

基于文献计量的桑黄研究趋势分析

陈淑慧*

(郑州轻工业大学图书馆, 郑州 450000)

摘 要: 桑黄作为一种珍贵的多年生大型药用真菌已经在食品和医药领域得到广泛应用。文献计量是分析桑黄研究现状的重要手段, 本文基于中国知网(CNKI)数据库, 对 2010 年 1 月 1 日—2020 年 1 月 1 日发表的桑黄研究的文献进行数量变化、涉及学科和研究机构的统计, 分析目前我国桑黄研究的现状, 同时, 阐述了桑黄在功能成分、功能作用等研究热点上的发展趋势。近年来桑黄年发表文献量保持较快增长的趋势, 研究主题主要集中在功能成分分离提取、功能作用及桑黄菌的培养上, 上海农科院、吉林大学、江苏大学为发表文献前 3 名单位。桑黄多糖类、黄酮类、酚类、萜类、甾体、香豆素类以及生物碱等具有抗氧化、抗肿瘤、免疫调节、降血糖和保肝护肝等作用。本文还展望了桑黄今后研究的主要目标和方向, 可为桑黄资源综合利用提供借鉴和参考。

关键词: 桑黄; 文献; 计量分析; 趋势

Research trends of *Phellinus igniarius* based on literature measurement

CHEN Shu-Hui*

(Zhengzhou University of Light Industry Library, Zhengzhou 450000, China)

ABSTRACT: *Phellinus igniarius* is a rare large-scale perennial medicinal fungus, it has been widely used in food and medicine. Literature measurement is an important tool to analyze the current situation about the *Phellinus igniarius* research. Based on the changes in the number of articles concerning the study of *Phellinus igniarius* in China knowledge infrastructure (CNKI) database, involving disciplines and research institutions, this paper analyzed the current research status of *Phellinus igniarius* in China, and elaborated the development trend of research hot spots such as functional components and functions of *Phellinus igniarius*. In recent years, the annual published literature volume of *Phellinus igniarius* maintained a rapid growth trend. Research topics mainly focused on the separation and extraction of functional components, functional effects and culture of *Phellinus igniarius*. Shanghai Academy of Agricultural Sciences, Jilin University and Jiangsu University were the top three units for publishing literature. *Phellinus igniarius* polysaccharides, flavonoids, phenols, terpenes, steroids, coumarins and alkaloids had the effects of anti-oxidation, anti-tumor, immune regulation, lowering blood glucose and protecting liver. This paper also prospected the main research objectives and directions of *Phellinus igniarius* in the future, which could provide references for comprehensive utilization of *Phellinus igniarius* resources.

KEY WORDS: *Phellinus igniarius*; literature; quantitative analysis; trends

基金项目: 国家自然科学基金项目(31660462)

Fund: Supported by the National Natural Science Foundation of China (31660462)

*通信作者: 陈淑慧, 副研究馆员, 主要研究方向为食品文献计量学。E-mail: chengshuhui2000@126.com

*Corresponding author: CHEN Shu-Hui, Associate Research Librarian, Library of Zhengzhou University of Light Industry, No136. Science Road, High Science and Technology District, Zhengzhou 450000, China. E-mail: chengshuhui2000@126.com

0 引言

桑黄(*Phellinus igniarius*)又名桑寄生、桑耳、桑黄蕈等,是针层孔菌属真菌火木层孔菌,是一种珍贵的多年生大型药用真菌^[1]。桑黄中含有丰富的氨基酸、微量元素等营养成分^[2],并含有多糖^[3]、黄酮^[4]和三萜^[5]等功能成分,具有抗氧化^[6]、抗肿瘤^[7]、降血糖^[8]等多种功能作用,被誉为“森林黄金”。近年来,桑黄在食品、医药等领域的应用受到人们的重视。为了解桑黄近年来的发展状况,本研究采用文献计量分析法,利用中国知网(CNKI)数据库检索系统对2010—2020年在中国学术期刊上发表的关于桑黄研究的文献进行文献计量统计分析,在科学化指标的基础上,分析我国桑黄研究动态及研究热点,为深入开展桑黄研究提供参考。

1 数据来源与方法

选择中国知网(CNKI)数据库为来源,以“桑黄”及桑上寄生、桑臣、树鸡、胡孙眼、桑黄蕈、桑黄菇、针层孔菌、梅树菌等桑黄别名为“题名”,于2020年2月1日,对该数据库中2010年1月1日—2020年1月1日收录的文献进行检索汇总,结合人工逐一检查,共检索到有关桑黄10年来研究的文献496篇,对检索结果进行“计量可视化分析”,结合“对比分析”,从文献年度分布、学科主题分布、主要研究结构分布等方面进行详细的分析并进行综述。

2 结果与分析

2.1 桑黄研究的年度分布

对桑黄研究的年度分布进行统计,结果如图1。

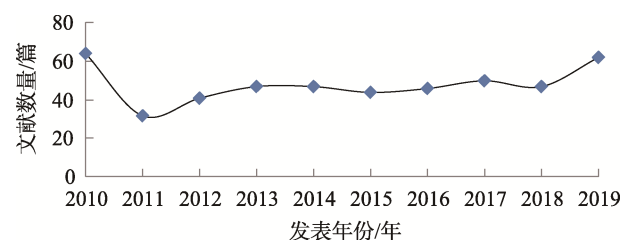


图1 2010—2020年桑黄研究文献数量变化趋势

Fig.1 Variation trend of the research papers number on *Phellinus igniarius* from 2010 to 2020

