

蜘蛛香油化学成分的气相色谱-飞行时间质谱分析

田弋夫¹, 龙庆德², 罗喜荣², 杨秀群¹, 杨 军^{1*}

(1. 中国科学院地球化学研究所, 贵州 贵阳 550002; 2. 贵阳医学院, 贵州 贵阳 550004)

摘要:目的 研究蜘蛛香油的化学成分。方法 采用超临界 CO₂ 萃取法和索氏提取法提取蜘蛛香油, 应用气相色谱-飞行时间质谱联用法分析其化学成分, 以峰面积归一化法计算各成分的相对含量。结果 从超临界 CO₂ 萃取法蜘蛛香油中分离出 118 个组分, 鉴定出 92 个化合物, 主要成分为异戊酸 (38.36%)、缬草素类成分 (11.65%)、戊酸酐 (9.14%)、β-谷甾醇 (7.85%); 从索氏提取法蜘蛛香油中分离出 98 个组分, 鉴定出 77 个化合物, 主要成分为缬草素类成分 (26.24%)、β-谷甾醇 (13.17%)。结论 超临界 CO₂ 萃取法能更全面地反映药材的化学成分。

关键词:蜘蛛香; 超临界 CO₂ 萃取; 索氏提取; 气相色谱-飞行时间质谱

DOI 标识: doi:10.3969/j.issn.1008-0805.2012.04.061

中图分类号: R284.2 文献标识码: B 文章编号: 1008-0805(2012)04-0924-02

蜘蛛香为败酱科缬草属植物蜘蛛香 *Valeriana jatamansi* Jones. 干燥根茎及根, 主产于贵州、四川、云南等省, 被《中国药典》2010 年版收载, 具有理气和中、散寒除湿、活血消滞等功效。蜘蛛香挥发油是蜘蛛香的活性成分, 具有镇静、抗菌、抗病毒和细胞毒及抗肿瘤等作用^[1]。蜘蛛香挥发油的化学成分分析主要采用气相色谱-质谱联用法 (GC-MS), 该方法灵敏度与分辨率较低, 目前最多分离出 80 种组分和鉴定出 74 种组分^[2-9]。气相色谱-飞行时间质谱 (GC-TOFMS) 联用法具有响应速度快、灵敏度高、分辨率高和扫描质量范围宽等优点, 适用于大部分有机化合物的结构分析、精确分子量和元素组成的测定, 可完成复杂混合物组分的定性分析。本文采用超临界 CO₂ 萃取 (SFE) 法和索氏提取 (SE) 法提取蜘蛛香油, 应用 GC-TOFMS 分析并比较其成分差异, 为进一步研究其药理活性提供科学依据。

1 材料与仪器

蜘蛛香 (贵州织金产), 冷冻一夜后粉碎成 120 目粉备用; 4 L 超临界萃取装置 (自行研制); HP6890N 气相色谱仪 (美国惠普公司); GCT 飞行时间质谱仪 (英国 Micromass 公司); CO₂ 为食品级 (纯度 99.9%); 正己烷为分析纯; 甲醇为色谱纯。

2 方法

2.1 蜘蛛香油的提取

2.1.1 超临界 CO₂ 萃取 取蜘蛛香粉 200 g 置于超临界萃取器, 设定萃取压力为 30 MPa、萃取温度为 60℃、解析压力为 5 MPa, 解析温度为 50℃, CO₂ 流量为 20 L/h, 当达到预定温压条件, 泵入 CO₂ 萃取 40 min 得黄褐色油状物, 蜘蛛香油得率为 6.92%。

2.1.2 索氏提取 取蜘蛛香粉 50 g 置于索氏提取器中, 加入 300 ml 正己烷抽提 6 h, 减压回收溶剂得透明黄色油状液体, 蜘蛛香油得率为 1.86%。

2.2 GC-TOFMS 分析

2.2.1 色谱条件 DB-5ms 石英毛细管柱 (30 m × 0.25 mm × 0.25 μm); 进样口温度 250℃; 升温程序: 初始温度 60℃ 保持 1 min, 以 5℃/min 升至 120℃ 保持 2 min, 然后以 4℃/min 升至 200℃, 再以 3℃/min 升至 280℃ 保持 10 min; 载气 (He) 流速 1

ml/min; 分流比 5:1; 进样量 1 μl。

2.2.2 质谱条件 电子轰击 (EI) 离子源, 电子能量 70 eV, 离子源温度 200℃, 电离方式 EI⁺, 扫描质量范围 10~800 amu。

2.2.3 化学成分分析 取两种方法所得蜘蛛香油适量分别用甲醇稀释 100 倍, 按上述条件进行分析, 将获得的质谱数据通过 Masslynx SP1 软件分析和 NIST02 质谱数据库搜索鉴定化学成分, 采用峰面积归一化法计算各化学成分的相对含量。

