

基于化学成分及药理作用研究进展的党参药典品种质量标志物预测分析



张开弦, 李娜, 胡蔓

武汉科技大学附属武昌医院药学部 (武汉 430063)

【摘要】党参作为我国著名的药食同源中药材, 在医疗、保健及食品等领域应用广泛。《中国药典 (2025 年版)》收录的党参药材基原包括党参 [*Codonopsis pilosula* (Franch.) Nannf.]、素花党参 [*Codonopsis pilosula* Nannf. var. *modesta* (Nannf.) L.T.Shen] 和川党参 [*Codonopsis tangshen* Oliv.]。由于不同品种的党参品质存在差异, 并直接关联其临床疗效, 因此提升党参品质并确保其质量可控性至关重要。本文基于党参的化学成分及药理作用研究, 结合中药质量标志物的核心概念, 从植物亲缘关系、传统药性及功效、化学成分可测性以及入血成分等多个维度, 系统探讨了党参药典品种质量标志物的筛选与确定。初步推测出多糖、党参炔苷、党参炔苷宁、腺苷、党参苷 I、丁香苷、苍术内酯 I 和苍术内酯 III 可作为党参药典品种的共性质量标志物; 同时, 将苍术内酯 II 作为党参和素花党参区别于川党参的差异质量标志物, 并建议以管花党参碱 A 的含量作为区分川党参与其他两种法定基原党参的专属特征性指标。

【关键词】党参; 素花党参; 川党参; 品种; 化学成分; 药理作用; 质量标志物; 苍术内酯 II; 管花党参碱 A

【中图分类号】 R284; R285

【文献标识码】 A

Prediction and analysis of quality markers of *Codonopsis Radix* pharmacopoeia varieties based on the research progress of chemical constituents and pharmacological effects

ZHANG Kaixian, LI Na, HU Man

Department of Pharmacy, Wuchang Hospital Affiliated to Wuhan University of Science and Technology, Wuhan 430063, China

Corresponding author: HU Man, Email: hmhb1234@163.com

【Abstract】 *Codonopsis Radix*, a renowned medicinal and edible herb in China, is widely used in medical, healthcare, and food-related fields. The original plants of *Codonopsis Radix* recorded in *Pharmacopoeia of the People's Republic of China* (2025 edition) are *Codonopsis pilosula* (Franch.) Nannf., *Codonopsis pilosula* Nannf. var. *modesta* (Nannf.) L.T.Shen, and *Codonopsis tangshen* Oliv.. Due to the differences in quality among different varieties of *Codonopsis Radix* and their direct correlation with clinical efficacy, it is crucial to improve the quality of *Codonopsis Radix* and ensure its quality controllability. Based on the chemical composition and pharmacological effects of *Codonopsis Radix*, and integrating the core concept of quality markers (Q-markers) in traditional Chinese medicine, this article systematically explores the screening and identification of Q-markers for the documented varieties of

DOI: [10.12173/j.issn.2097-4922.202504059](https://doi.org/10.12173/j.issn.2097-4922.202504059)

基金项目: 中国药学会科普研究重点项目 (CMEI2024KPYJ01006)

通信作者: 胡蔓, 副主任中药师, Email: hmhb1234@163.com

Codonopsis Radix from multiple dimensions, including plant phylogeny, traditional medicinal properties and efficacy, chemical constituents measurability, and blood components. It is preliminarily speculated that polysaccharides, lobetyolin, lobetyolinin, adenosine, tangshenoside I, syringin, atractylenolide I, and atractylenolide III can be used as Q-markers for Codonopsis Radix. In addition, atractylenolide II is used as a Q-markers to distinguish *Codonopsis pilosula* (Franch.) Nannf. and *Codonopsis pilosula* Nannf. var. *modesta* (Nannf.) L.T.Shen from *Codonopsis tangshen* Oliv.. The determination of the content of codotubulosine A will be used as a characteristic compound to distinguish *Codonopsis tangshen* Oliv. from the other two official original plants of Codonopsis Radix.

【Keywords】 Codonopsis Radix; *Codonopsis pilosula* Nannf. var. *modesta* (Nannf.) L.T.Shen; *Codonopsis tangshen* Oliv.; Variety; Chemical composition; Pharmacological effects; Quality markers; Atractylenolide II; Codotubulosine A

党参又名防风党参、黄参、防党参、上党参、狮头参、中灵草、黄党等，为多年生草本植物，来源于桔梗科党参属植物^[1]。《中国药典（2025 年版）》（以下简称“药典”）一部^[2]收录的党参药材基原为党参 [*Codonopsis pilosula* (Franch.) Nannf.]、素花党参 [*Codonopsis pilosula* Nannf. var. *modesta* (Nannf.) L.T.Shen] 和川党参 [*Codonopsis tangshen* Oliv.] 3 个品种。党参于 2023 年被正式纳入药食同源目录，是我国产量与需求量最大的中药材之一。研究表明，党参具有调节神经、内分泌、免疫、循环及消化系统等多重药理活性，并兼具抗氧化与抗肿瘤作用。这使其不仅临床防病治病效果显著，也日益深入地融入日常健康饮食^[3]。

本课题组前期研究表明，在我国 46 种党参属植物中，有药用记载的物种其道地药材均源自药典收录的 3 个法定基原品种^[4]。党参药典品种不仅在分子遗传水平区别于党参属其他植物，还在化学成分和药理作用上有其种属特异性。党参品质与品种直接相关，是决定临床疗效的关键。因此，实现质量可控、保障市场健康发展已成为党参产业的核心课题。本文基于其化学成分与药理活性的研究进展，从植物亲缘性、传统药性及功效、化学成分可测性、入血成分等多维度进行分析，旨在筛选其质量标志物（quality marker，Q-Marker），为党参药典品种的质量控制与品种鉴别提供科学依据。

1 资源分布

党参药典品种在我国分布广泛，但不同物种具有明显的地域集中性：党参主要分布于甘肃南部、陕西南部、山西南部、宁夏南部及吉林东南

部；素花党参以甘肃南部、贵州西北部和四川东北部为主要产区；川党参则集中分布于湖北西部、重庆东部和四川北部。

在商品规格方面，根据不同基原、产地与性状特征，已形成多个具有地方特色的道地商品。以党参为基原的商品包括山西晋城的“潞党”、山西五台山的“台党”、甘肃渭源的“白条党”及贵州威宁的“威党”；以素花党参为基原的代表性商品有甘肃文县的“纹党”和四川九寨沟的“刀党”；而源自川党参的常见商品则包括湖北恩施的“板桥党参”、重庆巫山的“庙党”、陕西凤县的“凤党”以及贵州道真的“洛党”^[4]。

2 化学成分

国内外学者已从党参、素花党参、川党参以及党参属其他植物轮叶党参、管花党参、新疆党参、心叶党参、臭党参、大萼党参、脉花党参、唐松草党参、寻甸党参等党参属植物中分离并鉴定了多种化学成分，但现有研究主要集中于党参药典品种。

素花党参为党参的原变种，而川党参与党参之间的遗传距离相对较远，属于独立物种。遗传背景的差异直接影响药用植物的物质基础，因此不同党参药典品种在化学成分种类上也存在相应区别。目前研究表明，党参药典品种所含化学成分类型多样，主要包括糖类、炔类及聚炔类、生物碱及含氮化合物、苯丙素类、三萜类、黄酮类、有机酸类等^[5]。

2.1 糖类

党参药材中含有丰富的糖类成分，主要以多糖的形式存在。研究表明，党参多糖主要由

甘露糖、核糖、鼠李糖、葡萄糖醛酸、半乳糖醛酸、葡萄糖、半乳糖和阿拉伯糖 8 种单糖组成^[6]。在特定基原品种中，多糖组成具有差异性。例如，从纹党参中分离纯化得到 6 种多糖组分（WCP1~WCP6），其单糖组成各有特点：WCP1 主要由甘露糖、葡萄糖、半乳糖、阿拉伯糖组成；WCP2 以甘露糖、葡萄糖醛酸、葡萄糖和阿拉伯糖为主；WCP3 由甘露糖、葡萄糖和阿拉伯糖构成；WCP4 与 WCP5 的组成相似，均包含甘露糖、鼠李糖、葡萄糖、半乳糖、木糖和阿拉伯糖；WCP6 则主要由甘露糖和半乳糖组成^[7]。另外从板桥党参中分离得到两种水溶性多糖 RCOP-1-2-1 与 RCOP-3-1-1。其中 RCOP-1-2-1 为一种由果糖构成的中性均一多糖；而 RCOP-3-1-1 则是由阿拉伯糖、鼠李糖、半乳糖及半乳糖醛酸组成的酸性杂多糖^[8]。

2.2 炔类及聚炔类

迄今为止，国内外学者已从党参属植物中分

离鉴定出 53 种炔类及聚炔类化合物^[9]，其中在党参药典品种（党参、素花党参、川党参）中共发现 28 种。庞维荣等^[10]采用反相 HPLC 法对 3 种药典党参中党参炔苷的含量进行分析，结果显示其含量由高至低依次为：党参>素花党参>川党参。党参药典品种中炔类及聚炔类成分的具体比较结果见表 1。

