

DOI:10.16720/j.cnki.tcyj.2022.038

人参蛋白的药理作用

李婕¹, 赵雨¹, 许宁¹, 幸书杨¹, 舒振波², 庞博^{1*}

(1. 长春中医药大学吉林省人参科学研究院, 吉林 长春 130117; 2. 吉林大学中日联谊医院, 吉林 长春 130033)

摘要: 人参是我国传统中药, 人参蛋白是其重要组成成分。目前已发现的人参蛋白在影响细胞增殖、抗肿瘤、抗氧化衰老、提升免疫和降血脂等方面具有重要作用, 且能够显著改善学习和记忆, 对阿尔茨海默症和帕金森等疾病具有显著治疗作用, 有被深入研究和开发的潜力。本文结合近年关于人参蛋白和人参多肽作用的研究, 综述了人参蛋白的药理作用, 为其进一步开发和利用提供参考。

关键词: 人参蛋白; 人参; 中药; 药理作用

中图分类号: R285

文献标识码: A

文章编号: 1001-4721(2022)02-0121-06

Pharmacological Action of Ginseng Protein

LI Jie¹, ZHAO Yu¹, XU Ning¹, XING Shu-yang¹, SHU Zhen-bo², PANG Bo^{1*}

(1. Jilin Ginseng Academy, Changchun University of Chinese Medicine, Changchun 130117, China; 2. China-Japan Union Hospital, Jilin University, Changchun 130033, China)

Abstract: Ginseng is a Traditional Chinese Medicine, and ginseng protein is an important component of ginseng. At present, ginseng protein has been found to play an important role in affecting the cell proliferation, anti-tumor, anti-oxidative aging, enhancing immunity, lowering blood lipids and other aspects, and significantly improving the learning and memory. It has a significant therapeutic effect on Alzheimer's disease and Parkinson's disease, and has the potential to be further studied and developed. This paper reviews the pharmacological action of ginseng protein and ginseng polypeptide, and could provide a reference for the further development and utilization of ginseng protein.

Key words: ginseng protein; ginseng; traditional chinese medicine; pharmacological action

人参是五加科植物人参(*Panax ginseng* C. A. Mey)的根及根茎, 是我国应用广泛的传统中药, 有保护神经系统^[1]、心血管系统^[2]和内分泌系统^[3]的作用。人参的活性成分复杂, 主要包括皂苷、多糖、挥发油、甾醇、有机酸、蛋白质、多肽和生物碱等^[4]。目前国内外关于人参的研究多集中于人参皂苷, 有关人参蛋白和多肽的相关研究较少, 但早在 20 世纪, 就有关于人参蛋白(ginseng protein, GP)提取和活性的研究。1992 年, 侯元等^[5]利用电泳技术将 GP 分成 20 多个组分, 其中绝大部分蛋白的等电点在 4~7 范围内。张巍等^[6]发现 GP 有热不稳定性, 提示 GP 加工提取时应当采用冷提法。因此, 根据 GP 的性质, GP 常用的提取方法有以 Tris-

HCl 溶液及 PBS 溶液为主的传统浸提法和有机试剂沉淀法^[7]。有机试剂沉淀法包括 Trizol 提取法^[8]、膜过滤法^[9]、沉淀法^[10, 11]和快速溶剂萃取法^[12]等。GP 常用分离方法包括超滤法^[13]、亲和层析法^[14]、疏水层析法^[11]、凝胶层析法^[15]和离子交换树脂法^[16]等。GP 常用的分析鉴定方法多种多样, 比如凝胶电泳^[17]、SDS-PAGE 指纹图谱技术^[18]、Bradford 法^[19]、Lowry 法^[20]和超高效液相色谱-高分辨质谱法^[21]等。

目前报道的人参蛋白根据功能不同分为类 RNA 酶蛋白、核糖核酸酶、皂苷合成相关酶、几丁质样蛋白和木聚糖酶等^[22], 这些蛋白与人参抗真菌^[23]、抗病毒^[24]、合成皂苷^[25]、影响细胞增殖^[26]和转录活性^[27]有

收稿日期: 2021-10-18

基金项目: 吉林省中药组学工程实验室(2014N155); 有助于增强免疫力的保健产品“参苓倍健饮”研究与开发(20200708060YY); 吉林省中药生物技术重点实验室(20140622003JC)

作者简介: 李婕(1998-), 女, 山东省潍坊市人, 硕士研究生, 从事中药活性物质研究。

*通讯作者: 庞博(1996-), 女, 博士, 从事中药活性物质研究。

关。经过提取纯化后,人参水溶性蛋白具有抗氧化^[28]、抗辐射^[29]、提升免疫^[7]、耐缺氧^[30]和抗疲劳^[31]等作用。基于此,本文从人参多肽和人参蛋白的活性研究等方面对人参蛋白的药理作用进行初步总结,为人参蛋白的后续研究提供帮助。

