

多花黄精活性成分研究进展

项昭保, 陈鹏飞, 刘岩

重庆工商大学 环境与资源学院, 重庆 400067

摘要:目的 解决多花黄精目前主要是其传统药用部位根用作保健食品直接食用, 而有着类似功效成分的地上部分茎叶全部作为废弃物丢弃, 多花黄精功效成分及其作用机制的研究严重不足等困境; 明确多花黄精资源的研发方向。方法 通过广泛调研文献、分析多花黄精的研究现状, 对多花黄精中各类化学成分的组成、含量、结构和活性及其作用机制, 多花黄精总多糖、总皂苷和总黄酮等主要化学成分不同产地、不同龄节、不同生境、不同部位的含量差异, 以及总黄酮提取工艺等进行了综述。结果 多花黄精具有降血糖、抗疲劳、提高免疫力、抗肿瘤、抗菌、抗病毒、抗凝血和抗抑郁等多种生物活性, 且其主要功效成分为多糖、皂苷、黄酮和生物碱等。结论 不同产地、不同龄节、不同生境的多花黄精其总多糖、总皂苷和总黄酮含量差异明显, 地上部分也存在总多糖、总皂苷和总黄酮等功效成分, 今后应加强对多花黄精资源的深度研究和开发, 充分利用多花黄精资源。

关键词:多花黄精; 化学成分; 生物活性

中图分类号: TS201.4 文献标识码: A doi: 10.16055/j.issn.1672-058X.2024.0001.001

Research Progress on Active Ingredients of *Polygonatum Cyrtonema Hua*

XIANG Zhaobao, CHEN Pengfei, Liu Yan

School of Environment and Resources, Chongqing Technology and Business University, Chongqing 400067, China

Abstract: Objective Currently, the main traditional medicinal part of *Polygonatum cyrtonema Hua* is its roots, which are used as a health food ingredient for direct consumption, while the aboveground stems and leaves, which have similar effects, are all discarded as waste. This paper aims to find the potential of aboveground parts of *Polygonatum cyrtonema Hua*, explore the functional components and mechanism of *Polygonatum cyrtonema Hua*, and clarify the research and development direction of *Polygonatum cyrtonema Hua* resources. **Methods** Through extensive literature research and analysis of the research status of *Polygonatum cyrtonema Hua*, a comprehensive review was conducted on the composition, content, structure, activity, and mechanism of chemical components in *Polygonatum cyrtonema Hua*, on the differences in the content of main chemical components such as total polysaccharides, total saponins, and total flavonoids in different origins, different growth stages, different habitats, and different parts of *Polygonatum cyrtonema Hua*, as well as on the extraction process of total flavonoids. **Results** It was found that *Polygonatum cyrtonema* has many biological activities, such as regulating blood sugar, anti-fatigue, enhancing immunity, anti-tumor, antibacterial, anti-virus, anticoagulant, and antidepressant effects. Its main functional components are polysaccharides, saponins, flavonoids, and alkaloids. **Conclusion** There are significant differences in the content of total polysaccharides, total saponins, and total flavonoids in *Polygonatum cyrtonema Hua* from different origins, growth stages, and habitats. The aboveground parts also contain functional components such as total polysaccharides, total saponins, and total flavonoids. In the future, it is necessary to enhance the in-depth research and development of the *Polygonatum cyrtonema Hua* resource, making full use of its potential.

Keywords: *Polygonatum cyrtonema Hua*; chemical components; biological activity

收稿日期: 2022-03-05 修回日期: 2022-05-18 文章编号: 1672-058X(2024)01-0001-11

基金项目: 重庆市科技局鲁渝协作重点项目(CSTC2020JSCX-LYGGX0001).

作者简介: 项昭保(1977—), 男, 江西乐平人, 教授, 博士, 从事天然产物活性成分研究。

引用格式: 项昭保, 陈鹏飞, 刘岩. 多花黄精活性成分研究进展[J]. 重庆工商大学学报(自然科学版), 2024, 41(1): 1—11.

XIANG Zhaobao, CHEN Pengfei, LIU Yan. Research progress on active ingredients of *Polygonatum cyrtonema Hua*[J]. Journal of Chongqing Technology and Business University (Natural Science Edition), 2024, 41(1): 1—11.

1 引言

我国“药食同源”文化源远流长,2018 年国家卫生健康委员会最新公布了 101 种药食同源名单,这些资源既有千百年来不断被验证的功效,又有食品的安全性,对保障人民的健康发挥了重要作用,被视为“长生不老和延年益寿药”的黄精(*Polygonatum sibiricum* Red) 就是其中的代表之一。黄精始载于晋代《名医别录》,载“其味甘、平,无毒,主补中益气,除分湿,安五脏,久服轻身、延年、不饥。”具有补肾益精、滋阴润燥的功效^[1]。自晋朝黄精就被作为补益之品,在我国被广泛使用^[2]。2015 年版《中国药典》^[3]中收录的黄精来源有 3 种,分别为黄精、滇黄精(*Polygonatum kingianum* Coll. et Hemsl.) 和多花黄精(*Polygonatum cyrtone-ma* Hua)。相比较前两种,多花黄精的研究较少。多花黄精主产于湖南、湖北、四川、重庆、贵州、安徽、广东、广西、浙江、福建、江西等南方省份,其味甘、平,归脾、肺、肾经,具有补气养阴、健脾、润肺、益肾等功效^[4],现代药理作用发现多花黄精具有降糖、提高免疫力、抗疲劳、抗肿瘤、抗菌和抗病毒等作用。多花黄精是南方地区的地道药食两用中药材,近年来,由于人们对身体健康的关注越来越多,导致市场对多花黄精的需求量不断增加,野生多花黄精资源远不能满足人们的需求,人工栽培多花黄精是目前市场上多花黄精的主要来源,且栽培地域和规模不断扩大。但是多花黄精目前仍主要用作保健食材直接食用,对其功效的研究也主要集中在提取物和粗多糖,功效成分及其作用机制的研究严重不足,这也极大限制了多花黄精大健康产品的开发。同时,目前多花黄精资源主要利用其传统药用部位根,地上部分茎、叶全部作为废弃物丢弃。为了更好地推进多花黄精资源的深度开发和高效利用,对多花黄精各类成分的化学组成、含量、结构和活性及作用机制等进行了综述。

2 多糖

2.1 含量

多糖作为多花黄精中最主要的功效成分,是药典评价黄精质量的重要指标,《中国药典》(2015 年版)规定的黄精多糖含量不得低于 7.0%^[3]。不同产地多花黄精的多糖含量差别很大,含量最低的仅有 2.23%,含量最高的达 14.77%,详见表 1。

多花黄精不同龄节多糖含量不同,陈怡等^[8]研究了贵州六枝地区人工栽培多花黄精不同龄节药材多糖的含量,发现随年限的增长,多花黄精根茎的多糖含量逐渐降低,1 年龄节含量最高,为 14.65%;4 年龄节多糖含量最低,为 3.54%。多花黄精不同部位均含有多糖,但含量不同,赵海洋等^[9]测试了四川泸州五年生多花黄精不同部位的多糖含量,发现除花中多糖含量略低于 7.0%以外,根、茎、叶中多糖含量均高于 7.0%,又

