

黄芪多糖与人参多糖免疫调节作用的研究进展

王 玥¹, 杨志国², 王艳华², 李 建², 王 丹², 李丽维^{1*}

[1. 天士力研究院, 天津 300410; 2. 天津天士力(辽宁)制药有限责任公司, 阜新 123000]

摘 要: 黄芪和人参为历代中医所推崇的扶正固本的良药, 被广泛应用于保健食品和医药领域。黄芪多糖与人参多糖又分别为黄芪与人参的主要功效成分。现有大量的文献表明 2 种多糖具有增强免疫力、抗病毒等功效。由于多糖成分繁多, 结构复杂, 目前的研究多以聚合物的形式为主, 不同分子量的多糖的单糖组成和比例不同, 糖连接序列和糖苷键类型以及相应的生物学活性也不相同, 且目前的研究尚未明确结构-活性关系。本文综述了黄芪多糖、人参多糖以及二者复配在免疫调节方面的药理作用及应用研究进展, 为今后两者在保健食品免疫调节产品开发方面的应用提供参考。

关键词: 黄芪多糖; 人参多糖; 成分组成; 免疫调节

Research progress on immune regulation of *Astragalus* polysaccharide and *Ginseng* polysaccharides

WANG Yue¹, YANG Zhi-Guo², WANG Yan-Hua², LI Jian², WANG Dan², LI Li-Wei^{1*}

[1. *Tasly Academy, Tianjin 300410, China*; 2. *Tianjin Tasly (Liaoning) Pharmaceutical Co., Ltd., Fuxin 123000, China*]

ABSTRACT: *Astragalus membranaceus* and *Panax ginseng* are good medicines for strengthening the body and strengthening the foundation recommended by traditional Chinese medicine in the past dynasties, and are widely used in health food and medicine. *Astragalus membranaceus* polysaccharide and *Panax ginseng* polysaccharide are the main functional components of astragalus and ginseng respectively. A large number of literatures have shown that two polysaccharides have the effects of enhancing immunity and anti-virus. Due to the various components and complex structures of polysaccharides, the current research is mostly in the form of polymers. The composition and proportion of monosaccharides of polysaccharides of different molecular weights are different, and the sugar linkage sequence, glycosidic bond types and corresponding biological activities are also different. Current research has not clarified the structure-activity relationship. This article reviewed the pharmacological effects and application research progress of *Astragalus membranaceus* polysaccharide, *Panax ginseng* polysaccharide and their combination in immunomodulation, so as to provide reference for the future application of the two in the development of health food immunomodulation products.

KEY WORDS: *Astragalus membranaceus* polysaccharides; *Panax ginseng* polysaccharides; composition; immunoregulation

*通信作者: 李丽维, 硕士, 高级工程师, 主要研究方向为普洱茶和功能食品。E-mail: liliwei@tasly.com

*Corresponding author: LI Li-Wei, Master, Senior Engineer, Tasly Academy, No.1 Tingjiang Road, Beichen District, Tianjin, 300410. E-mail: liliwei@tasly.com

0 引言

黄芪(*Astragalus membranaceus*)为豆科植物蒙古黄芪或膜荚黄芪的干燥根,黄芪中的黄芪多糖为含量最多、活性较强的成分^[1]。人参(*Panax ginseng*)为五加科植物人参的干燥根和根茎,是一种传统的名贵中药。自古以来,人参和黄芪为历代中医所推崇的扶正固本的良药,在临床已应用数千年之久,人参主补五脏可提高机体自身的活力,促进邪气外排,黄芪益卫固表的特性,可防御外邪,人参与黄芪联用体现中医扶正固本的基本治疗原则。黄芪多糖与人参多糖分别为黄芪与人参的水提物中的主要成分,现有大量的文献表明2种多糖具有增强免疫力、抗病毒等功效^[2-3]。本文从黄芪多糖、人参多糖的结构组成、2种多糖的免疫功能以及二者复配在免疫调节方面的药理作用进行论述,为今后2种多糖在免疫调节方面的应用提供参考。

1 黄芪多糖与人参多糖组成

黄芪多糖的提取方法有水提法、酶辅助法、物理提取法等,其中工业上常使用水提法,黄芪多糖是黄芪水溶液主要成分之一^[4],已有的研究表明,黄芪多糖的单糖组分包括:葡萄糖、葡萄糖醛酸、阿拉伯糖、鼠李糖、果糖、甘露糖、半乳糖、半乳糖醛酸、岩藻糖等^[5]。KIYOHARA等^[6]从蒙古黄芪中分离得到了13种多糖,这些多糖均表现出免疫调节活性。唐雨薇等^[7]得到2种酸性黄芪多糖分别为APS-I(*Astragalus polysaccharides*, APS-I)和APS-II(*Astragalus polysaccharides*, APS-II),其中APS-I由甘露糖、鼠李糖、葡萄糖醛酸、半乳糖醛酸、葡萄糖和半乳糖组成;APS-II由甘露糖、鼠李糖、葡萄糖醛酸、半乳糖醛酸、葡萄糖、半乳糖和木糖组成。虽然已有研究能表明不同结构黄芪多糖其功能存在差异^[8],但黄芪多糖成分繁多,化学结构复杂,对准确成分的认识非常有限,目前研究还无法明确多糖的结构-活性关系^[9]。人参多糖的提取方法与其他多糖大致相同,通常也采用水提法、酶辅助法和物理提取法等^[10],人参多糖主要由人参淀粉和人参果胶2种成分组成。根据糖醛酸的含量,人参多糖又可分为中性多糖、弱酸性多糖和酸性多糖^[11],其中有效成分主要为中性糖和酸性糖,中性糖主要是淀粉,由葡萄糖聚合而成,占人参多糖的绝大部分(约为80%);酸性糖大多是果胶,人参果胶有3种分型,分别为RG-I、RG-II和HG,其中HG仅由半乳糖醛酸组成,其他2种分型除了含有半乳糖醛酸外,还含有鼠李糖,目前对人参多糖结构分析主要停留在一级结构,高级结构还有待进一步研究^[10]。

