

蜂胶化学成分与地理源、植物源的研究进展

高蓬勃^{1,2}, 徐响², 高丽苗², 孙丽萍^{1,2*}

(1. 福建农林大学蜂学学院, 福州 350002;

2. 中国农业科学院蜜蜂研究所 农业部授粉昆虫生物学重点实验室, 北京 100093)

摘要: 本文对于蜂胶的来源、类型、化学组成以及与植物源相关性进行的研究, 通过查阅国内外研究文献, 对蜂胶的地理来源、化学成分和胶源植物进行总结, 发现蜂胶的化学成分取决于蜜蜂采集的树脂的地区和植物, 由于不同地区的树脂化学成分存在差异, 所以不同胶源植物的蜂胶化学成分也存在差异。同时发现虽然蜂胶来源广泛, 化学组成复杂, 但是与其植物源的特征性成分具有明显相关性, 所以可根据胶源植物对蜂胶进行分类。通过对蜂胶进行分类, 可以更有针对性地对不同类型的蜂胶化学成分进行研究, 为蜂胶质量的标准化提供基础与依据, 同时可以带动胶源植物化学成分的研究, 进而极大地促进蜂胶及胶源植物的开发与利用。

关键词: 蜂胶; 化学成分; 胶源植物

Research progress in chemical component of propolis and its geographic origins and plant origins

GAO Peng-Bo^{1,2}, XU Xiang², GAO Li-Miao², SUN Li-Ping^{1,2*}

(1. College of Bee Science, Fujian Agriculture and Forestry University, Fuzhou 350002, China; 2. Key Laboratory of Pollinating Insect Biology, Ministry of Agriculture, Institute of Apicultural Research, Chinese Academy of Agricultural Science, Beijing 100093, China)

ABSTRACT: In this paper, the source, type, chemical composition and the correlation of plant source were summarized. The chemical composition of propolis was determined by the geographical origin, chemical composition and the plant. There were differences in the chemical composition of the resin in different regions, so there were differences in chemical composition of propolis in different source plant. Although it was found that the source of propolis was wide, the chemical composition was complex, but the characteristic components of the plant source were obviously related, so it could be classified according to the plant. Through the classification of propolis, it could be more targeted to study different types of chemical composition of propolis, provide the basis for the standardization of the quality of propolis, and promote the research of the chemical constituents of the plant, as well as to promote the development and utilization of propolis and plant source.

KEY WORDS: propolis; chemical composition; plant source

基金项目: 国家自然科学基金项目(31272509)、中国农业科学院科技创新工程专项(CAAS-ASTIP-2015-IAR)

Fund: Supported by the National Natural Science Foundation of China (31272509) and the Agricultural Science and Technology Innovation Program (CAAS-ASTIP-2015-IAR)

*通讯作者: 孙丽萍, 硕士, 研究员, 主要研究方向为蜂产品功能因子的分离与纯化。E-mail: caasun@126.com

*Corresponding author: SUN Li-Ping, Professor, Key Laboratory of Pollinating Insect Biology, Ministry of Agriculture, Institute of Apicultural Research, Chinese Academy of Agricultural Science, Beijing 100093, China. E-mail: caasun@126.com

1 引 言

蜂胶(propolis)是蜜蜂从植物的叶芽采集分泌物、树脂,并混入蜂蜡和唾液咀嚼加工形成有芳香味的胶状物,由树脂、蜂蜡、挥发油和花粉等组成,化学成分非常复杂^[1]。蜂胶具有抑菌、抗病毒、抗炎、局部麻醉、抗氧化、免疫刺激、止龋、抗癌等生物活性^[2]。因为蜂胶有很多生物活性,纯的蜂胶提取物被广泛用于饮料、营养补给品和健康食品的生产中^[3-5]。原胶中一般包括 50%~55%的树脂(包括黄酮、酚酸和酯类物质)、10%的挥发油、30%~40%的蜂蜡、5%~10%的花粉以及其他物质^[6]。到目前为止,已从各类蜂胶中鉴定出黄酮类、芳香酸与芳香酸酯类、酚类、醇类、醛类、酮类和萜类等化合物 300 多种^[7]。蜂胶所含有的化学成分很大程度上取决于蜜蜂所采集树脂的植物,受季节、气候、蜜蜂种类、采集方法等因素的影响。由于不同地区的植物种类存在明显差别,所产生树脂的化学成分相差很大,造成不同产地的蜂胶在化学成分上可能存在差异^[8-10]。因此,蜂胶化学成分具有十分明显的地域性,对某一产地蜂胶成分的研究结论往往不适用于其他产地的蜂胶,要实现对蜂胶品质的监控,必须对不同产地蜂胶成分进行研究。

