

蝙蝠蛾被毛孢 - 红景天 - 灵芝复方制剂对小鼠免疫功能的影响研究

王云鹏¹, 王家焱², 李 飞¹, 方 林¹, 宋江峰^{2*}

¹江苏云德健康科技有限公司, 江苏 淮安

²江苏省农业科学院农产品加工研究所, 江苏 南京

收稿日期: 2025年11月25日; 录用日期: 2025年12月24日; 发布日期: 2025年12月31日

摘 要

为研究蝙蝠蛾被毛孢 - 红景天 - 灵芝复方制剂的免疫调节作用, 以SPF级昆明雄性小鼠为模型, 灌胃给予225、450、900 mg/kg BW (相当于人体推荐用量的5、10、20倍)的样品, 连续干预30天。采用噻唑蓝比色法、耳肿胀法、Jerne改良玻片法等检测脾淋巴细胞增殖、迟发型变态反应(DTH)、抗体生成细胞数等免疫指标。结果表明, 该制剂可显著促进小鼠脾淋巴细胞转化、增强DTH反应、提高抗体生成细胞数及血清溶血素水平, 并增强单核 - 巨噬细胞碳廓清能力, 对小鼠体重及免疫器官发育无显著影响。本研究为该复方作为免疫调节类健康食品的开发提供实验依据。

关键词

蝙蝠蛾被毛孢 - 红景天 - 灵芝复方制剂, 免疫调节, 淋巴细胞, 巨噬细胞, 动物实验

Study on the Effects of a Compound Preparation of *Hirsutella sinensis*-*Rhodiola-Ganoderma lucidum* on Immune Function in Mice

Yunpeng Wang¹, Jiaye Wang², Fei Li¹, Lin Fang¹, Jiangfeng Song^{2*}

¹Jiangsu Yunde Health Technology Co., Ltd., Huai'an Jiangsu

²Institute of Agro-Product Processing, Jiangsu Academy of Agricultural Sciences, Nanjing Jiangsu

*通讯作者。

文章引用: 王云鹏, 王家焱, 李飞, 方林, 宋江峰. 蝙蝠蛾被毛孢-红景天-灵芝复方制剂对小鼠免疫功能的影响研究[J]. 食品与营养科学, 2026, 15(1): 1-9. DOI: 10.12677/hjfn.2026.151001

Abstract

To investigate the immunomodulatory effects of a compound preparation containing *Hirsutella sinensis*, *Rhodiola*, and *Ganoderma lucidum*, SPF-grade male Kunming mice were used as the model. The mice were administered the sample via oral gavage at doses of 225, 450, and 900 mg/kg body weight (equivalent to 5, 10, and 20 times the recommended human dosage, respectively) for 30 consecutive days. Immune parameters, including splenic lymphocyte proliferation, delayed-type hypersensitivity (DTH) response, and antibody-producing cell count, were assessed using MTT colorimetric assay, ear swelling method, and Jerne's modified slide method, respectively. The results demonstrated that the compound preparation significantly promoted splenic lymphocyte transformation, enhanced the DTH response, increased the number of antibody-producing cells and serum hemolysin levels, and improved the carbon clearance capacity of mononuclear-macrophages. No significant effects on body weight or immune organ development were observed in the mice. This study provides experimental evidence supporting the development of this compound preparation as a health food with immunomodulatory functions.

Keywords

Hirsutella sinensis-*Rhodiola*-*Ganoderma lucidum* Compound Preparation, Immunomodulation, Lymphocytes, Macrophages, Animal Experiment

Copyright © 2026 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

1. 引言

免疫稳态是机体健康的重要保障。免疫系统功能失衡不仅与感染性疾病频发相关，也是自身免疫性疾病及肿瘤等重大健康问题的重要诱因[1]-[3]。伴随现代生活节奏加快、环境压力增大以及人口老龄化趋势，亚健康状态下的免疫功能普遍低下已成为影响公众生活质量的显著问题。这一背景推动了药食同源类免疫调节食品的开发需求。

