

不同提取溶剂对柳兰化学成分的影响

韩阳阳^{1,2}, 廖成松^{1,2*}

(1. 锡林郭勒生物工程研究院, 内蒙古锡林浩特 026000; 2. 锡林郭勒职业学院, 内蒙古锡林浩特 026000)

摘要 通过比较分析不同溶剂提取液中柳兰化学成分的差异, 筛选出柳兰入药的最佳提取溶剂。分别用蒸馏水、70%乙醇、100%乙醇、乙腈、乙酸乙酯、正丁醇和石油醚 7 种提取溶剂对柳兰全草粉末进行浸提, 用液质联用 QToF 对提取液的化学成分进行鉴定和分析。结果表明, 7 种不同溶剂的柳兰提取液中化学成分共有 57 种, 主要为脂肪酸、酚酸类、黄酮类及醇类 4 大类化合物, 含量最高均为脂肪酸, 有且只有一种共有化学成分棕榈酸。不同溶剂的提取液中化学成分的数量、种类及含量均明显不同, 可见提取溶剂对植物提取物化学成分的影响较大。从柳兰已知的主要药理作用来看, 正丁醇和石油醚适用于抗氧化作用提取溶剂, 水和 70%乙醇适用于抗炎抑菌作用提取剂, 乙酸乙酯适用于镇痛和抗癌作用提取剂。综合药理作用、毒副作用及生产工艺成本, 70%乙醇可成为柳兰提取的常用溶剂。

关键词 柳兰; 提取溶剂; 化成分; 差异比较

中图分类号 R284 **文献标识码** A

文章编号 0517-6611(2021)19-0151-06

doi: 10.3969/j.issn.0517-6611.2021.19.040



开放科学(资源服务)标识码(OSID):

Effects of Different Extraction Solvents on the Chemical Composition of *Epilobium angustifolium* L.

HAN Yang-yang^{1,2}, LIAO Cheng-song^{1,2} (1. Xilingol Bioengineering Research Institute, Xilinghot, Inner Mongolia 026000; 2. Xilingol Vocational College, Xilinghot, Inner Mongolia 026000)

Abstract By comparing and analyzing the differences of chemical components in different solvent extracts, the best extraction solvent was selected. 7 extraction solvents (distilled water, 70% ethanol, 100% ethanol, acetonitrile, ethyl acetate, n-butanol and petroleum ether) were used to extract the whole grass powder of *Epilobium angustifolium*, and the chemical components of the extract were identified and analyzed by liquid chromatography-mass spectrometry QTOF. The results showed that there were 57 kinds of chemical components in the 7 different solvents, mainly including fatty acids, phenolic acids, flavonoids and alcohols. The highest content was fatty acids, and there was only one common chemical component palmitic acid. The quantity, species and content of the chemical components in the extracts of different solvents were obviously different. It could be seen that the extraction solvent had a great influence on the chemical components of plant extracts. According to the known main pharmacological effects of *Epilobium angustifolium*, n-butanol and petroleum ether were suitable for antioxidant extraction solvent, water and 70% ethanol were suitable for anti-inflammatory and bacteriostatic extracts, and ethyl acetate was suitable for analgesic and anticancer extracts. Considering the pharmacological effects, side effects and production process cost, 70% ethanol could be a common solvent for *Epilobium angustifolium* extraction.

Key words *Epilobium angustifolium* L.; Extraction solvent; Chemical composition; Difference comparison

柳兰 (*Epilobium angustifolium* L.) 是多年粗壮草本, 直立, 丛生, 又名红筷子、遍山红^[1]。柳兰属于喜光植物, 一般野生于草地、林缘、高山草甸、河滩、砾石坡等地, 性耐寒, 耐贫瘠, 广泛分布于北温带与寒带地区, 在我国柳兰多分布于四川、西藏、云南等地。柳兰作为传统中草药, 味苦, 性平, 有小毒, 多见于青藏地区^[2]。据《青藏高原甘南藏药植物志》等记载, 柳兰具有镇痛、活血作用, 且可治疗肠胃疾病^[3]。柳兰在现代研究中, 具有抗炎、抗菌、抗焦虑、抗氧化、抑制前列腺细胞增殖、免疫调节等药理作用^[4]。随着科学水平的不断发展, 从药用原材料中提取主要成分的技术不断精进, 而这其中溶剂的选择至关重要, 因为不同提取溶剂对不同成分的浸出往往起决定性作用^[5, 10-12]。笔者分别用蒸馏水、70%乙醇、100%乙醇、乙腈、乙酸乙酯、正丁醇和石油醚 7 种不同溶剂对柳兰全草粉末进行浸提, 用液质联用 QToF 对提取液的化学成分进行鉴定和分析, 比较不同溶剂提取液中柳兰化学成分的差异, 筛选出柳兰入药的最佳提取溶剂, 为后续柳兰成药开发提供方法指导。

1 材料与方法

1.1 仪器 G2-XS QToF 液质联用仪 (Waters, 美国); FW100

基金项目 锡林郭勒职业学院课题 (ZD-2020-03); 内蒙古自治区高等学校科学研究项目 (NJZY19339)。

作者简介 韩阳阳 (1989—), 女, 河北丰宁人, 工程师, 硕士, 从事天然产物分析及代谢机理研究。* 通信作者, 副教授, 博士, 从事野生药用植物驯化栽培和民族药方剂与成分分析研究。

