

气相色谱-质谱联用法分析牛尾菜根和茎叶中挥发性成分的差异

谭小青¹, 杜沛霖², 覃喜军², 高红伟², 刘布鸣³, 刘振杰^{4*}

(1. 广西中药质量标准研究重点实验室, 南宁 530022; 2. 广西中医药大学, 南宁 530299; 3. 广西壮族自治区中医药研究院, 南宁 530022; 4. 广西优势中成药与民族药开发工程技术研究中心, 南宁 530299)

摘要: **目的** 分析牛尾菜根和茎叶中的挥发油成分。**方法** 采用甲醇超声提取, 乙酸乙酯萃取法提取挥发油。然后采用气相色谱-质谱联用法(gas chromatography-mass spectrometry, GC-MS)进样分析获得总离子流图, 采用Xcalibur对总离子流图中各色谱峰进行质谱扫描后, 经过质谱计算机数据系统检索NIST图谱库鉴定牛尾菜根茎叶中挥发的化学成分, 并采用峰面积归一化法计算各成分的相对质量分数。**结果** 牛尾菜根挥发油鉴定出25种成分, 主要成分为乙酸丁酯、9C,11TR-共轭亚油酸甲酯、邻苯二甲酸二丁酯等; 牛尾菜茎挥发油鉴定出36种成分, 主要成分为邻苯二甲酸正庚-4-基酯、辛那普利醇等; 牛尾菜叶挥发油鉴定出29种成分, 主要成分为邻苯二甲酸二丁酯、2,2'-亚甲基双-(4-甲基-6-叔丁基苯酚)等, 3种挥发油共鉴定出72种成分。**结论** 本研究基本明确了牛尾菜根和茎叶挥发油中的主要成分, 并且发现三者存在差异。

关键词: 牛尾菜; 挥发油; 气相色谱-质谱联用法; 根; 茎叶

Difference analysis of volatile components in roots, stems and leaves of *Smilax riparia* A.DC by gas chromatography-mass spectrometry

TAN Xiao-Qing¹, DU Pei-Lin², QIN Xi-Jun², GAO Hong-Wei², LIU Bu-Ming³, LIU Zhen-Jie^{4*}

(1. Guangxi Key Laboratory of Traditional Chinese Medicine Quality Standards, Nanning 530022, China; 2. Guangxi University of Chinese Medicine, Nanning 530299, China; 3. Guangxi Institute of Traditional Medical and Pharmaceutical Sciences, Nanning 530022, China; 4. Guangxi Engineering Technology Research Center of Advantage Chinese Patent Drug and Ethnic Drug Development, Nanning 530299, China)

ABSTRACT: Objective To analyze the chemical differences between volatile oils extracted from the roots, stems and leaves of *Smilax riparia* A.DC. **Methods** The volatile oil was extracted by methanol ultrasonic. Gas chromatography-mass spectrometry (GC-MS) was adopted to analyze volatile oil to obtain total ion chromatogram (TIC). After mass spectra scanning of the chromatographic peaks in the TIC diagram by Xcalibur, chemical components of volatile oil in *Smilax riparia* A.DC were identified by retrieving and comparing mass spectrum database. The peak area normalization method was used to calculate the relative mass fraction of each component. **Results** After the obtained data were analyzed, 25 kinds of components were identified from the volatile oil of the

基金项目: 国家自然科学基金项目(81860711)、广西中医药大学2019—2021年广西一流学科建设开放课题项目(2019XK111)

Fund: Supported by the National Natural Science Foundation of China (81860711), and the Open Subject of 2019—2021 Guangxi First Class Discipline Construction (2019XK111)

