

臭黄荆叶理化组成及挥发油成分分析

范超敏¹, 卢秀彬¹, 钟耕^{1,2,*}, 胡小芳¹

(1.西南大学食品科学学院, 重庆 400716; 2.重庆市特色食品工程技术研究中心, 重庆 400716)

摘要:为探明臭黄荆叶主要理化组成及挥发油成分, 采用水蒸气蒸馏法提取臭黄荆叶挥发油, 应用气相色谱-质谱(GC-MS)对挥发油进行分离分析, 鉴定出具体化合物的组分和含量。结果表明: 臭黄荆鲜叶中水分含量(质量分数, 下同)为 79.06%; 臭黄荆叶粗粉中灰分含量为 7.37%, 果胶含量为 35.57%, 蛋白质含量为 18.70%, 粗脂肪含量为 4.27%, 粗纤维含量为 6.87%, 总黄酮含量 73.43mg/g, 总多酚含量为 29.44mg/g; 挥发油中鉴定出 68 种化合物, 约占挥发油总量的 96.34%, 包括醇 14 种(24.5%)、烯 14 种(18.85%)、酮 8 种(8.81%)、酯 6 种(7.95%)、醛 8 种(6.41%)、呋喃 2 种(3.95%)、烷 3 种(1.93%)、石竹烯氧化物(9.71%)、1,1,5,6-四甲基-茚(3.06%)、长叶松萜烯-(V4)(1.25%)等; 臭黄荆叶挥发油中含量较高的成分主要有 1-辛烯-3-醇(11.45%)、石竹烯氧化物(9.71%)、 α -石竹烯(5.82%)、反式- β -紫罗兰酮(3.43%)。臭黄荆叶中含有多种具有食用或药用价值的活性成分。

关键词:臭黄荆; 理化组成; 气相色谱-质谱法(GC-MS); 挥发油成分

Proximate Chemical Composition and Volatile Oil Composition of Premna Leaves

FAN Chao-min¹, LU Xiu-bin¹, ZHONG Geng^{1,2,*}, HU Xiao-fang¹

(1. College of Food Science, Southwest University, Chongqing 400716, China ;

2. Engineering Technique Research Center of Chongqing for Special Food, Chongqing 400716, China)

Abstract : In this study, the proximate chemical composition of premna leaves was found be made up of pectin 35.57%, protein 18.70%, crude fat 4.27%, coarse fiber 6.87%, total flavonoids 73.43 mg/1 g, and total polyphenols 29.44 mg/1 g. Further, the chemical composition of volatile oil extracted from the leaves of plant by steam distillation extraction was analyzed by gas chromatography-mass spectrometry (GC-MS). A total of 68 compounds were identified in the oil, including 14 alcohols (24.5%), 14 alkenes (18.85%), 8 ketones (8.81%), 6 esters (7.95%), 8 aldehydes (6.41%), 2 furans (3.95%), 3 alkyls (1.93%), caryophyllene oxide (9.71%), 1,1,5,6-tetramethyl-indene (3.06%), longleaf pine terpenes-(V4) (1.25%) and so on, of which, 1-octene-3-alcohol (11.45%), caryophyllene oxide (9.71%), α -caryophyllene (5.82%) and $trans$ - β -ionone (3.43%) were the dominant components.

Key words : premna ; chemical composition ; gas chromatography-mass spectrometry (GC-MS) ; volatile oil composition

中图分类号: TS255.1

文献标识码: A

文章编号: 1002-6630(2011)08-0248-04

臭黄荆(*Premna ligustroides* Hemsl)为马鞭草科腐婢属灌木, 广泛分布于四川、重庆、贵州、湖北及江西等地区, 其子、叶、根的药用价值在现代医学上有着非常广阔的前景, 其中叶可以外敷涂抹起到消毒解肿、消除毒疮等作用, 药理作用与其成分有关。臭黄荆在我国分布广泛, 部分地区已区域化种植, 原材料丰富, 可对其子、叶、根有效成分的提取及分离纯化技术进一步研究, 确认其药用价值和机理, 进行深入