收稿日期 2021-03-22

研磨机 (天津泰斯特仪器有限公司); BY-30AD 超声萃取仪 (上海秉越电子仪器有限公司); AXTG16G 离心机 (盐城市安信实验仪器有限公司); HSC-24B 氮吹仪 (天津市恒奥科技发展有限公司)。

1.2 试材 柳兰全草 (从内蒙古锡林浩特市柳兰沟采集, 经内蒙古大学胡日查教授鉴定); 乙醇 (HPLC, 北京迈瑞达科技有限公司); 乙腈 (HPLC, 北京迈瑞达科技有限公司); 正丁醇 (HPLC, 天津市康科德科技有限公司); 乙酸乙酯 (HPLC, 北京迈瑞达科技有限公司); 石油醚 (AR, 国药集团化学试剂有限公司)。

1.3 方法

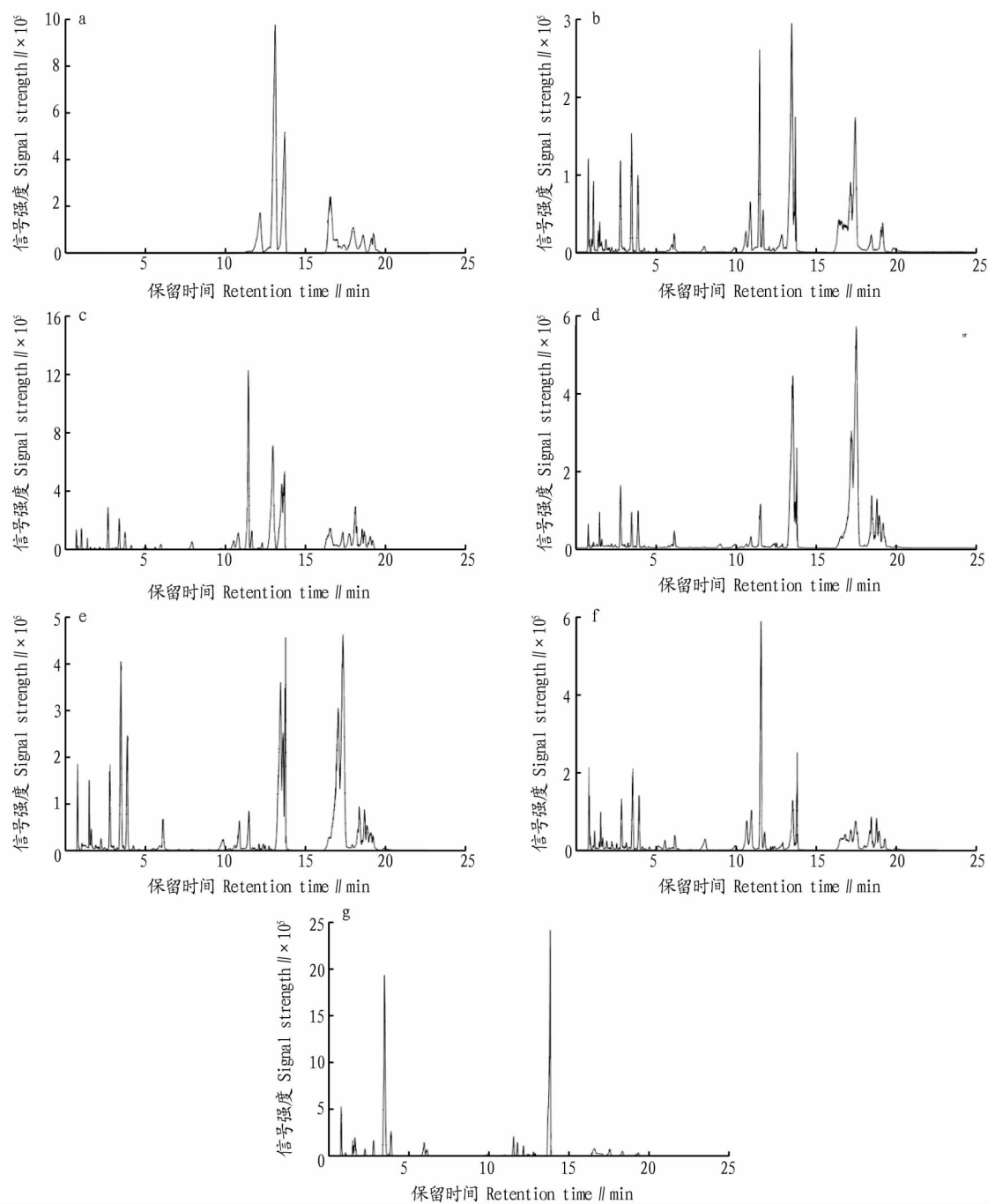
1.3.1 柳兰化学成分的提取。取柳兰全草晾干, 研磨成粉, 4℃冰箱备用。取柳兰粉 0.1 g 于 1.5 mL 离心管内, 分别加入提取溶剂蒸馏水、70%乙醇、100%乙醇、乙腈、正丁醇、乙酸乙酯、石油醚 1 mL, 30℃超声提取 30 min 后, 于 12 000 r/min 离心 10 min, 取上层清液氮吹干后, 用乙腈复溶上机。

