

doi:10.11751/ISSN.1002-1280.2018.06.13

白术多糖免疫调节作用机制的研究进展

杨锦涛¹,程希¹,陈红伟¹,吴俊伟^{1*},曾杨梅²

(1. 西南大学动物科学学院,重庆 402460;2. 重庆布尔动物药业有限公司,重庆 402460)

[收稿日期] 2017-08-11 [文献标识码]A [文章编号]1002-1280 (2018) 06-0080-06 [中图分类号]S853.74

[摘要] 白术多糖可以作用于机体的免疫器官、免疫细胞和免疫分子,白术多糖通过对三个层次共同协调作用来调节机体的特异性免疫和非特异性免疫,从而使机体的免疫系统达到平衡状态。就近几年来白术多糖对免疫系统作用机制的研究进展,具体从脾脏,胸腺,肠黏膜免疫系统,T、B淋巴细胞,单核吞噬细胞,树突状细胞,细胞因子,补体分子,抗体分子方面进行了综述,以便为白术多糖的进一步深入研究以及在临床中的广泛应用提供一定的参考依据。

[关键词] 白术多糖;免疫调节;免疫器官;免疫细胞;免疫分子

Advances in the Mechanism of Polysaccharide Immunization in *Atractylodes macrocephala* Koidz

YANG Jin-tao¹, CHENG Xi¹, CHENG Hong-wei¹, WU Jun-wei¹, ZENG Yang-mei²

(1. College of Animal Science, Southwest University, Chongqing 402460, China; 2. Chongqing Bull Animal Pharmaceutical Co., LTD, China)

Corresponding author: WU Jun-wei, E-mail: wjw999@163.com

Abstract: Polysaccharide of *Atractylodes macrocephala* can act on the organism's immune organs, immune cells and immune molecules. It can regulate the specific immune and non-specific immune function of the organism by coordinating the three aspects. So that the immune system returned to equilibrium. And in order to provide a basis for further study of polysaccharide of *Atractylodes macrocephala* and to its clinical application, From the aspect of the spleen, thymus, intestinal mucosal immune system, T lymphocyte, B lymphocyte, mononuclear phagocytes, dendritic cells, cytokines, complement molecules and antibody molecules, the research progress of the mechanism of polysaccharide immunization in *Atractylodes macrocephala* Koidz is summarized.

Key words: polysaccharide of *Atractylodes macrocephala*, immunomodulatory, immune organs, immune cells, immune molecules

作者简介: 杨锦涛,硕士研究生,从事中药免疫与兽医药物制剂方面研究。

通讯作者: 吴俊伟。E-mail: wjw999@163.com

白术属于菊科、苍术属多年生草本植物。喜凉爽气候,常以根茎入药,将其根茎用水或米泔水浸泡软后切片,生用、麸炒或土炒用。现在主要产自浙江、安徽等地。白术味甘、苦,性微温,归脾胃经,具有益气健脾,利水燥湿,止汗固表和安胎等多种药用功效,中医临床主要用于食少脾虚,腹胀泄泻,痰饮眩悸,自汗,水肿和胎动不安等。近年来研究发现:白术中含有丰富的多糖、皂苷、挥发油、氨基酸等多种有效成分^[1],这些活性成分可以作用于消化系统、免疫系统和泌尿系统等^[2]。其中,白术多糖(PAM, Polysaccharide of *Atractylodes macrocephala*)是白术的主要生物活性成分之一,常用来作为机体的免疫调节剂,同时 PAM 还具有抗氧化、抗衰老、降血糖、抗肿瘤和作用于心肌细胞等作用,临床上已经用于治疗肝炎、肿瘤等疾病^[3]。目前, PAM 在免疫调节方面已有大量研究,现对其作用机制综述如下。

1 PAM 对免疫器官的影响

免疫器官是机体执行免疫功能的组织结构,也是淋巴细胞和其它免疫细胞增殖分化、成熟定居以及产生免疫应答的场所。免疫器官主要由中枢免疫器官(包括骨髓、胸腺和禽类的法氏囊)和外周免疫器官(包括脾脏、淋巴结和黏膜免疫系统)组成。免疫器官发育状况的好坏在一定程度上直接影响和体现了机体免疫力的高低。白术多糖对免疫器官的作用主要是增加动物机体脾脏和胸腺的重量,对免疫器官损伤的拮抗性作用^[4-5],以及作用于肠道黏膜免疫系统等。

