

竹节参生物活性与质量控制研究进展

Research progress on biological activity and quality control of *Panax Japonici Rhizoma*

申佩瑶¹ 张也² 李玉钦¹ 严建业² 王元清¹

SHEN Pei-yao¹ ZHANG Ye² LI Yu-qin¹ YAN Jian-ye² WANG Yuan-qing¹

(1. 中南林业科技大学生命科学与技术学院, 湖南 长沙 410004;

2. 湖南中医药大学科技创新中心, 湖南 长沙 410208)

(1. The College of Life Science and Technology, Central South University of Forestry and Technology, Changsha, Hunan 410004, China; 2. Technology and Innovation Center, Hunan University of Chinese Medicine, Changsha, Hunan 410208, China)

摘要:文章对竹节参的生物活性进行了归纳整理,包括对神经系统、消化系统、心脑血管系统、免疫系统、内分泌系统及其他系统的作用,分析了竹节参中的皂苷类、核苷类、多糖类及氨基酸成分的质量控制,并对其未来研究方向进行了展望。

关键词:竹节参;生物活性;质量控制;研究进展

Abstract: The biological activities of *Panax japonicus*, including the effects on nervous system, digestive system, cardiovascular and cerebrovascular system, immune system, endocrine system and other systems were summarized and the quality control of saponins, nucleosides, polysaccharides and amino acids in *Panax japonicus* was analyzed in this paper. And its future research was prospected.

Keywords: *Panax Japonici Rhizoma*; biological activity; quality control; research progress

竹节参为五加科植物竹节参(*Panax japonicus* C. A. Mey.)的干燥根茎,又被称为白三七、竹节七与竹节人参等。竹节参是土家族的著名民族药物,被土家族先民奉

为“草药之王”^[1-2]。竹节参主要分布于贵州、湖南、湖北、云南、江西、安徽等地^[3],在湖北恩施有大量栽培种植。其已被 2020 年版《中国药典》一部收载,具有消肿止痛、散瘀止血、祛痰止咳与补虚强壮等功效,用于跌扑损伤、癆嗽咯血、咳嗽痰多与病后虚弱^[4]。竹节参除含有以皂苷类成分为主的活性成分外,还含有氨基酸、糖类、挥发油与无机元素等^[5-6]。竹节参皂苷的主要类型有齐墩果烷型、达玛烷型和奥寇梯木醇型 3 种^[7-8]。目前,有关于其化学成分^[9-10]、药理作用^[11-12]、临床应用^[13-15]、分子生药^[16]、栽培^[17]等方面的综述报道,药理研究^[11-12]表明,竹节参药材对机体具有多种生理药理活性。文章拟根据近年来关于竹节参的研究情况,对其生物活性与质量控制进行系统综述,旨在为竹节参的临床应用与产品开发提供参考。

1 生物活性

1.1 对神经系统的作用

1.1.1 治疗神经退行性疾病 淀粉样 β 蛋白(A β)是目前阿兹海默病(AD)治疗的靶标之一,也是作为老年斑的主要蛋白质成分。人参皂苷 Rg1 能明显减少 APP/PS1 小鼠模型脑内海马 DG 区 A β 堆积^[18]。有研究^[19]报道,伪人参皂苷 F11 可改善 APP/PS1 小鼠和 SAMP8 小鼠的家族性、散发性 AD 模型认知障碍,其可能的作用机制是抑制淀粉样前体蛋白(APP)的生成途径,降低小鼠的海马和皮层中的淀粉蛋白前 β -分解酶 1(BACE1) 的蛋白表达从而减少 A β 聚集,使 tau 蛋白过度磷酸化减弱;同时伪人参皂苷 F11 可通过降低过氧化氢(H₂O₂)和丙二醛(MDA)水平,提高超氧化物歧化酶(SOD)活性和谷胱甘肽(GSH)含量来使认知水平轻度损伤得以缓解^[20]。Guo

基金项目:国家级大学生创新创业训练计划项目(编号: S202010538008);湖南省自然科学基金项目(编号: 2020JJ4470);湖南省中医药科研计划课题项目(编号: 202072);湖南省大学生创新创业训练计划项目(编号: 2020-2457);中南林业科技大学大学生创新创业训练计划项目(编号:2020-11)

作者简介:申佩瑶,女,中南林业科技大学 2017 级本科生。

通信作者:严建业(1975—),男,湖南中医药大学副教授,硕士生导师,博士。E-mail: Yanjianye201@126.com

王元清(1980—),女,中南林业科技大学副教授,博士。E-mail: wangyuanqing201@126.com

收稿日期:2021-06-01

等^[21]研究发现竹节参皂苷通过内质网应激降低 α -突触核蛋白来保护衰老大鼠结肠肌间神经丛神经元,可逆转老龄大鼠结肠髓鞘丛 α -突触核蛋白积累所致的神经元丢失。Deng 等^[22]研究发现,不同剂量的竹节参皂甙均能明显抑制衰老大鼠脑内小胶质细胞的活化,并显著抑制核因子 κ B、I κ B α 、细胞外信号调节激酶、c-Jun N 末端激酶和 p38 水平的表达。同时,竹节参皂甙能通过抑制丝裂原活化蛋白激酶和核因子- κ B 信号通路来减轻衰老大鼠脑组织的炎症反应。

1.1.2 镇静镇痛作用 在镇痛方面,竹节参总多糖与总皂苷均具有一定的作用。王如峰等^[23]发现,鄂产竹节参多糖中、高剂量组均能明显降低小鼠扭体次数,说明竹节参多糖具有镇痛作用。在子宫素诱导的原发性痛经试验中,低剂量的复方竹节参颗粒能延长小鼠扭体的潜伏期,显著减少其扭体次数,显著降低 MDA 水平,显著提高子宫平滑肌收缩张力抑制率,说明竹节参可抑制原发性痛经^[24]。牟宁^[25]研究发现,人参皂苷 Rk3 可增加下丘脑和皮质层中 5-羟色胺(5-HT)含量,缩短小鼠的睡眠潜伏期,延长睡眠时长。人参皂苷 Rg5 和人参皂苷 Rk1 可增加脑组织和血清中的 γ -氨基丁酸/谷氨酸(GABA/Glu)两者之间的比值,上调 5-HT1A 的表达量从而增强催眠效应^[26]。

1.1.3 抗抑郁作用 在慢性束缚应激(CRS)诱导小鼠的抗抑郁模型中,人参皂苷 Rg1 除了通过调节神经递质水平和下丘脑—垂体—肾上腺皮质(HPA)功能、抗凋亡与氧化、恢复前额叶皮层中脑源性神经营养因子/酪氨酸激酶受体 B(BDNF/TrkB)信号通路发挥抗抑郁作用外,还可以通过抗细胞凋亡、保护神经胶质细胞,并调控炎症因子的表达量来间接发挥治疗抑郁症的功能^[27]。张巧莲等^[28]采用坐骨神经慢性压迫损伤模型大鼠进行明暗箱试验(LDB)和强迫游泳试验(FST),检测出人参皂苷 Rg2 可抑制机械性痛觉敏感性,延长热痛的潜伏期,显著改善焦虑与抑郁状态。人参皂苷 Rh2 在慢性温和不可预知应激(CUMS)模型试验中可以抑制核因子 κ B(NF- κ B)的信号通路,降低海马组织中的炎症性反应,促进海马神经元的成熟,从而发挥抗抑郁作用^[29]。

1.1.4 改善学习记忆作用 竹节参总皂苷能调节脑内 γ -氨基丁酸(GABA)和谷氨酸(Glu)含量,使自由基代谢得以改善,从而改善血管性痴呆大鼠的学习能力与记忆能力;改善海马神经元的形态和数量,提高 AD 模型大鼠的学习记忆能力^[30]。An 等^[31]研究发现,人参皂苷 Rg5 和人参皂苷 Rk1 可通过抑制乙酰胆碱酯酶(AChE)的活性来升高大脑中的乙酰胆碱水平,从而记忆功能障碍得以明显改善,表明人参皂苷可能通过抑制 AChE 活性而增加脑组织中胆碱能功能,从而逆转认知功能的障碍。人参皂苷 Rb1 可通过抑制顺铂诱导的大鼠脑内氧化应激

和神经元丢失等方式有效改善顺铂引起的记忆功能障碍^[32]。黎素清等^[33]研究发现,竹节参皂苷可降低卡因酸诱导发育期癫痫大鼠海马组织中的 TRIB3、GRP78 蛋白表达与内质网应激,抑制其神经元凋亡,从而改善癫痫大鼠的近期及远期认知功能。