1.3.2 QToF 液质联用条件。色谱柱为 Waters ACQUITY UP-LC® BEH Shield RP18 (2.1 mm×100 mm, 1.7 μm), 流动相 A 为水 (含 0.1%甲酸), B 为乙腈 (含 0.1%甲酸), 梯度: 0→8.0 min, 80% B; 8.0→10.0 min, 80%→100% B; 10.0→12.0 min, 100% B; 12.0→12.1 min, 100%→20% B; 12.1→14.0 min, 20% B; 14.0→17.0 min, 100% B; 17.0→18.2 min, 100%→80% B; 18.2→25.0 min, 80% B; 流速 0.4 mL/min,

柱温 40 ℃,Tof 采集为正离子模式,质量检测范围为 100~1 200 Da;毛细管电压为 3 kV;样品锥电压为 40 V;萃取锥电压为 4 V;离子源温度为 100 ℃;去溶剂温度为 400 ℃;去溶剂化气体为 800 L/h,锁定质量为 556. 276 6(正离子模式)。准确度误差阈值固定在 5 mDa。数据采集由 MassLynx 4. 1 软件控制。

2 结果与分析

2.1 柳兰不同溶剂提取液中化学成分分析 根据“1. 3. 1”方法,蒸馏水、70%乙醇、100%乙醇、乙腈、正丁醇、乙酸乙酯、石油醚提取柳兰的总离子流图如图 1 所示。经 Tof 自建库分析,以上几种溶剂提取柳兰化学成分如表 1 所示。



注:a. 蒸馏水;b. 70%乙醇;c. 100%乙醇;d. 乙腈;e. 乙酸乙酯;f. 正丁醇;g. 石油醚
Note:a. Distilled water;b. 70% ethanol;c. 100% ethanol;d. Acetonitrile;e. Ethyl acetate;f. n-butanol;g. Petroleum ether

图 1 不同溶剂提取液中柳兰化学成分总离子流图

Fig. 1 The total ion chromatogram of the chemical constituents of *Epilobium angustifolium* in different solvent extracts

天然草药化学成分复杂,柳兰经不同溶剂提取后,提取液经 Tof 法分析,由表 1 可知,共得到 57 种化合物。其中蒸馏水提取化学成分 20 种,山奈酚-8-O-甲基醚含量最高,为

29. 82%,其次是辛酸、亚油酸等脂肪酸类化合物以及酚酸类化合物,其中 3-O-阿魏酰奎宁酸等含量较高。70%乙醇检测出化学成分 24 种,含量最高的是硬脂酸(57. 89%),

表 1 不同溶剂提取液中柳兰的化学成分比较

Table 1 Comparison of chemical composition of *Epilobium angustifolium* in different solvent extracts

编号 No.	名称 Name	相对含量 Relative content/%						
		蒸馏水 Distilled water	70%乙醇 70% ethanol	100%乙醇 100% ethanol	乙腈 Acetonitrile	乙酸乙酯 Ethyl acetate	正丁醇 N-butanol	石油醚 Petroleum ether
1	1,2,3,4,6-O-没食子酸苷					0.10		
2	1,2,3,4,6-penta-O-没食子酸苷				1.03			
3	1,2,6-tri-O-没食子酸苷						0.06	
4	3-O-阿魏酰奎宁酸	9.85	0.04	0.41	0.40	0.08	0.06	
5	4-咖啡酰奎宁酸	0.64		0.19	0.23	0.07		
6	4-葡萄糖基-3-羟基苯甲酸							0.16
7	5-香豆酰奎宁酸	0.97		0.55	0.31	0.14		
8	Annulatin O-鼠李糖苷		0.14			0.54		
9	花生酸			0.40	14.83	6.41	0.37	
10	山萘酸	1.72			0.84	1.15		0.06
11	咖啡酸	0.28						0.30
12	菜油甾醇	4.25	1.73			4.70		
13	癸酸			0.91		0.50	0.24	0.16
14	辛酸	18.65		3.12		1.59	1.32	
15	蜡醇		0.04					
16	胆固醇				8.95		2.06	5.50
17	肉桂酸	0.37		0.08		0.05	0.06	
18	科罗索酸		0.21	4.45	2.19	3.29	0.58	
19	双没食子酸			0.12				
20	二十碳烯酸			0.80	7.00			
21	阿魏酸	0.71	0.13	0.73				
22	没食子酸	4.65	0.07	1.66	1.43			
23	没食子酰莽草酸		0.15	0.43	1.24	1.27	0.27	5.65
24	Gemin D					0.26		
25	番石榴苷		0.09				0.08	0.23
26	山奈酚-3-O- α -L-吡喃阿拉伯糖苷				0.58			
27	山奈酚	0.51	12.63	0.32	0.27			
28	山奈酚-7-O-葡萄糖醛酸苷						0.46	
29	山奈酚-7-O-鼠李糖苷					0.75		0.43
30	山奈酚-3-O-鼠李糖苷		0.14					
31	山奈酚-8-O-甲基醚	29.82		4.66	19.25	7.52		
32	月桂酸	0.92	0.40	1.40		0.91		
33	二十四酸					5.11		
34	亚油酸	17.16			0.24			0.41
35	蜂花酸			0.12	0.97	0.39		
36	二十九酸							0.21
37	杨梅黄酮		0.16					
38	杨梅素-3-O-葡萄糖苷					0.26		
39	杨梅素-3-O-鼠李糖苷					0.28		0.58
40	肉豆蔻酸		16.51	45.66		23.05	17.56	
41	新绿原酸	0.67	0.06	0.20	0.21	0.29		
42	没食子酸辛酯	4.99	0.17	0.47	0.39	0.37		
43	齐墩果酸	0.98		2.16	0.56	26.43		
44	油酸		2.20		5.07		2.48	11.34
45	棕榈酸	1.82	0.24	9.06	7.91	3.95	1.75	7.29
46	硬脂酸		57.89				61.48	60.65
47	豆甾醇		1.14		12.15	3.40		
48	丁香酰奎宁酸					0.17		
49	亚麻酸		0.39	16.81	1.32	1.73	3.52	3.28
50	β -葡萄糖倍苷		0.38		0.85	0.15	0.36	0.08
51	β -谷甾醇	0.80			0.93	0.17		
52	癸酸- β -谷甾醇酯				6.38		2.66	3.31
53	己酸- β -谷甾醇酯			1.20			5.08	
54	辛酸- β -谷甾醇酯		3.07			3.32		
55	β -谷甾醇葡萄糖苷		2.00	1.02		1.51		0.36
56	棕榈酸- β -谷甾醇酯	0.23		1.20				
57	丙酸- β -谷甾醇酯				4.49			

