

人参属植物果实活性成分及其加工利用研究进展

孔令蕙¹ 陈海宁¹ 王英秀¹ 江萌萌¹ 李翔国¹ 韩莲花²

(1. 延边大学农学院, 吉林 延吉 133002; 2. 延边大学医学院, 吉林 延吉 133002)

摘要: 人参属植物果实可作为功能性食品原料和药品开发资源, 其提取物在保健食品领域及医学领域实现初步应用转化, 显示出市场潜力。文章选取人参、西洋参、三七、竹节参、珠子参 5 种临床常用人参属植物, 系统阐述了其果实的生物活性成分、药用价值及开发利用现状的研究进展。

关键词: 人参属; 果实; 生物活性成分; 开发利用; 药用价值

Research progress on active components in fruits of *Panax* plants and its processing and utilization

KONG Linghui¹ CHEN Haining¹ WANG Yingxiu¹ JIANG Mengmeng¹ LI Xiangguo¹ HAN Lianhua²

(1. Agricultural College of Yanbian University, Yanji, Jilin 133002, China;

2. Medical College of Yanbian University, Yanji, Jilin 133002, China)

Abstract: The fruits of *Panax* species can serve as raw materials for functional foods and as resources for drug development. Their extracts have achieved preliminary translational applications in the fields of health food and medicine, demonstrating market potential. This article selects five *Panax* species commonly used in clinical practice, including *P. ginseng* C. A. Mey., *P. quinquefolium* L., *P. notoginseng* (Burk.) F. H. Chen, *P. japonicus* C. A. Mey., and *P. japonicus* C. A. Mey. var. *major* (Burk.) C. Y. Wu et K. M. Feng, and systematically elaborates on the research progress regarding the bioactive components, medicinal value, and current status of development and utilization of their fruits.

Keywords: *Panax*; fruit; bioactive components; development and utilization; medicinal value

目前, 分布于中国的人参属植物有 7 种, 另有 3 个变种, 其中 5 种被广泛应用于临床, 分别为人参(*Panax ginseng* C. A. Mey.)、西洋参(*Panax quinquefolium* L.)、三七(*Panax notoginseng* (Burk.) F. H. Chen)、竹节参(*Panax japonicus* C. A. Mey.)以及珠子参(*Panax japonicus* C. A. Mey. var. *major* (Burk.) C. Y. Wu et K. M. Feng), 该 5 种人参属植物传统入药部位均为地下根及根茎。

目前, 有关人参、西洋参、三七、竹节参、珠子参的研究多聚焦于其根部, 从根部扩展到茎、叶等非传统药用部位的研究较少, 相比之下, 花、果等非传统药用部位的研究尚未见报道。多项研究表明, 人参属植物果实每年均能采收且不影响其他部位生长, 与根部类似的是, 果实等

非传统药用部位同样含有丰富的化学成分(见图 1), 如皂苷、多糖等^[1-5], 具有镇痛、抗血栓、抗疲劳等多种药理作用^[6-10]。其中人参叶已被中国药典收录为药材^[11]。人参茎叶总皂苷已被用作参芍胶囊、参芍片、益心宁神片、参芪降糖胶囊等益气通脉药品的有效成分; 西洋参茎叶总皂苷、三七茎叶皂苷也被应用于临床^[11]。虽然人参、西洋参、三七、竹节参、珠子参的花蕾和果实等非传统用药部位取得了较好的研究效果, 但与根、茎、叶相比, 对果实的研究相对薄弱。文章拟针对人参属 5 种植物果实的现有研究进展进行综合论述, 以期为人参属植物全植株的高效利用及其相关产业的可持续发展提供依据。

基金项目: 吉林省科技厅项目(编号: 20220404012NC); 吉林省大学生创新创业训练计划项目(编号: 202410184024); 吉林省教育厅项目(编号: JJKH20230639KJ); 延边州科技局项目(编号: 2011800-492022025)

通信作者: 李翔国(1980—), 男, 延边大学副教授, 博士。E-mail: 2420187676@qq.com

韩莲花(1983—), 女, 延边大学讲师, 硕士。E-mail: 1580111245@qq.com

收稿日期: 2025-03-13 **改回日期:** 2025-06-10

引用格式: 孔令蕙, 陈海宁, 王英秀, 等. 人参属植物果实活性成分及其加工利用研究进展[J]. 食品与机械, 2025, 41(6): 244-250.

Citation: KONG Linghui, CHEN Haining, WANG Yingxiu, et al. Research progress on active components in fruits of *Panax* plants and its processing and utilization[J]. Food & Machinery, 2025, 41(6): 244-250.

