DOI:10.3969/j.issn.1005-6521.2019.08.037

# 松花粉主要活性成分及保健作用的研究进展

戴承恩[1],何小平[2],郑芬芬[1],竺画柳[1],潘晓妍[1],刘良丰[1],杜伟[1],李海龙[1,*]
(1. 浙江亚林生物科技股份有限公司,浙江 杭州 311400;2. 中国林业科学研究院 亚热带林业研究所,浙江 杭州 311400)

**摘　要**:松花粉作为一种历史悠久食药同源的传统食品,具有花源单一、品质纯净、无污染、无残留、口感清香等特点,且富含多糖、黄酮、植物甾醇、胆碱、核酸等多种活性成分,具有增强免疫功能、延缓衰老、抗肿瘤、调节代谢、改善肠胃功能、抗炎镇痛、抗疲劳等众多的保健作用。该文综述近年来国内外松花粉主要活性成分及保健作用的研究进展,分析目前松花粉研究和产品开发中存在的主要问题,展望松花粉广阔的应用前景,以期为松花粉作用机制深入研究及精深加工产品挖掘提供依据。

**关键词**:松花粉;活性成分;多糖;黄酮;保健作用

## Research Progress on Active Ingredients and Health Function of Pine Pollen

DAI Cheng-en[1], HE Xiao-ping[2], ZHENG Fen-fen[1], ZHU Hua-liu[1], PAN Xiao-yan[1], LIU Liang-feng[1], DU Wei[1], LI Hai-long[1,*]
(1. Zhejiang Yalin Biological Technology Co., Ltd., Hangzhou 311400, Zhejiang ,China; 2. Research Institute of Subtropical Forestry, Chinese Academy of Forestry, Hangzhou 311400, Zhejiang, China)

**Abstract**: Pine pollen, as a traditional Chinese food with a long history, has the characteristics of single flower source, pure quality, pollution-free, residue-free and fragrant taste. It is rich in polysaccharides, flavonoids, phytosterols, choline, nucleic acids and other active ingredients. Previous studies had demonstrated that pine pollen has many health function, such as enhancing immune function, delaying aging, anti-tumor, regulating metabolism, improving gastrointestinal function, anti-inflammatory analgesia, anti-fatigue and so on. In order to provide a basis for further research on the mechanism of pine pollen and the development of intensive processing products, the research progress of main active components and health function of pine pollen in recent years was reviewed in this paper, and the main problems in pine pollen research and product development were analyzed, and the broad application prospect of pine pollen was prospected.

**Key words**: pine pollen; active ingredients; polysaccharides; flavonoids; health function

引文格式:
戴承恩,何小平,郑芬芬,等. 松花粉主要活性成分及保健作用的研究进展[J].食品研究与开发,2019,40(8):212-219
DAI Chengen, HE Xiaoping, ZHENG Fenfen, et al. Research Progress on Active Ingredients and Health Function of Pine Pollen[J]. Food Research and Development,2019,40(8):212-219

松花粉,又名松花、松黄,是指松科植物马尾松、油松或同属植物的花粉。在我国传统中医药学中具有悠久的食药同源历史,《新修本草》中记载:“松花即松黄,拂取正似蒲黄,久服令轻身,疗病胜似皮、叶及脂也”。还记载于《本草纲目》、《本草逢原》及《本草从新》等著作中。研究发现松花粉营养成分和生物活性成分丰富,含多种蛋白质、氨基酸、酶、维生素、矿物质、核酸、黄酮类化合物、糖类化合物、胆碱、植物甾醇等 200 余种物质[1-3],且搭配合理,营养均衡、全面,易于人体吸收。

作者简介:戴承恩(1978—),男(汉),工程师,研究生,主要从事生药学和功能性食品研究。
* 通信作者:李海龙(1982—),男(汉),高级工程师,研究生,主要从事食品科学研究。

研究表明松花粉在保护肝脏、调节血脂与血糖、增强免疫力、抗肿瘤、抗氧化、延缓衰老及消炎止痒等方面发挥保健作用[4-9]。松花粉因其营养丰富、安全有效、功能明确,具有多种药用和保健功效,有较大的开发应用价值,已逐渐成为众多学者关注的热点。该文对近几年国内外松花粉主要活性成分及保健作用的研究进展加以综述,以期为松花粉作用机制深入研究及精深加工产品开发提供新的参考。

## 1 松花粉主要活性成分

### 1.1 多糖

多糖(polysaccharide)在自然界中分布非常广泛,作为机体生命活动的必需成分,具有丰富的生物学功能[10-14]。松花粉多糖是发挥作用的主要活性成分,各松树花粉的多糖含量不一,其中马尾松松花粉多糖含量约为 11.2 mg/g[15],油松花粉中多糖含量约为 31.8 mg/g[16]。松花粉多糖的提取方法以水提醇沉法为主[17],不同研究人员用该方法提取的粗多糖的得率分别为 3.12 %[2]、4.28 %[18]、0.83 %[19]。Liu X D 等[7]通过超声辅助方法提取松花粉活性成分,以超声频率为 20 kHz,超声时间分别为 10 min 和 50 min 条件下,30 %超声振幅时多糖含量由 10.02 mg/g 提高到 13.00 mg/g,60 %超声振幅时多糖含量由 11.04 mg/g 提高到 15.41 mg/g。说明通过超声辅助处理松花粉能显著提高多糖的提取得率。

在松花粉多糖的结构分析表明,多糖结构的键型主要为 1→6 键型,核磁共振研究结果表明多糖含 α、β 两种构型。Yang S F 等[2]对泰山马尾松松花粉提取松花粉多糖 1、2、3 分子量的测定,其分子量大小分别为 $5.6\times10^4$、$2.5\times10^4$、$1.28\times10^5$ Da。同时,对松花粉单糖分析发现主要有葡萄糖(glucose)、木糖(xylose)、阿拉伯糖(arabinose)、半乳糖(galactose)、鼠李糖(rhamnose)、甘露糖(mannose)、核糖(ribose)、岩藻糖(fucose)等成分组成[2,18-20]。而目前研究较多的蜂花粉多糖中,油菜花粉多糖平均分子量为 $2.5\times10^4$ Da[21]、荷花花粉多糖分子量约为 $3.8\times10^5$ Da[22]、山楂花粉中分离的两个多糖分子量分别为 $3.8\times10^5$ Da 和 $7.8\times10^4$ Da[23],单糖的组成成分也各不相同。