2 黄芪多糖与人参多糖对免疫调节的研究

2.1 黄芪多糖对免疫调节的研究

黄芪多糖能够作用于多种免疫器官,增加器官质量,

提高脏器指数,还能够促进部分脏器的发育^[12-13]。有研究表明,黄芪多糖可以通过减少血管内皮生长因子和表皮生长因子受体的表达来改善免疫器官的功能,提高Lewis可移植性肺癌小鼠后脾脏和胸腺免疫器官指数^[14]。

除了对免疫器官的影响外,黄芪多糖还可以通过调节免疫细胞发挥免疫调节作用。黄芪多糖能增强巨噬细胞和自然杀伤细胞(natural killer cell, NK)活性^[15-16],可以明显拮抗环磷酰胺或强的松龙所致的单核巨噬细胞系统吞噬功能的抑制^[17];能促进红细胞免疫、树突状细胞(dendritic cells, DC)的分化成熟^[18],能增加B淋巴细胞和T淋巴细胞的增殖分化、提高浆细胞的分泌、增加血清抗体浓度、调节T淋巴细胞亚群的平衡。范云鹏等^[19]研究发现,黄芪多糖可以显著促进鸡T淋巴细胞及B淋巴细胞增殖的能力,并促进脾淋巴细胞的转化。黄芪水煎剂及黄芪多糖可以明显提升免疫功能低下小鼠的CD4⁺T细胞数,促进Th1型细胞因子IL-2和IFN- γ 及Th2型细胞因子IL-4的分泌,调控CD4⁺/CD8⁺T细胞^[20]。

此外,黄芪多糖可以通过调节动物机体的细胞因子发挥免疫调节作用^[21],肖顺汉等^[22]研究发现黄芪多糖可以通过增强荷瘤小鼠体内IL-2、IL-6、IL-12、TNF- α 等细胞因子水平而提高免疫功能,YANG^[23]研究发现,黄芪多糖可使H22荷瘤小鼠脾/胸腺指数和巨噬细胞吞噬功能得到改善,此外,还促进血清中IL-2、IL-12和TNF- α 的分泌并降低IL-10水平,从而改善H22荷瘤小鼠的免疫反应及抗肿瘤活性。张磊等^[24]研究表明黄芪水煎液能诱导微血管内皮细胞表达IFN- γ ,这与黄芪水煎液具有抗病毒作用可能有直接关系。除此之外,黄芪多糖的免疫调节作用还体现在能够促进细胞中RNA、DNA和蛋白质的合成,并调节有关免疫相关基因的表达,从而发挥免疫调节作用。邱河辉等^[25]研究发现,黄芪多糖对犬脾脏T淋巴细胞Th1型和Th2型细胞因子mRNA表达的整体调节来促进细胞免疫。黄芪多糖还可以作为体液免疫增强剂,可以促进淋巴细胞增殖和抗体效价,具有促进体液和细胞免疫反应的作用^[26-27]。通过注射黄芪多糖可以显著提高感染李斯特菌的小鼠血清中的IgG抗体水平^[28],而口服黄芪多糖可以促进接种新城疫疫苗的鸡的免疫功能和IgA细胞的形成,并增加分泌型IgA的分泌,从而提高肠黏膜的免疫^[29]。最后,黄芪多糖对肠道免疫也起到积极的作用。李任军等^[30]研究表明小鼠口服黄芪多糖能显著促进小鼠淋巴细胞对刀豆蛋白A(concanavalin A, ConA)和脂多糖(lipopolysaccharide, LPS)的刺激反应,并增加十二指肠IELs和固有层IgA⁺细胞数量,舒迎霜^[31]等发现黄芪多糖可促进犬小肠IgA mRNA和SIgA蛋白表达,提高犬血清中IgA、IgG、IgM和IFN- γ 水平,达到提高机体免疫力的作用。

