

棘豆属植物化学成分和生物活性的研究概况

刘正宇

兰州交通大学化学化工学院, 甘肃 兰州

收稿日期: 2025年3月24日; 录用日期: 2025年6月16日; 发布日期: 2025年6月24日

摘 要

棘豆属(*Oxytropis* DC)是豆科(Leguminosae)下的一个属, 多为草本、半灌木或矮灌木, 在传统医学中作为草药使用。棘豆属植物化学成分十分丰富, 主要分为生物碱类、黄酮类、萜类和其它类化合物。医学典籍记载其具有清热解毒、消炎镇痛、止血杀菌等作用, 现代研究表明, 棘豆属植物生物活性十分广泛, 有抗肿瘤、抗炎、抗病毒等, 并在多个领域有了实际应用。本文对棘豆属植物化学成分和生物活性的研究进行综述。

关键词

棘豆属, 化学成分, 生物活性

Progress of Research on Chemical Constituents and Biological Activities of *Oxytropis* Plants

Zhengyu Liu

School of Chemistry and Chemical Engineering, Lanzhou Jiaotong University, Lanzhou Gansu

Received: Mar. 24th, 2025; accepted: Jun. 16th, 2025; published: Jun. 24th, 2025

Abstract

Oxytropis DC is a genus of Leguminosae, mostly herbs, semi-shrubs or dwarf shrubs, which is used as herbs in traditional medicine. The chemical constituents of *Oxytropis* plants are remarkably diverse, mainly divided into alkaloids, flavonoids, terpenoids and other compounds. It is recorded in medical classics that it has the effects of clearing heat and detoxifying, anti-inflammatory and relieving pain, hemostasis, and sterilization. Modern research shows that the biological activities of *Oxytropis* plants are very extensive, including anti-tumor, anti-inflammatory, anti-virus, etc., and

have practical applications in many fields. In this paper, the chemical constituents and biological activities of *Oxytropis* plants were reviewed.

Keywords

Oxytropis DC, Chemical Constituents, Biological Activities

Copyright © 2025 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

1. 引言

棘豆属(*Oxytropis* DC)是豆科(Leguminosae)下的一个属,多为草本、半灌木或矮灌木,拥有较强的适应力,多分布于在北半球的温带、寒带中的高山干旱地区[1]。全世界约有 350 多种,主要分布于东亚、中亚、欧洲、非洲和北美。在我国的有 158 种,主要分布于新疆荒漠,内蒙古草原以及青藏高原等地区[2]。

人们对棘豆属植物的认知主要来自于两个方面:一是全国有不少草场密集生长着棘豆,在牧草匮乏之时,饲养于其上的马、山羊、绵羊等家畜误食往往会导致中毒、流产乃至死亡,给当地的畜牧业带来严重的经济损失[3]。近年来,由于土地荒漠化,无节制放牧以及气候变化的原因,棘豆属植物在新疆、宁夏、甘肃、青海等地迅速蔓延,对当地的生态系统带来了不小的挑战。但是同时棘豆属植物耐寒、耐旱、耐风沙、抗虫,以及在恶劣环境中生长的特性,使它们在草原生态种群中占有重要的生态地位,在防止牧场退化和土地荒漠化方面有着重要的作用[4]。对其毒性成分的进一步研究有着重要且实用的意义。另一个方面是许多棘豆属植物有着显著的生物活性,在我国的藏药和蒙药中有着广泛的应用,有着清热解毒、消炎镇痛、抗肿瘤、抗菌、止血、生肌愈疮等药理活性,在其他国家民间也经常作为一种草药使用[5][6]。本文总结了近年来有关棘豆属植物化学成分以及生物活性的研究进展,为今后的研究和开发提供参考。

2. 化学成分

2.1. 生物碱类

生物碱是自然界中的一类含氮有机物,绝大多数分布在高等植物当中,通常表现出碱的性质,是棘豆属植物毒性成分的重要组成部分,其毒性时常引起家畜死亡,故而引起了学者的研究兴趣[7]。自古以来,我国便有将含生物碱成分的植物用作草药的记载,生物碱通常具有良好的生物活性,如抗肿瘤、杀虫、抗病毒等,可用于药物或者农药等[8]。棘豆属中的生物碱主要分为喹诺里西啶类、吲哚里西啶类、吲哚类、喹啉类、有机酰胺类等。通过查阅文献,我总结了棘豆属植物中部分生物碱类化合物见(表 1)。

2.2. 黄酮类

黄酮是植物体内常见的一种次级代谢产物,结构特征是拥有 C₆-C₃-C₆ 结构,是棘豆属植物的主要成分之一,具有良好的生物活性,如抗癌、抗氧化、抗炎等,不仅是许多中草药的有效化学成分,在人类的每日膳食中也扮演着有益于人体健康的作用[22]。常见的黄酮有芹菜素、白杨素、鼠李素、槲皮素、杨梅素等,同时天然黄酮有不少以糖苷形式存在,这样的结构一定程度上增加了化合物的水溶性和生物活性

