

卷柏的化学成分研究进展

许作超¹, 付晓秀², 金莉莉^{1*} (1.延边大学, 吉林 延吉 133000; 2.聊城市第二人民医院, 山东 临清 252600)

摘要: 卷柏是一种多年生草本植物, 常用中药, 属卷柏科卷柏属。目前为止, 国内外学者从卷柏中分离并报道的化学成分有 130 多种, 主要包括 40 种黄酮类、20 种苯丙素类、17 种甾体类、26 种呋喃类化合物, 以及糖苷、酚、蒽醌、萜、生物碱类化合物等。本文对卷柏多样性的化学成分进行综述, 为卷柏的深入研究和临床应用提供参考。

关键词: 卷柏; 化学成分; 黄酮类化合物; 研究进展

中图分类号: R284.2

文献标志码: A

文章编号: 1007-7693(2017)12-1779-06

DOI: 10.13748/j.cnki.issn1007-7693.2017.12.030

引用本文: 许作超, 付晓秀, 金莉莉. 卷柏的化学成分研究进展[J]. 中国现代应用药学, 2017, 34(12): 1779-1784.

Chemical Constituents Research Progress of *Selaginella Tamariscina*

XU Zuochao¹, FU Xiaoxiu², JIN Lili^{1*} (1.Yanbian University, Yanji 133000, China; 2.The Second People's Hospital of Liaocheng, Linqing 252600, China)

ABSTRACT: *Selaginella tamariscina* is a perennial herbaceous plant, which belongs to *Selaginellaceae selaginella*, commonly used in traditional Chinese medicine. So far, more than 130 kinds of chemical constituents have been isolated and reported from domestic and foreign scholars, including 40 kinds of flavonoids, 20 kinds of phenylpropanoids, 17 kinds of steroids, 26 kinds of acetophenol compounds as well as glycosides, phenols, anthraquinones, terpenes, alkaloids, etc. In this paper, the multifarious chemical composition of the *Selaginella* were summarized, which provided a reference for the further study and clinical application of *Selaginella*.

KEY WORDS: *Selaginella tamariscina*; chemical constituent; flavonoids; research progress

卷柏为单科单属(卷柏科卷柏属)植物卷柏 *Selaginella tamariscina* (Beauv.) Spring 的干燥全草, 与江南卷柏、垫状卷柏、兖州卷柏等国内 70 多个物种同属一属^[1], 广泛分布于我国东北、华北、华东、中南及陕西、四川等地, 为中国药典 2015 年版所收载品种^[2]。卷柏化学结构复杂, 生物活性强, 多用于肿瘤、高血糖、血小板减少性紫癜等疾病的治疗^[3]。近年来, 国内外对卷柏化学成分的研究趋于热点, 卷柏中复杂而新颖的化学成分被不断地分离与鉴定。卷柏化合物中的黄酮类、酚类、糖苷类等, 都具有较好的药理活性。

1 黄酮类

黄酮类化合物是卷柏重要化学组分, 具有多样药物活性, 是卷柏提取物降血糖的主要活性成分, 也具有抗肿瘤、抗炎功能。1971 年, 日本学者 Okigawa 等^[4]最早从卷柏中分离出芹菜素和穗花杉双黄酮、扁柏双黄酮、异柳杉双黄酮等黄酮类化合物。此后, 国内外学者又先后从卷柏中分离出大量黄酮类化合物, 包括黄酮、黄酮苷、双黄酮等化合物。

1.1 黄酮类(单黄酮、黄酮苷)

卷柏中黄酮类化合物大多是芹菜素及其衍生

物, 结构式见图 1。目前, 已报道分离出的黄酮类化合物 12 种, 见表 1。刘建峰等^[5]从卷柏中分离出芹菜素(黄酮)的衍生物: 6-(5-羧基-2-羟基苯基)-芹菜素、6-(2-羟基-5-羧基苯基)-芹菜素。国外学者 MA 等^[6]从卷柏中分离出与鼠李糖形成的黄酮苷类化合物: 槲皮素-3-O- α -L-鼠李糖苷、山奈酚-3-O- α -L-鼠李糖苷。

