

川白芷不同品种(系)挥发油成分 GC-MS 分析

郭耀杰, 吴卫*, 李静夜, 邵金凤, 陈郡雯
(四川农业大学 农学院, 成都 611130)

[摘要] **目的:**运用 GC-MS 技术比较川白芷不同品种(系)挥发油的组分和含量。**方法:**采用乙醇超声法,对 8 个川白芷品种(系)进行处理,以水蒸气蒸馏方法提取挥发油;运用 GC-MS 技术对各品种(系)挥发油组分进行分析,采用面积归一法计算其相对百分含量。**结果:**8 个供试品种(系)挥发油中共鉴定出 78 个化合物,主要含醇类和碳烯类化合物;8 个品种(系)挥发油中分别鉴定出 40,33,36,38,38,42,33,36 种组分,共有组分为 12 种。除 B-6 品系外,共有组分均占挥发油总量的 50% 以上。试验结果还表明,仅 B-7 品系挥发油中含较高含量吡嗪类化合物。**结论:**川白芷不同品种(系)挥发油组分和含量总体一致,但也存在一定差异,这为川白芷资源进一步合理开发利用提供了科学依据。

[关键词] 川白芷; 挥发油; 气相色谱-质谱联用分析

[中图分类号] R284.1 **[文献标识码]** A **[文章编号]** 1005-9903(2013)08-0110-07

[doi] 10.11653/syfy2013080110

GC-MS Analysis of Essential Oil from Different Varieties (Strains) of *Angelica dahurica* var *formosana*

GUO Yao-jie, WU Wei*, LI Jing-ye, SHAO Jin-feng, CHEN Jun-wen
(College of Agronomy, Sichuan Agricultural University, Chengdu 611130, China)

[Abstract] **Objective:** To compare the chemical components of essential oil from different varieties (strains) of *Angelica dahurica* var. *formosana* by GC-MS. **Method:** Eight varieties (strains) of *A. dahurica* were treated with ethanol ultrasonic. The essential oil was extracted by water steam distillation. The component of essential oil was analyzed by GC-MS. The relative percentage content was calculated by using peak area normalization method. **Result:** 78 compounds were identified in eight varieties (strains) *A. dahurica*, mainly including alcohol and alkenes. Eight varieties (strains) of *A. dahurica* identified 40, 33, 26, 38, 38, 42, 33, 36 compounds, respectively. 12 compounds contained in all common compositions were accounted for over 50% of the total essential oil except B-6. Pyrazines were contained only in B-7. **Conclusion:** The compositions and content of essential oil are consistent in general, but there are also some differences. It provides some scientific basis for further development and utilization of *A. dahurica*.

[Key words] *Angelica dahurica* var. *formosana*; essential oil; GC-MS

白芷为伞形科植物白芷或杭白芷的干燥根,始载于《神农本草经》,列为中品,具有散风除湿、通窍

止痛、消肿排脓等功效^[1],目前市场上流通的白芷按产地分为祁白芷(河北)、禹白芷(河南)、川白芷(四川)、杭白芷(浙江)四大商品类型^[2]。中药的挥发油在心脑血管系统、中枢神经系统、呼吸系统、胃肠道系统、抗菌、抗炎、抗肿瘤、抗病毒及促进药物吸收等多方面都具有作用^[3],而白芷挥发油则具有显著的镇痛、镇静作用^[4-5]。

近年对于川白芷挥发油的研究大都集中在单一品种或与杭白芷比较等方面^[6-7],而对川白芷不同

[收稿日期] 20120620(010)

[基金项目] 四川省“十二五”育种攻关项目(2011NZ0098-12-09)

