

槐角苷的药理作用及应用研究进展

刘逸¹, 王建忠^{2*}

¹赣南医科大学第一附属医院普外科, 江西 赣州

²赣南医科大学第一附属医院胃肠外科, 江西 赣州

收稿日期: 2024年7月1日; 录用日期: 2024年7月26日; 发布日期: 2024年8月1日

摘要

槐角苷是中国传统中草药槐角中含量最多的异黄酮苷, 也是槐角发挥各种临床作用的基础物质, 具有多种药理活性, 有良好的药用价值。文章对其抗生育, 抗过敏, 抗炎症, 抗心肌肥厚, 调节脂肪生成等药理作用及药动学研究进行阐明, 以期可以为针对槐角苷的后续实验提供一个参考, 并对其开发前景进行了展望, 以期对其开发利用提供参考依据。

关键词

槐角苷, 药理作用, 临床应用

Research Progress on Pharmacological Effects and Application of Sophoricoside

Yi Liu¹, Jianzhong Wang^{2*}

¹Department of General Surgery, The First Affiliated Hospital of Gannan Medical University, Ganzhou Jiangxi

²Department of Gastrointestinal Surgery, The First Affiliated Hospital of Gannan Medical University, Ganzhou Jiangxi

Received: Jul. 1st, 2024; accepted: Jul. 26th, 2024; published: Aug. 1st, 2024

Abstract

Sophoricoside is the most abundant isoflavone glycoside in traditional Chinese herbal medicine *Sophora japonica*, and it is also the basic substance for *Sophora japonica* to exert various clinical effects. It has a variety of pharmacological activities and good medicinal value. In this paper, the

*通讯作者。

pharmacological effects and pharmacokinetics of its anti-fertility, anti-allergy, anti-inflammation, anti-myocardial hypertrophy, and regulation of adipogenesis were elucidated, in order to provide a reference for the follow-up experiments of sophoricoside, and its development prospects were prospected, in order to provide a reference for its development and utilization.

Keywords

Sophoricoside, Pharmacological Effects, Clinical Application

Copyright © 2024 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

槐角是我国传统的中草药,为豆科植物槐(*Sophora japonica* L.)的干燥成熟果实,始载于《神农本草经》,根据记载槐角具有凉血止血、清肝明目的功效。不仅如此,在《本草纲目》也有记载,其描述槐角有“久服明目益气,头不白,延年,治五痔疮疹”之用。对槐角的化学成分进行分析研究,发现主要成分为黄酮类化合物,还含有三萜皂苷、生物碱、磷脂、氨基酸以及多糖等[1]-[3]。《中华本草》中记载:槐角中含的槐角甙、染料木素和山柰酚等化学成分,研究发现呈现出雌激素样活性,并对小鼠具有抗生育作用;并且通过药理学研究和临床实践表明,对动物具有明显的抗生育活性和雌激素样活性的是槐角中的主要成分黄酮类物质[4],另外槐角中含有的三萜皂苷类物质也有提高动物免疫活性作用[5],此外槐角提取液还具有升高小鼠血糖以及较强的抗炎作用[6]。同时大量的研究结果表明,槐角含有的异黄酮物质具有一定程度的抗癌、防癌作用,其中异黄酮染料木素是有效抗癌成分之一[7]。

槐角苷(Sophoricoside, 分子式为 $C_{21}H_{20}O_{10}$),也叫苦参苷,是槐角中含量最高的一种异黄酮苷,也是槐角发挥各种临床作用的基础物质。针对槐角苷的现代药理研究表明其具有抗生育,抗过敏,抗炎症,抗心肌肥厚,调节脂肪生成等药理作用。近年来对于槐角苷药理作用的研究有了较多进展,笔者在前人研究基础上对其药理作用及在多方面实际应用上进行了概括阐述,希望为进一步开发槐角苷的药理作用和临床药用价值提供参考,并为后续开展相关实验研究提供数据支撑。