### 1.2 黄酮

黄酮类化合物(flavonoids)因其具有广泛的生物活性,已成为学者研究的重点。松花粉中总黄酮含量约为 12 mg/g~23 mg/g[24],其中油松和马尾松中黄酮类化合物含量较高。目前,常见的松花粉黄酮提取方法为有机溶剂浸提法,还包括超声波辅助提取法、微波辅助提取法、超临界萃取法,酶解法等提取新技术。李雪梅等[25]研究认为乙醇是马尾松花粉总黄酮类物质的最适提取剂,其最佳提取条件为乙醇浓度 95 %,料液比为 1∶25(体积比),温度为 70 ℃,在此条件下,总黄酮类物质提取的含量为 13.52 mg/g。邵圣娟等[26]用超声波辅助纤维素酶解法提取马尾松花粉中的总黄酮,在纤维素酶质量分数 0.2 %,溶剂乙醇体积分数 60 %,液固比 25∶1(体积比),超声时间 30 min 的工艺条件下,总黄酮含量为 12.02 mg/g。

松花粉中黄酮很早就被分离出来,1965 年 Strohl 等就发现,松花粉中的黄酮类化合物包括对羟基苯甲酸(p-hydroxybenzoic)、原茶儿酸(protocatechuic acid)、五倍子酸(gallic acid)、香草酸(vanillic acid)等组分。随后,在松花粉中又发现睾酮(testosterone)、表睾酮(epitestosterone)和雄甾烯二酮(androstenedione)等物质[27]。李丽等[28]采用反复柱色谱法从松花粉中分离并鉴定了 11 个化合物,其中 3,3',5,5',7-五羟基二氢黄酮醇(3,3',5,5',7-pentahydroflavanone)、单硬脂酸甘油酯(2,3-dihydroxypropyl octadecanoate)、对羟基苯甲醛(p-hydroxybenzaldehyde)等 10 个化合物为首次从马尾松花粉中分离得到。唐雨等[29]从马尾松花粉中分离得到 9 个化合物,并进行结构鉴定,确认了柚皮素(naringenin)、花旗松素(taxifolin)、柑橘查耳酮(chalconaringenin)、杜鹃醇(rhododendrol)等 7 个化合物为首次从松花粉中分离得到。

### 1.3 蛋白质、酶与生物活性肽

花粉是植物体含氮量最高的部位,不同植物和不同季节的花粉,其蛋白质(protein)含量不同。其中蜂花粉中粗蛋白的含量约为 10 %~40 %[30],Szczesna T[31]对 16 个属不同样本数目的蜂花粉蛋白和氨基酸进行研究,其粗蛋白的含量在 13.06 %~24.54 %,结果非常详细。松花粉中的蛋白质含量约为 10.7 %~16.5 %[3],Zhao L 等[32]对破壁和不破壁马尾松花粉中营养成分的检测结果显示,不破壁松花粉蛋白质含量为 12.7 %,经破壁后的蛋白质含量可达 13.1 %。然而通过超声辅助提取方法,在不同超声条件下,松花粉蛋白质含量分别由 66.38 mg/g(30 %振幅,10 min)和 71.36 mg/g(60 %振幅,10 min)增加到 85.27 mg/g(30 %振幅,50 min)和 102.68 mg/g(60 %振幅,50 min)[7],说明松花粉提取物中蛋白质含量得到显著提高。

花粉中存在近百种人体所需的酶(enzyme)和辅酶(coenzyme)[33],参与人体消化和吸收、细胞新陈代谢、增强免疫系统等作用,但其作用分子机制的研究几乎空白。范国栋等[34]对云南松花粉中 9 种酶和 1 种辅酶活力进行测定,其中以过氧化氢酶的活力最高,可达

到 6 690.14 U/g，超氧化物歧化酶的活力最低，仅为 2.371 U/g。同时,松花粉中还存在着大量的生物活性肽(bioactive peptides)，易于被人体消化吸收和消化,具有很高的营养价值和功能特性。现代研究证明生物活性肽具有抗氧化、抗菌、降血压、抗肿瘤、抗过敏、调节免疫力等保健作用[35-36]。Marinova M D 等[37]通过酶解蜂花粉蛋白形成约 20 %的菠萝蛋白酶水解产物、26 %的甘蓝氨基肽酶和脯氨酸亚氨基肽酶水解产物、24 %的鸡豌豆氨肽酶水解产物,28 %的混合酶水解产物等多种生物活性肽进行抗氧化研究,发现其具有良好的清除自由基能力。而对松花粉中生物活性肽的研究鲜有报道。

1.4 植物甾醇

植物甾醇(phytosterols)是一种存在于植物中的天然活性物质,且种类繁多,具有降低胆固醇、抗癌、抗氧化、抗炎和降血糖等生理功能[38-39]。松花粉中植物甾醇含量 0.22 %~0.28 %，主要由 β-谷甾醇（β-sitosterol)、菜油甾醇(campesterol)、少量菜子甾醇(brassicasterol)和豆甾醇(stigmasterol)组成,其中 β-谷甾醇约占总甾醇的 78 %[40]。在植物甾醇提取技术上,因超临界流体萃取技术独特的优势而得到广泛应用[41]。高爱新等[40]利用超临界 $CO_2$ 技术萃取马尾松花粉中的植物甾醇,通过优化萃取的工艺参数,使提取物中植物甾醇的含量高达 8.6 %。在成分鉴定上,孙阳恩等[42]采用气相色谱-质谱联用技术首次对马尾松花粉中的植物甾醇进行详细定性，鉴定出 8 种植物甾醇成分,其中，植物甾醇中的△7-菜油甾醇（△7-campesterol)、△5-燕麦甾醇（△5-avenasterol)、禾本甾醇(gramisterol)、环阿屯醇(cycloartenol)、24-亚甲基环木菠萝烷醇(24-methylenecycloartanol)为首次分离得到。同时,测得破壁马尾松花粉中总甾醇含量为 1.680 mg/g。