[第一作者] 郭耀杰,在读本科,从事药用植物学研究, E-mail: huayugyj@163.com

[通讯作者] * 吴卫,教授,博士生导师,从事药用植物学研究, Tel:028-86290970, E-mail: ewuwei@gmail.com

品种(系)间的比较研究尚未见报道,自四川省“十一五”启动川白芷新品种选育工作以来,我们课题组开展了川白芷资源收集整理、评价和新品种选育工作,通过选择育种已从川白芷天然群体中选育出了1批综合农艺性状优良,药材性状和欧前胡素含量符合《中国药典》(2010年版一部)的新品系。本研究试图对这些品系挥发油组分进行进一步分析,为将来更好地开发利用这些资源材料提供科学依据,奠定物质基础。

1 材料

试验材料 B-1, B-2, B-3, B-4, B-5, B-6, B-7 为课题组采自四川各地的川白芷,经多年选育出的综合农艺性状好,产量高,欧前胡素含量符合《中国药典》(2010年版,一部)标准,且各性状比较稳定一致的川白芷新品系,“川芷1号”为四川省2007年审定的川白芷品种。所有材料于2010年9月同田播种于四川省遂宁市船山区永兴镇中脊村。随机区组试验设计,小区面积8 m²,3次重复。行距33 cm,定苗后株距12 cm,按常规大田生产进行田间管理,2011年7月同期分小区分别采挖,40℃烘干。所有供试材料经四川农业大学吴卫教授鉴定为伞形科植物川白芷 *Ange Lica dahurica* (Fisch. ex Hoffm.) Benth. et Hook. f. var. *formosana* (Boiss.) Shan et Yuan。

无水乙醇(成都市科龙化工试剂厂,批号20111030)、乙酸乙酯(成都市科龙化工试剂厂,批号20110903)。SG8200HPT型超声波清洗器(上海冠特超声仪器有限公司),RE-2000型旋转蒸发器(上海亚荣生化仪器厂),ZDHW型调温电热套(北京中兴伟业仪器有限公司),6890/5973型GC-MS联用仪(美国Agilent公司)。

2 方法与结果

2.1 挥发油提取 采用乙醇超声法^[8]对所有材料进行前处理,分别提取各材料挥发油。具体操作如下:称取30 g川白芷的干燥根粉末(过60目筛),置于500 mL的圆底烧瓶中,加60 mL无水乙醇,超声处理30 min,静置冷却20 min,继续超声30 min,减压回收溶剂得到浸膏,加200 mL蒸馏水,按照2010年版《中国药典》一部附录XD(甲法)提取得到川白芷挥发油,乙酸乙酯定容至5 mL,密封,-20℃保存。

2.2 GC-MS 条件 GC条件:色谱柱为Agilent HP-5MS(0.25 mm×30 m×0.25 μm),载气为He,进样口温度240℃,流速1 mL·min⁻¹,不分流进样。柱

初始温度50℃,保持1 min,然后以10℃·min⁻¹的速度升温至150℃,保持1 min,继续以1℃·min⁻¹速度升温至153℃,保持1 min,再以15℃·min⁻¹的速度升温至200℃,最后以5℃·min⁻¹的速度升温至260℃,保持2 min。

MS条件:EI电离,电子能量70 eV,离子源温度为230℃,四级杆温度为150℃,扫描质量范围 m/z :30~450。溶剂滞留时间6.5 min,总离子色谱图如图1所示。

采用NIST 2.0数据库并结合文献检索鉴定挥发油组分,以RTE方法对总离子色谱图进行积分,按照峰面积归一化法计算各种组分的相对百分含量。

2.3 挥发油组分分析 从川白芷8个品种(系)挥发油中共鉴定出78个化合物,结果见表1。每份材料所鉴定出的化合物含量均占挥发油总量90%以上。其中, δ -榄香烯、 α -蛇床烯、 β -榄香烯、石竹烯、 γ -榄香烯、1-十二醇、 α -雪松烯、杜松烯、1-十六醇、Z-11十四碳烯酸、邻苯二甲酸正丁辛酯、十六碳酸乙酯为其共有组分,共有组分分别占各品种(系)挥发油的65.287%, 71.662%, 65.700%, 52.955%, 54.018%, 45.678%, 60.338%, 58.340%。

