

白茅根的研究进展

李 佳

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12日; 录用日期: 2023年7月21日; 发布日期: 2023年8月11日

摘 要

白茅根为禾本科植物白茅 *Imperata cylindricavar. major* 的干燥根茎, 为传统的药食同源中药材, 具有极大的药用和食用价值, 且在民间使用广泛。该药材现已分离鉴定出149个化学成分, 其中主要含有三萜类、酚酸类及黄酮类化学成分。研究表明, 白茅根具有凉血止血, 清热利尿、抗菌抗炎、抗肿瘤及抗氧化等药理活性。本文对近年来白茅根的化学成分及药理活性予以综述。

关键词

白茅根, 化学成分, 药理活性

Research Progress of *Imperata cylindrica* var. *major*

Jia Li

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

Received: Jul. 12th, 2023; accepted: Jul. 21st, 2023; published: Aug. 11th, 2023

Abstract

Imperata cylindricavar. major belongs to Poaceae family, its rhizome is a traditional medicinal and food homologous Chinese medicinal herb, which has great medicinal and edible value, and is widely used in Chinese folk. To date, 149 chemical constituents have been isolated and identified from the rhizome of *I. cylindrica*. Among these compounds, triterpenoids, phenolic acids, and flavonoids are the major constituents. Pharmacological activity research shows that the rhizome of *I. cylindrica* has a wide range of therapeutic potential, such as cooling blood and hemostasis, clearing heat and diuresis, antibacterial and anti-inflammatory, anti-tumor and antioxidant. This work reviews its chemical components and pharmacological activities in recent years.

Keywords

Imperata cylindrica, Chemical Components, Pharmacological Activities

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

白茅 *Imperata cylindrica* var. *major* (*I. cylindrica*) 为禾本科白茅属植物，其根茎可以食用，处于花苞时期的花穗亦可鲜食，白茅根为白茅的干燥根茎，如图 1 所示，是传统常用药食同源中药材之一，始载于《神农本草经》[1]。白茅根广泛分布于全国各地。其味甘、性寒，具有凉血止血、抗菌抗炎、保肝、利尿降压、免疫调节、抗氧化、抗癌、改善肾功能、神经保护和改善糖脂代谢等药理作用。白茅根的化学成分丰富，已从该植物中分离鉴定了 149 种化合物，主要为三萜类、甾体类、黄酮类、色原酮类、木脂素类、苯丙素类、香豆素类、酚酸类、内酯类等化学成分，且白茅根中还含有丰富的糖类、有机酸类及 K、Fe、Cu、Zn、Mn、Ca、Mg 等金属成分[2]，常将其用于治疗血热吐血，衄血，尿血，热病烦渴，湿热黄疸，热淋涩痛等疾病[3]。本文对白茅根化学成分、药理作用及药食同源应用的研究进展进行了综述，为其在药物研发和食品应用方面提供参考。



Figure 1. *Imperata cylindrica* var. *major* taken by the author in Sichuan Luzhou, on January of 2023

图 1. 白茅根。2023 年 1 月，作者摄于四川泸州

2. 化学成分

2.1. 三萜类

三萜类化合物广泛存在于药用植物之中，是以异戊二烯为结构单元的一类天然化合物，其具有降血糖、抗氧化保肝等药理活性[4]。白茅根中三萜类化合物主要有芦竹素、羊齿烯醇、白茅素、异乔木萜醇、西米杜鹃醇、木醛酮、乔木萜醇等[5]，目前已在白茅根中分离出 29 种三萜类化合物(见表 1)。

Table 1. Triterpenoids in the rhizome of *I. cylindrica*
表 1. 白茅根中三萜类化合物

序号	化合物	分子式	分子量	参考文献
1	芦竹素	C ₃₁ H ₅₂ O	440.40	[1] [2] [6]
2	羊齿烯醇	C ₃₀ H ₅₀ O	426.39	[1] [2] [6]
3	白茅素	C ₃₁ H ₅₂ O	440.40	[1] [2] [6]
4	异乔木萜醇	C ₃₀ H ₅₀ O	426.39	[2] [6]
5	西米杜鹃醇	C ₃₀ H ₅₀ O	426.39	[2] [6]
6	木醛酮	C ₃₀ H ₅₀ O	426.39	[2] [6]
7	乔木萜醇	C ₃₀ H ₅₀ O	426.39	[2] [6]
8	乔木萜醇甲醚	C ₃₁ H ₅₂ O	440.40	[2] [6]
9	乔木萜酮	C ₃₀ H ₄₈ O	424.37	[2] [6]
10	粘霉酮	C ₃₀ H ₄₈ O	424.37	[6]
11	14-epiarbor-7-en-3 β -ol	C ₃₀ H ₅₀ O	426.39	[6] [7]
12	14-epiarbor-7-en-3 β -yl formate	C ₃₁ H ₅₀ O ₂	454.38	[6] [7]
13	14-epiarbor-7-en-3-one	C ₃₀ H ₄₈ O	424.37	[6] [7]
14	α -香树脂酮	C ₃₀ H ₄₈ O	424.37	[6] [7]
15	β -香树脂酮	C ₃₀ H ₄₈ O	424.37	[6] [7]
16	impallidin	C ₃₁ H ₅₀ O	440.40	[8]
17	impallidol	C ₃₀ H ₅₀ O	426.39	[8]
18	impallidin ozonide (3a, 3b)	C ₃₁ H ₅₂ O ₄	488.39	[8]
19	trisorimpallidin aldehyde	C ₂₈ H ₄₆ O ₂	414.35	[8]
20	tetranorimpallidin aldehyde	C ₂₇ H ₄₄ O ₂	400.33	[8]
21	3-episimiarenol	C ₃₀ H ₅₀ O	426.39	[8]
22	fern-9(11)-en-3-one	C ₃₀ H ₄₀ O ₈	424.37	[8]
23	fern-9(11)-en-3 β -ol	C ₃₀ H ₅₀ O	426.39	[8]
24	α -香树素	C ₃₀ H ₅₀ O	426.39	[8]
25	β -香树脂醇	C ₃₀ H ₅₀ O	426.39	[8]
26	gultinol	C ₃₀ H ₅₀ O	426.39	[8]
27	fernenone	C ₃₀ H ₄₈ O	424.37	[6]
28	羽扇豆醇	C ₃₀ H ₅₀ O	426.39	[8]
29	环阿屯醇	C ₃₀ H ₅₀ O	426.39	[8]