桑黄研究最早在2000年左右开始报道,但在2010年研究达到高峰,大量的研究工作集中在桑黄的抗肿瘤、保肝等功能作用^[9]。2010年后,桑黄的研究的热度有所降低,但仍然保持在每年30篇以上的文献报道。近年来,随着健康中国行动推进委员会公布《健康中国行动(2019-2030年)》文件^[10]的发布,桑黄的保健效果再次受到关注,2019

年,桑黄的研究文献又呈现上升趋势,达到62篇。从桑黄文献递升趋势及发展前景来分析,今后几年人们对桑黄的研究仍然会有较高的关注度,年发表文献量预计还会保持较快增长的趋势。

2.2 桑黄研究的学科主题分析

对桑黄研究的学科主题进行统计,结果如图2。

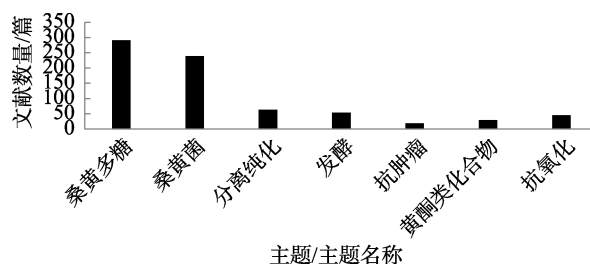


图2 2010—2020年桑黄相关研究主题

Fig.2 Research topics on *Phellinus igniarius* from 2010 to 2020

由图2可见,历年来发表的文献,主要集中在桑黄功能成分分离提取、功能作用及桑黄菌的培养上。其中,桑黄多糖作为桑黄中的功能成分,涉及到的文献达到291篇,占全部文献的58.7%。表明目前桑黄多糖的研究是桑黄研究的热点。

2.3 桑黄研究的相关机构分析

桑黄研究相关机构发表文献数量见图3。

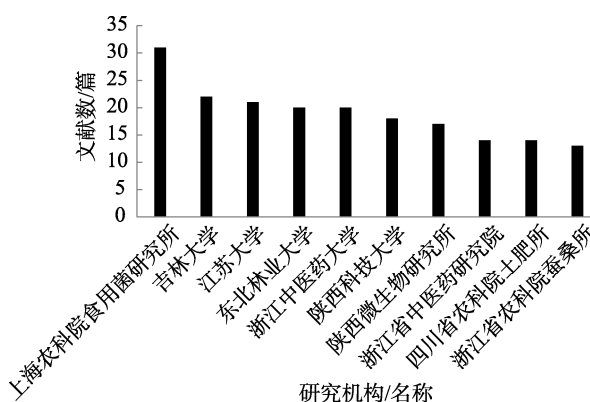


图3 2010—2020年桑黄研究相关机构

Fig.3 Research institute on *Phellinus igniarius* from 2010 to 2020

在桑黄研究文献发表的单位中,上海农科院食用菌研究所发表文献最多,达到31篇,第2名是吉林大学,发表论文22篇,第3名为江苏大学,发表论文21篇,其他研究机构如东北林业大学、浙江中医药大学、陕西科技大学等发表的文献和前3名差别不大,表明桑黄的研究受到较多单位的关注。

对发表文献进行分析总结发现,在桑黄研究领域,桑黄活性成分分析和提取分离、桑黄功能成分的功能作用的

研究是近年来的热点。

2.4 桑黄活性成分的分析及其提取分离

桑黄含有丰富的活性成分,目前报道的活性成分主要包括多糖类、黄酮类、酚类、萜类、甾体、香豆素类以及生物碱等。其中多糖、黄酮、萜类是起主要药理作用的活性成分^[11]。

2.4.1 多糖类

桑黄多糖可分为子实体多糖、菌丝体胞内多糖和胞外多糖,种类主要是多聚糖、蛋白多糖和酸性多聚糖等。胞外多糖可以直接由发酵液后处理获得,子实体多糖和菌丝体胞内多糖需不同提取方法,而不同提取方法所得多糖结构和形态各有差异。

桑黄多糖提取中,水提醇沉是最常用的提取方法,该方法简单,但提取时间长、得率不高。为强化提取方法,一些研究者采用微波强化提取、超声强化提取、超高压提取、酶解提取等方法增加提取得率,缩短提取时间^[12-13]。秦俊哲等^[14]以桑黄子实体为原料,研究微波提取桑黄多糖,发现采用 540 W 微波处理时间 5.1 min,提取 2 次,桑黄多糖得率为 4.18%。傅海庆等^[15]以桑黄菌丝体为材料,利用超声提取得到多糖提取工艺的最佳条件为:超声波功率 210 W,超声波处理时间 60 min,多糖提取率可达 12.78%。

