

枸杞多糖的研究进展

黄平仙 刘露露

中宁县农业农村局

DOI:10.12238/as.v8i5.2993

[摘要] 枸杞作为我国传统的药食同源功能性食品,其果实富含多种生物活性物质,尤以枸杞多糖最为突出。研究表明,枸杞多糖不仅具有显著的抗氧化、免疫调节功效,还在抗疲劳、降血脂、抗肿瘤等方面展现出巨大潜力。为进一步提升枸杞多糖的利用效率,本文系统梳理了近年来枸杞多糖的常见提取技术,包括水提醇沉法、超声波辅助提取法、微波辅助提取法、酶解法等,深入探讨了其生物活性在人体健康维护、疾病预防治疗以及动物营养调控、饲料添加等生产应用方面的最新研究进展。通过对枸杞多糖提取工艺优化、活性机制解析和应用场景拓展的全面综述,旨在为枸杞多糖的深度研究与产业化开发提供理论支撑和实践参考,推动枸杞资源高值化利用的发展进程。

[关键词] 枸杞多糖; 提取方法; 生物活性

中图分类号: O629.12 **文献标识码:** A

Barbary wolfberry Research progress of polysaccharides

Pingxian Huang Lulu Liu

Ningxia County Agriculture and Rural Affairs Bureau

[Abstract] barbary wolfberry, as a traditional functional food in China with both medicinal and culinary properties, is rich in various bioactive substances, particularly barbary wolfberry polysaccharides. Studies have shown that barbary wolfberry polysaccharides not only exhibit significant antioxidant and immune-regulating effects but also show great potential in combating fatigue, lowering blood lipids, and anti-tumor activities. To further enhance the utilization efficiency of barbary wolfberry polysaccharides, this paper systematically reviews common extraction techniques used in recent years, including water extraction followed by alcohol precipitation, ultrasonic-assisted extraction, microwave-assisted extraction, and enzymatic hydrolysis. It delves into the latest research advancements on their biological activities in maintaining human health, disease prevention and treatment, as well as in animal nutrition regulation and feed supplementation. By comprehensively summarizing the optimization of barbary wolfberry polysaccharide extraction processes, the elucidation of active mechanisms, and the expansion of application scenarios, this review aims to provide theoretical support and practical references for the in-depth study and industrial development of barbary wolfberry polysaccharides, promoting the high-value utilization of barbary wolfberry resources.

[Key words] barbary wolfberry polysaccharide; extraction method; biological activity

引言

多糖是由单糖单元组成的长链多聚糖,通过糖苷键连接在一起,作为细胞的重要组成部分,可为动植物细胞提供所需能量物质,共同参与胚胎发育、细胞免疫等生物过程^[1]。枸杞(*Lycium barbarum* L.)为茄科枸杞属植物,枸杞子为枸杞的果实,作为补益类中药,以宁夏产的枸杞子品质为最佳^[2]。枸杞果实中含有丰富的生物活性物质,如黄酮、甜菜碱、蛋白质等,其中以枸杞多糖作为主要活性成分,占干果3%-8%^[3],占枸杞糖蛋白总量70%以上^[4]。枸杞作为“药食同源”植物,广泛分布于中国西北部、地中海干

旱半干旱地区和欧洲东南部^[5]。早期便有记载:“枸杞具有补益精血、调和阴阳”等功效^[6],枸杞在医疗保健方面开发潜力巨大,是其他化学药物不能相比的^[7]。为提高枸杞多糖的利用价值,本文就枸杞多糖的提取工艺及生物活性在人体、动物生产中的应用进行综述,旨在为枸杞多糖的研究与开发提供参考。

1 枸杞多糖的结构特性

枸杞多糖并非单一成分,而是由阿拉伯糖、半乳糖、葡萄糖、甘露糖等多种单糖通过 α -或 β -糖苷键连接而成的复杂多糖。其结构宛如精密搭建的分子大厦,包含主链和侧链两大组成部分。

主链通常由1, 4-连接的半乳糖和1, 6-连接的阿拉伯糖规则排列构成, 恰似大厦的承重框架; 侧链则由多种单糖以不同糖苷键形式分支连接, 如同延伸出的精巧结构。

