

# 蜂胶功能成分及生物活性研究进展

葛怡青<sup>1</sup>, 汪 浅<sup>1</sup>, 全 涛<sup>1,2,3\*</sup>

- [1. 中国农业大学食品科学与营养工程学院, 精准营养与食品质量重点实验室, 教育部功能乳品重点实验室, 北京 100083; 2. 农业农村部转基因生物安全评价重点实验室(食品安全), 北京 100083; 3. 食品质量与安全北京实验室, 北京 100083]

**摘 要:** 蜂胶是一种胶状天然产物, 是工蜂腺体分泌物、植物嫩芽和树干分泌物的混合物。蜂胶的主要功能成分为黄酮类化合物、酚酸类化合物和萜烯类化合物等。研究表明蜂胶中的黄酮类化合物包括槲皮素、高良姜素和山奈酚等; 酚酸类化合物包括咖啡酸、阿魏酸、p-香豆酸等; 萜烯类化合物包括单萜、二萜、三萜等。地域、植物来源、气候、季节和蜂种等因素都会影响蜂胶的化学组成。随着对蜂胶研究的深入, 蜂胶独特的生物活性日益受到人们的关注。本文总结了近年来国内外蜂胶的抗氧化、提高免疫力、抗病毒、抗菌、降血糖、降血脂、保护肝脏、抗癌及抗炎等多种生物活性的研究进展, 分析蜂胶的发展趋势和应用前景, 旨在为蜂胶在食品、药品和化妆品等领域的应用提供理论参考和科学依据。

**关键词:** 蜂胶; 功能成分; 生物活性

## Research progress on functional components and bioactivities of propolis

GE Yi-Qing<sup>1</sup>, WANG Qian<sup>1</sup>, TONG Tao<sup>1,2,3\*</sup>

- [1. *Key Laboratory of Precision Nutrition and Food Quality, Key Laboratory of Functional Dairy, Ministry of Education, College of Food Science and Nutritional Engineering, China Agricultural University, Beijing 100083, China;* 2. *Key Laboratory of Safety Assessment of Genetically Modified Organism (Food Safety), the Ministry of Agriculture and Rural Affairs of People's Republic of China, Beijing 100083, China;* 3. *Beijing Laboratory for Food Quality and Safety, Beijing 100083, China*]

**ABSTRACT:** Propolis is a gelatinous natural product, which is a mixture of worker bee gland secretions, plant shoots and trunk secretions. The main functional components of propolis are flavonoids, phenolic acids and terpenoids. Studies have shown that flavonoids in propolis include quercetin, galangin and kaempferol; phenolic acids include caffeic acid, ferulic acid and p-coumaric acid; terpenoids include monoterpenes, diterpenes and triterpenes. Factors such as geography, plant origin, climate, season and bee species all affect the chemical composition of propolis. With the in-depth research on propolis, the unique biological activity of propolis has received increasing attention. This paper summarized the research progress of propolis in recent years, including antioxidant, immunity-boosting, antiviral, antibacterial, hypoglycemic, hypolipidemic, hepatoprotective, anticancer and anti-inflammatory activities, and analyzed the development trend and application prospects of propolis, aiming to provide theoretical reference and scientific support for the application of propolis in food, pharmaceutical and cosmetic fields.

**基金项目:** 北京市自然科学基金项目(7222249)、山东省自然科学基金项目(ZR2021QC118)、中国农业大学 2115 人才工程资助项目

**Fund:** Supported by the Beijing Natural Science Foundation Program (7222249), the Shandong Provincial Natural Science Foundation Program (ZR2021QC118), and the 2115 Talent 518 Development Program of China Agricultural University

\*通信作者: 全涛, 博士, 副教授, 主要研究方向为食品营养与安全. E-mail: tongtao1028@cau.edu.cn

\*Corresponding author: TONG Tao, Ph.D, Associate Professor, College of Food Science and Nutritional Engineering, China Agricultural University, Beijing 100083, China. E-mail: tongtao1028@cau.edu.cn

**KEY WORDS:** propolis; functional components; bioactivities

## 0 引言

蜂胶是蜜蜂采集胶源植物树脂等分泌物与其上顎腺、蜡腺等分泌物混合形成的胶黏性物质<sup>[1]</sup>, 主要包含蜂蜡、蜂花粉、树脂以及挥发油等成分<sup>[2]</sup>。由于产量稀少, 一个 5~6 万只的蜂群一年只能生产蜂胶 100~150 g, 因此蜂胶具有“紫色黄金”的称誉。蜂胶产地广泛, 在我国各省市和日本、巴西、澳大利亚等区域均有分布。全世界的年产量只有 800 t, 我国为蜂胶产量最多的国家之一, 年产量为 300 多 t<sup>[3]</sup>。蜂胶外形为不透明固体, 表面光滑或粗糙, 折断面呈砂粒状, 切面与大理石外形相似, 颜色有黄褐色、棕褐色、灰褐色、灰绿色和暗绿色等, 极少数深似黑色, 具有特殊的芳香气味<sup>[4]</sup>。

受地理环境、气候条件等因素的影响, 不同来源的蜂胶功能成分及生物活性也有所不同<sup>[4]</sup>。蜂胶功能成分种类较多, 以黄酮类、酚酸类和萜类化合物为主<sup>[1,5]</sup>。蜂胶中的黄酮类物质可分为 4 大类: 黄酮类物质、黄酮醇类物质、二氢黄酮类物质和查尔酮类物质。酚酸类以咖啡酸、咖啡酸苯乙酯、阿魏酸为主。萜类化合物以单萜、倍半萜类、二萜类和三萜类化合物为主。这些功能成分赋予了蜂胶多种生物学功能。蜂胶的药用历史悠久, 在 2000 多年前亚里士多德的《动物史》和 1000 多年前阿维森纳的《医典》中均有记载<sup>[6]</sup>, 近来也被载入《中国药典》<sup>[4]</sup>和《中华本草》<sup>[6]</sup>。多项研究表明, 蜂胶具有抗氧化、提高免疫力、抗病毒、抗菌、调节血糖血脂、保护肝脏、抗癌以及抗炎等多种功效<sup>[4,7-8]</sup>, 因而在近年来食品、药品和化妆品的研究中备受关注。

目前, 我国的蜂胶资源利用处于起步阶段。蜂胶已被纳入保健食品管理, 且作为《可用于保健食品的物品名单》的物品。随着蜂胶功能成分和生物活性的深入研究, 以蜂胶为主的产品将成为趋势。但现如今, 围绕蜂胶功能成分和影响因素的讨论内容仍显不足, 针对其主要生物活性总结仍需完善, 且相关文献资源已较为陈旧。因此, 通过对最新文献的总结, 本文综述了蜂胶的化学成分及其影响因素和主要生物活性, 包括抗氧化、提高免疫力、抗病毒、抗菌、降血糖、降血脂、保护肝脏、抗癌和抗炎症, 以期对蜂胶相关产品的开发提供理论参考和科学依据。

## 1 蜂胶的化学成分和影响因素

蜂胶含有多种化学成分, 其种类与含量主要受到地域、气候、植物源、季节及蜂种等 5 种因素的影响。

### 1.1 蜂胶的化学成分

#### 1.1.1 黄酮类

黄酮类化合物是一类存在于自然界的、具有 2-苯基色原酮结构的化合物。它们由两个苯环和一个杂环组成, 分子中有一个酮式羰基, 以 C6-C3-C6 为基本碳架。近几年内, 几大主要产地的蜂胶中黄酮类物质的组成见表 1。基于现有文献结果分析, 不同地区蜂胶的黄酮类物质组成存在差异。槲皮素、高良姜素、山奈酚、芹菜素存在于绝大部分地区如亚洲、南美洲和地中海地区, 是蜂胶中的主要黄酮类成分; 芦丁、乔松素和柯因部分存在于亚洲、土耳其、地中海地区; 白杨素、木犀草素、异鼠李糖、杨梅素、短叶松素部分存在于亚洲、巴西地区; 某些黄酮类成分具有地域特殊性, 如香木叶素仅存在于土耳其地区, 金合欢素和异鼠李糖仅存在于巴西地区, 杨梅酮、短叶松素-3-乙酸酯、松属素和桑黄素仅存在于中国湖北, 松豆素仅存在于巴勒斯坦、摩洛哥地区, 柚皮素仅存在于土耳其、巴勒斯坦和摩洛哥地区。蜂胶中黄酮类物质组成的差异可能与地域、气候、植物源、季节和蜂种有关。