开发和利用。

臭黄荆叶中还含有丰富的营养物质, 即使利用臭黄荆叶生产最粗端的产品——臭黄荆叶凉粉, 都有较大利润空间, 而除了现在最广泛生产的臭黄荆叶凉粉, 一些企业已有意向开发臭黄荆叶面条、豆腐、果冻以及饮料等产品, 其经济效益非常可观^[1-3]。臭黄荆叶是一种集营养、保健和药用一体的野生资源, 作为功能食品开发或者医药原材料开发, 均有广阔的发展前景。

收稿日期: 2010-05-20

基金项目: 重庆市科技攻关项目(CSTC, 2009AC5183)

作者简介: 范超敏(1988—), 女, 硕士研究生, 研究方向为天然产物提取及功能。E-mail: fanchaomin77@163.com

* 通信作者: 钟耕(1964—), 男, 教授, 博士, 研究方向为天然产物提取及功能。E-mail: zhongdg@126.com

目前,国内外对腐婢类其他植物研究较多,但对臭黄荆叶主要成分和挥发油的研究未见报道。本研究采用水蒸气蒸馏法提取臭黄荆叶挥发油,应用气相色谱-质谱(gas chromatography-mass spectrometry, GC-MS)对挥发油进行分离分析,鉴定出具体化合物的组分和含量,为以后其药用、食用价值应用提供科学理论依据。

1 材料与方法

1.1 材料与试剂

臭黄荆鲜叶,当年4月份采摘自四川大竹县。

无水乙醇、正己烷、无水硫酸钠、无水碳酸钠、磷酸、没食子酸标准品、氢氧化钠、亚硝酸钠、芦丁标准品(生化试剂)、钨酸钠、钼酸钠。所用化学试剂除注明外均为分析纯。

1.2 仪器与设备

挥发油提取装置 重庆福星玻璃仪器厂;电热炉、KDF-2311 多功能食品粉碎机 天津市康达电器公司;DHG-9070A 电热鼓风干燥箱 上海奇欣科学仪器有限公司;UV-2450 紫外-可见分光光度计、GCMS-2010 气相色谱质谱(GC-MS)联用仪 日本岛津公司;HH-4 数显恒温水浴锅 金坛市富华仪器有限公司;KQ-3200DB(40kHz) 数控超声波清洗器 昆山超声仪器有限公司;RE-52A 旋转蒸发器 上海亚荣生化仪器厂;JT10001 电子天平 上海精天电子仪器有限公司;Rtx-5MS 色谱柱 美国 Agilent 公司。

1.3 方法

1.3.1 样品预处理

将新鲜臭黄荆叶洗净在 50℃ 鼓风干燥箱中风干 12h 左右,然后粉碎过 80 目筛,得粗粉备用。

1.3.2 臭黄荆叶理化成分的测定

臭黄荆鲜叶中水分含量采用 GB 5009.3—2010《食品中水分的测定:减压干燥法》测定;粗粉中灰分含量采用 GB 5009.4—2010《食品中灰分的测定:灼烧称量法测定》;粗粉中蛋白质含量采用 GB 5009.5—2010《食品中蛋白质的测定:凯氏定氮法》测定;粗粉中粗脂肪含量采用 GB/T 5009.6—2003《食品中脂肪的测定:索氏提取法》测定;粗粉中粗纤维含量采用 GB/T 5009.10—2003《植物类食品中粗纤维的测定》方法;臭黄荆叶粗粉中果胶含量测定的工艺流程:原料→预处理→抽提→脱色→浓缩→干燥→成品^[1];臭黄荆粗粉中总黄酮含量采用硝酸铝比色法^[4]测定;粗粉中总多酚含量采用 Folin-Ciocalteu 法^[5]测定。