2.2. 酚酸类

白茅根中的酚类成分可能为其发挥体外抗炎活性的主要成分[6]。据文献报道, 现已从白茅根中分离出 28 种酚酸类化合物(见表 2)。

Table 2. Phenolic acids in the rhizome of *I. cylindrica*
表 2. 白茅根中酚酸类化合物

序号	化合物	分子式	分子量	参考文献
1	4-羟基-3-甲氧基苯基- β -D-吡喃木糖基(1 \rightarrow 6)-O- β -D-吡喃葡萄糖苷	C ₁₈ H ₂₆ O ₁₂	434.14	[6]
2	cuneataside D	C ₁₉ H ₂₈ O ₁₂	448.16	[6]
3	3,4-二甲氧基苯基- β -D-吡喃葡萄糖苷	C ₁₄ H ₂₀ O ₈	316.12	[6]
4	3,4-dimethoxyphenyl-1-O- β -D-apiofuranosyl(1 \rightarrow 6)- β -D-glucopyranoside	C ₁₉ H ₂₈ O ₁₂	448.16	[6]
5	3,4-dimethoxyphenyl-O- α -L-rhamnopyranosyl(1 \rightarrow 6)- β -D-glucopyranoside	C ₂₀ H ₃₀ O ₁₂	462.17	[6] [9]
6	3,4,5-trimethoxyphenyl 1-O- β -apiofuranosyl(1'' \rightarrow 6')- β -glucopyranoside	C ₂₀ H ₃₀ O ₁₃	478.17	[6]
7	水杨苷	C ₁₃ H ₁₈ O ₇	286.11	[2] [6]
8	2'-O-(E)-p-coumaroylsalicin	C ₂₂ H ₂₄ O ₉	432.14	[6]
9	poliothryoside	C ₂₀ H ₂₂ O ₉	406.13	[6]
10	salireposide	C ₂₀ H ₂₂ O ₉	406.13	[6]
11	4'-hydroxybenzyl-2-hydroxybenzoate-1'-O- β -D-glucopyranoside	C ₂₀ H ₂₂ O ₁₂	422.12	[6]
12	对羟基苯甲醛	C ₇ H ₆ O ₂	122.04	[6] [9]
13	对羟基苯甲酸	C ₇ H ₆ O ₃	138.03	[2] [6]
14	3,4-二羟基苯甲酸	C ₇ H ₆ O ₄	154.03	[2] [6]
15	4-羟基-3,5-二甲氧基苯甲醛	C ₉ H ₁₀ O ₄	182.06	[6]
16	紫丁香酸	C ₉ H ₁₀ O ₅	198.05	[6]
17	丁香酸葡萄糖苷	C ₁₅ H ₂₀ O ₁₀	360.11	[6]
18	紫花松果菊苷 A	C ₂₀ H ₃₀ O ₁₁	446.18	[6]
19	imperphenoside A	C ₂₀ H ₂₈ O ₁₂	460.16	[6]
20	imperphenol B	C ₁₃ H ₁₆ O ₇	284.09	[6]
21	imperphenol C	C ₁₃ H ₁₄ O ₇	282.07	[6]
22	imperphenoside D	C ₁₈ H ₂₈ O ₁₁	420.16	[6]
23	imperphenoside E	C ₁₈ H ₂₈ O ₁₁	420.16	[6]
24	imperphenoside F	C ₃₃ H ₄₄ O ₁₉	744.25	[6]
25	异香兰素	C ₈ H ₈ O ₃	152.05	[6]
26	cylindol A	C ₁₆ H ₁₄ O ₇	318.07	[6] [10]
27	cylindol B	C ₁₆ H ₁₄ O ₇	318.07	[6] [10]
28	α -联苯双酯	C ₂₀ H ₁₈ O ₁₀	418.09	[2] [6]

2.3. 黄酮、色酮类

白茅根中富含黄酮类化合物, 其具有抗菌消炎、镇痛作用、止血作用和保肝作用等药理作用[5]。此外, 其中也含有少量色酮类化合物, 色酮类成分具有抗炎[11]和神经保护活性[12]等药理活性。据文献报道, 现已从白茅根中分离出 14 种黄酮类化合物和 9 种色酮类化合物(见表 3)。

Table 3. Flavonoids in the rhizome of *I. cylindrica*

表 3. 白茅根中黄酮类化合物

序号	化合物	分子式	分子量	参考文献
1	5-甲氧基黄酮	C ₁₆ H ₁₂ O ₃	252.08	[2] [6] [9]
2	6-羟基-5-甲氧基黄酮	C ₁₆ H ₁₂ O ₄	268.07	[6] [9]
3	5,2'-二甲氧基黄酮	C ₁₇ H ₁₄ O ₄	282.09	[6]
4	tricin 4'-O-(erythro-β-guaiacylglyceryl) ether	C ₂₇ H ₂₆ O ₁₁	526.15	[6]
5	tricin 4'-O-(erythro-β-4-hydroxyphenylglyceryl) ether	C ₂₆ H ₂₄ O ₁₀	496.14	[6]
6	黄酮	C ₁₅ H ₁₀ O ₂	222.07	[13]
7	4'-羟基-5-甲氧基黄酮	C ₁₆ H ₁₂ O ₄	268.07	[13]
8	5-羟基黄酮	C ₁₅ H ₁₀ O ₃	238.06	[13]
9	苜蓿素	C ₁₇ H ₁₄ O ₇	330.07	[6]
10	棕鳞矢车菊黄酮素	C ₁₈ H ₁₆ O ₈	360.08	[6]
11	汉黄芩素	C ₁₆ H ₁₂ O ₅	284.07	[6]
12	quercetagetin-3,5,6,3'-tetramethyl ether	C ₁₉ H ₁₈ O ₈	374.10	[6]
13	3,5-di-O-methyl-kaempferol	C ₁₇ H ₁₄ O ₆	314.08	[6]
14	4'-甲氧基黄酮-6-O-β-D-吡喃葡萄糖苷	C ₂₂ H ₂₂ O ₉	430.13	[9]
15	5-羟基-8-O-β-D-吡喃葡萄糖基-2-(2-苯乙基)色酮	C ₂₃ H ₂₄ O ₉	444.14	[6]
16	5-羟基-2-苯乙基色酮	C ₁₇ H ₁₄ O ₃	266.09	[2] [6]
17	5-2-[2-(2-羟基苯基)乙基]色酮	C ₁₇ H ₁₄ O ₄	280.11	[2] [6]
18	8-羟基-2-(2-苯乙基)色酮	C ₁₇ H ₁₄ O ₃	266.09	[13]
19	2-(2-苯乙基)色酮-8-O-β-D-吡喃葡萄糖苷	C ₂₃ H ₂₄ O ₈	428.15	[6]
20	2-(2-苯乙基)色酮	C ₁₇ H ₁₄ O ₂	250.10	[6]
21	5-羟基-2-(2-苯乙基)色酮	C ₁₇ H ₁₄ O ₃	266.09	[6]
22	7-羟基-5-甲氧基-2-甲基色酮	C ₁₁ H ₁₀ O ₄	206.07	[14]
23	6-羟基-2-(2-苯乙基)色酮	C ₁₇ H ₁₄ O ₃	266.09	[6]