3 结果

超临界 CO₂ 萃取法和索氏提取法所得蜘蛛香油经 GC-TOFMS 分析, 分别分离出 118 个组分和 98 个组分, 分别鉴定出 92 种和 77 种化合物, 其相对含量分别占出峰物质总量的 88.31% 和 75.63%。结果见表 1。

表 1 蜘蛛香油的化学成分

峰号	化合物	分子式	分子量	相对含量 (%)	
				SFE 法	SE 法
1	异戊酸甲酯	C ₆ H ₁₂ O ₂	116	0.79	-
2	2,3-丁二醇	C ₄ H ₁₀ O ₂	90	0.03	-
3	3-甲基戊酸	C ₆ H ₁₂ O ₂	116	1.67	1.09
4	萜烯醇	C ₁₀ H ₁₈ O	154	-	0.04
5	柠檬烯	C ₁₀ H ₁₆	136	0.01	0.06
6	异戊酸	C ₅ H ₁₀ O ₂	102	38.36	0.01
7	3,3-二甲基丙烯酸	C ₅ H ₈ O ₂	100	0.83	-
8	桉树醇	C ₁₀ H ₁₈ O	154	-	0.03
9	萜品油烯	C ₁₀ H ₁₆	136	-	0.03
10	戊酸异戊酯	C ₁₀ H ₂₀ O ₂	172	0.01	0.02
11	十一烷	C ₁₁ H ₂₄	156	0.02	-
12	2-甲基丁烯酸	C ₅ H ₈ O ₂	100	0.21	0.47
13	2,5-二甲基-1,5-庚二烯-3,4-二醇	C ₉ H ₁₆ O ₂	156	0.04	0.04
14	二甲基丁二酸乙酯	C ₈ H ₁₄ O ₄	174	0.04	-
15	对乙基苯酚	C ₈ H ₁₀ O	122	0.02	-
16	右旋龙脑	C ₁₀ H ₁₈ O	154	0.01	-
17	十二烷	C ₁₂ H ₂₆	170	-	0.02
18	反式-4-侧柏醇	C ₁₀ H ₁₈ O	154	0.01	-
19	2,3-二二甲基多氢萘	C ₁₂ H ₂₂	166	-	0.03
20	4-甲基-2-氧代戊酸甲酯	C ₇ H ₁₂ O ₃	144	0.08	-
21	乙酸异龙脑酯	C ₁₂ H ₂₀ O ₂	196	0.05	0.13
22	异戊酸酐	C ₁₀ H ₁₈ O ₃	186	0.11	-
23	古巴烯	C ₁₅ H ₂₄	204	0.05	0.12
24	β-榄香烯	C ₁₅ H ₂₄	204	0.06	0.14
25	β-石竹烯	C ₁₅ H ₂₄	204	0.57	1.51
26	戊酸酐	C ₁₀ H ₁₈ O ₃	186	9.14	1.91
27	[1S-(1A,4A,7A)]-1,2,3,4,5,6,7,8-八氢化-1,4-二甲基-7-(1-甲基乙基)奥	C ₁₅ H ₂₄	204	0.11	0.40

收稿日期: 2011-07-06; 修订日期: 2011-11-15

基金项目: 贵州省中药现代化专项项目 (No. [2007]5016);

贵州省科技基金项目 (No. -J-[2011]2288)

作者简介: 田弋夫 (1972-), 男 (汉族), 贵州贵阳人, 现任中国科学院地球化学研究所副研究员, 学士学位, 主要从事生物资源开发利用及超临界流体技术研究工作。

* **通讯作者简介:** 杨 军 (1972-), 男 (苗族), 贵州松桃人, 现任中国科学院地球化学研究所副研究员, 硕士学位, 主要从事生物资源开发利用及超临界流体技术研究工作。

