

紫花丹参和白花丹参不同部位有效成分的分布特征

杭 亮^a, 王俊儒^b, 杨东风^a, 舒志明^a, 梁宗锁^a

(西北农林科技大学 a. 生命科学学院, b. 理学院, 陕西 杨凌 712100)

【摘要】【目的】探讨紫花丹参、白花丹参中根、茎、叶、花等部位有效成分的分布特征。【方法】采用紫外分光光度法、 $\text{NaNO}_2\text{-AlCl}_3\text{-NaOH}$ 法和Folin-Ciocalteu比色法测定紫花丹参、白花丹参中根、茎、叶、花等部位的总丹参酮、总黄酮、总酚酸含量,采用高效液相色谱法(HPLC)测定丹参酮ⅡA、丹参素钠、原儿茶醛和丹酚酸B的含量。【结果】总丹参酮、总黄酮、总酚酸含量在紫花丹参和白花丹参的根和叶中均较高,而在茎中较低。其中紫花丹参叶部总丹参酮、总黄酮、总酚酸含量分别比茎部高2.5倍、3.8倍和3.5倍。白花丹参叶部这3类成分含量分别比茎部高2.4倍、1.8倍和1.9倍。紫花丹参和白花丹参的地上部均未检测出丹参酮ⅡA;但含有与根部相同的丹参素、原儿茶醛和丹酚酸B等3种水溶性成分,且在叶中含量较高。【结论】除根以外,丹参叶部各活性成分的含量均较高,可作为提取丹酚酸等的原料。此外,白花丹参多数部位有效成分含量高于紫花丹参,是值得进一步开发利用的种质资源。

【关键词】 紫花丹参; 白花丹参; 不同部位; 有效成分

【中图分类号】 Q946.8; S567.5⁺3

【文献标识码】 A

【文章编号】 1671-9387(2008)12-0217-06

Distribution traits of bioactives in different parts of *Salvia miltiorrhiza* Bunge. and *Salvia miltiorrhiza* Bunge. f. *alba*

HANG Liang^a, WANG Jun-ru^b, YANG Dong-feng^a, SHU Zhi-ming^a, LIANG Zong-suo^a

(a. College of Life Sciences, b. College of Science, Northwest A&F University, Yangling, Shaanxi 712100, China)

Abstract: 【Objective】The research studied the distribution traits of bioactives in different parts- root, stem, leaf, flower of *Salvia miltiorrhiza* Bunge. and *Salvia miltiorrhiza* Bunge. f. *alba*. 【Method】Ultraviolet-visible spectrophotometric method was used to determine the contents of total tanshinones, total flavonoids and total phenolic acids in the root, the stem, the leaf and the flower of *S. miltiorrhiza* Bunge and *S. miltiorrhiza* Bunge. f. *alba*. And HPLC was used to determine the contents of tanshinone Ⅱ A, sodium danshensu, protocatechuic aldehyde, salvianolic acid B. 【Result】The contents of total tanshinones, total flavonoids and total phenolic acids were higher in the root and the leaf of the two varieties of *S. miltiorrhiza*, lower in the stem. The contents of total tanshinones, total flavonoids and total phenolic acids in the leaf of *S. miltiorrhiza* Bunge were 2.5 times, 3.8 times, and 3.5 times higher than that in the stem respectively. The contents of the three type bioactives in the leaf of *Salvia miltiorrhiza* Bunge. f. *alba* were 2.4 times, 1.8 times and 1.9 times higher than that in the stem respectively. The analysis results by HPLC showed that there was no tanshinone Ⅱ A in the aerial parts of the two varieties of *S. miltiorrhiza*, but the aerial parts contained the same water-soluble constituents as in the roots, and higher contents occurred in the leaf. 【Conclusion】The leaf has higher contents of bioactive components among the aerial parts, therefore, besides the root, the leaf can be the resource of obtaining bioactives such as salvianolic acids. In addition, most

