

杜仲化学成分、药理作用和临床应用研究进展

张敏¹, 梁凤妮¹, 孙延文¹, 韩菲¹, 周妍², 荣一方², 邱峰^{2,3}, 丁丽琴^{1,3*}

1. 天津中医药大学中医药研究院, 天津 301617

2. 天津中医药大学中药学院, 天津 301617

3. 天津市中药功效物质重点实验室, 天津 301617

摘要: 杜仲 *Eucommia ulmoides* 是我国特有的珍稀濒危二类保护植物, 其皮、叶、雄花和种子均具有药用价值和食用价值。化学成分研究发现杜仲不同部位(皮、叶、雄花、种子)主要有木脂素类、环烯醚萜类、黄酮类、苯丙素类、萜类和甾体类等成分, 具有抗骨质疏松、抗炎、神经保护、降血压、降血糖、调血脂、免疫调节、抗菌、抗病毒等药理作用, 广泛应用于医药、保健食品、饲料添加剂及日化用品等多个领域。通过对2000年1月—2022年12月在中国知网(CNKI)和PubMed数据库中发表的杜仲文献进行检索, 共检索到相关文献1772篇, 其中有效文献188篇。综述了杜仲在化学成分、药理作用、临床研究和开发应用方面的研究进展, 为后续杜仲的临床应用及相关产品开发提供参考。

关键词: 杜仲; 木脂素类; 环烯醚萜类; 黄酮类; 苯丙素类; 萜类; 甾体; 抗骨质疏松; 抗炎; 神经保护; 降血压; 降血糖; 调血脂; 免疫调节; 抗菌; 抗病毒; 临床应用; 开发利用

中图分类号: R286.2 文献标志码: A 文章编号: 0253-2670(2023)14-4740-22

DOI: 10.7501/j.issn.0253-2670.2023.14.034

Research progress on chemical constituents, pharmacological effects and clinical application of *Eucommia ulmoides*

ZHANG Min¹, LIANG Feng-ni¹, SUN Yan-wen¹, HAN Fei¹, ZHOU Yan², RONG Yi-fang², QIU Feng^{2,3}, DING Li-qin^{1,3}

1. Institute of Traditional Chinese Medicine, Tianjin University of Traditional Chinese Medicine, Tianjin 301617, China

2. College of Traditional Chinese Medicine, Tianjin University of Traditional Chinese Medicine, Tianjin 301617, China

3. Tianjin Key Laboratory of Therapeutic Substance of Traditional Chinese Medicine, Tianjin 301617, China

Abstract: *Eucommia ulmoides* is a rare and endangered Class II protected plant existed in China, and its bark, leaves, male flowers and seeds all have medicinal and edible values. Modern research showed that different parts (bark, leaves, male flowers and seeds) of *E. ulmoides* contained a variety of chemical components, including lignans, iridoids, flavonoids, phenylpropanoids, steroids and terpenes, and exhibited anti-osteoporosis, anti-inflammatory, neuroprotection, anti-hypertension, antidiabetic, hypolipidemic, immune regulation, anti-bacteria and anti-viral activities. It is widely used in various fields such as medicines, health food, feed additives, and daily chemical products. A total of 1772 related articles on *E. ulmoides* were obtained from China National Knowledge Internet (CNKI) and PubMed database from January 2000 to December 2022. Among of them, 188 publications were valid. In this paper, the chemical compositions, pharmacological activities, clinical research and development and application of *E. ulmoides* were summarized, in order to provide reference for the rational application and related product development of *E. ulmoides*.

Key words: *Eucommia ulmoides* Oliv.; lignans; iridoids; flavonoids; phenylpropanoids; terpenes; steroids; anti-osteoporosis; anti-inflammation; neuroprotection; anti-hypertension; anti-diabetic; hypolipidemic effect; immune regulation; anti-bacteria; anti-viral; clinical applications; development and utilization

收稿日期: 2023-02-06

基金项目: 国家自然科学基金资助项目(82030116)

作者简介: 张敏(1996—), 女, 硕士研究生, 从事中药作用机制和药效物质基础研究。E-mail: zhangmin0228yu@163.com

*通信作者: 丁丽琴(1983—), 女, 硕士生导师, 副研究员, 从事中药药效物质基础及中药体内代谢研究。E-mail: ruby70303@163.com

杜仲 *Eucommia ulmoides* Oliv. 是单属的第三纪孑遗植物, 被列为国家二级保护树种, 主要分布于湖北、四川、云南、贵州、河南、浙江、甘肃等地。历代本草对杜仲皮、叶、雄花和种子的药用价值均有记载。杜仲皮始载于《神农本草经》, 被列为上品。宋代《本草图经》中记载杜仲“初生叶嫩时, 采食”, 是关于杜仲叶最早的食用记录, 杜仲叶首次被收载于《中国药典》2005年版^[1], 并于2019年11月被列为药食两用品种, 另外杜仲皮和叶也可作为保健食品使用。2009年、2014年国家卫健委分别批准杜仲籽油(2009年12号公告)、杜仲雄花(2014年6号公告)为新食品原料^[2]。为深入了解杜仲(皮、叶、雄花、种子)在化学成分、药理作用、临床应用及开发利用方面的研究进展, 本文通过检索中国知网(CNKI)、PubMed数据库在2000年1月—2022年12月发表的相关文献, 对其内容进行整理、归纳与总结, 以期对杜仲的全面

深入研究和后期开发利用提供参考。

1 化学成分研究

至今从杜仲中分离鉴定了200多种化学成分^[3], 主要为木脂素类、环烯醚萜类、黄酮类、酚酸类、甾体类和萜类及其他类化合物。

1.1 木脂素类

木脂素类成分多以糖苷形式存在于杜仲皮中^[4], 结构母核主要为双环氧木脂素、单环氧木脂素、倍半萜木脂素、新木脂素和环木脂素^[5]。从杜仲中共分离鉴定了55种木脂素类成分, 包括松脂醇二葡萄糖苷、松脂醇单葡萄糖苷、丁香脂素二葡萄糖苷、丁香脂素单葡萄糖苷、中脂素二葡萄糖苷、松脂素、丁香脂素、中脂素等(图1)。《中国药典》2020年版规定杜仲皮中松脂醇二葡萄糖苷含量不得低于0.10%^[1]。杜仲中含有的木脂素类成分见表1。

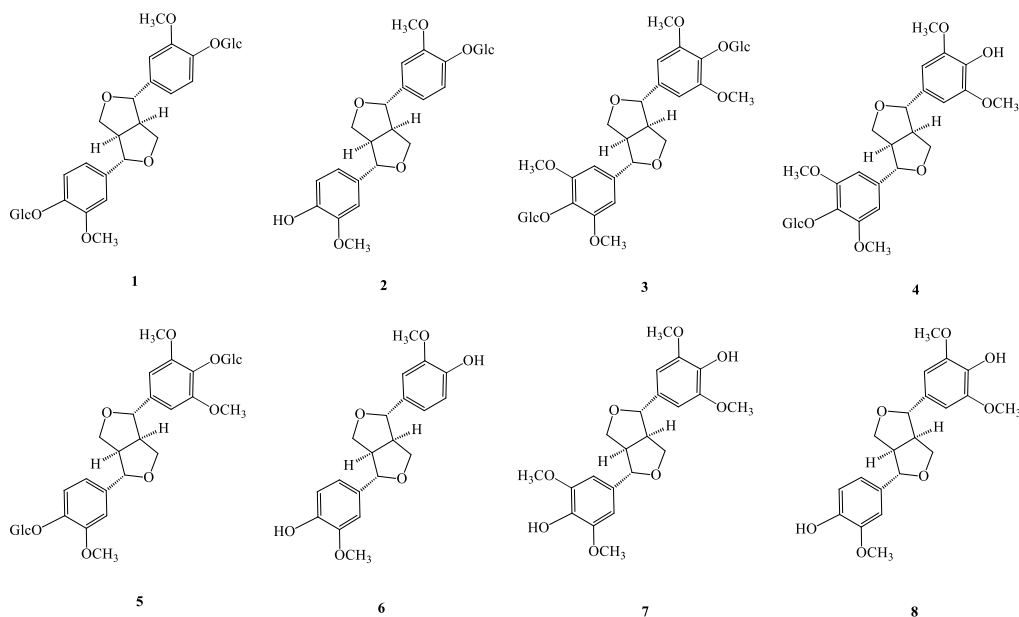


图1 杜仲中主要的木脂素类成分结构

Fig. 1 Structures of main lignans existed in *E. ulmoides*

表1 杜仲中木脂素类化合物及主要成分的含量

Table 1 Lignans identified and content of main components in *E. ulmoides*

编号	化合物	质量分数/(mg·g ⁻¹)				文献
		皮	叶	雄花	种子	
1	松脂醇二葡萄糖苷	1.48	0.023	0.017 8	0.001 94	6-9, 10-11
2	松脂醇单葡萄糖苷	0.28	0.018	0.006	—	9, 11
3	丁香脂素二葡萄糖苷	0.33	0.014	0.005 8	0.009 3	9, 12
4	丁香脂素单葡萄糖苷	0.047	0.002 8	0.001 9	0.026	9, 12
5	中脂素二葡萄糖苷	0.212	0.019	0.02	—	8-9
6	松脂素	0.238	+	—	—	6-7
7	丁香脂素	0.061	+	—	—	7, 12
8	中脂素	0.044	—	—	—	6-7

续表 1

编号	化合物	皮	叶	雄花	种子	文献
9	1-羟基松脂素	+	+	-	-	6
10	1-羟基松脂醇 4',4''-二吡喃葡萄糖苷	+	-	-	-	10
11	1-羟基松脂醇 4-吡喃葡萄糖苷	+	-	-	-	10
12	1-羟基松脂醇 4'-吡喃葡萄糖苷	+	-	-	-	10
13	8-羟基-松脂素-4,4'-O-β-D-双吡喃葡萄糖苷	-	+	-	-	8
14	8-羟基-松脂素-4'-O-β-D-吡喃葡萄糖苷	-	+	-	-	8
15	8-甲氧基中脂素	+	+	-	-	12
16	8-羟基中脂素	+	+	-	-	12
17	8-羟基松脂素	+	-	-	-	13
18	9α-羟基松脂素	+	-	-	-	14
19	中脂素-4-O-β-D-吡喃葡萄糖苷	+	+	-	-	10
20	表松脂素	+	+	-	-	6
21	连翘苷	-	+	-	-	8
22	杜仲脂素 A	+	+	-	-	8
23	无梗五加苷 B	+	-	-	-	15
24	松脂醇-4-O-β-D-吡喃葡萄糖基(1-6)-β-D-吡喃葡萄糖苷	+	-	-	-	16
25	左旋马尾松树脂醇-3α-O-β-D-吡喃葡萄糖苷	-	+	-	-	8
26	vladinol D-4,4'-O-β-D-葡萄糖苷	-	+	-	-	8
27	vladinol	+	-	-	-	14
28	橄榄脂素	+	+	-	-	12
29	橄榄脂素 4''-吡喃葡萄糖苷	+	-	-	-	17
30	橄榄脂素 4'-吡喃葡萄糖苷	+	-	-	-	17
31	橄榄脂素 4',4''-二吡喃葡萄糖苷	+	-	-	-	17
32	(4,9,4',8'-四羟基-3,3'-二甲氧基-7,9'-单环氧木脂素	+	-	-	-	18
33	新橄榄脂素	-	+	-	-	8
34	8'-羟基-落叶松脂醇-4'-O-β-D-吡喃葡萄糖苷	-	+	-	-	8
35	落叶松脂醇	+	+	-	-	19
36	耳草醇 C	+	-	-	-	14
37	耳草醇 D	+	-	-	-	14
38	耳草醇-C-4''-4'''-二吡喃葡萄糖苷	+	-	-	-	17
39	松脂醇香草酸醚二吡喃葡萄糖苷	+	-	-	-	17
40	丁香丙三醇-β-丁香脂素醚二葡萄糖苷	+	-	-	-	17
41	赤式甘油-β-松柏醇醛醚	+	-	-	-	6
42	苏式甘油-β-松柏醇醛醚	+	-	-	-	6
43	柑属苷 B	+	-	-	-	6
44	赤式甘油-8-O-4'-(芥子醛)醚	+	-	-	-	14
45	赤式甘油-8-O-4'-(芥子醇)醚	+	-	-	-	14
46	去氢二松柏醇-4-O-β-D-吡喃葡萄糖苷	-	+	-	-	8
47	去氢二松柏醇 γ'-O-β-D-吡喃葡萄糖苷	+	-	-	-	13
48	二氢脱氢二松柏醇	+	+	-	-	12
49	赤式-二羟基脱氢二松柏醇	+	-	-	-	6
50	苏式二氢二松柏醇	+	-	-	-	6
51	蛇菰脂醛素	+	-	-	-	13
52	环橄榄脂素	+	+	-	-	18
53	表环橄榄脂素	+	-	-	-	20
54	noreucol A	+	-	-	-	20
55	牛蒡子苷	-	+	-	-	21

“+”表示存在该化合物，“-”表示无该化合物，下表同

“+”indicates the presence of the compound,“-” indicates the absence of the compound, same as below tables