对多糖结构的分析,涉及到一级结构和高级结构(二、三、四级结构)。魏静等^[16]采用离子交换法和凝胶层析分离纯化得到桑黄菌丝体多糖 P1B,发现 P1B 为单一组分,其分子量为 27365;红外光谱图分析可知 P1B 为不含酸性残基的单糖组成的聚合糖,进一步由气质联用色谱鉴定表明,P1B 是由鼠李糖、阿拉伯糖、葡萄糖 3 种已知单糖和甲基- α -D-吡喃甘露糖苷组成的杂多糖;气质联用色谱分析其甲基化衍生物对应 4 种连接方式;葛青等^[17]将桑黄子实体经水提、醇沉、冷冻干燥得水溶性多糖,经 DEAE-Sephacryl FastFlow 离子柱和 Sephacryl IS-400 High Resolution 凝胶柱进行分离纯化得纯多糖 PBF6,采用紫外光谱、红外光谱、气相色谱、气质联用、核磁共振等技术分析桑黄多糖 PBF6 的结构。发现其分子量为 3.23×10^5 u,不含蛋白质和核酸,糖组成研究表明 PBF6 仅含有葡萄糖,以 1,6 和 1,3 连接 2 种形式存在,其摩尔比为 1:2,主链结构为 $\rightarrow 3$)- β -D-Glcp-(1 $\rightarrow$ 3)- β -D-Glcp-(1 $\rightarrow$ 6)- β -D-Glcp-(1 $\rightarrow$ 。

2.4.2 黄酮类

黄酮类化合物是指 2 个具有酚羟基的苯环(A-与 B-环)通过中央三碳原子相互连结而成的一系列化合物,其基本母核为 2-苯基色原酮。桑黄中黄酮化合物是其重要的活性成分。

桑黄总黄酮提取多采用乙醇浸提或回流提取法,试验耗时间较长,且提取率不理想^[18]。为强化提取效果,陈晓平等^[19]采用微波强化提取桑黄总黄酮,得到微波提取桑黄总黄酮的最佳提取条件为微波时间 62 s、微波功率

550 W、乙醇体积分数 68%、提取时间 2.17 h。在此条件下,桑黄总黄酮提取含量为 29.96 mg/g;程俊文等^[20]采用微波强化提取桑黄子实体中总黄酮,得到最佳提取条件为乙醇体积分数 70.9%,超声时间 47.8 min,超声温度 55.2 °C,总黄酮的得率达 2.63%。

大孔树脂吸附是桑黄黄酮纯化的有效方法。胡金霞等^[21]采用树脂 DM-301,纯化桑黄黄酮提取物,优化出的最佳工艺参数为上样流速 2 mL/min,上样浓度为 0.87 mg/mL,洗脱剂 80%乙醇,洗脱速度 5 mL/min,洗脱体积 3 倍柱床体积,上样液 pH 3.65,柱温为室温,通过纯化,桑黄醇提物中总黄酮含量由吸附纯化前的 59.7%提高到 87.2%,纯度提高了 46%。

对黄酮的成分分析,莫顺燕等^[22]利用正相硅胶柱层析、 Al_2O_3 柱层析、Sephadex LH20、反相高效液相、重结晶等分离手段和 IR、MS 及 1D, 2DNMR 等结构鉴定光谱方法,从桑黄中分离鉴定了 5 个黄酮和 2 个香豆素类化合物,分别为柚皮素、樱花亭、二氢茨非素、7 甲氧基二氢茨非素、北美圣草素、香豆素及茛菪亭。

2.4.3 酚类

桑黄中多酚是多羟基化合物,它的结构特点决定多酚易溶或可溶于水、醇类、醚类、酮类、酯类等,所以水溶剂提取和有机溶剂提取是常采用的方法。但以桑黄干燥子实体为原料时,多酚物质存在于子实体细胞中,难以溶出。钱骅等^[23]以桑黄干燥子实体为原料,比较普通粉碎、双螺杆挤压膨化和流化床对撞式气流超微粉碎对桑黄颗粒粒径、形貌和功能性成分提取的影响。结果表明,与普通粉碎相比,双螺杆挤压膨化和流化床对撞式气流超微粉碎细胞破壁彻底,平均粒径(D_{50})分别为 7.44 和 5.53 μm ,粉碎后的桑黄粉对多酚的提取率分别比普通粉碎提取高 73.4%和 69.5%。

对酚类的成分分析,李有贵等^[24]采用超高效液相色谱-飞行时间质谱技术分析野生和人工栽培桑黄子实体中提取的桑黄酚,发现其主要由 4 种物质组成,分别是丁香酸、原儿茶酸、原儿茶醛、咖啡酸,其相对含量分别为 10.26%、7.47%、46.62%、2.37%;秦春华等^[25]采用高效液相色谱法测定鲍氏针层孔菌、裂褶针层孔菌、火木针层孔菌、忍冬木层孔菌不同种、不同宿主的 9 个样品桑黄中桑黄多酚(hispolon)和原儿茶酸含量,9 个样品均含有原儿茶酸,含量 42.8~96.8 $\mu\text{g/g}$,松木上生长的不同种桑黄未检出 hispolon,其他样品含有 hispolon,含量 90.9~223.3 $\mu\text{g/g}$ 。表明品种、宿主和生长环境对桑黄成分具有明显影响。

2.4.4 萜类

从桑黄中分离得到的萜类包括倍半萜,二萜和三萜,其中三萜是主要的药理活性成分。

于小凤等^[26]为优化桑黄总三萜的超声提取工艺,以乙醇浓度、超声时间、超声温度为考察因素,以总三萜得

率为评价指标,利用响应面法优选工艺,得到最佳提取工艺为采用 70%乙醇作提取溶剂,料液比为 1:20(g/mL),60 °C 超声提取 21 min。在此最佳条件下,总三萜得率为 9.80 mg/g。梁佳等^[27]研究微波法提取桑黄菌丝体中三萜的优化工艺,得到微波法提取的最佳工艺条件为乙醇浓度 80%、提取时间 10 min、微波功率为 600 W,提取液中三萜类化合物的提取量达到 1.48 mg/g。