1.2 对消化系统的作用

1.2.1 保肝护肝作用 徐瑞等^[34]通过建立肝损伤模型后灌胃给予竹节参多糖 7 d,给与竹节参多糖的肝损伤小鼠血清中谷草转氨酶(AST)、丙氨酸氨基转移酶(ALT)、乳酸脱氢酶(LDH)及炎症因子 IL-6 和 IL-1 β 均显著降低,肝组织中的丙二醛(MDA)含量下降,谷胱甘肽(GSH)水平升高。说明竹节参多糖可减缓小鼠的急性肝损伤程度。竹节参皂苷可通过调节乙酰氨基酚(APAP)的代谢途径,增强抗氧化酶活性,增加抗炎活性和抑制肝细胞凋亡^[35]。熊海容等^[36]发现,不同剂量的竹节参总皂苷干预脂肪性肝病小鼠后,减少了肝中的脂质沉积,肝细胞排列更加紧密,同时能明显降低肝组织中 miR-199-5p 的表达与增加 c-Met、HGF 的表达,说明竹节参总皂苷可能通过调节 miR-199-5p/HGF-c-Met 的信号通路来干预小鼠的脂肪肝。研究^[37]表明,竹节参皂苷 IV a 可通过调节 CD36-NLRP3 信号通路来降低脂质的沉积与肝脏的炎症性能,为脂肪性肝病的认识与治疗提供了新的思路与方法。罗悦等^[38-39]研究发现竹节参总皂苷干预高糖高脂饮食诱导小鼠非酒精性脂肪性肝炎后,下调了 miR-199a-5p 的表达、升高了 ATG5 mRNA 及蛋白的表达。自噬相关蛋白 P62 表达水平及炎症因子(IL-6、IL-1 β 、TNF- α)转录表达水平显著下降、LC3 II / I 比值显著上升,从而使肝炎的炎症反应得以改善。竹节参总皂苷干预高脂饮食诱导小鼠非酒精性脂肪性肝病后,肝组织病理学明显得以改善,血清中 ALT 及肝组织 TG 显著减少;下调 miR-181a、SREBP-1c、ChREBP、TLR4、p-STAT1 及 IL-1 β 、TNF α 表达水平,而增加 PPAR α 的 mRNA 表达水平,说明竹节参皂苷可通过调节 miR-181a/PPAR α 的信号通路来改善非酒精性脂肪性肝病。

1.2.2 抗溃疡作用 竹节参中皂苷可以保护胃黏膜,唐倩等^[40]证实了葡聚糖硫酸钠(DSS)诱导的小鼠溃疡性结肠炎经竹节参总皂苷干预后明显改善,说明竹节参总皂苷对其保护作用显著。

1.2.3 对胃肠动力学的影响 竹节参皂苷可抑制胃内容物的排空、加速食物通过肠道,降低糖类物质吸收入肝门静脉循环的比例。竹节参总皂苷可能通过神经氨酸酶/细胞凋亡抑制剂(Neu3/IAP)通路减轻肠道炎症反应^[41]。

1.2.4 对结肠炎的影响 Dun 等^[42]研究发现竹节参皂苷可以增加老龄大鼠结肠紧密连接蛋白 claudin-1 和 occludin 的表达,降低结肠中白细胞介素-1 β 和肿瘤坏死

因子- α 的水平,降低 MAPK 3 种亚型的磷酸化,抑制 NF- κ B 的表达,从而减轻结肠炎症。

1.3 对心脑血管系统的作用

1.3.1 降血脂 竹节参总皂苷和总多糖在降血脂方面具有较好的作用,成分与活性间存在一定的量效关系。竹节参可以显著降低高血脂试验动物体内的 LDL-C、TC 和 TG,并能显著升高 HDL-C。伪人参皂苷 RT₁、竹节参皂苷 IV、竹节参皂苷 IV a、竹节参皂苷 V 分别按质量比 1:1:1:2 组合可发挥协同降脂作用^[43]。高宇等^[44]发现,不同剂量竹节参皂苷 IV a 干预可以剂量依赖地对抗游离脂肪酸(FFA)诱导的脂肪沉积 L-02 肝细胞 LC3II 蛋白水平、AMPK 及 ULK1 磷酸化水平的降低。说明竹节参皂苷 IV a 能使细胞线粒体活性氧水平降低,腺苷酸活化 AMPK/ULK1 途径的自噬水平提高,发挥抗 FFA 诱导的肝细胞脂肪沉积作用。刘正泰^[45]发现竹节参总皂苷对高脂饮食所致的脂肪组织慢性炎症与 PA 诱导的成熟脂肪细胞炎症也有明显改善作用,可能是由于竹节参总皂苷可以使脂肪组织中巨噬细胞的浸润减少、巨噬细胞向促炎型巨噬细胞极化得以减弱、并抑制脂肪组织及成熟脂肪细胞中的 NF- κ B 炎症通路。杨小林等^[46]研究发现竹节参多糖对高血脂模型小鼠具有一定的降血脂作用,并存在量效关系。

1.3.2 抗血栓 陈玲黄^[47]研究发现竹节参多糖具有体内外抗血栓活性,其抗血栓机制可能与影响血小板功能和提高纤溶系统活性有关。沈金阳等^[48]发现竹节参的根、茎、叶同时具有体内与体外的抗血栓活性。

1.3.3 保护脑组织 张高娇等^[49]以大脑动脉闭塞(MCAO)脑缺血再灌注损伤小鼠造模,腹腔注射人参皂苷 Rb1,结果发现人参皂苷 Rb1 可增加小窝蛋白-1(Cav-1)mRNA 的表达和蛋白含量发挥保护脑组织的作用。刘运平等^[50]研究发现,注射用阿替普酶联合人参皂苷 Rd 注射液后可抑制血小板的活化,抑制血栓的形成,从而改善患者的脑缺血性症状。Yuan 等^[51]研究发现伪人参皂苷 F11 不仅能减轻急性脑卒中的损伤性能,还能在慢性恢复过程中促进纹状体的神经再生,从而促进感觉运动功能障碍的恢复。吴忻晶等^[52]以乳铁蛋白修饰,荷载竹节参皂苷 IV a 的脂质-聚合物杂化纳米体系(CIV a/Lf-LPNs)可以有效到达脑部,用于脑梗死的靶向治疗。

1.3.4 保护心脏 研究^[53]表明,竹节参总皂苷能明显改善冠脉结扎导致急性心肌缺血损伤的大鼠心功能,显著降低心肌梗死面积,从而使心肌缺血性损伤大大地减少。王烙佩等^[54]发现竹节参总皂苷降低衰老大鼠心肌细胞中 Bax 和 caspase-3 mRNA 的表达,提高 Bcl-2 mRNA 表达以及 Bcl-2/Bax 的比率,从而有效地改善衰老大鼠心肌细胞凋亡,可能与其激活衰老大鼠心肌细胞的自噬有关。

宋亚男等^[55]研究发现,竹节参总皂苷使衰老大鼠心肌纤维紊乱程度得以改善,减少炎症细胞的浸润及降低胶原蛋白沉积;使衰老心脏组织中 α -SMA、COL1 α 2、COL3 α 1、MMP2、MMP9 的 mRNA 表达水平显著降低; p-Smad3、TGF- β 1、IL-1 β 、TNF- α 蛋白的表达量得以抑制。竹节参总皂苷通过调节 TGF- β 1/Smad3 通路使衰老大鼠心肌纤维化得以改善。

1.4 对免疫系统的作用

竹节参中的多糖能通过提高网状内皮系统中巨噬细胞的吞噬能力发挥免疫调节作用^[56]。对环磷酰胺所致免疫低下模型小鼠而言,竹节参多糖能提高其脾脏指数,促进其脾淋巴细胞进一步增殖,促进溶血素的生成与 QHS 反应,提高外周血中自然杀伤(NK)细胞的比例,从而恢复免疫系统^[57]。研究^[58]表明,竹节参皂苷能够通过抑制 TLR4/NF- κ B 信号通路调节机体免疫反应,抑制肿瘤体积增大和数量增加,增加 CD³⁺ 和 CD⁴⁺ 免疫细胞数量,减少 CD⁸⁺ 数量,抑制血清中炎症因子,从而抑制炎症状态。Zhang 等^[59]研究发现,竹节参多糖能显著提高环磷酰胺处理小鼠的免疫功能,提高免疫力。

1.5 对内分泌系统的作用

Shi 等^[60]研究发现,竹节参总皂苷可抑制 NF- κ B 的活化,增加 p-AKT 的转录,从而减少炎症反应,提高脂肪细胞对胰岛素的敏感性。崔佳等^[61]研究表明竹节参皂苷 IV a 可呈剂量依赖性地促进蛋白激酶 B(Akt)、雷帕霉素靶蛋白复合体 1(mTORC1)和 S6K 磷酸化水平来激活 Akt/mTOR 信号通路,对抗胰岛 β 细胞的糖毒性,使胰岛 INS-1 细胞凋亡减弱,胰岛素的释放量增加。

