DOI:10.13193/j.issn.1673-7717.2026.09.016

山药的现代研究及其质量标志物预测分析

黄新雨,苗明三,王灿
(河南中医药大学,豫药全产业链研发河南省协同创新中心,河南 郑州 450046)

摘要:山药在中国有着悠久的药用和食用历史,其富含皂苷类、多糖类、多酚类、氨基酸和蛋白质、甾醇类等多种化学成分,具有抗氧化、降血糖、降血脂、抗肿瘤以及调节肠胃功能等多种药理作用,在医疗、食品、保健等领域应用广泛。系统整理了山药的化学成分和药理作用,并从植物亲缘学及特征成分、有效性、可入血成分、中药配伍4个方面以及通过网络药理学评价对山药的质量标志物(Quality Marker,Q-Marker)进行预测分析,初步预测豆甾醇、佛手酮、山药酮C、薯蓣皂苷可作为质量标志物,以期为山药的临床用药和质量控制提供依据。

关键词:山药;化学成分;药理作用;质量标志物
中图分类号:R285 **文献标志码**:A **文章编号**:1673-7717(2026)09-0086-12

Modern Studies on Shanyao(Rhizoma Dioscoreae) and Its Predictive Analysis of Quality Markers

HUANG Xinyu,MIAO Mingsan,WANG Can
(Henan Provincial Collaborative Innovation Center of Henan University of Chinese Medicine,Zhengzhou 450046,Henan,China)

Abstract:Shanyao(Rhizoma Dioscoreae) has a long history of medicinal use and consumption in China,which is rich in saponins,polysaccharides,polyphenols,amino acids and proteins,sterols and other chemical compositions,with antioxidant,hypoglycemic,hypolipidemic,anti-tumor and regulating gastrointestinal functions and a variety of pharmacological effects in the field of medical treatment,food,health care and other areas of wide application. The paper systematically organized the chemical composition and pharmacological effects of Shanyao(Rhizoma Dioscoreae),and predicted and analyzed the quality marker(Q-Marker) of Shanyao(Rhizoma Dioscoreae) from four aspects,namely,plant affinity and characteristic components,potency,blood-accessible components and traditional Chinese medicine compounding,as well as through the network pharmacological evaluation,and preliminarily predicted that Stigmasterol,Kadsurenone,hancinone C and diosgenin can be used as Q-Markers,with a view to providing a basis for the clinical use and quality control of Shanyao(Rhizoma Dioscoreae).

Keywords:Shanyao(Rhizoma Dioscoreae);chemical composition;pharmacological effects;quality marker

山药(*Rhizoma Dioscoreae*)为薯蓣科薯蓣(*Dioscorea opposita Thunb.*)的干燥根茎,是我国药食同源的传统中药材之一,具有独特口感和良好的药用价值[1]。它具有补脾养胃、生津益肺、补肾涩精之功效,可用于脾虚食少,久泻不止,肺虚喘咳,肾虚遗精,带下尿频,虚热清渴。麸炒山药补脾健胃,用于脾虚食少,泄泻便溏,白带过多等症状。现代研究表明,山药富含皂苷、多糖、多酚、甾醇、氨基酸和蛋白质等化学成分,具有抗氧化、降糖、降血脂、抗肿瘤和调节胃肠道等多种生理功效,临床应用广泛,常用于治疗糖尿病、肾炎和癌症等疾病[2]。但在多数研究课题中仅以山药皂苷、多糖等作为山药质量评价指标[3],难以对其整体质量全面综合评价。因此,本文整理归纳了近年来山药的相关文献报道,综合论述山药的化学成分和药理作用,并基于植物亲缘学及特征成分、有效性、可入血成分、中药配伍4个方面以及通过网络药理学评价对山药的质量标志物(Q-Marker)进行预测分析,以期为山药的临床用药和质量控制提供依据。

基金项目:国家中医药管理局岐黄学者项目(国中医药人教函〔2022〕6号);河南省重点科技计划项目(232301420019);河南省杰出外国专家工作室项目(38103029-2024);河南省重大专项(221100310400);河南省中医药科学研究专项(2024ZYZD15);河南省重点研发专项(241111311500);河南省重大公益专项(201300310100);河南省高等学校重点科研项目(25CY021)

作者简介:黄新雨(2002-),男,河南许昌人,硕士在读,研究方向:中药学。
通讯作者:苗明三(1965-),男,河南新乡人,教授,博士研究生导师,博士,研究方向:中药学。E-mail:miaomingsan@163.com。
王灿(1980-),女,河南驻马店人,教授,硕士研究生导师,博士,研究方向:中药药效学。E-mail:wangjiucan@163.com。

1 化学成分

山药的营养价值丰富,是众所周知的滋养补品,其主要活性成分包括皂苷类、多糖类、多酚类、氨基酸和蛋白质、甾醇类等。

1.1 皂苷类 山药中含有多种皂苷类成分。何凤玲等[4]使用大孔树脂柱吸附法将山药乙醇提取物经乙醇洗脱、分离纯化

后得到黄酮和总皂苷。范晓阳等[5]总结出山药总皂苷主要包括薯蓣皂苷、原薯蓣皂苷和延龄草皂苷等活性成分。具体成分见表 1。

1.2 多糖类 山药水提液中含有大量多糖,主要是由葡萄糖、甘露糖和岩藻糖等组成[6]。叶美芝等[7]利用三氯乙酸溶液提取法得到山药皮多糖 CYPP-1 和 CYPP-2。具体成分见表 2。

1.3 多酚类 多酚类物质也是山药活性成之一,包括酚酸类、黄酮类和花色苷类等多种化合物[8],其中黄酮类成分为主要的酚类物质。具体成分见表 3。

1.4 氨基酸与蛋白质 山药中含有多种氨基酸和蛋白质,有较高的营养和药用价值。朱会丽等[11]通过全自动氨基酸分析仪检测 20 种山药中氨基酸的含量。戴榕等[12]采用酶解和水提醇沉两种方法从怀山药全粉中分离出山药黏蛋白。具体成分见表 4。

1.5 甾醇类 甾醇类成分是山药主要活性物质之一,杨静等[13]利用高效液相色谱(HPLC)法首次对不同产地山药中的 3 种植物甾醇进行含量测定。王晨慧等[14]采用气相色谱-串联质谱(GC-MS)技术测定山药酒中 4 种植物甾醇的含量。具体成分见表 5。