* [收稿日期] 2007-07-02

[基金项目] 2005年度教育部新世纪优秀人才支持计划(NCET-05-0855), 2005年度西北农林科技大学青年学术骨干支持计划

[作者简介] 杭 亮(1983—), 女, 陕西商州人, 在读硕士, 主要从事天然产物化学研究。E-mail: kaiyi1983@163.com

[通讯作者] 王俊儒(1966—), 男, 陕西杨凌人, 博士, 教授, 主要从事植物资源化学和环境生物学研究。E-mail: wangjr07@163.com

parts of *S. miltiorrhiza* Bunge. f. *alba* have higher contents of bioactives than that in *S. miltiorrhiza* Bunge., suggesting that *S. miltiorrhiza* Bunge. f. *alba* is a kind of germplasm resource to be exploited.

Key words: *Salvia miltiorrhiza* Bunge. f. *alba*; *Salvia miltiorrhiza* Bunge; different part; bioactive

中药丹参(*Radix Et Rhizoma Salviae Miltiorrhizae*)是鼠尾草属植物丹参(*Salvia miltiorrhiza* Bunge.)的干燥根及根茎,产地分布广,主产安徽、山西、河北、四川、江苏等地^[1]。丹参作为一种传统中药在我国沿用已久,始载于东汉《神农本草经》,被列为上品;《中华人民共和国药典》2005 年版归纳丹参的功效为“去瘀止痛,活血通经,清心除烦”,主治“月经不调,经闭痛经,胸腹刺痛,热痹疼痛,疮疡肿痛,心烦不眠,肝脾肿大,心绞痛”^[2]。丹参的化学成分根据其结构特征和理化性质被划分为两大类:一类是水溶性的酚酸,如丹酚酸 B 和紫草酸 B;另一类是脂溶性的松香烷型二萜醌,如丹参酮 I、丹参酮 II A、丹参酮 II B 和隐丹参酮。这两类成分都表现出较好的活性。白花丹参(*Salvia miltiorrhiza* Bunge. f. *alba*)为丹参的白花变型,其花冠为白色或淡黄色,不同于正品丹参的紫色或紫红色花冠,主要分布在山东省境内。经研究^[3-4],白花丹参与丹参的化学成分基本相同,含有脂溶性成分丹参酮类、水溶性成分酚酸类,已作为一个新品种被收录进《山东省中药材标准》^[5]。

近年来,随着丹参临床应用范围的扩大,在寻找新药源过程中,有人对丹参的茎叶进行了研究,证明其具有与根类似的活性成分和药理作用^[6-8]。但关于丹参地上部分有效成分含量分布特征的报道很少。本试验对紫花丹参和白花丹参不同部位有效成分的分布进行了研究,以期对丹参地上部分的综合利用提供合理依据。

1 材料与方法

1.1 材料及主要试剂、仪器

紫花丹参和白花丹参各部位于 2007-07 采自西北农林科技大学生命科学学院药用植物园,将各部位样品(花、茎、叶、根)仔细分拣,自然阴干,称重,粉碎至 0.8 mm 左右备用。

丹参酮 II A、丹参素钠、原儿茶醛、丹酚酸 B、芦丁和没食子酸标准品均购自中国药品生物制品检定所,高效液相色谱分析中甲醇为色谱纯,水为超纯水,其他试剂均为分析纯。Folin-Ciocalteu 试剂按照参考文献^[9]的方法配制。

主要仪器有 AUW120 电子分析天平(日本岛津

公司)、SP-2100UV 型紫外可见分光光度计(上海光谱仪器有限公司)、SB52000T 超声波清洗器(宁波新芝生物科技股份有限公司)、Waters 1525 二元高效液相色谱仪(美国 Waters 公司)和 Waters 2996 二极管阵列检测器(美国 Waters 公司)。

1.2 供试液制备

精密称取紫花丹参和白花丹参各部位样品粉末 0.5 g,置 50 mL 锥形瓶中,加入 20 mL 甲醇,在 50 ℃ 水浴中超声提取 30 min,过滤,残渣用少量甲醇洗涤,合并滤液,用甲醇定容至 25 mL,摇匀,用于脂溶性丹参酮含量的测定。