1 人参蛋白的药理作用

1.1 对细胞增殖的影响

1.1.1 促进细胞增殖 GP 可以促进细胞生长,促进伤口愈合。严铭铭等^[13]发现,GP 有促进小鼠海马细胞增殖的作用。SUN L W 等^[32]证明,GP 可以通过调节小鼠胚胎成纤维细胞 NIH/3T3 细胞周期、增加调节胶原合成因子表达及胶原的分泌和激活 ERK 信号通路促进细胞增殖和胶原分泌,在促进创面愈合中起到积极作用。王佳雯等^[33]证明,GP 能够增加 I 型胶原蛋白(collagen I, COL I)和转化生长因子 β 1 基因的表达量促进 NIH/3T3 细胞增长。

但也有学者发现,人参水溶性蛋白能够抑制非洲绿猴肾脏成纤维细胞 Vero 增殖;对小鼠成纤维细胞 L929 具有低浓度促进增殖、高浓度抑制增殖的作用^[34]。这表明浓度过高的 GP 不仅不会对促进伤口愈合产生好处,同时还可能会造成肾脏毒性。而关于 GP 的安全剂量,目前尚未见相关研究。

1.1.2 抗肿瘤 肿瘤细胞可以通过调控细胞凋亡来延长自己的存活时间^[35],有研究指出,GP 可以抑制人喉癌细胞 Hep-2、小鼠黑色素瘤 B16 细胞株的增殖^[36]。李红艳等^[37]将人参蛋白作用于 Hep-2 细胞悬液上,发现使用不同处理方法提取的 GP 对 Hep-2 细胞的作用并不一致。人参总蛋白对 Hep-2 细胞的体外抑制作用效果最好,且其抑制率随蛋白浓度的增加而增加。而经过沸水、透析处理的蛋白效果并不理想,这可能与蛋白活性已经发生变化有关。

任雨贺等^[38]发现,GP 能通过调控人乳腺癌细胞 MCF-7 的周期来诱导肿瘤细胞的凋亡。其作用机制是通过线粒体途径进行诱导,阻滞细胞有丝分裂,抑制凋亡的能力,从而抑制癌细胞的增殖。

程璐等^[39]用 GP 联合 H_2O_2 诱导人神经母细胞瘤 SH-SY5Y 细胞损伤,染色检测细胞凋亡。实验结果表明,GP 本身并不能导致 SH-SY5Y 细胞损害,但 GP 可加强 H_2O_2 诱导癌细胞损伤作用。

1.2 抗氧化应激及老化

1.2.1 抗氧化应激损伤 GP 具有抗自由基对细胞氧化损伤的作用。人类的生活离不开自由基,但同时也深

受其害。自由基对人体的攻击可导致细胞免疫受损,并产生炎症和衰老。超氧化物歧化酶(superoxide dismutase, SOD)能够清除有害的自由基,维护体内氧化平衡。姚刚等^[40]从 GP 中分离出一种四聚体蛋白,经检测具有 SOD 活性。谢洪等^[41]发现,幼年期人参的 SOD 蛋白活性较强,随着时间的推移,人参中 SOD 蛋白活性降低,在 $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$ 下储存时人参中的 SOD 蛋白活性损失最少。

人体内自由基作用于脂质产生的丙二醛(malondialdehyde, MDA)是膜脂过氧化的毒性产物,常用于测定生物体内的氧化应激程度。谷胱甘肽过氧化物酶(glutathione peroxidase, GSH-Px)可以还原有毒的过氧化物,保护细胞膜。赵雨等^[28]通过比较小鼠分别因缺氧、亚硝酸钠中毒和脑缺血性缺氧导致死亡的时间,发现使用 GP 灌胃的小鼠均能延长存活时间,MDA 含量降低,GSH-Px 活力升高,说明 GP 具有耐缺氧和抗氧化作用。

刘达等^[42]发现人参糖蛋白能降低大鼠体内肌酸激酶同工酶、乳酸脱氢酶(lactate dehydrogenase, LDH)的活性和活性氧(ROS)荧光强度,升高 SOD 和谷胱甘肽的活性,减轻阿霉素所致的氧化应激损伤,提高心脏功能。