1.5 胆碱

胆碱(choline)是一种含氮的有机碱性化合物,在体内由甲硫氨酸供给甲基与胆胺结合而成,具有保护肝脏的作用[43]。其乙酰化后形成乙酰胆碱(acetylcholine)，是传递神经信号的介质。而且通过合理的摄入胆碱，可防止记忆力衰退,有助于治疗唐氏综合征和老年痴呆病[44]。松花粉中含有丰富的胆碱,每 100 g 中含胆碱 202.94 mg~267.79 mg[3]。李英等[45]采用雷纳克铵盐分光光度法测定松花粉中胆碱的含量,不同产地的样品中最高可达到 268 mg/100 g，且产地不同其含量存在显著的差异。

1.6 核酸

核酸(nucleic acid)在生命活动中具有重要作用，是遗传物质的基础,是人体不可缺少的营养物质。它与人体免疫体系、衰老机制、细胞修复与增殖、神经系统、心血管系统、癌症、糖尿病等息息相关。核酸作为松花粉的重要成分之一,含量非常丰富,每 100 g 松花粉中含核酸 48.65 mg[3]。另有报道在破壁松花粉中核糖核酸量(ribonucleic acid,RNA)为 80.3 mg/100 g,脱氧核糖核酸为(deoxyribonucleic acid,DNA)18.3 mg/100 g，核酸总量为 98.6 mg/100 g，要比其它核酸丰富的食物含量还要高[46]。

## 2 松花粉保健作用

2.1 增强免疫作用

随着多糖在生命活动中的功能和调控机制研究的深入，已形成一门新兴的学科——糖生物学(glycobiology)。很多中药多糖对机体存在一定免疫促进作用,常见的中药多糖如黄芪多糖、灵芝多糖、人参多糖、当归多糖等都具有增强机体免疫作用[47-50]。同样,松花粉多糖也能够显著增加机体免疫力。魏凯等[51]发现泰山松花粉多糖能提高正常和免疫抑制小鼠的抗体水平、血液淋巴细胞比率、脾脏淋巴细胞转化率以及小肠免疫球蛋白 A 含量,200 mg/kg 剂量的效果即非常显著,400 mg/kg 剂量能使环磷酰胺诱导的免疫抑制完全恢复到正常水平。Geng Y 等[20]探讨马尾松花粉硫酸酯化多糖组分对 RAW264.7 巨噬细胞的免疫调控机制,认为它能够提高小鼠巨噬细胞分泌白细胞介素-1(interleukin-1,IL-1)、白细胞介素-6(interleukin-1,IL-6)、肿瘤坏死因子(tumor necrosis factor-α,TNF-α)等细胞因子,而且还显著提升一氧化氮(NO)合成酶的活性,加快 NO 的合成，其可能的信号途径为 SPPM60-D→TLR4→PI3K→PLC→IP3→IP3R→CRAC，并促进了细胞中$[Ca^{2+}]_i$ 的升高。

松花粉多糖作为免疫佐剂或者免疫增强剂,可提高兔病毒性出血症组织灭活疫苗[17]、禽波氏杆菌重组细菌外膜蛋白(outer membrane protein A,ompA)亚单位疫苗[6,52-53]、猪繁殖与呼吸综合征病毒亚单位疫苗[54]、鸡奇异变形杆菌亚单位疫苗[55]的免疫效果。同时,松花粉多糖对鸡感染 J 亚群白血病病毒[8]、鸡混合感染 B 亚群禽白血病病毒和禽波氏杆菌[19]、鸡胚混合感染 J 亚群白血病病毒和禽网状内皮组织增生病病毒[56]的动物具有免疫增强作用,主要通过改善免疫抑制动物的免疫器官指数、淋巴细胞转化率及细胞因子表达水平,促进免疫受抑制动物的免疫功能。研究还发现松花粉多糖能直接抑制病毒吸附宿主细胞[8]。

2.2 护肝作用

肝脏是人体最重要的物质代谢中枢和排毒器官,几乎参与体内一切代谢过程。随着生活水平的不断提高,肝病的发病率不断在上升,目前对肝病的保养重在调节饮食,合理营养。近年来关于松花粉对肝脏保护作用的相关报道已逐渐增多。Zhou C M 等[18]报道松花粉多糖对自由基及过氧化物具有较强的清除能力,明显降低四氯化碳(carbon tetrachloride,$CCl_4$)诱导的肝损伤引起的血清中升高的丙氨酸氨基转移酶(alanine aminotransferase,ALT)、天冬氨酸氨基转移酶(aspartate aminotransferase,AST)、碱性磷酸酶(alkaline phosphatase,ALP)和乳酸脱氢酶(lactate dehydrogenase,LDH)水平和肝匀浆中升高的丙二醛(malondialdehyde,MDA)的含量,并提高血清和肝匀浆中超氧化物歧化酶(superoxide dismutase,SOD)、谷胱甘肽过氧化物酶(glutathione peroxidase,GSH-Px)的活性。

