiliated Hospital of Hebei North University Zhangjiakou 075000, China;

4. Central Hospital of Shijiazhuang, Department of Pharmacy, Shijiazhuang 050011, China)

Abstract Objective: To establish a fingerprint analysis method for identification of Radix Glehniae of Hebei province, get the control chromatogram and compare the fingerprints of Radix Glehniae collected from different producing areas so as to establish a sensitive and specific method for controlling the quality of Radix Glehniae. **Methods:** Chromatographic separation was carried out on Diamonsil™ C₁₈ (250 mm × 4.6 mm 5 μm) column at 30 °C. The mobile phase was methanol, acetonitrile and phosphoric acid in aqueous solution (0.05%) with gradient elution. The flow rate of mobile phase was maintained at 1.0 mL · min⁻¹. The detection wavelength was set at 295 nm. **Results:** The similarity between 13 batches famous – region drugs were above 0.9, and the chemical composition of them were good consistency. The similarity between other samples from different sources were only 0.1 – 0.4. **Conclusion:** This method of the operation is simple, quick, accurate, and can be used for the identification and quality control of Radix Glehniae.

Key words: traditional Chinese medicine; Umbelliferae; *Glehnia littoralis*; Radix Glehniae; prepared drug in pieces; psoralen; xanthotoxin; bergapten; imperatorin; isoimperatorin; furocoumarin; HPLC; fingerprint; specific chromatogram

北沙参为伞形科植物珊瑚菜 *Glehnia littoralis* Fr. Schmidt ex Miq. 的干燥根。味甘微苦, 性微寒, 归肺、胃经, 有养阴清肺、益胃生津之功效, 主要用于肺热燥咳、劳嗽痰血、热病津伤口渴^[1]。研究表明

* 河北省科技支撑计划项目(课题号: 09276423D)

** 通讯作者 Tel: (0311) 86266419; E – mail: zhanglantong@263.net

北沙参主要含多种香豆素类(欧前胡素、异欧前胡素、佛手柑内酯、补骨脂素等)、聚炔类等化学成分^[2~4]。中国药典记载的北沙参加工方法为除去须根,洗净,置沸水中烫后除去外皮干燥或洗净直接干燥^[1],在河北安国实地考察了解到,为使北沙参外形美观、易干燥、减少气味、不易生虫、不易回潮等,选用的加工方式也是沸水煮、去皮、切成饮片晒干,但会导致北沙参中很多化学成分的含量降低,严重影响了北沙参药材质量。河北安国是北沙参主要产区,为保证临床用药的安全性和有效性,有必要建立河北道地药材北沙参的指纹图谱,以此来反映其药材的整体性和特征性。本实验采用 HPLC-PDA 法对北沙参药材的指纹图谱进行了研究,为该药材全面质量控制及其炮制加工提供参考依据。

1 仪器与试药

美国 Agilent-1200 高效液相色谱仪(在线脱气

机、四元泵、自动进样器、PDA 检测器); Agilent chem office 色谱工作站; SCQ-200 超声波清洗器(100 W 25 kHz,上海声谱超声波设备厂); SZ-93 自动双重纯水蒸馏器(上海亚荣生化仪器厂)。

甲醇、乙腈为色谱纯(美国迪马公司),水为二次重蒸水,其他溶剂均为分析纯。对照品补骨脂素(批号 110739-200512)、欧前胡素(批号 110826-200511)、异欧前胡素(批号 110827-200407)均由中国药品生物制品检定所提供,佛手柑内酯(批号 07111221)由上海同田生物技术有限公司提供,花椒毒素由伟天试剂公司提供,经 HPLC-PDA 分析佛手柑内酯和花椒毒素的色谱纯度不少于 98%,不同产地北沙参样品来源见表 1。本研究收集了 19 批不同产地北沙参药材样品,其中 1~13 批为秋季采收直接晾干,14~19 批均为经过沸水煮、去皮、晒干后的饮片,所有上述样品用粉碎机粉碎,过 3 号筛置干燥器中备用。

