

刺梨活性成分调节糖代谢机制的研究进展

白 静¹, 赵新颖², 杨兰兰¹, 唐文硕¹, 江宇彤¹, 辛 玉¹, 范冰冰¹, 石 磊^{1*}

¹河北大学护理学院 河北保定

²河北大学附属医院 河北保定

【摘要】糖尿病现已经成为世界各地突出的公共卫生问题，发病风险较高，可引发多种并发症。刺梨是我国西南地区广泛种植的重要植物资源，也是我国传统的食药两用植物，因其营养价值高、保健功能强而深受消费者青睐。多糖、多酚、三萜类等成分是刺梨中的主要天然活性成分，具有多种生理活性和药用价值，并表现出显著的抗糖尿病作用。本文综述了刺梨中主要活性成分在降低血糖，以及调节血脂、抗氧化、改善炎症状态等糖尿病并发症中的有效作用，探讨了这些活性成分在糖尿病发病机制中的代谢机理，进一步阐明了刺梨调节血糖的作用机制。

【关键词】刺梨；活性成分；2 型糖尿病；糖代谢机制

【基金项目】河北大学科研创新团队（科技类）项目肿瘤患者精准护理及康复创新团队（IT2023C07）

【收稿日期】2025 年 4 月 18 日

【出刊日期】2025 年 5 月 25 日

【DOI】10.12208/j.ijcr.20250234

Advances in the mechanism of sugar metabolism regulated by active constituents of *Rosa roxburghii*

Jing Bai¹, Xinying Zhao², Lanlan Yang¹, Wenshuo Tang¹, Yutong Jiang¹, Yu Xin¹, Bingbing Fan¹, Lei Shi^{1*}

¹College of Nursing, Hebei University, Baoding, Hebei

²Affiliated Hospital of Hebei University, Baoding, Hebei

【Abstract】 Diabetes has become a prominent public health problem around the world, with a high risk of onset and multiple complications. *Rosa roxburghii* is an important plant resource widely planted in southwest China, and is also a traditional edible and medicinal plant in China. Highly favored by consumers due to its nutritional value and powerful health benefits, as well as its high cost-effectiveness. Polysaccharides, polyphenols and triterpenoids are the main natural active components in *Rosa roxburghii*, which have many physiological activities and medicinal values, and show significant anti-diabetic effects. This paper reviewed the effective effects of the main active components in *Rosa roxburghii* on lowering blood glucose, regulating blood lipid, antioxidation and improving inflammatory state of diabetes mellitus, discussed the metabolic mechanism of these active components in the pathogenesis of diabetes mellitus, and further clarifies the mechanism of *Rosa roxburghii* regulating blood glucose.

【Keywords】 *Rosa roxburghii*; Active components; Type 2 diabetes mellitus; Mechanism of glucose metabolism

引言

刺梨，是蔷薇科蔷薇属多年生落叶丛生灌木缙丝花（*Rosa roxburghii* Tratt）的果实，又名茨梨木梨子，主要分布在我国西南部丘陵地带和山区，盛产于贵州^[1]（图 1）。味甘而酸涩，用于健胃消食、消暑、滋补及强壮身体。《黔书》载述：“食之可以解闷，亦可消滞积”，这是刺梨功效的最早记载。刺梨花、果、叶、籽均可入药，是集保健与治疗功能于一体的营养珍品。因

维生素 C、维生素 P 和 SOD（Superoxide Dismutase，超氧化物歧化酶）这三种营养成分在刺梨中的含量较高，而位于世界已知果蔬之首，又被称为“三王圣果”。除此之外，还富含多糖、多酚以及三萜类等多种活性营养成分^[1-3]。

据国际糖尿病联盟报道，自 2015 年以来全球罹患糖尿病的人数呈逐步增长，预测到 2045 年我国糖尿病患者将会居世界首位，其中 2 型糖尿病（T2DM）患者

作者简介：白静（1999-）女，硕士研究生，研究方向：慢性病营养；

*通讯作者：石磊（1982-）女，博士，硕士生导师，研究方向：食品分析与营养。

占糖尿病患者总数的 90%以上^[4]。常用的降糖方法有不同程度的副作用。因此寻求副作用小的降糖方法成为科研人员研究重点。前瞻性和荟萃分析揭示了水果和蔬菜摄入量与 T2DM 患病风险和发病率增加之间的反比关系^[3]。有学者分别对刺梨果实、叶及果渣调节糖尿病代谢作用机制进行了研究, 相关的衍生制品如发酵刺梨汁、刺梨果酒等对糖尿病的调控作用也进行了探