以根中含糖量最高,高达 17.86%。此外,不同生境下,多花黄精多糖的含量也不同,仅林下栽培龄节 1 年零 4 个月和锥栗林生境下三年生多花黄精满足黄精多糖含量不低于 7.0% 的药典要求,如表 2 所示。

表 1 不同产地多花黄精总多糖含量

Table 1 Total polysaccharide content of *Polygonatum cyrtone-ma* Hua from different locations

产地	含量/(wt%)	文献	产地	含量/(wt%)	文献
江西 宜春	14.77	[5]	福建 政和	9.39	[7]
湖南 湘西	2.66		四川 南充	7.23	
广西 桂林	10.10		湖南 娄底	6.62	
四川 广安	7.86		江西 信丰	2.23	
广东 清远	10.68		修水	7.34	
湖北 恩施	4.26		安徽 泾县	8.36	
湖南 张家界	9.40		池州	4.90	
安徽 九华山	8.44		黄山	5.32	
湖南 娄底	11.78		六安	7.50	
广西 百色	4.29		青阳	4.90	
	贺州	7.17	贵州 贵阳	6.54	[7]
	宜州	5.28	镇远	5.93	
浙江 丽水	4.63	德江	3.77		
	天台	10.89	广东 韶关	14.09	
	桐乡	12.88	湖北 咸宁	6.24	
	仙居	9.08	云南 蒙自	6.26	
	黄岩	9.85	重庆 武隆	6.85	

表 2 不同生境下多花黄精总多糖含量

Table 2 Total polysaccharide content of *Polygonatum cyrtone-ma* Hua in different habitats

产地	龄节	不同生境	含量/(wt%)	文献
浙江金华、丽水	3 年	针阔叶混交林	5.35	[10]
		毛竹林	6.57	
		常绿阔叶林	5.76	
		大田	5.64	
		锥栗林	7.18	
浙江建德	1 年零 4 个月	容器栽培	6.42	[11]
		大田栽培	6.82	
		林下栽培	8.38	

2.2 化学组成

多花黄精多糖含量丰富,但是目前研究和应用的主要是总多糖,分离纯化得到的多糖不多,近年来仅分离出 12 种多糖,如王聪^[12]从多花黄精根茎中分离得到 3 种黄精多糖,2 种主要由葡萄糖和半乳糖组成,另 1 种组成主要是半乳糖,重均分子量分别为 13 000,13 900 和 12 200 Da。王坤^[13]从多花黄精中分离得到 5 种多糖,主要由半乳糖、阿拉伯糖、甘露糖、葡萄糖和半乳糖醛酸组成,重均

分子量分别为 2 090,38 600,42 600,34 300 和 24 100 Da。李玲^[14]从多花黄精中分离 4 种多糖,主要组成为鼠李糖、木糖、甘露糖、葡萄糖阿拉伯糖、半乳糖醛酸和半乳糖,除弹糖组成外还含有少量蛋白质。

2.3 药理活性

多糖作为多花黄精中最主要的功效成分,目前对

多花黄精活性的研究主要集中在多糖的药理活性上,主要集中在降血糖、抗疲劳、提高免疫力、抗肿瘤、抗氧化、抗病毒、抗菌和抗炎等活性上,多花黄精多糖的药理活性、作用机制及多糖的提取方法如表 3 所示。其中有些研究进一步对多花黄精提取物抗氧化,降血糖活性^[35]和抗疲劳活性^[36-37]提供了物质基础。

表 3 多花黄精多糖的药理作用

Table 3 Pharmacological activities of polysaccharide from *Polygonatum cyrtoneuma* Hua

药理作用	作用机理	提取方法	文 献
降血糖	促进肠道内分泌 L 细胞 GLP-1 的分泌量	水提醇沉	[15]
	抑制 T1DM 过程中肝脏炎症细胞浸润、炎症因子的表达及提高胰岛素受体底物的表达	-	[16]
	与 NCI-H716 细胞表面的甜味受体结合,诱导 NCI-H716 细胞肠促胰素的分泌	水提醇沉	[17]
	上调 col1a2 和 sparc mRNA 表达	水提醇沉	[18]
提高免疫力	促进小鼠溶血素生成,从而增强小鼠体液免疫功能	醇提	[19]
	提高小鼠巨噬细胞吞噬鸡红细胞能力、促进小鼠溶血素的生成	-	[20]
-	-	-	[21]
抗疲劳	显著提高小鼠肝糖原含量	水提醇沉	[22]
	通过调节骨钙素信号	水提	[23]
抗肿瘤	促进荷瘤动物免疫系统功能	水提醇沉	[24]
	-	-	[25]
	诱导癌细胞凋亡和自噬	-	[26-27]
	诱导人肺腺癌 A549 细胞自噬和凋亡	-	[28]
	诱导鼠纤维肉瘤 L929 细胞凋亡	-	[29]
	诱导鼠纤维肉瘤 L929 细胞凋亡和自噬	-	[30]
抗病毒	-	醇提	[31]
	-	水提醇沉	[32]
抗菌和抗氧化	-	醇提	[33]
抗炎	抑制促炎细胞因子 TNF- α 和 IL-1 β	醇提超滤	[34]

注:“-”表示文献中未说明。

3 甾体皂苷

3.1 含 量

甾体皂苷类是黄精属植物的特征性成分,也是主要活性成分之一,目前对该类成分的文献报道多集中于黄精和滇黄精,对多花黄精中甾体皂苷类成分的研究不多,根据对多花黄精的总皂苷研究,发现不同产地多花黄精中的皂苷含量差别很大,最低的只有 0.003%,最高的高达 5.01%^[7],详见表 4 所示。

多花黄精根、茎、花和叶等不同部位均含有皂苷,但含量不同,不同产地含量差别大。皂苷含量跟龄节也有关系,详见表 5。不同生境下多花黄精中的皂苷含量也不相同,如表 6 所示。锥栗林生境下多花黄精皂苷含量高达 8.50%,显著高于其他生境下。此外,龄节长,皂苷含量高。

表 4 不同产地多花黄精总皂苷含量^[6]

Table 4 Total saponin content of *Polygonatum cyrtoneuma* Hua from different locations^[6]

产 地	含量/(wt%)	产 地	含量/(wt%)
广州 韶关	0.10	四川 南充	0.11
湖南 娄底	0.11	福建 政和	0.43
湖北 咸宁	0.89	江西 信丰	0.01
云南 蒙自	0.18	江西 修水	0.13
重庆 武隆	0.03	安徽 泾县	0.20
广西 百色	0.29	安徽 池州	0.10
贺州	0.66	安徽 黄山	0.14
宜州	0.42	安徽 六安	0.34
浙江 丽水	0.69	安徽 青阳	0.08
天台	0.58	贵州 贵阳	0.31
桐乡	0.39	贵州 镇远	0.08
仙居	0.01	贵州 德江	0.05
黄岩	0.07	湖南 娄底	5.01