2.3 生物碱及含氮化合物

党参药材中含有多种生物碱及含氮化合物。Tsai 等^[20]从川党参正丁醇提取物中鉴定出两种新化合物，即管花党参碱 A 与管花党参碱 B。Lin 等^[21]进一步指出，这两种成分存在于川党参中，可作为该物种的特异性标志物。关琳静^[22]首次在潞党参中也分离得到管花党参碱 B。此外，安太勇^[11]研究认为，党参和素花党参中同样含有管花党参碱 A 和管花党参碱 B。各党参药典品种所含生物碱及含氮化合物的具体比较见表 2。

表1 党参药典品种炔类及聚炔类化合物比较

Table 1. Comparison of acetylene and polyacetylene compounds in Codonopsis Radix pharmacopoeia varieties

序号	化学成分	党参	素花党参	川党参	文献
1	党参炔苷	+	+	+	[11]
2	党参炔苷宁	+	+	+	[11]
3	心叶党参炔苷B	+	+	+	[11-12]
4	党参炔醇	+	+	+	[11-13]
5	9-(四氢吡喃-2-基)-九碳-反式-2,8-二烯-4,6-二炔-1-醇	-	-	+	[13]
6	9-(四氢吡喃-2-基)-九碳-反式-8-烯-4,6-二炔-1-醇	-	-	+	[13]
7	党参炔苷A	+	-	-	[14]
8	(+)-(2R,7S)-1,7-二羟基-2,7-环十四碳-4,8,12-三烯-10-炔-6-酮	+	-	-	[15]
9	(+)-(6R,7R,12E)-十四碳-12-烯-10-炔-1,6,7-三醇	+	-	-	[15]
10	(2E,6E)-八碳-2,6-二烯-4-炔酸	+	-	-	[15]
11	(E)-八碳-6-烯-4-炔酸	+	-	-	[15]
12	铜锤玉带草炔苷B	+	-	-	[16]
13	党参烯炔苷A	+	-	-	[16]
14	党参烯炔苷B	+	-	-	[16]
15	党参二炔苷A	+	-	-	[16-17]
16	党参二炔苷B	+	-	-	[16-17]
17	党参二炔苷C	+	-	-	[16-17]
18	党参二炔苷D	+	-	-	[16-17]
19	党参二炔苷E	+	-	-	[16-17]
20	党参二炔苷F	+	-	-	[16-17]
21	党参二炔苷G	+	-	-	[16-17]
22	党参二炔苷H	+	-	-	[16-17]
23	党参二炔苷I	+	-	-	[16-17]
24	党参二炔苷J	+	-	-	[16-17]
25	党参二炔苷L	+	-	-	[16-17]
26	党参二炔苷M	+	-	-	[16-17]
27	党参炔A	-	-	+	[18-19]
28	党参炔B	-	-	+	[18-19]

注：“+”表示已见文献报道；“-”表示尚未见报道。

表2 党参药典品种生物碱及含氮化合物比较
Table 2. Comparison of alkaloids and nitrogen compounds in Codonopsis Radix pharmacopoeia varieties

序号	化学成分	党参	素花党参	川党参	文献
1	川芎嗪	+	-	-	[11]
2	codotubulosine B	+	-	-	[23]
3	管花党参碱A	+	+	+	[20, 23-24]
4	管花党参碱B	+	+	+	[11, 25-26]
5	codonopsinol A	+	-	-	[26]
6	codonopsinol B	+	-	-	[21]
7	codonopsinol C	+	-	-	[26]
8	radicamine A	+	-	-	[26]
9	codonopiloside A	+	-	-	[26]
10	codonopiloside B	+	-	-	[26]
11	色氨酸	+	-	-	[26]
12	尿嘧啶	+	-	-	[27]
13	烟酸	+	-	-	[28]
14	胸腺嘧啶	+	-	-	[29]
15	尿嘧啶核苷	+	-	-	[29]
16	腺苷	+	+	+	[24, 30]
17	色氨酸	+	-	+	[11, 30]
18	党参次碱	-	-	+	[30]
19	络氨酸	-	-	+	[30]
20	苯丙氨酸	-	-	+	[30]

注：“+”表示已见文献报道；“-”表示尚未见报道。

2.4 苯丙素类

苯丙素是一类苯环与 3 个直链碳连接（C6-C3 基团）构成的化合物，包括简单苯丙素、香豆素和木脂素类。目前已从党参药典品种中发现 13 种苯丙素类化学成分，具体见表 3。

2.5 萜类化合物

萜类化合物是由异戊二烯（C₅H₈）单元聚合形成的一类天然产物及其衍生物，在党参药材中主要以倍半萜和三萜类化合物形式存在。刘付松等^[35]采用 HPLC 法同时测定了 4 个党参品种中党参炔苷、丁香苷、苍术内酯 I、苍术内酯 II 和苍

术内酯 III 的含量。结果显示，苍术内酯 I 的含量顺序为：素花党参>洛党参>党参>川党参；苍术内酯 II 仅在党参和素花党参中检出，含量为党参>素花党参；苍术内酯 III 的含量顺序为：党参>素花党参>洛党参>川党参。洛党参产自贵州省洛龙镇，其基原为川党参，综合分析表明，苍术内酯 I 和苍术内酯 III 为 3 种党参药典品种所共有的化学成分。此外，Wakana 等^[36]从党参中分离并鉴定了 codonopilate A~C 等萜类成分；而川党参中则含有蒲公英萜醇、蒲公英萜醇乙酸酯、木栓酮等三萜类化合物^[37]。

表3 党参药典品种苯丙素类成分比较
Table 3. Comparison of phenylpropanoid compounds in Codonopsis Radix pharmacopoeia varieties

序号	化学成分	党参	素花党参	川党参	文献
1	geniposide	+	-	-	[11]
2	(E)-异松柏苷	+	-	-	[14]
3	香豆酸	+	-	+	[11, 30]
4	香豆酸葡萄糖苷	+	-	+	[11, 30]
5	丁香苷	+	+	+	[11, 31]
6	党参苷I	+	+	+	[11, 32]
7	党参苷II	-	-	+	[33]
8	党参苷III	-	-	+	[33]
9	党参苷IV	+	-	+	[33-34]
10	党参苷V	-	-	+	[33]
11	党参苷VI	-	-	+	[33]
12	党参苷A	-	-	+	[20]
13	党参苷B	-	-	+	[20]

2.6 其他

除上述化学成分外,党参药材中的甾体类、黄酮类、有机酸类和挥发性成分亦有相关报道。党参中已鉴定出的甾体类成分包括 α -菠甾醇、 α -菠甾酮、 α -菠甾醇- β -D-葡萄糖苷、豆甾醇、豆甾酮、豆甾醇- β -D-葡萄糖苷、7-豆甾烯醇、7-豆甾烯酮和7-豆甾烯醇- β -D-葡萄糖苷^[38]。在有机酸类成分方面,党参中则含有香草酸、阿魏酸以及(8E,10E)-12-羟基十二碳-8,10-二烯酸等^[11]。

目前,党参和川党参的化学成分研究较为系统,素花党参的研究相对较少。党参药典品种之间在化学成分含量上存在差异,但均富含多糖,并普遍含有党参炔苷、党参炔苷宁、党参苷 I、心叶党参炔苷 B、党参炔醇、管花党参碱 A、管花党参碱 B、腺苷、丁香苷、苍术内酯 I 和苍术内酯 III 等成分。这些成分的分离鉴定与含量测定方法已较为成熟。然而,由于样品来源及试验设计存在差异,目前尚难以准确判定不同党参品种之间更多化学成分的具体含量差异。

3 药理作用

党参作为传统中医益气健脾的要药,具有广泛的药理活性,持续受到现代研究的关注。已有研究表明,党参富含苯丙素类、萜类、生物碱、多糖等多种活性成分,这些成分通过不同机制在多个系统中发挥调节作用。在神经系统方面,党参成分表现出神经保护、抗抑郁、促进神经生长和改善认知功能等作用;在内分泌与代谢方面,党参有助于调节血糖与血脂,改善糖尿病及其并发症;其多糖成分在免疫调节方面表现尤为突出,能够增强机体的特异性与非特异性免疫应答,延缓免疫衰老。此外,党参在消化系统保护、心血管功能改善、抗氧化及抗肿瘤等方面亦显示出良好的药理潜力。

3.1 调节神经系统功能

党参药材中的苯丙素类化合物、萜类化合物、生物碱类、多糖能够调节神经系统功能。丁香苷通过抑制 Toll 样受体 4 (Toll-like receptor 4, TLR4) 的表达,以减轻缺血再灌注损伤大鼠的炎症反应和脑损伤,从而发挥神经保护作用^[39]。苍术内酯 III 通过抑制海马神经元炎症,在大鼠中发挥抗抑郁和抗焦虑作用^[40]。党参炔苷在斑马鱼胚胎期可促进神经生长^[41]。此外,细胞外腺苷能