讨。基于此, 本文总结分析了刺梨中主要活性成分在降低血糖, 以及调节糖尿病并发症中的有效作用, 探讨了这些活性成分在糖尿病发病机制中的代谢机理, 进一步阐明了刺梨调节血糖的作用机制。

1 刺梨活性成分

刺梨中含有多种对人体健康起重要作用的营养成分及多种植物活性成分, 具体如表 1 所示。



图 1 刺梨果及刺梨产品

表 1 刺梨活性成分^[2]

刺梨活性成分	组成
多糖	阿拉伯糖、鼠李糖、葡萄糖、蔗糖、果糖等
有机酸类	苹果酸、草酸、乳酸、琥珀酸、柠檬酸等
黄酮类	山奈酚、芦丁、儿茶素、杨梅素、山奈素、槲皮素等
多酚(单宁)	原花青素 B1、B2 和 B3、鱼腥草素-(4a,8)-儿茶素和鞣花酸
维生素	维生素 C、维生素 E、维生素 B1、维生素 P、维生素 K1
三萜类	刺梨苷、五环三萜脂苷、蔷薇酸、委陵菜酸、刺梨酸等
氨基酸类	蛋氨酸、赖氨酸、苏氨酸、缬氨酸及亮氨酸
其他	微量元素锌、锰、铜、铁等, 亚油酸、亚麻酸、花生酸、棕榈酸

2 刺梨中主要活性成分调节糖代谢的生物信息分析

2.1 调节相关酶活性

刺梨中的维生素 C 可激活组织的 α -磷酸甘油醛脱氢酶活性, 加速胰岛素对糖原的分解, 刺梨可以调节脂质, 增强免疫, 改善糖代谢^[6]。刺梨三萜能够抑制 α -葡萄糖苷酶活性, 并能一定程度上阻止 TNF- α 和 IL-6 的释放^[7]。刺梨所含的活性成分和刺梨叶及衍生茶对 α -葡萄糖苷酶和 α -淀粉酶抑制活性同样良好^[8]。

2.2 调节相关信号通路, 改善胰岛素抵抗

刺梨多酚通过 PI3K/AKT 信号通路提高磷脂酰肌醇-3-激酶的表达和蛋白激酶 B 的磷酸化, 调节 FOXO1 和降低糖原合酶激酶 3 β 蛋白的表达, 促进磷酸化, 增加组织糖原含量, 控制肝脏糖异生, 改善胰岛

素抵抗^[6]。刺梨活性成分能够分别或协同降低炎症对 PI3K 的影响和 Akt2 的别构效应, 确保 PI3K/Akt2 / GLUT4 通路的细胞通讯, 调控骨骼肌对葡萄糖的摄取和利用。

葡萄糖-6-磷酸酶 (G6Pase) 是糖异生调节的关键酶, 其活性变化直接影响肝脏葡萄糖输出。刺梨多糖通过改善 HepG2 细胞胰岛素抵抗的分子机制下调 G6Pase mRNA 表达量, 抑制糖异生^[10]。刺梨果酒通过调节关键酶的表达, 提高葡萄糖跨膜转位水平, 促进转移, 降低胆固醇的合成速率并减缓其向胆汁酸转化, 抑制内源性胆固醇的合成、加速胆汁酸排泄, 增加脂肪酸的从头合成。

2.3 益生菌效应——调节肠道菌群

肠道微生物群至关重要, 与慢性代谢疾病密切相关。益生菌可排除病原体, 增强屏障和调节免疫反应, 影响新陈代谢。最近的研究表明益生菌有降糖作用, 未来益生菌可能作为 2 型糖尿病重要辅助疗法^[11]。临床研究发现益生菌侧重于从氧化应激、免疫反应和短链脂肪酸 (SCFAs) 等发挥调控血糖的作用。