1.6 脂肪酸类 王勇等[15]通过气相色谱-质谱联用技术,对

表 1 山药中皂苷类化合物

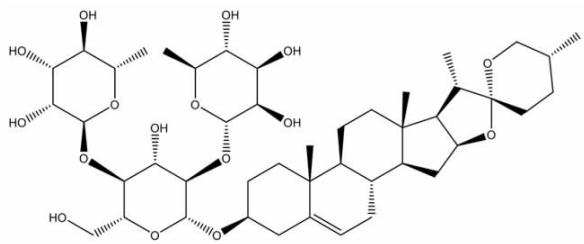
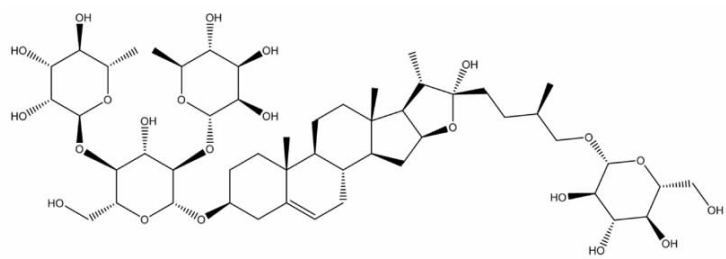
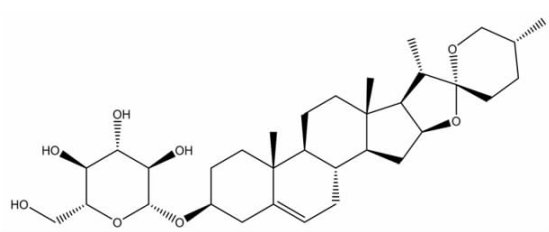
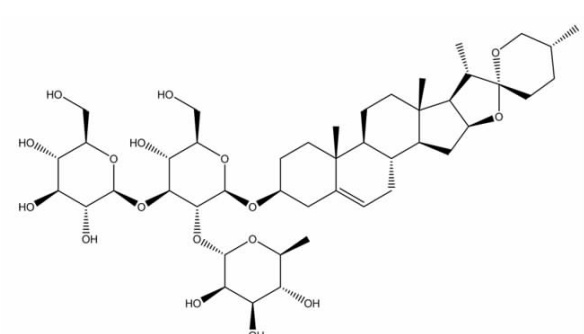
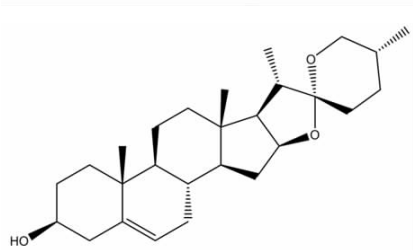
编号	化合物名称	分子式	结构式	分子量	文献
1	薯蓣皂苷	$C_{45}H_{72}O_{16}$		869.0	[5]
2	原薯蓣皂苷	$C_{51}H_{84}O_{22}$		1049.2	[5]
3	延龄草皂苷	$C_{33}H_{52}O_8$		576.8	[5]
4	纤细薯蓣皂苷	$C_{45}H_{72}O_{17}$		885.0	[5]
5	薯蓣皂苷元	$C_{27}H_{42}O_3$		414.6	[5]

表 2 山药中多糖类化合物

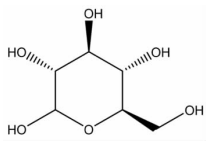
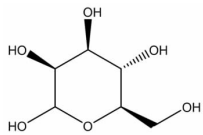
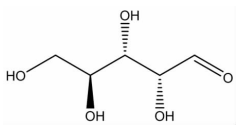
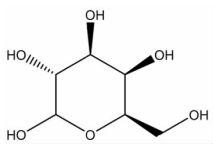
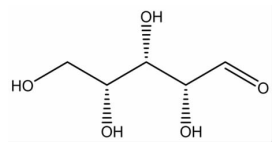
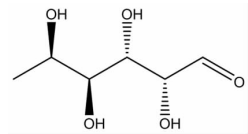
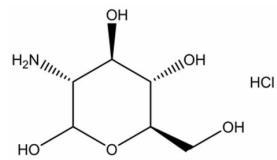
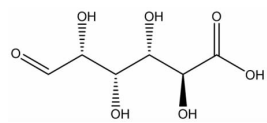
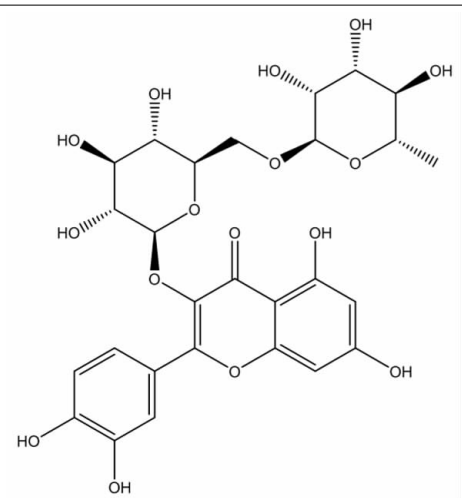
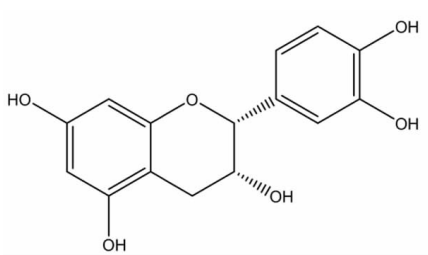
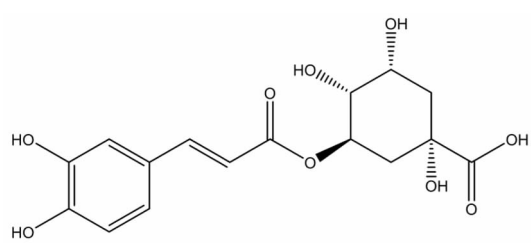
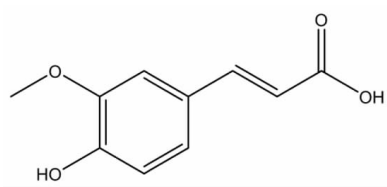
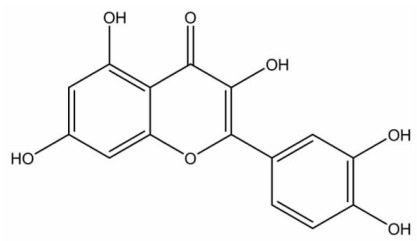
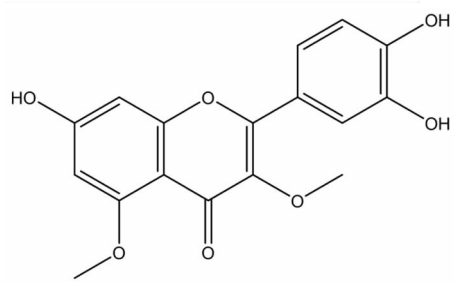
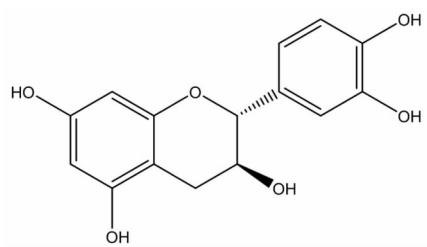
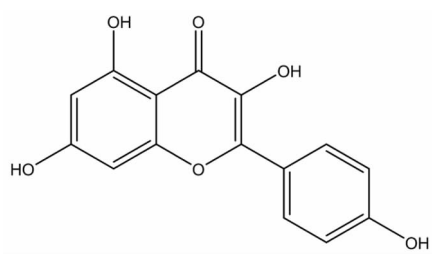
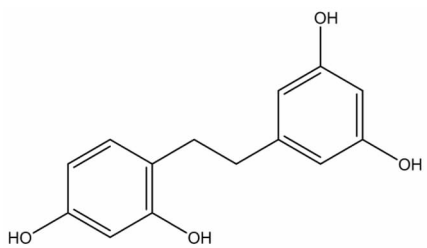
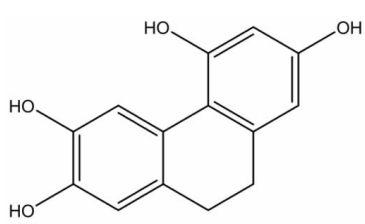
序号	化合物名称	分子式	结构式	分子量	文献
6	葡萄糖	$C_6H_{12}O_6$		180.2	[6]
7	甘露糖	$C_6H_{12}O_6$		180.2	[6]
8	阿拉伯糖	$C_5H_{10}O_5$		150.13	[6]
9	半乳糖	$C_6H_{12}O_6$		180.2	[6]
10	木糖	$C_5H_{10}O_5$		150.13	[6]
11	岩藻糖	$C_6H_{12}O_5$		164.16	[6]
12	盐酸氨基葡萄糖	$C_6H_{14}ClNO_5$		215.6	[7]
13	葡萄糖醛酸	$C_6H_{10}O_7$		194.1	[7]