1.6 其他作用

1.6.1 抗炎作用 竹节参能通过提高 AD 大鼠海马形胶质细胞 Drd-2 活性,降低 GFAP、TNF- α 的表达水平抑制炎症反应^[62]。陈玲等^[63]发现竹节参地上部分中所含总苷可以改善弗氏佐剂所致大鼠多发性关节炎症状,可能机制为抑制血清中的炎症因子如肿瘤坏死因子(TNF)、白细胞介素-1 β (IL-1 β)的分泌。刘正泰等^[64]研究发现竹节参总皂苷可改善自然衰老大鼠脂肪组织炎症,其机制可能与 TLR4/NF- κ B 信号通路有关。赵丁^[65]研究发现,竹节参皂苷 IV a 通过保护骨关节炎(OA)软骨细胞中腺苷酸激活蛋白激酶(AMPK)活性,对骨关节炎有一定的抑制作用。其保护作用通过 AMPK/SIRT1/PGC-1 α 途径使软骨细胞线粒体功能障碍与软骨细胞中 IL-1 β 诱导的氧化应激得以减轻;通过该信号通路使软骨细胞外基质代谢平衡得以维持,并抑制软骨细胞肥大表型,从而改善软骨功能。Xin 等^[66]将竹节参皂苷 IV a 作用于脂多糖(LPS)建立小鼠肝脏急性炎症模型和细胞系炎症模型后,可以抑制 LPS 诱导的小鼠肝脏和 RAW264.7 细胞的炎症

反应,抑制 miR-155、增加 GSK-3 β 表达和抑制 NF- κ B 信号通路,从而改善 LPS 诱导的 RAW264.7 细胞的炎症反应而达到抗炎作用。Guo 等^[67]研究发现,竹节参皂苷能明显减轻胶原诱导性关节炎(CIA)小鼠症状,降低血清或脾脏血管内皮生长因子 A(VEGFA)、缺氧诱导因子-1 α (HIF-1 α)、IL-1 β 和白细胞介素-17A(IL-17A)的表达;抗血管生成是竹节参抗类风湿性关节炎(RA)的途径之一,酪氨酸激酶(SRC)和信号转导子和转录激活子 3(stat3)可能是竹节参作用于 VEGF 和 HIF-1 信号通路的关键靶点。赵晴晴等^[68]研究发现不同浓度的竹节参多糖均能不同程度抑制 LPS 诱导小胶质细胞一氧化氮(NO)释放量,减少 TNF- α 、IL-1 β 、iNOS mRNA 表达,质量浓度为 25, 50 μ g/mL 的竹节参多糖均能有效抑制小胶质细胞中 NF- κ B 的核转移。

1.6.2 抗疲劳作用 竹节参地上部分与根茎部分提取的总皂苷具有不同的抗疲劳活性^[69]。竹节参多糖能提高血清中乳酸脱氢酶活力,降低运动后机体中乳酸水平,提高机体中肝糖原储备量,从而进一步增强机体对运动和速度负荷的适应性与耐受能力。竹节参皂苷提取物能使小鼠在常压密闭缺氧条件下的存活时间明显延长,提高小鼠肝糖原值,从而具有抗疲劳活性^[70]。

1.6.3 抗肿瘤作用 陈薛妃^[71]发现,竹节参水提物能促进宫颈癌 HeLa 细胞中 Caspase-3 和 Bax 蛋白表达,而抑制 Bcl-2 蛋白的表达。说明竹节参水提物能有效抑制宫颈癌 HeLa 细胞的生长,诱导癌细胞凋亡,达到抗肿瘤作用。刘滢等^[72]研究发现竹节参水提物抑制宫颈癌 HeLa 细胞的增殖,诱导其自噬与凋亡,可能与调控凋亡的相关基因 mRNA 的表达量有关。高贵洲等^[73]发现竹节参皂苷能抑制 Lewis 肺癌移植瘤小鼠模型肿瘤生长和转移,可能与 PKC α -ERK1/2 信号通路有关。进一步研究发现,竹节参皂苷可抑制肺癌 A549 细胞增殖、迁移和侵袭,抑制分泌蛋白 MMP-2 和 MMP-9 的表达,可能机制是通过调控 PTEN 抑制 PI3K 和 Akt 磷酸化,从而发挥抗肿瘤作用^[74]。张莹等^[75]研究发现竹节参单体化合物竹节参皂苷 IV、IVa 和 V 以浓度依赖方式抑制胃癌 SGC-7901 细胞增殖、迁移和侵袭,从而诱导胃癌 SGC-7901 细胞的凋亡。

1.6.4 抗衰老作用 研究^[76-77]证明,竹节参多糖能显著提高脑组织中过氧化氢酶(CAT)活性,降低 MDA 含量,同时也能显著提高血液中 SOD 和 GSH-PX 活性,从而发挥抗氧化、延缓衰老的作用。竹节参总皂苷也能使血清 GSH-PX、SOD 活性显著升高,降低血清中 MDA 含量^[78]。此外,竹节参总皂苷可以增加内质网应激相关蛋白以及抗凋亡蛋白的表达水平,降低促凋亡蛋白的表达,从而维持衰老大鼠脑组织的内质网稳态,减少神经细胞的凋亡^[79]。邓丽丽等^[80]研究发现竹节参总皂苷能通过

NLRP1 和 NLRP3 炎症小体途径减轻衰老大鼠神经细胞凋亡。

1.6.5 减肥作用 竹节参总皂苷抑制高脂肪饮食引起的体重和子宫旁脂肪组织重量的增加,竹节参总皂苷及皂苷 III、皂苷 IV 和皂苷 V 可抑制胰脂肪酶活性^[81]。说明竹节参可抑制胰脂肪酶活性,延缓肠道对膳食脂肪的吸收,从而实现降脂减肥作用。Yin 等^[82]研究发现竹节参皂苷 IVa 对脂肪细胞分化有明显的抑制作用,可成为治疗肥胖的功能性食品原料。

2 质量控制

2.1 皂苷类成分质量控制

童学飞等^[83]对 10 年生野生和 5 年栽培竹节参采用 HPLC 法进行定量分析人参皂苷 Rg₁ 和 Re 发现,栽培和野生竹节参所含人参皂苷类成分基本相似,根茎中人参皂苷 Rg₁、Re 含量以野生竹节参较高,但其根中含量仅略高于栽培品,虽然 Rg₁ 与 Re 含量较低,但生长时间较短,可以不受资源限制。关乔中等^[84]用香草醛—高氯酸法测定野生竹节参栽培竹节参总皂苷含量,发现栽培品总皂苷含量显著高于野生品。伍红年等^[85]采用 HPLC 法建立白三七指纹图谱,白三七指纹图谱中共标定了 16 个共有峰,并指认了人参皂苷 Rg₁、Re、Rb₁ 及竹节参皂苷 V、IV、IVa 色谱峰;五加科人参属 5 种药材(扣子七、西洋参、人参、白三七、三七)成分总量统计矩参数差异较大。谭诗涵等^[86]以竹节参皂苷 V 为内参物,采用一测多评法测定竹节参中 7 种皂苷类(竹节参皂苷 IV、竹节参皂苷 V、假人参皂苷 RT₁、竹节参皂苷 IVa、人参皂苷 Rg₁、人参皂苷 Re、人参皂苷 Rb₁)成分含量,一测多评法与外标法得到的 10 批竹节参样品中各成分含量无显著差异。建立的一测多评法可用于竹节参皂苷类成分的定量分析和质量评价。

2.2 核苷类成分质量控制

伍红年等^[87]建立竹节参核苷类成分的 HPLC 指纹图谱,并测定了其中 7 种核苷类成分(鸟苷、肌苷、次黄嘌呤、脱氧尿苷、尿苷、腺苷和胸腺嘧啶核苷)含量,10 批样品指纹图谱中有 16 个共有峰,除 1 个批次外其他相似度均在 0.90 以上;其中以湖北神农架的竹节参中核苷类成分总量最高。

2.3 多糖类成分质量控制

张杰等^[88]通过比较苯酚硫酸法和硫酸蒽酮法测定了竹节参多糖含量,其中硫酸蒽酮法显著高于苯酚硫酸法。

2.4 氨基酸类成分质量控制

陈永波等^[89]发现,竹节参主要含有 17 种水溶性氨基酸,不含胱氨酸,水溶性氨基酸中有 8 种为人体的必需氨基酸,含硫氨基酸较少。吴锦忠等^[6]在竹节参中检测出 16 种氨基酸,包括人体必需的 7 种氨基酸,且竹节参中总