[23]。棘豆属植物中的黄酮结构十分多样,有黄酮、黄酮醇、异黄酮、二氢黄酮、查尔酮、双黄酮等。通过查阅文献,我总结了棘豆属植物中部分黄酮类化合物间(表 2)。

Table 1. Some alkaloids in *Oxytropis* DC plants

表 1. 棘豆属植物中部分生物碱类化合物

序号	化合物	植物来源	参考文献
1	(+)-13 β -Butoxymatrine	<i>O. ochrocephala</i>	[9]
2	Ochrocephalamine G	<i>O. ochrocephala</i>	[10]
3	Ochrocephalamine E	<i>O. ochrocephala</i>	[11]
4	Ochrocephalamine F	<i>O. ochrocephala</i>	[11]
5	Ochrocephalamine B	<i>O. ochrocephala</i>	[12]
6	Ochrocephalamine C	<i>O. ochrocephala</i>	[12]
7	Ochrocephalamine D	<i>O. ochrocephala</i>	[12]
8	Ochrocephalamine A	<i>O. ochrocephala</i>	[13]
9	Oxytrofalcatin A	<i>O. falcata</i>	[14]
10	Oxytrofalcatin B	<i>O. falcata</i>	[14]
11	Oxytrofalcatin C	<i>O. falcata</i>	[14]
12	Oxytrofalcatin D	<i>O. falcata</i>	[14]
13	Oxytrofalcatin E	<i>O. falcata</i>	[14]
14	Oxytrofalcatin F	<i>O. falcata</i>	[14]
15	Muricatide	<i>O. muricata</i>	[15]
16	(-)- <i>N</i> -Benzoyl-2-hydroxy-2-phenylethylamine	<i>O. myriophylla</i>	[16]
17	<i>N</i> -trans-Cinnamoyl- β -hydroxyphenylethylamine	<i>O. myriophylla</i>	[16]
18	Matrine	<i>O. ochrocephala</i>	[17]
19	Sophoramine	<i>O. ochrocephala</i>	[17]
20	Sophoridine	<i>O. ochrocephala</i>	[17]
21	Sophocarpine	<i>O. ochrocephala</i>	[17]
22	(-)-Lupinine	<i>O. ochrocephala</i>	[17]
23	Swainonine	<i>O. ochrocephala</i>	[17]
24	(+)-9 α -Hydroxymatrine	<i>O. ochrocephala</i>	[18]
25	(-)-9 α -Hydroxysophocarpine	<i>O. ochrocephala</i>	[18]
26	Ethyl allophanate	<i>O. glabra</i>	[19]
27	Caprolactam	<i>O. glabra</i>	[19]
28	(+)-(14b)-14-Ethylmatridin-15-one	<i>O. ochrocephala</i>	[20]
29	Oxytropine A	<i>O. falcata</i>	[21]
30	Oxytropine B	<i>O. falcata</i>	[21]
31	Thermopsine	<i>O. falcata</i>	[21]
32	Anagyrine	<i>O. falcata</i>	[21]
33	(-)-Sparteine	<i>O. falcata</i>	[21]
34	Lupanine	<i>O. falcata</i>	[21]

Table 2. Some flavonoids in *Oxytropis* DC plants**表 2.** 棘豆属植物中部分黄酮类化合物

序号	化合物	植物来源	参考文献
1	Oxytrodiflavanone A	<i>O. chiliophylla</i>	[24]
2	Oxytrochalcoflavanone A	<i>O. chiliophylla</i>	[24]
3	Oxytrochalcoflavanone B	<i>O. chiliophylla</i>	[24]
4	3-O-rhamnocitrin-6-O-benzoyl- β -D-glucopyranoside	<i>O. ochrocephala</i>	[25]
5	Quercetin	<i>O. glabra</i>	[26]
6	Kaempferol	<i>O. glabra</i>	[26]
7	Kaempferol-7-O- α -L-rhamnopyranoside	<i>O. glabra</i>	[26]
8	Kaempferol-3-O- β -D-glucopyranoside	<i>O. glabra</i>	[26]
9	Kaempferol-3-O- β -D-glucopyranosyl-(1 $\rightarrow$ 2)- β -D-glucopyranoside	<i>O. glabra</i>	[26]
10	Kaempferol-3-O- β -D-glucopyranosyl-7-O- β -D-glucopyranoside	<i>O. glabra</i>	[26]
11	Quercetin-3-O- β -D-glucopyranoside	<i>O. glabra</i>	[26]
12	Myricetin-3-O- β -D-glucopyranoside	<i>O. glabra</i>	[26]
13	3',7-Dihydroxy-2',4'-dimethoxy-iso-flavane	<i>O. glabra</i>	[26]
14	Oxyfadichalcone D	<i>O. chiliophylla</i>	[27]
15	Oxyfadichalcone E	<i>O. chiliophylla</i>	[27]
16	Oxyfadichalcone F	<i>O. chiliophylla</i>	[27]
17	Oxyfadichalcone G	<i>O. chiliophylla</i>	[27]
18	Rhamnocitrin-3-O-rutinoside	<i>O. chiliophylla</i>	[28]
19	Rhamnocitrin-3-O- α -D-arabinopyranoside	<i>O. chiliophylla</i>	[28]
20	Rhamnocitrin-4'-O- β -D-glucopyranoside	<i>O. chiliophylla</i>	[28]
21	Oxytroflavoside A	<i>O. falcata</i>	[29]
22	Oxytroflavoside B	<i>O. falcata</i>	[29]
23	Oxytroflavoside C	<i>O. falcata</i>	[29]
24	Oxytroflavoside F	<i>O. falcata</i>	[29]
25	Oxytroflavoside G	<i>O. falcata</i>	[29]
26	Mauritianin	<i>O. falcata</i>	[30]
27	As-trasikokioside I	<i>O. falcata</i>	[30]
28	(2S)-5,4'-Dihydroxy-7-methoxyflavanone	<i>O. falcata</i>	[31]
29	(2S)-5,7-Dihydroxyflavanone-7-O- β -D-glucopyranoside	<i>O. falcata</i>	[31]
30	(2S)-7-Hydroxyflavanone-7-O- β -D-glucopyranoside	<i>O. falcata</i>	[31]
31	Myriophylloside I	<i>O. myriophylla</i>	[32]
32	Myriophylloside II	<i>O. myriophylla</i>	[32]
33	Myriophylloside III	<i>O. myriophylla</i>	[32]
34	Kansuensisoside A	<i>O. kansuensis</i>	[33]
35	Rhamnocitrin	<i>O. kansuensis</i>	[33]

2.3. 萜类

萜类化合物以异戊二烯单元为基本结构单元, 拥有数量众多的结构, 在药用植物中广泛存在, 棘豆属植物中也分离出了许多。萜类化合物有着丰富的理化性质与生物活性, 在癌症、关节炎、疟疾治疗中作为药物使用[34], 同时它们还应用于香水、调味剂、化妆品、工业原料等[35]。棘豆属植物中的萜类主要以三萜皂苷的形式存在, 除此之外还有少量倍半萜类、单萜类等。而这些三萜皂苷通常都是五环三萜, 如齐墩果烷型、五环三萜环丙烷型, 取代基多为甲基、酰胺基、羟甲基等, 糖链主要由葡萄糖、鼠李糖、葡萄糖醛酸等组成[36]。通过查阅文献, 我总结了棘豆属植物中部分萜类化合物(表 3)。

