

表4 10批样品相似度评价结果
Table 4 Similarities for ten batches of samples

样品	相似度	样品	相似度
1	0.994	6	0.992
2	0.995	7	0.986
3	0.992	8	0.992
4	0.908	9	0.987
5	0.980	10	0.988

3 讨论

本实验对供试品溶液的制备、色谱条件进行了优化选择。通过对不同提取溶剂、提取方法进行实验比较,拟定上述供试品的制备方法,所得指纹图谱出峰数较多。经比较,甲醇和0.1%磷酸水溶液一起组成流动相进行梯度洗脱分离效果较好,能较好地使样品中各色谱峰分离且出峰最多。分析时间85 min,样品170 min图谱显示85 min后无特征峰出现,故定分析时间为85 min。取决明子各供试品溶液,进样20 μ L,进行200~800 nm的全波长全梯度扫描,并对各波长下的色谱图进行分析比较。结果表

明,在280 nm下,各峰分离良好,特征峰明显且峰型较好,因此选定280 nm为指纹图谱测定波长。

不同产地决明子饮片的比较 10批决明子样品指纹图谱中主要峰群的整体图貌基本一致,虽然不同产地样品中各成分含量的相对比值有较大的差别,但相似度计算结果表明,10批样品种内相似度除河南禹州决明子(相似度0.908)外,其余均在0.98以上。比较河南禹州决明子与10批决明子样品对照模式的指纹图谱可知,前者大黄酚(15号峰)的色谱峰面积明显低于后者,而后者11、12、13号峰的峰面积明显大于前者,导致了它们相似度的差别。

本实验对决明子HPLC指纹图谱的构建进行了探讨,可为决明子饮片的品质评价、质量标准的制定提供科学依据。

References:

- [1] Ch P (中国药典) [S]. Vol 1. 2005.
- [2] Xiao P G. *Modern Chinese Materia Medica* (新编中药志) [M]. Vol 2. Beijing: Chemical Industry Press, 2002.

定量测定与特定指纹图谱分析相结合方法 用于抗脑衰胶囊制剂质量评价

王凤玲, 韩淑珍, 王 勇, 袁 博, 冯 莉

(天津商学院生物技术与食品科学学院 测试中心, 天津 300134)

摘要:目的 建立抗脑衰胶囊色谱指纹图谱,并对关键成分进行测定,作为抗脑衰胶囊制剂质量评价的依据。方法 采用HPLC法。色谱条件: Kromasil ODS C_{18} 柱(250 mm $\times$ 4.6 mm, 5 μ m), 甲醇-0.6%醋酸水溶液系统梯度洗脱, 体积流量0.9 mL/min, 检测波长280 nm, 柱温25 $^{\circ}$ C。采用标准曲线法对其中葛根素、黄芩苷、芍药苷进行测定。结果 指纹图谱中28个共有吸收峰为抗脑衰胶囊内在物质的指纹特征, 方法学考察的精密度、稳定性、重现性试验较好。不同批次抗脑衰胶囊指纹图谱的相似度评价和指标成分有差异。结论 定量测定与特定指纹图谱分析相结合方法可作为评价抗脑衰胶囊制剂质量的标准。

关键词: 抗脑衰胶囊; 指纹图谱; 质量标准; 相似度

中图分类号: R284.4; R286.02

文献标识码: B

文章编号: 0253-2670(2007)03-0375-05

Combination of quantitative analysis with fingerprint study used for quality evaluating of Kangnaoshuai Capsula

WANG Feng-ling, HAN Shu-zhen, WANG Yong, YUAN Bo, FENG Li

(Test Center, College of Biotechnology and Food Science, Tianjin University of Commerce, Tianjin 300134, China)

Abstract: **Objective** To establish chromatographic fingerprint and quantitative analysis of Kangnaoshuai Capsula by HPLC method for evaluating the quality of the preparation. **Methods** The optimal HPLC condition for Kangnaoshuai Capsula: ODS C_{18} column (250 mm $\times$ 4.6 mm, 5 μ m), the mobile phase was composed of methanol and 0.6% acetic acid with a linear gradient elution, the flow rate was 0.9 mL/min with DAD detected at 280 nm, the column temperature was maintained at 25 $^{\circ}$ C.