2.4. 甾体类

白茅根中分离鉴定的甾体类化合物较少, 现只从中发现了 7 种甾体类化合物(见表 4)。

Table 4. Steroids in the rhizome of *I. cylindrica***表 4.** 白茅根中甾体类化合物

序号	化合物	分子式	分子量	参考文献
1	谷甾醇	C ₂₉ H ₅₀ O	414.39	[1] [2] [6]
2	油菜甾醇	C ₂₈ H ₅₀ O	402.39	[2] [6]
3	豆甾醇	C ₂₉ H ₄₈ O	412.37	[6]
4	胡萝卜苷	C ₃₅ H ₆₀ O ₆	576.44	[1] [6]
5	2-甲氧基雌酮	C ₁₉ H ₂₄ O ₃	300.17	[6]
6	11, 16-dihydroxypregn-4-ene-3, 20-dione	C ₂₁ H ₃₀ O ₄	346.21	[6]
7	β -谷甾醇-3- <i>O</i> - β -D-吡喃葡萄糖苷-6'-十四烷酸盐	C ₂₁ H ₃₀ O ₄	346.21	[6]

2.5. 木脂素类

据文献报道, 现已从白茅根中分离出 15 种木脂素类化合物(见表 5)。

Table 5. Lignans in the rhizome of *I. cylindrica***表 5.** 白茅根中木脂素类化合物

序号	化合物	分子式	分子量	参考文献
1	imperlignanoside A	C ₃₁ H ₄₂ O ₁₄	638.26	[6]
2	imperlignanoside B	C ₃₁ H ₄₂ O ₁₅	654.25	[6]
3	imperlignanoside C	C ₃₁ H ₄₂ O ₁₅	654.25	[6]
4	imperlignanoside D	C ₃₄ H ₄₀ O ₁₈	736.22	[6]
5	imperlignanoside E	C ₂₅ H ₃₀ O ₁₂	522.17	[6]
6	impecyloside	C ₃₄ H ₄₀ O ₁₈	736.22	[6] [9]
7	(7 <i>R</i> ,8 <i>R</i>)-4,7,9,9'-tetrahydroxy-3,3'-dimethoxy-8-4'-oxyneolignan-7- <i>O</i> - β -D-glucopyranoside	C ₂₆ H ₃₆ O ₁₂	540.22	[6] [15]
8	(7 <i>R</i> ,8 <i>S</i>)-4,7,9,9'-tetrahydroxy-3,3'-dimethoxy-8-4'-oxyneolignan-7- <i>O</i> - β -D-glucopyranoside	C ₂₆ H ₃₆ O ₁₂	540.22	[6] [15]
9	(-)-(7 <i>R</i> ,8 <i>R</i>)-4,7,9,9'-tetrahydroxy-3,5,3'-trimethoxy-8-4'-oxyneolignan-7- <i>O</i> - β -D-glucopyranoside	C ₂₇ H ₃₈ O ₁₃	570.23	[6] [15]
10	graminone A	C ₂₀ H ₂₀ O ₇	372.12	[2] [6] [9]
11	graminone B	C ₂₁ H ₂₂ O ₈	402.13	[2] [6]
12	1,2',4',6'-四乙酰基-3,6-二阿魏酸蔗糖苷	C ₄₀ H ₄₆ O ₂₁	862.25	[6]
13	sucrose diester of 4,4'-dihydroxy-3,3'-dimethoxy- β -truxinic acid	C ₃₂ H ₃₈ O ₁₇	694.21	[6]
14	(-)-syringaresinol-4- <i>O</i> - β -D-glucopyranoside	C ₂₈ H ₃₆ O ₁₃	580.22	[6]
15	(6 <i>R</i> ,7 <i>S</i> ,8 <i>S</i>)-7 α -[(β -glucopyranosyl)oxy]lyoniresinol	C ₂₈ H ₃₈ O ₁₃	582.23	[6]

2.6. 苯丙素类

据文献报道, 现已从白茅根中分离出 17 种苯丙素类化合物(见表 6)。

Table 6. Phenylpropanoids in the rhizome of *I. cylindrica***表 6.** 白茅根中苯丙素类化合物

序号	化合物	分子式	分子量	参考文献
1	1-(3,4,5-三甲氧基苯基)-1,2,3-丙三醇	C ₁₂ H ₁₈ O ₆	258.11	[2] [6]
2	1- <i>O</i> -对香豆酰基甘油酯	C ₁₂ H ₁₄ O ₅	238.08	[2] [6]
3	imperanene	C ₁₉ H ₂₂ O ₅	330.15	[6] [16]
4	4-羟基肉桂酸	C ₉ H ₈ O ₃	164.05	[6] [9]
5	咖啡酸乙酯	C ₁₁ H ₁₂ O ₄	208.07	[6]
6	松柏醛	C ₁₀ H ₁₀ O ₃	178.06	[6]
7	(+)-(7 <i>S</i> ,8 <i>S</i>)-4-羟基-3-甲氧基苯基丙三醇	C ₁₀ H ₁₄ O ₅	214.08	[6]
8	(+)-(7 <i>S</i> ,8 <i>S</i>)-3-甲氧基-4-羟基苯基丙三醇-8- <i>O</i> -β-D-吡喃葡萄糖苷	C ₁₆ H ₂₄ O ₁₀	376.14	[6]
9	(7 <i>S</i> ,8 <i>S</i>)-syringoylglycerol	C ₁₁ H ₁₆ O ₆	244.09	[6]
10	1-咖啡酰奎尼酸	C ₁₆ H ₁₈ O ₉	354.10	[2] [6]
11	4-咖啡酰奎尼酸	C ₁₆ H ₁₈ O ₉	354.10	[2] [6]
12	5-咖啡酰奎尼酸	C ₁₆ H ₁₈ O ₉	354.10	[2] [6]
13	1-阿魏酰奎尼酸	C ₁₇ H ₂₀ O ₉	368.11	[6]
14	咖啡酸	C ₉ H ₈ O ₄	180.04	[1] [2] [6]
15	3-咖啡酰奎尼酸	C ₁₆ H ₁₈ O ₉	354.10	[2] [6]
16	阿魏酸	C ₁₀ H ₁₀ O ₄	194.06	[6]
17	绿原酸	C ₁₆ H ₁₈ O ₉	354.10	[1] [2] [6]

