

袁莉芸, 石宇, 杨子寒, 等. 瓜蒌活性成分的药理机制及其在动物健康中的应用研究进展 [J]. 畜牧与兽医, 2026, 58 (10): 147-152.

Yuan L Y, Shi Y, Yang Z H, et al. Research progress on pharmacological mechanism of bioactive components from *Trichosanthes kirilowii* Maxim. and its application in animal health [J]. Animal Husbandry & Veterinary Medicine, 2026, 58 (10): 147-152.

瓜蒌活性成分的药理机制及其在动物健康中的应用研究进展

袁莉芸, 石宇, 杨子寒, 蒋一凡*

(襄阳职业技术学院, 湖北 襄阳 441050)

摘要: 瓜蒌 (*Trichosanthes kirilowii* Maxim.) 为传统葫芦科药用植物, 其果实、种子及根部等部位富含皂苷、多糖、黄酮及核糖体失活蛋白等多种生物活性成分。研究表明, 瓜蒌在抗炎与免疫调节、抗氧化应激、自噬调控、抗病毒及抗肿瘤等方面发挥重要作用, 其机制主要涉及 NF- κ B、NLRP3 炎症小体、Nrf2 及 PI3K/AKT、MAPK 等信号通路, 进而影响炎症反应、氧化应激及代谢稳态等关键病理生理过程。此外, 瓜蒌在心血管疾病、动脉粥样硬化及血栓形成等病症的干预中亦展现出良好潜力。本文系统综述了瓜蒌不同药用部位的主要活性成分、药理作用及其分子机制, 并对其在畜禽健康养殖及动物疾病防治领域的应用前景进行展望, 以期对瓜蒌资源的深度开发与应用提供参考。

关键词: 瓜蒌; 活性成分; 抗炎与免疫调节; 氧化应激; 自噬; 心血管保护; 抗病毒

中图分类号: S853.7 文献标志码: A 文章编号: 0529-5130(2026)10-0147-06

Research progress on pharmacological mechanism of bioactive components from *Trichosanthes kirilowii* Maxim. and its application in animal health

YUAN Liyun, SHI Yu, YANG Zihan, JIANG Yifan*

(Xiangyang Polytechnic University, Xiangyang 441050, China)

Abstract: *Trichosanthes kirilowii* Maxim. is a traditional medicinal plant of the Cucurbitaceae family. Its fruits, seeds and roots are rich in diverse bioactive components, including saponins, polysaccharides, flavonoids, and ribosome-inactivating proteins; which has attracted considerable attention in natural product research. Studies have demonstrated that *T. kirilowii* exerts multiple pharmacological activities, including anti-inflammatory and immunomodulatory effects, attenuation of oxidative stress, regulation of autophagy, as well as antiviral and antitumor activities. The underlying mechanisms mainly involve the regulation of signaling pathways, such as NF- κ B, NLRP3 inflammasome, Nrf2, PI3K/AKT, and MAPK, thereby modulating critical pathophysiological processes including inflammation, oxidative stress, and metabolic homeostasis. In addition, *T. kirilowii* has demonstrated therapeutic potential in cardiovascular diseases, including atherosclerosis and thrombosis. This review systematically summarizes the major bioactive components, pharmacological effects, and underlying molecular mechanisms of different medicinal parts of *T. kirilowii*, and further discusses their potential applications in livestock and poultry production and animal disease prevention and control. The authors hope to provide a reference for further development and utilization of *T. kirilowii*.

Keywords: *Trichosanthes kirilowii* Maxim.; bioactive components; anti-inflammatory and immunomodulatory effects; oxidative stress; autophagy; cardiovascular protection; antiviral effects

瓜蒌 (*Trichosanthes kirilowii* Maxim.) 为葫芦科 (Cucurbitaceae) 栝楼属植物栝楼 (*Trichosanthes kiril-*

owii) 或双边栝楼 (*Trichosanthes rosthornii*) 的干燥成熟果实, 亦称栝楼、野葫芦或吊瓜^[1]。作为一味传统中药, 瓜蒌临床应用历史悠久, 具有止咳化痰、润肺滋阴、宽胸散结等功效^[2]。近年来, 现代药理学研究证实, 瓜蒌除传统药用功效外, 还具备抗炎、抗肿瘤、抗感染及免疫调节等多种生物活性^[3]。随着分子生物学技术的不断发展, 对瓜蒌活性成分及作用机制的研究逐步深入, 但相关研究仍较为分散, 缺乏系统整合。因此, 本文系统梳理瓜蒌的主要活性成

收稿日期: 2026-04-15; 修回日期: 2026-07-21

基金项目: 湖北省自然科学基金项目 (2023AFD051); 2022 年襄阳市重点科技计划项目; 2026 年湖北省博士创新站项目; 襄阳职业技术学院高层次人才科研启动经费资助项目 (XYZYZZ03)