***通信作者:** 刘振杰, 助理研究员, 主要研究方向为药物分析学。E-mail: rainman982@126.com

***Corresponding author:** LIU Zhen-Jie, Assistant Professor, Guangxi University of Traditional Chinese Medicine, No.13, Wuhe Road, Qingxiu District, Nanning 530299, China. E-mail: rainman982@126.com

root of the *Smilax riparia* A.DC, main components were butyl acetate, 9C,11TR conjugated linoleic acid methyl ester, and dibutyl phthalate. Totally 36 kinds of components were identified from the volatile oil of the stems of the *Smilax riparia* A.DC, main components were n-heptyl-4-yl phthalate and trans-sinapyl alcohol, and 29 kinds of components were identified from the volatile oil of the leaves of the *Smilax riparia* A.DC, main components were dibutyl phthalate and 2,2'-methylene bis-(4-methyl-6-tert-butylphenol). A total of 72 components were identified from 3 kinds of volatile oils. **Conclusion** In this study, the main components of the volatile oil in the roots, stems and leave of the *Smilax riparia* A.DC are basically identified, and there are differences among them.

KEY WORDS: *Smilax riparia* A.DC; volatile oil; gas chromatography-mass spectrometry; root; stems and leaves

0 引言

牛尾菜(*Smilax riparia* A.DC)为百合科 *Liliaceae* 菝葜属 *Smilax* L.植物牛尾菜的根茎^[1], 俗称龙须菜、白须公, 是湖北省土家族常用民间草药, 也是药食同源的美味佳肴, 分布于中国、朝鲜、日本和菲律宾; 在中国除内蒙古、新疆、西藏、青海、宁夏以及四川、云南高山地区外都有分布^[2], 为常用壮药, 是中华跌打丸中的配方主药之一^[3], 具有甘、苦、平的特性, 有祛痰、止咳、通络止痛、活血化瘀、跌打损伤、肾虚腰痛^[4-10]。牛尾菜中化学成分主要为挥发油、甾体、黄酮类等多种类型化合物, 具有镇痛、抗肿瘤、抗氧化、降血糖等功效^[8,11]。

牛尾菜作为 2015 版药典收载品种中华跌打丸的配方主药之一, 也是广西地方习用药材, 虽在《广西中药材标准》(1990 年版)和《江西省药材标准》(1996 年版)中均有收载, 但是其为《中国药典》未收载的药材^[3-5]。为了更好地保证其安全性、有效性和质量可控, 本研究对牛尾菜根茎叶的乙酸乙酯部位进行化学成分分析。挥发油是牛尾菜的主要化学成分类型之一, 鉴于其药用部位不尽相同的现状, 且目前尚未见关于牛尾菜不同药用部位挥发性成分比较研究的文献报道, 本研究拟采用气相色谱-质谱联用法(gas chromatography-mass spectrometry, GC-MS)分析牛尾菜根和茎叶中挥发性成分的差异, 旨在为有效开发利用牛尾菜资源提供数据参考。

1 材料与方法

1.1 仪器

TSQ 8000 EVO 型高灵敏度串接气质连用仪[赛默飞世尔科技(中国)有限公司]; GC-MS 气相色谱-质谱联用仪[赛默飞世尔科技(中国)有限公司]; JA2003 型电子天平(上海浦春计量仪器有限公司); SB-2400D 型超声波清洗机(宁波新芝生物科技股份有限公司)。

1.2 试剂

乙酸乙酯(分析纯, 生产批号: 181203, 厦门西陇科学

股份有限公司); 甲醇(分析纯, 生产批号: 20181203, 国药集团化学试剂有限公司)。

1.3 材料

新鲜牛尾菜采自广西中医药大学明秀校区药圃, 经广西中医药研究院刘布鸣研究员鉴定为百合科菝葜属植物牛尾菜。

1.4 实验方法

1.4.1 牛尾菜的处理

取牛尾菜根 4.043 g、茎 5.162 g、叶 2.377 g, 研磨, 用 70%甲醇 75 mL 超声提取 3 次, 每次半小时, 过滤, 合并滤液, 减压浓缩, 得牛尾菜根茎叶总提取物, 加水混悬后, 用乙酸乙酯萃取, 得乙酸乙酯部位的浸膏。