#### 1.1.2 酚酸类

酚酸类化合物指在一个苯环上有多个酚羟基取代的芳香羧酸类化合物, 由于其结构中有较多的酚羟基取代, 酚酸类化合物结构并不稳定, 容易受到水分、温度、光、酶、酸及碱等的影响而变质<sup>[19]</sup>。近几年内, 几大主要产地的蜂胶中酚酸类物质的组成见表 2。不同产地的蜂胶其酚酸类物质种类存在较大差异。咖啡酸、咖啡酸苯乙酯和阿魏酸存在于大部分地区, 如亚洲、南美洲和东欧, 是蜂胶中的主要酚酸类成分; 少数香豆酸、肉桂酸及其衍生物存在于亚洲、南美洲和希腊部分地区, 少数没食子酸存在于巴勒斯坦、摩洛哥和希腊部分地区; 阿替匹林 C 仅存在于巴西, 芳香酸和绿原酸仅存在于巴勒斯坦和摩洛哥地区, 白藜芦醇和迷迭香酸仅存在于巴勒斯坦和摩洛哥地区。这种差异可能与地域、气候和蜂种有关。

表 1 蜂胶中黄酮类物质组成  
Table 1 Compositions of flavonoids in propolis

蜂胶产地	黄酮类物质成分	参考文献
中国湖北	槲皮素、高良姜素、山奈酚、柯因、短叶松素、异鼠李素、松属素、短叶松素-3-乙酸酯	[9]
中国湖北	槲皮素、高良姜素、芹菜素、芦丁、乔松素、柯因、杨梅酮、山奈素、桑黄素	[10]
中国河南	槲皮素、高良姜素、芹菜素、芦丁	[11]
中国山西	槲皮素、山奈酚、芹菜素、芦丁、木犀草素、白杨素	[12]

表 1(续)

蜂胶产地	黄酮类物质成分	参考文献
中国北京、保定和临沂	槲皮素、高良姜素、山奈酚、芹菜素、乔松素、杨梅素	[13]
巴西东南部	槲皮素、高良姜素、山奈酚、芹菜素、乔松素、杨梅素	[14]
巴勒斯坦、摩洛哥	槲皮素、高良姜素、山奈酚、芹菜素、芦丁、柚皮素、白菊素、松豆素	[15]
土耳其	槲皮素、香叶木素、鼠李糖苷、异黄酮、柚皮素、白杨素	[16]
土耳其爱琴海、黑海、安纳托利亚中部、马尔马拉、地中海地区	槲皮素、高良姜素、山奈酚、芹菜素、乔松素、柚皮素	[17]
巴西 Alagoas 州	绿蜂胶: 槲皮素、芹菜素、芦丁、乔松素、柯因、金合欢素、木犀草素 棕蜂胶: 槲皮素、山奈酚、芹菜素、芦丁、乔松素、柯因、异鼠李糖、木犀草素、金合欢素 红蜂胶: 槲皮素、山奈酚、芹菜素、芦丁、乔松素、金合欢素、异鼠李糖、木犀草素	[18]
保加利亚、意大利、瑞士	高良姜素、乔松素、柯因、短叶松素	[19]

表 2 蜂胶中酚酸类物质组成  
Table 2 Compositions of phenolic acids in propolis

蜂胶产地	酚酸类物质	参考文献
中国湖北	咖啡酸、咖啡酸苯乙酯	[9]
中国国家蜂胶协会: 国产蜂胶	咖啡酸、咖啡酸苯乙酯、绿原酸、异绿原酸 A、异绿原酸 C、咖啡酸苯乙酯	[20]
酒神菊属型蜂胶: 不同国外生产厂家	咖啡酸、咖啡酸苯乙酯、绿原酸、异绿原酸 A、异绿原酸 C、阿替匹林 C	[21]
中国山东、湖北、河南、江苏	咖啡酸、咖啡酸苯乙酯、阿魏酸	[22]
巴西(进出口企业送检样品)	香豆酸、阿替匹林 C	[23]
中国安徽、湖北、湖南、浙江和山东	咖啡酸、阿魏酸、异阿魏酸、3,4-二甲氧基肉桂酸、p-香豆酸、肉桂酸、咖啡酸苄酯、咖啡酸肉桂酯和 p-香豆酸肉桂酯等 16 种物质	[24]
中国河南南阳	咖啡酸苯乙酯、对甲氧基肉桂酸肉桂酯	[25]
中国云南	咖啡酸、阿魏酸、p-香豆素	[26]
巴勒斯坦、摩洛哥	咖啡酸、咖啡酸苯乙酯、阿魏酸、绿原酸、没食子酸、p-香豆酸、芳香酸、肉桂酸	[27]
巴西东南部	咖啡酸、咖啡酸苯乙酯、阿魏酸、绿原酸、没食子酸、p-香豆酸、芳香酸、咖啡酸、阿魏酸、4-甲氧基肉桂酸、3,4-二甲氧基肉桂酸、3-羟基-4-甲氧基苯甲醛、3-甲氧基-4-羟基苯丙酮、1-O,2-O-二格列酮-6-O-反式对香豆酰-β-D-吡喃葡萄糖苷	[28]
土耳其 23 个不同地区	咖啡酸、咖啡酸苯乙酯、p-香豆酸、反式阿魏酸、原儿茶酸、反式肉桂酸	[29]
土耳其 Ankara-Kazan 地区	咖啡酸、阿魏酸、肉桂酸	[30]
土耳其 Mugla-Marmaris 地区	阿魏酸、肉桂酸	[31]
希腊 Nafplio、Amorgo、Crete、Kos、Lakonia、Imathia、Arkadia 和 Corfu island 地区	咖啡酸、咖啡酸苯乙酯、阿魏酸、熊果酸、肉桂酸、异阿魏酸、原绿酸、儿茶素、丁香酸、原儿茶酸、没食子酸、p-香豆酸	[32]
西罗马尼亚不同地区	迷迭香酸、白藜芦醇	[33]

1.1.3 萜烯类

萜烯是一类广泛存在于植物体内的天然来源碳氢化合物, 结构复杂、种类繁多, 分子结构为异戊二烯的整数倍, 还有不同含氧饱和程度的衍生物, 具有重要的生理活性。近几年内, 几大主要产地的蜂胶中萜烯类物质的组成

见表 3。目前, 关于蜂胶中萜烯类物质的研究较黄酮类和酚酸类相对较少, 基于表 3 统计结果分析, 蜂胶中萜烯类物质主要为 α-蒎烯和 β-蒎烯, 三萜类主要为五环三萜和芳香环三萜。各地区萜烯类物质组成存在差异, 影响蜂胶中萜烯类物质的组成的因素可能为地区、气候、植物源和蜂种。

表 3 蜂胶中萜烯类物质组成  
Table 3 Terpene constituents in propolis

蜂胶产地	萜烯类物质	参考文献
中国山东、广西、云南、湖南等 15 个地区	单萜、倍半萜类	[30]
土耳其	三萜类: 齐墩果酸、岩白菜素 $\alpha$ -蒎烯、 $\beta$ -蒎烯和柠檬烯	[15]
巴西东南部	单萜和倍半萜: $\alpha$ -蒎烯、 $\beta$ -蒎烯	[25]
巴西帕拉州东北部	以半萜类和含氧单萜类为主: $\alpha$ -蒎烯、 $\beta$ -石竹烯	[31]
非洲	二萜: 戊二烷型二萜; 三萜烯: 环芳烃三萜	[32]
马来西亚砂拉越州	(24 <i>E</i> )-dammara-20,24-dien-26-al、 $\alpha$ -香树精、24( <i>E</i> )-cycloart-24-ene-26-ol-3-one、20-hydroxy-24-dammaren-3-one、龙脑香醇酮	[33]
澳大利亚东部	五环三萜类	[34]