陈红伟等^[6]采用不同提取工艺提取白术多糖,然后给免疫抑制小鼠分别灌胃不同提取工艺制备的 PAM,灌胃 14 d 后采血、处死小鼠,测定各项指标。结果表明,不同提取工艺制备的 PAM 均能够提高免疫抑制小鼠的脾脏指数和胸腺指数。说明白术多糖能够提高机体免疫器官重量,这与汤新慧^[7]的研究结果相一致。Xie Feng 等^[8]给小鼠皮下注射口蹄疫疫苗,然后给小鼠灌胃白术多糖

0.05 g/只,2 周后采血、处死小鼠,测定血清中 IgG 和肠黏膜各项指标,结果发现 PAM 可以提高十二指肠中总 sIgA 的量, TGF- α , IL-6, TNF- α , IgA⁺ 细胞的 mRNA 表达量,说明 PAM 能够提高部分肠黏膜免疫。

2 PAM 对免疫细胞的影响

免疫细胞直接或间接参与机体的免疫应答,是机体免疫系统极为重要的组成部分。按照参与固有免疫还是适应性免疫,可将免疫细胞分为固有类免疫细胞和适应性免疫细胞,固有类免疫细胞主要由 M ϕ (巨噬细胞)、NK 细胞(自然杀伤细胞)、粒细胞、肥大细胞,以及属于固有类淋巴细胞的 NKT 细胞、 $\gamma\delta$ T 细胞、B1 细胞和边缘区 B 细胞组成;适应性免疫细胞由 T、B 淋巴细胞和 DC 细胞(树突状细胞)组成^[9]。PAM 能增强机体的细胞免疫,主要体现在以下方面:

2.1 对 T、B 淋巴细胞的影响 T、B 淋巴细胞在机体细胞免疫中具有十分重要的作用,T 淋巴细胞及辅助 T 淋巴细胞(Th)可以刺激 B 淋巴细胞的生长和分化,同时还可以分泌细胞因子激活巨噬细胞参与细胞介导的免疫应答,B 淋巴细胞则主要是产生抗体,在体液免疫中发挥作用。PAM 对 T、B 淋巴细胞的作用主要是促进其增殖能力。

朱南山等^[10]采用 MTT 法体外培养猪外周血淋巴细胞,并采用不同浓度的 PAM 处理,结果发现,不同浓度的 PAM 均可显著提高猪外周血淋巴细胞的增殖反应($P < 0.05$),其中以 200 $\mu\text{g}/\text{mL}$ 的 PAM 作用最为明显。在 25 ~ 400 $\mu\text{g}/\text{mL}$ 范围内基本呈钟罩形(先升后降)。推测其原因是 PAM 具有 T 淋巴细胞有丝分裂原的性质,可促进 T 淋巴细胞的分裂增殖。Sun 等^[11]通过试验证明, RAMPS_{ip} 和 RAMPS_{60c} 可以单独或与植物凝集素协同增强 T 淋巴细胞增殖。同时, RAMPS_{ip} 和 RAMPS_{60c} 可以促进淋巴细胞进入 S 和 G2/M 期。RAMPS_{ip} 和 RAMPS_{60c} 有效地提高了 CD4⁺T 细胞和 CD8⁺T 细胞的百分比。胡晓蕾等^[12]在 SD 大鼠的基础日粮中

分别添加 0.5%、1%、2% 的白术和 0.2%、0.5% 的白术多糖,饲养 5 周后取外周血淋巴细胞和脾脏淋巴细胞进行淋巴细胞转化试验,结果发现,日粮中添加 0.2% 的白术多糖可以显著提高外周血 T、B 淋巴细胞和脾脏 T、B 淋巴细胞的转化率。

2.2 对单核吞噬细胞的影响 单核吞噬细胞包括血液中的单核细胞和组织中的吞噬细胞。在免疫功能中主要起到吞噬和杀伤作用、抗原加工和递呈作用、以及合成和分泌各种活性因子。PAM 能够促进单核吞噬细胞的吞噬率和增殖率。