续表 1

峰号	化合物	分子式	分子量	相对含量 (%)	
				SFE 法	SE 法
28	异丁香烯	C ₁₅ H ₂₄	204	0.06	0.12
29	3,3,7,11-四甲基-三环[6.3.0.0(2,4)]癸-8-烯	C ₁₅ H ₂₄	204	0.29	0.72
30	α-古芸烯	C ₁₅ H ₂₄	204	0.27	0.71
31	α-律草烯	C ₁₅ H ₂₄	204	0.13	0.30
32	α-绿叶烯	C ₁₅ H ₂₄	204	0.37	0.68
33	(2-乙酰基-5-甲基-环戊基)乙酸	C ₁₀ H ₁₆ O ₃	184	0.24	0.15
34	(+)-表-双环倍半水芹烯	C ₁₅ H ₂₄	204	0.03	0.09
35	β-瑟林烯	C ₁₅ H ₂₄	204	0.02	0.05
36	朱栾倍半萜	C ₁₅ H ₂₄	204	0.02	0.04
37	γ-芹子烯	C ₁₅ H ₂₄	204	0.06	0.16
38	未知物	C ₁₅ H ₂₄	204	0.04	0.12
39	γ-愈创木烯	C ₁₅ H ₂₄	204	0.76	1.99
40	2,4-二叔丁基苯酚	C ₁₄ H ₂₂ O	206	0.12	-
41	α-人参烯	C ₁₅ H ₂₄	204	0.29	0.81
42	蓝桉醇	C ₁₅ H ₂₆ O	222	0.04	0.10
43	4-甲基-环戊(c)吡喃-7-甲基	C ₁₀ H ₈ O ₂	160	0.10	-
44	喇叭烯氧化物-(II)	C ₁₅ H ₂₄ O	220	0.02	0.03
45	未知物	C ₁₅ H ₂₄ O	220	0.06	0.14
46	4,8a-二甲基-6-异丙烯基-1,2,3,5,6,7,8,8a-八氢化萘-2-醇	C ₁₅ H ₂₄ O	220	0.03	0.07
47	茅苍术醇	C ₁₅ H ₂₆ O	222	0.01	0.02
48	反式-长叶松香芹醇	C ₁₅ H ₂₄ O	220	0.03	0.06
49	脱氢香橙烯	C ₁₅ H ₂₂	202	0.02	0.02
50	9,10-脱氢异长叶烯	C ₁₅ H ₂₂	202	0.03	0.05
51	7,8-脱氢-8a-羟基-异长叶烯	C ₁₅ H ₂₄ O	220	0.07	0.18
52	羟甲香豆素	C ₁₀ H ₈ O ₃	176	0.08	-
53	未知物	C ₁₂ H ₁₂ O ₃	204	0.12	-
54	顺式-β-愈创木烯	C ₁₅ H ₂₄	204	0.15	0.33
55	桉脑	C ₁₅ H ₂₆ O	222	0.20	0.48
56	未知物	C ₁₂ H ₁₂ O ₄	220	0.03	-
57	雪松烯氧化物	C ₁₅ H ₂₄ O	220	0.01	-
58	2-(4a,8-二甲基-六氢-萘-2-基)-2-丙烯-1-醇	C ₁₅ H ₂₂ O	218	0.05	0.06
59	4,4-二甲基-3-(3-甲基-3-亚丁烯基)-2-亚甲基双环(4.1.0)庚烷	C ₁₅ H ₂₂	202	0.02	0.04
60	1,5-二甲基-3-羟基-8-(1-亚甲基-2-羟乙基-1)-双环-(4.4.0)癸-5-烯	C ₁₅ H ₂₄ O ₂	236	0.02	0.03
61	八氢-四甲基-1-萘甲醇	C ₁₅ H ₂₆ O	222	0.01	0.03
62	古芸烯氧化物-(2)	C ₁₅ H ₂₄ O	220	0.02	0.04
63	4-羟基-1-萘酮	C ₉ H ₈ O ₂	148	0.02	-
64	8,9-脱氢-环异长叶烯	C ₁₅ H ₂₂	202	0.03	0.04
65	1,3-双(四氢吡喃-2-基氧基)苯	C ₁₆ H ₂₂ O ₄	278	0.04	-
66	西柏烯	C ₂₀ H ₃₂	272	0.01	0.03
67	8a-甲基十氢萘-1,8-二醇-二乙酸酯	C ₁₅ H ₂₄ O ₄	268	0.02	0.02
68	叶绿醇	C ₂₀ H ₄₀ O	296	0.02	0.06
69	乙酸-4a-甲基-八氢-1-恶环丙[d]-7-萘酯	C ₁₃ H ₂₀ O ₃	224	0.06	-
70	柏木烷-8,13-二醇	C ₁₅ H ₂₆ O ₂	238	0.12	0.19
71	缬草醛	C ₁₂ H ₁₀ O ₄	218	10.84	17.23
72	棕榈酸甲酯	C ₁₇ H ₃₄ O ₂	270	0.05	0.01