表 1 北沙参药材样品来源

Tab 1 Sources of Radix Glehniae samples

样品号(No.)	样品来源(source)	备注(remarks)
1	河北安国奉伯(Fengbai, Anguo, Hebei)	家种(直接晾干) [domestic species(open - air drying)]
2	河北安国流昌(Liuchang, Anguo, Hebei)	家种(直接晾干) [domestic species(open - air drying)]
3	河北安国西徐(Xixu, Anguo, Hebei)	家种(直接晾干) [domestic species(open - air drying)]
4	河北安国刘托(Liutuo, Anguo, Hebei)	家种(直接晾干) [domestic species(open - air drying)]
5	河北安国常庄(Changzhuang, Anguo, Hebei)	家种(直接晾干) [domestic species(open - air drying)]
6	河北安国西王奇(Xiwangqi, Anguo, Hebei)	家种(直接晾干) [domestic species(open - air drying)]
7	河北安国车张庄(Chezhangzhuang, Anguo, Hebei)	家种(直接晾干) [domestic species(open - air drying)]
8	河北安国马固(Magu, Anguo, Hebei)	家种(直接晾干) [domestic species(open - air drying)]
9	河北安国刘霜(Liushuang, Anguo, Hebei)	家种(直接晾干) [domestic species(open - air drying)]
10	河北安国寺下(Sixia, Anguo, Hebei)	家种(直接晾干) [domestic species(open - air drying)]
11	河北安国东王奇(Dongwangqi, Anguo, Hebei)	家种(直接晾干) [domestic species(open - air drying)]
12	河北安国中送(Zhongsong, Anguo, Hebei)	家种(直接晾干) [domestic species(open - air drying)]
13	河北安国观音堂(Guanyintang, Anguo, Hebei)	家种(直接晾干) [domestic species (open - air drying)]
14	河北安国西王奇(Xiwangqi, Anguo, Hebei)	家种(水煮、去皮、晒干、切片) [domestic species(soak in boiling water, peel root bark, dry under sunshine, cut crude drug)]
15	河北安国东王奇(Dongwangqi, Anguo, Hebei)	家种(水煮、去皮、晒干、切片) [domestic species(soak in boiling water, peel root bark, dry under sunshine, cut crude drug)]
16	河北安国(Anguo, Hebei)	商品(水煮、去皮、晒干、切片) [goods(soak in boiling water, peel root bark, dry under sunshine, cut crude drug)]
17	内蒙古赤峰(Chifeng, Nei Monggol)	商品(水煮、去皮、晒干、切片) [goods(soak in boiling water, peel root bark, dry under sunshine, cut crude drug)]
18	辽宁(Liaoning)	商品(水煮、去皮、晒干、切片) [goods(soak in boiling water, peel root bark, dry under sunshine, cut crude drug)]
19	山东(Shandong)	商品(水煮、去皮、晒干、切片) [goods(soak in boiling water, peel root bark, dry under sunshine, cut crude drug)]

2 方法与结果

2.1 对照品溶液的制备 精密称取补骨脂素、花椒毒素、佛手柑内酯、欧前胡素和异欧前胡素对照品适量,置 10 mL 量瓶中,用 75% 甲醇溶解并定容至刻度,摇匀,经稀释配制成质量浓度分别为 10.41, 12.32, 6.40, 5.27, 3.49 $\mu\text{g} \cdot \text{mL}^{-1}$ 的混合溶液,即得。

2.2 供试品溶液的制备 取药材粉末(过 3 号筛) 2.0 g,精密称定,置 50 mL 量瓶中,精密加入 75% 甲醇 25 mL,摇匀,称定质量,超声提取 30 min,取出,放冷,用 75% 甲醇补足质量,摇匀,微孔滤膜(0.45 μm) 滤过,即得。

2.3 色谱条件和系统适用性试验 采用 Diamon-silTM C₁₈ (250 mm × 4.6 mm, 5 μm) 色谱柱,以甲醇-乙腈-0.05% 磷酸水溶液为流动相,梯度洗脱,洗脱程序见表 2;检测波长 295 nm,柱温 30 $^{\circ}\text{C}$,进样量 20 μL ,多数组分均在 90 min 内被检测完。在本文色谱条件下,按补骨脂素峰计算理论板数不低于 4000,与其他色谱峰的分离度大于 1.5。