## 1.2 不同因素对蜂胶化学成分的影响

### 1.2.1 地域对蜂胶化学成分的影响

地理位置差异会造成蜂胶的化学成分含量不同。例如,来自蜂胶主产地吉林、山东、陕西和河南的 14 个产区的样品经高效液相色谱法(high performance liquid chromatography, HPLC)鉴定后,其中 9 个产区的蜂胶的相似度很高,而来自河南的 1 批蜂胶和来自吉林的 4 批蜂胶与其他 9 个产区的蜂胶存在一定差异<sup>[35]</sup>。巴西东南部绿色蜂胶的酚类成分含量比巴西南部的高,这揭示了不同地理和气候条件对蜂胶中酚类成分含量的影响<sup>[36]</sup>。一项研究表明,除了来自俄罗斯和中国的样品外,咖啡酸和对香豆酸被确定为杨树蜂胶样品中的主要酚酸<sup>[37]</sup>。中国蜂胶和巴西绿蜂胶在总黄酮和总酚酸的含量上差异较大,中国蜂胶的总黄酮和总酚酸的含量显著高于巴西绿蜂胶<sup>[38]</sup>。对来自马来西亚、巴西和中国的 33 个蜂胶样品的总酚、黄酮和萜类含量进行检测后发现,不同国家的蜂胶化学成分差异明显。高含量的黄酮和总酚是中国蜂胶的特点,马来西亚以高含量的萜类为特征,巴西绿蜂胶的总酚、黄酮和萜类含量较为均衡<sup>[39]</sup>。

### 1.2.2 植物来源对蜂胶化学成分的影响

植物来源的复杂性很大程度上决定了蜂胶化学成分多样性<sup>[40-42]</sup>。例如,一种巴西红蜂胶提取物的主要成分之一是古蒂芬酮 E 和黄藻素的混合物,所以这种蜂胶的主要植物来源很可能是藤黄科书带木属(*Clusia*)的一些物种。然而,这种巴西红蜂胶提取物还存在异黄酮。由于从未在藤黄科(*Clusiaceae*)植物的树脂中发现异黄酮,表明这种蜂胶可能涉及其他植物来源<sup>[41]</sup>。巴西的 Itapar蜂胶虽然含有酒神菊属(*Baccharis dracunculifolia*)的典型成分山奈酚,但也含有咖啡酰葡萄糖苷、没食子酸甲酯、槲皮素葡萄糖醛酸、15-乙酰氧基柏酸和异鼠李素 5 种成分,表明除酒神菊属外的植物也可能是 Itapar蜂胶的树脂来源<sup>[42]</sup>。

### 1.2.3 气候对蜂胶化学成分的影响

不同的气候也会引起蜂胶化学成分的变化。一项研究

表明,中国暖温带蜂胶和中国中温带蜂胶的化学成分存在差异。中国暖温带蜂胶中多酚、酚类和白杨素的含量高于中国中温带蜂胶。两类蜂胶的咖啡酸苄酯的含量相似<sup>[43]</sup>。除了温度、降雨量也会影响蜂胶的化学成分。例如,在严重干旱期间,巴西红蜂胶中地黄酮的浓度增加,而在雨期急剧下降。而巴西红蜂胶中的黄酮类化合物在雨季时浓度升高<sup>[44]</sup>。

### 1.2.4 季节对蜂胶化学成分的影响

季节对蜂胶化学成分的影响可能是分泌树脂的主要植物的物候变化引起的,也可能是因可提供的主要树脂减少的情况下,蜜蜂开始采集替代胶源的树脂造成的。例如,春季时,葡萄牙南部阿尔加维蜂胶的水醇提取物中检测到的酚类(总酚、黄酮、黄酮醇、黄烷酮和二氢黄酮醇)含量高于冬季<sup>[45]</sup>。研究表明,中国蜂胶醇提取物中总酚、总黄酮、黄酮-黄酮醇和黄烷酮的含量均在 7~8 月最高,在 9 月份这些化学成分含量大多最低<sup>[46]</sup>。

### 1.2.5 蜂种对蜂胶化学成分的影响

各种蜜蜂物种对蜂胶化学成分有较大影响。例如,与戈氏无刺蜂蜂胶相比,黄纹无刺蜂蜂胶乙酸乙酯提取物中总酚的含量较高<sup>[47]</sup>。还有研究表明来自土耳其同一个蜂场的高加索蜂(*Apis mellifera caucasica*)蜂胶、卡尼颚拉蜂(*Apis mellifera carnica*)蜂胶和安纳托利亚蜂(*Apis mellifera anatolica*)蜂胶的化学成分组成均不相同。在安纳托利亚蜂和卡尼颚拉蜂采集的蜂胶样品中检出乙酸乙酯、香兰素、十九烷、二十二烷、柚皮素和大黄酮;在安纳托利亚蜂和高加索蜂采集的蜂胶样品中检测到 4-乙基苯酚、2-甲氧基-4-乙基苯酚和 1,3-苯二甲酸。此外,在高加索蜂和卡尼颚拉蜂蜂胶样品中检测到十八烷<sup>[48]</sup>。

## 2 生物活性

蜂胶因其含有丰富的黄酮类、酚酸类等物质,具有抗氧化、抗炎症、抗菌抗病毒和免疫调节等广泛的生物学活性<sup>[49]</sup>。

## 2.1 抗氧化

研究表明,多酚类、黄酮类、萜类等天然产物具有抗氧化活性<sup>[50]</sup>,其机制与清除自由基、螯合金属离子、抑制氧化酶活性等有关<sup>[51]</sup>。蜂胶富含大量上述种类物质,因此具有很强的抗氧化活性<sup>[47,52-53]</sup>。邱淮<sup>[11]</sup>对河南蜂胶的乙醇提取物和乙酸乙酯提取物的抗氧化能力进行研究,结果表明两种提取物均有较好的 1,1-二苯基-2-三硝基苯肼(1,1-diphenyl-2-picrylhydrazyl, DPPH)、2,2'-联氮-二(3-乙基苯并噻唑-6-磺酸)二铵盐[2,2'-azino-bis(3-ethylbenzthiazoline-6)-sulphonic acid, ABTS]自由基清除活性和总还原力能力,且醇提物的效果好于乙酸乙酯提取物,但乙酸乙酯提取物在总抗氧化能力体系中效果较好,两种提取物的抗氧化能力均随提取物浓度增加而增强。除了 DPHH 自由基和 ABTS 自由基外,还有研究发现蜂胶的乙醇溶液具有良好的羟基自由基清除能力<sup>[54]</sup>。

## 2.2 提高免疫力

免疫系统是一个由特殊细胞组成的复杂网络,具有免疫监视、免疫防御、免疫调控的功能。人体通过免疫系统识别和清除外来物,维持机体生理平衡。蜂胶对包括淋巴或单核细胞系在内的免疫细胞具有免疫调节作用,其可以介导细胞外信号调节激酶 2 和丝裂原活化蛋白激酶信号通路以及真核转录因子:活化 T 细胞的核因子和核因子  $\kappa$ B<sup>[55]</sup>。另外,蜂胶可作为佐剂参与疫苗的制作,有增强免疫力的作用<sup>[56-59]</sup>。例如,魏光河<sup>[57]</sup>发现添加了高浓度的蜂胶佐剂和蜂胶多糖复合佐剂制作出的鸭疫里氏杆菌疫苗,其抗体滴度较高且维持时间较长。也有研究表明,蜂胶还可作为猪丹毒丝灭活疫苗<sup>[58]</sup>和鸡安卡拉病疫苗<sup>[59]</sup>的佐剂。