中药复方因其多成分、多靶点、多途径的特性，在免疫调节方面显示出独特优势。诸多药食同源类中药因其良好的安全性和确切的免疫调节活性，成为此类制剂开发的重要来源。其中，红景天作为抗应激、调节免疫的经典药材，其活性成分红景天苷可通过调节免疫细胞活性增强防御功能[4]。灵芝多糖是灵芝发挥免疫调节作用的主要成分之一。研究表明，灵芝多糖能通过激活巨噬细胞增强非特异性免疫[5][6]。蝙蝠蛾被毛孢，又名冬虫夏草，其菌丝体提取物也具有免疫调节的潜力。腺苷是蝙蝠蛾被毛孢中的一种重要成分，可能在调节B细胞分化和维持免疫平衡方面发挥作用。将蝙蝠蛾被毛孢、红景天及灵芝等具有明确食药同源属性的原料进行科学配伍，有望通过其中多种活性成分的协同互作，实现对免疫系统更全面、更系统的调控。基于此，本文聚焦基于蝙蝠蛾被毛孢、红景天及灵芝等的复方制剂，通过建立小鼠免疫调节模型，从细胞免疫、体液免疫、单核-巨噬细胞功能和NK细胞活性四个维度综合判定，评估该复方对免疫应答各环节的影响，旨在为药食同源复方在食品工业的应用提供理论支撑和实践参考。

2. 材料与方法

2.1. 材料

2.1.1. 样品制备

蝙蝠蛾被毛孢-红景天-灵芝复方制剂由江苏云德科技有限公司提供,为棕黄色粉末。其制备方法如下:称取红景天 350 g、灵芝 450 g、黄芪 700 g、党参 500 g,置于提取罐中,分别用 10 倍、8 倍量的水煮提取两次,每次 2 小时,提取液经 120 目不锈钢筛过滤后合并,弃去药渣。将所得滤液减压浓缩,得稠浸膏。再将稠浸膏真空干燥、粉碎过 80 目筛,得干膏细粉。与 35 g 蝙蝠蛾被毛孢菌丝体细粉、3 g 硬脂酸镁细粉均匀混合,即得制剂粉。

设复方制剂样品低、中、高剂量组分别为 225、450、900 mg/kg BW,相当于人体推荐用量 5、10 和 20 倍。称取复方制剂,加纯水配制成 11.25、22.50、45.00 mg/mL 的混悬液,4℃保存备用。

2.1.2. 实验动物与饲养条件

SPF 级健康昆明种雄性小鼠 200 只,体重 18~22 g,由广东省医学实验动物中心提供,生产许可证号 SCXK(粤)2008-0002,质量合格证号 0081801。动物饲养于屏障系统实验室(使用许可证号 SYXK(粤)2007-003),温度 22℃~25℃,相对湿度 55%~70%,12 h 光照/黑暗循环,自由摄食饮水。适应期 7 天后开始实验。

2.2. 试验方法

将 200 只小鼠按体重随机分为 5 组,每组 40 只,包括阴性对照组(纯水灌胃)和低、中、高 3 个剂量实验组。根据检测指标不同,将 5 组定义为不同免疫功能检测组:免疫 I 组:进行 ConA 诱导的脾淋巴细胞转化实验、NK 细胞活性测定;免疫 II 组:进行迟发型变态反应实验;免疫 III 组:进行脏器/体重比值测定、血清溶血素测定和抗体生成细胞数测定;免疫 IV 组:进行碳廓清实验;免疫 V 组:进行腹腔巨噬细胞吞噬鸡红细胞实验。采用灌胃方式给予样品,灌胃体积为 0.2 mL/10 g BW,每日 1 次,连续 30 天。实验期间定期称量小鼠体重,观察饮食及活动状态。

根据 2003 年版的《保健食品检验与评价技术规范》[7],免疫功能指标通过相应的检测方法进行评估。

2.3. 统计学分析

采用 SPSS 22.0 软件进行单因素方差分析,组间比较用 Dunnett's 检验, $P < 0.05$ 表示差异具有统计学意义。数据以“平均值 ± 标准差”表示。