氨基酸、中性氨基酸、酸性氨基酸和 7 种人体必需氨基酸含量均高于人参、西洋参和三七。

3 结论

有关竹节参生物活性研究较多,但还有些作用机制尚不明确。药理作用研究中,竹节参总多糖、总皂苷的药理作用研究较多,而对其单体化合物的研究较少,后期应加强对其单体化合物的药理作用与作用机制进行分子、细胞、整体动物等系统研究;此外,在加大其作用机制的试验研究外,还可以借助网络药理学方法预测竹节参化学成分—疾病—靶点的关系,将竹节参的成分与不同药理作用进行机制预测,更好地服务于竹节参产品开发与临床应用。质量控制研究中,有关加工炮制品的质量控制研究较少,后续可继续开展相关炮制品的质量研究,特别是采用一测多评法测定竹节参不同加工炮制品中皂苷类成分含量;此外可以采用现代分析方法与技术对竹节参进行体内外分析,追踪竹节参活性成分在试验动物体内的吸收、分布、代谢、排泄等过程,从而为其临床应用与生活应用提供科学依据。竹节参的质量控制,还可以从栽培种植开始从源头进行质量控制,然后对其产品加工与副产物进行质量控制,从而保证产品的质量。在此基础上,应进一步加大竹节参食品、药品、化妆品等领域的产品开发,提升其经济价值。

参考文献

- [1] 尹文仲. 竹节参之异名与临床作用浅析[J]. 时珍国医国药, 2006, 17(4): 39-40.
YIN Wen-zhong. Brief analysis of synonyms and clinical effects of *Panax japonicus*[J]. Lishizhen Medicine and Materia Medica Research, 2006, 17(4): 39-40.
- [2] 林先明, 谢玲玲, 由金文, 等. 竹节参名称及基原考[J]. 中药材, 2007, 30(6): 742-743.
LIN Xian-ming, XIE Ling-ling, YOU Jin-wen, et al. Study on the name and origin of *Panax japonicus* [J]. Journal of Chinese Medicinal Materials, 2007, 30(6): 742-743.
- [3] 鲁道旺, 朱国豪. 土家族珍稀药材神参(竹节参)的研究概况[J]. 中国民族医药杂志, 2008, 14(5): 68-71.
LU Dao-wang, ZHU Guo-hao. Survey of research on rare Tujia medicinal material Shenshen (*Panax japonicus*) [J]. Journal of Medicine & Pharmacy of Chinese Minorities, 2008, 14(5): 68-71.
- [4] 国家药典委员会. 中国药典[S]. 北京: 中国医药科技出版社, 2020: 144.
The State Pharmacopoeia Commission of P. R. China, Pharmacopoeia of the People's Republic of China[S]. Beijing: China Medical Science Press, 2020: 144.
- [5] 顿耀艳, 袁丁. 竹节参化学成分的研究进展[J]. 时珍国医国药, 2006, 17(10): 1 909-1 911.
DUN Yao-yan, YUAN Ding. Research progress on chemical constituents of *Panax japonicus* [J]. Lishizhen Medicine and Materia Medica Research, 2006, 17(10): 1 909-1 911.
- [6] 吴锦忠, 易骏, 林晓峰, 等. 人参属四种植物中氨基酸和无机元素的比较研究[J]. 贵阳医学院学报, 1992, 17(3): 230-232.
WU Jin-zhong, YI Jun, LIN Xiao-feng, et al. Comparative study on amino acids and inorganic elements in four species of *Panax* [J]. Journal of Guiyang Medical College, 1992, 17(3): 230-232.
- [7] 欧阳丽娜, 向大位, 吴雪, 等. 竹节参化学成分及药理活性研究进展[J]. 中草药, 2010, 41(6): 1 023-1 027.
OUYANG Li-na, XIANG Da-wei, WU Xue, et al. Research progress on chemical constituents and pharmacological activities of *Panax japonicus*[J]. Chinese Traditional and Herbal Drugs, 2010, 41(6): 1 023-1 027.
- [8] 武秋爽, 陈平, 张庆文. 竹节参化学成分、药理活性及分析方法研究进展[J]. 亚太传统医药, 2016, 12(6): 46-54.
WU Qiu-shuang, CHEN Ping, ZHANG Qing-wen. Advances in research of chemical constituents, pharmacological activities and analytical methods of *Panax japonicus* [J]. Asia-Pacific Traditional Medicine, 2016, 12(6): 46-54.
- [9] 王开元, 詹志来, 廖天月, 等. 竹节参的化学成分与药理活性研究进展[J]. 中国野生植物资源, 2021, 40(5): 48-59.
WANG Kai-yuan, ZHAN Zhi-lai, LIAO Tian-yue, et al. Research progress on chemical Constituents and pharmacological effects of *Panax japonicus*[J]. Chinese Wild Plant Resources, 2021, 40(5): 48-59.
- [10] 李春艳, 张杰, 李劲平, 等. 竹节参化学成分与药理活性研究进展[J]. 中医药导报, 2012, 18(4): 68-71.
LI Chun-yan, ZHANG Jie, LI Jin-ping, et al. Research on chemical constituents and biological activities of Rhizoma of *Panax japonicus*[J]. Guiding Journal of Traditional Chinese Medicine and Pharmacy, 2012, 18(4): 68-71.
- [11] 郑琦, 赵晖, 邹海燕, 等. 竹节参总皂苷的药理研究进展[J]. 国际中医中药杂志, 2015, 37(5): 478-480.
ZHENG Qi, ZHAO Hui, ZOU Hai-yan, et al. The research progress of total saponins of *Panax japonicas* [J]. International Journal of traditional Chinese Medicine, 2015, 37(5): 478-480.
- [12] 吴孟华, 张伟, 邓建华, 等. 竹节参抗炎作用的研究进展[J]. 中药材, 2015, 38(5): 1 096-1 098.
WU Meng-hua, ZHANG Wei, DENG Jian-hua, et al. Research Progress on anti-inflammatory effect of *Panax japonicus*[J]. Journal of Chinese Medicinal Materials, 2015, 38(5): 1 096-1 098.
- [13] 孟艳, 宋雪成, 郝润璇, 等. 土家药复方竹节参片的研究进展[J]. 中国民间疗法, 2019, 27(21): 13-14.
MENG Yan, SONG Xue-cheng, HAO Run-xuan, et al. Research progress of Tujia medicine of Fufang Zhujie tablets[J]. China's Naturopathy, 2019, 27(21): 13-14.
- [14] 郭哲, 冯知涛, 张浩然, 等. 竹节参及其制剂治疗类风湿关节炎研究进展[J]. 中药材, 2019, 42(4): 941-944.
GUO Zhe, FENG Zhi-tao, ZHANG Hao-ran, et al. Research progress of *Panax japonicus* and its preparations in the treatment of