其次分别是肉豆蔻酸(16.51%)和山奈酚(12.63%)。100%乙醇提取柳兰化学成分26种,含量以脂肪酸中肉豆蔻酸(45.66%)为最高,而亚麻酸含量也高达16.81%。乙腈提取柳兰化合物检测出27种成分,山奈酚-8-O-甲基醚含量最

高,为19.25%,其次为花生酸和豆甾醇,含量分别为14.83%和12.51%。7种溶剂中乙酸乙酯提取液中柳兰化学成分最多,为33种,含量最高为萜类化合物齐墩果酸26.43%,而脂肪酸中除肉豆蔻酸外,还分析得到花生酸、二十四酸等物质。

正丁醇提取物中含化合物 19 种,以硬脂酸含量最高,为 61.48%,其酯类化合物己酸-β-谷甾醇酯含量为 5.08%。石油醚是混合物,提取出柳兰成分 18 种,其中含量最高的为硬脂酸(60.65%),脂肪酸中油酸的含量占 11.34%。不同溶剂提取液中柳兰的化学成分差异较大,7 种溶剂提取出的相同化学成分仅有棕榈酸一种,按上述顺序含量分别为 1.82%、0.24%、9.06%、7.91%、3.95%、1.75%、7.29%。

2.2 柳兰不同溶剂提取液中化学成分功能分类与差异比较 将不同溶剂提取物中鉴定到的柳兰化学成分按功能进行分类,结果如表 2 所示。由表 2 可知,提取液中所含化学

物质主要是脂肪酸、酚酸类、黄酮类及甾醇类 4 大类化合物,另外有少量的酯类化合物,萜类化合物只有一种齐墩果酸,而醚类化合物只有山奈酚-8-O-甲基醚。结合表 2 和表 3,蒸馏水提取物中酚酸类化合物最多,有 9 种,没有提取出黄酮类化合物,可能由于蒸馏水为无机溶剂,与黄酮类化合物相容性较低所影响。70%乙醇是有机-无机两相混合提取溶剂,其柳兰提取物中有 7 种脂肪酸和 7 种酚酸类化合物,与其他溶剂提取物相比,黄酮类和甾醇类化合物较多,种类比较齐全。100%乙醇提取物中脂肪酸和酚酸化合物种类较多,分别有 9 和 11 种,但没有甾醇类化合物提取出,可能由

表 2 柳兰不同溶剂提取液中化学成分功能分类

Table 2 Functional classification table of chemical components in different solvent extracts of *Epilobium angustifolium*