2.2 人参多糖对免疫调节的研究

人参多糖通过对免疫器官、免疫细胞、细胞因子等方面的影响,从而起到免疫增强的作用^[32]。ZHOU 等^[33]的研究表明,人参多糖能显著抑制 Lewis 肺癌小鼠肿瘤的生长并促进免疫反应,可显著提高脾脏和胸腺指数,提高 CD4⁺ / CD8⁺ T 淋巴细胞的比率,提高细胞因子 IL-2 和 IFN- γ 的水平以及 NK 的细胞溶解活性,这些均表明人参多糖可以激活宿主生物的免疫反应。人参多糖通过调节免疫细胞而发挥免疫调节作用,研究发现人参多糖可刺激 T 淋巴细胞及 B 淋巴细胞的增殖^[34],可诱导树突状细胞的成熟^[35]。倪维华^[36]研究发现,人参总糖、人参果胶和人参淀粉能够使小鼠淋巴细胞增殖并呈浓度依赖性。JIAO 等^[37]发现人参寡糖可增加巨噬细胞吞噬能力,促进了 NO、TNF- α 和活性氧 ROS 产生。瞿星光等^[38]研究表明,人参多糖可以阻止特异性免疫细胞凋亡,并能通过影响 T 细胞受体信号通路、糖酵解信号转导通路和代谢通路对白血病 K562 细胞产生促进凋亡和诱导分化的作用^[39],人参多糖还能够作用于急性早幼粒白血病细胞 HL-60, 2 种细胞均可能通过激活 caspase-3 途径诱导细胞凋亡^[40-41]。此外,人参多糖可修改免疫基因的表达^[42],并对大鼠骨髓间充质干细胞造血细胞因子 mRNA 的进行表达,且早期促进作用优于人参皂苷^[43]。人参多糖还可提升动物免疫器官质量、对血浆 IL-2、IL-6、IFN- γ 、TNF- α 方面也具有作用^[44]。马俊杰等^[45]用人参

多糖注射液联合树突状细胞对非小细胞肺癌、大肠癌异病同治的 Th1/Th2 相关肿瘤免疫调节机制进行研究,结果表明人参多糖联合 DC 对此 2 类肿瘤患者 Th1/Th2 皆具有不同程度调节作用,人参多糖对 DC 免疫调节具有协同作用。在黏膜免疫方面,宋丹等^[46]用人参多糖注射液对放疗所致的口腔黏膜损伤的鼻咽癌患者进行治疗,结果发现人参多糖对急性口腔黏膜放射性损伤有明显的保护作用,对口腔黏膜起到了很好的保护作用,另有研究表明,人参多糖对大鼠肠道黏膜淋巴细胞功能具有调节作用^[47]。

黄芪多糖、人参多糖对不同类型免疫调节作用的汇总详见表 1。

3 人参、黄芪配伍与免疫调节的关系

3.1 免疫代谢途径

LIU 等^[48]通过研究黄芪、人参配伍正常小鼠的代谢通路研究发现,黄芪和人参具有一条共同代谢通路为甘油磷脂代谢。甘油磷脂代谢参与 T、B 以及 NKT 细胞发育分化,影响细胞膜的形成,细胞内胆固醇代谢。此外,黄芪特征性代谢通路嘧啶代谢是可影响肿瘤抗原的免疫应答,黄芪的另一条代谢通路鞘脂代谢,可参与神经酰胺的形成,从而调控细胞免疫。由此看出,黄芪与人参在体内的代谢可以影响着体内的免疫调控。

表 1 黄芪多糖与人参多糖的免疫调节作用
Table 1 Immunomodulatory effects of Astragalus polysaccharide and Ginseng polysaccharide

多糖	类型	免疫调节作用	引用文献
黄芪多糖	免疫器官	增加小鼠的脾脏重量及脾细胞数;能增加小鼠胸腺重量,同时能对抗免疫抑制剂泼尼松龙或强的松龙所造成的对脾、胸腺、肠淋巴结等免疫器官的萎缩;通过减少血管内皮生长因子和表皮生长因子受体的表达改善免疫器官功能	[12-14,24]
	免疫细胞	增强巨噬细胞和 NK 细胞活性,促进树突状细胞的分化成熟,增加 B 淋巴细胞和 T 淋巴细胞的增殖分化	[15-20]
	免疫分子	增强小鼠体内 IL-2、IL-6、IL-12 等细胞因子水平,诱导微血管内皮细胞表达 IFN- γ	[21-24]
	免疫球蛋白	通过 IgA、IgG 和 IgM 介导免疫	[28-29,31]
	免疫器官	增加肾上腺、胸腺和脾脏指数	[33,44]
人参多糖	免疫细胞	可刺激 T 淋巴细胞及 B 淋巴细胞的增殖,促进树突状细胞表面分子的表达,从而诱导树突状细胞的成熟,增加巨噬细胞吞噬能力	[33-36,45]
	免疫因子	增加大鼠血浆 IL-2、IL-6、IFN- γ 、TNF- α 的浓度	[33-44]
	黏膜免疫	对肠道黏膜淋巴细胞有调节作用,对口腔黏膜损伤有保护作用	[46-47]