焦艳等^[13]通过体内和体外试验发现,PAM 能增强 Kupffer 细胞对中性红吞噬作用、增加 ACP 活性及 NO 和 TNF- α 的产生。但 PAM 在体外不增加肝实质细胞 LDH 漏出,对 sALT 和 sGST 的活性没有影响。Wentao Fan 等^[14]分别将不同浓度的 PAM、RAPS(黄芪多糖)和 RSPS(防风多糖)通过体外试验作用于鸡巨噬细胞,结果发现三种多糖均可在适当浓度促进鸡巨噬细胞的增殖率。此外,有研究还发现 PAM 能促进巨噬细胞的吞噬活性和刺激巨噬细胞产生 NO、TNF- α 和 IFN- γ ,PAM 激活巨噬细胞产生 NO 和 TNF- α 的释放过程中有 NF- κ B 的参与^[15-16]。

2.3 对树突状细胞的影响 树突状细胞(DC)可以通过吞噬或内吞方式捕获抗原,之后迁移至血液和淋巴液并循环至淋巴器官将抗原递呈给 TH 细胞,此外树突状细胞还能诱导 T 细胞极化,参与调节 B 细胞功能和固有免疫应答,在细胞免疫中具有重要作用。PAM 对 DC 的影响主要是促进其表面分子的表达、影响其吞噬能力以及促进其分泌细胞因子。

汲广全等^[17]通过体外试验将 PAM 作用于 DC 细胞,结果发现白术多糖能够上调 DC 表面分子 CD80、CD83、CD86 和 HLA-DR 的表达,并且呈出一定的剂量依赖性,当 PAM 为 100 μ g/mL 时效果最好;成熟的 DC 吞噬能力弱,未成熟的 DC 吞噬能力强,试验发现 PAM 同时还使 DC 吞噬能力下降,

说明 PAM 能够促进 DC 细胞成熟;此外,试验还发现白术多糖能够促进 DC 分泌 IL-12、TNF- α 和刺激 DC TLR4 表达的增加。

3 PAM 对免疫分子的影响

免疫分子按照结构和类别来区分,可以分为细胞因子、趋化因子及其受体;补体及其调节分子;分化抗原(CD 分子);黏附分子;TCR、BCR 和抗体分子;MHC 基因产物^[9]。PAM 对免疫分子的作用主要体现在细胞因子、补体分子和抗体分子方面。

3.1 对细胞因子的影响 细胞因子是一类高活性多功能蛋白质多肽分子,作为细胞间信号传递分子,主要介导和调节免疫应答及炎症反应,刺激造血功能,并参与组织修复等,在抗感染免疫、抗肿瘤免疫、抗排斥反应、自身免疫病治疗以及恢复造血功能等方面具有重要作用。PAM 可以促进机体细胞对 IL-1、IL-2、IL-6、IL-8、IFN- γ 、TNF- α 的分泌,此外,有研究表明 PAM 还可提高脾脏中 IL-2、IL-4、IL-6、IFN- γ 、TNF- α 和 NF-AT 的 mRNA 量^[18-19]。IL-2 主要由 CD4 Th1 细胞产生,CD8 T 细胞也可产生少量 IL-2,IL-2 是 T 细胞激活并进入细胞分裂的关键成分,它还可以刺激 NK 细胞的生长和增强其杀伤力,并激发 B 细胞生长和抗体产生。IL-6 能够诱导 Th 细胞表达 IL-2R,可与 IL-1 和 TNF 协同刺激 T 细胞,在全身炎症反应过程中具有非常重要的作用,此外,它还能促进 B 细胞的增殖与分化和造血干细胞的再生与血小板产生。IFN- γ 可以增加巨噬细胞杀伤和吞噬细菌的能力,诱导和增加多种细胞表达 MHC I 类和 MHC II 类分子和促进 T 细胞分化等。

毛俊浩等^[20]研究了白术多糖在体内和体外对小鼠脾淋巴细胞的调节作用,结果发现:PAM 在适当浓度范围内能够单独激活或协同 Con A/PHA 促进正常小鼠淋巴细胞转化,体外试验还表明,当 PAM 浓度为 5 mg/L 和 10 mg/L 时,PAM 能够显著提高正常小鼠脾脏 T 淋巴细胞分泌 IL-2 的能力。卢一松等^[21]从中药白术中提取多糖成分,然后分

别将不同浓度白术多糖水溶液腹腔注射给小鼠, 6 d 后检测小鼠血清中 IFN- γ 水平、脾指数和胸腺指数, 结果发现中剂量组 (0.8 mg/只) 和高剂量组 (1.6 mg/只) 小鼠血清中 IFN- γ 水平显著高于空白对照组小鼠血清中 IFN- γ 水平, 且高剂量组差异性最为显著。