1.2.2 抗衰老 过氧化氢是常用构建衰老模型的方法,它可导致神经元细胞损伤,引起细胞形态发生改变,使细胞老化和凋亡。*Bcl-2* 基因和 *Bax* 基因可以通过众多途径来影响细胞凋亡,其比值是确定细胞是否凋亡的重要标志^[35]。有研究证明,GP 可以抑制过氧化氢引起的乳鼠皮层神经细胞凋亡和衰老,降低 *Bax/Bcl-2* 比值,说明 GP 有保护神经元和抗衰老的作用^[43]。另外文章中还指出,浓度不同的 GP 对细胞存活率有不同的影响,其中低、高剂量具有促进作用,中剂量具有抑制作用,这可能与 GP 中含有的 3 种抗氧化酶的不同作用有关。

阿尔茨海默症(alzheimer disease, AD)和帕金森综合征(parkinson's disease, PD)是两种常见的老年神经退行性疾病,AD 的两个主要病理特征是淀粉样蛋白沉积和神经纤维缠结。 β 淀粉样蛋白(amyloid- β , A β)通过阻断影响大脑功能的 PI3K/AKT 信号通路,导致神经元的损伤与凋亡^[44]。

GP 对神经系统具有保护作用,可以减轻神经元损伤。李红艳等^[45]通过实验发现,GP 对 AD 损伤的神经元具有保护作用。与正常细胞相比,大鼠细胞 AD 模

型细胞凋亡率升高,胞体形态学改变。经 GP 作用后,大鼠细胞存活率上升,一氧化氮合酶(nitric oxide synthase, NOS)活性和 NO 水平均下降,说明 GP 对 A β ₁₋₄₀ 或 H₂O₂ 所导致的神经元损伤具有保护作用。后续实验证明,GP 提高 AD 大鼠神经元的存活率、减少体外神经元凋亡和增强细胞抗氧化的能力可能与 CPM/PKA/CREB 通路介导的抗氧化和凋亡抑制作用有关^[47]。同时,GP 可以提高 AD 大鼠的记忆能力,降低大鼠的 A β ₁₋₄₂ 和异常过度磷酸化的 tau 蛋白含量,这可能是通过激活 PI3K/AKT 通路完成的^[47]。

PD 表现为手抖、肌强直、平衡障碍和食欲不振。它的发病与遗传、生活方式、神经系统老化和机体稳定等相关。其中 PINK1 蛋白突变以及 α -突触蛋白(α -Synuclein, α -syn)异常聚集可能是造成 PD 的重要原因^[48]。LIU 等^[49]证明,GP 对帕金森病果蝇模型的神经毒性具有保护作用,能够促进线粒体功能的维持,并保护线粒体免受氧化应激的影响。

王思明等^[50]将 α -syn 异常表达的 PD 模型果蝇给予人参总蛋白后,测试其脑部脂质过氧化物(lipid peroxidation, LPO)、谷胱甘肽(glutathione, GSH)、谷胱甘肽-S-转移酶(glutathione S-transferase, GST)和蛋白质羰基(protein carbonyl, PC)含量。实验证明 GP 能够明显提高 PD 果蝇存活率,有效恢复其爬行和飞行能力,可下调脑内 LPO、GS 和 PC 的量,升高 GSH 的量,且有浓度依赖性。说明 GP 能够抑制 α -syn 的异常聚集,从而降低 PD 的病理征状。

除了氧化应激导致的衰老以外,紫外线照射也是细胞老化的重要原因,长波黑斑效应紫外线(ultraviolet A, UVA)具有很强穿透力,能深入真皮层,抑制纤维细胞增殖能力,增加胶原蛋白降解率,产生松弛和皱纹。UVA 照射引起的成纤维细胞衰老主要是由于真皮细胞胶原降解和细胞的 DNA 氧化损伤,其中基质金属蛋白酶(matrix metalloproteinase, MMPs)参与结缔组织重建。JIANG 等^[51]证明,GP 可以抑制 ROS 引起的 DNA 损伤,增加 COL1 表达,降低 MMP-2 和 MMP-9 酶活性,从而抑制紫外线导致的肌肤老化。

1.3 提升免疫

人参增强免疫的作用多体现在多糖和皂苷上^[52],但有研究指出,GP 也具有提升免疫的作用。赵雨等^[53]将诱发迟发性超敏反应(delayed type hypersensitivity, DTH)的小鼠进行行为学和理化测试,结果发现 GP 组 T 细胞功能、吞噬指数 α 和肝 SOD 含量明显增加,肝

MDA 含量降低,缺氧死亡和游泳溺水死亡时间显著延长。说明 GP 能增强 DTH,促进单核巨噬细胞的功能,从而促进细胞的免疫功能。王钰莹等^[7]的研究结果表明,GP 可以增强小鼠巨噬细胞吞噬的能力和释放 NO 的能力,促进前列腺素 E2 和肿瘤坏死因子的分泌。