1.4.2 供试品的制备

取牛尾菜根、茎、叶的乙酸乙酯部位浸膏溶于乙酸乙酯溶液, 摇匀后, 用 0.22 μm 微孔滤膜进行过滤, 取滤液约 1 mL 置于自动进样瓶中, 即得。

1.4.3 气相色谱条件

色谱柱型: 石英毛细管柱(30 m \times 0.25 mm, 0.25 μm); 进样量 1 μL ; 升温程序: 40 $^{\circ}\text{C}$, 保持 1 min, 然后以 8 $^{\circ}\text{C}/\text{min}$ 升温至 210 $^{\circ}\text{C}$, 保持 5 min; 流量: 1.0 mL/min; 分流比 10:1(V:I); 载气: 氦气。

1.4.4 质谱条件

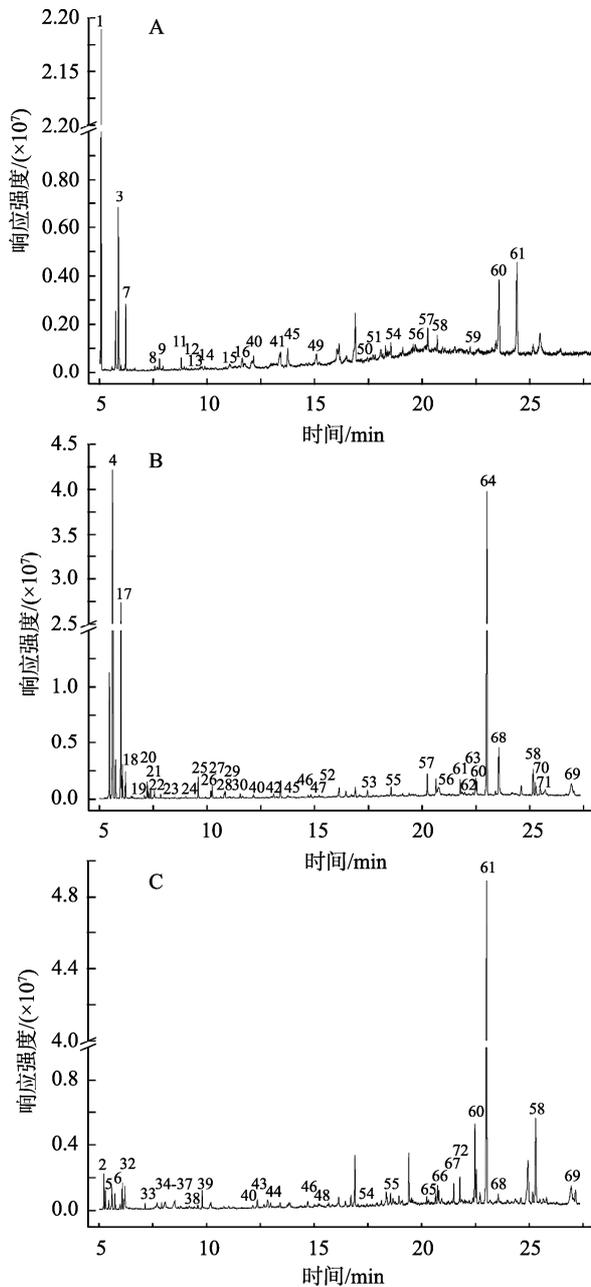
离子源: (electron ionization, EI), 电离能量: 70 eV, 离子源温度: 300 $^{\circ}\text{C}$, 四极杆温度: 150 $^{\circ}\text{C}$, 电子倍增器电压: 1.2 kV, 质量扫描范围: 50~500 amu。

2 结果与分析

2.1 牛尾菜根、茎、叶的乙酸乙酯部位的挥发性成分分析

取 1.4.1 项处理好的样品, 根据 1.4.3 项和 1.4.4 项的条件进样, 得到根、茎、叶的乙酸乙酯部位的总离子流图, 见图 1。总离子流色谱图中的各峰经质谱扫描后得到质谱图, 经过质谱计算机数据系统检索 NIST 图谱库, 并结合有关文献^[12-15]的谱图解析, 确定了牛尾菜根、茎、叶的乙酸乙酯部位的主要化学成分, 按照峰面积归一化法计算