第一作者: 袁莉芸, 女, 博士, 副教授

* 通信作者: 蒋一凡, 博士研究生, 讲师, 主要从事畜禽健康与疫病防制研究, E-mail: yifanjiang26@163.com。

分,重点综述其在抗炎、免疫调节及抗病毒等方面的分子机制,并探讨其在动物健康领域的应用潜力,以期为瓜蒌的基础研究与产业化开发提供参考依据。

1 瓜蒌活性成分与不同药用部位差异

瓜蒌是典型的同源多部位入药中药材,其果皮、种子、果瓢和块根均具有重要的药用或开发价值。不同部位既含有部分共有化学成分,又富集各自特征性活性物质,这种成分分布差异构成了其“同源不同用”临床应用特点的物质基础。瓜蒌皮以黄酮类成分为主,在心血管保护方面表现出较为突出的作用;瓜蒌子富含不饱和脂肪酸及特征性萜类化合物,在营

养调控和代谢调节方面具有显著优势^[1-3];瓜蒌瓢含有丰富的氨基酸、色素及挥发性香气成分,在食品和化妆品开发领域展现出良好的应用潜力^[4-6];天花粉则以天花粉蛋白和特征性多糖为主要活性成分,在抗病毒、抗肿瘤及免疫调节等方面具有独特功能^[7-9]。总体而言,瓜蒌各药用部位在共享基础化学成分的同时,又具有各自独特的活性物质谱和功能特征,为其分部位精准开发、高值化利用及综合资源开发提供了重要的理论依据^[1-2, 9-10]。上述各部位在活性成分种类的具体差异,为瓜蒌后续药理作用的差异化研究提供了直接参考。瓜蒌不同药用部位的主要成分见表 1。

表 1 瓜蒌不同药用部位的主要成分

药用部位	共有基础成分	主要优势成分	特有活性成分
瓜蒌皮	多糖 皂苷 氨基酸	黄酮(山柰酚、芹菜素等)	法巴森、异葫芦素 D
瓜蒌子		不饱和脂肪酸、萜类、植物甾醇	瓜蒌酸、瓜蒌仁三醇
瓜蒌瓢		天然色素、挥发性香气成分	月桂酸乙酯、邻苯二甲酸丁酯等香气物
瓜蒌根(天花粉)		三萜、天花粉多糖	天花粉蛋白(TCS)

1.1 瓜蒌皮

瓜蒌皮为瓜蒌的干燥成熟果皮,功善清肺化痰、理气宽胸,是治疗痰瘀阻络型冠心病、心绞痛及心肌梗死的典型中药^[2]。现代化学成分研究显示,瓜蒌皮中含有皂苷、多糖、黄酮、氨基酸及挥发油等多种成分,其中黄酮类化合物是其核心活性成分,包括山柰酚、芹菜素、木樨草素、香叶木素以及槲皮素、异槲皮苷等黄酮醇及其苷类衍生物^[11-12]。近年来,研究人员从瓜蒌皮水提取物中陆续分离鉴定出 12 个化合物,其中法巴森为首次从天然植物中发现的新化合物,其属于三萜类葫芦素;此外,异葫芦素 D(三萜类)、对羟基苯甲酸(酚酸类)、5-羟基麦芽酚(5-oxymaltol,吡喃酮衍生物)及烟酸(B 族维生素)等成分也均为首次在瓜蒌皮中检出^[7]。这些研究丰富了瓜蒌皮的化学成分谱,为解析其药效提供了物质基础。药理学研究表明,上述黄酮类成分可通过抗氧化、抑制细胞凋亡、改善血管内皮功能、调节血脂等多种途径发挥心血管保护效应。例如,槲皮素可通过抑制 AMPK/TSC2/mTOR 通路,缓解心肌缺血再灌注损伤;山柰酚可阻断 TLR4/NF-κB 通路,降低心肌细胞凋亡水平;芹菜素则具有降胆固醇、抗动脉粥样硬化等活性^[13-14]。依托其明确的心血管活性,瓜蒌皮提取物已被研制成中药注射液,广泛用于冠心病、心绞痛的临床治疗^[10]。

目前,随着瓜蒌皮活性成分研究的不断深入,其质量控制与标准化评价问题也逐渐受到关注。有研究

通过成分分析结合药效评价筛选潜在质量标志物(Q-marker),认为异槲皮苷可作为反映瓜蒌皮质量的控制指标^[15]。然而,其含量受产地、栽培条件及采收时期等因素影响,相关限量标准及质量评价体系仍有待进一步建立和完善。

