

油菜蜂花粉的生物活性及其开发利用现状

Advances in biological activities of rape bee pollen and its development and utilization

闫文睿^{1,2} 冀 乐^{1,3} 胡颖俊^{1,4} 陈思敏^{1,4}

YAN Wenrui^{1,2} JI Le^{1,3} HU Yingjun^{1,4} CHEN Simin^{1,4}

郑红星^{1,3} 祁珊珊^{1,3}

ZHENG Hongxing^{1,3} QI Shanshan^{1,3}

(1. 陕西理工大学生物科学与工程学院, 陕西 汉中 723000; 2. 陕西省资源生物重点实验室, 陕西 汉中 723000; 3. 陕西理工大学秦巴生物资源与生态环境省部共建国家重点实验室, 陕西 汉中 723000; 4. 陕西秦巴山区资源综合开发协同创新中心, 陕西 汉中 723000)

(1. School of Biological Science and Engineering, Shaanxi University of Technology, Hanzhong, Shaanxi 723000, China; 2. Shaanxi Key Laboratory Bio-resources, Hanzhong, Shaanxi 723000, China; 3. State Key Laboratory of Biological Resources and Ecological Environment of Qinba Areas, Hanzhong, Shaanxi 723000, China; 4. Qinba Mountain Area Collaborative Innovation Center of Bioresources Comprehensive Development, Hanzhong, Shaanxi 723000, China)

摘要:人们健康理念日益增强,油菜蜂花粉作为一种天然保健原料,研究开发价值极高。文章介绍了油菜蜂花粉富含的多种营养成分和活性物质,主要总结油菜蜂花粉在抗氧化、抗炎、增强免疫、抗菌、保护前列腺、抗糖尿病并发症、抗肿瘤、调节保护肠道、保护卵巢等方面的生物活性和药理作用,以及油菜蜂花粉在蜂产品、保健品、食品、医药、化妆品中的应用,并对油菜蜂花粉的发展方向进行了展望。

关键词:油菜;蜂花粉;抗氧化;营养功能;保健功能

Abstract: The research and development value of rape bee pollen, a natural health raw material, is increasing as public awareness of health issues develops. This review introduced the various nutrients and active substances contained in rape bee pollen and summarized the biological activities and pharmacological effects of rape bee pollen in antioxidant, anti-inflammatory, immune

enhancement, antibacterial, prostate protection, anti-diabetic complications, anti-tumor, intestinal regulation, and ovarian protection. The application of rapeseed bee pollen in bee products, health care products, food, medicine and cosmetics was discussed. The development direction of rapeseed bee pollen was prospected.

Keywords: rape; bee pollen; antioxidant; nutritional function; hygienical function

蜂花粉是蜜蜂将采集的被子植物雄蕊药或裸子植物小孢子囊内花粉与其唾液和花蜜混合而形成的团状物^[1],具有一系列的生理功能,如抗氧化、抗炎、保肝、胰岛素抵抗等^[2]。油菜属于十字花科芸苔属植物,具有广泛营养和治疗特性,主要应用在食品、饲料等行业^[3]。

油菜蜂花粉是指花粉由蜜蜂从油菜花的花药内采集所得,具有独特气味,是油菜产业和蜂产业结合的重要产物,是中国最常见的蜂花粉之一,油菜蜂花粉调节卵巢功能、治疗高尿酸血症、调节和保护肠道等功能已被证实,在保健品、食品、医药、化妆品等领域,油菜蜂花粉作为天然原料被人们广泛利用。文章就油菜蜂花粉的生物活性及其产品的开发现状等进行综述,以期为油菜蜂花粉的开发、应用提供依据和参考。

1 油菜蜂花粉的营养成分

油菜蜂花粉中蛋白质含量丰富,高达 27.27%,富含

基金项目:秦巴生物资源与生态环境国家重点实验室项目(编号: SXC-2103);中国富硒产业研究院富硒专项研发项目(编号:2021FXZX06);陕西省科技厅农业类一般项目(编号:2023-YBNY-185)