表 5 不同产地不同部位多花黄精总皂苷含量
Table 5 Total saponin content of different parts of *Polygonatum cyrtoneuma* Hua from different locations

产地	龄节	部位	含量/(wt%)	文献
四川泸州	5年	叶	0.26	[9]
		花	0.24	
		茎	0.21	
		根	0.13	

贵州贵阳	-	根	0.03	[14]
	-	茎	0.04	
	-	叶	0.05	
	-	花	0.06	
	-	嫩芽	0.04	

注:“-”表示文献中未标注该数据

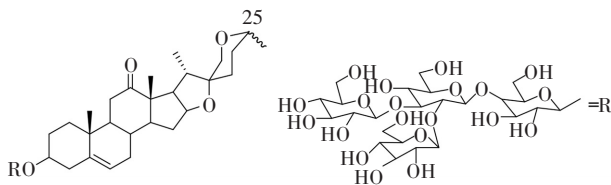
3.2 甾体皂苷单体

多花黄精总皂苷可以增强大鼠免疫功能^[38],对不可预见性应激抑郁大鼠有缓解作用^[39]。对多花黄精总

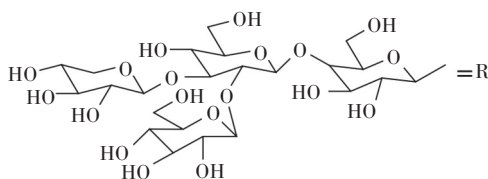
表 7 多花黄精中分离得到的甾体皂苷

Table 7 Steroidal saponin isolated from *Polygonatum cyrtoneuma* Hua

序号	成分	文献
1	(25R) spirostan-5-en-12-one-3-O-D-glucopyranosyl-(1→2)-O-[β-D-xylopyranosyl(1→3)]-O-β-D-glucopyranosyl(1→4)-β-D-galactopyranoside	[40]
2	(25S) spirostan-5-en-12-one-3-O-β-D-glucopyranosyl-(1→2)-O-[β-D-glucopyranosyl-(1→3)]-O-β-D-glucopyranosyl-(1→4)-β-D-galactopyranoside	
3	(25R) spirostan-5-en-12-one-3-O-D-glucopyranosyl-(1→2)-O-[β-D-xylopyranosyl(1→3)]-O-β-D-glucopyranosyl(1→4)-β-D-galactopyranoside	
4	(25S) spirostan-5-en-12-one-3-O-D-glucopyranosyl-(1→2)-O-[β-D-xylopyranosyl(1→3)]-O-β-D-glucopyranosyl(1→4)-β-D-galactopyranoside	
5	(25R) 3-β-hydroxyspirost-5-en-12-one	[41]
6	(25S) 3-β-hydroxyspirost-5-en-12-one	
7	薯蓣皂苷	[41]
8	薯蓣皂苷元	



(25R,S) spirostan-5-en-12-one-3-O-D-glucopyranosyl-(1→2)-O-[β-D-xylopyranosyl(1→3)]-O-β-D-glucopyranosyl(1→4)-β-D-galactopyranoside



(25R,S) spirostan-5-en-12-one-3-O-D-glucopyranosyl-(1→2)-O-[β-D-xylopyranosyl(1→3)]-O-β-D-glucopyranosyl(1→4)-β-D-galactopyranoside

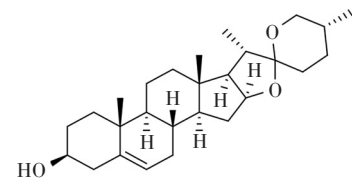
甾体皂苷的分离纯化的研究不多,目前共从多花黄精中分离得到 8 个皂苷,如表 7 所示其部分结构如图 1 所示。薯蓣皂苷有止咳、祛痰、脱敏、消炎作用,可用于气管炎的治疗。由薯蓣皂苷等 8 种甾体皂苷制成的地奥心血康胶囊对冠心病、心绞痛发作疗效显著。

表 6 不同生境下多花黄精总皂苷含量

Table 6 Total saponin content of *Polygonatum cyrtoneuma* Hua in different habitats

产地	龄节	不同生境	含量/(wt%)	文献
浙江金华、丽水	3年	针阔叶混交林	3.83	[10]
		毛竹林	5.20	
		常绿阔叶林	5.28	
		大田	2.58	
		锥栗林	8.50	

浙江建德	1年零4个月	容器栽培	0.54	[11]
		大田栽培	0.54	
		林下栽培	0.60	



薯蓣皂苷元

图 1 多花黄精中部分甾体皂苷化合物结构

Fig. 1 Structures of some steroidal saponins from *Polygonatum cyrtoneuma* Hua

4 黄酮

4.1 含量

黄酮类化合物能有效清除自由基,减少对细胞造成的损伤,并参与调节体内氧化-抗氧化平衡,有效防止某些氧化相关慢性疾病。当前对多花黄精的黄酮研究较多,但主要集中在含量测定和提取工艺优化,多花

黄精根茎的总黄酮含量详见表 8。

表 8 不同产地多花黄精总黄酮含量

Table 8 Total flavonoids content of *Polygonatum cyrtonema* Hua from different locations

产地	含量/ (wt%)	文献	产地	含量/ (wt%)	文献
江西 宜春	0.10	[5]	四川 南充	0.72	[7]
湖南 湘西	0.08		广州 韶关	0.01	
广西 桂林	0.04		湖南 娄底	0.01	
四川 广安	0.05		江西 信丰	0.01	
广东 清远	0.07		修水	0.01	
湖北 恩施	0.08		安徽 泾县	0.01	
湖南 张家界	0.11		池州	0.01	
安徽 九华山	0.09		黄山	0.01	
四川 甘孜州	0.07		六安	0.01	
广西 百色	0.01		青阳	0.01	
贺州	0.01	福建 政和	0.01		
宜州	0.01	贵州 贵阳	0.01		
浙江 丽水	0.01	镇远	0.01		
天台	0.01	德江	0.01		
桐乡	0.01	湖北 咸宁	0.01		
仙居	0.01	云南 蒙自	0.01		
黄岩	0.01	重庆 武隆	0.01		

注:表中 0.01%表示文献中多花黄精总黄酮含量≤0.01%。

多花黄精黄酮含量除与产地相关性很大外,不同生境下黄酮含量也不相同,而且与龄节也有关系,如表 9 所示。陈怡等^[8]研究了贵州六枝地区人工栽培多花黄精不同龄节药材黄酮的含量,发现随年限的增长,多花黄精根茎的黄酮含量先升高后降低,2 年龄节含量最高,为 1.91%;5 年龄节含量最低,仅为 0.66%。多花黄精不同部位均含有黄酮,但含量不同,叶子含量显著高于其他部位,详见表 10。

表 11 不同产地多花黄精总黄酮提取工艺及得率

Table 11 The extraction process and yield of total flavonoids of *Polygonatum cyrtonema* Hua from different locations