为进一步纯化桑黄总三萜,张林芳等^[28]研究大孔树脂对桑黄总三萜的吸附特性,优化其对总三萜分离纯化工艺,发现 D101 树脂对桑黄总三萜有良好的纯化性能,在上样液 pH 6,上样液质量浓度为 1.0 mg/mL,上样流度为 3 BV/h,上样体积为 4 BV 条件下,先用 3 BV 蒸馏水、20%乙醇溶液 2 BV 洗去杂质、再用 70%乙醇溶液 4 BV 洗脱,流速为 3 BV/h,纯化后,总三萜纯度由(4.46±0.42)%上升至(22.49±0.75)%。

桑黄中已知的三萜类化合物有软木三烯酮、 β -乳香酸、熊果酸、呋喃类三萜和酚酸等,赵天一等^[29]采用 UPLC-Q-TOFMS-E 技术结合 UNIFI 数据库筛查方法对桑黄中的化学成分进行快速鉴定,共鉴定出熊果酸和酚酸等 6 个三萜、4 个二萜。

2.5 桑黄活性成分的保健功能研究

桑黄功能成分丰富,具有较好的保健效果,目前研究发现,桑黄具有抗氧化、抗肿瘤、免疫调节、降血糖和保护肝等作用。

2.5.1 抗氧化作用

刘凡等^[30]测定了 6 种不同来源的桑黄样品中总黄酮含量及其体外总抗氧化活性、清除·OH 能力和清除 $O_2^{\cdot-}$ 能力,分析其总黄酮含量与体外抗氧化活性的量效关系。结果表明,不同来源的桑黄总黄酮含量存在差异。各样品均具有较好的体外抗氧化活性,其中野生桑黄 SH-2 最佳。桑黄体外总抗氧化活性、清除·OH 能力和清除 $O_2^{\cdot-}$ 能力与总黄酮含量的相关性都达到极显著水平($P<0.01$)。

钱骅等^[31]比较桑黄子实体抗氧化的物质基础,比较桑黄多糖、黄酮和多酚在抗氧化活性中的作用,发现抗氧化活性和多酚、黄酮含量有关,并呈线性正相关,多糖在抗氧化中所起作用小,酚类、黄酮类为桑黄主要抗氧化活性物质。

2.5.2 抗肿瘤作用

应瑞峰等^[32]研究了桑黄子实体多糖对人肝癌细胞、人肺癌细胞和人宫颈癌细胞的抑制作用,其抑制率 IC_{50} 值分别为 0.34、0.65 和 0.95 mg/mL,表现出很强的抗肿瘤活性。体内和体外试验表明,桑黄子实体多糖抗肿瘤效果显著高于桑黄菌丝体多糖,不同生长期的菌丝多糖也呈现出不同的抗肿瘤活性,生长长期的菌丝多糖表现出更强的抗肿瘤活性。

吕辉峰^[33]从野生桑黄中提取、分离、精制得到多糖及黄酮,并利用 S180 荷瘤小鼠对多糖和黄酮的抗肿瘤活性和免疫调节活性进行比较,发现桑黄多糖和桑黄黄酮对小鼠 S180 肉瘤均有抑制作用,同等生药量下,桑黄黄酮的抑瘤活性要高于多糖;但桑黄多糖在提高荷瘤小鼠胸腺指数和脾脏指数方面要优于黄酮。

2.5.3 免疫调节作用

目前的研究认为,桑黄多糖在免疫调节方面具有重要作用,可以刺激 B 淋巴细胞的增殖,增强巨嗜细胞的吞噬功能,并提高对自然杀伤细胞(natural killer cell, NK)和淋巴因子激活的杀伤细胞(lymphokine activated killer cells, LAK)的活性^[34]。

胡启明等^[35]对人工培养的桑黄多糖的三组分(Plps-1、Plps-2 和 Plps-3)开展免疫活性实验。结果表明 Plps-1 能刺激巨噬细胞吞噬中性,Plps-1、Plps-2 和 Plps-3 均能提高巨噬细胞产生一氧化氮的能力,3 种桑黄多糖都能极其显著地增强脾细胞的活力,Plps-1 和 Plps-2 同时还能极其显著地增强胸腺细胞的活力。

王钦博等^[36]提取了 8 种不同桑黄子实体的粗多糖,对其进行了体外淋巴细胞增殖实验。结果表明,8 种桑黄粗多糖均表现了一定的活性,免疫活性不仅和多糖有密切关系,也和蛋白质的含量和组成有着密切的关系。

2.5.4 降血糖作用

桑黄多糖等成分,可通过影响糖代谢,调节胰岛 β 细胞和增强胰岛素敏感性等方面降低血糖水平并缓解糖尿病症。周长文等^[37]以桑黄菌丝体多糖为材料研究桑黄菌丝体多糖对链脲佐毒素所导致的糖尿病小鼠的降糖作用,结果显示桑黄菌丝体多糖高、中、低剂量组对糖尿病小鼠的降糖率分别是 0.93%、0.90%和 1.99%。桑黄菌丝体多糖高剂量组降糖效果要优于中、低剂量组。黄倩等^[38]观察桑黄多糖对糖尿病肾病模型小鼠肾间质纤维化的影响,发现桑黄多糖可调节 MMP-2/TIMP-2 平衡,减轻糖尿病肾病小鼠肾间质纤维化,可抑制 P311/TGF- β 1/Snail1 信号通路的激活,对糖尿病并发症有较好抑制作用。