- rheumatoid arthritis[J]. Journal of Chinese Medicinal Materials, 2019, 42(4): 941-944.
- [15] 薛慧, 王卫东. 竹节参在治疗心脑血管病方面的研究进展[J]. 医学理论与实践, 2008, 21(11): 1 278-1 280.
- XUE Hui, WANG Wei-dong. Research progress of *Panax japonicus* in the treatment of cardiovascular and cerebrovascular diseases[J]. The Journal of Medical Theory and Practice, 2008, 21(11): 1 278-1 280.
- [16] 王玫瑰, 余大鑫, 叶方, 等. 珠子参及其近缘种竹节参的分子生药学研究进展[J]. 中南药学, 2020, 18(10): 1 681-1 687.
- WANG Mei-gui, YU Da-xin, YE Fang, et al. Progress in the molecular pharmacognosy of *Panax japonicus* C. A. Mey. var. major and its sibling species *Panax japonicus* [J]. Central South Pharmacy, 2020, 18(10): 1 681-1 687.
- [17] 齐敏杰, 李静, 梁娥, 等. 药用植物竹节参繁殖技术和分子生物学研究进展[J/OL]. 分子植物育种. (2021-03-18) [2021-06-25]. <http://kns.cnki.net/kcms/detail/46.1068.S.20210318.1118.014.html>.
- QI Min-jie, LI Jing, LIANG E, et al. Advances in reproductive biology and molecular biology of medicinal plant *Panax japonicus* [J/OL]. Molecular Plant Breeding. (2021-03-18) [2021-06-25]. <http://kns.cnki.net/kcms/detail/46.1068.S.20210318.1118.014.html>.
- [18] 刘琳, 张凯, 何勐, 等. 人参皂苷 Rg1 对阿尔茨海默病转基因小鼠的神经保护作用[J]. 中草药, 2020, 51(5): 1 264-1 272.
- LIU Lin, ZHANG Kai, HE Meng, et al. Neuroprotective effect of ginsenoside Rg1 in transgenic mice brain with Alzheimer's disease[J]. Chinese Traditional and Herbal Drugs, 2020, 51(5): 1 264-1 272.
- [19] ZHANG Zhen, YANG Jing-yu, LIU Chen, et al. Pseudoginsenoside-F11 alleviates cognitive deficits and Alzheimer's disease-type pathologies in SAMP8 mice[J]. Pharmacol Res, 2019, 139(1): 512-523.
- [20] ZHANG Zhen, YANG Han-lin, YANG Jing-yu, et al. Pseudoginsenoside-F11 attenuates cognitive impairment by ameliorating oxidative stress and neuroinflammation in d-galactose-treated mice[J]. Int Immunopharmacol, 2019, 67(9): 78-86.
- [21] GUO Yu-hui, CHENG Zhi-hao, LIU Jie, et al. Protective effects of saponins from *Panax japonicus* on neurons of the colon myenteric plexus in aging rats through reduction of α -synuclein through endoplasmic reticulum stress[J]. Geriatrics & Gerontology International, 2021, 21(1): 85-93.
- [22] DENG Li-li, YUAN Ding, ZHOU Zhi-yong, et al. Saponins from *Panax japonicus* attenuate age-related neuroinflammation via regulation of the mitogen-activated protein kinase and nuclear factor kappa B signaling pathways[J]. Neural Regen Res, 2017, 12(11): 1 877-1 884.
- [23] 王如锋, 陈平, 贾放, 等. 鄂产竹节参多糖的抗炎、镇痛活性[J]. 中国医院药学杂志, 2012, 32(7): 491-494.
- WANG Ru-feng, CHEN Ping, JIA Fang, et al. Study on the anti-inflammatory and analgesic activities of polysaccharides from Hubei *Panax japonica* [J]. Chinese Journal of Hospital Pharmacy, 2012, 32(7): 491-494.
- [24] 邓鑫, 任永申, 雷蕾, 等. 复方竹节参颗粒对缩宫素诱导的原发性痛经的影响[J]. 中成药, 2020, 42(1): 55-61.
- DENG Xin, REN Yong-shen, LEI Lei, et al. Effects of Fufang Zhujieshen Granules on oxytocin-induced primary dysmenorrhea [J]. Chinese Traditional Patent Medicine, 2020, 42(1): 55-61.
- [25] 牟宁. 稀有人参皂苷的镇静催眠作用及机制探究[D]. 西安: 西北大学, 2019: 35-38.
- MU Ning. Study on hypnotic effect and mechanism of rare ginsenosides[D]. Xi'an, Northwest University, 2019: 35-38.
- [26] SHAO Jing-jing, ZHENG Xiao-yan, QU Lin-lin, et al. Ginsenoside Rg5/Rk1 ameliorated sleep via regulating the GABAergic/serotonergic signaling pathway in a rodent model[J]. Food Funct, 2020, 11(2): 1 245-1 257.
- [27] 张勇, 黄黛, 贾新州. 人参皂苷 Rg1 对嗅球摘除抑郁症大鼠模型的抗炎和神经保护作用及其机制研究[J]. 中国免疫学杂志, 2019, 35(13): 1 573-1 579.
- ZHANG Yong, HUANG Dai, JIA Xin-zhou. Anti-inflammatory and neuroprotective function of ginsenoside Rg1 and its mechanism in olfactory bulbectomized rat model of depression[J]. Chinese Journal of Immunology, 2019, 35(13): 1 573-1 579.
- [28] 张巧莲, 李双英, 李平. 人参皂苷 Rg2 对慢性坐骨神经损伤大鼠痛觉敏化和抑郁状态的影响[J]. 中国应用生理学杂志, 2019, 35(3): 228-231.
- ZHANG Qiao-lian, LI Shuang-ying, LI Ping. Effects of ginsenoside-Rg2 on mechanical allodynia, heat hyperalgesia, depressive state of rats with chronic sciatic nerve constriction injury[J]. Chinese Journal of Applied Physiology, 2019, 35(3): 228-231.
- [29] 方玲, 杨莉莉. 人参皂苷 Rh2 对慢性不可预知应激所致抑郁小鼠的治疗作用及机制研究[J]. 浙江医学, 2019, 41(21): 2 269-2 273.
- FANG Lin, YANG Li-li. Therapeutic effect and mechanism of ginsenoside Rh2 on mice with chronic unpredictable stress-induced depression[J]. Zhejiang Medicine, 2019, 41(21): 2 269-2 273.
- [30] 曾楚华, 王文晟, 鲁文杰, 等. 竹节参水煎液对 AD 大鼠海马神经元尼氏体的影响[J]. 基因组学与应用生物学, 2018, 37(9): 4 030-4 035.
- ZENG Chu-hua, WANG Wen-sheng, LU Wen-jie, et al. Effects of *Panax japonicus* decoction on nissl bodies of hippocampal neurons in AD Rats[J]. Genomics and Applied Biology, 2018, 37(9): 4 030-4 035.
- [31] AN K S, CHOI Y O, LEE S M, et al. Ginsenosides Rg5 and Rk1 enriched cultured wild ginseng root extract bioconversion of *Pedococcus pentosaceus* HLJG0702: Effect on scopolamine-induced memory dysfunction in mice[J]. Nutrients, 2019, 11(5): 1 120-1 134.
- [32] CHEN Chen, ZHANG Hai-feng, XU Hong-liang, et al. Ginsenoside Rb1 ameliorates cisplatin-induced learning and memory impairments[J]. J Ginseng Res, 2019, 43(4): 499-507.
- [33] 黎素清, 霍健, 蒙家栋, 等. 竹节参皂苷对卡因酸诱导发育期