产地	提取工艺	得率/(wt%)	文献
		0.94	
		0.97	
浙江金华、 丽水	50%的乙醇溶液(加入 1%盐酸),超声(360 W,40 kHz)提取 1 h	1.04	[10]
		1.25	
		1.04	
福建	乙醇浓度 60%,提取温度 55 ℃,提取时间 150 min,提取次数 2 次,固液比 1:16	0.10	[43]
福建邵武	超声功率为 250 W、乙醇体积分数为 70%、超声提取时间为 20 min、料液比为 1:20	1.03	[44]

表 9 不同生境下多花黄精总黄酮含量

Table 9 Total flavonoids content of *Polygonatum cyrtonema* Hua from different habitats

产地	龄节	不同生境	含量/(wt%)	文献
		针阔叶混交林	0.94	
		毛竹林	0.97	
浙江金华、丽水	3 年	常绿阔叶林	1.04	[10]
		大田	1.25	
		锥栗林	1.04	
		容器栽培	0.11	
浙江建德	1 年零 4 个月	大田栽培	0.12	[11]
		林下栽培	0.15	

表 10 不同产地不同部位多花黄精总黄酮含量

Table 10 Total flavonoids content of different parts from *Polygonatum cyrtonema* Hua from different locations

产地	龄节	部位	含量/(wt%)	文献
		叶	2.20	
四川泸州	5 年	花	0.86	[9]
		茎	0.33	
		根	0.13	
	-	根	0.21	
	-	茎	0.23	
贵州贵阳	-	叶	1.14	[14]
	-	花	0.89	
	-	嫩芽	0.99	

注:“-”表示文献中未标注该数据。

4.2 总黄酮的提取

对多花黄精总黄酮提取研究如表 11 所示,总黄酮得率范围从 0.04%到 1.25%,差别很大,可能与提取方法、测定方法、产地、种植方式、生长期等有关,总体而言,大多数多花黄精总黄酮含量占药材干重千分之一以上,郑小江等^[42]测试发现湖北恩施多花黄精总黄酮的含量高达 5.75%,得出多花黄精总黄酮含量丰富。

续表(表11)

江西宜春		0.10	
广西桂林		0.04	
四川广安	20 倍体积的 80% 乙醇溶液, 于 70 °C 下提取 2 h, 重复 1 次	0.05	[5]
广东清远		0.07	
湖北恩施		0.08	
湖南永州		0.55	
湖南湘西		0.50	
湖南张家界	称取多花黄精粉末 0.5 g, 加入 25 mL 60% 乙醇溶液, 超声提取 20 min	0.70	[6]
娄底地区		0.21	
四川甘孜		0.71	
贵州	黄精根茎粉末 0.5 g, 加入 70% 乙醇 15 mL, 在 60 °C、50 Hz 下进行超声波辅助提取 50 min	0.66~1.67	[8]
四川泸州	称取多花黄精各部位样品 1 g, 置锥形瓶中, 加 70% 乙醇 20 mL, 60 °C 下超声提取 30 min, 用 70% 乙醇定容至 25 mL	叶(2.20)花(0.86) 茎(0.33)根(0.13)	[9]
安徽六安		0.44	
浙江昌化镇	精密称取 0.5 g 样品置于 50 mL 离心管内, 精密加入 25 mL 体积分数为 80% 的甲醇溶液, 密封, 称重, 25 °C 超声提取 30 min	0.37	[45]
浙江天目山		0.31	
浙江金华		0.32	
浙江建德市	称取多花黄精 0.25 g, 加入 80% 乙醇 150 mL, 水浴中回流 1 h, 重复提取 2 次。	0.11 0.12 0.15	[11]
安徽九华山	乙醇体积百分比浓度 81%、提取温度 69 °C、料液比 1 : 18、提取时间 2.5 h、提取 2 次	0.63	[46]

4.3 黄酮单体

多花黄精中发现了一些黄酮类化合物, 结构式如图 2, 具体官能团见表 12, 这些黄酮类化合物所得量均很少, 且主要为高异黄酮类化合物。黄酮类化合物具有较多的酚羟基, 可通过抗脂质过氧化、清除活性自由基等起到抗氧化作用。多花黄精的地上部分还发现了常见的黄酮山奈酚^[47], 山奈酚具有抗菌、抗病毒、抗炎、止咳祛痰等作用。对多种肿瘤细胞增殖具有良好的抑

制作用^[48]。

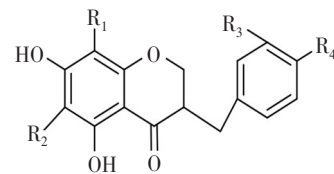


图 2 多花黄精中黄酮类化合物结构

Fig. 2 Structures of flavonoids from *Polygonatum cyrtonema* Hua

表 12 多花黄精中的黄酮类化合物

Table 12 Flavonoids from *Polygonatum cyrtonema* Hua

No.	R ₁	R ₂	R ₃	R ₄	文 献	No.	R ₁	R ₂	R ₃	R ₄	文 献
1	CH ₃	CH ₃	H	OH	[48]	7	H	H	H	OCH ₃	
2	CH ₃	CH ₃	OH	OCH ₃		8	H	H	OH	OH	
3	H	CH ₃	H	OH		9	H	H	H	OH	[48]
4	CH ₃	H	OH	OCH ₃		10	H	CH ₃	OH	OH	
5	H	CH ₃	H	OCH ₃		11	H	H	OH	OCH ₃	
6	CH ₃	CH ₃	H	OCH ₃		12	CH ₃	H	H	OCH ₃	[49]

5 生物碱

生物碱多具生物活性, 常为许多药用植物的有效成分, 一直是天然药物化学的研究热点。多花黄精中生物碱含量较低, 目前共分离得到 13 种生物碱类化合

物, 见表 13。部分化学结构式见图 3。黄精碱 A 有一定的滋阴作用^[54], 黄精碱 N1-N5 这 5 个生物碱均有一定的降血糖和抗炎活性。一些生物碱对多种肿瘤细胞增殖具有良好的抑制作用。

表 13 多花黄精分离得到的生物碱
Table 13 Alkaloids isolated from *Polygonatum cyrtonea* Hua

序号	成分	部位	文献
1-2	黄精碱 A-B	根	
3	1H-吲哚-3-甲醛	根	[50]
4-5	N-反式/顺式-阿魏酰真蛎胺	根	
6	N-反式-桂皮酰酪胺	茎(内生真菌)	[51]
7	6,7-dihydroindolizin-8(5H)-one	茎(内生真菌)	
8	N-trans/cis-p-coumaroyloctopamine	-	[52]
9-13	黄精碱 N1-N5	根(九蒸九晒)	[53]