作用于神经元腺苷 A1 受体以促进慢波睡眠,并在神经胶质中被腺苷激酶代谢^[42]。Liu 等^[43]在有神经生长因子的条件下,利用党参生物碱培养大鼠肾上腺嗜铬细胞瘤细胞(PC12),发现该生物碱能通过增强蛋白激酶依赖的信号通路的上游环节,促进 PC12 细胞中神经生长因子介导的神经突起生长。另有研究显示,纹党和红芪加工废弃物中所含活性多糖能恢复衰老小鼠的学习记忆能力,并显著增强其抗疲劳与常压耐缺氧能力^[44]。此外,板桥党参水煎液可通过下调激活糖原合成酶激酶-3 β 的活性,抑制微管相关蛋白(Tau 蛋白)过度磷酸化,促进神经元发育,从而改善由激活糖原合成酶激酶-3 β 活性升高所诱导的大鼠认知功能障碍^[45]。

3.2 调节内分泌系统功能

党参萃取物能显著降低糖尿病小鼠的餐后血糖水平。Jia 等^[46]通过超高效液相色谱-三重飞行时间-串联质谱法鉴定党参萃取物化学成分,从中共鉴定出 29 种化合物,包括 3 种生物碱、13 种酚酸、8 种醇苷和 5 种炔苷。Lu 等^[47]研究发现,在糖尿病肾病模型大鼠中,川党参能够降低总胆固醇、甘油三酯和低密度脂蛋白胆固醇水平,改善血糖与脂质代谢,并缓解炎症反应。该模型通过单侧肾切除术联合高脂饮食及链脲佐菌素饲喂构建。

3.3 调节免疫系统功能

多糖是党参药材中调节免疫功能的主要化学成分。研究表明,从党参中分离得到的一种酸性多糖(WCP-I),其结构中的 β -d-(1 $\rightarrow$ 4)-半乳聚糖链在免疫调节活性的表达中起关键作用^[48]。党参多糖对免疫抑制小鼠的非特异性免疫、体液免疫和细胞免疫均具有调节作用,且将其制备为纳米乳制剂后可显著增强该效果^[49]。党参果胶多糖 CPP1c 可能通过激活 T 细胞受体/CD28 协同信号通路,促进 T 细胞活化,从而改善快速老化小鼠(senescence accelerated mouse, SAM)-P8 的免疫衰老状态^[50]。素花党参多糖则能够提高免疫抑制乌鸡的脾脏指数和法氏囊指数^[51]。此外,富硒板桥党参多糖可增强迟发型超敏反应,促进抗钥孔血蓝蛋白特异性免疫球蛋白 G (immunoglobulin G, IgG)、IgG1 及 IgG2 α 的产生,提高机体对抗原的反应性,增加 CD4⁺T 细胞数量,促进免疫反应,对延缓老年大鼠免疫衰

老及增强抗氧化能力具有重要作用^[52]。

3.4 调节消化系统功能

苍术内酯 I 通过调控鞘氨醇激酶 1/ 磷脂酰肌醇 3- 激酶/蛋白激酶 B (sphingosine kinase 1/phosphoinositide 3-kinase/protein kinase B, SPHK1/PI3K/AKT) 信号轴抑制炎症反应, 并靶向 SPHK1 与 β -1,4-半乳糖基转移酶 2 (B4GAT2), 调节果糖/半乳糖相关代谢, 进而影响肠道菌群组成, 发挥治疗结肠炎的作用^[53]。党参炔苷可提高前列腺素含量, 从而拮抗胃泌素的泌酸作用, 并刺激胃黏膜合成与释放表皮生长因子, 产生抗胃黏膜急性损伤的效果^[54]。Li 等^[55]从党参中分离得到一种党参多糖 CP-A, 经质谱与核磁共振谱鉴定其为 (2 $\rightarrow$ 1)- β -d-呋喃果糖结构; 研究证实, CP-A 能显著提升胃组织超氧化物歧化酶和谷胱甘肽过氧化物酶活性, 降低丙二醛和一氧化氮含量, 并抑制胃组织髓过氧化物酶活性, 表明 CP-A 可能是党参治疗急性胃溃疡的潜在活性成分。此外, 纹党水提液可通过调节肿瘤坏死因子 α 、白细胞介素 (interleukin, IL) -6 和 IL-10 水平, 改善脾虚泄泻大鼠的免疫调节与消化吸收功能, 且米炒制品的作用明显强于生品^[56]。

3.5 调节循环系统功能

苍术内酯 I 对脂多糖诱导的弥散性血管内凝血具有保护作用, 其机制包括抑制核因子 κ B 信号通路激活、降低肿瘤坏死因子表达, 从而提高实验动物存活率, 减轻器官损伤并改善凝血功能^[57]。苍术内酯 III 可减少急性心肌梗死大鼠的心肌细胞凋亡, 其作用与上调 B 细胞淋巴瘤/白血病-2 基因 (B-cell lymphoma-2 associated, Bcl-2) 表达、抑制 Bcl-2 相关 X 蛋白 (B-cell lymphoma-2 associated X protein, Bax) 和半胱氨酸-天冬氨酸蛋白酶 3 活性有关^[58]。党参提取物能够促进小鼠胚胎干细胞体外心源性分化, 进而改善心肌梗死模型的心肌修复^[59]。素花党参多糖通过下调 p53 蛋白表达, 减少细胞周期依赖性蛋白激酶抑制因子 1A (p21) 的合成与编码, 并伴随 Bax 蛋白表达下降, 从而延缓 X 射线诱导的造血干细胞衰老进程^[60]。此外, 谭志鑫等^[61]研究证实, 板桥党参硒多糖对肢体缺血/再灌注后引发的心肌损伤具有明显保护作用。

3.6 抗氧化

党参的乙醇提取物、水提取物、多糖及低聚糖

成分均表现出对 1,1- 二苯基 -2- 苦基肼 (DPPH) 自由基的清除活性, 其中低聚糖部分的活性最强, 且不同药典品种党参的低聚糖在抗氧化活性上无显著差异^[62]。Wu 等^[63]从川党参中分离得到一种新型多糖 COP-W1, 研究证实其具有强 DPPH 自由基清除能力, 并显示出作为天然抗氧化剂的潜力。帖晓燕等^[56]研究发现, 纹党参经米炒处理后其抗氧化活性进一步增强。另有研究从党参和川党参中分别分离得到党参多糖 CPP-1 与川党参多糖 CTP-1, 二者均能保护猪小肠上皮细胞 (IPEC-J2 细胞) 免受过氧化氢 (H₂O₂) 诱导的氧化应激, 其机制与上调核因子 (红细胞衍生 2) 相关因子 2 (nuclear factor erythroid 2-related factor 2, Nrf2), 及相关抗氧化基因的表达有关。不同基原党参多糖在抗氧化活性上的差异可能源于其结构的不同^[64]。

3.7 抗肿瘤

党参炔苷通过下调谷氨酰胺转运蛋白诱导乳腺癌细胞凋亡, 从而发挥抗癌作用^[65]。苍术内酯 I 可经线粒体依赖途径激活, 诱导人结肠癌细胞发生凋亡^[66]。苍术内酯 II 能显著抑制 IL-4/IL-13 诱导的 M2 样巨噬细胞极化, 具体表现为减少 M2 表面标志物表达、下调特定 M2 相关基因 (精氨酸酶 1、IL-10 和生长转化因子 β), 并抑制 M2 型巨噬细胞介导的人肺腺癌细胞 (A549) 侵袭与迁移能力^[67]。潞党参多糖对宫颈癌细胞 (SiHa) 的增殖、黏附、铺展及迁移运动均具有显著抑制作用^[68]。硒化纹党参多糖对 A549 细胞的抑制率可达 49.36%, 具备作为抗肿瘤候选药物的潜力^[69]。Bai 等^[70]从素花党参中分离得到两种水溶性多糖 CPP1a 与 CPP1c, 二者均可通过影响人肝癌细胞 (HepG2) 的 G2/M 期进程、改变细胞形态、抑制细胞迁移并诱导细胞凋亡。此外, 板桥党参多糖也被证实对肿瘤生长具有抑制作用^[71]。

综上所述, 党参药典品种中所含的多糖、党参炔苷、苍术内酯 I、苍术内酯 II、苍术内酯 III、丁香苷等均能发挥显著的药理作用。然而, 现有研究多基于党参的萃取物、水煎液或醇提物等粗提物开展实验, 对其中发挥药理作用的特定单体化学成分研究尚不深入, 这将是未来研究的重要方向。

4 Q-Marker预测分析

中药 Q-Marker 是指中药材及其产品中固有

或在制备过程中形成的、与中药功能属性密切相关的化学物质，能够作为反映中药安全性和有效性的标示性物质，具有“特有性”“可测性”与“功效关联性”等特征^[72]。本文基于植物亲缘学及化学成分特有性证据，结合传统功效、传统药性、化学成分可测性以及入血成分等角度，对党参药典收录品种的Q-Marker进行预测分析，以期对党参药典品种的质量控制提供参考依据。