1.3.3 臭黄荆叶挥发油成分分析

1.3.3.1 臭黄荆叶挥发油提取方法

植物性挥发油的沸点一般在 170~300℃ 之间,利用挥发油与水之间的不相溶的性质,当植物性原料与水蒸气接触后,挥发油与水形成两相混合物,在低于 100℃ 的条件下,挥发油就能与水一同被蒸出。

按照《中国药典》2005 版一部附录 XD 甲法水蒸气蒸馏提取挥发油^[6-8],称取备用样品 100g 于 1000mL 圆底烧瓶中,加水 800mL,振摇混合后,浸泡 24h;放入数粒玻璃珠,连接挥发油测定器与回流冷凝器,自冷凝管上端加水使充满挥发油测定器的刻度部分,并溢流入烧瓶中为止。置电热炉上缓慢加热至沸腾,并保持微沸腾约 5h,至测定器中不再增加,停止加热,放置片刻,开启测定器下端的活塞,将水缓缓放出,至油层上端达到刻度 0 线上面 5mm 处为止。放置 30min 后,在开启活塞使油层下降至其上端恰与刻度 0 线平齐。释放出油层并用无水硫酸钠干燥得到淡黄色挥发油,将其放入冰箱内冷藏待用。

取适量挥发油,用重蒸正己烷稀释 10 倍,进行质谱分析。

1.3.3.2 分析测定条件

应用气相色谱质谱联用仪^[9-12],设定如下条件对臭黄荆叶挥发油进行 GC-MS 分析。

色谱条件:色谱柱为 Rtx-5MS(30.0m × 0.25mm, 0.25μm);柱箱温度 50℃,进样口温度 250℃,载气为氦气;分流进样;柱流量 1.00mL/min,分离比 20:1。升温程序:起始温度 50℃(保留 1min),以 6℃/min 速度升至 230℃(保留 5min)。

质谱条件:电离方式为 ACQ 方式;离子源温度 230℃;扫描模式 Scan;扫描速度 666u/s;开始 m/z 40,结束 m/z 350;溶剂延迟时间 2.50min。

2 结果与分析

2.1 臭黄荆叶中理化指标测定

经测定可得:臭黄荆鲜叶中水分含量为 79.06%;臭黄荆粗粉中灰分含量为 7.37%,蛋白质含量为 18.70%,粗脂肪含量为 4.27%,粗纤维含量为 6.87%,臭黄荆粗粉果胶含量为 35.57%,总黄酮含量 73.43mg/g,总多酚含量为 29.44mg/g。

2.2 臭黄荆叶挥发油成分分析

采用水蒸气蒸馏法提取臭黄荆叶中挥发油,并且利用 GC-MS 分析挥发油的组成,获得的总离子流图见图 1。对采集到的质谱图利用美国 NIST 谱库进行检索,并用气相色谱峰面积归一化法定量计算出臭黄荆叶挥发油各组分的相对含量,结果见表 1。

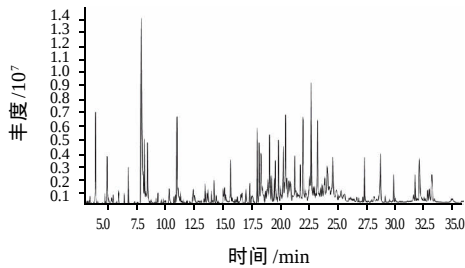


图1 臭黄荆叶挥发油的总离子流图

Fig.1 Total ion current chromatogram of volatile oil from premna leaves

表1 臭黄荆叶挥发油鉴定的成分及其相对含量
Table 1 Chemical components and their relative contents in volatile oil from premna leaves