周剑等^[22]将不同浓度的 PAM 作用于 H22 肝癌小鼠, 结果发现, 各种浓度的 PAM 均可显著提高血清中 IL-2, 降低血清中 VEGF 水平, 同时下调 Bcl-2 基因的表达, 而上调 p21 基因表达。而 Xu Dan-ning 等^[23]给鸡进行热应激, 然后给其分别饲喂硒、白术多糖或硒化白术多糖, 结果发现, 热应激能够显著提高鸡脾脏和胸腺中 IL-2、IL-4、TNF- α 和 IFN- γ 的 mRNA 量, 而白术多糖能够显著降低热应激所致的这种变化, 说明白术多糖能够使机体 IL-2、IL-4、TNF- α 和 IFN- γ 的 mRNA 量恢复正常。

3.2 对补体分子的影响 补体是广泛存在于血清中的一组不耐热具有酶活性的球蛋白, 激活后的补体具有细胞溶解、细胞粘附调理、免疫调节、介导炎症反应、中和病毒、免疫复合物溶解和清除等重要的生物学效应。PAM 能够提高血清中的 C3、C4 补体成分。C3、C4 补体主要在肝、脾、肺、淋巴组织、巨噬细胞和骨髓合成。

胡晓蕾等^[12]在 SD 大鼠的基础日粮中分别添加 0.5%、1%、2% 的白术和 0.2%、0.5% 的白术多糖, 饲养 5 周后检测相关指标, 结果发现除 0.5% 白术多糖添加组外, 其他添加白术组和白术多糖组均可显著提高血清抗体 IgG 水平, 同时对 IgM 和 IgA 水平和血清补体 C3、C4 水平均有提高的趋势, 但统计学上差异不显著。

3.3 对抗体分子的影响 抗体是能与抗原发生特异性结合的免疫球蛋白, 根据其结构大体可以分为 IgG、IgA、IgM、IgE 和 IgD, 不同的抗体在机体的不同时期、不同部位具有不同的作用。PAM 可以提高机体的 IgG 和 IgM 抗体水平, IgG 在抗感染免疫中

具有非常重要的作用, 同时它还参与抗肿瘤、抗菌、抗病毒、抗毒素等免疫过程。而 IgM 在动物机体初次体液免疫反应过程中最早产生, 它具有抗菌、抗病毒、中和毒素、抗肿瘤等免疫活性。

孙文平等^[24]通过试验证明, PAM 能够刺激小鼠产生相应的特异性 IgG 类抗体, 同时还能在一定程度上激发非特异性 IgG 类抗体。柴日弈等^[25]以卵清白蛋白 (OVA) 为模式抗原, 然后分别设含 150、300、600 μg 的白术多糖, 将抗原与佐剂混合后腹部皮下注射, 共注射 2 次, 间隔 2 周, 于第 2 次给药 2 周后摘除眼球采血, 然后采用间接 ELISA 法检测血清抗 OVA 抗体及其亚类水平。结果显示, 在 OVA 疫苗中添加 150 μg 和 300 μg 白术多糖能显著提高 ICR 小鼠血清中抗 OVA 特异性 IgG 水平, 与不加多糖的对照组比较, 白术多糖组 (300 μg) 可显著提高小鼠血清抗 OVA 特异性 IgG 亚类 IgG1、IgG2a、IgG2b 和 IgG3 的水平 ($P < 0.05$)。此外, L.L. Li 等^[18]在早期断奶仔猪的基础日粮中添加纯化白术多糖、白术粗多糖或混合粗多糖, 结果发现三者均可显著提高血清中 IgM 抗体水平 ($P < 0.05$)。

4 结 语

综上所述, PAM 可以通过调节免疫器官、免疫细胞、免疫分子三个层次, 共同协调发挥对机体的免疫调节作用, 既作用于机体的特异性免疫, 同时又作用于机体的非特异性免疫, 对正常及非正常机体都发挥着免疫调节作用。白术多糖与其它中药制剂一样, 具有毒副作用小、无残留等特点, 在临床应用中具有优势。但是目前对 PAM 的研究大多仅限于粗多糖和药效的研究, 对于在多少浓度范围内的 PAM、带有何种结构和多少分子量的 PAM 能够显著影响机体免疫能力还不清楚, 同时对于具体影响机体的哪一部分免疫系统以及具体的影响机制也仍需进一步研究。