SCFAs 是肠道代谢的调节、增殖、分化者, 保护肠道健康。刺梨粗多糖和多酚在丰富肠道菌群多样性中具有积极作用^[13]; 刺梨多糖可以作为肠道微生物群的调节剂, 包括发酵产生 SCFAs、增加肠道中有益菌的丰度和降低有害菌的丰度^[10]。起到修复保护肠黏膜屏障, 调控肠道 PH 值和改善肠道微生态等多种作用^[10]。

2.4 调节与糖尿病相关的并发症

2.4.1 肝保护作用——调节血脂

糖尿病长期处于高血糖状态, 不加以控制, 脂质代谢酶活性下降, 血脂异常升高, 导致高血脂症。体内游离脂肪酸增加, 造成内脏脂质沉积, 胰岛素抵抗, 糖尿病持续发展。糖尿病与高血脂在某种意义上可以说是互为因果关系。

刺梨汁经发酵后, 其抗氧化能力和葡萄糖酶的抑制活性显著增强, 胆固醇酯酶抑制活性显著降低^[14]。刺梨汁通过调控菌群和氨基酸水平调节血脂异常^[15]。刺梨多糖可上调 HepG2 细胞的 AMPK 及其 p-AMPK 的表达, 抑制 ACC、FAS 和 HMGCR 表达, 减少脂肪酸和胆固醇的合成。刺梨多糖通过调节 G6Pase、FAS、ACC-1、SREBP-1c 和 PPAR- γ mRNA 肝组织中的高表达水平, 阻止高血糖^[10]。

2.4.2 抗氧化及改善炎症状态

慢性高血糖引起机体出现氧化应激和炎症状态, 反之二者状态的变化会影响胰岛素的调节和分泌, 形成恶性循环^[16]。ROS 积累过量导致氧化应激, 细胞成分损伤, 激活部分炎症信号通路, 是糖尿病并发症的主要机制之一。研究表明饮食中富含多酚化合物和益生菌与糖尿病进展的风险呈负相关^[16]。刺梨干果通过清除自由基和铁还原能力表现出更强的抗氧化活性, 被视为功能性食品和医疗保健行业更有效、更经济的健康保健食品^[17]。

3 刺梨中活性物质调节糖代谢的作用机制研究

3.1 刺梨多糖调节糖代谢

刺梨多糖显著抑制 α -葡萄糖苷酶、 α -淀粉酶, 通过 PI3K/Akt/GLUT4 通路改善胰岛素抵抗, 调节糖脂代谢。下调 TLR4/NF- κ B 信号通路蛋白表达, 保护上皮细胞间的连接, 调节菌群丰度, 保护肠屏障^[18]。显著下调肝

脏糖异生相关酶水平, 提高糖耐受, 降低胰岛素水平和减轻高血糖症状^[10]。刺梨多糖调节葡萄糖代谢的机制如图 2 所示。

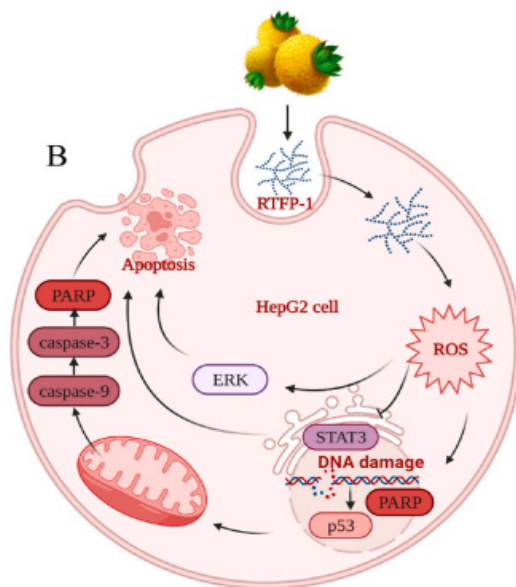


图 2 刺梨多糖调节葡萄糖代谢的机制^[19]

3.2 刺梨多酚调节糖代谢

刺梨多酚化合物可通过调控 Nrf2/PI3K/AKT 通路改善糖尿病^[20], 且刺梨黄酮与其可协同发挥降糖作用。刺梨黄酮可通过抑制 PARP-1 的活性实现对 DNA 的修复, 降低 ROS 和 γ -h2ax 水平, 从而提高细胞活力^[21]。调节 caspase3/8-10、AIF 和 PARP-1 减少细胞凋亡, 调节 ICAM-1、IL-1 α 、IL-1 β /IL-6、TNF- α /NF- κ B 减少炎症^[22]。