作者简介:闫文睿,女,陕西理工大学在读硕士研究生。

通信作者:祁珊珊(1984—),女,陕西理工大学教授,博士。

E-mail: qishanshan101@126.com

郑红星(1981—),男,陕西理工大学副教授,博士。

E-mail: zhenghongxing100@126.com

收稿日期:2023-05-16 **改回日期:**2023-08-03

17 种氨基酸,包括异亮氨酸、亮氨酸、赖氨酸、蛋氨酸、苯丙氨酸、苏氨酸、缬氨酸、色氨酸等人体必需氨基酸^[4],而粗脂肪含量仅为 6.56%,具有低脂肪、高蛋白的特点^[5];生物元素包括钠、镁、钙、磷等常量元素,以及锌、铜、锰、铁和硒等对人体具有重要意义的微量元素;多糖主要由阿拉伯糖、木糖、甘露糖、葡萄糖和半乳糖组成。黄酮主要为黄酮醇苷类,主要包括槲皮素、山奈酚、异鼠李素、柚皮素、芦丁^[6]。上述活性物质使油菜蜂花粉在人体生长和健康方面可以发挥积极作用,具有开发功能性食品或活性药物的应用价值。

2 油菜蜂花粉的功能特性

2.1 抗氧化

研究^[7]发现,油菜蜂花粉中酚类物质和黄酮物质有较强的抗氧化活性,是天然抗氧化剂,其酚类物质抗氧化活性高于黄酮类物质,具有清除 1,1-二苯基-2-三硝基苯肼(DPPH)自由基,降低细胞中活性氧、丙氨酸氨基转移酶(ALT)和天冬氨酸氨基转移酶(AST)水平,提高超氧化物歧化酶(SOD)和谷胱甘肽过氧化物酶(GSH-Px)等抗氧化物酶水平的能力,对质粒(pBR322)DNA、肝癌细胞(HepG2)等氧化损伤具有保护作用。此外,杨悦等^[8]研究发现,低质量浓度(≤ 10 mg/L)油菜蜂花粉黄酮对氧化损伤的人脐静脉内皮融合细胞系(EA.hy926)表现出的保护作用呈浓度依赖性,而质量高浓度(≥ 14 mg/L)处理 EA.hy926 细胞时,细胞存活率明显降低。因此,油菜蜂花粉作为抗氧化功能食品、预防心血管疾病等天然活性原料深入开发的同时,也应注意其最佳作用浓度范围。

2.2 抗炎

油菜蜂花粉萃取物具有良好的抗炎能力,其氯仿萃取组分与水萃取组分对小鼠耳肿胀均有显著抑制作用^[9]。陈立府等^[10]研究发现,油菜蜂花粉乙醇提取物处理损伤心肌细胞(H9c2)后,可明显降低心肌细胞肥大标志物心钠素(ANP)、脑钠肽(BNP)和 β -肌球蛋白重链(β -MHC)以及炎症相关指标白细胞介素 2(IL-2)、白细胞介素 6(IL-6)、肿瘤坏死因子- α (TNF- α)的 mRNA 表达水平,表明油菜蜂花粉可通过抑制炎症反应起到预防心肌细胞肥大的作用。

2.3 增强免疫

油菜蜂花粉对增强机体的免疫功能具有积极作用。张荣标等^[11]研究表明,油菜蜂花粉可明显增强 BALB/c 小鼠非特异性免疫功能(碳廓清能力、小鼠腹腔巨噬细胞吞噬鸡红细胞能力、自然杀伤细胞活力)、细胞免疫功能(脾淋巴细胞增殖能力、二硝基氟苯诱导小鼠迟发型变态反应水平),以及体液免疫功能(抗体生成细胞的生成作用、血清溶血素含量),且均具有剂量依赖关系,但对小鼠

脾脏、胸腺和体重无影响。杜迎雪等^[12]研究发现,油菜蜂花粉可通过提高血清中免疫球蛋白 G 和免疫球蛋白 A 含量来增强芦花鸡免疫力。上述结果表明,油菜蜂花粉可作为原料开发增强免疫力的功能保健食品,或作为天然、绿色饲料添加剂应用于牲畜喂养。

2.4 抗菌

油菜蜂花粉的抗菌活性与其黄酮类化合物、酚类化合物有关。Bridi 等^[13]研究证实,槲皮素、山奈酚是油菜蜂花粉中的主要抑菌活性成分,能够抑制化脓性链球菌(I. S. P. 364-00)的生长,但对金黄色葡萄球菌(ATCC25923)、铜绿假单胞菌(ATCC27853)和大肠杆菌(ATCC25922)无任何生物学活性。Fatrcová-Šramková 等^[14]研究发现,油菜蜂花粉甲醇提取物和乙醇提取物对李斯特菌(CCM4699)、铜绿假单胞菌(CCM1960)、金黄色葡萄球菌(CCM3953)、肠炎沙门氏菌(CCM4420)、大肠杆菌(CCM3988)均具有抗菌活性。Olczyk 等^[15]将含有油菜蜂花粉的软膏用于烧伤猪后,烧伤处愈合特征明显,炎症反应明显改善,创面细菌、真菌、霉菌数量均减少。