- 癫痫大鼠认知功能的影响[J]. 中国临床药理学杂志, 2020, 36(14): 2 100-2 102.
- LI Su-qing, HUO Jian, MENG Jia-dong, et al. Effects of *Panax japonicus* on the cognitive function of kainic acid induced developmental epilepsy in rats[J]. The Chinese Journal of Clinical Pharmacology, 2020, 36(14): 2 100-2 102.
- [34] 徐瑞, 刘钊, 付千, 等. 竹节参多糖对乙酰氨基酚诱导的小鼠肝损伤的保护作用[J]. 中南民族大学学报(自然科学版), 2020, 39(1): 51-55.
- XU Rui, LIU Zhao, FU Qian, et al. Protective effects of polysaccharides from *Panax japonicus* on mice with liver injury induced by acetaminophen[J]. Journal of South-Central University for Nationalities (Natural Science Edition), 2020, 39(1): 51-55.
- [35] 段欢. 竹节参总皂苷对乙酰氨基酚诱导肝损伤的保护作用及其机制研究[D]. 武汉: 中南民族大学, 2019: 41-43.
- DUAN Huan. Protective effect and mechanism of total saponins of *Panax japonicus* on acetaminophen-induced liver injury [D]. Wuhan: Central South University for Nationalities, 2019: 41-43.
- [36] 熊海容, 李聪, 何春喜, 等. 竹节参总皂苷通过调节 miR-199-5p 改善小鼠脂肪性肝病的实验研究[J]. 中国中药杂志, 2018, 43(17): 3 525-3 529.
- XIONG Hai-rong, LI Cong, HE Chun-xi, et al. Protective effects of total saponins of *Panax japonicus* on non-alcoholic fatty liver disease through regulating expression of miR-199-5p [J]. China Journal of Chinese Materia, 2018, 43(17): 3 525-3 529.
- [37] 熊海容. 基于 CD36-NLRP3 信号通路研究竹节参皂苷 IV a 改善脂肪性肝病的实验研究[D]. 宜昌: 三峡大学, 2019: 32-33.
- XIONG Hai-rong. Chikusetsu saponin IVa ameliorates fatty liver disease through inhibiting CD36-NLRP3 signaling pathway [D]. Yichang: China Three Gorges University, 2019: 32-33.
- [38] 罗悦, 刘朝奇, 贺海波, 等. 竹节参总皂苷通过调控自噬改善非酒精性脂肪性肝病的实验研究[J]. 中国中药杂志, 2021, 46(9): 2 260-2 266.
- LUO Yue, LIU Zhao-qi, HE Hai-bo, et al. Effect of total saponins from *Panax japonicus* on non-alcoholic steatohepatitis by regulating autophagy[J]. China Journal of Chinese Materia, 2021, 46(9): 2 260-2 266.
- [39] 罗悦, 刘小慧, 魏承亮, 等. 竹节参总皂苷通过调节 miR-181a/PPAR α 通路改善非酒精性脂肪性肝病的作用[J/OL]. 中成药. (2021-02-24)[2021-06-16]. <https://kns.cnki.net/kcms/detail/31.1368.R.20210224.1648.006.htm>.
- LUO Yue, LIU Xiao-hui, WEI Cheng-liang, et al. Effect of total saponins from *Panax japonicus* on non-alcoholic steatohepatitis by regulating miR-181a/PPAR α pathway [J/OL]. Chinese Traditional Patent Medicine. (2021-02-24) [2021-06-16]. <https://kns.cnki.net/kcms/detail/31.1368.R.20210224.1648.006.htm>
- [40] 唐倩, 杨治国, 刘娟, 等. 竹节参总皂苷对 DSS 诱导溃疡性结肠炎小鼠 PPAR- γ 信号通路及炎症因子的影响[J]. 中药材, 2018, 41(3): 711-715.
- TANG Qian, YANG Zhi-guo, LIU Juan, et al. Effects of total saponins from *Panax japonicus* on PPAR- γ signal pathway and inflammatory factors in mice with ulcerative colitis induced by DSS[J]. Journal of Chinese Medicinal Materials, 2018, 41(3): 711-715.
- [41] 程志豪, 顿耀艳, 刘洁, 等. 从 Neu3/IAP 通路研究竹节参总皂苷对衰老大鼠结肠炎症的改善作用[J]. 时珍国医国药, 2019, 30(7): 1 597-1 601.
- CHEN Zhi-hao, DUN Yao-yan, LIU Jie, et al. Effects of Saponins from *Panax japonicus* on colonic inflammation through Neu3/ IAP signaling pathway in aging rats[J]. Lishizhen Medicine and Materia Medica Research, 2019, 30(7): 1 597-1 601.
- [42] DUN Yao-yan, LIU Min, CHEN Jing, et al. Regulatory effects of saponins from *Panax japonicus* on colonic epithelial tight junctions in aging rats[J]. J Ginseng Res, 2018, 42(1): 50-56.
- [43] 杨小林, 张春风, 陈平, 等. 竹节参皂苷及其组合物的降脂活性比较研究[J]. 上海中医药大学学报, 2020, 34(3): 57-61, 90.
- YANG Xiao-lin, ZHANG Chun-feng, CHEN Ping, et al. Comparative study on hypolipidemic effects of chikusetsusaponins from *Panax japonicus* Rhizoma and their combinations[J]. Academic Journal of Shanghai University of Traditional Chinese Medicine, 2020, 34(3): 57-61, 90.
- [44] 高宇, 周耿瑶, 方从文, 等. 竹节参皂苷 IV a 对 FFA 诱导肝细胞脂肪沉积保护作用及机制[J]. 西南国防医药, 2019, 29(5): 517-520.
- GAO Yu, ZHOU Gng-yao, FANG Cong-wen, et al. Protective effect and mechanism of Chikusetsusaponin IVa on FFA-induced fatty deposition in hepatocytes[J]. Medical Journal of National Defending Forces in Southwest China, 2019, 29(5): 517-520.
- [45] 刘正泰. 竹节参总皂苷对高脂饮食诱导的脂肪组织炎症的干预作用及分子机制[D]. 宜昌: 三峡大学, 2019: 28-31.
- LIU Zheng-tai. Intervention and molecular mechanisms of total saponins from *Panax japonicus* on high fat diet-induced adipose tissue inflammation[D]. Yichang: China Three Gorges University, 2019: 28-31.
- [46] 杨小林, 陈平, 王如锋, 等. 竹节参多糖对高血脂模型小鼠的影响作用[J]. 中国医院药学杂志, 2011, 31(6): 433-435.
- YANG Xiao-lin, CHEN Ping, WANG Ru-feng, et al. Experimental study on the antihyperlipidemia effect of the polysaccharides of *Panax japonicus* in mice[J]. Chinese Journal of Hospital Pharmacy, 2011, 31(6): 433-435.
- [47] 陈玲黄, 徐英. 竹节参多糖抗血栓活性的研究[J]. 中华实验外科杂志, 2017, 34(8): 1 380-1 383.
- CHEN Ling-huang, XU Ying. Antithrombotic activity of polysaccharides from *Panax japonicus* C.A.Meyer[J]. Chinese Journal of Experimental Surgery, 2017, 34(8): 1 380-1 383.
- [48] 沈金阳, 杨中林. 竹节参根和茎叶中总皂苷抗血栓活性研究[J]. 海峡药学, 2014(3): 149-151.
- SHEN Jin-yang, YANG Zhong-lin. Research of Antithrombotic activity of total saponins in root and stem leaf of *Panax japonicus* C. A. Mey[J]. Strait Pharmaceutical Journal, 2014(3): 149-151.
- [49] 张高娇, 王芯芯, 周佳, 等. 小窝蛋白 Cav-1 介导人参皂苷 Rb1

- 对小鼠脑缺血再灌注损伤的脑保护作用[J]. 中国临床药理学与治疗学, 2020, 25(3): 265-270.
- ZHANG Gao-jiao, WANG Xin-xin, ZHOU Jia, et al. Ginsenoside Rb1 protects brain through Cav-1 for mice with cerebral ischemia-reperfusion injury[J]. Chinese Clinical Pharmacology and Therapeutics, 2020, 25(3): 265-270.
- [50] 刘运平, 段海丽, 吕学海, 等. 人参皂苷 Rd 注射液联合阿替普酶治疗急性缺血性脑卒中近期效果分析[J]. 河北医药, 2020, 42(4): 522-525.
- LIU Yun-ping, DUAN Hai-li, LU Xue-hai, et al. Short-term efficacy of ginsenoside Rd injection combined with alteplase in treatment of acute ischemic cerebral stroke[J]. Hebei Medical Journal, 2020, 42(4): 522-525.
- [51] YUAN Lin-lin, SUN Shi-bo, PAN Xiao-han, et al. Pseudoginsenoside-F11 improves long-term neurological function and promotes neurogenesis after transient cerebral ischemia in mice [J]. Neurochem Int, 2020, 133: 104586.
- [52] 吴忻晶, 关月, 郭桂萍, 等. 竹节参皂苷 IV a 纳米体系对脑梗死的靶向治疗[J]. 现代生物医学进展, 2020, 20(5): 857-861.
- WU Xin-jing, GUAN Yue, GUO Gui-ping, et al. Nanoparticles of chikusetsu saponin IV a for targeting therapy of cerebral infarction[J]. Progress in Modern Biomedicine, 2020, 20(5): 857-861.
- [53] 贺海波, 许佳, 徐媛青, 等. 竹节参总皂苷预处理对冠脉结扎致大鼠急性心肌梗死血损伤的影响[J]. 中药材, 2012, 35(5): 744-749.
- HE Hai-bo, XU Jia, XU Yuan-qing, et al. Effects of total saponin from *Panax japonicus* on acute myocardial ischemia injury induced by ligating coronary artery left anterior descending branch in rats[J]. Journal of Chinese Medicinal Materials, 2012, 35(5): 744-749.
- [54] 王烙佩, 郑杰, 李思敏, 等. 竹节参总皂苷通过激活自噬抑制衰老大鼠心肌细胞凋亡[J]. 现代食品科技, 2018, 34(12): 1-6, 103.
- WANG Luo-pei, ZHENG Jie, LI Si-min, et al. Inhibition of cardiomyocyte apoptosis in aging rats by saponins of *Panax japonicus* via activating autophagy[J]. Modern Food Science and Technology, 2018, 34(12): 1-6, 103.
- [55] 宋亚男, 王烙佩, 郑杰, 等. 竹节参总皂苷通过调节 TGF- β 1/Smad3 通路改善衰老大鼠心肌纤维化的作用研究[J]. 中国中药杂志, 2018, 43(22): 4 513-4 518.
- SONG Ya-nan, WANG Luo-pei, ZHENG Jie, et al. Effect of saponins extracted from *Panax japonicus* on inhibiting myocardial fibrosis by TGF- β 1/Smad3 signaling pathway in aging rats[J]. China Journal of Chinese Materia Medica, 2018, 43(22): 4 513-4 518.
- [56] OHTANI K, HATONO S, MIZUTANI K, et al. Reticuloendothelial system-activating polysaccharides from rhizomes of *Panax japonicus* I. Tochibanan-A and tochibanan-B[J]. Chem Pharm Bull, 1989, 37(10): 2 587-2 591.
- [57] 张长城, 赵海霞, 姜美杰, 等. 竹节参多糖对环磷酰胺致免疫低下小鼠的恢复作用研究[J]. 中药材, 2011, 32(1): 91-94.
- ZHANG Chang-cheng, ZHAO Hai-xia, JIANG Mei-jie, et al. Effects of polysaccharides isolated from *Panax japonicus* on immunosuppression mice[J]. Journal of Chinese Medicinal Materials, 2011, 32(1): 91-94.
- [58] 高贵洲, 张宏瑞, 梁晓华, 等. 竹节参皂苷通过 Toll 样受体 4/核因子- κ B 信号通路调控免疫功能对肺癌大鼠模型的影响[J]. 陕西医学杂志, 2020, 49(12): 1 539-1 542, 1 548.
- GAO Gui-zhou, ZHANG Hong-rui, LIANG Xiao-hua, et al. Role of saponins from *Panax japonicus* in inhibiting primary lung cancer through regulating TLR4/NF- κ B signaling pathway mediated immunologic function[J]. Shanxi Medical Journal, 2020, 49(12): 1 539-1 542, 1 548.
- [59] ZHANG Jie, LI Chun-yan, LI Jing-ping, et al. Immunoregulation on mice of low immunity and effects on five kinds of human cancer cells of *Panax japonicus* polysaccharide[J]. Evid Based Complement Alternat Med, 2015, 12: 839697.
- [60] SHI Yue, LIU Zheng-tai, GAI Li-yue, et al. The preventive effect of total saponins from *Panax japonicus* on inflammation and insulin resistance in adipose tissue of mice induced by a high-fat diet[J]. Journal of Functional Foods, 2021, 78: 104369.
- [61] 崔佳, 段佳林, 王磊, 等. 竹节参皂苷 IV a 通过 Akt/mTOR 通路保护胰岛 β 细胞损伤[J]. 现代生物医学进展, 2018, 18(17): 3 224-3 229, 3 244.
- CUI Jia, DUAN Jia-lin, WANG Lei, et al. Protective effects of chikusetsu saponin IV a on pancreatic β cells injured by high glucose[J]. Progress in Modern Biomedicine, 2018, 18(17): 3 224-3 229, 3 244.
- [62] 曾楚华, 王文晟, 鲁文杰, 等. 竹节参对 AD 大鼠海马区 Drd-2 及 GFAP、TNF- α 表达的影响[J]. 基因组学与应用生物学, 2019, 38(4): 1 560-1 565.
- ZENG Chu-hua, WANG Wen-sheng, LU Wen-jie, et al. Effects of *Panax japonicus* on the expression of Drd-2 and GFAP, TNF- α in hippocampus of AD rats[J]. Genomics and Applied Biology, 2019, 38(4): 1 560-1 565.
- [63] 陈玲, 任辉, 许蓉, 等. 竹节参地上部分总皂苷成分对大鼠佐剂性关节炎的治疗作用[J]. 中华实验外科杂志, 2019(3): 516-519.
- CHEN Ling, REN Hui, XU Rong, et al. *Panax japonicus* saponins alleviate adjuvant arthritis in rats[J]. Chinese Journal of Experimental Surgery, 2019(3): 516-519.
- [64] 刘正泰, 刘朝奇, 何毓敏, 等. 竹节参总皂苷对自然衰老大鼠脂肪组织炎症的改善作用[J]. 中成药, 2019, 41(2): 436-440.
- LIU Zheng-tai, LIU Zhao-qi, HE Yu-min, et al. Effect of total saponins from *Panax japonicus* on adipose tissue inflammation in natural aging rats[J]. Chinese Traditional Patent Medicine, 2019, 41(2): 436-440.
- [65] 赵丁. 竹节参皂苷 IV α 对 IL-1 β 诱导的骨关节炎软骨细胞 AMPK 信号通路的影响及机制研究[D]. 长春: 吉林大学, 2020: 41-53.
- ZHAO Ding. Effects and mechanisms of CHS on AMPK signaling