表 2 流动相梯度洗脱程序

Tab 2 Gradient elution process of flow phase

时间 (time) / min	流量(flow rate) / $\text{mL} \cdot \text{min}^{-1}$	甲醇(methanol) - 乙腈(acetonitrile) - 0.05% 磷酸水溶液(0.05% phosphoric acid in aqueous solution)
0	1.0	6:6:88
30	1.0	12:12:76
58	1.0	25:25:50
66	1.0	32:32:36
90	1.0	41:41:18

2.4 精密度试验 取同一批供试品溶液,连续进样 6 次,分别对共有峰的相对保留时间和相对峰面积进行考察。结果表明,各共有峰相对保留时间的 RSD 均小于 0.67%,相对峰面积的 RSD 均小于 1.7%,符合指纹图谱分析要求。

2.5 重复性试验 取同一批供试品药材粉末 6 份,制备供试品溶液,分别对共有峰的相对保留时间和相对峰面积进行考察。结果表明,各共有峰相对保留时间的 RSD 均小于 0.32%,相对峰面积的 RSD 均小于 2.0%,符合分析要求。

2.6 稳定性试验 取同一批供试品溶液分别于 0, 2, 4, 8, 12 h 进样分析,考察共有峰的相对保留时间和相对峰面积。结果表明,各共有峰相对保留时间的 RSD 均小于 0.59%,相对峰面积的 RSD 均小于 1.6%,表明供试品溶液在 24 h 内基本稳定。

2.7 河北道地药材北沙参指纹图谱的建立 取河北产北沙参药材(1~13 号样品),按“2.2”项下方法制备供试品溶液,各取 20 μL 分别进样,进行 HPLC 分析;另取补骨脂素、花椒毒素、佛手柑内酯、欧前胡素和异欧前胡素的混合对照品溶液按相同条件进行分析,根据相对保留时间对样品图谱中色谱峰进行归属,确定样品指纹图谱中 11 号、12 号、13 号、15 号和 16 号峰分别为补骨脂素、花椒毒素、佛手柑内酯、欧前胡素和异欧前胡素,其成分均属呋喃香豆素类。以 11 号峰(S 峰)即补骨脂素峰为内参比峰,计算其他色谱峰与内参比峰的相对保留时间,见表 3,得到 17 个共有峰,见图 1,计算各共有峰相当于内参比峰的相对峰面积,见表 4。将指纹图谱信号数据导入 2004A 版相似度评价软件,生成共有模式即对照指纹图谱,见图 2。

表 3 道地北沙参共有峰的相对保留时间

Tab 3 Relative retention time of Radix Glehniae for fingerprint from Hebei

峰号 (peak No.)	样品号(sample No.)													均值 (mean)
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	
1	0.192	0.192	0.192	0.192	0.192	0.192	0.192	0.192	0.192	0.191	0.191	0.191	0.191	0.192
2	0.218	0.219	0.219	0.219	0.219	0.219	0.219	0.220	0.219	0.219	0.218	0.220	0.219	0.219
3	0.338	0.339	0.339	0.339	0.338	0.339	0.340	0.340	0.339	0.340	0.339	0.340	0.339	0.339
4	0.406	0.407	0.408	0.407	0.407	0.407	0.408	0.408	0.408	0.408	0.408	0.408	0.408	0.407
5	0.594	0.595	0.594	0.595	0.595	0.594	0.595	0.595	0.595	0.596	0.596	0.596	0.595	0.595
6	0.660	0.662	0.662	0.661	0.662	0.662	0.662	0.662	0.662	0.662	0.662	0.662	0.662	0.662
7	0.691	0.692	0.692	0.692	0.692	0.692	0.693	0.693	0.692	0.693	0.693	0.693	0.693	0.692
8	0.893	0.894	0.894	0.894	0.895	0.894	0.895	0.895	0.895	0.895	0.896	0.896	0.896	0.895
9	0.922	0.923	0.923	0.923	0.923	0.923	0.924	0.924	0.924	0.924	0.924	0.924	0.925	0.924
10	0.976	0.976	0.976	0.976	0.976	0.976	0.976	0.976	0.976	0.976	0.976	0.976	0.976	0.976