## 2.3 抗病毒

浙江蜂胶醇提物可能与宿主细胞的受体结合,或直接与病毒颗粒结合,使病毒衣壳蛋白变性,阻止病毒进入宿主细胞。透射电镜图像进一步证实了蜂胶醇提物直接作用病毒导致其膨胀破裂<sup>[60]</sup>。有研究表明,蜂胶的乙醇提取物对一型单纯疱疹病毒和二型单纯疱疹病毒均有较强的抗病毒活性<sup>[61-63]</sup>。有学者<sup>[64]</sup>通过四甲基偶氮唑盐法测定细胞活力评价抗病毒效果,发现墨西哥本土的额叶蜂胶对犬瘟热病毒有抗病毒活性。研究发现,蜂胶具有抗 2019 冠状病毒的潜力<sup>[65-67]</sup>。例如,在 SILVEIRA 等<sup>[65]</sup>的实验中,其给予住院治疗的成人 2019 冠状病毒病患者使用巴西绿蜂胶提取物作为辅助治疗,患者被分配接受标准护理加口服 400 或 800 mg/d 的绿色蜂胶,连续 7 d。研究发现巴西绿蜂胶可明显缩短其住院时间,有辅助治疗 2019 冠状病毒病患者的作用。

## 2.4 抗菌

研究表明,蜂胶对革兰氏阴性菌(大肠杆菌和铜绿假

单胞菌)和革兰氏阳性菌(粪链球菌和金黄色葡萄球菌)均有显著的抑制作用<sup>[53]</sup>。此外,来自伊朗、韩国、新西兰、印度、巴西、中国、乌拉圭和马来西亚的蜂胶乙醇提取物中的咖啡酸苯乙酯对革兰氏阳性致痘细菌—痤疮丙酸杆菌有较高的抗菌活性<sup>[68]</sup>。PETRUZZI 等<sup>[69]</sup>发现意大利蜂胶的抗菌作用与微生物种类密切相关。对于酵母而言,汉森氏酵母比酿酒酵母受影响大;对细菌而言,蜂胶对假单胞菌和肠杆菌属均有抑制效果,但对植物乳杆菌无影响。蜂胶还具有改善口腔微生物菌群和改善口气的功效<sup>[70]</sup>。有研究表明,使用含有蜂胶乙醇提取物的牙膏可减少可摘丙烯酸义齿患者口腔中微生物分离株数量、龈沟出血指数、简化口腔卫生指数和义齿菌斑数<sup>[71]</sup>。

## 2.5 降血糖

糖尿病是因胰岛素分泌缺陷或胰岛素作用障碍导致的血糖高于正常值,会引起心血管、神经系统和肾脏功能损害等一系列并发症。2 型糖尿病的人数约占糖尿病患者总数的 90%,是近年来一直威胁着人们健康安全的一种慢性疾病<sup>[72-73]</sup>。研究发现蜂胶对高血糖症有着良好的改善作用<sup>[74]</sup>。河南蜂胶的乙醇提取物能有效抑制糖尿病昆明种小鼠肠内  $\alpha$ -葡萄糖苷酶活性,显著降低糖尿病小鼠的餐后血糖水平,有利于血糖水平恢复和保持血糖稳定<sup>[75]</sup>。还有研究发现,蜂胶乙醇提取物对链脲佐菌素诱导的糖尿病 Brown Norway 大鼠早期糖尿病视网膜病变有改善效果,并证实蜂胶乙醇提取物可通过直接降低空腹血糖和糖化血红蛋白水平,降低丙二醛、活性氧和活性氮从而减轻糖尿病<sup>[76]</sup>。

## 2.6 降血脂

高血脂症是指血液中胆固醇、甘油三酯和低密度脂蛋白胆固醇水平超出正常值范围,而高密度脂蛋白胆固醇水平低于正常范围的一种常见心血管疾病,其病因是脂肪代谢运转异常。已有研究表明蜂胶对高血脂具有改善作用<sup>[77]</sup>。例如,来自云南与四川的蜂胶乙醇提取物可通过提高机体的肝脏超氧化物歧化酶活力、减轻脂质过氧化和清除自由基来调控脂质代谢,以及提高体内胆固醇转运蛋白(腺苷三磷酸结合转运体 A1、腺苷三磷酸结合转运蛋白 G 超家族成员 8、低密度脂蛋白和 B 类 I 型清道夫受体)的水平来促进胆固醇的外排<sup>[78]</sup>。IBRAHIM 等<sup>[79]</sup>发现在高胆固醇饮食中加入阿拉伯蜂胶后可降低受试动物血清中的甘油三酯和胆固醇水平。

## 2.7 肝脏保护

肝脏是调节代谢稳态的重要器官,可以去除机体许多有害化学物质,因而肝脏也易被上述物质损伤<sup>[80]</sup>。研究发现蜂胶对肝脏具有良好的保护作用。黄海波等<sup>[81]</sup>探究蜂胶乙醇提取物对顺铂所致肝肾损伤的保护作用,蜂胶灌胃给予 SD 大鼠,发现其谷草转氨酶、谷丙转氨酶的活力,尿

素氮、肌酐含量均有降低;肝、肾组织中超氧化物歧化酶、过氧化氢酶的活力,还原型谷胱甘肽的含量均有升高;丙二醛、诱导型一氧化氮合酶含量均有降低,这表明蜂胶可以通过降低顺铂造成的氧化损伤,从而降低顺铂对肝、肾的损伤。GAMAL 等<sup>[82]</sup>给予 BALB/c 小鼠口服蜂胶,发现蜂胶通过诱导磷脂肌醇 3-激酶-蛋白激酶 B-雷帕霉素靶蛋白、转化生长因子- $\beta$ /Smad2、Bcl2/BAX/P53 和一氧化氮合酶信号通路介导活化的肝星状细胞凋亡,改善肝脏结构,从而对抗 CC14 介导的肝损伤。

## 2.8 抗癌

有研究表明,目前有超过 70% 的抗癌化合物来源于天然产物或天然产物的衍生物<sup>[48]</sup>。已有研究表明,蜂胶具有抗肿瘤活性<sup>[83]</sup>。CAMPOCCIA 等<sup>[84]</sup>研究了杨树蜂胶提取物对人急性髓系白血病细胞系 HL60、人单核细胞白血病 THP-1、人骨肉瘤 MG63、小鼠成纤维细胞 L929 和人间充质干细胞的细胞毒性和抗癌活性。结果表明,该提取物对肿瘤细胞,特别是骨肉瘤细胞具有轻微的细胞毒性,其半抑制浓度(half maximal inhibitory concentration, IC<sub>50</sub>)为 81.9~86.7  $\mu\text{g/mL}$ ;人间充质干细胞对蜂胶的敏感性最低(IC<sub>50</sub>: 258.3~287.2  $\mu\text{g/mL}$ ),在 THP-1 细胞中,蜂胶提取物可刺激细胞凋亡 caspase3/7 活性。山东蜂胶的乙醇提取物作用于人胰腺癌细胞系 Panc-1, 48 h 后凋亡细胞比例为 34.25%,蜂胶通过调控上皮间质转化抑制 Panc-1 细胞迁移,使其在 G2/M 期阻滞,推测蜂胶抗胰腺癌作用的机制为蜂胶处理后激活 Panc-1 细胞中 Hippo 通路<sup>[85]</sup>。

## 2.9 抗炎症

具有血管系统的活体组织对损伤因子所发生的防御反应即为炎症,是机体对于刺激的一种防御反应,常表现为“红、热、肿、痛”。炎症有可能导致对人体自身组织的攻击。已有研究表明,蜂胶具有抗炎症的作用<sup>[86]</sup>。宋美洁等<sup>[87]</sup>通过给 ICR 小鼠灌胃中国蜂胶提取物,发现其能显著缓解脂多糖注射导致的乳腺组织中炎性细胞浸润并缓解乳腺腺泡结构损伤;其机制为有效抑制乳腺组织中炎症因子(白介素-1 $\beta$ 、白介素-6 和白介素-10)的释放,并可提高小鼠乳腺中紧密连接蛋白的 mRNA 表达,缓解乳腺上皮细胞紧密连接的破坏。巴西绿蜂胶中的酒神菊素通过降低白细胞和中性粒细胞的聚集显著降低了肿瘤坏死因子  $\alpha$  和白介素-1p 水平并减少脂肪酸类的产生,直接影响炎症反应,该蜂胶中的 p-香豆酸可能通过刺激白介素-10 等调控因子的产生直接或间接影响炎症反应<sup>[88]</sup>。