- pathway in IL-1 β induced osteoarthritic chondrocytes[D]. Changchun: Jilin University, 2020: 41-53.
- [66] XIN Yi, YUAN Qin, LIU Chao-qi, et al. MiR-155/GSK-3 β mediates anti-inflammatory effect of Chikusetsusaponin IVa by inhibiting NF- κ B signaling pathway in LPS-induced RAW264.7 cell[J]. Sci Rep, 2020, 10(1): 18303.
- [67] GUO Xiang, JI Jin-yu, JOSE K S G S, et al. Computational prediction of antiangiogenesis synergistic mechanisms of total saponins of *Panax japonicus* against rheumatoid arthritis [J]. Front Pharmacol, 2020, 11: 566129.
- [68] 赵晴晴, 王婷, 袁丁, 等. 竹节参多糖对 LPS 致小胶质细胞炎症反应的作用[J]. 中药材, 2019, 42(6): 1 409-1 412.
- ZHAO Qing-qing, WANG Ting, YUAN Ding, et al. Effect of polysaccharide from *Panax japonicus* on LPS induced microglia inflammation[J]. Journal of Chinese Medicinal Materials, 2019, 42(6): 1 409-1 412.
- [69] 钱丽娜, 陈平, 李小莉, 等. 竹节参总皂苷成分的抗疲劳活性[J]. 中国医院药学杂志, 2008, 28(15): 1 238-1 240.
- QIAN Li-na, CHEN Ping, LI Xiao-li, et al. Study on the antifatigue function of total saponins from *Panax japonicus* [J]. Chinese Journal of Hospital Pharmacy, 2008, 28(15): 1 238-1 240.
- [70] 张舜波, 游秋云, 吴鹏, 等. 竹节参皂苷提取物对小鼠抗疲劳及耐缺氧作用的实验研究[J]. 湖北中医药大学学报, 2013, 15(5): 16-17.
- ZHANG Shun-bo, YOU Qiu-yun, WU Peng, et al. Study on Anti-fatigue and Anti-hypoxia Function of saponins extracts of *Panax Japonicus* in mice[J]. Journal of Hubei University of Chinese Medicine, 2013, 15(5): 16-17.
- [71] 陈薛妃. 竹节参水提物对宫颈癌 HeLa 细胞凋亡的影响及机制研究[D]. 恩施: 湖北民族学院, 2018: 23-26.
- CHEN Xue-fei. Effects and mechanisms of *Panax japonicus* water extract on HeLa cells of human cervical cancer[D]. Enshi: Hubei Institute for Nationalities, 2018: 23-26.
- [72] 刘滢, 黄宙. 竹节参水提物对宫颈癌 Hela 细胞凋亡的影响[J]. 中成药, 2021, 43(1): 224-227.
- LIU Ying, HUANG Zhou. Effects of *Panax japonicus* water extract on HeLa cells of human cervical cancer[J]. Chinese Traditional Patent Medicine, 2021, 43(1): 224-227.
- [73] 高贵洲, 张宏瑞, 崔凯, 等. 基于 PKC α -ERK1/2 信号通路研究竹节参皂苷抑制肺癌的作用机理[J]. 成都中医药大学学报, 2020, 43(1): 52-56, 71.
- GAO Gui-zhou, ZHANG Hong-rui, CUI Kai, et al. Visual analysis of mapping knowledge domain of diagnostic criteria for phlegm syndrome based on cite space[J]. Journal of Chengdu University of TCM, 2020, 43(1): 52-56, 71.
- [74] 高贵洲, 张宏瑞, 张涛, 等. 基于 PTEN-PI3K-AKT 信号通路探讨竹节参总皂苷抑制人肺癌 A549 细胞增殖和转移的机制[J]. 现代生物医学进展, 2020, 20(2): 242-247.
- GAO Gui-zhou, ZHANG Hong-rui, ZHANG Tao, et al. Study on the mechanism of saponins from *Panax japonicus* on inhibition of A549 cell proliferation and migration[J]. Progress in Modern Biomedicine, 2020, 20(2): 242-247.
- [75] 张莹, 王广, 左天, 等. 竹节参皂苷 IV、IV a 和 V 对胃癌 SGC-7901 细胞增殖、凋亡、迁移及侵袭的作用[J]. 中药新药与临床药理, 2019, 30(7): 796-801.
- ZHANG Ying, WANG Guang, ZUO Tian, et al. Effects of Chikusetsusaponin IV、IV a and V on the proliferation, migration, invasion and apoptosis of human gastric cancer SGC-7901 cells[J]. Traditional Chinese Drug Research & Clinical Pharmacology, 2019, 30(7): 796-801.
- [76] 杨辉, 程清洲, 许彬, 等. 节参多糖抗脑衰老作用的实验研究[J]. 时珍国医国药, 2009, 20(9): 2 311-2 312.
- YANG Hui, CHENG Qing-zhou, XU Bin, et al. Study on anti-aging effect of polysaccharide from *Panax japonicus* on brain[J]. Lishizhen Medicine and Materia Medica Research, 2009, 20(9): 2 311-2 312.
- [77] 许彬, 程清洲, 陈平, 等. 竹节参多糖抗衰老作用研究[J]. 中国医院药学杂志, 2009, 29(13): 1 082-1 085.
- XU Bin, CHENG Qing-zhou, CHEN Ping, et al. Study on anti-aging effect of polysaccharide from *Panax japonicus* on brain[J]. Chinese Journal of Hospital Pharmacy, 2009, 20(9): 2 311-2 312.
- [78] 闵静, 敬敏章, 胡菁, 等. 竹节参皂苷抗氧化作用的实验性研究[J]. 湖北职业技术学院学报, 2007, 10(1): 110-112.
- MIN Jing, AO Min-zhang, HU Jing, et al. Experimental research on anti-oxidation effect of total saponins of *Panax japonicus* [J]. Journal of Hubei Polytechnic Institute, 2007, 10(1): 110-112.
- [79] 王瑞, 王佳文, 王婷, 等. 竹节参总皂苷减轻衰老大鼠的神经细胞凋亡[J]. 现代食品科技, 2020, 36(1): 8-15.
- WANG Rui, WANG Jia-wen, WANG Ting, et al. The total saponins of *Panax japonicus* improved the apoptosis of natural aging rats[J]. Modern Food Science and Technology, 2020, 36(1): 8-15.
- [80] 邓丽丽, 王佳文, 袁丁, 等. 竹节参总皂苷通过 NLRP1 和 NLRP3 炎症小体途径减轻衰老大鼠神经细胞凋亡的作用研究[J]. 中草药, 2017, 48(23): 4 941-4 945.
- DENG Li-li, WANG Jia-wen, YUAN Ding, et al. Effects of saponins from *Panax japonicus* on neuronal apoptosis of natural aging rats by NLRP1 and NLRP3 inflammasome pathway [J]. Chinese Traditional and Herbal Drugs, 2017, 48(23): 4 941-4 945.
- [81] HAN Li-kun, ZHENG Yi-nan, YOSHIKAWA M, et al. Anti-obesity effects of chikusetsusaponins isolated from *Panax japonicus* rhizomes[J]. BMC Complement Altern Med, 2005, 5(1): 9.
- [82] YIN J, SEO C S, HWANG I H, et al. Anti-obesity activities of Chikusetsusaponin IVa and *Dolichos lablab* L. seeds[J]. Nutrients, 2018, 10(9): 1 221.
- [83] 童学飞, 尹文仲, 陈科力. 栽培和野生竹节参中人参皂苷含量比较[J]. 时珍国医国药, 2006(10): 1 919-1 920.
- TONG Xue-fei, YIN Wen-zhong, CHEN Ke-li. Comparison of ginsenoside content between cultivated and wild *Panax japonicus* [J]. Lishizhen Medicine and Materia Medica Research, 2006(10): 1 919-1 920.

