

GC-MS 结合保留指数法分析云南产胡萝卜籽挥发油成分

曾琼瑶, 龚瑞莹, 杨海玲, 庞永诚*
(昆明市中医医院, 云南 昆明 650202)

摘要: **目的** 分析云南产胡萝卜籽挥发油成分。**方法** 水蒸气蒸馏提取挥发油, 气相色谱-质谱 (GC-MS) 结合保留指数法进行分析。**结果** 鉴定了 58 种成分, 占挥发油总量 90.30%。其中, 胡萝卜醇 (21.612%)、 β -蒎烯 (11.067%)、 α -蒎烯 (8.973%)、(*Z*)- α -红没药烯 (4.183%)、柠檬烯 (3.761%)、 β -石竹烯 (3.336%)、 β -没药烯 (3.311%)、 α -松油醇 (3.098%)、 α -柏木烯 (3.089%)、石竹烯氧化物 (2.679%)、(*E*)- α -香柠檬烯 (2.561%)、罗汉柏烯 (2.398%)、柏木脑 (2.027%) 含量较高。通过比对保留指数, 确认松香芹醇、松油醇构型分别为 *E* 型和 α 型。**结论** 该方法可为云南胡萝卜籽进一步研究开发提供基础。

关键词: 胡萝卜; 籽; 挥发油; GC-MS; 保留指数

中图分类号: R284.1

文献标志码: A

文章编号: 1001-1528(2016)06-1311-05

doi:10.3969/j.issn.1001-1528.2016.06.022

Analysis of volatile oil in Yunnan carrot seeds by GC/MS combined with retention index

ZENG Qiong-yao, GONG Rui-ying, YANG Hai-ling, PANG Yong-cheng*
(Kunming Municipal Hospital of Traditional Chinese Medicine, Kunming 650202, China)

ABSTRACT: **AIM** To analyze the volatile oil in Yunnan carrot seeds. **METHODS** The volatile oil was extracted by steam distillation and analyzed by gas chromatography-mass spectrometer (GC-MS) combined with retention index. **RESULTS** Fifty-eight constituents were identified, accounting for 90.30% of the total content of volatile oil. Among them, the contents of carotol (21.612%), β -pinene (11.067%), α -pinene (8.973%), (*Z*)- α -bisabolene (4.183%), limonene (3.761%), β -caryophyllene (3.336%), β -bisabolene (3.311%), α -terpineol (3.098%), α -cedrene (3.089%), caryophyllene oxide (2.679%), (*E*)- α -bergamotene (2.561%), thujopsene (2.398%) and cedrol (2.027%) were relatively high. The configurations of pinocarveol and terpineol were identified as *E*-type and α -type by comparing retention indices, respectively. **CONCLUSION** This method can provide a basis for the further study and development of Yunnan carrot seeds.

KEY WORDS: carrot; seeds; volatile oil; GC-MS; retention index

胡萝卜又称红萝卜或甘荀, 为伞形科胡萝卜属植物, 属两年生草本植物, 通常被人们作为蔬菜食用。人类种植胡萝卜已经有两千多年历史, 最初产于亚洲西南部, 而中国可以追溯到 13 世纪以前, 目前在南北方都有栽培。胡萝卜花常呈锥状, 颜色有橘黄、白等颜色, 具有生湿生热、利尿通淋、祛寒通经、调理经水、化排结石等功效^[1-3], 常被称为“小人参”。其中, 产于云南的胡萝卜因其高原

特殊生长环境以及较大昼夜温差, 具有独特的口感, 深受云南人民喜爱。胡萝卜籽中含有大量的生理活性成分, 在医药行业被广泛应用^[4-6], 但目前未见针对云南胡萝卜籽挥发油成分的报道, 同时也鲜有保留指数法分析鉴定天然提取物中成分的报道^[7]。

本实验采用水蒸气蒸馏法提取云南胡萝卜籽挥发油后, 经气相色谱-质谱 (GC-MS) 法分析, 通

收稿日期: 2015-06-06

基金项目: 昆明市卫生局基金 (2012-17); 云南省中医联合专项基金 (2015)

作者简介: 曾琼瑶 (1987—), 女, 硕士生, 从事中药药理研究。Tel: (0871) 63135802, E-mail: zengqiongyaoben@163.com

* 通信作者: 庞永诚 (1965—), 男, 主任医师, 从事重症医学研究。Tel: (0871) 63135802, E-mail: pangyongcheng2008@163.com