## 2.10 其他

除了上述功能外,蜂胶还有调节肠道菌群、修复皮肤损伤和缓解焦虑抑郁的作用。比如,有研究表明<sup>[89]</sup>,喂食蜂胶补充剂的大鼠肠道菌群组成明显改善,蜂胶对肠黏膜

损伤有修复作用。含有巴西红蜂胶的外用纳米凝胶可对紫外线诱发的皮肤损伤具有修复作用,预防紫外线辐射引起的氧化性皮肤损伤<sup>[90]</sup>。蜂胶还可以作用于中枢神经系统,治疗焦虑和抑郁引起的行为学障碍<sup>[91]</sup>。

## 3 总结和展望

综上所述,蜂胶的功能成分有黄酮类、酚酸类、萜烯类等,不同产地的蜂胶功能成分差异较大;蜂胶丰富的功能成分使其具有广泛的生物活性,研究表明蜂胶的生物活性包括抗氧化、提高免疫力、抗病毒、降血糖血脂等。未来关于蜂胶的研究与开发应主要集中在以下几个方面:蜂胶的成分复杂,尚未解析透彻,需要利用更多和更先进的实验技术和方法鉴定蜂胶的组分。蜂胶的功能成分与其生物活性之间的关系尚未研究透彻,对于赋予蜂胶功能的具体成分有待明晰;目前已有的研究多为体外试验,而临床试验仍不充分,因此还需更多临床试验的证据支持蜂胶的有益功效;因蜂胶在抗病毒方面的作用广泛,故可考虑将蜂胶作为疫苗辅助成分;蜂胶的抗炎、抗氧化和皮肤修复作用表明蜂胶具有改善皮肤的功效,因此开发含有蜂胶的化妆品十分具有可行性;由于蜂胶在降糖、降脂、保护肝脏等方面都具有良好的功效,所以将蜂胶应用于功能食品领域具有广阔前景。

## 参考文献

- [1] 张文文,王凯,孙丽萍,等. 蜂胶提取工艺研究进展[J]. 中国蜂业, 2018, 69(7): 51-53.  
ZHANG WW, WANG K, SUN LP, *et al.* Research progress in extraction process of propolis [J]. *Apic China*, 2018, 69(7): 51-53.
- [2] KOSALEC I, BAKMAZ M, PEPELJNJK S, *et al.* Quantitative analysis of the flavonoids in raw propolis from Northern Croatia [J]. *Acta Pharmaceut*, 2004, 54(1): 65-72.
- [3] 唐思琪, 来林涵, 吴羽嘉, 等. 蜂胶相关产品标准现状分析[J]. 粮食与食品工业, 2021, 28(2): 45-47, 52.  
TANG SQ, LAI LH, WU YJ, *et al.* Review on the propolis related product standards [J]. *Cere Food Ind*, 2021, 28(2): 45-47, 52.
- [4] 王维. 不同产地蜂胶的质量评价研究[D]. 长春: 长春中医药大学, 2010.  
WANG W. Research on the quality of different sources of propolis [D]. Changchun: Changchun University of Chinese Medicine, 2010.
- [5] 陈佳玮, 申小阁, 胡福良. 无刺蜂胶化学成分及生物学活性的研究进展[J]. 天然产物研究与开发, 2016, 28(12): 2021-2029.  
CHEN JW, SHEN XG, HU FL. Review on chemical composition and biological activities of geopropolis [J]. *Nat Prod Res Dev*, 2016, 28(12): 2021-2029.
- [6] 王亚群, 任永新. 蜂胶的化学成分及其保健作用[J]. 食品与药品, 2006, (12): 75-76.  
WANG YQ, REN YX. Chemical constituents of propolis and its health care function [J]. *Food Drug*, 2006, (12): 75-76.
- [7] 胡福良. 蜂胶的化学成分、质量控制及生物学活性研究进展[J]. 经济动物学报, 2017, 21(4): 184, 187-196, 200.  
HU FL. Advances on the chemical composition, quality control and biology activity of propolis [J]. *J Econ Anima*, 2017, 21(4): 184, 187-196, 200.