3. 结果与分析

3.1. 复方制剂对小鼠体重及免疫器官的影响

如表 1 所示,各剂量组小鼠初始、中期、末期体重及增重与阴性对照组无显著差异($P > 0.05$)。表明样品对各免疫组小鼠的体重增长均无明显影响,其安全性可能与成分的药食同源属性相关。

免疫器官脏器/体重比值检测结果显示(表 2),各剂量组小鼠的胸腺/体重、脾脏/体重比值与阴性对照组相比均无显著差异($P > 0.05$)。其中,高剂量组胸腺/体重比值为 0.194%,脾脏/体重比值为 0.379%;对照组胸腺/体重比值为 0.207%,脾脏/体重比值为 0.393%。结果提示,样品未对免疫器官发育产生毒性作用,其免疫调节效应并非通过促进器官增生实现。

Table 1. Effect of the compound preparation on body weight of experimental mice
表 1. 复方制剂对试验小鼠体重的影响

组别	剂量 (mg/kg BW)	初始体重(g)	中期体重(g)	末期体重(g)	增重(g)
免疫 I 组					
高剂量组	900	20.4 ± 1.3	32.1 ± 1.8	39.7 ± 2.1	19.3 ± 1.4
中剂量组	450	20.0 ± 1.1	30.9 ± 1.9	38.4 ± 2.3	18.4 ± 1.8
低剂量组	225	20.6 ± 1.1	32.0 ± 2.3	39.9 ± 2.9	19.3 ± 2.9
阴性对照组	0	19.9 ± 1.1	30.8 ± 1.8	38.5 ± 2.0	18.7 ± 1.7
免疫 II 组					
高剂量组	900	20.6 ± 1.3	32.5 ± 2.2	40.4 ± 2.1	19.8 ± 1.7
中剂量组	450	20.2 ± 0.9	31.2 ± 2.5	39.2 ± 3.3	19.0 ± 2.5
低剂量组	225	20.0 ± 1.0	31.9 ± 2.5	39.6 ± 2.5	19.7 ± 1.9
阴性对照组	0	20.5 ± 0.8	32.3 ± 1.7	40.4 ± 1.9	20.0 ± 1.8
免疫 III 组					
高剂量组	900	20.7 ± 1.1	33.0 ± 0.9	40.7 ± 1.9	20.1 ± 1.6
中剂量组	450	20.3 ± 1.1	31.6 ± 1.7	39.6 ± 2.3	19.2 ± 2.2
低剂量组	225	20.1 ± 1.0	31.9 ± 1.7	40.0 ± 1.9	20.0 ± 1.3
阴性对照组	0	20.1 ± 1.0	32.0 ± 1.8	39.7 ± 1.7	19.6 ± 1.2
免疫 IV 组					
高剂量组	900	20.0 ± 1.0	31.6 ± 1.6	39.6 ± 1.9	19.6 ± 1.9
中剂量组	450	20.3 ± 0.7	32.2 ± 1.2	40.2 ± 1.0	19.9 ± 1.0
低剂量组	225	20.6 ± 1.1	32.3 ± 2.3	40.5 ± 2.4	19.9 ± 1.7
阴性对照组	0	20.5 ± 1.0	31.9 ± 1.6	40.0 ± 1.8	19.5 ± 1.1
免疫 V 组					
高剂量组	900	19.5 ± 1.0	31.0 ± 1.6	38.6 ± 2.1	19.1 ± 1.6
中剂量组	450	20.4 ± 1.2	32.1 ± 1.6	40.4 ± 1.9	20.0 ± 1.6
低剂量组	225	20.4 ± 0.6	31.7 ± 1.2	39.4 ± 1.6	19.0 ± 1.2
阴性对照组	0	20.1 ± 0.8	31.8 ± 1.2	39.7 ± 1.0	19.6 ± 1.0

Table 2. Effect of the compound preparation on immune organ-to-body weight ratios of experimental mice
表 2. 复方制剂对试验小鼠的免疫器官脏器/体重比值的影响