2.5 对前列腺的保护作用

前列腺增生(BPH)是一种由前列腺体积增大而导致患者出现排尿异常的良性疾病,多发于中老年男性群体。油菜蜂花粉能明显降低前列腺湿重和前列腺指数,以及血清中二氢睾酮(DHT)、睾酮(T)、雌二醇(E2)的含量和前列腺酸性磷酸酶(PAP)的活性^[16]。Chen 等^[17]研究表明,向丙酸睾酮诱导的 BPH 大鼠喂食油菜蜂花粉后,可在大鼠前列腺后叶检测到多种油菜蜂花粉 microRNA 和差异表达的 *rattus norvegicus*-microRNA-184(rno-miR-184),结果表明,rno-miR-184 的表达水平在油菜蜂花粉组和正常对照组之间无显著性差异,在 BPH 组中表达量显著降低,且随着 RBP 对 BPH 的治疗而增加。因此,油菜蜂花粉可能通过调节大鼠前列腺中 rno-miR-184 等 miRNA 的表达来改善 BPH。

2.6 对糖尿病及其并发症的治疗

油菜蜂花粉中黄酮类物质在抑制 α -葡萄糖苷酶活性和非酶糖基化反应中起主要作用,且抑制效果随黄酮浓度增大而增强,可以作为天然、高效的 α -葡萄糖苷酶抑制剂^[18]。油菜蜂花粉黄酮类化合物可降低血脂紊乱及 2 型糖尿病患者的甘油三酯(TG)、血糖(BG)、总胆固醇(TCHO)、低密度脂蛋白胆固醇水平^[19]。Martiniakova 等^[20]研究发现,油菜蜂花粉能够改善由糖尿病引起的骨质疏松,显著增加糖尿病大鼠的骨小梁相对体积、骨小梁厚度和继发骨密度,加速骨膜结合,此外,高剂量油菜蜂花粉对股骨重量和皮质骨厚度表现出积极影响。总而言之,油菜蜂花粉在治疗糖尿病、改善糖尿病相关并发症方面具有巨大潜力。

2.7 抗肿瘤

油菜蜂花粉提取物具有体外或体内抗肿瘤作用。Wu 等^[21]用油菜蜂花粉类固醇组分对 9 种不同来源的癌细胞系 (PC-3、LNCaP、MCF-7、Hela、BEL-7402、BCG-823、KB、A549 和 HO8910) 进行处理,发现其诱导细胞死亡的主要模式是细胞凋亡,并在前列腺癌 PC-3 细胞中显示出最强的细胞毒性,明显增强细胞中半胱氨酸蛋白酶-3 活性,降低 B 淋巴细胞瘤-2 (Bcl-2) 表达的时间依赖性。杨晓萍等^[22]研究表明,油菜蜂花粉多糖对荷瘤小鼠肝、肾、脾、胸腺组织无明显毒副作用,在与抗肿瘤药物环磷酰胺合用后,不仅抗肿瘤效果增强,还可缓解环磷酰胺对肝组织的损害。上述研究表明,油菜蜂花粉可开发为预防或治疗肿瘤的有效药物。

2.8 肝保护作用

研究^[23]表明,油菜蜂花粉对多种原因导致的肝损伤均具有干预改善作用。其酚类物质和黄酮类物质可提高由 CCl₄ 诱导的人正常肝细胞 (L-02) 存活率,其中槲皮素为主要保肝活性组分。在 CCl₄ 诱导的小鼠急性肝损伤模型中,油菜蜂花粉多酚粗提物可提高小鼠血清中丙氨酸氨基转移酶/天冬氨酸氨基转移酶 (ALT/AST) 活性,减少炎症因子出现,从而起到保肝作用^[24]。在酒精性肝损伤大鼠模型中,油菜蜂花粉可明显降低大鼠血清中天冬氨酸氨基转移酶 (AST) 和甘油三酯 (TG) 水平,减轻大鼠肝脏脂肪变性和坏死等病理改变^[25]。

2.9 缓解疲劳

油菜蜂花粉具有抗氧化和保护缺氧损伤细胞能力,可改善由于长时间运动出现的氧化应激和缺氧现象。喂食小鼠油菜蜂花粉后,小鼠肌糖原和肝糖原含量明显提高,肝组织中超氧化物歧化酶 (SOD) 活性显著提高,丙二醛 (MDA) 含量降低^[26],并在负重游泳、跑台运动训练中

