

远志属植物化学成分及其药理活性研究进展*

曾雷 王彩云 王颂 陈颖乐
黄文妍 王志宏 徐巧林

(广东省森林培育与保护利用重点实验室/广东省林业科学研究院, 广东广州 510520)

摘要 远志科远志属植物全世界约有 500 种, 天然分布于欧亚大陆、美洲的温带和亚热带地区, 我国有 50 种, 主产于西南和华南等省区。研究发现远志属植物主要含有皂苷类、吡啶酮类、寡糖酯类等成分, 药理研究表明其具有抗抑郁、抗炎、抗肿瘤、抗衰老、益智等药理活性。文章对近十年来国内外远志属植物的化学成分及药理活性研究进展进行了系统的概述总结和展望。

关键词 远志属; 化学成分; 药理活性; 研究进展

中图分类号: S765 文献标志码: A 文章编号: 2096-2053 (2021) 04-0160-16

Study Progress on Chemical Constituents and Biological Activities of *Polygala* Genus

ZENG Lei WANG Caiyun WANG Song CHEN Yingle
HUANG Wenyan WANG Zhihong XU Qiaolin

(Guangdong Provincial Key Laboratory of Silviculture, Protection and Utilization/Guangdong Academy of Forestry,
Guangzhou, Guangdong 510520, China)

Abstract The plants of the *Polygala* L. genus (Polygalaceae family), comprising about 500 species worldwide, are mainly distributed in temperate regions and subtropics of Eurasia and America. About 50 species of this genus can be found in southwestern and southern part of China. Previous studies have demonstrated the main components of this genus plants including saponins, xanthones, oligosaccharides and so on. Pharmacological studies have shown that crude extracts or pure compounds from *Polygala* have anti-depression, anti-inflammatory, anti-tumor, anti-aging, mental and other pharmacological activities. This paper systematically summarizes and prospects the research progress on the chemical constituents and pharmacological activities of *Polygala* genus over the past decade, in order to provide scientific basis and reference for the development of *Polygala* genus.

Key words *Polygala*; chemical constituents; pharmacological activities; research progress

远志科 Polygalaceae 远志属 *Polygala* 植物在全球约有 500 种, 天然分布于欧亚大陆、美洲的亚热带和温带地区。远志属在我国有 42 种, 8 个变种, 主要分布于西南和华南地区。中国药典^[1]收

载了远志 *Polygala tenuifolia* 和卵叶远志 *P. sibirica*, 干燥根入药。远志味苦、性温、辛, 归心、肾、肺经, 具有安神益智、化痰、消肿的功效, 用于治疗心肾不交引起的失眠多梦、健忘惊悸、神志

* 基金项目: 广东省林业科技创新项目 (2020KJCX013、2021KJCX004), 广东省林业科技计划项目 (2020KYXM01), 国家自然科学基金项目 (31500291)。

第一作者: 曾雷 (1975—), 男, 高级工程师, 主要从事林源药食植物质量与安全方向研究, E-mail: zenglei@sinogaf.cn。

通信作者: 徐巧林 (1986—), 女, 副研究员, 主要从事天然产物化学方面研究, E-mail: qlxu@sinogaf.cn。

恍惚、咳痰不利等症状。瑶、苗、壮等少数民族常用于治疗产后体虚、腰膝酸痛、跌打损伤、急慢性肝炎、月经不调等症。远志属中可供药用的植物有 17 个种 2 个变种，药用部位为根或全草，并收载于多个中草药典籍。研究表明，远志属植物中含有多种化学成分，包括皂苷类、吡啶类、寡糖酯类、黄酮类等，具有抗抑郁、益智、抗肿瘤等药理活性。

李萍^[2]和宋成芝^[3]等分别在 2004、2008 年总结了在此之前 10 多年该属植物的化学成分和生物活性进展，但并没有系统总结至今从远志属植物中所分离的化学成分。随着近年来天然药物化学等领域的快速发展，对于远志属植物新型的化学结构与生物活性又有了新的认识。为了全面且详细地对这些研究结果进行归纳总结，本文就近年来国内外远志属植物的化学成分及药理活性研究进行系统综述，旨在为远志属植物的药效物质基础、质量评价、综合开发利用提供科学依据。

1 远志属植物化学成分研究

远志属植物中主要成分为皂苷类、吡啶类、寡糖酯类、黄酮类化合物。目前，远志、卵叶远志、黄花倒水莲 *Polygala fallax* 和瓜子金 *Polygala japonica* 研究报道较多。

1.1 皂苷类

皂苷类化合物为远志属植物主要成分之一，目前从该属植物中分离出约 100 多种，从远志中分离出 40 多种皂苷类成分^[4]。研究表明，远志及卵叶远志地下部分皂苷含量高于地上部分，地上部分总皂甙含量不低于 1%^[5]。

1.2 吡啶类

吡啶又称苯骈色原酮，是一类具有蓝色、黄色或暗红色荧光的酚性化合物。这类化合物常存在于龙胆科、远志科、黄藤科、豆科等植物中，具有利尿、抗炎杀菌、抗抑郁等功效^[26]。吡啶的母核由苯环和色原酮骈和而成，母核上有 8 个可被取代的位点，远志属植物吡啶类化合物(表 2)的取代基一般为羟基、甲氧基以及亚甲二氧基，是远志属含量较高的成分之一。

1.3 寡糖酯类

寡糖酯类成分主要以蔗糖为共同母核，以多种类型的糖苷键与鼠李素或葡萄糖连接构成寡糖，最后与有机酸(乙酸、苯甲酸类和苯丙烯酸类)形成糖酯类。研究发现，三糖以上的糖酯仅在远志属植物中被发现(表 3)，因此寡糖酯类成分是远志属植物特有成分^[45]。

1.4 黄酮类

黄酮类化合物广泛存在于植物体，是天然的

表 1 远志属植物皂苷类成分
Table 1 Saponins from *Polygala* genus

序号 No.	化合物名称 Compound	部位 Parts	来源植物 Plant sources	参考文献 References
1	Onjisaponin A	根	<i>Polygala tenuifolia</i>	[6]
2	Onjisaponin B	根	<i>P. tenuifolia</i>	[6]
3	Onjisaponin E	根	<i>P. tenuifolia</i>	[6]
4	Onjisaponin F	根	<i>P. tenuifolia</i>	[6]
5	Onjisaponin G	根	<i>P. tenuifolia</i>	[6]
6	Onjisaponin O	根	<i>P. tenuifolia</i>	[7]
7	Onjisaponin Wg	根	<i>P. tenuifolia</i>	[7]
8	Onjisaponin R	根	<i>P. tenuifolia</i>	[8]
9	Onjisaponin S	根	<i>P. tenuifolia</i>	[8]
10	Onjisaponin T	根	<i>P. tenuifolia</i>	[8]
11	Onjisaponin Pg	根	<i>P. tenuifolia</i>	[8]
12	Onjisaponin Gg	根	<i>P. tenuifolia</i>	[8]
13	Onjisaponin Fg	根	<i>P. tenuifolia</i>	[8]
14	Onjisaponin Qg	根	<i>P. tenuifolia</i>	[8]

