

段昊,周亚西,周士琦,等.天麻在我国保健食品中的应用[J].食品工业科技,2023,44(9):403-412. doi: 10.13386/j.issn1002-0306.2022050051

DUAN Hao, ZHOU Yaxi, ZHOU Shiqi, et al. Application of *Gastrodia elata* in Functional Food in China[J]. Science and Technology of Food Industry, 2023, 44(9): 403-412. (in Chinese with English abstract). doi: 10.13386/j.issn1002-0306.2022050051

· 专题综述 ·

天麻在我国保健食品中的应用

段 昊,周亚西,周士琦,闫文杰*

(北京联合大学生物化学工程学院,生物活性物质与功能食品北京市重点实验室,北京 100023)

摘 要:天麻是一种食药兼备的植物。在中医领域常用于治疗眩晕、头痛、半身不遂等。现代医学研究发现天麻在改善心脑血管健康、抗癫痫、改善高血压等方面具有良好的效果。天麻在保健食品中常用于改善睡眠类功能声称的产品。随着现代药理研究的不断深入,天麻发挥功能的主要活性成分和作用机理被不断揭示并进一步完善,扩大了天麻在保健食品领域的功能声称应用范围,以及发展前景与价值。本文阐述了天麻原料在我国作为保健食品原料的合规性使用依据,汇总并分析了已获批使用天麻及其提取物作为保健食品原料的产品应用现状,综述了天麻的安全性评价以及相关的保健功能。以期为天麻原料在我国保健食品中的合规性使用、研究开发和临床应用提供参考依据。

关键词:天麻,合规性依据,保健功能,应用现状

中图分类号:TS218; TS219

文献标识码:A

文章编号:1002-0306(2023)09-0403-10

DOI: 10.13386/j.issn1002-0306.2022050051

本文网刊:



Application of *Gastrodia elata* in Functional Food in China

DUAN Hao, ZHOU Yaxi, ZHOU Shiqi, YAN Wenjie*

(Beijing Key Laboratory of Bioactive Substances and Functional Food, College of Biochemical Engineering,
Beijing Union University, Beijing 100023, China)

Abstract: *Gastrodia elata* is a plant with both food and medicine. In the field of traditional Chinese medicine, it is often used to treat dizziness, headache, hemiplegia, etc. Modern medical research has found that *Gastrodia elata* has good effects in improving cardiovascular and cerebrovascular health, anti epilepsy, and improving hypertension. *Gastrodia elata* is often used in functional food to improve sleep. With the deepening of modern pharmacological research, the main active ingredients and action mechanism of *Gastrodia elata* have been revealed and further improved, which has expanded the application range, development prospect and value of functional claims of *Gastrodia elata* in the field of health food. This paper expounded the basis for the compliance use of *Gastrodia elata* raw materials as functional food raw materials in China, summarized and analyzed the application status of *Gastrodia elata* and its extracts as functional food raw materials, and summarized the safety evaluation and related health functions of *Gastrodia elata*. In order to provide reference for the compliant use, research and development and clinical application of *Gastrodia elata* raw materials in functional food in China.

Key words: *Gastrodia elata*; compliance basis; health care function; application status

天麻在我国是一种食药兼备的植物,主要用于改善头晕目眩,缓解癫痫抽搐等。天麻无根及叶绿素,无法进行光合作用,属于异养型植物,主要依靠同化侵入其体内的真菌,即蜜环菌提供营养^[1]。过度采挖野生天麻,导致天麻原材料供不应求。从 20 世纪

70 年代开始,野生天麻资源逐步衰竭濒危,天麻已分别被《中国珍稀濒危植物名录》、《国家重点保护野生植物(第二批)》、《中国植物红皮书》列为国家Ⅱ级保护植物^[2]。因此,目前市场上大部分的天麻多来源于人工繁殖。

收稿日期:2022-05-09

基金项目:北京市教委 2022 年度分类发展项目;北京联合大学科研项目(XP202006, ZK70202004)。

作者简介:段昊(1996-)(ORCID:0000-0003-1302-8873),女,硕士研究生,研究方向:功能食品研究与开发,E-mail:2318060473@qq.com。

*通信作者:闫文杰(1979-)(ORCID:0000-0003-3060-9995),男,博士,教授,研究方向:功能食品科学,E-mail:meiyanwenjie@126.com。

天麻的繁殖方式为无性繁殖和有性繁殖。50 年代末至 60 年代,相关学者及单位组织开展天麻野生转家栽的研究并取得成功,70 年代天麻无性繁殖技术得到大面积推广,缓解了市场供应不足,有效保证了生产和科研的需要。80 年代相关研究所又从天麻种子发芽的原球茎中分离到天麻种子共生萌发菌,证明天麻有性繁殖阶段须消化侵入胚细胞的紫萁小菇等萌发菌,无性繁殖阶段靠同化蜜环菌获得营养,种子才能正常发芽,块茎才能生长,揭开了天麻先后与双菌共生完成生长繁殖的秘密^[3]。

近代,天麻的化学成分基础研究始于 1936 年,Mar 及 Read 报道了天麻中含有 0.00059% 的维生素 A 类物质;1958 年,国内学者从天麻中分离得到香荚兰醇^[4];1979 年,冯孝章等报道从天麻中分离出天麻素及其甙元对羟基苯甲醇、 β -谷甾醇及 D-葡萄糖甙(即胡萝卜甙)、柠檬酸及对称单甲酯、棕榈酸和蔗糖等 8 个成分^[4]。1981 年,Taguchi 等^[5]首次在天麻中发现了巴利森苷类化合物,并命名为 tris[4-(β -D-glucopyranosyloxy) benzyl] citrate,其结构由 3 分子 4-(β -D 吡喃葡萄糖氧基)苄醇和 1 分子枸橼酸,经脱 3 分子 H_2O 缩合而成。此后相继有学者分离得到了巴利森苷 B、C、D、E、F、G 等成分^[6-8]。据统计,目前从天麻中分离鉴定的巴利森苷类化合物有 33 种^[9]。随着研究的深入,证实了巴利森苷(也称派立辛)类化合物的含量高于天麻素和天麻苷元,且成分复杂,发挥药效的成分也非单一成分。目前,在 2020 版《中国药典》中,已将巴利森苷 A、巴利森苷 B、巴利森苷 C、巴利森苷 E 纳入特征图谱,用于定性研究。

本文综述了天麻原料在我国保健食品中的合规性依据,已获批使用天麻及其提取物作为保健食品原料的产品应用现状、功效成分以及保健功能,以期为天麻原料在我国保健食品中的合规性使用、研究和临床应用提供参考依据。

1 天麻在保健食品中的使用依据及申报注意事项

天麻(*Gastrodia elata*)原名赤箭,始载于《神农本草经》,宋代《开宝本草》开始收载天麻之名,在《本草纲目》中,李时珍将二者合并,统称为天麻。天麻主产于贵州、云南、陕西、四川、湖北等地区,在贵州和云南等区域有作为食品原料食用的历史,主要方法为炖肉、入菜、火锅等。2020 年,国家卫生健康委员会和国家市场监督管理总局联合下发《关于对党参等 9 种物质开展按照传统既是食品又是中药材的物质管理试点工作的通知》(国卫食品函〔2019〕311 号),天麻位列其中。截止到 2022 年 6 月,天麻已在云南、贵州、四川、重庆、安徽五个省区开展了食药物质的试点工作。目前,云南、贵州两地已发布食品安全地方标准,为天麻在食品领域的合规使用提供了有效的依据。

天麻目前的使用依据:一是作为中药饮片,收载于《中国药典》一部,日用量为 3~10 g;二是在云南和贵州两地作为地方特色食品管理,其使用依据须按照当地发布的食品安全地方标准内容执行;三是作为保健食品的原料,其使用依据来源于原卫生部关于进一步规范保健食品原料管理的通知(卫法监发〔2002〕51 号)附件 2:可用于保健食品的物品名单。

其次,天麻提取物(乙醇提取或水提取)也可以作为保健食品原料使用,其作为保健食品原料申报时,需提供详细的提取物生产工艺过程及参数说明,醇提取物还需要有充分的安全性论证依据,支持其符合保健食品长期食用、安全无毒等要求。同时,为保障天麻及其提取物原料在保健食品中使用的安全性及质量,还需制定科学合理的技术要求,并符合相应的、最新的食品安全标准,特别是农药残留和污染物等的要求。如果没有相应的国家标准,可参考行业标准、地方标准和企业标准^[10]。依据国家市场监督管理总局食品审评中心 2020 年 4 月发布的“产品技术要求常见问题及注意事项”第八项内容的要求可知,天麻提取物无相应的国家标准,需结合供应商提供的生产工艺说明、原料性状及检测报告等资料,并参考《保健食品注册申请服务指南》11.2.1 制定相应的原辅料质量要求,主要内容包括原料名称及来源(包括拉丁名称)、制法(提取所用溶剂及使用量、温度、时间、次数等)、提取率(范围)、感官要求、一般质量控制指标、污染物指标(铅、总砷、总汞)、农药残留量(六六六、滴滴涕)、标志性成分指标、微生物指标(如:可制定菌落总数、大肠菌群、霉菌和酵母、金黄色葡萄球菌、沙门氏菌)等。

