

木贼化学成分及药理活性研究进展

马会如

昆明医科大学药学院暨云南省天然药物药理重点实验室, 云南 昆明

收稿日期: 2023年7月26日; 录用日期: 2023年8月23日; 发布日期: 2023年8月30日

摘 要

木贼(*Equisetum hyemale* L.)是中国民间中草药, 具有悠久的药用历史, 常用来治疗尖锐湿疣、扁平疣、牛皮癣、小儿疳积和高血压等。其化学成分主要为黄酮类、生物碱类、酚酸类、挥发油类和酯类, 具有降血压、血脂、血糖, 镇痛镇静, 抗氧化, 保肝及抗肿瘤等药理活性。本文对近年来木贼的化学成分、药理活性的研究进行了系统的综述。

关键词

木贼, 化学成分, 药理作用

Research Progress on Chemical Constituents and Pharmacological Activities of *Equisetum hyemale* L.

Huiru Ma

Yunnan Provincial Key Laboratory of Pharmacology for Natural Products, School of Pharmaceutical Sciences, Kunming Medical University, Kunming Yunnan

Received: Jul. 26th, 2023; accepted: Aug. 23rd, 2023; published: Aug. 30th, 2023

Abstract

Equisetum hyemale L. is a Chinese herbal medicine with a long history, commonly used to treat condyloma acuminatum, flat warts, psoriasis, infantile malnutrition, hypertension and so forth. The chemical components of *Equisetum hyemale* L. include flavonoids, alkaloids, phenolic acids, volatile oils, and esters, with pharmacological activities such as lowering blood pressure, blood lipids, blood sugar, analgesic and sedative, antioxidant, hepatoprotective, and antitumor. This article provides a systematic review of the research on the chemical components and pharmacological activities of *Equisetum hyemale* L. in recent years.

Keywords

Equisetum hyemale L., Chemical Constituents, Pharmacological Activity

Copyright © 2023 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

木贼(*Equisetum hyemale* L.), 又名千峰草、锉草、笔头草等, 为木贼科植物木贼的干燥地上部分[1] (如图 1), 在我国主要分布的地区有: 东北、华北、西北、西南地区及河南、湖北等省[2]。木贼主要在夏、秋二季采割, 除去杂质后, 晒干或阴干。木贼主要化学成分包括黄酮类、生物碱类、酚酸类、挥发油类和酯类等, 具有疏风清热、凉血止血、明目退翳的功效, 中医主要用于治疗风热目赤、迎风流泪、目生云翳和出血症等[3]。有国外相关文献报道[4]木贼常用来治疗肥胖[5]、高血压[5]、炎症[6]、出血[7]、风湿热[8]、循环系统疾病[9]和一些泌尿系统疾病, 如肾结石[10] [11]、膀胱炎[4]和前列腺疾病[6]等。本文对药用植物木贼的化学成分、药理作用的研究进行了系统的综述。



Figure 1. *Equisetum hyemale* L., taken by Li Jiain Luzhou Sichuan, in February of 2023

图 1. 木贼, 2023 年 2 月, 李佳摄于四川泸州

2. 木贼化学成分的研究进展

木贼中分离得到的化学成分主要包括黄酮类、生物碱类、酚酸类、挥发油类、酯类、甾体、木脂素类及其他类。

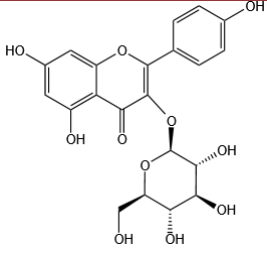
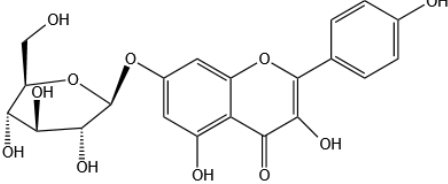
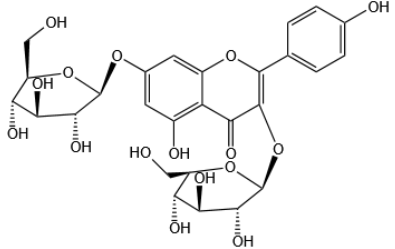
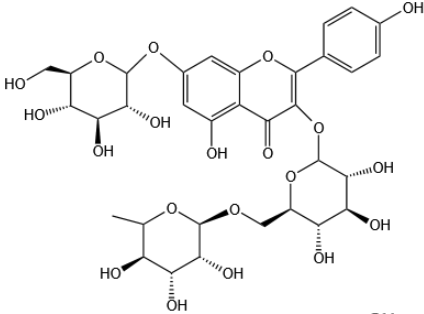
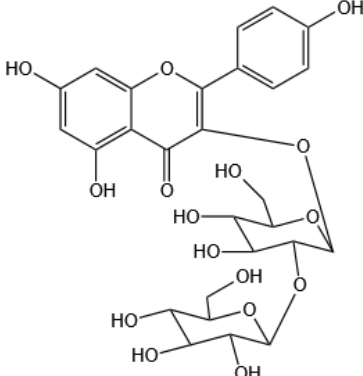
2.1. 黄酮类

黄酮类成分为木贼的主要成分, 目前分离得到的黄酮类成分有山柰酚-3-*O*- β -D-葡萄糖苷、山柰酚

-3-芸香糖-7-葡萄糖苷和山柰酚-3-*O*-槐糖苷-7-*O*- β -D-葡萄糖苷等。此外, Queiroz [12]等从木贼提取物中鉴定出 6 种新的黄酮类化合物, 分别是 5-hydroxy-3',4',7,8-tetramethoxyflavone, 5,4'-dihydroxy-7,8,3'-trimethoxyflavone, 5,7-dihydroxy-3',4'-dimethoxyflavone, 3',4,5,7-tetramethoxyflavone, 5-hydroxy-3',4',7-trimethoxyflavone 和 5,4'-dihydroxy-3'-7'-dimethoxyflavone。表 1 是木贼主要黄酮类化合物的结构式。

Table 1. Flavonoids of *Equisetum hyemale* L.

表 1. 木贼黄酮类化合物

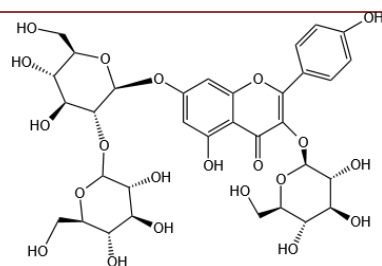
化合物	结构式	参考文献
山柰酚-3- <i>O</i> - β -D-葡萄糖苷 分子式: $C_{21}H_{20}O_{11}$ 分子量: 448.38		[2]
山柰酚-7- <i>O</i> - β -D-葡萄糖苷 分子式: $C_{21}H_{20}O_{11}$ 分子量: 448.38		[13]
山柰酚-3,7-双葡萄糖苷 分子式: $C_{27}H_{30}O_{16}$ 分子量: 610.52		[13]
山柰酚-3-芸香糖-7-葡萄糖苷 分子式: $C_{33}H_{40}O_{20}$ 分子量: 756.66		[13]
kaempferol-3- <i>O</i> -sophoroside 分子式: $C_{27}H_{30}O_{16}$ 分子量: 610.52		[12] [14]

Continued

kaempferol-3-glucoside-7-diglucoside

分子式: $C_{33}H_{40}O_{21}$

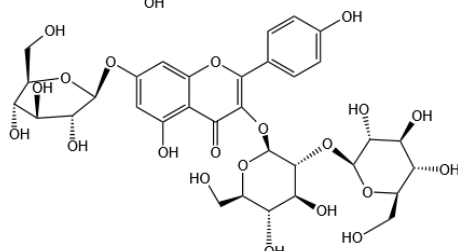
分子量: 772.66



[4]

山柰酚-3-*O*-槐糖苷-7-*O*- β -D-葡萄糖苷分子式: $C_{33}H_{40}O_{21}$

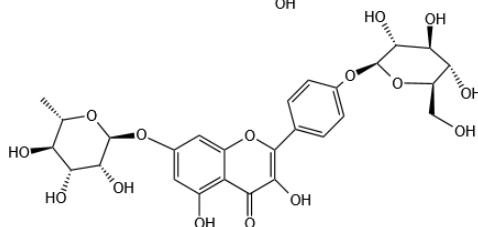
分子量: 772.66



[15]