收稿日期: 2006-06-10

作者简介: 王凤玲(1965-), 女, 硕士, 天津人, 高级实验师, 研究方向为分析检测。

Tel: (022)81720727 E-mail: wfiling@tjcu.edu.cn

Quantitative analysis of paeoniflorin, puerarin, and baicalin were carried out by the standard curve as a control. **Results** Total of shared 28 chromatographic peaks were determined as inner characters of Kangnaoshuai Capsula. The methodological studies indicated that this HPLC fingerprint is of high precision, strong repeatability and good stability; The similarity and content from various batches of samples showed some differences. **Conclusion** The method can be used scientifically and effectively to evaluate the quality of Kangnaoshuai Capsula.

Key words: Kangnaoshuai Capsula; fingerprint; quality standard; similarity

抗脑衰胶囊是由人参、葛根、制何首乌、黄芩、麦冬、熟地黄、白芍等经水煮和乙醇提取,干燥粉碎后制成胶囊剂,是国家中药保护品种。主治神经衰弱,记忆力衰退,老年性痴呆等症。久服能增强思维能力,保持精力充沛,提高人体免疫功能,延缓衰老。为了控制抗脑衰胶囊的质量,本实验按照国家药典委员会关于“中药注射剂指纹图谱的技术研究要求(暂行)的通知”的要求,对抗脑衰胶囊进行 HPLC 指纹图谱研究和主要活性成分葛根素、黄芩苷、芍药苷测定,作为对抗脑衰胶囊质量评价的依据,为中药制剂行业提高自身技术含量,参与国际竞争,扩大国际市场,实现中药现代化提供必要的方法上的参考。

1 仪器和材料

Agilent 高效液相色谱仪:四元泵,DAD 检测器,HP1100 色谱工作站。提取用甲醇为分析纯,流动相配制用甲醇、乙腈为色谱纯,冰醋酸为优级纯,水为娃哈哈饮用纯净水。葛根素(批号 0752-200209)、黄芩苷(批号 715-200010)、芍药苷(批号 110736-20042)对照品购自中国药品生物制品检定所,葛根、白芍、黄芩药材和抗脑衰胶囊均由石家庄四药股份有限公司提供。

2 方法与结果

2.1 色谱条件:色谱柱为天河 Kromasil ODS C_{18} 柱(250 mm×4.6 mm, 5 μ m);流动相:甲醇-0.6%醋酸水溶液系统梯度洗脱,0 min, 10:90;60 min, 90:10;体积流量:0.9 mL/min;柱温:25 $^{\circ}$ C;检测波长:280 nm,进样量:20 μ L。

2.2 供试品溶液的制备:胶囊内容物研细,80 $^{\circ}$ C 干燥 30 min,精密称取 0.150 0 g,加入 80%甲醇 50 mL,称定质量,回流处理 60 min,冷却后补足质量,滤过,取滤液,以 0.45 μ m 膜滤过,即得。

2.3 指纹图谱的建立:取各供试品溶液 20 μ L,注入高效液相色谱仪,测定,得各样品的高效液相色谱指纹图谱,经比较分析,确定 28 个色谱峰为各批次样品共有峰,见图 1。

2.4 样品中共有峰与药材的关系:通过成药、药材、标准物对照品和相应药材阴性的对比研究,确定了

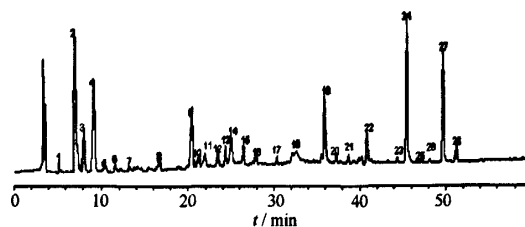
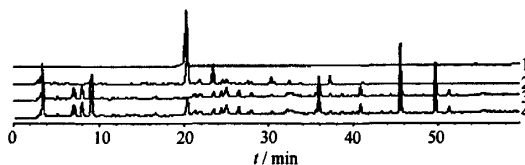