精密称取紫花丹参和白花丹参各部位样品粉末 0.5 g,置 50 mL 锥形瓶中,加入 20 mL 体积分数 70% 甲醇溶液,在 50 ℃ 水浴中超声提取 30 min,过滤,残渣用少量体积分数 70% 甲醇溶液洗涤,合并滤液,并用体积分数 70% 甲醇定容至 25 mL,摇匀,用于总黄酮和水溶性酚酸含量的测定。

1.3 总丹参酮、总黄酮及总酚酸含量的测定

1.3.1 总丹参酮含量 以丹参酮 II A 为对照,采用紫外分光光度法测定^[10]。检测波长为 270 nm,回归方程和相关系数分别为 $Y = 8.74X + 0.0087$, $R = 0.9997$,其中 Y 为丹参酮 II A 含量, X 为吸光度。

1.3.2 总黄酮含量 以芦丁为对照,采用 NaNO_2 - AlCl_3 - NaOH 法测定^[11-12]。检测波长为 510 nm,回归方程和相关系数分别为: $Y = 1.1982X + 0.0147$, $R = 0.9994$,其中 Y 为总黄酮含量, X 为吸光度。

1.3.3 总酚酸含量 以没食子酸为对照,采用 Folin-Ciocalteu 比色法测定^[13-14]。检测波长为 765 nm,回归方程和相关系数分别为: $Y = 12.011X + 0.0097$, $R = 0.9998$,其中 Y 为总酚酸含量, X 为吸光度。

1.4 高效液相色谱法(HPLC)测定脂溶性丹参酮和水溶性丹酚酸的含量

1.4.1 色谱条件 脂溶性成分:色谱柱 Waters SunFire C18(4.6 mm×250 mm,5 μm)。流动相:甲醇(A)-水(B),二元梯度洗脱 A:0~25 min,60%~70%;25~35 min,70%~75%;35~45 min,75%~90%;45~50 min,90%;55~60 min,90%~100%(A+B=100%)。流速:1 mL/min。柱温 25

℃。检测波长 270 nm。

水溶性成分:色谱柱 Waters SunFire C18(4.6 mm×250 mm,5 μm)。流动相:甲醇(A)-体积分数 0.01%磷酸水溶液(B),二元梯度洗脱 A:0~30 min,15%~40%;30~40 min,40%~55%;40~60 min,55%~75%;60~70 min,75%(A+B=100%)。流速:1 mL/min。柱温:25 ℃。检测波长:280 nm。

1.4.2 标准曲线的绘制 取各对照品溶液不同体积(<20 μL),按上述色谱条件进样测定,记录色谱图及峰面积。以对照品的含量为纵坐标,峰面积为横坐标,计算回归方程:丹参酮ⅡA为: $Y=2\times10^{-7}X+0.0021$, $R=0.9999$;丹参素钠为 $Y=2\times10^{-6}X-0.0003$, $R=0.9981$;原儿茶醛为 $Y=8\times10^{-7}X-0.054$, $R=0.9888$;丹酚酸B为 $Y=1\times10^{-6}X-0.1021$, $R=0.9948$ 。

1.4.3 样品测定 精密吸取经 0.45 μm 微孔滤膜过滤的各供试品溶液 20 μL,按 1.4.1 色谱条件进样分析。由测得的各指标成分的峰面积,根据回归方程计算各供试品中丹参酮ⅡA、丹参素钠、原儿茶醛和丹酚酸B的含量。

2 结果与分析

2.1 丹参不同部位总丹参酮、总黄酮和总酚酸含量的比较

2.1.1 总丹参酮含量的比较 脂溶性丹参酮类是抗菌消炎的主要成分,有研究表明,丹参地上部存在

丹参酮及其类似物^[7,15]。对不同部位总丹参酮含量的测定结果(表 1)表明,紫花丹参和白花丹参各部位总丹参酮含量差异较大。紫花丹参各部位总丹参酮含量高低顺序为叶>花>根>茎;与根比较,花和叶具有较高的总丹参酮含量,分别是根的105.66%,130.19%,茎总丹参酮含量为根的36.79%。白花丹参各部位总丹参酮含量高低顺序为叶>根>花>茎;与根相比,叶具有较高的总丹参酮含量;叶、花和茎的总丹参酮含量分别是根的113.51%,47.97%和33.10%。