4.1 基于植物亲缘学及化学成分特有性证据的Q-Marker预测

我国党参属药用植物资源丰富，但药典目前仅收录党参、素花党参和川党参作为法定品种^[2]。本课题组前期基于内部转录间隔区2（internal transcribed spacer 2, ITS2）序列构建的系统发育树显示，洛党、威党、党参、素花党参与川党参在分子层面上未能完全区分，但可明显与党参属其他物种分开^[73]，表明3种法定党参品种间亲缘关系较近。进一步研究发现，党参与素花党参之间的K2P（Kimura 2-Parameter）遗传距离为0.000，而川党参与党参、素花党参之间的K2P距离为0.010，提示党参与素花党参的遗传背景更为接近，也从分子层面支持了《中国植物志》将素花党参列为党参变种的分类处理^[73]。

陈娟等^[31]建立了同时测定党参中丁香苷、党参炔苷和苍术内酯III含量的HPLC法，为该药材的质量控制提供了可行标准。结合相关药理作用，可考虑将党参炔苷、丁香苷、苍术内酯I与苍术内酯III作为3种党参药典品种共同的Q-Marker。安太勇^[11]对3种法定基原党参的化学成分进行比较，发现党参与素花党参的化学组成较为相似，而与川党参存在较大差异，因而提出苍术内酯II可作为区分党参/素花党参与川党参的潜在Q-Marker。

4.2 基于传统功效的Q-Marker预测分析

党参药材具有健脾益肺、养血生津的功效，临床常用于治疗脾肺气虚、食少倦怠、咳嗽虚喘、气血不足、面色萎黄、心悸气短、津伤口渴及内热消渴等症。现代药理研究表明，党参多糖能够调节脾虚模型小鼠的胃肠激素分泌，增强免疫功能并保护肠黏膜屏障^[74]；党参炔苷则对胃溃疡具有治疗作用^[54]，这些发现从药理活性层面印证了党参“健脾益胃”的传统功效。此外，党参多

糖可抑制慢阻肺脾肺气虚证大鼠的T细胞免疫紊乱，减轻气道炎症反应与肺组织病变，与其“益肺”功效相符^[75]。党参多糖还能有效改善环磷酰胺所致的小鼠贫血^[76]，体现了其“养血”作用。党参多糖与党参炔苷的药理作用与传统功效高度吻合，可作为党参药典品种Q-Marker筛选的重要依据。

4.3 基于传统药性的Q-Marker预测分析

党参药材味甘，性平，归脾、肺经^[2]。中医理论认为，甘味具有补气和中、健脾益肺的功效。党参富含多糖类成分，课题组前期研究表明，甘肃省靖远县所产党参中总多糖含量最高可达64.8%^[77]。根据中医药性理论，甘味的物质基础应兼具甘味的感官特性与相应的功能属性。多糖作为党参“味甘、性平”药性的重要物质体现，可考虑将其列为党参药典品种的Q-Marker。

4.4 基于化学成分可测性的Q-Marker预测分析

曹永凯^[24]采用HPLC法同时测定了党参药典品种中管花党参碱A、党参炔苷和腺苷的含量，其平均含量分别为0.565、0.072、0.099 mg/g。王梦花等^[78]基于HPLC法从党参药典品种中同时检测出党参苷I、党参炔苷宁、党参炔苷及苍术内酯III 4种成分。张小婷等^[79]运用HPLC法测定党参中丁香苷、党参苷I、党参炔苷与苍术内酯III的含量，并结合单因素方差分析、聚类分析、主成分分析及正交偏最小二乘判别分析进行质量评价，明确丁香苷、党参苷I、党参炔苷和苍术内酯III可作为党参药典品种的Q-Marker。综上，党参炔苷、党参炔苷宁、党参苷I、腺苷、丁香苷及苍术内酯III均可作为党参药典品种潜在的Q-Marker。

4.5 基于可入血化学成分成分的Q-Marker预测分析

根据中药化学成分需入血方能发挥药效的理论，为探究党参中成分的体内过程，学者们开展了一系列相关研究。许朋等^[80]通过测定大鼠免疫脏器指数及血清中补体C3、C4、IgG、IgM、IgA以及生长激素、胰岛素样生长因子1、三碘甲状腺原氨酸、甲状腺素和胰岛素水平，评价党参多糖对环磷酰胺所致免疫功能低下大鼠的调节作用，结果表明党参多糖具有显著的免疫增强效果。Xu等^[81]采用超高效液相色谱-质谱联用技术，成功检测到大鼠给药后血浆中的苍术内酯I、II和

III, 建立了快速含量测定方法。Li 等^[82]则建立了 HPLC 波长转移方法, 实现了大鼠血浆中丁香苷的同时定量分析。综上, 多糖、苍术内酯 I、II、III 以及丁香苷均为党参中可入血的成分, 可作为筛选党参药典品种 Q-Marker 的重要依据。

综上所述, 基于中药 Q-Marker 的核心理论, 本研究从成分特有性、植物亲缘学、传统功效与药性、成分可测性及入血成分等多个维度, 对党参药典品种的潜在 Q-Marker 进行了系统预测与分析。在成分特有性与亲缘关系方面, 党参炔苷、丁香苷以及苍术内酯 I、II、III 等特征性成分, 可作为区分不同基原党参的重要化学依据。在传统功效与药性关联方面, 党参多糖在增强免疫、保护胃肠、益肺养血等方面的药理活性, 与党参“健脾益肺、养血生津”的功效及“甘味”药性高度契合, 提示其为党参补益作用的核心物质基础。在成分可测性方面, 党参炔苷、党参炔苷宁、丁香苷、苍术内酯 III、党参苷 I、管花党参碱 A 和腺苷等成分已建立起成熟稳定的含量测定方法, 具备良好的定量分析条件。在药代动力学方面, 多糖、苍术内酯类成分及丁香苷已被证实为入血成分, 为其直接或间接发挥药理效应提供了体内暴露证据。党参多糖、党参炔苷、丁香苷、党参苷 I、管花党参碱 A、腺苷以及苍术内酯 I、II、III 和党参炔苷宁等成分, 兼具特有性、功效关联性、可测性与入血特性, 共同构成了党参药典品种 Q-Marker 的优选范围。本研究为建立以功效为导向的党参质量评价体系提供了科学依据与研究方向。

5 结语

党参属药用植物种类丰富, 但药典仅收录党参、素花党参和川党参作为法定基原。目前, 药典以党参炔苷作为 Q-Marker, 然而现代药理研究表明, 党参具有调节神经、内分泌、免疫、循环、消化系统以及抗氧化、抗肿瘤等多方面的药理活性。作为一种多成分、多靶点协同作用的中药, 仅依靠单一化学成分难以全面保障党参药材的品质稳定与疗效一致。事实上, 不同品种的党参在外观性状和内在成分上均存在明显差异, 化学成分的种类与含量亦有显著区别。因此, 为更有效地控制党参药典品种的质量, 有必要筛选多种 Q-Marker。

基于此, 本文依据 Q-Marker 理论, 以党参药典品种中多个化学成分为研究对象, 结合植物亲缘关系、传统药性功效、成分可测性及入血特性等维度, 初步提出将多糖、党参炔苷、党参苷 I、党参炔苷宁、腺苷、丁香苷、苍术内酯 I 和苍术内酯 III 作为党参药典品种的共性 Q-Marker; 同时, 建议将苍术内酯 II 作为区分党参和素花党参与川党参的特征性 Q-Marker, 并以管花党参碱 A 的含量作为川党参与其他两种法定基原的鉴别依据。后续研究将采用广泛靶向代谢组学等技术, 对不同基原党参进行差异化合物的筛选、鉴定与定量分析, 从而进一步明确其 Q-Marker, 构建科学合理的党参药材质量控制体系, 确保临床用药的准确性、药效的稳定性与疗效的一致性。