注:“-”表示文献中未标注该数据

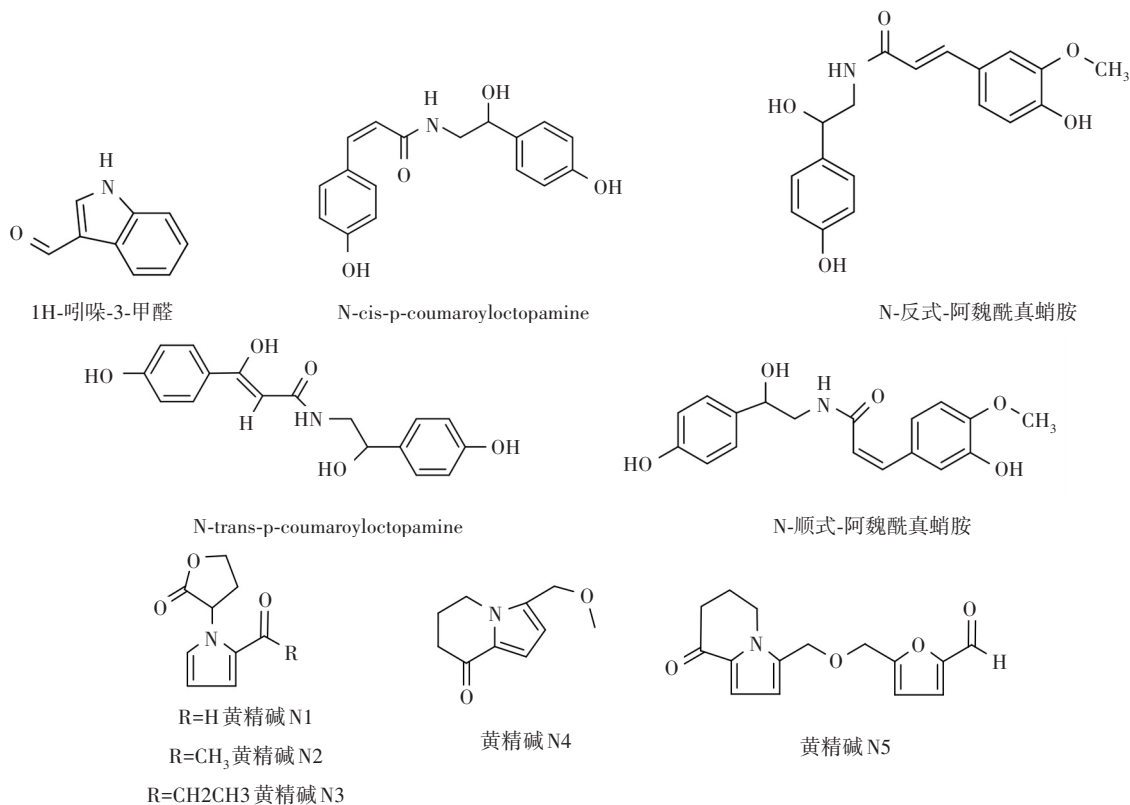


图 3 多花黄精中部分生物碱化学结构

Fig. 3 Structures of some alkaloids from *Polygonatum cyrtonea* Hua

6 苯丙素类

多花黄精中还发现一些苯丙素类化合物,见表 14 和图 4 所示,这些苯丙素类化合物多具有较好的生物活性,如反式-对羟基桂皮酸和反式对羟基桂皮酸甲酯具有良好的抗菌活性,咖啡酸具有止血、缓解白细胞减少,血小板减少等功效。丁香脂素具有抗氧化,抗抑郁,抗胃溃疡,抗炎,促进神经元生长,刺激 T 细胞和 B 细胞的增殖等作用。皮树脂醇可明显降低氧糖剥夺下血脑屏障的通透性,具有显著降低大脑中动脉阻塞下脑梗死体积的作用。

表 14 多花黄精分离得到的苯丙素类化合物

Table 14 Phenylpropyl compounds isolated from *Polygonatum cyrtonea* Hua

序号	成分	部位	文献
1	皮树脂醇	根	[50]
2	(+)-syringaresinol- O-β-D-glucopyranoside	根	[48]
3	反式-对羟基桂皮酸	地上部分	
4	反式对羟基桂皮酸甲酯	地上部分	
5	咖啡酸	地上部分	[47]
6	松柏醛	地上部分	
7	丁香脂素	地上部分	
8	balanophonin B	地上部分	

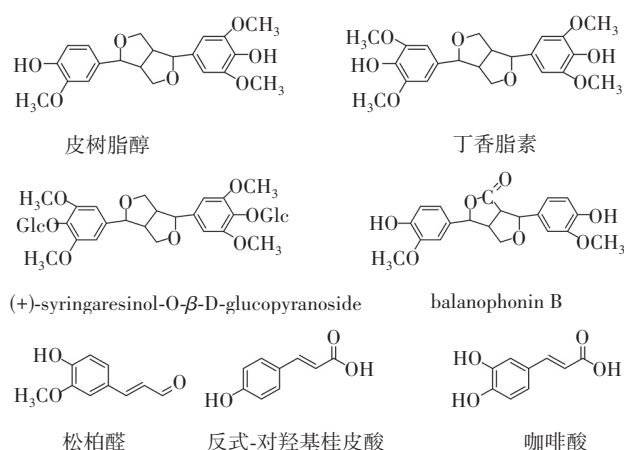


图 4 多花黄精中部分苯丙素化学结构

Fig. 4 Structures of some phenylpropyl compounds from *Polygonatum cyrtoneuma* Hua

7 结论和展望

7.1 结论

多花黄精具有降血糖、抗疲劳、提高免疫力、抗肿瘤、抗菌、抗病毒、治疗骨质疏松症、抗凝血和抗抑郁等多种生物活性,其主要功效成分为多糖、皂苷、黄酮和生物碱等。不同产地、不同龄节、不同生境的多花黄精其总多糖、总皂苷和总黄酮含量差异明显,地上部分也存在总多糖、总皂苷、总黄酮和苯丙素等功效成分。多花黄精既有千百年来不断被验证的功效,又有食品的安全性,加强对其功效成分及其作用机制研究,加大其地上部分资源的开发利用,从而加快功效成分明确的多花黄精大健康产品的研发,必将有力推进健康中国战略。

7.2 展望

多花黄精当前研究主要集中在黄精多糖上,我国药典将其含量作为评价黄精质量的唯一指标,多花黄精的药理作用研究也主要集中于黄精多糖的药理作用方面。但对黄精多糖的具体成分研究和作用机制研究均不够深入。今后应进一步深入研究多花黄精多糖中具体的多糖成分和药理活性,以及其作用机制,明确构效关系,并以此为依据,开发出功效明确、成分清楚的大健康产品,有效缓解当前多花黄精根直接食用其药用部位根的初级利用现状,高效利用多花黄精资源。

对多花黄精总多糖、总皂苷和总黄酮有一些研究,但大多局限在不同产地、不同龄节、不同生境下含量的差异比较,而缺乏差异原因的深入分析。对这些黄精总多糖、总皂苷和总黄酮的具体成分研究也不够,从中发现的化合物不多。今后应明确多花黄精功效成分差异的原因,因地制宜,种植出有特定功能和地方特色的多花黄精,同时进一步加深多花黄精化学成分的研究,尽可能明确多花黄精的物质基础。

多花黄精目前市场需求极大,但不管是食用还是药用,目前只有根部被利用,地上部分茎叶则被当作废物丢弃,造成了巨大的资源浪费。而传统药食两用的人参也是以其根部入药,现在研究从人参茎叶中也发现人参皂苷活性物质,能一定程度上代替根部入药,可部分解决人参药材紧缺的问题。而且当前研究也已发现多花黄精地上部分也存在多糖、黄酮、生物碱和苯丙素等功效成分,今后应加强对多花黄精地上部分进行相关研发,有效提高多花黄精的综合利用价值。