类别 Category	蒸馏水 Distilled water	70%乙醇 70% ethanol	100%乙醇 100% ethanol	乙腈 Acetonitrile	乙酸乙酯 Ethyl acetate	正丁醇 N-butanol	石油醚 Petroleum ether
脂肪酸 Fatty acid	棕榈酸 山萘酸 辛酸 月桂酸 亚油酸	月桂酸 肉豆蔻酸 油酸 棕榈酸 硬脂酸 亚麻酸	花生酸 癩酸 辛酸 二十碳烯酸 月桂酸 蜂花酸 肉豆蔻酸 棕榈酸 亚麻酸	花生酸 山萘酸 二十碳烯酸 亚油酸 蜂花酸 油酸 棕榈酸 亚麻酸	花生酸 山萘酸 癩酸 辛酸 亚麻酸 月桂酸 二十四酸 蜂花酸 肉豆蔻酸 棕榈酸	花生酸 癩酸 辛酸 肉豆蔻酸 油酸 棕榈酸 硬脂酸 亚麻酸	山萘酸 癩酸 亚油酸 二十九酸 油酸 棕榈酸 硬脂酸 亚麻酸
酚酸 Phenolic acid	3-O-阿魏酰奎宁酸 没食子酸 4-咖啡酰奎宁酸 5-香豆酰奎宁酸	没食子酸 新绿源酸 科罗素酸 阿魏酸	阿魏酸 双没食子酸 科罗素酸 5-香豆酰奎宁酸	5-香豆酰奎宁酸 科罗素酸 4-咖啡酰奎宁酸 3-O-阿魏酰奎宁酸	3-O-阿魏酰奎宁酸 4-咖啡酰奎宁酸 5-香豆酰奎宁酸 科罗素酸	肉桂酸 科罗素酸 没食子酰莽草酸 3-O-阿魏酰奎宁酸	咖啡酸 没食子酰莽草酸
	新绿源酸 肉桂酸 咖啡酸 阿魏酸 山奈酚	没食子酰莽草酸 3-O-阿魏酰奎宁酸 山奈酚	肉桂酸 3-O-阿魏酰奎宁酸 没食子酰莽草酸 没食子酸 4-咖啡酰奎宁酸 山奈酚 新绿源酸	没食子酰莽草酸 新绿源酸 没食子酸 山奈酚	没食子酸 没食子酰莽草酸 Gemin D 新绿源酸 丁香酰奎宁酸		
黄酮 Flavonoids		山奈酚-3-O-鼠李糖苷 Annulatin-O-rhamnoside β-谷甾醇葡萄糖苷 β-葡萄糖倍苷 杨梅黄酮 番石榴苷	β-谷甾醇葡萄糖苷 山奈酚-3-O-α-L-吡喃阿拉伯糖苷	β-葡萄糖倍苷 山奈酚-3-O-α-L-吡喃阿拉伯糖苷	肉桂酸 1,2,3,4,6-O-没食子酸葡萄糖苷 山奈酚-7-O-鼠李糖苷 杨梅黄酮-3-O-葡萄糖苷 杨梅黄酮-3-O-鼠李糖苷 β-葡萄糖倍苷 β-谷甾醇葡萄糖苷 Annulatin-O-rhamnoside	1,2,6-tri-O-没食子酸葡萄糖 β-葡萄糖倍苷 番石榴苷 山奈酚 7-O-葡萄糖醛酸苷	山奈酚-7-O-鼠李糖苷 杨梅黄酮-3-O-鼠李糖苷 β-葡萄糖倍苷 β-谷甾醇葡萄糖苷 番石榴苷
甾醇 Sterol	β-谷甾醇 菜油甾醇	豆甾醇 蜡醇 菜油甾醇		胆固醇 豆甾醇 β-谷甾醇	豆甾醇 菜油甾醇 β-谷甾醇	胆固醇	胆固醇
酯 Ester	棕榈酸-β-谷甾醇酯 没食子酸辛酯	辛酸-β-谷甾醇酯 没食子酸辛酯	己酸-β-谷甾醇酯 棕榈酸-β-谷甾醇酯 没食子酸辛酯	癩酸-β-谷甾醇酯 丙酸-β-谷甾醇酯 没食子酸辛酯	辛酸-β-谷甾醇酯 没食子酸辛酯	己酸-β-谷甾醇酯 癩酸-β-谷甾醇酯	癩酸-β-谷甾醇酯
其他 Other	山奈酚-8-O-甲基醚 齐墩果酸		山奈酚-8-O-甲基醚 齐墩果酸	山奈酚-8-O-甲基醚 1,2,3,4,6-penta-O-没食子酸葡萄糖 齐墩果酸	山奈酚-8-O-甲基醚 齐墩果酸		4-葡萄糖基-3-羟基苯甲酸

于乙醇极性较强,与柳兰中生物甾醇类极性相差较大所导致。乙腈是强极性提取溶剂,其提取物中脂肪酸有 8 种,富含不饱和脂肪酸,酚酸类化合物有 8 种,相比黄酮类化合物只有 2 种。乙酸乙酯柳兰提取出的化合物覆盖脂肪酸、酚酸、黄酮类、甾醇类、酯类、萜类和醚类,其中脂肪酸和酚酸类化合物最多,均为 10 种,黄酮类化合物 7 种,甾醇类化合物 3

种。正丁醇提取物中脂肪酸的种类最多(8 种),其他类别的化合物含量较少,但没有萜类和醚类化合物。石油醚作为混合物提取溶剂,且易溶解脂肪,所以其提取物中脂溶性较高的脂肪酸类和黄酮类化合物较多,分别为 8 和 5 种,而水溶性较高的酚酸类化合物仅提取出 2 种。

表 3 柳兰不同溶剂提取液中化学成分数量对比
Table 3 Quantitative comparison of chemical components in different solvent extracts of *Epilobium angustifolium*

种类 Type	蒸馏水 Distilled water	70%乙醇 70% ethanol	100%乙醇 100% ethanol	乙腈 Acetonitrile	乙酸乙酯 Ethyl acetate	正丁醇 N-butanol	石油醚 Petroleum ether
脂肪酸 Fatty acid	5	7	9	8	10	8	8
酚酸 Phenolic acid	9	7	11	8	10	4	2
黄酮 Flavonoids	0	6	1	2	7	4	5
甾醇 Sterol	2	3	0	3	3	1	1