序号	化合物名称	分子式	相对分子质量	相对含量/%
1	甲苯	C ₇ H ₈	92	0.07
2	己醛	C ₆ H ₁₂ O	100	2.65
3	5,5-甲基-2-乙基-1,3-环戊二烯	C ₉ H ₁₄	122	0.2
4	(E)-4-十一碳烯	C ₁₂ H ₂₄	168	0.06
5	(E)-2-乙炔醛	C ₆ H ₁₀ O	98	1.39
6	(E,Z)-4-乙缩环己烯醇	C ₈ H ₁₂	108	0.2
7	(Z)-4-庚烯醛	C ₇ H ₁₂ O	112	0.47
8	4-乙基-苯酚	C ₈ H ₁₀ O	122	0.25
9	α-蒎烯	C ₁₀ H ₁₆	136	0.97
10	1-辛烯-3-醇	C ₈ H ₁₆ O	128	11.45
11	6-甲基-5-庚烯酮	C ₈ H ₁₄ O	126	1.08
12	2-戊基-呋喃	C ₉ H ₁₄ O	138	2
13	3-辛醇	C ₈ H ₁₈ O	130	0.63
14	反-2-(2-烯基)呋喃	C ₉ H ₁₂ O	136	1.95
15	反式-1,2-二(1-甲基乙炔基)-环丁烷	C ₁₀ H ₁₆	136	0.15
16	2,2,6-三甲基-环己酮	C ₉ H ₁₆ O	140	0.31
17	2-甲基基-4-甲基-[3.2.1]双环 (4R,S)-2-壬烯基-8-甲基- [4.3.0]双环异丙基烷	C ₉ H ₁₂	120	0.12
18	α-甲基-α-[4-甲基-3-戊烯基]- 氧杂环丙烷甲醇	C ₁₂ H ₁₈ O	178	0.1
19	3,5-辛二烯乙基酮	C ₁₀ H ₁₈ O ₂	170	0.71
20	3,7-二甲基-3-羟基-1,6-辛二烯	C ₈ H ₁₂ O	124	0.37
21	壬醛	C ₁₀ H ₁₈ O	154	2.8
22	壬醛	C ₉ H ₁₈ O	142	0.6
23	2,6-二甲基-环己醇	C ₈ H ₁₆ O	128	0.46
24	(E,Z)-2,6-壬二烯醛	C ₉ H ₁₄ O	138	0.28
25	1,1,4-三甲基-3-环己烯-1-甲醇	C ₁₀ H ₁₈ O	154	0.53
26	(1R)-(-)-桃金娘烯醛	C ₁₀ H ₁₄ O	150	0.15
27	3-甲基-2-(2-戊烯基)-环戊醇	C ₁₁ H ₂₀ O	168	0.34
28	1,1,5,6-四甲基-茛	C ₁₃ H ₁₈	174	3.06
29	-1-甲基-2,6,6-三甲基-1-环己烯	C ₁₀ H ₁₆ O	152	0.69
30	莰烯	C ₁₀ H ₁₆	136	0.24
31	1,2,3,4-四氢-1,4,6-三甲基萘	C ₁₃ H ₁₈	174	0.38
32	1-乙醛,2,6,6-三甲基-1-环己烯	C ₁₁ H ₁₈ O	166	0.6
33	4-(1-甲基)-1-环己烯甲醛	C ₁₀ H ₁₆ O	152	0.13
34	紫罗兰酮	C ₁₃ H ₂₀ O	192	1.2
35	2-甲氧基-4-乙炔基苯酚	C ₉ H ₁₀ O ₂	150	0.23
36	可巴烯	C ₁₅ H ₂₄	204	2.4
37	(E)-1,1,1-(2,6,6-甲基-1,3-环 己二烯-1-基)-2-丁烯	C ₁₃ H ₁₈ O	190	2.43
38	5,8,11,14,17-二十碳五烯酸甲酯	C ₂₁ H ₃₂ O ₂	316	3.1