参考文献(References):

- [1] 陶弘景. 名医别录[M]. 尚志钧, 校注. 北京: 中国中医药出版社, 2013: 19—20.
TAO Hong-Jing. Supplementary records of famous physicians [M]. SHANG Zhi-jun, collation. Beijing: China Press of Traditional Chinese Medicine, 2013: 19—20.
- [2] 王雨婷, 刘婉滢, 沈舶宁, 等. 黄精的本草考证[J]. 中医药学报, 2019, 47(3): 81—86.
WANG Yu-ting, LIU Wan-ying SHEN Bo-ning, et al. Textual research of *Polygonatum sibiricum* [J]. Acta Chinese Medicine and Pharmacology, 2019, 47(3): 81—86.
- [3] 国家药典委员会. 中华人民共和国药典: 2015 年版一部[S]. 北京: 中国医药科技出版社, 2015: 306—307.
Chinese Pharmacopoeia Commission. Pharmacopoeia of the People's Republic of China (Volume 1, 2015) [S]. Beijing: China Medical Science Press, 2015: 306—307.
- [4] 江贤敏. 多花黄精中促 GLP-1 分泌活性多糖的筛选与结构分析[D]. 合肥: 合肥工业大学, 2017: 3—10.
JIANG Xian-min. Structural characterization of a polysaccharide promoting GLP-1 secretion from *Polygonatum cyrtoneuma* Hua [D]. Hefei: Hefei University of Technology, 2017: 3—10.
- [5] 涂明锋, 叶文峰, 彭靖, 等. 不同产地多花黄精化学成分含量比较分析[J]. 安徽农业科学, 2020, 48(8): 198—200.
TU Min-feng, YE Wen-feng, PENG Jin, et al. Comparative analysis on the contents of chemical constituents of *Polygonatum cyrtoneuma* Hua from different producing areas [J]. Journal of Anhui Agriculture Science, 2020, 48(8): 198—200.
- [6] 王丹, 张鸿, 刘嘉丽, 等. 不同产地多花黄精生物活性成分含量比较[J]. 湖南农业科学, 2020(7): 89-92, 96.
WANG Dan, ZHANG Hong, LIU Jia-li, et al. Comparative analysis of bioactive components of *Polygonatum cyrtoneuma* Hua from different habitats [J]. Hunan Agricultural Sciences, 2020(7): 89-92, 96.
- [7] 焦劼, 陈黎明, 孙瑞泽, 等. 不同产地黄精主要化学成分比较及主成分分析[J]. 中药材, 2016, 39(3): 519—522.

- JIAO Jie, CHEN Li-ming, SUN Rui-ze, et al. Comparison and principal component analysis of main chemical constituents of *Polygonatum cyrtonea* Hua from different producing areas[J]. *Traditional Chinese medicine*, 2016, 39(3): 519—522.
- [8] 陈怡,姚云生,陈松树,等. 多花黄精不同龄节药材质量研究[J]. *福建农业学报*, 2020, 35(1): 38—43.
CHEN Yi, YAO Yun-sheng, CHEN Song-shu. et al. Medicinal quality relating to age of *Polygonatum cyrtonea* Hua plant sections[J]. *Fujian Journal of Agricultural Sciences*, 2020, 35(1): 38—43.
- [9] 赵海洋,罗禹,邓小宽,等. 多花黄精的主要化学成分及抗氧化活性[J]. *安徽农业大学学报*, 2020, 47(5): 793—797.
ZHAO Hai-yang, LUO Yu, DENG Xiao-kuan, et al. The main chemical constituents and antioxidant activities of *Polygonatum cyrtonea* Hua[J]. *Journal of Anhui Agricultural University*, 2020, 35(1): 38—43.
- [10] 倪天宇,罗晓朦,张春椿,等. 不同生境下多花黄精化学成分比较[J]. *中成药*, 2020, 42(11): 2948—2953.
NI Tian-yu, LUO Xiao-meng, ZHANG Chun-chun, et al. Comparative analysis on chemical constituents of *Polygonatum cyrtonea* from different growing areas[J]. *Chinese Traditional Patent Medicine*, 2020, 42(11): 2948—2953.
- [11] 盛卫星,许在恩,王相,等. 不同栽培模式对油茶林下多花黄精生长的影响[J]. *湖北林业科技*, 2021, 50(1): 22—24.
SHENG Wei-xing, XU Zai-en, WANG Xiang, et al. Effects of different cultivation patterns on *Polygonatum cyrtonea* under the camellia oleifera forest[J]. *Hubei Forestry Science and Technology*, 2021, 50(1): 22—24.
- [12] 王聪. 多花黄精多糖提取分离、分子量测定及其粗多糖的初步药效研究[D]. 成都: 成都中医药大学, 2012: 3—10.
WANG Chong. Extraction, purification and molecular weight determination of polysaccharide from *Polygonatum cyrtonea* Hua and made primary analysis on the pharmacological effect of the crude polysaccharide[D]. Chengdu: Chengdu University of Traditional Chinese Medicine, 2012: 3—10.
- [13] 王坤. 多花黄精多糖的分离制备及其结构研究[D]. 北京: 中国林业科学研究院, 2013: 6—12.
WANG Kun. Isolation and structural characterization of polysaccharides from *Polygonatum cyrtonea* Hua[D]. Beijing: Chinese Academy of Forestry, 2013: 6—12.
- [14] 王天梅,王华磊,李丹丹,等. 多花黄精非药用部位活性成分及抗氧化性比较[J]. *食品与机械*, 2022, 38(1): 57—60.
WANG Tian-mei, WANG Hua-lei, LI Dan-dan, et al. Comparison of active components and antioxidant activity of non-medicinal parts of *Polygonatum cyrtonea*[J]. *Food & Machinery*, 2022, 38(1): 57—60.
- [15] LI L, LIAO B Y, THAKU R K, et al. The rheological behavior of polysaccharides sequential extracted from *Polygonatum cyrtonea* Hua[J]. *International Journal of Biological Macromolecules*, 2018, 109: 761—771.
- [16] 王秋丽,童小慧,李小东,等. 多花黄精多糖对 STZ 诱导的 I 型糖尿病小鼠影响作用研究[J]. *云南中医学院学报*, 2019, 42(1): 1—7.
WANG Qiu-li, TONG Xiao-hui, LI Xiao-dong, et al. Hypoglycemic effects of polysaccharide of *Polygonatum Cyrtonea* Hua on type I diabetic mice induced by STZ. [J]. *Journal of Yunnan University of Traditional Chinese Medicine*, 2019, 42(1): 1—7.
- [17] 杨光. 多花黄精多糖对 GLP-1 分泌与表达的调节及其分子机制研究[D]. 合肥: 合肥工业大学, 2018: 3—10.
YANG Guang. The effect of *Polygonatum Cyrtonea* Hua polysaccharides (PCP) on the expression and secretion of GLP-1 and its molecular mechanism[D]. Hefei: Hefei University of Technology, 2018: 3—10.
- [18] 曹语珈,王凯,王子丽,等. 多花黄精多糖对斑马鱼 2 型糖尿病合并骨质疏松症模型的药效学研究[J]. *中草药*, 2021, 52(21): 6545—6551.
CAO Yu-jia, WANG Kai, WANG Zi-li, et al. Pharmacodynamics study of polysaccharide from *Polygonatum cyrtonea* on zebrafish model with type 2 diabetic and osteoporosis[J]. *Chinese Traditional and Herbal Drugs*, 2021, 52(21): 6545—6551.
- [19] 姜晓昆,魏尊喜. 多花黄精中多糖的免疫活性研究[J]. *中国社区医师(医学专业)*, 2011, 13(18): 5—7.
JIANG Xiao-kun, WEI Zun-xi, Study on immune activity of polysaccharide from *Polygonatum cyrtonea* Hua [J]. *Chinese Community Doctors (Medical Specialty)*, 2011, 13(18): 5—7.
- [20] 张庭廷,夏晓凯,陈传平,等. 黄精多糖的生物活性研究[J]. *中国实验方剂学杂志*, 2006, 12(7): 42—45.
ZHANG Ting-ting, XIA Xiao-kai, CHEN Chuan-ping, et al. Biological activities of polysaccharides from *Polygonatum Sibiricum* redoute[J]. *Chinese Journal of Experimental Traditional Medical Formulae*, 2006, 12(7): 42—45.
- [21] ZHAO P, ZHOU H, ZHAO C, et al. Purification, characterization and immunomodulatory activity of fructans from *Polygonatum odoratum* and *P. cyrtonea*[J]. *Carbohydrate Polymer*, 2019(214): 44—52.
- [22] 杜小琴,梁正杰,夏炎,等. 多花黄精炮制品与生品不同提取物抗运动疲劳作用的比较[J]. *安徽农业大学学报*, 2021, 48(1): 26—30.
DU Xiao-qin, LIANG Zheng-jie, XIA Yan, et al.