1.2 环烯醚萜类化合物

环烯醚萜类为蚁臭二醛的缩醛衍生物，因结构中含有的环烯醚键和苷键易被酸和酶水解，因此新

鲜杜仲中含量较高，共分离鉴定 46 种，如京尼平苷酸、京尼平苷、车叶草苷、桃叶珊瑚苷等（图 2），杜仲中含有的环烯醚萜类成分见表 2。

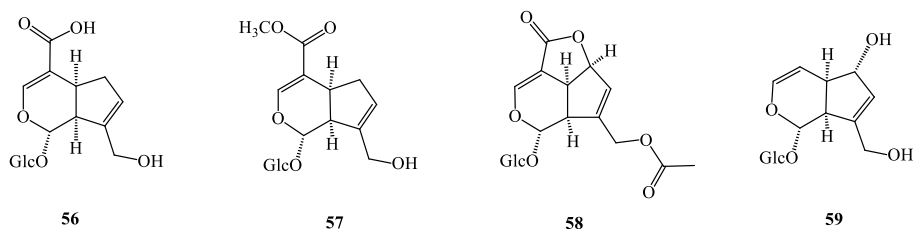


图 2 杜仲中主要的环烯醚萜类成分结构

Fig. 2 Structures of main iridoids existed in *E. ulmoides*

表 2 杜仲中环烯醚萜类化合物及主要成分的含量

Table 2 Iridoids identified and content of main components in *E. ulmoides*

编号	化合物	质量分数/(mg·g ⁻¹)				文献
		皮	叶	雄花	种子	
56	京尼平昔酸	1.45	5.67	9.93	0.193	9, 22
57	京尼平昔	0.27	+	1.97	+	9, 22
58	车叶草昔	-	1.36	0.356	-	9, 22
59	桃叶珊瑚昔	0.299	11.340	4.91	15.65	23-28
60	交让木昔	-	+	-	-	22
61	鸡屎藤昔甲酯	-	+	-	-	22
62	马钱素	-	+	-	-	22
63	8-表马钱素	-	+	-	-	22
64	7-表马钱素	-	+	-	-	22
65	去乙酰车叶草昔酸甲酯	-	+	+	-	22
66	京尼平	+	+	+	+	23
67	鸡屎藤昔-10-O-吡喃葡萄糖苷	-	+	-	-	24
68	杜仲醇昔 A	-	+	-	-	24
69	地支普内酯	-	+	-	-	24
70	车叶草昔酸	+	+	-	-	24
71	木犀草昔	-	-	+	-	29
72	去乙酰车叶草昔酸	-	-	+	-	30
73	乙酰哈巴昔	-	-	+	-	30
74	杜仲醇	+	+	+	-	30
75	鸡屎藤昔-10-O-乙酸酯	-	+	-	-	31
76	杜仲昔	-	+	-	+	32
77	筋骨草昔	-	+	-	-	33
78	哈帕昔乙酸酯	-	+	-	-	33
79	雷普妥昔	-	+	-	-	33
80	哈巴昔	-	+	-	-	34
81	3β-甲氧基黄酮 C	-	-	+	-	35
82	6β-羟基-1β,3β-二甲氧基青蒿素 III	-	-	+	-	35
83	3,4-二氢-3β-乙氧基脱乙基芦荟昔	-	-	+	-	35
84	3,4-二氢-3β-乙氧基芦荟昔	-	-	+	-	35
85	表杜仲醇	+	+	+	+	4
86	梓醇	+	-	-	-	17
87	1-去氧杜仲醇	+	+	-	-	19
88	杜仲醇昔	+	-	-	-	36
89	杜仲醇昔 A	-	+	-	+	24
90	杜仲醇昔 B	-	+	-	+	24
91	杜仲醇昔 C	-	+	-	+	24
92	杜仲醇昔 D	-	-	-	+	37
93	车叶草昔乙酸酯	-	-	+	-	35
94	青蒿素 C	-	-	+	-	35
95	杜仲臭蚁昔 C	-	+	-	-	38
96	杜仲臭蚁昔 D	-	+	-	-	38
97	巴尔蒂昔	-	-	-	+	39
98	linaride	-	-	-	+	39
99	scyphiphin D	-	-	-	+	39
100	borreriagenin	-	+	-	-	19
101	bartsioside	-	-	-	+	40

1.3 黄酮类化合物

从杜仲中分离鉴定了 49 种黄酮类成分，以叶中总黄酮含量最高，雄花次之，皮和种子中的含量最低^[41]。

主要以槲皮素和山柰酚为苷元类型，如芦丁、山柰酚、槲皮素、紫云英苷、金丝桃苷、异槲皮苷、槲皮苷、儿茶素等（图 3）。杜仲中含有的黄酮类成分见表 3。

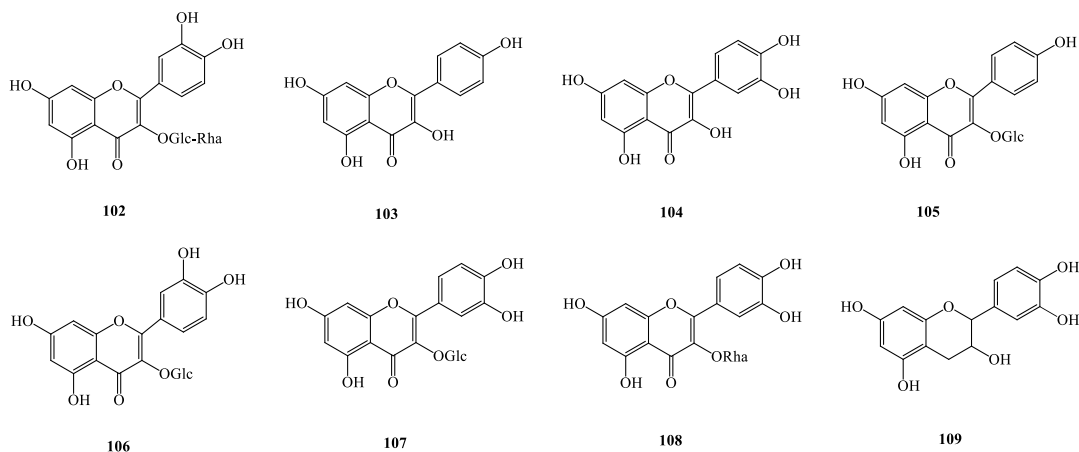


图 3 杜仲中主要的黄酮类成分结构

Fig. 3 Structures of main flavonoids existed in *E. ulmoides*

表 3 杜仲中黄酮类化合物及主要成分的含量

Table 3 Flavonoids identified and content of main components in *E. ulmoides*

编号	化合物	质量分数/(mg·g ⁻¹)				文献
		皮	叶	雄花	种子	
102	芦丁	25.10	12.62	+	-	42-44
103	山柰酚	4.82	129.84	-	-	43-44
104	槲皮素	+	0.349	0.175	-	42, 44
105	紫云英苷	5.75	145.78	+	-	42-43
106	金丝桃苷	1.85	20.15	-	-	43, 45
107	异槲皮苷	-	0.466	+	-	45
108	槲皮苷	12.32	38.47	-	-	43, 45
109	儿茶素	0.019	0.049	-	-	45
110	圣草素	-	+	-	-	42
110	柚皮素	-	+	+	-	42
112	洋芹素	-	+	-	-	42
113	山柰素-3-O- α -L-鼠李糖苷	-	+	-	-	42
114	山柰素-3-O- α -L-吡喃阿拉伯糖苷	-	+	-	-	42
115	山柰素-3-O- β -D-6'-乙酰基吡喃葡萄糖苷	-	+	-	-	42
116	槲皮素-3-O- β -D-吡喃葡萄糖基- β -D-吡喃木糖苷	-	+	-	-	42
117	葛根素	-	+	-	-	42
118	大豆苷	-	+	-	-	42
119	山柰酚-3-O-桑布双糖苷	-	+	-	-	45
120	槲皮素-3-O-桑布双糖苷	-	+	+	-	45
121	槲皮素-3-O- α -L-阿拉伯糖基(1 \rightarrow 2)- β -D-葡萄糖苷	-	+	+	-	46
122	江户樱花苷	-	-	+	-	46
123	槲皮素-3-O- β -D-葡萄糖基(1 \rightarrow 2)- β -D-葡萄糖苷	-	-	+	-	46
124	山柰酚-3-O- β -D-(6'-O-乙酰基)- β -D-葡萄糖苷	-	-	+	-	46
125	异鼠李素-3-O- β -D-葡萄糖苷	-	-	+	-	46
126	表儿茶素	+	-	-	-	45
127	甘草素	+	-	-	-	47
128	甘草黄酮 B	+	-	-	-	47
129	3,5,4'-三羟基-7,3'-二甲氧基黄酮	+	-	-	-	47
130	刺芒柄花素	+	-	-	-	47
131	4'-O-甲基光甘草定	+	-	-	-	47
132	异戊烯基查耳酮 E	+	-	-	-	47
133	龙血素 C	+	-	-	-	47

续表 3

编号	化合物	皮	叶	雄花	种子	文献
134	陆地锦苷	+	+	-	-	48
135	木犀草素	+	-	-	-	49
136	扁蓄苷	+	-	-	-	49
137	黄芩素	+	-	-	-	37
138	千层纸素 A	+	-	-	-	37
139	汉黄芩素	+	-	-	-	37
140	汉黄芩苷	+	-	-	-	37
141	异甘草素	+	-	-	-	37
142	4,2',4'-三羟基查耳酮	+	-	-	-	37
143	(αR)-α,4,2',4'-四羟基二氢查耳酮	+	-	-	-	37
144	(αR)-α-O-β-D-吡喃葡萄糖基-4,2',4'-三羟基二氢查耳酮	+	-	-	-	37
145	槲皮素木糖基葡萄糖苷	-	+	-	-	50
146	山柰酚-3-O-β-D-葡萄糖苷	-	+	-	-	50
147	山柰酚-3-O-芸香糖苷	-	+	-	+	24
148	山柰酚-3-O-α-L-鼠李糖基-(1→6)-β-D-葡萄糖苷	-	+	-	-	51
149	花旗松素-3-O-β-D-葡萄糖苷	-	+	-	-	51
150	甘草查耳酮 A	+	-	-	-	14

1.4 酚酸类化合物

杜仲中酚酸类成分以绿原酸最为代表,《中国药典》2020 年版规定叶中其含量应不低于 0.080%^[52]。从杜仲

中分离得到的酚酸类有 45 种,主要为绿原酸、咖啡酸、原儿茶酸、松柏苷、紫丁香苷等(图 4),多存在于叶中,皮中次之。从杜仲中分离得到的酚酸类成分见表 4。

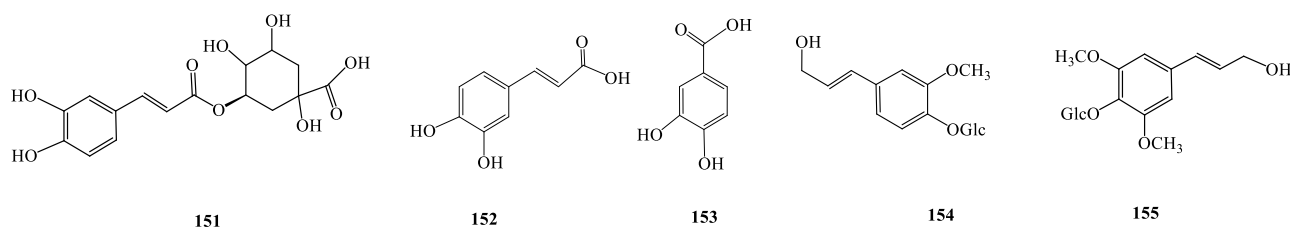


图 4 杜仲中主要的酚酸类成分结构

Fig. 4 Structures of main phenolic acids existed in *E. ulmoides*

表 4 杜仲中酚酸类化合物及主要成分的含量

Table 4 Phenolic acids identified and content of main components in *E. ulmoides*

编号	化合物	质量分数/(mg·g ⁻¹)				文献
		皮	叶	雄花	种子	
151	绿原酸	0.195	2.56	0.21	0.77	53
152	咖啡酸	0.018	0.036	+	+	53
153	原儿茶酸	0.020 5	0.015 6	-	-	53
154	松柏苷	0.028	0.333	-	-	53
155	紫丁香苷	0.012	0.157	-	-	53
156	咖啡酸乙酯	-	+	-	-	54
157	对羟基肉桂酸	-	+	-	-	54
158	松柏苷	-	+	-	-	54
159	对香豆素	-	+	-	-	54
160	绿原酸甲酯	-	+	-	-	55
161	愈创木基丙三醇	-	+	+	-	55
162	5-甲氧基-愈创木基丙三醇	-	+	-	-	55
163	5,9-二甲氧基-愈创木基丙三醇	-	+	-	-	55

续表 4

编号	化合物	皮	叶	雄花	种子	文献
164	9-正丁基-愈创木基丙三醇	-	+	-	-	55
165	8'-甲氧基-橄榄素	-	+	-	-	55
166	异绿原酸 C	+	+	+	-	56
167	异绿原酸 A	+	+	-	-	56
168	抗坏血酸	+	+	-	-	57
169	没食子酸	-	+	-	-	57
170	C-藜芦酰乙二醇	+	-	-	-	18
171	β -羟基-3-甲氧基-4-羟基苯乙酮	+	-	-	-	18
172	3-羟基-4-甲氧基肉桂醛	+	-	-	-	18
173	隐绿原酸	-	+	+	-	58
174	新绿原酸	-	+	+	-	58
175	香草酸	+	-	-	-	59
176	原儿茶酸甲酯	+	-	-	-	60
177	邻苯三酚	-	+	-	-	61
178	反式香豆酸	-	+	-	-	61
179	咖啡酰奎尼酸糖苷	-	+	-	-	58
180	5-羟基-9-异丙基-愈创木基丙三醇	-	+	-	-	19
181	反式肉桂酸	-	+	-	-	62
182	3,4-二羟基-苯甲酸	-	+	-	-	51
183	邻苯二甲酸二丁酯	-	-	-	+	40
184	邻苯二甲酸二(2-乙基癸基)酯	-	-	-	+	40
185	邻苯二甲酸二(7-乙基-2-羟乙基癸基)酯	-	-	-	+	40
186	7-羟基香豆素	-	+	-	-	48
187	threo-1-(4-hydroxy-3-methoxyphenyl)-1-methoxy-2-{4-[1-formyl-(E)-vinyl]-2-methoxyphenoxy}-3-propanol	+	-	-	-	47
188	diospyrosin	+	-	-	-	47
189	松柏醛	+	-	-	-	63
190	丁香酚苷	+	-	-	-	25
191	丁香酸葡萄糖苷	+	-	-	-	25
192	香草酸葡萄糖苷	+	-	-	-	25
193	阿魏酸	+	-	+	+	9

1.5 萜类和甾体类化合物

从杜仲中分离鉴定的萜类和甾体类化合物共有 62 种。三萜类成分 (194~211) 主要存在杜仲叶和雄花中, 多为五环三萜。从杜仲叶中还分离出来倍半萜、降倍半萜类化合物 (212~224) 和紫罗兰酮类化合物 (225~246)。除此之外, 杜仲中还含有甾体类化合物 (247~255), 见表 5。

