

人参多糖提取分离及药理作用研究进展

王一鸣¹, 王兴录^{2*}

(1. 吉林农业大学动物科学技术学院, 长春 130118; 2. 吉林农业大学教研基地管理处, 长春 130118)

摘要:通过查阅大量文献, 分别从人参多糖的提取分离、纯化及药理活性等方面阐述了人参多糖的研究进展, 并总结了人参多糖制剂的临床应用, 为提高人参多糖的产量及开发利用提供理论依据, 同时也为实现人参多糖在中成药生产领域的应用奠定基础。

关键词:人参多糖; 提取分离; 纯化; 药理活性; 临床应用

中图分类号: S567.5⁺1

文献标识码: A

文章编号: 2096-5877(2021)02-0103-05

Research Progress on Extraction, Isolation and Pharmacological Effects of Ginseng Polysaccharides

WANG Yiming¹, WANG Xinglu^{2*}

(1. College of Animal Science and Technology, Jilin Agricultural University, Changchun 130118; 2. Management Office of Teaching and Research Base, Jilin Agricultural University, Changchun 130118, China)

Abstract: Through consulting a large number of literatures, the research progress of ginseng polysaccharide was elaborated from the aspects of extraction, separation, purification and pharmacological activity. The clinical application of ginseng polysaccharide preparation was summarized to provide a theoretical basis for improving the production and development of ginseng polysaccharide, and laid a foundation for the application of ginseng polysaccharide in the field of Chinese patent medicine.

Key words: Ginseng polysaccharide; Extraction and isolation; Purification; Pharmacological activity; Clinical application

人参(*Panax ginseng* C.A. Meyer.)为五加科人参属植物的干燥根及根茎, 是我国一种名贵中草药。研究表明, 人参具有抗肿瘤、抗衰老、治疗糖尿病、降血脂、提高机体免疫力、治疗心血管疾病等多种药理功效^[1-3]。人参皂苷为其主要药理活性成分, 具有强大的药用及经济价值, 目前国内外关于人参皂苷的相关研究相对较多^[4-5]。人参多糖作为人参的一种有效成分, 在临床试验中同样具有强大的药理功效, 甚至在某些治疗方面, 其效果优于人参皂苷^[6]。因此, 本文对人参多糖的提取分离、纯化、测定方法、药理功效以及人参多糖制剂的临床应用进行综述, 以期为人参多糖

的进一步开发及其在药品、保健品及化妆品领域的广泛应用提供理论依据。

1 人参多糖的提取分离、纯化及测定

近年来, 酶辅助提取法作为操作简单、低成本且环保的提取技术已广泛应用于各个领域, 如食品加工和多糖的提取等^[7]。Song等^[8]利用酶辅助提取法对人参中的多糖成分进行提取, 将新鲜人参用3倍体积的蒸馏水浸泡, 并于100℃下加热30 min使人参软化后用 α -淀粉酶或纤维素酶处理, 得到的提取液离心后用冰乙醇沉淀上清液, 得到粗多糖, 用Spectra/Por膜透析沉淀后冻干可得到人参多糖。同时, α -淀粉酶也可用于提取分离人参水溶液中的多糖, 并通过高效液相色谱、红外和核磁共振分析, 鉴定出多糖组分包括阿拉伯半乳糖、I型鼠李半乳糖醛酸和高聚半乳糖醛酸型果胶^[9]。

Yang等^[10]利用响应面分析法对超声辅助提取的西洋参多糖进行了分析, 并采用三因素三水平

收稿日期: 2019-09-01

基金项目: 吉林省教育厅“十三五”科学技术项目(JJ-KH20200359KJ)