SUN L 等^[54]证明,GP 能提高细胞活力和肌管直径,降低 Ca²⁺浓度和 LDH 释放,可能通过激活 AMPK 和 PI3K/Akt 信号通路,提高肌管葡萄糖消耗,从而促进高剂量地塞米松诱导的小鼠成肌细胞肌肉萎缩的恢复。

1.4 耐缺氧和抗疲劳

GP 具有抗疲劳能力。人体内的肝糖原使血糖维持在稳定范围内,当肝糖原被消耗时,就会产生疲劳^[55]。机体大量运动后导致的组织缺氧可引起身体内血乳酸值的升高。赵雨等^[31]给喂养 GP 的小鼠检查其运动后体内的血乳酸值、肝糖原和血清尿素氮含量变化,结果表明,GP 与小鼠肝糖原含量呈正相关,与小鼠血乳酸值呈负相关,说明 GP 能够提高小鼠耐缺氧和抗疲劳能力。

1.5 调节血脂

人参对心血管疾病有较好治疗作用^[56]。早在 1991 年就有人指出,GP 能够改善高脂给药引起的高血脂症^[57]。得高血脂症(hyperlipidemia, HLP)的病人血液中血清总胆固醇(total cholesterol, TC)、甘油三酯(triglyceride, TG)增高,多有并发症出现,是造成心脑血管疾病的重要诱因之一。赵雨等^[58]对 HLP 大鼠模型灌胃给予 GP 后,检查 TC、TG 以及 HDL-C 3 种指标,发现给予 GP 后,大鼠的 TC 和 TG 均有降低,表明 GP 具有降低血脂的作用。

1.6 抗辐射

人参中皂苷、蛋白和多糖均具有一定抗辐射作用^[59]。辐射可破坏细胞结构,产生大量具有强氧化性的自由基,致使机体代谢紊乱,对生物体伤害巨大^[60]。因此,保护造血细胞、清除自由基和提高免疫等成为抗辐射药物首选功能^[61]。KIM 和 CHOI^[62]发现,GP 显著降低紫外线诱导的仓鼠卵巢肿瘤细胞 CHO-K1 姐妹染色单体交换率,表明 GP 具有降低 DNA 损伤的作用, KIM 等^[63]发现,GP 能增强紫外照射下的损伤细胞 DNA 修复。赵雨等^[29]发现,给小鼠预先服食 GP 后,以 60Co- γ 射线照射小鼠全身,受照小鼠的白细胞数减少、微核数增多、SOD 活性降低及 MDA 含量增加,同时,随着 GP 含量的提高,受照小鼠的胸腺、脾脏指数也增加,反映了 GP 有提高免疫力的作用,其抗辐射作

用可能与GP增强免疫力,清除自由基的作用密切相关。

1.7 其他

GP 还具有抗真菌作用^[64], 与其具有的人参脂质转运蛋白、亲环素蛋白和 Defensin 蛋白等有关^[65]。

人参糖蛋白(ginseng glycoprotein, PGP)是一种由共价键连接的含有寡糖链的蛋白质,具有镇痛、提高睡眠质量、改善记忆力和增强学习能力等作用。WANG 等^[66]证明,人参糖蛋白能减轻小鼠扭体,延长热板潜伏期,表现出明显的镇痛活性,并且糖蛋白中蛋白含量越高,其镇痛活性越好。人参糖蛋白有改善睡眠的作用,作用机制可能与 NO 合成有关^[67]。FANG 等^[68]经荧光成像证明,脑血管上皮细胞具有特异性摄取 PGP 的能力,使得糖蛋白在脑内富集,具有神经保护的作用。这印证了 PGP 能显著改善学习和记忆。

2 人参多肽的药理作用

人参多肽由氨基酸构成,是蛋白质的前体分子,容易被人体吸收,具有抑菌、提高免疫、降血糖、改善记忆和耐缺氧等作用。

李红艳等^[69]将 GP 用酶水解后,GP 大部分水解为多肽,小部分为氨基酸,说明人体可能以多肽或氨基酸形式吸收 GP。李海涛等^[17]证明,GP 经酶解得到小分子量多肽和氨基酸的混合物,可以清除羟自由基,对金黄色葡萄球菌有抑制作用。经研究证明,小分子量人参寡肽能够提高巨噬细胞吞噬能力、NK 细胞活性和 Th 细胞分泌,可提高小鼠体内先天和适应性免疫反应,还可以抗 Bap 诱发的 A549 细胞损伤^[70,71]。孙彬等^[72]发现,人参寡肽具有降血糖作用,可以降低胰岛素水平、糖化血清蛋白和胆固醇水平,这可能由于 GP 中含有降血糖的精氨酸。