表 3 山药中多酚类化合物

序号	化合物名称	分子式	结构式	分子量	文献
14	芦丁	$C_{27}H_{30}O_{16}$		610.5	[9]
15	表儿茶素	$C_{15}H_{14}O_6$		290.3	[9]
16	绿原酸	$C_{16}H_{18}O_9$		354.3	[9]

续表 3 山药中多酚类化合物

序号	化合物名称	分子式	结构式	分子量	文献
17	阿魏酸	$C_{10}H_{10}O_4$		194.2	[9]
18	槲皮素	$C_{15}H_{10}O_7$		302.2	[9]
19	3,5-二甲氧基槲皮素	$C_{17}H_{14}O_7$		330.3	[10]
20	儿茶素	$C_{15}H_{14}O_6$		290.3	[10]
21	山柰酚	$C_{15}H_{10}O_6$		286.2	[10]
22	2,4,3',5'-四羟基联苄	$C_{14}H_{14}O_4$		246.3	[10]
23	2,4,6,7-四羟基-9,10-二氢菲	$C_{14}H_{12}O_4$		244.2	[10]

续表 3 山药中多酚类化合物

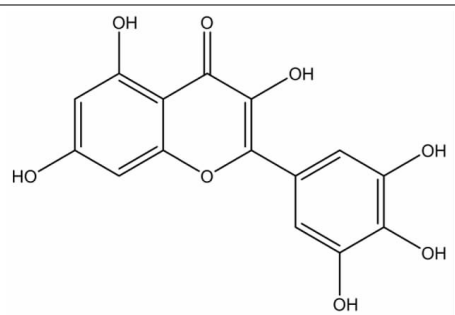
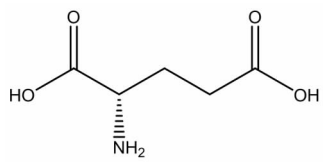
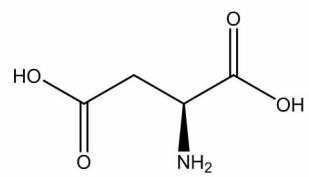
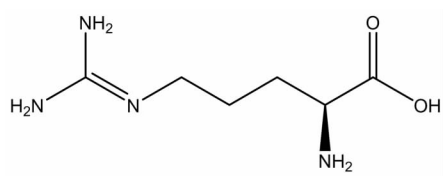
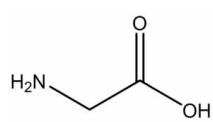
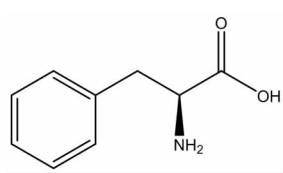
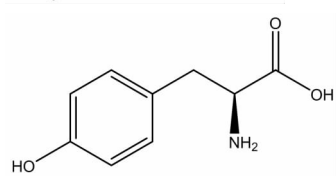
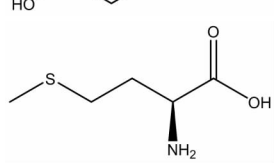
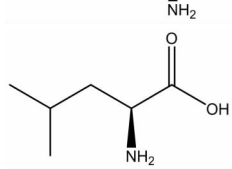
序号	化合物名称	分子式	结构式	分子量	文献
24	杨梅素	$C_{15}H_{10}O_8$		318.2	[10]

表 4 山药中氨基酸化合物

序号	化合物名称	分子式	结构式	分子量	文献
25	Glu(L－亮氨酸)	$C_5H_9NO_4$		147.12	[11]
26	Asp(DL－天门冬氨酸)	$C_4H_7NO_4$		123.10	[11]
27	Arg(L－精氨酸)	$C_6H_{14}N_4O_2$		174.20	[11]
28	Gly(甘氨酸)	$C_2H_5NO_2$		75.067	[11]
29	Phe(L－苯丙氨酸)	$C_9H_{11}NO_2$		165.19	[11]
30	Tyr(L－酪氨酸)	$C_9H_{11}NO_3$		181.19	[11]
31	Met(L－蛋氨酸)	$C_5H_{11}NO_2S$		149.21	[11]
32	Leu(L－亮氨酸)	$C_6H_{12}NO_2$		121.17	[11]