大量科学研究表明, 枸杞多糖的结构会因产地、品种及提取方法的不同而产生显著差异。以宁夏枸杞和青海枸杞为例, 宁夏枸杞多糖中阿拉伯糖和半乳糖含量较高, 而青海枸杞多糖的葡萄糖占比相对突出。这些结构上的细微差异, 直接影响枸杞多糖的溶解度、黏度等理化性质, 进而赋予其抗氧化、免疫调节、抗疲劳等多样性的生物活性。这种特性使得枸杞多糖在功能食品、医药保健等领域展现出巨大的应用潜力。

2 常见枸杞多糖提取方法

2.1 水提醇沉法(热水浸提)。水提法主要利用枸杞多糖溶于水的性质进行多糖提取, 其提取枸杞多糖主要考虑的影响因素为提取温度、浸提时间、浸提次数、料液比^[8]。胡玲玲等^[9]使用水提醇沉法, 利用超声波辅助, 研究不同影响因素对枸杞多糖得率的影响, 并通过正交试验优化提取工艺, 结果显示在最佳提取工艺下枸杞多糖得率达10.61%, 该方法提取线路简单、易操作, 多糖得率较高。叶苗云^[10]等采用水提醇沉法提取多糖, 研究料液比、提取时间、提取温度等因素对黄芩多糖提取率的影响, 以提取率为指标, 确定最优工艺得到的黄芩多糖提取率为 $(14.0500 \pm 0.1815)\%$, 说明采用单因素优化得到的提取工艺可提高黄芩多糖提取率。易宇欣^[11]等以和田大枣为研究对象, 经水提醇沉法制备红枣多糖, 其多糖提取率可达 $6.57 \pm 0.33\%$ 。麻淑珍^[12]等采用水提醇沉法提取柴达木枸杞多糖, 以提取率和枸杞多糖纯度为试验对象, 优化影响因素等参数条件下, 结果为枸杞多糖提取率达90%以上, 提取纯度达到50%以上。

2.2 超声波辅助提取法。与传统提取方法相比, 超声波辅助提取结合了超声波和传统溶剂提取, 可通过增产和缩短提取时间进而提高提取效率^[13]。郭佳^[14]选用枸杞干果, 研究超声波辅助提取LBP最优工艺, 对比不同因素对LBP得率影响, 得到最优工艺超声功率150W, 提取时间36min, 液料比1:30(g/ml), 提取温度75℃LBP得率为 $5.13 \pm 0.17\%$ 。王菲^[15]等通过单因素试验和正交试验, 研究枸杞多糖超声波辅助提取工艺, 得到最佳提取工艺条件料液比1:50、超声提取温度60℃、提取时间3min、超声次数1次, 在此条件下枸杞多糖提取率达5.12%。其方法与热水浸提法相比, 可缩短提取时间, 降低能量消耗, 提高多糖提取率, 操作简单。刘红英^[16]采用超声波辅助技术提取狗脑贡茶多糖, 在最佳提取工艺料液比1:30、提取温度60℃、提取时间50min、超声功率480W, 狗脑贡茶多糖的平均得率为11.70%。陈树喜^[17]等以佛手果为研究对象, 利用超声波辅助浸提, 在超声功率为300W条件下超声处理20min, 在最优提取技术料液比1:30, 浸提温度95℃, 浸提时间3h, 得到多糖提取率为3.86%。景年华等^[18]对银杏叶多糖类化合物超声波辅助提取工艺进行优化, 结果表明其最佳提取工艺为超声时间40min、超声功率200W及超声温度50℃, 在此条件下银杏叶多糖提取率为 $48.98 \text{ mg} \cdot \text{g}^{-1}$ 。

2.3 酶法提取。酶辅助提取近年来已用于提取各种化合物,

在提取过程中加入纤维素和蛋白酶等可破坏细胞壁和脂质体, 促进细胞内容物的释放, 与传统提取方法相比, 酶辅助提取法提取率通常较高^[13]。张继贤^[19]等利用单因素和正交试验优化复合酶法提取枸杞多糖工艺, 在最佳提取条件复合酶(纤维素酶和木瓜蛋白酶)1:1.5(g/g)、总加酶量2%、pH4、料液比1:30(g/ml), 提取温度50℃条件下, 多糖提取率为 $(7.28 \pm 0.12)\%$ 。陈建双^[20]等采用微波辅助复合酶法提取枸杞多糖, 结果表明最佳提取工艺为纤维素酶:果胶酶:蛋白酶质量比3:1:2、加酶量7%(以枸杞质量计)、酶解时间2.5h、微波时间4min、酶解温度52℃、酶解pH5.2, 在此条件下, 枸杞多糖得率为 $24.37\% \pm 1.65\%$ 。王国霞^[21]等以密银花为原料, 比较四种不同方法提取的密银花多糖得率, 其中酶解法提取的密银花多糖含量较高为4.35%。