王军波等^[30]证明,人参多肽能延长小鼠常压、亚硝酸钠和急性脑缺血耐缺氧时间。人参多肽还能增强小鼠记忆能力^[73,74]。人参糖肽能减低血糖,保护因为链脲佐菌素损伤的胰岛 β 细胞^[75]。

3 总结与展望

人参作为中药的应用历史悠久,关于人参功效的研究也随着时代发展而愈加科学全面。《神农本草经》中载:“人参主补五脏,安精神,定魂魄,止惊悸,除邪气,明目,开心益智。久服,轻身延年。”现代科学证实,人参具有调节中枢神经系统,减轻头痛、失眠及健忘等症状,增强人体免疫,提高人的记忆力和抗衰老等作用。人参蛋白及多肽是人参中的重要活性成分之一,近

些年有关于此的研究越来越受到人们重视。

人参蛋白具有改善记忆、抗疲劳、抗衰老、抑制肿瘤和保护神经系统及提升免疫等作用,在中草药保健、美容和药物开发等方面提供了新思路。人参多肽是人参蛋白的前体物质,具有抑菌、降血糖和改善记忆等作用,同时可作为人参不同年份的质量标记物,在药用植物的质量控制中具有广阔的应用前景^[76]。

但看似蓬勃发展的人参蛋白研究研发产业目前还存在许多问题:如近些年偏重将人参总蛋白认为是一种整体来提取研究,经过纯化的蛋白成分不清,机制不明;有研究证明人参蛋白对个别细胞具有促进增殖或损害作用,其功能与剂量相关,其剂量的安全问题还有待研究。因此,需要加强有关文献搜索研究,结合剂量问题设计合理可靠实验,引入先进技术和方法,从蛋白的单一功能研究移向分子水平作用机制的研究。

据目前所知,人参中含有 300 余种人参多肽和蛋白,仅很少一部分得到了分离鉴定,绝大多数蛋白依然深藏在未知海洋中,因此仍需要进行继续全面地研究发展,从而为相关医药保健行业等产品的研发提供新的选择。

参 考 文 献

- [1] 许彤,付丽娜,隗永健.人参皂苷 Rg1 对 H₂O₂ 诱导的大鼠海马神经元损伤的影响及其机制[J]. 海峡药学,2019,31(1): 19-22.
- [2] 刘悦平,崔金涛.人参对心血管系统的作用[J]. 湖北中医杂志,2006(7): 56-57.
- [3] 陈东浪,邹培源,林铭健.人参对心力衰竭患者心功能、神经内分泌因子影响的研究[J]. 中国医药科学,2020,10(23): 100-102+173.
- [4] 宋齐.人参主要化学成分及皂苷提取方法研究进展[J]. 人参研究,2019,31(4): 43-46.
- [5] 侯元,孙萍,焦连庆,等.人参蛋白的等电聚焦电泳分析[J]. 人参研究,1992(4): 34-36.
- [6] 张巍.人参蛋白的分离纯化工艺及热稳定性研究[D]. 长春: 长春中医药大学,2007.
- [7] 王钰莹,闫福源,闫凯丽,等.人参蛋白的提取和体外免疫调节活性研究[J]. 长春中医药大学学报,2018,34(3): 443-445.
- [8] 任雨贺,刘淑莹,万茜淋.人参蛋白质不同提取方法及含量的比较[J]. 安徽农业科学,2018,46(11): 1-3+9.
- [9] ANDO T, MURAOKA T, YAMASAKI N, et al. Preparation of anti-lipolytic substance from *Panax ginseng*[J]. Planta Med, 1980, 38(1): 18-23.
- [10] 王伟楠,赵雨,李红艳,等.人参蛋白四种提取方法的比较研究[J]. 食品工业科技,2010,31(5): 280-281.
- [11] 孟丽莉.人参及鹿茸蛋白的分离纯化[D]. 延吉: 延边大学,