1.6 其他类成分

1.6.1 多糖类化合物 杜仲多糖成分主要由葡萄糖、果糖、甘露糖、岩藻糖、半乳糖和阿拉伯糖^[70]等单糖组成, 从杜仲皮中分离出的酸性聚多糖有杜仲多糖 A 和杜仲多糖 B^[71]。

1.6.2 脂肪酸类化合物 杜仲种子中脂肪酸的含量最高, 主要为亚油酸 (10.66%)、油酸 (16.9%)、棕榈酸 (6.03%)、硬脂酸 (1.96%)、亚麻酸 (63.15%)

等, 以不饱和脂肪酸为主^[71-72]。

1.6.3 氨基酸类成分 杜仲皮、叶、雄花、种子中均含有 8 种人体必须氨基酸。其中杜仲皮中含有 17 种游离氨基酸, 叶中检测到 15 种, 均以精氨酸和组氨酸的含量最高。雄花中含有 17 种氨基酸, 以谷氨酸和天冬氨酸的含量最高, 分别占总氨基酸含量的 20.81% 和 14.47%^[73]。种子中也有 17 种, 必需氨基酸和半必需氨基酸分别占氨基酸总量的 33.6% 和 11.2%^[72]。

1.7 杜仲不同部位差异分析

杜仲皮中以木脂素类成分为主, 其数量和含量均为最高。杜仲叶中黄酮类、环烯醚萜类、酚酸类、萜类和甾体类成分较多, 雄花主要是环烯醚萜类、黄酮类和三萜类成分, 种子中的成分以不饱和脂肪酸为主, 同时含有较多的环烯醚萜成分。杜仲不同部位化学成分见图 5。

表5 杜仲中的萜类和甾体类化合物

Table 5 Terpenes and steroids identified from *E. ulmoides*

编号	化合物	部位				文献
		皮	叶	雄花	种子	
194	熊果酸	-	+	+	+	64
195	α -香树脂醇	-	-	+	-	64
196	熊果醇	-	-	+	-	64
197	3-O-乙酰基熊果酸乙酸酯	-	-	+	-	64
198	3-O-乙酰基齐墩果酸	-	-	+	-	64
199	羽扇豆醇	+	-	+	-	64
200	白桦脂醇	+	-	+	-	64
201	白桦脂酸	+	-	+	-	13
202	3-oxo-12-en-ursane-28-O- α -larabinofuranosyl(1 \rightarrow 6)- β -D-glucopyranosid	-	-	+	-	64
203	2 α ,3 β -dihydroxyurs-12-en-28-oic acid(28 \rightarrow 1)- β -D-glucopyranosyl ester	-	-	+	-	64
204	3-O-laurylbetulinic acid	+	-	-	-	65
205	ulmoidol A	-	+	-	-	65
206	ulmoidol	-	+	-	-	65
207	2 α ,3 α -dihydroxy-24-nor-4	-	+	-	-	65
208	12-oleanadien 28-oic acid	-	+	-	-	65
209	齐墩果酸	-	+	-	-	65
210	cycloart-3 β ,25-diol	-	+	-	-	65
211	科罗索酸	-	+	-	-	65
212	(3S,5R,6R,7E,9R)-megastigman-7-ene-3,5,6,9-tetrol	-	+	-	-	66
213	(3S,5R,6R,7E,9S)-megastigman-7-ene-3,5,6,9-tetrol	-	+	-	-	66
214	(3R,5R,6R,7E)-3,5,6-trihydroxy-7-megastigmen-9-one	-	+	-	-	66
215	(3S,5R,6R,7E)-3,5,6-trihydroxy-7-megastigmen-9-one	-	+	-	-	66
216	cis-3,4-dihydroxy- β -ionon	-	+	-	-	66
217	3-hydroxy-5,6-epoxy- β -ionol	-	+	-	-	66
218	(S)-3-hydroxy-8-ionone	-	+	-	-	66
219	(6R,9S)-9,10-dihydroxy-4-megastigmen-3-one	-	+	-	-	66
220	cucumegastigmane I	-	+	-	-	66
221	(-)-菜豆酸	-	+	-	-	66
222	(-)-2E-菜豆酸	-	+	-	-	66
223	蚱蜢酮	-	+	-	-	66
224	菜油甾醇	-	-	-	+	66
225	(6R)-eucomegastigmane A	-	+	-	-	67
226	(6S)-eucomegastigmane A	-	+	-	-	67
227	(6S,9S)-9-epi-blumenol B	-	+	-	-	67
228	(6R,9R)-6-epi-blumenol B	-	+	-	-	67
229	(6S,9S)-vomifoliol	-	+	-	-	68
230	(6R,9R)-vomifoliol	-	+	-	-	68
231	(6S,9R)-vomifoliol	-	+	-	-	68
232	(6R,9S)-vomifoliol	-	+	-	-	68
233	(3S,4S)-eucomegastigmane B	-	+	-	-	68
234	(3R,4R)-eucomegastigmane B	-	+	-	-	68
235	(6R,9R)-3-oxo-a-ionol	-	+	-	-	68
236	(6S,9S)-3-oxo-a-ionol	-	+	-	-	68
237	(6S,9S)-blumenol C	-	+	-	-	68
238	(6R,9R)-blumenol C	-	+	-	-	68
239	(6S,9R)-blumenol C	-	+	-	-	68
240	(6R,9S)- blumenol C	-	+	-	-	68
241	(6R,9S)-3-oxo-a-ionol	-	+	-	-	68
242	(6S,9R)-3-oxo-a-ionol	-	+	-	-	68
243	eucophenolic A	-	+	-	-	69
244	eucophenolic B	-	+	-	-	69
245	eucophenolic C	-	+	-	-	69
246	eucophenolic D	-	+	-	-	69
247	环桉树醇	+	-	-	-	13
248	β -谷甾醇	+	+	-	-	13
249	24-亚甲基环阿屯酮	+	-	-	-	13
250	环桉烯酮	+	-	-	-	13
251	胡萝卜苷	-	-	-	+	40
252	杜仲二醇	+	-	-	-	13
253	eucomylides A	-	-	+	-	23
254	eucomylides B	-	-	+	-	23
255	eucomylides C	-	-	+	-	23

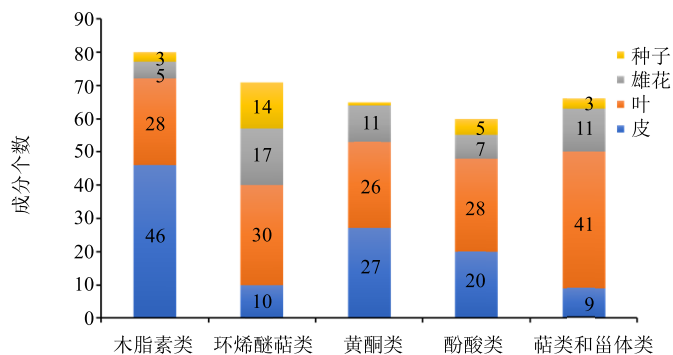


图 5 杜仲不同部位的化学成分

Fig. 5 Chemical constituents in different parts of *E. ulmoides*

2 药理作用

对 2000—2022 年杜仲在药理作用方面发表的文献进行统计分析, 主要涉及抗骨质疏松、抗炎、神经保护、降血压、降血糖、调血脂、免疫调节、抗菌、抗病毒、抗疲劳、抗氧化、抗肿瘤、镇静催眠、抗衰老等方面。

药理作用见图 6, 研究文献比例分布见图 7。

2.1 抗骨质疏松

杜仲抗骨质疏松相关文献共检索 89 篇, 其中杜仲皮抗骨质疏松方面占文献总数的 66%。杜仲皮醇提物、杜仲叶醇提物、杜仲皮总木脂素成分、环烯

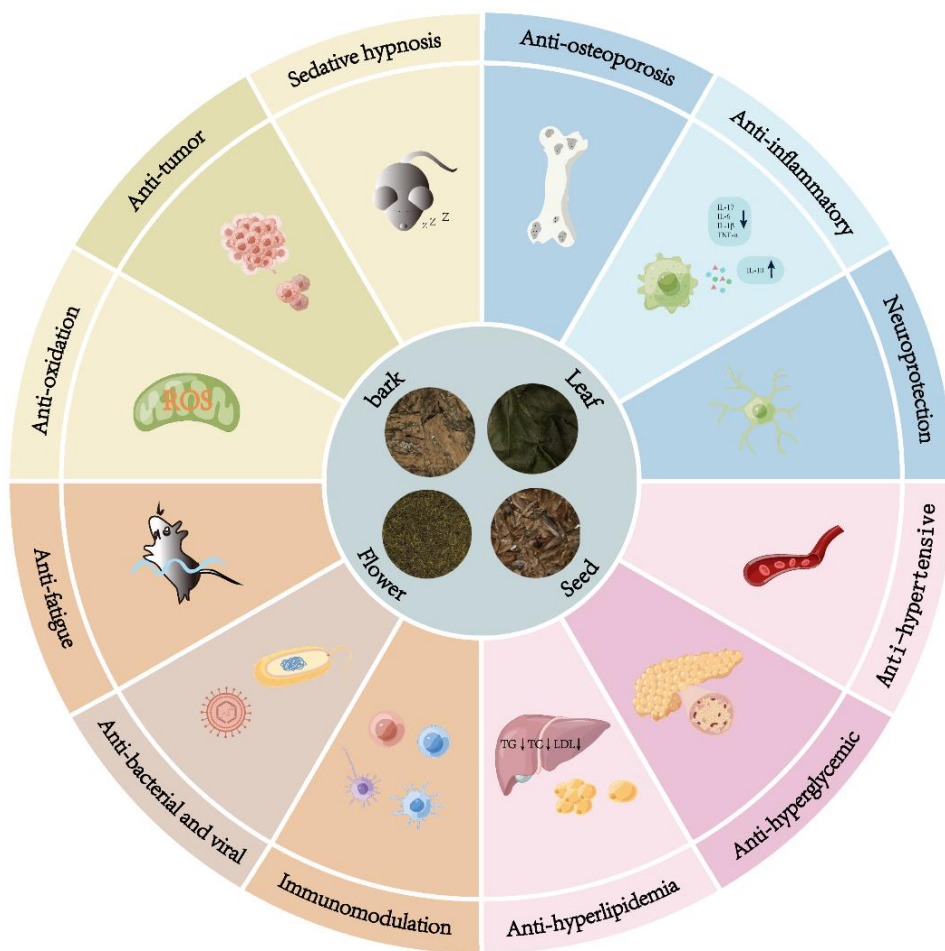


图 6 杜仲的药理作用

Fig. 6 Pharmacological effects of *E. ulmoides*

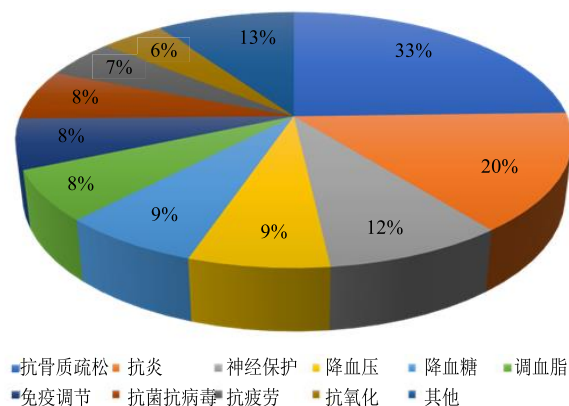


图 7 2000—2022 年杜仲药理研究文献比例分布情况

Fig. 7 Publications proportion of pharmacological activities of *E. ulmoides* from 2000 to 2022

萜萜类成分京尼平苷酸、桃叶珊瑚苷，黄酮类成分芦丁、槲皮素等均表现出抗骨质疏松作用。在摘除大鼠卵巢复制骨质疏松模型中，杜仲皮醇提取物能够防止由于雌激素缺乏所致的骨质量丢失，增加大鼠骨体积分数、连接密度、骨小梁数量和骨小梁厚度、减少骨小梁间隙和结构模型指数；显著降低血清中骨钙素（osteocalcin，OC）、碱性磷酸酶（alkaline phosphatase，ALP）和脱氧吡啶啉（deoxypyridinoline，DPD）水平以及尿中Ca和P的排泄^[74]。此外，杜仲皮提取物对于废用性骨质疏松大鼠模型^[75]、维甲酸诱导的骨质疏松大鼠^[76]、醋酸铅所致大鼠骨质流失^[77]、D-半乳糖诱导的老年骨质疏松大鼠^[78]、糖皮质激素诱导的斑马鱼^[79]亦有显著的抗骨质疏松作用。

杜仲皮水提物能诱导成骨细胞分化，显著上调ALP、OC、I型胶原和转化生长因子-β（transforming growth factor β，TGF-β）的表达^[80]，上调Wnt/β-catenin信号通路中的人卷曲同源物2（frizzled 2，Fzd2）、人卷曲同源物3（frizzled 3，Fzd3）、β-连环蛋白（β-catenin）受体，下调Wnt抑制因子1，通过调控Wnt信号通路诱导大鼠骨髓间充质干细胞成骨分化^[81]；也可以促进人乳腺癌MCF-7细胞的增殖，上调雌激素受体α（estrogen receptor α，ERα）和雌激素受体β（estrogen receptor β，ERβ）表达^[82]，增加ERα、ERβ中的荧光素酶活性^[83]，通过雌激素信号通路促进破骨细胞凋亡、降低骨吸收发挥骨保护作用。杜仲叶醇提取物可以调节肠道微生物群的多样性、提高短链脂肪酸的含量来改善骨质疏松症状^[84]。杜仲皮总木脂素类成分能通过骨保护蛋白