3.2 配伍研究

刘俊秋^[49]研究发现,黄芪、人参无论单用还是配伍,均可以增加小鼠脾脏淋巴细胞增殖转化率,配伍优于单用;黄芪、人参均可以提高NK细胞的杀伤活性,且配伍效果最优。张力群等^[50]研究表明,古汉养生精(由人参、黄芪等组成)可明显抑制小鼠S₁₈₀肉瘤的生长,提高吞噬细胞的吞噬指数,增强淋巴细胞的转化功能及NK细胞杀伤活性,并可使肿瘤患者的TH/TS比值趋于正常。黄恕等^[51]发现,参贞芪散(由人参、黄芪等组成)能增强小鼠单核巨噬细胞的吞噬活性,提高小鼠体内网状内皮系统的吞噬能力。熊膺明^[52]发现,儿复康(由人参、黄芪等组成)可提高体内IgA的含量,提高CD₃、CD₄,抑制CD₈,提高CD₄/CD₈的比值,从而提高患儿的免疫功能。此外,黄芪多糖和人参多糖还可以显著改善腹泻等疾病,例如,在断奶仔猪中,800 mg/kg的黄芪多糖和人参多糖可以促进肠黏膜中TLR-4、MyD88和核因子κB(nuclear factor kappa-B, NF-κB)等蛋白的表达,同时增加结肠多种短链脂肪酸如乙酸,异丁酸和丁酸的浓度^[53]。最后,通过网络药理学研究可得出,人参、黄芪补气作用与线粒体代谢、氧化代谢和抗炎免疫有关^[54],这也又从现代医学角度解释了“补气”与免疫的关系。

4 结论与展望

黄芪多糖与人参多糖除了可以直接起到免疫调节的作用外,还可以通过从改善微生态的角度起到调节免疫的作用。2种多糖具有益生元的功能,可促进肠道内的益生菌增殖,从而促进肠道健康,起到增强免疫力的作用^[53]。除调节免疫外,2种多糖还在抗病毒^[55-56]、对呼吸系统疾病^[57-58]等方面有着显著的作用,而这些作用均与其可调节免疫应答有关。由于多糖成分繁多,结构复杂,目前的研究多以聚合物的形式为主,不同分子量的多糖的单糖组成和比例不同,糖连接序列和糖苷键类型以及相应的生物学活性也不相同,且目前的研究尚未明确结构-活性关系。因此,筛选黄芪与人参多糖活性单体,突破结构研究技术的瓶颈,获得功能活性的寡糖片段,进而阐明多糖调节免疫的作用机制是未来多糖研究的关键领域。

参考文献

- [1] 李钦,胡继宏,高博,等. 黄芪多糖在免疫调节方面的最新研究进展[J]. 中国实验方剂学杂志, 2017, 23(2): 199-206.
- [2] 郑丹,谢丹丹,张丽霞. 黄芪水溶多糖的提取及抗氧化活性研究[J]. 天津农业科学, 2019, 25(11): 12-16.
- [3] 马伟,张美琦,刘振鹏,等. 正交试验对人参多糖水提醇沉工艺的优化[J]. 东北林业大学学报, 2019, 47(12): 90-94.
- [4] 臧凯,张萍,袁彩彩,等. 黄芪多糖提取、纯化及其应用研究进展[J]. 应用化工, 2019, 48(10): 2417-2420.
- [5] 芮雯,李婵艺,陈宏远. 黄芪多糖的结构表征与生物活性研究进展[J]. 中药新药与临床药理, 2019, 30(2): 264-270.
- [6] KIYOHARA H, UCHIDA T, TAKAKIWA M, et al. Different contributions of side-chains in β-D(1-3,6)-galactans on intestinal Peyer's patch immunomodulation by polysaccharides from *Astragalus mongholicus* bunge [J]. Phytochemistry, 2009, 71(2-3): 280-293.
- [7] 唐雨薇,张宇,王宇亮,等. 黄芪多糖分离与结构特征分析[J]. 时珍国医国药, 2014, 25(5): 1097-1100.
- [8] ZHU ZY, LIU RQ, ZHOU F, et al. Separation, purification and antitumor activity of *Astragalus* polysaccharide [J]. Mod Food Sci Technol, 2011, 27(4): 376-379.
- [9] 李树颖,李科,秦雪梅,等. 注射用黄芪多糖研究进展与二次开发思路[J]. 中国中药杂志, 2019, 44(13): 2736-2741.
- [10] 李万丛,艾芷伊,游颖,等. 人参多糖提取分析方法及生物活性研究进展[J]. 农产品加工, 2019, (20): 72-76.
- [11] 李先华. 人参多糖的分离、纯化及结构研究[D]. 长春: 东北师范大学, 2007.
- [12] 贺生中,王涛,周建强,等. 黄芪多糖的免疫作用及其兽医临床应用[J]. 动物科学与动物医学, 2004, (7): 39-41.
- [13] ZHENG D, XIE DD, ZHANG LX. Extraction of water-soluble polysaccharide from *Astragalus membranaceus* and its antioxidant activity [J]. Tianjin Agric Sci, 2019, 25(11): 12-16.
- [14] MA W, ZHANG MQ, LIU ZP, et al. Optimizing extraction technology of *Ginseng* polysaccharide by orthogonal test [J]. J Northeast Forestry Univ, 2019, 47(12): 90-94.
- [15] ZANG K, ZHANG P, YUAN CC, et al. Advances of extraction, purification and application of polysaccharides from *astragalus* [J]. Appl Chem Ind, 2019, 48(10): 2417-2420.
- [16] RUI W, LI CY, CHEN HY. Progress of structure characterization and biological activities of *astragalus* polysaccharides [J]. Tradit Chin Drug Res Clin Pharm, 2019, 30(2): 264-270.
- [17] TANG YW, ZHANG Y, WANG YL, et al. Isolation and structure feature analysis of *Astragalus* polysaccharides [J]. Lishizhen Med Mater Med Res, 2014, 25(5): 1097-1100.
- [18] LI SY, LI K, QING XM, et al. Research progress and secondary development ideas of *Astragali radix* polysaccharides for injection [J]. China J Chin Mater Med, 2019, 44(13): 2736-2741.
- [19] LI WC, AI ZY, YOU Y, et al. Research progress of extraction, analysis and bioactivities of *Ginseng* polysaccharide [J]. Farm Prod Process, 2019, (20): 72-76.