有效延长小鼠运动时间,增强其运动能力^[27]。因此,油菜蜂花粉具有缓解疲劳的功效,是开发为功能性保健品的天然活性原料。

2.10 其他功能特性

油菜蜂花粉其他功能特性及作用机制如表 1 所示。

3 油菜蜂花粉产品开发现状

3.1 蜂产品

蜂产品包括蜂王浆、蜂胶、蜂蜜、蜂花粉、蜂毒等。其中,蜂花粉在国内外都有着良好的销售形势,韩国是中国最大的蜂花粉出口国,中国主要销售产品为油菜蜂花粉和茶花蜂花粉,约占总产量的 40%~50%^[33]。目前已上市的油菜蜂花粉多为粗加工产品,采集后经辐照杀菌直接销售,在各互联网购物平台或蜂业特产店均可购买^[34]。由于油菜的生产地区、季节等客观因素的影响,油菜蜂花粉营养成分、气味、色泽等感官和理化指标存在一定差异,但对产品的功效影响不大。

3.2 保健品

通过“特殊食品信息查询平台”检索,中国获批保健食品中,以油菜蜂花粉为主要原料的保健品共有 48 种,申报功能以增强免疫力、祛黄褐斑、免疫调节、调节血糖血脂、延缓衰老为主,如表 2 所示。在专利数据库中,检索到 620 条有关油菜蜂花粉专利,其中预防和治疗前列腺疾病的专利居多,例如,毛日文^[35]开发的油菜蜂花粉和玛咖粉的保健片剂,具有防止前列腺肥大、改善前列腺功能紊乱、增强男性性功能、提高生育能力和调节内分泌的作用;张勇^[36]研制的以油菜蜂花粉提取物为主要原料的复合型产品,可改善尿频、尿急、急迫性尿失禁症状。这些专利为后续开发油菜蜂花粉系列保健品提供了思路和技术支持。

表 1 油菜蜂花粉的其他功能特性^[28-32]

Table 1 Other functional properties of rape bee pollen

来源	作用机制	功能特性
油菜蜂花粉	减少机体胰岛素样生长因子 I (IGF-I) 释放,提高类固醇激素 (黄体酮和雌二醇) 分泌以及细胞凋亡标志物积累	调节卵巢功能
油菜蜂花粉蛋白水解物 (His-Pro-Val-Thr-Gly-Leu)	在 pH 值 (2.0~8.0)、温度 (<100 ℃) 和体外消化环境中稳定抑制血管紧张素-1 转换酶 (ACE) 活性;降低自发性高血压大鼠收缩压和舒张压	治疗高血压
油菜蜂花粉醇提物	降低血清中尿酸 (UA)、尿素氮 (BUN)、肌酐 (Cr) 水平及肝脏中黄嘌呤氧化酶 (XO) 活性,提高谷胱甘肽 (GSH) 和过氧化氢酶 (CAT) 水平,改善肾脏损伤	治疗高尿酸血症
油菜蜂花粉中酚类化合物	调节肠道微生物结构组成;减轻氧化应激、抑制炎症细胞因子活性;改善机体肌胃、腺胃的组织结构,提高胃蛋白酶活性,增强机体消化吸收功能	调节和保护肠道

表 2 中国注册以油菜蜂花粉为主要原料的保健食品

Table 2 China registers health food products using rape bee pollen as the main raw material

保健功能	产品数量	主要原料
增强免疫力	15	油菜蜂花粉、维生素 C(L-抗坏血酸)、蜂王浆冻干粉、蜂胶、复配营养素(磷酸三钙、乳酸镁、乳酸锌、富铬酵母、赤藓糖醇)等
美容、祛黄褐斑	9	油菜蜂花粉、珍珠粉、当归、阿胶珠、羊胎盘等
免疫调节	9	油菜蜂花粉、茯苓、维生素 C、维生素 B ₁ 、维生素 B ₂ 等
调节血糖、血脂	3	油菜蜂花粉、油茶籽油、明胶、甘油、维生素 C 等
延缓衰老	3	油菜蜂花粉、灵芝、黄芪、灰树花、丹参等
缓解疲劳	2	油菜蜂花粉、山药、乌梅、蜂王浆、绿茶、人参、蜂胶等
增加骨密度	2	油菜蜂花粉、碳酸钙、D-氨基葡萄糖盐酸盐、硫酸软骨素钠、维生素 D ₃ 粉等
改善记忆	1	油菜蜂花粉、蜂王浆冻干粉、酸枣仁、茯苓
抗氧化	1	油菜蜂花粉、蜂王浆、蜂胶、蜂蜜、麦芽糊精等
辅助保护化学性肝损伤	1	油菜蜂花粉、黄芪、西洋参、淫羊藿、金银花、沙棘、木瓜、栀子、海狗鞭
改善营养性贫血	1	油菜蜂花粉、黄芪、乌鸡、女贞子、川芎、香附、阿胶、大枣等
减肥	1	油菜蜂花粉、绿茶、茯苓、荷叶、山药、壳聚糖