张超等^[39]利用胰岛素抵抗 HepG2 细胞模型筛选具有降血糖活性的鲍姆桑黄孔菌菌丝体化合物,并对其作用机理进行了初步探讨。研究结果表明从鲍姆桑黄孔菌大米发酵菌丝体中分离出的原儿茶醛和黄芩素对 HepG2 细胞葡萄糖消耗量具有明显地促进作用,原儿茶醛明显降低了细胞因子信号转导因子(suppressor of cytokine signaling, SOCS⁻³)的 mRNA 表达量和蛋白表达量,解除 SOCS⁻³ 因子与胰岛素受体结合而产生的对胰岛素信号传导通路的抑制作用;黄芩素显著降低了肿瘤坏死因子- α (tumor necrosis factor- α , TNF- α)因子的 mRNA 表达量和蛋白表达量,保护胰岛 β 细胞免受细胞一氧化氮生成过多而造成的凋亡,同时也解除了 TNF- α

因子对胰岛素信号传导的阻碍。

2.5.5 其他作用

杜明^[40]使用小鼠急性酒精肝损伤模型来研究桑黄多糖对酒精致肝损伤的保护作用,并初步探讨其作用机理,发现桑黄多糖高剂量组小鼠的血清丙氨酸氨基转移酶、肝组织中甘油三酯和丙二醛水平显著低于酒精损伤模型组($P<0.05$),肝组织还原型谷胱甘肽水平显著高于酒精损伤模型组($P<0.05$),且肝细胞死亡数目明显减少,线粒体形态接近正常,表明桑黄多糖高剂量(1.0 g/kg)对急性酒精肝损伤有保护作用,其机理可能源于桑黄多糖缓解了酒精摄入造成的氧化应激,并且减少了氧化应激引起的免疫损伤。

孟庆龙等^[41]研究桑黄发酵产物中多糖的抗炎活性,通过液体深层发酵技术获得桑黄菌丝体和发酵液,并从中提取胞内、外多糖 PIP 和 PIE,发现桑黄胞内、外多糖 PIP 和 PIE 能显著抑制二甲苯所致的小鼠耳肿胀、角叉菜胶所致小鼠足跖肿胀以及棉肉芽肿的增生,并提高了致炎小鼠的脾脏指数和胸腺指数,表明桑黄胞内、外多糖均具有抗炎活性。

此外,一些研究者还发现,桑黄具有改善动脉粥样硬化、抗菌抗病毒等功能作用^[42-46]。

3 结论和展望

通过分析,2010—2020年有关桑黄的研究文献共496篇,历年来发表的文献主要集中在桑黄功能成分分离提取、功能作用及桑黄菌的培养上^[47-50],在发表桑黄研究文献的单位中,上海农科院、吉林大学、江苏大学发表文献为前3名。未来几年,探索活性成分构效关系将是进一步研究的主要目标和方向,此外,桑黄产业化开发方面将进一步加强。为加快桑黄产业的发展,需要进一步充分发挥其营养和保健价值,扩大市场规模,创造更好的经济效益。