2. 药动学研究

对中药及天然产物开展的药动学探究,对于揭示其活性成分的作用机制具有重要价值。深入了解药物的作用机制不仅有助于评估药物疗效与潜在毒性,还为确定合理的给药策略与剂量提供了坚实的科学基础。通过细致研究中药与天然药物的药动学特性,可以指导对天然产物进行结构改造与优化,这一过程既能促进提升相关化合物的溶解性能与稳定性,从而改进其在生物体内的动态分布,又能或增强化合物的生物活性,或有选择性地减轻其对生物体的毒性影响,进而提升天然产物的药物开发潜力。

迄今为止,有关槐角苷及其代谢产物的药代动力学与排泄研究文献较为稀缺,近期研究已揭示槐角苷存在一种无溶剂形态、两种溶剂诱导形态及一种非晶态结构。该实验通过综合运用X射线衍射(XRD)、差示扫描量热(DSC)、热重分析(TGA)及傅立叶变换红外光谱(FTIR)等多种技术手段,对各形态化合物进行了详尽的表征分析。分析结果显示,分子对称性、空间排列模式、构象可变性、氢键作用及溶剂嵌入等因素共同作用,导致槐角苷呈现多样化的固态结构。此外,四种形态间的相互转换研究表明,在特定

条件下, 这些形态能够相互转变, 例如非晶态与溶剂所致的构象不稳定性, 尽管如此, 却能有效提升槐角苷在水环境中的溶解性能[8]。另一方面, 研究新近开发出一项结合超高效液相色谱(UHPLC)与混合三重四极杆飞行时间质谱(Q-TOF-MS/MS)的技术, 成功地在体内外环境中鉴别出槐角苷的 60 种代谢产物, 涵盖了 22 种 I 期代谢物及 38 种 II 期代谢物, 其中体外实验检测到 4 种代谢物, 包含两例 I 期与两例 II 期代谢产物。代谢路径主要涉及氧化、还原、水解、甲基化以及硫酸化、葡萄糖醛酸化、谷氨酰胺偶联和甘氨酸偶联反应[9]。另有研究表明, 采用超声波辅助提取技术自槐角中高效提取槐角苷, 提取物纯度高达 96.8%, 此方法凸显了超声波提取在操作简便性、高效性方面的优势[10]。因此, 槐角苷作为一种源自植物的天然产物, 不仅获取便捷、成本效益高, 且展现出显著的临床药用潜力, 相较于从小分子化合物库中筛选药物, 其在药物研发初期具有更优的评估价值。上述研究成果为未来深入探索槐角苷及其他异黄酮苷类药物的药理效应与毒性作用奠定了重要的数据基础。

3. 药理作用

3.1. 抗生育作用

M GABOR [11]通过动物实验阐明了槐角苷呈现出雌激素样活性, 但并未进一步开展研究, 对其抗生育作用的具体机制尚不明确。瞿成权[12]等再此基础上进一步研究, 建立小鼠动物模型, 选取小鼠受孕后的着床前期、着床期、着床后期三个阶段, 通过观察槐角苷作用于雌鼠胚胎着床前后的不同时期, 对小鼠子宫内膜结构的影响及影响胚胎着床的关键性受体雌激素受体(ER α)和孕激素受体(PR)的表达情况。实验表明槐角苷可以显著降低小鼠胚胎着床数量, 同时促进子宫内膜厚度增加及子宫组织增生, 具有雌激素样作用; 并通过分析小鼠模型其雌孕激素受体表达情况, 槐角苷可以明显上调 PR, 及明显下调 ER α 的表达情况, 明确槐角苷能够通过调节子宫内 ER α 与 PR 的表达、影响胞饮突的形成、降低子宫内膜容受性等多种途径的相互作用从而导致小鼠胚胎着床的失败, 显示出了显著的抗生育活性。以上表明槐角苷可以通过发挥雌激素样活性, 并在此基础上进一步影响雌孕激素受体的表达情况呈现出抗生育活性; 这与槐角中所含的黄酮类物质呈现出雌激素样活性, 并对小鼠具有抗生育作用研究相一致[4]。