过质谱库检索,并结合保留指数辅助定性,对其成分进行研究,较好地鉴别了同分异构体或同系物,避免了在定性过程中出现误判,提高了准确性,可为以后相关产品的开发和质量控制提供理论指导。

1 实验部分

1.1 材料、试剂及仪器 胡萝卜籽购自云南省江川县,经昆明市中医医院药剂科胡戴邦主任药师鉴定为正品。乙醚、二氯甲烷、甲醇、正己烷为优级纯、无水硫酸钠为分析纯(百灵威科技有限公司);正构烷烃 $C_7 \sim C_{30}$ (美国 Sigma-Aldrich 公司)。Agilent7890A/5975C 气相色谱-质谱联用仪,包括自动进样器(美国安捷伦科技公司);电子天平(万分之一,瑞士 Mettler-Toledo 公司);FW80 粉碎机(成都华衡仪器有限公司);98-1-B 调温电热套(天津泰斯特仪器有限公司);磨口挥发油提取仪(北京市永光明医疗仪器厂)。

1.2 挥发油提取 蒸馏水将胡萝卜籽洗干净后,置于阴凉处晾干,粉碎机粉碎,过 20 目筛,精密称取 100 g,置于圆底烧瓶中,加入 500 mL 蒸馏水浸泡 12 h,水蒸气蒸馏法提取 5 h,乙醚萃取流出液,低温除尽溶剂后无水硫酸钠干燥过滤,得到具有浓郁胡萝卜香气的浅黄色挥发油,待进行 GC-MS 分析。

1.3 分析测试条件 Rxi-5sil MS 石英毛细管柱(60 m \times 0.25 mm \times 0.25 μ m);载气为氦气(99.999%);体积流量 1.0 mL/min;升温程序为初始温度 60 $^{\circ}$ C,保持 6 min,以 3 $^{\circ}$ C/min 速率升至 180 $^{\circ}$ C,再以 10 $^{\circ}$ C/min 速率升至 230 $^{\circ}$ C,保持 10 min;进样口温度 250 $^{\circ}$ C;进样量 1.0 μ L;分流比 10:1;溶剂延迟 6 min。电子轰击电离(EI)源,温度 230 $^{\circ}$ C;四极杆温度 150 $^{\circ}$ C;电离能量 70 eV;传输线温度 280 $^{\circ}$ C;扫描范围 m/z 40 ~ 450。质谱检索图库为 Nist11 谱库。

1.4 保留指数测定 精密称取正构烷烃 $C_7 \sim C_{30}$ 标准品,正己烷溶液将其稀释成质量分数为 5% 的溶液,在“1.3”项条件下测定各正构烷烃的保留时间,根据 Vanden Dool 和 Kratz 线性程序升温的保留指数计算公式,求得保留指数(KI)值,计算公式如下。

$$KI = 100n + \frac{100(t_x - t_n)}{t_{n+1} - t_n}$$

其中, t_x 、 t_n 和 t_{n+1} 分别为被分析组分、碳原子数为 n 和 $n+1$ 的正构烷烃流出峰的保留时间。

1.5 定性定量方法 胡萝卜籽挥发油经过 GC-MS

分析后,通过 Nist11 质谱库进行自动检索,然后将测定的保留指数值与 ESO 精油数据库中的保留指数进行比对(误差不超过 3%),对其成分进行定性,色谱峰面积归一化法计算各成分的相对百分含量。

2 结果与讨论

2.1 胡萝卜籽挥发油成分分析 GC-MS 总离子流图见图 1。其结果采用 Nist11 谱库检索后,与 ESO 香精保留指数进行对比来加以定性,面积归一化法计算各成分相对百分含量,结果见表 1。