2.4 其他提取方法。此外还有微波辅助提取^[22]、碱法提取^[23]、生物酶提取^[24], 以及一些新技术新方法如亚临界水提取法、高压脉冲电场提取技术、高速剪切技术、反复冻融提取法等^[8]。李玲梅^[25]等采用热水浸提、碱提取、超声提取、微波提取法4种方法提取枸杞多糖, 4种提取方法固定料液比1:20(g/ml), 提取温度90℃, 浸提2次, 结果微波提取法提取率最高, 热水浸提法提取率最低; 超声提取法多糖含量最高, 热水浸提法多糖含量最低。Hao wei^[26]等采用热水浸提、微波辅助提取、超声波辅助提取和加压液体萃取提取枸杞多糖。从总多糖含量、糖醛酸含量和蛋白质含量方面评价了LBP的化学性质。结果表明, 采用热水浸提法提取的总糖和酸性多糖含量最高, 微波辅助提取法提取的多糖-蛋白复合物效果更佳, 而加压液体萃取、超声波辅助提取和热水浸提法提取的免疫活性多糖含量高于微波辅助提取法。因此, 不同提取方法对枸杞多糖结构和组成的影响受免疫活性差异的影响。

3 枸杞多糖的生物活性

3.1 抗氧化活性。作为生物活性化合物, 枸杞多糖具有良好的抗氧化活性, 可显著增加因脂多糖(LPS)而降低的细胞活力, 并通过抑制caspase-3活化和ROS水平调节氧化应激, 通过清除自由基和调节下游基因功能降低ROS水平, 从而防止ROS诱导的细胞凋亡^[27]。述小英^[28]检测了不同种质枸杞果实水提物均具有一定的抗氧化能力, 且多糖含量越高, 抗氧化能力越强。王静等^[29]试验表明枸杞多糖可治疗男性不育, 主要通过清除自由基、抗氧化、调控信号通路等机制改善精子及线粒体功能。张超^[30]在硒化枸杞多糖对肝细胞的抗氧化能力实验研究中发现, 硒化枸杞多糖对肝细胞的抗氧化能力强于未硒化修饰的枸杞多糖, 同时能显著降低CC14诱导的肝损伤小鼠血清中ALT、AST和ALP的含量($P < 0.05$), 降低肝匀浆中MDA的含量($P < 0.05$)。孙甜甜^[31]试验结果表明枸杞粗多糖能提高肉仔鸡血清抗氧化酶活性和抗氧化能力, 添加5g/kg效果最佳。

3.2 抗衰老。许多生物体的氧化损伤会随着年龄的增长而增加, 不同形式的活性氧(ROS)可累积氧化损伤, 促氧化物和抗氧化剂之间的不平衡随着衰老过程不断积累, 导致细胞功能逐渐下降。氧化应激的调节可直接控制衰老过程, 枸杞抗衰中LBP作为有效自由基清除剂, 可清除 $\text{O}^{\cdot -}$ 和OH等自由基, 并抑制丙二醛

的形成,清除 $O_2^{\cdot-}$,延缓超氧化物的形成^[32]。张琦^[33]等研究表明枸杞多糖在抗衰老方面具有清除自由基,减轻或抑制脂质过氧化损伤作用。李毛毛^[34]等在综述中从枸杞多糖组成、提取及延缓衰老不同信号通路方面介绍了枸杞多糖延缓衰老的分子机制。Yi Ran^[35]等通过建立D-半乳糖衰老小鼠模型,优选枸杞多糖提取工艺研究其抗衰,测定血液中MDA、CAT、GSH-px含量和SOD活性以及皮肤中SOD、MDA、Hyp水平来检测枸杞多糖的抗衰老能力。结果表明,在料液比1:30,提取2次,每次90min,功率为100kHz时枸杞多糖可以提高血液中SOD、CAT、GSH-px含量,降低MDA含量;同时可提高皮肤SOD活性,降低皮肤MDA含量,提高Hyp含量,表明LBP可延缓D-半乳糖诱发的小鼠衰老。

