

苦瓜功能成分的药用价值及研究进展

杨子涵¹, 胡烁苒¹, 朱会霞^{1,2}

(1. 衡水学院生命科学学院 河北衡水 053000; 2. 河北省果蔬发酵技术创新中心 河北衡水 053000)

摘要: 苦瓜作为一种具有丰富营养价值和药用价值的蔬菜,在食品、医药等领域受到广泛关注。笔者总结了苦瓜的主要功能成分,包括皂苷、多糖、多肽、黄酮类化合物等,阐述了其在降血糖、抗氧化与抗衰老、抑菌抗炎等方面的药用价值,综述了苦瓜在食品加工中的应用现状,并对其未来发展方向进行了展望,旨在为苦瓜的进一步研究和开发利用提供参考。

关键词: 苦瓜;功能成分;药用价值;食品加工

中图分类号: S642.5

文献标志码: A

文章编号: 1673-2871(2025)09-009-06

Medicinal value and research progress of functional components of bitter gourd

YANG Zihan¹, HU Shuoran¹, ZHU Huixia^{1,2}

(1. College of Life Sciences, Hengshui University, Hengshui 053000, Hebei, China; 2. Hebei Province Fruit and Vegetable Fermentation Technology Innovation Center, Hengshui 053000, Hebei, China)

Abstract: As a vegetable with rich nutritional and medicinal value, bitter gourd has received widespread attention in the fields of food and medicine. This paper summarises the main functional components of bitter gourd, including saponins, polysaccharides, flavonoids, etc., describes its medicinal value in hypoglycemia, antioxidant and anti-aging, anti-bacterial and anti-inflammatory, etc., reviews the current status of the application of bitter gourd in food processing, and looks forward to the future development direction, aiming at providing references to the further research and utilization of bitter gourd.

Key words: Bitter gourd; Functional composition; Medicinal value; Food processing

苦瓜属于葫芦科苦瓜属,是一年生攀缘草本植物,又称凉瓜、锦荔枝、癞葡萄和君子菜等^[1]。人们因苦瓜独有的苦涩风味与丰富的营养价值而对其青睐有加。近年来,由于人们对保健及健康食品要求的提高,苦瓜这一自然生产并兼具营养和药用价值的蔬菜受到科研人员的重视。苦瓜是维生素 A、维生素 B 复合物(硫胺素、核黄素、烟酸和叶酸)、矿物质(常量矿物质:钾和镁;微量矿物质:铁和锌)、膳食纤维的良好来源,种子富含谷氨酸等氨基酸并有较高的脂肪含量^[2-3]。另外,苦瓜中的皂苷类、多糖类、多肽类及黄酮类等生物活性成分含量较高^[4]。这些成分赋予苦瓜降血糖、抗氧化、抗炎、抗癌、抗肿瘤及免疫调节的药用价值,为其在功能食品、药物和化妆品中的开发应用提供科学依据^[5-6]。虽然苦瓜在传统药物及食品领域中的用途由来已

久,但对其功能成分、药用价值以及食品加工方面还存在很多未知与挑战。为此,笔者旨在总结苦瓜功能成分、药用价值及食品加工等方面的研究进展,以期为促进苦瓜产业的健康发展及功能性产品的开发提供借鉴与参考。

1 苦瓜的主要功能成分

1.1 皂苷

苦瓜的各个部分,如根、茎、叶和果实,都富含皂苷,其具备降低血糖、抗氧化、抑菌和抗炎等功效^[7]。截至目前,已从苦瓜中鉴别并分离出近 150 种皂苷类化合物,这些化合物依据结构特征可分为甾体类与三萜类两大类,其中三萜皂苷是苦瓜皂苷的主要成分,涵盖了四环三萜与五环三萜两种形式。此外,不同品种的苦瓜因遗传背景及生长条件

收稿日期: 2025-01-23; 修回日期: 2025-03-11

基金项目: 2025 年度河北省高等学校科学研究项目(CXZX2025036)

作者简介: 杨子涵,女,在读本科生,研究方向为食品质量与安全。E-mail: yzh405263@qq.com

通信作者: 朱会霞,女,教授,主要研究方向为发酵工程及果蔬加工。E-mail: zhuhuixia@126.com

的不同,其皂苷含量、具体组成以及生物活性也会有所差异。刘慧娟等^[8]提取了13种苦瓜皂苷并计算出总皂苷含量,同时采用高效液相色谱法测出7种浓度标品的峰面积并绘制混标。采用磷酸缓冲液作为参照基准,通过绘制 Net AUC 值与 Trolox 浓度之间的关系图建立标准曲线,进而用每克皂苷干品中所含的 Trolox 等效量来衡量样品的抗氧化能力。研究发现,各品种苦瓜果肉中的皂苷总含量(w ,后同)介于 $0.52\sim 1.20\text{ g}\cdot 100\text{ g}^{-1}$ 之间,且差异显著,平均含量为 $0.79\text{ g}\cdot 100\text{ g}^{-1}$,变异系数为 21.65%,显示出较大的含量波动范围。7种皂苷单体含量也存在差异,总抗氧化能力差异较大,变异系数达 34.91%,含量(b)变化范围在 $2\,747.76\sim 15\,584.07\text{ }\mu\text{mol}\cdot\text{g}^{-1}$ 之间,平均值为 $8\,879.48\text{ }\mu\text{mol}\cdot\text{g}^{-1}$ 。