柳兰不同溶剂提取液中脂肪酸、酚酸、黄酮和甾醇类四大类化合物的含量差异较大,如图 2 所示。蒸馏水、70%乙醇、100%乙醇、乙腈、正丁醇、乙酸乙酯、石油醚 7 种提取剂中脂肪酸含量占各自总量的比例均为最高,分别为 40.27%、77.64%、78.28%、38.18%、44.80%、88.73%和 83.41%,其中乙腈、蒸馏水极性过强,所提取的脂肪酸含量较低;乙酸乙酯由于结构与脂肪酸类成分差异较大,相容性相对较低。7 种溶剂柳兰提取成分相比较,除脂肪酸以外,提取物中酚酸类化合物含量最高的是蒸馏水提取液,含量为 18.15%,其次是 70%乙醇,含量为 13.30%,乙酸乙酯和 100%乙醇提取液中再次之,主要由于酚酸类化合物水溶性较强,所以在蒸馏水和 70%乙醇提取液中含量较高。黄酮类化合物乙酸-乙酯提取液中含量最高(3.59%),70%乙醇提取液中次之,为 2.91%。甾醇类化合物含量则是乙腈提取液中最高,达 22.03%,然后是乙酸乙酯中含有 8.27%以及 70%乙醇中含有 7.91%。100%乙醇提取物中除脂肪酸以外只有酚酸类化合物含量较高,为 8.82%。正丁醇提取物中酚酸类、黄酮类和甾醇类化合物含量均偏低。石油醚提取物中明显脂溶性成分含量更高,酚酸类化合物只有 5.95%。

比分析发现不同溶剂的提取液中检测出的化学成分的种类、数量及含量均有显著差异。经分析得出柳兰共有 57 种化学成分,主要分为脂肪酸、酚酸、黄酮和甾醇类 4 类化合物(酯类、萜类、醚类含量相对较少),其中脂肪酸类成分含量最高。除脂肪酸外,酚酸含量蒸馏水提取液中较高,70%乙醇提取液中次之,黄酮类化合物在乙酸乙酯提取物中含量较高,甾醇类化合物乙腈提取液中较高。正丁醇提取物中酚酸、黄酮和甾醇类含量均较低。根据提取溶液中不同成分种类的数量和含量对比,脂肪酸在弱极性且结构相似的正丁醇和石油醚溶剂中提取含量更高;蒸馏水-70%乙醇-100%乙醇 3 种溶剂是由无机溶剂到有机溶剂的过渡,从提取成分看脂溶性脂肪酸数量和含量依次增加,但水溶性酚酸类化合物含量在逐渐降低。

近年来研究表明,柳兰有抗炎、抑菌、镇痛、抗氧化、抗病毒等药效^[7-9,13-17],而天然产物的提取物中脂肪酸、酚酸、黄酮和甾醇等化合物的一些功效已有相当数量的报道。如脂肪酸和甾醇类化合物有抗氧化作用^[18-22],酚酸类化合物有抗炎、抑菌、抑制血脂等作用^[22-25];黄酮类物质有镇痛、抗癌、抑制血栓等功效^[25-29]。结合该研究结果,柳兰中具有抗炎抑菌效果的化学成分极有可能为酚酸类化合物,具有抗氧化作用的可能是脂肪酸和甾醇类化合物,具有镇痛、抗病毒功效的成分则为黄酮类化合物。由于正丁醇和石油醚提取物中脂肪酸含量分别为 88.73%和 83.41%,且均有一定量甾醇类化合物提取出,所以柳兰用于抗氧化功效时选正丁醇或石油醚作提取剂最佳;蒸馏水和 70%乙醇提取物中脂肪酸含量较大且酚酸含量较大,是柳兰用于抗炎抑菌、抗氧化等功效作用时最佳提取剂;乙酸乙酯提取物中脂肪酸、酚酸和甾醇含量均有明显占比,且黄酮类化合物种类和含量最多,适宜用于柳兰镇痛等用途;乙腈提取物中甾醇类成分含量较高,且脂肪酸、酚酸类物质均有占比,同样适用于抗氧化用途。综合 7 种提取溶剂的化学成分,70%乙醇提取出的脂肪酸、酚酸类、黄酮类和甾醇类成分数量较多且含量较高,且毒害作用及提取成本较低,适用多用途的提取工艺。

此外,有文献报道酚酸类物质有降血脂功效,黄酮类物

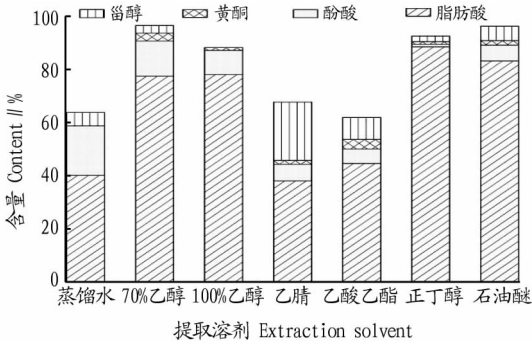


图 2 柳兰不同溶剂提取液中化学成分含量对比
Fig. 2 Comparison of chemical composition content in different solvent extracts of *Epilobium angustifolium*