2 天麻在保健食品中的应用现状

截止 2022 年 3 月,从国家特殊食品信息查询平台(网站地址: <http://ypzxx.gsxt.gov.cn/specialfood/#/food>)检索的数据显示,天麻、天麻提取物作为保健食品原料获批的产品共有 111 个,其中使用天麻为原料的产品数量为 75 个,天麻提取物为原料的产品数量为 36 个,各产品保健食品功能声称的分布情况详见图 1。

2.1 功能声称

从产品功能声称来看,以有助于改善睡眠、维持血压健康水平、增强免疫力功能声称的产品居多,产品数量分别占 42.34%(共计 47 个)、16.22%(共计 18 个)、12.61%(共计 14 个)。声称同时具有:有助于改善睡眠和有助于维持血压健康水平的产品数量占 5.41%,共计 6 个;声称同时具有:有助于改善睡眠和有助于增强免疫力的产品数量占 3.60%,共计 4 个;声称同时具有:缓解体力疲劳和有助于增强免疫力的产品数量占 2.70%,共计 3 个;声称同时具有:有助于维持血脂健康水平和有助于维持血压健康水平的产品、单一宣称缓解体力疲劳、单一宣称辅助改善记忆的产品数量均为 2 个,均占 1.80%。其他产品

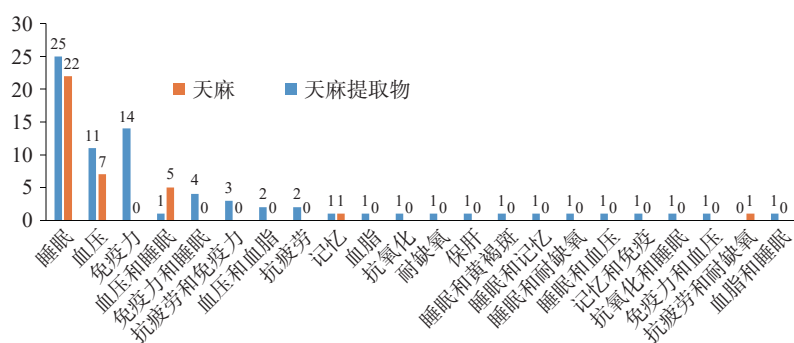


图 1 天麻及其提取物各产品保健食品功能声称的分布情况

Fig.1 Distribution of functional food function claims of *Gastrodia elata* and its extract products

数量均为 1 个, 均占 0.90%, 具体数据统计见图 1。

结合天麻主要的活性成分及功能研究进展可知, 天麻在中医中常作为治疗眩晕和四肢麻痹的良药, 在临床应用中主要用于扩张血管、增强血管弹性、改善脑基底动脉供血不足而引发的脑血管疾病和精神症状以及早年性老年痴呆, 因此在保健食品中有助于改善睡眠、维持血压健康水平、增强免疫力 3 个功能获批数量最多。

2.2 剂型特点

《中国药典》记载: 天麻气微, 味甘。水分要求不得超过 15.0%, 总灰分不得超过 4.5%, 描述了天麻药材基本的质量验收标准, 也为其原料保存提供了依据。从剂型上来看, 硬胶囊剂型产品最多, 占天麻相关产品总数的 61.26%。其次是片剂, 占 9.91%, 共计 11 个, 其余剂型产品数量仅为个位数, 详见图 2。

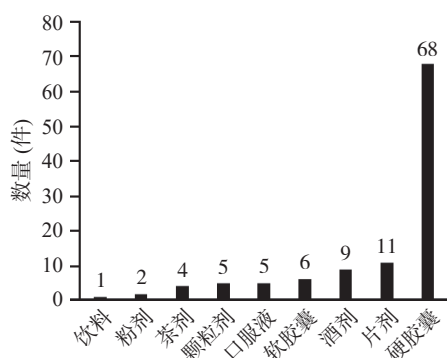


图 2 各产品剂型的情况

Fig.2 Situation of each product dosage form

剂型的选择不仅需要考虑到原料的性质, 还需结合市场定位, 适宜人群对产品服用方式、频率、喜好及习惯, 产品运输、携带、保存等因素综合确定。而胶囊剂型具有有效掩盖内容物的不良气味, 易于人体吞服、吸收, 外观整洁、美观等优点, 因而产品中胶囊剂型的数量较高^[11]。

2.3 标志性成分特点

据统计, 已从天麻中分离鉴定出 80 多种化合物, 含有酚类、多糖类、有机酸及其酯类、甾体及其苷类化合物等, 目前研究最多的成分有天麻素、对羟基苯甲醇、对羟基苯甲醛、3,4-二羟基苯甲醛、巴利

森苷、天麻多糖等, 各化合物主要的药理功能详见表 1^[12]。天麻中化合物成分占比较高的为天麻素及巴利森苷类, 其中天麻素在《中国药典》中被列为天麻质量控制成分之一^[13]。巴利森苷类化合物具有热不稳定性, 天麻在加工炮制过程中其与天麻素之间易于发生转化和转移。实验表明, 在受热过程中, 巴利森苷的酯键易断裂, 使得巴利森苷类化合物之间发生相互转化。

《保健食品注册申请服务指南》(2016 年版) 对于标志性成分选择的依据: 应为主要原料含有的性质稳定、能够准确定量、与产品保健功能具有明确相关性的特征成分。因此, 天麻作为保健食品原料使用时, 主要选择天麻素作为标志性成分, 还有部分选择总皂苷和粗多糖。

3 天麻的安全性评价

据 2020 年国家卫生健康委员会和国家市场监督管理总局联合下发的“食药物质”试点文件中提到: “天麻收载于《中国药典》一部, 为兰科植物天麻的块茎, 在贵州和云南等地有作为食品原料食用历史, 主要方法为炖肉、入菜、火锅等”。表明国家组织了相关单位及专家, 经过充分调研论证等工作, 确定天麻食用无安全隐患, 最终将其纳入食药物质试点的名单。

夏莹等^[54] 依据 GB 15193.13-2015《食品安全国家标准 90 天经口毒性试验》对天麻粉进行了亚慢性经口毒性试验, 随机将 100 只 Wistar 大鼠分为对照组和天麻粉低、中、高剂量组, 以掺入基础饲料的方式依次给予 0、2.0、4.0 和 8.0 g/kg 剂量的天麻粉, 同时对照组和天麻粉高剂量组增设卫星组, 剂量分别为 0 和 8.0 g/kg, 依据国标实验方案进行喂养及相关指标检测, 结果显示, 各剂量组大鼠在各项评价指标、日常表现、脏器情况等检查中, 均未见毒理变化, 表明天麻粉无可见有害作用水平 (No Observed Adverse Effect Level, NOAEL) 为 8.0 g/kg, 属于无毒物质。毛勇等^[55] 以天麻粉连续喂养 SD 大鼠 30 d, 观察其可能产生的毒性反应及其严重程度, 最终结果显示, 天麻粉 5.845 g/kg 剂量以下为最大未观察到有害作用剂量。田洁等^[56] 以急性毒性试验、骨髓细胞微核试验、精子畸形试验和 30 d 喂养试验对天麻含片

表 1 天麻相关化学成分的药理作用

Table 1 Pharmacological effects of related chemical constituents of *Gastrodia elata*

序号	名称	药理作用
1	天麻素	保护肝损伤 ^[14] 、改善抑郁 ^[15] 、抗癫痫及神经保护 ^[16-18] 、改善学习记忆力 ^[19-20] 、高尿酸血症 ^[21] 、镇静催眠 ^[22] 、对脑缺血再灌注损伤 ^[23] 、头疼 ^[24-25] 、糖尿病肾病及其神经病理性疼痛 ^[26-27]
2	对羟基苯甲醇	抗氧化 ^[28] 、改善脑缺血再灌注损伤 ^[29-30] 、抗血小板聚集 ^[31] 、抗抑郁 ^[32] 、改善学习记忆力 ^[33-35] 、抗脑血栓及抗炎 ^[36] 、抗肿瘤 ^[37]
3	对羟基苯甲醛	保护脑缺血/再灌注损伤 ^[38-39] 、抗血小板聚集 ^[40] 、抗炎 ^[41]
4	3,4-二羟基苯甲醛(原儿茶醛)	抗氧化 ^[42] 、舒张血管 ^[43]
5	巴利森苷类物质	改善学习记忆障碍 ^[44] 、镇痛 ^[45] 、抗癫痫 ^[46] 、有助于治疗神经元退行性疾病 ^[47] 、抗精神病 ^[48]
6	天麻多糖	降血脂 ^[49] 、神经保护 ^[50] 、增强免疫力 ^[51] 、保护非酒精性脂肪肝 ^[52] 、抗氧化 ^[53]