参考文献

- [1] HUO JX, ZHONG S, DU X, *et al.* Whole-genome sequence of *Phellinus gilvus*(mulberry Sanghuang) reveals its unique medicinal values [J]. J Adv Res, 2020, 24(7): 325–335.
- [2] YANG NC, WU CC, LIU RH, *et al.* Comparing the functional components, SOD-like activities, antimutagenicity, and nutrient compositions of *Phellinus igniarius* and *Phellinus linteus* mushrooms [J]. J Food Drug Anal, 2016, 24(2): 343–349.
- [3] WANG YQ, MAO JB, ZHOU MQ, *et al.* Polysaccharide from *Phellinus igniarius* activates TLR4-mediated signaling pathways in macrophages and shows immune adjuvant activity in mice [J]. Int J Biol Macromol, 2019, 123(15): 157–166.
- [4] CHEN H, TIAN T, MIAO H, *et al.* Traditional uses, fermentation, phytochemistry and pharmacology of *Phellinus linteus*: A review [J]. Fitoterapia, 2016, 113(9): 6–26.
- [5] FENG T, CAI JL, LI XM, *et al.* Phellibarin D with an unprecedented triterpenoid skeleton isolated from the mushroom *Phellinus rhabbarbarinus* [J]. Tetrahedron Lett, 2016, 57(3): 3544–3546.
- [6] ZHOU WT, ZHAO Y, YAN YM, *et al.* Antioxidant and immunomodulatory activities *in vitro* of polysaccharides from bee collected pollen of Chinese wolfberry [J]. Int J Biol Macromol, 2020, 163(11): 190–199.
- [7] WANG FF, CHAO S, YUE YY, *et al.* Medicinal mushroom *Phellinus igniarius* induced cell apoptosis in gastric cancer SGC-7901 through a mitochondria-dependent pathway [J]. Biomed Pharm, 2018, 102(6): 18–25.
- [8] YUAN QX, ZHAO LY, ZHENG H, *et al.* Physicochemical analysis, structural elucidation and bioactivities of a high-molecular-weight polysaccharide from *Phellinus igniarius* mycelia [J]. Int J Biol Macromol, 2018, 120(12): 1855–1864.
- [9] GUO MZ, MEN M, ZHAO JH, *et al.* Immunomodulatory effects of the polysaccharide from *Craterellus cornucopioides* via activating the TLR4-NFκB signaling pathway in peritoneal macrophages of BALB/c mice [J]. Int J Biol Macromol, 2020, 160(10): 871–879.
- [10] 健康中国行动推进委员会. 健康中国行动(2019—2030)[EB/OL]. <http://www.nhc.gov.cn/guihuaxxs/s3585u/202009/4757048a304b45e49d8073b33df0647d.shtml>. [2017-09-01]
- Health China Action Promotion Committee. Healthy China campaign(2019—2030)[EB/OL]. <http://www.nhc.gov.cn/guihuaxxs/s3585u/202009/4757048a304b45e49d8073b33df0647d.shtml>. [2017-09-01]
- [11] 张维博, 王家国, 李正阔, 等. 药用真菌桑黄的研究进展[J]. 中国中药杂志, 2014, 39(15): 2938–2845.
- ZHANG WB, WANG JG, LI ZK, *et al.* Progress of studies on medicinal fungus *Phellinus* [J]. Chin J Chin Mater Med, 2014, 39(15): 2938–2845.
- [12] 李瑞雪, 王钰婷, 夏家凤, 等. 桑黄菌丝体中多糖提取工艺优化及其体外抗氧化活性分析[J]. 中国农学通报, 2019, 35(29): 143–150.
- LI RX, WANG YT, XIA JF, *et al.* Optimization of extraction process of polysaccharide of *Phellinus igniarius* mycelium and analysis of its antioxidant activity *in vitro* [J]. Chin Agric Sci Bull, 2019, 35(29): 143–150.
- [13] 应瑞峰, 黄梅桂, 王耀松, 等. 桑黄子实体多糖超声波微波协同辅助提取及活性研究[J]. 食品研究与开发, 2019, 40(21): 82–88.
- YIN RF, HUANG MG, WANG YS, *et al.* Ultrasonic-microwave synergistic assisted extraction and activity of polysaccharides from *Phellinus igniarius* [J]. Food Res Dev, 2019, 40(21): 82–88.
- [14] 秦俊哲, 任金玫, 殷红, 等. 响应面法优化微波辅助提取桑黄子实体多糖的工艺研究[J]. 陕西科技大学学报(自然科学版), 2014, 32(4): 89–92, 96.
- QIN JZ, REN JM, YIN H, *et al.* Optimization of microwave assisted the extraction of *Phellinus* polysaccharides using response surface methodology [J]. J Shaanxi Univ Sci & Tech (Nat Sci Ed), 2014, 32(4): 89–92, 96.
- [15] 傅海庆, 李吟, 傅华英, 等. 超声波法提取桑黄菌丝体多糖的研究[J]. 中国农学通报, 2012, 36(28): 282–286.
- FU QH, Li Y, FU HY, *et al.* The research of extraction craft of *Phellinus igniarius* mycelia polysaccharide by ultrasonic wave [J]. Chin Agric Sci Bull, 2012, 36(28): 282–286.
- [16] 魏静, 李金凤, 丁兴红, 等. 桑黄菌丝体多糖的分离纯化及其结构表征