组别	剂量 (mg/kg BW)	胸腺/体重(%)	<i>P</i> 值	脾脏/体重(%)	<i>P</i> 值
高剂量组	900	0.194 ± 0.023	0.403	0.379 ± 0.037	0.780
中剂量组	450	0.206 ± 0.024	0.996	0.399 ± 0.054	0.981
低剂量组	225	0.194 ± 0.021	0.433	0.387 ± 0.024	0.977
阴性对照组	0	0.207 ± 0.021	-	0.393 ± 0.048	-

3.2. 复方制剂对小鼠细胞免疫功能的影响

由表 3 可知，高、中、低剂量组淋巴细胞增殖 OD 值分别为 0.325、0.288、0.250，较对照组分别提高 83.6%、62.7%、41.2%。这一剂量依赖性增强效应提示，样品可有效激活 T 淋巴细胞介导的免疫应答，其机制可能与复方中多糖激活 NF-κB 信号通路，促进 IL-2 分泌有关[8]。

Table 3. Results of lymphocyte transformation and delayed-type hypersensitivity (DTH) in mice treated with the compound preparation

表 3. 复方制剂的小鼠淋巴细胞转化及迟发型变态反应(DTH)实验结果

组别	剂量 (mg/kg BW)	淋巴细胞增殖能力 (OD 值)	<i>P</i> 值	左右耳片重量差 值(mg)	<i>P</i> 值
高剂量组	900	0.325 ± 0.077	0.000	20.50 ± 6.51	0.025
中剂量组	450	0.288 ± 0.051	0.001	19.17 ± 4.80	0.086
低剂量组	225	0.250 ± 0.066	0.033	17.75 ± 3.97	0.261
阴性对照组	0	0.177 ± 0.047	-	13.80 ± 6.10	-

高剂量组(900 mg/kg)耳片重量差值为 20.50 mg，较对照组增加 48.6%，差异具有显著性($P < 0.05$)；中、低剂量组虽有升高趋势，但未达显著水平($P > 0.05$)，这表明高剂量样品可增强 Th1 细胞介导的炎症反应，可能与红景天苷调节 T 细胞亚群分化，提升 IFN-γ 分泌有关[9]。

3.3. 复方制剂对小鼠体液免疫功能的影响

如表 4，高、中剂量组溶血空斑数分别为 $226.9 \times 10^3/10^6$ 脾细胞、 $205.1 \times 10^3/10^6$ 脾细胞，较对照组增加 37.9%和 24.6%，差异均具有显著性，低剂量组虽有升高，但未达显著水平($P > 0.05$)。高、中剂量组抗体积数分别为 189.0、179.9，较对照组提高 19.9%和 14.2%；低剂量组与对照组无显著差异($P > 0.05$)。研究结果表明样品可促进 B 淋巴细胞增殖分化及抗体分泌，其作用可能与蝙蝠蛾被毛孢菌丝体中的腺苷成分调节 B 细胞受体信号通路相关[10]。

Table 4. Results of antibody-producing cell count and serum hemolysis level in mice treated with the compound preparation

表 4. 复方制剂的抗体生成细胞及小鼠溶血素检测实验结果

组别	剂量 (mg/kg BW)	溶血空斑数 ($1 \times 10^3/10^6$ 脾细胞)	<i>P</i> 值	抗体积数	<i>P</i> 值
高剂量组	900	226.9 ± 40.8	0.000	189.0 ± 21.6	0.000
中剂量组	450	205.1 ± 23.6	0.011	179.9 ± 12.2	0.013
低剂量组	225	195.6 ± 27.8	0.062	168.7 ± 12.3	0.324
阴性对照组	0	164.6 ± 21.8	-	157.6 ± 18.5	-

3.4. 复方制剂对小鼠单核 - 巨噬细胞功能的影响

如表 5，高剂量组吞噬指数为 9.05，较对照组提高 18.3%，差异显著($P < 0.05$)；中、低剂量组虽有升高趋势，但未达显著水平($P > 0.05$)，表明样品可增强单核 - 巨噬细胞系统对异物的清除能力[11]，这可能与灵芝多糖等活性成分激活巨噬细胞吞噬功能相关[5] [6]。