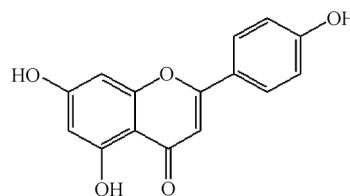


图 1 芹菜素结构式

Fig. 1 apigenin structural

1.2 双黄酮类

目前, 已从卷柏中分离出 28 种双黄酮类化合物(表 1: 13~40)。这些双黄酮类化合物具有独特的 2 个黄酮母核结构, 主要由 2 分子芹菜素或其甲醚衍生物聚合而成, 也有芹菜素和 2,3 双氢芹菜素聚合而成, 其结构较为复杂, 连接方式多样, 大都

作者简介: 许作超, 男, 硕士生 Tel: 18653618000
E-mail: xuzuocho2007@163.com
导师 Tel: (0433)2436011 E-mail: jinlili@ybu.edu.cn

*通信作者: 金莉莉, 女, 博士, 副教授,

表 1 黄酮类

Tab. 1 Flavanoids

序号	化合物名	英文名	文献来源
1	芹菜素	apigenin	[7,8,4]
2	槲皮素	quercetin	[8,7]
3	芜花素	genkwanin	[9,8]
4	木犀草素	luteolin	[7]
5	5,4'-二羟基-7-甲氧基黄酮	5,4'-dihydroxy-7-methoxyflavone	[10]
6	芹菜素-6,8-二- α -L-葡萄糖苷	apigenin-6,8-c- β -glucopyranoside	[8,9]
7	槲皮素-3- O - α -L-鼠李糖苷	quercetin-3- O - α -L-rhamnopyranoside	[6]
8	山奈酚-3- O - α -L-鼠李糖苷	kaempferol-3- O - α -L-rhamnopyranoside	[6]
9	6-(5-羧基-2-羟基苯基)-芹菜素	6-(5-acetyl-2-hydroxy phenyl)-apigenin	[5]
10	6-(2-羟基-5-羧基苯基)-芹菜素	6-(2-hydroxy-5-carboxyphenyl)-apigenin	[11,12]
11	6-(2-羟基-5-乙酰基苯基)-芹菜素	6-(2-hydroxy-5-acetylphenyl)-apigenin	[12]
12	6,8-二- C - β -D-吡喃葡萄糖基芹菜素	6,8-di- C - β -D-glucopyranosyl apigenin	[9]
13	扁柏黄素	chamaecyparin	[13]
14	漆树黄酮	sumaflavone	[14]
15	柳杉黄素 B	cryptomerin B	[15]
16	扁柏双黄酮	hinokiflavone	[16,8,10]
17	苏铁双黄酮	sotetsuflavone	[17]
18	红杉双黄酮	sequoiaflavone	[13,16]
19	银杏双黄酮	ginkgetin	[16]
20	穗花杉双黄酮	amentoflavone	[9,12,14]
21	新柳杉双黄酮	neocryptomerin	[7,8,9]
22	橡胶树双黄酮	heveaflavone	[5,6,12]
23	台湾杉双黄酮	taiwaniaflavone	[14]
24	异柳杉双黄酮	isocryptomerin	[10,17]
25	异银杏双黄酮	isoginkgetin	[17]
26	罗汉松双黄酮 A	podocarpusflavone A	[5,7]
27	罗波斯塔双黄酮	robustaflavone	[14]
28	垫状卷柏双黄酮	pulvinatabiflavone	[18,13]
29	去甲银杏双黄酮	bilobetin	[17]
30	2',8"-双芹菜素	2',8"-biapigenin	[14]
31	穗花杉双黄酮-7-甲醚	amentoflavone-7-ether	[19]
32	2,3-去氢阿曼托双黄酮	2,3-dihydroamentoflavone	[7]
33	7"- O -甲基阿曼托双黄酮	7"- O -methylamentoflavone	[17]
34	2,3-二氢穗花杉双黄酮	2,3-dihydroamentoflavone	[20]
35	7,7"-二甲氧基穗花杉双黄酮	7,7"-di- O -methylamentoflavone	[17]
36	6"-羟基-2,3-二氢穗花杉双黄酮	6"-hydroxy-2,3-dihydroamentoflavone	[13]
37	5,7,4',5",4'''-六羟基-3'-8"-双黄酮	5,7,4',5",4'''-hexahydroxy-3'-8"-biflavone	[21]
38	4',7"-二甲氧基-2,3-穗花杉双黄酮	4',7"-di- O -methyl-2,3-dihydroamentoflavone	[22]
39	5,7,4',5",7",3"',4'''-六羟基-3',8"-双黄酮	5,7,4',5",7",3"',4'''-hexahydroxy-3',8"-biflavone	[23]
40	2,3-二氢-5,7,4',5",7",3"',4'''-七羟基-8,8"-双黄酮	2,3dihydro-5,7,4',5",7",3"',4'''-septahydroxyl-8,8"-biflavone	[9]