2 蜂胶化学成分的主要影响因素

2.1 地域对蜂胶化学成分的影响

从世界范围而言,蜂胶的植物来源主要分为以下几大类:在亚洲、欧洲、美洲和北非地区,蜜蜂的地理分布与杨树分布基本一致,所以蜂胶的植物来源主要以弗里芒

氏杨树属(*Populus*)及其杂交属的芽苞分泌物为主;新西兰地区,蜂胶主要的植物来源是引入的杨树;在澳大利亚 *Xanthorrhoea spp.*为蜂胶的植物来源;在非洲和南美洲热带地区西方蜜蜂遍及整个大陆,大克鲁西(*Clusia major*)和小克鲁西(*Clusia minor*)为该地区蜂胶的主要来源;在亚洲,蜂胶的植物来源主要是杨属、桦属、松属等。世界各地蜂胶主要的植物来源见表 1。

国外研究证实蜂胶的化学成分与植物源及地理位置具有很大的相关性。温带地区蜂胶的植物源以杨树居多,中纬度地区蜂胶的植物源为 *Delchampia*, 委内瑞拉蜂胶的植物源是克鲁西亚属植物,澳大利亚蜂胶植物源是黄胶木属^[16]。

在蜂胶成分方面,阿根廷、中国和欧洲蜂胶以多酚和类黄酮为主要成分,巴西蜂胶则含有一种独特的抗肿瘤物阿司匹林 C^[17-19],来自欧洲的德国、法国、奥地利 3 个地理源蜂胶成分也不相同^[21]。亚洲蜂胶与欧洲蜂胶成分相似,研究较多的是日本蜂胶和中国蜂胶,在日本蜂胶中秋田、福冈蜂胶醇提取物中总黄酮和总酚含量都很低,而冲绳蜂胶的总酚含量很高,是秋田和福冈的 7 倍多,说明地理位置对日本蜂胶的化学成分有影响^[20]。

比较中国、阿根廷、澳大利亚等 16 个地区的蜂胶醇提取物中总酚和总黄酮含量发现,与其他地区蜂胶相比,中国蜂胶具有比较高的总黄酮及总酚含量,而南非、巴西、泰国和乌兹别克斯坦蜂胶醇提取物中总黄酮及总酚含量均比较低,这表明来自不同国家和地区的蜂胶醇提取的化学成分存在差异^[21]。这项研究结果也引起了世界各国对中国蜂胶的关注。

表 1 世界各地蜂胶主要的植物来源表
Table 1 Main plant source of the proplis from all over the world

植物来源种属	国家或地区文献
黑杨属, <i>Populus tremula</i> , <i>P. italica</i>	比利时 ^{[11][12]}
<i>Populus suaveolens</i>	蒙古 ^[12]
黑杨属	阿尔及利亚 ^[12]
杨树	保加利亚 ^[13]
<i>Xanthorrhoea</i>	澳大利亚 ^[14]
杨、桦、榆、松、针叶树	北温带地区 ^[14]
佛里蒙杨树, <i>Plumeria cuminata</i> , <i>Plumeria acutifolia</i>	美国(大陆, 夏威夷) ^[15]
<i>Populus euramericana</i>	英国 ^[15]
桦树、杨树、松属、李属和阿拉伯树胶属、七叶树属	匈牙利 ^[15]
桦树、赤杨属	波兰 ^[15]
<i>Delchampia spp.</i> 、克鲁西属	热带地区 ^[15]
克鲁西属	委内瑞拉 ^[15]