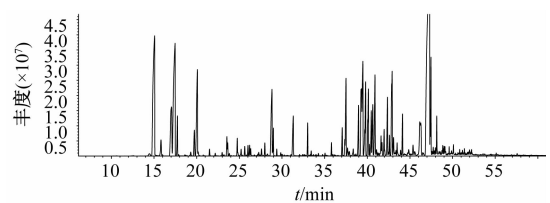


图 1 GC-MS 总离子流色谱图

Fig. 1 GC-MS total ion current chromatogram

通过质谱库检索和人工图谱解析,结合保留指数比对,共鉴定了 58 个化合物,占挥发油总量 90.30%。其中,醇类 15 个(29.395%),醛类 1 个(0.038%),酯类 4 个(1.732%),烷烯烃类 30 个(52.45%),酮类 3 个(0.345%),其他化合物 5 个(4.559%)。主要挥发性成分(含量大于 2%)为胡萝卜醇(21.612%)、 β -蒎烯(11.067%)、 α -蒎烯(8.973%)、(Z)- α -红没药烯(4.183%)、柠檬烯(3.761%)、 β -石竹烯(3.336%)、 β -没药烯(3.311%)、 α -松油醇(3.098%)、 α -柏木烯(3.089%)、石竹烯氧化物(2.679%)、(E)- α -香柠檬烯(2.561%)、罗汉柏烯(2.398%)、柏木脑(2.027%)。与文献[6]相比,化合物种类相近,但主要成分含量仍存在差异,这可能与原料产地、生长环境等方面的差异有关。

胡萝卜籽挥发油含有较多具有生理活性的成分,如胡萝卜醇、胡萝卜脑、 α -蒎烯及 β -蒎烯具有很好的抑菌、抗氧化、抗衰老作用^[9-10];香柠檬烯对多种肿瘤具有预防和治疗作用,是一种具有抗癌特性的天然化合物^[11];红没药烯具有抗痒消炎作用^[12]; α -松油醇对大肠杆菌具有显著抑菌作用^[12];柏木脑具有抗炎、抗菌、镇静、解痉挛、抗心血管疾病、抗衰老及抗肿瘤等作用^[13];石竹烯氧化物具有镇痛、抗炎、抗真菌作用^[14]; β -石竹烯具有局麻、抗炎、驱蚊虫、抗焦虑、抗抑郁作

表 1 胡萝卜籽挥发油成分
Tab. 1 Volatile oil constituents in carrot seeds

成分	<i>t_R</i> /min	相似度	峰面积/%	CAS	保留指数	
					KI *	KI **
胡萝卜醇	47.28	91	21.612	465-28-1	1 632	1 599
α-松油醇	28.80	92	3.098	98-55-5	1 201	1 191
香叶醇	31.30	91	1.423	106-24-1	1 253	1 258
γ-松油醇	28.98	99	0.556	586-81-2	1 205	1 211
α-红没药醇	49.10	97	0.446	515-69-5	1 693	1 684
萆澄茄油烯醇	47.87	95	0.319	21284-22-0	1 652	1 642
4-松油醇	27.98	97	0.313	562-74-30	1 185	1 181
(<i>E</i>)-松香芹醇	26.01	95	0.271	547-61-5	1 147	1 144
马鞭草烯醇	26.20	99	0.257	1845-30-3	1 151	1 143
α-松油醇乙酸酯	35.80	98	0.253	80-26-2	1 350	1 353
萆品烯-1-醇	25.63	93	0.235	586-82-3	1 140	1 156
(<i>Z</i>)-β-松油醇	26.33	95	0.189	138-87-4	1 153	1 144
(<i>E</i>)-β-松油醇	27.27	94	0.158	7299-40-3	1 172	1 162
(<i>Z</i>)-香芹醇	29.85	96	0.156	1197-06-4	1 223	1 232
对伞花烃-8-醇	28.29	91	0.109	1197-01-9	1 191	1 179
醇类化合物峰面积含有量:29.395%						
香叶醛	32.06	92	0.038	141-27-5	1 273	1 275
醛类化合物峰面积含有量:0.038%						
圆柚酮	51.86	98	0.168	4674-50-4	1 822	1 799
马鞭草烯酮	29.38	93	0.132	80-57-9	1 213	1 209
桉酮	26.76	95	0.045	513-20-2	1 162	1 164
酮类化合物峰面积含有量:0.345%						
乙酸龙脑酯	33.00	91	0.673	76-49-3	1 289	1 288
乙酸香叶酯	37.06	95	0.659	105-87-3	1 377	1 374
α-松油醇乙酸酯	35.80	89	0.253	80-26-2	1 350	1 353
甲酸香叶酯	33.43	95	0.147	105-86-2	1 298	1 304
酯类化合物峰面积含有量:1.732%						
β-蒎烯	17.03	99	11.067	127-91-3	978	979
α-蒎烯	15.04	97	8.973	80-56-8	941	940
(<i>Z</i>)-α-红没药烯	40.89	94	4.183	29837-07-8	1 466	1 502
柠檬烯	20.06	90	3.761	138-86-3	1 035	1 032
β-石竹烯	39.46	99	3.336	87-44-5	1 433	1 427
β-没药烯	42.89	95	3.311	495-61-4	1 514	1 509
α-柏木烯	39.31	93	3.089	469-61-4	1 429	1 436
(<i>E</i>)-α- 香柠檬烯	39.79	99	2.561	13474-59-4	1 440	1 432
罗汉柏烯	40.12	96	2.398	470-40-6	1 448	1 456
β-芹子烯	42.35	91	1.582	17066-67-0	1 501	1 487
(<i>Z</i>)-α-香柠檬烯	38.96	95	1.190	18252-46-5	1 421	1 411
(<i>E</i>)-β-金合欢烯	40.46	99	1.058	18794-84-8	1 456	1 456
月桂烯	17.73	93	0.903	123-35-3	992	990
(<i>E,E</i>)-α-金合欢烯	41.97	91	0.713	502-61-4	1 492	1 508
茨烯	15.81	99	0.667	79-92-5	955	951
γ-依兰油烯	41.61	89	0.551	30021-74-0	1 483	1 478
花侧柏烯	42.89	90	0.548	16982-00-6	1 514	1 511
α-芹子烯	42.60	94	0.443	473-13-2	1 507	1 492
β-倍半水芹烯	43.36	94	0.357	20307-83-9	1 526	1 521
姜黄烯	41.61	97	0.301	644-30-4	1 483	1 479
β-榄香烯	38.35	87	0.233	515-13-9	1 406	1 389
β- 罗勒烯	20.77	99	0.197	13877-91-3	1 048	1 041
β-咕巴烯	41.08	97	0.182	18252-44-3	1 471	1 445
β-侧柏烯	14.45	94	0.181	18767-59-4	929	929
γ-松油烯	21.50	90	0.158	99-85-4	1 062	1 063
α-松油烯	19.30	99	0.131	99-86-5	1 021	1 019
δ-杜松烯	43.26	95	0.119	483-76-1	1 524	1 524
γ-雪松烯	41.24	93	0.117	53111-25-4	1 475	1 480
萆品油烯	22.98	99	0.109	586-62-9	1 089	1 089
α-丁子香烯	38.52	96	0.031	4545-68-0	1 410	1 454
烷烃类化合物峰面积含有量:52.45%						
石竹烯氧化物	46.16	97	2.679	1139-30-6	1 596	1 594
邻异丙基苯	19.72	87	0.864	527-84-4	1 029	1 021
胡萝卜脑	48.15	99	0.789	887-08-1	1 661	1 638
龙脑	27.59	97	0.179	507-70-0	1 178	1 168
对异丙烯基甲苯	23.19	94	0.048	1195-32-0	1 093	1 092
其它类化合物峰面积含有量:4.559%						