续表1

序号	化合物名称	分子式	相对分子质量	相对含量/%
39	1,2-二氢-1,4,6-三甲基萘	C ₁₃ H ₁₆	172	0.86
40	十二(烷)醛	C ₁₂ H ₂₄ O	184	0.74
41	石竹烯	C ₁₅ H ₂₄	204	2.26
42	α-环柠檬叉丙酮	C ₁₃ H ₂₀ O	192	0.73
43	异喇叭烯	C ₁₅ H ₂₄	204	3.28
44	1-环己烯-1-醇-2,6-二甲基-酯酯	C ₁₀ H ₁₆ O ₂	168	0.74
45	1,6,10-三甲基-5,9-十一碳二烯	C ₁₃ H ₂₂ O	194	1.79
46	α-葑烯茄油萜	C ₁₅ H ₂₄	204	0.09
47	α-石竹烯	C ₁₅ H ₂₄	204	5.82
48	反式-β-紫罗(兰)酮	C ₁₃ H ₂₀ O	192	3.43
49	长叶松萜(V4)	C ₁₅ H ₂₄	204	1.25
50	1-甲基-4-(5-甲基-1-亚甲 基-4-己烯)-环己烯	C ₁₅ H ₂₄	204	0.64
51	α-长叶蒎烯	C ₁₅ H ₂₄	204	1.03
52	顺式-ψ-紫罗(兰)酮	C ₁₃ H ₂₀ O	192	0.31
53	α-白菖烯	C ₁₅ H ₂₀	200	1.25
54	.,+/-.-反式橙花叔醇	C ₁₅ H ₂₆ O	222	3.48
55	2-(1,4,4-三甲基环己烷-2-烯炔)-乙醇	C ₁₁ H ₂₀ O	168	0.4
56	石竹烯氧化物	C ₁₅ H ₂₄ O	220	9.71
57	喇叭茶醇	C ₁₅ H ₂₆ O	222	0.46
58	沉香螺萜醇	C ₁₅ H ₂₆ O	222	1.39
59	1,6-二甲基-4-(1-甲基亚乙基)-萘	C ₁₅ H ₁₈	198	0.26
60	α-没药醇	C ₁₅ H ₂₆ O	222	1.93
61	3,7,11,15-四甲基-2-十六碳烯-1-醇	C ₂₀ H ₄₀ O	296	0.07
62	6,10,14-三甲基-2-十五烷酮	C ₁₈ H ₃₆ O	268	1.38
63	三十烷酸乙酯	C ₃₁ H ₆₂ O ₂	466	1.81
64	棕榈酸乙酯	C ₁₈ H ₃₆ O ₂	284	0.78
65	叶绿醇	C ₂₀ H ₄₀ O	296	2.45
66	亚油酸乙酯	C ₂₀ H ₃₆ O ₂	308	0.32
67	(Z,Z,Z)-9,12,15-十八碳三烯酸乙酯	C ₂₀ H ₃₄ O ₂	306	1.25
68	三十二(碳)烷	C ₃₂ H ₆₆	450	1.68
69	杂质和其他			3.66

由表1可以看出,臭黄荆叶挥发油中鉴定出68种化合物,约占挥发油总量的96.34%。与其他木本植株叶类相比,臭黄荆叶挥发油成分主要含有醇、烯、酮、酯、酸、醛、呋喃等成分,包括醇14种(24.5%)、烯14种(18.85%)、酮8种(8.81%)、酯6种(7.95%)、醛8种(6.41%)、呋喃2种(3.95%)、烷3种(1.93%)、石竹烯氧化物(9.71%)、1,1,5,6-四甲基-茛(3.06%)、长叶松萜烯-(V4)(1.25%)等。其中质量分数在3%以上的成分分别为1-辛烯-3-醇、1,1,5,6-四甲基-茛、5,8,11,14,17-二十碳五烯酸甲酯、异喇叭烯、α-石竹烯、反式-β-紫罗(兰)酮、.,+/-.-反式橙花叔醇、石竹烯氧化物。含量较高的成分主要有1-辛烯-3-醇(11.45%)、石竹烯氧化物(9.71)、α-石竹烯(5.82%)、反式-β-紫罗(兰)酮(3.43%)。