的毒性进行了评价,检测结果显示,天麻含片对小鼠急性毒性的最大耐受量(Maximum Tolerated Dose, MTD)大于 32.0 g/kg·bw,无中毒表现;小鼠骨髓微核试验和精子畸形试验结果均为阴性;大鼠 30 d 喂养试验中未发现有任何毒性表现,最大无毒剂量大于 12.0 g/kg·bw。相关实验表明,天麻微粉对大鼠或小鼠的经口 MTD>15.0 g/kg,属无毒级物品^[57-58]。詹国瑛等^[59]对天麻酒的食用安全性进行了相关实验评价,结果表明:小鼠经口半数致死量(Median Lethal Dose, LD₅₀)>20 g/kg,属无毒范围;小鼠精子畸形试验、骨髓细胞微核试验及 Ames 试验结果均为阴性,未见天麻酒有引起哺乳动物体细胞、生殖细胞和细菌的基因突变作用。

保健食品作为长期食用的特殊食品,在申报相关保健食品时,需重点关注各原料及配方配伍后的产品安全性,结合文献研究并开展必要的动物实验证实配方配伍及原料均食用安全后才能开展保健功能等相关研究。综上研究报道表明,使用天麻作为保健食品原料是安全的。

4 天麻的保健功能

目前已发现,天麻具有改善认知、记忆、改善睡眠、调节血脂、血糖及血压、改善肝损伤等功效^[60]。

4.1 改善认知、记忆作用

学习及记忆障碍是认知障碍的主要表现之一。天麻可通过降低 β 淀粉样蛋白的寡聚体(Amyloid- β Oligomers, A β Os)所致的记忆损伤、炎症反应及氧化损伤,发挥改善认知、记忆的作用。刘智慧等^[61]研究了天麻素、巴利森苷 A、巴利森苷 C 对东莨菪碱所致学习记忆障碍模型的 SPF 级 ICR 小鼠影响作用,结果显示,150 mg/kg 剂量的巴利森苷 A 和 15 mg/kg 剂量的巴利森苷 C 可显著改善小鼠空间学习记忆能力;缩短小鼠寻找平台的潜伏期,并且该研究发现两者改善记忆的作用显著优于天麻素。据悉,全世界患有 AD 的患者已超过 1 亿人口。研究显示,天麻素以及天麻素衍生物均能显著改善小鼠 A β Os 所致的记忆损伤、炎症反应及氧化损伤,其中天麻素衍生物效果最佳^[62]。冯晋等^[63]实验报道,以 0.4 mg/kg 剂量的天麻醇提物喂养记忆障碍模型鼠 30 d 后,对记忆障碍模型的清洁级昆明种小鼠学习记忆能力有一定的改善作用。

此外,氧化应激对于认知障碍的发生及发展具有十分重要的影响作用^[64-65]。据报道,过量自由基堆积可使脑组织发生脂质过氧化反应,生成丙二醛(Malonic Dialdehyde, MDA),促使脑组织诱发 DNA 损伤^[66-67],最终导致记忆及认知障碍的发生。高玉梅等^[68]研究表明,天麻粉能够减缓 AD 模型的 APP/PS1 双转基因小鼠学习记忆能力,推测其机制主要是通过调控 Kelch 样环氧氯丙胺相关蛋白 1(Keap1)核转录因子 E2 相关因子 2(Nrf2)/血红素加氧酶-1(HO-1)抗氧化应激通路,强化下游抗氧化基因的表达发挥抗氧化功能,进而发挥改善小鼠的学习记忆能力。上述研究表明,天麻发挥改善记忆的机制是通过抗炎、抗氧化途径实现,发挥改善记忆作用的主要成分为天麻素、巴利森苷类化合物,且有研究提出巴利森苷类化合物改善记忆的效果优于天麻素。

4.2 改善睡眠作用

现代药理研究表明,天麻具有良好的镇静催眠功效,其作用机制可能是通过上调中枢多巴胺(Dopamine, DA)系统活性调控睡眠^[69-71]。此外,天麻中的巴利森苷 A 能够与褪黑素受体 MT₁ 结合发挥改善较好的改善睡眠作用^[72]。李武等^[73]研究发现天麻超微粉(粒径约 31.97 μ m)具有协同戊巴比妥钠阈下剂量催眠作用,并能有效缩短 SD 大鼠巴比妥钠睡眠潜伏期,其中 40 mg/kg 低剂量即可发挥改善睡眠的功能。马翠霞^[74]进一步对天麻乙酸乙酯萃取物改善记忆的功能进行了较为深入的机理研究,并发现天麻乙酸乙酯萃取物能改善失眠模型 Wistar 大鼠下丘脑、海马体的氨基丁酸(γ -Aminobutyric Acid, GABA)、5-羟色胺(5-Hydroxytryptamine, 5-HT)、DA 水平,降低下丘脑内谷氨酸(Glutamic Acid, Glu)的水平;并能有效保护下丘脑、海马体的神经元细胞,增强下丘脑、海马体 GABAAR α 1、GABAAR γ 2 受体表达,从而发挥改善睡眠的作用。还有学者报道了天麻醇素具有镇静催眠作用,其机制可能是通过调节动物脑组织内神经递质、氧化应激水平发挥改善睡眠的作用^[75]。上述研究表明天麻粉及其制剂均能通过调节失眠动物脑部相关神经递质水平以及相关受体结合,发挥一定的保护神经元细胞及改善睡眠的作用。

4.3 降血脂、血糖、血压作用

现代药理研究发现,天麻可调节三酰甘油(Tri-

glyceride, TG)、总胆固醇(Total Cholesterol, TC)、低密度脂蛋白胆固醇(Low Density Lipoprotein, LDL-C)、乳酸脱氢酶(Lactate Dehydrogenase, LDH)等指标水平,并通过血管保护、抗脂质过氧化损伤等途径,发挥一定的降血脂、降血糖以及降血压作用。于滨等^[76]实验中,500 mg/kg 剂量的天麻粉对高脂饮食所致的高血脂和肥胖模型的 SD 大鼠具有一定的降血脂和降血糖作用。其中,降血脂功能主要是通过降低 TG、TC、LDL-C 和血清谷丙转氨酶(Cerealthird-transaminase, GPT)含量发挥作用。贾宝贤等^[77]实验也观察到天麻粉能有效降低 TG、TC、LDL-C 及 GPT,表现出较好的降血脂作用。此外,天麻细粉及醇提物也是通过调节血脂异常指标的途径,从而发挥出一定的辅助降血脂功效^[78-79]。另外,通过细胞试验观察到,天麻素能降低高糖刺激下人脐静脉内皮细胞(HUVECs)胞外 LDH 活性,减轻高糖对血管内皮细胞造成的损伤;同时,体内实验数据显示,天麻素能显著降低糖尿病模型的清洁级 KM 种小鼠的血糖、血清中 TG、TC 及 MDA 浓度,提高超氧化物歧化酶(Superoxide Dismutase, SOD)活性,具有较好的抗糖尿病作用^[80]。陈湖海等^[81]实验表明,天麻素可显著降低高血压模型的 Wistar 大鼠血压,并具能发挥血管保护、抗脂质过氧化损伤作用。上述研究显示,天麻对血脂、血糖、血压相关异常指标具有较好的调控作用,从而发挥出较好的降血脂、降血糖及降血压的作用。

4.4 改善肝损伤

肝脏是药物代谢及排泄的主要器官之一,承担人体的重要生理功能,几乎参与机体所有的生理功能,研究表明,天麻中含有的天麻素具有一定的保肝护肝作用,其机制可能与天麻素激活 AMPK 途径减轻脂肪性肝炎有关^[82]。Qu 等^[83]进一步报道了天麻素通过激活 AMPK/Nrf2 通路,调控氧化应激及炎症反应,提高脂质在非酒精性脂肪肝病中的代谢。张逍遥等^[84]研究发现,天麻素能显著降低酒精所致的血清 GPT、谷草转氨酶(Glutamic Oxaloacetic Transaminase, GOT)和微粒体组分中细胞色素 P450 2E1 酶(CYP2E1)含量;减少肝组织中 MDA 含量;提高 SOD、谷胱甘肽过氧化物酶(Glutathione Peroxidase, GPX)和过氧化氢酶(Catalase, CAT)活性;改善酒精所致的肝组织病变,表明天麻素具有改善小鼠酒精性肝损伤的功能。据报道,天麻素对长春新碱所致的肝脏中毒也具有一定的保护作用,并呈剂量依赖性^[85]。目前研究显示,天麻中发挥改善肝损伤作用的主要活性成分多为天麻素,其主要机制可通过抗炎、抗氧化及调节脂质代谢等多种途径,发挥保护并减轻肝脏损伤的情况。此外,还有研究显示,天麻多糖可通过调节脂质代谢途径降低脂肪堆积、缓解肝脏氧化应激及炎症反应的途径,发挥保护非酒精性脂肪肝损伤症状^[52]。