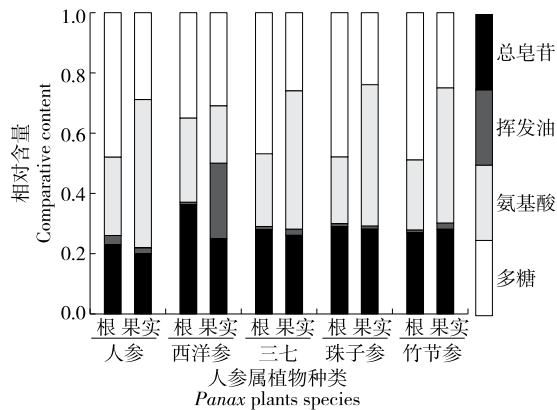


图1 人参属植物根部与果实活性成分及含量差异

Figure 1 Differences in active components and content in roots and fruits of *Panax* plants

1 人参属植物果实生物活性成分研究进展

1.1 皂苷类

人参皂苷类化合物是人参属植物果实中的主要化学

成分,目前已分离得到多种皂苷类化合物,主要包括达玛烷型四环三萜类皂苷(二醇型、三醇型、C-20侧链变化型及其他型)、奥克梯隆型和齐墩果酸型。

由表1可知,三七果实中皂苷类化合物种类最多,人参果实次之;人参和西洋参果实中皂苷类化合物种类较全面,相比之下,竹节参和珠子参果实中不含有C-20侧链变化型皂苷,三七、竹节参和珠子参果实中不具有奥克梯隆型皂苷。在临床应用上,皂苷类化合物已被用作治疗心血管疾病的有效成分之一。

1.2 多糖

目前,有关人参属植物果实中多糖的研究主要集中于人参和西洋参果实中多糖的分离纯化、结构分析、含量测定等方面,有关其他3种植物的报道较少。

人参果实粗多糖主要由酸性杂多糖组成^[12],其单糖组成比较复杂。刘春兰等^[13]以提取人参果皂苷后的残渣为原料,经热水提取、醇析后获得褐色粗多糖,该多糖主要含阿拉伯糖、鼠李糖、木糖、葡萄糖、半乳糖及半乳糖醛酸6种单糖残基。此外,李珊珊等^[14]通过水提醇沉法得到西洋参果总多糖,通过离子交换层析分离纯化技术得到

表1 人参属5种植物果实中皂苷类成分

Table 1 Saponins in fruits of five *Panax* species

人参属	达玛烷型				奥克梯隆型	齐墩果酸型
	二醇型	三醇型	C-20侧链变化型	其他型		
人参	PPD、Rb1、Rb2、Rb3、Rc、Rd、PPT、Re、Rg1、Rg2、Rh6、Rg3、Rh2、L1、L2、CK、Rd2、F2、F3、25-OH-Rg2、Rh1、Q-L10、G-XVII、G-IX、N-Fe、Rh4、F1、F5、N-R2、Ia、Ma-Rb1、Ma-Rd、V-R8、Rk2、Y Rh5		Rh3、异人参皂苷 Rh3、Rg6		RT5	齐墩果酸、Ro
西洋参	Rb1、Rb2、Rb3、Rc、Rd、Rg3、PPD、Re、Rg1、Rh1、Q-A、II Rh2、Ra1、Ra2、RA0、Q-L10、M- Rg2、F1、Q-F6 Rb1、Q-III		Q-F5ab、Q-F1、Q-F2、Q-F3、PF11、 Q-F4		RT5、Ocotillol	Ro
三七	PPD、Rb1、Rb2、Rb3、Rc、Rd、Re、Rg1、Rg2、Rh1、N- Rg3、Rh2、Rd2、F2、G-XVII、G- R1、N-FP1、F1、C-L5 IX、G-XV、G-XIII、Ra1、Mc、Ma-N-Fe、Ma-N-Ra1、Ma-G-LXXV、Ma-Mc、Ma-F-Rc1、Ma-Rc、Ma-G-IX、N-ST4、N-Ft1、N-K、N-FP2、N-Fa、N-Fe、N-D、N-S、N-Q、N-Ra1、双丙二酰基-Rc、双丙二酰基-Rb2、双丙二酰基-Rb3		Rg5、N-Sft3、N-Sft4、FN-A、FN-B、FN-C、FN-D、G-LXIX、Rk1、V-R7、Rh4			去28-O-葡萄糖基雪胆苷 Ma3 及其异构体
竹节参	Rb3、Rc、Rd、C- VI、C-FK4、C- FK5	C-L5、C-L10、Rg1、Re、Q-E、C-FK1、N-R1		C-FK2、C-FT4、C-LN4、C-FK3、C-FT2、C-FT3、C-FH2、C-FT1、C-FH1、C-FM1		C-V、28-去糖竹节参皂苷 IV a、C-IV a
珠子参	Rb3、Rc、C- VI、C-FK5、C-FK6	Re、Rg1、N-R1、Q-E、C-LM1		C-FK1、C-L10、C-FK7、C-FK2、C-FK3、C-FT1、C-FT4		C-V、28-去糖竹节参皂苷 IV a、C-IV a

† Q-quinquenoside 为西洋参皂苷; G-gyenoside 为绞股蓝皂苷; Ma-malonyl 为丙二酰; N-notoginsenoside 为三七皂苷; V-vinaginsenoside 为越南人参皂苷; F-floralginsenosides 为人参花皂苷; FN-floralnotoginsenosides 为三七花皂苷; C-chikusetsusaponin 为竹节参皂苷。

中性糖和酸性糖。二者均通过水提醇沉法在不同人参属植物果实中得到了酸性糖和中性糖,体现了该研究方向具有一致性,值得进一步探索人参属植物果实多糖的性质、功能及潜在应用价值。