注：* 表示通过保留指数公式计算求出，**表示采用文献 [8] 数据

用^[14]； β -芹子烯具有清热解毒、利咽止咳的功效，用于治疗急慢性咽炎、咽干咽痛、咳嗽少痰等症状^[15]；香叶醇具有抗癌、抗菌作用^[16-17]。通过对胡萝卜籽挥发油中生物活性成分的分析，可为其在医药方面的应用提供理论指导。

2.2 保留指数在定性鉴定中的应用 天然提取物因其成分复杂，同时含有大量同分异构体或同系

物，故仅通过质谱定性不够可靠，经常出现误判和错判^[18]。ESO 精油数据库作为国际上比较权威的精油化学成分数据库，目前收录了大量香精香料成分的保留指数，本实验经质谱库检索后，利用 ESO 精油数据库进行辅助定性，可提高天然化合物定性准确性，表 2 列举了保留指数用于胡萝卜籽挥发油成分定性鉴定的 2 个实例。

表 2 保留指数应用实例
Tab. 2 Application examples of retention index

待测成分	相似度	质谱库检索	CAS 号	保留指数		确认成分
				引用值	实测值	
松香芹醇	97	(<i>E</i>)-松香芹醇	547-61-5	1 144	1 147	(<i>E</i>)-松香芹醇
	96	(<i>Z</i>)-松香芹醇	547-61-50	1 194		
松油醇	95	α -松油醇	98-55-5	1 191	1 201	α -松油醇
	97	δ -松油醇	7299-42-5	1 166		
	98	β -松油醇	138-87-4	1 160		