2.7. 香豆素类

据文献报道, 现已从白茅根中分离出 5 种香豆素类化合物(见表 7)。

Table 7. Coumarins in the rhizome of *I. cylindrica***表 7.** 白茅根中香豆素类化合物

序号	化合物	分子式	分子量	参考文献
1	7- <i>O</i> -β-D-吡喃葡萄糖基-4-甲氧基-5-甲基香豆素	C ₁₇ H ₂₀ O ₉	368.11	[2] [6] [9]
2	4,7-二甲氧基-5-甲基香豆素	C ₁₂ H ₁₂ O ₄	220.07	[2] [6] [9]
3	5-甲基香豆酸甲酯 3- <i>O</i> -β-吡喃葡萄糖苷	C ₁₇ H ₂₀ O ₉	368.11	[6] [15]
4	5-methyl coumarilic acid methyl ester 3- <i>O</i> -α- <i>L</i> -rhamnopyranosyl(1→6)-β-D-glucopyranoside	C ₂₃ H ₃₀ O ₁₃	514.17	[6] [15]
5	7-羟基-4-甲氧基-5-甲基香豆素	C ₁₁ H ₁₀ O ₄	206.06	[6] [9]

2.8. 内酯类

白茅根中含有部分小分子物质, 如内酯类的白头翁素和薏苡素(见表 8)。

Table 8. Lactones in the rhizome of *I. cylindrica***表 8.** 白茅根中内酯类化合物

序号	化合物	分子式	分子量	参考文献
1	白头翁素	C ₁₀ H ₈ O ₄	192.04	[1] [2] [6]
2	薏苡素	C ₈ H ₇ NO ₃	165.04	[1] [2] [6]

2.9. 糖类

白茅根多糖为白茅根的主要化学成分,其含量约占总提取物的 80% [17]。目前对于白茅根多糖的研究较多,邹一可[18]等的实验结果表明白茅根多糖由鼠李糖、木糖、果糖、甘露糖、葡萄糖这 5 种单糖组成。张素红[19]等采用高效液相色谱-电喷雾检测器(HPLC-CAD)法测定了 30 批白茅根样品中果糖、葡萄糖和蔗糖含量,检测结果显示在提取物中果糖占 2.5%,葡萄糖占 1.5%,蔗糖占 5.5%。刘荣华[20] [21]等对不同产地不同生长时期的白茅根多糖含量进行比较,结果表明不同产地白茅根多糖含量差异较为明显,以福建邵武的含量最高,且白茅根多糖含量在 3 月~7 月逐月增加。

2.10. 挥发油类

宋伟峰[22]等采用水蒸气蒸馏法对白茅根进行提取,并用气相色谱-质谱法(GC-MS)对白茅根中所含的挥发油进行分析。研究结果表明白茅根中含有以下 10 种挥发油成分,分别为十四酸、十五烷酸、5-异丙氧基-4-甲氧基-2-萘甲醇、油酸、正十六醇、亚油酸、棕榈酸、顺-7-十四烯醛、硬脂酸以及邻苯二甲酸二辛酯,其中相对含量较高的为亚油酸、棕榈酸和顺-7-十四烯醛。

2.11. 有机酸及其它类

此外,据文献报道,白茅根中还含有有机酸类等化学成分(见表 9)。

Table 9. Organic acids and other chemicals in the rhizome of *I. cylindrica***表 9.** 白茅根中有机酸及其它类化合物

序号	化合物	分子式	分子量	参考文献
1	草酸	C ₂ H ₂ O ₄	90.03	[2] [5]
2	苹果酸	C ₄ H ₆ O ₅	134.02	[2] [5]
3	柠檬酸	C ₆ H ₈ O ₇	192.03	[2] [6]
4	酒石酸	C ₄ H ₆ O ₆	150.02	[2] [6]
5	二咖啡酰奎尼酸	C ₂₅ H ₂₄ O ₁₂	516.13	[2] [5]
6	3,4-二羟基丁酸	C ₄ H ₈ O ₄	120.04	[2] [6]
7	香草酸	C ₈ H ₈ O ₄	168.04	[1] [5]
8	对羟基苯甲酸乙酯	C ₉ H ₁₀ O ₃	166.06	[23]
9	5-羟甲基糠醛	C ₆ H ₆ O ₃	126.03	[6]
10	白茅根萜	C ₁₅ H ₂₀ O ₂	232.15	[2] [6]
11	烟叶酮	C ₁₃ H ₁₈ O	190.14	[24]
12	impecylone	C ₁₄ H ₁₄ O ₄	245.09	[25]

Continued

13	de-acetylimpecyloside	C ₃₂ H ₃₈ O ₁₇	694.21	[25]
14	seguinoside K-4-methylether	C ₂₇ H ₃₄ O ₁₅	598.16	[25]
15	impecylenolide	C ₂₀ H ₂₀ O ₇	372.12	[25]
16	seguinoside K	C ₂₆ H ₃₆ O ₁₅	584.17	[25]
17	3- <i>O</i> -咖啡酰基奎宁酸甲酯	C ₁₇ H ₂₀ O ₉	368.11	[6]
18	(-)-4- <i>O</i> -阿魏酰奎宁酸甲酯	C ₁₈ H ₂₂ O ₉	382.13	[6]
19	5- <i>O</i> -阿魏酰奎宁酸	C ₁₇ H ₂₀ O ₉	368.11	[6]
20	(6 <i>R</i> ,9 <i>S</i>)-13-nor-5-carboxyblumenol C-9- <i>O</i> - β -glucoside	C ₁₉ H ₃₀ O ₉	402.19	[6]
21	(6 <i>S</i> ,9 <i>S</i>)-roseoside	C ₁₉ H ₃₀ O ₈	386.19	[6]
22	(1 <i>R</i> ,2 <i>S</i>)-2-hydroxycyclohexyl-2'- <i>O</i> -trans-p-coumaroyl- β -D-glucopyranoside	C ₂₁ H ₂₈ O ₉	424.17	[6]
23	glycerol-1- <i>O</i> - α -D-glucuronide 3- <i>O</i> -benzoyl ester	C ₁₆ H ₂₀ O ₁₀	372.11	[6]