- 1 919-1 920.
- [84] 关乔中, 张海滨, 毛帅, 等. 鄂西竹节参野生品与栽培品的比较研究[J]. 中药材, 2013(2): 171-175.
- GUAN Qiao-zhong, ZHANG Hai-bin, MAO Shuai, et al. Comparative study of wild and cultivated product of *Panax japonicus* from the west of hubei province[J]. Journal of Chinese Medicinal Materials, 2013(2): 171-175.
- [85] 伍红年, 谭诗涵, 雷雅婷, 等. 白三七及近源种药材指纹图谱与识别模式的构建及其应用研究[J]. 中草药, 2019, 50(1): 217-224.
- WU Hong-nian, TAN Shi-han, LEI Ya-ting, et al. Establishment and application of chemical fingerprint and pattern recognition for *Panacis Japonici Rhizoma* [J]. Chinese Traditional and Herbal Drugs, 2019, 50(1): 217-224.
- [86] 谭诗涵, 伍红年, 雷雅婷, 等. 一测多评法测定竹节参中 7 种皂苷类成分的含量[J]. 中草药, 2019, 50(17): 4 164-4 169.
- TAN Shi-han, WU Hong-nian, LEI Ya-ting, et al. Determination of seven saponins components in *Panacis Japonici Rhizoma* with quantitative analysis of multi-components by single marker [J]. Chinese Traditional and Herbal Drugs, 2019, 50(17): 4 164-4 169.
- [87] 伍红年, 谭诗涵, 雷雅婷, 等. 竹节参 HPLC 指纹图谱及 7 种核苷类成分测定研究[J]. 中成药, 2019, 41(5): 1 083-1 089.
- WU Hong-nian, TAN Shi-han, LEI Ya-ting, et al. Establishment of HPLC fingerprints of *Panax japonicus* and determination of seven constituents[J]. Chinese Traditional Patent Medicine, 2019, 41(5): 1 083-1 089.
- [88] 张杰, 李春艳, 李劲平, 等. 蒽酮硫酸法与苯酚硫酸法测定竹节参多糖含量的比较研究[J]. 中南药学, 2012(6): 421-424.
- ZHANG Jie, LI Chun-yan, LI Jin-ping, et al. Determination of polysaccharide in rhizome of *Panax japonicus* by anthrone sulfuric acid method and phenol sulfuric method[J]. Central South Pharmacy, 2012(6): 421-424.
- [89] 陈永波, 饶斌, 沈艳芬, 等. 竹节人参中氨基酸的皂苷特征组分的分析鉴别[J]. 色谱, 2003, 21(3): 248-250.
- CHEN Yong-bo, RAO Bin, SHEN Yan-fen, et al. Analysis and identification of characteristic components of amino acids and pmanxaponins in *Panax japonicus* C.A.Mey.[J]. Chinese Journal of Chromatography, 2003, 21(3): 248-250.

(上接第 204 页)

- [60] LU Xu-cong, LI Yan, QIU Wan-wei, et al. Development of propidium monoazide combined with real-time quantitative PCR (PMA-qPCR) assays to quantify viable dominant microorganisms responsible for the traditional brewing of Hong Qu glutinous rice wine[J]. Food Control, 2016, 66: 69-78.
- [61] 段亮杰, 沙雨婷, 罗意, 等. 叠氮溴化丙锭-荧光定量 PCR 法实时快速检测 5 种乳杆菌活菌数方法的建立与应用[J]. 微生物学通报, 2020, 47(12): 4 317-4 327.
- DUAN Liang-jie, SHA Yu-ting, LUO Yi, et al. Quantitative PCR combined with propidium monoazide treatment for real-time and rapid determination of five viable *Lactobacillus* [J]. Microbiology China, 2020, 47(12): 4 317-4 327.
- [62] SHAO Yu-yu, WANG Zhao-xia, BAO Qiu-hua, et al. Application of propidium monoazide quantitative real-time PCR to quantify the viability of *Lactobacillus delbrueckii* ssp. *bulgaricus* [J]. Journal of Dairy Science, 2016, 99(12): 9 570-9 580.
- [63] GOBERT G, COTILLARD A, FOURMESTRAUX C, et al. Droplet digital PCR improves absolute quantification of viable lactic acid bacteria in faecal samples[J]. Journal of Microbiological Methods, 2018, 148: 64-73.
- [64] ZHANG Jia-zhen, CHEN Jian-cheng, WEI Shi-zhong, et al. Diagnostic devices for isothermal nucleic acid amplification[J]. Sensors, 2012, 12(6): 8 319-8 337.
- [65] 范一灵, 杨美成. 环介导等温扩增技术快速检测双歧杆菌属细菌[J]. 食品安全质量检测学报, 2016, 7(3): 20-28.
- FAN Yi-ling, YANG Mei-cheng. Rapid detection of *Bifidobacterium* spp. by loop-mediated isothermal amplification[J]. Journal of Food Safety & Quality, 2016, 7(3): 20-28.
- [66] LEE S, JANG H, KIM H Y, et al. Three-way junction-induced isothermal amplification for nucleic acid detection[J]. Biosensors & Bioelectronics, 2019, 147: 111762.

(上接第 210 页)

- [46] WEI Wen-ting, HU Man-jiang, HUANG Jie, et al. Anti-obesity effects of DHA and EPA in high fat-induced insulin resistant mice[J]. Food & Function, 2021, 12(4): 1 614-1 625.
- [47] ADENIKE G, AMR N, OLA A, et al. Effects of DHA and EPA on Cardiovascular Indices [J]. The FASEB Journal, 2021, 35(S1): 01815.
- [48] YAN H, SAEED G, YONGJIE W, et al. The physiological and metabolic effects of maternal intake of EPA and DHA during pregnancy and lactation on off spring's muscle development and energy homeostasis[J]. The FASEB Journal, 2021, 35(S1): 04788.
- [49] VON Schacky Clemens. Importance of EPA and DHA blood levels in brain structure and function[J]. Nutrients, 2021, 13(4): 1 074.
- [50] ZHANG Zhuang-wei, XUE Zhe, YANG Hai-tao, et al. Differential effects of EPA and DHA on DSS-induced colitis in mice and possible mechanisms involved [J]. Food & Function, 2021, 12(4): 1 803-1 817.
- [51] SO Ji-sun, WU Da-yong, LICHTENSTEIN A H, et al. EPA and DHA differentially modulate monocyte inflammatory response in subjects with chronic inflammation in part via plasma specialized pro-resolving lipid mediators: A randomized, double-blind, cross-over study[J]. Atherosclerosis, 2021, 316: 90-98.