续表 4 山药中氨基酸化合物

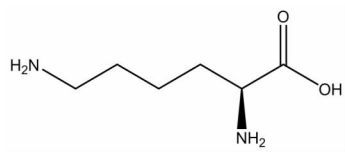
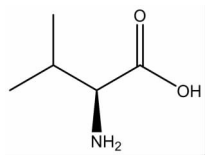
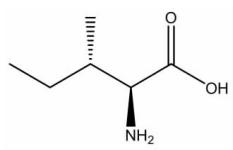
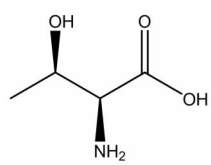
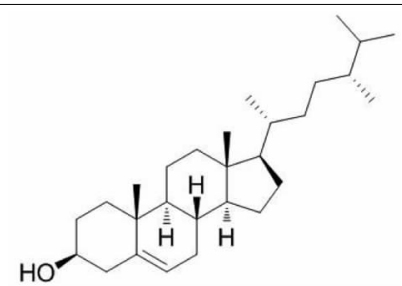
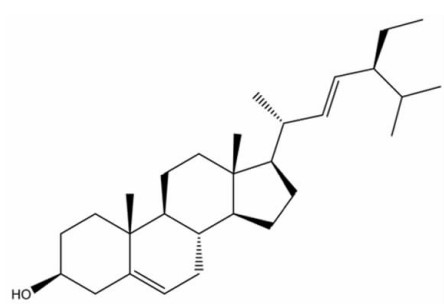
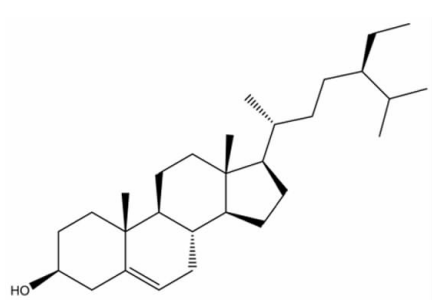
序号	化合物名称	分子式	结构式	分子量	文献
33	Lys(DL－赖氨酸)	$C_6H_{14}N_2O_2$		146.19	[11]
34	Val(DL－缬氨酸)	$C_5H_{11}NO_2$		117.14	[11]
35	Ile(DL－异亮氨酸)	$C_6H_{12}NO_2$		121.17	[11]
36	Thr(DL－苏氨酸)	$C_4H_9NO_3$		119.12	[11]

表 5 山药中甾醇类化合物

序号	化合物名称	分子式	结构式	分子量	文献
37	菜油甾醇	$C_{28}H_{48}O$		400.7	[13]
38	豆甾醇	$C_{29}H_{48}O$		412.7	[13]
39	β－谷甾醇	$C_{30}H_{50}O$		414.7	[13]

续表 5 山药中甾醇类化合物

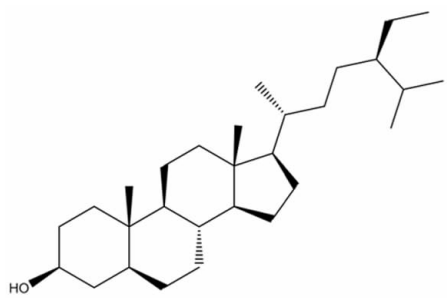
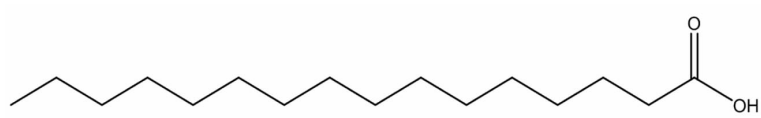
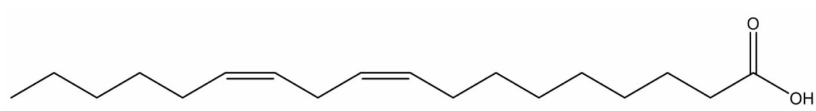
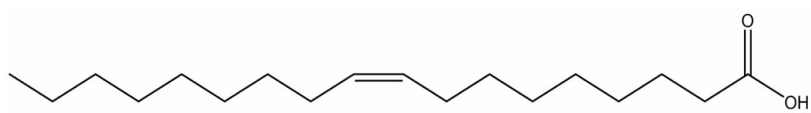
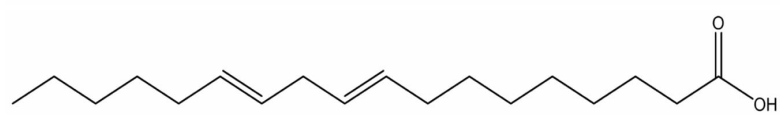
序号	化合物名称	分子式	结构式	分子量	文献
40	豆甾烷醇	$C_{29}H_{52}O$		416.7	[14]

表 6 山药中脂肪酸类成分

序号	化合物名称	分子式	结构式	分子量	文献
41	十六酸	$C_{16}H_{32}O_2$		256.4	[15]
42	亚油酸	$C_{18}H_{32}O_2$		280.4	[15]
43	油酸	$C_{18}H_{34}O_2$		282.5	[15]
44	亚麻酸	$C_{18}H_{32}O_2$		280.5	[15]

怀山药中的脂肪酸成分进行检测，共鉴定出 27 种脂肪酸成分，主要成分为十六酸和十八碳烯酸。具体成分见表 6。

1.7 其他成分 除上述主要活性成分外，山药还有其他成分，如尿囊素和多种核苷类成分，同样在山药的作用功效中发挥着重要的作用。陈优生等[16]采用荷移反应测定尿囊素，其属于咪唑杂环类化合物，具有抑菌、镇静和局部麻醉等多种作用[17]。它可刺激细胞生长、促进伤口愈合，同样也可用于皮肤炎症、肝硬化、消化道溃疡及糖尿病等疾病的治疗[18]。具体成分见表 7。