松花粉中的多酚类化合物在保护肝脏中也起重要作用。Jin X Y 等[4]试验认为松花粉提取物对 $CCl_4$ 损伤肝细胞系 L-02 细胞的增殖活性保护作用不明显,但对肝细胞形态及功能损伤具有保护作用,这可能与松花粉富含多酚类化合物有关。其主要表现为降低损伤细胞中的 AST 和 ALT 活性,同时有效地清除脂质过氧化物的产物 MDA。Cong T 等[57]研究表明松花粉水提物对 $CCl_4$ 所致大鼠实验性肝纤维化模型具有积极的干预效果,其机理主要是通过提高抗氧化能力,抑制过氧化物的形成,调节纤维化相关因子和蛋白的表达,抑带肝星状细胞(hepatic stellate cells,HSC)活化从而减少胶原生成,调节基质金属蛋白酶(matrixmetalloproteinase,MMPs)表达量的多途径协同作用。

2.3 延缓衰老

松花粉含有松树植株所具有的一切营养成分和生命活性物质,其成分稳定、易被机体吸收利用,具有延缓衰老的作用。Mao G X 等[58]发现松花粉能显著改善 D-半乳糖衰老模型小鼠的学习记忆功能,并上调抗氧化活性和降低衰老相关的炎症介质水平,抑制体内非酶糖基化可能是其发挥延缓衰老作用的机制。表现为抑制模型组血清及脑组织中晚期糖基化终末产物(advanced glycation end product,AGE)及 IL-6、TNF-α 水平的升高,提高血清及脑组织 SOD 活力并下调 MDA 水平。从分子水平上,松花粉通过部分恢复机体衰老状态下内源性抗氧化酶活性来减少自由基及活性氧类物质对线粒体 DNA(mitochondrial DNA,mtDNA)的氧化损伤,抑制衰老小鼠 mtDNA 的缺失突变而延缓肾脏衰老,从而为分子水平提供了松花粉延缓衰老的可能机制[59]。

2.4 抗疲劳

松花粉能提高体内糖原含量,减少体内蛋白质和含氮化合物的分解,增加运动耐力,减少因乳酸增加所引起的自由基堆积,缓解运动疲劳,能够改善耐受低压缺氧能力,有助于机体适应激烈运动及高原条件所致缺氧情况。试验结果显示,松花粉能显著延长小鼠负重游泳时间,降低运动后小鼠血乳酸浓度和增加肝细胞糖元含量,降低运动后血清尿素氮含量,从而表明松花粉具有明显的抗疲劳作用[60]。松花粉含丰富的黄酮类物质、维生素 E、β-胡萝卜素和微量元素硒,可通过降低运动后的自由基浓度,减轻自由基的损伤程度,从而减缓运动疲劳的产生[61]。

游泳时间是机体抗应激能力、抗疲劳能力等多种作用的综合体现,而长时间大强度的耐力训练能抑制机体免疫功能。李守汉等[62]探讨抗疲劳与免疫系统相互关系,破壁松花粉组(1.5 g/kg)的游泳时间明显高于对照,具有显著差异,说明松花粉能延长运动时间,延缓机体疲劳。同时松花粉能增强过度运动大鼠血浆中 T 淋巴细胞亚群水平,从而改善了 T 淋巴细胞免疫功能的抑制作用。

2.5 调节血脂

松花粉在改善体脂、降低血脂、调节脂质代谢方面有明显的作用,其醇提物、水提物及脂溶性提取物等不同提取物都表现出较好的效果。Vasilenko Y K 等[63]对高脂血症的大鼠连续喂养花粉(100 mg/kg)两个月,血清中总胆固醇(total cholesterol,TC)、甘油三酯(triglyceride,TG)、低密度脂蛋白(low density lipoprotein,LDL)分别降低了 40.7 %、28.3 %、44.9 %,而高密度脂蛋白(high density lipoprotein,HDL)升高了 25.2 %,与对照组比较,差异均具有显著。通过降低胆固醇的吸收,促进胆汁酸的分泌,抑制过氧化物的形成,增加膜的稳定性,提高组织代谢的应激反应等协同降血脂。

破壁松花粉经超临界 $CO_2$ 萃取,其松花粉萃取物可使 TC 水平、TG 及 LDL 水平显著降低,而 HDL 略有升高,主要通过增加对 TG 的运转,及对 TC 的乳化、清除作用而达到降低血脂的效果,并推测其降血脂的主要成分为萃取物中所含的约 30 %不饱和脂肪酸、25 %植物甾醇及 2 %卵磷脂[64]。松花粉对预防肥胖的研究发现,马尾松花粉水提物能降低小鼠体重和体脂总重,降低小鼠血清中 TC、TG 的含量,升高高密度脂蛋白胆固醇(high density lipoprotein cholesterol,HDLC)的含量,显著地升高肝脏组织和脂肪组织中肉碱棕榈酰转移酶 I(carnitine palmitoyltransferase I,CPT-I)的含

量,在分子水平上,能显著上调 CPT-I mRNA 的表达,从脂肪酸氧化过程推测了预防小鼠肥胖的机制[65]。

2.6 改善胃肠道功能

松花粉含有非常高的膳食纤维,能够抑制一些致病菌如肠道杆菌和变形杆菌的生长,预防便秘,改善菌群结构[32]。还含有丰富的多糖类物质,其中功能性低聚糖作为益生元可直接促进肠道益生菌的增殖,食用松花粉能够有效地改善慢性应激导致的肠道微生态失调[66]。杨长军等[67]研究结果证实松花粉对大鼠急性酒精性胃黏膜损伤有明显保护作用,并呈明显的剂量依赖关系,高剂量松花粉使肉眼病变明显减轻,损伤积分指数显著降低。同时能显著升高胃组织 SOD 活性及 NO 含量,并抑制乙醇引起的胃黏膜 MDA 水平升高。作用机制可能与其增强胃黏膜保护因子,提高抗氧化及清除自由基能力有关。