1.2 瓜蒌子

瓜蒌子又称瓜蒌仁,为瓜蒌干燥成熟种子,具有润肺化痰、润肠通便之效。该部位油脂、氨基酸与蛋白质含量丰富,总量可达 80% 以上^[16],其中,油脂含量达 26% 以上,现已检测出 19 种脂肪酸,以瓜蒌酸、亚油酸、油酸和亚麻酸等不饱和脂肪酸为主,瓜蒌酸被认为是瓜蒌子油主要活性成分^[17-18]。与瓜蒌皮不同,瓜蒌子中黄酮类物质含量偏低,萜类化合物与植物甾醇为其主要成分,同时存在特征成分瓜蒌仁三醇(栝楼仁三醇)和瓜蒌仁二醇(栝楼仁二醇),可作为区分该药用部位的标志性化合物^[3, 18]。瓜蒌仁三醇已被作为瓜蒌子含量测定的指标性成分,广泛应用于该药材的质量评价^[19-21]。

药理学研究表明,瓜蒌子的镇咳祛痰作用与其所含氨基酸密切相关,天门冬氨酸可促进呼吸道对异物的清除,使炎性分泌物减少、痰液黏稠度降低而易于排出^[22-23]。在心血管保护方面,瓜蒌子中的瓜蒌酸对于血小板聚集具有一定抑制作用,提示其在血栓性疾病防治中的潜在应用价值^[18]。

1.3 瓜蒌瓢

瓜蒌瓢在传统药材使用中常被当作副产物丢弃,

相关基础研究与应用探索相对较少。现代检测分析显示,瓜蒌瓢富含多糖、蛋白质、天然色素及抑菌蛋白等营养与活性物质,且该部位含有丰富的氨基酸,具备良好的开发潜力^[4-5]。张荣超等^[6]利用顶空固相微萃取 GC/MS 法,从瓜蒌瓢中鉴定出月桂酸乙酯、邻苯二甲酸丁酯、香草酸、反式肉桂酸等 17 种挥发性香气成分,表明瓜蒌瓢在食品添加剂或天然香料应用领域具有潜在开发价值。

1.4 瓜蒌根(天花粉)

瓜蒌根作为药材又名天花粉,为干燥块根加工而成,味苦、无毒,具有清热泻火、生津止渴、降火润燥、消肿排脓等功效^[24]。其富含蛋白质、三萜、多糖、黄酮等多种生物活性物质^[9],其中 TCS 是该部位独有的特征活性成分,属于 I 型核糖体失活蛋白,分子量约 27 kDa^[14]。此外,天花粉多糖也具备显著的免疫调节作用^[9]。这些成分共同构成天花粉抗肿瘤、降糖、免疫调节、抗炎等多重药理作用的物质基础^[8, 25]。

2 瓜蒌的核心药理作用机制

瓜蒌的药理作用具有多靶点、多通路协同调控的特点。主要通过调控炎症反应、氧化应激、自噬及细胞凋亡等关键生物学过程发挥作用。

2.1 抗炎和免疫调节作用

瓜蒌及其活性成分可通过调控炎症信号通路及免疫因子表达,发挥显著的抗炎与免疫调节作用。在小鼠哮喘模型中,瓜蒌果提取物可显著缓解呼吸道炎症、减少嗜酸性粒细胞浸润、降低呼吸道高反应性,并抑制活性氧(ROS)生成及促炎细胞因子表达,其机制与抑制 NF- κ B 等经典炎症信号通路的激活密切相关^[26]。

在免疫调节方面,瓜蒌所含多糖、皂苷及蛋白类成分可通过调控免疫细胞功能及细胞因子网络维持免疫稳态。研究表明,瓜蒌来源的凝集素等蛋白类成分可促进巨噬细胞向抗炎 M2 型极化,抑制促炎 M1 型活化,该调控效应可能与 STAT、PI3K/AKT 等关键信号通路有关^[27]。此外,瓜蒌多糖在代谢性炎症模型中可通过改善肠道菌群结构、促进短链脂肪酸生成,进而增强肠道屏障功能、优化肠道免疫微环境,最终调控全身炎症与免疫应答^[28]。网络药理学研究进一步表明,瓜蒌中的多种活性成分可能协同调控 EGFR/PI3K/AKT、STAT3 等信号通路,参与炎症反应及组织修复^[29]。值得注意的是,瓜蒌中皂苷类成分的结构与经典免疫佐剂 QS-21 具有一定相似性。后者可通过激活 TLR4/NF- κ B 等信号通路促进白介素 1 β 、肿瘤坏死因子 α 等细胞因子分泌,从而增强