我国幅员辽阔,地形地貌复杂,不同地区蜂胶所含有的化学成分差异很大程度上取决于蜜蜂所采集树脂的植物,受季节、气候、蜜蜂种类、采集方法等因素。不同植物来源的蜂胶,其化学成分差异很大^[22-25]。从地理位置上可将我国分为东北、华北、华中、华东、华南、西北和西南7个地区。其中东北地区包括黑龙江、吉林和辽宁;华北地区包括北京、天津、河北、山西和内蒙古;华中地区包括河南、湖北和湖南;华南包括广东、广西和海南;华东地区包括上海、江苏、浙江、安徽、福建、江西和山东;西北地区包括山西、甘肃、青海、宁夏和新疆;西南地区包括重庆、四川、贵州、云南和西藏。研究表明我国不同地区的蜂胶之间的成分也确实存在差异^[26-36]。

Ahn^[26]、丽艳^[27]、陈滨^[28]和徐元君^[29]均报道位于华南地区的海南和位于西南地区的云南所产的蜂胶与我国其他地区的蜂胶有明显的差异,有些成分像堪非醇、肉桂基咖啡酸等是中国其他省份的蜂胶所不具有的,而且总多酚和黄酮类化合物含量明显少于其他地区,与其他省份蜂胶成分差异显著^[29]。

我国除海南、云南之外的大部分地区蜂胶有许多相同成分,如华北地区的河北、华中地区的湖北和华东地区的浙江所产蜂胶醇提取物中都含有咖啡酸、*p*-香豆酸、3,4-二甲氧基肉桂酸、槲皮素、5-甲氧基短叶松素、芹菜素、山奈酚、短叶松素、亚桂皮乙酸、白杨素、松属素、高良姜素、短叶松素-3-乙酸酯、咖啡酸苯乙酯、咖啡酸肉桂酯、杨芽黄素,其中白杨素、松属素、短叶松素-3-乙酸酯含量较高^[30]。东北、华北、华中、华南、华东、西北、西南地区蜂胶水提取物有表儿茶素、*p*-香豆酸、桑黄素、3,4-二甲氧基肉桂酸、阿魏酸、柚皮素、肉桂酸、松属素和白杨素^[28]。醇提取物中普遍存在*p*-香豆酸、3,4-二甲氧基肉桂酸、肉桂酸、槲皮素、松属素和白杨素,并且松属素和白杨素成分含量高^[27]。Ahn^[26]通过液相色谱与多级质谱联用对取自东北、华北、华东、华中、西北和西南地区的蜂胶进行了成分研究,发现样品成分相似,共有成分有咖啡酸、*p*-香豆酸、阿魏酸、3,4-二甲氧基肉桂酸、5-甲氧基短叶松素、短叶松素、亚桂皮乙酸、咖啡酸苯乙酯、白杨素、松属素、高良姜素、短叶松素-3-乙酸酯、杨芽黄素。

我国除海南、云南之外的大部分地区蜂胶成分也存在很多差异,如华东地区的山东、江苏、杭州、华北地区的北京、华中地区的河南和西北地区的新疆蜂胶中多酚类成分以山东蜂胶为最高、江苏蜂胶最低;黄酮类成分新疆蜂胶最高。不同蜂胶多酚和黄酮含量之间没有直接联系,*p*-香豆酸含量差别不大^[31]。华东的安徽蜂胶总酚含量很高,具有较高的抗氧化活性,可作天然抗氧化剂^[32]。华中的武汉蜂胶鉴定出了5种甘油酯类,分别是(+)-2-乙酸-1-咖啡酸-3-肉桂酸甘油酯、2-乙酸-1-香豆酸-3-肉桂酸甘油酯、(+)-2-乙酸-1-阿魏酸-3-肉桂酸甘油酯、(-)-2-乙酸-1-(E)-阿

魏酸-3-(3''(ζ), 16'')二羟基-棕榈酸甘油酯和2-乙酸-1,3-二肉桂酸甘油酯^[33]。华东的福建和华南的广东地区因为大量种植白术、黄眼草和白花蛇(白术中含有山姜素,黄眼草、白花蛇含有香豆酸),所以含有比较多的*p*-香豆酸苄酯、山姜素、*p*-香豆酸苯乙酯^[34]。东北的吉林、华东的安徽和华中的湖北地区的蜂胶中的黄酮含量明显少于华北的河北和西北的陕西地区的蜂胶^[35,36]。