参考文献

- 1 李凤超, 李惠敏, 张艺, 等. 党参地方习用品的本草考证[J]. 中国实验方剂学杂志, 2021, 27(15): 132-138. [Li FC, Li HM, Zhang Y, et al. Herbal textual research on local varieties of Codonopsis Radix[J]. Chinese Journal of Experimental Traditional Medical Formulae, 2021, 27(15): 132-138.] DOI: [10.13422/j.cnki.syfjx.20211016](https://doi.org/10.13422/j.cnki.syfjx.20211016).
- 2 中国药典 2025 年. 一部[S]. 2025: 302-303.
- 3 Shi Q, Chen Z, Yang J, et al. Review of Codonopsis Radix biological activities: a plant of traditional Chinese tonic[J]. J Ethnopharmacol, 2024, 332: 118334. DOI: [10.1016/j.jep.2024.118334](https://doi.org/10.1016/j.jep.2024.118334).
- 4 张开弦, 姚秋阳, 任艳, 等. 党参道地品种起源、变迁、现状研究进展[J]. 中成药, 2024, 46(1): 211-216. [Zhang KX, Yao QY, Ren Y, et al. Origin, changes and current status of authentic varieties of Codonopsis Radix[J]. Chinese Traditional Patent Medicine, 2024, 46(1): 211-216.] DOI: [10.3969/j.issn.1001-1528.2024.01.036](https://doi.org/10.3969/j.issn.1001-1528.2024.01.036).
- 5 Dong J, Na Y, Hou A, et al. A review of the botany, ethnopharmacology, phytochemistry, analysis method and quality control, processing methods, pharmacological effects, pharmacokinetics and toxicity of Codonopsis Radix[J]. Front Pharmacol, 2023, 14: 116203. DOI: [10.3389/fphar.2023.1162036](https://doi.org/10.3389/fphar.2023.1162036).
- 6 张璐, 杨莹莹. 高效液相色谱法测定党参多糖的单糖组成及含量[J]. 中国食品添加剂, 2021, 32(12): 163-169. [Zhang L, Yang YY. Determination of monosaccharide composition and content of Codonopsis pilosula polysaccharide by HPLC[J]. China Food Additives, 2021, 32(12): 163-169.] DOI: [10.19804/j.issn1006-2513.2021.12.022](https://doi.org/10.19804/j.issn1006-2513.2021.12.022).
- 7 唐小惠. 纹党参多糖结构鉴定、活性评价及其微胶囊对伤口愈合的影响[D]. 兰州: 兰州理工大学, 2021. DOI: [10.27206/d.cnki.gsgsu.2021.000109](https://doi.org/10.27206/d.cnki.gsgsu.2021.000109).
- 8 徐玉洁. 板党多糖的分离纯化、结构表征及抗炎活性的研究[D]. 武汉: 湖北中医药大学, 2018. <https://d.wanfangdata.com.cn/thesis/D01429171>.
- 9 兰晓燕, 周利, 李翔, 等. 党参的研究进展及其质量标志物的

- 预测分析[J]. 中国中药杂志, 2023, 48(8): 2020–2040. [Lan XY, Zhou L, Li X, et al. Research progress of Codonopsis Radix and prediction of its Q-Markers[J]. China Journal of Chinese Materia Medica, 2023, 48(8): 2020–2040.] DOI: [10.19540/j.cnki.cjcm.20221231.202](https://doi.org/10.19540/j.cnki.cjcm.20221231.202).
- 10 庞维荣, 双少敏, 刘养清. RP-HPLC 法测定党参内酯和党参炔苷的含量及相关性研究[J]. 世界中西医结合杂志, 2008, 3(2): 89–91. [Pang WR, Shuang SM, Liu YQ. RP-HPLC determination of the contents and correlation of atractylenolide and lobetyolin[J]. World Journal of Integrated Traditional and Western Medicine, 2008, 3(2): 89–91.] DOI: [10.3969/j.issn.1673-6613.2008.02.010](https://doi.org/10.3969/j.issn.1673-6613.2008.02.010).
 - 11 安太勇. 不同基源党参及党参硫熏前后的化学成分对比研究[D]. 成都: 成都中医药大学, 2018. <https://d.wanfangdata.com.cn/thesis/D01606022>.
 - 12 He JY, Zhu S, Komatsu K. HPLC/UV analysis of polyacetylenes, phenylpropanoid and pyrrolidine alkaloids in medicinally used Codonopsis Species[J]. Phytochem Anal, 2014, 25(3): 213–219. DOI: [10.1002/pca.2494](https://doi.org/10.1002/pca.2494).
 - 13 冯亚静, 王晓霞, 庄鹏宇, 等. 党参的化学成分研究[J]. 中国中药杂志, 2017, 42(1): 135–139. [Feng YJ, Wang XX, Zhuang PY, et al. Study on chemical constituents of Codonopsis pilosula[J]. China Journal of Chinese Materia Medica, 2017, 42(1): 135–139.] DOI: [10.19540/j.cnki.cjcm.20161222.046](https://doi.org/10.19540/j.cnki.cjcm.20161222.046).
 - 14 王晓霞, 庄鹏宇, 陈金铭, 等. 党参化学成分的研究[J]. 中草药, 2017, 48(9): 1719–1723. [Wang XX, Zhuang PY, Chen JM, et al. Study on chemical constituents of Codonopsis pilosula[J]. Chinese Traditional and Herbal Drugs, 2017, 48(9): 1719–1723.] DOI: [10.7501/j.issn.0253-2670.2017.09.004](https://doi.org/10.7501/j.issn.0253-2670.2017.09.004).
 - 15 Jiang YP, Liu YF, Guo QL, et al. Acetylenes and fatty acids from Codonopsis pilosula[J]. Acta Pharm Sin B, 2015, 5(3): 215–222. DOI: [10.1016/j.apsb.2015.03.005](https://doi.org/10.1016/j.apsb.2015.03.005).
 - 16 Jiang YP, Liu YF, Guo QL, et al. C14-polyacetylenol glycosides from the roots of Codonopsis pilosula[J]. J Asian Nat Prod Res, 2015, 17(12): 1–14. DOI: [10.1080/10286020.2015.1112797](https://doi.org/10.1080/10286020.2015.1112797).
 - 17 Jiang YP, Liu YF, Guo QL, et al. C14-polyacetylene glucosides from Codonopsis pilosula[J]. J Asian Nat Prod Res, 2015, 17(6): 601–614. DOI: [10.1080/10286020.2015.1041932](https://doi.org/10.1080/10286020.2015.1041932).
 - 18 孙甲友. I. 川芎和党参的化学成分研究; II. 野棉花地上部分抗炎镇痛药效作用评价[D]. 银川: 宁夏医科大学, 2016. <https://d.wanfangdata.com.cn/thesis/D01144745>.
 - 19 Sun J, Wang L, Wang M, et al. Two new polyacetylene glycosides from the roots of *Codonopsis tangshen* Oliv.[J]. Nat Prod Res, 2016, 30(20): 2338–2343. DOI: [10.1080/14786419.2016.1174230](https://doi.org/10.1080/14786419.2016.1174230).
 - 20 Tsai TH, Lin LC. Phenolic glycosides and pyrrolidine alkaloids from Codonopsis tangshen[J]. Chem Pharm Bull (Tokyo), 2008, 56(11): 1546–1550. DOI: [10.1248/cpb.56.1546](https://doi.org/10.1248/cpb.56.1546).
 - 21 Lin LC, Tsai TH, Kuo CL. Chemical constituents comparison of Codonopsis tangshen, Codonopsis pilosula var. modesta and Codonopsis pilosula[J]. Nat Prod Res, 2013, 27(19): 1812–1815. DOI: [10.1080/14786419.2013.778849](https://doi.org/10.1080/14786419.2013.778849).
 - 22 关琳静. 不同来源党参成分含量测定及党参 HPLC 特征图谱研究[D]. 太原: 山西医科大学, 2015. DOI: [10.7666/d.D649717](https://doi.org/10.7666/d.D649717).
 - 23 Li CY, Xu HX, Han QB, et al. Quality assessment of Radix Codonopsis by quantitative nuclear magnetic resonance[J]. J Chromatogr A, 2009, 1216(11): 2124–2129. DOI: [10.1016/j.chroma.2008.10.080](https://doi.org/10.1016/j.chroma.2008.10.080).
 - 24 曹永凯. 党参质量评价研究[D]. 广州: 广州中医药大学, 2012. <https://cdmd.cnki.com.cn/Article/CDMD-10572-1016031176.htm>.
 - 25 He JY, Zhu S, Goda Y, et al. Quality evaluation of medicinally-used Codonopsis Species and Codonopsis Radix based on the contents of pyrrolidine alkaloids, phenylpropanoid and polyacetylenes[J]. J Nat Med, 2014, 68(2): 326–339. DOI: [10.1007/s11418-013-0801-0](https://doi.org/10.1007/s11418-013-0801-0).
 - 26 Wakana D, Kawahara N, Goda Y. Two new pyrrolidine alkaloids, codonopsinol C and codonopiloside A, isolated from Codonopsis pilosula[J]. Chem Pharm Bull, 2013, 61(12): 1315–1317. DOI: [10.1248/cpb.c13-00516](https://doi.org/10.1248/cpb.c13-00516).
 - 27 贺庆, 朱恩圆, 王峥涛, 等. 党参化学成分的研究[J]. 中国药理学杂志, 2006, 41(1): 10–12. [He Q, Zhu EY, Wang ZT, et al. Study on chemical constituents of Codonopsis pilosula[J]. Chinese Pharmaceutical Journal, 2006, 41(1): 10–12.] DOI: [10.3321/j.issn:1001-2494.2006.01.005](https://doi.org/10.3321/j.issn:1001-2494.2006.01.005).
 - 28 王峥涛, 徐国钧, 服部征雄, 等. 党参化学成分的分离鉴定[J]. 中国药科大学学报, 1988, (1): 61. [Wang ZT, Xu GJ, Fubu ZX, Isolation and identification of chemical components in Codonopsis pilosula[J]. Journal of China Pharmaceutical University, 1988, (1): 61.] DOI: [CNKI:SUN:ZGYD.0.1988-01-021](https://doi.org/CNKI:SUN:ZGYD.0.1988-01-021).
 - 29 郑涛, 晏永明, 徐福荣, 等. 潞党参化学成分研究[J]. 天然产物研究与开发, 2017, 29(10): 1642–1647. [Zheng T, Yan YM, Xu FR, et al. Compounds from Codonopsis pilosula[J]. Natural Product Research and Development, 2017, 29(10): 1642–1647.] DOI: [10.16333/j.1001-6880.2017.10.002](https://doi.org/10.16333/j.1001-6880.2017.10.002).
 - 30 安太勇, 陈晓虎, 张梅, 等. UPLC-Q-Exactive 四极杆-静电场轨道阱高分辨质谱联用快速分析川党参的化学成分[J]. 中草药, 2018, 49(7): 1533–1542. [An TY, Chen XH, Zhang M, et al. Rapid analysis on chemical constituents in roots of Codonopsis tangshen by UPLC coupled with Q-exactive quadrupole-orbitrap mass spectrometry[J]. Chinese Traditional and Herbal Drugs, 2018, 49(7): 1533–1542.] DOI: [10.7501/j.issn.0253-2670.2018.07.008](https://doi.org/10.7501/j.issn.0253-2670.2018.07.008).
 - 31 陈娟, 陈瑞明, 孟雪, 等. 高效液相色谱法同时测定党参中 3 种指标性成分含量[J]. 中国药业, 2021, 30(5): 69–72. [Chen J, Chen RM, Meng X, et al. Simultaneous determination of three indexes components in Codonopsis pilosula by HPLC[J]. China Pharmaceuticals, 2021, 30(5): 69–72.] DOI: [10.3969/j.issn.1006-4931.2021.05.018](https://doi.org/10.3969/j.issn.1006-4931.2021.05.018).
 - 32 张靖, 徐筱杰, 徐文, 等. HPLC-LTQ-Orbitrap-MSⁿ 快速鉴别党参药材中化学成分[J]. 中国实验方剂学杂志, 2015, 21(9): 59–63. [Zhang J, Xu XJ, Xu W, et al. Rapid identification of chemical constituents from Codonopsis Radix by HPLC-LTQ-Orbitrap-MSⁿ[J]. Chinese Journal of Experimental Traditional Medical Formulae, 2015, 21(9): 59–63.] DOI: [10.13422/j.cnki.syfx.2015090059](https://doi.org/10.13422/j.cnki.syfx.2015090059).
 - 33 黄圆圆, 张元, 康利平, 等. 党参属植物化学成分及药理活