3 讨论

从测定结果来看,臭黄荆叶含有丰富的灰分、蛋

白质、粗脂肪、粗纤维、果胶、总黄酮和总多酚，特别是总黄酮的含量很高，是多数常见蔬菜的几倍甚至百倍^[13]。黄酮类物质是国际上多年来天然药物和健康产品研发研究的热点之一，它具有降血压、保肝、抗菌和V_P样作用等多种生物活性^[14-15]，后又发现它具有对抗自由基、抑制癌细胞和对抗致癌促进因子，防止机体脂质过氧化反应作用^[16]。多酚具有很强的抗氧化作用，可以直接清除活性氧自由基，避免过剩的自由基损害生物膜、导致机体衰老、基因突变与癌变等，可以抑制脂质过氧化反应，激活细胞内的抗氧化防御系统；同时，多酚还可以延长人体内其他抗氧化剂，如VE、VC的作用时间，并可以促进血管舒张，降低炎症反应和降低血凝块形成，从而起到预防心血管病的作用；除了具有抗氧化作用外，多酚也可以有效地预防高脂食物在人体内产生的衍生物对人体产生不利的影响，植物多酚对微生物具有广谱性，还具有抗过敏、抗诱变、抗电子辐射和抑制细胞毒素等作用^[17-20]。

GC-MS分析鉴定出68种化合物，约占挥发油总量的96.34%。与其他木本植株叶类相比，臭黄荆叶挥发油成分主要含有醇、烯、酮、酯、酸、醛、呋喃等成分。质量分数在3%以上的成分分别为1-辛烯-3-醇、1,1,5,6-四甲基-茚、5,8,11,14,17-二十碳五烯酸甲酯、异喇叭烯、 α -石竹烯、反式- β -紫罗(兰)酮、+/-反式橙花叔醇、石竹烯氧化物。含量较高的成分主要有1-辛烯-3-醇(11.45%)、石竹烯氧化物(9.71%)、 α -石竹烯(5.82%)、反式- β -紫罗(兰)酮(3.43%)。

1-辛烯-3-醇可应用于调配蘑菇等草类调味香精、精油或重组精油，是GB 2760—1996《食品添加剂使用卫生标准》规定允许使用的食用香料；作为化学合成原料，可应用于制药领域；作为蚊虫引诱剂，可应用于杀蚊制品。石竹烯氧化物有抗菌消炎和抗真菌等活性^[21]，也是抗胃溃疡的活性成分。 α -石竹烯也称为律草烯，对小鼠肝和小肠中解毒酶谷胱甘肽S-转移酶呈强诱导活性，此酶使致癌剂失活，因此具有防癌作用，同时，律草烯还具有杀线虫作用。 β -紫罗(兰)酮可在化妆品、香皂中大量使用，亦可做杨梅等果子食品香精，是我国GB 2760—86《食品添加剂使用卫生标准》规定为允许使用的食用香料； β -紫罗(兰)酮还是生产VA的中间体，目前我国主要依靠进口的医药中间体之一。所以，臭黄荆叶的药用价值和其挥发油的成分有着必然的联系。

通过对臭黄荆叶理化组成的测定及挥发油成分分析，结果表明，臭黄荆叶中含有多种具有食用或药用价值的活性成分，有望开发成为具有医药、保健功能的药品或营养食品，值得关注与开发利用。