由表1可知,从川白芷8个品种(系)挥发油中分别鉴定出40,33,36,38,38,42,33,36种化合物,其主要组分均为醇类(24.981%~47.372%)和烯炔类化合物(22.448%~57.526%),二者之和分别占其各自挥发油总量的67.028%, 74.108%, 74.317%, 78.804%, 90.037%, 62.002%, 74.940%, 75.032%。新选育的川白芷品系与川白芷品种“川芷1号”挥发油组分和含量确实存在差异,且不同新品系间也存在一定差异。试验结果还表明,在含量超过2%的组分中,仅B-7品系含二甲基吡嗪(5.952%),B-5品系则单独含 β -蒎品烯(3.023%)。

3 讨论

测得供试材料挥发油的主要组分均为碳烯类、醇类化合物,其次为酯类、有机酸类和烷烃类化合物,与一些已有的报道^[6-14]一致。但具体组分含量存在一定差异,如1-十二醇含量低于李玲等报道的川白芷(55.97%)和杭白芷挥发油中的含量(43.18%)^[7];石竹烯含量高于赵爱红等报道的川白芷挥发油中石竹烯含量(1.21%)^[11];此外 β -榄香烯含量也明显高于马逾英等报道的川白芷挥发油中的含量(3.354%)和亳白芷挥发油中的含量(0.644%)^[12]。可能与供试材料及提取方法等有