- 性研究进展[J]. 中草药, 2018, 49(1): 239–250. [Huang YY, Zhang Y, Kang LP, et al. Research progress on chemical constituents and their pharmacological activities of plant from *Codonopsis*[J]. Chinese Traditional and Herbal Drugs, 2018, 49(1): 239–250.] DOI: [10.7501/j.issn.0253-2670.2018.01.033](https://doi.org/10.7501/j.issn.0253-2670.2018.01.033).
- 34 李桂秀, 任子瑜, 李震宇, 等. 一测多评法测定党参中党参炔苷、党参苷 IV 和苍术内酯 III 的含量[J]. 山西大学学报(自然科学版), 2011, 34(S2): 90–95. [Li GX, Ren ZY, Li ZY, et al. Assay of lobetyolin, tangshenoside IV and atractyloide III in *Radix Codonopsis* by QAMS[J]. Journal of Shanxi University (Natural Science Edition), 2011, 34(S2): 90–95.] DOI: [10.13451/j.cnki.shanxi.univ\(nat.sci.\).2011.s2.020](https://doi.org/10.13451/j.cnki.shanxi.univ(nat.sci.).2011.s2.020).
- 35 刘付松, 陈翠莎, 孙佩, 等. 不同品种及采收期党参药材中 5 种有效成分含量的比较研究[J]. 中国药房, 2020, 31(14): 1677–1682. [Liu FS, Chen CS, Sun P, et al. Comparative study on contents of 5 active ingredients in different varieties and harvesting periods of *Codonopsis Radix*[J]. China Pharmacy, 2020, 31(14): 1677–1682.] DOI: [10.6039/j.issn.1001-0408.2020.14.03](https://doi.org/10.6039/j.issn.1001-0408.2020.14.03).
- 36 Wakana D, Kawahara N, Goda Y. Three new triterpenyl esters, codonopilates A–C, isolated from *Codonopsis pilosula*[J]. J Nat Med, 2011, 65(1): 18–23. DOI: [10.1007/s11418-010-0447-0](https://doi.org/10.1007/s11418-010-0447-0).
- 37 王建忠, 王锋鹏. 川党参的化学成分研究[J]. 天然产物研究与开发, 1996, (2): 8–12. [Wang JZ, Wang FP. Research on the chemical components of *Codonopsis tangshen* Oliv. [J]. Natural Product Research and Development, 1996, (2): 8–12.] DOI: [10.16333/j.1001-6880.1996.02.002](https://doi.org/10.16333/j.1001-6880.1996.02.002).
- 38 刘玉兰, 姚丽, 张吉平, 等. 党参化学成分系统研究进展[J]. 山东医药工业, 1999, (1): 35–36. [Liu YL, Yao L, Zhang JP, et al. Progress in the study of chemical composition system of *Codonopsis pilosula*[J]. Journal of Pharmaceutical Research, 1999, (1): 35–36.] DOI: [CNKI:SUN:SDYC.0.1999-01-033](https://doi.org/10.16333/j.1001-6880.1996.02.002).
- 39 Liu Y, Zhu X, Tong X, et al. Syringin protects against cerebral ischemia/reperfusion injury via inhibiting neuroinflammation and TLR4 signaling[J]. Perfusion, 2022, 37(6): 562–569. DOI: [10.1177/02676591211007025](https://doi.org/10.1177/02676591211007025).
- 40 Zhou Y, Huang S, Wu F, et al. Atractylenolide III reduces depressive- and anxiogenic-like behaviors in rat depression models[J]. Neurosci Lett, 2021, 759: 136050. DOI: [10.1016/j.neulet.2021.136050](https://doi.org/10.1016/j.neulet.2021.136050).
- 41 Wang C, Hui J, Zhu X, et al. Lobetyolin efficiently promotes angiogenesis and neuronal development in transgenic zebrafish[J]. Natural Product Communications, 2020, 15(8): 1–7. DOI: [10.1177/1934578X20937174](https://doi.org/10.1177/1934578X20937174).
- 42 Greene RW, Bjorness TE, Suzuki A. The adenosine-mediated, neuronal–glial, homeostatic sleep response[J]. Curr Opin Neurobiol, 2017, 44: 236–242. DOI: [10.1016/j.conb.2017.05.015](https://doi.org/10.1016/j.conb.2017.05.015).
- 43 Liu JH, Bao YM, Song JJ, et al. *Codonopsis pilosula* (Franch.) Nannf. total alkaloids potentiate neurite outgrowth induced by nerve growth factor in PC12 cells[J]. Acta Pharmacol Sin, 2003, 24(9): 913–917. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/12956941/>.
- 44 叶文斌, 杨文, 陈耀年, 等. 纹党和红芪加工废弃物中活性多糖对衰老小鼠学习记忆能力和抗疲劳作用的影响[J]. 甘肃农业大学学报, 2021, 56(2): 18–24. [Ye WB, Yang W, Chen YN, et al. Effects of bioactive polysaccharides from processed waste of *Codonopsis pilosula* and *Hedysarum polybotrys* on learning and memory ability and antifatigue in aging mice[J]. Journal of Gansu Agricultural University, 2021, 56(2): 18–24.] DOI: [10.13432/j.cnki.jgsau.2021.02.003](https://doi.org/10.13432/j.cnki.jgsau.2021.02.003).
- 45 罗洪斌, 刘翔宇, 牟南樵, 等. 板桥党参对激活 GSK-3 β 诱导的 AD 模型大鼠认知功能障碍的保护作用及其机制[J]. 中国药理学通报, 2017, 33(8): 1060–1067. [Luo HB, Liu XY, Mou NQ, et al. Banqiao *Codonopsis pilosula* improves cognitive dysfunction induced by high GSK-3 β activity and its possible mechanism[J]. Chinese Pharmacological Bulletin, 2017, 33(8): 1060–1067.] DOI: [10.3969/j.issn.1001-1978.2017.08.006](https://doi.org/10.3969/j.issn.1001-1978.2017.08.006).
- 46 Jia W, Bi Q, Jiang S, et al. Hypoglycemic activity of *Codonopsis pilosula* (Franch.) Nannf. *in vitro* and *in vivo* and its chemical composition identification by UPLC–Triple–TOF–MS/MS[J]. Food Funct, 2022, 13(5): 2456–2464. DOI: [10.1039/d1fo03761g](https://doi.org/10.1039/d1fo03761g).
- 47 Lu XY, Zhou FH, Dong YQ, et al. *Codonopsis tangshen* Oliv. amelioration effect on diabetic kidney disease rats induced by high fat diet feeding combined with streptozotocin[J]. Nat Prod Bioprospect, 2018, 8(6): 441–451. DOI: [10.1007/s13659-018-0187-5](https://doi.org/10.1007/s13659-018-0187-5).
- 48 Zou YF, Zhang YY, Fu YP, et al. A polysaccharide isolated from *Codonopsis pilosula* with immunomodulation effects both *in vitro* and *in vivo*[J]. Molecules, 2019, 24(20): 3632. DOI: [10.3390/molecules24203632](https://doi.org/10.3390/molecules24203632).
- 49 时菲菲, 王姐姐, 曹金花, 等. 双连续型党参多糖纳米乳对免疫抑制小鼠的免疫调节作用[J]. 动物营养学报, 2020, 32(12): 5925–5931. [Shi FF, Wang DD, Cao JH, et al. Immunomodulatory effects of W/O/W *Codonopsis pilosula* polysaccharide nanoemulsion on immunosuppressed mice[J]. Chinese Journal of Animal Nutrition, 2020, 32(12): 5925–5931.] DOI: [10.3969/j.issn.1006-267x.2020.12.046](https://doi.org/10.3969/j.issn.1006-267x.2020.12.046).
- 50 张培. 纹党果胶多糖 CPP1c 结构解析、抗肿瘤活性及免疫活性研究[D]. 兰州: 兰州大学, 2016. DOI: [10.27204/d.cnki.glzhu.2016.000051](https://doi.org/10.27204/d.cnki.glzhu.2016.000051).
- 51 李开菊, 陈文倩, 周霞, 等. 素花党参多糖对乌鸡生长性能、免疫功能、血常规及肠道菌群的影响[J]. 四川畜牧兽医, 2017, 44(10): 32–34, 36. [Li KJ, Chen WQ, Zhou X, et al. Effects of *Codonopsis pilosula* polysaccharides on the production performance, immune function, routine blood indexes and intestinal microflora of black-bone chicken[J]. Sichuan Animal & Veterinary Sciences, 2017, 44(10): 32–34, 36.] DOI: [CNKI:SUN:SCXS.0.2017-10-015](https://doi.org/10.16333/j.1001-6880.1996.02.002).
- 52 王先丽, 陈龙菊. 富硒板党对老龄大鼠免疫功能的影响及其机制[J]. 中国应用生理学杂志, 2014, 30(5): 401–404. [Wang XL, Chen LJ. Effects of the rich selenium–Banqiao–*Codonopsis pilosula* on the aged rats' immune functions and its underlying mechanism[J]. Chinese Journal of Applied Physiology, 2014, 30(5): 401–404.] DOI: [10.13459/j.cnki.cjap.2014.05.005](https://doi.org/10.13459/j.cnki.cjap.2014.05.005).
- 53 Qu L, Shi K, Xu J, et al. Atractylenolide–I targets SPHK1 and B4GALT2 to regulate intestinal metabolism and flora composition to improve inflammation in mice with colitis[J]. Phytomedicine, 2022, 98: 153945. DOI: [10.1016/j.phymed.2022.153945](https://doi.org/10.1016/j.phymed.2022.153945).
- 54 宋丹, 王峥涛, 李隆云, 等. 党参炔苷对胃溃疡模型大