本实验对检索出的 58 个化合物进行定性分析时，发现许多同分异构体和同系物若仅用质谱库检索，会出现难以判定甚至误判现象。由表可知，松香芹醇、松油醇通过质谱检索发现相似度较接近，难以判断其构型，而比对保留指数后可确认为(*E*)-松香芹醇、 α -松油醇。此外， α -蒎烯、 β -蒎烯、(*E*)- α -香柠檬烯、(*E, E*)- α -金合欢烯等化合物的定性必须经保留指数辅助，方可进一步确认其结构式。保留指数可准确判定同系物、同分异构体，为胡萝卜籽挥发油成分分析及开发应用提供了理论依据。

3 结论

本实验利用 GC-MS 法，对云南胡萝卜籽挥发油成分进行了分析，并采用峰面积归一化法计算各成分相对含有量。通过质谱库检索，结合保留指数比对，共鉴定了 58 个化合物，占总量 90.30%，其中含有量较高者为胡萝卜醇（21.612%）、 β -蒎烯（11.067%）、 α -蒎烯（8.973%）、(*Z*)- α -红没药烯（4.183%）、柠檬烯（3.761%）、 β -石竹烯（3.336%）、 β -没药烯（3.311%）、 α -松油醇（3.098%）、 α -柏木烯（3.089%）、石竹烯氧化物（2.679%）、(*E*)- α -香柠檬烯（2.561%）、罗汉柏烯（2.398%）、柏木脑（2.027%）。采用保留指数来鉴别同系物及同分异构体时，可提高定性准确性，并为云南胡萝卜籽的进一步研究和开发提供理论基础。

参考文献：

[1] 胡连官. 胡萝卜籽油及其香料应用[J]. 四川化工, 1991 1314

(4): 39-40.
[2] 党俊伟, 张彩云, 赵继颺. 野胡萝卜净油化学成分的研究[J]. 安徽农学报, 2009, 5(10): 222-223.
[3] 张文叶, 张峻松, 贾春晓, 等. 超临界 CO₂ 萃取山胡萝卜籽油的脂肪酸成分分析[J]. 中国粮油学报, 2009, 24(9): 87-89.
[4] 秦巧慧, 彭映辉, 何建国, 等. 野胡萝卜果实精油对蚊幼虫的毒杀活性[J]. 中国生物防治学报, 2011, 27(4): 418-422.
[5] 孙 凤, 刘亚亚, 王刚霞, 等. 新疆胡萝卜籽油脂肪酸 GC-MS 分析[J]. 中国油脂, 2012, 37(8): 82-83.
[6] 刘睿婷, 刘玲玲, 熊 梅, 等. 新疆胡萝卜籽挥发油的气相色谱/质谱法分析[J]. 中国调味品, 2011, 36(9): 104-106.
[7] 杨 眉, 冒德寿, 李智宇, 等. 气相色谱/飞行时间质谱法分析格蓬油中的挥发性成分[J]. 食品工业科技, 2013, 34(9): 280-284.
[8] Leffingwell. ESO 2006 [DB/CD]. Georgia: Bolens Aroma Chemical Information Service, 2010.
[9] Glisic S B, Misic D R, Stamenic M D, et al. Supercritical carbon dioxide extraction of carrot fruit essential oil: Chemical composition and antimicrobial activity[J]. Food Chem, 2007, 105(1): 346-352.
[10] Giraud-Robert A M. The role of aromatherapy in the treatment of viral hepatitis [J]. Int J Aromather, 2005, 15(4): 183-192.
[11] 沈振铎, 陈晓辉, 刘玉磊, 等. GC 法同时测定五味子挥发油中 α -蒎烯、 β -蒎烯、柠檬烯和乙酸龙脑酯的含量[J]. 药物分析杂志, 2008, 28(9): 1470-1473.
[12] 殷中琼. α -松油醇抗大肠杆菌机理研究[D]: 成都: 四川农业大学, 2013.
[13] 张 岩, 曲凡志, 赵余庆. 柏木醇的药理作用研究进展[J]. 沈阳药科大学学报, 2014, 31(7): 584-588.
[14] 刘晓宇, 陈旭冰, 陈光勇, 等. β -石竹烯及其衍生物的生物活性与合成研究进展[J]. 林产化学与工业, 2012, 32(1):

104-110.

[15] 胡玉霞, 李家平, 余启荣, 等. GC 法测定灵丹油清咽喷雾剂中 β -芹子烯的含量[J]. 中国药事, 2011, 25(1): 33-35.

[16] 周 勇, 姚三桃, 翁玉春, 等. 香叶醇抗真菌作用的研究[J]. 真菌学报, 1983, 2(4): 262-264.