山柰酚-7-*O*- α -鼠李糖-4'-*O*- β -D-吡喃葡萄糖苷分子式: $C_{27}H_{30}O_{15}$

分子量: 594.52

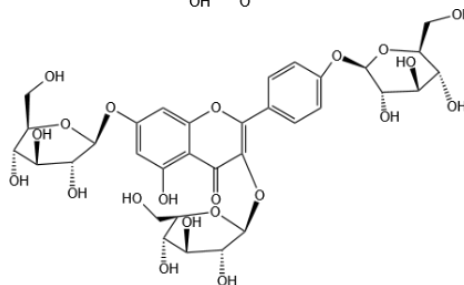


[15]

kaempferol-3,7,4'-O-triglucoside

分子式: $C_{33}H_{40}O_{21}$

分子量: 772.66

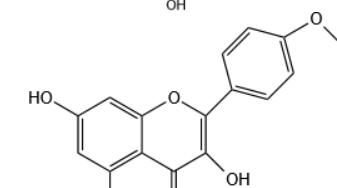


[16]

山柰素

分子式: $C_{16}H_{12}O_6$

分子量: 300.27

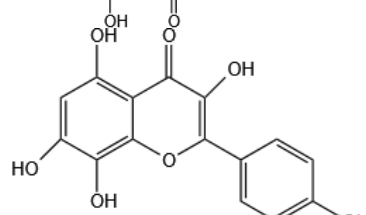


[17]

蜀葵苷元

分子式: $C_{15}H_{10}O_7$

分子量: 302.24

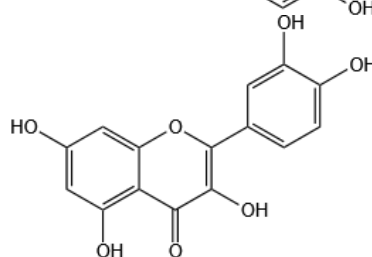


[17]

槲皮素

分子式: $C_{15}H_{10}O_7$

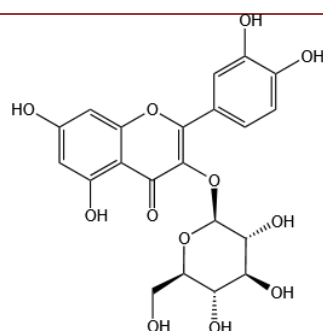
分子量: 302.24



[18]

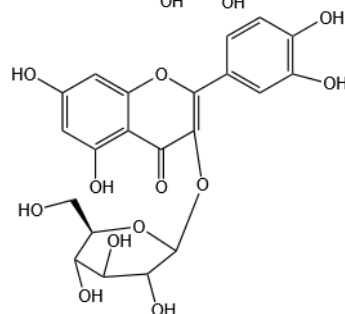
Continued

异槲皮素
分子式: $C_{21}H_{20}O_{12}$
分子量: 464.38



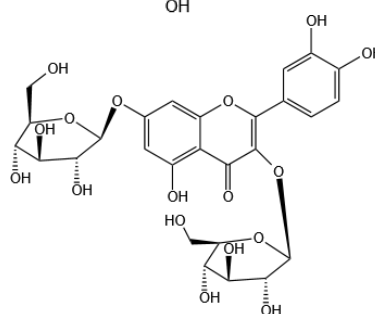
[19]

槲皮素-3-O-β-D-吡喃葡萄糖苷
分子式: $C_{21}H_{20}O_{12}$
分子量: 464.38



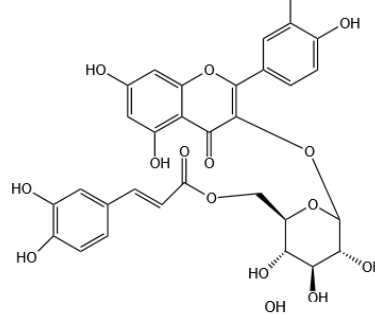
[13]

quercetin-3,7-di-O-glucoside
分子式: $C_{27}H_{30}O_{17}$
分子量: 626.52



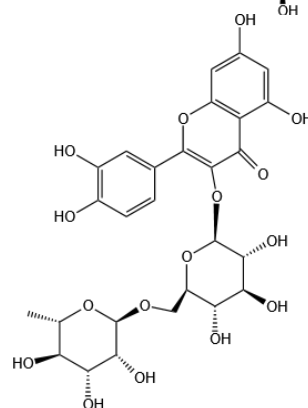
[14]

quercetin-3-O-(caffeoyl)-glucoside
分子式: $C_{30}H_{26}O_{15}$
分子量: 626.52



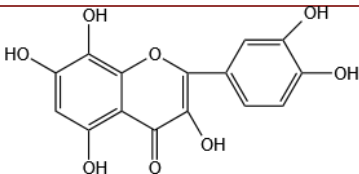
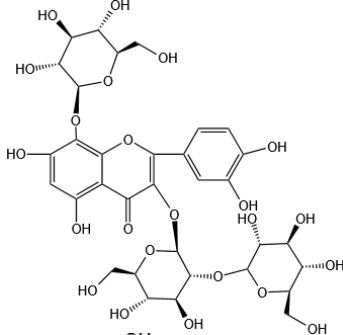
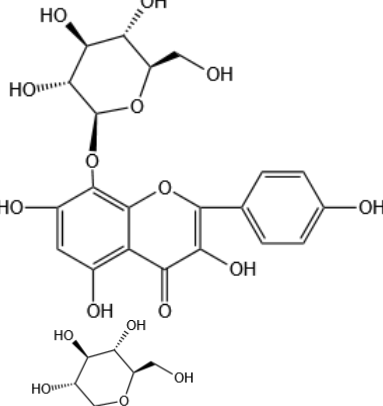
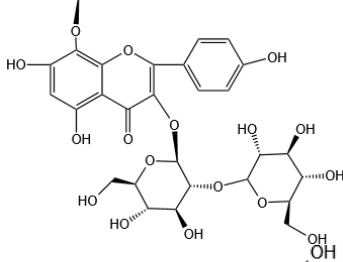
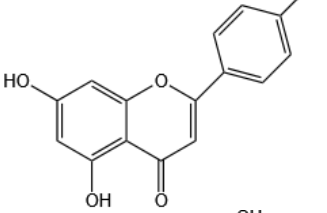
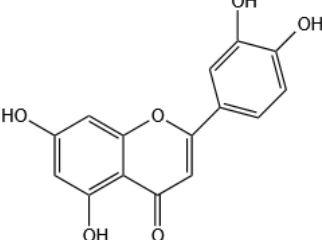
[14]

芦丁
分子式: $C_{27}H_{30}O_{16}$
分子量: 610.52

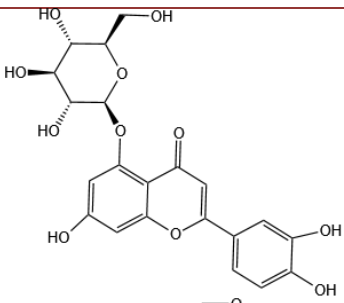
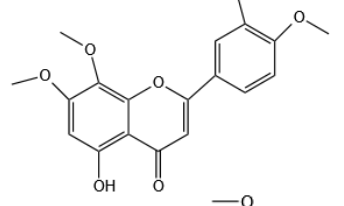
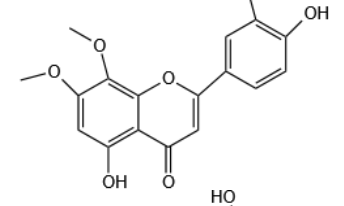
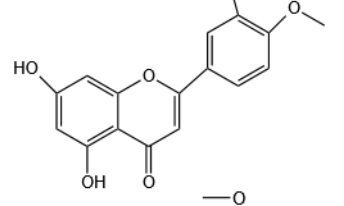
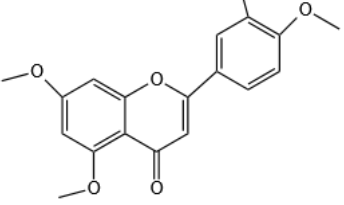
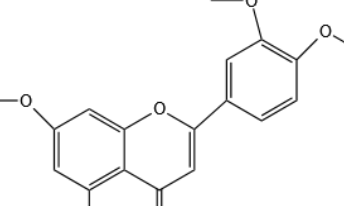
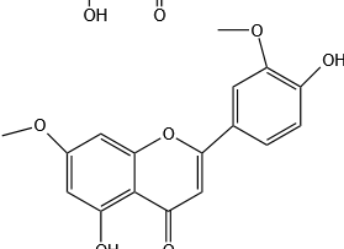