3.3 食品添加剂

油菜蜂花粉具有良好的抗氧化和抑菌作用,将其添加至蜂蜜酒中,可抑制幽门螺杆菌等危险细菌的生长和繁殖^[37]。在加工萨拉米香肠时添加油菜蜂花粉或其黄酮类化合物,可延缓香肠中过氧化氢酶(CAT)、超氧化物歧化酶(SOD)和谷胱甘肽过氧化物酶(GSH-PX)活性降低,使香肠的过氧化值和硫代巴比妥酸反应物质显著降低,并对抑制脂质氧化具有积极作用^[38]。徐向波等^[39]研究发现,添加油菜蜂花粉的青稞司康饼中的总黄酮、总多酚均高于空白组,具有较高的营养价值。

3.4 药品

甘肃、福建、浙江、吉林、四川等省份将油菜蜂花粉作为中药材收录在省级中药材标准中。2020 版《中国药典》收录了以油菜蜂花粉为处方的单味制剂——普乐安片、普乐安胶囊,其功效为补肾固本,用于肾气不固所致腰膝痠软、排尿不畅、尿后余沥或失禁、慢性前列腺炎及前列腺增生症见上述证候者。通过药智数据和国家药品监督管理局网站查询得知,以油菜蜂花粉为主要原料的中药上市产品有 22 种,主要功效为清热利湿,活血散结,适用于慢性前列腺炎湿热挟瘀证,主要剂型为胶囊剂,此外,还有片剂、颗粒剂。

3.5 化妆品

蜂花粉具有清除自由基的能力,美容效果明显,能够防止皮肤衰老。翟科峰等^[40]开发了以油菜蜂花粉中黄酮类物质为原料的涂抹式面膜,具有一定保湿和抗氧化性,质地细腻、黏度适宜、有微微的清香、使用便捷。徐志军等^[41]开发了添加油菜蜂花粉提取物的护肤品,包括抗衰老爽肤水、抗衰老面霜和抗衰老乳液等,产品天然环保,

无毒性或其他副作用,具有去除黄褐斑以及保持皮肤水分的效果。

4 结论与展望

油菜蜂花粉具有很高的实用价值和广阔的应用前景,已经吸引了研究人员以及各行业的广泛关注,它可以预防和治疗许多疾病,如增强免疫、保护前列腺、抗糖尿病并发症、抗肿瘤、调节保护肠道、保护卵巢等,长期食用可以改善健康、延缓衰老、增强免疫力。油菜蜂花粉已被应用在保健品、食品、医药、化妆品等领域,并开发出了一系列产品。中国油菜资源丰富,蜂花粉的开发利用对蜂业、农业的发展有着积极作用,但大多数产品为原料型或简单加工,产品技术含量和附加值低,品质参差不齐。富含油菜蜂花粉的药品和保健品存在雷同程度高、创新性产品少、市场选择性差等问题。因此,只有提升质量检测手段、加强新产品、新技术的研究,油菜蜂花粉相关产品才能得到更好的发展。此外,还应进一步加大对油菜蜂花粉抗糖尿病、保护前列腺等功能机制的深入研究、进一步开发具有辅助治疗、复方配伍等高附加价值的油菜蜂花粉系列功能性食品、精深加工产品,实现其资源的高值化利用。

参考文献

[1] NAINU F, MASYITA A, BAHAR M A, et al. Pharmaceutical prospects of bee products: Special focus on anticancer, antibacterial, antiviral, and antiparasitic properties[J]. Antibiotics, 2021, 10(7): 822-859.

[2] BOYACIOGLU D. Bee products and their applications in the food and pharmaceutical industries[M]. London: Academic Press, 2022: 25-159.