Table 3. Some terpenes in *Oxytropis* DC plants

表 3. 棘豆属植物中部分萜类化合物

序号	化合物	植物来源	参考文献
1	3-O-[α -L-Rhamnopyranosyl-(1 $\rightarrow$ 2)- β -D-glucopyranosyl-(1 $\rightarrow$ 2)- β -D-glucuronopyranosyl]-[3-hydroxy-2'-methyl-5',6'-dihydro-4'-pyrone-(6' $\rightarrow$)]-3 β ,22 β ,24-trihydroxyolean-12-ene	<i>O. lanata</i>	[37]
2	3-O-[β -D-Glucopyranosyl-(1 $\rightarrow$ 2)- β -D-glucuronopyranosyl]-3 β ,22 β ,24-trihydroxyolean-12-en-29-oic acid	<i>O. lanata</i>	[37]
3	3-O-[α -L-Rhamnopyranosyl-(1 $\rightarrow$ 2)- β -D-glucopyranosyl-(1 $\rightarrow$ 2)- β -D-glucuronopyranosyl]-3 β ,24-dihydroxyolean-12-en-22-oxo-29-oic acid	<i>O. lanata</i>	[37]
4	3-O-[α -L-Rhamnopyranosyl-(1 $\rightarrow$ 2)- β -D-glucopyranosyl-(1 $\rightarrow$ 4)- β -D-glucuronopyranosyl]-soyasapogenol B	<i>O. ochrocephala</i>	[38]
5	3-O-[α -L-Rhamnopyranosyl-(1 $\rightarrow$ 2)- α -L-arabinopyranosyl-(1 $\rightarrow$ 4)- β -D-glucuronopyranosyl]-soyasapogenol B	<i>O. ochrocephala</i>	[38]
6	3-O-[β -D-Glucopyranosyl-(1 $\rightarrow$ 2)- β -D-glucuronopyranosyl]-azukisapogenol methylester	<i>O. glabra</i>	[39]
7	3-O-[β -D-Glucopyranosyl-(1 $\rightarrow$ 2)- β -D-glucuronopyranosyl]-azukisapogenol amide	<i>O. glabra</i>	[39]
8	3-O- β -D-Galactopyranosyl-(1 $\rightarrow$ 2)- β -D-(6'-O-n-butyl)-glucuronopyranoside	<i>O. hirta</i>	[40]
9	3-O- β -D-(6'-O-n-butyl)-Glucuronopyranosylazukisapogenol29-O- β -D-glucopyranosyl ester	<i>O. hirta</i>	[40]
10	Azukisapogenol 3-O- β -D-(6'-O-n-butyl)-Glucuronopyranoside	<i>O. hirta</i>	[40]
11	Oxytropiols A	<i>O. glabra</i>	[41]
12	Oxytropiols B	<i>O. glabra</i>	[41]
13	Oxytropiols C	<i>O. glabra</i>	[41]
14	Oxytropiols D	<i>O. glabra</i>	[41]
15	Oxytropiols E	<i>O. glabra</i>	[41]
16	Oxytropiols F	<i>O. glabra</i>	[41]
17	Oxytropiols G	<i>O. glabra</i>	[41]
18	Oxytropiols H	<i>O. glabra</i>	[41]
19	3-O- β -D-Glucuronopyranosyl azukisapogenol	<i>O. myriophylla</i>	[42]
20	3-O- β -D-Glucuronopyranosyl azukisapogenol 29-O- β -D-glucopyranosyl ester	<i>O. myriophylla</i>	[42]

续表

21	3-O- β -D-Xylopyranosyl-(1 $\rightarrow$ 2)- β -D-glucuronopyranosyl azukisapogenol 29-O- β -D-glu copyranoside ester	<i>O. myriophylla</i>	[42]
22	3-O-[β -D-Glucuronopyranosyl]-29-O- β -D-glucopyranosyl-(1 $\rightarrow$ 3)- β -D-glucopyranosyl-(1 $\rightarrow$ 2)- β -D-glucopyranoside	<i>O. chiliophylla</i>	[43]
23	Oxychilotriterpenoside D	<i>O. chiliophylla</i>	[43]
24	3-O- β -D-6-O-Methyl glucuronopyranoside	<i>O. chiliophylla</i>	[43]
25	Falcatin A	<i>O. falcata</i>	[44]
26	Falcatin B	<i>O. falcata</i>	[44]
27	3-Oxo-azukisapogenol	<i>O. falcata</i>	[44]
28	Melilotigenin B	<i>O. falcata</i>	[44]
29	Icariside C3	<i>O. falcata</i>	[45]
30	(3R)-Linalool 3-O- β -D-glucuronic acid-(1 $\rightarrow$ 2)- β -D-glucopyranoside	<i>O. falcata</i>	[45]

2.4. 其它类化合物

棘豆属植物还拥有种类繁多的其它化合物,如木脂素、甾体、长链脂肪族化合物、酚类等。通过查阅文献,我总结了棘豆属植物中部分其它类化合物(表 4)。

Table 4. Some other compounds in *Oxytropis* DC plants

表 4. 棘豆属植物中部分其它类化合物

序号	化合物	植物来源	参考文献
1	Pinoresinol 4-O- β -D-xylopyranosyl (1 $\rightarrow$ 4)- β -D-glucopyranoside	<i>O. hirta</i>	[40]
2	Schisantherin A	<i>O. deflexa</i>	[46]
3	Myriophylloside G	<i>O. myriophylla</i>	[47]
4	Daucosterol	<i>O. myriophylla</i>	[47]
5	β -sitosterol	<i>O. myriophylla</i>	[47]
6	5-heneicosyl, 3-Methoxyphenol	<i>O. ochrocephala</i>	[48]
7	Icosyl p-Coumarate	<i>O. ochrocephala</i>	[48]
8	δ -Tocopherol	<i>O. ochrocephala</i>	[48]
9	Octan-1-ol 1-O- β -D-glucuronic acid (1 $\rightarrow$ 2)- β -D-glucopyranoside	<i>O. falcata</i>	[45]
10	(2R)-4-Phenyl-butan-2-ol 2-O- β -D-glucuronic acid-(1 $\rightarrow$ 2)- β -D-glucopyranoside	<i>O. falcata</i>	[45]
11	(3R)-Octan-1, 3-diol 3-O- β -D-glucuronic acid-(1 $\rightarrow$ 2)- β -D-glucopyranoside	<i>O. falcata</i>	[45]
12	(3R)-oct-1-ene-3-ol 3-O- β -D-Glucuronic acid-(1 $\rightarrow$ 2)- β D-glucopyranoside	<i>O. falcata</i>	[45]
13	Maltol 3-O- β -D-glucopyranoside	<i>O. falcata</i>	[45]
14	Maltol 3-O-(6'-O-trans-p-coumaryl)- β -D-glucopyranoside	<i>O. falcata</i>	[45]
15	1,1,1,7,7,7-Hexachloro-2,6-dihydroxyheptan-4-one	<i>O. glabra</i>	[49]
16	Diisobutyl phthalate	<i>O. latibracteata</i>	[50]
17	Lauric acid	<i>O. kansuensis</i>	[51]
18	Phenylethyl benzoate	<i>O. kansuensis</i>	[51]
19	Elemene	<i>O. kansuensis</i>	[51]
20	n-Heptadecane	<i>O. kansuensis</i>	[51]