[14]

Continued

棉黄素 分子式: $C_{15}H_{10}O_8$ 分子量: 318.24		[20]
棉黄素-3-双葡萄糖-8-葡萄糖苷 分子式: $C_{33}H_{40}O_{23}$ 分子量: 804.66		[21]
草棉素-8-O-beta-D-吡喃葡萄糖苷 分子式: $C_{21}H_{20}O_{12}$ 分子量: 464.38		[2]
草棉素-3-双葡萄糖-8-葡萄糖苷 分子式: $C_{33}H_{40}O_{22}$ 分子量: 788.66		[21]
芹菜素 分子式: $C_{15}H_{10}O_5$ 分子量: 270.24		[22]
木犀草素 分子式: $C_{15}H_{10}O_6$ 分子量: 286.24		[22]

Continued

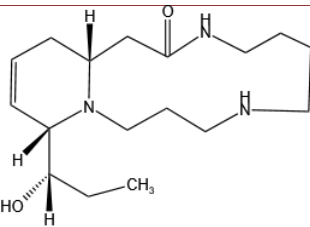
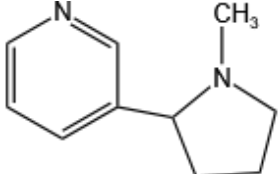
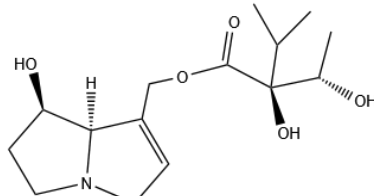
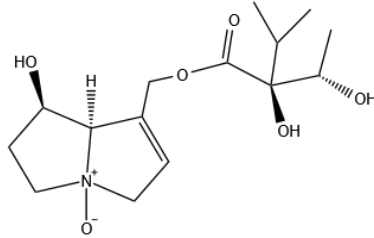
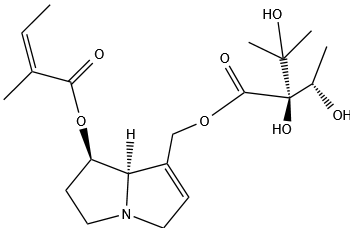
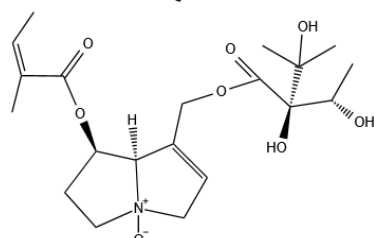
木犀草素-5- <i>O</i> -葡萄糖苷 分子式: $C_{21}H_{20}O_{11}$ 分子量: 448.38		[14]
5-hydroxy-3',4',7,8-tetramethoxyflavone 分子式: $C_{19}H_{18}O_7$ 分子量: 358.35		[12]
5,4'-dihydroxy-7,8,3'-trimethoxyflavone 分子式: $C_{18}H_{16}O_7$ 分子量: 344.32		[12]
5,7-dihydroxy-3',4'-dimethoxyflavone 分子式: $C_{16}H_{12}O_6$ 分子量: 300.27		[12]
3',4',5,7-tetramethoxyflavone 分子式: $C_{19}H_{18}O_6$ 分子量: 342.35		[12]
5-hydroxy-3',4',7-trimethoxyflavone 分子式: $C_{18}H_{16}O_6$ 分子量: 328.32		[12]
5,4'-dihydroxy-3'-7'-dimethoxyflavone 分子式: $C_{17}H_{14}O_6$ 分子量: 314.29		[12]

2.2. 生物碱类

木贼中目前发现的生物碱有犬问荆碱和烟碱[23]。Wang [24]等学者发现木贼中含有石松胺及其氮氧化物等吡咯里西啶生物碱成分。咎珂[25]等运用超高效液相色谱-串联质谱法测定木贼中4种吡咯里西啶生物碱的含量。表2为木贼中生物碱的结构式。

Table 2. Alkaloids of *Equisetum hyemale* L.

表 2. 木贼生物碱类化合物

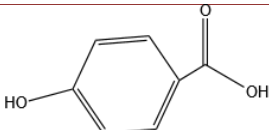
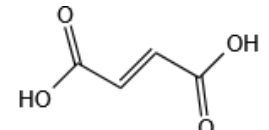
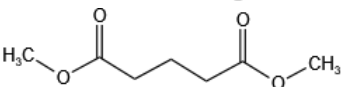
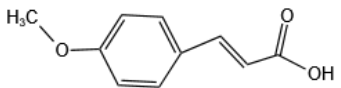
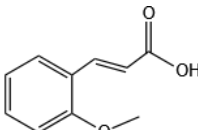
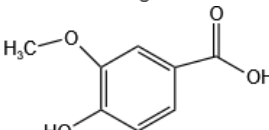
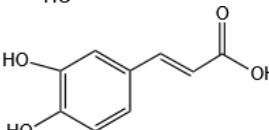
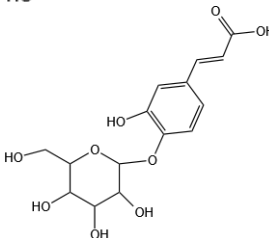
化合物	结构式	参考文献
犬问荆碱 分子式: $C_{17}H_{31}N_3O_2$ 分子量: 309.45		[23]
烟碱 分子式: $C_{10}H_{14}N_2$ 分子量: 162.24		[23]
石松胺 分子式: $C_{15}H_{25}NO_5$ 分子量: 299.37		[25]
石松胺氮氧化物 分子式: $C_{15}H_{25}NO_6$ 分子量: 315.37		[25]
蓝蓟定 分子式: $C_{20}H_{31}NO_7$ 分子量: 397.47		[25]
蓝蓟定氮氧化物 分子式: $C_{20}H_{31}NO_8$ 分子量: 413.47		[25]

2.3. 酚酸类

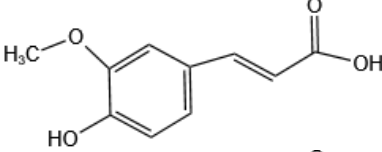
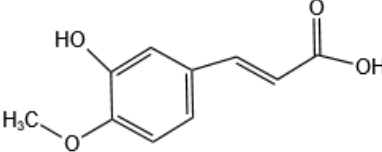
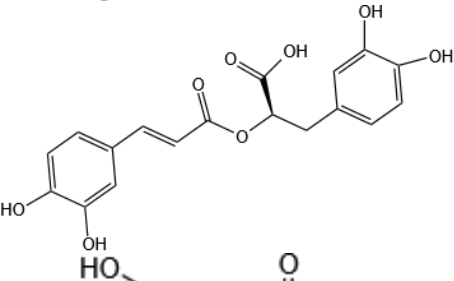
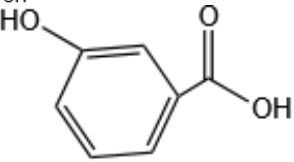
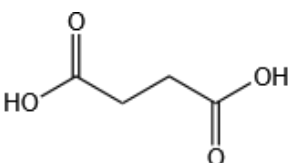
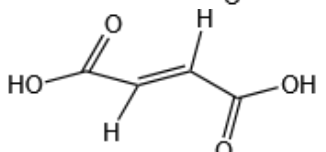
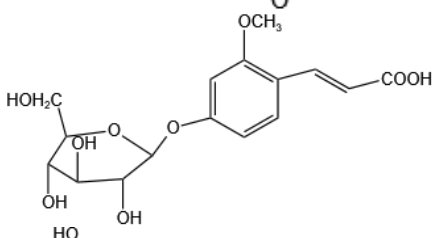
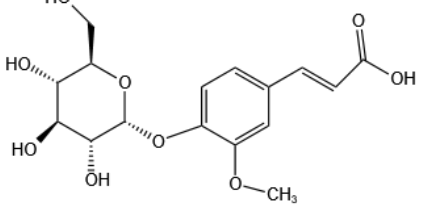
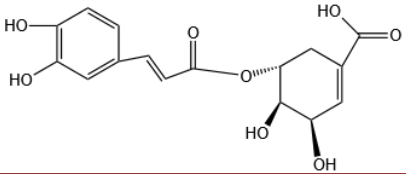
从木贼中分离得到的有机酸有对羟基苯甲酸、延胡索酸、戊二酸甲酯[21]等。此外, 2012 年张春梅从木贼中分离得到 2-OMe-反式本丙烯酸葡萄糖苷和反式阿魏酸葡萄糖苷[2]。沈光海采用溶剂法、硅胶柱层析等分离手段, 分离得到了十九烷酸[26]。Queiroz [12]等从木贼提取物中分离鉴定的酚酸类化合物有(10*E*,15*Z*)-9,12,13-trihydroxyoctadeca-10,15-dienoic acid、一枝蒿酮酸(pechueloic acid)、(*E*)-11-(3-pentyloxiran-2-yl)undec-9-enoic acid (vernolic acid)、9-羟基-10,12-十八碳二烯酸(9-hydroxy-10*E*,12*Z*-octadecadienoic acid)、secodihydro-hydramicromelin B 和 9,12,13-trihydroxyoctadec-10-enoic acid。Sureshkumar [4]等报道木贼中含有的脂肪酸分别为 6-*O*-[(9*Z*,12*Z*,15*Z*)-octadeca-9,12,15-trienoyl]- β -D-fructofuranosyl- α -D-glucopyranoside, 6-*O*-[(7*Z*,10*Z*,13*Z*)-hexadeca-7,10,13-trienoyl]- β -D-fructofuranosyl- α -D-glucopyranoside 和 6-*O*-[(7*Z*,10*Z*)-hexadeca-7,10-dienoyl]- β -D-fructofuranosyl- α -D-glucopyranoside。表 3 为木贼中有机酸的结构式。