3 讨论

该试验通过蒸馏水、70%乙醇、100%乙醇、乙腈、正丁醇、乙酸乙酯、石油醚 7 种溶剂提取柳兰全草,结合 ToF 自建库对

质还有抗癌和抗血栓的功效^[23,25-27],而柳兰水提物、70%乙醇提取物、100%乙醇提取物和乙酸乙酯提取物中均含有多酚酸类化合物,且乙酸乙酯提取物中含有7种黄酮类化合物,占总量的3.59%,由此可见,柳兰在降血脂和抗癌等领域有较大的开发利用前景。

参考文献

- [1] 廖成松,何广礼. 柳兰研究现状与展望[J]. 安徽农业大学学报,2016,43(4):658-661.
- [2] 芦永昌,钱帅,毛继祖,等. 柳兰中总黄酮含量的测定[J]. 种业导刊,2016(11):13-16.
- [3] 杜品. 青藏高原甘南藏药植物志[M]. 兰州:甘肃科学技术出版社,2006:195-196.
- [4] 田静,卢永昌,曾肇毅,等. 柳兰化学成分与生物活性研究进展[J]. 中成药,2017,39(2):369-372.
- [5] 姜守刚,吴磊,邢原首,等. 柳兰不同部位的化学成分及矿质元素含量分析[J]. 黑龙江医药,2018,31(1):1-4.
- [6] JUAN H, SAMETZ W, HIERMANN A. Anti-inflammatory effects of a substance extracted from *Epilobium angustifolium*[J]. Agents actions,1988,23(1/2):106-107.
- [7] DENG L Q, ZONG W, TAO X Y, et al. Evaluation of the therapeutic effect against benign prostatic hyperplasia and the active constituents from *Epilobium angustifolium* L. [J]. Journal of ethnopharmacology, 2019, 232: 1-10.
- [8] DENG L Q, ZHOU S Y, MAO J X, et al. HPLC-ESI-MS/MS analysis of phenolics and *in vitro* antioxidant activity of *Epilobium angustifolium* L. [J]. Natural product research, 2018, 23(12): 1432-1435.
- [9] SILLÓ S, VARGA E, BELÁK Á, et al. Phytochemical and antimicrobial investigation of *Epilobium angustifolium* L. [J]. Acta pharmaceutica hungarica, 2014, 84(3): 105-110.
- [10] 马四补,李开斌,陈维,等. GC-MS 联用技术对比分析黔产广东紫珠叶与果实挥发性化学成分及含量[J]. 中药材,2019,42(5):1066-1070.
- [11] KUKINA T P, FROLOVA T S, SAL'NIKOVA O I. Neutral constituents of *Chamaenerion angustifolium* leaves[J]. Chemistry of natural compounds, 2014, 50(2): 233-236.
- [12] 唐飞,刘美辰,敖慧. 木香与川木香挥发油化学成分及抗菌活性的对比研究[J]. 中华中医药学刊,2020,38(6):165-168,273.
- [13] 刘娟,郝春艳,李凤伟. 柳兰鞣质含量动态分析及体外抗氧化作用研究[J]. 黑龙江医药科学,2014,37(3):19-21.
- [14] 向雪岑. 柳兰外用制剂在微创术后中的应用[C]//2016 中国中西医结合学会医学美容学术年会暨第二届泛亚国际医学美容大会论文集. 北京:中国中西医结合学会,2016:147.
- [15] 向雪岑. 柳兰外用制剂在皮肤急性炎症中的应用[C]//2017 中国中西医结合学会医学美容专业委员会年会会议摘要. 北京:中国中西医结合学会,2017:79.
- [16] 高丽,彭玲芳,赵春梅,等. 5 种云南民族药材的用药经验及毒性和药效[J]. 中国药理学与毒理学杂志,2017,31(6):503-507.
- [17] 高丽娜. 藏药提取物体外抗 HIV-1 活性研究[D]. 北京:北京工业大学,2017.
- [18] 栾真杰,李佩佩,皮立,等. 超声波提取马薊籽油的脂肪酸组成及其抗氧化能力评价[J]. 中国粮油学报,2020,35(4):77-82.
- [19] 黄洁,欧阳彩群,杨森林,等. 不同 n-6/n-3 多不饱和脂肪酸构成比对高脂饲料喂养大鼠脂素和糖脂代谢及抗氧化能力的影响[J]. 卫生研究,2020,49(1):86-91.
- [20] 赵海军,魏芳,傅茂润,等. 加工工艺对牡丹籽油脂肪酸成分、理化性质及抗氧化能力的影响[J]. 食品安全质量检测学报,2019,10(24):8377-8381.
- [21] 谢颖,金志红,朱靖,等. 植物甾醇对奶牛生产性能、血液胆固醇和抗氧化能力的影响[J]. 中国奶牛,2020(2):12-18.
- [22] 张宇,孙波,赵晓,等. 南瓜籽甾醇对 SD 大鼠体内抗氧化作用的影响[J]. 中国油脂,2019,44(7):94-97.
- [23] CHEN X N, YAO F, SONG J, et al. Protective effects of phenolic acid extract from ginseng on vascular endothelial cell injury induced by palmitate via activation of PI3K/Akt/eNOS pathway[J]. Journal of food science, 2020, 85(3): 576-581.
- [24] 彭玉帅,刘莉嘉,赵灿,等. 金莲花中首次分离的一个酚酸类化合物及其抗炎和抑菌活性[J]. 中华中医药学刊,2015,33(6):1349-1351.
- [25] 刘海梅. 白花丹参中丹参酮类和酚酸类化合物抗血栓活性评价及机制研究[D]. 济南:山东大学,2018.
- [26] 唐琴. 黄酮类化合物与羟基喜树碱的联合抗癌作用及机理研究[D]. 大连:大连理工大学,2017.
- [27] 王博,林圣云. 含黄酮类中药的抗癌抗肿瘤作用研究概况[J]. 浙江中医药大学学报,2012,36(7):838-840.
- [28] 陈虎. 药桑椹总黄酮的抗炎镇痛活性研究[D]. 重庆:西南大学,2018.
- [29] 杨兴海,孔劲松. 生物黄酮类化合物对心血管、消化系统及镇痛作用的研究进展[J]. 时珍国医国药,2007,18(5):1242-1243.