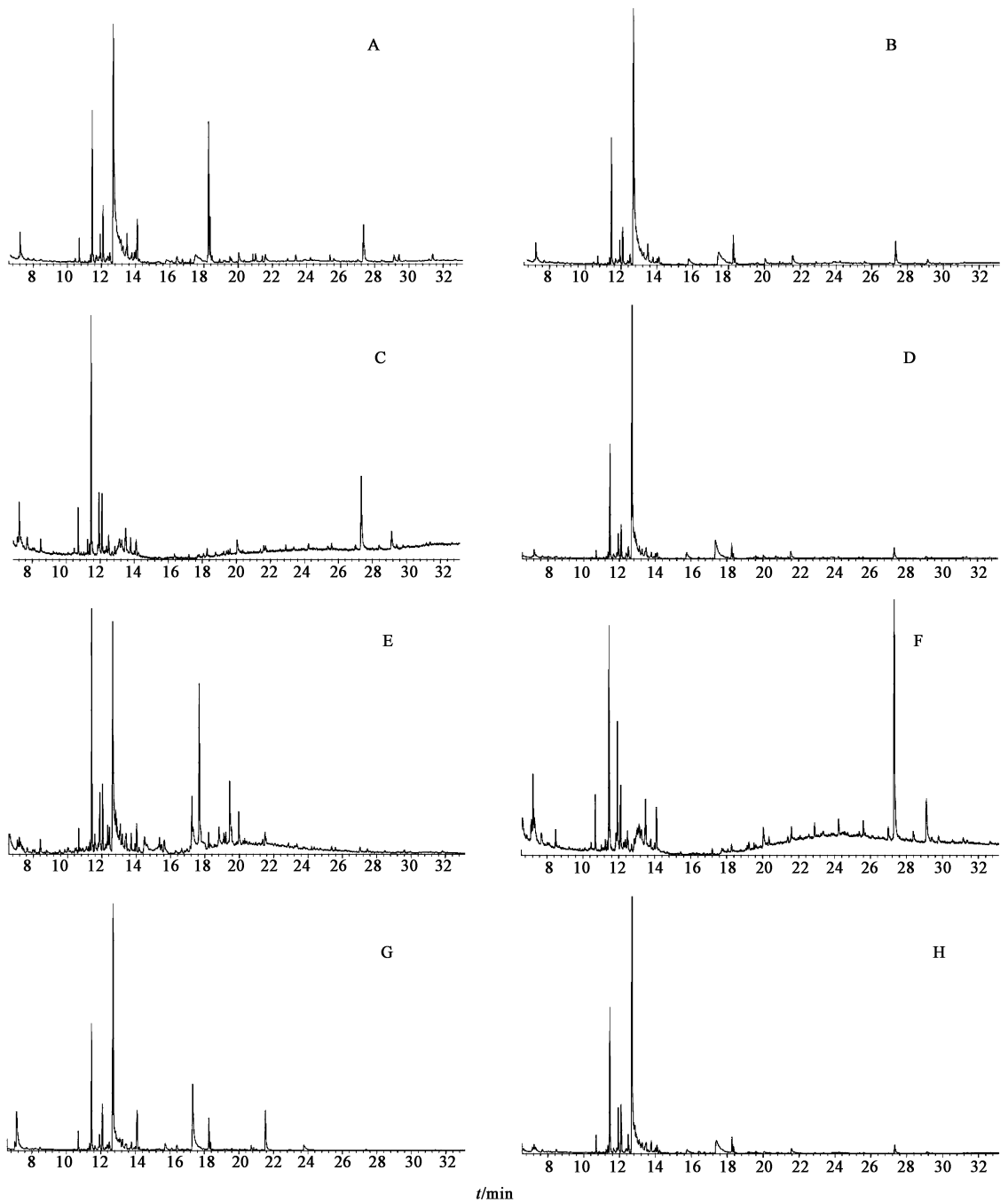


图 1 川白芷不同品种(系)总离子流色谱

关。研究表明,产地^[9]、播种期^[15]、土壤条件^[15]、肥力状况^[15]、干燥方法^[13]等均能对白芷的质量造成较大影响,本试验是在排除上述因素情况下开展的,从而推测不同川白芷品种(系)产生以上差异的原因与其遗传背景不同有关。 β -榄香烯作为白芷挥发油主要组分之一,具有缓解癌性疼痛、抗肿瘤、免疫保护和与放化疗协同作用,是国家二类非细胞毒性

抗肿瘤药物^[16],推测其与白芷抗肿瘤活性有关。吡嗪类物质既可作为酱香型白酒中重要的组分,也是许多食品的风味物质^[17]。不同川白芷材料挥发油组成和物质含量的差异性,为不同用途的川白芷新品种选育提供了一定的理论依据。同时,也提示今后在白芷质量评价时,也应将其挥发油组分及含量作为考察指标之一。