4 总结与展望

刺梨中活性成分丰富, 盛产于我国西南地区。其调节糖代谢的机制主要包括: (1) 调节 IRS/PI3K/AKT/MAPK-GLUT4 信号通路, 减轻胰岛素抵抗; (2) 调节氨基酸的代谢, 激活 PI3K/Akt 信号通路缓解 T2DM 症状; (3) 减轻促炎因子细胞, 抑制 NF- κ B 的表达; (4) 作为肠道微生物群的治疗靶点; (5) 调节 PI3K/AKT、RAS、AGE-RAGE 信号通路和对 EGFR 酪氨酸激酶抑制剂抗性在內的通路。从已取得的研究结果来看, 刺梨对糖尿病及其并发症具有很好的辅助效果。但目前的研究局限于细胞、动物试验, 未来还需要进行临床试验去探究, 完善刺梨降糖作用机制。此外, 刺梨中发挥活性的物质基础还需进一步挖掘, 并深入研究刺梨中发挥糖代谢调节作用的化合物的组成与结构及其活性的量效关系。

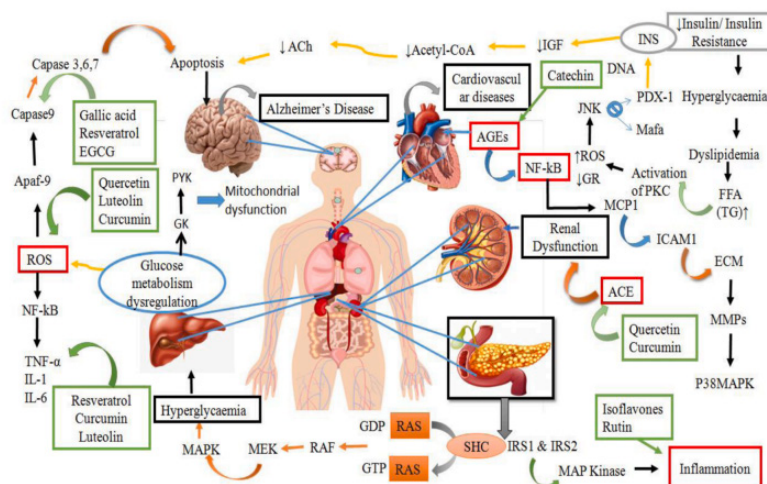


图 3 多酚调节葡萄糖代谢的机制^[23]

综上所述,刺梨有益健康,尤其对糖代谢的调控有积极的作用。这为将其开发为功能性食品和降糖辅助剂提供了重要的理论依据,对糖尿病的临床防治具有重要意义,也为我国西南地区刺梨资源的多元化开发利用提供了新的方向。

参考文献

- [1] LI H, FANG W, WANG Z, et al. Physicochemical, biological properties, and flavour profile of *Rosa roxburghii* Tratt, *Pyracantha fortuneana*, and *Rosa laevigata* Michx fruits: A comprehensive review[J]. Food chemistry, 2022, 366:130509.
- [2] YIN C, ZHANG Y, ZHANG L, et al. Exploring *Rosa roxburghii* Tratt polysaccharides: From extraction to application potential in functional products - An in-depth review[J]. Int J Biol Macromol, 2024, 280:135543.
- [3] JAIN A, SARSAIYA S, GONG Q, et al. Chemical diversity, traditional uses, and bioactivities of *Rosa roxburghii* Tratt: A comprehensive review[J]. Pharmacol Ther, 2024, 259:108657.
- [4] 陈珍,任廷远,谭书明.黔产不同海拔野生型刺梨原汁对 2 型糖尿病小鼠糖脂代谢及氧化应激的干预作用[J].现代食品科技,2022, 38(09):60-70.
- [5] 谭芸芸.刺梨鞣花酸对 2 型糖尿病的调控作用[D].贵州大学, 2023.
- [6] WANG L, WEI T, ZHENG L, et al. Recent Advances on Main Active Ingredients, Pharmacological Activities of *Rosa roxburghii* and Its Development and Utilization[J]. Foods,

2023,12(5):1051-1051.