3.2. 抗过敏作用

Byung-Hak Kim [13]等对卵清蛋白(OVA)或 2,4,6-三硝基氯苯(TNCB)诱导的特异性皮炎(AD)样过敏性皮肤炎症小鼠模型进行实验, 通过观察槐角苷对 AD 样过敏性皮肤炎症的影响, 实验表明局部应用槐角苷可以减轻 AD 样过敏性皮肤炎症的症状, 降低了 T 细胞抗原受体(TCR)介导的免疫反应。特别是, 槐角苷可以通过抑制其亚群特异性主转录因子的表达, 抑制幼稚 CD4 T 细胞向 Th 细胞亚群分化, 包括 Th1、Th2 和 Th17, 导致这些细胞亚群特异性细胞因子的表达和产生受到抑制。表明槐角苷可通过抑制致病性 CD4 T 细胞分化和免疫反应来改善 AD 样过敏性皮肤病。

同年 Byung-Hak Kim [14]等对卵清蛋白(OVA)诱导的过敏性哮喘小鼠模型中, 实验证实槐角苷通过抑制气道炎症和抗体抗原反应来减少过敏和哮喘症状。槐角苷减轻 OVA 诱导的小鼠模型过敏及哮喘症状与其抑制肥大细胞活化和 CD4 T 细胞分化为 Th2 细胞有关, 从而减少免疫细胞在过敏性气道中的募集, 炎症细胞因子和免疫球蛋白的分泌, 以及组胺和花生四烯酸代谢物的释放。特别是, 它还有有效抑制 CD4 T 细胞分化为 Th1 和 Th17 细胞亚群, 以此证实槐角苷可以通过抑制肥大细胞活化和 CD4 T 细胞分化来改善过敏性哮喘。根据以上研究发现, 槐角苷主要以抑制 CD4 T 细胞向 Th 细胞亚群的分化来发挥抗过敏作用, 而有研究表明这些细胞亚群对诱导器官特异性和全身性自身免疫性疾病和癌症中发挥重要作用[15][16], 这与槐角苷通过抑制 Th 细胞亚群的分化发挥抗过敏作用研究相一致。

3.3. 抗炎症作用

Byung Hak Kim 等[17]探讨了槐角苷对参与炎症反应的化学介质的抑制作用, 实验研究证明槐角苷通过抑制炎症反应中的白细胞介素(IL)-6 和环氧合酶(COX)-2 的生物活性发挥抗炎作用, 但对其 COX-2 的合成没有抑制作用, 此研究有助于阐明 SOP 的抗炎机制。Hong Kyung Lee 等人[18]对 2,4-二硝基氯苯诱导的急性和慢性接触性皮炎动物模型进行实验, 通过观察槐角苷对接触性皮炎小鼠模型的影响, 在 3 和 10 mg/kg 剂量下, 槐角苷可使 2,4-二硝基氯苯诱导的急性和慢性接触性皮炎减轻 50%~70%。一方面作为细胞靶点, 槐角苷主要影响 B 细胞的功能, 而不是 T 细胞、巨噬细胞和树突状细胞。另一方面作为信号靶点, 槐角苷在 B 细胞中抑制 $I\kappa B\alpha/\beta$ 的磷酸化和降解以及 NF- κB p65 的核转位, 而在树突状细胞和巨噬细胞中不起作用。其不影响 B 细胞、树突状细胞和巨噬细胞中 ERK、p38 和 JNK MAPKs 的磷酸化。得出槐角苷可以通过抑制 B 细胞中的 NF- κB 信号传导来改善接触性皮炎, 发挥抗炎作用。