各化学成分在挥发性成分中的峰面积百分比,分析结果见表1。



注: A: 根; B: 茎; C: 叶。

图1 牛尾菜的乙酸乙酯部位的总离子流图

Fig.1 Total ion chromatograms of ethyl acetate fraction of *Smilax riparia* A.DC

结果表明,从牛尾菜根的挥发油中总共鉴定出25个化合物,主要成分为脂类,其中乙酸丁酯(16.33%)、9C,11TR-共轭亚油酸甲酯(14.31%)、邻苯二甲酸二丁酯(7.46%)、棕榈酸甲酯(5.96%)等峰面积百分比比较高;从牛尾菜茎挥发油鉴定出36种成分,主要成分为脂类和醇类,其中邻苯二甲酸正庚-4-基酯(24.69%)、辛那普利醇(3.37%)

等峰面积百分比比较高;牛尾菜叶挥发油鉴定出29种成分,主要成分为脂类和酚类,其中邻苯二甲酸二丁酯(39.32%)、2,2'-亚甲基双-(4-甲基-6-叔丁基苯酚)(2.37%)等峰面积百分比比较高,3种挥发油共鉴定出72种成分详见表1。

由表1可知,由于来自同种植物,三者的挥发油成分存在一定的相似性,主成分类型皆为脂类,有5个共有成分,共有成分峰面积百分比比较高的为邻苯二甲酸二丁酯、棕榈酸甲酯和9C,11TR-共轭亚油酸甲酯。当然,三者之间也存在明显的区别:根中几个主要成分峰面积百分比比较高,分别为乙酸丁酯(16.33%)、9C,11TR-共轭亚油酸甲酯(14.31%)、邻苯二甲酸二丁酯(7.46%);茎中峰面积百分比比较高的为邻苯二甲酸正庚-4-基酯(24.69%)、辛那普利醇(3.37%)。叶中为邻苯二甲酸二丁酯(39.32%)、2,2'-亚甲基双-(4-甲基-6-叔丁基苯酚)(2.37%)。两者共有的5个成分中,峰面积的高低也存在明显的不同。

3 结论与讨论

本研究采用GC-MS对牛尾菜根和茎叶的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峰面积百分比。通过质谱库检索,结合图谱解析,共鉴定出72个化合物。

牛尾菜根和茎叶中挥发性的成分主要为邻苯二甲酸二丁酯(39.32%)、邻苯二甲酸正庚-4-基酯(24.69%)、乙酸丁酯(16.33%)、9C,11TR-共轭亚油酸甲酯(14.31%)等。其中邻苯二甲酸二丁酯是聚氯乙烯最常用的增塑剂,可使制品具有良好的柔软性,对多种树脂具有很强溶解力,还可用于制造油漆、粘接剂、人造革、印刷油墨、安全玻璃、赛璐珞、染料、杀虫剂、香料溶剂、织物润滑剂等。乙酸正丁酯,为无色透明有愉快果香气味的液体,是一种优良的有机溶剂,广泛用于硝化纤维漆中,在人造革、织物及塑料加工过程中用作溶剂,也用于香料复配及杏、香蕉、梨、菠萝等各种香味剂的成分。对羟基苯甲醛是一种浅黄色或类白色结晶体,微有芳香气味,具有一定DPPH自由基清除作用^[16],是牛尾菜中的抗氧化活性成分。同时,根和茎叶中还含有丰富的其他活性物质,如邻苯二甲酸二丁酯、棕榈酸甲酯、反式-3-(4-羟基-3-甲氧基苯基)-2-丙烯-1-醇等,但这些成分峰面积不高,且三部位峰面积百分比差异大。通过对比上述牛尾菜根、茎、叶挥发性成分结果发现,根、茎、叶中既存在相同的化学成分也存在差异成分。根、茎、叶三者的共有成分多为酯类如邻苯二甲酸二乙酯、棕榈酸甲酯、邻苯二甲酸二丁酯。此外牛尾菜根和茎叶挥发油中含有多种香料原料或药用活性物质,具有较高的工业价值和药用价值,阐明其所含化学成分能为牛尾菜药用部位的筛选及药材炮制等研究提供一定的实验依据和参考,但是牛尾菜提取所得挥发油的相关药理作用还有待进一步考察。