续表 3

峰号 (peak No.)	样品号(sample No.)													均值 (mean)
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	
S	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
12	1.039	1.039	1.038	1.039	1.039	1.039	1.038	1.039	1.039	1.039	1.038	1.039	1.039	1.039
13	1.132	1.131	1.131	1.131	1.131	1.131	1.131	1.131	1.131	1.131	1.131	1.131	1.131	1.131
14	1.253	1.252	1.251	1.252	1.251	1.251	1.252	1.252	1.252	1.253	1.262	1.264	1.264	1.255
15	1.328	1.328	1.327	1.327	1.327	1.327	1.327	1.327	1.327	1.327	1.327	1.327	1.328	1.327
16	1.418	1.417	1.416	1.417	1.416	1.416	1.417	1.417	1.417	1.417	1.416	1.416	1.417	1.417
17	1.473	1.473	1.471	1.472	1.471	1.471	1.472	1.472	1.472	1.472	1.471	1.472	1.472	1.472

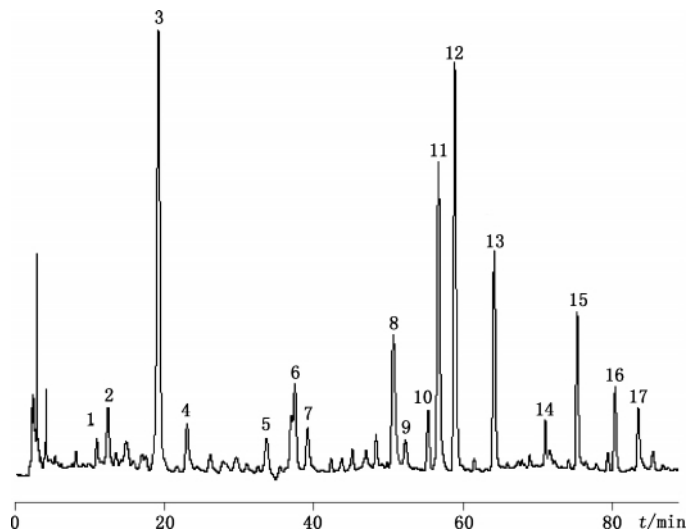


图 1 北沙参药材 HPLC 指纹图谱

Fig 1 HPLC fingerprint of Radix Glehniae

表 4 道地北沙参共有峰的相对峰面积

Tab 4 Relative areas of common peaks for Radix Glehniae fingerprint from Hebei

峰号 (peak No.)	样品号(sample No.)													均值(mean)
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	
1	0.059	0.595	1.045	0.255	0.569	0.060	0.503	0.361	0.229	0.127	0.128	0.142	0.315	0.338
2	0.160	0.470	0.916	0.502	0.528	0.100	0.832	0.696	0.348	0.183	0.157	0.223	0.453	0.428
3	1.533	3.798	9.634	2.951	4.191	0.616	9.720	6.326	3.665	1.576	1.629	1.496	2.950	3.853
4	0.162	0.270	0.686	0.325	0.582	0.068	0.863	0.516	0.321	0.133	0.188	0.258	0.510	0.376
5	0.155	0.317	0.541	0.409	0.334	0.034	0.631	0.316	0.236	0.175	0.179	0.217	0.423	0.305
6	0.446	1.332	1.866	1.520	1.351	0.193	2.104	1.270	1.054	0.604	0.517	0.492	1.593	1.103
7	0.136	0.320	1.645	0.348	0.690	0.139	0.723	0.549	0.404	0.241	0.131	0.173	0.435	0.457
8	0.507	1.127	3.831	1.145	1.467	0.262	2.112	1.912	0.935	0.767	0.404	0.539	1.255	1.251
9	0.088	0.355	0.715	0.393	0.477	0.069	0.637	0.536	0.306	0.226	0.141	0.179	0.526	0.358
10	0.155	0.530	0.436	0.530	0.367	0.078	0.715	0.374	0.262	0.136	0.161	0.233	0.436	0.340
S	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
12	1.164	1.422	2.636	1.309	1.329	1.399	1.300	1.319	1.417	1.366	1.138	0.997	1.298	1.392
13	0.583	0.955	2.247	0.753	0.833	0.364	1.028	0.797	0.815	0.675	0.486	0.436	0.831	0.831
14	0.161	0.223	0.574	0.446	0.075	0.025	0.286	0.191	0.089	0.096	0.053	0.122	0.440	0.214
15	0.369	0.638	1.082	0.863	1.316	0.336	1.317	0.518	0.847	0.233	0.504	0.251	1.380	0.743
16	0.223	0.555	1.163	0.703	0.651	0.120	0.923	0.740	0.466	0.086	0.288	0.208	0.633	0.520
17	0.174	0.341	0.773	0.391	0.547	0.081	1.062	0.632	0.285	0.164	0.157	0.206	0.516	0.410