WU Y xian [19]等人利用脂多糖(LPS)诱导的急性肺损伤(ALI)小鼠模型来探索槐角苷对其的影响及其相关机制。实验证实槐角苷显著改善了 LPS 诱导的小鼠模型中的病理损伤、组织通透性、中性粒细胞浸润和促炎细胞因子(TNF- α , IL-1 β 和 IL-6)的产生。此外, 槐角苷还降低了 LPS 刺激的 RAW264.7 细胞和骨髓来源的巨噬细胞中促炎介质(如 iNOS、NO)和炎性细胞因子(包括 TNF- α 、IL-1 β 和 IL-6)的产生。在此基础上发现槐角苷处理对巨噬细胞中 NF- κB 和 MAPK 的激活没有影响, 但显著加速了 Nrf2 的表达和核易位。并且通过对 Nrf2 进行抑制, 实验发现抑制 Nrf2 消除了槐角苷对 LPS 诱导的 iNOS 表达、NO 产生以及促炎细胞因子生成的抑制作用, 槐角苷还在 LPS 刺激下激活了 Nrf2 的上游蛋白 AMPK, 验证了槐角苷通过激活 AMPK/Nrf2 信号轴减弱脂多糖诱导的急性肺损伤。以上实验表明槐角苷主要以通过影响 B 细胞的功能, 减少相关促炎性细胞因子的产生来发挥抗炎作用。

3.4. 抗心肌肥厚作用

GAO M [20]等人通过采用苯肾上腺素(PE)诱导的新生大鼠心肌细胞(NRCMs)肥大模型进行研究, 以此来评价槐角苷对心肌细胞肥大的保护作用。实验表明槐角苷不仅可以抑制心肌细胞的肥大, 同时改善压力过载引起的心功能障碍并且缓解压力过载引起的心脏肥大及心脏纤维化。并且槐角苷可以促进心肌肥大的自噬, 再此基础上对其机制进行探讨及研究, 实验发现槐角苷可以通过激活 AMPK 的磷酸酶活性, 促进了心肌细胞自噬的发生, 以此在心肌肥厚的进程中发挥保护作用; 并且随着 AMPK 的磷酸化, 在心肌细胞中引起 mTORC1 信号通路的负调控作用。同时验证了槐角苷引起心肌细胞的自噬作用依赖于 AMPK 的磷酸化, 表明槐角苷通过激活 AMPK/mTORC1 介导的自噬来改善心脏肥大和心力衰竭。

杨秋实[21]等人在此基础上探讨槐角苷对多柔比星诱导的 H9c2 心肌细胞损伤的影响, 利用对多柔比星诱导 H9c2 心肌细胞体外细胞模型实验, 实验验证槐角苷可以显著提高多柔比星损伤的 H9c2 心肌细胞的活性及减轻 H9c2 心肌细胞的凋亡, 提示槐角苷对心肌细胞损伤具有保护作用, 进一步研究发现槐角苷可以显著减少多柔比星引起的心肌细胞内 ROS 的产生, 从而下调凋亡相关蛋白 BAX 的表达及 Caspase-3 的活化, 进而减少心肌细胞凋亡, 逆转多柔比星引起的心肌细胞中凋亡相关蛋白表达情况的改变。同时证实槐角苷通过 p38/MAPK/NF- κB 信号通路改善多柔比星引起的心肌细胞损伤。以上实验表明槐角苷可以通过多种信号通路来发挥对心肌细胞的保护作用, 包括抑制心肌细胞发生肥大和减轻心肌细胞发生凋亡, 发挥抗心肌肥厚作用。

3.5. 调节脂肪生成作用

ZHANG Y [22]等人利用高脂肪饮食诱导的肥胖(DIO)小鼠和蛋氨酸和胆碱缺乏饮食诱导的非酒精性脂肪性肝炎小鼠模型进行实验, 通过观察槐角苷对其脂质积累的影响。得出槐角苷可抑制小鼠肝脏中的