表 1 牛尾菜根和茎叶挥发油成分分析及其峰面积百分比
Table 1 Analysis and peak area percentage of volatile oil from root, stem and leaf of *Smilax riparia* A.DC

序号	保留时间	化合物名称	分子式	分子量	匹配度	峰面积百分比		
						根	茎	叶
1	5.11	乙酸丁酯	C ₆ H ₁₂ O ₂	116	94	16.33	-	-
2	5.14	2-甲基丁酸乙酯	C ₇ H ₁₄ O ₂	130	94	-	-	1.00
3	5.59	3-甲基丁酸	C ₅ H ₁₀ O ₂	102	86	0.17	-	-
4	5.68	2-羟基异丁酸甲酯	C ₅ H ₁₀ O ₃	118	84	-	1.24	-
5	5.22	异戊酸乙酯	C ₇ H ₁₄ O ₂	130	74	-	-	0.54
6	5.69	N-甲基甲酰胺	C ₂ H ₅ NO	59	89	-	-	0.48
7	6.02	仲丁醚	C ₈ H ₁₈ O	130	84	0.14	-	-
8	7.71	苯酚	C ₆ H ₆ O	94	81	0.22	-	-
9	7.80	2,2,7,7-四甲基辛烷	C ₁₂ H ₂₆	170	90	0.53	-	-
10	7.96	2,4,6-三甲基辛烷	C ₁₁ H ₂₄	156	83	0.16	-	-
11	8.81	(R)-3-羟基-4,4-二甲基-二氢-2(3H)-咪喃酮	C ₆ H ₁₀ O ₃	130	87	0.71	-	-
12	8.94	2,6-二甲基十七烷	C ₁₉ H ₄₀	268	81	0.19	-	-
13	9.70	4-壬基酚	C ₉ H ₁₆ O	140	85	0.19	-	-
14	9.77	O-癸基-羟胺	C ₁₀ H ₂₃ NO	173	84	0.25	-	-
15	11.48	2-壬烯醛	C ₉ H ₁₆ O	140	81	0.24	-	-
16	11.64	2,6-二甲基癸烷	C ₁₂ H ₂₆	170	85	0.93	-	-
17	6.00	环己酮	C ₆ H ₁₀ O	98	90	-	1.27	-
18	6.15	乙二醇丁醚	C ₆ H ₁₄ O ₂	118	92	-	0.99	-
19	7.05	丙苯	C ₉ H ₁₂	120	83	-	0.13	-
20	7.19	3-乙基甲苯	C ₉ H ₁₂	120	91	-	0.62	-
21	7.25	邻乙基甲苯	C ₉ H ₁₂	120	87	-	0.25	-
22	7.35	均三甲苯	C ₉ H ₁₂	120	89	-	0.31	-
23	7.53	对乙基甲苯	C ₉ H ₁₂	120	88	-	0.37	-
24	7.83	1,2,4-三甲苯	C ₉ H ₁₂	120	81	-	0.16	-
25	9.59	乙二醇丁醚醋酸酯	C ₈ H ₁₆ O ₃	160	93	-	0.87	-
26	10.18	1,2,3,4-四甲基-5-亚甲基-1,3-环戊二烯	C ₁₀ H ₁₄	134	85	-	0.30	-
27	10.25	1,2,4,5-四甲苯	C ₁₀ H ₁₄	134	89	-	0.52	-
28	10.64	4-乙烯基-1,2-二甲基-苯	C ₁₀ H ₁₂	132	85	-	0.12	-
29	10.64	1,2,3,5-四甲基苯	C ₁₀ H ₁₄	134	85	-	0.58	-
30	10.84	1-亚甲基-1H 茛	C ₁₀ H ₈	128	91	-	0.31	-
31	6.03	戊酸乙酯	C ₇ H ₁₄ O ₂	130	82	-	-	0.83
32	6.15	2-丁氧基乙醇	C ₆ H ₁₄ O ₂	118	89	-	-	1.07
33	7.12	(Z)-2-庚醛	C ₇ H ₁₂ O	112	95	-	-	0.23
34	7.67	丙基丙二酸	C ₆ H ₁₀ O ₄	146	85	-	-	0.44
35	7.90	3-乙基-1,4-己二烯	C ₈ H ₁₄	110	89	-	-	0.16
36	8.03	(Z)-3-己烯酸	C ₆ H ₁₀ O ₂	114	85	-	-	0.41
37	8.47	(E)-2-己烯酸	C ₆ H ₁₀ O ₂	114	83	-	-	0.55