- [3] CARRUTHERS J M, COOK S M, WRIGHT G A, et al. Oilseed rape (*Brassica napus*) as a resource for farmland insect pollinators: Quantifying floral traits in conventional varieties and breeding systems[J]. *Glob Change Biol Bioenergy*, 2017, 9(8): 1 370-1 379.
- [4] 李志, 李琳, 石晓峰. 油菜花粉化学成分和药理作用的研究进展[J]. *甘肃医药*, 2018, 37(5): 394-398.
- LI Z, LI L, SHI X F. Research progress on chemical composition and pharmacological effects of rape pollen[J]. *Gansu Medicine*, 2018, 37(5): 394-398.
- [5] 牛德芳, 王波, 陈玉勇, 等. 油菜蜂花粉及其蜂粮的营养成分[J]. *食品工业科技*, 2019, 40(9): 218-223.
- NIU D F, WANG B, CHEN Y Y, et al. Analysis of the nutrient of rape bee pollen and rape bee bread[J]. *Science and Technology of Food Industry*, 2019, 40(9): 218-223.
- [6] TAHA E A, AL-KAHTANI S, TAHA R. Protein content and amino acids composition of bee-pollens from major floral sources in Al-Ahsa, eastern Saudi Arabia[J]. *Saudi Journal of Biological Sciences*, 2019, 26(2): 232-237.
- [7] 徐元元, 王悦, 杨二林, 等. 3种蜂花粉酚类化合物组成及抗氧化活性研究[J]. *西北大学学报(自然科学版)*, 2021, 51(2): 303-313.
- XU Y Y, WANG Y, YANG E L, et al. Phenolic composition and antioxidant activities of three kinds of bee pollen[J]. *Journal of Northwest University (Natural Science Edition)*, 2021, 51(2): 303-313.
- [8] 杨悦, 刘鸣畅, 王凯, 等. 油菜蜂花粉总黄酮对体外 TBHP 诱导细胞氧化损伤的保护作用[J]. *沈阳农业大学学报*, 2018, 49(1): 108-113.
- YANG Y, LIU M C, WANG K, et al. Study on protective effect of rape bee pollen flavonoids on TBHP induced EA. hy926 cell oxidative damage in vitro[J]. *Journal of Shenyang Agricultural University*, 2018, 49(1): 108-113.
- [9] 孙丽萍, 徐响, 廖磊, 等. 油菜蜂花粉抗炎成分的 GC-MS 初步分析[J]. *云南农业大学学报(自然科学版)*, 2010, 25(2): 246-249.
- SUN L P, XU X, LIAO L, et al. GC-MS analysis of different anti-inflammatory extracts from bee collected rape pollen[J]. *Journal of Yunnan Agricultural University (Natural Science Edition)*, 2010, 25(2): 246-249.
- [10] 陈立府, 孟菲, 李志良, 等. 油菜蜂花粉乙醇提取物对异丙肾上腺素致心肌细胞肥大的保护作用及机制研究[J]. *天然产物研究与开发*, 2021, 33(10): 1 741-1 750.
- CHEN L F, MENG F, LI Z L, et al. Study on the protective effect and mechanism of rape bee pollen ethanol extract on cardiomyocyte hypertrophy induced by isoproterenol[J]. *Natural Product Research and Development*, 2021, 33(10): 1 741-1 750.
- [11] 张荣标, 何聆, 陈润, 等. 油菜蜂花粉对正常小鼠免疫功能的影响[J]. *实用预防医学*, 2005, 12(1): 44-46.
- ZHANG R B, HE L, CHEN R, et al. The effect on immunological function by bee pollen of brassica in mice[J]. *Practical Preventive Medicine*, 2005, 12(1): 44-46.