脂质积累, 此外, 槐花苷抑制了丙二醛, 并增加了小鼠肝脏中的超氧化物歧化酶和谷胱甘肽。实验数据提示, 槐角苷作为一种新型的肝脏 X 受体(LXR) β 选择性拮抗剂, 可以改善葡萄糖和脂质功能障碍, 并通过抗氧化特性减轻 DIO 小鼠肝脏中的脂质积累。WU C [23]等人探讨槐角苷对 HepG2 细胞和 C2C12 细胞肌管中脂质积累和葡萄糖消耗的影响, 实验发现槐角苷一方面可以抑制 HepG2 细胞中的脂质积累, 并刺激 C2C12 肌管中的葡萄糖消耗, 降低脂肪生成相关转录因子及其靶基因的转录, 并且在此基础上可以激活 AMPK 的磷酸化; 另一方面可以抑制 α -葡萄糖苷酶和 α -淀粉酶的活性, 并且有研究表明, 淀粉酶和葡萄糖苷酶是导致餐后血糖升高的两种关键糖水解酶[24], 槐角苷可能对餐后血糖有影响作用。实验表明槐角苷能够抑制 HepG2 细胞中的脂质积累, 减少关键脂肪生成基因的转录和激活 AMPK 来参与对脂质和葡萄糖代谢的调节作用。以上实验表明槐角苷对于肝脏细胞中的脂质积累有着良好的抑制作用, 调节脂肪生成作用。

4. 小结及展望

综上所述, 槐角苷可以在多方面、多种疾病发挥药理作用, 如槐角苷可以通过发挥雌激素样活性, 并在此基础上进一步影响雌孕激素受体的表达情况呈现出抗生育活性; 通过抑制 CD4 T 细胞向 Th 细胞亚群的分化来发挥抗过敏作用; 通过影响 B 细胞的功能, 并且减少相关促炎性细胞因子的生成来发挥抗炎作用; 通过多种信号通路来发挥对心肌细胞的保护作用, 包括抑制心肌细胞发生肥大和减轻心肌细胞发生凋亡, 发挥抗心肌肥厚作用; 通过抑制肝脏细胞中的脂质积累来调节脂肪生产作用。其具有抗生育, 抗过敏, 抗炎症, 抗心肌肥厚, 调节脂肪生成等药理作用, 有着较高的药用价值及临床用药潜力。另一方面槐角苷作为槐角中含量最高的提取物, 有易于提取, 价格低廉等优点, 有着广阔的药物应用前景。但目前槐角苷各方面的研究数据较少, 对其各种药理作用的阐明及相关的信号通路机制并未明确。需结合现代医学研究成果和传统中医药临床经验进一步开展在各方面、多种疾病的研究和开发工作。

不仅如此, 上述研究结果显示槐角苷和 AMPK 信号通路的关系密切, 槐角苷可通过调节 AMPK 信号通路在不同疾病中发挥着重要的作用, 如槐角苷可以激活 AMPK/Nrf2 信号轴减弱脂多糖诱导的急性肺损伤; 可以通过激活 AMPK/mTORC1 介导的自噬来改善心脏肥大和心力衰竭; 可以激活 AMPK 来参与对脂质和葡萄糖代谢的调节作用。同时大量文献报道表明, AMPK 信号通路和肿瘤的发生发展关系密切, AMPK 信号通路的激活可以抑制多种肿瘤的增殖和迁移[25]-[27]。这表明槐角苷可能通过激活 AMPK 信号通路发挥抗癌的药理作用, 但目前对于槐角苷发挥抗癌作用的药理作用和相关机制尚不明确, 仍需要进一步深入研究。鉴于此, 槐角苷具有诸多明确药用价值及临床疗效, 具有广阔的研究前景和应用前景, 值得进一步实验探究和临床验证。