表1(续)

序号	保留时间	化合物名称	分子式	分子量	匹配度	峰面积百分比		
38	9.60	乙酸-2-丁氧基乙酯	C ₈ H ₁₆ O ₃	160	90	-	-	0.23
39	9.80	十一烷	C ₁₁ H ₂₄	156	91	-	-	0.76
40	12.15	2,3-二氢苯并呋喃	C ₈ H ₈ O	120	82	1.63	0.31	0.21
41	12.98	2-甲基十一烷	C ₁₂ H ₂₆	170	79	0.43	-	-
42	13.10	(Z)-3-苯基丙烯醛	C ₉ H ₈ O	132	84	-	0.29	-
43	12.36	3-乙基-4-甲基吡咯-2,5-二酮	C ₇ H ₉ NO ₂	139	89	-	-	0.43
44	12.84	3-乙基-4-甲基-1H-吡咯-2,5-二酮	C ₇ H ₇ NO ₂	137	86	-	-	0.61
45	13.75	2-羟基-5-甲基苯乙酮	C ₉ H ₁₀ O ₂	150	84	1.77	0.26	-
46	14.70	对羟基苯甲醛	C ₇ H ₆ O ₂	122	85	-	0.21	0.39
47	14.84	α -萜蒎烯	C ₁₅ H ₂₄	204	82	-	0.22	-
48	15.01	3-亚甲基-1-氧-螺环 4,5 癸-2-酮	C ₁₀ H ₁₄ O ₂	166	74	-	0.11	0.14
49	15.09	十四烷	C ₁₄ H ₃₀	198	85	0.94	-	-
50	17.71	2-(3,4-二甲氧基苯基)-3,4-二氢-6-甲基-(2a,3a,4a)-2H-1-苯并吡喃-3,4-二醇	C ₁₈ H ₂₀ O ₅	316	83	0.30	-	-
51	18.39	环十五(烷)酰	C ₁₅ H ₃₀ O	226	82	0.41	-	-
52	15.20	3-甲氧基-4-羟基苯甲醛	C ₈ H ₈ O ₃	152	81	-	0.12	-
53	17.74	异榄香脂素	C ₁₂ H ₁₆ O ₃	208	81	-	0.40	-
54	18.76	7-(乙酰氧基)十氢-2,9,10-三羟基-3,6,8,8,10a-五甲基-1b, 4a-环氧-2H-环戊基[3,4]环丙烷[8,9]环戊[1,2-b]环氧-5(6H)-酮	C ₂₂ H ₃₂ O ₈	424	66	0.17	-	0.22
55	19.10	丁香醛	C ₉ H ₁₀ O ₄	182	80	-	0.35	0.43
56	21.25	2,2-二甲基-6-亚甲基-1-[3,5-二羟基-1-戊烯基]环己烷-1-过氧化氢	C ₁₄ H ₂₄ O ₄	256	67	0.32	0.14	-
57	20.24	反式-3-(4-羟基-3-甲氧基苯基)-2-丙烯-1-醇	C ₁₀ H ₁₂ O ₃	180	89	1.44	1.48	0.42
58	25.15	9C,11TR-共轭亚油酸甲酯	C ₁₉ H ₃₄ O ₂	294	90	14.31	2.02	0.78
59	22.23	邻苯二甲酸异丁酯	C ₂₀ H ₃₀ O ₄	334	87	0.83	-	-
60	23.57	棕榈酸甲酯	C ₁₇ H ₃₄ O ₂	270	88	5.96	0.66	1.57
61	24.39	邻苯二甲酸二丁酯	C ₁₆ H ₂₂ O ₄	278	96	7.46	0.82	39.32
62	21.84	戊二酸-3-甲基-2-基-2-乙基己基酯	C ₁₈ H ₃₄ O ₄	314	81	-	0.26	-
63	22.37	邻苯二甲酸-1-丁酯-2-异丁酯	C ₁₆ H ₂₂ O ₄	278	81	-	0.13	-
64	23.00	邻苯二甲酸正庚-4-基酯	C ₁₉ H ₂₈ O ₄	320	92	-	24.69	-
65	20.24	反式-3-(4-羟基-3-甲氧基苯基)-2-丙烯-1-醇	C ₁₀ H ₁₂ O ₃	180	82	-	-	0.42
66	20.33	6-羟基-4,4,7a-三甲基-5,6,7,7a-四氢苯并呋喃-2(4H)-酮	C ₁₁ H ₁₆ O ₃	196	86	-	-	0.87
67	21.49	6,10,14-三甲基-2-十五烷酮	C ₁₈ H ₃₆ O	268	87	-	-	1.03
68	23.56	辛那普利醇	C ₁₁ H ₁₄ O ₄	210	90	-	3.37	0.19
69	26.93	2,2'-亚甲基双-(4-甲基-6-叔丁基苯酚)	C ₂₃ H ₃₂ O ₂	340	82	-	1.46	2.37
70	25.27	甲基(Z)-5,11,14,17-二十碳四烯酸甲酯	C ₂₁ H ₃₄ O ₂	318	85	-	1.05	-
71	25.49	(E)-3,7,11,15-四甲基-2-十六碳烯-1-醇	C ₂₀ H ₄₀ O	296	80	-	0.64	-
72	21.85	戊二酸二(2-乙基己基)酯	C ₂₁ H ₄₀ O ₄	356	85	-	-	0.35