- [7] ZHANG S, XIANG J L, LONG X X, et al. Anti-Inflammatory and α -Glucosidase Inhibitory Triterpenoid with Diverse Carbon Skeletons from the Fruits of *Rosa roxburghii*[J]. Journal of agricultural and food chemistry, 2024, 72(20): 11503-11514.
- [8] CHEN C, TAN S, REN T, et al. Polyphenol from *Rosa roxburghii* Fruit Ameliorates the Symptoms of Diabetes by Activating the PI3K/AKT Insulin Pathway in db/db Mice[J]. Foods, 2022, 11(5):636.
- [9] 汪磊. 刺梨多糖的分离纯化、降血糖作用及其对肠道微生物态的影响[D]. 华南理工大学, 2019.
- [10] SINGH J, POOJA, KUMAR P, et al. Impact of probiotics in alleviating type 2 diabetes risk in clinical trials: A meta-analysis study[J]. Human Gene, 2023, 35.
- [11] WANG G Q, LIU J, XIA Y J, et al. Probiotics-based interventions for diabetes mellitus: A review[J]. Food Bioscience, 2021, 43.
- [12] WANG H, CHEN Z, WANG M, et al. The Effect of Polyphenol Extract from *Rosa roxburghii* Fruit on Plasma Metabolome and Gut Microbiota in Type 2 Diabetic Mice[J]. Foods, 2022, 11(12):1747-1747.
- [13] LUO Y, TANG R, QIU H, et al. Widely targeted metabolomics-based analysis of the impact of *L. plantarum* and *L. paracasei* fermentation on *rosa roxburghii* Fruit juice[J]. International journal of food microbiology, 2024,

- 417:110686-110686.
- [14] JI J C, ZHANG S, TANG L, et al. Integrative analysis of fecal metabolome and gut microbiota in high-fat diet-induced hyperlipidemic rats treated with *Rosa Roxburghii* Tratt juice[J]. *Journal of Functional Foods*, 2022, 90:104978.
- [15] SARA N, PEDRO V, PEDRO G, et al. Blueberry as an Attractive Functional Fruit to Prevent (Pre) Diabetes Progression[J]. *Antioxidants*, 2021, 10(8):1162-1162.
- [16] YAN G Y, ZHENG P Y, WENG S Q, et al. Comparison of Chemical Compositions and Antioxidant Activities of Fresh and Dried *Rosa roxburghii* Tratt Fruit[J]. *Natural Product Communications*, 2022, 17(4).
- [17] 伍勇, 韦艾骥, 杨堃, 等. 刺梨多糖提取物对小鼠II型糖尿病的干预研究[J]. *广西植物*, 2023, 43(11):2120-2130.
- [18] JIN Y, LI Y, WANG L, Fu X, Li C. Physicochemical characterization of a polysaccharide from *Rosa roxburghii* Tratt fruit and its antitumor activity by activating ROS mediated pathways[J]. *Current Research in Food Science*, 2022, 51581-1589.
- [19] 陈超. 刺梨多酚黄酮类物质分离纯化、降血糖活性及机理研究[D]. 贵州大学, 2022.
- [20] XU S J, WANG X, WANG T Y, et al. Flavonoids from *Rosaroxburghii* Tratt prevent reactive oxygen species-mediated DNA damage in thymus cells both combined with and without PARP-1 expression after exposure to radiation in vivo[J]. *Aging-US*. 2020, 12(16):16368-16389.
- [21] XU S J, ZHANG F, WANG L J, et al. Flavonoids of *Rosa roxburghii* Tratt offers protection against radiation induced apoptosis and inflammation in mouse thymus[J]. *Apoptosis*, 2018, 23:470-483.
- [22] SHARMA P, HAJAM YA, KUMAR R, et al. Complementary and alternative medicine for the treatment of diabetes and associated complications: A review on therapeutic role of polyphenols[J]. *Phytomedicine Plus*, 2022, 2(1):100188.

版权声明: ©2025 作者与开放获取期刊研究中心 (OAJRC) 所有。本文章按照知识共享署名许可条款发表。

<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



OPEN ACCESS