2 药理作用研究

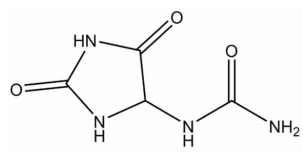
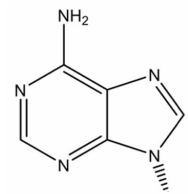
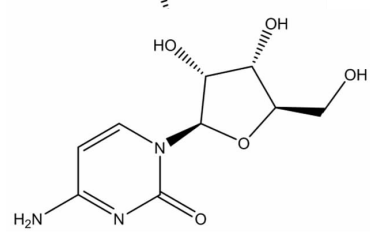
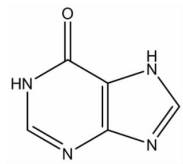
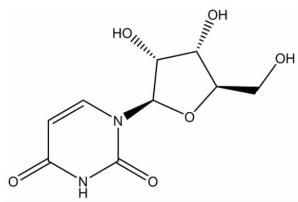
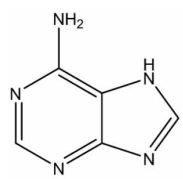
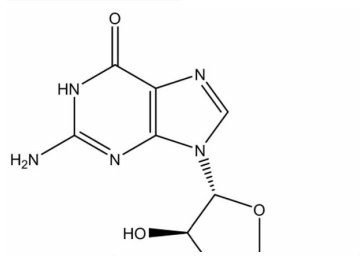
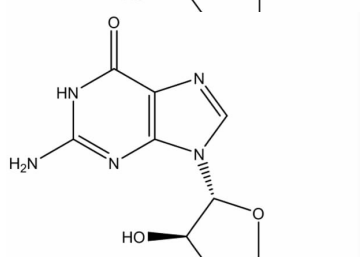
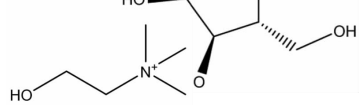
现代研究表明，山药具有抗氧化、降糖、降血脂、抗肿瘤以及调节肠胃功能等功效，在国内药用和食用两方面运用十分广泛。

2.1 抗氧化 王彦平等[22]研究发现山药多糖具有很好的抗氧化活性，并且经实验证明山药多糖能提升果蝇体内抗氧化酶信使核糖核酸（mRNA）表达，从而增加超氧化物歧化酶（SOD）、过氧化氢酶（CAT）等抗氧化酶的转录并增强活力，通过增强机体的抗氧化能力，能够有效地清除机体内的氧自由基，减少细胞的氧化损伤，从而延长细胞的寿命。已有研究显示，山药的主要成分总黄酮同样具有抗氧化作用，其活性与维生素 C 相当，并能高效地清除 1，1－二苯基－2－三硝基苯肼（DPPH）自由基和 2，2－联氮－二（3－乙基－苯并噻唑－6－磺酸）二铵盐（ABTS）自由基[23]。同样，有研究表明药用山药品种的多糖含量和抗氧化活性均高于食用山药品种[24]。YU 等[25]研究发现山药冷浸提取物抗氧化防御系统与 Nrf2/HO－1 信号通路有关。

2.2 降血糖、降血脂 杜妍妍等[26]经研究表明，山药多糖可以明显降低妊娠期糖尿病小鼠的胰岛素抵抗指数及脂质代谢紊乱水平，并有效缓解其临床症状。还有研究者用山药多糖给予链脲佐菌素（STZ）所致的Ⅰ型糖尿病模型大鼠，结果显示大鼠体内总胆固醇（TC）、甘油三酯（TG）及低密度脂蛋白胆固醇（LDL－C）的浓度均显著下降，而高密度脂蛋白胆固醇（HDL－C）浓度有所升高，这说明山药多糖具有改善糖尿病高脂血症的作用，减轻患Ⅰ型糖尿病大鼠的肝、肾氧化应激损伤，可以预防和缓解糖尿病并发症[27]。另有研究发现，薯蓣皂苷可以通过下调细胞内兔抗人单克隆抗体（Bax）和胱天蛋白酶 3（Caspase－3）促凋亡蛋白的表达水平，同时提升 B 淋巴细胞瘤－2 基因（Bcl－2）抗凋亡蛋白的表达水平，从而产生抑制神经细胞凋亡，减轻大鼠糖尿病症状的作用[28]。山药多糖可通过调节糖尿病小鼠 PI3K/AKT 信号通路中 InsR、PI3K、AKT 和 FoxO3、GLUT4 蛋白的表达，促进糖原合成，减少糖异生，来改善胰岛素抵抗[29]。

2.3 抗肿瘤 在细胞凋亡和增殖研究中，许远征等[30]在对肿瘤生长影响实验的研究中发现，中、高剂量的山药多糖能够提高肿瘤小鼠体内白细胞介素－2（IL－2）和肿瘤坏死因子－α（TNF－α）水平，可以促进 T 淋巴细胞增殖及提升自然杀伤

表7 山药中其他类化合物

序号	化合物名称	分子式	结构式	分子量	文献
45	尿囊素	$C_4H_6N_4O_3$		148.1	[16]
46	腺苷	$C_{10}H_{12}N_5O_4$		267.2	[19]
47	胞苷	$C_9H_{12}N_3O_5$		243.2	[19]
48	次黄嘌呤	$C_5H_4N_4O$		126.1	[19]
49	尿苷	$C_9H_{12}N_2O_6$		244.2	[19]
50	腺嘌呤	$C_5H_5N_5$		125.1	[19]
51	鸟苷	$C_{10}H_{12}N_5O_5$		283.2	[19]
52	2′-脱氧腺苷	$C_{10}H_{12}N_5O_3$		251.2	[20]
53	胆碱	$C_5H_{14}NO$		104.2	[21]

(NK)细胞活性,可以改善机体免疫细胞调节功能,并且给予剂量越高,肿瘤抑制率越高。另外,还有研究表明纳米山药多糖具有显著的抗肿瘤效果,其作用机制主要是通过激活启动型细胞凋亡因子含半胱氨酸的天冬氨酸蛋白水解酶(Caspase-8)和效应型细胞凋亡蛋白胱天蛋白酶3(Caspase-3)酶原活化,抑制肿瘤细胞的增殖和生长,最终导致细胞裂解死亡,从而实现抗肿瘤的效果[31]。孙雯雯等[32]研究发现,山药提取物能使PI3K/AKT通路中关键基因PI3KR1,Wnt/β-catenin通路中关键基因Wnt1,Notch通路中关键基因Notch1的m RNA下调从而杀死结肠癌肿瘤干细胞,产生抗肿瘤作用。

2.4 调节肠胃功能 于海芬等[33]通过体内外实验,发现山药多糖在小鼠急性酒精性胃黏膜损伤模型中表现出较好的保护效果,其作用机制可能与山药多糖能够增强胃黏膜保护因子活性,降低胃组织中丙二醛(MDA)的含量,提高一氧化氮(NO)的含量及超氧化物歧化酶(SOD)酶的活性相关。朱瑜等[34]研究证明,山药与干酪乳杆菌复合发酵剂对溃疡性结肠炎小鼠体内菌群有调节作用,并能发挥抗炎作用。另外,有可能因肠道菌群紊乱而导致胃肠激素发生变化,李雪欣等[35]提出假设:针对肠道菌群失调的大鼠,纳米山药多糖结肠靶向微生态调节剂可以调节其血清和结肠组织的4种激素,包括血管活性肠肽(VIP)、胃动素(MTL)、生长抑素(SS)和P物质(SP)。