序号 No.	化合物名称 Compound	部位 Parts	来源植物 Plant sources	参考文献 References
15	Onjisaponin Ng	根	<i>P. tenuifolia</i>	[8]
16	Onjisaponin Sg	根	<i>P. tenuifolia</i>	[8]
17	Onjisaponin Ug	根	<i>P. tenuifolia</i>	[8]
18	Onjisaponin Tg	根	<i>P. tenuifolia</i>	[8]
19	Onjisaponin Te	根	<i>P. tenuifolia</i>	[9]
20	Onjisaponin Tf	根	<i>P. tenuifolia</i>	[9]
21	Onjisaponin Th	根	<i>P. tenuifolia</i>	[9]
22	Onjisaponin Mf	根	<i>P. tenuifolia</i>	[10]
23	Onjisaponin Z	根	<i>P. tenuifolia</i>	[10]
24	Onjisaponin Y	根	<i>P. tenuifolia</i>	[10]
25	<i>E</i> -Onjisaponin H	根	<i>P. tenuifolia</i>	[11]
26	<i>Z</i> -Onjisaponin H	根	<i>P. tenuifolia</i>	[11]
27	Polygalasaponin XXV III	根	<i>P. tenuifolia</i>	[11]
28	Polygalasaponin XXX II	根	<i>P. tenuifolia</i>	[11]
29	Sibiricasaponin A	地上部分	<i>P. sibirica</i>	[12]
30	Sibiricasaponin B	地上部分	<i>P. sibirica</i>	[12]
31	Sibiricasaponin C	地上部分	<i>P. sibirica</i>	[12]
32	Sibiricasaponin D	地上部分	<i>P. sibirica</i>	[12]
33	Sibiricasaponin E	地上部分	<i>P. sibirica</i>	[12]
34	Tenuifolin	地上部分	<i>P. japonica</i>	[13]
35	Bayogenin-3- <i>O</i> - β -glucopyranoside	地上部分	<i>P. japonica</i>	[13]
36	3- <i>O</i> - β -D-glucopyranosyl bayogenin-28- <i>O</i> - β -D-xylopyranosyl- α -L-rhamnopyranosyl- β -D-glucopyranosyl ester	地上部分	<i>P. japonica</i>	[13]
37	3- <i>O</i> - β -D-glucopyranosyl 2-oxo-olean-12-en-23,28-dioic acid 28- <i>O</i> -{ β -D-xylopyranosyl-[β -D-apiofuranosyl]- α -L-rhamnopyranosyl- β -D-glucopyranosyl} ester	地上部分	<i>P. japonica</i>	[13]
38	3- <i>O</i> - β -D-glucopyranosyl bayogenin-28- <i>O</i> - β -D-xylopyranosyl- α -L-rhamnopyranosyl- β -D-glucopyranosyl ester	地上部分	<i>P. japonica</i>	[13]
39	Polygalasaponin L	根	<i>P. japonica</i>	[14]
40	Polygalasaponin XLVIII	根	<i>P. japonica</i>	[14]
41	Polygalasaponin XLIX	根	<i>P. japonica</i>	[14]
42	Polygalasaponin XLVII	根	<i>P. japonica</i>	[14]
43	Hederagenin	根	<i>P. fallax</i>	[15]
44	Bayogenin-3- <i>O</i> -glucoside	根	<i>P. wattersii</i>	[16]
45	Polygalasaponin I	地上部分	<i>P. japonica</i>	[17]
46	Polygalasaponin II	地上部分	<i>P. japonica</i>	[17]
47	Polygalasaponin III	地上部分	<i>P. japonica</i>	[17]
48	Polygalasaponin IV	地上部分	<i>P. japonica</i>	[17]
49	Polygalasaponin V	地上部分	<i>P. japonica</i>	[17]

序号 No.	化合物名称 Compound	部位 Parts	来源植物 Plant sources	参考文献 References
50	Polygalasaponin VI	地上部分	<i>P. japonica</i>	[17]
51	Polygalasaponin VII	地上部分	<i>P. japonica</i>	[17]
52	Polygalasaponin VIII	地上部分	<i>P. japonica</i>	[17]
53	Polygalasaponin X	地上部分	<i>P. japonica</i>	[17]
54	Polygalasaponin XI	地上部分	<i>P. japonica</i>	[18]
55	Polygalasaponin XII	地上部分	<i>P. japonica</i>	[18]
56	Polygalasaponin XIII	地上部分	<i>P. japonica</i>	[18]
57	Polygalasaponin XIV	地上部分	<i>P. japonica</i>	[18]
58	Polygalasaponin XV	地上部分	<i>P. japonica</i>	[18]
59	Polygalasaponin XVI	地上部分	<i>P. japonica</i>	[18]
60	Polygalasaponin XVII	地上部分	<i>P. japonica</i>	[18]
61	Polygalasaponin XVIII	地上部分	<i>P. japonica</i>	[18]
62	Polygalasaponin XIX	地上部分	<i>P. japonica</i>	[18]
63	Polygalasaponin XX	地上部分	<i>P. japonica</i>	[19]
64	Polygalasaponin XXI	地上部分	<i>P. japonica</i>	[19]
65	Polygalasaponin XXII	地上部分	<i>P. japonica</i>	[19]
66	Polygalasaponin XXIII	地上部分	<i>P. japonica</i>	[19]
67	Polygalasaponin XXIV	地上部分	<i>P. japonica</i>	[19]
68	Polygalasaponin XXV	地上部分	<i>P. japonica</i>	[19]
69	Polygalasaponin XXVI	地上部分	<i>P. japonica</i>	[19]
70	Polygalasaponin XXVII	地上部分	<i>P. japonica</i>	[19]
71	Polygalasaponin XXVIII	根	<i>P. japonica</i>	[20]
72	Polygalasaponin XXIX	根	<i>P. japonica</i>	[20]
73	Polygalasaponin XXX	根	<i>P. japonica</i>	[20]
74	Polygalasaponin XXXI	根	<i>P. japonica</i>	[20]
75	Polygalasaponin XXXII	根	<i>P. japonica</i>	[20]
76	Polygalasaponin XXX III	根	<i>P. fallax</i>	[21]
77	Polygalasaponin XXX IV	根	<i>P. fallax</i>	[21]
78	Polygalasaponin XXX V	根	<i>P. fallax</i>	[21]
79	Polygalasaponin XXX VI	根	<i>P. fallax</i>	[21]
80	Polygalasaponin XXX VII	根	<i>P. fallax</i>	[21]
81	Polygalasaponin XXX VIII	根	<i>P. fallax</i>	[21]
82	Polygalasaponin XXX IX	根	<i>P. fallax</i>	[21]
83	Polygalasaponin XL	根	<i>P. fallax</i>	[21]
84	Polygalasaponin XLI	根	<i>P. fallax</i>	[21]
85	Polygalasaponin XLII	根	<i>P. glomerata</i>	[22]
86	Polygalasaponin XLIII	根	<i>P. glomerata</i>	[22]
87	Polygalasaponin XLIV	根	<i>P. glomerata</i>	[22]

序号 No.	化合物名称 Compound	部位 Parts	来源植物 Plant sources	参考文献 References
88	Polygalasaponin XLV	根	<i>P. glomerata</i>	[22]
89	Polygalasaponin XLVI	根	<i>P. glomerata</i>	[22]
90	瓜子金皂苷戊	根	<i>P. japonica</i>	[23]
91	瓜子金皂苷己	根	<i>P. japonica</i>	[23]
92	瓜子金皂苷庚	根	<i>P. japonica</i>	[23]
93	瓜子金皂苷辛	根	<i>P. japonica</i>	[23]
94	瓜子金皂苷丙	地上部分	<i>P. japonica</i>	[24]
95	瓜子金皂苷丁	地上部分	<i>P. japonica</i>	[24]
96	Myrtifolioside A1	根	<i>P. myrtifolia</i>	[25]
97	Myrtifolioside A2	根	<i>P. myrtifolia</i>	[25]
98	Myrtifolioside B1	根	<i>P. myrtifolia</i>	[25]
99	Myrtifolioside B2	根	<i>P. myrtifolia</i>	[25]
100	Myrtifolioside C1	根	<i>P. myrtifolia</i>	[25]
101	Myrtifolioside C2	根	<i>P. myrtifolia</i>	[25]
102	Myrtifolioside D1	根	<i>P. myrtifolia</i>	[25]
103	Myrtifolioside D2	根	<i>P. myrtifolia</i>	[25]
104	Myrtifolioside E1	根	<i>P. myrtifolia</i>	[25]
105	Myrtifolioside E2	根	<i>P. myrtifolia</i>	[25]
106	Senegin III	根	<i>P. tenuifolia</i>	[10]

表2 远志属植物呋酮类化合物

Table 2 Xanthenes in plants from *Polygala* genus

序号 No.	化合物名称 Compound	部位 Parts	来源植物 Plant sources	参考文献 References
1	Wattersiixanthone A	根	<i>P. arillata</i>	[27]
2	Wattersiixanthone B	根	<i>P. arillata</i>	[27]
3	Lancerin	根	<i>P. tenuifolia</i>	[28]
4	Polygalaxanthone IV	根	<i>P. tenuifolia</i>	[29]
5	Polygalaxanthone V	根	<i>P. tenuifolia</i>	[29]
6	Polygalaxanthone VI	根	<i>P. tenuifolia</i>	[29]
7	Polygalaxanthone VII	根	<i>P. tenuifolia</i>	[29]
8	Sibiriphenone A	根	<i>P. sibirica</i>	[30]
9	1,2,3-trimethoxy-7-hydroxyxanthone	全草	<i>P. crotalarioides</i>	[31]
10	1,2,3,7-tetramethoxyxanthone	根皮	<i>P. tenuifolia</i>	[32]
11	1,2,3,6,7-pentamethoxyxanthone	根皮	<i>P. tenuifolia</i>	[32]
12	7-hydroxy-1-methoxy-2,3-methylenedi-oxyxanthone	根	<i>P. japonica</i>	[33]
13	3,6-dihydroxy-1,2,7-trimethoxyxanthone	根	<i>P. japonica</i>	[33]
14	7-hydroxy-1,3-dimethoxyxanthone	根	<i>P. japonica</i>	[33]
15	1,2,7-trihydroxy-3-methoxyxanthone	根	<i>P. japonica</i>	[33]