(上接第 143 页)

实际应用还应从农产品安全、环境效应、硒含量和经济效益等方面来考虑。

该研究结果表明稻谷硒含量显著高于糙米,糙米硒含量又显著高于精米。显然,稻壳中含有大量的硒,这与李玉梅等^[2]的研究结果一致。其次,米糠中存有的硒也较精米高,与姜超强等^[18]研究结果一致。水稻中的硒相当大的一部分集中在稻草中。可见,谷壳、谷糠及稻草含有大量的硒元素,可考虑充分利用,如用来养殖富硒猪和富硒牛,发展富硒肉制品。

参考文献

- [1] 金国强,王治学,吴殿星. 富硒水稻研究进展[J]. 中国稻米,2015,21(5):24-28.
- [2] 李玉梅,王根林,李艳,等. 水稻对有机态硒的吸收与积累[J]. 中国农学通报,2017,33(10):7-11.
- [3] 张均华,朱锦峰,禹盛苗,等. 稻田硒循环转化与水稻硒营养研究进展[J]. 应用生态学报,2012,23(10):2900-2906.
- [4] 周鑫斌,施卫明,杨林章. 水稻籽粒硒累积机制研究[J]. 植物营养与肥料学报,2008,14(3):503-507.
- [5] WANG Y D, WANG X, WONG Y S. Generation of selenium-enriched rice with enhanced grain yield, selenium content and bioavailability through fertilisation with selenite[J]. Food Chem, 2013, 141(3): 2385-2393.
- [6] GIACOSA A, FALIVA M A, PERNA S, et al. Selenium fortification of an Italian rice cultivar via foliar fertilization with sodium selenate and its effects on human serum selenium levels and on erythrocyte glutathione peroxidase activity[J]. Nutrients, 2014, 6(3): 1251-1261.
- [7] 吴得峰. 喷施硒肥对水稻产量及硒含量的影响[J]. 安徽农业科学, 2018, 46(24): 108-110.
- [8] 中华人民共和国卫生部. 中华人民共和国国家标准 食品安全国家标准 食品中硒的测定:GB 5009.93—2010[S]. 北京:中国标准出版社,2010.
- [9] 中华人民共和国质量监督检验检疫总局,中国国家标准化管理委员会. 中华人民共和国国家标准 富硒稻谷:GB/T 22499—2008[S]. 北京:中国标准出版社,2009.
- [10] 吴永尧,罗泽民,彭振坤. 不同供硒水平对水稻生长的影响及水稻对硒的富集作用[J]. 湖南农业大学学报,1998,24(3):176-179.
- [11] 段门俊,田玉聪,吴芸紫,等. 叶面喷施亚硒酸钠对再生稻产量及品质的影响[J]. 中国水稻科学,2018,32(1):96-102.
- [12] 穆婷婷,杜慧玲,景小兰,等. 外源硒对谷子产量因子及硒含量的影响[J]. 作物杂志,2017(1):73-78.
- [13] 韦叶娜,杨国涛,范永义,等. 外源硒处理对优质地方水稻品种产量及稻米硒氮磷钾含量的影响[J]. 中国农学通报,2017,33(36):14-19.
- [14] 郑甲成,刘婷. 不同浓度硒肥对水稻硒含量和产量的影响[J]. 土壤, 2014, 46(1): 88-93.
- [15] 周鑫斌,赖凡,张城铭,等. 不同形态硒向水稻籽粒转运途径及品种差异[J]. 土壤学报,2017,54(5):1251-1258.
- [16] KESKINEN R, RÄTY M, YLI-HALLA M. Selenium fractions in selenate-fertilized field soils of Finland[J]. Nutr Cycl Agroecosyst, 2011, 91(1): 17-29.
- [17] LI Z, MAN N, WANG S S, et al. Selenite adsorption and desorption in main Chinese soils with their characteristics and physicochemical properties[J]. J Soils Sediments, 2015, 15(5): 1150-1158.
- [18] 姜超强,沈嘉,祖朝龙. 水稻对天然富硒土壤硒的吸收及转运[J]. 应用生态学报,2015,26(3):809-816.