- HE SZ, WANG T, ZHOU JQ, *et al.* The immune function of *Astragalus* polysaccharide and its veterinary clinical application [J]. *Anim Sci Vet Med*, 2004, (7): 39–41.
- [13] 高旭, 李丽芬, 刘斌钰. 黄芪多糖对小鼠免疫功能影响的实验研究[J]. 山西大同大学学报, 2010, 26(4): 42–44, 47.
- GAO X, LI LF, LIU BY. Effect of *Astragalus* polysaccharide on immune function in mice [J]. *J Shanxi Datong Univ*, 2010, 26(4): 42–44, 47.
- [14] Zhao C, Zhong YT, Liang J, *et al.* Effect of *Astragalus* Polysaccharide on the expression of VEGF and EGFR in mice with lewis transplantable lung cancer [J]. *J Coll Physicians Surg Pak*, 2019, 29(4): 392–394.
- [15] 翁玲, 刘彦, 刘学英, 等. 黄芪多糖粉剂对小鼠脾细胞分泌细胞因子及NK杀伤能力的影响[J]. 中医药学刊, 2003, (9): 1522–1524.
- WENG L, LIU Y, LIU XY, *et al.* Effects of *Astragalus* polysaccharide powder IN jection on spleen cells secreted cytokines and NK killing ability [J]. *Chin Arch Tradit Chin Med*, 2003, (9): 1522–1524.
- [16] 曾鹏云, 邓黎黎, 岳玲玲, 等. 黄芪多糖提高HL-60细胞对NK细胞杀伤活性的敏感性及其机制[J]. 中国实验血液学杂志, 2012, 20(4): 880–883.
- ZENG PY, DENG LL, YUE LL, *et al.* Effect of *Astragalus* polysaccharide on sensitivity of leukemic cell line HL-60 to NK cell cytotoxicity and its mechanism [J]. *J Exp Hematol*, 2012, 20(4): 880–883.
- [17] 史晶晶, 时博, 苗明三. 黄芪多糖对环磷酰胺致免疫抑制小鼠免疫功能的影响[J]. 中医学报, 2016, 31(2): 243–246.
- SHI JJ, SHI B, MIAO MS. Effects of *Astragalus* polysaccharides on immunological function of the immunosuppressional model Mice caused by cyclophosphamide [J]. *Acta Chin Med*, 2016, 31(2): 243–246.
- [18] LI J, LI J, ZHANG F. The immunoregulatory effects of Chinese herbal medicine on the maturation and function of dendritic cells [J]. *J Ethnopharmacol*, 2015, 171: 184–195.
- [19] 范云鹏, 王德云, 胡元亮, 等. 黄芪多糖脂质体对鸡淋巴细胞增殖的影响[J]. 南京农业大学学报, 2011, 34(4): 95–99.
- FAN YP, WANG DY, HU YL, *et al.* The effects of astragalus polysaccharide liposome on proliferation of chicken lymphocytes [J]. *J Nanjing Agric Univ*, 2011, 34(4): 95–99.
- [20] 张晓莉, 于新慧, 宋保辉, 等. 黄芪及黄芪多糖对隐孢子虫感染小鼠的免疫调节作用[J]. 热带医学杂志, 2011, 11(2): 158–160, 108.
- ZHANG XL, YU XH, SONG BH, *et al.* Immunomodulatory effect of *Astragalus* and its polysaccharide on the cryptosporidium-infected mice [J]. *J Trop Med*, 2011, 11(2): 158–160, 108.
- [21] 吕晓静, 孟小宾, 王小武, 等. 黄芪多糖的免疫作用机制研究进展[J]. 中国兽药杂志, 2014, 48(5): 66–69.
- LV XJ, MENG XB, WANG XW, *et al.* Research progress of *Astragalus* polysaccharide immune mechanism [J]. *Chin J Vet Drug*, 2014, 48(5): 66–69.
- [22] 肖顺汉, 任美萍, 刘明华, 等. 黄芪多糖对荷瘤小鼠IL-2、IL-6、IL-12和TNF- α 水平的影响[J]. 四川生理科学杂志, 2009, 31(1): 7–8.
- XIAO SH, REN MP, LIU MH, *et al.* Effect of *Astragalus* polysaccharides on the level of IL-2、IL-6、IL-12 and TNF- α in tumor-bearing mice [J]. *Sichuan J Physiol Sci*, 2009, 31(1): 7–8.
- [23] YANG B, XIAO B, SUN TY. Antitumor and immunomodulatory activity of *Astragalus membranaceus* polysaccharides in H22 tumor-bearing mice [J]. *Int J Biol Macromol*, 2013, 62: 287–290.
- [24] 张磊, 孙静, 张涛, 等. 黄芪水煎液诱导大鼠肠黏膜微血管内皮细胞增殖以及分泌IFN- γ 的研究[J]. 动物医学进展, 2015, 36(3): 50–53.
- ZHANG L, SUN J, ZHANG T, *et al.* Study on *Astragalus aqua* induced proliferation and IFN- γ secretion intestinal mucosal micorvascular endothelial cells in rat [J]. *Prog Vet Med*, 2015, 36(3): 50–53.
- [25] 邱河辉, 赵娟, 刘凤华, 等. 黄芪多糖对犬脾淋巴细胞细胞因子mRNA表达的影响[J]. 中国兽医杂志, 2010, 46(6): 6–8.
- QIU HH, ZHAO J, LIU FH, *et al.* Effects of *Astragalus* polysaccharide on the level of cytokine mRNA of canine spleen lymphocyte [J]. *Chin J Vet Med*, 2010, 46(6): 6–8.
- [26] 张训海, 王德云, 胡元亮, 等. 黄芪多糖对鸡体液免疫增强作用[J]. 中国兽医学报, 2009, 29(3): 312–314, 334.
- ZHANG XH, WANG DY, HU YL, *et al.* Immunologic enhancement of *Astragalus* polysaccharide (APS) on the humoral immunity of chicken [J]. *Chin J Vet Sci*, 2009, 29(3): 312–314, 334.
- [27] KONG XE, HU YL, RUI R, *et al.* Effects of Chinese herbal medicinal ingredients on peripheral lymphocyte proliferation and serum antibody titer after vaccination in chicken [J]. *Int immunopharmacol*, 2004, 4(7): 975–982.
- [28] WANG YB, XU T, FAN Y, *et al.* The effect of *Astragalus* polysaccharide in host resisting *Listeria* [J]. *Med J Wuhan Univ*, 2007, 6: 741–743.
- [29] SHAN CL, SUN BD, DALLOUL RA, *et al.* Effect of the oral administration of *Astragalus* polysaccharides on jejunum mucosal immunity in chickens vaccinated against Newcastle disease [J]. *Microb Pathog*, 2019, 135: 103621.
- [30] 李任军, 马艳粉, 卢一松, 等. 口服黄芪多糖增强肠道黏膜免疫及其对口蹄疫疫苗免疫的影响[J]. 中国兽医学报, 2017, 37(3): 491–496.
- LI RJ, MA YF, LU YS, *et al.* Enhancement of the gut mucosal immunity and immune response to the foot-and-mouth disease vaccine by oral administration of *Astragalus* polysaccharide [J]. *Chin J Vet Sci*, 2017, 37(3): 491–496.
- [31] 舒迎霜, 贺濛初, 曹护群, 等. 黄芪多糖对犬血清免疫球蛋白、IFN- γ 水平及分泌型IgA表达的影响[J]. 西北农业学报, 2019, 28(2): 176–182.
- SHU YS, HE MC, CAO HQ, *et al.* Effect of *Astragalus* polysaccharide on serum immunoglobulin and IFN- γ levels and secretory IgA expression in canines [J]. *Acta Agr Boreali-occidentalis Sin*, 2019, 28(2): 176–182.
- [32] 宋利华, 王红梅, 萧伟. 人参多糖的分级及其免疫活性初探[J]. 中国实验方剂学杂志, 2012, 18(14): 162–166.
- SONG LH, WANG HM, XIAO W. Fractionation of *Ginseng* polysaccharides and primary study of immune activity [J]. *Chin J Exp Tradit Med Formul*, 2012, 18(14): 162–166.
- [33] ZHOU X, SHI HY, JIANG GN, *et al.* Antitumor activities of ginseng