作者简介: 王一鸣(1989-), 男, 讲师, 博士, 研究方向: 动物疫病防治药物研究。

通讯作者: 王兴录, 男, 高级农艺师, E-mail: xingluwang1965@126.com

设计优化其超声功率、提取时间和水与原料的比例,以获得高产率的西洋参多糖。方差分析和响应面分析结果表明,超声功率是影响提取率的最重要因素,最佳条件为超声功率400 W、提取时间71 min、水与原料的比例33 mL/g,西洋参多糖的产率为8.09%。将人参的干燥根用95%乙醇于90℃下回流提取4 h,然后用蒸馏沸水以25:1的比例将残余物萃取3次,离心后,在上清液中加入4倍体积的乙醇,多糖可在4℃下沉淀^[11]。有学者还利用该方法对人参果实中的多糖进行提取,将人参果实在室温下浸泡于95%乙醇中,去除杂质及小亲脂性分子,然后沸水提取,过滤,用Sevag试剂处理提取物以除去蛋白质,再将残余物离心,将上清液中加入95%乙醇以沉淀多糖,最后冻干,得到水提粗多糖,得率为7.0%^[12]。用热水法提取也可获得人参水溶性多糖,产率为10.7%,且HPLC分析结果表明,人参水溶性多糖中各糖类组分为葡萄糖(77.9%)、半乳糖(6.8%)、阿糖胞苷(4.6%)、鼠李糖(1.1%)和半乳糖醛酸(8.7%)^[13]。

Li等^[14]将粗多糖提取物溶于蒸馏水中,离心后将上清液加到DEAE Sepharose Fast Flow柱上。用NaCl水溶液(0.15~2 mol/L, pH 6~7)以4 mL/min梯度洗脱。收集0.15 mol/L的NaCl洗脱级分,透析,冻干,最后以2 mL/min的速率纯化出多糖组分。钟岩等^[15]采用苯酚-硫酸比色法测定鲜人参中多糖的含量,将样品溶于蒸馏水中并定容至2 mL,加入1 mL 5%的苯酚溶液摇匀后,迅速加入5 mL浓硫酸溶液,振摇5 min,静置10 min,再于沸水浴中加热20 min,冷却至室温,在490 nm的紫外光下测定吸光度,结果显示,加样回收率为94.8%。该方法可作为检测人参中多糖成分的有效方法。

2 人参多糖的药理活性研究

2.1 抗肿瘤

为了确定人参多糖是否具有抗肿瘤作用,Wang等^[12]将LLC肺癌细胞皮下注射到C57BL/6小鼠体内,建立肺癌模型,分别用25 mg/kg和100 mg/kg人参多糖进行治疗,结果显示,低、高剂量的人参多糖均能显著抑制小鼠肿瘤生长,低剂量组的抑瘤率为44.44%,高剂量组为53.50%,几乎与阳性药环磷酰胺(CTX)的抑瘤率相当,表明人参多糖具有很好的抗癌效果,该实验也为肺癌的预防和治疗提供了良好的依据。同样,人参多糖也可平衡肺癌患者体内Th1/Th2 T辅助细胞的表达,抑制人肺癌A549细胞的生长,并诱导该细胞

凋亡^[16-17]。人参多糖还可通过减弱对T24细胞表面M3毒蕈碱受体的表达进而起到抗肿瘤作用,也可应用于膀胱癌的预防和治疗^[13]。

人参多糖还能通过调节Twist、AKR1C2、NF1、E-钙黏蛋白、波形蛋白和N-钙黏蛋白的表达来降低人胃癌(HGC-27)细胞的迁移和侵袭,可作为防止胃癌转移的有效化学预防剂^[18]。Li等^[19]用MTT法测定证实了人参多糖可剂量依赖性地抑制HGC-27细胞的生长,Western blotting分析表明,人参多糖可抑制Twist和AKR1C2的蛋白表达,可作为一种与Twist基因相关的新型胃癌治疗药物。

此外,还有学者研究了人参叶中分离出的果胶多糖的抗转移活性,并证明其可通过活化巨噬细胞和NK细胞来抑制肿瘤的转移,结果表明人参多糖可作为抗癌的良好候选药物^[20]。Shalaby等^[21]分别评价了人参多糖的酸性和碱性提取物及其硫酸化衍生物对人结肠癌细胞(HCT-116)、人肝癌细胞(HepG-2)和人乳腺癌细胞(MCF-7)的作用。结果表明,硫酸化多糖对所有测试的细胞系表现出最佳的治疗效果。西洋参多糖可通过其促进细胞凋亡来抑制HCT116细胞的增殖,近年来常作为中药膳食补充剂来使用^[22]。Wang等^[23]将人参多糖分别对K562、HL-60和KG1细胞进行细胞毒性试验,结果表明人参多糖可通过增加小鼠巨噬细胞中CD68、ACP和 α -ANE的表达,进而刺激其发生抗肿瘤作用,人参多糖可作为针对诸如癌症等疾病的免疫调节剂。