图 1 抗脑衰胶囊的 HPLC 指纹图谱

Fig. 1 HPLC Fingerprint of Kangnaoshuai Capsula

保留时间 21.3 min 为葛根素(9 号峰,图 2),保留时间为 23.2 min 为芍药苷(12 号峰,图 3),保留时间为 36.7 min 为黄芩苷(19 号峰,图 4)。



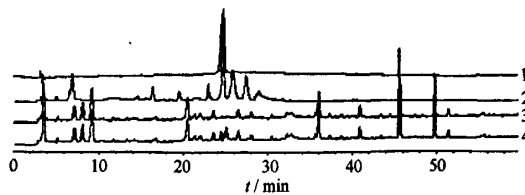
1-葛根素对照品 2-葛根药材 3-缺葛根阴性样品

4-抗脑衰胶囊

1-puerarin reference substance 2-Radix Puerariae 3-negative sample without Radix Puerariae 4-Kangnaoshuai Capsula

图 2 抗脑衰胶囊与葛根的 HPLC 共有峰

Fig. 2 HPLC Fingerprints of common peaks between Kangnaoshuai Capsula and Radix Puerariae



1-芍药苷对照品 2-白芍药材 3-缺白芍阴性样品

4-抗脑衰胶囊

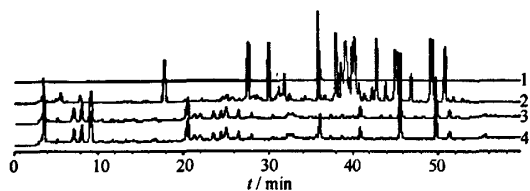
1-paeoniflorin reference substance 2-Radix Paeoniae Alba 3-negative sample without Radix Paeoniae Alba 4-Kangnaoshuai Capsula

图 3 抗脑衰胶囊与白芍的 HPLC 共有峰

Fig. 3 HPLC Fingerprints of common peaks between Kangnaoshuai Capsula and Radix Paeoniae Alba

2.5 方法学考察

2.5.1 精密度试验:取批号 021284 抗脑衰胶囊内



1-黄芩苷对照品 2-黄芩药材 3-缺黄芩阴性样品
4-抗脑衰胶囊
1-baicalin reference substance 2-*Radix Scutellariae*
3-negative sample without *Radix Scutellariae*
4-Kangnaoshuai Capsula

图 4 抗脑衰胶囊与黄芩的 HPLC 共有峰

Fig. 4 HPLC Fingerprints of common peaks between Kangnaoshuai Capsula and *Radix Scutellariae*

容物,制备供试品溶液,连续进样 4 次,以 19 号峰作为参考,计算共有峰的相对保留时间和相对峰面积,结果共有峰的相对保留时间的 RSD 小于 0.12%,相对峰面积 RSD 在 1.39% 以下,说明仪器的精密

度较好。
2.5.2 重现性试验:取批号 021284 抗脑衰胶囊内容物 4 份,制备供试品溶液,分别进样,以 19 号峰作为参考,计算共有峰的相对保留时间和相对峰面积,结果共有峰的相对保留时间的 RSD 小于 0.33%,相对峰面积的 RSD 小于 2.42%,说明实验方法的重现性较好。

2.5.3 稳定性试验:取批号 021284 抗脑衰胶囊内容物供试品溶液,间隔 3 h 进样,共 5 次,以 19 号峰作为参考,计算共有峰的相对保留时间和相对峰面积,结果共有峰的相对保留时间 RSD 小于 0.14%,相对峰面积 RSD 小于 1.86%,说明供试品溶液在 12 h 内稳定。