3. 生物活性

3.1. 抗肿瘤活性

Yang Liu 等[24]从臭棘豆中分离得到了 3 个新的双黄酮类化合物, 并研究了它们对人前列腺癌细胞系 PC-3 的抗肿瘤活性, 其中 oxytrodiflavanone A 和 oxytrochalcoflavanone B 拥有较强对 PC-3 的细胞毒性, IC_{50} 值分别为 6.64 μ M 和 2.98 μ M。Cheng-Jian Tan 等[52]从黄花棘豆全草中分离得到了 10 种生物碱, 并从槐定碱出发, 在 14 号位上修饰合成了 8 个新的生物碱, 研究了这 18 个生物碱对五种人肿瘤细胞系的抗增殖活性。结果显示当 14 号位上有 4-苄氧基-3-乙氧基苯取代时对 5 种人肿瘤细胞系均有较好的抗肿瘤活性。Chen Chen 等[53]通过 MTT 比色法发现了从镰形棘豆 80%乙醇部分分离出的 5 种黄酮对一种人肝癌细胞 SMMC-7721 有抗肿瘤活性, 其中 2',4'-dihydroxychalcone 和 2',4'-dihydroxydihydrochalcone 抗肿瘤活性明显高于阳性对照($p < 0.05$), 在 24 小时内, IC_{50} 值为 17.44 μ g/mL 和 136.83 μ g/mL。Tuya Narangerel 等[54]研究发现拟腺棘豆提取物会诱导人结直肠癌腺癌 Caco-2 细胞系凋亡。

苦马豆素(Swainsonine, SW)作为一种有毒生物碱拥有良好的抗肿瘤活性, 对许多不同的癌细胞均能抑制生长与转移, 还可以诱导细胞凋亡。Zhaocai Li 等[55]评估了 SW 对几种食管鳞状细胞癌细胞的抗肿瘤作用, 显示 SW 抑制了 Eca-109 细胞的生长, 结果呈浓度依赖性, 途中观察到 Bax 蛋白转移到了线粒体, 导致线粒体完整性被破坏, 同时激活了线粒体介导的凋亡途径, 最终抑制了 Eca-109 细胞的生长。张思胜等[56]发现 SW 通过影响骨肉瘤类肿瘤干细胞(CSCs)N-糖链的表达抑制肿瘤细胞的生理活性, 从而抑制了癌细胞转移。

3.2. 抗病毒活性

Ya-Kun Zhang 等[10]从黄花棘豆中分离出了 1 个新的喹诺里西啉生物碱 ochrocephalamine G, 具有抗乙型肝炎病毒活性, 通过测定生物活性得知其对乙肝表面抗原(HBsAg)的抑制率大于对乙型肝炎 E 抗原(HBeAg)的抑制率。而 Zhan Xue 等[11]从黄花棘豆中分离出的 ochrocephalamine F 对 HBsAg 的抑制率高于 HBeAg。Kang-Sheng Zhou 等[12]从黄花棘豆中分离得到的 ochrocephalamine C 和 ochrocephalamine D 对 HBeAg 的抑制效果强于 HBsAg。可见苦参碱型生物碱有着一定的抗乙型肝炎病毒能力。Yoshikazu Tanaka 等[57]发现苦马豆素能通过抑制 α -甘露糖苷酶的方式阻止了糖蛋白上的寡糖加工成复合物形式, 从而实现对 HPIV3 的抗病毒作用。姚淑英[58]从镰形棘豆分离出的 2',4'-二羟基二氢查尔酮和黄檀素有一定的抗 HBsAg 活性; 从轮叶棘豆中分离出的芹菜素表现出一定的抑制 HSV-1 病毒的作用。

3.3. 杀虫活性

Shengwei Ye 等[40]测试了从硬毛棘豆中分离出的 7 个三萜皂苷类和 1 个木脂素苷对豌豆蚜(*Acyrtosiphon pisum*)的杀虫活性, 结果显示有 4 个三萜皂苷拥有较好的杀虫活性, 其化合物 azukisapogenol 3-O- β -D-glucuronopyranoside 活性最高, 包括口服毒性、忌避作用以及对豌豆蚜成虫繁殖的抑制作用, 其导致豌豆蚜中毒后胃蛋白酶和 α -淀粉酶活性降低, 脂肪酶和胰蛋白酶活性提高, 体色由淡绿转深绿转棕直至死亡。Buyanmandakh Buyankhishig 等[37]探究了从绵毛棘豆中分离出的化合物对 IL3000 品种的血型刚果锥虫(*Trypanosoma congolense*)的杀锥虫活性, 发现 5,7,4'-三羟基异黄酮有抑制作用。Li-Na Liu 等[13]通过微量点滴法评估了浓度为 3 mg/mL 的生物碱 Ochrocephalamine A 对三龄斜纹夜蛾幼虫的接触毒性, 使用 1 μ L 滴在幼虫的前胸背板, 五天后, 幼虫死亡率超 50%。薛站等[58]分离出的槐胺碱对斜纹夜蛾幼虫有着较强的杀虫活性, 校正死亡率达到了 58%。

3.4. 抗炎活性

Hao Qian 等[60]对猫头刺 70%乙醇提取物以量化一氧化氮(NO), 肿瘤坏死因子- α (TNF- α), 和白细胞介素-6 (IL-6)的方式评估了对脂多糖(LPS)诱导的 RAW 264.7 (一种小鼠巨噬细胞系)的抗炎作用, 结果显示三项数据均显著降低, 说明了猫头刺以调节多个靶点和通路的方式具有抗炎活性。Xin Jia 等[61]同样评估了多叶棘豆、硬毛棘豆、砂珍棘豆和二色棘豆 70%乙醇提取物对 LPS 诱导的 RAW 264.7 细胞的 NO 生成情况的影响, 结果表明 4 种棘豆均抑制了 NO 的生成, 且多叶棘豆和硬毛棘豆的活性更强。