序号 No.	化合物名称 Compound	部位 Parts	来源植物 Plant sources	参考文献 References
16	3,7-dihydroxy-1,2-dimethoxyxanthone	根	<i>P. japonica</i>	[33]
17	Guazijinxanthone	地上部分	<i>P. japonica</i>	[34]
18	Neolancerin	根	<i>P. japonica</i>	[35]
19	Polygalaxanthone III	根	<i>P. japonica</i>	[35]
20	1,3-dihydroxy-2,5,6,7-tetramethoxyxanthone	根	<i>P. japonica</i>	[36]
21	3-hydroxy-1,2,5,6,7-pentamethoxyxanthone	根	<i>P. japonica</i>	[36]
22	3,8-dihydroxy-1,2,6-trimethoxyxanthone	根	<i>P. japonica</i>	[36]
23	1,7-dihydroxy-2,3,4-trimethoxyxanthone	根	<i>P. japonica</i>	[36]
24	1,7-dihydroxy-3,4-dimethoxyxanthone	根	<i>P. japonica</i>	[36]
25	6-hydroxy-1,2,3,7-tetramethoxyxanthone	根	<i>P. japonica</i>	[36]
26	1,6-dihydroxy-3,7,8-trimethoxyxanthone	根	<i>P. japonica</i>	[36]
27	6-hydroxy-1,7-dimethoxy-xanthone	根茎	<i>P. lijiangensis</i>	[37]
28	3,8-dihydroxy-1,2,4-trimethoxyxanthone	根茎	<i>P. lijiangensis</i>	[37]
29	1,3,6-trihydroxy-2,7,8-trimethoxyxanthone	根茎	<i>P. lijiangensis</i>	[37]
30	1,3,6,8-tetrahydroxy-2,7-dimethoxyxanthone	根茎	<i>P. lijiangensis</i>	[37]
31	1,7-dihydroxyxanthone	根茎	<i>P. lijiangensis</i>	[37]
32	1,7-dihydroxy-3,5,6-trimethoxyxanthone	根茎	<i>P. lijiangensis</i>	[37]
33	1-hydroxy-2,4-dimethoxyxanthone	根	<i>P. fallax</i>	[15]
34	6-hydroxy-1-methoxy-2,3-methylenedioxy xanthone	根	<i>P. fallax</i>	[15]
35	1,3-dihydroxy-2-methylxanthone	根	<i>P. fallax</i>	[38]
36	1,7-dihydroxy-2,3-methylenedioxyxanthone	根	<i>P. fallax</i>	[38]
37	1,2,3-trimethoxyxanthone	根	<i>P. fallax</i>	[15]
38	1-methoxy-2,3-methylenedioxyxanthone	根	<i>P. fallax</i>	[15]
39	6-hydroxy-1-methoxy-2,3-methylenedioxyxanthone	根	<i>P. fallax</i>	[15]
40	1-methoxy-2,3-methylenedioxy-xanthone	根	<i>P. fallax</i>	[15]
41	6-hydroxy-1-methoxy-2,3-methylenedioxyxanthone	根	<i>P. fallax</i>	[15]
43	7-hydroxy-1-methoxy-2,3-methylenedioxyxanthone	根	<i>P. fallax</i>	[39]
44	3-Hydroxy-1,2-dimethoxyxanthone	根	<i>P. fallax</i>	[40]
45	1,6,7-trihydroxy-2,3-dimethoxyxanthone	根	<i>P. fallax</i>	[40]
46	1,3,7-trihydroxy-2-methoxyxanthone	根	<i>P. fallax</i>	[40]
47	1,3-dihydroxyxanthone	根	<i>P. fallax</i>	[38]
48	1,3-dihydroxy-2-methoxyxanthone	根	<i>P. fallax</i>	[38]
49	1-hydroxy-3-methoxyxanthone	根	<i>P. wattersii</i>	[41]
50	1-hydroxy-5-methoxy-2,3-methylenedioxy xanthone	全草	<i>P. paniculata</i>	[42]
51	1,5-dihydroxy-2,3-dimethoxyxanthone	全草	<i>P. paniculata</i>	[42]
53	2,3-methylenedioxy-4,7-dihydroxyxanthone	根	<i>P. alpestris</i>	[43]
54	7-chloro-1,2,3-trihydroxy-6-methoxy xanthone	根	<i>P. vulgaris</i>	[44]
55	1,3-dihydroxy-2,4,7-trimethoxyxanthone	根	<i>P. vulgaris</i>	[44]

表 3 远志属植物寡糖酯类化合物
Table 3 Oligosaccharides from *Polygala* genus

序号 No.	化合物名称 Compound	部位 Parts	来源植物 Plant sources	参考文献 References
1	Tenuifoliose A	根	<i>P. tenuifolia</i>	[7]
2	Tenuifoliose B	根	<i>P. tenuifolia</i>	[7]
3	Tenuifoliose C	根	<i>P. tenuifolia</i>	[7]
4	Tenuifoliose D	根	<i>P. tenuifolia</i>	[46]
5	Tenuifoliose E	根	<i>P. tenuifolia</i>	[46]
6	Tenuifoliose F	根	<i>P. tenuifolia</i>	[46]
7	Tenuifoliose G	根	<i>P. tenuifolia</i>	[47]
8	Tenuifoliose H	根	<i>P. tenuifolia</i>	[47]
9	Tenuifoliose I	根	<i>P. tenuifolia</i>	[47]
10	Tenuifoliose J	根	<i>P. tenuifolia</i>	[47]
11	Tenuifoliose K	根	<i>P. tenuifolia</i>	[47]
12	Tenuifoliose L	根	<i>P. tenuifolia</i>	[47]
13	Tenuifoliose M	根	<i>P. tenuifolia</i>	[47]
14	Tenuifoliose N	根	<i>P. tenuifolia</i>	[47]
15	Tenuifoliose O	根	<i>P. tenuifolia</i>	[47]
16	Tenuifoliose P	根	<i>P. tenuifolia</i>	[47]
17	Tenuifoliose V	根	<i>P. tenuifolia</i>	[9]
18	Tenuifoliose X	根	<i>P. tenuifolia</i>	[9]
19	Tenuifoliose W	根	<i>P. tenuifolia</i>	[9]
20	Tenuifoliose Q	根	<i>P. tenuifolia</i>	[48]
21	Tenuifoliose S	根	<i>P. tenuifolia</i>	[9]
22	Tenuifoliose T	根	<i>P. tenuifolia</i>	[9]
23	3, 6'-disinapoyl sucrose	根	<i>P. tenuifolia</i>	[49]
24	Tenuifoliside A	根	<i>P. wattersii</i>	[16]
25	Tenuifoliside B	根	<i>P. tenuifolia</i>	[9]
26	Tenuifoliside C	根茎	<i>P. lijiangensis</i>	[37]
27	3'- <i>O</i> -feruloyl-6- <i>O</i> -acetyl sucrose	根	<i>P. wattersii</i>	[16]
28	3',6-di- <i>O</i> -sinapoyl sucrose	根	<i>P. wattersii</i>	[16]
29	3'- <i>O</i> -3,4,5-trimethoxycinnamoyl-6- <i>O</i> - <i>p</i> -methoxy benzoyl sucrose	根	<i>P. wattersii</i>	[16]
30	glomeratose A	根	<i>P. wattersii</i>	[16]
31	1- <i>O</i> - <i>p</i> -coumaroyl-D-glucopyranose	根	<i>P. wattersii</i>	[16]
32	Watterose A	根	<i>P. wattersii</i>	[50]
33	Watterose B	根	<i>P. wattersii</i>	[50]
34	Watterose C	根	<i>P. wattersii</i>	[50]
35	Watterose D	根	<i>P. wattersii</i>	[50]

序号 No.	化合物名称 Compound	部位 Parts	来源植物 Plant sources	参考文献 References
36	Watterose E	根	<i>P. wattersii</i>	[50]
37	Watterose F	根	<i>P. wattersii</i>	[50]
38	Watterose G	根	<i>P. wattersii</i>	[50]
39	Watterose H	根	<i>P. wattersii</i>	[50]
40	Watterose I	根	<i>P. wattersii</i>	[50]
41	Watterose J	根	<i>P. wattersii</i>	[50]
42	Dalmaisiose A	根	<i>P. dalmaisiana</i>	[51]
43	Dalmaisiose B	根	<i>P. dalmaisiana</i>	[51]
44	Dalmaisiose C	根	<i>P. dalmaisiana</i>	[51]
45	Dalmaisiose D	根	<i>P. dalmaisiana</i>	[51]
46	Dalmaisiose E	根	<i>P. dalmaisiana</i>	[51]
47	Dalmaisiose F	根	<i>P. dalmaisiana</i>	[51]
48	Dalmaisiose G	根	<i>P. dalmaisiana</i>	[51]
49	Dalmaisiose H	根	<i>P. dalmaisiana</i>	[51]
50	Dalmaisiose I	根	<i>P. dalmaisiana</i>	[51]
51	Dalmaisiose J	根	<i>P. dalmaisiana</i>	[51]
52	Dalmaisiose K	根	<i>P. dalmaisiana</i>	[51]
53	Dalmaisiose L	根	<i>P. dalmaisiana</i>	[51]
54	Dalmaisiose M	根	<i>P. dalmaisiana</i>	[51]
55	Dalmaisiose N	根	<i>P. dalmaisiana</i>	[51]
56	Dalmaisiose O	根	<i>P. dalmaisiana</i>	[51]
57	Dalmaisiose P	根	<i>P. dalmaisiana</i>	[51]
58	Arillatose A	根	<i>P. arillata</i>	[51]
59	Arillatose B	根	<i>P. arillata</i>	[51]
60	Arillatose C	根	<i>P. arillata</i>	[51]
61	Arillatose D	根	<i>P. arillata</i>	[51]
62	Arillatose E	根	<i>P. arillata</i>	[51]
63	Arillatose F	根	<i>P. arillata</i>	[51]
64	Glomeratose E	根	<i>P. arillata</i>	[51]
65	1-o-(E)-Benzoyl-[3-o-(E)-Alphatoluy]- β -D-fructofuranosyl-(2 \rightarrow 1)-[6-o-acetyl-(1 \rightarrow 6)- β -D-glucopyranosyl-(1 \rightarrow 2)]- α -D-glucopyranoside	根	<i>P. tenuifolia</i>	[52]
66	1-o-(E)-Benzoyl-[3-o-(E)-Alphatolluy]- β -D-fructofuranosyl-(2 \rightarrow 1)-[β -D-glucopyranosyl-(1 \rightarrow 2)]- α -D-glucopyranosid	根	<i>P. tenuifolia</i>	[52]