参考文献

- [1] 唐进, 汪发缙. 中国植物志. 第 15 卷[M]. 北京: 科学出版社, 1978.
TANG J, WANG FZ. Flora of China. Volume 15 [M]. Beijing: Science Press, 1978.
- [2] 赵琦. 龙须菜林下繁育技术[J]. 安徽农学通报, 2017, 23(24): 54, 85.
ZHAO Q. Under forest propagation technology of *Gracilaria lemaneiformis* [J]. Anhui Agric Bull, 2017, 23(24): 54, 85.
- [3] 国家药典委员会. 中华人民共和国药典: 2015 年版一部[M]. 北京: 中国医药科技出版社, 2015.
State Pharmacopoeia Commission. Pharmacopoeia of the People's Republic of China: Volume I, 2015 edition [M]. Beijing: China Medical Science and Technology Press, 2015.
- [4] 广西壮族自治区卫生厅. 广西中药材标准第二册[M]. 南宁: 广西壮族自治区卫生厅, 1990.
Department of health of Guangxi Zhuang Autonomous Region. Standards for Chinese medicinal materials in Guangxi Volume II [M]. Nanning: The Guangxi Zhuang Autonomous Region Health Department, 1990.
- [5] 江西省卫生厅. 江西省中药材标准: 1996 年版[M]. 南昌: 江西科学技术出版社, 43.
Jiangxi Provincial Health Department. Standard of traditional Chinese medicine in Jiangxi Province: 1996 edition [M]. Nanchang: Jiangxi Science and Technology Press, 1996.
- [6] SUN TT, ZHANG DW, HAN Y, *et al.* Smilaxides M and N, two new phenylpropanoid glycosides from *Smilax riparia* [J]. J Asia Nat Prod Res, 2012, 14(2): 165–170.
- [7] CHEN W, SHOU XA, CHEN Y, *et al.* A new aurone from *Smilax riparia* [J]. Chem Nat Comp, 2014, 50(6): 989–993.
- [8] 陈人萍, 张英华, 刘卫, 等. 牛尾菜乙醇提取物抗类风湿性关节炎作用研究[J]. 特产研究, 2014, 36(2): 47–50.
CHEN RP, ZHANG YH, LIU W, *et al.* Study on anti rheumatoid arthritis effect of ethanol extract from *Sargassum* [J]. Special Res, 2014, 36(2): 47–50.
- [9] WU XH, ZHANG J, WANG SQ, *et al.* Riparoside B and timosaponin J, two steroidal glycosides from *Smilax riparia*, resist to hyperuricemia based on URAT1 in hyperuricemic mice [J]. Phytomedicine, 2014, 21(10): 1196–1201.