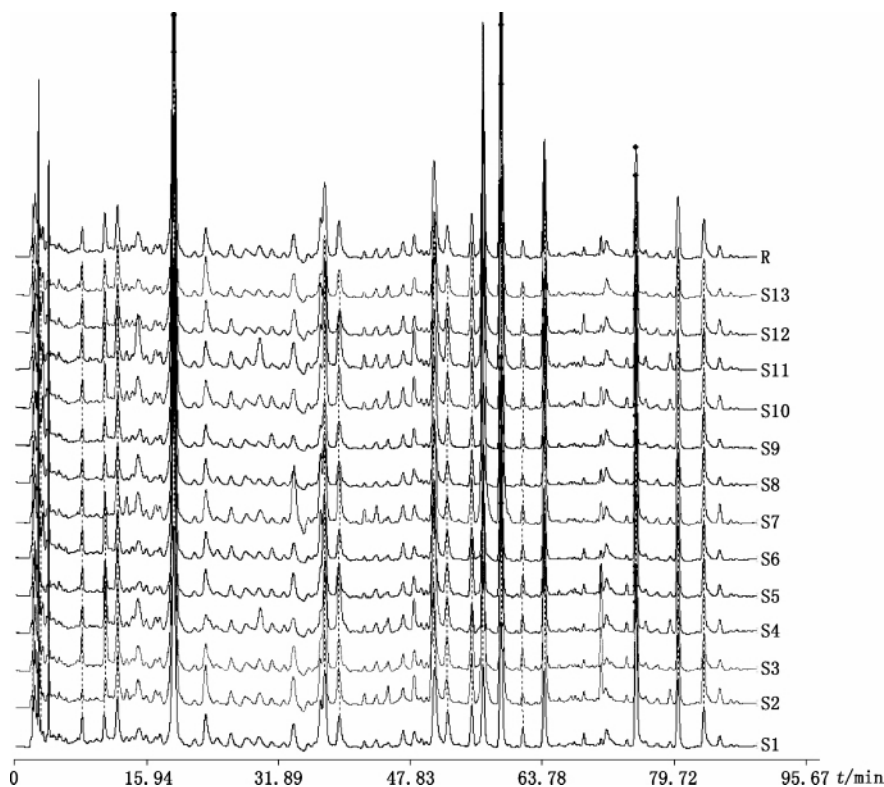


图2 13批北沙参道地药材指纹图谱及生成的对照指纹图谱

Fig 2 Fingerprints of 13 batches famous-region drugs and reference fingerprint chromatogram

S1 ~ S13: 样品 1 ~ 13 (samples 1 - 13) R: 对照指纹图谱 (reference fingerprint chromatogram)

2.8 不同产地北沙参药材指纹图谱的建立 同法测定 14 ~ 19 号样品, 得到不同产地北沙参药材的指纹图谱, 见图 3。将 14 ~ 19 号样品的指纹图谱信号数据和道地药材对照指纹图谱信号数据导入中药色谱指纹图谱相似度评价软件 2004A 版进行分析, 见图 4。