以芹菜素或柚皮素为基本结构单元。双黄酮类化合物主要有联苯型 C-C(图 2)和双苯醚型 C-O-C(图 3)2 种连接方式。穗花杉双黄酮、银杏双黄酮、罗汉松双黄酮 A 等化合物属于联苯 C-C 结构,而柳杉黄素 B、扁柏双黄酮、垫状卷柏双黄酮等化合物则属于双苯醚型 C-O-C 结构。根据母核连接方式,amentoflavone 族化合物以 C3'-C8"连接,robustaflavone 族化合物以 C3'-C6"相连, hinokiflavone 族化合物则属于 C4'-O-C6"连接。

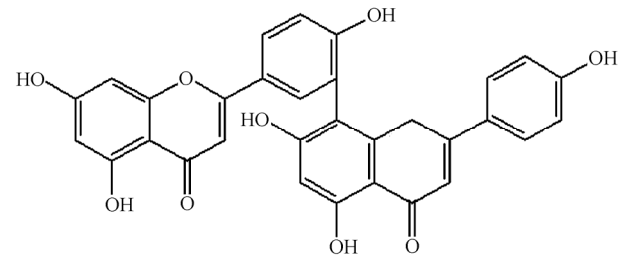


图 2 联苯型 C-C

Fig. 2 biphenyl type C-C

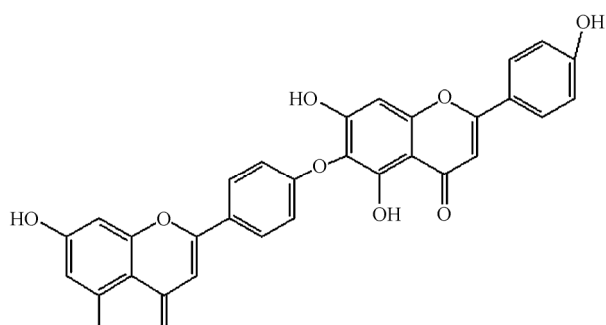


图3 双苯醚型 C-O-C
Fig. 3 diphenyl ether C-O-C

2 苯丙素类

从卷柏中分离出苯丙素类化合物可分为简单苯丙素、木脂素、香豆素 3 大类,共 20 种(表 2: 41~60)。简单苯丙素类化合物咖啡酸^[24](图 4)、阿魏酸为咖啡酸类衍生物的代表。卷柏苷 C^[25]等木脂素类化合物具有苯并呋喃的结构(图 5)。卷柏苷 B 中含有两个手性碳原子,卷柏酸 A 中则含有 C≡C 不饱和键。从卷柏中分离出来的香豆素类化合物共 4 种: 香豆素(图 6)、7-羟基香豆素、(4-羟基苯基)-6,7-羟基香豆素、3-(4-羟基苯基)-6,7-二羟基香豆素。