3.3抗肿瘤活性。肿瘤由遗传、环境和生活方式等不同因素引起,枸杞多糖可通过抑制肿瘤细胞增殖、调节肿瘤细胞微环境和机体免疫等方式发挥抗肿瘤作用^[36]。Yan chen^[37]等从食用菌中提取多糖研究其对肿瘤的抗性,发现浓度为400 mg/L、作用时间为24h时,PSAN和PSAA的抑制率分别为65%和80%。有学者研究表明以枸杞多糖研究对荷瘤小鼠抗肿瘤的影响,结果表明LBP几组试验均对小鼠肿瘤有明显的抑制作用,其中LBP-3的活性最好,肿瘤生长抑制率为9.09%,能显著降低荷瘤小鼠的肿瘤重量^[38]。程曦^[39]等论述了枸杞多糖在人体肿瘤放化疗中具有减毒增效的作用,同时对小鼠肾细胞癌和肝癌的免疫治疗具有增效作用,表明枸杞多糖通过调节免疫在肿瘤免疫治疗中具有发展前景。

3.4免疫调节。免疫学主要由机体免疫系统识别自身与异己物质,免疫应答清除抗原性异物维持机体生理平衡^[40],免疫也可调节活性多糖,通过多角度、多靶点展现其作用,激活免疫细胞^[41]。LBP诱导树突状细胞(DC)的表型和功能成熟及免疫原性,通过激活T淋巴细胞来达到免疫效果^[42]。冯乐^[43]试验表明多糖具有免疫调节作用,是天然的免疫调节剂,可促进机体免疫器官生长、激活免疫细胞等。刘冰^[44]等采用水提醇沉法提取黑果枸杞多糖,通过分析LRPs对RAW264.7细胞活力及细胞因子分泌的影响,研究提取温度对LRPs免疫调节活性影响。结果表明提取温度80℃时,D-GlcA、D-Glc和D-GalA比例升高,黑果枸杞多糖免疫调节活性较好。黄张帆^[45]以高脂饲料中添加不同种类多糖研究其对花鲈免疫、生长等影响,其中枸杞多糖试验结果表明,饲料中添加约1.0g/kg枸杞多糖对花鲈影响最佳。孙甜甜^[31]研究表明枸杞粗多糖能提高肉仔鸡改善免疫功能,以7g/kg添加效果最佳。

3.5降血糖、血脂活性。糖尿病作为一种慢性代谢性疾病,随着血糖、血脂等并发症的产生而产生。LBPS具有降血糖作用,可预防糖尿病的发展,还能刺激胰岛素抵抗HepG-2细胞提高葡萄糖消耗量、降低空腹血糖水平等。相关试验表明枸杞多糖可通过促进N2/HO-1/CPX4信号传导,抑制铁死亡途径,降低GDM大鼠血糖血脂水平,减弱其胰岛素抵抗。以兔子为试验材料,通过测量血糖、血清脂质参数,研究枸杞果水煎剂、粗多糖提取物和纯化多糖级分对高脂血症兔子降血糖、降血脂影响,结果表明,这三种枸杞果实提取物在给药10天后,可显著降低兔子血糖水平、血清总胆固醇及甘油三酯浓度,同时显著提高高密度脂蛋白胆

固醇浓度,表明其具有明显的降血糖和降血脂作用。等以小鼠为试验,评估LBP降血糖的活性,研究参数包括糖尿病小鼠和正常小鼠体重(BW)、空腹血糖水平(FBG)、总胆固醇(TC)和甘油三酯(TG)。LBP治疗(20、40mg/kg体重)持续28天,发现糖尿病小鼠的FBG、TC和TG浓度显著降低,以40mg/kg效果最优。等研究糖尿病预防中采用大孔树脂纯化和离子交换柱纯化,从枸杞中提取得到一种新的酸性多糖LBP-s-1,其具有明显的降血糖作用。

4 结束语

在现代社会高速运转的背景下,生活节奏的显著加快与居民饮食结构的多元化发展,导致亚健康状态及慢性病人群规模不断扩大。在此趋势下,兼具药用与食用价值的枸杞食品凭借“药食同源”的天然属性,成为大众追求健康生活方式的热门选择。枸杞中的核心生物活性成分——枸杞多糖,不仅具备预防和抑制心血管疾病、糖尿病、肿瘤等慢性疾病的药用潜力,还在动物营养调控、饲料添加剂开发等领域展现出巨大的应用价值,其系统性研究与产业化开发对提升人类健康水平和农业生产效益具有深远意义。