1.3 氨基酸

目前,有关人参属植物果实中氨基酸的研究主要聚焦于人参和西洋参果实中氨基酸的种类及其总氨基酸含量和必需氨基酸含量等方面。人参果中富含多种氨基酸,其中人体必需氨基酸比例较大。王继彦^[15]使用氨基酸分析仪对人参果肉中氨基酸进行了分析,结果表明,人参果肉中含有 16 种以上氨基酸,总氨基酸含量为 10.423%,其中必需氨基酸含量为 3.175%。西洋参果中也含有丰富的氨基酸类成分。金银萍等^[16]利用阳离子交换色谱和超高效液相色谱—蒸发光散射法(UPLC-ELSD)测定了西洋参果中氨基酸含量,结果表明,西洋参果中富含 17 种常规氨基酸,氨基酸总量为 20.42 g/100 g,必需氨基酸含量占总氨基酸的 34.07%。相比之下,西洋参果实中必需氨基酸含量占比较高,且氨基酸总量较高。这种差异可能是使用原料和仪器的不同造成的,上述两种方法中,如需要对复杂样品中氨基酸进行高灵敏度、快速分析,尤其是涉及某些特殊氨基酸的分离鉴定,需要采用阳离子交换色谱和超高效液相色谱—蒸发光散射法进行鉴定。不同氨基酸发挥的作用也不同,其中必需氨基酸参与调节人体的生理功能,后续可通过对果实氨基酸含量进行对比,选出合适的果实作为材料,制作出人参果味饮、果脯等保健食品,开拓新市场。

1.4 挥发性成分

针对人参属植物果实中挥发性成分的研究也仅局限在人参和西洋参果实,三七、竹节参、珠子参茎叶等地上部分的挥发性成分报道较少,且尚无有关其果实的报道。王继彦^[15]利用色谱—质谱—计算机联用仪从人参果实中分离出 50 余种化合物,与标准图谱核对鉴定出 26 种挥发油成分,并测定了其相对含量。结果表明,人参果中挥发油成分的种类及相对含量与人参其他部位有很大不同,其中亚麻酸乙酯和十六碳酸乙酯相对含量最高,二者相对含量之和为 48%。金银萍等^[17]通过顶空固相微萃取气相色谱质谱联用技术(HS-SPME-GC-MS)测定了西洋参果中挥发性成分,结果表明,从西洋参果中检测出 72 种挥发性成分,其中主要的挥发性成分为酯类物质,含量占总挥发性成分的 70.17%。综上,人参属植物果实中主要挥发性成分均为酯类物质,其中亚麻酸乙酯不仅可以作为食品添加强化剂增加食品价值,还可以作为药物中间体,用于合成一些具有特殊药理作用的化合物。而十六碳酸乙酯在化妆品行业可用作润肤剂和乳化剂。

1.5 黄酮类

张志强^[18]利用超高压液相色谱质谱仪(UPLC-QTOF/MS)对不同人参果实的黄酮类化合物进行了全面分析,

果皮和果肉中分别检测出 73,43 种黄酮类化合物。李影^[19]研究发现,文山州砚山县及红河州建水县二、三年生三七果梗中总黄酮含量占比为 1.36%。曲正义^[20]利用多种色谱方法对三七果中化学成分进行了提取分离,从三七果的乙醇提取液中鉴定出 2 种黄酮苷类化合物。综上,人参果实不同部位黄酮类成分不同且存在差异,黄酮类化合物具有抗氧化、免疫调节、抗肿瘤等多种活性。

此外,黄系伦等^[21]采用酶标仪检测法研究了竹节参果实生长发育过程中类黄酮含量对果实呈色的影响,结果表明,类黄酮含量不仅存在部位差异性,且在成熟时期果皮中含量最高,对竹节参果实呈色为正向调控作用。抗氧化作用是黄酮类成分的主要生物活性之一,可以通过解析人参属植物果实的呈色机制培育高黄酮含量品种,为开发新型天然抗氧化资源提供理论基础。

1.6 无机元素

王继彦^[15]研究表明,人参果中含有 24 种以上无机元素。其中 Fe、Cr、Cu、B、Mn、Sr 和 Zn 为人体必需的微量元素,Ca、Mg、P、Na 和 K 为人体必需的宏量元素。植物体内的微量元素在产品质量提升及植物生长发育中至关重要,目前,有关人参属植物果实质量评价数据不够全面与充分,需进一步深入研究。

1.7 其他成分

井玥^[22]从西洋参果中分离得到 β -谷甾醇和胡萝卜苷。李乐等^[23]采用超高效液相色谱—四极杆飞行时间质谱(UPLC-Q/TOF-MS)技术对西洋参果梗的化学成分进行了快速、全面的定性分析,鉴定或初步鉴定了 5 种甾体、11 种有机酸及有机酸酯类、2 种糖、1 种氨基酸、4 种醇酚、2 种酰胺和 2 种烯类。时圣明等^[24]采用硅胶色谱和凝胶色谱以及重结晶等方法,从云南文山三七果中分离得到 β -谷甾醇、胡萝卜苷和腺嘌呤核糖核苷。上述研究均从果实中提取到了甾体化合物,该甾体化合物具有抗炎、抗癌等多种生物活性,以天然甾体为原料,通过化学或生物转化合成甾药或中间体已成为学术界和工业界的研究重点^[25]。