（osteoprotegerin，OPG）-核因子-κB受体活化因子（receptor-activator of nuclear factor κB，RANK）-核因子-κB受体活化因子配体（receptor-activator of nuclear factor κB ligand，RANKL）信号通路抑制破骨细胞的生成^[85]。松脂醇二葡萄糖苷、山柰酚、芦丁、槲皮素均可促进成骨细胞的形成^[86]，提高大鼠的骨密度、优化骨微结构、增强骨强度^[87]。京尼平苷能够提高细胞周期蛋白D1（cyclin D1）、Runt相关转录因子2（runt related transcription factor 2，Runx2）、成骨细胞特异性转录因子（osterix，Osx）和β-catenin的表达和ALP活性，通过Wnt/β-catenin激活靶向miR-214促进成骨细胞MC3T3-E1和成软骨细胞ATDC5分化^[88]；桃叶珊瑚苷抗骨质疏松的作用机制与其激活丝裂原活化蛋白激酶（mitogen activated protein kinase，MAPK）信号通路，增强自噬来防止类固醇诱导的成骨细胞凋亡^[89]，以及核因子E2相关因子2（nuclear factor E2 related factor 2，Nrf2）介导的抗氧化途径有关^[90]。

2.2 抗炎

杜仲通过抑制炎症介质的表达发挥抗炎作用，治疗骨关节炎、溃疡性结肠炎、牙周炎、胃溃疡等疾病，共检索到相关文献54篇。杜仲皮水/醇提取物、杜仲叶醇提取物、杜仲皮多糖、黄酮类、环烯萜萜类成分具有抗炎作用。杜仲皮醇提取物能够显著改善胶原诱导的骨关节炎大鼠的足肿胀程度，降低关节炎指数以及脾脏中Th17阳性细胞数和血清白细胞介素-17（interleukin-17，IL-17）、IL-1β、肿瘤坏死因子-α（tumor necrosis factor-α，TNF-α）等炎症因子的表达，上调IL-10^[91]；抑制关节软骨中基质金属蛋

白酶 3(matrix metalloproteinases 3, MMP3)、MMP13 和甲酰肽受体 2(the formyl peptide receptor 2, FPR2) 的表达,降低前列腺素 E2(prostaglandin E2, PGE2) 和脂氧素 A4(lipoxin A4, LXA4)的水平,通过 FPR2-LXA4 通路抑制骨关节的发展^[92];能够抑制蛋白酪氨酸激酶(Janus kinase 1, JAK1)、信号传导和转录激活因子 3(signal transducer and activator of transcription 3, STAT3)蛋白表达,上调细胞因子信号转导抑制因子 3(suppressor of cytokine signaling 3, SOCS3)缓解膝关节软骨组织损伤^[93,94]。杜仲叶提取物可以抑制结肠缩短和组织中髓过氧化物酶(myeloperoxidase, MPO)活性,改善小鼠肠黏膜层的损伤和白细胞炎性浸润来治疗溃疡性结肠炎^[95]。

杜仲皮水提物剂量相关性地抑制一氧化氮生成,下调脂多糖(lipopolysaccharide, LPS)诱导的一氧化氮合酶(nitric oxide synthase, NOS)、环氧合酶-2(cyclooxygenase-2, COX-2)、TNF- α 和 IL-1 β 的表达,抑制核因子- κ B(nuclear factor kappa-B, NF- κ B)和 MAPK 通路的活化;下调磷脂酰肌醇 3-激酶(phosphoinositide 3-kinase, PI3K)、蛋白激酶 B(protein kinase B, Akt)、雷帕霉素机械靶蛋白(mechanistic target of rapamycin, mTOR)信号通路调控细胞自噬,通过 Toll 样受体 4 信号通路发挥抗炎作用^[96]。杜仲皮多糖对巨噬细胞的增殖具有促进作用,提高成骨和软骨形成相关基因骨形态发生蛋白 6(bone morphogenetic protein, BMP-6),精氨酸酶-1(arginase-1, Arg-1)和 TGF- β 的表达,抑制炎症基因的表达发挥抗炎作用^[97]。杜仲叶黄酮可以通过激活 PI3K/Akt 信号通路,改善 LPS 对肠细胞的损伤作用,恢复细胞线粒体功能和细胞活力,提高超氧化物歧化酶(superoxide dismutase, SOD)活性,抑制 B 淋巴细胞瘤-2 基因(b-cell lymphoma-2, Bcl-2)相关 X 蛋白基因(bcl-2 associated x protein, Bax)和半胱氨酸天冬氨酸蛋白酶-3(cysteiny l aspartate specific proteinase-3, Caspase-3)凋亡蛋白活性发挥肠保护作用^[98]。京尼平苷酸、桃叶珊瑚苷可以下调炎症因子的表达发挥抗炎作用^[99]。

2.3 神经保护

杜仲在治疗帕金森病、癫痫、阿尔茨海默病、青光眼引起的神经病变性疾病中具有显著作用,共检索到神经保护作用方面相关文献 32 篇,杜仲皮提取物、杜仲皮木脂素类成分、京尼平苷、桃叶珊瑚苷等均可以发挥神经保护作用。杜仲皮水提物能

改善淀粉样蛋白 β 25-35 诱导小鼠形成的记忆障碍,剂量相关性地抑制乙酰胆碱酯酶的活性改善小鼠记忆损伤^[100];通过 c-Jun 氨基末端激酶家族(c-Jun N-terminal kinase, JNK)、PI3K/Akt、糖原合酶激酶-3 β (glycogen synthase kinase-3 beta, GSK-3 β)和 NF- κ B 信号通路保护神经元细胞^[58];减少 6-羟基多巴胺合溴化氢诱导的人神经母细胞瘤细胞 SH-SY5Y 死亡。杜仲皮木脂素成分能显著降低慢性青光眼大鼠的眼压,提高视网膜 SOD 的水平,抑制神经细胞中凋亡基因 Caspase-3 的表达,其机制与减轻氧化应激和抑制 Caspase-3 介导的细胞凋亡有关^[101];提高视网膜神经节细胞神经元特异性 III 类 β -微管蛋白或神经元特异性核蛋白的蛋白表达,通过腺苷酸活化蛋白激酶(adenosine 5'-monophosphate-activated protein kinase, AMPK)、Nrf2 下游血红素加氧酶-1(heme oxygenase-1, HO-1)抗氧化防御途径使视网膜神经节细胞免受损伤。白桦酯醇、汉黄芩素、千层纸素、京尼平苷酸和桃叶珊瑚苷可以通过泛素-蛋白酶体途径对帕金森疾病起到保护作用^[102]。桃叶珊瑚苷、京尼平苷也可以减少多巴胺能神经元的损失,提高帕金森病小鼠纹状体中多巴胺和酪氨酸羟化酶水平发挥神经保护作用^[103-104]。桃叶珊瑚苷通过抑制星形胶质细胞和小胶质细胞的活化,降低体内炎症水平,同时上调 γ -氨基丁酸 A 型受体 α 1 亚单位(γ -aminobutyric acid type a receptor subunit alpha 1, GABAAR α 1)和谷氨酸转运体-1(glutamate transporter-1, GLT-1)蛋白的表达,提高海马组织中抑制性神经递质 γ -氨基丁酸(γ -aminobutyric acid, GABA)含量,加强谷氨酸的消除,从而减轻神经炎症反应和调节神经递质治疗癫痫^[105];亦可诱导自噬和抑制坏死凋亡来减少凋亡神经元的数量,增加存活神经元的数量^[106]。

2.4 降血压

杜仲降血压活性共检索文献 24 篇,杜仲皮水/醇提物、杜仲叶醇提物、杜仲雄花水提物、杜仲皮木脂素类化合物、黄酮类成分均具有降血压的作用。杜仲叶水提物能够降低自发性高血压大鼠(spontaneously hypertensive rats, SHR)血压,增加大鼠血浆中一氧化氮的水平,恢复主动脉内皮依赖性改善血管功能^[107]。杜仲雄花水提物可显著降低 SHR 血浆中血管紧张素 II(angiotensin II, AngII)水平,升高 Ang-(1-7)以及促进肾脏中血管紧张素转化酶 2(angiotensin-converting enzyme 2,

ACE2) 的表达, 通过 ACE2-Ang-(1-7)Mas 信号通路发挥降压药效^[108]。iv 杜仲皮、杜仲叶水提醇沉液可以使兔子收缩压和舒张压显著降低, 减慢心率。杜仲皮水提物能够富集拟杆菌属菌株改善肠道微生物群, 以及降低血清中炎症细胞因子 IL-6 和 IL-17A 和肾组织 IL-17A 的表达, 保护高血压靶器官^[109]。杜仲皮木脂素类成分可抑制高血压大鼠心肌组织中醛糖还原酶的活性^[110], 降低 SHR 高表达的 III 型胶原, 从而抑制 AngII 诱导炎症反应和氧化应激发挥高血压肾病的保护作用^[111]。杜仲皮水提物、糖苷类成分可以引起内皮依赖性血管舒张, 其作用机制可能与增加一氧化氮活性和内皮源性超极化因子、内皮素的释放, 减少内皮损伤有关^[112-113]。槲皮素降压机制与调节大鼠肾素血管紧张素-醛固酮系统和血管平滑肌收缩力, 降低细胞内游离钙离子浓度, 促进一氧化氮的合成有关^[114-115]。

2.5 降血糖

杜仲降血糖活性共检索文献 25 篇, 杜仲叶醇提物、杜仲皮多糖、杜仲叶黄酮类成分具有显著的降血糖作用, 杜仲皮提取物侧重于保护糖尿病引起的肾脏损伤。杜仲叶醇提物能显著降低糖尿病小鼠的空腹血糖^[116], 提高肝脏组织中葡萄糖激酶的活性^[117]及糖酵解关键酶肝脏磷酸果糖激酶的表达, 降低糖异生相关酶葡萄糖-6-磷酸酶的 mRNA 含量^[118]; 抑制 α -葡萄糖苷酶^[119]、蔗糖酶和麦芽糖酶活性, 降低 Caco-2 细胞的葡萄糖转运发挥降血糖作用^[120]。四氧嘧啶诱导的糖尿病小鼠连续 ig 10 d 杜仲皮多糖, 可显著降低小鼠血糖、增加体质量、胸腺指数和脾脏指数, 提高机体 SOD、NOS 水平, 降低丙二醛、一氧化氮的释放^[121], 避免过度氧化应激对胰腺组织的损伤^[122]。杜仲叶黄酮类成分能够抑制高血糖小鼠胰腺组织中凋亡因子 Bcl-2 的表达^[123], 增加体内空腹胰岛素水平, 降低氧化应激反应, 对胰岛细胞具有保护作用^[124]; 也可以通过调节 Nrf2/HO-1 信号通路降低糖尿病对肾脏组织的过度氧化损伤^[125]。尽管杜仲皮提取物的降血糖作用不显著, 但是却能够抑制 TGF- β /Smad 信号传导和 TGF- β /结缔组织生长因子的表达, 改善糖尿病引起的大鼠肾纤维化^[126]; 同时通过激活 Nrf2-Glo-1 通路和增加晚期糖基化终产物受体的表达来调节晚期糖基化终产物 (advanced glycation end products, AGEs), 减轻氧

化应激, 减轻 AGEs 引起的肾脏损伤^[127]。

2.6 调血脂

杜仲调血脂活性相关文献共 23 篇, 其中杜仲叶作用最为显著。杜仲叶醇提物能显著降低高血脂症模型大鼠血浆三酰甘油 (triglyceride, TG)、总胆固醇 (total cholesterol, TCHO)、低密度脂蛋白胆固醇 (low density lipoprotein, LDL) 的水平^[128], 降低血清丙二醛含量, 升高 SOD 水平, 提高大鼠体内的自由基清除能力^[129]; 降低仓鼠睾丸脂肪细胞的大小, 抑制肝脏脂肪酸合成酶和 3-羟基-3-甲基戊二酸单酰辅酶 A 还原酶 (3-hydroxy-3-methyl glutaryl coenzyme A reductase, HMG-CoA) 活性, 从而使体内胆固醇的合成减少^[130]; 长期服用杜仲叶可以增强体内器官代谢, 减少 ATP 产生, 通过调节脂肪细胞因子的分泌来减少大鼠体质量和内脏脂肪的增加^[131]。杜仲叶多糖^[132], 杜仲叶总黄酮^[133]以及杜仲雄花提取物^[134]都可以不同程度的改善高脂血症的发生。绿原酸对胆固醇生成的抑制活性强于车叶草苷和京尼平苷酸^[135]; 可以有效改善血脂和肝脏脂质的积累, 提高血清和肝脏抗氧化水平^[136]。

2.7 免疫调节

杜仲可以通过调节免疫细胞因子维持免疫系统稳态, 共检索到相关文献 23 篇, 主要是总多糖发挥免疫调节作用。杜仲叶多糖能够抑制环磷酸腺苷免疫效力低下小鼠体质量的下降, 升高小鼠胸腺指数, 增加腹腔巨噬细胞吞噬率、吞噬指数^[137]; 也可以促进树突状细胞成熟, 增加组织相容性复合体 I/II (major histocompatibility complex, MHC I/II)、抗原分化簇 80 (cluster of differentiation, CD 80)、CD 40 和 CD86 的表达, 显著促进 T、B 淋巴细胞增殖, 促进 T 淋巴细胞产生 IL-4 和干扰素参与免疫反应^[70]。杜仲雄花水提液能促进淋巴细胞增殖, 增强辅助性 T 淋巴细胞 1 分泌干扰素, 增强细胞免疫功能, 从而提高自然杀伤细胞对肿瘤细胞的杀伤活力^[138]。

2.8 抗菌、抗病毒

杜仲发挥抗菌、抗病毒活性相关文献共 23 篇。杜仲皮醇提物能够对丝状真菌、鲍曼不动杆菌、铜绿假单胞菌、金黄色葡萄球菌具有显著抑制作用^[139]。杜仲叶水提物可以促进保加利亚乳杆菌的生长, 对大肠杆菌、沙门氏菌和金黄色葡萄球菌有不同程度的抑菌作用^[140]。杜仲雄花醋酸乙酯提取物对金黄色葡萄球菌、炭疽杆菌、枯草芽孢杆菌、大肠杆菌和黑曲霉均具有较好的抑制作用^[141]。