Yan-Jun Wang 等[62]研究了镰形棘豆的总黄酮对特发性肺纤维化(IPF)肺组织的 p-JAK1/p-STAT1 和 SOCS3 蛋白表达的影响, IPF 的发生与炎症息息相关, 而 JAK1/STAT1 是调节炎症的关键信号通路, 在 IPF 小鼠肺组织中被磷酸化的 p-JAK1 和 p-STAT1 异常表达。结果发现镰形棘豆的总黄酮通过上调 SOCS3 的表达从而抑制 p-JAK1 和 p-STAT1 炎症蛋白的表达从而对炎症介导的 IPF 产生治疗效果。Lixia Yang 等[63]同样研究了镰形棘豆的总黄酮对糖尿病肾病 KK-Ay 小鼠的抗炎活性, 发现其可以促进 SOCS-1 和 SOCS-3 的表达并减轻 JAK 2 和 STAT 1 蛋白磷酸化水平的异常升高, 抑制 JAK/STAT 通路的异常激活, 从而减轻炎症反应。

3.5. 抗氧化活性

Tuya Narangerel 等[64]分析了拟腺棘豆的挥发油成分, 发现其有良好的抗氧化活性, 使用 DPPH 法测定的 IC_{50} 值为 $18.761 \mu\text{g/mL}$, 而标准抗氧化剂 Trolox 的 IC_{50} 值为 $19.37 \mu\text{g/mL}$ 。Miladinovic Dragoljub 等[65]研究了疏毛棘豆抗氧化活性, 结果显示 $3.5 \mu\text{g/cm}^3$ 叶片粗提物对 Balb/c 小鼠血液中的吞噬细胞化学发光活性的抑制率达到了 30.2%, 证明其拥有良好的抗氧化活性。张福欣等[66]分析了甘肃棘豆总黄酮的抗氧化活性, 发现其对 DPPH 自由基、超氧阴离子和羟基自由基均有很高的清除率, 且随浓度升高而升高。

3.6. 抑菌活性

陈基萍等[67]从 5 种棘豆属植物中分离得到了 38 种内生真菌, 并测定了它们的次生代谢产物对金黄色葡萄球菌、枯草芽孢杆菌、大肠埃希菌和沙门菌的抑菌活性, 结果显示其中大多数真菌的次生代谢产物都对至少一种细菌有抑制作用, 尤其是 XJ-JJ-2 (炭角菌属)和 XJ-ZJ-2 (镰刀菌属)的次生代谢产物对 4 种病原菌的抑菌活性最为明显, 这说明在棘豆属植物内生真菌次生代谢产物中有许多值得分离的化合物。李勤凡等[68]发现冰川棘豆提取物对金色葡萄球菌、多杀性巴氏杆菌、无乳链球菌有明显的抑制作用。陈学文等[69]测定发现二色棘豆粗提物对 5 种真菌有着较高的抑制率。

3.7. 毒性

Shuai Wang 等[70]研究发现苦马豆素通过影响 PI3K/Akt/mTOR 信号通路诱导小鼠肾小管上皮细胞 (TCMK-1)发生自噬, 抑制甘露糖苷酶的酶活性, 引起溶酶体功能障碍。吴永魁等[71]探究了黄花棘豆生物碱对大鼠卵黄囊(YS)胎盘和胚胎的毒性, 结果显示在生物碱浓度达到 $50 \mu\text{g/mL}$ 时 YS 的血管分化被抑制, 当继续增大浓度到 $200 \mu\text{g/mL}$ 时 YS 直径变小, 胚胎畸形增加, 这说明黄花棘豆生物碱的毒性体现在破坏 YS 胎盘功能与结构进而导致胚胎发育受损。曹光荣等[72]给山羊喂食黄花棘豆的总生物碱, 在第 15 天出现了中毒的山羊, 检测发现其体内的 α -甘露糖苷酶活性显著降低, 与此同时测定发现总生物碱对羊血浆 α -甘露糖苷酶的抑制率很高。他们还发现了总生物碱对小白鼠有较强毒性, 解剖结果显示死亡小白鼠肝肾肿大。

3.8. 其他活性

Buyanmandakh Buyankhishig 等[37]探究了从绵毛棘豆中分离出的化合物的透明质酸酶抑制活性, 3-

O-[α -L-rhamnopyranosyl(1 $\rightarrow$ 2)- β -D-glucopyranosyl(1 $\rightarrow$ 2)- β -D-glucuronopyranosyl]-3 β ,24-dihydroxyolean-12-en-22-oxo-29-oic acid 和 dehydroazukisaponin 表现出了抑制活性。Yang Guo 等[73]研究发现镰形棘豆提取物能减轻心肌缺血再灌注损伤(MIRI), 黄酮类化合物能降低细胞凋亡率、心肌标志物的水平和由氧化应激引发的炎症反应, 通过下调活性氧(ROS)介导的 JNK/p38MAPK/NF- κ B 信号通路来减轻 MIRI。吴诚等[74]从镰形棘豆中分离得到的 2',4'-二羟基查尔酮有凝血的作用。

4. 总结与展望

棘豆属植物具有丰富的化学成分, 如生物碱类、黄酮类、萜类等, 这为其带来了多种生物活性, 人们很早便意识到了这一点, 并把它作为传统草药来使用, 同时其毒性一定程度上制约了进一步的发展。但是随着化合物分离技术与生物活性检测技术的成熟, 越来越多的化合物被发掘, 相应的生物活性研究也取得了不错的进展, 棘豆属植物在医药、农业和美妆等方面有了一定的应用, 但还有更广阔的空间有待探索。今后还需要对棘豆属植物化学成分和生物活性的进一步研究, 为更广阔的应用和开发打下坚实的理论基础。