- 2008.
- [12] 汪树理, 李晓红, 张秋, 等. 利用快速溶剂萃取方法提取人参蛋白的研究[J]. 时珍国医国药, 2010, 21(06): 1318-1319.
- [13] 严铭铭. 人参鹿茸中蛋白多肽的纯化及活性研究[D]. 长春: 长春中医药大学, 2007.
- [14] 张鑫. 人参Cu/Zn-SOD原核表达的载体构建、表达及纯化[D]. 长春: 长春中医药大学, 2012.
- [15] 魏俊杰, 李平亚, 曾向东, 等. 生晒参多肽的提取分离[J]. 白求恩医科大学学报, 1990(5): 436-438.
- [16] CHEN Z K, FAN C X, YE Y H, et al. Isolation and characterization of a group of oligopeptides related to oxidized glutathione from the root of *Panax ginseng*[J]. The Journal of Peptide Research: Official Journal of the American Peptide Society, 1998, 52(2): 137-142.
- [17] 李海涛. 人参粗蛋白提取及酶解产物的研究[D]. 长春: 吉林农业大学, 2011.
- [18] 张浩. 人参活性成分蛋白质、氨基酸、有机酸及核苷类成分研究[D]. 长春: 吉林大学, 2016.
- [19] 玄宝金. 人参蛋白、多肽的提取分离及性质研究[D]. 长春: 长春中医药大学, 2009.
- [20] 郝建勋, 李萍, 李学, 等. 生药蛋白质提取方法的研究进展[J]. 时珍国医国药, 2012, 23(3): 737-738.
- [21] 赵楠, 程孟春, 吴玉林, 等. 基于超高效液相色谱-高分辨质谱的多肽组学技术用于人参不同部位多肽的差异分析[J]. 色谱, 2019, 37(12): 1305-1313.
- [22] 王逸, 鲍勇刚, 贾韦国, 等. 人参蛋白研究进展[J]. 中草药, 2013, 44(19): 2782-2786.
- [23] GONG L, GAO J, XU T S, et al. Transcriptome analysis of field-grown Asian ginseng provides clues to environmental conditions and developmental mechanisms related to red skin root syndrome[J]. Industrial Crops & Products, 2020, 153: 1364.
- [24] NG T B, WANG H X. Panaxagin, a new protein from Chinese ginseng possesses anti-fungal, anti-viral, translation-inhibiting and ribonuclease activities[J]. Life Sciences, 2001, 68(7): 739-749.
- [25] 王康宇, 张美萍, 李闯, 等. 人参 15 个组织器官中皂苷量与 6 种人参皂苷生物合成基因表达的相关性研究[J]. 中国中药杂志, 2015, 40(16): 3168-3173.
- [26] 李兴玉, 李静, 牛小娟, 等. 一种人参蛋白的分离方法及该人参蛋白的用途: CN1765920[P]. 2006-05-03.
- [27] LAM S K, NG T B. A xylanase from root of sanchi ginseng *Panax notoginseng* with inhibitory effects on human immunodeficiency virus-I reverse transcriptase[J]. Life Sci, 2002, 70(25): 3049-3058.
- [28] 徐云凤, 赵雨, 张惠, 等. 人参蛋白对小鼠的耐缺氧及抗氧化作用[J]. 食品科技, 2012, 37(3): 79-82.
- [29] 李红艳, 赵雨, 孙晓迪, 等. 人参蛋白抗辐射损伤作用研究[J]. 时珍国医国药, 2010, 21(9): 2143-2144.
- [30] 任金威, 李迪, 孙靖琴, 等. 吉林人参低聚肽对小鼠耐缺氧作用的研究[J]. 中国食物与营养, 2018, 24(12): 54-57.
- [31] 徐云凤, 赵雨, 邢楠楠, 等. 人参蛋白对小鼠抗疲劳作用的研究[J]. 食品工业科技, 2011, 32(11): 406-407+436.