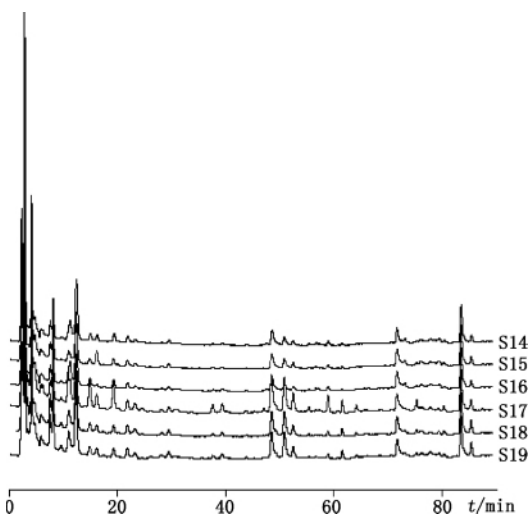


图3 不同产地北沙参饮片的指纹图谱

Fig 3 Fingerprints of decorticate Radix Glehniae samples from different sources

S14 ~ S19: 样品 14 ~ 19 (samples 14 - 19)

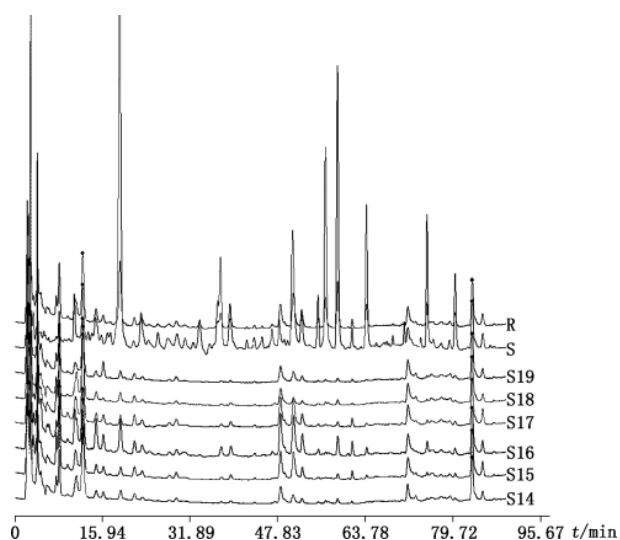


图4 不同产地北沙参指纹图谱与对照指纹图谱的比较图谱

Fig 4 Fingerprints of decorticate samples from different sources and reference fingerprint chromatogram

S14 ~ S19: 样品 14 ~ 19 (sample 14 - 19) S: 对照指纹图谱 (reference fingerprint chromatogram)

2.9 指纹图谱相似性评价 应用中药色谱指纹图谱相似度评价软件(2004A 版) 将 13 批河北产北沙参样品指纹图谱导入, 进行多点校正, 色谱峰自动匹

配后生成道地北沙参药材指纹图谱的对照指纹图谱,1~19号样品与该对照指纹图谱比较,其相似度结果分别为:0.962,0.948,0.984,0.971,0.985,0.972,0.907,0.961,0.978,0.989,0.922,0.937,0.947,0.181,0.226,0.386,0.221,0.183,0.187。

3 讨论

3.1 本研究建立了北沙参药材的 HPLC-PDA 指纹图谱分析方法,并对不同产地北沙参药材指纹特征进行比较,为有效控制北沙参药材的质量提供了新方法。

3.2 本研究对 13 批道地药材进行了测定,建立了河北道地药材北沙参的共有模式,标定了 17 个共有峰,并指认了 5 个色谱峰(11 号补骨脂素、12 号花椒毒素、13 号佛手柑内酯、15 号欧前胡素和 16 号异欧前胡素),其成分均为呋喃香豆素类。对 13 批道地药材进行相似度评价,结果表明 13 批药材的相似度在 0.9 以上,各样品间整体出峰相似,说明目前河北产北沙参药材的化学组成一致性较好,质量比较稳定。从重叠图谱上也可以明显看出,道地北沙参的香豆素类含量普遍较高,又是其主要活性成分,所以应结合药效学进行综合性研究,以使药材的质量评价指标能真正反映药品的安全性与有效性。