除花以外,白花丹参其他部位的总丹参酮含量均比紫花丹参高,其中根、叶、茎分别高出39.62%,21.73%和25.64%。这表明白花丹参可能具有更高的利用价值。

2.1.2 总黄酮含量的比较 鼠尾草属植物的黄酮类化合物具有较强的抗氧化活性。测定结果(表 1)表明,紫花丹参和白花丹参各部位总黄酮含量各不相同。紫花丹参各部位总黄酮含量顺序为根>叶>花>茎;叶和花中的总黄酮含量均较高,分别为根的91.38%和65.59%,茎的总黄酮含量为根的19.05%。白花丹参各部位总黄酮含量顺序为叶>根>茎>花;与根相比,叶的总黄酮含量较高,为根的118.63%,花和茎分别为根的36.63%,42.84%。

通过比较可知,白花丹参花中总黄酮含量比紫花丹参花低,而白花丹参茎、叶、根中的总黄酮含量均比紫花丹参相应部位高,分别高129.23%,32.33%,1.93%。

表 1 丹参不同部位总丹参酮、总黄酮和总酚酸含量的比较 mg/g

Table 1 Content of total tanshinones, total flavonoids and total phenolic acids in different parts of *Salvia miltiorrhiza*

样品 Sample	紫花丹参 <i>Salvia miltiorrhiza</i> Bunge.				白花丹参 <i>Salvia miltiorrhiza</i> Bunge. f. <i>alba</i>			
	花 Flower	茎 Stem	叶 Leaf	根 Root	花 Flower	茎 Stem	叶 Leaf	根 Root
总丹参酮 Total tanshinones	11.20±0.19	3.90±0.02	13.80±0.29	10.60±0.18	7.10±0.10	4.90±0.10	16.80±0.03	14.80±0.17
总黄酮 Total flavonoids	111.90±0.73	32.50±0.17	155.90±0.71	170.60±1.20	63.70±2.49	74.50±1.07	206.30±1.80	173.90±3.41
总酚酸 Total phenolic acids	60.00±3.76	19.40±0.15	86.60±0.36	62.70±3.82	37.40±0.71	30.00±0.89	88.60±2.32	65.70±2.08

2.1.3 总酚酸含量的比较 丹参水溶性总酚酸具有抗氧化、抗凝抗血栓、抗心肌缺血及调血脂等多种药理作用。不同部位总酚酸含量的测定结果(见表 1)表明,总酚酸在紫花丹参和白花丹参不同部位的分布各不相同。紫花丹参各部位总酚酸含量为叶>根>花>茎;与根相比,叶中具有较高的总酚酸含量,为根的138.12%,而花和茎中的总酚酸含量为根的95.69%和30.94%。白花丹参各部位总酚酸含量顺序为叶>根>花>茎;与根相比,叶中的总酚