2.2 治疗糖尿病

糖尿病及其并发症已成为全球性的医学问题。目前,口服合成药物以及皮下注射胰岛素是糖尿病的主要治疗方式^[24]。但是,这些药物长期使用可能会对肝脏造成一定的危害,并导致低血糖^[25]。研究表明,中药在治疗糖尿病方面无副作用、无依赖性,可长期使用^[26]。Xie等^[27]评估了美国人参果提取物中多糖组分的抗高血糖作用,将人参果多糖以剂量为150 mg/kg注射于小鼠腹腔内,连续给药10 d,结果表明,人参果多糖能够有效抑制空腹血糖水平。Niu等^[28]对大鼠尿液代谢组学进行分析,发现人参多糖可以调节DNA、有机酸以及类固醇激素的代谢。还有学者分别对生晒参和红参中多糖组分进行分析,并进行小鼠体内实验,结果表明,人参多糖在四氧嘧啶诱导的糖尿病小鼠中表现出显著的抗高血糖和抗氧化活性^[29]。Li等^[30]实验证明,人参多糖可协同人参皂苷Rb₁对糖尿病大鼠起治疗作用。人参多糖可通

过调节肠道菌群,增强 β -D-葡萄糖苷酶活性,增加人參皂苷Rb₁的降糖活性,改变Rb₁的生物转化途径,提高Rb₁向CK的生物转化率,从而增强人參皂苷Rb₁的降糖作用。人參多糖还对STZ诱导的糖尿病有良好的治疗作用^[31]。

2.3 抗氧化

Akashi等^[32]研究了人參多糖对人血液中中性粒细胞超氧化物歧化酶(MnSOD)活性的影响。结果表明,人參多糖可通过自分泌机制激活MnSOD,且细胞外信号相关蛋白激酶(ERK)途径也参与了人參多糖对MnSOD的激活作用,表明人參多糖具有抗氧化作用。Yu等^[33]从北美人參根中分离出多糖成分,抗氧化实验结果表明,人參多糖-2可以剂量依赖性地改善氧化作用,可以通过增加NO、TNF- α 和IL-6的表达来活化巨噬细胞,人參多糖-2可用作抗氧化剂和免疫调节剂。

2.4 免疫调节

Wang等^[34]研究了人參多糖的免疫调节功能,结果表明人參多糖可增加豚鼠血清中补体的含量,还能提高小鼠血清中的IgG水平。在人參多糖给药后能够观察到B淋巴与T淋巴细胞比率增加。Lemmon等^[35]发现人參水溶性提取物中存在的高分子量多糖具有免疫调节作用,其作用可能是通过调节MAPK(ERK1/2)、PI3K、p38和NF- κ B信号通路来完成的。

人參多糖(100 mg/mL)能显著增加腹腔巨噬细胞的细胞活力,表明人參多糖是一种有效的非特异性免疫调节剂,其免疫调节作用可能是其能够刺激活性氧中间体的产生^[36]。同时,人參多糖还与5-氟脲嘧啶协同使用,用来研究其体内抗肿瘤机制,人參多糖与5-氟脲嘧啶的混合物能显著抑制S180肿瘤的生长,进一步证明人參多糖可作为化疗药物佐剂^[37]。Akhter等^[38]利用荧光标记技术对人參多糖的免疫调节作用进行研究,首先制备人參多糖荧光纳米粒,然后作用于巨噬细胞(RAW 264.7),结果表明人參多糖荧光纳米粒表现出无细胞毒性,且与未经荧光标记的人參多糖具有相似的高免疫调节活性。

为进一步检验肠道免疫系统功能,Kim等^[39]用 α -淀粉酶和淀粉葡萄糖苷酶处理红參水提取物,以分离出具有免疫作用的多糖。结果表明,活化的多糖可通过诱导巨噬细胞中MAPKs途径,剂量依赖性地促进一氧化氮和细胞因子的产生,进而增强肠道的免疫功能。人參多糖还可通过抑制由衰老引起的胸腺退化以及通过调节对主动免疫应