参考文献:

- [1] 李雯,尹华. 白术化学成分的药理作用研究进展[J]. 海峡药学, 2012,24(3):9-11.
Li W, Ying H. Advances in pharmacological effects of chemical composition of *Atractylodes macrocephala* Koidz [J]. Strait Pharmacy, 2012, 24(3):9-11.
- [2] 杨娥,钟艳梅,冯毅凡. 白术化学成分和药理作用的研究进展[J]. 广东药学院学报, 2012(2):218-221.
Yang W, Zhong Y M, Feng Y F. Research progress on chemical constituents and pharmacological effects of *Atractylodes macrocephala* Koidz [J]. Journal of Guangdong College of Pharmacy, 2012 (2):218-221.
- [3] 曹岗,张晓炎,丛小东,等. 白术多糖的研究进展[J]. 北京联合大学学报(自然科学版), 2009,第 23 卷(第 3 期).
Cao G, Zhang X Y, Cong X D, et al. Research progress of polysaccharide of *Atractylodes macrocephala* [J]. Journal of Beijing Union University (Natural Science Edition), 2009,23(3).
- [4] Guo L, Sun Y L, Wang A H, et al. Effect of polysaccharides extract of rhizoma *Atractylodes macrocephalae* on thymus, spleen and cardiac indexes, caspase-3 activity ratio, Smac/DIABLO and HtrA2/Omi protein and mRNA expression levels in aged rats [J]. MOL BIOL REP, 2012,39(10):9285-9290.
- [5] 文贵辉,李丽立,张彬,等. 白术多糖对樱桃谷鸭血清生化指标的影响[J]. 家畜生态学报, 2011,32(3):45-49.
Wen G H, Li L L, Zhang B, et al. Effects of *Atractylodes macrocephala* polysaccharide on serum biochemical indexes of cherry valley duck [J]. Journal of Animal Ecology, 2011, 32(3):45-49.
- [6] 陈红伟,何俭,黄庆洲,等. 不同工艺制备的白术多糖对小鼠血清中细胞因子的影响[J]. 西南大学学报(自然科学版), 2015(1):60-64.
Chen H W, He J, Huang Q Z, et al. Effects of *Atractylodes macrocephala* Koidz polysaccharides prepared by different processes on serum cytokines in mice [J]. Journal of Southwest University (Natural Science Edition), 2015(1):60-64.
- [7] 汤新慧. 白术多糖对小鼠免疫功能的影响[J]. 中医研究, 1998(2):9-11.
Tang X H, Effects of *Atractylodes macrocephala* polysaccharide on immune function in mice [J]. Chinese Journal of Traditional Chinese Medicine and Pharmacy, 1998(2):9-11.
- [8] Xie F, Sakwivatkul K, Zhang C, et al. *Atractylodes macrocephalae* Koidz. polysaccharides enhance both serum IgG response and gut mucosal immunity [J]. CARBOHYD POLYM, 2013,91(1):68-73.
- [9] 周光炎. 免疫学原理[M]. 第三版. 北京: 科学出版社, 2016.
Zhou G Y, Principles of immunology [M]. Third edition. Beijing: Science Press, 2016.
- [10] 朱南山,张彬,李丽立,等. 白术多糖对仔猪血淋巴细胞转化及信号转导相关分子的影响[J]. 华北农学报, 2007(2):18-21.
Zhu N S, Zhang B, Li L L, et al. Effects of *Atractylodes macrocephala* polysaccharide on lymphocyte transformation and signal transduction-related molecules in piglets [J]. Journal of North China Agricultural University, 2007(2):18-21.
- [11] Sun W, Meng K, Qi C, et al. Immune-enhancing activity of polysaccharides isolated from *Atractylodes macrocephalae* Koidz [J]. CARBOHYD POLYM, 2015,126:91-96.
- [12] 胡晓蕾,胡迎利,汪以真. 白术及白术多糖对 SD 大鼠生长性能和免疫功能的影响[J]. 中国兽药杂志, 2006(1):2-6.
Hu X L, Hu Y L, Wang Y Z. Effects of *Atractylodes macrocephala* and *Atractylodes macrocephala* polysaccharide on growth performance and immune function in SD rats [J]. Chinese Journal of Veterinary Drugs, 2006(1):2-6.
- [13] 焦艳,唐娜,王嫦鹤. 白术多糖对小鼠 Kupffer 细胞免疫功能的激活作用[J]. 西北药学杂志, 2013(6):607-610.
Jiao Y, Tang L, Wang C H. Activation of Atax's polysaccharide on immune function of mouse kupffer cells [J]. Northwest Pharmaceutical Journal, 2013(6):607-610.
- [14] Fan W, Zhang S, Hao P, et al. Structure characterization of three polysaccharides and a comparative study of their immunomodulatory activities on chicken macrophage [J]. CARBOHYD POLYM, 2016,153:631-640.
- [15] Yao C, Yang X. Bioactivity-guided isolation of polyacetylenes with inhibitory activity against NO production in LPS-activated RAW264.7 macrophages from the rhizomes of *Atractylodes macrocephala* [J]. J ETHNOPHARMACOL, 2014,151(2):791-799.
- [16] Ji G, Chen R, Zheng J. Macrophage activation by polysaccharides from *Atractylodes macrocephala* Koidz through the nuclear factor- κ B pathway [J]. PHARM BIOL, 2014,53(4):512-517.
- [17] 汲广全,陈仁琼,郑建仙. 白术多糖对树突状细胞表型及功能