续表 1

峰号	化合物	分子式	分子量	相对含量 (%)	
				SFE 法	SE 法
73	未知物	C ₁₃ H ₁₂ O ₅	248	0.06	0.03
74	Verticilol	C ₂₀ H ₃₄ O	290	0.29	0.49
75	9-乙酰氧基-4-羟基-3,4,8-三甲基-5H-三环[6.3.1.0(1,5)]十二烷	C ₁₇ H ₂₈ O ₃	280	0.08	0.10
76	棕榈酸	C ₁₆ H ₃₂ O ₂	256	1.58	2.98
77	2-甲基-棕榈酸甲酯	C ₁₈ H ₃₆ O ₂	284	0.12	0.24
78	9-乙酰氧基-3-羟基-3,5,8-三甲基三环[6.3.1.0(1,5)]十二烷	C ₁₇ H ₂₈ O ₃	280	2.85	5.24
79	硫磺	S ₈	256	0.01	0.04
80	未知物	C ₁₃ H ₁₂ O ₃	216	0.02	-
81	[6-(乙酰氧基)-5,5,8a-三甲基-2-亚甲基-1-全氢化萘酚]乙酸甲酯	C ₁₉ H ₃₀ O ₄	322	0.03	0.05
82	亚油酸甲酯	C ₁₉ H ₃₄ O ₂	294	0.06	-
83	亚麻酸甲酯	C ₁₉ H ₃₂ O ₂	292	0.03	-
84	蛇床子素	C ₁₅ H ₁₆ O ₃	244	0.05	0.02
85	(S)-3,4-二氢-4,5-二羟基-1(2H)-萘酮	C ₁₀ H ₁₀ O ₃	178	0.27	0.06
86	未知物	C ₂₅ H ₃₁ NO ₇	457	1.31	1.45
87	亚油酸	C ₁₈ H ₃₂ O ₂	280	1.12	2.50
88	α-亚麻酸	C ₁₈ H ₃₀ O ₂	278	1.57	3.24
89	8-乙酰-7-羟基-4-甲基香豆素	C ₁₂ H ₁₀ O ₄	218	0.48	1.07
90	亚油酸乙酯	C ₂₀ H ₃₆ O ₂	308	0.30	0.69
91	亚麻酸乙酯	C ₂₀ H ₃₄ O ₂	306	0.22	0.56
92	未知物	C ₁₆ H ₁₈ O ₅	290	4.19	7.01
93	未知物			0.03	0.06
94	未知物			0.03	0.03
95	未知物	C ₁₆ H ₁₈ O ₅	290	0.05	-
96	未知物	C ₁₉ H ₃₆ O ₂	296	0.10	0.79
97	未知物	C ₁₇ H ₂₀ O ₅	304	0.29	0.26
98	油酸酰胺	C ₁₈ H ₃₅ NO	281	0.06	0.12
99	未知物	C ₁₇ H ₃₂ O ₂	268	0.13	0.06
100	未知物			0.05	0.05
101	乙酸十八酯	C ₂₀ H ₄₀ O ₂	312	0.24	0.88
102	未知物	C ₁₆ H ₁₆ O ₅	288	0.04	0.19
103	未知物			0.04	0.11
104	10-(四氢吡喃-2-基)三环[4.2.1.1(2,5)]-3,7-癸二烯-9-酮	C ₁₅ H ₁₈ O ₃	246	0.25	0.58
105	未知物			0.04	0.04
106	未知物	C ₁₅ H ₁₈ O ₅	278	0.36	0.16
107	未知物	C ₂₃ H ₂₀ O ₆	392	0.26	0.31
108	4-甲氧基-17-(四氢吡喃-2-基)氧基-雄甾-4-烯-3-醇	C ₂₅ H ₄₀ O ₄	404	0.08	0.27
109	未知物	C ₂₁ H ₂₆ O ₇	390	3.14	4.07
110	未知物	C ₂₇ H ₄₆ O ₂	402	1.12	6.35
111	β-谷甾醇	C ₂₉ H ₅₀ O	414	7.85	13.17
112	未知物	C ₂₂ H ₂₈ O ₇	404	0.04	-
113	未知物	C ₁₈ H ₂₄ O ₆	336	0.08	0.44
114	角鲨烯	C ₃₀ H ₅₀	410	0.10	0.31
115	未知物	C ₂₄ H ₃₂ O ₇	432	0.06	0.14
116	未知物	C ₂₆ H ₃₆ O ₈	476	0.09	-
117	β-谷甾醇乙酸酯	C ₃₁ H ₅₂ O ₂	456	0.04	0.21
118	未知物			-	2.56
119	DL-α-生育酚	C ₂₉ H ₅₀ O ₂	430	-	0.38
120	β-谷甾酮	C ₂₉ H ₄₈ O	412	0.36	-
121	乙酸豆甾二烯酯	C ₃₁ H ₅₀ O ₂	454	0.08	-
122	3,5-豆甾二烯	C ₂₉ H ₄₈	396	0.62	0.29
123	缬草素	C ₂₂ H ₃₀ O ₈	422	0.81	9.01
124	维生素 E	C ₂₉ H ₅₀ O ₂	430	1.54	1.84
125	维生素 E 乙酸酯	C ₃₁ H ₅₂ O ₃	472	0.12	0.30