Table 3. Phenolic acids of *Equisetum hyemale* L.

表 3. 木贼酚酸类化合物

化合物	结构式	参考文献
对羟基苯甲酸 分子式: $C_7H_6O_3$ 分子量: 138.12		[21]
延胡索酸 分子式: $C_4H_4O_4$ 分子量: 116.07		[21]
戊二酸甲酯 分子式: $C_7H_{12}O_4$ 分子量: 160.17		[21]
对甲氧基肉桂酸 分子式: $C_{10}H_{10}O_3$ 分子量: 178.19		[21]
间甲氧基肉桂酸 分子式: $C_{10}H_{10}O_3$ 分子量: 178.19		[21]
香草酸 分子式: $C_8H_8O_4$ 分子量: 168.15		[21]
咖啡酸 分子式: $C_9H_8O_4$ 分子量: 180.16		[18]
咖啡酸-4- <i>O</i> -葡萄糖苷 分子式: $C_{15}H_{18}O_9$ 分子量: 342.30		[16]

Continued

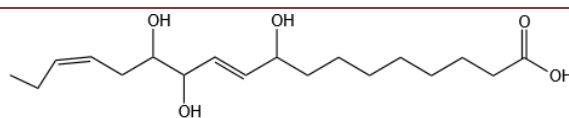
阿魏酸 分子式: $C_{10}H_{10}O_4$ 分子量: 194.19		[17] [18]
异阿魏酸 分子式: $C_{10}H_{10}O_4$ 分子量: 194.19		[12]
迷迭香酸 分子式: $C_{10}H_{10}O_4$ 分子量: 194.19		[4]
间羟基苯甲酸 分子式: $C_7H_6O_3$ 分子量: 138.12		[20]
琥珀酸 分子式: $C_4H_6O_4$ 分子量: 118.09		[20]
富马酸 分子式: $C_4H_4O_4$ 分子量: 116.07		[20]
2-OMe-反式苯丙烯酸葡萄糖苷 分子式: $C_{16}H_{20}O_9$ 分子量: 356.33		[2]
反式阿魏酸葡萄糖苷 分子式: $C_{16}H_{20}O_9$ 分子量: 356.33		[2]
咖啡酰莽草酸 分子式: $C_{16}H_{16}O_8$ 分子量: 336.30		[22]

Continued

(10*E*,15*Z*)-9,12,13-trihydroxyoctadeca-10,15-dienoic acid

分子式: $C_{18}H_{32}O_5$

分子量: 328.45

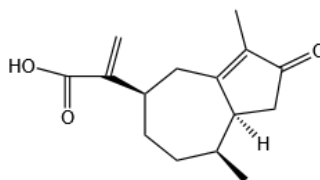


[12]

一枝蒿酮酸

分子式: $C_{15}H_{20}O_3$

分子量: 248.32

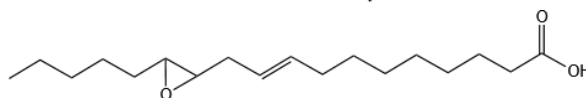


[12]

vernolic acid

分子式: $C_{18}H_{32}O_3$

分子量: 296.45

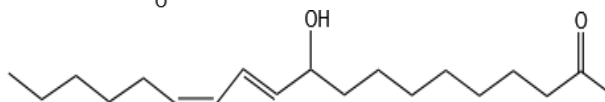


[12]

9-羟基-10,12-十八碳二烯酸

分子式: $C_{18}H_{32}O_3$

分子量: 296.45

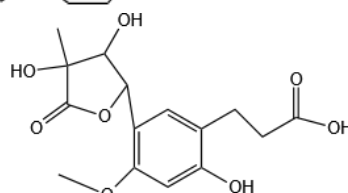


[12]

secodihydro-hydramicromelin B

分子式: $C_{15}H_{18}O_8$

分子量: 326.30

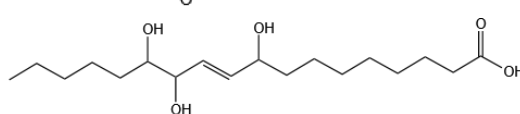


[12]

9,12,13-trihydroxyoctadec-10-enoic acid

分子式: $C_{18}H_{34}O_5$

分子量: 330.46

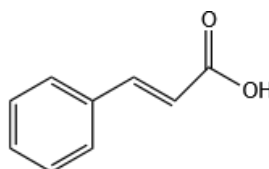


[12]

肉桂酸

分子式: $C_9H_8O_2$

分子量: 148.16

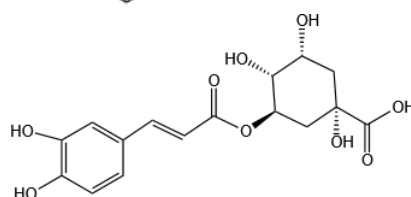


[14]

绿原酸

分子式: $C_{16}H_{18}O_9$

分子量: 354.31

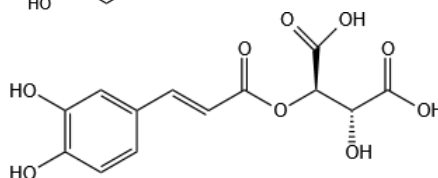


[14]

咖啡酰酒石酸

分子式: $C_{13}H_{12}O_9$

分子量: 312.23



[14]

2.4. 挥发油类

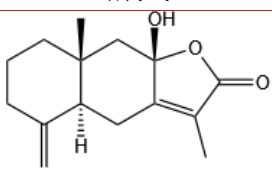
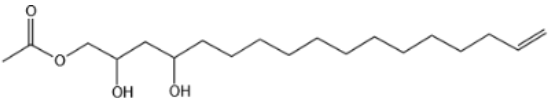
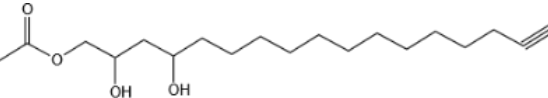
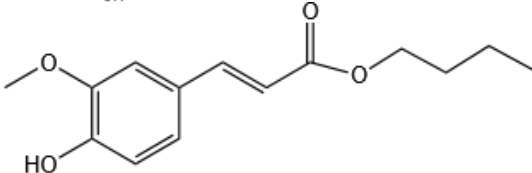
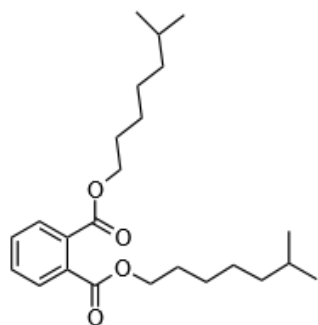
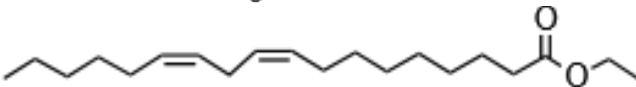
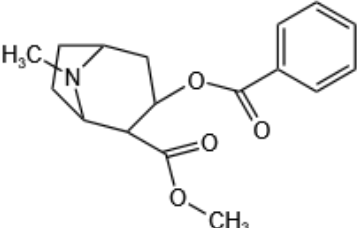
木贼中含有多种挥发油类成分, 李德坤[27]等对木贼挥发油成分及其相对含量进行分析, 结果发现 29 种化合物, 占挥发油总量的 70%。陈静[28]等采用超临界 CO_2 萃取(SFE)法和水蒸气蒸馏(SD)法提取木贼中挥发油成分, 通过气相色谱-质谱(GC-MS)法鉴定, 结果表明 SFE 法有 61 个成分被鉴定出, 其中, 4,5-二甲基-1,3-环戊二酮、乙烯基硫酸酰胺和 2,4-二甲基癸烷含量相对较高; SD 法有 43 个成分被鉴定出, 含量相对较高的依次为乙酰苯酮、1,2-二甲苯酸二丁酯和 2,4-二叔丁基苯酚含量相对较高。

