
蜂蜜中的生物活性分子：糖之外，还有一个被忽视的健康世界 MDPI BioTech

作者：writer 来源：科学网

本文原地址：<https://www.iikx.com/news/progress/41716.html>

本文仅供学习交流之用，版权归原作者所有，请勿用于商业用途！

蜂蜜中的生物活性分子：糖之外，还有一个被忽视的健康世界 MDPI BioTech。论文标题：Honey Bioactive Molecules: There Is a World Beyond the Sugars

论文链接：<http://www.mdpi.com/2673-6284/13/4/47>

期刊名：BioTech

期刊主页：<https://www.mdpi.com/journal/biotech>

一、引言

蜂蜜自古以来就被人类用作食品和药物。从苏美尔石板（公元前6200年）到埃及纸莎草文献，从吠陀经到希波克拉底手稿，蜂蜜的药用历史已跨越8000余年。然而，当我们谈论蜂蜜时，首先想到的往往是甜，即那些占蜂蜜成分75%以上的糖类。但真正的奥秘，藏在糖之外的那个世界里。

蜂蜜不仅仅是一种甜味剂。它含有约200种不同化合物，包括酶、氨基酸、有机酸、维生素、矿物质以及最具药用价值的多酚类化合物。这些成分赋予蜂蜜抗菌、抗炎、抗氧化、免疫调节和促进创面愈合等多重功效。然而，蜂蜜的药用价值因蜂种、蜜源植物、产地、采收季节和加工方式的不同而存在巨大差异。该综述系统梳理了蜂蜜中主要多酚类物质的来源、分类及其功能，旨在揭示糖分之外那些被忽视的活性分子世界。