抗氧化剂^[53]。目前从瓜子金植物中共分离出 26 种黄酮类化合物(表 4), 其地上和地下部分都有分离获得。Shi 等^[54]从远志地上部分分离得到 10 种

黄酮类化合物。

1.5 其他类

除了上述主要成分外, 金宝渊等^[56]首次从远

表4 远志属植物黄酮类化合物
Table 4 Flavonoids from *Polygala* genus

序号 No.	化合物名称 Compound	部位 Parts	来源植物 Plant sources	参考文献 References
1	Kaempferol-7,4'-dimethyl ether	地上部分	<i>P. japonica</i>	[34]
2	Rhamnetin	地上部分	<i>P. japonica</i>	[34]
3	Polygalin A	地上部分	<i>P. japonica</i>	[34]
4	Polygalin B	地上部分	<i>P. japonica</i>	[34]
5	Polygalin C	地上部分	<i>P. japonica</i>	[34]
6	3,5,7-trihydroxy-4'-methoxy-flavone- 3-O-β-D-galactopyranoside	地上部分	<i>P. japonica</i>	[34]
7	3,5,3'-trihydroxy-7,4'-dimethoxy-flavone- 3-O-β-D-galactopyranoside	地上部分	<i>P. japonica</i>	[34]
8	3,5,3',4'-tetrahydroxy-7-methoxy-flavone- 3-O-β-D-galactopyranoside	地上部分	<i>P. japonica</i>	[34]
9	3,5,3',4'-tetrahydroxy-7-methoxy- flavone-3-O-β-D-glucopyranoside	地上部分	<i>P. japonica</i>	[34]
10	Quercetin	整株植物、根	<i>P. tenuifolia</i>	[54]
11	Quercetin-3-O-β-D-glucopyranoside	根	<i>P. japonica</i> <i>P. tenuifolia</i>	[23,54]
12	3,5,3'-trihydroxy-7,4'-dimethoxyflavone -3-O-β-D-apiofuranosyl (1 → 2)-β-D-galactopyranosid	根	<i>P. japonica</i>	[23]
13	3,5,3'-dihydroxy-7,4'-dimethoxyflavone -3-O-β-D-apiofuranosyl (1 → 2)-β-D-galactopyranosid	根	<i>P. japonica</i>	[23]
14	3,5-dihydroxy-7,4'-dimethoxyflavone- 3-O-β-D-galactopyranoside	根	<i>P. japonica</i>	[23]
15	Rhamnocitrin-3-O-β-D-galactopyranoside	根	<i>P. japonica</i>	[23]
16	3,5-dihydroxy-7,4'-dimethoxyflavonol	根	<i>P. japonica</i>	[23]
17	Kaempferol	叶子、根	<i>P. tenuifolia</i>	[54]
18	Rhamnocitrin	饮片	<i>P. japonica</i>	[55]
19	Rhamnocitrin-3-O-β-D-galactopyranoside	饮片	<i>P. japonica</i>	[55]
20	Isorhamnetin-3-O-β-D-glucopyranoside	地上部分	<i>P. tenuifolia</i>	[54]
21	Isorhamnetin-3-O-β-D-galactopyranoside	地上部分	<i>P. tenuifolia</i>	[54]
22	Quercetin-3-O-β-D-glucopyranosyl (1 → 2)-β-D-galactopyranoside	地上部分	<i>P. tenuifolia</i>	[54]
23	Quercetin-3-O-β-D-glucopyranosyl (1 → 2)-β-D-glucopyranoside	地上部分	<i>P. tenuifolia</i>	[54]
24	Linarin	地上部分	<i>P. tenuifolia</i>	[54]
25	5,7-dihydroxy-8-methoxyflavone- 7-O-β-D-glucuronoside	地上部分	<i>P. tenuifolia</i>	[54]
26	Isorhamnetin	地上部分	<i>P. tenuifolia</i>	[54]

表 5 远志属植物其他类化合物
Table 5 Other compounds from *Polygala* genus

序号 No.	化合物名称 Compound	部位 Parts	来源植物 Plant sources	参考文献 References
1	Polygalolide A	根茎	<i>P. fallax</i>	[57]
2	Polygalolide B	根茎	<i>P. fallax</i>	[57]
3	Sinapic acid	根	<i>P. wattersii</i>	[16]
4	n-hexadecanoic acid	饮片	<i>P. japonica</i>	[55]
5	Docosanoic acid	饮片	<i>P. japonica</i>	[55]
6	Lignoceric acid	饮片	<i>P. japonica</i>	[55]
7	N ₉ -formylharman	根	<i>P. tenuifolia</i>	[56]
8	1-carbobutoxy-β-carbolin	根	<i>P. tenuifolia</i>	[56]
9	1-carboethoxy-β-carbolin	根	<i>P. tenuifolia</i>	[56]
10	1-carbomethoxy-β-carbolin	根	<i>P. tenuifolia</i>	[56]
11	Perlolyrine	根	<i>P. tenuifolia</i>	[56]
12	Norharman	根	<i>P. tenuifolia</i>	[56]
13	Harman	根	<i>P. tenuifolia</i>	[56]
14	3,4,5-Trimethoxycinnamic acid	根	<i>P. tenuifolia</i>	[58]
15	Methyl 3,4,5-Trimethoxycinnamate	根	<i>P. tenuifolia</i>	[59]

志根中分离出 7 种生物碱 (表 5), 从远志属植物中还分离得到其他类型的化合物, 如酚类、甾体类、有机酸、香豆素等多种成分。

2 药理活性研究

2.1 抗抑郁

抑郁症是一种对各种事物失去兴趣和快乐感的感情性精神障碍疾病, 在人群中具有较高的患病率, 影响着全世界约 3 亿人^[60]。因此, 抗抑郁药物的研发一直都是全球科研工作者的研究热点。刘屏等^[61]研究了 3, 6'-二芥子酰基蔗糖 (3, 6'-disinapoyl sucrose, DISS) 对药物诱发抑郁模型的作用, 结果表明 DISS 可以提高小鼠甩头行为, 增加育享宾的毒性作用, 拮抗阿朴吗啡诱导的小鼠体温下降, 这些结果都证明 DISS 具有抗抑郁活性。王洪兰等^[62]通过小鼠强迫游泳、悬尾等试验, 结果表明瓜子金提取物及正丁醇部位能够显著减少小鼠的不动时间, 具有抗抑郁活性, 从瓜子金中分离的单体化合物 polygalasaponin XXI 为抗抑郁潜在活性成分。Zhou 等^[63]研究发现瓜子金水提物具有抗抑郁的效果, 作用机理可能是通过提高小鼠海马 DG 中 Erk1/2 和 Bcl-2 的表达水平, 减少

抑郁模型小鼠海马齿状回 Cleaved Caspase-3 的表达水平, 从而降低细胞凋亡、促进 BDNF 表达和神经发生, 产生抗抑郁作用。Zhou 等^[64]通过蔗糖偏好、抑制喂养、开阔场地、强迫游泳 4 个试验, 发现远志提取物减少了小鼠在强迫游泳试验中的不动时间; 增强小鼠皮层和大鼠前额皮层 (PFC) 中 LC3-II 和 beclin1 的表达, 降低 p62 的水平, 调节慢性束缚压力的大鼠前额皮层中 AMPK-mTOR 通路的功能障碍; 抑制了小胶质细胞的活化, 减轻 CRS 的诱导的星形胶质细胞损伤; 还可以抑制 NLRP3 炎性小体的活化和促炎细胞因子的产生, 从而产生抗抑郁的作用。