3 山药的Q-Marker预测分析

3.1 基于植物亲缘学及特征成分的Q-Marker预测分析 山药是薯蓣科多年生的缠绕性藤本植物薯蓣属的块茎。薯蓣科是植物分类中的小科,有9属约650种。其中薯蓣属是薯蓣科中植物种类最丰富的属,达到600余种,山药即为其中一种[36]。山药的主要产地分布在热带和亚热带地区,尤其是亚洲和非洲的部分地区,随后其种植范围逐渐扩展至其他地区。

目前世界范围内已知山药品种有600多个,其中我国山药品种有100多个。山药有野生型、基因型和栽培型4种类型[37]。在我国,山药根据不同地区的自然环境和气候来繁育和选育出适宜的栽培模式和品种,其中有产自河南省焦作市的怀山药、山东济宁兖州区的米山药、河北蠡县的麻山药、江苏、河北、山东等地的大和长芋等[38]。研究表明,山药中均含有丰富的多糖、多酚、皂苷、甾醇、蛋白质等,这些成分各有其独特的功能,又互相协调,共同形成了山药的多种药理效应和营养保健功能[39]。综上所述,山药多糖、皂苷和甾醇等可作为山药Q-Marker筛选的参考选项。

3.2 基于有效性的Q-Marker预测 2020年版《中华人民共和国药典》收载山药的主要功效为补脾养胃、生津益肺、补肾涩精。山药除传统药用价值之外,现代研究发现其主要成分具有生物活性。

其中山药多糖具有抗氧化、降糖降脂、抗肿瘤、抑菌、调节免疫功能等多种生物活性[40]。钟灵等[41]研究发现山药多糖可以提高阿尔茨海默病小鼠的超氧化物歧化酶和过氧化氢酶活力、降低丙二醛含量,起到抗氧化的效果;LI等[42]通过建立地塞米松诱发血糖/脂代谢紊乱的糖尿病动物模型,研究山药多糖混合物在不同浓度和不同分子量时的降血糖作用,发现中、高分子量的山药多糖具有明显的降糖作用。山药皂苷具有抗菌、抗病毒、抗肿瘤、抗炎等多种药理活性,对多种由细菌、真菌和病毒感染的疾病以及不同种类的癌症均有疗效[43]。在山药总皂苷对痛风性关节炎干预研究中发现,山药总皂苷可以改善大鼠滑膜组织状况,下调丝裂原活化蛋白激酶4(MKK4)和细胞间黏附分子-1(ICAM1)的表达水平,并使血清中趋化因子(C-X-C基序)配体1(CXCL1)含量降低、二磷酸腺苷(ADP)含量增加,表明其抗炎效果明显[44]。孟永海等[45]对多酚类物质的抗氧化功能进行初步探讨,发现山药多酚类成分通过清除自由基、抑制环氧化物酶、端粒酶、细胞色素酶活性等作用机制产生抗氧化作用,在保护心脑血管、预防糖尿病等方面具有较好的疗效。综上所述,山药多糖、皂苷、多酚化合物可作为山药Q-Marker筛选的参考选项。

3.3 基于可入血化学成分的Q-Marker预测分析 目前对山药药动学研究较少,王玲等[46]通过对正常、骨质疏松、骨质疏松肾阳虚、骨质疏松肾阴虚4种证型下右归丸入血成分的研究,结果显示4种证型右归丸含药血浆均分析鉴定了20种入血成分,其中包含山药中的活性成分有薯蓣皂苷。综上所述,薯蓣皂苷可作为山药Q-Marker筛选的参考选项。

3.4 基于中药配伍的Q-Marker预测分析 配伍是中医用药的主要形式,通过药物之间的相畏、相须、相使等功能,达到扩充药物治疗范围以及减毒增效的目的。在Q-Marker研究中,配伍环境对中药质量研究具有重要意义,这也是中药品质研究向中医理论回归所必需的。

根据山药味甘性平,归脾、肺、肾经的特点,多有以下几种配伍方式。山药配伍人参、白术、扁豆,具有补脾养胃的功效,其活性成分主要为淀粉酶、多酚氧化酶、尿囊素;配伍熟地、芡实、山茱萸,具有补肾涩精的功效,其活性成分主要为脱氢表雄甾酮(DHEA),它具有抗衰老、增强免疫功能和改善性功能的作用;山药配伍酸枣仁、龙眼肉、远志,具有补心安神的功效,其活性成分主要为黏液蛋白、淀粉酶、谷甾醇[47]。山药与五味子配伍具有补肺止咳、固精缩尿、补虚止泄的作用,常用于治疗久嗽虚喘、遗尿尿频、久泻不止等,其活性成分可能为皂苷、黏液质[48]。有古方中记载,山药与杏仁配伍具有润肠通便的功效,如张仲景之"麻子仁丸"中山药与杏仁配伍,山药以其药性之补、固则补肾阴而助杏仁通便,使得润肠下气之性缓和[49]。

在现代研究中,山药与山茱萸的粗提取物可以明显抑制转化生长因子-β(TGF-β)的表达来保护心肌,并推测山药中薯蓣皂苷和山茱萸中莫诺苷通过降低活性氧(ROS)水平起到抗细胞凋亡的作用,所以可以用来治疗糖尿病性心肌病[50]。山药与黄芪配伍微粉对糖尿病大鼠有显著疗效,其能降低血糖水平,提高血清超氧化物歧化酶(SOD)活性,并减少丙二醛(MDA)含量,说明该复方具有良好的肾保护和抗氧化应激能力,可作为糖尿病肾病的有效治疗药物[51]。李梅兰等[52]研究证明山药与绞股蓝配伍有显著的降血糖作用,且2∶1配比组降血糖效果最好。综上所述,薯蓣皂苷、尿囊素和淀粉酶等可作为山药Q-Marker筛选的参考选项。

3.5 基于网络药理学评价的Q-Marker预测分析 通过运用

TCMSP数据库对山药活性成分进行检索，筛选出生物利用度（OB）不低于30%且类药性（DL）不小于0.18的成分作为初步目标。再进一步获取其对应的靶点，共得到山药16个活性成分（见表8），78个潜在作用靶点。应用Uniprot数据库，在“Uniprot Knowledgebase”的条件下，检索类型选择“Reviewed”“human”，输出excel，将获得的蛋白靶点在excel中匹配到相应的基因靶点。借助Cytoscape软件，对预测所得的山药Q-Marker成分、潜在作用靶点、信号通路进行综合分析，构建出成分-靶点-通路网络（如插页ⅩⅩⅦ图1）。左侧圆形图示表示山药Q-Marker的活性成分预测结果，中间方形图示表示山药的药物靶点，而右侧圆形图示表示相关的信号通路；连接线表示它们之间的关联性；并且节点的大小随Degree值变化，Degree值越大，节点就越大。通过此图示，我们可以更直观地理解山药中活性成分、靶点和信号通路的相互关系，以活性成分、作用靶点、信号通路的交联度为依据，对成分-靶点-通路网络图进行分析。