2.5. 酯类

隋长惠[29]等从木贼石油醚提取液中检测出 27 种化合物, 通过 GC-MS 联用分析鉴定了 24 种成分, 多数为酯类化合物。Queiroz [12]等从木贼提取物中分离鉴定的酯类化合物有白术内酯 III (atractylenolide III)、2,4-dihydroxyheptadec-16-enyl acetate、avocadyne 1 acetate 和 butyl 3-(4-hydroxy-3-methoxyphenyl) acrylate。李潇然[30]等研究筛选出 10 个木贼活性成分, 其中酯类化合物有 3 个, 分别为邻苯二甲酸二异辛酯(diop)、亚油酸乙酯(mandenol)和 allopseudococain。何丽嵘[31]通过波谱分析鉴定出亚油酸甲酯。表 4 为木贼中酯类化合物的结构式。

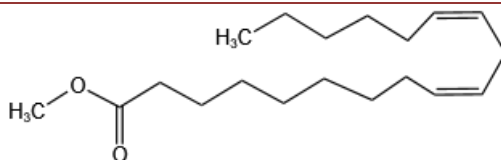
Table 4. Esters of *Equisetum hyemale* L.

表 4. 木贼酯类化合物

化合物	结构式	参考文献
白术内酯 III 分子式: $C_{15}H_{20}O_3$ 分子量: 248.32		[12]
2,4-dihydroxyheptadec-16-enyl acetate 分子式: $C_{19}H_{36}O_4$ 分子量: 328.49		[12]
avocadyne 1 acetate 分子式: $C_{19}H_{34}O_4$ 分子量: 326.48		[12]
butyl 3-(4-hydroxy-3-methoxyphenyl) acrylate 分子式: $C_{14}H_{18}O_4$ 分子量: 250.29		[12]
邻苯二甲酸二异辛酯 分子式: $C_{24}H_{38}O_4$ 分子量: 390.56		[30]
亚油酸乙酯 分子式: $C_{20}H_{36}O_2$ 分子量: 308.51		[30]
allopseudococain 分子式: $C_{17}H_{21}O_4N$ 分子量: 303.36		[30]

Continued

亚油酸甲酯
分子式: $C_{19}H_{34}O_2$
分子量: 296.48



[31]

2.6. 甾体和木脂素类

木贼中研究分离鉴定的甾体主要有菜油甾醇(campesterol)、 γ -谷甾醇(γ -sitosterol)、环阿屯醇(cycloartenol)、A-波菜甾醇(bessisterol)、 β -谷甾醇(beta-sitosterol)和胡萝卜苷(daucosterol)等, 分离的木脂素类有 *L*-细辛脂素(*L*-asarinin)和 conidendrin。表 5 为木贼中甾体和木脂素类的结构式。

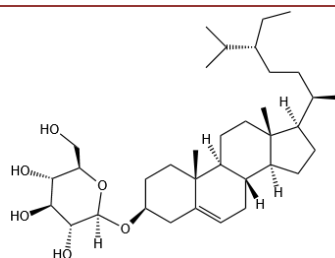
Table 5. Steroids of and lignans *Equisetum hyemale* L.

表 5. 木贼甾体和木脂素类化合物

化合物	结构式	参考文献
菜油甾醇 分子式: $C_{28}H_{48}O$ 分子量: 400.69		[16]
γ -谷甾醇 分子式: $C_{29}H_{50}O$ 分子量: 414.72		[16]
环阿屯醇 分子式: $C_{30}H_{50}O$ 分子量: 426.73		[16]
A-波菜甾醇 分子式: $C_{29}H_{48}O$ 分子量: 412.70		[30]
β -谷甾醇 分子式: $C_{30}H_{52}O$ 分子量: 428.74		[30] [31]

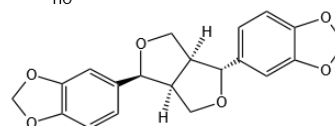
Continued

胡萝卜苷
分子式: $C_{35}H_{60}O_6$
分子量: 576.86



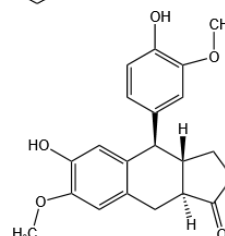
[31]

L-细辛脂素
分子式: $C_{20}H_{18}O_6$
分子量: 354.36



[31]

conidendrin
分子式: $C_{20}H_{20}O_6$
分子量: 356.37



[16]

2.7. 其他类

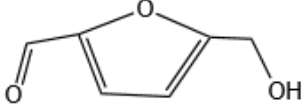
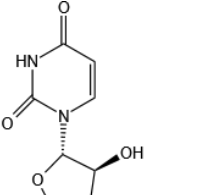
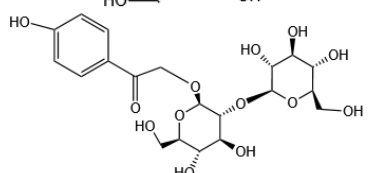
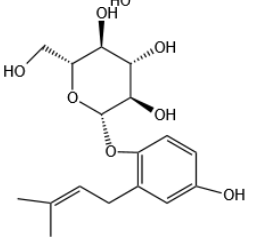
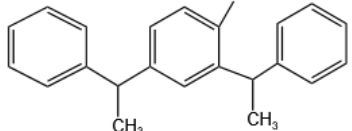
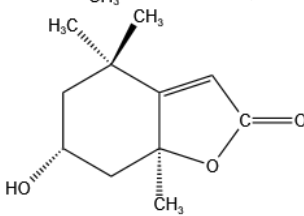
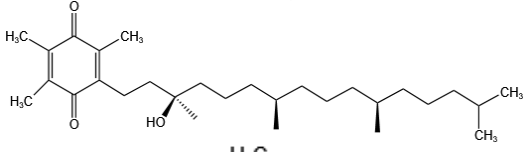
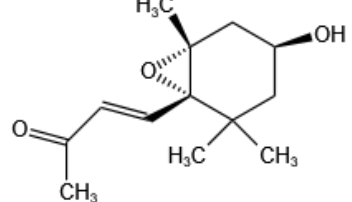
除以上成分外, 木贼中还含有其他类的丰富化学成分。张春梅[2]运用波谱学方法鉴定出 α -D-甲基呋喃果糖苷、蔗糖、 α -D-吡喃葡萄糖- α -D-吡喃葡萄糖。沈乐[15]从木贼中分离得到 5-羟甲基糠醛、*L*-尿苷、2-(槐糖)-1-(4-苯酚基)乙酮等化合物。Queiroz [12]等从木贼提取物中分离得到 nebrodenside A。Aguayo [16]等从木贼提取物中分离出 2,4-双(1-苯乙基)苯酚。Sureshkumar [4]等报道木贼中含有(6*R*,7*aS*)-5,6,7,7*a*-tetrahydro-6-hydroxy-4,4,7*a*-trimethylbenzofuran-2(4*H*)-one、 α -tocopherolquinone 和 3 β -hydroxy-5 α ,6 α -epoxy-7-megastigmen-9-one。此外, 木贼中还含有木贼还含有氨基酸、核酸、色素及无机盐化合物如 N、P、S、K、Ca、Mn 等。表 6 为木贼中其他类化合物的结构式。

Table 6. Other chemicals of *Equisetum hyemale* L.