近年来,随着超声波辅助提取、微波萃取、酶解法等新型技术的不断涌现,枸杞多糖提取工艺得到持续优化,但现有研究主要聚焦于保健产品开发、临床功效验证等领域。在提取工艺绿色化升级、活性成分结构解析、产品深加工技术创新等方面仍存在较大探索空间。未来亟需围绕枸杞多糖提取率与纯度协同提升、高附加值产品开发、全产业链价值挖掘等方向开展深入研究,通过多学科交叉融合与技术创新,推动枸杞资源实现高效利用与经济效益最大化,助力大健康产业与现代农业的协同发展。

【参考文献】

- [1]Gangliang H,Fang C,Wenjian Y,et al.Preparation, deprotection and comparison of bioactive polysaccharides[J].Trends in Food Science & Technology,2021,109:564-568.
- [2]高凯.宁夏枸杞子的活性成分研究和应用开发[D].第四军医大学,2014.
- [3]缪凤.枸杞多糖酶提、分离纯化及抗氧化和免疫活性研究[D].扬州大学,2021.
- [4]孙正霄.枸杞咀嚼片免疫调节及抗氧化活性研究[D].中国中医科学院,2022.
- [5]杨雪.枸杞多糖纳米硒体外消化吸收特性及抗疲劳活性研究[D].扬州大学,2021.
- [6]宰清勇.枸杞多糖提取、结构表征及生物活性研究[D].贵州师范大学,2023.
- [7]Zhang Q,Chen W,Zhao J, et al.Functional constituents and antioxidant activities of eight Chinese native goji genotypes[J].Food Chemistry,2016,200:230-236.
- [8]牛忻,袁继承,吴北霞.枸杞多糖研究进展[J].食品安全导刊,2024,(09):151-160.
- [9]胡玲玲,乌雪燕.枸杞多糖的水提醇沉法工艺优化[J].贵州农业科学,2021,49(07):128-133.