Table 5. Effect of the compound preparation on carbon clearance capacity in mice
表 5. 复方制剂对小鼠碳廓清功能的影响

组别	剂量(mg/kg BW)	吞噬指数	<i>P</i> 值
高剂量组	900	9.05 ± 0.99	0.036
中剂量组	450	8.71 ± 1.00	0.137
低剂量组	225	8.60 ± 1.42	0.199
阴性对照组	0	7.65 ± 1.33	-

由表 6 可知, 各剂量组吞噬率及吞噬指数与对照组相比均无显著差异($P > 0.05$), 提示样品对局部巨噬细胞的吞噬活性无明显影响。总体而言, 样品对巨噬细胞的调节具有组织选择性, 可能与复方中多糖在肝脏中的分布浓度较高有关[12]。

Table 6. Effect of the compound preparation on phagocytic capacity of peritoneal macrophages against chicken red blood cells in mice
表 6. 复方制剂对小鼠腹腔巨噬细胞吞噬鸡红细胞能力的影响

组别	剂量(mg/kg BW)	吞噬率(%)	<i>P</i> 值	吞噬指数	<i>P</i> 值
高剂量组	900	28.8 ± 4.8	0.515	0.61 ± 0.10	0.686
中剂量组	450	27.8 ± 4.2	0.797	0.60 ± 0.12	0.731
低剂量组	225	26.6 ± 2.8	0.990	0.55 ± 0.11	1.000
阴性对照组	0	26.3 ± 7.4	-	0.55 ± 0.19	-

3.5. 复方制剂对小鼠 NK 细胞活性的影响

表 7 显示, 各剂量组小鼠 NK 细胞活性与阴性对照组均无显著差异($P > 0.05$), 表明样品对固有免疫中 NK 细胞的杀伤功能未产生明显影响。其中, 高剂量组 NK 细胞活性为 24.84%, 较对照组降低 4.86%, 这可能与红景天苷抑制 NK 细胞过度活化的免疫平衡作用相关, 也可能与蝙蝠蛾被毛孢菌丝体的腺苷剂量未达有效阈值有关[13]。中剂量组与对照组基本持平, 低剂量组为 28.15%, 较对照组升高 7.81%。

Table 7. Effect of the compound preparation on NK cell activity in mice
表 7. 复方制剂对小鼠 NK 细胞活性的影响

组别	剂量(mg/kg BW)	NK 细胞活性(%)	<i>P</i> 值
高剂量组	900	24.84 ± 3.29	0.806
中剂量组	450	26.20 ± 3.24	1.000
低剂量组	225	28.15 ± 5.65	0.576
阴性对照组	0	26.11 ± 3.27	-

4. 讨论

本研究表明, 蝙蝠蛾被毛孢-红景天-灵芝复方制剂可通过促进 T 淋巴细胞增殖、增强 DTH 反应, 提升抗体生成细胞数及血清溶血素水平, 并增强单核-巨噬细胞碳廓清能力等多途径调节免疫功能(图 1), 这种多靶点效应与其复方成分的协同作用密切相关。红景天苷可通过调节 T 细胞亚群分化, 促进 IL-2、IFN- γ 等细胞因子分泌, 增强细胞免疫[14]; 黄芪多糖可通过激活 NF- κ B 信号通路促进 T 细胞分泌 IL-2

[15], 党参皂苷能调节 Th1/Th2 细胞平衡[16], 二者协同增强细胞免疫。灵芝多糖通过与巨噬细胞表面 CR3 受体结合, 促进吞噬体成熟[17], 而红景天苷可通过抑制 MAPK 通路降低炎症因子过度表达[18], 共同改善非特异性免疫。蝙蝠蛾被毛孢菌丝体中的腺苷成分可能通过 A2A 受体调节 B 细胞分化, 促进抗体生成[19]。这些成分的相互作用, 不仅增强了机体的免疫防御能力, 还可能在免疫调节中发挥平衡作用, 避免了免疫过度激活导致的炎症反应, 从而维持了免疫系统的稳态。