3.3 对不同产地饮片进行了研究,结果表明所有水煮去皮后的饮片相似度只在 0.1~0.4 之间。从指纹图谱信号数据中也发现,无论是在峰数还是含量上所有饮片与道地样品相比差异很大,不能给出鉴定所需的足够信息,可能是水煮去皮的加工工艺导致了某些成分的损失,从而严重影响了药材的质量。这与相关文献^[5]也有很好的一致性。

3.4 本文作者曾采用 HPLC-DAD 法对上述 19 批药材中 6 个香豆素成分进行了含量测定^[6],其中 13 批河北道地药材中 6 个香豆素总量在 338.3~1353.2 $\mu\text{g} \cdot \text{g}^{-1}$ 之间,测定结果显示 6 个香豆素成分的平均含量分别是:补骨脂素 113.6 $\mu\text{g} \cdot \text{g}^{-1}$ 、花椒毒素 173.0 $\mu\text{g} \cdot \text{g}^{-1}$ 、佛手柑内酯 112.7 $\mu\text{g} \cdot \text{g}^{-1}$ 、欧前胡素 82.0 $\mu\text{g} \cdot \text{g}^{-1}$ 、cnidilin 11.6 $\mu\text{g} \cdot \text{g}^{-1}$ 和异欧前胡素 65.7 $\mu\text{g} \cdot \text{g}^{-1}$;而 6 批经炮制后的药材中,香豆素类成分含量较低,某些特定化合物很难做定量研究。本实验是在此基础上进行了进一步验证,研究发现炮制样品的指纹特征专属性较差,质量与

道地药材有较大差异。

3.5 造成香豆素类成分含量差异如此明显的原因可能有如下几点:(1) 药材来源的差异:不同的采收期、产地、种属、耕种条件、药材种植的地理位置、药材的成熟度等原因造成药材在质量上的差异。(2) 加工工艺的差异:1~13 批药材是由本实验室田间采集、晒干,而 14~19 批药材经过水煮去皮之后晒干的饮片。由此可见,传统的加工方式导致了北沙参药材中的成分流失很大,使得市售的北沙参药材质量低下。

3.6 北沙参所含化学成分复杂,采用梯度洗脱的方法可使各成分得到较好的分离,同时对流动相进行考察,采用甲醇-乙腈-0.05% 磷酸水系统时,大多数成分可达良好的分离。比较了不同的提取溶剂(乙醇、50% 甲醇、75% 甲醇、95% 甲醇)提取方法(回流和超声)及不同时间(15 min、30 min、45 min、60 min)对提取效率的影响,结果表明,以 75% 甲醇为提取溶剂,超声 30 min 时各色谱峰的响应值不再增加,且方法稳定,重现性好。由于北沙参中含有大量的香豆素类成分,经 HPLC-PDA 在 200~400 nm 下进行全波长扫描,确定在 295 nm 处出峰最多且整体信号明显,因此选择 295 nm 为检测波长。

参考文献

- 1 ChP(中国药典). 2010. Vol I (一部): 97
- 2 SONG Li-ren(宋立人), HONG Xun(洪恂), DING Xu-liang(丁绪亮), et al. Dictionary of Modern Medicine(现代中药学大辞典). Beijing(北京): People's Medical Publishing House(人民卫生出版社) 2001
- 3 Matsuura H, Saxena G, Farmer SW, et al. Antibacterial and antifungal polyine compounds from *Glehnia littoralis* ssp. *Leiocarpa*. *Planta Med* 1996 62(3): 256
- 4 Okuyama E, Hasegawa T, Fujimoto H, et al. Analgesic components of *Glehnia* root(*Glehnia littoralis*). *Nat Med* 1998 52(6): 491
- 5 LI Bao-guo(李宝国), SHI Jun-ying(石俊英). Determination of the contents of three coumarins in different parts of *Radix Glehniae* by HPLC(HPLC 法同时测定北沙参不同部位中 3 种香豆素的含量). *J Shandong Univ TCM*(山东中医药大学学报) 2005 29(5): 382
- 6 Zheng XG, Zhang XW, Sheng XN, et al. Simultaneous determination of six major active furocoumarins in *Radix Glehniae* by HPLC-DAD. *J Chromatogr Sci* 2011 49(3): 209

(本文于 2010 年 10 月 21 日收到)