酸含量高,为根的134.86%,花和茎分别为根的56.93%和45.66%。

除花以外,白花丹参茎、叶、根中的总酚酸含量均比紫花丹参相应部位高,分别高54.64%,2.31%,4.78%。

2.2 丹参不同部位丹参酮ⅡA 含量的比较

进一步利用 HPLC 分析丹参不同部位丹参酮ⅡA 的含量。结果(表 2)表明,紫花丹参和白花丹参地上各部位茎、叶、花均不含丹参酮ⅡA,其图谱

中也没有出现其他主要脂溶性成分,如隐丹参酮、丹参酮Ⅰ等峰;两者的根部均含有丰富的丹参酮ⅡA,其中白花丹参根中的丹参酮ⅡA含量比紫花丹参根

高 60.63%;比较紫花丹参和白花丹参根中脂溶性成分谱图(图 1)可知,两者脂溶性成分种类相同,但白花丹参大部分成分的含量均高于紫花丹参。

表 2 丹参不同部位丹参酮ⅡA、丹参素钠、原儿茶醛和丹酚酸 B 含量的比较

Table 2 Content of tanshinone Ⅱ A, sodium danshensu, protocatechuic aldehyde and salvianolic acid B in different parts of <i>Salvia miltiorrhiza</i> mg/g								
样品 Sample	紫花丹参 <i>Salvia miltiorrhiza</i> Bunge.				白花丹参 <i>Salvia miltiorrhiza</i> Bunge. f. <i>alba</i>			
	花 Flower	茎 Stem	叶 Leaf	根 Root	花 Flower	茎 Stem	叶 Leaf	根 Root
丹参酮ⅡA Tanshinone Ⅱ A	ND	ND	ND	2.597	ND	ND	ND	4.175
丹参素钠 Sodium danshensu	1.484	0.682	4.180	3.155	1.333	1.827	4.442	4.532
原儿茶醛 Protocatechuic aldehyde	0.266	0.028	0.068	0.561	ND	ND	0.372	0.784
丹酚酸 B Salvianolic acid B	5.785	1.424	10.142	38.606	4.725	2.259	10.773	42.802

注:ND. 未检出。
Note: ND. Not determinted out.

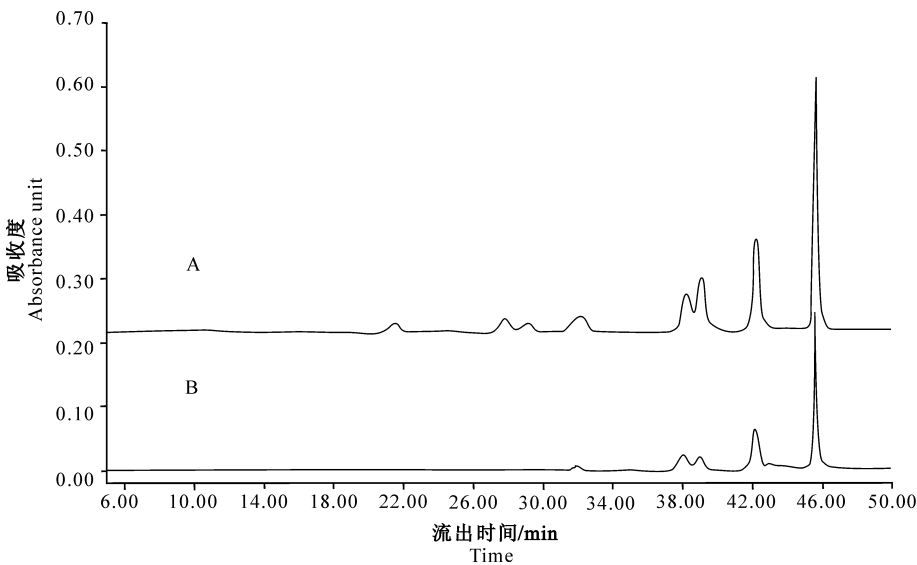


图 1 白花丹参(A)和紫花丹参(B)根中脂溶性成分的高效液相色谱图

Fig. 1 HPLC chromatograms of liposoluble constituents from the root of *Salvia miltiorrhiza* Bunge. f. *alba* (A) and *Salvia miltiorrhiza* Bunge. (B)

2.3 丹参不同部位丹参素钠、原儿茶醛、丹酚酸 B 含量的比较

表 2 显示,丹参素钠、原儿茶醛、丹酚酸 B 等 3 种水溶性成分在紫花丹参和白花丹参均有分布,但其含量差异较大。紫花丹参根和叶中含有丰富的丹参素钠,叶中丹参素钠含量为根的 132.47%;其次是花和茎,分别只有根的 47.02%,21.60%。白花丹参不同部位丹参素钠的分布和紫花丹参相似,即根和叶丹参素钠含量均较高,但其茎的丹参素钠含量比花中的高,叶、茎、花中的丹参素钠含量分别是根的 98.02%,40.31%,29.42%。

紫花丹参根中原儿茶醛含量最高,其次是花,叶

和茎中均较少。花、叶、茎中原儿茶醛的含量分别是根的 47.48%,12.07%,4.92%。仅在白花丹参的叶和根中检出原儿茶醛,其中叶的原儿茶醛含量是根的 3.71%。