表 1 不同品种(系)川白芷挥发油组分及相对含量

No.	化合物	分子式	相对分子质量	相对含量/%							川芷 1 号	
				B-1	B-2	B-3	B-4	B-5	B-6	B-7		
1	罗勒烯 ocimene	C ₁₀ H ₁₆	136				1.127					0.383
2	β -蒎品烯 β -terpinene	C ₁₀ H ₁₆	136					3.023				
3	顺式- β -蒎品醇 cis- β -terpineol	C ₁₀ H ₁₈ O	154			0.260		0.222			1.358	0.516
4	二甲基吡嗪 tetramethylpyrazine	C ₈ H ₁₂ N ₂	136								5.952	
5	反式-2-十碳醇 trans-2-decenol	C ₁₀ H ₂₀ O	156					0.679				
6	十一烷 undecane	C ₁₁ H ₂₄	156	1.948	2.113	0.734	1.562	1.379	2.704			2.132
7	2-壬酮 2-nonanone	C ₉ H ₁₈ O	142									0.848
8	2,6-二甲基-2,6-十碳二烯-1-醇 2,6-imethyl-octa-2,6-dien-1-ol	C ₁₀ H ₁₈ O	154		0.211							
9	5-乙酰戊酸甲酯 methyl-6-oxoheptanoate	C ₈ H ₁₄ O ₃	158				0.429			1.363		
10	4-羟基-2-丁酮 4-hydroxy-2-butanone	C ₄ H ₈ O ₂	88	0.184								
11	癸醛 decanal	C ₁₀ H ₂₀ O	156		0.710							
12	壬醛 nonanal	C ₉ H ₁₈ O	142	0.323			0.484		1.611	0.723		1.867
13	6-樟脑烯醇 6-camphenol	C ₁₀ H ₁₆ O	152			0.457	0.132			0.563		
14	顺式-柠檬烯氧化物 cis-limonene oxide	C ₁₀ H ₁₆ O	152		0.321	0.199				0.358		0.575
15	顺式- β -红没药烯环氧化物 cis- β -bisabolene epoxide	C ₁₅ H ₂₄ O	220			0.116	0.702	0.686				
16	蒎品-4-醇 terpene-4-ol	C ₁₀ H ₁₈ O	154					1.388			0.498	
17	石竹烯氧化物 caryophyllene oxide	C ₁₅ H ₂₄ O	220	2.923	0.393	0.331						0.583
18	1-水芹烯 1-phellandrene	C ₁₀ H ₁₆	136				0.728					
19	δ -榄香烯 δ -elemene	C ₁₅ H ₂₄	204	1.169	0.607	1.522	1.009	1.799	1.344	0.763		1.823
20	丁子香烯氧化物 neoclovene oxide	C ₁₅ H ₂₄ O	220				1.488		1.224			
21	胡椒烯 copaene	C ₁₅ H ₂₄	204			0.302	0.654	0.533				0.349
22	β -葎草烯 β -humulene	C ₁₅ H ₂₄	204				1.196	1.72			1.084	
23	α -蛇床烯 α -selinene	C ₁₅ H ₂₄	204	2.707	2.991	0.925	1.573	0.569	0.536	0.41		0.761
24	β -榄香烯 β -elemene	C ₁₅ H ₂₄	204	6.969	8.714	15.018	14.221	10.422	6.977	8.234		14.793
25	广藿香烯 patchoulene	C ₁₅ H ₂₄	204	0.862		1.068		1.915	0.446	2.121		
26	十二(烷)醛 dodecanal	C ₁₂ H ₂₄ O	184	0.907	1.009	0.688			0.934	1.237		0.779
27	α -依兰油烯 α -muurolene	C ₁₅ H ₂₄	204	0.227		1.297	0.716	2.007	0.358	0.497		0.753
28	葎澄茄油烯醇 cubenol	C ₁₅ H ₂₆	222	0.458	0.314	0.319	6.221	1.599	1.585			0.772
29	Z- β -合金欢烯 (Z)- β -farnesene	C ₁₅ H ₂₄	204		0.486		0.786					
30	顺式-杜松醇 (-)-cadinol	C ₁₅ H ₂₆ O	222				1.623	0.328	0.581	0.366		
31	石竹烯 caryophyllene	C ₁₅ H ₂₄	204	1.920	2.313	2.227	4.121	3.35	3.326	1.854		5.292
32	葎澄茄油蒎烯 cubebene	C ₁₅ H ₂₄	204			2.637	0.716	1.58				3.130