T 细胞及 B 细胞免疫应答^[30]。因此,瓜蒌皂苷潜在的免疫增强与佐剂活性值得深入探索。

2.2 抗氧化应激与细胞损伤保护作用

瓜蒌具有良好的抗氧化应激活性。在心肌缺血再灌注损伤模型中,含瓜蒌的复方制剂可明显减轻心肌细胞损伤,其机制与降低氧化应激水平、改善线粒体功能以及维持细胞能量代谢稳态、减轻细胞凋亡有关^[31]。在器官纤维化模型中,瓜蒌相关制剂可降低丙二醛水平,提高超氧化物歧化酶和谷胱甘肽过氧化物酶活性以及谷胱甘肽含量,增强机体抗氧化防御能力;同时下调胶原 I、 α -平滑肌肌动蛋白及基础金属蛋白酶-9 等纤维化相关因子表达,减轻组织重塑与损伤^[32]。分子机制研究则表明,瓜蒌能够通过调控 Nrf2/HO-1、NF- κ B 及 MAPKs 等信号通路,协同调控氧化应激与炎症反应之间的交互串扰,进而发挥多靶点细胞保护效应^[33]。

2.3 抗病毒作用

瓜蒌的抗病毒作用呈现“直接抗病毒”与“宿主调控”双重机制,且不同药用部位在作用方式上存在明显差异。在直接抗病毒作用方面,瓜蒌根中的重要成分 TCS 可通过特异性水解 28S rRNA 的腺嘌呤,破坏核糖体结构,抑制蛋白质合成,从而阻断病毒复制^[28]。研究证实,TCS 在逆转录病毒及 DNA 病毒模型中均具有显著抗病毒活性。例如,在人类免疫缺陷病毒 1 型感染中,TCS 不仅可抑制病毒复制,还可降低病毒感染能力^[34]。在 1 型单纯疱疹病毒(HSV-1)模型中,其可抑制病毒基因表达及病毒颗粒释放^[35]。进一步机制研究表明,TCS 可通过抑制 HSV-1 感染诱导的 NF- κ B 信号通路激活,并增强 p53 依赖性 BAX 介导的细胞凋亡,从而选择性促进感染细胞死亡并抑制病毒复制^[36]。

相比之下,瓜蒌果实及其相关部位的抗病毒作用,更多体现在对宿主免疫与炎症反应的调控上。研究表明,在病毒感染过程中,瓜蒌提取物可通过缓解病毒感染引发的炎症反应,进而减轻病毒引发的组织炎症损伤。在病毒性心肌炎模型中,瓜蒌皮提取物可显著抑制柯萨奇 B 组 3 型病毒感染心肌细胞的损伤和凋亡,其机制与激活 PI3K/PKB 通路相关^[37]。此外,瓜蒌还可通过调控 VCAN 相关通路,抑制单核细胞衰老及炎症相关分泌表型,进而减轻多器官损伤^[38]。这些结果表明,瓜蒌可能通过调节“病毒感染-炎症反应-细胞损伤”这一关键轴,在病毒性疾病中发挥综合保护作用。

2.4 抗肿瘤作用

近年来,瓜蒌在抗肿瘤方面的研究逐渐增多,其作用机制主要涉及抑制细胞增殖、诱导细胞凋亡及调

控关键信号通路等方面^[39]。研究证实,瓜蒌提取物可抑制肿瘤细胞增殖,并激活 caspase-8、caspase-9 及 caspase-3,促进多聚 ADP 核糖聚合酶裂解及细胞色素 c 释放,从而诱导线粒体依赖性凋亡,提示其主要通过线粒体途径介导肿瘤细胞凋亡^[40]。此外,瓜蒌活性成分还可靶向调控 EGF、MAPK 等肿瘤相关信号通路,参与细胞增殖、凋亡及炎症反应的调控,发挥抗肿瘤作用^[33, 40]。

2.5 自噬调控作用

自噬是维持细胞稳态的重要过程,其异常与炎症、代谢紊乱及肿瘤等多种疾病密切相关。近年来研究发现,瓜蒌可通过调控自噬过程参与多种病理生理过程的调节。例如,瓜蒌复方制剂可显著上调自噬标志蛋白 LC3-II 的表达,降低 p62 水平,并促进自噬体形成,提示其能够增强细胞自噬活性。进一步研究证实,自噬抑制剂可逆转瓜蒌对炎症小体的抑制作用,提示自噬在瓜蒌抗炎机制中发挥重要调控作用^[41]。瓜蒌可能通过调控 mTOR/AMPK 等自噬相关信号通路,平衡炎症反应与细胞稳态,进而发挥多维度的保护作用。