杜仲皮总黄酮可以抑制乙型肝炎病毒(hepatitis B virus, HBV)脱氧核糖核酸的复制和乙型肝炎 e 抗原、乙型肝炎表面抗原的分泌发挥抗乙型肝炎病毒的作用^[142]。杜仲皮醋酸乙酯部位具有抗人类免疫缺陷病毒(human immunodeficiency virus, HIV)作用^[143],绿原酸、咖啡酸、表儿茶素、儿茶素可有效保护 HIV 病毒感染的细胞不产生病变^[144]。松脂醇单葡萄糖苷能够抑制 A/PR/8/34 (H1N1) 株和 A/Guangzhou/GIRD 07/09 (H1N1) 株增殖,通过调节 NF- κ B、p38-MAPK 和 Akt 信号通路发挥抗病毒作用^[145]。

2.9 抗疲劳

杜仲发挥抗疲劳活性共检索文献 18 篇,杜仲叶提取物^[138,146]、杜仲叶黄酮^[147]、杜仲叶多糖^[148]均可以明显地延长小鼠负重游泳时间,降低血清中乳酸和血尿素氮的含量,升高肝糖原含量,增强乳酸脱氢酶活性,降低体内丙二醛含量,提高 SOD 活性。杜仲抗运动性疲劳的作用机制与其提高糖的有氧代谢能力、提高组织耐受力、抗氧化能力等有关^[149]。

2.10 抗氧化

杜仲发挥抗氧化活性共检索文献 16 篇。杜仲叶水提取物能够提高血浆和肺组织 SOD、谷胱甘肽过氧化物酶(glutathione peroxidase, GSH-Px)水平,抑制肺组织及红细胞中丙二醛增多^[150]。杜仲叶醇提取物能提高脑组织抗氧化能力,降低小鼠脑中丙二醛、一氧化氮、8-羟基脱氧鸟苷和醌氧化还原酶 1 的水平,提高 GSH-Px、T-SOD 和胆碱乙酰转移酶的活性^[151]。杜仲皮的石油醚、氯仿、醋酸乙酯、正丁醇萃取物对羟基自由基及 1,1-二苯基-2-苦苯肼自由基(1,1-diphenyl-2-picrylhydrazine radical, DPPH)均有一定的清除能力,其中醋酸乙酯萃取相和正丁醇萃取相效果更佳^[152]。绿原酸、芦丁、异槲皮苷和紫云英苷可能是杜仲叶中主要抗氧化活性成分^[153]。

2.11 其他作用

除上述作用外,杜仲在抗肿瘤、镇静催眠、抗衰老方面也具有治疗作用。杜仲叶黄酮能显著降低肝癌荷瘤小鼠移植瘤质量,升高小鼠的脾脏指数及血清 IL-2、总抗氧化能力水平,降低 TNF- α 、丙二醛水平^[154]。杜仲皮总多糖能够抑制 S-180 肉瘤的生长,抑制环磷酰胺引起的外周血白细胞和骨髓有核细胞减少^[155],抑制人非小细胞肺癌 A549 细胞和结肠癌 SNU-C4 细胞的增殖^[156]。

杜仲雄花水提取物^[157]、杜仲雄花的醋酸乙酯、正丁醇、水溶性生物碱、脂溶性生物碱部位^[158-162]可以显著提高小鼠睡眠率,减少小鼠的自主活动次数,缩短睡眠潜伏期,延长睡眠时间。紫云英苷、杜仲醇均能发挥镇静、催眠、抗惊厥的作用^[163-164]。

杜仲皮水提取物能够改善 D-半乳糖所致衰老小鼠生精小管直径变细、间质细胞增多,活跃生精细胞^[165]。杜仲皮乙醇提取物能够维持紫外线照射诱导的光老化细胞 HaCaT 的正常形态,提高活力,保护其免受损伤^[166];也对紫外线照射所致真皮成纤维细胞的增殖损伤具有抑制作用,通过抑制真皮成纤维细胞 MMP-1、MMP-3 mRNA 表达,提高真皮成纤维细胞 I 型和 III 型前胶原蛋白含量^[167]。绿原酸、京尼平苷酸、桃叶珊瑚苷、槲皮素可以显著促进 DNA 合成、抑制细胞凋亡,通过多个途径参与抗衰老过程,其中京尼平苷酸的抗衰老能力最强,桃叶珊瑚苷次之^[168]。

杜仲主要化学成分药理作用机制见表 6。

3 临床研究

对 CNKI 数据库检索到的 2000 年至今关于杜仲临床研究方面文献进行统计分析,临床应用中主要以杜仲皮为主、其次为杜仲叶,用于治疗骨科疾病,如骨质疏松、骨关节病、腰椎间盘突出症等,也可治疗高血压、神经系统疾病,安胎、多囊卵巢综合征等妇科疾病,其临床应用与补肝肾,强筋骨功效息息相关,杜仲主要临床功效见图 8。

3.1 骨科疾病

中医学统称骨及关节疾病为“痹证”,病位在骨和关节,与肝、脾、肾有关,杜仲作为补益肝肾类中药,能够防治骨折^[169]、骨质疏松^[170]、治疗膝关节炎^[171]、腰肌劳损疼痛^[172]、腰椎间盘突出症^[173-174]等疾病。全杜仲胶囊以杜仲单味药制成,既能补充钙、磷促骨细胞增殖,又能促骨胶原蛋白的合成,临床上治疗骨科疾病的腰酸背疼、腿脚无力、关节疼痛^[175]。青娥丸由杜仲、补骨脂、核桃仁、大蒜 4 味组成,以杜仲作为君药,温补肝肾,强筋壮骨。能够调节骨代谢水平,促进成骨细胞的增殖并发挥雌激素作用;也可改善患者临床症状,提高患者生活质量^[176]。

此外,临床上常用的中成药还有右归丸^[129]、复方杜仲健骨颗粒、杜仲腰痛丸、独活寄生汤以及丹鹿通督片等,以杜仲发挥补益肝肾作用为主,配伍的中药与杜仲相须相使,协同增效,如桑寄生、牛膝、续断、淫羊藿等。

表 6 杜仲主要化学成分药理作用机制归纳

Table 6 Summary of action mechanism of main constituents from *E. ulmoides*

化合物名称	药理作用	细胞系/动物模型	作用机制
松脂醇二葡萄糖苷	抗骨质疏松	乳鼠颅骨成骨细胞	BMP-2↑、RUNX-2↑、OSX↑
松脂醇单葡萄糖苷	抗甲型流感病毒	A/PR/8/34、A/Guangzhou/GIRD 07/09 (H1N1) 株	TNF-α↓、IL-6↓、IL-8↓、COX-2↓、PGE2↓、p65↓、p38↓、Akt↓、JNK↓、ERK↓
桃叶珊瑚苷	抗骨质疏松	地塞米松诱导骨质疏松小鼠模型	BMD↑、Tb.Th↑、Tb.N↑、胶原蛋白 I↑、OCN↑、OPN↑、Akt↑、Smads↑
		地塞米松诱导骨质疏松小鼠模型	Trap5b↓、IL-1↓、IL-6↓、ROS↓、SOD↑、CAT↑、Nrf2↑、CAT↑、HO-2↑、SOD-1↑、SOD-2↑
		MG63 细胞	胶原蛋白 I↑、OCN↑、OPN↑、SOD↑、HO-1↑、CAT↑
	神经保护	毛果芸香碱诱导的癫痫小鼠模型	多巴胺能神经元的损失↓；抑制星形胶质细胞和小胶质细胞的活化；IL-1β↓、HMGB1↓、TNF-α↓、GABA↑、GABARα1↑、GLT-1↑、谷氨酸↓
		毛果芸香碱诱导的癫痫大鼠模型	MLKL↓、RIP-3↓、Beclin-1↑、LC1BII↑、LC3BI↑
	抗衰老	人脐静脉内皮细胞	SOD↑、GSH↑、MDA↓、RSO↓、LDH↓、NF-κB↓、ICM-2↓、VCM-2↓、DNA 合成↑、细胞凋亡↓
京尼平苷	抗骨质疏松	MC3T3-E1 和 ATDC5 细胞	cyclinD1↑、Runx2↑、Osx↑、β-catenin↑、ALP↑、miR-214↓
	神经保护	MPTP 诱导的帕金森小鼠	减少多巴胺能神经元的损失；纹状体中多巴胺↑、酪氨酸羟化酶↑
	抗衰老	光老化 HaCaT 细胞	SOD↑、GSH-Px↑、MDA↓、p38↓、TNF-α↓、IL-6↓
京尼平苷酸	抗炎	BV2 小胶质细胞	NO↓、IL-6↓、IL-1β↓、TNF-α↓
	神经保护	MPTP 诱导的帕金森小鼠模型	纹状体多巴胺↑、DOPAC↑、HVA↑
	抗衰老	人脐静脉内皮细胞模型	SOD↑、GSH↑、MDA↓、RSO↓、LDH↓、NF-κB↓、ICM-2↓、VCM-2↓、DNA 合成↑、细胞凋亡↓
槲皮素	抗骨质疏松	去卵巢骨质疏松大鼠模型	U-Ca↓、U-P↓；BMD↑、Tb.N↑、Tb.Th↑、BV/TV↑
	抗衰老	人脐静脉内皮细胞	SOD↑、GSH↑、MDA↓、RSO↓、LDH↓、NF-κB↓、ICM-2↓、VCM-2↓、DNA 合成↑、细胞凋亡↓
紫云英苷	抗氧化	—	清除 DPPH 自由基
异槲皮苷	抗氧化	—	清除 DPPH 自由基
山柰酚	抗骨质疏松	去卵巢骨质疏松大鼠模型	U-Ca↓、U-P↓；大鼠股骨组织 BMD↑、Tb.N↑、Tb.Th↑、BV/TV↑
芦丁	抗骨质疏松	去卵巢骨质疏松大鼠模型	U-Ca↓、U-P↓；大鼠股骨组织 BMD↑、Tb.N↑、Tb.Th↑、BV/TV↑
	抗氧化	—	清除 DPPH 自由基
绿原酸	抗氧化	—	清除 DPPH 自由基
	调血脂	高脂模型小鼠	TC↓、TG↓、LDL-C↓、MDA↓
	抗衰老	人脐静脉内皮细胞	SOD↑、GSH↑、MDA↓、RSO↓、LDH↓、NF-κB↓、ICM-2↓、VCM-2↓、DNA 合成↑、细胞凋亡↓

“↑”表示上调，“↓”表示下调

“↑” indicates increase, “↓” indicates decrease

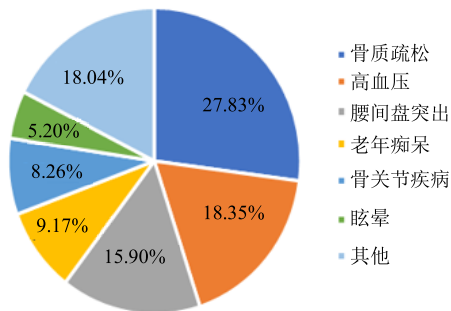


图 8 杜仲临床功效

Fig. 8 Clinical efficacy of *E. ulmoides*

3.2 心脑血管疾病

高血压病在中医上属于“眩晕”“头痛”的范畴，病变脏腑主要涉及肝、脾、肾。临床常用杜仲联合西药用来治疗高血压，包括新发轻度高血压^[177]、肾性高血压病^[178]、妊娠期高血压病^[179]等，除了全杜仲胶囊之外，杜仲颗粒由杜仲皮和杜仲叶制成，可以改善高血压肾病患者的血管内皮功能，从而更好地缓解病变血管的收缩和保护肾脏功能^[178]。全小林教授以怀牛膝、炒杜仲、桑寄生组方治疗“肾虚态”高血压病，在临床上取得良好的降压疗效^[180]，且可

以改善失眠、头痛、心烦等症状^[181]。杜仲降压片由杜仲、益母草、夏枯草、黄芩、钩藤五味药组成，其降压机制与调节一氧化氮和内皮素的平衡，增强机体抗氧化能力，促进氧自由基清除等有关。

3.3 神经系统疾病

中医临床治疗神经系统疾病以滋补肝肾，清心泻肝，祛痰开窍，活血化瘀为主。天智颗粒主要由天麻、杜仲、钩藤、桑寄生、石决明、益母草、夜交藤、槐花和栀子等组成，可缓解帕金森患者精神行为症状或肝阳上亢证，同时改善患者认知功能和精神状态，联合多奈哌齐对认知有协同作用^[182]。

3.4 安胎

杜仲可以通过改善血管内皮细胞的功能、提高母胎免疫能力、补充微量元素、增强肾上腺皮质功能以及抗氧化发挥安胎的作用^[183]。临床上常与黄芪、山药、白术等健脾和胃药联用，使脾气壮、肾精充，冲任得固，胎元得养。

4 开发利用

随着现代科学技术快速发展，对杜仲的认识不断加深，其药用和食用价值也逐渐明确，开发应用已从药用扩展到保健食品、中兽药、饲料添加剂及日化用品等多种产品形态。

截止到2022年12月，经药智网数据查询，我国正式获批的以杜仲为原料保健品共有218种，保健功能涉及增强免疫力、增加骨密度、缓解疲劳、降血压、调血脂、辅助保护化学性肝损伤、减肥、祛黄褐斑、改善睡眠、通便及调节肠道菌群等多个方面^[184]。以杜仲为主要原料的日化产品共有27种，包括杜仲舒缓平衡水、杜仲精油、杜仲舒缓眼膜等。2012年，杜仲皮和杜仲叶被收入《饲料原料目录》，用于加工制作饲料，可增强畜禽的免疫功能和抗病能力，提高畜^[185]、禽^[186]及鱼类^[187]等产品的产量和品质。

20世纪80年代^[188]，杜仲叶茶出现在日本消费市场，是杜仲功能性食品开发中最早的一款产品，且安全无毒。因其富有木脂素类、环烯醚萜类、苯丙素类、氨基酸等丰富的营养成分和功能活性成分，在降压、减肥、抗衰老和美容、增强免疫等方面作用显著，备受消费者欢迎。此外杜仲叶还搭配其他中药制成复合茶饮，比如杜仲绞股蓝复合袋泡茶、杜仲三七茶等。以杜仲叶为原料还开发了杜仲酒、杜仲醋、杜仲糖果、饼干、挂面等食品。

雄花中黄酮成分较高，且含有丰富的氨基酸和

蛋白质，开发产品有杜仲雄花茶^[189]，杜仲雄花代餐粉、杜仲雄花压片糖果、杜仲雄花发酵酒、杜仲雄花酱油、杜仲雄花醋等，具有镇静、改善睡眠、减肥、调节雌激素、美容养颜的作用。