4.5 其他功能

天麻不仅对神经系统疾病、心脑血管疾病及代谢性疾病治疗具有良好的药用价值,在其他方面也具有一定的开发潜力。研究表明天麻乙醇提取物能显著改善帕金森 SD 模型大鼠的神经行为学障碍,表现出对帕金森病具有良好的应用前景^[86]。席蕴文等^[87]研究证实赤箭(天麻地上部分)水提液与天麻水提液具有类似的药理活性,在免疫调节研究实验中,两种水提液 10 g/kg 剂量均可显著提高免疫功能低下模型鼠的廓清指数;在 20 g/kg 剂量时均可明显提高外周血中红细胞、红细胞压积水平;两种水提液对脂多糖诱发的 B 淋巴细胞增殖有一定的促进作用;在肠道菌群研究实验中:与空白组比较,在门水平上,两种水提液均可增加拟杆菌门的相对丰度,同时降低厚壁菌门的相对丰度;在属水平上,均可增加 *Prevotellaceae*_UCG-001 和 *Ruminococcaceae*_UCG-005 的相对丰度,并降低厌氧棍状菌属, *unclassified_f_Erysipelotrichaceae* 和 *Candidatus_Stoquefichus* 的相对丰度,而这些肠道菌群与细胞增殖、免疫系统以及调节代谢等相关,表明天麻及赤箭水提液均具有较好的增强免疫力和调节肠道菌群的作用。

据报道,天麻还具有一定的抗氧化作用^[88]。并有报道发现,天麻种子具有抗疲劳和耐缺氧作用^[89]。天麻素能够对模拟高原缺氧小鼠起到一定保护作用^[90]。此外,天麻素对大鼠心肌细胞 H9c2 缺氧损伤具有一定的保护作用^[91],天麻各功能作用机制详见表 2。

5 总结与展望

我国地大物博,地理环境多样,科学技术的进步为天麻高质量栽培提供了更多科学的指导,扩大了天麻在保健食品领域的功能声称应用范围,也为天麻在保健食品的功能声称提供了更多的开发方向和科学依据。据统计,天麻在保健食品中的应用主要集中在改善睡眠、维持血压健康水平、增强免疫力三种功能声称,而最新研究进展中,已有大量的研究证明其在改善学习记忆力、辅助降血脂、降血糖、降血压、保肝等方面具有良好的开发前景,建议在今后的研究中可以多探索天麻在其他功能声称中的组方研究工作,丰富天麻系列产品线。目前研究进展中,对于天麻地下块茎部分的研究内容最多,也有部分学者对其地上部分的药理活性展开了相关研究及对比,这些研究进展为天麻在保健食品中的开发方向提供了更多的可能性,建议研究者在开发、研究天麻相关的保健食品时,可以多关注国内外相最新的研究进展,了解天麻各使用部位对保健功能的影响作用,为天麻有效成分的提取工艺及相关产品组方研究和开发提供更多的新思路。同时,也需要多关注国内与天麻相关的法规动态,为产品的上市提供有力的、合规的保障。其次,天麻药材的保健功能与其生长环境、栽培方式、深加工技术、蜜环菌质量等有关。研究显示,应用特

表2 天麻相关保健功能的作用机制

Table 2 Mechanism of *Gastrodia elata* related health care function

功效	活性成分/原料	动物	作用机制/作用	参考文献
改善认知、记忆	巴利森苷A、巴利森苷C	SPF级ICR小鼠	改善空间学习记忆能力; ↓小鼠寻找平台的潜伏期	[61]
	天麻素、天麻素衍生物	C57BL/6小鼠	↓AβOs所致的记忆损伤、炎症反应及氧化损伤	[62]
	天麻醇提取物	清洁级昆明种小鼠	↓模型小鼠逃避潜伏期和搜索距离; ↑滞留时间和搜索距离百分比	[63]
	天麻粉	APP/PS1双转基因小鼠	调控Keap1、Nrf2/HO-1抗氧化应激通路; ↑抗氧化功能	[68]
	天麻	SPF级昆明种小鼠	↑中枢DA系统活性	[70]
	巴利森苷A	SPF级昆明小鼠	↑与褪黑素受体MT1结合	[72]
改善睡眠	天麻乙酸乙酯萃取物	Wistar大鼠	↑下丘脑、海马体的GABA、5-HT、DA水平; ↓下丘脑内谷氨酸Glu水平; 保护神经元细胞; ↑下丘脑、海马体GABAAR α 1、GABAAR γ 2受体表达量	[74]
降血脂	天麻醇素	SPF级KM小鼠	调节脑组织内神经递质; ↓氧化应激水平	[75]
	天麻粉	SD大鼠; C57BL/6小鼠	↓TG、TC、LDL-C、GPT含量	[76-77]
降血糖	天麻素	清洁级KM种小鼠	↓糖尿病小鼠的血糖; ↓血清中TG、TC、MDA浓度; ↑SOD活性	[80]
降血压	天麻素	Wistar大鼠	↓高血压大鼠血压; ↑血管保护作用; ↓脂质过氧化损伤	[81]
保肝	天麻素	小鼠	↓酒精所致的血清GPT、GOT、CYP2E1水平; ↓肝组织中MDA含量; ↑抗氧化酶: SOD、GPX、CAT活性	[84]
	天麻多糖	SD大鼠	↓脂肪堆积; ↓肝脏氧化应激、炎症反应	[52]
抗帕金森	天麻乙醇提取物	SD大鼠	保护脑内神经元、受损侧脑区受体超敏现象; ↑PD大鼠在目标象限的距离百分比和停留时间百分比	[86]
增强免疫力、调节肠道菌群	赤箭(天麻地上部分)水提液与天麻水提液	SPF级ICR小鼠	免疫调节研究实验: ↑免疫缺陷小鼠廓清指数; ↑外周血中红细胞、红细胞压积水平; ↑脂多糖诱发的B淋巴细胞增殖; 肠道菌群研究实验: 在门水平上, ↑拟杆菌门的相对丰度, ↓厚壁菌门相对丰度; 在属水平上, ↑Prevotellaceae_UCG-001和Ruminococcaceae_UCG-005相对丰度; ↓厌氧棍状菌属, unclassified_f_Erysipelotrichaceae和Candidatus_Stoquefichus相对丰度	[87]
抗氧化	天麻	/	天麻素: 调节衰老相关基因表达水平; 抑制线粒体途径中的凋亡程序; 天麻多糖: 通过有效清除血清、脑及其他组织的脂质过氧化物和自由基并增加机体的抗氧化酶活性	[88]
抗疲劳和耐缺氧	天麻种子	清洁级昆明种小鼠	抗疲劳: ↑小鼠力竭游泳时间; ↓血清乳酸、尿素氮浓度; ↑血清中的LDH活性和肝糖原浓度; 耐缺氧: ↓小鼠亚硝酸钠中毒和急性脑缺血性缺氧存活时间; ↓MDA浓度显著降低; ↑小鼠常压耐缺氧存活时间; ↑小鼠血清中的SOD浓度	[89]
耐缺氧	天麻素	SPF级BalB/c小鼠	↑常压密闭缺氧环境下小鼠的存活时间; ↓小鼠暴露于急性减压缺氧条件中的死亡率	[90]
保护缺氧损伤	天麻素	大鼠心肌细胞H9c2	miR-21激活PTEN/PI3K/AKT和NF- κ B通路; ↓H9c2细胞缺氧损伤	[91]

注: ↑为显著增加; ↓为显著降低。

定的人工栽培方式,如特定电磁波辐照技术,可有效提高天麻产量和质量。因此,建议研究者在今后的产品研发过程中应当针对药材质量相关的培养技术、加工技术、分离提取技术等内容开展更加深入的研究工作,从而开发出更多天麻相关的新保健功能产品,使其为人类的健康做出有益的贡献。