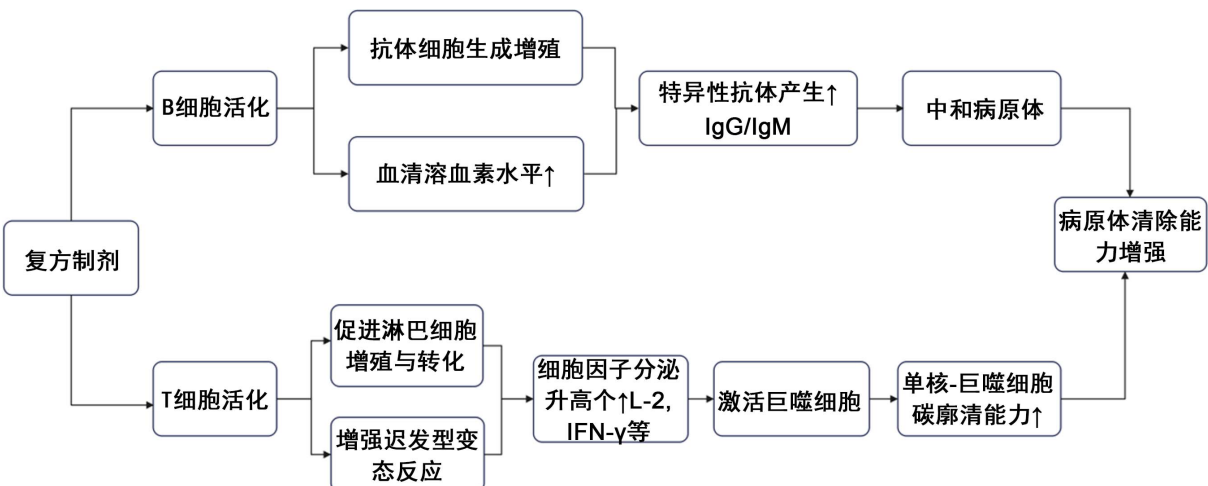


Figure 1. Analysis of the mechanism underlying the effect of the compound preparation on immune function in mice
图 1. 复方制剂对小鼠免疫功能的影响机制分析

样品中红景天苷、腺苷、粗多糖的含量与其免疫调节效果呈现剂量依赖性。高剂量组(900 mg/kg)在淋巴细胞转化、DTH、碳廓清等指标上显著优于中、低剂量组, 这可能与活性成分的生物利用度相关。研究表明, 红景天苷在 50~200 mg/kg 时可显著提升巨噬细胞吞噬率[20], 灵芝多糖的免疫激活效应具有剂量依赖性, 黄芪多糖的免疫激活阈值为 200~1000 mg/kg [21], 与本研究结果一致。值得注意的是, 低剂量组(225 mg/kg)仅在淋巴细胞转化实验中表现出显著效应, 而对体液免疫和碳廓清的影响不显著, 提示其作用可能存在“剂量窗”。这可能与复方中多种成分的协同阈值有关, 如当粗多糖浓度低于某一水平时, 其免疫刺激作用不足以激活下游信号通路。进一步研究需明确各成分的最佳配比及协同机制, 以优化本复方制剂的免疫调节效果。同时, 探讨其在不同免疫状态下的适用性, 为临床应用提供更全面的依据。

与单味中药制剂相比, 蝙蝠蛾被毛孢-红景天-灵芝复方制剂的复方配伍展现出优势。例如, 单一灵芝多糖主要增强巨噬细胞功能, 单一黄芪多糖在 200mg/kg 时选择性增强 NK 细胞活性[22] [23], 而本复方在 900 mg/kg 时可同时调节细胞免疫、体液免疫和巨噬细胞功能。此外, 该复方因同时含有红景天和蝙蝠蛾被毛孢菌丝体, 在抗应激和提升抗体生成方面更具特色。然而, 本研究中 NK 细胞活性未受显著调节, 可能与蝙蝠蛾被毛孢菌丝体剂量不足、复方中其他成分的拮抗效应, 或成分间相互作用有关。有研究显示, 蝙蝠蛾被毛孢提取物在 500~3000 mg/kg 剂量范围内, 可通过腺苷依赖途径显著激活 NK 细胞[13] [24], 而本研究的最高剂量组中蝙蝠蛾被毛孢实际剂量低于 270 mg/kg, 远低于单用有效阈值, 这也是后续研究需优化的方向。