2.7 抗癌作用

松花粉含有丰富的多糖,在提高机体免疫功能和抗肿瘤上发挥一定的作用,而且经酯化的多糖抗癌的活性更强。文献报道马尾松花粉硫酸酯化多糖对体内外肿瘤细胞具有明显的抑制作用、促进 T、B 细胞增殖,增强巨噬细胞的吞噬作用,并表现出良好的清除自由基能力。经硫酸酯化后,在体内外的抗肿瘤活性显著增强,可能是通过抑制细胞分裂周期、调控凋亡相关基因及蛋白质等方式来诱导细胞凋亡,抑制细胞增殖[68]。而 Chu H L 等[69]在分子水平上解析了可能的作用机制,通过试验发现马尾松花粉硫酸酯化多糖对 HepG2 细胞的增殖有抑制作用,且在一定程度上具有剂量和时间依赖性,主要是在转录水平上下调周期蛋白依赖性激酶 1(cyclin-dependent protein kinases,CDK1)和细胞周期蛋白 B(CyclinB)的 mRNA 表达和上调 p53 和 p21 蛋白的 mRNA 表达,使细胞周期阻滞于 DNA 合成后期/有丝分裂期(G2/M),抑制肿瘤细胞的分裂。也有研究认为花粉中的甾类化合物对前列腺癌具有积极的治疗作用[70]。

2.8 抑制前列腺增生

据国内外临床验证,服用花粉或其提取物,对前列腺疾病有良好的防治效果,能标本兼治,且无不良反应,可以长期服用,已经形成一系列的成熟产品如舍尼通、普乐安片等[71-73]。松花粉对雄性大鼠前列腺增生有明显的抑制作用,其机理似乎主要体现在调节体内性激素的平衡,尤其是影响了体内雌二醇的水平。与此同时,对某些酶的活性也产生了正面影响,从而促进了机体组织中过氧化物的清除,发挥了相应的保护作用,减轻了前列腺组织的损伤程度[74]。Li Y F 等[75]研究认为应激诱导的氧化损伤促进和加重前列腺增生(benign prostatic hyperplasia,BPH)的发生和发展过程,而油菜花粉活性成分的抗氧化作用是导致 BPH 改进主要原因。

2.9 抗炎作用

松花粉表现出良好的镇痛和抗炎作用,能够抑制与脂肪氧化酶(lipoxygenase)和环氧化酶(cyclooxygenase)途径相关炎症介质的产生,且认为其作用是由松花粉中丰富的黄酮类化合物产生的[1]。松花粉可通过下调应激活化蛋白激酶(C-Jun N-terminal kinase,JNK)和 MMPs 的表达产生很强的抗氧化和抗炎作用[9]。另有文献报道,松花粉提取物(pollen extract,PE)可使关节的炎症和足部水肿得到明显的抑制,PE(100 mg/kg)给药 49 d 可降低小鼠血清中的类风湿因子、抗 II 型胶原抗体、蛋白羰基化、TNF-α、白细胞介素-1β(interleukin-1β,IL-1β)、IL-6、AGE、MAD 和低密度脂蛋白胆固醇(low density lipoprotein cholesterol,LDLC)水平[27],具体的作用机制还需进一步研究。

2.10 其它

2.10.1 抗金属毒性

松花粉对铅中毒导致的学习和记忆障碍有一定改善作用。松花粉可通过抑制脂质过氧化、降低自由基对脑组织的损伤,恢复小鼠的部分学习记忆能力,主要表现在降低铅中毒小鼠脑组织中 MDA 含量、抑制单胺氧化酶(monoamine oxidase,MAO)活性、升高 GSH-Px、SOD 的活性等方面[76]。松花粉可调节砷中毒后大脑细胞中相关凋亡因子 Bax、Fas、Bcl-2 、p53 等基因的表达,从而抑制小鼠大脑皮质细胞的凋亡,具体分子作用机制还需进一步研究[77]。

2.10.2 促进锌的吸收利用

松花粉中锌含量丰富,生物利用度相当高,且能促进锌的吸收利用。赵霖等[77]对缺锌大鼠补锌采用对喂方法研究发现摄入基础饲料组和含等量锌的松花粉饲料组间生长情况和生化、血液学指标均未见差异,其营养作用是等同的。说明松花粉对缺锌幼鼠具有营养作用。同时对天然和破壁松花粉中锌的生物利用度进行了比较研究,结果证明松花粉破壁后锌的生物利用度有所上升,但与天然松花粉本身已很高生物利用度水平相比,上升幅度很小[78]。

2.10.3 外用功效

松花粉中含有的大量的维生素、矿物质锌和镁,对青春痘和皮肤疾病有很好的功效,也可以收敛止血,对湿疹、尿布性皮炎等有积极的治疗作用。《本草从新》中就有松花粉外用治疗“诸痘疮伤损,并湿烂不

痂”的应用记载。国内也有报道松花粉用于治疗水痘、婴儿湿疹、尿布性皮炎,而且总体效果不错,相关的产品如松花爽身粉、“优姿”保湿抗皱霜等都已在应用中。

## 3 展望

松花粉营养成分丰富,多糖、黄酮、甾醇、胆碱等物质是其发挥增强免疫、抗疲劳、延缓衰老、保肝护肝等作用的主要活性成分。虽然,近年来松花粉研究和产品开发取得一定的成就,仍存在诸多需要解决的问题:第一,理论研究薄弱,松花粉成分较为复杂,各种有效成分的保健作用研究缺乏系统性和整体性,特别是在确切的分子作用机制上尚未阐明。第二,相关研究和产品开发平台缺乏,作为中国特色的传统中药材,不论是学术研究和产品开发都有待于进一步提高。第三,产品开发落后,目前市场松花粉产品单一,主要以未经加工的破壁松花粉为主,高附加值的精深加工产品缺少。第四,松花粉的保健作用研究涉及范围较广,而其临床应用研究相对缺乏。但是,随着松花粉研究得到不断的重视,解决这些问题指日可待。