答至关重要的各种免疫细胞群体来抑制衰老^[40]。

2.5 护肝作用

为了使人參多糖作为保肝药物应用得到更广泛的认可,Shimet等^[41]检测了人參多糖对四氯化碳(CCl₄)诱导肝损伤的影响。在用CCl₄造模前24 h给小鼠腹腔注射人參多糖,处死后检测血清中肝功水平、组织学变化、抗氧化酶及几种细胞因子/趋化因子的表达。结果表明,人參多糖能通过下调氧化作用及炎症反应来有效预防肝损伤。

2.6 抗辐射作用

人參多糖能够调节辐射诱导的抗氧化酶的紊乱,如超氧化物歧化酶、过氧化氢酶和谷胱甘肽过氧化物酶等^[42-43],进而缓解辐射带来的损伤。Park等^[44]实验证明,与正常组相比,人參多糖能够通过延长小鼠的小肠绒毛以及增加小肠中隐窝细胞的数量来缓解辐射诱导的小肠损伤。人參多糖可通过抑制p53和线粒体/caspase途径进而改善辐射诱导的小肠损伤。因此,人參多糖可作为一种放射疗法(如癌症的治疗)所诱发的肠细胞辐射损伤药物^[45]。

2.7 抗炎症作用

人參多糖可通过抑制自身反应性T细胞的增殖以及炎症因子如IFN- γ 、IL-1和IL-17的表达来显著改善实验性自身免疫性脑脊髓炎的发生。此外,人參多糖还可通过激活转录因子Foxp3,促进免疫抑制调节性T细胞的生成,进而起到抗炎作用^[46]。Wang等^[47]发现,人參多糖可通过抑制炎症相关因子(TNF- α 、IL-6和IL-1)的释放来抑制炎症,这表明人參多糖在治疗炎症和炎症相关疾病如肿瘤、动脉粥样硬化等方面具有重大意义。

2.8 其他作用

Wang等^[48]将从人參根中提取的人參多糖分别以100 mg/kg和200 mg/kg剂量灌胃小鼠。在进行水迷宫和被迫游泳实验中,对小鼠进行自发活动、社交互动、焦虑样行为和绝望样行为测试,结果表明2种剂量的人參多糖都显著增加了小鼠的社交互动和攻击性行为,证明人參多糖具有抗抑郁作用。此外,人參多糖能够减少辐射诱导的突变^[49],并可能作为一种免疫调节剂来治疗金黄色葡萄球菌引起的败血症^[50]。

3 人參多糖制剂的临床应用

近年来,人參多糖在人参加工品的研究和生产中应用越来越多,利用人參多糖加工出来的中药制剂已逐渐应用到治疗人类疾病中,注射剂的

应用较为常见,多与化疗药物顺铂联合应用。梁海瑛等^[51]通过对26例老年晚期肺腺癌患者进行实验,证明人参多糖注射液可有效改善顺铂在化疗过程中产生的肝、肾损害,并使血小板功能恢复,从而促进血液供应,减轻长期化疗所产生的毒副作用,改善患者的生活质量。吴文波等^[52]将人参多糖注射液与表柔比星联合使用治疗乳腺癌,可有效降低机体中肿瘤标志物水平并改善机体细胞因子的表达水平。人参多糖注射液联合新辅助化疗也用于乳腺癌的治疗,能够稳定患者在治疗过程中的不良反应,通过提高免疫功能来改善治疗效果,从而提高患者的生存率^[53]。

人参多糖注射液在卵巢癌化疗患者中的应用可有效预防化疗引起的白细胞数量减少,提高机体状态,使化疗顺利完成,而且在使用过程中未见明显毒副作用^[54]。人参多糖注射液在中晚期宫颈癌的治疗中,能够有效降低化疗所带来的毒副作用,增强疗效,改善治疗质量^[55]。张军祥、徐菊娣等^[56-57]分别通过对胃癌患者进行临床观察,证明在肿瘤放化疗过程中,人参多糖注射液作为辅助用药,可提高患者细胞免疫功能,改善患者生活质量。在大肠癌患者的化疗过程中,人参多糖注射液的应用可预防化疗引起的白细胞数量减少,对病灶的缓解有一定作用,同时可提高患者的机体免疫力^[58]。