参考文献：

- [1] GAO Guizhen, CAO Wengen, CAI Hong, et al. Analysis and evaluation of nutritional components of wild *Premna microphylla* leaves[J]. Journal of Plant Resources and Environment, 2003, 12(1): 60-61.
- [2] Ke la CRUZ-GARCIA C, LOPEZ-HEMANDEZ J, GONZALEZ-CASTRO M J, et al. Protein, amino acid and fatty acid contents in raw and canned sea urchin (*Paracentrotus lividus*) harvested in Galicia (NW Spain)[J]. J Sci Food Agric, 2000, 80(8): 1189-1192.
- [3] 中国预防医学科学院标准处. 食品卫生国家标准汇编[M]. 北京: 中国标准出版社, 1992.
- [4] 李钧敏, 陈永辉, 金则新, 等. 大血藤黄酮类化合物的提取与分析[J]. 武汉植物学研究, 2002, 20(2): 157-161.
- [5] PRIOR R L, WU Xianli, SCHAICH K. Standardized methods for the determination of antioxidant capacity and phenolics in foods and dietary supplements[J]. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 2005, 53(10): 4290-4302.
- [6] 中华人民共和国药典委员会. 中华人民共和国药典: 一部[M]. 2005版. 北京: 化学工业出版社, 2005: 附录 XD.
- [7] 武小颖, 金幼菊. 改装简易蒸馏法提取侧柏挥发物的GC-MS分析[J]. 分析测试学报, 2008, 27(增刊1): 90-92.
- [8] SOUSA E O, COLARES A V, RODRIGUES F F G, et al. Effect of collection time on essential oil composition of *Lantana camara* Linn (Verbenaceae) growing in Brazil northeastern[J]. Records of Natural Products, 2010, 4(1): 31-37.
- [9] MORONKOLA D O, OGUNWANDE L A, BASER K H C. Essential oil composition of *Gmelina arborea* Roxb., Verbenaceae, from Nigeria [J]. Journal of Essential oil Research, 2009, 21(3): 264-266.
- [10] CHANOTIYA C S, YADAV A K, SINGH A K. Leaf oil composition of *Premna barbata* Wall. ex. Sch from Kumaon region of Uttarakhand[J]. Journal of Essential oil Research, 2009, 21(1): 76-77.
- [11] 杨荣兵, 袁旭江, 杜红光. 竹柏叶中挥发油 GC-MS 分析[J]. 亚太传统医药, 2008, 4(5): 51-52.
- [12] TABANCA N, OEZEK T, BASER KCH, et al. Comparison of the essential oils of *Origanum majomna* L. and *Origanum x majoricum* Cambess[J]. Journal of Essential oil Research, 2004, 16(3): 248-252.
- [13] 叶春, 聂开慧. 对40种新鲜蔬菜中总黄酮含量的测定[J]. 山地农业生物学报, 2000, 19(2): 122-123.
- [14] 周荣汉. 药用植物化学分类学[M]. 上海: 上海科学技术出版社, 1988: 86-87.
- [15] 林启寿. 中草药成分化学[M]. 北京: 科学出版社, 1997.
- [16] 刘诗平, 陈尚猛, 朱卫东. 槲皮素及其衍生物的生物化学活性研究进展[J]. 中草药, 1991, 22(4): 182-184.
- [17] ROBARDS K, PRENZLER P D, TUCKER G, et al. Phenolic compounds and their role in oxidative processes in fruits[J]. Food Chemistry, 1999, 66(4): 401-436.
- [18] CHULAROJMONTRI L, WATTANAPITAYAKUL S K, HERUNSALEE A, et al. Antioxidative and cardio protective effects of *Phyllanthus urinaria* L. on doxorubicin-induced cardiotoxicity[J]. Biol Pharm Bull, 2005, 28(7): 1165-1171.
- [19] BETTIN S M, FRANEIO D W. Phenols and metals in sugar-cane spirits. Quantitative analysis and effect on radical formation and radical scavenging[J]. Eur Food Res Technol, 2002, 215(2): 169-175.
- [20] KARIN S, GRETE B, LISE R, et al. Investigation of plant extracts for the protection of processed foods against lipid oxidation. Comparison of antioxidant assays based on radical scavenging, lipid oxidation and analysis of the principal antioxidant compounds[J]. Eur Food Res Technol, 2001, 212(3): 319-328.
- [21] 王淑萍, 孟祥颖, 齐晓丽, 等. 核桃楸挥发油化学成份分析[J]. 分析化学, 2005, 33(7): 961-964.