续表 1

No.	化合物	分子式	相对分子质量	相对含量/%								川芎 1 号
				B-1	B-2	B-3	B-4	B-5	B-6	B-7		
33	γ -榄香烯 γ -elemene	$C_{15}H_{24}$	204	4.000	3.575	6.490	5.701	5.922	3.943	3.843	6.269	
34	右旋-瓦伦烯 (+)-valencene	$C_{15}H_{24}$	204					1.523				
35	异丁子香烯 isocaryophyllene	$C_{15}H_{24}$	204					0.722		0.996	0.529	
36	β -蛇床烯 β -selinene	$C_{15}H_{24}$	204	2.978		1.508	1.089	2.977	0.628	1.383	4.159	
37	α -石竹烯 α -caryophyllene	$C_{15}H_{24}$	204	0.833	1.082	1.417	2.951		1.268		2.468	
38	1-十二醇 1-dodecanol	$C_{12}H_{26}O$	186	34.784	42.460	25.696	16.150	18.574	21.650	32.432	18.788	
39	姜黄烯 curcumene	$C_{15}H_{22}$	202					5.805		2.671		
40	1-十三醇 1-tridecanol	$C_{13}H_{28}O$	200			0.847			4.016			
41	环十二烷 cyclododecane	$C_{12}H_{24}$	168	1.502	6.487	3.037			5.018		2.408	
42	α -雪松烯 α -himachalene	$C_{15}H_{24}$	204	2.406	0.527	0.739	6.525	8.795	3.745	2.797	5.162	
43	花侧柏烯 cuparene	$C_{15}H_{22}$	202							1.422		
44	α -桉油醇 α -eudesmol	$C_{15}H_{26}O$	222			0.764	3.409	2.199	2.925	2.125	4.065	
45	蓝桉醇 globulol	$C_{15}H_{26}O$	222	1.464	3.518	0.303	0.406	0.645				
46	4(14),11-桉叶二烯 eudesma-4(14),11-diene	$C_{15}H_{24}$	204	0.464	0.464		4.904		0.935			
47	β -马榄烯 β -maaliene	$C_{15}H_{24}$	204	1.949	0.760	2.272		2.330	2.443	2.580	1.248	
48	匙叶桉油烯醇 spathulenol	$C_{15}H_{24}O$	220	0.978		0.414		3.764	2.808	0.889		
49	二丁基羟基甲苯 butylated hydroxytoluene	$C_{15}H_{24}O$	220	3.485	3.430		2.551		3.620		3.770	
50	杜松烯 cadinene	$C_{15}H_{24}$	204	0.756	0.929	2.152	1.653	1.407	1.001	1.229	2.557	
51	十九烷 nonadecane		268							0.537		
52	13-十四碳烯醛 13-tetradecenal	$C_{14}H_{26}O$	210	0.715								
53	β -红没药萜醇 β -bisabolol	$C_{15}H_{26}O$	222	0.821			1.403					
54	α -长叶蒎烯 α -longipinene	$C_{15}H_{24}$	204				0.853		0.711			
55	乙酸十二酯 n-dodecyl acetate	$C_{14}H_{28}O_2$	228	0.051	1.549	2.257	0.611		0.434	1.678	0.362	
56	2,6-二叔丁基-1,4-对苯二酚 2,6-bis(1,1-dimethylethyl)-2,6-1,4-benzenediol	$C_{14}H_{22}O_2$	222			1.574	0.374		0.659			
57	2,6,10-三甲基十四烷 2,6,10-trimethyl-tetradecane	$C_{17}H_{36}$	240				0.471					
58	反式-6-十六碳烯-1-醇 trans-9-hexadecen-1-ol	$C_{16}H_{32}O$	240					0.256			0.420	
59	1-十六醇 1-hexadecanol	$C_{16}H_{34}O$	242	0.571	4.637	5.663	0.196	1.668	0.551	3.559	0.571	
60	1-十七醇 1-heptadecanol	$C_{17}H_{36}O$	256	0.497				0.450				