2 人参属植物果实的药用价值

人参属植物具有增强机体免疫力、调节心血管系统以及抗肿瘤活性等积极作用,主要依赖于其有效组分五环三萜和四环三萜的皂苷类化合物,人参属植物果实中也含有达玛烷型四环三萜类皂苷(见表 1),因此推测人参属植物果实具有丰富的药用价值。

2.1 血糖调节功能

人参属植物果实在血糖调节方面表现出积极作用。Park 等^[26]研究发现,红色和绿色人参浆果提取物可以通过增加免疫力缺陷小鼠体外 β 细胞的增殖增加胰岛素的分泌,最终起到降低血糖的作用。

2.2 增强免疫作用

增强机体免疫力是人参属植物的第二大功效。杨正

丽等^[27]采用83,166,249,332 mg/kg人参果汁浓缩液对环磷酰胺诱导的免疫力低下小鼠进行灌胃给药。结果表明,人参果汁浓缩液可以增强免疫低下小鼠的免疫功能,其中,249 mg/kg的效果最显著。石峻岭等^[28]使用相同浓度梯度的人参果汁浓缩液对环磷酰胺诱导的免疫力低下小鼠进行灌胃给药。结果表明,人参果实浓缩液在一定程度上可改善环磷酰胺引起的小鼠免疫损伤作用。综

上,人参果汁浓缩液可以通过改善免疫低下小鼠的脾脏指数,增强小鼠免疫功能。

2.3 抗肿瘤作用

人参属植物根部中富含人参皂苷,具有抗肿瘤、抗结肠炎等作用。表2中列举了人参属植物果实能够抑制结肠癌恶性进展,并通过体外试验验证了其对胰腺癌细胞具有明显的细胞毒性。

表2 人参属植物果实抗肿瘤、抗癌作用

Table 2 Anti-tumor and anti-cancer effects of fruits of *Panax* plants

人参属	作用成分	研究结果	参考文献
人参	多糖	通过体外试验测试普通人参浆果多糖提取物(GBPE)和人参浆果多糖部分(GBPP)两种多糖试剂对人结肠癌细胞的增殖作用,发现GBPE的抑制作用明显强于GBPP	[29]
西洋参	70%乙醇提取物	西洋参果实乙醇提取物可通过防治溃疡性结肠炎减少结肠癌的发病率	[30]
三七	皂苷	采用MTT法对三七果中21种皂苷进行了体外抗肿瘤活性研究,其中7种皂苷对MCF-7乳腺癌细胞具有细胞毒性	[20]
	果实提取物	质量浓度为0.05~1.0 mg/mL时,对癌细胞显示出与浓度相关的增殖作用	[31]

2.4 其他药用价值

关于人参属植物果实其他药用价值方面,以人参、西洋参果实方面的研究较多,三七次之,少数研究涉及竹节参果实、珠子参果实在治疗水肿、尿闭方面的作用^[32-33]。在此基础上,文中提供了一些三七、竹节参以及珠子参在果实和果梗部位的相关文献^[34-40],可以为后续人参属植物果实部位的开发利用提供基础参考,促进五加科人参属药用植物相关产品和产业的发展。

3 人参属植物果实的开发利用

3.1 市场潜力和实际应用价值

目前,人参属植物表现出较高的药用价值,因此人参属植物果实正从传统药食资源转变为具有高附加值产业的核心原料,相关研究成果直接驱动了功能性食品、化妆品及创新药物的商业化进程。人参属植物果实的市场潜力和实际应用价值如图2所示。

3.2 开发利用

3.2.1 化妆品特性与开发 人参属植物中的稀有皂苷(如Rg3、Rh2、Re、Rg5、F4等)因其独特的化学结构和显

著的生物活性,成为天然药物研究的热点,极大地推动了药妆产业的蓬勃发展。目前,关于使用人参果实稀有皂苷(GFRS)来减少皮肤皱纹的研究较少,Li等^[41]研究表明,GFRS除了具有卓越的紫外线吸收特性外,还具有强大的胶原酶和弹性蛋白酶抑制能力,有望用作抗皱治疗。此外,Tan等^[42]研究表明,紫外线(UV)B照射与皮肤老化和皮肤损伤密切相关,而人参浆果稀有皂苷(GFRS)对UVB诱导的人类角质形成细胞和小鼠皮肤损伤有光保护作用机制。在氧化应激下,GFRS不仅可减轻组织中的脂质过氧化物和铁过载,还可防止皮肤屏障损伤和胶原蛋白流失。综上,人参果实稀有皂苷不仅可以减少皮肤皱纹,还可以保护皮肤免受UVB光诱导的伤害,展现出人参属植物果实作为化妆品方面新型功能性产品的潜力。

3.2.2 保健食品的开发 人参属植物的商业化产品已大量出现在消费市场,如中国的“一整根人参水”、韩国正官庄饮品及日本力保健的人参王浆型饮料等。Kim等^[43-44]研究发现,人参属植物浆果浓缩物(GBC)有延长寿命和增强对细胞应激的抵抗力机制。Kim等^[45]研究发现,G-Re可通过线粒体自噬增强线粒体功能并促进健康