- Comparative study on anti-exercise fatigue effects of different extracts from raw materials of *Polygonatum cyrtonema* Hua and its processed products[J]. Journal of Anhui Agricultural University, 2021, 48(1): 26—30.
- [23] SHEN W D, LI X Y, DENG Y Y, et al. *Polygonatum cyrtonema* Hua polysaccharide exhibits anti-fatigue activity via regulating osteocalcin signaling [J]. International Journal of Biological Macromolecules, 2021(175): 235—241.
- [24] 叶红翠, 张小平, 余红, 等. 多花黄精粗多糖抗肿瘤活性研究[J]. 中国实验方剂学杂志, 2008(6): 34—36.
YE Hong-cui, ZHANG Xiao-ping, YU Hong, et al. Study on anti-tumor function of polysaccharide from *Polygonatum cyrtonema* Hua[J]. Chinese Journal of Experimental Traditional Medical Formulae, 2008(6): 34—36.
- [25] LI L, THAKUR R K, CAO Y Y, et al. Anticancerous potential of polysaccharides sequentially extracted from *Polygonatum cyrtonema* Hua in human cervical cancer Hela cells[J]. International Journal of Biological Macromolecules, 2020(148): 843—850.
- [26] LIU B, CHENG Y, BIAN H J, et al. Molecular mechanisms of *Polygonatum cyrtonema* lectin induced apoptosis and autophagy in cancer cells[J]. Autophagy, 2009, 5(2): 253—255.
- [27] LIU B, CHENG Y, ZHANG B, et al. *Polygonatum cyrtonema* lectin induces apoptosis and autophagy in human melanoma A375 cells through a mitochondria-mediated ROS-p38-p53 pathway[J]. Cancer Letters, 2009(275): 54—60.
- [28] LIU T, WU L, WANG D, et al. Role of reactive oxygen species-mediated MAPK and NF- κ B activation in *Polygonatum cyrtonema* lectin-induced apoptosis and autophagy in human lung adenocarcinoma A549 cells[J]. Journal of Biochemistry, 2016, 160(6): 315.
- [29] ZHANG Z T, PENG H, LI C Y, et al. *Polygonatum cyrtonema* lectin induces murine fibrosarcoma L929 cell apoptosis via a caspase-dependent pathway as compared to *Ophiopogon japonicus* lectin[J]. Phytomedicine, 2010, 18(1): 25—35.
- [30] LIU B, WU J M, LI J, et al. *Polygonatum cyrtonema* lectin induces murine fibrosarcoma L929 cell apoptosis and autophagy via blocking Ras-Raf and PI3K-Akt signaling pathways[J]. Biochimie, 2010, 92(12): 1934—1940.
- [31] LIU F, LIU Y, MENG Y, et al. Structure of polysaccharide from *Polygonatum cyrtonema* Hua and the antiherpetic activity of its hydrolyzed fragments[J]. Antiviral Research, 2004, 63(3): 183—189.
- [32] AN J, LIU J Z, WU C F, et al. Anti-HIV I/II activity and molecular cloning of a novel mannose/sialic acid-binding lectin from rhizome of *Polygonatum cyrtonema* Hua[J]. Acta Biochim Biophys Sin (Shanghai), 2006, 38(2): 70—78.
- [33] LI L, THAKUR K, LIAO B Y, et al. Antioxidant and antimicrobial potential of polysaccharides sequentially extracted from *Polygonatum cyrtonema* Hua[J]. International Journal of Biological Macromolecules, 2018(3): 317—323.
- [34] LHB C, BY B, CY B, et al. Oligosaccharides from *Polygonatum Cyrtonema* Hua: Structural characterization and treatment of LPS-induced peritonitis in mice[J]. Carbohydrate Polymers, 2021(255): 1—10.
- [35] 滕欢欢, 王仁中, 吴德玲, 等. 多花黄精炮制前后不同极性部位抗氧化与降血糖活性研究[J]. 食品与发酵工业, 2022, 48(8): 70—75.
TENG Huan-huan, WANG Ren-zhong, WU De-ling, et al. The study on the antioxidant and hypoglycemic activities of different polar extracts from crude and steam-processed *Polygonatum cyrtonema* Hua[J]. Food and Fermentation Industries, 2022, 48(8): 70—75.
- [36] 陈杨杨, 胡慧玲, 奉关妹, 等. 多花黄精炮制前后对游泳力竭小鼠抗疲劳抗氧化的影响[J]. 中药药理与临床, 2021, 37(2): 92—96.
CHEN Yang-yang, Hu Hui-ling, Feng Guan-mei, et al. Anti-fatigue and anti-oxidant effects of crude and processed *Polygonatum Cyrtonema* on exhaustive swimming mice [J]. Pharmacology and Clinics of Chinese Materia Medica, 2021, 37(2): 92—96.
- [37] 陈靛雯, 柯晓燕. 古法炮制多花黄精提取物抗疲劳作用研究及其机制探讨[J]. 科学技术创新, 2019, 30(4): 3—4.
CHEN Liang-wen, KE Xiao-yan, Study on anti-fatigue effect and mechanism of *Polygonatum cyrtonema* Hua extract processed by ancient method[J]. Scientific and Technological Innovation, 2019, 30(4): 3—4.
- [38] 徐维平, 祝凌丽, 魏伟, 等. 黄精总皂苷对慢性应激抑郁模型大鼠免疫功能的影响[J]. 中国临床保健杂志, 2011, 14(1): 59—61.
XU Wei-pin, ZHU Ling-li, WEI Wei, et al. The effect of saponins of rhizoma *Polygonati* on the immunologic function of rats with chronic stress depression[J]. Chinese Journal of Clinical Healthcare, 2011, 14(1): 59—61.
- [39] 黄莺, 徐维平, 魏伟, 等. 黄精皂苷对慢性轻度不可预见性应激抑郁模型大鼠行为学及血清中微量元素的影响[J]. 安徽医科大学学报, 2012, 47(3): 286—289.
HUANG Ying, XU Wei-ping, WEI Wei, et al. Effects of saponins of rhizoma *polygonati* on the behaviors and trace elements in CUMS depressed model rats[J]. Acta Universitatis Medicinalis Anhui, 2012, 47(3): 286—289.
- [40] MA K, HUANG X, KONG L. Steroidal saponins from