- polysaccharide in C57BL/6 mice with Lewis lung carcinoma [J]. *Tumor Biol*, 2014, 35: 12561–12566.
- [34] ZHANG X, YU L, BI HT, *et al*. Total fractionation and characterization of the water-soluble polysaccharides isolated from *Panax ginseng* C. A. Meyer [J]. *Carbohydr Polym*, 2009, 77(3): 544–552.
- [35] KIM MH, BYON YY, KO EJ, *et al*. Immunomodulatory activity of ginsan, a polysaccharide of *Panax ginseng*, on dendritic cells [J]. *Korean J Physiol Pha: Off J Korean Physiol Soc Korean Soc Pha*, 2009, 13(3): 169–173.
- [36] 倪维华. 人參多糖免疫活性及抗肿瘤[D]. 长春: 东北师范大学, 2010.
- NI WH. The immunological and antitumor activities of the polysaccharides from the root of *Panax ginseng* C. A. Meyer [D]. Changchun: Northeast Normal University, 2010.
- [37] JIAO LL, WAN DB, ZHANG XY, *et al*. Characterization and immunostimulating effects on murine peritoneal macrophages of oligosaccharide isolated from *Panax ginseng* C.A.Meyer [J]. *J Ethnopharmacol*, 2012, 144(3): 490–496.
- [38] 瞿星光, 张朝晖, 周刚, 等. 人參多糖对创伤脓毒症患者免疫功能和细胞因子的影响[J]. *现代中西医结合杂志*, 2011, 20(23): 2866–2868.
- QU XG, ZHANG ZH, ZHOU G, *et al*. Effect of *Ginseng* polysaccharide on immune function and cytokines in patients with posttraumatic sepsis [J]. *Mod J Integr Tradit Chin West Med*, 2011, 20(23): 2866–2868.
- [39] 李建平, 何轩, 姜蓉, 等. 人參多糖对 K562 细胞基因表达谱的影响[J]. *中草药*, 2011, 42(5): 940–943.
- LI JP, HE X, JIANG R, *et al*. Effect of *Ginseng* polysaccharide on gene expression profile of K562 cells [J]. *Chin Tradit Herb Drug*, 2011, 42(5): 940–943.
- [40] 王秦. 人參多糖诱导急性早幼粒白血病细胞凋亡的研究[D]. 泸州: 泸州医学院, 2011.
- Wang Q. Study on the induction of apoptosis in human promyelocytic leukemia cell by *Ginseng* polysaccharide [D]. Luzhou Medical College, 2011.
- [41] 魏强, 李静, 刘艺, 等. MAPK 信号转导通路在人參多糖诱导白血病 K652 细胞凋亡中的作用[J]. *中草药*, 2013, 44(2): 193–198.
- WEI Q, LI J, LIU Y, *et al*. Effect of MAPK signal transduction pathway on apoptosis of leukemia K562 cells induced by *Ginseng* polysaccharide [J]. *Chin Tradit Herb Drug*, 2013, 44(2): 193–198.
- [42] LIU XL, XI QY, YANG L, *et al*. The effect of dietary *Panax ginseng* polysaccharide extract on the immune responses in white shrimp, *Litopenaeus vannamei* [J]. *Fish Shellfish Immun*, 2011, 30(2): 495–500.
- [43] 危建安, 程志安, 温建炫, 等. 人參多糖与人參皂苷诱导大鼠骨髓间充质干细胞造血细胞因子表达的作用比较[J]. *中国中西医结合杂志*, 2011, 31(3): 372–374.
- WEI JA, CHENG ZA, WEN JX, *et al*. Comparative study of enhancing effect on mRNA expression of hematopoietic growth factors in rat bone marrow mesenchymal stem cells by *Ginseng* polysaccharide and ginsenoside [J]. *Chin J Integr Tradit West Med*, 2011, 31(3): 372–374.
- [44] 贾执瑛, 谢燮, 王晓艳, 等. 人參主要成分对大鼠免疫功能的比较研究[J]. *中国中药杂志*, 2014, 39(17): 3363–3366.
- JIA ZY, XIE X, WANG XY, *et al*. Comparative study of main components of *Ginseng* on immune function of rats [J]. *China J Chin Mater Med*, 2014, 39(17): 3363–3366.
- [45] 马俊杰, 徐彬, 刘会平. 人參多糖注射液联合 DC 干预肺、肠癌 Th1/Th2 研究[J]. *中国实验方剂学杂志*, 2014, 20(8): 203–206.
- MA JJ, XU B, LIU HP. Research on *Ginseng* polysaccharide injection add DC treatment in Th1/Th2 of NSCLC and CRC patients under theory of treating different diseases with Same method [J]. *Chin J Exp Tradit Med Formul*, 2014, 20(8): 203–206.
- [46] 宋丹, 黄克伟. 人參多糖注射液对急性口腔黏膜放射性损伤的保护作用[J]. *齐齐哈尔医学院学报*, 2003, (12): 1342–1343.
- SONG D, HUANG KW. Protective effect of *Ginseng* polysaccharide injection on acute radiation injury of oral mucosa [J]. *J Qiqihar Med Univ*, 2003, (12): 1342–1343.
- [47] 张皖东, 吕诚, 刘振丽, 等. 人參多糖和猪苓多糖对大鼠肠道黏膜淋巴细胞功能的影响[J]. *中草药*, 2007, (2): 221–224.
- ZHANG WD, LV C, LIU ZL, *et al*. Effect of *Ginseng* polysaccharide and polyporus umbellatus polysaccharide on function of lymphocytes in enteric mucosa of rats [J]. *Chin Tradit Herb Drug*, 2007, (2): 221–224.
- [48] LIU JQ, HARIRAM NS, XU GL, *et al*. Systematic exploration of *Astragalus membranaceus* and *Panax ginseng* as immune regulators: Insights from the comparative biological and computational analysis [J]. *Phytomedicine*, 2019. DOI: 10.1016/j.phymed.2019.153077
- [49] 刘俊秋. 补气药黄芪、人參及其配伍免疫调节和代谢组学研究[D]. 北京: 中国中医科学院, 2018.
- LIU JQ. Study on the immunoregulation and metabonomics of *Astragalus*, *Ginseng* and their combination [D]. Beijing: China Academy of Chinese Medical Sciences, 2018.
- [50] 张力群, 谢娟, 杨周. “古汉养生精”对小鼠免疫功能和肿瘤生长的影响及对 32 例肿瘤患者细胞免疫状况的作用[J]. *北京中医*, 1996, (3): 52–53.
- ZHANG LQ, XIE J, YANG Z. The effect of “Guhan Yangshengjing” on the immune function and tumor growth of mice and its effect on the cellular immune status of 32 tumor patients [J]. *Beijing J Tradit Chin Med*, 1996, (3): 52–53.
- [51] 黄恕, 李涛. 参贞芪散免疫调节作用的实验研究[J]. *中国中医基础医学杂志*, 1997, 6: 38–39.
- HUANG S, LI T. Experimental study of Shenzenqi powder on immune regulation [J]. *Chin J Basic Med Tradit Chin Med*, 1997, 6: 38–39.
- [52] 熊膺明. 儿童康复治疗反复呼吸道感染患儿 49 例临床观察[J]. *成都中医药大学学报*, 1997, (1): 24–25, 57.
- XIONG YM. Clinical Observation on the treatment of 49 children with recurrent respiratory tract infection with Erfukang [J]. *J Chengdu Univ Tradit Chin Med*, 1997, (1): 24–25, 57.
- [53] YANG CM, HAN QJ, WAN KL, *et al*. *Astragalus* and *Ginseng* polysaccharides improve developmental, intestinal morphological, and