2.6 指纹图谱相似度评价:采用国家药典委员会《中药色谱指纹图谱相似度评价系统》计算软件(版本:2004A,研究版)评价 10 个批次样品指纹图谱的相似度。该软件通过样本图谱数据导入(AIA 格式)、设参照图谱、多点校正、自动匹配、对照图谱生成、数据匹配、相似度评价结果,以批号 031173 样品图谱作为参照图谱,利用中位数法进行多点校正生成对照图谱 R,见图 5。结果 7 批样品的相似度大于 0.9,见图 6。共有峰的相对保留时间见表 1,相对峰面积见表 2。

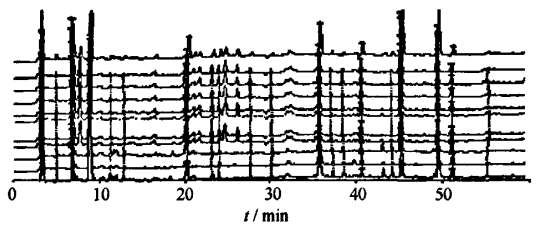


图 5 10 批抗脑衰胶囊的指纹图谱相似度评价
Fig. 5 Similarity evaluation of ten batches of Kangnaoshuai Capsula fingerprint

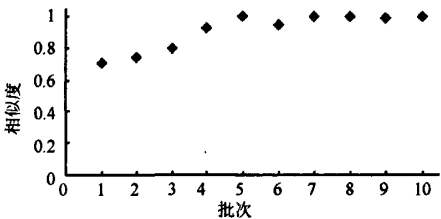


图 6 10 批抗脑衰胶囊的 HPLC 指纹图谱相似度计算结果
Fig. 6 Results of HPLC fingerprint similarity evaluation of ten batches of Kangnaoshuai Capsula

表 1 10 批样品测定的相对保留时间

Table 1 Relative retention time of ten batches of samples

批 号	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
010105	0.053	0.110	0.142	0.177	0.217	0.250	0.298	0.409	0.524	0.549	0.568	0.615	0.642	0.662
020553	0.053	0.112	0.140	0.177	0.215	0.248	0.297	0.410	0.523	0.546	0.566	0.614	0.639	0.662
020850	0.053	0.101	0.142	0.178	0.216	0.252	0.297	0.410	0.524	0.549	0.568	0.613	0.643	0.664
021284	0.053	0.110	0.141	0.176	0.217	0.249	0.299	0.407	0.523	0.547	0.571	0.613	0.642	0.661
030527	0.052	0.108	0.140	0.173	0.216	0.245	0.293	0.405	0.523	0.546	0.566	0.614	0.636	0.662
030853	0.053	0.110	0.140	0.177	0.217	0.243	0.292	0.409	0.524	0.549	0.568	0.615	0.642	0.662
031173	0.052	0.107	0.142	0.174	0.215	0.246	0.294	0.406	0.524	0.545	0.568	0.614	0.636	0.662
040428	0.052	0.109	0.141	0.175	0.214	0.247	0.295	0.407	0.523	0.547	0.568	0.613	0.637	0.663
040537	0.052	0.109	0.141	0.175	0.214	0.247	0.295	0.407	0.523	0.547	0.568	0.613	0.637	0.663
041287	0.052	0.108	0.142	0.175	0.215	0.247	0.298	0.406	0.523	0.548	0.568	0.613	0.637	0.662
平均值	0.053	0.108	0.141	0.176	0.215	0.248	0.292	0.408	0.523	0.547	0.568	0.614	0.639	0.663
RSD/%	0.068	0.286	0.014	0.157	0.019	0.239	0.246	0.178	0.014	0.133	0.124	0.018	0.259	0.082