参考文献

- [1] 赵麒麟, 吴鹏, 刘鸿高, 等. 蜜环菌与天麻的共生关系研究进展[J]. 云南农业科技, 2022(2): 56-58. [ZHAO Qiming, WU Peng, LIU Honggao, et al. Research progress on the symbiotic relationship between *Armillaria* and *Gastrodia elata*[J]. Yunnan Agricultural Science and Technology, 2022(2): 56-58.]
- [2] 龚文玲, 詹志来, 江维克, 等. 天麻本草再考证[J]. 中国现代中药, 2018, 20(3): 355-362. [GONG Wenling, ZHAN Zhilai, JIANG Weike, et al. Re-textualization of *Gastrodia elata* materia medica [J]. China Modern Chinese Medicine, 2018, 20(3): 355-362.]
- [3] 中国医学科学院药物研究所编著. 中草药现代研究 第1卷[M]. 北京医科大学, 中国协和医科大学联合出版社, 1995, 5. [Compiled by Institute of Materia Medica. Chinese Academy of Medical Sciences. Modern research of chinese herbal medicine. Volume 1[M]. Beijing Medical University, China Union Medical University Press, 1995, 5.]
- [4] 杨世海, 尹春梅, 王秀全, 等. 天麻的研究进展[J]. 人参研究, 1995(4): 4. [YANG Shihai, YIN Chunmei, WANG Xiuquan, et al. Research progress of Tianma[J]. Ginseng Research, 1995(4): 4.]
- [5] TAGUCHI HY, YAMASAKI K, KIM I H. Studies on the constituents of *Gastrodia elata* Blume[J]. Chem Pharm Bull, 1981, 29(1): 55-62.
- [6] LIN J H, LIU Y C, HAU J P, et al. Parishins B and C from rhizomes of *Gastrodia elata*[J]. Phytochemistry, 1996, 42(2): 549-551.
- [7] YANG X D, ZHU J, YANG R, et al. Phenolic constituents from the rhizomes of *Gastrodia elata*[J]. Nat Prod Res, 2007, 21(2):

180-186.

[8] WANG L, XIAO H B, YANG L, et al. Two new phenolic glycosides from the rhizome of *Gastrodia elata*[J]. *J Asian Nat Prod Res*, 2012, 14(5): 457-462.

[9] 谢森, 邵明莎, 翟庆超, 等. 天麻中巴利森苷类成分研究进展[J]. 广东化工, 2016, 43(22): 93-95. [XIE Miao, SHAO Mingsha, ZHAI Qingchao, et al. Research progress on parison glycosides in *Gastrodia elata*[J]. Guangdong Chemical Industry, 2016, 43(22): 93-95.]

[10] 段昊, 吕燕妮, 闫文杰. 藻类原料在我国保健食品中的应用进展[J]. 食品安全质量检测学报, 2021, 12(11): 4420-4428. [DUAN Hao, LÜ Yanni, YAN Wenjie. Application progress of algae raw materials in health food in my country[J]. Journal of Food Safety and Quality Inspection, 2021, 12(11): 4420-4428.]

[11] 李玉云, 李先何, 赖娟华. 中药软胶囊研究简介[J]. 实用中西医结合临床, 2003(3): 53. [LI Yuyun, LI Xianhe, LAI Juanhua. Introduction to the study of traditional Chinese medicine soft capsule[J]. Practical Integrated Traditional Chinese and Western Medicine Clinical, 2003(3): 53.]

[12] 王亚威, 李志峰, 何明珍, 等. 天麻化学成分研究[J]. 中草药, 2013, 44(21): 2974-2976. [WANG Yawei, LI Zhifeng, HE Mingzhen, et al. Study on chemical constituents of *Gastrodia elata* [J]. Chinese Herbal Medicine, 2013, 44(21): 2974-2976.]

[13] 国家药典委员会. 中华人民共和国药典(一部)[M]. 北京: 中国医药科技出版社, 2020. [National Pharmacopoeia Commission. Pharmacopoeia of the People's Republic of China (Part I)[M]. Beijing: China Pharmaceutical Science and Technology Press, 2020.]

[14] YUAN B, HUANG H, QU S, et al. Gastrodin pretreatment protects liver against ischemia-reperfusion injury via activation of the Nrf2/HO-1 pathway[J]. *The American Journal of Chinese Medicine*, 2020, 48(5): 1159-1178.

[15] 王上, 董文娟, 刘鹏亮, 等. JAK2-STAT3 信号通路在天麻素改善小鼠抑郁样行为中的作用研究[J]. 现代生物医学进展, 2021, 21(19): 3622-3627. [WANG Shang, DONG Wenjuan, LIU Pengliang, et al. The role of JAK2-STAT3 signaling pathway in the improvement of depressive-like behavior in mice by gastrodin[J]. Advances in Modern Biomedicine, 2021, 21(19): 3622-3627.]

[16] 郭迎树. 天麻素注射液对大鼠缺血性脑卒中后癫痫发作及神经保护作用的影响[J]. 中国合理用药探索, 2020, 17(9): 94-99.

[GUO Yingshu. Effects of gastrodin injection on epileptic seizures and neuroprotection after ischemic stroke in rats[J]. Exploration of Rational Drug Use in China, 2020, 17(9): 94-99.]

[17] 尉卫桥, 常守刚, 梁冲. 天麻素对蛛网膜下腔出血模型大鼠 Sirt6/FoxO3a 通路及神经功能损害的影响[J]. 卒中与神经疾病, 2021, 28(4): 415-420. [WEI Weiqiao, CHANG Shougang, LIANG Chong. Effects of gastrodin on Sirt6/FoxO3a pathway and neurological damage in subarachnoid hemorrhage model rats[J]. Stroke and Neurological Diseases, 2021, 28(4): 415-420.]

[18] 吴芳, 刘顺金, 左涵璐, 等. 天麻素对新生大鼠缺血缺氧脑损伤中小胶质细胞 NOX2 表达的影响[J]. 神经解剖学杂志, 2021, 37(3): 274-278. [WU Fang, LIU Shunjin, ZUO Hanjun, et al. Effects of gastrodin on NOX2 expression in microglia in neonatal rats

with ischemic hypoxic brain injury[J]. Journal of Neuroanatomy, 2021, 37(3): 274-278.]

[19] 刘德玲, 李怀斌, 黄锐, 等. 天麻素对阿尔茨海默病大鼠学习记忆能力和前额叶皮质 GalR2 表达的影响[J]. 皖南医学院学报, 2021, 40(5): 426-429. [LIU Deling, LI Huaibin, HUANG Rui, et al. Effects of gastrodin on learning and memory ability and expression of GalR2 in prefrontal cortex of Alzheimer's disease rats[J]. Journal of Wannan Medical College, 2021, 40(5): 426-429.]

[20] 林志川, 文国强, 吕艳, 等. 天麻素对阿尔茨海默症大鼠神经保护作用的研究[J]. 广西医科大学学报, 2020, 37(8): 1435-1441. [LIN Zhichuan, WEN Guoqiang, LÜ Yan, et al. Neuroprotective effect of gastrodin on Alzheimer's disease rats[J]. Journal of Guangxi Medical University, 2020, 37(8): 1435-1441.]

[21] 褚亚慧, 孔维佳. 天麻素对次黄嘌呤诱导小鼠急性高尿酸血症的影响和机制研究[J]. 中国当代医药, 2021, 28(26): 23-26. [CHU Yahui, KONG Weijia. Effects and mechanism of gastrodin on hypoxanthine-induced acute hyperuricemia in mice[J]. Chinese Contemporary Medicine, 2021, 28(26): 23-26.]

[22] 龙盼, 胡晓霞, 胡琦兰, 等. 天麻素对氯苯丙氨酸(PCPA)致失眠小鼠的镇静催眠作用研究[J]. 中药药理与临床, 2021, 37(5): 33-38. [LONG Pan, HU Xiaoxia, HU Qilan, et al. Study on the sedative and hypnotic effects of gastrodin parachlorophenylalanine (PCPA) in insomnia mice[J]. Chinese Pharmacology and Clinical, 2021, 37(5): 33-38.]

[23] 崔海彬, 张倩. 天麻素对脑缺血再灌注大鼠大脑皮质的影响及可能机制[J]. 解剖科学进展, 2021, 27(3): 277-279, 283. [CUI Haibin, ZHANG Qian. Effects of gastrodin on cerebral cortex in rats with cerebral ischemia-reperfusion and its possible mechanism[J]. Advances in Anatomy Science, 2021, 27(3): 277-279, 283.]

[24] 宋雄伟, 陈金波, 张德福, 等. 天麻素腹腔注射对慢性偏头痛大鼠的治疗作用及机制[J]. 山东医药, 2021, 61(4): 10-14. [SONG Weiwei, CHEN Jinbo, ZHANG Defu, et al. Therapeutic effect and mechanism of intraperitoneal injection of gastrodin on chronic migraine rats[J]. Shandong Medicine, 2021, 61(4): 10-14.]