表 2 苯丙素类

Tab. 2 Phenylpropanoid

序号	化合物名	英文名	文献来源
41	香豆素	coumarin	[24]
42	咖啡酸	caffeic acid	[24]
43	阿魏酸	ferulaic acid	[24]
44	卷柏酯 A	tamariscina ester A	[24]
45	卷柏苷 A	selaginella glycosides A	[9]
46	卷柏苷 B	selaginella glycosides B	[25,9]
47	卷柏苷 C	selaginella glycosides C	[26]
48	卷柏苷 D	selaginella glycosides D	[27]
49	卷柏苷 E	selaginella glycosides E	[27]
50	卷柏苷 F	selaginella glycosides F	[27]
51	卷柏酸 A	selaginella acid A	[9]
52	江南卷柏苷 A	moellenoside A	[27]
53	丁香脂素	syringaresinol	[9,28]
54	7-羟基香豆素	7-dihydroxycoumarin	[13]
55	1-(4'-羟基-3'-甲氧基苯基)甘油	1-(4'-hydroxyl-3'-methoxyphenyl)glycerol	[25]
56	4-羟基苯基-6,7-二羟基香豆素	4-hydroxyphenyl-6,7-dihydroxycoumarin	[5]
57	3-(4-羟基苯基)-6,7-二羟基香豆素	3-(4-hydroxyphenyl)-6,7-dihydroxycoumarin	[4,12]
58	(2R,3S)-二氢-2-(3,5-二甲氧基-4-羟基苯基)-7-甲氧基-5-乙酰苯并呋喃	(2R,3S)-dihydro-2-(3,5-dimethoxy-4-hydroxyphenyl)-7-methoxy-5-acetyl-benzofuran	[29]
59	(2S,3R)-二氢-2-(3,5-二甲氧基-4-羟基苯基)-3-羟甲基-7-甲氧基-5-乙酰苯并呋喃	(2S,3R)-dihydro-2-(3,5-dimethoxy-4-hydroxyphenyl)-3-hydroxymethyl-7-methoxy-5-acetyl-benzofuran	[25,27]
60	(7R,8S)-二氢-7-(4-羟基-3,5-二甲氧基)-8-羟甲基-5'-甲氧基-1'-乙酰苯并呋喃	(7R,8S)-dihydro-7-(4-hydroxy-3,5-dimethoxy)-8-hydroxymethyl-5'-methoxy-1'-acetylbenzofuran	[9]

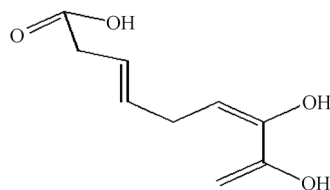


图4 咖啡酸
Fig. 4 Caffeic acid

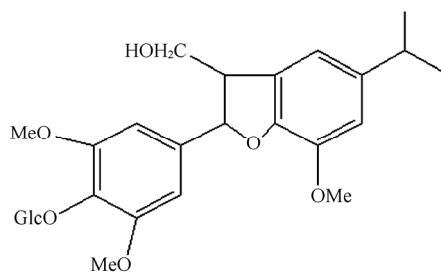


图5 卷柏苷 C
Fig. 5 selaginella glycosides C

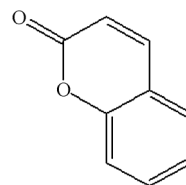


图6 香豆素
Fig. 6 Coumarin

3 炔酚类化合物

卷柏中已分离出大量新型炔酚类化合物 26 种(表 3: 61~86), 其中 22 种为 selaginellin 系列化合物, 其他 4 种为 selariscinin 系列化合物。炔酚类化合物通过其细胞毒性^[30]和抑制细胞增殖作用^[31]而呈现出较好的抗肿瘤活性。刘建锋^[12]从卷柏中分离出了 selaginellin、selaginellin A、selaginellin D、selaginellin G、selaginellin F, 并证实了新型炔酚类化合物的生源合成为醋酸-丙二酸-莽草酸混合途径。

表 3 炔酚类

Tab. 3 Alkyne phenols

序号	化合物名	文献来源	序号	化合物名	文献来源
61	selaginellin	[12,17,18,22,23]	74	selaginellin M-2	[30]
62	selaginellin A	[12,16,17, 22]	75	selaginellin N	[30]
63	selaginellin B	[16,17,19]	76	selaginellin O	[28]
64	selaginellin C	[18]	77	selaginellin P	[32]
65	selaginellin D	[12]	78	selaginellin Q	[32]
66	selaginellin E	[12]	79	selaginellin T	[33]
67	selaginellin F	[12]	80	selaginellin U	[33]
68	selaginellin G	[12]	81	selaginellin V	[33]
69	selaginellin I	[21]	82	selaginellin W	[33]
70	selaginellin J	[21]	83	selariscinin A	[34]
71	selaginellin K	[27]	84	selariscinin B	[34]
72	selaginellin L	[27]	85	selariscinin C	[34]
73	selaginellin M	[22]	86	selariscinin D	[35]