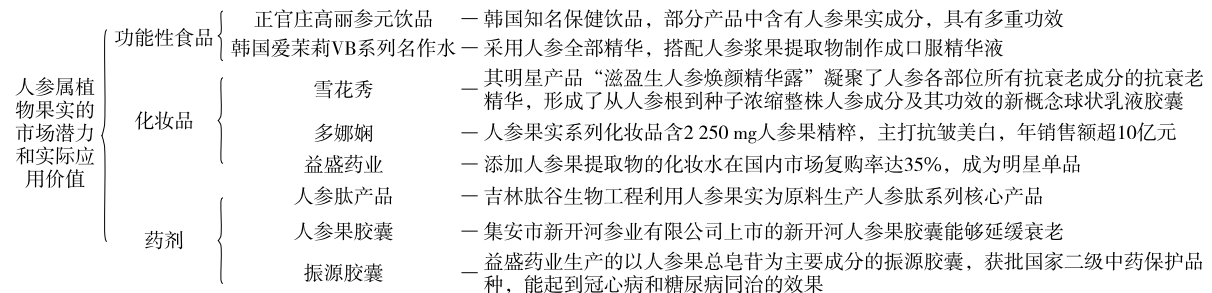


图2 人参属植物果实的市场潜力和实际应用价值

Figure 2 Market potential and practical application value of fruits of *Panax* plants

衰老,表明其具有缓解年龄相关功能下降的潜力。

3.2.3 作为新型纳米材料靶向药物递送 纳米颗粒不仅可以包裹药物,实现药物的靶向运输,还可以作为造影剂,应用于医学成像技术。目前研究人员力求创造新型纳米颗粒,以减少需要真菌或微生物参与的传统合成材料带来的毒副作用,在此情况下,天然植物提取物介导合成的新型纳米材料应运而生。Pérez 等^[46]研究表明,人参浆果金纳米颗粒可以进一步发展为药物递送的介质,此外,银纳米颗粒可以作为抗氧化剂、抗络氨酸酶和抗菌活性的潜在试剂。关于人参属植物果实的研究已发展到传统医学与现代保健领域的交汇点上,其防止屏障损伤、延寿与抗皱等多重功效的揭示,不仅印证了传统应用的合理性,更展现了其在现代医学与健康产业中的广阔前景。

4 结论与展望

人参属植物果实在功能性食品、化妆品等领域具有广泛的应用价值,为人参属植物果实的开发提供了更多可能性。目前,有关人参属植物果实化学成分及临床应用的研究较多,但主要集中于人参及西洋参果实等方面,且对部分人参属植物果实的药用价值研究不够深入,例如竹节参、珠子参、金平人参等。人参属植物根部一直是研究和利用的重点,但只关注根部而忽视其他部位,不仅会造成资源浪费,还可能造成人参属植物的过度开采。随着人们对健康需求的增加,药用保健会有大量市场,因此建议未来针对部分人参属植物果实化学成分进行更加深入的研究,将研究方向聚焦于深化人参属植物果实部位的药用价值,为药品研发提供新资源。在人参属植物种植过程中,合理地利用人参属植物其他部位,在不影响植物正常生长的情况下加强果实、茎、叶等副产品的研发,使果实、茎、花等部位从废弃物转变为有价值的原料,这也是实现中药材资源科学、可持续利用的重中之重。此外,推进非根部药理活性的研究,不仅可降低生产成本,减少对根部资源的依赖,还可以实现人参属植物资源的开发利用并增强人参产业的市场竞争力。

参考文献

- [1] 谢丽娟,冯惠柳,李健豪,等. HPLC 法同时测定人参根、茎叶、花中 6 种人参皂苷含量[J]. 人参研究, 2023, 35(4): 24-26.
XIE L J, FENG H L, LI J H, et al. HPLC method was used to simultaneously determine the content of six ginsenosides in ginseng roots, stems and leaves, and flowers[J]. Ginseng Research, 2023, 35(4): 24-26.
- [2] 刘俊文,徐美利,徐冰,等. 西洋参不同部位皂苷成分研究[J]. 天津中医药, 2019, 36(7): 715-718.
LIU J W, XU M L, XU B, et al. Study on saponin components in different parts of *Panax quinquefolium* L.[J]. Tianjin Journal of Traditional Chinese Medicine, 2019, 36(7): 715-718.
- [3] 孙晓娟. 三七茎叶的化学成分及生物活性研究[D]. 昆明: 昆明理工大学, 2023.