紫花丹参根中丹酚酸 B 含量最高,其次是叶、花、茎,其丹酚酸 B 含量分别是根的 26.27%,14.99%,3.69%。白花丹参丹酚酸 B 在各部位的分布与紫花丹参中的类似,其叶、花、茎的丹酚酸 B 含量分别是根的 25.17%,11.04%,5.28%。

比较紫花丹参和白花丹参根中水溶性成分的高效液相色谱图(图 2)可知,两者水溶性成分种类相同,白花丹参根中大部分成分的含量均高于紫花丹参。

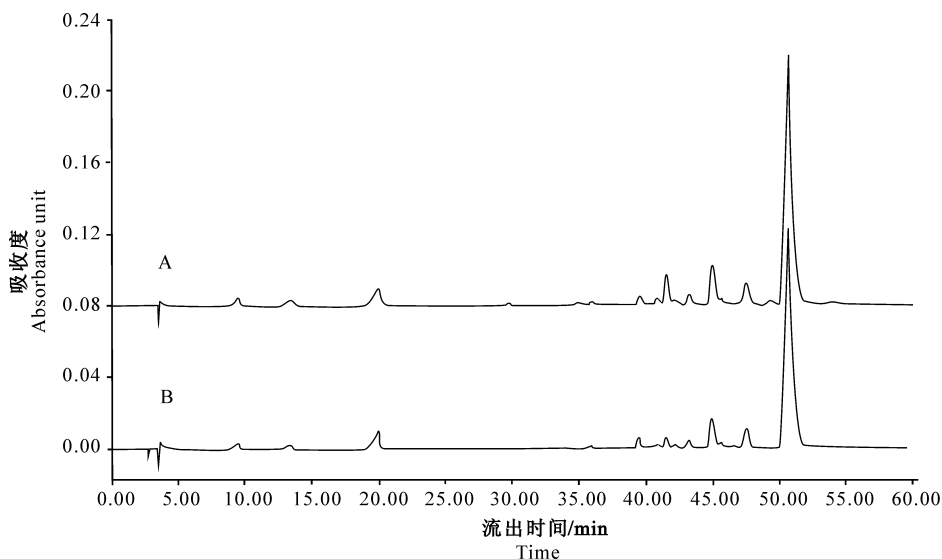


图2 白花丹参(A)和紫花丹参(B)根中水溶性成分的高效液相色谱图

Fig. 2 HPLC chromatograms of water-soluble constituents from the root of *Salvia miltiorrhiza* Bunge. f. *alba* (A) and *Salvia miltiorrhiza* Bunge. (B)

3 讨论

3.1 白花丹参和正品(紫花)丹参有效成分的比较

丹参脂溶性药用成分以丹参酮ⅡA等为主,水溶性成分以丹酚酸B等为主。本研究采用紫外-可见分光光度法、HPLC对白花丹参和紫花丹参不同部位的脂溶性成分/水溶性成分进行了分析,结果表明,两者根部不仅含有相似的脂溶性成分丹参酮ⅡA,而且均含有丹参素钠、原儿茶醛和丹酚酸B等水溶性成分;两者的地上部均不含有丹参酮ⅡA等脂溶性有效成分,但含有丹参素钠、原儿茶醛和丹酚酸B等水溶性有效成分,其中白花丹参多数部位有效成分含量均高于紫花丹参。王培军等^[3]利用薄层色谱法和高效液相色谱法研究了紫花丹参根与白花丹参根中丹参酮ⅡA的含量,结果表明,白花丹参根和紫花丹参根的薄层色谱图斑点一致,主要成分相同,且两种药材的丹参酮ⅡA的含量高于药典规定3倍以上;张红波等^[4]利用高效液相色谱法对白花丹参根中丹酚酸B等成分的含量进行了测定,结果表明,白花丹参根和紫花丹参根中水溶性成分的指纹图谱基本一致,丹酚酸B的含量高于30 mg/g。以上研究与本研究结果一致,说明白花丹参可替代紫花丹参作为药用,且值得进一步开发。