4 讨论

由表 1 可知两种方法所得蜘蛛香油的化学成分大致相同,主要为萜、醇、酸、醛、酮、酯及烷烃类物质。索氏提取法所得蜘蛛香油中缬草素类成分(缬草素、缬草醛)含量最高(26.24%),β-谷甾醇次之(13.17%),缬草素类成分是蜘蛛香镇静催眠、抗抑郁、抗癌的主要活性成分,β-谷甾醇是蜘蛛香抗菌抗炎的活性成分之一,表明索氏提取法便于提取蜘蛛香药效成分。超临界 CO₂ 萃取法所得蜘蛛香油中含量较大的成分有异戊酸(38.36%)、缬草素类成分(11.65%)、戊酸酐(9.14%)、β-谷甾醇(7.85%),异戊酸是蜘蛛香最主要的气味贡献者,表明超临界 CO₂ 萃取法可同时提取蜘蛛香香味及药效成分,更能真实全面地反映药材的化学成分,有利于提高产品得率和药材利用率。

参考文献:

[1] 刘翠娟. 蜘蛛香挥发油 β-环糊精包合物稳定性的探讨[J]. 黑龙江医药科学, 2005, 28(6): 65.

[2] 梁光义, 周欣, 王道平, 等. 贵州蜘蛛香挥发性成分的 GC-MS 研究[J]. 中国药学杂志, 2002, 37(12): 959.
 [3] 杨再波, 彭黔荣, 杨敏, 等. 同时蒸馏萃取/GC-MS 法分析蜘蛛香挥发油的化学成分[J]. 中国药学杂志, 2006, 41(1): 74.
 [4] 王海来, 万新, 闫兴丽, 等. 蜘蛛香超临界 CO₂ 萃取物化学成分的研究[J]. 北京中医药大学学报, 2007, 30(12): 832.
 [5] 王海来, 万新, 闫兴丽, 等. 蜘蛛香 SFE-CO₂ 萃取物与水蒸气蒸馏所得挥发油的 GC-MS 对比分析[J]. 中国中药杂志, 2007, 32(24): 2267.
 [6] 杨再波, 毛海立, 钟才立, 等. 顶空萃取分析蜘蛛香挥发油化学成分[J]. 食品工业, 2008, 2: 64.
 [7] 胡晓娜, 周欣, 李明, 等. 不同提取方法对蜘蛛香挥发油的研究[J]. 分析试验室, 2008, 27(增刊): 186.
 [8] 吴彩霞, 刘红丽, 卢素格, 等. 蜘蛛香地上部分挥发性成分的萃取与分析[J]. 中国药业, 2008, 17(11): 16.
 [9] 吴彩霞, 刘红丽, 卢素格, 等. 固相微萃取法与水蒸气蒸馏法提取蜘蛛香挥发油成分的比较[J]. 中国药房, 2008, 19(12): 918.