[25] 舒慧敏, 刘沁, 张光伟, 等. 天麻素对偏头痛大鼠痛阈和脑干 NF- κ B 信号通路的影响[J]. 毒理学杂志, 2021, 35(6): 479-484. [SHU Huimin, LIU Qin, ZHANG Guangwei, et al. Effects of gastrodin on pain threshold and brainstem NF- κ B signaling pathway in migraine rats[J]. Journal of Toxicology, 2021, 35(6): 479-484.]

[26] 沈理, 薛诗国. 天麻素通过调控 *Klotho* 基因表达对高糖诱导的足细胞损伤的影响[J]. 中国中西医结合肾病杂志, 2021, 22(7): 594-596, 661. [SHEN Li, XUE Shiguo. Effects of gastrodin on high glucose-induced podocyte injury by regulating *Klotho* gene expression[J]. China Journal of Integrated Traditional Chinese and Western Medicine, 2021, 22(7): 594-596, 661.]

[27] 聂雨泽, 王燕, 杨帆, 等. 天麻素通过下调 Nav1.6 通道表达缓解糖尿病神经病理性疼痛的研究[J]. 现代生物医学进展, 2021, 21(4): 629-633, 613. [NIE Yuze, WANG Yan, YANG Fan, et al. Study on gastrodin alleviating diabetic neuropathic pain by down-regulating Nav1.6 channel expression[J]. Advances in Modern Biomedicine, 2021, 21(4): 629-633, 613.]

[28] LIU J K, AKTTANE MORI, et al. Antioxidant and pro-oxi-

- dant activities of p-hydroxybenzyl alcohol and vanillin: Effects on free radicals, brain peroxidation and degradation of benzoate, deoxyribose, amino acids and DNA[J]. *Neuropharmacology*, 1993, 32(7): 659–669.
- [29] 颜汉文, 贾媛媛, 杨媛, 等. 对羟基苯甲醇对MCAO/R模型大鼠血脑屏障的保护作用研究[J]. *中药药理与临床*, 2016, 32(6): 22–25. [YAN Hanwen, JIA Yuanyuan, YANG Yuan, et al. Study on the protective effect of p-hydroxybenzyl alcohol on the blood-brain barrier of MCAO/R model rats[J]. *Chinese Materia Medica and Clinical*, 2016, 32(6): 22–25.]
- [30] KAM K Y, YU S J, JEONG N, et al. p-hydroxybenzyl alcohol prevents brain injury and behavioral impairment by activating Nrf2, PDI, and neurotrophic factor genes in a rat model of brain ischemia[J]. *Molecules and Cells*, 2011, 31(3): 209–215.
- [31] 郭营营, 蒋石, 林青, 等. 天麻中对羟基苯甲醇抗血小板聚集的作用及机制研究[J]. *时珍国医国药*, 2014, 25(1): 4–6. [GUO Yingying, JIANG Shi, LIN Qing, et al. Study on the anti-platelet aggregation effect and mechanism of p-hydroxybenzyl alcohol in *Gastrodia elata*[J]. *Shizhen Chinese Medicine and Chinese Medicine*, 2014, 25(1): 4–6.]
- [32] CHEN W C, LAI Y S, LIN S H, et al. Anti-depressant effects of *Gastrodia elata* Blume and its compounds gastrodin and 4-hydroxybenzyl alcohol, via the monoaminergic system and neuronal cytoskeletal remodeling[J]. *J Ethnopharmacol*, 2016(182): 190.
- [33] WU L Y, CHEN W C, TSAI F S, et al. p-Hydroxybenzyl alcohol, an active phenolic ingredient of *Gastrodia elata*, reverses the cycloheximide-induced memory deficit by activating the adrenal gland in rat[J]. *Am J Chinese Med*, 2015, 43(8): 1593.
- [34] HSIEH M T, WU C R, CHEN C F. Gastrodin and p-hydroxybenzyl alcohol facilitate memory consolidation and retrieval, but not acquisition, on the passive avoidance task in rats[J]. *J Ethnopharmacol*, 1997, 56(1): 45.
- [35] HSIEH M T, WU C R, HSIEH C C. Ameliorating effect of p-hydroxybenzyl alcohol on cycloheximide-induced impairment of passive avoidance response in rats: interactions with compounds acting at 5-HT_{1A} and 5-HT₂ receptors[J]. *Pharmacol Biochem Be*, 1998, 60(2): 337–347.
- [36] 李艳, 蒋石, 郭营营, 等. 天麻成分对羟基苯甲醇抗实验性脑血栓形成及抗炎作用研究[J]. *昆明医科大学学报*, 2015, 36(1): 28–31. [LI Yan, JIANG Shi, GUO Yingying, et al. Study on the anti-experimental cerebral thrombosis and anti-inflammatory effects of p-hydroxybenzyl alcohol of *Gastrodia elata*[J]. *Journal of Kunming Medical University*, 2015, 36(1): 28–31.]
- [37] LASCHKE M W, VORSTERMAN VAN OIJEN A E, KORBEL C, et al. 4-hydroxybenzyl alcohol: A novel inhibitor of tumor angiogenesis and growth[J]. *Life Sci*, 2013, 93(1): 44.
- [38] 周晓楠, 宋雪兰, 李艳, 等. 对羟基苯甲醇对脑缺血/再灌注损伤的保护作用研究[J]. *中国药理学通报*, 2017, 33(12): 1729–1735. [ZHOU Xiaonan, SONG Xuelan, LI Yan, et al. Study on the protective effect of p-hydroxybenzaldehyde on cerebral ischemia/reperfusion injury[J]. *Chinese Pharmacological Bulletin*, 2017, 33(12): 1729–1735.]
- [39] 向彬, 肖纯, 申婷, 等. 对羟基苯甲醛可预防大鼠急性脑缺血后神经炎症[J]. *中成药*, 2017, 39(8): 1572–1576. [XIANG Bin, XIAO Chun, SHEN Ting, et al. Para-hydroxybenzaldehyde can prevent neuroinflammation after acute cerebral ischemia in rats[J]. *Chinese Patent Medicine*, 2017, 39(8): 1572–1576.]
- [40] 申婷, 肖纯, 向彬, 等. 天麻成分对羟基苯甲醛抗血小板聚集的作用机制研究[J]. *中国药业*, 2017, 26(18): 4–7. [SHEN Ting, XIAO Chun, XIANG Bin, et al. Study on the mechanism of anti-platelet aggregation of p-hydroxybenzaldehyde, a constituent of *Gastrodia elata*[J]. *China Pharmaceutical*, 2017, 26(18): 4–7.]
- [41] 刘珊珊, 向彬, 郭营营, 等. 天麻成分对羟基苯甲醛抗炎作用及机制研究[J]. *中国民族民间医药*, 2016, 25(9): 16–17, 19. [LIU Shanshan, XIANG Bin, GUO Yingying, et al. Study on the anti-inflammatory effect and mechanism of p-hydroxybenzaldehyde in *Gastrodia elata*[J]. *Chinese Ethnic Folk Medicine*, 2016, 25(9): 16–17, 19.]
- [42] HUSAIN N, MAHMOOD R. 3, 4-Dihydroxybenzaldehyde quenches ROS and RNS and protects human blood cells from Cr(VI)-induced cytotoxicity and genotoxicity[J]. *Toxicology in Vitro*, 2018(50): 293–304.
- [43] DAI R, WANG T, SI X, et al. Vasodilatory effects and underlying mechanisms of the ethyl acetate extracts from *Gastrodia elata* Blume[J]. *Canadian Journal of Physiology & Pharmacology*, 2016, 95(5): 564–571.
- [44] 刘智慧, 杨立朝, 王伟平, 等. Parishin C和天麻素对东莨菪碱所致大鼠学习记忆障碍的改善作用比较[C]//. 2012年中国药学会大会暨第十二届中国药师周论文集, 2012: 1097–1098. [LIU Zhihui, YANG Lichao, WANG Weiping, et al. Comparison of the improving effects of parishin C and gastrodin on scopolamine-induced learning and memory impairment in rats [C]//. 2012 Chinese Pharmaceutical Congress and the 12th Chinese Pharmacist Week Paper Episode, 2012: 1097–1098.]
- [45] 徐帮会, 徐剑, 张永萍, 等. 天麻 HPLC 指纹图谱及镇痛活性的谱效关系研究[J]. *中药材*, 2019, 42(11): 2588–2592. [XU Ganghui, XU Jian, ZHANG Yongping, et al. Study on the HPLC fingerprint of *Gastrodia elata* and the spectrum-effect relationship of analgesic activity[J]. *Chinese Materia Medica*, 2019, 42(11): 2588–2592.]
- [46] 王信, 李莉, 杨宝慧, 等. 天麻活性成分巴利森苷 B 对匹鲁卡品致痫小鼠痫性行为的干预作用及网络药理学作用机制分析[J]. *中国医院药学杂志*, 2022, 42(6): 595–600, 630. [WANG Xin, LI Li, YANG Baohui, et al. Intervention effect of *Gastrodia elata* active ingredient balisonoside B on epileptic behavior in mice induced by pilocarpine and analysis of its network pharmacological mechanism of action[J]. *China Hospital Pharmacy Magazine*, 2022, 42(6): 595–600, 630.]
- [47] LIU Z, WANG W, FENG N, et al. Parishin C's prevention of AB14z induced inhibition of long-term potentiation is related to NMDA receptors[J]. *Acta Pharm Sin B*, 2016, 6(3): 189–197.
- [48] SHIN E J, WHANG W K, KIM S, et al. Parishin C attenuates phencyclidine-induced schizophrenia-like psychosis in mice: Involvements of 5-HT_{1A} receptor[J]. *Journal of pharmacological sciences*, 2010, 113(4): 404–408.