我国利用松花粉的历史悠久,其在提高人体免疫力和防止疾病上具有独特的保健功效。著名营养学家于若木曾称赞松花粉为“世界珍奇,中国独有”,并认为“松花粉的开发是造福人民的事业”。本研究中心经过不断的攻关,已成功开发出一系列的松花粉产品,并创新性利用益生菌发酵松花粉开发新产品[80]。同时松花粉资源丰富,市场需求量大,生产花粉时间集中且采集技术简单,将成为林区农民增加收入的有效途径。松花粉具有较大食用、药用、保健价值,在医药、保健品、功能性食品及日用化妆品领域有着广阔的开发前景,对其进行深入研究具有重要意义。

## 参考文献:


[1] Choi E M. Antinociceptive and antiinflammatory activities of pine (*Pinus densiflora*) pollen extract[J]. Phytother Res, 2007, 21(5): 471–475

[2] Yang S F, Wei K, Jia F J, et al. Characterization and biological activity of Taishan *Pinus massoniana* pollen polysaccharide *in vitro*[J]. Plos One, 2015, 10(3): e0115638

[3] 高爱新,秦国峰,何玉友. 马尾松花粉研究及应用[M]. 杭州:浙江大学出版社,2014: 186–220

[4] Jin X Y, Cong T, Zhao L, et al. The protective effects of Masson pine pollen aqueous extract on $CCl_4$–induced oxidative damage of human hepatic cells[J]. Int J Clin Exp Med, 2015, 8(10): 17773–17780

[5] 宋航, 张含, 刘铭,等. 马尾松花粉醇提物降脂作用与预防肥胖的实验研究[J]. 天然产物研究与开发, 2013, 25(2):253–257

[6] Zhu F J, Liu X, Sun Z H, et al. Immune–enhancing effects of Taishan *Pinus massoniana* pollen polysaccharides on DNA vaccine expressing *Bordetella avium* ompA[J]. Front Microbiol, 2016, 7: 66

[7] Liu X D, Zhang F B, Zhou B, et al. Effect of sonication on different quality parameters of *Pinus massoniana* pollen[J]. Ultrason Sonochem, 2015, 22: 174–181

[8] Yu C L, Wei K, Liu L P, et al. Taishan *Pinus massoniana* pollen polysaccharide inhibits subgroup J avian leucosis virus infection by directly blocking virus infection and improving immunity[J]. Sci Rep, 2017, 7: 44353

[9] Lee K H, Kim A J, Choi E M. Antioxidant and antiinflammatory activity of pine pollen extract *in vitro*[J]. Phytother Res, 2009, 23(1): 41–48

[10] Zheng Y, Wang W D, Li Y. Antitumor and immunomodulatory activity of polysaccharide isolated from *Trametes orientalis*[J]. Carbohyd Polym, 2015, 131: 248–254

[11] Wang Y J, Moradali M F, Goudarztalejerdi A, et al. Biological function of a polysaccharide degrading enzyme in the periplasm[J].Sci Rep, 2016, 6: 31249

[12] Guo Q, Shao Q, Xu W P, et al. Immunomodulatory and Anti–IBDV Activities of the Polysaccharide AEX from *Coccomyxa gloeobotrydiformis*[J]. Mar Drugs, 2017, 15: 36

[13] Ren Y L, Zheng G Q, You L J, et al. Structural characterization and macrophage immunomodulatory activity of a polysaccharide isolated from *Gracilaria lemaneiformis*[J]. J Funct Foods, 2017, 33: 286–296

[14] Wang M, Yang X B, Zhao J W, et al. Structural characterization and macrophage immunomodulatory activity of a novel polysaccharide from *Smilax glabra Roxb*[J]. Carbohyd Polym, 2016, 156: 390–402

[15] 袁桂香,罗小菊, 刘映良. 马尾松松花粉多糖提取工艺[J]. 林业工程学报, 2016, 1(4): 80–84

[16] 周立波, 范三红, 孔爱明. 油松花粉多糖微波提取及含量测定[J]. 食品工程, 2008(4): 56–58

[17] Wei K, Sun Z H, Yan Z G, et al. Effects of Taishan Pinus massoniana pollen polysaccharide on immune response of rabbit haemorrhagic disease tissue inactivated vaccine and on production performance of Rex rabbits[J]. Vaccine, 2011, 29(14): 2530–2536

[18] Zhou C M, Yin S J, Yu Z F, et al. Preliminary characterization, antioxidant and hepatoprotective activities of polysaccharides from Taishan *Pinus massoniana* pollen[J]. Molecules, 2018, 23: 281

[19] Guo F X, Xue C, Wu C, et al. Immunoregulatory effects of Taishan *Pinus massoniana* pollen polysaccharide on chicks co–infected with *avian leukosis* virus and *Bordetella avium* early *in ovo*[J]. Res Vet Sci, 2014, 96(2): 260–266

[20] Geng Y, Xing L, Sun M M, et al. Immunomodulatory effects of sulfated polysaccharides of pine pollen on mouse macrophages[J]. Int J Biol Macromol, 2016, 91: 846–855

[21] Yang X P, Guo D Y, Zhang J M, et al. Characterization and antitumor activity of pollen polysaccharide[J]. Int Immunopharmacol, 2007, 7(3): 401–408

[22] Li S S, Yang G, Yan J M, et al. Polysaccharide structure and immunological relationships of RG–I pectin from the bee pollen of *Nelumbo nucifera*[J]. Int J Biol Macromol, 2018, 111: 660–666

[23] Li F, Yuan Q P, Rashid F. Isolation, purification and immunobiological activity of a new water-soluble bee pollen polysaccharide from *Crataegus pinnatifida Bge*[J]. Carbohyd Polym, 2009, 78(1): 80-88

[24] 吴晓琴, 刘杰尔, 金成,等. 不同品种松花粉中营养素和非营养素的比较研究[J]. 食品工业科技, 2011(1): 273-276

[25] 李雪梅,陈辉,李书国,等.马尾松花粉中总黄酮类物质提取条件的研究[J]. 食品工业科技, 2011(9): 264-266

[26] 邵圣娟,李晓,卫静莉.超声波辅助纤维素酶解法提取马尾松花粉中的总黄酮[J]. 中成药, 2016, 38(1): 204-207

[27] Lee K H, Choi E M. Effect of pine pollen extract on experimental chronic arthritis[J]. Phytother Res,2009, 23(5): 651-657