4 研究展望

人参多糖是人参的一种主要有效成分且具有强大的药理功效,随着人参多糖的开发和利用,其生产制备工艺也逐渐成熟和完善。虽然有关人参多糖的制备提取方法较多,但方法都较为单一,还有待于进一步研究和创新。

目前,人参多糖在人参加工品的研究和生产中已得到越来越多的应用,人参多糖制剂(如注射剂和口服剂)已逐渐应用到人类疾病的治疗中,一些护肤品中也含有该成分,证明人参多糖也开始应用到化妆品领域中。由于人参皂苷不易获得且产量低,人参多糖的应用能够大大提高人参的利用率。因此,开发利用人参多糖也能缓解对人参皂苷的依赖。

参考文献:

[1] Sellami M, Slimeni O, Pokrywka A, et al. Herbal medicine for sports: a review [J]. Journal of the International Society of Sports Nutrition, 2018, 15: 14.

[2] Ru W, Wang D, Xu Y, et al. Chemical constituents and bioactivities of *Panax ginseng*[J]. Drug discoveries & therapeutics, 2015, 9(1): 23-32.

[3] Ahuja A, Kim J H, Kim J H, et al. Functional role of ginseng-derived compounds in cancer [J]. Journal of ginseng research, 2018, 42(3): 248-254.

[4] Kim H, Lee J H, Kim J E, et al. Micro-/nano-sized delivery systems of ginsenosides for improved systemic bioavailability [J]. Journal of ginseng research, 2018, 42(3): 361-369.

[5] Pan W, Xue B, Yang C, et al. Biopharmaceutical characters and bioavailability improving strategies of ginsenosides [J]. Fitoterapia, 2018, 129: 272-282.

[6] Zheng Y, Bai L, Zhou Y, et al. Polysaccharides from Chinese herbal medicine for anti-diabetes recent advances [J]. International journal of biological macromolecules, 2019,121:1240-1253.

[7] Karaki N, Aljawish A, Humeau C, et al. Enzymatic modification of polysaccharides: Mechanisms, properties, and potential applications: A review [J]. Enzyme and microbial technology, 2016, 90: 1-18.

[8] Song Y R, Sung S K, Jang M, et al. Enzyme-assisted extraction, chemical characteristics, and immunostimulatory activity of polysaccharides from Korean ginseng (*Panax ginseng*)[J]. International journal of biological macromolecules, 2018, 116: 1089-1097.

[9] Sun L, Wu D, Ning X, et al. Alpha-Amylase-assisted extraction of polysaccharides from *Panax ginseng* [J]. International journal of biological macromolecules, 2015, 75: 152-157.

[10] Yang X S, Wang L J, Dong C, et al. Optimization of Ultrasonic-Assisted Extraction Process of Polysaccharides from American Ginseng and Evaluation of Its Immunostimulating Activity [J]. Journal of Integrative Agriculture, 2014, 13(12): 2807-2815.

[11] Yu X H, Liu Y, Wu X L, et al. Isolation, purification, characterization and immunostimulatory activity of polysaccharides derived from American ginseng [J]. Carbohydrate polymers, 2017, 156: 9-18.

[12] Wang Y, Huang M, Sun R, et al. Extraction, characterization of a Ginseng fruits polysaccharide and its immune modulating activities in rats with Lewis lung carcinoma [J]. Carbohydrate polymers, 2015, 127: 215-221.

[13] Xu Z, Li Y, Bi H T, et al. Total fractionation and characterization of the water-soluble polysaccharides isolated from *Panax ginseng*[J]. Carbohydrate Polymers, 2009, 77: 544-552.

[14] Li C, Cai J, Geng J, et al. Purification, characterization and anti-cancer activity of a polysaccharide from *Panax ginseng* [J]. International journal of biological macromolecules, 2012, 51(5): 968-973.

[15] 钟 岩,潘浦群,王艳红,等.苯酚-硫酸法测定鲜人参中多糖含量[J].时珍国医国药,2008,19(8):1957-1958.

[16] Ma J, Liu H, Wang X. Effect of ginseng polysaccharides and dendritic cells on the balance of Th1/Th2 T helper cells in patients with non-small cell lung cancer [J]. Journal of traditional Chinese medicine, 2014, 34(6): 641-645.