- [12] 杜迎雪, 刘振国, 张卫星, 等. 饲料添加油菜蜂花粉对芦花鸡生产性能、蛋白质和血清生化指标的影响[J]. *动物营养学报*, 2019, 31(6): 2 915-2 926.
- DU Y X, LIU Z G, ZHANG W X, et al. Effects of rape bee pollen added to feed on production performance, egg quality and serum biochemical indexes of Luhua hens[J]. *Chinese Journal of Animal Nutrition*, 2019, 31(6): 2 915-2 926.
- [13] BRIDI R, ATALA E, PIZARRO P N, et al. Honeybee pollen load: Phenolic composition and antimicrobial activity and antioxidant capacity[J]. *Journal of Natural Products*, 2019, 82(3): 559-565.
- [14] FATRCOVÁ-ŠRAMKOVÁ K, NŮŽKOVÁ J, KACÁNIOVÁ M, et al. Antioxidant and antimicrobial properties of monofloral bee pollen[J]. *Journal of Environmental Science and Health, Part B*, 2013, 48(2): 133-138.
- [15] OLCZYK P, KOPROWSKI R, KAZMIERCZAK J, et al. Bee pollen as a promising agent in the burn wounds treatment[J]. *Evidence-Based Complementary and Alternative Medicine*, 2016, 2 016: 8473937.
- [16] 达热卓玛, 饶剑, 徐德平. 油菜蜂花粉中抗前列腺增生的活性成分[J]. *食品与生物技术学报*, 2018, 37(1): 38-43.
- DARE Z M, RAO J, XU D P. Anti-prostatic hyperplasia activity and ingredient of rape bee pollen[J]. *Journal of Food Science and Biotechnology*, 2018, 37(1): 38-43.
- [17] CHEN X, WU R, REN Z, et al. Regulation of microRNAs by rape bee pollen on benign prostate hyperplasia in rats[J]. *Andrologia*, 2020, 52(1): e13386.
- [18] 孙岩, 郭庆兴, 童群义. 油菜蜂花粉黄酮体外降糖活性研究[J]. *食品工业科技*, 2015, 36(12): 122-126.
- SUN Y, GUO Q X, TONG Q Y. Study on hypoglycemic activities of flavonoids of *Brassica napus* L. bee pollen in vitro[J]. *Science and Technology of Food Industry*, 2015, 36(12): 122-126.
- [19] 郭雪微, 卢挺, 鲍艳江, 等. 油菜蜂花粉黄酮类化合物抗氧化等作用的临床观察[J]. *北京中医药*, 2011, 30(7): 488-491, 509.
- GUO X W, LU Y, BAO Y J, et al. Clinical observation of antioxidant effects of pollen flavonoids in rape bee[J]. *Beijing Journal of Traditional Chinese Medicine*, 2011, 30(7): 488-491, 509.
- [20] MARTINIAKOVA M, BLAHOVA J, KOVACOVA V, et al. Bee bread can alleviate lipid abnormalities and impaired bone morphology in obese Zucker diabetic rats[J]. *Molecules*, 2021, 26(9): 2 616-2 629.
- [21] WU Y D, LOU Y J. Asteroid fraction of chloroform extract from bee pollen of *Brassica campestris* induces apoptosis in human prostate cancer PC-3 cells[J]. *Phytotherapy Research*, 2007, 21(11): 1 087-1 091.
- [22] 杨晓萍, 吴谋成. 油菜蜂花粉多糖抗肿瘤作用的研究[J]. *营养学报*, 2006, 28(2): 160-162, 166.
- YANG X P, WU M C. Study on the antitumor effect of rape bee-