- Polygonatum cyrtonema*[J]. Chemistry of Natural Compounds, 2013, 49(5): 888—891.
- [41] 刘芳源. 多花黄精组培体系建立及甾体皂苷成分提取[D]. 合肥: 安徽大学, 2017.
- LIU Fang-yuan. Establishment of tissue culture system and extraction of steroidal saponins from *Polygonatum cyrtonema* Hua[D]. Hefei: Anhui university, 2017.
- [42] 郑小江, 陈晓春, 滕树锐, 等. 湖北省恩施州三种黄精主要有效成分及硒含量对比[J]. 湖北民族学院学报(自然科学版), 2018, 36(1): 12-14, 21.
- ZHENG Xiao-Jiang, CHEN Xiao-chun, TENG Shu-rui, et al. The selenium content and comparison of the main active components of three kinds of *Polygonatum* in Enshi, Hubei province [J]. Journal of Hubei University for Nationalities (Natural Science Edition), 2018, 36(1): 12-14, 21.
- [43] 刘清华, 高汉云, 陈桂芬, 等. 多花黄精中总黄酮提取工艺优化及可视化分析[J]. 中国中医药信息杂志, 2019, 26(8): 89—93.
- LIU Qing-hua, GAO Han-yun, CHEN Gui-fen, et al. Optimization of flavonoids extraction process from *Polygonatum Cyrtonema* Hua and visualization analysis[J]. Chinese Journal of Information on Traditional Chinese Medicine, 2019, 26(8): 89—93.
- [44] 张传海, 林志奎, 李宝银, 等. 闽北林下种植多花黄精的总黄酮含量分析及其生物活性评价[J]. 天然产物研究与开发, 2018, 30(2): 225—231.
- ZHANG Chuan-hai, LIN Zhi-luan, LI Bao-yin, et al. Content analysis and bioactivity evaluation of the total flavonoids extracted from *Polygonatum cyrtonema* cultivated under forest in north Fujian[J]. Natural Product Research and Development, 2018, 30(2): 225—231.
- [45] 李悦, 张培, 于润, 等. 不同储藏条件对多花黄精花品质影响及其抗氧化性研究[J]. 中国中药杂志, 2021, 46(12): 3091—3101.
- LI Yue, ZHANG Pei, YU Run, et al. Effects of different storage conditions on edible quality and antioxidant activity of *Polygonatum cyrtonema* flowers[J]. China Journal of Chinese Materia Medica, 2021, 46(12): 3091—3101.
- [46] 钱森和, 金浩然, 魏明, 等. 响应面法优化黄精黄酮提取工艺及其抗氧化活性研究[J]. 安徽工程大学学报, 2017, 32(4): 8-13, 25.
- QIAN Sen-he, JIN Hao-ran, WEI Ming, et al. Extraction of *Polygonati Rhizoma* flavonoids by response surface methodology and antioxidant activities [J]. Journal of Anhui Polytechnic University, 2017, 32(4): 8-13, 25.
- [47] 徐景萱, 刘力, 杨胜祥, 等. 多花黄精地上部分化学成分的研究[J]. 中草药, 2016, 47(20): 3569—3572.
- XU Jing-xuan, LIU Li, YANG Sheng-xiang, et al. Chemical constituents from aerial part of *Polygonatum cyrtonema* [J]. Chinese Traditional and Herbal Drugs, 2016, 47(20): 3569—3572.
- [48] WANG W, DABU X, HE J, et al. Polygonatone h, a new homoisoflavanone with cytotoxicity from *Polygonatum Cyrtonema* Hua[J]. Natural Product Research, 2018, 33(12): 1727—1733.
- [49] GAN L S, CHEN J J, SHI M F, et al. A new homoisoflavanone from the rhizomes of *Polygonatum cyrtonema*[J]. Natural Product Communications, 2013, 8(5): 597—598.
- [50] 宁火花, 袁铭铭, 鄢秋萍, 等. 多花黄精化学成分分离鉴定[J]. 中国实验方剂学杂志, 2018, 24(22): 77—87.
- NING Huo-hua, YUAN Ming-ming, WU Qiu-ping, et al. Identification of chemical constituents from *Polygonatum cyrtonema* [J]. Chinese Journal of Experimental Traditional Medical Formulae, 2018, 24(22): 77—87.
- [51] 程子洋, 柯仲成, 吴永祥. 多花黄精内生真菌 *Aspergillus ochraceus* 的代谢产物研究 [J]. 中草药, 2019, 50(22): 5424—5428.
- CHENG Zi-yang, KE Zhong-cheng, WU Yong-xiang. Study on secondary metabolites of endophytic fungus *aspergillus ochraceus* from *Polygonatum cyrtonema*[J]. Chinese Traditional and Herbal Drugs, 2019, 50(22): 5424—5428.
- [52] ZENG T, TANG Y R, LI B, et al. Chemical characterization of constituents from *Polygonatum cyrtonema* Hua and their cytotoxic and antioxidant evaluation [J]. Natural Product Research, 2020, 34(17): 2482—2489.
- [53] WANG W X, ZHANG X, DABU X L T, et al. Analysis of chemical constituents from *Polygonatum cyrtonema* after “ Nine-Steam-Nine-Bask ” processing[J]. Phytochemistry Letters, 2019, 29: 35—40.
- [54] 余欢迎, 高海燕, 金传山, 等. 基于灰色关联度分析的多花黄精不同炮制品水煎液滋阴作用与其成分相关性研究[J]. 世界中医药, 2022, 17(9): 524—528.
- YU Huan-ying, GAO Hai-yan, JIN Chuan-shan, et al. Correlation between the yin-nourishing effect of aqueous decoction of *Polygonatum Cyrtonema* Hua processed products and its components based on grey relational analysis[J]. World Chinese Medicine, 2022, 17(9): 524—528.