5. 结论

蝙蝠蛾被毛孢-红景天-灵芝复方制剂可通过促进脾淋巴细胞增殖、增强迟发型变态反应、提升抗

体生成能力及单核-巨噬细胞碳廓清功能,发挥多维度免疫调节作用,且对小鼠体重、免疫器官发育无明显影响。其作用机制可能与红景天苷、腺苷、多糖等活性成分激活 NF- κ B 信号、调节免疫细胞功能相关。本研究为该复方作为免疫调节类健康食品的开发提供了实验依据,其具体成分的协同机制及临床应用价值需进一步研究。

基金项目

江苏省重点研发计划项目(BE2017364)。

参考文献

- [1] Zhu, G., Tong, N., Zhu, Y., Wang, L. and Wang, Q. (2024) The Crosstalk between Sumoylation and Immune System in Host-Pathogen Interactions. *Critical Reviews in Microbiology*, **51**, 164-186. <https://doi.org/10.1080/1040841x.2024.2339259>
- [2] Chen, R., Zou, J., Chen, J., Wang, L., Kang, R. and Tang, D. (2024) Immune Aging and Infectious Diseases. *Chinese Medical Journal*, **137**, 3010-3049. <https://doi.org/10.1097/cm9.0000000000003410>
- [3] Zhao, K., Sun, Y., Zhong, S. and Luo, J. (2024) The Multifaceted Roles of Cathepsins in Immune and Inflammatory Responses: Implications for Cancer Therapy, Autoimmune Diseases, and Infectious Diseases. *Biomarker Research*, **12**, Article No. 165. <https://doi.org/10.1186/s40364-024-00711-9>
- [4] Li, Y., Pham, V., Bui, M., Song, L., Wu, C., Walia, A., et al. (2017) *Rhodiola rosea* L.: An Herb with Anti-Stress, Anti-Aging, and Immunostimulating Properties for Cancer Chemoprevention. *Current Pharmacology Reports*, **3**, 384-395. <https://doi.org/10.1007/s40495-017-0106-1>
- [5] Huang, Q., Li, L., Chen, H., Liu, Q. and Wang, Z. (2019) GPP (Composition of *Ganoderma lucidum* Poly-Saccharides and *Polyporus umbellatus* Poly-Saccharides) Enhances Innate Immune Function in Mice. *Nutrients*, **11**, Article 1480. <https://doi.org/10.3390/nu11071480>
- [6] Zhou, L., Liu, Z., Wang, Z., Yu, S., Long, T., Zhou, X., et al. (2017) *Astragalus* Polysaccharides Exerts Immunomodulatory Effects via TLR4-Mediated MyD88-Dependent Signaling Pathway *in Vitro* and *in Vivo*. *Scientific Reports*, **7**, Article No. 44822. <https://doi.org/10.1038/srep44822>
- [7] 中华人民共和国卫生部. 卫法监发[2003]42号 保健食品检验与评价技术规范(2003年版)[S]. 北京: 中国标准出版社, 2003.
- [8] Wang, Z., Liu, Z., Zhou, L., Long, T., Zhou, X. and Bao, Y. (2017) Immunomodulatory Effect of APS and PSP Is Mediated by Ca²⁺-cAMP and TLR4/NF- κ B Signaling Pathway in Macrophage. *International Journal of Biological Macromolecules*, **94**, 283-289. <https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2016.10.018>
- [9] 王娜, 谢磊. 红景天苷调节免疫及抑制宫颈癌 U14 荷瘤小鼠肿瘤生长作用的研究[J]. 中药材, 2020, 43(7): 1732-1736.
- [10] Jacob, A., Cooney, D., Pradhan, M. and Coggeshall, K.M. (2002) Convergence of Signaling Pathways on the Activation of ERK in B Cells. *Journal of Biological Chemistry*, **277**, 23420-23426. <https://doi.org/10.1074/jbc.m202485200>
- [11] 包晓玮, 常永志, 朱金芳, 等. 南瓜及红甜菜多糖对小鼠免疫功能的影响[J]. 食品研究与开发, 2011, 32(8): 126-129.
- [12] Zhong, M., Yan, Y., Yuan, H., A, R., Xu, G., Cai, F., et al. (2022) *Astragalus Mongholicus* Polysaccharides Ameliorate Hepatic Lipid Accumulation and Inflammation as Well as Modulate Gut Microbiota in NAFLD Rats. *Food & Function*, **13**, 7287-7301. <https://doi.org/10.1039/d2fo01009g>
- [13] 李清光, 李世芬, 胡奇, 等. 蝙蝠蛾被毛孢菌丝体的活性成分分析及对小鼠免疫功能的调节作用[J]. 食品科技, 2020, 45(8): 28-32.
- [14] Xu, X., Li, P., Zhang, P., et al. (2016) Differential Effects of *Rhodiola Rosea* on Regulatory T Cell Differentiation and Interferon- γ Production *in vitro* and *in vivo*. *Molecular Medicine Reports*, **14**, 529-536. <https://doi.org/10.3892/mmr.2016.5278>
- [15] Feng, S., Ding, H., Liu, L., Peng, C., Huang, Y., Zhong, F., et al. (2020) *Astragalus* Polysaccharide Enhances the Immune Function of RAW264.7 Macrophages via the NF- κ B P65/MAPK Signaling Pathway. *Experimental and Therapeutic Medicine*, **21**, Article 20. <https://doi.org/10.3892/etm.2020.9452>
- [16] Li, Q., Zhai, C., Wang, G., Zhou, J., Li, W., Xie, L., et al. (2021) Ginsenoside Rh1 Attenuates Ovalbumin-Induced Asthma by Regulating Th1/Th2 Cytokines Balance. *Bioscience, Biotechnology, and Biochemistry*, **85**, 1809-1817. <https://doi.org/10.1093/bbb/zbab099>