- [49] JIAN M, JIA L, WU S, et al. Structural characterization and hypolipidemic activity of a polysaccharide PGEB-3H from the fruiting bodies of *Gastrodia elata* Blume[J]. *Procedia Engineering*, 2012, 37(2): 169–173.
- [50] ZHOU Benhong, TAN Jun, ZHANG Chan, et al. Neuroprotective effect of polysaccharides from *Gastrodia elata* Blume against corticosterone induced apoptosis in PC12 cells via inhibition of the endoplasmic reticulum stress mediated pathway[J]. *Molecular Medicine Reports*, 2017, 28(17): 1182–1190.
- [51] QIN Wenbao, LI Qian, CHENG Gong, et al. Immune-enhancing activity of polysaccharides from *Gastrodia elata*[J]. *Journal of Food Processing & Preservation*, 2016, 41(6): 176–180.
- [52] 樊荣, 马国华, 于珊珊. 天麻多糖对高脂饮食诱导的非酒精性脂肪肝的保护作用[J]. *食品工业科技*, 2022, 43(1): 381–391.
- [FAN Rong, MA Guohua, YU Shanshan. Protective effect of *Gastrodia elata* polysaccharide on high-fat diet-induced non-alcoholic fatty liver[J]. *Science and Technology of Food Industry*, 2022, 43(1): 381–391.]
- [53] 陈琛, 李鑫鑫, 徐尤美, 等. 天麻多糖的分离纯化与抗氧化活性研究[J]. *中国临床药理学杂志*, 2018, 34(18): 2203–2206. [CHEN Chen, LI Xinxin, XU Youmei, et al. Study on separation, purification and antioxidant activity of *Gastrodia elata* polysaccharides[J]. *Chinese Journal of Clinical Pharmacology*, 2018, 34(18): 2203–2206.]
- [54] 夏莹, 唐晓葵, 柯翔鸿, 等. 天麻粉的 Wistar 大鼠亚慢性经口毒性试验[J]. *卫生研究*, 2020, 49(3): 502–505. [XIA Ying, TANG Xiaoqiao, KE Xianghong, et al. Subchronic oral toxicity test of *Gastrodia elata* powder in Wistar rats[J]. *Health Research*, 2020, 49(3): 502–505.]
- [55] 毛勇, 苏敏, 那敏, 等. 天麻粉喂养大鼠 30d 毒性试验[J]. *中国药理学与毒理学杂志*, 2013, 27(3): 561. [MAO Yong, SU Min, NA Min, et al. Toxicity test of rats fed *Gastrodia elata* powder for 30 days[J]. *Chinese Journal of Pharmacology and Toxicology*, 2013, 27(3): 561.]
- [56] 田洁, 田辉, 王玉娥, 等. 天麻含片的毒理和免疫功能实验研究[J]. *公共卫生与预防医学*, 2011, 22(3): 12–15. [TIAN Jie, TIAN Hui, WANG Yu'e, et al. Experimental study on toxicology and immune function of Tianma lozenges[J]. *Public Health and Preventive Medicine*, 2011, 22(3): 12–15.]
- [57] 田好亮, 李立, 王勇, 等. 天麻微粉的毒理学安全性评价[J]. *中国卫生检验杂志*, 2014, 24(15): 2161–2164. [TIAN Haoliang, LI Li, WANG Yong, et al. Toxicological safety evaluation of *Gastrodia elata* micropowder[J]. *China Journal of Hygiene Inspection*, 2014, 24(15): 2161–2164.]
- [58] 于滨, 左增艳, 孔维佳. 天麻细粉片毒性及安全性的实验研究[J]. *中国当代医药*, 2014, 21(21): 6–10. [YU Bin, ZUO Zengyan, KONG Weijia. Experimental study on toxicity and safety of Tianma fine powder tablets[J]. *Chinese Contemporary Medicine*, 2014, 21(21): 6–10.]
- [59] 詹国瑛, 孙建琴, 王惠群. 天麻酒的毒理学试验[J]. *贵阳医学院学报*, 1994(4): 377–378. [ZHAN Guoying, SUN Jianqin, WANG Huiqun. Toxicological test of Tianma wine[J]. *Journal of Guiyang Medical College*, 1994(4): 377–378.]
- [60] 赵文斌. 天麻及其有效物质对阿尔兹海默症模型小鼠的作用机制研究[D]. 兰州: 兰州大学, 2019. [ZHAO Wenbin. The mechanism of action of *Gastrodia elata* and its effective substances on Alzheimer's disease model mice[D]. Lanzhou: Lanzhou University, 2019.]
- [61] 刘智慧, 马浩, 王伟平, 等. 天麻素及派立辛改善东莨菪碱致学习记忆障碍的构效关系[J]. *药学报*, 2016, 51(5): 743–748. [LIU Zhihui, MA Hao, WANG Weiping, et al. Structure-activity relationship of gastrodin and Palixin in improving learning and memory impairment caused by scopolamine[J]. *Chinese Journal of Pharmacy*, 2016, 51(5): 743–748.]
- [62] 杨婷婷, 周红静, 曾晨叶, 等. 新型天麻素衍生物对阿尔茨海默病模型小鼠的保护作用[J]. *中国现代应用药理学*, 2019, 36(5): 537–541. [YANG Tingting, ZHOU Hongjing, ZENG Chenye, et al. Protective effect of novel gastrodin derivatives on Alzheimer's disease model mice[J]. *China Modern Applied Pharmacy*, 2019, 36(5): 537–541.]
- [63] 冯晋, 何芳雁, 夏霜莉, 等. 天麻醇提取物对模型小鼠学习记忆的改善作用[J]. *中国药业*, 2019, 28(22): 16–18. [FENG Jin, HE Fangyan, XIA Shuangli, et al. Improvement of *Gastrodia elata* alcohol extract on learning and memory in model mice[J]. *China Pharmaceutical*, 2019, 28(22): 16–18.]
- [64] UMENO A, BIJU V, YOSHIDA Y. *In vivo* ROS production and use of oxidative stress-derived biomarkers to detect the onset of diseases such as Alzheimer's disease, Parkinson's disease, and diabetes[J]. *Free Radic Res*, 2017, 25: 1–15.
- [65] KANG S, LEE Y H, LEE J E. Metabolism-centric overview of the pathogenesis of Alzheimer's disease[J]. *Yonsei Med J*, 2017, 58: 479–488.
- [66] GAGNÉ P L, FORTIER M, FRASER M, et al. Dechlorane plus induces oxidative stress and decreases cyclooxygenase activity in the blue mussel[J]. *Aquat Toxicol*, 2017, 188: 26–32.
- [67] BIANCINI G B, MORÁS A M, REINHARDT L S, et al. Globotriaosyl-sphingosine induces oxidative DNA damage in cultured kidney cells[J]. *Nephrology (Carlton)*, 2017, 22: 490–493.
- [68] 高玉梅, 王晓玲, 邓于新, 等. 天麻粉预防痴呆小鼠模型发病及其对抗氧化作用的影响[J]. *中国实验方剂学杂志*, 2020, 26(2): 52–58. [GAO Yumei, WANG Xiaoling, DENG Yuxin, et al. *Gastrodia elata* powder prevents the onset of dementia mouse model and its effect on antioxidant effects[J]. *Chinese Journal of Experimental Prescriptions*, 2020, 26(2): 52–58.]
- [69] 胡鹏程, 王进, 李墨香, 等. 天麻改善小鼠睡眠作用及其机制研究[J]. *中草药*, 2019, 50(13): 3140–3146. [HU Pengcheng, WANG Jin, LI Moxiang, et al. Study on the effect of *Gastrodia elata* on improving sleep in mice and its mechanism[J]. *Chinese Herbal Medicine*, 2019, 50(13): 3140–3146.]
- [70] 张苗璇, 胡卫. 天麻改善小鼠睡眠作用研究[J]. *生物技术世界*, 2014(10): 149–151. [ZHANG Miaoxuan, HU Wei. Study on the effect of *Gastrodia elata* on improving sleep in mice[J]. *Biotechnology World*, 2014(10): 149–151.]
- [71] 齐丽娟, 高珊, 马玲, 等. 天麻改善睡眠功能的实验研究[J]. *首都公共卫生*, 2012, 6(2): 66–68. [QI Lijuan, GAO Shan, MA Ling, et al. Experimental study on improving sleep function of Tian-