刺五加皂苷抗乳腺癌细胞活性研究

孙延芳¹, 梁宗锁^{2*}, 刘文婷², 李芳亮¹, 王锐¹

(1. 辽宁工程技术大学理学院, 辽宁阜新 123000; 2. 西北农林科技大学生命学院, 陕西杨凌 712100)

摘要:目的 研究刺五加精制皂苷的体外抗人乳腺癌细胞 MCF-7 活性。方法 香草醛-高氯酸比色法测定刺五加总皂苷含量, 经大孔树脂 D101 梯度洗脱和丙酮沉淀纯化皂苷; MTT 法研究该皂苷对乳腺癌细胞 MCF-7 增殖的作用。结果 刺五加总皂苷含量为 64.75 mg/g; 纯化得到的乳黄色精制皂苷, 其对乳腺癌细胞 MCF-7 的半抑制浓度 IC₅₀ 为 29.57 g/ml, 且呈剂量依赖性。结论 刺五加皂苷具有很强的抑制人乳腺癌细胞 MCF-7 增殖作用。

关键词: 刺五加; 皂苷; 香草醛-高氯酸比色法; 抗乳腺癌细胞活性

DOI 标识: doi:10.3969/j.issn.1008-0805.2012.04.062

中图分类号: R284.2 文献标识码: A 文章编号: 1008-0805(2012)04-0926-02

Anti-breast Cancer Cell Activity of Saponins in *Acanthopanax senticosus* (Rupr. et Maxim.) Harms

SUN Yan-fang¹, LIANG Zong-shuo^{2*}, LIU Wen-ting², LI Fang-liang¹, WANG Rui¹

(1. College of Science, Liaoning Technical University, Fuxin 123000, China; 2. College of Life Science, Northwest A&F University, Yangling 712100, China)

Abstract: Objective To investigate the antiproliferation effect of the purified saponins in *Acanthopanax senticosus* (Rupr. et Maxim.) Harms on human breast cancer cell line MCF-7 in vitro. **Methods** The saponins content was determined by Vanillin-perchloric acid colorimetry and furtherly purified by microporous resin D101 absorption technology and precipitated with acetone. MTT assay was used to investigate inhibitory growth effect of the purified saponins on MCF-7 cells. **Results** The total content of total saponins was 64.75 mg/g compared with the standard syringin. The canary yellow refined saponins significantly inhibited the proliferation of human breast cancer MCF-7 cell lines in a dose-dependent manner and the IC₅₀ was 29.57 g/ml. **Conclusion** The saponins of *Acanthopanax senticosus* (Rupr. et Maxim.) Harms has a certain inhibition activity on the growth of breast cancer cells in vitro.

Key words: *Acanthopanax senticosus* (Rupr. et Maxim.) Harms; Saponins; Vanillin-Perchloric acid Colorimetry; Anti-breast cancer cell activity

刺五加 [*Acanthopanax senticosus* (Rupr. et Maxim.) Harms] 别

名五加参, 为五加科 (Araliaceae) 植物的干燥根、茎或根茎, 主要生长在我国东北、俄国西伯利亚、朝鲜和日本北海道等寒温带地区^[1,2]。始载于《神农本草经》, 列为上品。其性温, 味辛、苦、无毒^[3]。现代药理研究表明刺五加具有抗疲劳、延缓衰老、防辐射、降血糖、增强免疫、治疗心脑血管疾病及抗肿瘤等作用^[4-7]。其药理活性成分主要是苷类, 主要有紫丁香苷、刺五加苷和异嗪皮啶等^[8]。但目前未见有关对刺五加皂苷抗乳腺癌活性的相关报道, 本研究对刺五加的皂苷进行纯化, 并进行体外抗乳腺癌细胞活性研究, 以期对刺五加的综合利用和开发天然抗乳腺癌药物提供科学依据。

收稿日期: 2011-07-29; 修订日期: 2011-12-27

基金项目: 中国科学院知识创新项目 (No. KZCX2-YW-443);

国家“十一五”科技支撑计划资助项目 (No. 2008BAD98B08)

作者简介: 孙延芳 (1979-), 女 (汉族), 山东枣庄人, 现为辽宁工程技术大学讲师, 博士学位, 主要从事药用植物天然活性成分和药理活性研究工作。

* 通讯作者简介: 梁宗锁 (1965-), 男 (汉族), 陕西扶风人, 现为西北农林科技大学教授, 博士研究生导师, 主要从事中草药规范化栽培理论与技术研究工作。