- 鼠胃黏膜损伤保护作用的研究[J]. 中国中医急症, 2008, 17(7): 963–964, 986. [Song D, Wang ZT, Li LY, et al. Protective effect of lobetyotin oil gastric mucosa of experimental gastric ulcer in rats[J]. Journal of Emergency in Traditional Chinese Medicine, 2008, 17(7): 963–964, 986.] DOI: [10.3969/j.issn.1004-745X.2008.07.048](https://doi.org/10.3969/j.issn.1004-745X.2008.07.048).
- 55 Li J, Wang T, Zhu Z, et al. Structure features and anti-gastric ulcer effects of inulin-type fructan CP-A from the roots of *Codonopsis pilosula* (Franch.) Nannf.[J]. Molecules, 2017, 22(12). DOI: [10.3390/molecules22122258](https://doi.org/10.3390/molecules22122258).
 - 56 帖晓燕, 张云鹤, 张文广, 等. 纹党米炒前后体外抗氧化活性及干预脾虚泄泻大鼠的药效对比研究[J]. 中草药, 2021, 52(22): 6871–6880. [Tie XY, Zhang YH, Zhang WG, et al. Comparative study on effects of *Codonopsis Radix* before and after stir-baking with rice on anti-oxidation *in vitro* and regulation of immune function and digestive absorption in diarrhea rats with spleen deficiency[J]. Chinese Traditional and Herbal Drugs, 2021, 52(22): 6871–6880.] DOI: [10.7501/j.issn.0253-2670.2021.22.012](https://doi.org/10.7501/j.issn.0253-2670.2021.22.012).
 - 57 Tang XM, Liao ZK, Huang YW, et al. Atractylenolide I protects against lipopolysaccharide-induced disseminated intravascular coagulation by anti-inflammatory and anticoagulation effect[J]. Asian Pac J Trop Med, 2017, 10(6): 582–587. DOI: [10.1016/j.apjtm.2017.06.007](https://doi.org/10.1016/j.apjtm.2017.06.007).
 - 58 Cao M, Yu C, Yao Z, et al. Atractylodesin III maintains mitochondrial function and inhibits Caspase-3 activity to reverse apoptosis of cardiomyocytes in AMI rats[J]. Int J Clin Exp Pathol, 2019, 12(1): 198–204. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/31933734/>.
 - 59 Wang JN, Kan CD, Lee LT, et al. Herbal extract from *Codonopsis pilosula* (Franch.) Nannf. enhances cardiogenic differentiation and improves the function of infarcted rat hearts[J]. Life (Basel), 2021, 11(5): 422. DOI: [10.3390/life11050422](https://doi.org/10.3390/life11050422).
 - 60 李义波, 杨柏龄, 侯茜, 等. 党参多糖对小鼠造血干细胞衰老相关蛋白 p53、p21、Bax 和 Bcl-2 的影响[J]. 解放军药学学报, 2017, 33(2): 120–124. [Li YB, Yang BL, Hou Q, et al. Effect of *Codonopsis polysaccharide* on protein expression of p53, p21, Bax and Bcl-2 associated with aging of hematopoietic stem cells in mice[J]. Pharmaceutical Journal of Chinese People's Liberation Army, 2017, 33(2): 120–124.] DOI: [10.3969/j.issn.1008-9926.2017.02.004](https://doi.org/10.3969/j.issn.1008-9926.2017.02.004).
 - 61 谭志鑫, 肖本见, 廖艳华. 板党硒多糖对大鼠肢体缺血/再灌注后心肌损伤的影响[J]. 湖北民族学院学报(医学版), 2010, 27(4): 11–13. [Tan ZX, Xiao BJ, Liao YH. Effects of Se-polysaccharides in *Codonopsis pilosula* from Banqiao on myocardium injury in rat suffering from limb ischemia reperfusion[J]. Journal of Hubei Minzu University (Medical Edition) 2010, 27(4): 11–13.] DOI: [10.3969/j.issn.1008-8164.2010.04.004](https://doi.org/10.3969/j.issn.1008-8164.2010.04.004).
 - 62 马铭. 党参低聚糖的 DPPH 自由基清除活性及免疫活性研究[D]. 兰州: 兰州大学, 2019. DOI: [10.27204/d.cnki.glzhu.2019.000349](https://doi.org/10.27204/d.cnki.glzhu.2019.000349).
 - 63 Wu Q, Luo M, Yao X, et al. Purification, structural characterization, and antioxidant activity of the COP-W1 polysaccharide from *Codonopsis tangshen* Oliv.[J]. Carbohydr Polym, 2020, 236: 116020. DOI: [10.1016/j.carbpol.2020.116020](https://doi.org/10.1016/j.carbpol.2020.116020).
 - 64 Zou YF, Zhang YY, Paulsen BS, et al. New pectic polysaccharides from *Codonopsis pilosula* and *Codonopsis tangshen*: structural characterization and cellular antioxidant activities[J]. J Sci Food Agric, 2021, 101(14): 6043–6052. DOI: [10.1002/jsfa.11261](https://doi.org/10.1002/jsfa.11261).
 - 65 Chen Y, Tian Y, Jin G, et al. Lobetyolin inhibits the proliferation of breast cancer cells via ASC2 down-regulation-induced apoptosis[J]. Hum Exp Toxicol, 2021, 40(12): 2074–2086. DOI: [10.1177/09603271211021476](https://doi.org/10.1177/09603271211021476).
 - 66 Chan KWK, Chung YH, Ho SW, et al. Anti-tumor activity of atractylenolide I in human colon adenocarcinoma *in vitro*[J]. Molecules, 2020, 25(1): 212–212. DOI: [10.3390/molecules25010212](https://doi.org/10.3390/molecules25010212).
 - 67 Zhang Y, Liu Y, Wang J, et al. Atractylenolide II inhibits tumor-associated macrophages (TAMs)-induced lung cancer cell metastasis[J]. Immunopharmacol Immunotoxicol, 2022, 44(2): 227–237. DOI: [10.1080/08923973.2022.2037629](https://doi.org/10.1080/08923973.2022.2037629).
 - 68 胡建燃, 李平, 雷海英, 等. 潞党参多糖对宫颈癌细胞 SiHa 增殖和迁移的影响[J]. 生物技术通报, 2017, 33(5): 159–163. [Hu JR, Li P, Lei HY, et al. Effects of polysaccharides from Lu Dangshen (*Codonopsis pilosula*) on proliferation and migration of human cervical siha[J]. Biotechnology Bulletin, 2017, 33(5): 159–163.] DOI: [10.13560/j.cnki.biotech.bull.1985.2016-0953](https://doi.org/10.13560/j.cnki.biotech.bull.1985.2016-0953).
 - 69 陈文霞, 张培, 高霞, 等. 硒化纹党参多糖和其抗 A549 细胞的活性[J]. 中成药, 2015, 37(11): 2408–2413. [Chen WX, Zhang P, Gao X, et al. Selenylation of polysaccharides from *Codonopsis pilosula* and its inhibition against A549 cells[J]. Chinese Traditional Patent Medicine, 2015, 37(11): 2408–2413.] DOI: [10.3969/j.issn.1001-1528.2015.11.015](https://doi.org/10.3969/j.issn.1001-1528.2015.11.015).
 - 70 Bai R, Li W, Li Y, et al. Cytotoxicity of two water-soluble polysaccharides from *Codonopsis pilosula* Nannf. var. *modesta* (Nannf.) L.T.Shen against human hepatocellular carcinoma HepG2 cells and its mechanism[J]. Int J Biol Macromol, 2018, 120 (Pt B): 1544–1550. DOI: [10.1016/j.ijbiomac.2018.09.123](https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2018.09.123).
 - 71 杨瑾, 刘杰书, 袁德培. 板桥党参多糖体内抗肿瘤活性实验研究[J]. 中国处方药, 2014, 12(3): 25–26. [Yang J, Liu JS, Yuan DP. Experimental study on the anti-tumor activity of Banqiao *Codonopsis pilosula* polysaccharides *in vivo*[J]. Journal of China Prescription Drug, 2014, 12(3): 25–26.] DOI: [CNKI:SUN:ZGCF.0.2014-03-014](https://doi.org/CNKI:SUN:ZGCF.0.2014-03-014).
 - 72 刘昌孝, 陈士林, 肖小河, 等. 中药质量标志物 (Q-Marker): 中药产品质量控制的新概念[J]. 中草药, 2016, 47(9): 1443–1457. [Liu CX, Chen SL, Xiao XH, et al. A new concept on quality marker of Chinese materia medica: quality control for Chinese medicinal products[J]. Chinese Traditional and Herbal Drugs, 2016, 47(9): 1443–1457.] DOI: [10.7501/j.issn.0253-2670.2016.09.001](https://doi.org/10.7501/j.issn.0253-2670.2016.09.001).
 - 73 Zhang KX, Zhang DL, Yang QF, et al. Integrated widely targeted metabolomics and network pharmacology revealed quality disparities between Guizhou and conventional producing areas of *Codonopsis Radix*[J]. Front Nutr, 2023, 10: 1271817. DOI: [10.3389/fnut.2023.1271817](https://doi.org/10.3389/fnut.2023.1271817).
 - 74 孟静一, 曹玲亚, 李建宽, 等. 党参多糖对番泻叶所致脾虚模型小鼠的补脾作用研究[J]. 中国药房, 2021, 32(10): 1209–1214. [Meng JY, Cao LY, Li JK, et al. Study on the tonifying spleen