2.2 胶源植物对蜂胶成分的影响

蜂胶的化学成分组成按照其胶源植物的不同,主要分为杨属蜂胶和非杨属蜂胶两大类^[37]。近年来非杨属蜂胶主要研究酒神菊属。

2.2.1 杨属蜂胶

关于杨树型蜂胶胶源植物最初的研究成果是来自Villanuev等^[38]。他们鉴定出杨树芽渗出物中含有高良姜素和松属素,并且清楚表明蜂胶的抗菌活性与之相关。并进一步明确杨树型蜂胶含多种酚类化合物,包括短叶松素、短叶松素-3-乙酸酯、*p*-香豆酸苄酯、咖啡酸苯乙酯、咖啡酸苯甲酯、咖啡酸异戊酯等。

Velikova等^[39]用气相色谱-质谱法对来自保加利亚布加斯地区和土耳其伊兹密尔与布尔萨省的3种杨树型蜂胶进行了化学成分分析,结果发现,3种蜂胶都含有黑样杨树幼芽分泌物中的特征成分:松属素、短叶松素、短叶松素-3-乙酸酯和咖啡酸与阿魏酸的异戊烯酯;其中布尔萨蜂胶与保加利亚蜂胶更相似一些,主要的黄酮类成分为松属素和短叶松素。伊兹密尔蜂胶含有大量3,4-二甲氧基肉桂酸,其主要的黄酮类成分为高良姜素。

综合近几年国内外的研究,普遍认为中国温带蜂胶的类型主要是杨树型蜂胶^[40],与欧洲蜂胶成分相似。罗照明^[41]、曹炜等^[42]分别采用HPLC-PDA/MS对采自我国各地的蜂胶样品与杨树胶进行对比分析,得到中国蜂胶与杨树胶共有的特征性成分为短叶松素、松属素、白杨素、高良姜素等黄酮类物质;酚酸类物质为咖啡酸、*p*-香豆酸、3,4-二甲氧基肉桂酸、咖啡酸苯乙酯、咖啡酸苯甲酯、苯甲基-*p*-香豆酸、2-甲基-2-丁烯基-阿魏酸、2-甲基-2-丁烯基-*p*-香豆酸、反式-阿魏酸和顺式-阿魏酸等化合物。

2.2.2 酒神菊属蜂胶

Mariucci^[43]用气相色谱串联质谱技术检测了巴西圣保罗州莫日-达斯克鲁西斯和马瑞波拉两地蜂胶的化学成分,二者都含有二氢肉桂酸、*p*-香豆酸、阿魏酸、咖啡酸、单异戊烯基-*p*-香豆酸、双异戊烯基-*p*-香豆酸以及在生物源上与异戊烯基香豆酸有联系的羧乙基苯并吡喃类化合物。存在于两种蜂胶中的异戊烯基香豆酸和苯并吡喃类化合物都是酒神菊的成分。

Bankova^[44]用硅胶柱层析与制备薄层层析从巴西于卡里蜂胶中分离出一个新的异戊烯基二氢苯并吡喃衍生物(3-羟基-2,2-二甲基-8-异戊烯基二氢苯并吡喃-6-丙烯酸)和

22 个已知的化合物。在这 22 个已知的化合物中, 2,2-二甲苯并吡喃-6-丙烯酸、3,5-二异戊烯基-4-羟基桂皮酸、4-羟基-3-异戊烯基肉桂酸、白蛇根毒(tremetone)、viscid one、12-acetoxylviscidone 和 10,11-二乙酰基二氢二聚松柏醇为酒神菊属植物的成分。

Shigenori^[45]观察了蜜蜂的采集行为,并比较了巴西蜂胶和其植物来源的化学成分,认为对香豆酸的异戊烯基衍生物结构如 3-异戊烯基-4-羟基桂皮酸和(E)-3-异戊烯基-4-(苯丙酰基)-桂皮酸在蜂胶和酒神菊属植物都存在。