表 4 甾类化合物

Tab. 4 Steroids

序号	化合物名	英文名	文献来源
87	胆甾醇	cholesterol	[10]
88	β -谷甾醇	β -sitosterol	[10,36]
89	D-甘露醇	D-mannitol	[26]
90	莽草酸	shikimic acid	[26]
91	胡萝卜苷	daucosterol	[36]
92	7 α -羟基谷甾醇	7 α -hydroxysitosterol	[37]
93	7 β -羟基谷甾醇	7 β -hydroxysitosterol	[37]
94	7 β -羟基胆固醇	7 β -hydroxycholesterol	[37]
95	麦角甾醇过氧化物	ergosterol endoperoxide	[37]
96	麦角甾-4,6,8,22-四烯-3-酮	ergosta-4,6,8,22-tetraene-3-one	[37]
97	(4 α ,5 α)-4,14-二甲基胆甾-8-烯-3-酮	(4 α ,5 α)-4,14-dimethylcholest-8-en-3-one	[37]
98	3 β ,16 α -二羟基-5 α -胆甾烷-21-酸	3 β ,16 α -dihydroxy-5 α -cholestan-21-carboxylic acid	[36]
99	3 β -乙酰氧基-16 α -羟基-5 α -胆甾烷-21-酸	3 β -acetoxy-16 α -hydroxy-5 α -cholestan-21-carboxylic acid	[36]
100	3 β -羟基-7 α -甲氧基-24 β -乙基-胆甾-5-烯	3 β -hydroxyl-7 α -methoxy-24 β -ethyl-cholesteric-5-ene	[10]
101	3 β -(3-羟基丁酰氧基)-16 α -羟基-5 α -胆甾-21-酸	3 β -(3-hydroxybutyryloxy)-16 α -hydroxy-5 α -cholestan-21-carboxylic acid	[36]
102	3 β -乙酰氧基-16 α -羟基-5 α ,17 β -胆甾烷-21-酸	3 β -acetoxy-16 α -hydroxy-5 α ,17 β -cholestan-21-carboxylic acid	[38]
103	3 β -(3-羟基丁酰氧基)-16 α -羟基-5 α ,17 β -胆甾烷-21-酸	3 β -(3-hydroxybutyryloxy)-16 α -hydroxy-5 α ,17 β -cholestan-21-carboxylic acid	[38]

4 甾类化合物

从卷柏中分离出的甾类化合物共 17 种(表 4: 87~103), 主要以胆甾、谷甾、麦角甾为基本母核。高亮亮^[36]从卷柏中分离出 5 种甾类化合物: β 谷甾醇, 胡萝卜苷, 3 β ,16 α -二羟基-5 α -胆甾-21-酸、3 β -乙酰氧基-16 α -羟基-5 α -胆甾-21-酸、3 β -(3-羟基丁酰氧基)-16 α -羟基-5 α -胆甾-21-酸, 其中 3 β ,16 α -二羟基-5 α -胆甾-21-酸具有较好抑制肿瘤的活性。Roh 等^[37]从卷柏中分离得到 6 种甾醇类化合物: 7 α -羟基谷甾醇、7 β -羟基谷甾醇、7 β -羟基胆固醇、麦角甾醇过氧化物、麦角甾-4,6,8,22-四烯-3-酮、(4 α ,5 α)-4,14-二甲基胆甾-8-烯-3-酮。

5 其他类

卷柏提取物中化学成分复杂, 所含化学结构多样, 其他化合物还包括有机酸类、蒽醌类、酚类、萜类、生物碱类(表 5: 104~128)等。另外, 还有醛类、醇类等化合物的报道(表 5: 129~131)。

5.1 糖苷类

卷柏中含有较多糖苷类化合物(见表 5: 109~116), 卷柏多糖具有较好的抗病毒活性^[39]。郑晓珂等^[25]从卷柏中分离出了腺苷、熊果苷、鸟苷。郭静^[23]从卷柏中分离出两种具有旋光性的糖苷类化合物: β -D-呋喃果糖-(2-1)- α -D-吡喃葡萄糖苷、 α -D-吡喃甘露糖-(1-1)- α -D-吡喃甘露糖苷。