3.2 丹参叶中含有较高的活性成分

脂溶性的丹参酮类表现出多种药理作用^[16],如抗菌消炎、抗过敏、抗心血管疾病、抗肿瘤、抗肝纤维化以及良好的天然抗氧化作用等。本试验中,紫外

分光光度法的分析结果表明,在白花丹参和紫花丹参地上各部位中均以叶的脂溶性成分含量最高,其次为花和茎;HPLC法分析结果表明,在紫花丹参和白花丹参的地上各部位中,均未检测出与根中相同的主要脂溶性成分。齐永秀等^[7]测定了紫花丹参和白花丹参根、茎、叶中丹参酮ⅡA的含量,结果除根中丹参酮ⅡA含量均较丰富之外,仅在白花丹参茎中检测出0.15 mg/g的丹参酮ⅡA,而在其他地上部均未检出。Liu等^[15]从丹参地上部分分离得到7个已知的松香烷二萜。这些报道均说明丹参地上部也含有丹参酮类成分,不过其主要成分与根的有所不同。因此,丹参的地上部不能作为中药丹参脂溶性成分的来源。

黄酮类化合物在鼠尾草属普遍存在,具有明显的生物活性。Jiang等^[17]测定了从*Salvia plebeian*全草中分离得到的黄酮等物质对海鞘油脂氧化稳定性的作用,结果表明,2'-羟基-5'-甲氧基鹰嘴豆芽素、6-甲氧基木犀草素-7-葡萄糖苷均表现很强的抗氧化活性,随浓度的增加其抗氧化活性显著增强。Lu等^[18]测定了*Salvia officinalis*全草中5种黄酮的抗氧化活性,结果表明,B环为邻苯二酚的黄酮具有较高的抗氧化活性。本研究结果表明,紫花丹参和白花丹参的叶、花、茎中均含有总黄酮,此外,也含有丰富的酚酸类化合物,说明地上部可以进行水溶性成分的开发利用;此外,在白花丹参和紫花丹参地上各部位中,叶中的各活性成分含量较高,故其具有较大的开发前景。

4 结 论

本试验采用紫外-可见分光光度法和 HPLC 法,测定了紫花丹参和白花丹参不同部位多种有效成分的含量,结果表明,丹参地上部分含有较丰富的总黄酮和酚酸类化合物;其中叶部含量较高。因此,叶部具有潜在的药用价值。另外,白花丹参多数部位有效成分含量高于紫花丹参,表明白花丹参是值得进一步开发利用的药用资源。

〔参考文献〕

- [1] 徐任生. 丹参一生物学及其应用[M]. 北京: 科学出版社, 1990: 1-55.
- Xu R S. *Salvia miltiorrhiza*-Biology and its application [M]. Beijing: Science Press, 1990: 1-55. (in Chinese)
- [2] 国家药典委员会编. 中华人民共和国药典一部 [M]. 北京: 化学工业出版社, 2005: 52.
- State Pharmacopoeia Committee of the People's Republic of China. China Pharmacopoeia (Volume I) [M]. Beijing: Chemical Industry Press, 2005: 52. (in Chinese)
- [3] 王培军, 高长清, 李 蜜. 丹参与白花丹参中丹参酮 II A 的含量研究 [J]. 甘肃中医, 2004, 17(4): 42-43.
- Wang P J, Gao C Q, Li M. Study on the tanshinone II A content of *Salvia miltiorrhiza* Bunge. and *Salvia miltiorrhiza* Bunge. f. *alba* [J]. Gansu Journal of Traditional Chinese Medicine, 2004, 17(4): 42-43. (in Chinese)
- [4] 张红波, 郭 凯, 任启明. 白花丹参中丹酚酸 B 等成分的图谱鉴别及含量测定 [J]. 中国药业, 2006, 15(15): 46.
- Zhang H B, Guo K, Ren Q M. Fingerprint analysis and content determination of effective components in *Salvia miltiorrhiza* Bunge. f. *alba* [J]. China Pharmaceuticals, 2006, 15(15): 46. (in Chinese)
- [5] 马丽虹, 翟树林, 王传杰. 白花丹参的开发进展 [J]. 中国林副特产, 2005(1): 72.
- MA L H, Zhai S L, Wang C J. Development of *Salvia miltiorrhiza* Bunge. f. *alba* [J]. Forest By-product and Speciality in China, 2005(1): 72. (in Chinese)
- [6] 倪学斌, 苏 静. 丹参地上部分有效成分的初步分析 [J]. 中国药学杂志, 1995, 30(6): 336-338.
- Ni X B, Su J. Active constituents of above-ground portion and root of *Salvia miltiorrhiza* [J]. Chinese Pharmaceutical Journal, 1995, 30(6): 336-338. (in Chinese)
- [7] 齐永秀, 曹明亮, 王晓丹, 等. 泰山野生丹参与种植丹参根、茎、叶中三种有效成分含量的比较分析 [J]. 药物生物技术, 2006, 13(4): 279-282.