- ma[J]. Capital Public Health, 2012, 6(2): 66-68.]
- [72] 邢其郡. 天麻中的有效成分靶向 MT₁ 发挥镇静安神作用的研究[D]. 昆明: 昆明理工大学, 2021. [XING Qijun. Study on the active ingredients in *Gastrodia elata* targeting MT₁ to exert sedative and soothing effects[D]. Kunming: Kunming University of Science and Technology, 2021.]
- [73] 李武, 傅莉华, 邝颖诗, 等. 超微天麻 (*Gastrodia elata*) 粉的吸收及改善睡眠功能的研究[J]. 食品研究与开发, 2014, 35(20): 27-31. [LI Wu, FU Lihua, KUANG Yingshi, et al. Study on the absorption and sleep improvement of ultrafine *Gastrodia elata* powder[J]. Food Research and Development, 2014, 35(20): 27-31.]
- [74] 马翠霞. 天麻改善睡眠有效部位化学成分及其活性研究[D]. 长春: 长春中医药大学, 2020. [MA Cuixia. Study on the chemical constituents and their activity of the effective parts of *Gastrodia elata* for improving sleep[D]. Changchun: Changchun University of Traditional Chinese Medicine, 2020.]
- [75] 林灵, 王瑜, 杨娟, 等. 天麻酵素对失眠小鼠的镇静催眠功效评价[J]. 现代食品科技, 2021, 37(10): 55-61, 152. [LIN Ling, WANG Yu, YANG Juan, et al. Evaluation of sedative and hypnotic effects of *Gastrodia elata* enzyme on insomnia mice[J]. Modern Food Science and Technology, 2021, 37(10): 55-61, 152.]
- [76] 于滨, 左增艳, 孔维佳. 天麻粉对高脂饲料喂养大鼠降脂减肥作用的实验研究[J]. 中国医药导报, 2014, 11(30): 8-11. [YU Bin, ZUO Zengyan, KONG Weijia. Experimental study on the effect of Tianma powder on lipid-lowering and weight loss in rats fed with high-fat diet[J]. China Medical Herald, 2014, 11(30): 8-11.]
- [77] 贾宝贤, 左增艳. 天麻粉对高脂小鼠降血脂和谷丙转氨酶的实验观察[J]. 中国当代医药, 2013, 20(25): 130-131. [JIA Baoxian, ZUO Zengyan. Experimental observation of *Gastrodia elata* powder on hypolipidemic and alanine aminotransferase in hyperlipidemia mice[J]. Chinese Contemporary Medicine, 2013, 20(25): 130-131.]
- [78] 于滨, 李永利, 左增艳, 等. 天麻细粉片在高血脂大鼠模型中的降血脂实验研究[J]. 中国医药导报, 2012, 9(36): 5-6. [YU Bin, LI Yongli, ZUO Zengyan, et al. Experimental study on blood lipid lowering of Tianma fine powder tablet in hyperlipidemia rat model[J]. China Medical Herald, 2012, 9(36): 5-6.]
- [79] 孙航, 代蓉, 孙珑, 等. 天麻乙醇提取物辅助降血脂保健功能评价[J]. 云南中医学院学报, 2020, 43(6): 6-11. [SUN Hang, DAI Rong, NING Long, et al. Evaluation of the health care function of *Gastrodia elata* ethanol extract to assist in lowering blood lipids[J]. Journal of Yunnan University of Traditional Chinese Medicine, 2020, 43(6): 6-11.]
- [80] 韩磊, 乔爱敏, 刘青. 天麻素的抗糖尿病作用实验[J]. 华侨大学学报(自然科学版), 2013, 34(6): 682-686. [HAN Lei, QIAO Aimin, LIU Qing. Experiment on the antidiabetic effect of gastrodin[J]. Journal of Huaqiao University (Natural Science Edition), 2013, 34(6): 682-686.]
- [81] 陈湖海, 黄涛, 刘辉. 天麻素对高血压大鼠血压变化、血管保护作用及氧化应激反应机制研究[J]. 世界中医药, 2016, 11(11): 2385-2388. [CHEN Huhai, HUANG Tao, LIU Hui. Study on blood pressure changes, vascular protection and oxidative stress response mechanism of gastrodin in hypertensive rats[J]. World Chinese Medicine, 2016, 11(11): 2385-2388.]
- [82] WAN J, ZHANG Y Y, YANG D Q, et al. Gastrodin improves nonalcoholic fatty liver disease via activation of the AMPK signaling pathway[J]. Hepatology, 2021.
- [83] QU L L, YU B, LI Z, et al. Gastrodin ameliorates oxidative stress and proinflammatory response in nonalcoholic fatty liver disease through the AMPK/Nrf2 pathway[J]. *Phytother Res*, 2016, 30(3): 402-411.
- [84] 张道遥, 李奔, 李鑫鑫, 等. 天麻素对小鼠酒精性肝损伤的保护作用[J]. 中国药理学与毒理学杂志, 2021, 35(10): 804-805. [ZHANG Xiaoyao, LI Ben, LI Xinxin, et al. Protective effect of gastrodin on alcoholic liver injury in mice[J]. Chinese Journal of Pharmacology and Toxicology, 2021, 35(10): 804-805.]
- [85] 张楚君, 张金芝, 郑卫红, 等. 天麻素对长春新碱致大鼠肝损伤的保护作用[J]. 实用肿瘤杂志, 2012, 27(5): 521-525. [ZHANG Chujun, ZHANG Jinzhi, ZHENG Weihong, et al. Protective effect of gastrodin on vincristine-induced liver injury in rats[J]. Journal of Practical Oncology, 2012, 27(5): 521-525.]
- [86] 陈子方, 沈凡艺, 李江蕊, 等. 天麻提取物抗帕金森病作用的实验研究[J]. 中国民族民间医药, 2020, 29(22): 20-23, 27. [CHEN Zifang, SHEN Fanyi, LI Jiangrui, et al. Experimental study on the anti-Parkinson's disease effect of *Gastrodia elata* extract[J]. Chinese Ethnic Folk Medicine, 2020, 29(22): 20-23, 27.]
- [87] 席蕴文, 康利平, 孙建辉, 等. 赤箭和天麻调节免疫功能和肠道菌群作用比较[J]. 中国实验方剂学杂志, 2021, 27(12): 117-124. [XI Yunwen, KANG Liping, SUN Jianhui, et al. Comparison of Chijian and *Gastrodia elata* in regulating immune function and intestinal flora[J]. Chinese Journal of Experimental Prescriptions, 2021, 27(12): 117-124.]
- [88] 童英, 张光云, 段小花, 等. 天麻抗衰老的研究概况[J]. 中国民族民间医药, 2020, 29(4): 42-46. [TONG Ying, ZHANG Guangyun, DUAN Xiaohua, et al. Research overview on anti-aging of *Gastrodia elata*[J]. Chinese Ethnic Folk Medicine, 2020, 29(4): 42-46.]
- [89] 姜瑶瑶, 包海鹰. 天麻种子抗疲劳和耐缺氧作用及其脂溶性成分研究[J]. 西北农林科技大学学报(自然科学版), 2017, 45(9): 116-122. [JIANG Yaoyao, BAO Haiying. Anti-fatigue and hypoxia resistance of *Gastrodia elata* seeds and their fat-soluble components[J]. Journal of Northwest A & F University (Natural Science Edition), 2017, 45(9): 116-122.]
- [90] 邹驰, 樊光辉, 刘长清, 等. 天麻素对模拟高原缺氧小鼠的保护作用[J]. 华南国防医学杂志, 2017, 31(8): 501-503, 513. [ZOU Chi, FAN Guanghui, LIU Changqing, et al. Protective effect of gastrodin on mice with simulated plateau hypoxia[J]. South China Journal of National Defense Medicine, 2017, 31(8): 501-503, 513.]
- [91] XING Yu, LI Ling. Gastrodin protects rat cardiomyocytes H9c2 from hypoxia-induced injury by up-regulation of microRNA-21[J]. International Journal of Biochemistry and Cell Biology, 2019 (109): 8-16.