2.2 抗炎作用

朱婷等^[65]通过二甲苯导致的耳廓肿胀实验和醋酸对小鼠腹腔毛细血管通透性实验考察了瓜子金发酵后提取的总皂苷的抗炎作用。研究发现瓜子金发酵总皂苷剂量在 $6 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$ 时与阳性对照无显著性差异, 抗炎效果相近, 并且能明显提高小鼠腹腔毛细血管通透性, 作用强度随着剂量增加而增大。因此说明瓜子金发酵总皂苷具有抗炎作用。龙倩等^[66]研究发现瓜子金皂苷能够抑制 LPS, 减少 BV2 细胞炎症引起的炎症因子 I L-1β

的分泌,并证实其抑制作用是通过下调经典的炎性小体和影响非经典的炎性体天 caspase-11 的激活发挥作用。Ye 等^[67]研究表明瓜子金皂苷己(PS-F)能有效降低流感病毒感染小鼠肺部组织中 IL-1 β 、TNF- α 、IL-4、IFN- γ 、TXA₂ 和 PGE₂ 的水平,从而减轻肺部炎症反应,增强对 IAV 感染小鼠的保护作用,这可能与抑制 Raf/MEK/ERK 和 NF- κ B 表达有关。

2.3 改善学习记忆、减轻认知障碍

Wang 等^[68]通过东莨菪碱所致小鼠学习记忆损伤模型,发现远志地上部分提取物可能通过调节胆碱能活性、促进脑源性神经营养因子、抑制神经炎症和氧化应激,从而改善学习记忆障碍。Polygalasaponin XXXII 作为瓜子金中一种三萜皂苷,研究发现其能减轻东莨菪碱诱导的小鼠健忘症,具有治疗认知功能障碍和痴呆的潜力^[69]。Xu 等^[70]采用 Morris 水迷宫(MWM)和避暗实验考察了远志皂苷水解物(HPS)对阿尔茨海默病模型的有效性,研究发现 HPS 能够增强衰老小鼠的认知能力,逆转模型小鼠皮层或海马体中 NMDAR1 和 NMDAR2B 的表达水平,其机制可能与 NMDA 受体相关通路有关。刘顶鼎等^[71]研究发现高剂量瓜子金提取物可明显降低小鼠定位航行 D_{2,3} 潜伏期和 D₃ 总路程,提高 D₂ 速度、经过平台次数、新物体识别辨别指数以及小鼠海马体中 BDNF 含量,这些结果均证明该提取物能够改善小鼠的学习记忆能力。

2.4 抗肿瘤

Zhang 等^[72]研究发现,远志根中的多糖类成分(PTP)能显著抑制 OVCAR-3 细胞的增殖,下调 Bmi-1 蛋白和转录物的表达以及肿瘤细胞的端粒酶活性。同时,Zhang 等^[72]还发现 PTP 通过阻滞细胞周期 G₀、G₁,诱导凋亡细胞死亡,降低 Bcl-2 转录和蛋白质水平,增加 bax、细胞色素 C、caspase-3 和 caspase-9 的表达,结果表明 PTP 可能通过线粒体途径促进人卵巢癌细胞的凋亡。PTP 还可降低荷瘤小鼠的血清血管内皮因子、表皮生长因子和 CD34 的转录物和蛋白质水平,诱导细胞凋亡,从而抑制小鼠卵巢肿瘤的生长^[73]。Bian 等^[74]研究发现,远志根中果胶状多糖 RP02-1 可以抑制 PDAC 的生长,通过诱导 PDAC 细胞凋亡和抑制 BxPC-3 细胞自噬而有效地抑制胰腺癌。另外,李延钊^[23]通过细胞毒活性试验,结果表明,瓜子

金中吡啶类物质和石油醚部位具有抗肿瘤活性。

2.5 抗肝癌、抑制乙肝病毒及保肝作用

Yao 等^[75]通过考察黄花倒水莲提取物不同极性部位对体外培养 HepG2 细胞增殖和凋亡的影响,发现当乙酸乙酯部位浓度为 0.036 \pm 0.001 mg.mL⁻¹ 时,对肝癌细胞的抑制作用最明显。这有可能是乙酸乙酯部位诱导 Bax 基因的表达,抑制 Bcl-2 基因的表达,下调 AKT 和 ERK 基因的表达,从而对肝癌细胞产生抑制作用。郭继远等^[76]研究发现黄花倒水莲总苷(PTS)能显著降低小鼠血清中 GOT 和 GPT 的水平以及肝组织中 MDA 含量;降低酒精性脂肪肝小鼠血清中 GOT、MDA、LDL 含量和肝组织中 TC 与 TG 含量,增加血清中 SOD 含量。由此可见,黄花倒水莲总苷对四氯化碳、氨基半乳糖引起的急性肝损伤有治疗效果,且能够有效的预防酒精性脂肪肝。研究表明,黄花倒水莲多糖^[77]、叶提取物^[78]对 CCl₄ 引起的肝损伤具有保护作用。

2.6 抗血栓、凝血作用

寇俊萍等^[79]研究了 PTS 对凝血系统和炎症血栓模型的影响,结果表明 PTS 可显著提高家兔血浆复钙时间、纤维蛋白凝固时间和部分凝血活酶时间;降低小鼠尾部血栓的长度并抑制其足趾肿胀。刘育斌等^[80]基于网络药理学方法,筛选出 PTS 抗凝血和抗血栓作用可能的靶点和通路。动物实验结果表明高剂量 PTS (120 mg.kg⁻¹) 对血栓形成的抑制率为 47.4%,并发现其可能是通过抑制内源性凝血途经中 FIIa 的活性产生抗凝血作用。

2.7 保护心脑血管

黄花倒水莲提取物能够抑制 LPS 诱导的大鼠心肌细胞中 miR-369 基因的表达,引发细胞中抗凋亡蛋白 Bcl-2 上调和凋亡蛋白 Bax 下调,同时促进 AKT1 基因的表达,因而起到对心肌细胞损伤的保护作用^[81]。Methyl 3,4,5-trimethoxycinnamate (M-TMCA) 为远志根中主要活性成分, M-TMCA 可通过抑制钙通道保护家兔心肌细胞心律失常^[59]。靳文学等^[82]研究发现,远志皂苷元干预增加了外周血内皮祖细胞(EPCs)的移植效率和治疗效果,改善急性心肌梗死模型小鼠的心脏功能,提升新生血管密度和 VEGF 基因的表达水平。Zhou 等^[83]通过建立原代体外心肌细胞缺氧缺血/再灌注模型和体内大脑中动脉闭塞模型,评价了远志皂苷 F 在缺氧缺血性脑损伤新生大鼠心肌损伤的作用,

结果表明远志皂苷 F 能够减少氧化应激损伤, 增加 Bcl-2 蛋白水平和降低 Cyt-C 和 Bax 值, 从而降低心肌细胞的凋亡率; 通过减少损伤标志物, 减轻脑缺氧和缺血引起的肝肾损伤。该研究结果可能有助于开发缺氧缺血性脑损伤临床心脏保护的新策略。

2.8 抗衰老

远志皂苷可以有效治疗 D- 半乳糖诱导的衰老小鼠, 与对照组相比, 远志皂苷显著降低小鼠胸腺指数和脾脏指数, 提高血清中 CAT 和 SOD 的活力, 其抗衰老作用机理可能是通过增加机体 CAT 和 SOD 等抗氧化酶活力, 抵抗自由基对细胞的破坏^[84]。远志散能够提高 D- 半乳糖诱导衰老模型小鼠的脑组织抗氧化酶 SOD、GSH-Px 和 CAT 活性、减少 MDA 含量, 远志散中、高剂量作用效果更为显著, 说明其通过增加抗氧化酶活性, 抑制脂质过氧化, 达到抗衰老效果^[85]。Liu 等^[86]研究发现, 远志根中寡糖酯和 DISS 可显著升高 SOD 和 GSH-Px 活性, 降低小鼠血液和肝脏中 MDA 含量, 其中远志中寡糖酯在体内抗氧化作用较强。

2.9 镇静催眠作用

Lee 等^[87]研究了远志中 3, 4, 5- 三甲基肉桂酸 (TMCA) 对戊巴比妥诱导的小鼠睡眠行为的影响试验, 发现 TMCA 能减少小鼠的运动活性, 增加总睡眠时间, 减少戊巴比妥引起的睡眠潜伏期。此外, TMCA 还增加了小鼠小脑颗粒细胞中谷氨酸脱羧酶的激活和 γ -氨基丁酸受体 C 亚基的表达, TMCA 可能是通过 γ -氨基丁酸能系统增强睡眠和改变睡眠结构。Ren 等^[88]通过建立老年失眠大鼠模型, 发现远志能够增加大鼠体重, 改善其记忆力, 延长戊巴比妥发的睡眠时间, 中等剂量还能延长大鼠海马谷氨酸的水平, 进一步证实了远志对失眠大鼠的镇静催眠作用可能与神经代谢途径, 尤其是 γ -氨基丁酸能信号通路有关。Cao 等^[89]通过研究也发现, 远志中皂苷类成分 Tenuifolin 可以通过 γ -氨基丁酸能系统的激活和 (或) 去甲肾上腺素能系统增加小鼠的睡眠。