杜仲种子中富含不饱和脂肪酸，其中 α -亚麻酸含量达50%以上，为橄榄油、核桃油、茶油的8~60倍，其对于维持大脑和神经机能，提高智力、抗血栓，保肝都有重要意义，在开发调血脂、降血压和预防心脑血管疾病药物方面有着广阔的发展前景^[190]。

5 结语

杜仲作为历史悠久的传统中药，具有丰富的临床应用基础，皮、叶、雄花和种子均有很高的药用和食用价值。随着现代分析技术的不断发展和药理作用研究的不断深入，使人们对杜仲的化学成分、药理作用、临床应用及开发都有了更深层次的理解。杜仲皮和叶在化学成分种类和含量存在着较大差异，杜仲皮以木脂素类成分为主，在抗骨质疏松、神经保护方面作用显著，而叶中黄酮类、酚酸类成分含量较高，使其具有较好的抗氧化、抗菌、抗病毒、免疫调节和心脑血管保护作用，因此二者相互替代时需慎重考虑。雄花中富含黄酮类和环烯醚萜类成分，种子中多为不饱和脂肪酸，多用于保健食品的开发。杜仲皮、叶、雄花和种子物质基础各具特点，根据其“个性”有针对性地开发适合不同人群的产品，将能最大限度地提高杜仲的价值。

利益冲突 所有作者均声明不存在利益冲突

参考文献

- [1] 中国药典 [S]. 一部. 2020: 172.
- [2] 李博闻, 王法云, 张立攀. 社会网络视角下分析杜仲保健食品开发现状及发展趋势 [J]. 食品工业, 2022, 43(7): 271-275.
- [3] Wang C Y, Tang L, He J W, et al. Ethnobotany, phytochemistry and pharmacological properties of *Eucommia ulmoides*: A review [J]. *Am J Chin Med*, 2019, 47(2): 259-300.
- [4] 高宏伟, 李玉萍, 李守超. 杜仲的化学成分及药理作用研究进展 [J]. 中医药信息, 2021, 38(6): 73-81.
- [5] 刘聪, 郭非非, 肖军平, 等. 杜仲不同部位化学成分及药理作用研究进展 [J]. 中国中药杂志, 2020, 45(3): 497-512.
- [6] Deyama T, Ikawa T, Kitagawa S, et al. The constituents of

- Eucommia ulmoides* Oliv. V. Isolation of dihydroxydehydrodiconiferyl alcohol isomers and phenolic compounds [J]. *Chem Pharm Bull*, 1987, 35(5): 1785-1789.
- [7] 潘梦华, 苏亚菲, 李桑, 等. 蒸汽爆破技术对杜仲木脂素类成分的影响 [J]. 河南大学学报: 医学版, 2021, 40(6): 400-405
- [8] 左月明, 高凌云, 张忠立. 杜仲叶环氧木脂素类化学成分研究 [J]. 中药材, 2022, 45(9): 2125-2129.
- [9] Liu X, Zhang J, Li Y, *et al.* In-depth profiling, nontargeted metabolomic and selective ion monitoring of eight chemical markers for simultaneous identification of different part of *Eucommia ulmoides* in 12 commercial products by UPLC/QDa [J]. *Food Chem*, 2022, 393: 133346.
- [10] Deyama T, Ikawa T, Nishibe S. The constituents of *Eucommia ulmoides* Oliv. II. Isolation and structures of three new lignan glycosides [J]. *Chem Pharm Bull*, 1985, 33(9): 3651-3657.
- [11] 黄文平, 郭文静, 吴永忠, 等. 杜仲不同药用部位及制剂中 4 种木脂素成分含量差异比较 [J]. 北京中医药, 2020, 39(5): 504-507.
- [12] 左月明, 张忠立, 李于益, 等. 杜仲叶木脂素类化学成分研究 [J]. 时珍国医国药, 2014, 25(6): 1317-1319.
- [13] 吴贵辉, 陈艳, 郑黎花, 等. 黔产杜仲化学成分研究 [J]. 中药材, 2015, 38(5): 980-984.
- [14] 朱红薇. 杜仲和新疆紫草的抗补体活性成分 [D]. 上海: 复旦大学, 2008.
- [15] 郭琴, 高焕, 李小锋, 等. HPLC-MS/MS 法同时测定杜仲饮片及其单方制剂中 11 种成分的含量 [J]. 中国药师, 2022, 25(2): 369-372.
- [16] Shi S Y, Peng M J, Zhang Y P, *et al.* Combination of preparative HPLC and HSCCC methods to separate phosphodiesterase inhibitors from *Eucommia ulmoides* bark guided by ultrafiltration-based ligand screening [J]. *Anal Bioanal Chem*, 2013, 405(12): 4213-4223.
- [17] 雒晓梅, 宿美凤, 常晓燕, 等. 基于 LC-MS 联用的杜仲主要化学成分定性及定量分析 [J]. 中国现代中药, 2019, 21(8): 1029-1040.
- [18] 李锟, 郝志友, 张翠利, 等. 杜仲化学成分研究 [J]. 中药材, 2016, 39(9): 2016-2018.
- [19] 左月明, 蔡妙婷, 张忠立, 等. 杜仲叶化学成分研究 [J]. 中药材, 2014, 37(10): 1786-1788.
- [20] Huang Q, Tan J B, Zeng X C, *et al.* Lignans and phenolic constituents from *Eucommia ulmoides* oliver [J]. *Nat Prod Res*, 2021, 35(20): 3376-3383.
- [21] 张忠立, 左月明, 李于益, 等. 杜仲叶化学成分 II [J]. 中国实验方剂学杂志, 2014, 20(20): 118-120.
- [22] 左月明, 张忠立, 王彦彦, 等. 杜仲叶环烯醚萜类化学成分研究 [J]. 中药材, 2014, 37(2): 252-254.
- [23] Li R, Huang T, Nie L L, *et al.* Chemical constituents from staminate flowers of *Eucommia ulmoides* Oliver and their anti-inflammation activity *in vitro* [J]. *Chem Biodivers*, 2021, 18(8): e2100331.
- [24] 宁娜. 杜仲绿叶中的环烯醚萜类化合物 [J]. 国外医药: 植物药分册, 2008(5): 222.
- [25] 王双燕, 丁林芬, 吴兴德, 等. 杜仲化学成分研究 [J]. 中药材, 2014, 37(5): 807-811.
- [26] 刘宇瑶, 廖富娟, 李雨珊, 等. 基于颜色和化学成分研究不同干燥方法对杜仲雄花品质影响 [J]. 中国中药杂志, 2023, 48(7): 1876-1884.
- [27] 张留记, 李宁, 屠万倩, 等. HPLC 法同时测定杜仲叶中 8 种成分的含量 [J]. 中国药房, 2019, 30(24): 3383-3387.
- [28] 徐婧. 杜仲籽粕中桃叶珊瑚苷的分离纯化及化学成分的研究 [D]. 开封: 河南大学, 2014.
- [29] 徐文泱, 唐小兰, 宋阳, 等. 基于响应面法优化杜仲雄花茶中活性成分及加工工艺 [J]. 食品安全质量检测学报, 2021, 12(7): 2561-2568.
- [30] 严颖, 赵慧, 邹立思, 等. 杜仲雄花化学成分的液相色谱-电喷雾三重四极杆飞行时间质谱分析 [J]. 食品科学, 2018, 39(6): 215-221.
- [31] Takamura C, Hirata T, Yamaguchi Y, *et al.* Studies on the chemical constituents of green leaves of *Eucommia ulmoides* Oliv [J]. *J Nat Med*, 2007, 61(2): 220-221.
- [32] Bianco A, Bonini C C, Iavarone C, *et al.* Structure elucidation of eucommioside (2''-O-β-D-glucopyranosyl eucommiol) from *Eucommia ulmoides* [J]. *Phytochemistry*, 1982, 21(1): 201-203.
- [33] Bianco A, Iavarone C, Trogolo C. Structure of eucommiol, a new cyclopentenoid-tetrol from *Eucommia ulmoides* [J]. *Tetrahedron*, 1974, 30(23/24): 4117-4121.
- [34] 傅兴圣, 韩乐, 刘训红, 等. 高效毛细管电泳测定杜仲中桃叶珊瑚苷等 5 种指标成分的含量 [J]. 中国药理学杂志, 2012, 47(9): 4117-4121.
- [35] Ding Y X, Li Q, Zhang H, *et al.* Iridoid constituents from the male flower of *Eucommia ulmoides* and their promotion proliferation on ESF-1 [J]. *J Asian Nat Prod Res*, 2015,

- 17(9): 867-875.
- [36] Yao L N, Su Y F, Yin Z Y, *et al.* A new phenolic glucoside and flavonoids from the bark of *Eucommia ulmoides* Oliv [J]. *Holzforschung*, 2010, 64(5): 5924.
- [37] Ma L L, Meng N, Liu B Y, *et al.* Quantitative analysis and stability study on iridoid glycosides from seed meal of *Eucommia ulmoides* Oliver [J]. *Molecules*, 2022, 27(18): 5924.
- [38] Xi Z, Khan S, Zhang J C, *et al.* Two new antioxidative geniposides (ulmoside C, ulmoside D) and 10-O-acetylgeniposidic acid from *Eucommia ulmoides* [J]. *Pharm Chem J*, 2018, 52(4): 334-338.
- [39] 赵娜. 杜仲籽的化学成分及其生物活性研究 [D]. 杨凌: 西北农林科技大学, 2020.
- [40] 江咪. 杜仲种子中主要化学成分的研究 [D]. 西安: 西北大学, 2017.
- [41] 钟淑娟, 杨欣, 李静, 等. 杜仲不同部位总黄酮含量及抗氧化活性研究 [J]. *中国药房*, 2017, 28(13): 1787-1790.
- [42] 闫建昆, 张翔宇, 石旭柳, 等. 杜仲叶中黄酮类化学成分研究 [J]. *中国现代中药*, 2021, 23(4): 599-604.
- [43] 张威鹏, 朱雯, 张良, 等. HPLC 法同时测定不同采收年限及部位杜仲中 5 种黄酮类成分 [J]. *黑龙江医药*, 2020, 33(6): 1267-1270.
- [44] 刘锟, 王健英, 魏莉, 等. HPLC 法测定杜仲皮、叶、雄花中 8 种成分 [J]. *中成药*, 2021, 43(3): 686-691.
- [45] 唐芳瑞, 张忠立, 左月明, 等. 杜仲叶黄酮类化学成分 [J]. *中国实验方剂学杂志*, 2014, 20(5): 90-92.
- [46] 丁艳霞, 郭洋静, 任莹璐, 等. 杜仲雄花中黄酮类化学成分及其抗氧化活性研究 [J]. *中草药*, 2014, 45(3): 323-327.
- [47] 黄卫星, 姚铁, 丁丽琴, 等. 杜仲皮化学成分研究 [J]. *中草药*, 2019, 50(14): 3279-3283.
- [48] 董芬, 范田运, 张建新, 等. 杜仲叶的化学成分研究 [J]. *天然产物研究与开发*, 2014, 26(5): 679-682.
- [49] Si C L, Liu S C, Xu G H, *et al.* Chemical constituents of the root barks of *Eucommia ulmoides* [J]. *Chem Nat Compd*, 2013, 49(5): 974-976.
- [50] 彭应枝, 邓梦茹, 周芳, 等. 张家界杜仲叶的化学成分研究 [J]. *中南药学*, 2013, 11(3): 179-181.
- [51] 杨芳, 岳正刚, 王欣, 等. 杜仲叶化学成分的研究 [J]. *中国中药杂志*, 2014, 39(8): 1445-1449.
- [52] 中国药典 [S]. 一部. 2020: 173.
- [53] 张子东, 付冬梅, 张威鹏, 等. HPLC 法同时测定不同生长年限不同部位杜仲中 5 种苯丙素类成分 [J]. *食品科学*, 2019, 40(8): 186-191.
- [54] 成军, 白焱晶, 赵玉英, 等. 杜仲叶苯丙素类成分的研究 [J]. *中国中药杂志*, 2002, 27(1): 7-10.
- [55] 张忠立, 左月明, 李于益, 等. 杜仲叶苯丙素类化学成分研究 [J]. *中药材*, 2014, 37(3): 421-423.
- [56] 司传领, 邓小娟, 王丹, 等. 杜仲内树皮化学组成及抽提成分的研究 (英文) [J]. *林产化学与工业*, 2008, 28(5): 7-10.
- [57] 林淼, 楚清脆, 田秀慧, 等. 杜仲及其保健品中生物活性成分的毛细管电泳/电化学检测 [J]. *分析测试学报*, 2007, 26(3): 389-392.
- [58] 王征, Clifford Michael N. LC-MSⁿ 比较分析三种传统中草药中绿原酸及其衍生物组分(英文) [J]. *药学学报*, 2008, 43(2): 185-190.
- [59] 李东, 王翰龙, 陈家明, 等. 杜仲的化学成分[J]. *植物学报*, 1986, 5: 528-532.
- [60] 陈彩娟, 沈舒, 肖同书, 等. 杜仲化学成分研究 [J]. *亚太传统医药*, 2012, 8(3): 25-26.
- [61] Nakamura T, Nakazawa Y, Onizuka S, *et al.* Antimutagenicity of Tochu tea (an aqueous extract of *Eucommia ulmoides* leaves): [J]. *Mutat Res-Gen Tox En*, 1997, 388(1): 7-20.
- [62] 董芬, 邓娇, 罗翠婷, 等. 杜仲叶中一个新天然产物及其活性研究 [J]. *中药药理与临床*, 2020, 36(6): 104-109.
- [63] 周云雷. 杜仲的化学成分及其动态变化研究 [D]. 吉首: 吉首大学, 2015.
- [64] 丁艳霞, 王腾宇, 张耀文, 等. 杜仲雄花中三萜类化学成分研究 [J]. *中国中药杂志*, 2014, 39(21): 4225-4229.
- [65] Li C J, Li L, Wang C, *et al.* A new ursane-type nor-triterpenoid from the leaves of *Eucommia ulmoides* Oliv [J]. *Molecules*, 2012, 17(12): 13960-13968.
- [66] 石旭柳, 闫建昆, 丁丽琴, 等. 杜仲叶中倍半萜及降碳倍半萜的分离与鉴定 [J]. *中国药物化学杂志*, 2021, 31(1): 8-16.
- [67] 闫建昆. 杜仲叶化学成分及其生物活性研究 [D]. 沈阳: 沈阳药科大学, 2016.
- [68] Yan J K, Shi X L, Donkor P O, *et al.* Nine pairs of megastigmane enantiomers from the leaves of *Eucommia ulmoides* Oliver [J]. *J Nat Med*, 2017, 71(4): 780-790.
- [69] Yan J K, Shi X L, Donkor P O, *et al.* Two pairs of phenolic enantiomers from the leaves of *Eucommia ulmoides* Oliver [J]. *Nat Prod Res*, 2019, 33(8): 1162-1168.