3. 药理活性

白茅根化学成分的复杂性致使其药理活性的多样性。现代药理学研究表明,白茅根具有止血、抗菌、抗炎、保肝、利尿降压、免疫调节、抗氧化、抗癌、改善肾功能、神经保护和改善糖脂代谢等作用。

3.1. 止血作用

白茅根属于凉血止血药,在前期研究中对其止血作用描述颇多。韦乃球[26]等用 SD 大鼠分别建立血热出血和虚寒出血大鼠模型对白茅根止血作用进行研究,结果表明高剂量白茅根对血热出血大鼠止血效果显著。此外,有研究证实白茅根主要是通过影响大鼠的凝血系统和血小板聚集而达到增强止血的作用[2],且 Matsunaga [27]从白茅根中分离出一种具有抗血小板凝聚的化学成分 imperanene。付丽娜[23]等通过溶血试验,以抗补体活性作为导向分离手段对白茅根的石油醚部位、乙酸乙酯部位及水提部位进行抗补体活性测试,研究结果表明石油醚部位和乙酸乙酯部位的活性较强,并且在其部位所提取的香草酸、对羟基桂皮酸等酚酸类化合物对补体系统经典途径溶血具有抑制作用。

3.2. 抗菌作用

李昌灵[28]等用不同溶剂对白茅根进行提取,研究结果表明白茅根提取物对产气肠杆菌、大肠杆菌、金黄色葡萄球菌、假丝酵母及枯草芽孢杆菌这五种细菌均能产生抑菌作用,其抑菌作用与白茅根提取物芦竹素、白茅素及 α -联苯双酯等化学成分相关。此外,有研究发现白茅根中含有重要的生物活性化合物,这些化合物能够使绦虫表皮损伤和蛔虫表皮变形,表明白茅根对绦虫和蛔虫均具有驱虫活性[29]。

3.3. 抗炎作用

已有多篇文献报道白茅根中酚酸类化学成分具有良好的抗炎作用。Ruan [30]等以脂多糖(LPS)刺激诱导的 RAW264.7 细胞作为体外抗炎活性模型,研究了白茅根提取物对 RAW264.7 细胞释放 NO 的抑制作用,结果表明以下 11 种化合物 imperphenosides D、4-羟基-3-甲氧基苯基- β -D-吡喃木糖基(1 \rightarrow 6)-*O*- β -D-吡喃葡萄糖苷、cuneataside D、3,4-二羟基苯甲酸、紫丁香酸、咖啡酸、咖啡酸乙酯、(7*S*,8*S*)-syringoylglycerol、5-甲氧基黄酮、5,2'-二甲氧基黄酮、tricin 4'-*O*-(erythro- β -4-hydroxyphenylglyceryl) ether 能够抑制 NO 产生,

从而发挥体外抗炎活性。此外，白茅根中提取物的 imperphenosides D、4-羟基-3-甲氧基苯基- β -D-吡喃木糖基(1 \rightarrow 6)-*O*- β -D-吡喃葡萄糖苷、5-甲氧基黄酮和 triclin 4'-*O*-(erythro- β -4-hydroxyphenylglyceryl) ether 这 4 个化学成分能够抑制 κ B 抑制因子激酶的磷酸化，从而减少诱导型 NO 合成酶、IL-6 和 TNF- α 等炎症细胞因子的蛋白表达，继而发挥抗炎作用。An [14]等采用 HPLC 对白茅根中的化学成分进行研究，并用核磁共振波谱法从白茅根中分离出 isoeugenin、阿魏酸、对羟基肉桂酸和咖啡酸，这四种化合物中 isoeugenin 能够抑制 NO 合成酶且能够显著抑制 COX-2 和促炎细胞因子 mRNA 水平的表达。Matsunaga 等研究发现从白茅根中分离出的 imperanin [27]和 cylindol A [10]也显示出抗炎活性。李秋呈[31]等研究发现白茅根水煎液能够通过抑制 TLR4/NF- κ B 信号通路的激活，进而降低血清 CRP、PCT、IL-6、IL-8、TNF- α 水平，使减少炎症因子释放作用，进而对社区性肺炎具有一定治疗作用。

3.4. 保肝作用

《本草纲目》中有关于白茅根“止吐衄诸血……肺热喘急，水肿，黄疸，解酒毒”的记载[32]。Ma [15]等从白茅根中分离出的化合物 5-methyl coumarilic acid methyl ester 3-*O*- β -D-glucopyranoside，5-methylcoumarilic acid methyl ester 3-*O*- α -l-rhamnopyranosyl (1 \rightarrow 6)- β -D-glucopyranosid 和 (7*R*,8*S*)-4,7,9,9'-tetrahydroxy-3,3'-dimethoxy-8-4'-oxyneolignan-7-*O*- β -D-glucopyranosid 在体外试验中表现出显著的抗 APAP 诱导的 HepG2 细胞损伤的保肝活性。蓝贤俊[33]等采用白酒灌胃建立小鼠酒精中毒模型，并将其分为酒精中毒模型组和白茅根治疗组，白茅根治疗组灌胃给予白茅根提取液，实验结果显示，与酒精中毒模型组相比，白茅根提取液能降低羟自由基活性，提高机体抗氧化能力，从而对酒精中毒所致的肝损伤和脑损伤具有一定的保护作用。王伟[34]研究发现火灸联合白茅根汤能够治疗肝腹水，提高肝功能。此外，中医治疗乙肝时也常用白茅根与其它中药联合使用。

3.5. 利尿降压作用

前期研究表明白茅根水煎液能够治疗由湿热和阴虚生热导致的小便不利[35]。白茅根水煎液主要通过缓解肾小球血管痉挛，从而使肾血流量及肾滤过率增加产生利尿效果，同时改善肾缺血，使肾素产生减少，进而产生降压作用[2]。

3.6. 免疫调节作用

吴浩[36]等连续灌胃给予小鼠 2.0 g/kg、1.0 g/kg、0.5 g/kg 三个剂量组的白茅根提取物 30 天后，发现白茅根提取物能够通过提高机体细胞免疫功能和巨噬细胞活性来增强小鼠免疫力，且高剂量的白茅根提取液促进小鼠淋巴细胞增殖能力和巨噬细胞的吞噬功能作用显著。周洋[37]以黑腹果蝇作为研究对象，通过喂食氧化应激物或有毒物质来建立肠道炎症损伤模型，再给予白茅根提取物，实验结果表明白茅根提取物能够缓解肠道炎症损伤，提高肠道免疫功能。