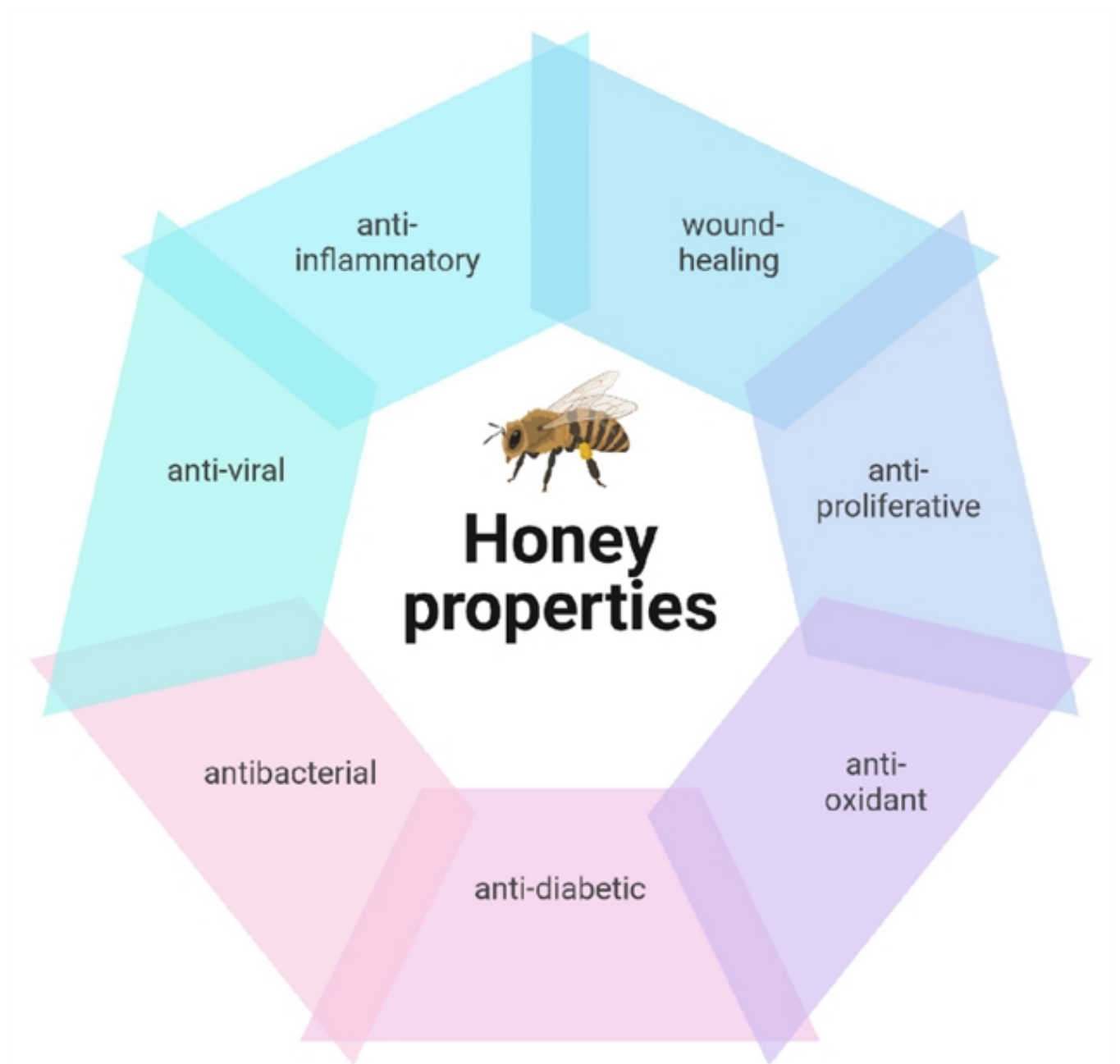


图1：蜂蜜的主要生物学特性概览

二、材料与方法

本研究为叙述性综述，系统梳理了蜂蜜中生物活性分子（特别是多酚类化合物）相关文献。作者整合了蜂蜜的化学成分分析、体外细胞实验、动物模型研究及部分临床研究数据，重点关注多酚类化合物的种类、结构、含量及其生物学作用机制。蜂蜜化学成分的分析方法涉及高效液相色谱、质谱联用等技术用于多酚的定性与定量分析，总酚含量和总黄酮含量的测定用于评估抗氧化潜力，色谱法和酶法用于糖类与酶活性的分析。

三、分析与结果

蜂蜜中含有约200种不同化合物。糖类是绝对主体，约75%为单糖（果糖和葡萄糖），10-15%为双糖，其余为低聚糖。果糖在大多数蜂蜜中占比最高，果糖/葡萄糖比值可作为单花种蜂蜜分类的依据。除糖类外，蜂蜜中还含有蛋白质、氨基酸、有机酸、维生素和矿物质等多种成分。蛋白质含量约为0.1%-3.3%，其中脯氨酸是最主要的氨基酸，占总氨基酸的50%-85%，已被国际标准用作蜂蜜成熟度评价和掺假鉴别的关键指标，纯蜂蜜的脯氨酸含量不应低于180 mg/kg。葡萄糖氧化酶是蜂蜜中最重要的酶类之一，它催化葡萄糖转化为葡萄糖酸和过氧化氢，后者是蜂蜜抗菌活性的主要来源之一。有机酸约占蜂蜜新鲜重量的0.5%，葡萄糖酸是最主要的有机酸，对蜂蜜的风味和化学特性具有重要影响。蜂蜜还含有B族维生素和维生素C，以及钾、镁、钙、铁、铜、锌、锰等20余种矿物元素，深色蜂蜜的矿物质含量通常高于浅色蜂蜜。

多酚是蜂蜜中最重要的功能成分，来源于蜜源植物的次生代谢产物，其种类和含量主要取决于蜜源植物的种类，因此可作为蜂蜜分类和真伪鉴定的天然化学指纹。多酚可分为黄酮类（黄酮、黄酮醇、黄烷酮等）和非黄酮类（主要是酚酸类，如咖啡酸、绿原酸等）两大类。蜂蜜的抗氧化能力主要来自多酚类化合物，这些物质通过从其羟基中释放氢原子来中和自由基，将其转化为更稳定、危害较小的分子。研究证实，蜂蜜的总酚含量与其抗氧化活性呈显著正相关。

该综述重点介绍了蜂蜜中11种常见多酚类化合物及其生物活性机制（见表1）。这些多酚类化合物通过协同作用，共同构成了蜂蜜丰富生物学活性的分子基础。

表1：蜂蜜中常见多酚类化合物及其作用机制

化合物	类别	主要生物活性
芹菜素	黄酮类	激活Wnt/ β -catenin通路促骨分化、抗癌
白杨素	黄酮类	激活ERK/MAPK通路促骨分化、抗炎
高良姜素	黄酮类	抗氧化、抗突变、抗染色体断裂、清除自由基
染料木素	异黄酮类	激活Nrf2通路抗氧化
木犀草素	黄酮类	失活NF- κ B/上调Nrf2、抗炎抗氧化、促创面愈合
杨梅素	黄酮醇类	调控BMP-2/Smad和MAPK通路促骨分化
松属素	二氢黄酮类	抗氧化、抗炎、抗菌
松球素	二氢黄酮类	激活PI3K-eNOS-NO通路、抗癌、神经保护
槲皮素	黄酮醇类	通过ERK/p38促骨分化、心血管保护
咖啡酸	酚酸类	抗氧化、抗炎、抗癌
绿原酸	酚酸类	激活GPR37抗炎、抗氧化、抗凋亡