- [17] Zhao J P, Wang Y Y. Experimental study of the A549 cell apoptosis of human non-small cell lung cancer induced by ginseng polysaccharide in vitro [J]. Chinese journal of integrated traditional and western medicine, 2006, 26 Suppl: 95-97.
- [18] Cai J P, Wu Y J, Li C, et al. *Panax ginseng* polysaccharide suppresses metastasis via modulating twist expression in gastric cancer [J]. International journal of biological macromolecules, 2013, 57: 22-25.
- [19] Li C, Tian Z N, Cai J P, et al. *Panax ginseng* polysaccharide induces apoptosis by targeting Twist/AKR1C2/NF-1 pathway in human gastric cancer [J]. Carbohydrate polymers, 2014, 102: 103-109.
- [20] Shin M S, Hwang S H, Yoon T J, et al. Polysaccharides from ginseng leaves inhibit tumor metastasis via macrophage and NK cell activation [J]. International journal of biological macromolecules, 2017, 103: 1327-1333.
- [21] Al S G S, Tamer I M R, Ahmed B M M, et al. Antitumor and prebiotic activities of novel sulfated acidic polysaccharide from ginseng [J]. Biocatalysis and Agricultural Biotechnology, 2018, 14: 402-409.
- [22] King M L, Murphy L L. Role of cyclin inhibitor protein p21 in the inhibition of HCT116 human colon cancer cell proliferation by American ginseng (*Panax quinquefolius*) and its constituents [J]. Phytomedicine: international journal of phytotherapy and phytopharmacology, 2010, 17(3-4): 261-268.
- [23] Wang J, Zuo G, Li J, et al. Induction of tumoricidal activity in mouse peritoneal macrophages by ginseng polysaccharide [J]. International journal of biological macromolecules, 2010, 46(4): 389-395.
- [24] Marín-Penalver J J, Martín-Timon I, Sevillano-Collantes C, et al. Update on the treatment of type 2 diabetes mellitus [J]. World journal of diabetes, 2016, 7(17): 354-395.
- [25] Nilsson A, Tideholm B, Kalén J, et al. Incidence of severe hypoglycemia and its causes in insulin-treated diabetics [J]. Acta. Med. Scand, 2010, 224: 257-262.
- [26] Wang Z, Wang J, Chan P. Treating type 2 diabetes mellitus with traditional chinese and Indian medicinal herbs [J]. Evidence-based complementary and alternative medicine, 2013(6): 343594.
- [27] Xie J T, Wu J A, Mehendale S, et al. Anti-hyperglycemic effect of the polysaccharides fraction from American ginseng berry extract in ob/ob mice [J]. Phytomedicine: international journal of phytotherapy and phytopharmacology, 2004, 11(2-3): 182-187.
- [28] Niu J, Pi Z, Yue H, et al. Effect of ginseng polysaccharide on the urinary excretion of type 2 diabetic rats studied by liquid chromatography-mass spectrometry [J]. Journal of chromatography B, 2012, 907: 7-12.
- [29] Jiao L, Zhang X, Wang M, et al. Chemical and antihyperglycemic activity changes of ginseng pectin induced by heat processing [J]. Carbohydrate polymers, 2014, 114: 567-573.
- [30] Li J, Li R, Li N, et al. Mechanism of antidiabetic and synergistic effects of ginseng polysaccharide and ginsenoside Rb1 on diabetic rat model [J]. Journal of pharmaceutical and biomedical analysis, 2018, 158: 451-460.