- [J]. 时珍国医国药, 2017, 28(3): 587-590.
- WEI J, LI JF, DING XH, *et al.* Separation, purification and structure identification of polysaccharides from *Phellinus igniarius* mycelium [J]. Lishizhen Med Mater Med Res, 2017, 28(3): 587-590.
- [17] 葛青, 毛建卫, 张安强, 等. 桑黄子实体多糖的分离纯化及结构鉴定[J]. 食品科技, 2013, 38(3): 168-171.
- GE Q, MAO JW, ZHANG AQ, *et al.* Isolation, purification and structural elucidation of polysaccharide from the fruiting bodies of *Phellinus baumii* Pilát [J]. Food Sci Technol, 2013, 38(3): 168-171.
- [18] 李剑梅, 张疏雨, 于广丰, 等. 珍稀药用真菌桑黄菌丝体粉中黄酮含量测定[J]. 食用菌, 2020, 42(3): 72-74.
- LI JM, ZHANG SY, YU GF, *et al.* Determination of flavonoid content in mycelium powder of rare medicinal fungus *Phellinus igniarius* [J]. Edifungi, 2020, 42(3): 72-74.
- [19] 陈晓平, 于翠翠. 响应面法优化微波辅助乙醇提取桑黄黄酮工艺的研究[J]. 食品与发酵科技, 2013, 49(4): 31-36.
- CHEN XP, YU CC. Study on optimization of extraction of *Phellinus* technology of microwave-assisted ethanol by response surface method [J]. Food Ferment Technol, 2013, 49(4): 31-36.
- [20] 程俊文, 贺亮, 魏海龙, 等. 超声波辅助提取桑黄黄酮工艺优化[J]. 浙江林业科技, 2017, 37(6): 35-39.
- CHENG JW, HE L, WEI HL, *et al.* Optimizing technology for ultrasonic extraction of total flavonoids from *inonotus sanghuang* [J]. J Zhejiang Forest Sci Technol, 2017, 37(6): 35-39.
- [21] 胡金霞, 杨焱, 张劲松, 等. 大孔吸附树脂纯化桑黄黄酮的研究[J]. 食品工业, 2009, 30(3): 49-52.
- HU JX, YANG Y, ZHANG JS, *et al.* Study on purification of flavonoids from *Phellinus baumii* with macroporous resin [J]. Food Ind, 2009, 30(3): 49-52.
- [22] 莫顺燕, 杨永春, 石建功, 等. 桑黄化学成分研究[J]. 中国中药杂志, 2003, (4): 54-56.
- MO SY, YANG YC, SHI JG, *et al.* Studies on chemical constituents of *Phellinus igniarius* [J]. Chin J Chin Mater Med, 2003, (4): 54-56.
- [23] 钱骅, 陈斌, 黄晓德, 等. 不同破壁技术对桑黄功能性成分提取率的影响[J]. 食品科学, 2016, 37(10): 23-27.
- QIAN H, CHEN B, HUANG XD, *et al.* Effect of different cell wall disruption techniques on the extraction yields of functional components from fruit bodies of *Phellinus linteus* [J]. Food Sci, 2016, 37(10): 23-27.
- [24] 李有贵, 钟石, 计东风, 等. 野生与人工栽培桑黄子实体中的粗多糖和粗酚含量及药用活性比较[J]. 蚕业科学, 2016, 42(5): 883-891.
- LI YG, ZHONG S, JI DF, *et al.* A comparison on contents and medicinal activities of crude polysaccharides and crude polyphenols between wild and cultivated fruit bodies of *Phellinus* spp. [J]. Sci Sericul, 2016, 42(5): 883-891.
- [25] 秦春华, 武玲, 汪鋈植, 等. 9 种桑黄子实体中两种酚类活性成分的 HPLC 含量测定[J]. 湖北中医药大学学报, 2015, 17(3): 36-39.
- QIN CH, WU L, WANG JZ, *et al.* HPLC determination for two kinds of polyphenols active components in nine kinds of *Phellinus igniarius* sporocarp [J]. J Hubei Univ Chin Med, 2015, 17(3): 36-39.
- [26] 于小凤, 秦庆玲, 李峰, 等. 响应面法优选桑黄总三萜的超声提取工艺[J]. 中国药房, 2012, 23(47): 4455-4458.
- YU XF, QIN QL, LI F, *et al.* Optimization of ultrasonic extraction of total triterpenoids from *Phellinus igniarius* by response surface methodology [J]. Chin Pharm, 2012, 23(47): 4455-4458.
- [27] 梁佳, 孙梦伊, 张腾, 等. 响应曲面法优化桑黄菌丝体中三萜的微波提取工艺[J]. 中国农学通报, 2011, 27(10): 235-238.
- LIANG J, SUN MY, ZHANG T, *et al.* Optimization of extracting triterpene from *Phellinus igniarius* by response surface methodology [J]. Chin Agric Sci Bull, 2011, 27(10): 235-238.
- [28] 张林芳, 邹莉, 孙婷婷, 等. 大孔树脂分离纯化桑黄总三萜的研究[J]. 中华中医药杂志, 2016, 31(4): 1486-1489.
- ZHANG LF, ZOU L, SUN TT, *et al.* Study on separation and purification of total triterpenoids from *Phellinus igniarius* by macroporous resin [J]. Chin Agric Sci Bull, 2016, 31(4): 1486-1489.
- [29] 赵天一, 王振洲, 张楠淇, 等. UPLC-Q-TOFMS-E 技术结合 UNIFI 数据库快速分析桑黄化学成分[J]. 特产研究, 2018, 40(1): 20-25.
- ZHAO TY, WANG ZZ, ZHANG NQ, *et al.* Rapid identification on chemical constituents of *Phellinus igniarius* by UPLC-Q-TOF-MS combined with UNIFI platform [J]. Spec Wild Econ Anim Plant Res, 2018, 40(1): 20-25.
- [30] 刘凡, 庞道睿, 邹宇晓, 等. 桑黄总黄酮含量及其体外抗氧化活性研究[J]. 中国食用菌, 2014, 33(2): 47-49, 56.
- LIU F, PANG DR, ZOU YX, *et al.* The total flavone content and *in vitro* antioxidant activity of *Phellinus* sp [J]. Edifungi Chin, 2014, 33(2): 47-49, 56.
- [31] 钱骅, 赵伯涛, 陈斌, 等. 桑黄子实体多糖、黄酮和多酚含量与抗氧化活性相关性[J]. 食品工业科技, 2015, 36(12): 104-108.
- QIAN H, ZHAO BT, CHEN B, *et al.* Relationship between the content of polysaccharides, flavonoids and polyphenols from the sporocarp of *Phellinus linteus* and the antioxidant activity [J]. Sci Technol Food Ind, 2015, 36(12): 104-108.
- [32] 应瑞峰, 吴彩娥, 黄梅桂, 等. 桑黄子实体与菌丝多糖抗肿瘤活性研究[J]. 中国食品添加剂, 2017, (12): 57-61.
- YING RF, WU CE, HUANG MG, *et al.* Anti-tumor activity of polysaccharides from *Phellinus igniarius* fruiting body and mycelium [J]. Chin Food Add, 2017, (12): 57-61.
- [33] 吕辉峰. 桑黄多糖及黄酮抗肿瘤活性比较研究[J]. 中医学报, 2018, 33(1): 27-29.
- LV HF. *Phellinus igniarius* and flavonoids and their antitumor activity [J]. Acta Chin Med, 2018, 33(1): 27-29.
- [34] 李志涛, 朱会霞, 孙金旭, 等. 桑黄菌丝体多糖的提取及其免疫活性研究[J]. 食品研究与开发, 2018, 39(20): 35-39.
- LI ZT, ZHU HX, SUN JX, *et al.* A study on the extraction and immune effect of polysaccharide from *Phellinus igniarius* mycelia [J]. Food Res Dev, 2018, 39(20): 35-39.
- [35] 胡启明, 梅余霞, 梁运祥. 桑黄多糖体外免疫活性研究[J]. 食品科技, 2013, 38(9): 142-145.
- HU QM, MEI YX, LIANG YX. Immune activities of polysaccharides isolated *in vitro* purified from *Phellinus linteus* [J]. Food Sci Technol, 2013, 38(9): 142-145.
- [36] 王钦博, 杨淼, 周帅, 等. 八种桑黄粗多糖化学组成与体外免疫活性的比较[J]. 天然产物研究与开发, 2010, 22(5): 873-877.
- WANG QB, YANG Y, ZHOU S, *et al.* Comparison of chemical compositions and *in vitro* immunological activities of eight kinds of crude polysaccharides from *Phellinus* sp. [J]. Nat Prod Res Dev, 2010, 22(5): 873-877.