- SUN X J. Study on chemical compositions of the stems and leaves of *Panax notoginseng* and their biological activity[D]. Kunming: Kunming University of Science and Technology, 2023.
- [4] 王瑶,郭佳龙,叶陈辉,等. HPLC 指纹图谱分析竹节参茎叶化学成分累积特征[J]. 华西药学杂志, 2024, 39(3): 303-308.
WANG Y, GUO J L, YE C H, et al. Study on the dynamic accumulation characteristics of chemical constituents in stem and leaves of *Panax japonicus* by HPLC[J]. West China Journal of Pharmaceutical Sciences, 2024, 39(3): 303-308.
- [5] 唐家美,但林蔚,吴莹,等. 珠子参叶化学成分研究[J]. 中南药学, 2025, 23(2): 392-396.
TANG J M, DAN L W, WU Y, et al. Chemical constituents in the leaves of *Panax japonicus* C. A. Mey. var. *major* (Burk.) C. Y. Wu et K. M. Feng.[J]. Central South Pharmacy, 2025, 23(2): 392-396.
- [6] 熊武青,麻秀萍,郭江涛,等. 食源性复方人参水提物的抗疲劳作用[J]. 食品与机械, 2025, 41(1): 180-185.
XIONG W Q, MA X P, GUO J T, et al. Anti-fatigue effect of food-derived compound ginseng aqueous extracts[J]. Food & Machinery, 2025, 41(1): 180-185.
- [7] 徐丽华,王新茗,于金倩,等. 西洋参茎叶的化学成分和药理作用研究进展[J]. 食品与药品, 2021, 23(3): 278-284.
XU L H, WANG X M, YU J Q, et al. Advances in chemical constituents and pharmacological effects of stems and leaves of *Panax quinquefolium*[J]. Food and Drug, 2021, 23(3): 278-284.
- [8] 黄朝蓉,杨兆祥. 三七茎叶中皂苷成分及药理作用研究进展[J]. 中国民族民间医药, 2022, 31(23): 51-58, 82.
HUANG C R, YANG Z X. Advances in studies on constituents and pharmacological effects of saponins in stem leaves of *Panax notoginseng*[J]. Chinese Journal of Ethnomedicine and Ethnopharmacy, 2022, 31(23): 51-58, 82.
- [9] 张思敏,张也,伍红年,等. 不同产地竹节参中 7 种皂苷含量测定及化学计量学评价[J]. 食品与机械, 2022, 38(3): 65-70, 79.
ZHANG S M, ZHANG Y, WU H N, et al. Determination of seven kinds of saponins in *Panax japonicus* C. A. Mey from different regions by chemometric evaluation[J]. Food & Machinery, 2022, 38(3): 65-70, 79.
- [10] 许银凤,余朝良. 珠子参非传统药用部位的药效初步研究[J]. 云南中医中药杂志, 2013, 34(7): 62-63.
XU Y F, YU C L. A preliminary study on the efficacy of non-traditional medicinal parts of *Panacis Majoris* Rhizoma[J]. Yunnan Journal of Traditional Chinese Medicine and Materia Medica, 2013, 34(7): 62-63.
- [11] 李延吉,袁鹏. 心悦胶囊治疗心血管疾病的临床研究进展[J]. 中国社区医师, 2024, 40(34): 4-6.
LI Y J, YUAN P. Progress on clinical study of Xinyue capsule in treatment of cardiovascular diseases[J]. Chinese Community Doctors, 2024, 40(34): 4-6.
- [12] WANG J, LI S S, FAN Y Y, et al. Anti-fatigue activity of the water-soluble polysaccharides isolated from *Panax ginseng* C. A. Meyer[J]. Journal of Ethnopharmacology, 2010, 130(2): 245-250.