- immune functional characters of weaned piglets [J]. Front Physiol, 2019, 10. DOI: 10.3389/fphys.2019.00418
- [54] 周荣荣, 李志勇, 郭非非, 等. 补气药人参、黄芪防治心脑血管疾病的网络药理学研究[J]. 复杂系统与复杂性科学, 2018, 15(1): 18–23.
- ZHOU RR, LI ZY, GUO FF, *et al.* On the network pharmacology of *Ginseng* and *Astragalus* with tonifying qi to prevent and treat cardio-cerebral diseases [J]. Complex Syst Complex Sci, 2018, 15(1): 18–23.
- [55] XUE HX, GAN F, ZHANG ZQ, *et al.* *Astragalus* polysaccharides inhibits PCV2 replication by inhibiting oxidative stress and blocking NF-κB pathway [J]. Int J Biol Macromol, 2015, 81(9): 22–30.
- [56] 孙加节, 蒋勇, 习欠云, 等. 人参复合多糖提高猪圆环病毒疫苗免疫效果的研究[J]. 中国预防兽医学报, 2016, 38(9): 734–738.
- SUN JJ, JIANG Y, XI QY, *et al.* *Ginseng* polysaccharides complex enhances immune response to porcine circovirus in piglets [J]. Chin J Prev Vet Med, 2016, 38(9): 734–738.
- [57] 刘轩, 师霞. 黄芪提取物对实验性急性呼吸窘迫综合征大鼠 VEGF 及 IL-6 的影响[J]. 新中医, 2013, 45(5): 169–170.
- LIU X, SHI X. Effect of *Astragalus* extract on VEGF and IL-6 in experimental acute respiratory distress syndrome rats [J]. J New Chin Med, 2013, 45(5): 169–170.
- [58] 杨桦. 人参多糖抗呼吸道合胞病毒感染的的作用机制研究[J]. 中国药理学通报, 1997, (4): 96.
- Yang H. Study on the mechanism of *Ginseng* polysaccharides against respiratory syncytial virus infection [J]. Chin Pharmacol Bull, 1997, (4): 96.