3 瓜蒌在心血管疾病中的作用

3.1 抗动脉粥样硬化

动脉粥样硬化是一种由脂质代谢障碍和炎症因子驱动的渐进性血管疾病,表现为血管内壁出现脂质斑块积累。近年来,代谢组学的研究初步揭示了瓜蒌的抗动脉粥样硬化效应与脂质代谢调控密切相关。基于 UPLC-Q-TOF-MS 的肝脏代谢组分析显示,瓜蒌皮提取物与薤白配伍后可通过调控肝脏中 LCAT、sPLA2、EPT1、ACER1 等关键酶表达,重塑甘油磷脂与鞘脂代谢网络,促进胆固醇酯化及脂质转运,进而减少肝脏脂滴沉积,改善血脂异常^[42]。李加会等^[43]通过血清代谢组学进一步证实,瓜蒌皮提取物可显著上调 PC (16: 0/16: 0) 和二十碳五烯酸等代谢物水平,并靶向 LCAT、ApoA1、ABCA1、PPARs 及 APLN 等关键分子调控甘油磷脂代谢,从而纠正脂质紊乱,缓解动脉粥样硬化病变过程。

3.2 抗血栓作用

血栓是心血管疾病的代表性疾病之一,其形成涉及血小板凝集、凝血系统激活及纤维蛋白沉积等多个环节。研究表明,瓜蒌中富含抗血栓的活性物质,包括丹皮酚、香叶木素-7-O-葡萄糖苷等,可通过调节血管性血友病因子及参与凝血级联反应的多种因子 (fga、fgb、f2) 抑制血栓的形成^[44]。此外,邹纯才等^[45]研究发现,瓜蒌能降低大鼠血栓中血栓素 B₂ 的含量,提高 6-酮-前列腺素 F₁α 的水平,提示血栓素

A2 的合成被抑制,而前列环素的合成加强,其机制可能是通过 VEGF 信号通路抑制了血小板凝集,最终发挥抗血栓作用。

3.3 心肌保护作用

心肌缺血-再灌注 (myocardial ischemia/reperfusion, MI/R) 损伤是冠状动脉疾病患者预后不良的关键病理基础,其发生主要与缺氧引发的能量代谢紊乱、氧化应激过度激活及继发性细胞死亡密切相关。研究表明,以瓜蒌为核心成分的枳实薤白桂枝汤可显著减轻大鼠心肌细胞的 MI/R 损伤,其保护作用是通过调控氧化应激、维持线粒体功能及调节三羧酸循环、糖酵解等能量代谢过程实现,纠正再灌注损伤所引发的氨基酸代谢紊乱,从而改善心肌能量供需失衡;其中,瓜蒌是该复方体系发挥心肌保护效应的关键药效成分^[31]。此外,谱效关系分析显示,瓜蒌在 2.25~27.9 g/kg 剂量范围内,其抗 MI/R 损伤作用呈现剂量依赖性,并与特征化学成分谱高度相关,提示其心肌保护作用源于多种活性成分的协同调控^[45]。

3.4 痰瘀互结心血管疾病调控效应

痰瘀互结是心血管疾病中常见的中医证候类型,现代医学解释中通常与脂质代谢紊乱、血管内皮功能异常及微循环障碍等病理过程密切相关。张博等^[46]采用代谢组学方法,系统解析了瓜蒌在痰瘀互结心血管疾病中的调控作用。结果显示,瓜蒌-薤白配伍可显著影响脂肪酸代谢与炎症反应通路,使亚油酸、鞘氨醇、二十二碳六烯酸及迷迭香酸等代谢物水平明显回调;同时升高琥珀酸、苯丙氨酸、L-缬氨酸、腺嘌呤及尿酸含量,并对能量代谢和氨基酸代谢途径也具备显著调控作用,体现了瓜蒌对痰瘀互结心血管疾病具有多靶点、多通路的整体调控效应。

4 瓜蒌在畜禽生产中的作用

近年来,研究人员已就瓜蒌在畜禽生产中的应用开展了初步探索。研究表明,以瓜蒌为主要成分的复方中药在缓解反刍动物乳房炎方面展现出良好的应用前景。体外试验证实,瓜蒌复方对链球菌、金黄色葡萄球菌及大肠杆菌均有一定的抑菌作用,其最低抑菌浓度为 12.5~31.25 mg/mL,具体数值因细菌种类及配伍方式不同而存在差异^[47-48]。动物体内试验进一步发现,无论是采用乳房灌注还是作为饲料添加剂给药,瓜蒌复方中药均能显著提高患病奶牛的产奶量,降低牛乳中体细胞分型指数,临床治疗周期为 14~21 d。瓜蒌的活性成分香叶木素可能在此过程中发挥关键的调控作用,其可通过调控 NF-κB/iNOS 信号通路,减轻奶牛乳腺上皮细胞的炎症反应^[48]。此外,在奶山羊乳房炎治疗中,瓜蒌复方中药与西药联用的