Tazawa^[46,47]用硅胶柱层析和制备高效液相色谱从巴西米纳斯吉拉斯州蜂胶 75%乙醇提取物中分离出 24 个化合物,其中二氢山奈酚、6-甲氧基山奈酚、4-羟基-3-异戊烯基苯甲酸、plicatin B 和 capillartemisin A 是首次从蜂胶中分离出的化合物。米纳斯吉拉斯州蜂胶中所含的柚皮素、野樱素、去氢松香酸、plicatin B, 3-(2,2-二甲基-2H-1-苯并吡喃-6-基)-2-丙烯酸和(E)-3-[2,3-二氢-2-(1-甲基乙烯基)-5-苯并呋喃]-2-丙烯酸-甲酯也存在于巴西广泛分布的酒神菊属植物中,证明该属植物为蜂胶的重要植物来源。

2.2.3 桦属蜂胶

Popravko^[48]分析俄国蜂胶中的黄酮类成分,鉴定出山奈甲素,它源于桦树的分泌物。通过液相色谱分析发现俄罗斯蜂胶的成分与桦树的化学成分极为相似,证明桦树是俄罗斯蜂胶的胶源植物。

3 结 语

国内外学者大量研究结果表明蜂胶的化学成分取决于蜜蜂采集树脂的地区和植物,不同地区的蜂胶化学成分存在着很大的差别。我国云南蜂胶和海南蜂胶具有不同于其他地区的明显差异,其他地区蜂胶的化学成分组成具有很大的相似性,存在多种共有成分,但也存在一定差异。我国杨属蜂胶已经被广泛研究和确认,但是在我国东北地区存在大量桦树及其他树种,是否存在桦属蜂胶值得进一步进行研究确认。随着现代分析化学的不断进步与完善,将进一步深入而广泛的研究蜂胶的化学成分和蜂胶的胶源植物,为蜂胶质量的标准化提供基础与依据。

参考文献

- [1] 董捷, 张红城, 尹策, 等. 蜂胶研究的最新进展[J]. 食品科学, 2007, 28(9): 637-642.
Dong J, Zhang HC, Yin C. Recent research progress of bee propolis [J]. Food Sci, 2007, 28(9): 637-642.
- [2] Burdock GA. Review of the biological properties and toxicity of bee propolis (propolis) [J]. Food Chem Toxicol, 1998, 36: 347.
- [3] Moret S, Purcaro G, Conte LS. Polycyclic aromatic hydrocarbons (PAHs) levels in propolis and propolis-based dietary supplements from the Italian market [J]. Food Chem, 2010, 122, 333-338.
- [4] Khayyal MT, El-Ghazaly MA, El-Khatib AS, et al. A clinical pharmacological study of the potential beneficial effects of a propolis food product as an adjuvant in asthmatic patients [J]. Fundam Clin Pharmacol, 2003, 17, 93-102.
- [5] Valencia D, Alday E, Robles-Zepeda R, et al. Seasonal effect on chemical composition and biological activities of *Sonoran propolis* [J]. Food Chem, 2012, 131, 645-651.
- [6] Pietta PG, Gardana C, Pietta AM. Analytical methods for quality control of propolis [J]. Fitoterapia, 2002, 73:S7-S20.
- [7] 王凯, 张翠平, 胡福良. 2012 年国内外蜂胶研究概况[J]. 蜜蜂杂志, 2013, (5): 4-8.
Wang K, Zhang CP, Hu FL. Research status of propolis in 2012 [J]. J Bee, 2013, (5): 4-8.
- [8] Silva BB, Rosalen PL, Cury JA, et al. Chemical composition and botanical origin of red propolis, a new type of Brazilian propolis [J]. Evidence-Based Compl Altern Med, 2008, 5, 313-316.
- [9] Kumazawa S, Ahn MR, Fujimoto T, et al. Radical scavenging activity and phenolic constituents of propolis from different regions of Argentina [J]. Nat Prod Res, 2010, 24, 804-812.