- 成熟的影响[J]. 食品科学, 2015(3):207-211.
- Ji G Q, Chen R Q, Zheng J X. Effects of *Atractylodes macrocephala* polysaccharide on phenotype and functional maturation of dendritic cells[J]. Food science, 2015(3):207-211.
- [18] Li L L, Yin F G, Zhang B, et al. Dietary supplementation with *Atractylodes macrocephala* Koidz polysaccharides ameliorate metabolic status and improve immune function in early-weaned pigs [J]. LIVEST SCI, 2011,142(1-3):33-41.
- [19] Liu J, Chen X, Yue C, et al. Effect of selenylation modification on immune-enhancing activity of *Atractylodes macrocephala* polysaccharide[J]. INT J BIOL MACROMOL, 2015,72:1435-1440.
- [20] 毛俊浩,吕志良,曾群力,等. 白术多糖对小鼠淋巴细胞功能的调节[J]. 免疫学杂志, 1996(4):21-24.
- Mao j h, Lv Z L, Zeng Q L, et al. Effects of *Atractylodes macrocephala* polysaccharide on lymphocyte function in mice[J]. Journal of Immunology, 1996(4):21-24.
- [21] 卢一松,徐伟,张岑容,等. 含白术多糖油乳剂对口蹄疫疫苗免疫的增强作用[J]. 中国兽医学报, 2016(6):928-932.
- Lu Y S, Xu W, Zhang C R, et al. Enhancement of anti-foot-and-mouth disease vaccine of *Atractylodes macrocephala* oil emulsion[J]. Chinese Journal of Veterinary Science, 2016(6):928-932.
- [22] 周剑,苏德春,宋国权. 白术多糖对 H22 肝癌小鼠抗肿瘤作用实验研究[J]. 亚太传统医药, 2015(17):9-10.
- Zhou J, Su D C, Song G Q. Experimental study on anti-tumor effect of *Atractylodes macrocephala* polysaccharide on H22 hepatocellular carcinoma mice[J]. Asia-Pacific Traditional Medicine, 2015(17):9-10.
- [23] Xu D, Tian Y. Selenium and Polysaccharides of *Atractylodes macrocephala* Koidz play different roles in improving the immune response induced by heat stress in chickens[J]. BIOL TRACE ELEMENT RES, 2015,168(1):235-241.
- [24] 孙文平,李发胜,陈晨,等. 白术多糖对小鼠免疫功能调节的研究[J]. 中国微生态学杂志, 2011(10):881-882.
- Sun W P, Li F S, Chen C, et al. Study on immune function regulation of *Atractylodes macrocephala* Koidz in mice[J]. Chinese Journal of Microecology, 2011(10):881-882.
- [25] 柴日奔,谢锋,葛佳静,等. 白术多糖的免疫佐剂作用[J]. 中兽医医药杂志, 2013(1):20-22.
- Cai R Y, Xie F, Ge J J, et al. Immune adjuvant effect of *Atractylodes macrocephala*[J]. Journal of Traditional Chinese Veterinary Medicine, 2013(1):20-22.

(编辑:陈希)