- Qi Y X, Cao M L, Wang X D, et al. Determination and comparison of 3 active components in the cultivated *Salvia miltiorrhiza* Bge. and wild *Salvia miltiorrhiza* Bge in Taishan [J]. Pharmaceutical Biotechnology, 2006, 13(4): 279-282. (in Chinese)
- [8] 李福荣, 史卫锋, 夏作理. HPLC-MS 法测定白花丹参叶中丹酚酸 B 的含量 [J]. 中华中医药学刊, 2007, 25(8): 1650-1652.
- Li F R, Shi W F, Xia Z L. Determination of salvianolic acid B in *Salvia miltiorrhiza* Bge. f. *alba* leaf by HPLC-MS [J]. Chinese Archives of Traditional Chinese Medicine, 2007, 25(8): 1650-1652. (in Chinese)
- [9] Singleton V L, Rossi J A. Colorimetry of total phenolics with phosphomolybdic-phosphotungstic acid reagents [J]. Am J Enol Vitic, 1965, 16(3): 144-158.
- [10] 侯安国, 梁晓原, 阮志国. 云南大紫丹参有效成分的含量测定 [J]. 云南中医学院学报, 1998, 21(4): 6-8.
- Hou A G, Liang X Y, Ruan Z G. Assaying on effective composition of *Salvia przewalskii* Maxim var. *mandarinorum* (Diels) stibai of Yunnan [J]. Journal of Yunnan College of Traditional Chinese Medicine, 1998, 21(4): 6-8. (in Chinese).
- [11] Yi Z B, Yu Y, Liang Y Z, et al. *In vitro* antioxidant and antimicrobial activities of the extract of *Pericarpium Citri Reticulatae* of a new *Citrus* cultivar and its main flavonoids [J]. LWT, 2008, 41(4): 597-603.
- [12] Zieliński H, Ceglińska A, Michalska A. Antioxidant contents and properties as quality indices of rye cultivars [J]. Food Chemistry, 2007, 104(3): 980-988.
- [13] Wojdylo A, Oszmiański J, Czemerys R. Antioxidant activity and phenolic compounds in 32 selected herbs [J]. Food Chemistry, 2007, 105(3): 940-949.
- [14] Miliauskas G, Venskutonis P R, Beek T A. Screening of radical scavenging activity of some medicinal and aromatic plant extracts [J]. Food Chemistry, 2004, 85(2): 231-237.
- [15] Liu J K, Josef Z, Becker H. Comparative phytochemical investigation of *Salvia miltiorrhiza* and *Salvia triloba* [J]. Planta Medica, 1995, 61(5): 453-455.
- [16] Wang X B, Susan L M-N, Lee K H. New developments in the chemistry and biology of the bioactive constituents of Tanshen [J]. Medicinal Research Reviews, 2007, 27(1): 133-148.
- [17] Jiang A L, Wang C H. Antioxidant properties of natural components from *Salvia plebeia* on oxidative stability of ascidian oil [J]. Process Biochemistry, 2006, 41(5): 1111-1116.
- [18] Lu Y R, Foo L Y. Antioxidant activities of polyphenols from sage (*Salvia officinalis*) [J]. Food Chemistry, 2001, 75(2): 197-202.