效果优于单独使用西药^[49]。尽管瓜蒌在畜禽疾病防控中具有潜在应用价值,但目前相关研究仍较为匮乏,其具体机制也有待进一步深入探索。

5 总结与展望

瓜蒌及其活性成分在抗炎、免疫调节、抗氧化应激、自噬调控、抗病毒及抗肿瘤等方面均表现出广泛的生物学活性,通过调控 NF- κ B、NLRP3、Nrf2、PI3K/AKT 及 MAPK 等多条信号通路,在心血管疾病、动脉粥样硬化、血栓形成及感染性损伤等多种病理过程中发挥优良的防治作用^[32-33, 43];同时,其在畜禽生产领域也初步展现出良好的应用潜力^[47-48]。

值得注意的是,瓜蒌不同药用部位的功能存在一定分化特征:以 TCS 为代表的块根类成分多发挥直接抗病毒效应,而果实及相关部位则更倾向于通过调节宿主炎症与免疫反应,发挥间接保护作用。尽管现有研究已取得一定进展,但仍存在若干关键科学问题亟待解决。其一,瓜蒌化学成分复杂,包含核糖体失活蛋白、皂苷、黄酮、多糖等多种类型,当前研究多聚焦于总提取物或少数代表性成分,缺乏对活性单体的系统筛选及其构效关系解析,具体作用靶点与分子机制仍需深入阐明。其二,现有对其多通路协同调控机制的研究较为零散,系统性不足。其三,不同药用部位在抗感染过程中的功能分化虽已初步显现,但其内在机制尚未得到系统验证,如果实类部位是否具备直接抗病毒或抗菌活性,仍有待进一步探索。

与黄芪多糖、植物精油及益生菌制剂等已实现产业化应用的天然来源活性成分相比,瓜蒌在畜牧业领域研究明显滞后,其原因可能与瓜蒌传统应用长期聚焦人类疾病、瓜蒌活性成分复杂且缺乏明确的质量控制指标、经济动物体内药代动力学研究缺乏以及产业化开发不足等因素有关。鉴于天然植物活性成分在替代抗生素、调节肠道菌群及增强机体免疫等方面的突出优势,瓜蒌在畜禽抗感染、免疫调控及生产性能提升等领域具有广阔的应用价值与研究前景。未来可优先围绕奶牛、奶山羊等反刍动物体内的吸收、分布、代谢与排泄规律开展系统研究,在此基础上逐步拓展至猪、禽类等主要经济动物,开展替抗、减抗及健康养殖相关研究。结合不同动物采食习惯和生产需求,针对性开发瓜蒌微囊、颗粒剂及口服液等适宜制剂;通过断奶仔猪、肉鸡等标准化动物试验,系统评价瓜蒌提取物与常用抗生素如金霉素、黏杆菌素等的应用效果差异,验证其替抗潜力,建立完善的安全性评价体系。此外,随着伴侣动物健康产业的快速发展,瓜蒌在宠物保健及慢性炎症相关疾病辅助干预方面也具有一定开发潜力,未来可结合犬、猫等伴侣动物特点

开展针对性研究。上述工作将为瓜蒌在动物健康领域的科学开发和产业化应用提供理论依据与实践支撑。

参考文献:

- [1] Yu X, Tang L, Wu H, et al. *Trichosanthis Fructus*: botany, traditional uses, phytochemistry and pharmacology [J]. *J Ethnopharmacol*, 2018, 224: 177-194.
- [2] 张琨, 秦家月, 李国兴, 等. 瓜蒌皮的本草考证 [J]. *中药与临床*, 2024, 15 (4): 81-87.
- [3] 胡婷, 胡昌里, 陈蓉萍, 等. 栝楼化学成分及其食药两用价值研究进展 [J]. *中国野生植物资源*, 2025, 44 (2): 96-100, 107.
- [4] 刘青, 李珮, 曾其国, 等. 川栝楼瓢中次生代谢物组成及相对含量分析研究 [J]. *中国现代中药*, 2020, 22 (2): 224-230, 236.
- [5] 衡王琴, 朱海燕, 李双, 等. 栝楼瓢黄色素提取及其稳定性与抗氧化活性研究 [J]. *化学研究与应用*, 2022, 34 (11): 2713-2720.
- [6] 张荣超, 张波, 李新朋, 等. 瓜蒌果瓢化学成分研究 [J]. *中草药*, 2019, 50 (14): 3284-3290.
- [7] 尹嘉敏, 王仁中, 曾凡俊, 等. 瓜蒌皮的化学成分研究 [J]. *安徽中医药大学学报*, 2024, 43 (3): 104-109.
- [8] 汪聪, 谭顺梓, 尤程程, 等. 天花粉蛋白衍生物的研究进展 [J]. *中成药*, 2023, 45 (4): 1201-1204.
- [9] Mudondo J, Happy K, Okello D, et al. *Trichosanthis Radix*: a comprehensive review on botany, ethnomedicine, phytochemistry, pharmacology, quality control and toxicology [J]. *Fitoterapia*, 2025, 183: 106597.
- [10] 张宪花, 董莹, 丁金国. 瓜蒌皮注射液研究现状分析 [J]. *上海医药*, 2025, 46 (1): 88-90.
- [11] 郭荣香, 王琨, 李彦力, 等. 瓜蒌活性成分作用机制研究进展 [J]. *食品安全质量检测学报*, 2023, 14 (24): 11-19.
- [12] 张岫秀, 蔡盈, 吴中梅, 等. 瓜蒌多糖的体内免疫活性研究 [J]. *食品研究与开发*, 2015, 36 (24): 15-17.
- [13] 居羚, 周瑜璐, 史伦. 瓜蒌皮提取物通过 AMPK/mTOR 通路调控线粒体分裂与自噬改善心力衰竭的作用机制 [J]. *中西医结合心脑血管病杂志*, 2025, 23 (10): 1482-1487.
- [14] He B, Yao H, Zhang X. Recent advances of trichosanthin and its role in diseases [J]. *Fitoterapia*, 2025, 185: 106695.
- [15] 乔微. 瓜蒌皮药材质量标准研究 [D]. 沈阳: 辽宁中医药大学, 2020.
- [16] 刘金娜. 不同居群栝楼的农艺学特征比较与化学成分分析 [D]. 保定: 河北农业大学, 2014.
- [17] Park S M, Jeon S K, Kim O H, et al. Anti-tumor effects of the ethanolic extract of *Trichosanthes kirilowii* seeds in colorectal cancer [J]. *Chin Med*, 2019, 14: 43.
- [18] 万丽娟, 卢金清, 许俊洁, 等. 瓜蒌子化学成分和药理作用的研究进展 [J]. *中国药房*, 2015, 26 (31): 4440-4443.
- [19] 张荣超, 辛杰, 郭庆梅, 等. 不同产区瓜蒌子有效成分含量测定 [J]. *中国实验方剂学杂志*, 2013, 19 (18): 71-73.
- [20] 韩琳娜. 瓜蒌子有效成分提取方法研究进展 [J]. *药学研究*, 2013, 32 (5): 289-291.
- [21] 唐昀彤, 杜正彩, 郝二伟, 等. 基于栝楼不同药用部位化学成