表 5 其他类

Tab. 5 The Other

类别	序号	化合物名称	英文名称	文献来源
蒽醌类	104	1-甲氧基-3-甲基蒽醌	1-methoxy-3-methylantra quinone	[5]
	105	1-甲基-3-甲基-9,10-蒽醌	1-methoxy-3-methylantra-9,10-quinone	[12]
	106	3-甲氧基-1,8-二羟基蒽醌	3-methoxy-1,8-dihydroxy quinone	[10]
萜类	107	海棠果酸	canophyllic acid	[10]
	108	白桦脂酸	betulinic acid	[10]
糖苷类	109	尿苷	uridine	[18]
	110	熊果苷	arbutin	[18,25,9]
	111	腺苷	adenosine	[18,25,9]
	112	鸟苷	guanosine	[25]
	113	1- <i>O</i> - β -D-2-[2-羟基-3-甲氧基-5-(1-乙醇基)苯基甲氧基-3-(4-羟基-3,5-二甲氧基苯基)-丙醇-葡萄糖苷	tamariscinoside A	[9]
	114	7,8-二氢-7-(4-羟基-3,5-二甲氧基苯基)-8-羟甲基-[1'-(7'-羟基)乙基-5'-甲氧基]苯并呋喃-4- β -葡萄糖苷	tamariscinoside B	[9]
	115	β -D-呋喃果糖-(2-1)- α -D-吡喃葡萄糖苷	β -D-fructofuranose-(2-1)- α -D-glucopyranoside	[23]
	116	α -D-吡喃果糖-(1-1)- α -D-吡喃甘露糖苷	α -D-mannopyranose-(1-1)- α -D-mannopyranoside	[23]
有机酸类	117	十一烷酸	hendecanoic acid	[9]
	118	十六烷酸	hexadecanoic acid	[9]
	119	十七烷酸	cydonic acid	[12]
	120	二十四烷酸	tetracosanoic acid	[22]
	121	4- <i>O</i> -[2-羟基-3-(4-羟基苯基)-6-羟甲基苯基]-苯丙炔酸	tamariscina acid A	[9]
	122	丁香酸	syringic acid	[9]
	123	巴西棕榈酸	carnaubic acid	[23]
	124	L-酪氨酸	L-tyrosine	[24]
	125	D-酪氨酸	D-tyrosine	[24]
	126	3-羟基-苯丙酸	3-hydroxy-propionic acid	[24]
	127	对羟基苯甲酸	phydroxybenzoic acid	[10,36]
	128	香草酸	vanillic acid	[10,36]
其他类	129	葡萄糖	glucose	[28]
	130	对甲氧基苯甲醛	panisaldehyde	[10,28]
	131	咖啡酰基环己醇	caffeoylinositol	[9]

5.2 有机酸类

卷柏中含有大量的有机酸，已分离出 12 种有机酸(见表 5: 117~128)，大多为苯甲酸、氨基酸、烷酸类。其他如甾类化合物莽草酸，萜类化合物海棠果酸、白桦脂酸等。毕跃峰等^[24]从卷柏中分离出 4 种有机酸化合物：3-羟基-苯丙酸、丁香酸、L-酪氨酸、D-酪氨酸。高亮亮^[36]从卷柏中分离出香草酸和对羟基苯甲酸。赵献敏等^[7]提取出了十六烷酸，刘建锋^[12]也从卷柏中分离出十七烷酸。

5.3 蒽醌类化合物

蒽醌类化合物报道不多，从卷柏中分离出 3 种：1-甲氧基-3-甲基蒽醌^[5]、1-甲氧基-3-甲基-9,10-蒽醌^[12]、3-甲氧基-1,8-二羟基蒽醌^[10]。

5.4 酚类化合物

从卷柏中分离出的酚类化合物较少，仅由刘建锋^[12]分离并鉴别了 1 种：2-[2-(4-羟基苯基)-5,7-二羟基-色原酮-6-基]-4-乙酰基苯酚(132)。

5.5 萜、生物碱类化合物

萜类化合物也不多见，只有王雪等^[10]从卷柏中分离出了木栓烷型三萜类化合物海棠果酸和白桦脂酸 2 种。Dat 等^[27]从卷柏中首次分离出 1 种生物碱—鹅掌楸碱(133)。

6 结语

目前研究人员从卷柏中分离并鉴定出大量的黄酮类、苯丙素类、炔酚类、甾类、糖苷类等化合物，为卷柏的深度开发提供了物质基础和实验依据。现代药理研究表明卷柏炔酚类化合物具有抗肿瘤活性，黄酮类化合物是降血糖的重要成分，卷柏多糖则具有良好的抗病毒作用。

从卷柏二次代谢产物结构来看，国内外文献研究来源大多都是在脂溶性提取部位，而水溶性提取部位研究较少。水溶性提取部位是否存在结构新颖的化合物，值得深入去研究。当前卷柏研究的重点仍是黄酮类、炔酚类、糖苷类化合物。