参考文献

- [1] 段亚辉, 王明帅, 刘华石, 马梦雪, 宁夏. 槐角的本草考证与化学成分、药理作用研究进展[J]. 中国民族民间医药, 2023, 32(21): 71-78.
- [2] He, X., Bai, Y., Zhao, Z., Wang, X., Fang, J., Huang, L., et al. (2016) Local and Traditional Uses, Phytochemistry, and Pharmacology of *Sophora japonica* L.: A Review. *Journal of Ethnopharmacology*, **187**, 160-182. <https://doi.org/10.1016/j.jep.2016.04.014>
- [3] 陈钊洁, 欧嘉瑶, 王彩娥, 孙思佳, 刘思琦, 全程. 槐角化学成分分析研究进展[J]. 化学工程与装备, 2022(3): 212-213.
- [4] 王景华, 唐于平, 楼凤昌. 槐角化学成分与药理作用[J]. 国外医药(植物药分册), 2002(2): 58-60.
- [5] Shi, P., Liao, J., Duan, T., Wu, Q., Huang, X., Pei, X., et al. (2023) Chemical Composition and Pharmacological Properties of *Flos Sophorae Immaturus*, *Flos Sophorae* and *Fructus Sophorae*: A Review. *Journal of Future Foods*, **3**, 330-339. <https://doi.org/10.1016/j.jfutfo.2023.03.004>