续表 1

批 号	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28
010105	0.707	0.753	0.827	0.898	1.000	1.041	1.083	1.149	1.244	1.291	1.345	1.373	1.420	1.469
020553	0.709	0.755	0.828	0.898	1.000	1.042	1.091	1.147	1.245	1.293	1.346	1.374	1.420	1.466
020850	0.707	0.755	0.827	0.900	1.000	1.042	1.095	1.152	1.247	1.296	1.348	1.372	1.421	1.473
021284	0.705	0.749	0.824	0.896	1.000	1.039	1.084	1.146	1.242	1.289	1.339	1.369	1.418	1.465
030527	0.705	0.751	0.826	0.898	1.000	1.041	1.084	1.135	1.246	1.293	1.348	1.375	1.423	1.472
030853	0.707	0.753	0.827	0.898	1.000	1.041	1.083	1.139	1.248	1.291	1.345	1.373	1.422	1.469
031173	0.706	0.754	0.825	0.898	1.000	1.041	1.084	1.137	1.247	1.293	1.347	1.376	1.423	1.475
040428	0.705	0.752	0.826	0.899	1.000	1.040	1.084	1.132	1.245	1.295	1.350	1.374	1.424	1.474
040537	0.705	0.752	0.826	0.899	1.000	1.040	1.084	1.152	1.244	1.295	1.350	1.377	1.424	1.474
041287	0.704	0.753	0.826	0.898	1.000	1.040	1.084	1.151	1.247	1.295	1.352	1.378	1.425	1.476
平均值	0.706	0.752	0.826	0.898	1.000	1.041	1.086	1.139	1.246	1.293	1.347	1.373	1.422	1.469
RSD/%	0.162	0.164	0.116	0.095	1.000	0.094	0.393	0.753	0.071	0.213	0.354	0.253	0.216	0.383

表 2 10 批样品共有峰的相对峰面积

Table 2 Relative peak area of common peak in ten batches of samples

批 号	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
010105	0.070	1.695	0.877	2.007	0.058	0.086	0.070	0.167	0.925	0.146	0.204	0.276	0.281	0.746
020553	0.068	0.978	0.724	1.600	0.127	0.080	0.075	0.088	1.039	0.185	0.227	0.299	0.261	0.325
020850	0.070	1.635	0.875	1.569	0.117	0.089	0.077	0.149	1.028	0.246	0.237	0.306	0.327	0.587
021284	0.070	1.117	0.686	1.243	0.114	0.081	0.069	0.130	0.970	0.220	0.224	0.254	0.318	0.490
030527	0.068	2.556	0.724	1.540	0.127	0.080	0.075	0.088	1.039	0.205	0.247	0.299	0.321	0.485
030853	0.069	2.209	0.792	1.534	0.132	0.081	0.073	0.087	1.066	0.266	0.247	0.292	0.297	0.535
031173	0.067	2.429	0.702	1.398	0.123	0.087	0.074	0.089	1.059	0.292	0.257	0.310	0.301	0.553
040428	0.070	2.511	0.664	1.411	0.120	0.081	0.073	0.087	0.994	0.299	0.264	0.298	0.285	0.599
040537	0.070	0.672	0.686	0.743	0.104	0.089	0.056	0.092	0.370	0.142	0.148	0.171	0.128	0.129
041287	0.071	0.739	0.697	0.855	0.104	0.080	0.054	0.089	0.351	0.147	0.139	0.172	0.140	0.158
平均值	0.069	1.654	0.742	1.39	0.112	0.083	0.069	0.106	0.884	0.214	0.219	0.267	0.265	0.460
RSD/%	0.125	4.577	7.820	6.923	2.135	0.386	0.805	3.034	27.92	5.989	4.360	5.321	7.239	9.777