表8 通过TCSMP筛选得到的山药活性成分

Mol ID	Molecule Name	OB/(%)	DL
MOL001459	piperlonguminine	30.71	0.18
MOL001736	(-)-taxifolin	60.51	0.27
MOL000310	Denudatin B	61.47	0.38
MOL000322	Kadsurenone	54.72	0.38
MOL005429	hancinol	64.01	0.37
MOL005430	hancinone C	59.05	0.39
MOL005435	24-Methylcholest-5-enyl-3beta-O-glucopyranoside_qt	37.58	0.72
MOL005438	campesterol	37.58	0.71
MOL005440	Isofucosterol	43.78	0.76
MOL000449	Stigmasterol	43.83	0.76
MOL005458	Dioscoreside C_qt	36.38	0.87
MOL000546	diosgenin	80.88	0.81
MOL005461	Doradexanthin	38.16	0.54
MOL005463	Methylcimicifugoside_qt	31.69	0.24
MOL005465	AIDS180907	45.33	0.77
MOL000953	CLR	37.87	0.68

结果提示化合物Stigmasterol（豆甾醇）、Kadsurenone（佛手酮）、hancinone C（山蒟酮C）、diosgenin（薯蓣皂苷）等可能是山药发挥药效的主要活性物质，而NCOA1、NCOA2、NR3C2、CHRM2、PTGS2等靶点的交联度相对较高，提示这些可能是山药中有效部位上述化合物发挥作用的关键靶点。因此，Stigmasterol、Kadsurenone、hancinone C、diosgenin等可作为山药的Q-Marker预测分析指标。

4 讨论

山药是药食同源的传统中药材，在我国使用历史悠久，种植分布面积广，疗效突出，在医药方面应用广泛，其具有重要的研究前景。山药分为食用和药用两种，食用山药的药效远不如药用山药，并且人工种植山药的逐渐增加，其发挥药效远不如野生品，但目前并没有严格的质量控制研究和标准化质量基准的制定。因此建立强大而有效的质量评估体系对于山药的质量保证至关重要。

根据目前研究现状，国内外有关山药的研究大多局限在化学成分研究和临床药理作用试验，其中山药化学成分的研究主要集中在山药皂苷和多糖类，临床药理作用主要集中在降糖、降脂、抗氧化等方面，而其他成分和药理作用的研究相对不足，但山药的药效是多种成分协同作用的结果。并且其质量标准的建立、药效学研究、不同基源山药的研究尚缺乏理论依据。

本文综合国内外关于山药本草考证、化学成分、药理作用及安全性评价等的研究现状并对其进行系统的整理，同时依据中医药理论结合植物亲缘学及特征成分、有效性、可入血化学成分、中药配伍4个方面，并以其为筛选原则对山药的Q-Marker进行预测分析，建议薯蓣皂苷、多糖、甾醇等成分可作为山药Q-marker的筛选参考选项。最后通过网络药理学评价分析，预测出豆甾醇（Stigmasterol）、佛手酮（Kadsurenone）、山蒟酮C（hancinone C）、薯蓣皂苷（diosgenin）可作为山药的Q-Marker预测分析指标，以期为山药的开发利用和更好地发挥临床作用提供理论和实践依据，为进一步完善山药质量标准和品质评价体系提供基础性的参考依据。

参考文献

[1] 关倩倩，张文龙，杜方岭，等. 山药多糖生物活性及作用机理研究进展[J]. 中国食物与营养，2018，24(3)：11-14.
[2] 陈梦雨，刘伟，俞桂新，等. 山药化学成分与药理活性研究进展[J]. 中医药学报，2020，48(2)：62-66.
[3] 李来玲. 山药的质量评价研究[D]. 济南：山东中医药大学，2011.
[4] 何凤玲，叶小利，李学刚，等. 山药中降糖活性成分的筛选与比较[J]. 食品工业科技，2011(6)：373-375.
[5] 范晓阳，侯彦婕，贾世艳，等. 山药化学成分及皂苷类成分药理作用的研究进展[J]. 中医药信息，2021，38(9)：79-84.
[6] ZHAO G H，KAN J Q，LI Z X，et al. Structural features and immunological activity of a polysaccharide from Dioscorea opposita Thunb roots[J]. Carbohydr Polym，2005，61(2)：125-131.
[7] 叶美芝，伍紫仪，吴金松，等. 山药皮多糖的分离纯化、结构特征及体外抗氧化活性研究[J]. 食品工业科技，2023，44(19)：78-85.
[8] CROZIER A，JAGANATH I B，CLIFFORD M N. Dietary phenolics：chemistry，bioavailability and effects on health[J]. Nat Prod Rep，2009，26(8)：1001-1043.
[9] 朱延胜，魏明，钱森和，等. 紫山药多酚分离纯化及其对α-葡萄糖苷酶活性的抑制作用[J]. 食品与发酵工业，2022，48(16)：182-187.
[10] CHANIAD P，TEWTRAKUL S，SUDSAI T，et al. Anti-inflammatory，wound healing and antioxidant potential of compounds from Dioscorea bulbifera L. bulbils[J]. PLoS One，2020，15(12)：e0243632.
[11] 朱会丽，杨静，马欢，等. 不同品种山药氨基酸组成成分分析及综合评价[J]. 食品安全质量检测学报，2024，15(3)：293-300.
[12] 戴榕，孔得信，李宗羽，等. 山药黏蛋白的两种提取工艺及其对