- [31] Sun C, Chen Y, Li X, et al. Anti-hyperglycemic and anti-oxidative activities of ginseng polysaccharides in STZ-induced diabetic mice [J]. Food & function, 2014, 5(5): 845-848.
- [32] Akashi M, Watanabe K, Park S H. An acidic polysaccharide ginsan from *Panax ginseng* activates MnSOD in human neutrophils [J]. Cancer Research, 2005, 65(9): 171-172.
- [33] Yu X, Yang X, Cui B, et al. Antioxidant and immunoregulatory activity of alkali-extractable polysaccharides from North American ginseng [J]. International journal of biological macromolecules, 2014, 65: 357-361.
- [34] Wang B, Cui J C, Liu A J. The effect of polysaccharides of roots of *panax ginseng* on the immune function [J]. Acta pharmaceutica Sinica, 1982, 17(1): 66-68.
- [35] Lemmon H R, Sham J, Chau L A, et al. High molecular weight polysaccharides are key immunomodulators in North American ginseng extracts: characterization of the ginseng genetic signature in primary human immune cells [J]. Journal of ethnopharmacology, 2012, 142(1): 1-13.
- [36] Lim T S, Na K, Choi E M, et al. Immunomodulating activities of polysaccharides isolated from *Panax ginseng* [J]. Journal of medicinal food, 2004, 7(1): 1-6.
- [37] Ni W, Zhang X, Wang B, et al. Antitumor activities and immunomodulatory effects of ginseng neutral polysaccharides in combination with 5-fluorouracil [J]. Journal of medicinal food, 2010, 13(2): 270-277.
- [38] Akhter K F, Mumin M A, Lui E M K, et al. Fabrication of fluorescent labeled ginseng polysaccharide nanoparticles for bioimaging and their immunomodulatory activity on macrophage cell lines [J]. International journal of biological macromolecules, 2018, 109: 254-262.
- [39] Kim H, Kim H W, Yu K W, et al. Polysaccharides fractionated from enzyme digests of Korean red ginseng water extracts enhance the immunostimulatory activity [J]. International journal of biological macromolecules, 2019, 121:913-920.
- [40] Kim M, Yi Y S, Kim J, et al. Effect of polysaccharides from a Korean ginseng berry on the immunosenescence of aged mice [J]. Journal of ginseng research, 2018, 42(4): 447-454.
- [41] Shim J Y, Kim M H, Kim H D, et al. Protective action of the immunomodulator ginsan against carbon tetrachloride-induced liver injury via control of oxidative stress and the inflammatory response [J]. Toxicology and applied pharmacology, 2010, 242(3): 318-325.
- [42] Han S K, Song J Y, Yun Y S, et al. Ginsan improved Th1 immune response inhibited by gamma radiation [J]. Archives of pharmaceutical research, 2005, 28(3): 343-350.
- [43] Han Y, Son S J, Akhalaia M, et al. Modulation of radiation-induced disturbances of antioxidant defense systems by ginsan [J]. Evidence-based complementary and alternative medicine, 2005, 2(4): 529-536.
- [44] Park E, Hwang I, Song J Y, et al. Acidic polysaccharide of *Panax ginseng* as a defense against small intestinal damage by whole-body gamma irradiation of mice [J]. Acta histochemica, 2011, 113(1): 19-23.