- pollen polysaccharide in tumor bearing mice[J]. *Acta Nutrimenta Sinica*, 2006, 28(2): 160-162, 166.
- [23] 彭定利. 油菜蜂花粉保肝活性成分的分离及其保肝机制初探[D]. 福州: 福建农林大学, 2013: 36-45.
- PENG L D. Study on separation of hepatoprotective components in rape bee pollen and its mechanisms of action[D]. Fuzhou: Fujian Agriculture and Forestry University, 2013: 36-45.
- [24] 张会芳, 杨亚琛, 张久亮, 等. 油菜蜂花粉加工副产物多酚对小鼠急性肝损伤的保护作用[J]. *食品安全质量检测学报*, 2018, 9(9): 2 033-2 040.
- ZHANG H F, YANG Y C, ZHANG J L, et al. Protective effect of polyphenols of rape pollen processing by-products against acute liver injury in mice[J]. *Journal of Food Safety and Quality*, 2018, 9(9): 2 033-2 040.
- [25] 孙丽萍, 王大仟, 廖磊, 等. 油菜蜂花粉对大鼠酒精性肝损伤防治的研究[J]. *食品科学*, 2008, 29(10): 543-545.
- SUN L P, WANG D Q, LIAO L, et al. Study on preventive and curative effects of rape bee pollen extracts on alcoholic liver disease of rats[J]. *Food Science*, 2008, 29(10): 543-545.
- [26] 胡振宇. 油菜蜂花粉黄酮对小鼠抗运动疲劳能力的影响[J]. *黑龙江畜牧兽医*, 2017, 6(12): 187-189.
- HU Z Y. Effects of rape bee pollen flavonoids on exercise fatigue resistance in mice[J]. *Heilongjiang Animal Science and Veterinary Medicine*, 2017, 6(12): 187-189.
- [27] KOLESAROVA A, BAKOVA Z, CAPCAROVA M, et al. Consumption of bee pollen affects rat ovarian functions[J]. *Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition*, 2013, 97(6): 1 059-1 065.
- [28] WANG R, SU G, WANG L, et al. Identification and mechanism of effective components from rape (*Brassica napus* L.) bee pollen on serum uric acid level and xanthine oxidase activity[J]. *Journal of Functional Foods*, 2018, 47: 241-251.
- [29] TAO Y, ZHOU E, LI F, et al. Allergenicity alleviation of bee pollen by enzymatic hydrolysis: Regulation in mice allergic mediators, metabolism, and gut microbiota[J]. *Foods*, 2022, 11(21): 3 454-3 467.
- [30] ZHU S, WANG S, WANG L, et al. Identification and characterization of an angiotensin-I converting enzyme inhibitory peptide from enzymatic hydrolysate of rape (*Brassica napus* L.) bee pollen [J]. *LWT-Food Science and Technology*, 2021, 147: 111502.
- [31] CHEN S, ZHAO H, CHENG N, et al. Rape bee pollen alleviates dextran sulfate sodium (DSS)-induced colitis by neutralizing IL-1 β and regulating the gut microbiota in mice[J]. *Food Research International*, 2019, 122: 241-251.
- [32] 张锋燕, 任曼, 余琦, 等. 不同来源蜂花粉对皖西白鹅生长性能和胃组织结构功能的影响[J]. *中国畜牧杂志*, 2022, 58(2): 156-160, 166.
- ZHANG F Y, REN M, YU Q, et al. Effects of different sources of bee pollen on growth performance and gastric tissue structure function of western Anhui white goose [J]. *Chinese Journal of Animal Science*, 2022, 58(2): 156-160, 166.
- [33] 张红城. 蜂花粉篇[J]. *中国蜂业*, 2021, 72(6): 18.
- ZHANG H C. Bee pollen[J]. *Apiculture of China*, 2021, 72(6): 18.
- [34] 郑慧, 梁倩倩, 陈希平, 等. 蜂花粉保健功能及产品开发研究进展[J]. *食品与机械*, 2019, 35(4): 230-236.
- ZHENG H, LIANG Q Q, CHEN X P, et al. Research progress in health function and product development of bee pollen[J]. *Food & Machinery*, 2019, 35(4): 230-236.
- [35] 毛日文. 一种油菜蜂花粉和玛咖粉的保健片剂及其制备方法: CN201310637840.4[P]. 2014-03-12.
- MAO R W. Health tablets of rape bee pollen and maca powder and preparation method thereof: CN201310637840.4[P]. 2014-03-12.
- [36] 张勇. 一种预防和治疗前列腺疾病的组合物及其制备方法: CN202111253448.0[P]. 2022-01-11.
- ZHANG Y. Composition for prevention and treatment of prostate disease and preparation method thereof: CN202111253448.0[P]. 2022-01-11.
- [37] 米云峰. 一种破壁蜂花粉蜂蜜酒及其制备方法: CN202010442112.8[P]. 2020-07-28.
- MI Y F. A kind of wall-breaking bee pollen mead and preparation method thereof: CN202010442112.8[P]. 2020-07-28.
- [38] ZHANG Y, YANG F, JAMALI M A, et al. Antioxidant enzyme activities and lipid oxidation in rape (*Brassica campestris* L.) bee pollen added to salami during processing[J]. *Molecules*, 2016, 21(11): 1 439-1 452.
- [39] 徐向波, 尤香玲, 胡茂琴, 等. 蜂花粉青稞司康饼的加工工艺研究[J]. *粮食与油脂*, 2020, 33(11): 56-60.
- XU X B, YOU X L, HU M Q, et al. Study on the processing technology of scone of bee pollen highland barley[J]. *Cereals and Oils*, 2020, 33(11): 56-60.
- [40] 翟科峰, 段红, 李宛蓉, 等. 一种油菜蜂花粉面膜、制备方法及应用: CN202110359242.X[P]. 2022-08-09.
- ZHAI K F, DUAN H, LI W R, et al. Rape bee pollen mask, preparation method and application: CN202110359242.X[P]. 2022-08-09.
- [41] 徐志军, 尹永, 董湘辉, 等. 油菜蜂花粉提取物及其制备方法和在抗衰老护肤品中的应用: CN201110116408.1[P]. 2012-08-22.
- XU Z J, YIN Y, DONG X H, et al. Rape bee pollen extract and its preparation method and application in anti-aging skin care products: CN201110116408.1[P]. 2012-08-22.