随着研究的不断深入, 卷柏新的化学成分及药理活性将不断被挖掘出来, 为寻求开发低毒、高效的新药提供了切实可靠途径。

REFERENCES

- [1] The Flora of China Editorial Committee. Flora of China [M]. Beijing: Science Press, 2004, 87.
- [2] 中国药典. 一部 [S]. 2015: 226.
- [3] XIE Y, XU K P, ZOU Z W, et al. Advances in chemodiversity from *Selaginella* [J]. Cent South Pharm(中南药学), 2017, 15(2): 129-142.
- [4] OKIGAWA M, HWA C W, KAWANO N. Biflavones in *Selaginella* species [J]. Phytochemistry, 1971, 10(12): 3286-3287.
- [5] LIU J F, XU K P, LI F S, et al. A new flavonoid from *Selaginella tamariscina* (Beauv.) Spring [J]. Chem Pharm Bull, 2010, 58(4): 549-551.
- [6] QASIM M A, ROY S K, KAMIL M, et al. Phenolic constituents of *Selaginellaceae* [J]. Indian J Chem B, 1985, 24B(2): 220.
- [7] 赵献敏, 冯卫生, 郑晓珂, 等. 卷柏有效部位化学成分研究 [C]. 石家庄: 中国药学会学术年会, 2008.
- [8] ZHENG X K, SHI S P, BI Y F, et al. Flavonoids from *Selaginella tamariscina* [J]. Chin Tradit Herb Drugs(中草药), 2004, 35(7): 742-743.
- [9] 史社坡. 卷柏化学成分研究 [D]. 河南中医学院: 硕士论文, 2003.
- [10] WANG X, LI Z L, GAO L L, et al. Chemical constituents of *Selaginella tamariscina* (Beauv.) Spring [J]. Shenyang Pharm Univ(沈阳药科大学学报), 2009, 26(8): 623-625.
- [11] LIU J F, XU K P, JIANG D J, et al. A new flavonoid from *Selaginella tamariscina* [J]. Chin Chem Lett, 2009, 20(5): 595-597.
- [12] 刘建锋. 卷柏化学成分研究 [D]. 中南大学: 硕士论文, 2009.
- [13] ZHANG H M, JING Y, ZHANG G G, et al. Biflavonoids from *Selaginella tamariscina* and NMR characteristics [J]. Cent South Pharm(中南药学), 2011, 9(6): 419-423.
- [14] LEE C, CHOI H J, KIM H S, et al. Biflavonoids isolated from *Selaginella tamariscina* regulate the expression of matrix metalloproteinase in human skin fibroblasts [J]. Bioorg Med Chem, 2008, 16(2): 732-738.
- [15] SHIN D. Flavonoid constituents of *Selaginella tamariscina* [J]. Saengyak Hakhoechi, 1991, 22(4): 207-208.
- [16] CAO Y, WU Y P, WEN X Z, et al. Cytotoxic constituents from *Selaginella tamariscina* [J]. Nat Prod Res Dev(天然产物研究与开发), 2012, 24(2): 150-154.
- [17] CHENG X L, MA S C, YU J D, et al. Selaginellin A and B, two novel natural pigments isolated from *Selaginella tamariscina* [J]. Chem Pharm Bull, 2008, 56(7): 982-984.
- [18] JING Y, ZHANG H M, ZHANG G G, et al. Isolation and identification of chemical constituents from whole plant of *Selaginella tamariscina* (Beauv.) Spring [J]. Shengyang Pharm Univ(沈阳药科大学学报), 2011, 28(9): 700-702.
- [19] CAO Y, WU Y P, ZHOU X W, et al. Simultaneous determination of selaginellins and biflavones in *Selaginella tamariscina* and *S. pulvinata* by HPLC [J]. Chin J China Med Mater(中国中药杂志), 2012, 37(9): 1254-1257.
- [20] 郑晓珂, 赵献敏, 王彦志, 等. 卷柏调血脂活性部位化学成分研究 [J]. 中草药, 2009, 40(11): 1712-1715.
- [21] XU K P, ZOU H, TAN Q, et al. Selaginellins I and J, two new alkynyl phenols from *Selaginella tamariscina* (Beauv.) Spring [J]. J Asian Nat Prod Res, 2011, 13(2): 93-96.
- [22] SHAO Y T, YANG C, XIA W J. Solation and identification of chemical constituents of *Selaginella tamariscina* [J]. Agric Sci Technol(农业科学与技术: 英文版), 2012, 13(7): 1447-1449.