- [32] CHEN X N, WANG M Y, XU X H, et al. *Panax ginseng* total protein promotes proliferation and secretion of collagen in NIH/3T3 cells by activating extracellular signal-related kinase pathway[J]. Journal of Ginseng Research, 2017, 41(3): 411-418.
- [33] 王敏, 王思明, 张丽轩, 等. 人参水溶性总蛋白对 BALB/3T3 细胞增殖以及对 COL I 和 TGF- β 1 基因表达的影响[J]. 中成药, 2017, 39(12): 2589-2591.
- [34] 李红艳, 赵雨, 张巍, 等. 人参水溶性蛋白对几种细胞增殖的影响[J]. 吉林农业大学学报, 2008(5): 705-707+711.
- [35] 杨连君. bcl-2, bax 与肿瘤细胞凋亡[J]. 中国肿瘤生物治疗杂志, 2003(3): 232-234.
- [36] 张丽轩, 王思明, 王敏, 等. 人参水溶性总蛋白对小鼠黑色素瘤细胞 B16 的增殖抑制及对 Bcl-2/Bax 表达的影响[J]. 科学技术与工程, 2017, 17(33): 64-68.
- [37] 李红艳, 赵雨, 张惠, 等. 人参蛋白对 Hep-2 细胞增殖影响的比较[J]. 中国民族民间医药, 2010, 19(1): 33-34.
- [38] 任雨贺. 人参蛋白质的提取及其对乳腺癌 MCF-7 细胞的抗肿瘤作用研究[D]. 长春: 长春中医药大学, 2019.
- [39] 程璐, 李红艳, 孔亮, 等. 人参蛋白协同 H₂O₂ 诱导 SH-SY5Y 细胞氧化损伤[J]. 中国医院药学杂志, 2016, 36(9): 707-710.
- [40] 姚刚, 刘宏, 欧阳昌汉. 人参水溶性蛋白的提取及 SOD 活性测定[J]. 时珍国医国药, 2012, 23(5): 1153-1154.
- [41] 谢洪, 刘良明, 陈琳玲. 不同储藏人参及西洋参超氧化物歧化酶活力比较[J]. 实用中医药杂志, 2014, 30(5): 470-471.
- [42] 王蕾, 董金香, 罗浩明, 等. 人参糖蛋白对阿霉素所致心肌毒性的保护作用及其机制研究[J]. 中草药, 2021, 52(7): 1965-1973.
- [43] 李红艳, 代永霞, 张江华, 等. 人参蛋白对过氧化氢致神经元损伤的保护作用[J]. 中国医院药学杂志, 2015, 35(21): 1906-1910.
- [44] 傅文垚, 罗建平, 刘长虹. PI3K/AKT 信号通路在常见神经退行性疾病中的机制研究进展[J]. 生物技术通讯, 2017, 28(6): 853-859.
- [45] 李红艳, 曹阳, 白雪媛, 等. 人参蛋白对 β 淀粉样蛋白 1-40 和 H₂O₂ 损伤神经元的保护作用及其机制[J]. 吉林大学学报(医学版), 2013, 39(6): 1138-1142.
- [46] LI H Y, SONG J, ZHANG J H, et al. Ginseng protein reverses amyloid beta peptide and H₂O₂ Cytotoxicity in neurons, and ameliorates cognitive impairment in AD rats induced by a combination of D-Galactose and AlCl₃[J]. Phytotherapy Research, 2017, 31(2): 284-295.
- [47] LI H Y, KANG T G, QI B, et al. Neuroprotective effects of ginseng protein on PI3K/Akt signaling pathway in the hippocampus of D-galactose/AlCl₃ inducing rats model of Alzheimer's disease[J]. Journal of Ethnopharmacology, 2016, 179: 162-169.
- [48] 甘雪, 刘书一, 王正波. 线粒体自噬及功能障碍与帕金森病[J]. 中国比较医学杂志, 2020, 30(10): 121-127.
- [49] LIU M C, YU S T, WANG J W, et al. Ginseng protein protects against mitochondrial dysfunction and neurodegeneration by inducing mitochondrial unfolded protein response in *Drosophila melanogaster* PINK1 model of Parkinson's disease[J]. Journal of Ethnopharmacology, 2020, 247: 112213.
- [50] 宋岩, 刘美辰, 赵雨, 等. 人参总蛋白对帕金森病转基因果蝇