- [10] WU XH, RUAN JL, ZHANG J, *et al.* Pallidifloside D, a saponin glycoside constituent from *Smilax riparia*, resist to hyperuricemia based on URAT1 and GLUT9 in hyperuricemic mice [J]. J Ethnopharmacol, 2014, 157: 201–205.
- [11] 陈雯. 牛尾菜的化学成分及其生物活性研究[D]. 天津: 天津医科大学, 2012.
CHEN W. Studies on chemical constituents and biological activities of *Smilax riparia* [D]. Tianjin: Tianjin Medical University, 2012.
- [12] 傅文彦. 计算机辅助的谱图解析法[J]. 分析仪器, 1982, 1(1): 43.
FU WY. Computer aided analytical method of spectrum [J]. Anal Instrum, 1982, 1(1): 43
- [13] 刘明明, 夏炳乐, 杨俊. 自动化色谱谱图解析—谱峰的自动识别与快速解析[J]. 色谱, 2009, 27(3): 351–35.
LIU MM, XIA BL, YANG J. Automatic peak recognition and rapid resolution of chromatographic signals with a self-compiling program [J]. Chin J Chromatogr, 2009, 27(3): 351–35.
- [14] 江康丽, 康显杰, 吴瑶, 等. 通过 GC-MS 比较不同产地加工方法对乌药中挥发油的影响[J]. 中华中医药杂志, 2019, 34(8): 3760–3763.
JIANG KL, KANG XJ, WU Y, *et al.* Effects of volatile oil of *Linderae radix* in different processing methods by GC-MS [J]. Chin J Tradit Chin Med Pharm, 2019, 34(8): 3760–3763.
- [15] 赵金凯, 康显杰, 应泽茜, 等. 通过 GC-MS 比较乌药直根与块根中挥发油化学组成[J]. 中华中医药杂志, 2020, 35(1): 408–410.
ZHAO JK, KANG XJ, YING ZQ, *et al.* Comparison of chemical constituents of volatile oil in straight roots and roots of *Linderae radix* by GC-MS [J]. Chin J Tradit Chin Med Pharm, 2020, 35(1): 408–410.
- [16] 陈雯, 唐生安, 秦楠, 等. 牛尾菜抗氧化活性成分研究[J]. 中国中药杂志, 2012, 37(6): 806–810.
CHEN W, TANG SA, QIN N, *et al.* Antioxidant constituents from *Smilax riparia* [J]. Chin J Chin Mater Med, 2012, 37(6): 806–810.

(责任编辑: 于梦娇)

作者简介



谭小青, 助理研究员, 主要研究方向为天然产物与药物化学。

E-mail: 43524960@qq.com



刘振杰, 助理研究员, 主要研究方向为药物分析学。

E-mail: rainman982@126.com