- [10] Ahn MR, Kumazawa S, Hamasaka T, et al. Antioxidant activity and constituents of propolis collected in various areas of Korea [J]. Agric Food Chem, 2004, 52: 7286-7292.
- [11] Bankova VS, Popov SS, Marekov NL. A study on flavonoids of propolis [J]. J Nat Prod, 1983, 46: 471-474.
- [12] Bankova V, Christov R, Popov S, Pureb O, et al. Volatile constituents of propolis Zeitschrift für Naturforschung section C [J]. Biosciences, 1994, 49: 6-10.
- [13] Bankova V, Christov R, Kujumgiev A, et al. Popov. Chemical composition and antibacterial activity of Brazilian propolis. Zeitschrift für Naturforschung section C [J]. Biosciences, 1995, 50: 167-172.
- [14] Ghisalberti EL. Propolis: a review [J]. Bee World, 1979, 60: 59-84.
- [15] Marcucci MC. Propolis chemical composition, biological properties and therapeutic activity [J]. Apidologie, 1995, 26: 83-99.
- [16] Burdock GA. Review of the biological properties and toxicity of bee propolis (propolis) [J]. Food Chem Toxicol, 1998, 36: 347.
- [17] Gardana C, Scaglianti M, Pietta P, et al. Analysis of the polyphenolic fraction of propolis from different sources by liquid chromatography-tandem mass spectrometry [J]. Phytochem Biomed, 2007, 45: 390-399.
- [18] Popova M, Bankova V, Butovska D, et al. Validated methods for the quantification of biologically active constituents of poplar-type propolis [J]. Phytochem Anal, 2004, 15: 235-240.
- [19] Krol W, Scheller S, Czuba Z, et al. Inhibition of neutrophils' chemiluminescence by ethanol extract of propolis (EEP) and its phenolic components [J]. Ethnopharmacol, 1996, 55: 19-25.
- [20] Hamasaka T, Kumazawa S, Fujimoto T, et al. Antioxidant activity and constituents of propolis collected in various areas of Japan [J]. Food Sci Technol Res, 2004, 10: 86-92.
- [21] Kumazawa S, Hamasaka T, Nakayama T. Antioxidant activity of propolis of various geographic origins [J]. Food Chem, 2004, 84: 329-339.
- [22] Popova MP, Graikou K, Chinou I, et al. GC-MS Profiling of diterpene compounds in mediterranean propolis from Greece [J]. Food Chem, 2010, 118(6): 3167-3176.
- [23] Park YK, Alencar SM, Aguiar CL. Botanical origin and chemical composition of Brazilian propolis [J]. Food Chem, 2002, 50: 2502-2506.