- [10]叶苗云,俞莉,白光剑.黄芩多糖提取、纯化方法筛选及优化[J].江西中医药,2024,55(05):63-67.
- [11]易宇欣,宋年年,阿衣吐逊.阿布都外力.红枣多糖的降解、结构表征及抗氧化活性[C]//中国食品科学技术学会.中国食品科学技术学会第二十届年会论文摘要集.新疆农业大学化学化工学院,2023:2.
- [12]麻淑珍,马正创.柴达木枸杞多糖产业化生产工艺技术研究[J].青海科技,2021,28(05):87-89.
- [13]Liu Y,Gong G,Zhang J,et al.Response surface optimization of ultrasound-assisted enzymatic extraction polysaccharides from *Lycium barbarum*[J].Carbohydrate Polymers,2014,110:278-284.
- [14]郭佳.超声波辅助提取对枸杞细胞壁多糖解聚规律的研究[D].宁夏大学,2022.
- [15]王菲,张艳珍.超声波辅助提取红枸杞多糖的工艺研究[J].青海农林科技,2018,(04):82-85.
- [16]刘红英.超声波辅助提取狗脑贡茶多糖提取工艺研究[J].现代园艺,2023,46(24):13-16.
- [17]陈树喜,陈彦珊,陈铭辉等.佛手多糖的超声波辅助提取技术研究[J].农产品加工,2023,(24):29-31.
- [18]景年华,史俊友,安仙香等.银杏叶黄酮及多糖超声波辅助提取工艺优化[J].中国野生植物资源,2023,42(09):17-24.
- [19]张继贤.超滤辅助复合酶法制备枸杞多糖工艺优化及抗氧化活性研究[J].食品研究与开发,2022,43(07):148-154.
- [20]陈建双.微波辅助复合酶法提取枸杞多糖及其抗氧化活性研究[J].粮食与油脂,2024,37(02):132-136+162.
- [21]王国霞.不同提取方法对密银花多糖理化性质及抗氧化活性的影响[J/OL].食品工业科技,1-16[2024-08-22].
- [22]李俊杰,雷婷.枸杞多糖提取分离技术的研究进展[J].广州化工,2023,51(14):19-21+46.
- [23]吕青青,曹娟娟,刘瑞.小麦麸皮多糖的结构表征及其对 α -淀粉酶和 α -葡萄糖苷酶的抑制活性研究[C]//中国食品科学技术学会(Chinese Institute of Food Science and Technology).中国食品科学技术学会第十六届年会暨第十届中国食品业高层论坛论文摘要集.合肥工业大学食品与生物工程学院,2019:2.
- [24]师婷婷.生物酶与超滤纯化在枸杞多糖和总黄酮提取中的应用研究[D].甘肃中医药大学,2016.
- [25]李玲梅,张娟娟.不同提取方法对枸杞多糖提取率及糖含量的影响[J].生物化工,2020,6(06):65-68.
- [26]Wei H,Shen-fei W,Jing Z, et al.Effects of extraction methods on immunology activity and chemical profiles of *Lycium barbarum* polysaccharides[J].Journal of Pharmaceutical and Biomedical Analysis,2020,185(prepublish):113219.
- [27]Tian X,Liang T,Liu Y,et al.Extraction, Structural Characterization, and Biological Functions of *Lycium Barbarum* Polysaccharides: A Review[J].Biomolecules,2019,9(9):389.
- [28]述小英.不同种质枸杞营养成分及其抗氧化活性研究[D].西北农林科技大学,2016.
- [29]王静,陈耀平,徐仙.枸杞多糖对男性生殖保护作用的研究进展[J].中国男科学杂志,2024,38(02):144-148.
- [30]张超.硒化枸杞多糖的制备、抗氧化及保肝作用研究[D].内蒙古农业大学,2019.
- [31]孙甜甜.枸杞粗多糖对肉仔鸡生长性能、抗氧化及免疫功能的影响[D].吉林农业大学,2019.
- [32]*Lycium Barbarum*: A Traditional Chinese Herb and A Promising Anti-Aging Agent[J].Aging and Disease,2017,8(6):778-791.
- [33]张琦,朱绚绚,熊佳丽,等.枸杞营养成分特性及其产品开发现状[J].食品与发酵工业,2024,50(15):398-408.
- [34]李毛毛,李洁华.枸杞多糖抗衰老的研究进展[J].实用老年医学,2024,38(03):223-227.
- [35]Ran Y,Xiao-Min L,Qi D .A study of *Lycium barbarum* polysaccharides(LBP)extraction technology and its anti-aging effect.[J].African journal of traditional, complementary, and alternative medicines : AJTCAM,2013,10(4):171-4.
- [36]徐欣.超声辅助提取黑枸杞多糖及其体外抗氧化、抗肿瘤活性研究[J].食品工业,2024,45(05):135-140.
- [37]Chen Y ,Hu M ,Wang C,et al.Characterization and in vitro antitumor activity of polysaccharides from the mycelium of *Sarcodon aspratus*[J].International Journal of Biological Macromolecules,2013,52-58.
- [38]Antitumor activity of *Lycium barbarum* polysaccharides with different molecular weights: an in vitro and in vivo study[J].Food & Nutrition Research,2017,61(1):1399770.
- [39]程曦,黄凝,李鸿泉,等.枸杞多糖通过调节免疫在肿瘤免疫治疗中的应用前景分析[J].中医药学报,2022,50(02):1-4.
- [40]李冠杰,苗侨伟,王晓丽,等.枸杞多糖的生物活性及在动物生产中的应用[J].广东饲料,2024,33(05):43-45.
- [41]曾文俊.枸杞多糖的结构鉴定、消化特性及生物活性研究[D].北方民族大学,2022.
- [42]Wei W,Mingxing L,Yang W,et al.*Lycium barbarum* Polysaccharide Promotes Maturation of Dendritic Cell via Notch Signaling and Strengthens Dendritic Cell Mediated T Lymphocyte Cytotoxicity on Colon Cancer Cell CT26-WT.[J].Evidence-based complementary and alternative medicine:eCAM,2018,2018, 2305683.
- [43]冯乐.枸杞多糖的免疫调节活性及其细胞摄入的初步研究[D].宁夏大学,2020.
- [44]刘冰.提取温度对黑果枸杞多糖理化特性及抗氧化、免疫调节活性的影响[J/OL].食品工业科技,1-18[2024-08-22].
- [45]黄张帆.三种多糖对花鲈生长及脂代谢的影响[D].集美大学,2021.

作者简介:

黄平仙(1993--),女,汉族,宁夏人,硕士研究生,中宁县农业农村局,研究方向:作物学。