参考文献

- [1] 顾青, 杨光明, 蔡宝昌. 棘豆属植物药理活性研究进展[J]. 中国实验方剂学杂志, 2013, 19(7): 367-370.
- [2] 马彦梅, 周文明, 杨新娟. 棘豆属植物化学成分和药理作用的研究进展[J]. 西北林学院学报, 2005(2): 167-170.
- [3] 李玉林, 廖志新, 杜玉枝, 等. 棘豆属植物化学成分研究概况[J]. 天然产物研究与开发, 2002(5): 75-79.
- [4] Zhao, B., Liu, Z., Lu, H., Wang, Z., Sun, L., Wan, X., et al. (2010) Damage and Control of Poisonous Weeds in Western Grassland of China. *Agricultural Sciences in China*, **9**, 1512-1521. [https://doi.org/10.1016/s1671-2927\(09\)60242-x](https://doi.org/10.1016/s1671-2927(09)60242-x)
- [5] 刘斌. 中国棘豆属药用植物及其现代研究[J]. 中国野生植物资源, 1997(2): 17-20+39.
- [6] 龙燕, 图雅, 吴乌云. 蒙药材多时棘豆的生药鉴定[J]. 中国民族民间医药杂志, 2000(1): 45-46.
- [7] 龙治英, 陈梅梅, 陈洪声, 等. 植物生物碱提取工艺及生理活性研究进展[J]. 山东化工, 2025, 54(3): 104-106.
- [8] 王映荷, 李明奇, 赵晓璐, 等. 常见中药生物碱药理作用及临床应用的研究进展[J]. 华西药学杂志, 2025, 40(1): 95-99.
- [9] Tan, C., Liu, L. and Zhao, B. (2017) A New Quinolizidine Alkaloid from *Oxytropis ochrocephala*. *Chemistry of Natural Compounds*, **53**, 322-324. <https://doi.org/10.1007/s10600-017-1979-2>
- [10] Zhang, Y., Xue, Z., Tong, J., Tan, J., Yang, M., Zeng, Y., et al. (2025) Exploration and Computational Assessment of Ochrocephalamine G from *Oxytropis ochrocephala* as an Anti-HBV Candidate. *Journal of Asian Natural Products Research*. <https://doi.org/10.1080/10286020.2024.2441773>
- [11] Xue, Z., Zhang, Y., Yi, P., Yang, F., Huo, X., Wang, T., et al. (2022) Ochrocephalamines E and F, Two New Alkaloids from *Oxytropis ochrocephala* Bung. *Tetrahedron Letters*, **102**, Article ID: 153943. <https://doi.org/10.1016/j.tetlet.2022.153943>
- [12] Zhou, K., Yi, P., Yang, T., Tian, W., Yang, F., Lee, K., et al. (2019) Ochrocephalamines B-D, Three Alkaloids from *Oxytropis ochrocephala* Bunge. *Organic Letters*, **21**, 5051-5054. <https://doi.org/10.1021/acs.orglett.9b01643>
- [13] Liu, L., Ran, J., Li, L., Zhao, Y., Goto, M., Morris-Natschke, S.L., et al. (2016) Ochrocephalamine A, a New Quinolizidine Alkaloid from *Oxytropis ochrocephala* Bunge. *Tetrahedron Letters*, **57**, 5047-5049. <https://doi.org/10.1016/j.tetlet.2016.10.009>
- [14] Chen, W., Wu, Q., Wang, R. and Shi, Y. (2010) Oxytrofalcitins A-F, N-Benzoylindole Analogues from the Roots of *Oxytropis falcata* (Leguminosae). *Phytochemistry*, **71**, 1002-1006. <https://doi.org/10.1016/j.phytochem.2010.02.010>
- [15] Akhmedzhanova, V.I. and Batsuren, D. (1997) Alkaloids and Flavonoids of *Oxytropis muricata*. *Chemistry of Natural Compounds*, **33**, 326-328. <https://doi.org/10.1007/bf02234887>
- [16] Kojima, K., Purevsuren, S., Naran TUYA, S., et al. (2017) Alkaloids from *Oxytropis myriophylla* (Pall) Dc. *Scientia Pharmaceutica*, **69**, 680-685.
- [17] 谭承建, 刘丽娜, 汤洪敏, 等. 黄花棘豆生物碱成分研究[J]. 天然产物研究与开发, 2015, 27(8): 1365-1367+1373.
- [18] 谭承建, 刘丽娜, 胡毕斯哈勒图, 等. 黄花棘豆 2 种生物碱成分的鉴定[J]. 动物医学进展, 2015, 36(8): 71-73.