- 421-423.
- [13] 刘春兰, 张翼伸, 李润秋. 人参果中水溶性多糖的研究: 杂多糖 F 的分离提纯与结构分析[J]. 药学报, 1988, 23(11): 863-867.
- LIU C L, ZHANG Y S, LI R Q. Studies on the water soluble polysaccharide from *Panax ginseng* fruit isolation, purification and structural studies on heteroglycan F[J]. Acta Pharmaceutica Sinica, 1988, 23(11): 863-867.
- [14] 李珊珊, 祁玉丽, 曲迪, 等. 西洋参果多糖的纯化及 DPPH 自由基清除活性研究[J]. 特产研究, 2019, 41(1): 1-4.
- LI S S, QI Y L, QU D, et al. Research on purification and DPPH free radicals scavenging activity of polysaccharide from *Panax quinquefolius* Berry[J]. Special Wild Economic Animal and Plant Research, 2019, 41(1): 1-4.
- [15] 王继彦. 人参果化学成分的研究[D]. 长春: 吉林农业大学, 2003.
- WANG J Y. Study on the chemical constituents from the fruits of *Panax ginseng* C. A. Meyer[D]. Changchun: Jilin Agricultural University, 2003.
- [16] 金银萍, 乔思薇, 潘蓉, 等. 西洋参果中氨基酸和糖类成分的测定研究[J/OL]. 特产研究. (2024-07-15) [2025-02-11]. <https://doi.org/10.16720/j.cnki.tcyj.2024.121>.
- JIN Y P, QIAO S W, PAN R, et al. Determination of amino acid and sugar in American ginseng berry[J/OL]. Special Wild Economic Animal and Plant Research. (2024-07-15). [2025-02-11]. <https://doi.org/10.16720/j.cnki.tcyj.2024.121>.
- [17] 金银萍, 金哲顺, 潘蓉, 等. 基于 HS-SPME-GC-MS 技术分析西洋参果中的挥发性成分[J/OL]. 特产研究. (2024-07-18) [2025-02-22]. <https://doi.org/10.16720/j.cnki.tcyj.2024.118>.
- JIN Y P, JIN Z S, PAN R, et al. Analysis of volatile components in *Panax quinquefolium* berry by HS-SPME-GC-MS[J/OL]. Special Wild Economic Animal and Plant Research. (2024-07-18) [2025-02-22]. <https://doi.org/10.16720/j.cnki.tcyj.2024.118>.
- [18] 张志强. 人参种质资源收集评价及组培苗无糖培养技术研究[D]. 长春: 吉林农业大学, 2023.
- ZHANG Z Q. Analysis and evaluation of *Panax ginseng* C. A. Meyer germplasm resources and study on sugar free culture technology of tissue culture seedlings[D]. Changchun: Jilin Agricultural University, 2023.
- [19] 李影. 三七果梗化学成分及其镇静安神活性研究[D]. 昆明: 昆明理工大学, 2017.
- LI Y. Studies on the chemical components and sedative-hypnotic effect of the fruits pedicels of *Panax notoginseng*[D]. Kunming: Kunming University of Science and Technology, 2017.
- [20] 曲正义. 三七果化学成分及抗肿瘤活性研究[D]. 北京: 中国农业科学院, 2021.
- QU Z Y. Studies on the chemical constituents and antitumor activity of *Panax notoginseng* fruits[D]. Beijing: Chinese Academy of Agricultural Sciences Thesis, 2021.
- [21] 黄系伦, 唐婷婷, 金睿, 等. 竹节参果实呈色生理机制研究[J]. 北方园艺, 2024(6): 100-107.
- HUANG X L, TANG T T, JIN R, et al. Study on the physiological mechanism of fruit coloration of *Panax japonicus*[J]. Northern Horticulture, 2024(6): 100-107.
- [22] 井玥. 西洋参果的化学成分研究[D]. 沈阳: 辽宁中医药大学, 2007.
- JING Y. Study on chemical constituents of American ginseng fruit[D]. Shenyang: Liaoning University of Traditional Chinese Medicine, 2007.
- [23] 李乐, 谭璐, 王彩霞, 等. 超高效液相色谱—四极杆飞行时间质谱法鉴定西洋参果梗化学成分[J]. 应用化学, 2021, 38(3): 256-270.
- LI L, TAN L, WANG C X, et al. Identification of chemical constituents of american ginseng fruit pedicels by ultra-performance liquid chromatography quadrupole time-of-flight mass spectrometry[J]. Chinese Journal of Applied Chemistry, 2021, 38(3): 256-270.
- [24] 时圣明, 李巍, 曹家庆, 等. 三七果化学成分的研究[J]. 中草药, 2010, 41(8): 1 249-1 251.
- SHI S M, LI W, CAO J Q, et al. Studies on the chemical constituents from the fruits of *Panax notoginseng*[J]. Chinese Traditional and Herbal Drugs, 2010, 41(8): 1 249-1 251.
- [25] 郑梦梦, 王佳佳, 瞿旭东. 甾药的微生物转化研究进展[J]. 中国科学(化学), 2025, 55(5): 1 203-1 219.
- ZHENG M M, WANG J J, QU X D. Advances in the microbial transformation of steroid drugs[J]. Scientia Sinica (Chimica), 2025, 55(5): 1 203-1 219.
- [26] PARK E Y, KIM H J, KIM Y K, et al. Increase in insulin secretion induced by *Panax ginseng* berry extracts contributes to the amelioration of hyperglycemia in streptozotocin-induced diabetic mice[J]. Journal of Ginseng Research, 2012, 36(2): 153-160.
- [27] 杨正丽, 刘君丽, 钱科蕾, 等. 人参果汁浓缩液对免疫低下小鼠免疫功能的影响[J]. 食品科学, 2023, 44(1): 175-181.
- YANG Z L, LIU J L, QIAN K L, et al. Effects of *Panax ginseng* fruit juice concentrate on immune function in immunocompromised mice[J]. Food Science, 2023, 44(1): 175-181.
- [28] 石峻岭, 孙宇立, 郑志清, 等. 人参果汁浓缩液对环磷酰胺诱导免疫抑制小鼠免疫功能的影响[J]. 中国食品卫生杂志, 2024, 36(4): 377-382.
- SHI J L, SUN Y L, ZHENG Z Q, et al. Effects of *Panax ginseng fructus* juice concentrate on immune injury induced by cyclophosphamide in mice[J]. Chinese Journal of Food Hygiene, 2024, 36(4): 377-382.
- [29] WAN J Y, HUANG W H, ZHENG W, et al. Multiple effects of ginseng berry polysaccharides: plasma cholesterol level reduction and enteric neoplasm prevention[J]. The American Journal of Chinese Medicine, 2017, 45(6): 1 293-1 307.
- [30] 余慧. 西洋参果抗溃疡性结肠炎的药效物质基础研究[D]. 长春: 吉林大学, 2024.
- YU H. Study on the therapeutic material basis of American