表 6. 木贼其他类化合物

化合物	结构式	参考文献
α -D-甲基呋喃果糖苷 分子式: $C_6H_{12}O_6$ 分子量: 180.16		[2] [32]
蔗糖 分子式: $C_{12}H_{22}O_{11}$ 分子量: 342.30		[2]
α -D-吡喃葡萄糖基- α -D-吡喃葡萄糖 分子式: $C_{12}H_{22}O_{11}$ 分子量: 342.30		[2]

Continued

5-羟甲基糠醛 分子式: $C_6H_6O_3$ 分子量: 126.11		[15] [32]
L-尿苷 分子式: $C_9H_{12}O_6N_2$ 分子量: 244.20		[15] [32]
2-(槐糖)-1-(4-苯酚基)乙酮 分子式: $C_{20}H_{28}O_{13}$ 分子量: 476.43		[15] [32]
nebrodendoside A 分子式: $C_{17}H_{24}O_7$ 分子量: 340.37		[12]
2,4-双(1-苯乙基)苯酚 分子式: $C_{22}H_{22}O$ 分子量: 302.42		[16]
(6R,7aS)-5,6,7a-tetrahydro-6-hydroxy-4,4,7a-trimethyl benzofuran-2(4H)-one 分子式: $C_{11}H_{16}O_3$ 分子量: 196.25		[4]
α -tocopherolquinone 分子式: $C_{29}H_{50}O_3$ 分子量: 446.72		[4]
3 β -hydroxy-5 α ,6 α -epoxy-7-megastigmen-9-one 分子式: $C_{13}H_{20}O_3$ 分子量: 224.30		[4]

3. 木贼药理作用研究进展

目前, 木贼的主要药理作用为对心血管系统的保护、镇痛镇静、降压、抗氧化、保肝、降血糖、抗肿瘤、抗菌和止血作用等。

3.1. 对心血管系统的作用

陈英茂[33]等研究发现木贼对心脏收缩与舒张功能具有增强作用,还可以增加冠脉流量和减慢心率。木贼提取物可明显扩张家兔离体血管,预防实验性家兔动脉粥样硬化斑块的形成,增加离体豚鼠心脏冠脉的流量,还可对抗和缓冲垂体后叶素引起的心率减慢和T波升高[15]。Xu [34]等研究结果表明高、低剂量的木贼提取物对甘油三酯和胆固醇的升高都有明显的抑制作用,木贼还可以降低大鼠的高脂血症。丁涛[35]等研究发现木贼正丁醇提取物及其剩余物均有明显改善高脂对内皮细胞超微结构损伤的作用。姜秀娟[36]等研究发现木贼可通过降低大鼠血脂来影响动脉粥样硬化早期血管平滑肌细胞的转型。此外,还有研究发现木贼可以降低高脂血症大鼠血脂,保护血管内皮细胞和调节促炎细胞因子分泌,从始动环节干预AS的级联反应[37],木贼提取物可降低突变型P53表达,对AS早期平滑肌具有抑制增殖、促进凋亡的作用[38]。甄艳军[39]等通过实验研究发现木贼提取物可通过调控AS早期主动脉平滑肌细胞Fas、FasL基因表达来实现促进平滑肌细胞凋亡,阻断AS进展。因此,木贼对动脉粥样硬化病变的形成具有延缓作用。

3.2. 镇痛和镇静

有研究表明木贼具有镇痛作用,其镇痛的有效成分是脂肪酸及其酯[2]。有资料报道主要成分是木贼的镇痛灵注射液具有较强的镇痛作用,木贼水提物和乙醇提取物的镇痛作用弱于乙醚提取物。杨波[40]等采用薄层色谱法鉴定了从木贼乙醚提取物中分离出的3种荧光物质,确定了其中两种物质是阿魏酸和咖啡酸,而阿魏酸和咖啡酸具有镇痛的功效,由此证明木贼具有镇痛作用。张世芳[41]等用不同浓度的木贼醇提取物分别给小白鼠灌胃,30 min后再腹腔注射戊巴比妥钠,另一组仅给戊巴比妥钠做对照,结果显示木贼醇提取物能延长小鼠的睡眠时间,表明木贼醇提取物能增加戊巴比妥钠对中枢神经系统的抑制作用,具有镇静作用。

3.3. 抗氧化作用

刘胜利[42]等研究发现木贼提取液可通过抵抗和清除老龄小鼠体内的自由基来发挥抗衰老的作用。易飞[43]对木贼黄酮粗提物进行抗氧化研究,结果显示木贼总黄酮能较强的清除DPPH自由基、羟自由基($\text{HO}\cdot$)和超氧阴离子($\text{O}_2\cdot^-$),表明木贼黄酮粗提物都有较强的抗氧化能力。Queiroz [44]等采用紫外分光光度法和高效液相色谱法对木贼提取物进行分析,并基于DPPH的清除活性对其抗氧化潜能进行了验证,结果显示木贼提取物对自由基的清除活性约为30%。李珊珊[45]等研究发现随着木贼生物碱浓度的提高,其对羟自由基、超氧自由基、DPPH自由基的清除能力逐渐增强。

3.4. 保肝作用

丁晓猛[46]等研究发现木贼水煎剂有效地降低了大鼠血清总胆固醇(TC)、甘油三酯(TG)、低密度脂蛋白(LDL)、极低密度脂蛋白(VLDL)、谷丙转氨酶(ALT)和谷草转氨酶(AST),表明通过调解脂代谢,干预肝细胞的脂变进程,进而修复受损肝功能可能是木贼抗脂性肝损伤的作用机制之一。姜秀娟[47]等研究发现木贼可通过抑制肝细胞凋亡来改善大鼠脂肪性肝损伤。孙昌霞[20]通过实验研究发现木贼总黄酮能显著降低小鼠血清中的肝酶指标,对氧化应激、炎症反应以及肝细胞凋亡、坏死有明显的抑制作用。Jin [32]等分离得到的5-羟甲基糠醛和山柰酚-3-O-槐糖苷-7-O- β -D-葡萄糖苷对他克林诱导Hep 3B细胞的细胞毒性具有肝保护作用。

3.5. 降血糖

Cetto [48]等研究发现墨西哥长毛木贼提取物对链脲霉素诱导的糖尿病大鼠有降血糖的作用,其效果

与对照药物格列本脲结果相似。Revilla [49]等对 11 例诊断为 2 型糖尿病的患者进行了木贼水提取物(0.33 g/kg)的降糖作用分析, 结果发现, 给药 90 min 后 2 型糖尿病患者的血糖水平均有明显降低, 胰岛素水平没有明显变化, 表明木贼水提取物具有降糖作用。梁宁[50]等于 2015 年用四氧嘧啶和链佐霉素诱导的小鼠的糖尿病模型证实了笔筒草(又称木贼)乙醇提取物和乙酸乙酯提取物具有降血糖作用。

3.6. 抗肿瘤作用

沈光海[26]采用鸡胚绒毛尿囊膜法(CAM)对木贼乙酸乙酯萃取部分进行了抗肿瘤新生血管活性研究, 结果表明木贼乙酸乙酯萃取部分具有抗肿瘤新生血管活性。张春梅[2]研究木贼乙酸乙酯提取物抗肿瘤活性成分研究中, 分离出了 8 个化合物, 其中山柰酚-7-*O*- β -D-葡萄糖苷、山柰酚-3-*O*- β -D-葡萄糖苷和 2-OMe-反式苯丙烯酸葡萄糖苷对人肝癌 Hep G2 细胞生长具有抑制作用, 而山柰酚-7-*O*- β -D-葡萄糖苷和反式阿魏酸葡萄糖苷对人宫颈癌 Hela 细胞生长具有抑制作用。何丽嵘[31]研究木贼二氯甲烷提取物抗肿瘤活性成分中, 分离得到了 7 个化合物, 其中亚油酸甲酯和胡萝卜苷对 Hela 细胞生长具有较好的抑制作用, β -谷甾醇、胡萝卜苷和山柰酚-7-*O*- β -D-葡萄糖苷对 Hep G2 细胞生长具有抑制作用。Queiroz [12]等研究发现木贼提取物及其分离物通过细胞凋亡诱导细胞死亡, 对 3 种不同类型的口腔鳞状细胞癌具有高选择性、无毒性的抑制作用, 由木贼分离物诱导的小鼠肿瘤生长显著减少, 表明木贼具有抗肿瘤作用。Li [51]等研究结果表明木贼提取物可通过诱导 G2/M 期阻滞和细胞凋亡来抑制 L1210 细胞的增殖。