(责任编辑: 韩晓红)

作者简介



王 玥, 硕士, 中级工程师, 主要研究方向为食品与保健食品。
E-mail: 603711895@qq.com



李丽维, 硕士, 高级工程师, 主要研究方向为普洱茶和功能食品。
E-mail: liliwei@tasly.com

“食品保鲜与贮藏”专题征稿函

随着生活水平的逐渐提高, 人们对食品的质量有了更高的要求。因此, 保鲜技术被广泛应用于食品的加工流通过程中。如何保持食品的新鲜度以及食品在储藏过程中的安全性成为目前研究的重点。

鉴于此, 本刊特别策划了“食品保鲜与贮藏”专题, 由浙江大学 罗自生 教授 担任专题主编, 主要围绕 (1)果蔬、粮食、水产品、禽肉制品等食品保鲜方法、技术; (2)食品在储藏中的生理、生化变化; (3)食品腐败以及控制方法等或您认为有意义的领域展开讨论, 计划在 2021 年 6 月出版。

鉴于您在该领域的成就, 本刊主编国家风险评估 吴永宁 研究员 及浙江大学 罗自生教授 特邀请您为本专题撰写稿件, 以期进一步提升该专题的学术质量和影响力。综述、实验报告、研究论文均可, 请在 2021 年 3 月 19 日前通过网站或 E-mail 投稿。我们将快速处理并优先发表。

感谢您的参与和支持!

投稿方式(注明专题):食品保鲜与贮藏

网站:www.chinafoodj.com

E-mail:jfoods@126.com

《食品安全质量检测学报》编辑部