2.10 神经保护作用

研究发现, PS-F 能抑制神经毒素鱼藤酮 (rotenone) 诱导的细胞凋亡, 不同浓度瓜子皂苷已能明显降低 Caspase-3, 改善 PC-12 细胞损伤, 并呈剂量浓度依赖性。推测其作用机制可能是 PS-F 促进了 CREB 的表达而产生神经保护作用^[90]。瓜子

皂苷丙也具有抑制 MPP⁺ 诱导 PC-12 细胞凋亡的作用, 其可能是通过上调 Bcl-2 和下调 Bax 蛋白的表达, 维持线粒体正常膜电位, 稳定线粒体功能以及清除细胞中活性氧簇 (ROS) 实现神经保护作用^[91]。黄志雄等^[52]研究发现, 远志寡糖酯类化合物 tenifoliside A、tenuifolioside J、tenuifolioside A、1-O-(E)-Benzoyl-[3-O-(E)-alphanolloyl]- β -D-fructofuranosyl-(2 \rightarrow 1)-[β -D-glucopyranosyl-(1 \rightarrow 2)]- α -D-glucopyranosid 对皮质酮诱导损伤的 SH-SY5Y 神经细胞均具有保护作用, 同时探讨了化合物的构效关系, tenifoliside A 的葡萄糖 (C1c-1) 的乙酰基被阿魏酰基取代, 这可能与提高了化合物对皮质酮损伤的 SH-SY5Y 神经细胞的保护作用有关。黄炎等^[92]研究表明, 经远志皂苷治疗 60 天, 模型组 AD 大鼠海马神经细胞线粒体的超微结构较为完整, 随着用药剂量的增加, 降低了海马 CA1 神经细胞凋亡率和细胞色素 C, 恢复了大鼠海马神经细胞线粒体 SOD、GSH-PX 的活性, 降低了 MDA 的含量, 因而减轻了 A β 1-40 神经毒性, 表明远志皂苷具有保护神经元的作用。

2.11 其他

Lapa 等^[93]研究表明圆锥远志 *P. paniculata* 提取物能够显著抑制 70% 乙醇诱导的胃黏膜损伤, 且具有一定抗氧化活性。总之, 这些活性功效可能与前列腺素以及细胞保护因子有关, 如抗氧化活性和维持粘液生成。Chen 等^[58]研究发现远志中 TMCA 显著降低了 MES 诱导的强直性后肢伸展的发生率, 显著延迟肌阵挛的发作, 并降低了癫痫发作的严重程度和死亡率, TMCA 可能通过与 GABAA 受体复合物的相互作用发挥抗癫痫功效。此外, 远志属植物还具有防辐射^[94]、增强免疫力^[95]等作用。

3 总结与展望

远志属植物富含生物活性物质, 具有多种药理活性, 在民间已被广泛应用。目前通过研究发现, 其部分单体化合物具有抗肿瘤、抗抑郁、益智以及抗炎等药理活性。

(1) 随着社会的发展, 全球患癌症、抑郁症和阿尔茨海默症的人数日益增加, 开发治疗此类疾病的有效药物刻不容缓。远志属中特有成分寡糖酯类化合物——3, 6'-二芥子酰基蔗糖、三萜皂苷等具有抗抑郁和保护神经作用, 吡啶类成分具

有抗肿瘤作用, 这些活性成分都具有极大潜在应用价值。

(2) 目前国内外对远志属植物化学成分的研究主要集中在皂苷、寡糖酯类成分及粗提取物。现代研究还发现, 多糖具有抗氧化、增强免疫力、降血糖等作用^[95], 所以应加强对远志属多糖的开发利用, 以发挥最大的经济效益。另外远志属全世界有 500 余种植物, 而目前国内外研究报道远志属植物的物种仅有少数, 且多是通过粗提取开展药理活性的研究, 对大多数活性物质的作用机制、靶向位点、构效关系等尚不明确。

(3) 中药远志有以次充好、以假充真的现象, 严重影响药材的质量。同时, 药材的质量还受多种因素的影响, 如产地、栽培方式、生长年限等, 建议以其性状特征、化学成分以及生物学特性为基础, 筛选合理的参数指标划分远志药材质量等级。与此同时加强远志种质资源的收集, 建立种质资源圃, 培育高产、有效成分含量高、抗逆性强的优良品种。

参考文献

- [1] 国家药典委员会. 中华人民共和国药典[M].2020年版. 北京: 中国医药科技出版社, 2020: 163.
- [2] 李萍, 闫明, 李平亚. 远志属植物化学成分及生物活性研究进展[J]. 特产研究, 2004 (3): 56-61.
- [3] 宋成芝, 吴章康, 华燕. 远志属药用植物化学成分和生物活性研究进展[J]. 中国民族民间医药, 2008(3): 28-29.
- [4] 王小雨, 刘传鑫, 周佳丽, 等. 中药远志的化学成分和药理作用研究进展及其潜在质量标志物预测分析 [J]. 国际药学研究杂志, 2020, 47 (7): 483-495; 513.
- [5] 刘友平, 万德光, 刘涛, 等. 分光光度法测定不同产地远志总皂甙的含量[J]. 成都中医药大学学报, 2000(2): 46-47.
- [6] SAKUMA S, SHOJI J. Studies on the constituents of the root of *Polygala tenuifolia* Willdenow. II. On the structures of onjisaponins A, B and E[J]. Chemical & Pharmaceutical Bulletin, 1982, 30 (3): 810-821.
- [7] 李创军, 杨敬芝, 瘦石山, 等. 远志中的三萜皂苷和寡糖多酯类成分[J]. 中国天然药物, 2011, 9 (5): 321-328.
- [8] LIU J, YANG X, HE J, et al. Structure analysis of triterpene saponins in *Polygala tenuifolia* by electrospray ionization ion trap multiple-stage mass spectrometry[J]. Journal of Mass Spectrometry, 2007, 42(7): 861-873.
- [9] LING Y, LI Z, CHEN M, et al. Analysis and detection of the chemical constituents of Radix Polygalae and their metabolites in rats after oral administration by ultra high-performance liquid chromatography coupled with electrospray ionization quadrupole time-of-flight tandem mass spectrometry[J]. Journal of Pharmaceutical and Biomedical Analysis, 2013, 85: 1-13.
- [10] LING Y, LI Z, CHEN M, et al. Analysis of multiple constituents in cong-ming-tang, a chinese herbal formula for the treatment of amnesia, by high-performance liquid chromatography with quadrupole time-of-flight mass spectrometry[J]. Phytochemical Analysis, 2013, 24 (6): 677-688.
- [11] LI J, JIANG Y, TU P F. New acylated triterpene saponins from *Polygala tenuifolia* willd.[J]. Journal of Asian Natural Products Research, 2006, 8 (6): 499-503.
- [12] SONG Y L, ZENG K W, SHI T X, et al. Sibiricasaponins A-E, five new triterpenoid saponins from the aerial parts of *Polygala sibirica* L.[J]. Fitoterapia, 2013, 84: 295-301.
- [13] WANG H, GAO J, KOU J, et al. Anti-inflammatory activities of triterpenoid saponins from *Polygala japonica*[J]. Phytomedicine, 2008, 15: 321-326.
- [14] FU J, ZUO L, YANG J, et al. Oligosaccharide polyester and triterpenoid saponins from the roots of *Polygala japonica*[J]. Phytochemistry, 2008, 69 (7): 1617-1624.
- [15] 朱丹妮, 李丽, 朱瑶俊, 等. 黄花倒水莲化学成分研究[J]. 中国药科大学学报, 2003, 34 (3): 222-224.
- [16] ZHOU Y H, GUO Q, JIANG Y, et al. Chemical constituents from the roots of *Polygala wattersii* Hance[J]. Journal of Chinese Pharmaceutical Sciences, 2014, 23 (10): 723-730.
- [17] ZHANG D, MIYASE T, KUROYANAGI M, et al. Studies on the constituents of *Polygala japonica* Houtt. I. Structures of polygalasaponins I-X[J]. Chemical & Pharmaceutical Bulletin, 1995, 43 (1): 115-120.
- [18] ZHANG D, MIYASE T, KUROYANAGI M, et al. Studies on the constituents of *Polygala japonica* Houtt. II. Structures of polygalasaponins XI-XIX[J]. Chemical & Pharmaceutical Bulletin, 1995, 43 (6): 966-970.
- [19] ZHANG D, MIYASE T, KUROYANAGI M, et al. Studies on the Constituents of *Polygala japonica* Houtt. III. Structures of Polygalasaponins XX—XXVII [J]. Chemical & Pharmaceutical Bulletin, 1996, 44 (1): 173-179.
- [20] ZHANG D, MIYASE T, KUROYANAGI M, et al. Five new triterpene saponins, polygalasaponins XX-VIII-XXXII from the root of *Polygala japonica* Houtt[J]. Chemical & Pharmaceutical Bulletin, 1996, 44 (4): 810-815.