批 号	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28
010105	0.258	0.134	0.096	0.089	1.000	0.092	0.105	0.370	0.098	1.149	0.019	0.026	1.277	0.103
020553	0.235	0.145	0.082	0.092	1.000	0.099	0.120	0.365	0.072	0.870	0.046	0.040	1.247	0.278
020850	0.253	0.154	0.079	0.068	1.000	0.092	0.112	0.387	0.108	1.347	0.104	0.068	1.468	0.270
021284	0.245	0.110	0.067	0.432	1.000	0.095	0.104	0.392	0.068	1.746	0.035	0.039	1.368	0.262
030527	0.275	0.115	0.086	0.462	1.000	0.099	0.120	0.465	0.072	1.870	0.046	0.050	1.347	0.278
030853	0.273	0.111	0.083	0.476	1.000	0.104	0.123	0.475	0.072	1.891	0.049	0.060	1.399	0.279
031173	0.262	0.117	0.071	0.461	1.000	0.095	0.119	0.461	0.073	1.861	0.045	0.050	1.337	0.260
040428	0.255	0.123	0.081	0.467	1.000	0.099	0.121	0.462	0.071	1.868	0.046	0.050	1.345	0.261
040537	0.115	0.086	0.047	0.142	1.000	0.045	0.104	0.392	0.028	0.946	0.015	0.011	0.468	0.262
041287	0.118	0.092	0.053	0.134	1.000	0.085	0.104	0.399	0.019	1.924	0.017	0.067	0.868	0.273
平均值	0.228	0.118	0.074	0.282	1.000	0.090	0.113	0.416	0.068	1.547	0.042	0.046	1.212	0.252
RSD/%	6.040	2.140	1.517	8.840	1.000	1.681	0.820	4.348	2.704	2.478	0.255	1.788	0.798	5.311

2.7 抗脑衰胶囊中 3 个成分的 HPLC 测定

2.7.1 色谱条件:同 2.1 项。

2.7.2 供试品的制备:同 2.2 项。

2.7.3 标准曲线的绘制:取一定质量浓度的葛根素、黄芩苷、芍药苷对照品溶液分别进样,以色谱峰面积为纵坐标,进样量质量浓度为横坐标,绘制标准曲线,结果葛根素在 2.16~108.0 $\mu\text{g/mL}$ 线性关系良好,线性回归方程为 $Y=29\,164\,X-1\,032.1$, $r=0.999\,9$;芍药苷在 6.3~180.0 $\mu\text{g/mL}$ 线性关系良

好,回归方程 $Y=8\,504.7\,X+12\,435$, $r=0.999\,8$;黄芩苷在 9.6~96.0 $\mu\text{g/mL}$ 线性关系良好,线性回归方程为 $Y=24\,610\,X-20\,514$, $r=0.999\,6$ 。

2.7.4 精密度试验:取葛根素、芍药苷、黄芩苷对照品溶液,连续进样 6 次,分别测定峰面积值,结果其 RSD 值分别为 0.61%、0.46%、0.099%。

2.7.5 重现性试验:取同一批抗脑衰胶囊样品,制备 6 份供试品溶液,分别进样,测定峰面积,结果葛根素、芍药苷、黄芩苷的 RSD 分别为 1.97%、

0.89%、1.36%。

2.7.6 稳定性试验:取供试品溶液间隔 3 h 进样,共 6 次,结果葛根素、芍药苷、黄芩苷峰面积 RSD 分别为 0.62%、1.36%、1.42%。

2.7.7 加样回收率试验:取批号 021284 抗脑衰胶囊 0.400 g,精密称定,准确加入适量葛根素、黄芩苷、芍药苷对照品,制备 6 份供试品溶液,进样测定,计算回收率,结果葛根素平均回收率为 99.68%,RSD 为 1.23%;芍药苷平均回收率为 99.05%,RSD 为 1.06%;黄芩苷平均回收率为 98.56%,RSD 为 1.56%。

2.7.8 样品分析:取 6 批抗脑衰胶囊,制备供试品溶液,进样分析,计算其中葛根素、黄芩苷、芍药苷的质量分数,每批制剂平行测定 2 份,结果见表 3。

表 3 抗脑衰胶囊中指标成分的测定结果

Table 3 Determination of active components in Kangnaoshuai Capsula

批号	葛根素 ($\mu\text{g} \cdot \text{g}^{-1}$)	黄芩苷 ($\mu\text{g} \cdot \text{g}^{-1}$)	芍药苷 ($\mu\text{g} \cdot \text{g}^{-1}$)
010105	588.1	2 268.9	2 647.5
021284	1 790.3	2 092.8	1 053.7
030527	2 792.2	1 760.6	1 855.1
030853	2 616.9	1 664.3	1 784.4
040428	3 050.7	1 869.3	2 274.0
040537	3 077.7	1 742.0	1 661.1