- [70] Feng H, Fan J, Song Z, *et al.* Characterization and immunoenhancement activities of *Eucommia ulmoides* polysaccharides [J]. *Carbohydr Polym*, 2016, 136: 803-811.
- [71] 栾庆祥. 杜仲化学成分和药理作用研究进展 [J]. 安徽农业科学, 2016, 44(9): 153-156.
- [72] 段小华, 邓泽元, 朱筠. 杜仲种子脂肪酸及氨基酸分析 [J]. 食品科学, 2010, 31(4): 214-217.
- [73] 杜庆鑫, 刘攀峰, 魏艳秀, 等. 杜仲雄花氨基酸多样性及营养价值评价 [J]. 天然产物研究与开发, 2016, 28(6): 889-897.
- [74] Zhang R, Liu Z G, Li C, *et al.* Du-Zhong (*Eucommia ulmoides* Oliv.) cortex extract prevent OVX-induced osteoporosis in rats [J]. *Bone*, 2009, 45(3): 553-559.
- [75] Pan Y L, Niu Y B, Li C R, *et al.* Du-Zhong (*Eucommia ulmoides*) prevents disuse-induced osteoporosis in hind limb suspension rats [J]. *Am J Chin Med*, 2014, 42(1): 143-155.
- [76] 熊伟, 赵亮. 盐炙杜仲对维甲酸诱导骨质疏松大鼠生化指标及骨密度的影响 [J]. 时珍国医国药, 2020, 31(8): 1866-1867.
- [77] Qi S S, Zheng H X, Chen C, *et al.* Du-Zhong (*Eucommia ulmoides* Oliv.) cortex extract alleviates lead acetate-induced bone loss in rats [J]. *Biol Trace Elem Res*, 2019, 187(1): 172-180.
- [78] 杨帆, 张秀艳, 董馨, 等. 二味杜仲汤对 D-半乳糖诱导骨质疏松大鼠的影响 [J]. 中成药, 2022, 44(4): 1291-1294.
- [79] Lee J H, Wei Y J, Zhou Z Y, *et al.* Efficacy of the herbal pair, *Radix Achyranthis Bidentatae* and *Eucommiae Cortex*, in preventing glucocorticoid-induced osteoporosis in the zebrafish model [J]. *J Integr Med*, 2022, 20(1): 83-90.
- [80] Liang H D, Yu F, Liu X H, *et al.* Effect of *Eucommia ulmoides* extract on osteoblast proliferation [J]. *Trop J Pharm Res*, 2018, 16(11): 2675.
- [81] 张贤, 蔡建平, 张艳红, 等. 杜仲诱导大鼠间充质干细胞成骨分化中成骨与成脂相关转录因子的表达 [J]. 中国组织工程研究与临床康复, 2010(19): 3523-3526.
- [82] Wagner K C, Byrd G D. Evaluating the effectiveness of clinical medical librarian programs: A systematic review of the literature [J]. *J Med Libr Assoc*, 2004, 92(1): 14-33.
- [83] 程林. 跑步运动结合摄取杜仲提取物对去卵巢大鼠骨密度和抗氧化能力的影响 [J]. 中国组织工程研究, 2018, 22(24): 3837-3842.
- [84] Zhao X, Wang Y J, Nie Z Y, *et al.* *Eucommia ulmoides* leaf extract alters gut microbiota composition, enhances short-chain fatty acids production, and ameliorates osteoporosis in the senescence-accelerated mouse P6 (SAMP6) model [J]. *Food Sci Nutr*, 2020, 8(9): 4897-4906.
- [85] Zhang R, Pan Y L, Hu S J, *et al.* Effects of total lignans from *Eucommia ulmoides* barks prevent bone loss *in vivo* and *in vitro* [J]. *J Ethnopharmacol*, 2014, 155(1): 104-112.
- [86] 吴思敏, 孙薇, 高玉海, 等. 松脂醇二葡萄糖苷促进体外培养成骨细胞骨形成的作用研究 [J]. 解放军医药杂志, 2021, 33(5): 9-12.
- [87] 袁真, 闵珺, 王恺, 等. 杜仲黄酮类 3 种药物成分治疗大鼠骨质疏松的比较研究 [J]. 中国骨质疏松杂志, 2018, 24(2): 244-248.
- [88] Chen L, Huang X, Li X, *et al.* Geniposide promotes the proliferation and differentiation of MC3T3-E1 and ATDC5 cells by regulation of microRNA-214 [J]. *Int Immunopharmacol*, 2020, 80: 106121.
- [89] Li Y T, Zhang Y F, Zhang X R, *et al.* Aucubin exerts anti-osteoporotic effects by promoting osteoblast differentiation [J]. *Aging*, 2020, 12(3): 2226-2245.
- [90] Zhang Y F, Liu X, Li Y Y, *et al.* Aucubin slows the development of osteoporosis by inhibiting osteoclast differentiation via the nuclear factor erythroid 2-related factor 2-mediated antioxidation pathway [J]. *Pharm Biol*, 2021, 59(1): 1554-1563.
- [91] Wang J Y, Yuan Y, Chen X J, *et al.* Extract from *Eucommia ulmoides* Oliv. ameliorates arthritis via regulation of inflammation, synoviocyte proliferation and osteoclastogenesis *in vitro* and *in vivo* [J]. *J Ethnopharmacol*, 2016, 194: 609-616.
- [92] Ri Park D, Hwan Yeo C, Eun Yoon J, *et al.* *Eucommia ulmoides* prevents articular cartilage destruction via FPR2-LXA4 in the rat monoiodoacetate model of osteoarthritis [J]. *J Food Nutr Res*, 2022, 10(4): 313-320.
- [93] 杨德猛, 王长庚, 胡芯源, 等. 杜仲醇提取物对骨关节炎模型大鼠关节软骨的保护 [J]. 中国组织工程研究, 2022, 26(23): 3756-3761.
- [94] 史雪聪, 陈泳杏, 肖青锋. 杜仲醇提取物通过 NF-κB 信号通路改善大鼠牙周组织病的作用研究 [J]. 中国现代应用药学, 2019, 36(22): 2759-2764.
- [95] Murakami S, Tasaka Y, Takatori S, *et al.* Effect of *Eucommia ulmoides* leaf extract on chronic dextran sodium sulfate-induced colitis in mice [J]. *Biol Pharm*

- Bull*, 2018, 41(6): 864-868.
- [96] Koh W, Shin J S, Lee J, *et al*. Anti-inflammatory effect of *Cortex Eucommiae* via modulation of the toll-like receptor 4 pathway in lipopolysaccharide-stimulated RAW 264.7 macrophages [J]. *J Ethnopharmacol*, 2017, 209: 255-263.
- [97] Sun Y Q, Huang K, Mo L H, *et al*. *Eucommia ulmoides* polysaccharides attenuate rabbit osteoarthritis by regulating the function of macrophages [J]. *Front Pharmacol*, 2021, 12: 730557.
- [98] Hussain T, Yuan D, Tan B, *et al*. *Eucommia ulmoides* flavones (EUF) abrogated enterocyte damage induced by LPS involved in NF- κ B signaling pathway [J]. *Toxicol Vitro*, 2020, 62: 104674.
- [99] 杨志友, 马智慧, 邓嘉航, 等. 药食同源植物杜仲叶中有效成分京尼平苷酸的抗炎作用研究 [J]. *广东化工*, 2020, 47(22): 47-48.
- [100] Kwon S H, Lee H K, Kim J A, *et al*. Neuroprotective effects of *Eucommia ulmoides* Oliv. Bark on amyloid beta₂₅₋₃₅-induced learning and memory impairments in mice [J]. *Neurosci Lett*, 2011, 487(1): 123-127.
- [101] 付琳, 王楠, 常亮, 等. 杜仲木脂素对慢性青光眼大鼠视神经保护作用及 SOD、MDA、Caspase-3 表达的影响 [J]. *中国药师*, 2021, 24(2): 227-231.
- [102] Guo H, Shi F, Li M J, *et al*. Neuroprotective effects of *Eucommia ulmoides* Oliv. and its bioactive constituent work via ameliorating the ubiquitin-proteasome system [J]. *BMC Complement Altern Med*, 2015, 15: 151.
- [103] Zhu Y L, Sun M F, Jia X B, *et al*. Aucubin alleviates glial cell activation and preserves dopaminergic neurons in 1-methyl-4-phenyl-1,2,3,6-tetrahydropyridine-induced parkinsonian mice [J]. *NeuroReport*, 2018, 29(13): 1075-1083.
- [104] 陈毅美, 李琳, 张彦芳, 等. 京尼平苷对 MPTP 所致帕金森病小鼠模型的神经保护作用研究 [J]. *神经解剖学杂志*, 2015, 31(5): 629-634.
- [105] Chen S Y, Zeng X C, Zong W J, *et al*. Aucubin alleviates seizures activity in Li-pilocarpine-induced epileptic mice: Involvement of inhibition of neuroinflammation and regulation of neurotransmission [J]. *Neurochem Res*, 2019, 44(2): 472-484.
- [106] Wang J, Li Y, Huang W H, *et al*. The protective effect of aucubin from *Eucommia ulmoides* against status epilepticus by inducing autophagy and inhibiting necroptosis [J]. *Am J Chin Med*, 2017, 45(3): 557-573.
- [107] 宁康健, 郑淑红, 吕锦芳, 等. 杜仲叶水提醇沉液降压作用的实验研究 [J]. *中国中医药科技*, 2009, 16(4): 283.
- [108] Ding Z J, Liang C, Wang X, *et al*. Antihypertensive activity of *Eucommia ulmoides* Oliv: Male flower extract in spontaneously hypertensive rats [J]. *Evid Based Complement Altern Med*, 2020, 2020: 1-6.
- [109] Zhang Q, Yang J, Yang C H, *et al*. *Eucommia ulmoides* Oliver-Tribulus terrestris L. drug pair regulates ferroptosis by mediating the neurovascular-related ligand-receptor interaction pathway-A potential drug pair for treatment hypertension and prevention ischemic stroke [J]. *Front Neurol*, 2022, 13: 833922.
- [110] Li Z Y, Gu J, Yan J, *et al*. Hypertensive cardiac remodeling effects of lignan extracts from *Eucommia ulmoides* Oliv. bark—a famous traditional Chinese medicine [J]. *Am J Chin Med*, 2013, 41(4): 801-815.
- [111] Li L, Yan J, Hu K, *et al*. Protective effects of *Eucommia* lignans against hypertensive renal injury by inhibiting expression of aldose reductase [J]. *J Ethnopharmacol*, 2012, 139(2): 454-461.
- [112] Kwan C Y, Zhang W B, Deyama T, *et al*. Endothelium-dependent vascular relaxation induced by *Eucommia ulmoides* Oliv. bark extract is mediated by NO and EDHF in small vessels [J]. *Naunyn Schmiedeberg's Arch Pharmacol*, 2004, 369(2): 206-211.
- [113] 潘龙, 支娟娟, 许春国, 等. 杜仲糖苷对肾性高血压大鼠血压及血浆 ET、NO 的影响 [J]. *现代中医药*, 2010, 30(2): 54-56.
- [114] 程瑾, 胡顺安. 槲皮素的降压作用及其机制研究 [J]. *实用药物与临床*, 2015, 18(3): 334-337.
- [115] 江春艳, 许激扬, 卞筱泓, 等. 杜仲降血压成分的组合及血管舒张作用 [J]. *中国实验方剂学杂志*, 2010, 16(6): 218-220.
- [116] 田吉, 岳永花, 秦大莲. 杜仲叶降血糖作用的实验研究 [J]. *现代医药卫生*, 2011, 27(7): 961-962.
- [117] Park S A, Choi M S, Kim M J, *et al*. Hypoglycemic and hypolipidemic action of Du-Zhong (*Eucommia ulmoides* Oliver) leaves water extract in C57BL/KsJ-db/db mice [J]. *J Ethnopharmacol*, 2006, 107(3): 412-417.
- [118] 高燕, 杨改青, 王林枫, 等. 杜仲叶对绵羊肝脏糖代谢及其相关基因表达的影响 [J]. *动物营养学报*, 2019, 31(6): 2854-2864.
- [119] 沈伊濛, 王丽卫, 文羽思, 等. 杜仲叶抗 α -葡萄糖苷酶