[17] 钟德珩. 香叶醇抗胰腺癌作用及其机制的实验研究[D]: 长沙: 中南大学, 2013.

[18] 梁 晟, 李雅文, 赵晨曦, 等. GC-MS 结合保留指数对中药挥发油的定性[J]. 分析测试学报, 2008, 27(1): 84-87.

云南栽培灯盏花指纹图谱建立及 4 个成分测定

张高菊¹, 杨生超^{2*}, 沈 勇¹, 孟珍贵¹, 张广辉²

(1. 云南农业大学农学与生物技术学院, 云南 昆明 650201; 2. 云南农业大学, 云南省优势中药材规范化种植工程研究中心, 云南 昆明 650201)

摘要: **目的** 采用 HPLC 法建立云南(大理、红河、曲靖)栽培灯盏花 *Erigeron breviscapus* (Vant.) Hand-Mazz. 的指纹图谱, 并测定绿原酸、3, 5-二咖啡酰奎宁酸、飞蓬酯乙、灯盏乙素的含有量。**方法** 分析采用 Agilent ZORBAX SB-C₁₈ 色谱柱(250 mm×4.6 mm, 5 μ m); 流动相为 0.3% 磷酸(A)-甲醇(B), 梯度洗脱; 体积流量 1.0 mL/min; 检测波长 335 nm; 柱温 20 $^{\circ}$ C。**结果** HPLC 指纹图谱中有 17 个共有峰, 相似度大于 0.971。红河栽培灯盏花中灯盏乙素和 4 个成分的总含有量明显高于大理, 但 3, 5-二咖啡酰奎宁酸显著低于大理, 两地绿原酸和飞蓬酯乙相近。**结论** 红河栽培灯盏花质量更稳定, 更有利于质量控制。

关键词: 灯盏花; 云南; 绿原酸; 3, 5-二咖啡酰奎宁酸; 飞蓬酯乙; 灯盏乙素; 指纹图谱; HPLC

中图分类号: R284.1 **文献标志码:** A **文章编号:** 1001-1528(2016)06-1315-05

doi:10.3969/j.issn.1001-1528.2016.06.023

Establishment of fingerprints of *Erigeron breviscapus* cultivated in Yunnan and determination of four constituents

ZHANG Gao-ju¹, YANG Sheng-chao^{2*}, SHEN Yong¹, MENG Zhen-gui¹, ZHANG Guang-hui²
(1. College of Agriculture and Biotechnology, Yunnan Agricultural University, Kunming 650201, China; 2. Yunnan Provincial Research Center of Good Agriculture Practice for Dominant Chinese Medicinal Materials, Yunnan Agriculture University, Kunming 650201, China)

ABSTRACT: **AIM** To establish the fingerprints of *Erigeron breviscapus* (Vant.) Hand-Mazz. cultivated in Yunnan (Dali, Honghe and Qujing) and to determine the contents of chlorogenic acid, 3, 5-dicaffeylquinic acid, erigoster B and scutellarin by HPLC. **METHODS** The analysis was carried out on an Agilent ZORBAX SB-C₁₈ column (250 mm × 4.6 mm, 5 μ m), mobile phase was 0.3% phosphoric acid (A)-acetonitrile (B) with gradient elution, flow rate was 1.0 mL/min, detection wavelength was set at 335 nm, and column temperature was maintained at 20 $^{\circ}$ C. **RESULTS** There were seventeen common peaks in the HPLC fingerprints, whose similarities were more than 0.971. The contents of scutellarin and total content of four constituents in *E. Breviscapus* cultivated in Honghe were significant higher than those cultivated in Dali, but 3, 5-dicaffeylquinic acid content was lower, and the contents of chlorogenic acid and erigoster B in these two districts were similar. **CONCLUSION** The quality of *E. Breviscapus* cultivated in Honghe is more stable, which is more beneficial for quality control.

KEY WORDS: *Erigeron breviscapus* (Vant.) Hand-Mazz.; Yunnan; chlorogenic acid; 3, 5-dicaffeylquinic

收稿日期: 2015-08-03

基金项目: 国家科技支撑计划项目(2011BAI13B05)

作者简介: 张高菊(1988—), 女, 硕士生, 研究方向为药用植物资源化学与开发利用。E-mail: zhanggaoju2665@163.com

* 通信作者: 杨生超(1972—), 男, 博士, 教授, 博士生导师, 研究方向为药用植物资源与规范化种植。Tel: (0871) 5227059, E-mail: shengchaoyang@163.com