- [21] ZHANG D, MIYASE T, KUROYANAGI M, et al. Nine new triterpene saponins, polygalasaponins XXXIII-XLI from the roots of *Polygala fallax* Hemsl.[J]. Chemical & Pharmaceutical Bulletin, 1996, 44 (11): 2092-2099.
- [22] ZHANG D, MIYASE T, KUROYANAGI M, et al. Polygalasaponins XLII-XLVI from roots of *Polygala glomerata*[J]. Phytochemistry, 1998, 47 (3): 459-466.
- [23] 李廷钊. 瓜子金中抗抑郁活性成分的研究及糙叶败酱活性成分的研究[D]. 上海: 第二军医大学, 2005.
- [24] 方乍浦, 尹国江. 瓜子金皂甙丙和丁的化学结构研究[J]. 植物学报, 1989, 31 (9): 708-712.
- [25] HADDAD M, MIYAMOTO T, DELAUDE C, et al. New acylated saponins from *Polygala myrtifolia*[J]. Helvetica Chimica Acta, 2003, 86: 3055-3065.
- [26] 姜勇, 屠鹏飞. 远志属植物中吡啶类化合物的结构特征和谱学规律[J]. 北京大学学报(医学版), 2004, 36 (1): 94-98.
- [27] KOBAYASHI W, MIYASE T, SUZUKI S, et al. Oligosaccharide esters from the roots of *Polygala arillata*[J]. Journal of Natural Products, 2000, 63: 1066-1069.
- [28] 刘明, 徐伟, 梁娜, 等. 远志的化学成分研究[J]. 中国现代中药, 2010, 12 (9): 18-21.
- [29] JIANG Y, TU P F. Xanthone *O*-glycosides from *Polygala tenuifolia*[J]. Phytochemistry, 2002, 60: 813-816.
- [30] ZHOU Y, ZHANG S Y, GUO Q, et al. Chemical investigation of the roots of *Polygala sibirica* L[J]. Chinese Journal of Natural Medicines, 2014, 12 (3): 225-228.
- [31] 芦毅, 华燕. 西南远志5个吡啶类化合物[J]. 西南林学院学报, 2009, 29 (3): 92-94.
- [32] 姜勇, 刘蕾, 屠鹏飞. 远志的化学成分研究Ⅲ[J]. 中国天然药物, 2003, 1 (3): 15-18.
- [33] FU J, ZHANG D M, CHEN R Y. Three new xanthenes from the roots of *Polygala japonica* Houtt.[J]. Journal of Asian Natural Products Research, 2006, 8 (1-2): 41-46.
- [34] LI T Z, ZHANG W D, YANG G J, et al. New flavonol glycosides and new xanthone from *Polygala japonica*[J]. Journal of Asian Natural Products Research, 2006, 8 (5): 401-409.
- [35] 张东明, 单卫华. 瓜子金根的化学成分研究[J]. 中草药, 2005, 36 (12): 1767-1771.
- [36] 薛清春. 远志属植物瓜子金根的化学成分研究及茵芋苷的合成研究[D]. 北京: 中国协和医科大学, 2009.
- [37] 黄艳杰. 丽江远志化学成分及其生物活性研究[D]. 昆明: 西南林业大学, 2017.
- [38] 李药兰, 戴杰, 黄伟欢, 等. 黄花倒水莲化学成分及其抗病毒活性研究[J]. 中草药, 2009, 40 (3): 345-348.
- [39] 黄朝辉, 徐康平, 周应军, 等. 黄花倒水莲的一个新(吡)酮[J]. 药学学报, 2004, 39 (9): 752-754.
- [40] 林黎琳, 黄锋, 陈四保, 等. 黄花倒水莲的化学成分及抗氧化活性研究[J]. 中国中药杂志, 2005, 30 (11): 827-830.
- [41] ZHOU Y H, GUO Q, JIANG Y, et al. Chemical constituents from the roots of *Polygala wattersii* Hance[J]. Journal of Chinese Pharmaceutical Sciences, 2014, 23 (10): 723-730.
- [42] CRISTIANO R, PIZZOLATTI M, MONACHE F, et al. Two xanthenes from *Polygala paniculata* and confirmation of the 1-Hydroxy- 2, 3, 5-trimethoxy-xanthone at trace level by HRGC-MS[J]. Zeitschrift für Naturforschung. C, Journal of Biosciences, 2003, 58: 490-494.
- [43] DALL'ACQUA S, VIOLA G, CAPPELLETTI E, et al. Xanthenes from *Polygala alpestris* (Rchb.)[J]. Zeitschrift für Naturforschung. C, Journal of biosciences, 2004, 59: 335-338.
- [44] DALL'ACQUA S, INNOCENTI G, VIOLA G, et al. cytotoxic compounds from *Polygala vulgaris*[J]. Chemical & Pharmaceutical Bulletin, 2002, 50 (11): 1499-1501.
- [45] 刘大伟, 康利平, 马百平. 远志化学及药理作用研究进展[J]. 国际药学研究杂志, 2012, 39 (1): 32-36; 44.
- [46] MIYASE T, IWATA Y, UENO A. Tenuifolioses A-F, oligosaccharide multi-esters from the roots of *Polygala tenuifolia* Willd.[J]. Chemical & Pharmaceutical Bulletin, 1991, 39 (11): 3082-3084.
- [47] MIYASE T, IWATA Y, UENO A. Tenuifolioses G-P, Oligosaccharide Multi-Esters from the roots of *Polygala tenuifolia* Willd.[J]. Chemical & Pharmaceutical Bulletin, 1992, 40 (10): 2741-2748.
- [48] JIANG Y, TU P F. Tenuifolioses Q, a new oligosaccharide ester from the root of *Polygala tenuifolia* Willd.[J]. Journal of Asian Natural Products Research, 2003, 5 (4): 279-283.
- [49] HU Y, LIAO H-B, DAI-HONG G, et al. Antidepressant-like effects of 3, 6'-disinapoyl sucrose on hippocampal neuronal plasticity and neurotrophic signal pathway in chronically mild stressed rats[J]. Neurochemistry international, 2009, 56 (3): 461-465.
- [50] KOBAYASHI W, MIYASE T, SUZUKI S, et al. Tetrasaccharide multi-esters and xanthone glycosides from the roots of *Polygala wattersii*[J]. Journal of Natural Products, 2000, 63 (8): 1121-1126.
- [51] KOBAYASHI S, MIYASE T, NOGUCHI H. Polyphenolic glycosides and oligosaccharide multiesters from the roots of *Polygala dalmaisiana*[J]. Journal of Natural Products, 2002, 65 (3): 319-328.
- [52] 黄志雄, 穆丽华, 赵海霞, 等. 远志寡糖酯化化合物的神经保护作用及初步构效关系研究[J]. 解放军药学报, 2012, 28 (5): 377-380; 384.
- [53] 朱冬雪, 顾采琴, 周伯春. 喜树不同生长发育期及不同