3.7. 抗氧化

翁梁[38]等以相同浓度的 2,6-二叔丁基-4-甲基苯酚(BHT)、维生素 C (VC)与白茅根总黄酮作对照，研究表明，白茅根内总黄酮清除 1,1-二苯基-2-三硝基苯肼(DPPH)自由基的能力及还原能力明显小于相同浓度的 VC，略高于相同浓度的 BHT，说明白茅根总黄酮具有一定的抗氧化作用。李容[39]等研究发现白茅根多糖总还原能力虽低于 VC，但其对 2,2-联氮-二(3-乙基-苯并噻唑-6-磺酸)二铵盐(ABTS)自由基的清除作用接近 VC，且对羟基自由基也有一定的清除作用，且白茅根多糖能够明显提高小鼠耐缺氧能力。蓝贤俊[33]等研究发现用白茅根提取液能够使酒精中毒小鼠的肝和脑组织中的超氧化物歧化酶(SOD)活力和抑制羟自由基能力显著升高，并且使丙二醛(MDA)水平显著降低，这说明白茅根具有降低自由基和

抗氧化的功能。Zhou [40]等对白茅根中的酚类成分进行提取后采用芬顿反应测定其羟基自由基清除能力, 并采用铁氰化钾还原法测定了其还原能力, 结果表明白茅根中酚类成分清除羟基自由基的能力略低于 VC, 还原能力与 VC 相当, 具有较好的抗氧化能力。

3.8. 抗癌

Nayim [41]等在白茅根中提取分离出 10 种具有抗癌活性的化学成分, 表儿茶素、姜黄素、(-)-yatein、咖啡酸、杨梅素、药根碱、harmaline、肉桂醛、多巴酚丁胺和紫丁香苷, 此外, 研究发现白茅根甲醇提取物能够抑制 HeLa 和 CaSki 细胞的增殖, 通过诱导细胞凋亡和 G0/G1 细胞周期停滞对宫颈癌细胞产生细胞毒性。陈大可[42]研究发现白茅根中所含的化学成分芦竹素能够抑制前列腺癌 PC3 细胞的增殖, 并可诱导前列腺癌 PC3 细胞凋亡, 并推测其作用机制与激活多聚腺苷二磷酸核糖聚合酶有关。包永睿[43]等用不同浓度的白茅根水提物对肝癌细胞株 SMMC-7721 进行处理, 作用 24、48、72 和 96 小时后与空白组进行对照, 研究结果发现不同浓度的白茅根水提物均能够通过抑制 G2/M 期细胞比例, 将细胞周期阻滞在 S 期, 从而对人肝癌细胞株 SMMC-7721 产生明显的增殖抑制作用并诱导其凋亡, 且抑制作用随给药浓度的增大而增强。

3.9. 改善肾功能

卢渊[44]研究发现采用白茅根治肾综合征出血热急性肾功能衰竭患者疗效显著, 并且能够有效缩短出血时间, 改善患者肾功能。程柄又[45]将白茅根与山药配伍使用, 结果表明其可以减少造影剂肾病大鼠肾功能损伤, 改善肾组织病理学改变, 抑制肾脏 TNF- α 和 NF- κ B 的表达, 从而保护肾脏, 预防造影剂引起的急性肾脏损伤。Chen [46]等以静脉注射阿霉素(6.5 mg/kg)诱导的大鼠肾病模型为研究对象, 发现白茅根提取物对阿霉素肾病大鼠具有保护作用, 其机制可能与降低大鼠肾组织中 NF- κ B p65 和 TGF- β 1 的表达以及 TNF- α 的含量有关。尹友生[47]等研究发现白茅根多糖可以改善 IgA 肾病大鼠肾功能并且降低 IgA 在系膜区的沉积, 其作用机制可能与降低血清 IL-2 和血清 IL-6 水平相关。

3.10. 神经保护作用

Ssempijja [48]等以突变黑腹果蝇为研究对象, 发现白茅根中含有的多酚类、黄酮类以及色原酮类化学物质具有抗惊厥和抗癫痫的神经保护作用。Yoon [12]从白茅根中提取分离得到色原酮类化学成分 5-hydroxy-2-(2-phenylethyl)chromone 和 5-hydroxy-2-[2-(2-hydroxyphenyl)ethyl]chromone 在原代培养的大鼠皮质细胞中对谷氨酸诱导的神经毒性表现出显著的神经保护活性。

3.11. 改善糖脂代谢

崔珏[49]等以腹腔注射链脲佐菌素(streptozotocin, STZ)的小鼠为糖尿病模型, 并且以盐酸二甲双胍为对照, 连续灌胃 21 天白茅根多糖, 实验结果表明白茅根多糖可有效改善糖尿病小鼠的血糖和血脂代谢紊乱情况, 可显著降低糖尿病小鼠体内的糖化血清蛋白(GSP)、甘油三酯(TG)、总胆固醇(TC)、低密度脂蛋白(LDL-C), 升高糖尿病小鼠的肝糖原和高密度脂蛋白(HDL-C)水平, 其效果改善小鼠糖脂代谢紊乱的效果与盐酸二甲双胍相当。Khaerunnisa [50]等以高胆固醇血症大鼠为研究对象, 结果显示白茅根的乙酸乙酯提取物比乙醇提取物更能有效地降低总胆固醇和低密度脂蛋白水平。

4. 药食同源应用

白茅根不仅具有丰富的药用价值, 而且还具有极大的食用价值。现国内已经开发了许多以白茅根为主的保健型饮料[51] [52] [53] [54], 不仅风味独特, 且具有缓解疲劳、清热生津等效果, 如白茅根饮料、

白茅根茶、白茅根保健面条、白茅根保健粉丝、香草兰白茅根茶等。加之，有研究表明白茅根浸膏能够改善卷烟香气，减轻杂气，改善余味[16]。民间常将白茅根与瘦肉一同进行烹饪，具有清热生津，利湿退黄的作用。白茅根煮水饮用能够缓解夏季易因暑热而出现小便发黄、鼻流血、热喘，甚至呕吐、食欲减退等症状。此外，鲜白茅根熬粥食用可以利尿消肿，对水肿患者和泌尿系统结石及尿中有红细胞者尤为适宜，若将其制成茶饮，则可以治疗咳血、痰中带血的状况[55]。白茅根资源丰富，味甘价廉，食用安全，因此，其作为传统药食同源药材，在保健品开发及应用具有广阔前景。

5. 小结与展望

白茅根作为传统常用药食同源的中药材之一，在药用和食用上均具有很大的开发前景。由于白茅根化学成分复杂，使其具有多种药理作用，近年来，关于白茅根及其提取物的抗氧化、抗肿瘤、抗炎、免疫调节、止血等药理作用研究已较为深入，然而，现未见关于白茅根的药物代谢与药代动力学的研究，因此，有待对其进一步研究，为后续白茅根的开发利用提供理论依据。