[28] 李丽,孙洁,孙静勇,等.马尾松花粉化学成分的研究[J]. 中草药, 2010,41(4): 530-532

[29] 唐雨,张瑜,袁久志,等.松花粉化学成分的分离与鉴定[J]. 沈阳药科大学学报, 2011,28(6): 429-432

[30] Guine R P F. Bee pollen: Chemical composition and potential beneficial effects on health[J]. Curr Nutr Food Sci, 2015, 11(4): 301-308

[31] Szczesna T. Protein content and amino acid composition of bee-collected pollen from selected botanical origins[J]. J Apic Sci, 2006, 50(2): 91-99

[32] Zhao L, Windisch W Kirchgeβner W. A study on the nutritive value of pollen from the Chinese Masson Pine (Pinus massoniana) and its effect on fecal characteristics in rats[J]. Z Ernahrungswiss, 1996, 35(4): 341-347

[33] Hassan H M M. Chemical composition and nutritional value of palm pollen grains[J]. Global J Biotechnol Biochem, 2011, 6(1): 1-7

[34] 范国栋, 刘嘉宝, 冯武. 破壁云南松花粉成分分析及其安全性和功能评价[J]. 西部林业科学, 2001, 1(1): 54-57

[35] Maestri E, Marmiroli M, Marmiroli N. Bioactive peptides in plant-derived foodstuffs[J]. J Proteomics, 2016, 147: 140-155

[36] Ovando C A, Carvalho J C D, Pereira G V D M, et al. Functional properties and health benefits of bioactive peptides derived from *Spirulina*: A review[J]. Food Rev Int, 2018, 34(1): 34-51

[37] Marinova M D, Tchorbanov B P. Preparation of antioxidant enzymatic hydrolysates from honeybee-collected pollen using plant enzymes[J]. Enzyme Res, 2010(1): 415949

[38] Shahzad N, Khan W, Shadab M D, et al. Phytosterols as a natural anticancer agent: Current status and future perspective[J]. Biomed Pharmacother, 2017, 88: 786-794

[39] Mirasmoreno B, Sabaterjara A B, Pedreno M A, et al. Bioactivity of phytosterols and their production in plant in vitro cultures [J]. J Agric Food Chem, 2016, 64(38): 7049-7058

[40] 高爱新, 王舟莲, 王敬文,等. 超临界 $CO_2$ 萃取技术提取松花粉中植物甾醇的研究[J]. 食品科技, 2010(4): 208-210

[41] Uddin M S, Sarker M Z, Ferdosh S, et al. Phytosterols and their extraction from various plant matrices using supercritical carbon dioxide: a review[J]. J Sci Food Agric, 2015, 95(7): 1385-1394

[42] 孙阳恩, 钤莉妍, 张含, 等. 马尾松花粉中植物甾醇成分分析[J]. 天然产物研究与开发, 2012, 24(12): 1753-1756

[43] Zhu J, Wu Y, Tang Q, et al. The effects of choline on hepatic lipid metabolism, mitochondrial function and antioxidative status in human hepatic C3A cells exposed to excessive energy substrates[J]. Nutrients, 2014, 6(7): 2552-2571

[44] Strupp B J, Powers B E, Velazquez R, et al. Maternal choline supplementation:A potential prenatal treatment for down syndrome and Alzheimer´s disease[J]. Curr Alzheimer Res, 2016, 13(1): 97-106

[45] 李英, 刘志河, 刘建祥, 等. 松花粉中胆碱的提取及测定研究[J]. 光谱实验室, 2006, 23(1): 44-46

[46] 王晖, 耿越, 徐宏楠, 等. 松花粉中非营养生物活性物质研究[J]. 食品研究与开发, 2016, 37(21): 208-211

[47] Zhou L J, Liu Z J, Wang Z X, et al. *Astragalus* polysaccharides exerts immunomodulatory effects *via* TLR4-mediated MyD88-dependent signaling pathway *in vitro* and *in vivo*[J]. Sci Rep, 2017, 7: 44822

[48] Pan K, Jiang Q G, Liu G Q, et al. Optimization extraction of *Ganoderma lucidum*, polysaccharides and its immunity and antioxidant activities[J]. Int J Biol Macromol, 2013, 55(2): 301-306

[49] Sun Y X. Structure and biological activities of the polysaccharides from the leaves, roots and fruits of *Panax ginseng*, C.A. Meyer: An overview[J]. Carbohyd Polym, 2011, 85(3): 490-499

[50] Yang T H, Jia M, Meng J, et al. Immunomodulatory activity of polysaccharide isolated from Angelica sinensis[J]. Int J Biol Macromol, 2006, 39(4/5): 179-184

[51] 魏凯, 孙振红, 谭燕玲,等. 泰山松花粉多糖对小鼠免疫增强作用的研究[J]. 中国农业科学, 2010, 43(17): 3645-3652

[52] Zhao X, Liang M F, Yang P P, et al. Taishan *Pinus massoniana*, pollen polysaccharides promote immune responses of recombinant *Bordetella avium*, ompA in BALB/c mice[J]. Int Immunopharmacol, 2013, 17(3):793-798

[53] Liu L P, Yu C L, Wang C W, et al. Immuno-enhancement of Taishan *Pinus massoniana*, pollen polysaccharides on recombinant *Bordetella avium*, ompA expressed in *Pichia pastoris*[J]. Microb Pathog, 2016, 95: 54-61

[54] Peng J, Yuan Y M, Du Y J, et al. Potentiation of Taishan *Pinus massoniana*, pollen polysaccharide on the immune response and protection elicited by a highly pathogenic porcine reproductive and respiratory syndrome virus glycoprotein 5 subunit in pigs[J]. Mol Cell Probes, 2016, 30(2): 83-92