- [37] 周长文, 王芳, 陶淑玲, 等. 药用植物桑黄抑制高血糖症的研究[J]. 菏泽医学专科学校学报, 2010, 22(1): 1-2.
ZHOU CW, WANG F, TAO SL, *et al.* Inhibition of hyperglycemia by *Phellinus igniarius* [J]. J Heze Med Coll, 2010, 22(1): 1-2.
- [38] 黄倩, 林佩璜, 王梅爱, 等. 桑黄多糖通过 P311/TGF- β 1/Snai1 通路抗糖尿病小鼠肾间质纤维化的研究[J]. 中药药理与临床, 2019, 35(1): 28-33.
HUANG Q, LIN PH, WANG MA, *et al.* *Phellinus igniarius* polysaccharide attenuates renal fibrosis in diabetic nephropathy mice based on P311/TGF- β 1/Snai1 pathway [J]. Pharmacol Clin Chin Mater Med, 2019, 35(1): 28-33.
- [39] 张超, 汪雯翰, 杨焱, 等. 鲍姆桑黄孔菌化合物对 HepG2 细胞葡萄糖消耗的影响及其作用机制的研究[J]. 菌物学报, 2016, 35(7): 857-864.
ZHANG C, WANG WH, YANG Y, *et al.* Compounds of *Sanghuangporus baumii* and their affecting mechanism of glucose consumption in insulin-resistant HepG2 cells [J]. Mycosystema, 2016, 35(7): 857-864.
- [40] 杜明. 桑黄多糖的提取及其对小鼠急性酒精肝损伤的保护作用研究[D]. 杨陵: 西北农林科技大学, 2010.
DU M. Extraction of polysaccharide from *Phellinus igniarius* and its protective effect on acute alcoholic liver injury in mice [D]. Yangling: Northwest Agriculture & Forestry University, 2010.
- [41] 孟庆龙, 陈丽, 潘景芝, 等. 桑黄胞内及胞外多糖抗炎作用的研究[J]. 时珍国医国药, 2011, 22(5): 1130-1132.
MENG QL, CHEN L, PAN JZ, *et al.* Study on the anti-inflammatory effect of *Phellinus igniarius* intracellular and extracellular polysaccharides [J]. Lishizhen Med Mater Med Res, 2011, 22(5): 1130-1132.
- [42] YPUSRA A, EL-MARADNY, ESMAIL M, *et al.* Lectins purified from medicinal and edible mushrooms: Insights into their antiviral activity against pathogenic viruses [J]. Int J Biol Macromol, 2021, 179(15): 239-258.
- [43] RODRIGUES BJ, DE NUNES CJR. Polysaccharides obtained from natural edible sources and their role in modulating the immune system: Biologically active potential that can be exploited against COVID-19 [J]. Trends Food Sci Technol, 2021, 108(2): 223-235.
- [44] MAITY P, SEN IK. Biologically active polysaccharide from edible mushrooms: A review [J]. Int J Biol Macromol, 2021, 172(3): 408-417.
- [45] YUAN YY, CHE L, QI CC, *et al.* Protective effects of polysaccharides on hepatic injury: A review [J]. Int J Biol Macromol, 2019, 141(12): 822-830.
- [46] MA GX, YANG WJ, ZHAO LY, *et al.* A critical review on the health promoting effects of mushrooms nutraceuticals [J]. Food Sci Hum Well, 2018, 7(2): 125-133.
- [47] WANG YY, MA H, DING ZC, *et al.* Three-phase partitioning for the direct extraction and separation of bioactive exopolysaccharides from the cultured broth of *Phellinus baumii* [J]. Int J Biol Macromol, 2019, 123(15): 201-209.
- [48] ZHANG HN, MA HL, ZHOU CS, *et al.* Enhanced production and antioxidant activity of endo-polysaccharides from *Phellinus igniarius* mutants screened by low power He-Ne laser and ultraviolet induction [J]. Bioact Carbohydr, 2018, 15(7): 30-36.
- [49] CHEN C, LIU X, QIA SS, *et al.* Hepatoprotective effect of *Phellinus linteus* mycelia polysaccharide (PL-N1) against acetaminophen-induced liver injury in mouse [J]. Int J Biol Macromol, 2020, 154(7): 1276-1284.
- [50] LI TT, YANG Y, LIU YF, *et al.* Physicochemical characteristics and biological activities of polysaccharide fractions from *Phellinus baumii* cultured with different methods [J]. Int J Biol Macromol, 2015, 81(11): 1082-1088.

(责任编辑: 张晓寒)

作者简介



陈淑慧, 副研究馆员, 主要研究方向为食品文献计量学。
E-mail: chengshuhui2000@126.com