参考文献

- [1] 马成勇, 王元花, 杨敏, 等. 白茅根及其提取物的药理作用机制及临床应用[J]. 医学综述, 2019, 25(2): 370-374.
- [2] 刘金荣. 白茅根的化学成分、药理作用及临床应用[J]. 山东中医杂志, 2014, 33(12): 1021-1024.
- [3] 国家药典委员会. 中华人民共和国药典 2020 年 [M]. 北京: 中国医药科技出版社, 2020.
- [4] 杨洪飞, 闵清. 三萜类化合物的药理作用研究进展[J]. 湖北科技学院学报(医学版), 2023, 37(1): 67-69.
- [5] 王伟, 郭庆梅, 周凤琴. 白茅根的药效考证与现代研究比较[J]. 中国海洋药物, 2014, 33(5): 92-96.
- [6] 姜鸿宇. 白茅根化学成分及其体外抗炎活性研究[D]: [硕士学位论文]. 天津: 天津中医药大学, 2021.
- [7] Sakai, Y., Shinozaki, J., Takano, A., Masuda, K. and Nakane, T. (2018) Three Novel 14-Epiarborane Triterpenoids from *Imperata cylindrica* Beauv. var. Major. *Phytochemistry Letters*, **26**, 74-77. <https://doi.org/10.1016/j.phytol.2018.05.002>
- [8] Sakai, Y., Shinozaki, J., Takano, A. and Nakane, T. (2023) Impallidane Skeleton as a Novel Triterpenoid Methyl Ether from Rhizomes of *Imperata cylindrica* var. *koenigii* f. *Pallida*. *Journal of Natural Medicines*, **77**, 379-386. <https://doi.org/10.1007/s11418-022-01677-4>
- [9] Liu, R.H., Chen, S.S., Ren, G., et al. (2013) Phenolic Compounds from Roots of *Imperata cylindrica* var. Major. *Chinese Herbal Medicines*, **5**, 240-243.
- [10] Matsunaga, K., Ikeda, M., Shibuya, M. and Ohizumi, Y. (1994) Cylindol A, a Novel Biphenyl Ether with 5-Lipoxygenase Inhibitory Activity, and a Related Compound from *Imperata cylindrica*. *Journal of Natural Products*, **57**, 1290-1293. <https://doi.org/10.1021/np50111a019>
- [11] 张雨铖. 色原酮衍生物的合成及抗炎活性研究[D]: [硕士学位论文]. 成都: 成都大学, 2023.
- [12] Yoon, J.S., Lee, M.K., Sung, S.H. and Kim, Y.C. (2006) Neuroprotective 2-(2-phenylethyl)Chromones of *Imperata cylindrica*. *Journal of Natural Products*, **69**, 290-291. <https://doi.org/10.1021/np0503808>
- [13] Liu, X., Zhang, B.F., Yang, L., Chou, G.X. and Wang, Z.T. (2013) Two New Chromones and a New Flavone Glycoside from *Imperata cylindrica*. *Chinese Journal of Natural Medicines*, **11**, 77-80. [https://doi.org/10.1016/S1875-5364\(13\)60012-6](https://doi.org/10.1016/S1875-5364(13)60012-6)
- [14] An, H.J., Nugroho, A., Song, B.M. and Park, H.J. (2015) Isoeugenin, a Novel Nitric Oxide Synthase Inhibitor Isolated from the Rhizomes of *Imperata cylindrica*. *Molecules*, **20**, 21336-21345. <https://doi.org/10.3390/molecules201219767>
- [15] Ma, J., Sun, H., Liu, H., et al. (2018) Hepatoprotective Glycosides from the Rhizomes of *Imperata cylindrica*. *Journal of Asian Natural Products Research*, **20**, 451-459. <https://doi.org/10.1080/10286020.2018.1471065>
- [16] 李立顺, 时维静, 王甫成. 白茅根化学成分、药理作用及在保健品开发中的应用[J]. 安徽科技学院学报, 2011, 25(2): 61-64.
- [17] 江灵礼, 苗明三. 白茅根化学、药理与临床应用探讨[J]. 中医学报, 2014, 29(5): 713-715.
- [18] 邹一可, 张明月, 王彩云, 等. 白茅根多糖 IC1 的分离及其相对分子质量和单糖组成的测定[J]. 中国实验方剂学杂志, 2012, 18(2): 80-82.