- 器官中黄酮含量的变化[J]. 广东林业科技, 2012, 28(1): 61-64.
- [54] SHI T X, LI Y G, JIANG Y, et al. Isolation of flavonoids from the aerial parts of *Polygala tenuifolia* Willd. and their antioxidant activities [J]. Journal of Pharmaceutical Sciences, 2013, 22 (1): 36-39.
- [55] 王洪兰, 李祥, 陈建伟. 远志属药用植物瓜子金的化学成分研究[J]. 南京中医药大学学报, 2011, 27 (5): 470-473.
- [56] 金宝渊, 朴政一. 远志生物碱成分的研究[J]. 中国中药杂志, 1993, 18 (11): 675-677; 702-703.
- [57] MA W, WEI X, LING T, et al. New phenolics from *Polygala fallax*[J]. Journal of Natural Products, 2003, 66 (3): 441-443.
- [58] CHEN C Y, WEI X D, CHEN C R. 3, 4, 5-Trimethoxycinnamic acid, one of the constituents of *Polygalae Radix* exerts anti-seizure effects by modulating GABAergic systems in mice[J]. Journal of Pharmacological Sciences, 2015, 131 (1): 1-5.
- [59] ZHAO Z, FANG M, XIAO D, et al. Potential antiarrhythmic effect of methyl 3, 4, 5-trimethoxycinnamate, a bioactive substance from roots of *polygalae radix*: suppression of triggered activities in rabbit myocytes[J]. Biological & pharmaceutical bulletin, 2013, 36 (2): 238-244.
- [60] IWATA M, OTA K T, LI X Y, et al. Psychological stress activates the inflammasome via release of adenosine triphosphate and stimulation of the turinergeric type 2X7 receptor[J]. Biological Psychiatry, 2016, 80 (1): 12-22.
- [61] 刘屏, 王东晓, 郭代红, 等. 远志3, 6'-二芥子酰基蔗糖在药物诱发抑郁模型上的药效评价[J]. 中国药学杂志, 2008, 43 (18): 1391-1394.
- [62] 王洪兰, 王怡然, 周荧, 等. 植物药瓜子金抗抑郁活性部位初步研究[J]. 现代中药研究与实践, 2015, 29 (1): 32-34; 38.
- [63] ZHOU Y, MA C, LI B M, et al. *Polygala japonica* Houtt. reverses depression-like behavior and restores reduced hippocampal neurogenesis in chronic stress mice[J]. Biomedicine & Pharmacotherapy, 2018, 99: 986-996.
- [64] ZHOU Y F, YAN M Z, PAN R, et al. *Polygalae radix* extract exerts antidepressant effects in behavioral despair mice and chronic restraint stress-induced rats probably by promoting autophagy and inhibiting neuroinflammation[J]. Journal of Ethnopharmacology, 2021, 265 (113317): 1-11.
- [65] 朱婷, 刘明星, 郭申娥, 等. 瓜子金发酵总皂苷的抗炎镇痛活性[J]. 中国医院药学杂志, 2011, 31 (12): 996-998. doi: CNKI: SUN: ZGYZ.0.2011-12-014.
- [66] 龙倩, 王莎莎, 邵千航, 等. 瓜子金皂苷已抑制IL-1 β 的释放及其机制研究[J]. 中国药理学通报, 2019, 35 (5): 668-673.
- [67] YE Y, WANG H, LIU J, et al. Polygalasaponin F treats mice with pneumonia induced by influenza virus[J]. Inflammopharmacology, 2020, 28 (1): 299-310.
- [68] WANG X, ZHANG D, SONG W, et al. Neuroprotective effects of the aerial parts of *Polygala tenuifolia* Willd. extract on scopolamine-induced learning and memory impairments in mice[J]. Biomedical Reports, 2020, 13 (5): 1-8.
- [69] ZHOU H, XUE W, CHU S F. Polygalasaponin XXXII, a triterpenoid saponin from *Polygalae radix*, attenuates scopolamine-induced cognitive impairments in mice [J]. Acta Pharmacologica Sinica, 2016, 37 (8): 1-9.
- [70] XU P, XU S P, WANG K Z, et al. Cognitive-enhancing effects of hydrolysate of polygalasaponin in SAMP8 mice[J]. Journal of Zhejiang University Science, 2016, 17 (7): 503-514.
- [71] 刘顶鼎, 杨菁, 刘冬, 等. 瓜子金提取物对D-半乳糖痴呆小鼠的作用及机制研究[J]. 时珍国医国药, 2020, 31 (8): 1796-1798.
- [72] ZHANG F, SONG X, LI L, et al. *Polygala tenuifolia* polysaccharide (PTP) inhibits cell proliferation by repressing Bmi-1 expression and downregulating telomerase activity[J]. Tumor Biology, 2015, 36(4): 2907-2912.
- [73] YAO H, CUI P, XU D, et al. A water-soluble polysaccharide from the roots of *Polygala tenuifolia* suppresses ovarian tumor growth and angiogenesis in vivo[J]. International Journal of Biological Macromolecules, 2017, 107: 11-34.
- [74] BIAN Y, ZENG H, TAO H, et al. A pectin-like polysaccharide from *Polygala tenuifolia* inhibits pancreatic cancer cell growth in vitro and in vivo by inducing apoptosis and suppressing autophagy[J]. International Journal of Biological Macromolecules, 2020, 162: 107-115.
- [75] YAO Z, LI Y, WANG Z, et al. Research on anti-hepatocellular carcinoma activity and mechanism of *Polygala fallax* Hemsl.[J]. Journal of Ethnopharmacology, 2020, 260: 113062.
- [76] 郭继远, 王秋娟, 吴锦慧, 等. 黄花倒水莲总皂苷对动物实验性肝损伤的保护作用[J]. 中国天然药物, 2006, 4 (4): 303-307.
- [77] 曹后康, 韦日明, 张可锋, 等. 黄花倒水莲多糖对四氯化碳致急性肝损伤小鼠的保护作用[J]. 中药材, 2018, 41 (1): 203-206.
- [78] 刘伟, 蔡丽惠, 莫元琦, 等. 黄花倒水莲叶提取物对CCl₄所致肝损伤的保护作用 [J]. 海峡药学, 2019, 31 (8): 39-41.
- [79] 寇俊萍, 李景峰, 闫瑾, 等. 黄花倒水莲总皂苷对凝血系

- 统及血栓形成的影响[J]. 中国药科大学学报, 2003, 34 (3): 257-260.
- [80] 刘育铖, 毛思宇, 李昱, 等. 基于网络药理学的黄花倒水莲总皂苷抗凝作用及机制[J/OL]. 食品科学, 2020: 1-15[2020-12-29].<https://kns.cnki.net/kcms/detail/11.2206.TS.20201229.0913.012.html>.
- [81] 代天, 杨萍, 赵谦, 等. 黄花倒水莲下调miR-369对LPS诱导大鼠心肌细胞损伤的保护机制研究[J]. 中国免疫学杂志, 2020, 36 (20): 2462-2467.
- [82] 靳文学, 乔秀兰. 远志皂苷元对内皮祖细胞移植治疗急性心肌梗死模型大鼠心功能的影响[J]. 中国老年学杂志, 2019, 39 (2): 413-418.
- [83] ZHOU W L, ZHANG J T, XU W, et al. Protective effects of polygalasaponin F on oxidative stress and apoptosis-induced ischemic myocardial injury in neonatal rats with hypoxic-ischemic brain damage[J]. Neuroreport, 2019, 30 (17): 1148-1156.
- [84] 柴智, 张娟娟, 孙胜杰, 等. 远志总皂苷抗衰老与免疫调节作用研究[J]. 中华中医药杂志, 2018, 33 (2): 704-707.
- [85] 郭静, 李斌, 王智超, 等. 远志散对D-半乳糖致衰老小鼠学习记忆及氧化应激水平的影响[J]. 中华中医药学刊, 2019, 37 (9): 2144-2147; 2314.
- [86] LIU P, HU Y, GUO D H, et al. Antioxidant activity of oligosaccharide ester extracted from *Polygala tenuifolia* roots in senescence-accelerated mice [J]. Pharmaceutical Biology, 2010, 48 (7): 828-833.
- [87] LEE C I, HAN J Y, HONG J T, et al. 3, 4, 5-Trimethoxycinnamic acid (TMCA), one of the constituents of *Polygalae radix* enhances pentobarbital-induced sleeping behaviors via GABAergic systems in mice[J]. Archives of pharmacal research, 2013, 36: 1244-1255.
- [88] REN X J, WANG G Y, ZHANG X, et al. Sedative and hypnotic effects and transcriptome analysis of *Polygala tenuifolia* in aged insomnia rats[J]. Chinese Journal of Integrative Medicine, 2020, 26 (6): 434-441.
- [89] CAO Q, JIANG Y, CUI S Y, et al. Tenuifolin, a saponin derived from Radix Polygalae exhibits sleep-enhancing effects in mice[J]. Phytomedicine, 2016, 23(14): 1797-1805.
- [90] 吴苗苗, 苑玉和, 陈乃宏. 瓜子金皂苷己对鱼藤酮损伤PC-12细胞的保护作用及其对CREB的影响[J]. 神经药理学报, 2013, 3 (1): 12-16.
- [91] 吴苗苗, 苑玉和, 胡金凤, 等. 瓜子金皂苷丙对MPP⁺诱导PC12细胞凋亡的抑制作用[J]. 中国药理学与毒理学杂志, 2012, 26 (3): 426-427.
- [92] 黄炎, 陈逸青, 陈勤, 等. 远志皂苷对A β 1-40诱导痴呆大鼠海马神经细胞线粒体的保护作用[J]. 中药药理与临床, 2015, 31(1): 93-97.
- [93] LAPA FDA R, FREITAS C S, BAGGIO C H, et al. Gastroprotective activity of the hydroalcoholic extract obtained from *Polygala paniculata* L. in rats[J]. The Journal of Pharmacy and Pharmacology, 2007, 59 (10): 1413-1419.
- [94] 王晓平, 黄翔, 赵仕花. 黄花倒水莲对辐射损伤小鼠防护作用的研究[J]. 中国实验方剂学杂志, 2013, 19 (19): 234-237.
- [95] 景永帅, 张丹参, 吴兰芳, 等. 远志多糖的分离纯化、结构特征及生物活性[J]. 食品科学, 2017, 38 (17): 126-131.