续表 1

No.	化合物	分子式	相对分子质量	相对含量/%								
				B-1	B-2	B-3	B-4	B-5	B-6	B-7	川芷 1 号	
61	1-eicosene 二十碳烯	C ₂₀ H ₄₀	280									0.224
62	8-十八碳烯醛 8-octadecenal	C ₁₈ H ₃₄ O	266							0.783		
63	2-十六醇 2-hexadecanol	C ₁₆ H ₃₄ O	242	0.215	0.197	0.477		0.739	0.225	0.789		
64	Z-11-十四碳烯酸 Z-11-tetradecenoic acid	C ₁₄ H ₂₆ O ₂	226	7.891	2.303	1.496	0.58	0.362	1.071	2.217	0.894	
65	7-十六碳烯-1-醇 7-hexadecyn-1-ol	C ₁₆ H ₃₀ O	238		0.534						1.040	
66	E-11-十六碳醛 Ed-11-hexadecenal	C ₁₆ H ₃₀ O	238	0.475								
67	3,5-二叔丁基对羟基苯甲醛 3,5-di-tert-butyl-4-hydroxybenzaldehyde	C ₁₅ H ₂₂ O ₂	234				0.922					
68	9-十六碳烯酸 9-hexadecenoic acid	C ₁₆ H ₃₀ O ₂	254	0.185	0.218					1.317		
69	7-甲基-Z-十四碳烯醇乙酸酯 7-methyl-Z-tetradecen-1-ol acetate	C ₁₇ H ₃₂ O ₂	268						0.742			
70	二甲基-1-十七醇 2-methyl-1-hexadecanol	C ₁₇ H ₃₆ O	256	0.358	0.349						0.540	
71	邻苯二甲酸正丁辛酯 1,2-benzenedicarboxylic acid, butyl octyl ester	C ₂₀ H ₃₀ O ₄	334	1.014	1.095	1.139	0.685	0.126	0.702	1.327	0.734	
72	十六碳环内酯 hexadecanolide	C ₁₆ H ₃₀ O ₂	254	0.475								
73	十五烷酸 pentadecanoic acid	C ₁₅ H ₃₀ O ₂	242	0.557								
74	十六碳酸乙酯 hexadecanoic acid, ethyl ester	C ₁₈ H ₃₆ O ₂	284	1.100	1.511	2.633	0.541	1.024	0.832	1.673	0.696	
75	油酸 oleic acid									0.987		
76	亚油酸乙酯 linoleic acid ethyl ester	C ₂₀ H ₃₆ O ₂	308			1.105						
77	2,2'-亚甲基双-(4-甲基-6-叔丁基 苯酚) 2,2'-methylenebis [6-(1,1- dimethylethyl)-4-methyl-phenol	C ₂₃ H ₃₂ O ₂	340	3.700	3.098					2.775	4.462	
78	邻苯二甲酸二异辛酯 1,2- benzenedicarboxylic acid, diisooctyl ester	C ₂₄ H ₃₈ O ₄	390	0.939	0.806			2.267	0.825		1.042	
	鉴定出的化合物数目	40	33	36	38	38	42	33	36			

[参考文献]

- [1] 国家药典委员会. 中华人民共和国药典. 一部[S]. 北京:中国医药科技出版社,2010:98.
- [2] 陈郡雯,吴卫,侯凯,等. 川白芷生长发育、养分及有效成分的动态研究[J]. 中国中药杂志, 2010, 35(21):2812.
- [3] 黄罗生,顾燕飞,李红. 中药挥发油及芳香性药物的研究进展[J]. 中国中药杂志, 2009, 34(12):1605.
- [4] 聂红,沈映君,吴俊梅,等. 白芷挥发油镇痛、镇静作用和身体依赖性研究[J]. 中药新药与临床药理, 2002, 13(4):221.
- [5] 崔秋兵,张艺,兰莎. 白芷镇痛作用物质基础研究

[J]. 中国实验方剂学杂志,2010, 16(12):102.

- [6] 李宏宇,戴跃进,谢成科,等. 川白芷的挥发油成分分析[J]. 华西药理学杂志,1990, 5(2):79.
- [7] 李玲,吕磊,张薇. 运用 GC-MS 结合 PCA 技术对川白芷与杭白芷挥发油成分的比较分析[J]. 药物分析杂志,2011, 31(1):112.
- [8] 马逾英,王娜. 不同前处理方法所得白芷挥发油成分的 GC-MS 分析[J]. 成都中医药大学报,2009, 32(4):51.
- [9] 熊英,马逾英,贾敏如. 不同产地川白芷的挥发油成分分析. 第六届全国中药鉴定学术研讨会论文集[C]. 武汉:湖北科学技术出版社,2003.