3.7. 抗菌作用

Queiroz [44]等采用微量肉汤稀释法分析木贼提取物对细菌和真菌的抑菌活性。结果显示木贼提取物对皮肤真菌的抗菌活性较好, 对红色毛癣菌和犬小孢子菌的抑菌浓度最低, 抑菌浓度为 0.62 mg/mL。Santos [52]等利用微量肉汤稀释法分析木贼粗提物和茎部对细菌、真菌、分枝杆菌和锥虫等多种病原的抗菌、抑菌和抗寄生活性, 结果显示木贼粗提物和馏分具有抑菌活性, 能在 52.4~3.27 mg/mL 的最低抑菌浓度(MIC)范围内抑制细菌生长, 念珠菌的 MIC 范围为 52.4~6.5 mg/mL, 分枝杆菌的 MIC 范围为 2.5~0.625 mg/mL。木贼二氯甲烷提取物能够减少 83%的铜绿假单胞菌生物膜的形成和 51%的白色念珠菌生物膜。木贼正丁醇提取物表现出重要的原生动物效应, 暴露 9 小时后可减少 100%伊氏锥虫。Ferrazzano [53]等研究意大利脆弱植物对最重要的口腔致病菌(包括变形链球菌、远缘链球菌、干酪乳杆菌和粘性放线菌)的活性, 结果显示木贼提取物具有较强的抗菌活性。李珊珊[45]等研究发现木贼生物碱可以抑制大肠杆菌、枯草芽孢杆菌、金黄色葡萄球菌的生长, 其中对于大肠杆菌效果最为明显, MIC 为 5 mg/mL。

3.8. 止血作用

Aguayo [16]等研究发现木贼提取物通过调节 IL-10 和 MCP-1 释放以及胶原蛋白合成来加速糖尿病大鼠的伤口愈合。杨波[31]等从木贼乙醚提取物中分离出了咖啡酸, 而咖啡酸具有提高凝血功能及缩短出血时间的作用[54], 可见木贼具有止血作用

3.9. 其他

Silva [55]等在研究木贼提取物的生物蓄积潜力和细胞遗传毒性作用中发现, 木贼对不同重金属具有吸收和积累的能力, 包括铅、铜、钴、锰、锌、铁、铬。因此, 木贼是一种可靠的生物指示剂, 用于评估对环境以及人类和动物健康产生不利影响的某些物质的细胞遗传学毒性。此外, 木贼还具有抗血小板聚集和抗血栓形成的作用[56], 抗炎作用[57], 抑制肠收缩、收敛、杀虫及抗蛇毒等作用[2]。

4. 小结与结语

木贼作为一种多年生的草本野生植物, 有着悠久的历史, 在我国分布较广, 药源丰富且价廉, 在民

间有广泛的应用。木贼由于未进行有效的临床开发和利用,人们对它的研究相对较少,许多地方将其视作杂草除去,造成了木贼资源的极大浪费,因此有必要结合化学研究,进行药理活性筛选,寻找类似或新的有效成分,以更好地开发利用木贼。

参考文献

- [1] 李军山, 陈钟, 张肖建, 等. 木贼配方颗粒质量标准研究[J]. 西部中医药, 2017, 30(3): 25-27.
- [2] 张春梅. 木贼乙酸乙酯提取物抗肿瘤活性成分研究[D]: [硕士学位论文]. 延吉: 延边大学, 2012.
- [3] 赖正权, 艾伟鹏, 胡震, 等. 木贼的质量标准提升研究[J]. 中国药房, 2020, 31(9): 1080-1085.
- [4] Sureshkumar, J., Jenipher, C., Sriramavaratharajan, V., *et al.* (2023) Genus Equisetum L: Taxonomy, Toxicology, Phytochemistry and Pharmacology. *Journal of Ethnopharmacology*, **314**, Article ID: 116630. <https://doi.org/10.1016/j.jep.2023.116630>
- [5] Ribeiro, R.V., Bieski, I.G.C., Balogun, S.O., *et al.* (2017) Ethnobotanical Study of Medicinal Plants Used by Ribeirinhos in the North Araguaia Microregion, Mato Grosso, Brazil. *Journal of Ethnopharmacology*, **205**, 69-102. <https://doi.org/10.1016/j.jep.2017.04.023>
- [6] Tribess, B., Pintarelli, G.M., Bini, L.A., *et al.* (2015) Ethnobotanical Study of Plants Used for Therapeutic Purposes in the Atlantic Forest Region, Southern Brazil. *Journal of Ethnopharmacology*, **164**, 136-146. <https://doi.org/10.1016/j.jep.2015.02.005>
- [7] Mahmood, A., Mahmood, A. and Malik, R.N. (2012) Indigenous knowledge of medicinal plants from Leepa valley, Azad Jammu and Kashmir, Pakistan. *Journal of Ethnopharmacology*, 143(01): 338-346. <https://doi.org/10.1016/j.jep.2012.06.046>
- [8] Li, S., Long, C., Liu, F., *et al.* (2006) Herbs for Medicinal Baths among the Traditional Yao Communities of China. *Journal of Ethnopharmacology*, **108**, 59-67. <https://doi.org/10.1016/j.jep.2006.04.014>
- [9] Baptista, M.M., Ramos, M.A., De Albuquerque, U.P., *et al.* (2013) Traditional Botanical Knowledge of Artisanal Fishers in Southern Brazil. *Journal of Ethnobiology and Ethnomedicine*, **9**, Article No. 54. <https://doi.org/10.1186/1746-4269-9-54>
- [10] Canales, M., Hernández, T., Caballero, J., *et al.* (2005) Informant Consensus Factor and Antibacterial Activity of the Medicinal Plants Used by the People of San Rafael Coxcatlán, Puebla, México. *Journal of Ethnopharmacology*, **97**, 429-439. <https://doi.org/10.1016/j.jep.2004.11.013>
- [11] Idolo, M., Motti, R. and Mazzoleni, S. (2010) Ethnobotanical and Phytomedicinal Knowledge in a Long-History Protected Area, the Abruzzo, Lazio and Molise National Park (Italian Apennines). *Journal of Ethnopharmacology*, **127**, 379-395. <https://doi.org/10.1016/j.jep.2009.10.027>
- [12] De Queiroz, L.N., Da Fonseca, A.C.C., Wermelinger, G.F., *et al.* (2023) New Substances of *Equisetum hyemale* L. Extracts and Their *in Vivo* Antitumoral Effect Against oral Squamous Cell Carcinoma. *Journal of Ethnopharmacology*, **303**, Article ID: 116043. <https://doi.org/10.1016/j.jep.2022.116043>
- [13] 张承忠, 赵磊, 李冲, 等. 木贼化学成分研究[J]. 中草药, 2002(11): 21-22.
- [14] Parrish, A.N., Lange, I., Šamec, D., *et al.* (2022) Differential Accumulation of Metabolites and Transcripts Related to Flavonoid, Styrylpyrone, and Galactolipid Biosynthesis in *Equisetum* Species and Tissue Types. *Metabolites*, **12**, Article No. 403. <https://doi.org/10.3390/metabo12050403>
- [15] 沈乐. 木贼肝保护活性成分研究[D]: [硕士学位论文]. 延吉: 延边大学, 2013.
- [16] Aguayo-Morales, H., Sierra-Rivera, C.A., Claudio-Rizo, J.A., *et al.* (2023) Horsetail (*Equisetum hyemale*) Extract Accelerates Wound Healing in Diabetic Rats by Modulating IL-10 and MCP-1 Release and Collagen Synthesis. *Pharmaceuticals (Basel)*, **16**, Article No. 514. <https://doi.org/10.3390/ph16040514>
- [17] 许鑫, 苏瑞, 金敏婷, 等. 木贼中 3 种成分的 HPLC-DAD-MS 分析[J]. 中国执业药师, 2011, 8(8): 30-33.
- [18] 闫晓慧. 基于生物分子网络的中药木贼药效物质基础研究[D]: [硕士学位论文]. 佳木斯: 佳木斯大学, 2014.
- [19] 赵磊, 李冲, 张承忠, 等. 木贼中三种黄酮苷的含量测定[J]. 中国现代应用药学, 2005, 22(2): 159-161.
- [20] 孙昌霞. 木贼总黄酮的提取及对 APAP 致小鼠肝损伤保护作用的初步研究[D]: [硕士学位论文]. 长春: 吉林农业大学, 2018.
- [21] 潘旭, 张昌浩. 木贼化学成分和药理作用研究近况[J]. 吉林医药学院学报, 2018, 39(3): 216-218.
- [22] 潘晓曦, 马琳, 张舒娜, 等. 药用植物木贼研究进展[J]. 现代农业科技, 2014(24): 97-98.