3 讨论

对流动相甲醇-0.4%磷酸溶液、乙腈-0.6%冰醋酸溶液、甲醇-乙腈-0.6%冰醋酸溶液和甲醇-

0.6%冰醋酸溶液梯度洗脱体系进行考察,结果以甲醇-0.6%冰醋酸溶液体系得到的色谱峰峰形和分离度较好。比较了 190~400 nm 波长下的色谱图,结果 280 nm 波长是色谱峰信息较多,分离情况良好;考察了不同体积流量对色谱分离的影响,体积流量为 0.9 mL/min 时,色谱峰信息量分布均匀,所有色谱峰均在 60 min,符合要求。

根据抗脑衰胶囊不同成分的理化性质和生产工艺条件,分别对提取方法、甲醇体积分数、提取时间按 $L_9(3^4)$ 正交表进行试验,其中选用 50%甲醇、80%甲醇、无水甲醇作为溶剂,采用超声提取、回流提取、索氏提取 3 种方法,提取时间分别为 30、45、60 min,利用较好的色谱分离条件对其中葛根素、黄芩苷、芍药苷的量进行测定,利用直观分析法确定最佳供试品溶液制备方法为 80%甲醇作为溶剂,回流提取 60 min。

对于不同批号的抗脑衰胶囊的指纹图谱进行相似度分析发现,2001、2002 年批号的制剂相似度不足 0.8,2003 年以后批次相似度均大于 0.9,说明指纹图谱在共有峰的定性上,能够反映其质量成分的重现性;在峰面积的相对定量上,各批次胶囊质量之间指标成分的量不稳定,离散度较大,说明从原药材的选择、提取、干燥工艺的某一个环节存在问题。因此,利用定量测定与特定指纹图谱分析相结合方法评价抗脑衰胶囊质量是一种有效、可控、稳定的质量标准体系。

微波法提取丹参中丹酚酸 B 的研究

孙秀丽,秦培勇,谭天伟*

(北京化工大学生命科学与技术学院 北京市生物加工过程重点实验室,北京 100029)

摘 要:目的 采用微波提取技术提取丹参。方法 以丹酚酸 B 为指标,采用单因素方法考察了影响其收率的因素:提取溶剂体积分数、微波辐照时间、加热温度、微波输出功率、液固比、预浸泡时间及丹参粒径和提取次数。结果 最佳工艺为 30%乙醇为提取溶剂,按 10:1 的液固比,微波输出功率 650 W,70 ℃,辐照 7 min,预浸泡 90 min,提取 3 次,丹酚酸 B 收率可达到 7.92%。该微波法提取 5 min 比热回流法提取 5 h 的丹酚酸 B 收率还高。结论 微波提取技术提取丹参不仅缩短了提取时间而且节省了生产成本。

关键词:丹参;丹酚酸 B;微波提取

中图分类号:R284.2; R286.02

文献标识码:B

文章编号:0253-2670(2007)03-0379-04

收稿日期:2006-07-20

基金项目:国家自然科学基金资助项目(20325622;20576013;50373003);国家“十五”攻关项目(2004BA411B05);博士点基金资助项目(20030010004);北京市科委科技计划重大项目(D0205004040211)

作者简介:孙秀丽(1980—),女,吉林省榆树人,硕士研究生,主要从事天然产物提取方面的研究。 Tel:(010)64450590

Email:2004000825@grad. buct. edu. on

* 通讯作者 谭天伟 Tel:(010)64416691 E-mail: twtan@mail. buct. edu. cn