- [8] 孙淑珍. 蜂胶生物学功能研究进展[J]. 中国蜂业, 2019, 70(9): 47–49.  
SUN SZ. Research progress on biological functions of propolis [J]. Apic China, 2019, 70(9): 47–49.
- [9] 卢燕珊. 蜂胶黄酮类化合物的提取分离及其生物活性研究[D]. 广州: 广东药科大学, 2020.  
LU YS. Study on the extraction, separation and bioactivities of propolis flavonoids [D]. Guangzhou: Guangdong Pharmaceutical University, 2020.
- [10] 赵晓亚, 王华伟, 王鹏, 等. 液相色谱-线性离子阱-静电场轨道阱高分辨质谱测定蜂胶中9种黄酮类物质[J]. 分析科学学报, 2016, 32(5): 679–684.  
ZHAO XY, WANG HW, WANG P, *et al.* Rapid screening and accurate mass confirmation of 9 flavonoids in propolis by high resolution LC-LTQ-Orbitrap mass spectrometry [J]. J Anal Sci, 2016, 32(5): 679–684.
- [11] 邱滢. 蜂胶有效成分提取及抗氧化活性研究[D]. 武汉: 武汉轻工大学, 2019.  
QIU W. Study on extraction and antioxidant activity of effective components of propolis [D]. Wuhan: Wuhan Polytechnic University, 2019.
- [12] 贺敬文. 蜂胶成分分析及其对巨噬细胞相关炎症的作用机制研究[D]. 天津: 天津商业大学, 2019.  
HE JW. Propolis components and mechanisms on macrophage-associated inflammation [D]. Tianjin: Tianjin University of Commerce, 2019.
- [13] 孙圣伟, 何健, 刘美娟, 等. 紫外可见分光光度法和高效液相色谱法测定酒神菊属蜂胶和国产蜂胶中黄酮含量对比研究[J]. 食品安全质量检测学报, 2019, 10(16): 5532–5537.  
SUN SW, HE J, LIU MJ, *et al.* Comparative study on the content of flavonoids in the *Baccharis dracunculifolia* propolis and domestic propolis by ultraviolet-visible spectrophotometry and high performance liquid chromatography [J]. J Food Saf Qual, 2019, 10(16): 5532–5537.
- [14] TOUZANI S, IMTARA H, KATEKHAYE S, *et al.* Determination of phenolic compounds in various propolis samples collected from an African and an Asian region and their impact on antioxidant and antibacterial activities [J]. Molecules, 2021, 26(15): 4589.
- [15] BÖKE SN, GÖREN AC, SÜMER OG, *et al.* Chemical composition and biological activities of propolis samples from different geographical regions of Turkey [J]. Phytochem Lett, 2021, 44: 129–136.
- [16] TUGBA D, GUZELMERIC E, YUKSEL PI, *et al.* A new type of Anatolian propolis: Evaluation of its chemical composition, activity profile and botanical origin [J]. Chem Biodivers, 2019, 16(12): e1900492.
- [17] ANDRADE JKS, DENADAI M, OLIVEIRA CSD, *et al.* Evaluation of bioactive compounds potential and antioxidant activity of brown, green and red propolis from Brazilian northeast region [J]. Food Res Int, 2017, 101: 129–138.
- [18] BANKOVA V, POPOVA M, BOGDANOV S, *et al.* Chemical composition of European propolis: Expected and unexpected results [J]. Z Naturforsch C, 2015, 57(5-6): 530–533.
- [19] 林鹏飞, 贾小舟, 祁燕, 等. 酚酸类化合物研究进展[J]. 广东化工, 2017, 44(1): 50–52.  
LIN PF, JIA XZ, QI Y, *et al.* Advances in study on phenolic acids [J]. Guangdong Chem Ind, 2017, 44(1): 50–52.
- [20] 孙圣伟, 何健, 刘美娟, 等. 对比福林酚法和高效液相色谱法测定酒神菊属蜂胶和国产蜂胶中酚酸类化合物含量[J]. 食品安全质量检测学报, 2020, 11(1): 269–274.  
SUN SW, HE J, LIU MJ, *et al.* Comparison of determination of phenolic compounds in the *Baccharis dracunculifolia* propolis and domestic propolis by folin-phenol method and high performance liquid chromatography [J]. J Food Saf Qual, 2020, 11(1): 269–274.
- [21] 陈磊, 刘芸, 陈雷, 等. 高效液相色谱-四极杆飞行时间质谱检测中国杨树型蜂胶、巴西绿蜂胶和杨树胶中的酚类化合物及真伪鉴别[J]. 色谱, 2019, 37(1): 40–45.  
CHEN L, LIU Y, CHEN L, *et al.* Determination of phenolic compounds in Chinese poplar propolis, Brazil green propolis, and poplar gum by high performance liquid chromatography-quadrupole-time-of-flight mass spectrometry and preliminary study of the identification of adulteration [J]. Chin J Chromatogr, 2019, 37(1): 40–45.
- [22] 张雨豪. 蜂胶中酚酸和酚酸酯对脂代谢紊乱的调控作用[D]. 北京: 中国农业科学院, 2017.  
ZHANG YH. Regulatory effects of phenolic acids and esters in propolis on lipid metabolism disorders [D]. Beijing: Chinese Academy of Agricultural Sciences, 2017.
- [23] 王冰, 陈洋, 李宝丽, 等. 蜂胶乙酸乙酯提取物的反相高效液相色谱-质谱分离鉴定[J]. 食品科学, 2014, 35(2): 186–190.  
WANG B, CHEN Y, LI BL, *et al.* Separation and identification of ethyl acetate extract of propolis by reverse phase-high performance liquid chromatography-mass spectrometry [J]. Food Sci, 2014, 35(2): 186–190.
- [24] 赵娜, 毕玉芬, 李园, 等. 云南蜂胶中多酚化合物的HPLC分析研究[J]. 云南民族大学学报(自然科学版), 2011, 20(3): 209–212.  
ZHAO N, BI YF, LI Y, *et al.* Study on the active composition of propolis from by HPLC [J]. J Yunnan Minzu Univ (Nat Sci Ed), 2011, 20(3): 209–212.
- [25] RIBEIRO VP, ARRUDA C, ALDANAMEJIA JA, *et al.* Phytochemical, antiplasmodial, cytotoxic and antimicrobial evaluation of a southeast Brazilian brown propolis produced by *Apis mellifera* bees [J]. Chem Biodivers, 2021, 18(9): e2100288.
- [26] ÖZKÖK A, KESKIN M, TANUĞUR SAE, *et al.* Determination of antioxidant activity and phenolic compounds for basic standardization of Turkish propolis [J]. Appl Biol Chem, 2021, 64(1): 37.
- [27] MURAT K, SERDAR K, SEMRA K. GC-MS analysis of propolis samples from two different regions of Turkey [J]. Z Naturforsch C, 2015, 57(9-10): 905–909.
- [28] KASIoTIS KM, ANASTASIADOU P, PAPAPOPOULOS A, *et al.* Revisiting greek propolis: Chromatographic analysis and antioxidant activity study [J]. PLoS One, 2017, 12(1): e0170077.
- [29] DUCA A, STURZA A, MOACĂ EA, *et al.* Identification of resveratrol as bioactive compound of propolis from Western Romania and characterization of phenolic profile and antioxidant activity of ethanolic extracts [J]. Molecules, 2019, 24(18): 3368.
- [30] CHI Y, LUO L, CUI M, *et al.* Chemical composition and antioxidant activity of essential oil of Chinese propolis [J]. Chem Biodivers, 2020, 17(1): e1900489.
- [31] SANTANA DOM, CRUZ JN, FERREIRA OO, *et al.* Chemical composition of volatile compounds in *Apis mellifera* propolis from the northeast region of Pará state, Brazil [J]. Molecules, 2021, 26(11): 3462–3462.
- [32] SUREK M, FACHI M, COBRE A, *et al.* Chemical composition, cytotoxicity, and antibacterial activity of propolis from Africanized honeybees and three different *Meliponini* species [J]. J Ethnopharmacol, 2020, 269: 113662.
- [33] 张文文. 马来西亚无刺蜂 *Heterotrigona itama* 蜂胶中萜类成分的优化提取、定量及生物活性检测[D]. 扬州: 扬州大学, 2019.  
ZHANG WW. Extraction optimization, quantity and bioactivities detection of terpenoids compounds of malaysian stingless bee heterotrigona itama propolis [D]. Yangzhou: Yangzhou University, 2019.
- [34] MASSARO FC, SIMPSON BJ, POWELL D, *et al.* Chemical composition and antimicrobial activity of honeybee (*Apis mellifera ligustica*) propolis from subtropical Eastern Australia [J]. Sci Nat, 2015, 102(11-12): 68.
- [35] 贾艾玲, 朱凯, 郑爱竹, 等. 不同产地蜂胶药材的 HPLC 指纹图谱[J]. 中国实验方剂学杂志, 2016, 22(3): 48–52.  
JIA AIL, ZHU K, ZHENG AIZ, *et al.* HPLC fingerprint analysis of propolis from different origins [J]. Chin J Exp Tradit Med Form, 2016,