- [23] 郭静. 卷柏化学成分的研究 [D]. 哈尔滨工业大学: 硕士论文, 2009.
- [24] BI Y F, ZHENG X K, FENG W S, et al. Isolation and structural identification of chemical constituents from *Selaginella tamariscina* (Beauv.) Spring [J]. Acta Pharm Sin(药理学报), 2004, 39(1): 41-45.
- [25] ZHENG X K, BI Y F, FENG W S, et al. Study on the chemical constituents of *Selaginella tamariscina* (Beauv.) Spring [J]. Acta Pharm Sin(药理学报), 2004, 39(4): 266-268.
- [26] ZHENG X K, SHI S P, BI Y F, et al. The isolation and identification of a new lignanoside from *Selaginella tamariscina* (Beauv.) Spring [J]. Acta Pharm Sin(药理学报), 2004, 39(9): 719-721.
- [27] DAT L D, ZHAO B T, HUNG N D, et al. Lignan derivatives from *Selaginella tamariscina* and their nitric oxide inhibitory effects in LPS-stimulated RAW 264. 7 cells [J]. Bioorg Med Chem Lett, 2017, 27(3): 524-529.
- [28] YANG C, SHAO Y, LI K, et al. Bioactive selaginellins from *Selaginella tamariscina* (Beauv.) Spring [J]. Beilstein J Org Chem, 2012, 8(4): 1884-1889.
- [29] XU K P, ZOU H, LI F S, et al. Two new selaginellin derivatives from *Selaginella tamariscina* (Beauv.) Spring [J]. J Asian Nat Prod Res, 2011, 13(4): 356-360.
- [30] ZHANG G G, JING Y, ZHANG H M, et al. Isolation and toxic activity of selaginellin derivatives and biflavonoids from *Selaginella tamariscina* [J]. Planta Med, 2012, 78(4): 390-392.
- [31] YU D Y, LI X Q, YANG X X, et al. Anti-proliferative Effect of Three *Selaginella* Plants on Human Monocytic Leukemia U937 Cell Line [J]. Nat Prod Res Dev(天然产物研究与开发), 2016, 28(10): 1618-1621.
- [32] XU K P, LI J, ZU G Z, et al. New selaginellin derivatives from *Selaginella tamariscina* [J]. J Asian Nat Prod Res, 2015, 17(8): 819-822.
- [33] LE D D, NGUYEN D H, ZHAO B T, et al. PTP1B inhibitors from *Selaginella tamariscina* (Beauv.) Spring and their kinetic properties and molecular docking simulation [J]. Bioorganic Chem, 2017(72): 273-281.
- [34] NGUYEN P H, ZHAO B T, ALI M Y, et al. Insulin-mimetic selaginellins from *Selaginella tamariscina* with protein tyrosine phosphatase 1B(PTP1B)inhibitory activity [J]. J Nat Prod, 2015, 78(1): 34-42.
- [35] NGUYEN P H, JI D J, HAN Y R, et al. Selaginellin and biflavonoids as protein tyrosine phosphatase 1B inhibitors from *Selaginella tamariscina* and their glucose uptake stimulatory effects [J]. Bioorg Med Chem, 2015, 23(13): 3730-3737.
- [36] 高亮亮. 中药卷柏化学成分的研究 [D]. 沈阳: 沈阳药科大学, 2007.
- [37] ROH E M, JIN Q, JIN H G, et al. Structural implication in cytotoxic effects of sterols from *Selaginella tamariscina* [J]. Arch Pharm Res, 2010, 33(9): 1347-1353.
- [38] GAO L L, YIN S L, LI Z L, et al. Three novel sterols isolated from *Selaginella tamariscina* with antiproliferative activity in Leukemia cells [J]. Planta Med, 2007, 73(10): 1112-1115.
- [39] XIA Y P, MA T, QI X Y, et al. Anti-enterovirus 71 and mechanism of polysaccharides extracted from *Selaginella tamariscina* [J]. Lett Biotechnol(生物技术通讯). 2015, 26(4): 454-459.

收稿日期: 2017-06-22

(本文责编: 曹粤锋)