1.2 多糖

多糖是苦瓜的主要生物活性成分之一,大约占总质量的 3%,具备抗癌、免疫调节、降低血脂、抗疲劳、抗氧化等多重功效^[9-10]。多糖的提取可通过微波、超声和酶辅助等技术来实现,这些技术能有效破坏细胞壁,从而提升多糖的提取效率及产量。在提取过程中,诸如苦瓜的种类、料液比、温度、时间等条件,均会对多糖的提取效果产生显著影响。此外,原材料的 pH、来源及新鲜程度也是影响多糖产量的重要因素^[11]。Li 等^[12]从苦瓜中提取到了 3 种多糖,分别命名为 BP1、BP2 和 BP3。这些多糖的单糖组成各不相同,且这种不同的单糖组合方式赋予了它们独特的生物活性。其中,多糖的分子质量介于 $85\sim 100\text{ kDa}$ 之间,构成成分包括阿拉伯糖、木糖、半乳糖和鼠李糖。曹晶晶等^[13]选取不同发育时期的不同苦瓜,参照高氯酸-香草醛-冰乙酸法和硫酸蒽酮比色法测定样品中多糖含量。以最大值与最小值之差/ N 作为多糖含量在苦瓜品种间分布的间距单位,绘制直方图展示其分布情况。同时,计算每个分布间距内的品种数量占总样本量的百分比。研究结果显示,多糖含量变幅为 $5.24\sim 92.40\text{ mg}\cdot\text{g}^{-1}$,约 87.80%的多糖含量分布在 $13.96\sim 48.84\text{ mg}\cdot\text{g}^{-1}$ 之间,可得出不同品种苦瓜间多糖含量存在显著差异,同一品种不同时期的苦瓜多糖含量也不同,随生长时间延长,含量不断提高。

1.3 多肽

苦瓜多肽主要存在于苦瓜种子中,其中目前研究较多的降糖多肽由 166 个氨基酸残基组成^[14]。苦瓜多肽是由氨基酸通过肽键连接而成的一类化合

物,是主要的活性成分之一,在降血糖功能中起关键作用^[15]。苦瓜多肽 K 是从成熟苦瓜种子中分离出来的具有抗糖尿病作用的植物化学物质^[16]。苦瓜籽多肽 K 能有效改善胰岛素抵抗状态,具有显著的降糖效果。冯诚诚等^[17]为提高苦瓜籽中多肽 K 的提取率,选育出多肽 K 含量较高的苦瓜籽品种,以 5 个品种的苦瓜籽为原料,采用单因素试验,优化提取苦瓜籽中多肽 K 的工艺条件。结果表明,苦瓜籽中多肽 K 的最佳提取工艺条件为料液比 $1:20(\text{g}\cdot\text{mL}^{-1})$ 、碱液 pH 9.5、提取时间 60 min、提取温度 $50\text{ }^{\circ}\text{C}$ 、酸沉 pH 3.0。此外,苦瓜多肽还具备调节机体生理功能的能力,能够刺激细胞生长与分裂,优化细胞代谢流程,并提高生物体的能量使用效率^[18]。

1.4 黄酮类化合物

苦瓜中有大量的多酚化合物,其中包括已知具有多种治疗活性的类黄酮^[19]。苦瓜中的黄酮类化合物包括异黄酮、黄酮醇、类黄酮等^[20]。黄酮类化合物在抗病毒、抑菌、抗炎、抗肿瘤等方面都展现出了至关重要的作用^[21]。张宏梅等^[22]研究发现,采用乙醇回流法提取苦瓜中总黄酮的工艺参数为:采用 80% 的乙醇、提取时长 3 h,料液比 $1:30(\text{g}\cdot\text{mL}^{-1})$ 、在 $80\text{ }^{\circ}\text{C}$ 下重复提取 3 次。经过验证试验,在最优条件下,总黄酮平均含量达到了 $4.12\text{ mg}\cdot\text{g}^{-1}$ 。在众多影响因素中,乙醇浓度对苦瓜总黄酮提取率的影响最为显著,其次是料液比、提取温度、提取时间以及提取次数。谢勇武等^[23]采用超声波辅助提取苦瓜的总黄酮,研究得到提取的最佳组合为 $1:10$ 的料液比($\text{g}\cdot\text{mL}^{-1}$)、80% 的乙醇、提取时间 50 min 和提取温度 $40\text{ }^{\circ}\text{C}$ 。