四、讨论

尽管蜂蜜的药用历史跨越数千年，但对其功效机制在分子层面的理解仍处于起步阶段。研究指出，当前研究已确认蜂蜜多酚具有较高的生物可及性。体外模拟消化实验表明，麦卢卡蜂蜜在消化前后其酚类含量和抗氧化活性无显著差异，说明其多酚成分在胃肠道中不易被降解。然而，一个值得关注的问题是，全球各国现行的蜂蜜质量标准（如水分含量、游离酸度、淀粉酶活性、脯氨酸含量等）均未将生物活性或健康效益纳入考量。这意味着，符合质量标准的合格蜂蜜未必具有显著的健康功效。

在应用层面，蜂蜜已被多项研究证实具有促进创面愈合的功效。现代研究揭示，蜂蜜中的过氧化氢通过水通道蛋白-3进入角质形成细胞，触发胞内Ca²⁺信号级联反应，启动创面闭合过程。此外，蜂蜜对多种临床致病菌具有抑制作用，包括耐甲氧西林金黄色葡萄球菌和耐万古霉素肠球菌等超级细菌，为应对全球日益严峻的抗生素耐药危机提供了新的思路。在糖尿病管理方面，蜂蜜显示出辅助治疗潜力，可能有助于改善血糖控制和代谢并发症。在抗肿瘤方面，蜂蜜通过诱导凋亡、干扰细胞信号通路等方式发挥抗癌作用。蜂蜜中的黄酮类化合物还具有抗血栓、抗缺血、血管舒张和抗氧化作用，可降低冠心病风险。

该综述同时指出，目前对蜂蜜多酚的研究主要集中在细胞和动物水平，大规模人体干预试验数据相对有限。蜂蜜的化学成分随蜜源、产地、季节等因素变化极大，导致研究结果难以标准化和可重复。蜂蜜掺假（如添加高果糖玉米糖浆）也是日益严重的食品安全问题，稳定同位素比值分析等方法已被用于真伪鉴别，但仍缺乏快速、低成本的现场检测技术。

五、展望与结论

该综述指出，未来研究应通过营养基因组学分析，全面揭示蜂蜜及其多酚成分对基因表达谱、蛋白质翻译、胞内信号通路和代谢物形成的调控网络。同时，亟需开展大规模、随机、安慰剂对照的人体干预试验，填补当前临床证据的空白，为蜂蜜的预防性和治疗性应用提供高质量循证医学依据。在应用层面，绿色纳米技术为蜂蜜的现代化应用开辟了新路径，基于蜂蜜的3D多孔支架因其能够模拟天然组织微环境并在损伤部位实现蜂蜜的可控释放，正受到生物医学和组织工程领域的广泛关注。

综上所述，蜂蜜远不止是一种甜味剂。它含有丰富的矿物质、维生素、蛋白质、酶、氨基酸和多酚类生物活性物质，这些成分在体外和体内均展现出抗菌、抗炎、抗氧化、免疫调节、促创面愈合、抗肿瘤和心血管保护等多重生物学特性。深入理解蜂蜜活性分子的作用机制和关键效应因子，将有助于推广这一天然健康食品，倡导健康生活方式，并为慢性炎症性疾病的预防和治疗提供新的策略。正如该综述的标题所言，蜂蜜的世界，远不止于糖。

期刊介绍

主编：Prof. Dr. Massimo Negrini

期刊发表范围涵盖生物制药领域, 通过培育转基因植物、动物或水生生物来解决农业中食品的生产或质量问题，以及在医学领域中采用的新方法；在环境领域中的应用，旨在维护生物多样性并清除污染物；开发能够生产有用化学物质或销毁有害/污染化学物质的生物体或酶；生物信息学方法；以及与生物技术领域中的伦理、哲学和监管方面相关的论文。被ESCI、Scopus、PubMed、PMC等多个权威数据库收录。在JCR Biotechnology and Applied Microbiology 类别排名中位居Q2.

2025 Impact Factor : 3.6

2025 CiteScore : 5.6

Time to First Decision : 20.7 Days

Acceptance to Publication : 3.2 Days

来源：BioTech

更多 科学进展 请访问 <https://www.iikx.com/news/progress/>

本文版权归作者所有，请勿用于商业用途，[爱科学iikx.com](http://iikx.com)转发