- [19] 于荣敏, 李铎, 宋丽艳, 等. 小花棘豆毒性生物碱的研究[J]. 中国中药杂志, 1991(3): 160-163+191.
- [20] Tan, C., Yi, P., Goto, M., Morris-Natschke, S.L., Liu, L., Lee, K., *et al.* (2016) (+)-(14 β)-14-Ethylmatridin-15-One, a New Quinolizidine Alkaloid from the Poisonous Plant *Oxytropis ochrocephala* Bunge. *Helvetica Chimica Acta*, **99**, 225-227. <https://doi.org/10.1002/hlca.201500239>
- [21] 姜华, 胡君茹, 刘霞. 镰形棘豆的研究进展[J]. 中草药, 2006(2): 314-315.
- [22] Yao, L.H., Jiang, Y.M., Shi, J., *et al.* (2004) Flavonoids in Food and Their Health Benefits. *Plant Foods for Human Nutrition*, **59**, 113-122. <https://doi.org/10.1007/s11130-004-0049-7>
- [23] 肖咏梅, 李明, 毛璞, 等. 黄酮类化合物生物改性及活性的研究进展[J]. 河南工业大学学报(自然科学版), 2019, 40(2): 123-131+139.
- [24] Liu, Y., Kelsang, N., Lu, J., Zhang, Y., Liang, H., Tu, P., *et al.* (2019) Oxytrodiflavanone a and Oxytrochalcoflavanones A, B: New Biflavonoids from *Oxytropis chiliophylla*. *Molecules*, **24**, Article No. 1468. <https://doi.org/10.3390/molecules24081468>
- [25] Li, X., Zhang, S., Jin, H., Dong, F., Shan, L. and Zhang, W. (2013) A New Flavonol from *Oxytropis ochrocephala* Bunge. *Natural Product Research*, **27**, 554-557. <https://doi.org/10.1080/14786419.2012.678350>
- [26] 于荣敏, 李铎, 张海军, 等. 小花棘豆化学成分的研究[J]. 植物学报(英文版), 1992(5): 369-377.
- [27] Liu, Y., Zhang, X., Kelsang, N., Tu, G., Kong, D., Lu, J., *et al.* (2018) Structurally Diverse Cytotoxic Dimeric Chalcones from *Oxytropis chiliophylla*. *Journal of Natural Products*, **81**, 307-315. <https://doi.org/10.1021/acs.jnatprod.7b00736>
- [28] Wang, J., Liu, Y., Kelsang, N., Zeng, K., Liang, H., Zhang, Q., *et al.* (2017) Rhamnocitrin Glycosides from *Oxytropis chiliophylla*. *Phytochemistry Letters*, **19**, 50-54. <https://doi.org/10.1016/j.phytol.2016.11.011>
- [29] 刘爱红. 藏药奇正消痛贴膏外敷治疗风湿性膝关节炎的临床疗效[J]. 中国民族医药杂志, 2022, 28(5): 34-36.
- [30] Wang, S., Zhang, X., Que, S., Tu, G., Wan, D., Cheng, W., *et al.* (2012) 3-Hydroxy-3-Methylglutaryl Flavonol Glycosides from *Oxytropis falcata*. *Journal of Natural Products*, **75**, 1359-1364. <https://doi.org/10.1021/np300292f>
- [31] 张晓晶, 李凌宇, 格桑罗布, 等. 藏药镰形棘豆中的黄酮类化合物(英文) [J]. 中国药学, 2014, 23(2): 99-105.
- [32] She, G., Sun, F. and Liu, B. (2011) Three New Flavonoid Glycosides from *Oxytropis myriophylla*. *Journal of Natural Medicines*, **66**, 208-212. <https://doi.org/10.1007/s11418-011-0551-9>
- [33] 巩红飞. 甘肃棘豆的化学成分研究[D]: [硕士学位论文]. 兰州: 兰州理工大学, 2010.
- [34] 池豪铭, 鄂丽影, 刘天罡. 萜类化合物高效发现与产业化制造[J]. 中国科学院院刊, 2025, 40(1): 47-66.
- [35] 丁雯昕, 杜柏霖, 李娇, 等. 五环三萜类天然产物研究进展[J]. 药学报, 2024, 59(5): 1163-1175.
- [36] 孙丽超, 李淑英, 王凤忠, 等. 萜类化合物的合成生物学研究进展[J]. 生物技术通报, 2017, 33(1): 64-75.
- [37] Buyankhishig, B., Murata, T., Suganuma, K., Batkhui, J. and Sasaki, K. (2020) Hyaluronidase Inhibitory Saponins and a Trypanocidal Isoflavonoid from the Aerial Parts of *Oxytropis lanata*. *Fitoterapia*, **145**, Article ID: 104608. <https://doi.org/10.1016/j.fitote.2020.104608>
- [38] 孙荣奇, 程东亮, 贾忠建, 等. 黄花棘豆化学成分的研究 II. 两种三萜皂苷的结构[J]. 化学学报, 1987(2): 145-149.
- [39] 孙荣奇, 贾忠建, 朱子清. 小花棘豆的化学成分[J]. 科学通报, 1988(8): 627-629.
- [40] Ye, S., Zhao, L., Qi, Y., Yang, H., Hu, Z., Hao, N., *et al.* (2022) Identification of Azukisapogenol Triterpenoid Saponins from *Oxytropis hirta* Bunge and Their Aphicidal Activities against Pea Aphid *Acyrtosiphon pisum* Harris. *Pest Management Science*, **79**, 55-67. <https://doi.org/10.1002/ps.7172>
- [41] Tan, X., Zhang, X., Yu, M., Yu, Y., Guo, Z., Gong, T., *et al.* (2019) Sesquiterpenoids and Mycotoxin Swainsonine from the Locoweed Endophytic Fungus *Alternaria oxytropis*. *Phytochemistry*, **164**, 154-161. <https://doi.org/10.1016/j.phytochem.2019.05.012>
- [42] Okawa, M., Yamaguchi, R., Delger, H., Tsuchihashi, R., Nohara, T., Kinjo, J., *et al.* (2002) Five Triterpene Glycosides from *Oxytropis myriophylla*. *Chemical and Pharmaceutical Bulletin*, **50**, 1097-1099. <https://doi.org/10.1248/cpb.50.1097>
- [43] Wang, J., Yang, H., Liu, Y., Norbo, K., Zeng, K., Zhao, M., *et al.* (2018) Azukisapogenol Triterpene Glycosides from *Oxytropis chiliophylla* Royle. *Molecules*, **23**, Article No. 2448. <https://doi.org/10.3390/molecules23102448>
- [44] Chen, W., Qi, H. and Shi, Y. (2009) 24-Hydroxyoleanane-Type Triterpenes from the Aerial Parts and Roots of *Oxytropis falcata*. *Journal of Natural Products*, **72**, 1410-1413. <https://doi.org/10.1021/np900199x>
- [45] Wang, S., Zhang, X., Que, S., Liang, H., Tu, P. and Zhang, Q. (2018) Structurally Diverse Glycoconjugated Volatile Compounds from *Oxytropis falcata* Bunge. *Phytochemistry Letters*, **27**, 143-147. <https://doi.org/10.1016/j.phytol.2018.07.015>
- [46] 李玉林, 廖志新, 孙洪发, 等. 急弯棘豆化学成分的研究[J]. 中草药, 1998(3): 149-151.