- 22(3): 48–52.
- [36] COELHO J, FALCÃO S, VALE N, *et al.* Phenolic composition and antioxidant activity assessment of southeastern and south Brazilian propolis [J]. *J Apic Res*, 2017, 56(1): 21–31.
- [37] RISTIVOJEVIĆ P, STEVIĆ T, STAROVIĆ M, *et al.* Phenolic composition and biological activities of geographically different type of propolis and black cottonwood resins against oral streptococci, vaginal microbiota and phytopathogenic *Fusarium* species [J]. *J Appl Microbiol*, 2020, 129(2): 296–310.
- [38] YUAN M, YUAN XJ, PINEDA M, *et al.* A comparative study between Chinese propolis and Brazilian green propolis: Metabolite profile and bioactivity [J]. *Food Funct*, 2020, 11(3): 2368–2379.
- [39] 于梦娇, 韩苏芬, 高蓬勃, 等. 3 种不同产地蜂胶的成分差异[J]. *中国蜂业*, 2018, 69(6): 68–72.
- YU MJ, HAN SS, GAO PB, *et al.* Differences in the components of propolis from three different habitats [J]. *Apic China*, 2018, 69(6): 68–72.
- [40] MARCO DS, PICCIONI M, PAGIOTTI R, *et al.* Antibiofilm and antioxidant activity of propolis and bud poplar resins versus *pseudomonas aeruginosa* [J]. *Evid Based Comp Alternat Med*, 2017, (5-6): 1–11.
- [41] TRUSHEVA B, POPOVA MP, BANKOVA V, *et al.* Bioactive constituents of Brazilian red propolis [J]. *Evid Based Comp Alternat Med*, 2006, 3(2): 249–254.
- [42] ARAÚJO NODC, MAYWORM SAM, YATSUDA R, *et al.* Chemical composition and antimycoplasm activity of a brown propolis from Southern Brazil [J]. *J Food Sci Technol*, 2020, 57(11): 4228–4235.
- [43] WANG T, LIU Q, WANG M, *et al.* Metabolomics reveals discrimination of Chinese propolis from different climatic regions [J]. *Foods*, 2020, 9(4): 491.
- [44] NASCIMENTO DGT, ARRUDA SDR, ALMEIDA CDTE, *et al.* Comprehensive multivariate correlations between climatic effect, metabolite-profile, antioxidant capacity and antibacterial activity of Brazilian red propolis metabolites during seasonal study [J]. *Sci Rep*, 2019, 9(1): 278–283.
- [45] MIGUEL M, NUNES S, DANDLEN S, *et al.* Phenols and antioxidant activity of hydro-alcoholic extracts of propolis from Algarve, South of Portugal [J]. *Food Chem Toxicol*, 2010, 48(12): 3418–3423.
- [46] 郭夏丽, 罗丽萍, 徐元君, 等. 不同季节中国蜂胶醇提物的化学成分及生物活性[J]. *食品科学*, 2011, 32(17): 141–146.
- GUO XL, LUO LP, XU YJ, *et al.* Chemical components and biological activity of Chinese propolis from different seasons [J]. *Food Sci*, 2011, 32(17): 141–146.
- [47] 吴娇, 张世青, 张凤龙, 等. 两种无刺蜂蜂胶乙酸乙酯提取物中总酚含量及其抗氧化性比较[J]. *江苏农业学报*, 2020, 36(4): 1036–1040.
- WU J, ZHANG SQ, ZHANG FL, *et al.* Comparison on total phenols content and antioxidant activity of ethyl acetate extracts from two kinds of stingless bee geopropolis [J]. *Jiangsu J Agric Sci*, 2020, 36(4): 1036–1040.
- [48] SILICI S, KUTLUCA S. Chemical composition and antibacterial activity of propolis collected by three different races of honeybees in the same region [J]. *J Ethnopharmacol*, 2005, 99(1): 69–73.
- [49] 郑宇斐, 王凯, 胡福良. 蜂胶抗肿瘤活性及其机制的研究进展[J]. *天然产物研究与开发*, 2016, 28(4): 627–636.
- ZHENG YW, WANG K, HU FL. Review on anti-tumor activity of propolis and its mechanisms [J]. *Nat Prod Res Dev*, 2016, 28(4): 627–636.
- [50] TONG T, LIU YJ, KANG J, *et al.* Antioxidant activity and main chemical components of a novel fermented tea [J]. *Molecules*, 2019, 24(16): 2917.
- [51] 刘唱, 薛博. 苹果多酚及其抗氧化性研究进展[J]. *河南农业*, 2021, (20): 23–24.
- LIU C, XUE B. Research progress on apple polyphenol and its antioxidant activity [J]. *Agric Henan*, 2021, (20): 23–24.
- [52] 刘学医, 王晓卉, 刘丽敏. 不同产地蜂胶抗氧化活性评价与抗氧化活性成分研究[J]. *河南农业*, 2020, (20): 13–15.
- LIU XY, WANG XH, LIU LM. Evaluation of antioxidant activity and study on antioxidant components of propolis from different producing areas [J]. *Agric Henan*, 2020, (20): 13–15.
- [53] NAOUAL ME, MERYEM B, ASMAE GE, *et al.* Influence of geographic origin and plant source on physicochemical properties, mineral content, and antioxidant and antibacterial activities of moroccan propolis [J]. *Int J Food Sci*, 2021, 2021: 5570224.
- [54] 谭曜, 方爱琴, 谢建敏, 等. 蜂胶乙醇溶液体外清除羟基自由基能力的测定[J]. *广东化工*, 2021, 48(12): 182, 189–190.
- TAN Y, FANG AIQ, XIE JM, *et al.* Study on effect of propolis ethanol solution on scavenging hydroxyl radical *in vitro* [J]. *Guangdong Chem Ind*, 2021, 48(12): 182, 189–190.
- [55] WOLSKA K, GORSKA A, ANTOSIK A, *et al.* Immunomodulatory effects of propolis and its components on basic immune cell functions [J]. *Indian J Pharm Sci*, 2019, 81(4): 575–588.
- [56] CHOOPANIZADEH M, RASOULI M, KESHAVARZ M, *et al.* Combinations of Iranian propolis and Leishmania proteins have the potential to influence IL-4 and IFN- $\gamma$  in immunized Balb/c mice [J]. *J Apicult Res*, 2020, 59(5): 960–967.
- [57] 魏光河. 复合多糖对鸭疫里氏杆菌疫苗免疫效果的影响[J]. *畜牧与兽医*, 2010, 42(1): 64–66.
- WEI GH. Effect of complex polysaccharides on immune efficacy of *Riemerella anatipestifer* vaccine [J]. *Anim Husb Vet Med*, 2010, 42(1): 64–66.
- [58] 陈章, 刘晓露, 姚焱彬, 等. 猪丹毒丝菌灭活疫苗免疫佐剂的筛选[J]. *浙江农业学报*, 2019, 31(11): 1803–1811.
- CHEN Z, LIU XL, YAO YB, *et al.* Screening of immunological adjuvant for inactivated vaccine against *Erysipelothrix rhusiopathiae* [J]. *Acta Agric Zhejiangensis*, 2019, 31(11): 1803–1811.
- [59] 王欣宇, 穆国冬, 张莹, 等. 鸡安卡拉病蜂胶自家苗的制备[J]. *养殖与饲料*, 2020, (1): 43–44.
- WANG XY, MU GD, ZHANG Y, *et al.* Preparation of propolis from chicken pericardial effusion-hepatitis syndrome [J]. *Anim Breed Feed*, 2020, (1): 43–44.
- [60] 唐梦旋, 陈莉莉, 廖宁波, 等. 蜂胶提取物对诺如病毒的体外抑制作用研究[J]. *食品科学技术学报*, 2021, 39(2): 40–47.
- TANG MX, CHEN LL, LIAO NB, *et al.* Inhibitory effect of propolis extract on norovirus *in vitro* [J]. *J Food Sci Technol*, 2021, 39(2): 40–47.
- [61] MUSTAFA A, GÜRKAN FA, HÜSEYİN U, *et al.* Comparison of antiviral effect of olive leaf extract and propolis with acyclovir on herpes simplex virus type 1 [J]. *Mikrobiyol Bull*, 2020, 54(1): 79–94.
- [62] SCHNITZLER P, NEUNER A, NOLKEMPER S, *et al.* Antiviral activity and mode of action of propolis extracts and selected compounds [J]. *Phytother Res*, 2010, 24(1): 20–28.
- [63] SEVDA D, TIMUCIN AA, FABIO G, *et al.* Antiviral activity of different extracts of standardized propolis preparations against HSV [J]. *Antivir Ther*, 2020, 25(7): 353–363.
- [64] DOMÍNGUEZ VOJ, RODRÍGUEZ PB, CRUZ ATS, *et al.* Evaluation of the antiviral activity of propolis from native bees against canine distemper virus [J]. *Open J Vet Med*, 2020, 10(12): 207–218.
- [65] SILVEIRA MAD, DE JONG D, BERRETTA AA, *et al.* Efficacy of Brazilian green propolis (EPP-AF®) as an adjunct treatment for hospitalized COVID-19 patients: A randomized, controlled clinical trial [J]. *Biomed Pharmacother*, 2021, 138: 111526.
- [66] IBRAHIM GH, TATAR G, YILDIZ O, *et al.* Investigation of potential inhibitor properties of ethanolic propolis extracts against ACE-II receptors for COVID-19 treatment by molecular docking study [J]. *Arch Microbiol*, 2021, 203(6): 1–8.
- [67] CAHYA AK, RAFIDHA I, REZA A, *et al.* Evaluating the potency of