- ginseng berry in treatment of ulcerative colitis[D]. Changchun: Jilin University, 2024.
- [31] WANG C Z, XIE J T, FISHBEIN A, et al. Antiproliferative effects of different plant parts of *Panax notoginseng* on SW480 human colorectal cancer cells[J]. *Phytotherapy Research*, 2009, 23(1): 6-13.
- [32] 何春喜. 竹节参乙酸乙酯部位化学成分及其抗炎活性研究与药材品质评价[D]. 宜昌: 三峡大学, 2018.
- HE C X. Study on chemical constituents from EtOAc fraction of *Panax japonicus* and their anti-inflammatory activity[D]. Yichang: Three Gorges University, 2018.
- [33] 云南省地方志编纂委员会. 云南省志[M]. 云南人民出版社, 2021: 699.
- Yunnan Provincial Local Records Compilation Committee. Yunnan Province[M]. Yunnan People's Publishing House: 2021: 699.
- [34] 白云, 张宏, 张鑫月, 等. 三七不同部位及果梗中皂苷的研究[J]. *化学研究*, 2024, 35(3): 239-243.
- BAI Y, ZHANG H, ZHANG X Y, et al. Study on saponins in different parts and fruit pedicel of notoginseng[J]. *Chemical Research*, 2024, 35(3): 239-243.
- [35] 曲正义, 郑培和, 李亚丽, 等. 超高效液相色谱—四极杆/静电场轨道阱高分辨质谱法对三七果中皂苷类成分的快速鉴定[J]. *分析化学*, 2022, 50(2): 225-259.
- QU Z Y, ZHENG P H, LI Y L, et al. Rapid identification of saponins in *Panax Notoginseng* fruits by ultra high performance liquid chromatography-orbitrap high resolution mass spectrometry[J]. *Chinese Journal of Analytical Chemistry*, 2022, 50(2): 225-259.
- [36] SHI R, XIONG B J, HE S, et al. Comparative metabolic profiling of root, leaf, fruit, and stem tissues of *Panax notoginseng*[J]. *International Journal of Food Properties*, 2022, 25(1): 1 132-1 145.
- [37] 黄荣梅, 葛娜, 王清艳, 等. 外施 5-氮杂胞苷对三七果实成熟和种子萌发的影响[J]. *植物生理学报*, 2022, 58(7): 1 359-1 368.
- HUANG R M, GE N, WANG Q Y, et al. Effect of external application of 5-azacitidine on fruit maturation and seed germination of *Panax notoginseng*[J]. *Plant Physiology Journal*, 2022, 58(7): 1 359-1 368.
- [38] 郑惠元, 雷秀娟, 王佳, 等. 三种人参属药用植物种子生根过程胚乳中人参皂苷的变化[J]. *特产研究*, 2019, 41(1): 68-71.
- ZHENG H Y, LEI X J, WANG J, et al. Changes of Ginsenosides in the endosperm of seeds of three medicinal plants of *Panax* species[J]. *Special Wild Economic Animal and Plant Research*, 2019, 41(1): 68-71.
- [39] YOSHIZAKI K, YAHARA S. New triterpenoid saponins from fruits specimens of *Panax japonicus* collected in Kumamoto and Miyazaki prefectures (1)[J]. *Chemical & Pharmaceutical Bulletin*, 2012, 60(3): 354-362.
- [40] 郭骏达. 珠子参四个器官的比较转录组和代谢组联合分析[D]. 昆明: 昆明理工大学, 2023.
- GUO J D. Comparative transcriptomic and metabolomic analysis of four organs of *Panax japonicus* var. *major*[D]. Kunming: Kunming University of Science and Technology, 2023.
- [41] LI T, YAN Y T, HAN L L, et al. Ginseng fruit rare saponins (GFRS), a promising anti-wrinkle agent: evidence of its antioxidant effect and its capacity to prevent matrix metalloproteinase (MMPs) expression *in vitro* and *in vivo*[J]. *Industrial Crops and Products*, 2024, 215: 118716.
- [42] TAN H Y, REN H H, CHAI J Y, et al. Protective effect of ginseng berry saponin conversion products on skin photodamage caused by UVB *in vitro* and *in vivo*[J]. *Food Research International*, 2024, 198: 115379.
- [43] KIM J, CHO S Y, KIM S H, et al. Effects of Korean ginseng berry on skin antipigmentation and antiaging *via* FoxO3a activation[J]. *Journal of Ginseng Research*, 2017, 41(3): 277-283.
- [44] CHOI W, KIM H S, PARK S H, et al. Syringaresinol derived from *Panax ginseng* berry attenuates oxidative stress-induced skin aging *via* autophagy[J]. *Journal of Ginseng Research*, 2022, 46(4): 536-542.
- [45] KIM M, KIM S H, KIM J, et al. Ginsenoside-Re-rich ethanol extract of *Panax ginseng* berry enhances healthspan extension *via* mitostasis and NAD metabolism[J]. *Journal of Ginseng Research*, 2025, 49(1): 92-102.
- [46] PÉREZ Z E J, MATHIYALAGAN R, MARKUS J, et al. Ginseng-berry-mediated gold and silver nanoparticle synthesis and evaluation of their *in vitro* antioxidant, antimicrobial, and cytotoxicity effects on human dermal fibroblast and murine melanoma skin cell lines[J]. *International Journal of Nanomedicine*, 2017, 12: 709-723.