不同干燥方法对川芎不同部位丁苯酞含量的影响

余昕, 张丹, 欧丽兰, 袁叶飞*
(泸州医学院, 四川 泸州 646000)

[摘要] 目的: 研究不同干燥方法对川芎不同部位丁苯酞含量的影响。方法: 采用高效液相色谱法测定不同干燥方法的川芎不同部位中丁苯酞的含量。结果: 丁苯酞在进样量 0.515 2~5.152 0 μg 与峰面积呈良好的线性关系 ($r=0.999\ 9$), 定量限为 5.515 2 $\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$, 平均回收率为 100.1%, RSD 1.10% ($n=9$); 川芎不同部位丁苯酞的含量从高到低为根茎 > 茎 > 叶; 不同干燥方法对川芎不同部位丁苯酞含量有一定影响。结论: 川芎不同部位的丁苯酞含量不同, 川芎全株宜选用晒后烘干的干燥方法。

[关键词] 干燥方法; 川芎; 丁苯酞; 含量测定

[中图分类号] R284.1 **[文献标识码]** A **[文章编号]** 1005-9903(2013)08-0116-04

[doi] 10.11653/syfy2013080116

Effect of Different Drying Methods on Butylphthalide in Different Parts of *Ligusticum chuanxiong*

YU Xin, ZHANG Dan, OU Li-lan, YUAN Ye-fei*
(Luzhou Medical College, Luzhou 646000, China)

[Abstract] **Objective:** To study the effect of different drying methods on butylphthalide in different parts of *Ligusticum chuanxiong*. **Method:** The content of butylphthalide in *L. chuanxiong* from different drying methods and different parts was determined by HPLC. **Result:** There was a good linear relationship between butylphthalide and peak area when the sample injection was from 0.515 2-5.152 0 μg ($r=0.999\ 9$), the quantification limit was 5.515 2 $\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$, the average recovery was 100.1%, and RSD was 1.10% ($n=9$). The butylphthalide content in different parts of *L. chuanxiong* arranged in descending order was rhizome > stem > leaf. Different drying methods had some influence on the butylphthalide content in different parts of *L. chuanxiong*. **Conclusion:**

[收稿日期] 20120427(009)

[第一作者] 余昕, 硕士, 实验师, 从事中药鉴定和成分研究, Tel: 0830-3162291, E-mail: yuxin8303@163.com

[通讯作者] *袁叶飞, 博士, 教授, 从事中药有效成分研究, Tel: 0830-3162291, E-mail: yuan_yefei@126.com

- [10] 舒任庚, 王光发, 梁新丽, 等. 微波辅助提取与水蒸气蒸馏杭白芷挥发油的比较[J]. 中国药房, 2011, 22(31):2916.
- [11] 赵爱红, 杨秀伟, 杨鑫宝, 等. 祁白芷挥发油成分的GC-MS分析[J]. 中国中药杂志, 2011, 36(5):603.
- [12] 马逾英, 王娜, 张利, 等. 亳白芷挥发油成分的气相色谱-质谱联用分析[J]. 时珍国医国药, 2009, 20(19):2006.
- [13] 张翠英, 李振国, 王青晓, 等. 不同加工干燥方法对禹白芷挥发性成分的影响[J]. 中药材, 2008, 31(22):196.
- [14] 弥宏, 于敏, 赵东明, 等. 白芷超临界 CO_2 萃取产物化学成分的研究[J]. 中国实验方剂学杂志, 2006, 12(3):22.
- [15] 郭巧生. 药用植物栽培学[M]. 北京: 高等教育出版社, 2009:77.
- [16] 周洪语. 榄香烯抗肿瘤作用机制的研究进展[J]. 中国肿瘤临床, 2000, 27(5):392.
- [17] 崔利. 酱香型白酒吡嗪类化合物的生成途径及环节[J]. 酿酒, 2007, 34(5):39.

[责任编辑 顾雪竹]