- [19] 张素红, 王京辉, 郭洪祝, 等. HPLC-CAD 法测定白茅根中果糖、葡萄糖和蔗糖的含量[J]. 药物分析杂志, 2018, 38(6): 942-947.
- [20] 刘荣华, 熊科元, 马志林, 等. 不同生长期白茅根多糖的含量比较[J]. 中国医药指南, 2012, 10(5): 66-68.
- [21] 刘荣华, 马志林, 段锋, 等. 不同产地白茅根多糖成分的含量比较[J]. 时珍国医国药, 2012, 23(2): 257-258.
- [22] 宋伟峰, 陈佩毅, 熊万娜. 白茅根挥发油的气相色谱-质谱联用分析[J]. 中国当代医药, 2012, 19(16): 61-62.
- [23] 付丽娜, 陈兰英, 刘荣华, 等. 白茅根的化学成分及其抗补体活性[J]. 中药材, 2010, 33(12): 1871-1874.
- [24] Cerdeira, A. (2012) Tabanone a New Phytotoxic Constituent of Cogongrass (*Imperata cylindrica*). *Weed Science*, **60**, 212-218. <https://doi.org/10.1614/WS-D-11-00160.1>
- [25] Liu, X., Zhang, B.F., Yang, L., Chou, G.X. and Wang, Z.T. (2014) Four New Compounds from *Imperata cylindrica*. *Journal of Natural Medicines*, **68**, 295-301. <https://doi.org/10.1007/s11418-013-0793-9>
- [26] 韦乃球, 邓家刚, 郝二伟, 等. 白茅根艾叶止血与药性寒热相关性的实验研究[J]. 时珍国医国药, 2015, 26(3): 759-761.
- [27] Matsunaga, K., Shibuya, M. and Ohizumi, Y. (1995) Imperanene, a Novel Phenolic Compound with Platelet Aggregation Inhibitory Activity from *Imperata cylindrica*. *Journal of Natural Products*, **58**, 138-139. <https://doi.org/10.1021/np50115a022>
- [28] 李昌灵, 张建华. 白茅根提取物的抑菌效果研究[J]. 怀化学院学报, 2012, 31(11): 34-37.
- [29] Lalthanpuui, P.B. and Lalchandama, K. (2020) Phytochemical Analysis and *in vitro* Anthelmintic Activity of *Imperata cylindrica* Underground Parts. *BMC Complementary Medicine and Therapies*, **20**, Article No. 332. <https://doi.org/10.1186/s12906-020-03125-w>
- [30] Ruan, J.Y., Cao, H.N., Jiang, H.Y., et al. (2022) Structural Characterization of Phenolic Constituents from the Rhizome of *Imperata cylindrica* var. Major and Their Anti-Inflammatory Activity. *Phytochemistry*, **196**, Article ID: 113076. <https://doi.org/10.1016/j.phytochem.2021.113076>
- [31] 李秋呈, 李琪, 贾盼红, 等. 基于 TLR4/NF- κ B 信号通路探究白茅根对社区获得性肺炎患者的炎性因子及疗效影响[J]. 海南医学院学报, 2021, 27(20): 1552-1556.
- [32] 蒲昭和. 白茅根煎服解“酒毒”[J]. 农村百事通, 2019(16): 52.
- [33] 蓝贤俊, 邓彩霞, 陈永兰, 等. 白茅根对酒精中毒小鼠肝及脑损伤的保护作用研究[J]. 医学理论与实践, 2012, 25(2): 125-126, 128.
- [34] 王伟. 火灸联合白茅根汤治疗肝腹水随机平行对照研究[J]. 实用中医内科杂志, 2015, 29(12): 169-171.
- [35] 熊丽辉, 王铭. 张锡纯巧用白茅根独特经验探析[J]. 中国中医药信息杂志, 2012, 19(1): 86-87.
- [36] 吴浩, 周磊, 汤小蕾, 等. 白茅根提取物增强免疫力作用的实验研究[J]. 现代中药研究与实践, 2018, 32(6): 31-33, 37.
- [37] 周洋. 中药提取物对氧化及炎症诱导的果蝇肠道免疫功能的影响[D]: [硕士学位论文]. 哈尔滨: 东北林业大学, 2015.
- [38] 翁梁, 李西腾. 白茅根总黄酮提取工艺及其抗氧化性研究[J]. 江苏农业科学, 2018, 46(10): 187-189.
- [39] 李容, 梁榕珊, 覃涛, 等. 白茅根多糖抗氧化活性及抑制 α -葡萄糖苷酶活性研究[J]. 食品研究与开发, 2014(7): 9-12.
- [40] Zhou, X.R., Wang, J.H., Jiang, B., Shang, J. and Zhao, C. (2013) A Study of Extraction Process and *in vitro* Antioxidant Activity of Total Phenols from *Rhizoma imperatae*. *African Journal of Traditional, Complementary and Alternative Medicines*, **10**, 175-178. <https://doi.org/10.4314/ajtcam.v10i4.28>
- [41] Nayim, P., Sudhir, K., Mbaveng, A.T., et al. (2021) *In vitro* Anticancer Activity of *Imperata cylindrica* Root's Extract toward Human Cervical Cancer and Identification of Potential Bioactive Compounds. *BioMed Research International*, **2021**, Article ID: 4259777. <https://doi.org/10.1155/2021/4259777>
- [42] 陈大可. 白茅根中芦竹素激活多聚腺苷二磷酸核糖聚合酶诱导人前列腺癌细胞凋亡[J]. 中草药, 2017, 48(6): 1183-1187.
- [43] 包永睿, 王帅, 孟宪生, 等. 白茅根水提物对人肝癌细胞株 SMMC-7721 细胞周期及细胞凋亡的影响[J]. 时珍国医国药, 2013, 24(7): 1584-1586.
- [44] 卢渊. 白茅根治疗肾综合征出血热急性肾功能衰竭效果分析[J]. 光明中医, 2017, 32(9): 1275-1277.
- [45] 程柄又. 山药-白茅根药对对造影剂肾病大鼠肾脏 TNF- α 、NF- κ B 表达影响的研究[D]: [硕士学位论文]. 长沙: 湖南中医药大学, 2020.

-
- [46] Chen, L.Y., Chen, Z., Wang, C.Q., *et al.* (2015) Protective Effects of Different Extracts of *Imperatae rhizoma* in Rats with Adriamycin Nephrosis and Influence on Expression of TGF- β 1, and NF- κ B p65. *Journal of Chinese Medicinal Materials*, **38**, 2342-2347.
- [47] 尹友生, 冷斌, 徐庆, 等. 白茅根多糖对 IgA 肾病大鼠肾组织学病变及血清白细胞介素 2 和 6 的影响[J]. 中国新药与临床杂志, 2014, 33(7): 520-524.
- [48] Ssempijja, F., Dare, S.S., Bukenya, E.E.M., *et al.* (2023) Attenuation of Seizures, Cognitive Deficits, and Brain Histopathology by Phytochemicals of *Imperata cylindrica* (L.) P. Beauv (Poaceae) in Acute and Chronic Mutant *Drosophila melanogaster* Epilepsy Models. *Journal of Evidence-Based Integrative Medicine*, **28**.
<https://doi.org/10.1177/2515690X231160191>
- [49] 崔珏, 李超, 尤健, 等. 白茅根多糖改善糖尿病小鼠糖脂代谢作用的研究[J]. 食品科学, 2012, 33(19): 302-305.
- [50] Khaerunnisa, S., Aminah, N.S., Kristanti, A.N., *et al.* (2020) Isolation and Identification of a Flavonoid Compound and *in vivo* Lipid-Lowering Properties of *Imperata cylindrica*. *Biomedical Reports*, **13**, Article No. 38.
<https://doi.org/10.3892/br.2020.1345>
- [51] 潘文洁, 曹思静. 茅根冬瓜复合清凉饮料的研制[J]. 农产品加工, 2021(2): 21-23.
- [52] 王章凤, 薛君学, 钟伟航, 等. 白茅根金银花抗疲劳凉茶饮料的研制[J]. 饮料工业, 2020, 23(5): 34-36.
- [53] 唐倩, 孟得艳, 张雪, 等. 白茅根菊花复合饮料的研制[J]. 安徽农业科学, 2018, 46(9): 137-140, 149.
- [54] 葛彬. 白茅根-淡竹叶复合运动饮料的研制及抗运动疲劳功能评价[J]. 保鲜与加工, 2019, 19(5): 83-87.
- [55] 蒙丹, 胡小勤. 鲜白茅根的临床应用[J]. 药物资讯, 2020, 9(5): 168-173.