$$u_{rel}(X) = \sqrt{u_{rel}(c)^2 + u_{rel}(m)^2 + u_{rel}(R)^2 + u_{rel}(V)^2 + u_{rel}(X)^2} = 0.034\ 58$$

合成标准不确定度

$u(X) = u_{rel}(X) \times \bar{X} = 0.014(\text{mg/kg})$, 扩展不确定度 $U(X) = k \times u(X) = 0.028(\text{mg/kg}) (k = 2)$, 则该大米试样中镉含量的结果报告为 $X = (0.406 \pm 0.028) \text{mg/kg}$, $k=2$ 。

3 结论与讨论

采用湿法消解-电感耦合等离子体发射光谱法测定大米中镉的含量,并对影响测定结果的各分量不确定度进行评定,发现试样消解对测量结果影响最大,其他依次为测定重复性、标准溶液配制、标准曲线拟合、试样称量、试样消化液定容,因此在试样消解过程中应高度重视,优化前处理方法,尽可能减少镉的损失及污染,从而保证检测结果的准确性,提高检验检测水平、质量及效率。

参考文献:

- [1] 汪鹏,王静,陈宏坪,等.我国稻田系统镉污染风险与阻控[J].农业环境科学学报,2018,37(7):1409-1417.

- [2] 易江,甘平洋,陈渠玲,等.稻米镉污染及其消减技术研究进展[J].湖南农业科学,2018(3):110-113.
- [3] 翟琨.土壤中镉的赋存形态及生物有效性研究[J].吉林农业科学,2015,40(2):49-52.
- [4] 张曼,张璟,普冀喆,等.我国农业产地环境污染成因及治理对策—以镉大米为例[J].林业经济,2014,36(6):20-29.
- [5] 郑晓洁,蔡宗平,陈中,等.ICP-MS测定市售大米重金属镉及健康风险评价[J].农产品加工,2017(10):40-43.
- [6] 张秀芝,李强,彭畅,等.不同添加量重金属对水稻产量及籽粒重金属富集的影响[J].吉林农业科学,2015,40(4):13-16.
- [7] 张振都,王莹,刘笑笑,等.食用菌重金属检测方法概述[J].南方农业,2014,8(27):152-153.
- [8] 陆美斌,王步军.GFAAS法测定谷物中镉的不确定度评定[J].粮食与油脂,2017,30(12):81-84.
- [9] 王艳敏,周鸿,刘源.石墨炉原子吸收光谱法测定绿茶中镉的不确定度评定[J].实验与检验医学,2017,35(1):23-27.
- [10] 余王梅,郑彩霞.电感耦合等离子体质谱法测定甘草中铅、镉、砷、汞、铜含量的不确定度评定[J].中国药师,2017,20(5):920-923.
- [11] 姜童祥,胥艳.电感耦合等离子体质谱法(ICP-MS)同时测定紫菜中砷、镉含量的不确定度评定[J].河南预防医学杂志,2017,28(6):423-427.
- [12] 马义虔,邵飞龙,刘江,等.电感耦合等离子体质谱法测定竹荪中铅、镉、砷的不确定度评定[J].广州化工,2018,46(10):99-102.

(上接第107页)

- [45] Bing S J, Kim M J, Ahn G, et al. Acidic polysaccharide of *Panax ginseng* regulates the mitochondria/caspase-dependent apoptotic pathway in radiation-induced damage to the jejunum in mice [J]. Acta histochemica, 2014, 116(3): 514-521.
- [46] Hwang I, Ahn G, Park E, et al. An acidic polysaccharide of *Panax ginseng* ameliorates experimental autoimmune encephalomyelitis and induces regulatory T cells [J]. Immunology letters, 2011, 138(2): 169-178.
- [47] Wang L, Yu X, Yang X, et al. Structural and anti-inflammatory characterization of a novel neutral polysaccharide from North American ginseng (*Panax quinquefolius*) [J]. International journal of biological macromolecules, 2015, 74: 12-17.
- [48] Wang J, Flaisher-Grinberg S, Li S, et al. Antidepressant-like effects of the active acidic polysaccharide portion of ginseng in mice [J]. Journal of ethnopharmacology, 2010, 132(1): 65-69.
- [49] Ivanova T, Han Y, Son H J, et al. Antimutagenic effect of polysaccharide ginsan extracted from *Panax ginseng* [J]. Food and chemical toxicology, 2006, 44(4): 517-521.
- [50] Lim D S, Bae K G, Jung I S, et al. Anti-septicaemic effect of polysaccharide from *Panax ginseng* by macrophage activation [J]. The Journal of infection, 2002, 45(1): 32-38.

- [51] 梁海瑛,周筱燕,张军城.人參多糖注射液联合顺铂治疗老年晚期肺腺癌26例[J].陕西医学杂志,2013,42(10):1425-1426.
- [52] 吴文波,朱伟.人參多糖注射液联合表柔比星治疗乳腺癌的临床研究[J].现代药物与临床,2018,33(8):2036-2039.
- [53] 陈华敏,吴煌福,黄光钺.人參多糖注射液联合新辅助化疗治疗乳腺癌疗效及对免疫功能的影响[J].中华中医药学刊,2018,36(7):1760-1763.
- [54] 傅文红,陈丽贤,黄守松,等.人參多糖注射液在卵巢癌患者化疗中的作用[J].药学服务与研究,2005(2):169-171.
- [55] 陈亚君,张思思.人參多糖注射液联合同步放化疗治疗宫颈癌42例临床观察[J].中医药导报,2012,18(10):35-36.
- [56] 张军祥,陈学谦,张丽.人參多糖注射液联合化疗治疗晚期胃癌临床观察[J].河北医药,2011,33(12):1889.
- [57] 徐菊娣.人參多糖注射液联合化疗对晚期胃癌患者免疫功能 and 临床疗效的影响[J].中南药学,2015,13(3):316-318,321.
- [58] 赵刘伟,杨文彬.人參多糖注射液对抗大肠癌术后化疗副作用30例疗效观察[J].陕西医学杂志,2009,38(9):1262-1263.

(责任编辑:王丝语)