- 成分的研究 [J]. 中国食物与营养, 2014, 20(1): 659-661.
- [120] Zhang Y, Zhang H, Wang F, *et al.* The ethanol extract of *Eucommia ulmoides* Oliv. leaves inhibits disaccharidase and glucose transport in Caco-2 cells [J]. *J Ethnopharmacol*, 2015, 163: 99-105.
- [121] 刘国荣, 邱立朋, 周延萌, 等. 杜仲多糖对糖尿病小鼠降血糖作用及其机制研究 [J]. 泰山医学院学报, 2010, 31(9): 659-661.
- [122] 许碧琪, 戴燕青, 傅倩云. 杜仲多糖对 2 型糖尿病小鼠胰腺组织氧化应激的影响 [J]. 中医药导报, 2020, 26(10): 18-21.
- [123] 范春惠, 张琳惠, 郑妮. 杜仲黄酮对 2 型糖尿病小鼠胰腺凋亡因子的影响 [J]. 吉林中医药, 2022, 42(1): 62-65.
- [124] 邢冬杰, 孙永显, 陈桂玉, 等. 杜仲叶黄酮对糖尿病大鼠的血糖控制及对胰岛细胞的保护作用 [J]. 中国实验方剂学杂志, 2015, 21(13): 148-151.
- [125] 许碧琪, 戴燕青, 傅倩云, 等. 杜仲黄酮对糖尿病肾病小鼠 Nrf2/HO-1 氧化应激信号通路的影响 [J]. 吉林中医药, 2020, 40(6): 788-791.
- [126] Niu H S, Liu I M, Niu C S, *et al.* *Eucommia* bark (Du-Zhong) improves diabetic nephropathy without altering blood glucose in type 1-like diabetic rats [J]. *Drug Des Devel Ther*, 2016, 10: 971-978.
- [127] Do M, Hur J, Choi J, *et al.* *Eucommia ulmoides* ameliorates glucotoxicity by suppressing advanced glycation end-products in diabetic mice kidney [J]. *Nutrients*, 2018, 10(3): 265.
- [128] 王梦华, 刘颖菊, 周歧新, 等. 杜仲叶乙醇提取物抗动脉粥样硬化作用的实验研究 [J]. 中成药, 2007, 29(11): 1687-1690.
- [129] 邢冬杰, 孙永显, 宿世震. 杜仲叶水提取物对糖尿病大鼠糖脂代谢及氧化应激的影响 [J]. 医学研究杂志, 2015, 44(8): 143-145.
- [130] Choi M S, Jung U J, Kim H J, *et al.* Du-Zhong (*Eucommia ulmoides* Oliver) leaf extract mediates hypolipidemic action in hamsters fed a high-fat diet [J]. *Am J Chin Med*, 2008, 36(1): 81-93.
- [131] Fujikawa T, Hirata T, Wada A, *et al.* Chronic administration of *Eucommia* leaf stimulates metabolic function of rats across several organs [J]. *Brit J Nutr*, 2010, 104(12): 1868-1877.
- [132] 雷燕妮, 张小斌. 商洛杜仲叶多糖对高血脂模型小鼠的调血脂作用 [J]. 陕西师范大学学报: 自然科学版, 2018, 46(4): 120-124.
- [133] 雷燕妮, 张小斌. 杜仲叶总黄酮调血脂作用研究 [J]. 西北大学学报: 自然科学版, 2015, 45(5): 777-780.
- [134] 娄丽杰, 陈百泉, 杜红岩, 等. 杜仲雄花茶对高脂乳剂小鼠血脂水平的影响 [J]. 河南大学学报: 医学版, 2009, 28(4): 273-275.
- [135] Hirata T, Kobayashi T, Wada A, *et al.* Anti-obesity compounds in green leaves of *Eucommia ulmoides* [J]. *Bioorg Med Chem Lett*, 2011, 21(6): 1786-1791.
- [136] 王建辉, 刘永乐, 李赤翎, 等. 杜仲绿原酸对高脂模型小鼠调血脂作用研究 [J]. 食品工业科技, 2012, 33(15): 360-362.
- [137] 叶颖霞, 林岚, 赵菊香, 等. 杜仲叶多糖对免疫抑制小鼠免疫功能的影响 [J]. 中药材, 2015, 38(7): 1496-1498.
- [138] 刘静. 杜仲叶提取物对力竭运动及恢复小鼠的抗疲劳作用 [J]. 陕西教育学院学报, 2012(3): 87-89.
- [139] Zhang L, Ravipati A S, Koyyalamudi S R, *et al.* Anti-fungal and anti-bacterial activities of ethanol extracts of selected traditional Chinese medicinal herbs [J]. *Asian Pac J Trop Med*, 2013, 6(9): 673-681.
- [140] 王明英, 朱岩丽. 杜仲叶提取液对 5 种常见细菌的体外抑菌作用 [J]. 中兽医医药杂志, 2018, 37(2): 51-52.
- [141] 李欣, 乔家驹, 冯汉青, 等. 杜仲雄花乙酸乙酯提取物的抑菌活性研究 [J]. 食品工业科技, 2015, 36(11): 847-850.
- [142] 余晓, 罗果. 杜仲总黄酮体外抗乙型肝炎病毒的实验研究 [J]. 现代医药卫生, 2015, 31(2): 187-188.
- [143] 吕琳, 孙燕荣, 徐伟, 等. 杜仲提取物抗 HIV 活性成分的分离鉴定 [J]. 中药材, 2008, 31(6): 847-850.
- [144] 孙燕荣, 董俊兴, 吴曙光. 中药杜仲抗 HIV 作用的实验研究 [J]. 解放军预防医学杂志, 2004, 22(2): 101-103.
- [145] Li J, Liang X, Zhou B, *et al.* (+)-pinoresinol-*O*- β -*D*-glucopyranoside from *Eucommia ulmoides* Oliver and its anti-inflammatory and antiviral effects against influenza A (H1N1) virus infection [J]. *Mol Med Rep*, 2019, 19(1): 563-572.
- [146] 杨春霞, 翟文俊. 杜仲叶提取物抗疲劳作用研究 [J]. 食品科学, 2008, 29(9): 550-552.
- [147] 杨津, 董文宾, 许先猛, 等. 杜仲叶黄酮苷抗疲劳和抗氧化活性的研究 [J]. 陕西科技大学学报: 自然科学版, 2010, 28(3): 60-63.
- [148] 夏树林, 朴晶. 杜仲叶中多糖的提取及其抗疲劳作用的研究 [J]. 安徽农业科学, 2010, 38(33): 18747-18748.

- [149] 王一民, 郭飞, 熊勃, 等. 杜仲多糖改善运动疲劳的研究 [J]. 中国应用生理学杂志, 2016, 32(2): 151-153.
- [150] 周华珠, 陈翠华, 孙云, 等. 杜仲叶提取物对衰老小鼠抗氧化功能的影响 [J]. 徐州医学院学报, 1998, 18(6): 463-464.
- [151] 范玉洁, 王江英, 唐蕾, 等. 杜仲叶提取物对乙醇导致的小鼠小脑和大脑皮层 DNA 损伤的保护作用 [J]. 河南大学学报: 自然科学版, 2019, 49(6): 675-680.
- [152] 彭胜, 王志宏, 郑阳, 等. 杜仲皮不同萃取部位抗氧化活性研究 [J]. 应用化工, 2014(9): 1634-1636.
- [153] 屠万倩, 张留记, 夏曼玉, 等. 杜仲叶清除 DPPH 自由基动力学特性及抗氧化活性成分筛选 [J]. 中国药理学杂志, 2022, 57(4): 264-268.
- [154] 袁带秀, 舒丽霞, 黄蓉. 杜仲黄酮对 H22 小鼠的抑瘤作用及其机制 [J]. 中国老年学杂志, 2016, 36(2): 291-293.
- [155] 辛晓明, 王大伟, 赵娟, 等. 杜仲总多糖抗肿瘤作用的实验研究 [J]. 医药导报, 2009, 28(6): 719-721.
- [156] In M J, Kim E J, Kim D C. *In vitro* anticancer and antioxidant effects of acetone extract of *Eucommia ulmoides* Oliver leaves [J]. *J Appl Biol Chem*, 2018, 61(2): 119-124.
- [157] 刘少阳, 李欣, 朱文学, 等. 杜仲雄花水提取物镇静催眠作用的研究 [J]. 农产品加工: 学刊, 2010(4): 29-31.
- [158] 李欣, 朱文学, 樊金铃, 等. 杜仲雄花乙酸乙酯提取物的抗惊厥作用研究 [J]. 农产品加工: 学刊, 2009(8): 8-10.
- [159] 李欣, 王卉, 朱文学, 等. 杜仲雄花乙酸乙酯提取物镇静催眠作用研究 [J]. 食品科学, 2009, 30(21): 360-363.
- [160] 李欣, 樊金铃, 朱文学, 等. 杜仲雄花正丁醇提取物的镇静催眠作用研究 [J]. 食品与机械, 2009, 25(4): 56-59.
- [161] 李欣, 刘严, 朱文学, 等. 杜仲雄花水溶性生物碱的镇静催眠作用 [J]. 食品科学, 2011, 32(11): 296-299.
- [162] 李欣, 刘严, 樊金铃, 等. 杜仲雄花脂溶性生物碱的镇静催眠作用研究 [J]. 包装与食品机械, 2011, 29(5): 9-12.
- [163] Li X, Tang Z C, Fei D Q, *et al.* Evaluation of the sedative and hypnotic effects of astragalosin isolated from *Eucommia ulmoides* leaves in mice [J]. *Nat Prod Res*, 2017, 31(17): 2072-2076.
- [164] Li X, Zhu W X, Yang L P, *et al.* Evaluation of the sedative and hypnotic effects of eucommiol in *Eucommia* [J]. *Nat Prod Res*, 2013, 27(18): 1657-1659.
- [165] 刘东璞, 齐亚灵, 赵文杰, 等. 杜仲对 D-半乳糖所致衰老小鼠睾丸的形态学研究 [J]. 中国解剖学杂志, 2002, 11(3): 245-246.
- [166] 张宁, 陈巧云, 徐艳明, 等. 杜仲对紫外线诱导的人皮肤角质形成细胞光老化模型的影响 [J]. 中医药信息, 2010, 27(1): 31-33.
- [167] 任捷, 马莉, 严淑贤. 杜仲提取液对紫外线照射下真皮成纤维细胞保护作用的研究 [J]. 中国美容医学, 2019, 28(10): 99-102.
- [168] Wang X S, Wang Z H, Yang Q L, *et al.* Determining the *in vitro* anti-aging effect of the characteristic components from *Eucommia ulmoides* [J]. *J Renew Mater*, 2022, 10(12): 3131-3145.
- [169] 王鹏, 孙齐明. 全杜仲胶囊治疗骨质疏松性下肢骨折术后 60 例临床观察 [J]. 辽宁中医杂志, 2022, 49(4): 135-137.
- [170] 孙翠英, 王蓓, 琚小芳. 复方杜仲健骨颗粒治疗 II 型原发性骨质疏松症的临床效果 [J]. 中外医学研究, 2022, 20(12): 132-134.
- [171] 刘东. 全杜仲胶囊联合针灸治疗膝关节关节炎的临床观察 [J]. 中国合理用药探索, 2018, 15(12): 5-8.
- [172] 赵明. 马钱子杜仲外敷治疗慢性腰肌劳损 180 例 [J]. 中国民间疗法, 2003, 11(7): 28-29.
- [173] 郭张浩, 叶贵生, 周长征. 桃仁杜仲汤治疗腰椎间盘突出症 (肾虚血瘀型) 41 例临床观察 [J]. 亚太传统医药, 2021, 17(3): 85-87.
- [174] 王国慧, 赵继荣, 赵宁. 杜仲腰痛丸联合电针刺刺激治疗腰椎间盘突出症的临床观察 [J]. 中国中医急症, 2019, 28(3): 522-524.
- [175] 龚志南. 全杜仲胶囊在骨科中的药理作用特点及临床应用研究 [A] // 首届江西省科协学术年会江西省中医药学术发展论坛论文集 [C]. 南昌: 江西省科学技术协会江西省中医药学会, 2010: 300-304.
- [176] 王晓燕, 常时新, 李冠武, 等. 经方青娥丸对去势大鼠骨质疏松作用机制的实验研究 [J]. 中国骨质疏松杂志, 2017, 23(2): 197-202.
- [177] 张桂霞, 宋昕, 郭六雷, 等. 全杜仲胶囊治疗新发轻度高血压的临床效果 [J]. 临床合理用药杂志, 2022, 15(16): 54-56.
- [178] 陈奕雯, 陈美龄, 王晓乾, 等. 杜仲颗粒对高血压肾病患者血管内皮功能、血压及尿微量白蛋白水平的影响 [J]. 广西医学, 2021, 43(16): 1932-1934.
- [179] 杨慧丽, 杨俊娟, 翟桂荣, 等. 杜仲颗粒联合拉贝洛尔治疗妊娠期高血压的疗效观察 [J]. 现代药物与临床, 2021, 36(2): 279-282.

- [180] 张翠青, 姚灿坤. 牛膝、杜仲、桑寄生治疗“肾虚态”高血压病: 仝小林三味小方撮萃 [J]. 吉林中医药, 2019, 39(12): 1576-1578.
- [181] 吴佳芸, 李玲玲, 孙瑞, 等. 基于网络药理学和分子对接技术探讨桑寄生-杜仲药对治疗原发性高血压的作用机制 [J]. 中西医结合心脑血管病杂志, 2022, 20(5): 772-781.
- [182] 柴士伟, 马静, 庄朋伟, 等. 杜仲有效成分在帕金森病治疗中的药理作用研究进展 [J]. 药物评价研究, 2019, 42(5): 1003-1009.
- [183] 肖黎明, 王程荣, 冯欣, 等. 杜仲安胎的研究进展 [J]. 环球中医药, 2020, 13(12): 2189-2192.
- [184] 梁雪娟, 刘浩, 黄小龙, 等. 药食同源中药杜仲应用及产品现状分析 [J]. 中国现代中药, 2021, 23(4): 587-592.
- [185] 李晨燕, 张杨, 肖定福, 等. 杜仲提取物对宁乡猪生长性能、血清生化指标和肝脏脂肪代谢的影响 [J]. 动物营养学报, 2018, 30(12): 5127-5133.
- [186] 何明先, 李诗林, 方明英, 等. 杜仲的活性成分及其在鸡饲料应用中的研究进展 [J]. 饲料博览, 2018(10): 47-49.
- [187] 李海洁, 郭国军, 郭朝辉, 等. 饲料中添加杜仲叶粉对黄河鲤鱼成分、肌肉氨基酸组成和生理指标的影响 [J]. 水生生物学报, 2021, 45(6): 1222-1231.
- [188] 黄蓓蓓. 杜仲及其在饮料加工中的应用 [J]. 现代食品, 2021, 27(14): 98-99.
- [189] 魏媛媛, 于华忠, 温晓. 破壁技术及其在杜仲雄花茶中的应用进展 [J]. 贵州农业科学, 2018, 46(10): 109-111.
- [190] 周士琦, 周亚西, 闫文杰. 七种籽油新食品原料的研究进展 [J]. 食品工业科技, 2022, 43(21): 433-443.

[责任编辑 时圣明]