- Sulawesi propolis compounds as ACE-2 inhibitors through molecular docking for COVID-19 drug discovery preliminary study [J]. *J King Saud Univ Sci*, 2021, 33(2): 101297.
- [68] KIM NR, LEE SW, KIM MR. Study on antibacterial activity of propolis on *popionibacterium acnes* as an acne-induced bacteria [J]. *J Korean Soc Food Sci Nutr*, 2020, 49(6): 586–591.
- [69] PETRUZZI L, ROSARIA CM, CAMPANIELLO D, *et al.* Antifungal and antibacterial effect of propolis: A comparative hit for food-borne *pseudomonas*, *enterobacteriaceae* and fungi [J]. *Foods*, 2020, 9(5): 559.
- [70] DE FAVERI M, PUPPIO GC, KOO H, *et al.* The effect of Brazilian propolis type-3 against oral microbiota and volatile sulfur compounds in subjects with morning breath malodor [J]. *Clin Oral Invest*, 2021, 1: 1–11.
- [71] WIATRAC K, MORAWIEC T, RÓJ R, *et al.* Evaluation of effectiveness of a toothpaste containing tea tree oil and ethanolic extract of propolis on the improvement of oral health in patients using removable partial dentures [J]. *Molecules*, 2021, 26(13): 4071.
- [72] QUAN H, KANG J, LIU Q, *et al.* Fighting diabetes mellitus: Pharmacological and non-pharmacological approaches [J]. *Curr Pharm Design*, 2020, 26(39): 4992–5001.
- [73] WANG Y, LIU Q, KANG S, *et al.* Dietary bioactive ingredients modulating the cAMP signaling in diabetes treatment [J]. *Nutrients*, 2021, 13(9): 3038.
- [74] LISBONA GMJ, REYES BC, MUÑOZ SE, *et al.* Positive effect of a propolis supplement on lipid profile, glycemia, and hepatic antioxidant status in an experimental animal model [J]. *Nutr Hosp*, 2020, 37(4): 770–775.
- [75] 魏萍, 丁月, 鲁群, 等. 蜂胶和杨树胶中黄酮类成分及其抑制  $\alpha$ -葡萄糖苷酶活性研究[J]. *华中农业大学学报*, 2018, 37(3): 92–99.
- WEI P, DING Y, LU Q, *et al.* Flavonoids in propolis and poplar resin and their inhibition of  $\alpha$ -glucosidase activity [J]. *J Huazhong Agric Univ*, 2018, 37(3): 92–99.
- [76] SHI Y, LIU Y, ZHENG Y, *et al.* Ethanol extract of Chinese propolis attenuates early diabetic retinopathy by protecting the blood-retinal barrier in streptozotocin-induced diabetic rats [J]. *J Food Sci*, 2019, 84(2): 358–369.
- [77] 李心怡, 陈荷清, 夏欢, 等. 蜂胶降脂方对高脂血症模型斑马鱼的降血脂作用研究[J]. *世界科学技术-中医药现代化*, 2020, 22(05): 1629–1635.
- LI XY, CHEN QH, XIA H, *et al.* Study on the hypolipidemic effects of the Fengjiaoliangzhifang for the Hyperlipidemia Zebrafish [J]. *Mod Trad Chin Med Materia Med World Sci Technol*, 2020, 22(5): 1629–1635.
- [78] 黄晓其, 吴晓丽, 颜思珊, 等. 蜂胶对 Triton-WR1339 所致高脂血症小鼠的降脂作用及调控脂质代谢机制[J]. *南方医科大学学报*, 2018, 38(8): 1020–1025.
- HUANG XQ, WU XL, YAN SS, *et al.* Lipid-lowering effect of propolis in mice with Triton-WR1339-induced hyperlipidemia and its mechanism for regulating lipid metabolism [J]. *J South Med Univ*, 2018, 38(8): 1020–1025.
- [79] IBRAHIM A. Influence of dietary supplementation of propolis on hematology, biochemistry and lipid profile of rats fed high cholesterol diet [J]. *J Adv Vet Anim Res*, 2015, 2(1): 56–63.
- [80] 曹敏, 王丽, 刘海朝, 等. 抗纤丸激活 Nrf2 信号通路抗小鼠慢性肝损伤的作用和机制研究[J]. *天津中医药大学学报*, 2021, 40(4): 496–502.
- CAO M, WANG L, LIU HZ, *et al.* Effect and mechanism of Kangxian Pills against chronic liver injury in mice by activating Nrf2 signaling pathway [J]. *J Tianjin Univ Trad Chin Med*, 2021, 40(4): 496–502.
- [81] 黄海波, 沈圳煌, 耿倩倩, 等. 蜂胶提取物对顺铂诱导大鼠肝、肾损伤的保护作用[J]. *食品科学*, 2018, 39(15): 159–164.
- HUANG HB, SHEN ZH, GENG QQ, *et al.* Protective effect of propolis extract on liver and kidney injury induced by cisplatin in rats [J]. *Food Sci*, 2018, 39(15): 159–164.
- [82] GAMAL B, ABDO ES, HANAN W, *et al.* The therapeutic mechanisms of propolis against CCl<sub>4</sub>-mediated liver injury by mediating apoptosis of activated hepatic stellate cells and improving the hepatic architecture through PI3K/AKT/mTOR, TGF- $\beta$ /Smad2, Bcl2/BAX/P53 and iNOS signaling pathways [J]. *Cell Physiol Biochem*, 2019, 53(2): 301–322.
- [83] MASADAH R, IKRAM D, RAUF S, *et al.* Effects of propolis and its bioactive components on breast cancer cell pathways and the molecular mechanisms involved [J]. *Breast Disease*, 2021, 40(1): 15–25.
- [84] CAMPOCCIA D, RAVAIOLI S, SANTI S, *et al.* Exploring the anticancer effects of standardized extracts of poplar-type propolis: In vitro cytotoxicity toward cancer and normal cell lines [J]. *Biomed Pharmacother*, 2021, 141: 111895.
- [85] TAO L, CHEN X, ZHENG Y, *et al.* Chinese propolis suppressed pancreatic cancer Panc-1 cells proliferation and migration via Hippo-YAP pathway [J]. *Molecules*, 2021, 26(9): 2803.
- [86] 欧爱群, 王凯, 吴黎明, 等. 蜂胶对细菌脂多糖刺激下奶牛乳腺上皮细胞炎症相关基因 mRNA 转录水平和紧密连接蛋白的影响[J]. *畜牧兽医学报*, 2020, 51(5): 1149–1157.
- OU AIQ, WANG K, WU LM, *et al.* Effects of propolis on transcript levels of inflammation-related genes and tight junction proteins of bovine mammary epithelial cells stimulated by bacterial lipopolysaccharide [J]. *Acta Vet Zootechnica Sinica*, 2020, 51(5): 1149–1157.
- [87] 宋美洁, 欧爱群, 薛晓锋, 等. 蜂胶提取物对脂多糖诱导小鼠急性乳腺炎及乳腺屏障功能的保护作用[J]. *中国农业科学*, 2021, 54(12): 2675–2688.
- SONG MJ, OU AIQ, XUE XF, *et al.* Protective effects of chinese propolis extract against lipopolysaccharide-induced acute mastitis and mammary barrier functions in mice [J]. *Chin Agric Sci*, 2021, 54(12): 2675–2688.
- [88] FERREIRA JC, REIS MB, COELHO GDP, *et al.* Baccharin and p-coumaric acid from green propolis mitigate inflammation by modulating the production of cytokines and eicosanoids [J]. *J Ethnopharmacol*, 2021, 278: 114255.
- [89] XUE M, LIU Y, XU H, *et al.* Propolis modulates the gut microbiota and improves the intestinal mucosal barrier function in diabetic rats [J]. *Biom Pharm*, 2019, 118: 109393.
- [90] CORREA L, CARVALHO GM, BALESTRIN L, *et al.* In vitro protective effect of topical nanoemulgels containing Brazilian red propolis benzophenones against UV-induced skin damage [J]. *Photoch Photobio Sci*, 2020, 19(10): 1460–1469.
- [91] REIS JSS, OLIVEIRA GB, MONTEIRO MC, *et al.* Antidepressant- and anxiolytic-like activities of an oil extract of propolis in rats [J]. *Phytomedicine*, 2014, 21(11): 1466–1472.

(责任编辑: 于梦娇 韩晓红)

## 作者简介



葛怡青, 主要研究方向为食品质量与安全。

E-mail: gyq13011861349@163.com



全涛, 博士, 副教授, 主要研究方向为食品营养与安全。

E-mail: tongtao1028@cau.edu.cn