[55] Cui G L, Zhong S X, Yang S F, et al. Effects of Taishan Pinus massoniana pollen polysaccharide on the subunit vaccine of *Proteus mirabilis* in birds[J]. Int J Biol Macromol, 2013, 56(5): 94-98

[56] Li B, Wei K, Yang S F, et al. Immunomodulatory effects of Taishan *Pinus massoniana*, pollen polysaccharide and propolis on immunosuppressed chickens[J]. Microb Pathog, 2015, 78:7-13

[57] Cong T, Jin X Y, Zhao L, et al. Anti-fibrotic effects of the Masson pine pollen aqueous extract on hepatic fibrosis rat model[J]. Int J Clin Exp Pathol , 2015, 8(5): 4651-4661

[58] Mao G X, Zheng L D, Cao Y B, et al. Antiaging effect of pine pollen in human diploid fibroblasts and in a mouse model induced by D-galactose[J]. Oxid Med Cell Longev,2012(5): 750963

[59] 喻陆, 史春夏. 松花粉对衰老小鼠肾脏线粒体 DNA 缺失突变的影响[J]. 中国中药杂志, 2012, 37(11): 1663-1666

[60] 刘协, 胡启之, 李小宁,等. 松花粉的抗疲劳作用研究[J]. 中国生化药物杂志, 2004, 25(3): 169-170

[61] Reddy K V, Kumar T C, Prasad M, et al. Pulmonary lipid peroxidation and antioxidant defenses during exhaustive physical exercise: the role of vitamin E and selenium[J]. Nutrition, 1998, 14(5): 448-451

[62] 李守汉, 廉永善, 李洁. 破壁松花粉对运动大鼠免疫功能及运动能力的影响[J]. 营养学报, 2016, 38(2): 201-202

[63] Vasilenko Y K, Dukhanina I V, Lazaryan G D. Experimental studies of the hypolipidemic properties of pollen[J]. Pharm Chem J, 2008, 42(6): 348-350

[64] 杜孟浩, 王敬文, 张金萍,等. 松花粉超临界二氧化碳萃取物降血脂功能实验研究[J]. 中国现代医学杂志, 2008, 18(21): 3171-3173

[65] 张含, 宋航, 陈珊珊,等. 马尾松花粉水提物预防小鼠肥胖的初步探究[J]. 营养学报, 2013, 35(2): 195-198

[66] 白树民, 高爱新, 雷浪伟,等. 松花粉对慢性应激大鼠肠道微生态的影响[J]. 航天医学与医学工程, 2006, 19(3): 189-193

[67] 杨长军, 王桐, 曲涛,等. 松花粉对急性酒精性胃黏膜损伤的保护作用研究[J]. 食品与药品, 2017, 19(1): 22-25

[68] 耿越, 刘辉, 石丽花,等. 马尾松花粉多糖硫酸酯化前后生物活性的比较研究[J]. 中国生化药物杂志, 2010, 31(2): 98-102

[69] Chu H L, Mao H, Feng W, et al. Effects of sulfated polysaccharide from Masson pine (*Pinus massoniana*) pollen on the proliferation and cell cycle of HepG2 cells[J]. Int J Biol Macromol, 2013, 55(3): 104-108

[70] Wu Y D, Lou Y J. A steroid fraction of chloroform extract from bee pollen of *Brassica campestris* induces apoptosis in human prostate cancer PC-3 cells[J]. Phytother Res, 2007, 21(11): 1087-1091

[71] Togo Y, Ichioka D, Miyazaki J, et al. Oral administration of cernitin pollen extract (Cernilton ®) for 30 days might be useful to avoid unnecessary biopsy in prostate biopsy candidates: A preliminary study[J]. Int J Urol, 2018, 25(5): 479-485

[72] Wagenlehner F M, Schneider H, Ludwig M, et al. A pollen extract (Cernilton) in patients with inflammatory chronic prostatitis-chronic pelvic pain syndrome: a multicentre, randomised, prospective, double-blind, placebo-controlled phase 3 study[J]. Eur Urol, 2009, 56(3): 544-551

[73] Wang R W, Kobayashi Y, Lin Y, et al. A phytosterol enriched refined extract of *Brassica campestris*, L. pollen significantly improves benign prostatic hyperplasia (BPH) in a rat model as compared to the classical TCM pollen preparation Qianlie Kang Pule'an Tablets[J]. Phytomedicine, 2015, 22(1): 145-152

[74] 赵霖, 丛涛, 鲍善芬,等. 新资源食品松花粉预防前列腺增生的研究[J]. 食品科学, 2007, 28(4): 313-317

[75] Li Y F, Tang L P, He R R, et al. Anthocyanins extract from bilberry enhances the therapeutic effect of pollen of Brassica napus, L. on stress-provoked benign prostatic hyperplasia in restrained mice[J]. J Funct Foods, 2013, 5(3): 1357-1365

[76] 仕薇琳, 任紫嫣, 曹存凤,等. 松花粉对铅中毒小鼠学习和记忆障碍的改善作用[J]. 食品科学, 2014,35(19): 277-279

[77] Lou Y H, Wei Y D, Wang T Z, et al. Pine pollen inhibits cell apoptosis-related protein expression in the cerebral cortex of mice with arsenic poisoning[J]. Neural Regen Res, 2012, 7(12): 896-899

[78] 赵霖, 鲍善芬, U.Eidelsburg, 等. 松花粉对缺锌幼鼠营养作用的实验研究[J]. 营养学报, 2000, 22(1): 14-17

[79] 赵霖, W.Windisch, M,Kirchgessner. 天然和破壁松花粉中锌生物利用度的研究[J]. 营养学报, 2000, 22(3): 205-208

[80] Yang S Y, Li H L. Optimization of pine pollen fermentation conditions using *Lactobacillus paracasei*[J]. Food Sci Biotechnol, 2015, 24(1): 155-160

**收稿日期**:2018-08-23