- [24] Valencia D, Alday E, Robles-Zepeda R, *et al.* Seasonal effect on chemical composition and biological activities of *Sonoran propolis* [J]. Food Chem, 2012, 131: 645–651.
- [25] Papotti G, Bertelli D, Bortolotti L, *et al.* Chemical and functional characterization of Italian propolis obtained by different harvesting methods [J]. Food Chem, 2012, 60: 2852–2862.
- [26] Ahn MR, Kumazawa S, Usui Y, *et al.* Antioxidant activity and constituents of propolis collected in various areas of China [J]. Food Chem, 2007, 101: 1383–1392.
- [27] 丽艳. 中国不同地区蜂胶醇提物化学组成及抗氧化活性[D]. 南昌: 南昌大学, 2008.
Li Y. Chemical compositions and antioxidant activities of ethanol extract of propolis from different areas of China [D]. Nanchang: Nanchang University, 2008.
- [28] 陈滨. 中国不同地区蜂胶水提物化学组成及生物活性[D]. 南昌: 南昌大学, 2010.
Chen B. Chemical Compositions and bioactivities of water extract of propolis from different areas of China [D]. Nanchang: Nanchang University, 2010.
- [29] 徐元君. 两种生态因子对蜂胶化学组成和主要生物活性的影响[D]. 南昌: 南昌大学, 2010.
Xu YJ. The influence of two ecological factors on the chemical composition and main biological activities of propolis [D]. Nanchang: Nanchang University, 2010.
- [30] Kumazawa S, Hamasaka T, Nakayama T. Antioxidant activity of propolis of various geographic origins [J]. Food Chem, 2004, 84(3): 329–339.
- [31] 吴健全, 高蔚娜, 韦京豫, 等. 不同产地蜂胶成分含量的比较[J]. 中国食物与营养, 2013, (07): 62–65.
Wu JQ, Gao WN, Wei JY, *et al.* Comparison of contents of propolis in different habitats [J]. Food Nutr China, 2013, (07): 62–65.
- [32] Yang HS, Dong YQ, Du HY, *et al.* Antioxidant compounds from propolis collected in Anhui China [J]. Molecules, 2011, 16: 3444–3455.
- [33] Shi HM, Yang HS, Zhang XW, *et al.* Isolation and characterization of five glycerol esters from Wuhan propolis and their potential anti-inflammatory properties [J]. J Agric Food Chem, 2012, 60(40): 10041–10047.
- [34] 刘安洲. 泰山蜂胶化学成分研究[D]. 泰安: 山东农业大学, 2009.
Liu AZ. Studies on chemical constituents of propolis from mountain Tai [D]. Tai'an: Shandong Agricultural University, 2009.
- [35] 吴正双. 蜂胶提取物中酚类化合物分析及其抗氧化和抗肿瘤活性的研究[D]. 广州: 华南理工大学, 2011.
Wu ZS. Studies on phenolic compounds of extracts of propolis and their antioxidant and antitumor properties [D]. Guangzhou: South China University of Technology, 2011.
- [36] 王光新. 北方部分地区蜂胶成分分析及抗糖尿病机理的研究[D]. 南京: 南京农业大学, 2011.
Wang GX. Composition analysis and the mechanism of anti-diabetes of Propolis collected in the some northern areas [D]. Nanjing: Nanjing Agricultural University, 2011.
- [37] 王想想, 周立东. 蜂胶与其胶源植物的化学成分相关性研究综述[J]. 中药材, 2007, (04): 487–492.
Wang XX, Zhou LD. Research progress of The chemical composition of propolis and its source plant [J]. J Chin Med Mater, 2007, (04): 487–492.
- [38] Villanueva V, Batbier M, Gonnet M, *et al.* The flavonoids of propolis. Isolation of a new bacteriostatic substance pinocembrin (dihydromxy-5,7-flavanone) [J]. Ann Inst Pasteur, 1970, 118(1): 84–87.
- [39] Velikova M, Bankova V, Sorkun, *et al.* Chemical composition and biological activity of propolis from Turkish and Bulgarian origin [J]. Mellibera, 2001, 1(1): 57–59.
- [40] Bankova V, Dyulgeroy A. Propolis produced in Bulgaria and Mongolia: Phenolic compounds and plant origin [J]. Apidologie, 1992, 23(1): 79–85.
- [41] 罗照明. 中国蜂胶中多酚类化合物的研究[D]. 北京: 中国农业科学院, 2013.
Luo ZM. Polyphenolic composition of Chinese propolis [D]. Beijing: Chinese Academy of Agricultural Sciences, 2013.
- [42] 曹炜, 符军放, 索志荣, 等. 蜂胶与杨树芽提取物成分的比较研究[J]. 食品与发酵工业, 2007, (07): 162–166.
Cao W, Mu FJ, Suo ZR, *et al.* A comparative study on chemical compositions of chinese propolis and poplar resin [J]. Food Ferment Ind, 2007, (07): 162–166.
- [43] Bankova V, Nikdova N. A new lignan from Brazilian propolis [J]. Naturforsch, 1996, 51(9–10): 735–737.
- [44] Bankova V, Christov R, Marcucci C, *et al.* Constituents from Brazilian propolis [J]. Naturforsch, 1998, 53(5–6): 402–4061.
- [45] Shigenori K, Yoneda M, Shibata, *et al.* Direct evidence for the plant origin of Brazilian propolis by the observation of honeybee behavior and phytochemical analysis [J]. Chem Pharm Bull, 2003, 51(6): 740–7421.
- [46] Tazawa S. Studies on the constituents of Brazilian propolis [J]. Chem Pharm Bull, 1998, 46(9): 1477–1479.
- [47] Tazawa S. Studies on the constituents of Brazilian propolis II [J]. Chem Pharm Bull, 1999, 47(10): 1388–1392.
- [48] Popravko SA. Plant sources of propolis [J]. Pchelovodstvo, 1980, 2: 28–291.

(责任编辑: 杨翠娜)

作者简介



高蓬勃, 硕士研究生, 主要研究方向为蜂产品的加工与应用。
E-mail: makimelo@163.com



孙丽萍, 硕士, 研究员, 主要研究方向为蜂产品功能因子的分离与纯化。
E-mail: caasun@126.com