- 模型的脑神经保护作用研究[J]. 中草药, 2018, 49(19): 4602-4606+4613.
- [51] JIANG R, XU X H, SUN Z, et al. Protective effects of ginseng proteins on photoaging of mouse fibroblasts induced by UVA[J]. Photochemistry and Photobiology, 2020, 96(1): 113-123.
- [52] 高健, 吕邵娃. 人参化学成分及药理作用研究进展[J]. 中医药导报, 2021, 27(1): 127-130+137.
- [53] 李红艳, 赵雨, 孙晓迪, 等. 人参蛋白对小鼠免疫功能影响的研究[J]. 亚太传统医药, 2010, 6(1): 14-16.
- [54] JIANG R, WANG M Y, SHI L, et al. *Panax ginseng* Total protein facilitates recovery from Dexamethasone-Induced muscle atrophy through the activation of glucose consumption in C2C12 myotubes[J]. BioMed Research International, 2019, 2019(3): 1-11.
- [55] HSIAO C Y, HSU Y J, TUNG Y T, et al. Effects of *Antrodia camphorata* and *Panax ginseng* supplementation on anti-fatigue properties in mice[J]. The Journal of Veterinary Medical Science, 2018, 80(2): 284-291.
- [56] 孙丽勇. 人参在心血管疾病治疗中的作用[J]. 求医问药(下半月), 2012, 10(12): 85-86.
- [57] 배 만 중. Effect of ginseng fraction components on fat accumulation of liver in the obese rat induced by high fat dietary[J]. Journal of the Korean Society of Food Science and Nutrition, 1991, 20(1): 27-34.
- [58] 徐云凤, 赵雨, 么宝金, 等. 人参蛋白对高脂血症模型大鼠的降血脂作用[J]. 中药新药与临床药理, 2011, 22(2): 138-141.
- [59] 李学军, 陈丽, 刘小余. 人参对辐射损伤抑制作用的研究[J]. 人参研究, 2011, 23(2): 38-39.
- [60] 吴红星, 杨剑婷. 抗辐射剂的研究现状(文献综述)[J]. 放射免疫学杂志, 2005, 18(1): 58-60.
- [61] 伦博书, 李东, 刘金平, 等. 抗辐射中药及天然产物的研究进展[J]. 国际药学研究杂志, 2015, 42(4): 453-462.
- [62] KIM C, CHOI J E. Effects of radioprotective ginseng protein on UV induced sister chromatid exchanges[J]. Archives of Pharmacal Research, 1988, 11(2): 93-98.
- [63] KIM C M, CHOI M K. DNA repair enhancement by radioprotective ginseng protein fraction[J]. Yakhak Hoeji, 1992, 36(5): 449-454.
- [64] CAI K X, WANG J W, WANG M, et al. Molecular cloning, recombinant expression, and antifungal functional characterization of the lipid transfer protein from *Panax ginseng*[J]. Biotechnology Letters, 2016, 38(7): 1229-1235.
- [65] 王佳雯, 刘美辰, 张丽轩, 等. 人参抗菌蛋白的研究进展[J]. 世界科学技术-中医药现代化, 2016, 18(11): 1964-1968.
- [66] WANG Y, CHEN Y H, XU H, et al. Analgesic effects of glycoproteins from *Panax ginseng* root in mice[J]. Journal of Ethnopharmacology, 2013, 148(3): 946-950.
- [67] WANG Y, ZHU D F, CHEN Y H, et al. Metabonomics study of ginseng glycoproteins on improving sleep quality in mice[J]. BioMed Research International, 2019, 2019(7): 1-9.
- [68] FANG X X, ZHU D F, CHEN Y H, et al. LC-MS/MS analysis of partial structure of *Panax ginseng* protein and its distribution in vivo[J]. International Journal of Biological Macromolecules, 2020, 150: 695-704.
- [69] 李红艳, 张江华, 张惠, 等. 人参总蛋白的酶解及氨基酸含量测定[J]. 中国现代中药, 2016, 18(1): 72-75+81.
- [70] HE L X, REN J W, LIU R, et al. Ginseng (*Panax ginseng* Meyer) oligopeptides regulate innate and adaptive immune responses in mice via increased macrophage phagocytosis capacity, NK cell activity and Th cells secretion[J]. Food & function, 2017, 8(10): 3523-3532.
- [71] 高超, 刘杰, 赵传欣. 人参寡肽抗苯并芘诱发肺上皮细胞炎症损伤研究[J]. 食品工业科技, 2021, 42(16): 336-343.
- [72] 孙彬, 李迪, 毛瑞雪, 等. 吉林人参低聚肽对糖尿病大鼠的降血糖作用研究[J]. 中国食物与营养, 2016, 22(10): 62-65.
- [73] LUO H M, JIANG R Z, YANG X H, et al. Purification and characterization of a novel tetradecapeptide from ginseng polypeptides with enhancing memory activity for mice[J]. Chemical Research in Chinese Universities, 2013, 29(4): 638-641.
- [74] 罗浩铭, 陈英红, 洪铁, 等. Nano LC-MS/MS 从具有增强小鼠记忆作用的人参组分中鉴定 22 种新肽[J]. 天然产物研究与开发, 2016, 28(8): 1223-1227+1232.
- [75] 赵丽艳, 张秀云, 苗春生, 等. 人参糖肽对大鼠体外胰岛β细胞的保护作用[J]. 中国老年学杂志, 2017, 37(15): 3667-3669.
- [76] ZHAO N, CHENG M C, LV W, et al. Peptides as potential biomarkers for authentication of Mountain-cultivated ginseng and cultivated ginseng of different ages using UPLC-HRMS[J]. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 2020, 68(7): 2263-2275.

广告

《特产研究》著作权使用声明

本刊已许可中国学术期刊(光盘版)电子杂志社在中国知网及其系列数据库产品中,以数字化方式复制、汇编、发行、信息网络传播本刊全文。本刊支付的稿酬已包含著作权使用费,所有署名作者向本刊提交文章发表的行为即视为同意上述声明。