- effect of *Codonopsis pilosula* polysaccharides on sennae folium-induced spleen-deficiency model mice[J]. *China Pharmacy*, 2021, 32(10): 1209–1214. DOI: [10.6039/j.issn.1001-0408.2021.10.09](https://doi.org/10.6039/j.issn.1001-0408.2021.10.09).
- 75 林小玲, 方草, 柯维强. 党参多糖调控 NF- κ B 信号通路对慢性阻塞性肺疾病大鼠 T 细胞免疫紊乱和气道炎症的影响[J]. *天津中医药*, 2021, 38(6): 788–793. [Lin XL, Fang C, Ke WQ. *Codonopsis pilosula* polysaccharides regulate NF- κ B signaling pathway to alleviate T cell immune disorders and airway inflammation in rats with chronic obstructive pulmonary disease[J]. *Tianjin Journal of Traditional Chinese Medicine*, 2021, 38(6): 788–793.] DOI: [10.11656/j.issn.1672-1519.2021.06.24](https://doi.org/10.11656/j.issn.1672-1519.2021.06.24).
- 76 邢秀玲, 赵海鹰, 李丽君, 等. 党参多糖对环磷酰胺所致小鼠贫血的治疗效果观察[J]. *临床误诊误治*, 2022, 35(1): 99–102. [Xing XL, Zhao HY, Li LJ, et al. Therapeutic effectiveness of *Codonopsis pilosula* polysaccharide on mice with anemia induced by cyclophosphamide[J]. *Clinical Misdiagnosis & Mistherapy*, 2022, 35(1): 99–102.] DOI: [10.3969/j.issn.1002-3429.2022.01.023](https://doi.org/10.3969/j.issn.1002-3429.2022.01.023).
- 77 段耿婷, 刘付松, 张澜, 等. 不同产地党参的总硒、蛋白质、多糖含量及土壤总硒含量的相关性分析[J]. *中南药学*, 2023, 21(3): 777–783. [Duan GT, Liu FS, Zhang L, et al. Correlation between total selenium, protein and polysaccharide content of *Codonopsis Radix* and soil selenium content in different areas[J]. *Central South Pharmacy*, 2023, 21(3): 777–783.] DOI: [10.7539/j.issn.1672-2981.2023.03.037](https://doi.org/10.7539/j.issn.1672-2981.2023.03.037).
- 78 王梦花, 孔文茹, 王智璠, 等. HPLC 同时测定党参中 4 种成分含量[J]. *食品与药品*, 2024, 26(5): 454–457. [Wang MH, Kong WR, Wang ZF, et al. Simultaneous determination of four components in *Codonopsis Radix* by HPLC[J]. *Food and Drug*, 2024, 26(5): 454–457.] DOI: [10.3969/j.issn.1672-979X.2024.05.015](https://doi.org/10.3969/j.issn.1672-979X.2024.05.015).
- 79 张小婷, 张芮铭, 牛媛婧, 等. 基于多成分含量测定及化学计量学的党参质量评价[J]. *中药材*, 2022, 45(10): 2411–2417. [Zhang XT, Zhang RM, Niu YJ, et al. Quality evaluation of *Codonopsis Radix* based on multi-component content determination and chemometrics[J]. *Journal of Chinese Medicinal Materials*, 2022, 45(10): 2411–2417.] DOI: [10.13863/j.issn1001-4454.2022.10.023](https://doi.org/10.13863/j.issn1001-4454.2022.10.023).
- 80 许朋, 余兰, 冯昆. 党参多糖的提取及体内外免疫作用的研究[J]. *哈尔滨医药*, 2018, 38(4): 301–303. [Xu P, Yu L, Feng K. Extraction of polysaccharides from *Codonopsis pilosula* *in vivo*, *in vitro* immunization of polysaccharide[J]. *Harbin Medical Journal*, 2018, 38(4): 301–303.] DOI: [CNKI:SUN:HBY.0.2018-04-001](https://doi.org/CNKI:SUN:HBY.0.2018-04-001).
- 81 Xu S, Qi X, Liu Y, et al. UPLC-MS/MS of atractylenolide I, atractylenolide II, atractylenolide III, and atractyloside A in rat plasma after oral administration of raw and wheat bran-processed *Atractylodis Rhizoma*[J]. *Molecules*, 2018, 23(12): 3234. DOI: [10.3390/molecules23123234](https://doi.org/10.3390/molecules23123234).
- 82 Li Q, Sun LX, Xu L, et al. Determination and pharmacokinetic study of syringin and chlorogenic acid in rat plasma after administration of Aidi lyophilizer[J]. *Biomed Chromatogr*, 2006, 20(12): 1315–1320. DOI: [10.1002/bmc.698](https://doi.org/10.1002/bmc.698).

收稿日期: 2025 年 04 月 16 日 修回日期: 2025 年 11 月 02 日
本文编辑: 钟巧妮 李 阳