食道癌细胞的抑制[J]. 食品工业科技,2015,36(13):371-375.
[13] 杨静,白冰,刘绣华,等. HPLC 法同时测定山药中的植物甾醇[J]. 食品科技,2019,44(6):321-325.
[14] 王晨慧,李春扬,张晓磊,等. 山药酒中甾醇含量测定及清除 DPPH 自由基活性研究[J]. 中国酿造,2020,39(11):62-65.
[15] 王勇,赵若夏,白冰,等. 怀山药脂肪酸成分分析[J]. 新乡医学院学报,2008,25(2):112-113.
[16] 刘晓庚,陈优生,刘琴,等. 荷移光度法测定山药尿囊素的含量[J]. 中国粮油学报,2008,23(5):197-200.
[17] 景娴,江海,杜欢欢,等. 我国山药研究进展[J]. 安徽农业科学,2016,44(15):114-117.
[18] 樊靓,汤尚文,余海忠,等. 山药中尿囊素研究进展[J]. 现代农业科技,2015(3):308,317.
[19] 舒胜男,李焕茹,胡雁萍,等. 不同产地山药中 7 种核苷类成分的含量测定及质量评价研究[J]. 中药材,2021,44(1):140-145.
[20] 胡月芳,李建平,黄志强. 毛细管电泳-电致化学发光法测定淮山药中胆碱和尿囊素[J]. 分析试验室,2012,31(12):104-107.
[21] FU Y C,CHEN S H,HUANG P Y,et al. Application of bubble separation for quantitative analysis of choline in Dioscorea (yam) tubers[J]. J Agric Food Chem,2005,53(7):2392-2398.
[22] 王彦平,曹娅,谢克英,等. 紫山药多糖抗氧化及延长果蝇寿命的作用[J]. 营养学报,2017,39(4):386-389.
[23] 刘文全,罗怡,朱守虎,等. 山药总黄酮的提取及抗氧化活性研究[J]. 农产品加工,2021(12):9-12,15.
[24] 刘苏伟,张骆琪,高素霞,等. 不同品种山药多糖含量及体外抗氧化活性研究[J]. 中华中医药杂志,2019,34(12):5938-5941.
[25] YU S T,HAN B,BAI X Y,et al. The cold-soaking extract of Chinese yam (Dioscorea opposita Thunb.) protects against erectile dysfunction by ameliorating testicular function in hydrocortisone-induced KDS-Yang rats and in oxidatively damaged TM3 cells[J]. J Ethnopharmacol,2020,263:113223.
[26] 杜妍妍,蒋平平,游艳婷,等. 山药多糖对妊娠期糖尿病小鼠的影响[J]. 新中医,2017,49(9):1-4.
[27] 金蕊. 山药多糖对 1 型糖尿病大鼠糖脂代谢和氧化应激的影响[D]. 武汉:湖北大学,2016.
[28] 侯娜. 薯蓣皂苷元对糖尿病周围神经病变 N2a 细胞凋亡影响的研究[D]. 沈阳:辽宁中医药大学,2019.
[29] FENG X J,ZHANG Q,LI J Y,et al. The impact of a novel *Chinese yam*-derived polysaccharide on blood glucose control in HFD and STZ-induced diabetic C57BL/6 mice[J]. Food Funct,2022,13(5):2681-2692.
[30] 许远征,庞红利,李洪影,等. 山药多糖对肿瘤小鼠的抗肿瘤作用和免疫调节作用的研究[J]. 医药论坛杂志,2020,41(9):8-10,15.
[31] 石亿心,于莲,翟美芳,等. 纳米山药多糖对 4 种肿瘤细胞的作用[J]. 中国现代应用药学,2016,33(8):967-971.
[32] 孙雯雯,窦金霞,张琳,等. 山药提取物联合 DC-CIK 细胞疗法对结肠癌 HT29 干细胞荷瘤裸鼠的体内抗肿瘤研究[J]. 中草药,2017,48(7):1362-1368.
[33] 于海芬. 铁棍山药多糖的纯化、结构及胃肠调节活性研究[D]. 天津:天津科技大学,2019.
[34] 朱瑜,郑志,朱绍辉,等. 干酪乳杆菌-山药复合发酵剂对溃疡性结肠炎小鼠肠道菌群的调节及其抗炎作用[J]. 新乡医学院学报,2023,40(5):401-410.
[35] 李雪欣,于莲,胡孟洋,等. 纳米山药多糖结肠靶向微生态调节剂对菌群失调大鼠胃肠激素的影响[J]. 中国微生态学杂志,2016,28(3):253-255,258.
[36] 舒锐,姚甜甜,李晓龙,等. 国内山药种质资源的分类及应用[J]. 种子科技,2023,41(23):118-120.
[37] 屠琼芳. 不同贮藏方式下山药生理特性和品质变化及鲜切山药保鲜效果的研究[D]. 郑州:河南农业大学,2009.
[38] 刘昕玥,王凤忠,范蓓,等. 不同品种山药的健康功效研究进展[J]. 中国食物与营养,2024,30(3):42-47,55.
[39] 田贤,韩宝银. 山药药食保健功能及开发利用研究进展[J]. 中医药导报,2023,29(1):108-111.
[40] 黄少杰,黎攀,杜冰. 山药多糖的纯化、结构及生物活性研究进展[J]. 食品研究与开发,2022,43(16):209-215.
[41] 钟灵,王振富. 山药多糖对老年性痴呆小鼠抗氧化能力的影响[J]. 中国应用生理学杂志,2015,31(1):42-43,48.
[42] LI Q,LI W Z,GAO Q Y,et al. Hypoglycemic effect of Chinese yam (dioscorea opposita rhizoma) polysaccharide in different structure and molecular weight[J]. J Food Sci,2017,82(10):2487-2494.
[43] 赵小亮,龙则宇,鲁雲,等. 山药中部分活性物质的功效研究与应用进展[J]. 浙江农业学报,2024,36(4):920-931.
[44] ZHOU Q,SUN H J,LIU S M,et al. Anti-inflammation effects of the total saponin fraction from Dioscorea nipponica Makino on rats with gouty arthritis by influencing MAPK signalling pathway[J]. BMC Complement Med Ther,2020,20(1):261.
[45] 孟永海,孟祥瑛,付敬菊,等. 超声波协同酶解法对山药总多酚提取及抗氧化活性影响研究[J]. 辽宁中医药大学学报,2020,22(4):63-66.
[46] 王玲. 骨质疏松不同证型下右归丸的入血成分及药代动力学研究[D]. 杭州:浙江中医药大学,2015.
[47] 张鑫. 山药的补益作用研究[J]. 中国医药指南,2016,14(15):207-208.
[48] 周滢,江玉,唐欣,等. 试论山药和五味子的临床配伍意义[J]. 中国中医基础医学杂志,2014,20(11):1554-1555,1590.
[49] 周滢,舒承倩,唐欣,等. 试论山药和杏仁的配伍意义分析及临床应用[J]. 中国中医基础医学杂志,2017,23(7):1003-1004.
[50] 封晓鹏. 山茱萸-山药药对治疗糖尿病心肌病的药效物质基础研究[D]. 南京:南京中医药大学,2017.
[51] 苏维娜,李晓晶,隋在云,等. 黄芪和山药配伍微粉对糖尿病肾病大鼠抗氧化能力的影响[J]. 河南中医,2017,37(10):1735-1737.
[52] 李梅兰,滕晓勤,罗艳冬,等. 山药和绞股蓝及其配伍降血糖作用的实验研究[J]. 微量元素与健康研究,2022,39(3):1-3.