- 分和性效关系的质量标志物分析 [J]. 中草药, 2020, 51 (6): 1617-1627.
- [22] 阮耀, 岳兴如. 瓜蒌水煎剂的镇咳祛痰作用研究 [J]. 国医论坛, 2004, 19 (5): 48.
- [23] 刘金娜, 温春秀, 刘铭, 等. 瓜蒌的化学成分和药理活性研究进展 [J]. 中药材, 2013, 36 (5): 843-848.
- [24] 周凌, 张伟, 张子微, 等. 重构本草: 天花粉 [J]. 吉林中医药, 2023, 43 (3): 335-337.
- [25] 丁建营, 刘春娟, 郭建军, 等. 天花粉化学成分的药理活性及其提取与检测方法研究进展 [J]. 中国药房, 2018, 29 (13): 1859-1864.
- [26] Lin T C, Huang W C, Lin C F, et al. Oral administration of *Trichosanthes kirilowii* fruit extract ameliorates airway inflammation and suppresses Th2 cell activities in ovalbumin-sensitized mice [J]. Kaohsiung J Med Sci, 2025, 41 (10): e70055.
- [27] Lu J, Yang Y, Peng J, et al. *Trichosanthes kirilowii* lectin ameliorates streptozocin-induced kidney injury via modulation of the balance between M1/M2 phenotype macrophage [J]. Biomed Pharmacother, 2019, 109: 93-102.
- [28] Shi W W, Wong K B, Shaw P C. Structural and functional investigation and pharmacological mechanism of trichosanthin, a type 1 ribosome-inactivating protein [J]. Toxins, 2018, 10 (8): 335.
- [29] Shi P, Zheng B, Cao Y, et al. Study on the mechanism of *Trichosanthes kirilowii* Maxim. against COPD based on serum chemical composition analysis, network pharmacology, and experimental study [J]. Phytomedicine, 2025, 140: 156533.
- [30] 王鸿梅, 任相莲, 张华. 基于网络药理学探讨瓜蒌桂枝汤治疗脑卒中后炎症反应的活性成分和作用机制 [J]. 中国民间疗法, 2023, 31 (24): 69-72.
- [31] Lin C, Sang Q, Fu Z, et al. Deciphering mechanism of Zhishi-Xiebai-Guizhi Decoction against hypoxia/reoxygenation injury in cardiomyocytes by cell metabolomics; regulation of oxidative stress and energy acquisition [J]. J Chromatogr B, 2023, 1216: 123603.
- [32] Zhu J Q, Tian Y Y, Chan K L, et al. Modified Qing-Zao-Jiu-Fei decoction attenuated pulmonary fibrosis induced by bleomycin in rats via modulating Nrf2/NF- κ B and MAPKs pathways [J]. Chin Med, 2024, 19 (1): 10.
- [33] Lee S, Ju I G, Choi Y, et al. Trichosanthis semen suppresses lipopolysaccharide-induced neuroinflammation by regulating the NF- κ B signaling pathway and HO-1 expression in microglia [J]. Toxins, 2021, 13 (12): 898.
- [34] Lu J Q, Wong K B, Shaw P C. A sixty-year research and development of trichosanthin, a ribosome-inactivating protein [J]. Toxins, 2022, 14 (3): 178.
- [35] He D X, Tam S C. Trichosanthin affects HSV-1 replication in Hep-2 cells [J]. Biochem Biophys Res Commun, 2010, 402 (4): 670-675.
- [36] He D, Zheng Y, Tam S. The anti-herpetic activity of trichosanthin via the nuclear factor- κ B and p53 pathways [J]. Life Sci, 2012, 90 (17/18): 673-681.
- [37] 邱清勇, 刘大勇, 彭锦, 等. 瓜蒌皮激活 PI3K/PKB 通路减轻柯萨奇病毒感染心肌细胞损伤的实验研究 [J]. 病毒学报, 2021, 37 (5): 1036-1042.
- [38] Li Z, Wei S, Fu G, et al. *Trichosanthes kirilowii* extract alleviated liver fibrosis and acute myocardial infarction by inhibiting VCAN to restrain monocyte senescence: insights from bioinformatic analyses and experimental validation [J]. Phytomedicine, 2026, 153: 157941.
- [39] Bi L, Xie C, Jiao L, et al. CPF impedes cell cycle re-entry of quiescent lung cancer cells through transcriptional suppression of FACT and c-MYC [J]. J Cell Mol Med, 2020, 24 (3): 2229-2239.
- [40] Ma L, Zhang X, Xu X, et al. Compatibility principle in the Tanyu Tongzhi Formula revealed by a cell-based analysis [J]. J Ethnopharmacol, 2019, 231: 507-515.
- [41] Bao Y L, Cao Y, Wu H F. "Trichosanthis Fructus-Allii Macrostemonis Bulbus" combination inhibits NLRP3 inflammasome activation and reduces inflammatory response in RAW_{264.7} macrophage by inducing autophagy [J]. Zhongguo Zhongyao Zazhi, 2023, 48 (10): 2820-2828.
- [42] 徐鹏博, 丁立丹, 仇静文, 等. 基于肝脏代谢组学研究“瓜蒌-薤白”对 ApoE^{-/-}小鼠动脉粥样硬化的影响 [J]. 中国中药杂志, 2021, 46 (20): 5320-5329.
- [43] 李加会, 徐鹏博, 钟华, 等. 代谢组学结合网络药理学技术探究“瓜蒌-薤白”药对抗动脉粥样硬化的配伍机制 [J]. 中国中药杂志, 2022, 47 (22): 6207-6216.
- [44] Lin S, Ma H, Zhang S, et al. The combination of paeonol, diosmetin-7-O- β -D-glucopyranoside, and 5-hydroxymethylfurfural from *Trichosanthis pericarpium* alleviates arachidonic acid-induced thrombosis in a zebrafish model [J]. Front Pharmacol, 2024, 15: 1332468.
- [45] 邹纯才, 宗倩妮, 鄢海燕. 瓜蒌与瓜蒌条抗大鼠心肌缺血-再灌注损伤的谱效关系研究 [J]. 中国中药杂志, 2018, 43 (1): 92-99.
- [46] 张博, 王雨婷, 刘洁, 等. 经典药对“瓜蒌-薤白”治疗痰瘀互结心血管疾病的血清代谢组学研究 [J]. 中国中药杂志, 2024, 49 (1): 232-242.
- [47] 刘昊. 瓜蒌散组复方灌注射剂对奶牛乳房炎致病菌的体外抑菌效果及临床疗效研究 [J]. 中国奶牛, 2025 (5): 28-31.
- [48] 刘俊俊. 皖北地区奶牛乳腺炎发病特点和“瓜蒌散”的治疗作用研究 [D]. 保定: 河北农业大学, 2025.
- [49] 赵玉刚, 程冉冉, 滕金玲. 瓜蒌散联合西药治疗奶山羊乳房炎的疗效研究 [J]. 中国乳业, 2024 (11): 101-107.