- [47] She, G., Sun, F. and Liu, B. (2012) A New Lignan from *Oxytropis myriophylla*. *Natural Product Research*, **26**, 1285-1290. <https://doi.org/10.1080/14786419.2011.566871>
- [48] 杨震发. 黄花棘豆抑菌成分分离鉴定[D]: [硕士学位论文]. 兰州: 甘肃农业大学, 2014.
- [49] 于荣敏, 李铄, 朱廷儒. 小花棘豆中两个新化合物的结构测定[J]. 沈阳药学院学报, 1989(4): 53.
- [50] 马彦梅. 宽苞棘豆化学成分的研究[D]: [硕士学位论文]. 咸阳: 西北农林科技大学, 2004.
- [51] 梁冰, 颜世芬, 陈茂齐, 等. 甘肃棘豆挥发性成分研究 I. 精油成分分离与鉴定[J]. 分析测试学报, 1994(1): 37-43.
- [52] Tan, C., Zhao, Y., Goto, M., Hsieh, K., Yang, X., Morris-Natschke, S.L., et al. (2016) Alkaloids from *Oxytropis ochrocephala* and Antiproliferative Activity of Sophoridine Derivatives against Cancer Cell Lines. *Bioorganic & Medicinal Chemistry Letters*, **26**, 1495-1497. <https://doi.org/10.1016/j.bmcl.2015.09.010>
- [53] Chen, C., Liu, F., Zhao, J., Chen, T., Li, Y. and Zhang, D. (2020) Efficient Separation of Five Flavonoids from *Oxytropis falcata* Bunge by High-Speed Counter-Current Chromatography and Their Anticancer Activity. *Acta Chromatographica*, **32**, 189-193. <https://doi.org/10.1556/1326.2019.00672>
- [54] Narangerel, T., Zakłós-Szyda, M., Sójka, M., Majak, I., Koziółkiewicz, M. and Leszczyńska, J. (2022) Chemical Components of *Oxytropis pseudoglandulosa* Induce Apoptotic-Type Cell Death of Caco-2 Cells. *Molecules*, **27**, Article No. 4609. <https://doi.org/10.3390/molecules27144609>
- [55] Li, Z., Huang, Y., Dong, F., Li, W., Ding, L., Yu, G., et al. (2012) Swainsonine Promotes Apoptosis in Human Oesophageal Squamous Cell Carcinoma Cells *in Vitro* and *in Vivo* through Activation of Mitochondrial Pathway. *Journal of Biosciences*, **37**, 1005-1016. <https://doi.org/10.1007/s12038-012-9265-8>
- [56] 张思胜, 赵红卫, 陈海丹. 苦马豆素对骨肉瘤类肿瘤干细胞 N-糖链表达的影响[J]. 实用医学杂志, 2017, 33(1): 41-43.
- [57] Tanaka, Y., Kato, J., Kohara, M. and Galinski, M.S. (2006) Antiviral Effects of Glycosylation and Glucose Trimming Inhibitors on Human Parainfluenza Virus Type 3. *Antiviral Research*, **72**, 1-9. <https://doi.org/10.1016/j.antiviral.2006.03.016>
- [58] 姚淑英. 轮叶棘豆、镰形棘豆、桑白皮化学成分及抗 HBV, HSV-1 生物活性研究[D]: [硕士学位论文]. 昆明: 中国科学院昆明植物研究所, 2007.
- [59] 薛站, 霍晓敏, 张雅昆, 等. 黄花棘豆生物碱成分及其抗斜纹夜蛾活性研究[J]. 江苏农业科学, 2022, 50(19): 110-116.
- [60] Qian, H., Liu, J., Meng, X. and Wang, X. (2024) Phytochemical and Anti-Inflammatory Activities of *Oxytropis aciphylla*. *Pharmacognosy Magazine*, **20**, 945-955. <https://doi.org/10.1177/09731296241240236>
- [61] Jia, X., Liu, Y., Wang, S., Ma, J., Yu, J., Yue, X., et al. (2022) Screening of Metabolic Markers Present in *Oxytropis* by UHPLC-Q-TOF/MS and Preliminary Pharmacophylogenetic Investigation. *Frontiers in Plant Science*, **13**, Article ID: 958460. <https://doi.org/10.3389/fpls.2022.958460>
- [62] Wang, Y., Li, Y., Wang, X., Li, X., Chen, Y., Yang, L., et al. (2020) Effect of Total Flavonoids of *Oxytropis falcata* Bunge on the Expression of p-JAK1- and p-STAT1-Related Proteins in Idiopathic Pulmonary Fibrosis. *Evidence-Based Complementary and Alternative Medicine*, **2020**, Article ID: 2407239. <https://doi.org/10.1155/2020/2407239>
- [63] Yang, L., Xue, J., Meng, X., Wang, Y., Wu, L., Lv, C., et al. (2019) Effects of Total Flavonoids from *Oxytropis falcata* Bunge on the SOCS/JAK/STAT Inflammatory Signaling Pathway in the Kidneys of Diabetic Nephropathy Model Mice. *European Journal of Inflammation*, **17**, 1-12. <https://doi.org/10.1177/2058739219861877>
- [64] Narangerel, T., Bonikowski, R., Jastrzabek, K., Kunicka-Styczyńska, A., Plucińska, A., Śmigielski, K., et al. (2021) Chemical and Biological Characteristics of *Oxytropis pseudoglandulosa* Plant of Mongolian Origin. *Molecules*, **26**, Article No. 7573. <https://doi.org/10.3390/molecules26247573>
- [65] Miladinovic, D., Miladinovic, L. and Najman, S. (2011) A Study of the Antioxidants in *Oxytropis pilosa* (L.) DC. *Journal of the Serbian Chemical Society*, **76**, 505-512. <https://doi.org/10.2298/jsc100701045m>
- [66] 张福欣, 宋佳烜, 刘晓东. 甘肃棘豆黄酮抗氧化活性及免疫活性的研究[J]. 中国畜牧兽医, 2018, 45(12): 3387-3394.
- [67] 陈基萍, 赵宝玉, 路浩, 等. 中国主要疯草内生真菌分离鉴定及其抑菌活性研究[J]. 畜牧兽医学报, 2012, 43(9): 1471-1478.
- [68] 李勤凡, 王建华, 耿果霞, 等. 冰川棘豆提取物的体外抑菌试验[J]. 甘肃畜牧兽医, 2005(3): 2-4.
- [69] 陈学文, 王麦玲, 吴文君. 宁夏二色棘豆抑菌效果的初步研究[J]. 宁夏农林科技, 2005, 46(6): 15.
- [70] Wang, S., Wang, J., Yang, L., Guo, R., Huang, E., Yang, H., et al. (2019) Swainsonine Induces Autophagy via PI3K/AKT/mTOR Signaling Pathway to Injure the Renal Tubular Epithelial Cells. *Biochimie*, **165**, 131-140. <https://doi.org/10.1016/j.biochi.2019.07.018>

- [71] 吴永魁, 常国权. 黄花棘豆生物碱对体外大鼠卵黄囊胎盘结构及功能的影响[J]. 西北农林科技大学学报(自然科学版), 2003(1): 117-120.
- [72] 曹光荣, 李绍君, 段得贤, 等. 黄花棘豆有毒成分的分析[J]. 中国兽医科技, 1988(3): 43-45.
- [73] Guo, Y., Zhang, B., Peng, Y., Chang, L.C., Li, Z., Zhang, X., *et al.* (2022) Mechanism of Action of Flavonoids of *Oxytropis falcata* on the Alleviation of Myocardial Ischemia-Reperfusion Injury. *Molecules*, **27**, Article No. 1706. <https://doi.org/10.3390/molecules27051706>
- [74] 吴诚, 许惠琴. 镰形棘豆中 2',4'-二羟基查尔酮抗炎止血作用的实验研究[J]. 药学实践杂志, 2010, 28(6): 431-432+436.