- [23] 朴惠顺, 金光洙. 木贼的化学成分和药理作用研究进展[J]. 时珍国医国药, 2006, 17(6): 1077-1078.
- [24] Wang, J., Zhang, M., Chen, L., *et al.* (2021) Determination of Toxic Pyrrolizidine Alkaloids in Traditional Chinese Herbal Medicines by UPLC-MS/MS and Accompanying Risk Assessment for Human Health. *Molecules*, **26**, Article No. 1648. <https://doi.org/10.3390/molecules26061648>
- [25] 咎珂, 陈翠玲, 周颖, 等. 超高效液相色谱串联质谱法测定木贼中 4 种吡咯里西啶生物碱[J]. 化学分析计量, 2021, 30(12): 38-42.
- [26] 沈光海. 木贼中抗肿瘤新生血管生成活性成分的研究[D]: [硕士学位论文]. 延吉: 延边大学, 2002.
- [27] 李德坤, 李静. 木贼挥发油成分的研究[J]. 中草药, 2001, 32(6): 499-500.
- [28] 陈静, 杨彬, 穆鑫, 等. SFE 法和 SD 法提取木贼挥发油化学成分的比较分析[J]. 化学与生物工程, 2010, 27(3): 90-94.
- [29] 隋长惠, 吴立军, 杨继芳, 等. 木贼的石油醚提取物成分[J]. 沈阳药科大学学报, 1997(4): 63-64.
- [30] 李潇然, 王娟, 王世东, 等. 木贼-青葙子药对治疗糖尿病视网膜病变作用机制网络药理学研究[J]. 中国中医药信息杂志, 2021, 28(2): 28-34.
- [31] 何丽嵘. 木贼二氯甲烷提取物抗肿瘤活性成分研究[D]: [硕士学位论文]. 延吉: 延边大学, 2012.
- [32] Jin, M., Zhang, C., Zheng, T., *et al.* (2014) A New Phenyl Glycoside from the Aerial Parts of *Equisetum hyemale*. *Natural Product Research*, **28**, 1813-1818. <https://doi.org/10.1080/14786419.2014.947491>
- [33] 陈英茂, 刘豫安, 张游, 等. 木贼对大鼠心功能的影响[J]. 承德医学院学报, 2001, 18(3): 184-187.
- [34] Xu, C.F., Bian, X.Y., Qu, S.M., *et al.* (1993) Effect of *Equisetum hyemale* on Experimental Hyperlipemia in Rats and Its Toxic Test. *China Journal of Chinese Materia Medica*, **18**, 52-53+64.
- [35] 丁涛, 刘志敏, 甄艳军, 等. 两种木贼提取物对高血脂大鼠血管内皮保护作用的扫描电镜观察[J]. 中国老年学杂志, 2008, 28(15): 1463-1464.
- [36] 姜秀娟, 石晶, 刘红, 等. 两种木贼提取物对 AS 早期大鼠血管平滑肌细胞形态学影响[J]. 时珍国医国药, 2007, 18(8): 1827-1828.
- [37] 甄艳军, 安杰, 周晓红, 等. 木贼对动脉粥样硬化早期大鼠血清 IL-1、IL-8 及 TNF- α 的影响[J]. 中国老年学杂志, 2003, 23(8): 538-539.
- [38] 甄艳军, 刘红, 姜鸿燕, 等. 两种木贼提取物对 AS 大鼠平滑肌增殖凋亡及 P53 的干预[J]. 辽宁中医杂志, 2007, 34(9): 1331-1332.
- [39] 甄艳军, 牛丽颖, 赵兰英, 等. 木贼提取物对早期 AS 大鼠血管平滑肌凋亡及 Fas、FasL 表达的干预[J]. 北京中医药大学学报, 2007, 30(1): 45-47+76.
- [40] 杨波, 苑艳光, 张良. 木贼中镇痛成分的分离鉴定[J]. 佳木斯医学院学报, 1997(6): 82.
- [41] 张世芳, 何功倍, 张循范, 等. 木贼的药理研究[J]. 湖北中医杂志, 1980(5): 52-56.
- [42] 刘胜利, 黄少花, 潘喜英, 等. 木贼提取液对老龄小鼠抗氧化作用的影响[J]. 中国老年学杂志, 2011, 31(23): 4620-4621.
- [43] 易飞. 木贼总黄酮的提取及活性研究[D]: [硕士学位论文]. 长春: 吉林大学, 2014.
- [44] De Queiroz, G.M., Politi, F.A., Rodrigues, E.R., *et al.* (2015) Phytochemical Characterization, Antimicrobial Activity, and Antioxidant Potential of *Equisetum hyemale* L. (Equisetaceae) Extracts. *Journal of Medicinal Food*, **18**, 830-834. <https://doi.org/10.1089/jmf.2014.0089>
- [45] 李珊珊, 赵丽婷, 高相宇, 等. 木贼生物碱的提取及其功能的研究[J]. 基因组学与应用生物学, 2020, 39(6): 2698-2704.
- [46] 丁晓猛, 姜秀娟, 王旭辉, 等. 木贼水煎剂对大鼠食饵性脂肪肝的干预作用[J]. 中国老年学杂志, 2010, 30(21): 3136-3138.
- [47] 姜秀娟, 王旭辉, 丁晓猛, 等. 木贼对食饵性脂肪肝大鼠肝细胞增殖与凋亡的影响[J]. 时珍国医国药, 2011, 22(5): 1163-1164.
- [48] Andrade Cetto, A., Wiedenfeld, H., Revilla, M.C., *et al.* (2000) Hypoglycemic Effect of *Equisetum myriochaetum* Aerial Parts on Streptozotocin Diabetic Rats. *Journal of Ethnopharmacology*, **72**, 129-133. [https://doi.org/10.1016/S0378-8741\(00\)00218-X](https://doi.org/10.1016/S0378-8741(00)00218-X)
- [49] Revilla, M.C., Andrade-Cetto, A., Islas, S., *et al.* (2002) Hypoglycemic Effect of *Equisetum myriochaetum* Aerial Parts on Type 2 Diabetic Patients. *Journal of Ethnopharmacology*, **81**, 117-120. [https://doi.org/10.1016/S0378-8741\(02\)00053-3](https://doi.org/10.1016/S0378-8741(02)00053-3)

-
- [50] 梁宁, 陈壮. 广西壮药笔筒草降血糖有效部位筛选研究[J]. 北方药学, 2015, 12(1): 107-108.
- [51] Li, H., Wang, P., Liu, Q., *et al.* (2012) Cell Cycle Arrest and Cell Apoptosis Induced by *Equisetum hyemale* Extract in Murine Leukemia L1210 Cells. *Journal of Ethnopharmacology*, **144**, 322-327. <https://doi.org/10.1016/j.jep.2012.09.015>
- [52] Dos Santos Alves, C.F., Bonez, P.C., De Souza, M.E., *et al.* (2016) Antimicrobial, Antitrypanosomal and Antibiofilm Activity of *Equisetum hyemale*. *Microbial Pathogenesis*, **101**, 119-125. <https://doi.org/10.1016/j.micpath.2016.11.008>
- [53] Ferrazzano, G.F., Roberto, L., Catania, M.R., *et al.* (2013) Screening and Scoring of Antimicrobial and Biological Activities of Italian Vulnerary Plants against Major Oral Pathogenic Bacteria. *Evidence-Based Complementary and Alternative Medicine*, **2013**, Article ID: 316280. <https://doi.org/10.1155/2013/316280>
- [54] 赵小杰, 黄慧霏, 林莹波, 等. 植物中几种酚酸的止血与活血作用研究[J]. 亚太传统医药, 2016, 12(11): 66-69.
- [55] Silva, R., Marques De Oliveira Moraes, V., Marinho Dos Santos, V.H., *et al.* (2022) Heavy Metal Accumulation Efficiency and Subsequent of Cytogenotoxicity Evaluation in the Medicinal Plant *Equisetum hyemale*. *Journal of Toxicology and Environmental Health Part A*, **85**, 989-1001. <https://doi.org/10.1080/15287394.2022.2139313>
- [56] 齐志敏, 王倩. 木贼提取物对大鼠血小板聚集与血栓形成的影响[J]. 中国临床康复, 2004, 8(34): 7738-7739.
- [57] 何晓燕, 史岩, 刘宏汉, 等. 木贼乙醇提取物对小鼠抗炎作用的实验研究[J]. 通化师范学院学报, 2017, 38(10): 23-26.