- [6] Patel, K., Husain, G.M., Katiyar, D.K., Prasad, S.K. and Patel, D.K. (2021) Sophoricoside: Bioactive Compounds from *Sophora Japonica*, Their Role in Disease Prevention and Treatment. *Current Traditional Medicine*, **7**, 180-188. <https://doi.org/10.2174/221508380666200214114106>
- [7] 马磊, 楼凤昌. 槐角中的抗癌活性成分[J]. 中国天然药物, 2006(2): 151-153.
- [8] Xing, C., Zhang, G.S., Gong, N.B., Du, G.H. and Lu, Y. (2019) New Crystal Forms and Amorphous Phase of Sophoricoside: X-Ray Structures and Characterization. *Royal Society Open Science*, **6**, Article 181905. <https://doi.org/10.1098/rsos.181905>
- [9] Zhang, X., Yin, J., Liang, C., Sun, Y. and Zhang, L. (2017) A Simple and Sensitive UHPLC-Q-TOF-MS/MS Method for Sophoricoside Metabolism Study *in vitro* and *in vivo*. *Journal of Chromatography B*, **1061**, 193-208. <https://doi.org/10.1016/j.jchromb.2017.07.003>
- [10] Tian, Z.M. and Wan, M.X. (2003) Study on the Extraciton of Sophoricoside by Ultrasound. *Journal of Chinese Pharmaceutical Sciences*, **38**, 351-353.
- [11] Gabor, M. (1961) The Hormonal Effect of an Isoflavone Derivative (Sophoricoside). *Kísérletes Orvostudomány*, **13**, 133-134.
- [12] 瞿成权, 孙齐, 周建宏, 杨志荣, 张杰. 槐角苷对雌性小鼠的抗生育作用研究[J]. 四川动物, 2014, 33(4): 558-562.
- [13] Kim, B. and Lee, S. (2021) Sophoricoside from *Styphnolobium japonicum* Improves Experimental Atopic Dermatitis in Mice. *Phytomedicine*, **82**, Article 153463. <https://doi.org/10.1016/j.phymed.2021.153463>
- [14] Kim, B. and Lee, S. (2021) Sophoricoside from *Sophora japonica* Ameliorates Allergic Asthma by Preventing Mast Cell Activation and CD4⁺ T Cell Differentiation in Ovalbumin-Induced Mice. *Biomedicine & Pharmacotherapy*, **133**, Article 111029. <https://doi.org/10.1016/j.biopha.2020.111029>
- [15] Dardalhon, V., Korn, T., Kuchroo, V.K. and Anderson, A.C. (2008) Role of Th1 and Th17 Cells in Organ-Specific Autoimmunity. *Journal of Autoimmunity*, **31**, 252-256. <https://doi.org/10.1016/j.jaut.2008.04.017>
- [16] Tabarkiewicz, J., Pogoda, K., Karczmarczyk, A., Pozarowski, P. and Giannopoulos, K. (2015) The Role of IL-17 and Th17 Lymphocytes in Autoimmune Diseases. *Archivum Immunologiae et Therapiae Experimentalis*, **63**, 435-449. <https://doi.org/10.1007/s00005-015-0344-z>
- [17] Kim, B.H., Chung, E.Y., Ryu, J., Jung, S., Min, K.R. and Kim, Y. (2003) Anti-Inflammatory Mode of Isoflavone Glycoside Sophoricoside by Inhibition of Lnterleukin-6 and Cyclooxygenase-2 in Inflammatory Response. *Archives of Pharmacal Research*, **26**, 306-311. <https://doi.org/10.1007/bf02976960>
- [18] Lee, H.K., Kim, H.S., Kim, Y.J., Kim, J.S., Park, Y.S., Kang, J.S., *et al.* (2013) Sophoricoside Isolated from *Sophora japonica* Ameliorates Contact Dermatitis by Inhibiting NF-kb Signaling in B Cells. *International Immunopharmacology*, **15**, 467-473. <https://doi.org/10.1016/j.intimp.2013.01.025>
- [19] Wu, Y., Zeng, S., Wan, B., Wang, Y., Sun, H., Liu, G., *et al.* (2021) Sophoricoside Attenuates Lipopolysaccharide-Induced Acute Lung Injury by Activating the AMPK/Nrf2 Signaling Axis. *International Immunopharmacology*, **90**, 107187. <https://doi.org/10.1016/j.intimp.2020.107187>
- [20] Gao, M., Hu, F., Hu, M., Hu, Y., Shi, H., Zhao, G., *et al.* (2020) Sophoricoside Ameliorates Cardiac Hypertrophy by Activating AMPK/mTORC1-Mediated Autophagy. *Bioscience Reports*, **40**, BSR20200661. <https://doi.org/10.1042/bsr20200661>
- [21] 杨秋实, 贾享, 贺武斌, 王一, 黄建华. 槐角苷对多柔比星引起的心肌细胞损伤保护作用的机制研究[J]. 中药药理与临床, 2023, 39(8): 62-67.
- [22] Zhang, Y., Li, F., Jiang, X., Jiang, X., Wang, Y., Zhang, H., *et al.* (2020) Sophoricoside Is a Selective LXR β Antagonist with Potent Therapeutic Effects on Hepatic Steatosis of Mice. *Phytotherapy Research*, **34**, 3168-3179. <https://doi.org/10.1002/ptr.6747>
- [23] Wu, C., Luan, H., Wang, S., Zhang, X., Wang, R., Jin, L., *et al.* (2013) Modulation of Lipogenesis and Glucose Consumption in HepG2 Cells and C2C12 Myotubes by Sophoricoside. *Molecules*, **18**, 15624-15635. <https://doi.org/10.3390/molecules181215624>
- [24] Lordan, S., Smyth, T.J., Soler-Vila, A., Stanton, C. and Ross, R.P. (2013) The A-Amylase and A-Glucosidase Inhibitory Effects of Irish Seaweed Extracts. *Food Chemistry*, **141**, 2170-2176. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2013.04.123>
- [25] Wang, Z., Wang, N., Liu, P. and Xie, X. (2016) AMPK and Cancer. In: Cordero, M. and Viollet, B., Eds., *Experientia Supplementum*, Springer International Publishing, 203-226. https://doi.org/10.1007/978-3-319-43589-3_9
- [26] Carling, D. (2017) AMPK Signalling in Health and Disease. *Current Opinion in Cell Biology*, **45**, 31-37. <https://doi.org/10.1016/j.ceb.2017.01.005>
- [27] Hsu, C., Peng, D., Cai, Z. and Lin, H. (2022) AMPK Signaling and Its Targeting in Cancer Progression and Treatment. *Seminars in Cancer Biology*, **85**, 52-68. <https://doi.org/10.1016/j.semcancer.2021.04.006>