-
- [17] 赖梦亭, 肖平, 方悦悦, 等. 中药多糖免疫调节作用机制研究进展[J]. 中草药, 2023, 54(10): 3337-3348.
- [18] Wang, M. and Xiong, Y. (2025) Salidroside Alleviates Atopic Dermatitis-Like Responses by Inhibiting MAPKs and NF- κ B Signaling Pathways. *Archives of Dermatological Research*, **317**, Article No. 666. <https://doi.org/10.1007/s00403-025-04091-4>
- [19] Zhang, C., Wang, K. and Wang, H. (2023) Adenosine in Cancer Immunotherapy: Taking off on a New Plane. *Biochimica et Biophysica Acta (BBA)-Reviews on Cancer*, **1878**, Article ID: 189005. <https://doi.org/10.1016/j.bbcan.2023.189005>
- [20] 叶莎莎, 曾耀英, 尹乐乐. 红景天苷对小鼠腹腔巨噬细胞体外增殖, 凋亡, 吞噬, ROS 和 NO 产生的影响[J]. 细胞与分子免疫学杂志, 2011, 27(3): 237-241.
- [21] 范文彤. 黄芪多糖对小鼠免疫功能的药理学实验研究[J]. 中国当代医药, 2018, 25(3): 10-14.
- [22] 付慧婕, 雷根平, 董盛, 等. 黄芪的现代药理作用及研究进展[J]. 河北中医, 2025, 47(4): 695-699.
- [23] 刘琴, 王磊, 张康, 等. 黄芪多糖对鸡巨噬细胞 HD11 的免疫调节作用研究[J]. 中兽医医药杂志, 2023, 42(4): 1-7.
- [24] 傅惠英, 张利棕, 寿旗扬, 等. 中国被毛孢和蝙蝠蛾拟青霉小鼠免疫功能调节作用的比较[J]. 中国比较医学杂志, 2012, 22(9): 16-20.