1.5 维生素和矿物质

苦瓜中含有多种维生素和矿物质,其中维生素 A 可抑制导致衰老、癌症和其他疾病的 ROS 和自由基产生,维生素 B1 在预防及治疗脚气病方面发挥关键作用,还有助于维护心脏功能的正常运行,促进乳汁分泌,并能提振食欲^[24]。江定等^[25]测定 14 种苦瓜中维生素和矿物质含量,结果显示,14 种苦瓜间维生素 C 含量存在显著差异,变异系数为 17.52%,变幅为 $36.7\sim 71.0\text{ mg}\cdot 100\text{ g}^{-1}$,其中青蕾 1 号维生素 C 含量最高,油瓜材料 3 号含量最低。14 种苦瓜间粗蛋白含量(矿物质等营养成分的间接参考之一)变幅为 $0.60\sim 0.84\text{ g}\cdot 100\text{ g}^{-1}$ 。苦瓜中的矿物质在维护人体的正常生理机能、骨骼的健康状况以及酸碱平衡等多个方面也都起到了至关重要的作用。这些矿物质包含多种对人体至关重要的微量

元素,如 Cu、Zn、Cr、Co、Ni、Mn 等。特别是苦瓜中的铜和锌含量相对较高,这有助于调节身体机能并维持身体的健康状态,钾作为主要的碱金属存在于组织及细胞中,对酸碱平衡的调节起重要作用^[26]。由于这些维生素和矿物质的存在,苦瓜在营养补给方面显示出了不可忽视的价值。

2 苦瓜的药用价值

2.1 降血糖

苦瓜所含的新鲜汁液具有显著的降低血糖效果,因此成为糖尿病患者的首选蔬菜。试验结果显示,苦瓜提取物中的三萜类、苷类和多肽等活性成分具有降低血糖的功效。Peter 等^[27]通过对包含 10 个苦瓜品种的 2 型糖尿病的临床试验($n=1045$)进行 meta 分析,认为苦瓜单味草药制剂能有效降低空腹血糖、餐后血糖及糖化血红蛋白水平。关于苦瓜治疗糖尿病的潜在机制已有广泛研究。这些研究聚焦于苦瓜粉及其各类提取物,通过抑制肠道 α -葡萄糖苷酶与 α -淀粉酶活性,保护胰岛 β 细胞、促进胰岛素分泌、提升肝脏对葡萄糖的吸收能力、抑制糖异生过程、促进胰岛素转运,以及缓解慢性低度炎症反应与氧化应激状态,进而展现出显著的降血糖作用。Deng 等^[28]将糖尿病小鼠分为苦瓜皂苷高剂量组、低剂量组和糖尿病对照组,在第 31 天,接受高剂量治疗与低剂量治疗的小鼠葡萄糖水平显著下降,下降幅度分别为 26.47%和 12.63%。同时小鼠的糖耐受性、胰腺纤维化和胰岛面积等发生改变。研究证明,苦瓜皂苷能够通过增强对胰腺组织结构和胰岛素分泌功能的修复作用来改善血糖。然而,苦瓜降血糖作用的具体分子机制仍有待进一步深入研究,以开发出更有效的基于苦瓜的糖尿病治疗药物或辅助治疗手段。

2.2 抗氧化与抗衰老

苦瓜是一种优良的天然抗氧化剂,无论是体内还是体外,都展现出较强的抗氧化能力^[29]。苦瓜富含多种总酚类物质,诸如没食子酸、表儿茶素、儿茶素、绿原酸及龙胆酸等,这些成分作为有效的氧自由基清除剂,广泛分布于苦瓜的果实、种子及叶片中,不仅能够调节因氧化应激而受损的抗氧化状态,还具备抑制脂肪积累的积极作用^[30]。苦瓜中的黄酮类化学物质拥有出色的抗氧化能力,可以高效地清除身体内的自由基,降低氧化压力导致的伤害。此外,苦瓜还具备有效抑制应激诱导的脂质过氧化作用的能力,这一效应主要归因于它能增强过

氧化氢酶活性,并提高还原型谷胱甘肽含量^[31]。

2.3 抑菌抗炎

苦瓜中的主要抗炎活性成分包括皂苷与挥发油。在抗炎效果上,糖链含量更高的化合物表现出更为突出的作用,这揭示了糖基化修饰能够增强皂苷的抗炎能力^[32]。王亚军等^[33]通过皮下注射酵母悬液来诱发大鼠产生发热反应的试验,以此来研究苦瓜皂苷对大鼠解热和抗炎的效果。通过一次性灌胃给予小鼠 3 种不同剂量的苦瓜皂苷,并设置模型对照组进行对比分析,以评估其在缓解急性炎症方面的作用。统计分析表明,高、中剂量组对小鼠体温的降低作用不显著,而低剂量组则显著降低了大鼠体温,显示出一定的解热效果。在炎症性疾病状态下,苦瓜皂苷展现出显著效能,能有效抑制一氧化氮的产生,并阻断诱导型一氧化氮合酶及促炎性细胞因子相关基因的活化过程^[34]。此外,苦瓜皂苷还具备通过调控 TNF- α 、IL-6 及 IL-12p40 等几种关键细胞因子,从而减弱由脂多糖诱导的骨髓源性树突状细胞引发的炎症反应的能力^[35]。苦瓜含有多种具有抑菌效果的成分。葛雅琨等^[36]选用了多样化的溶剂体系萃取苦瓜中的抗菌组分,并在确定了最优提取策略后,进行定性鉴定。结果表明,苦瓜中的抗菌活性成分主要包括皂苷类、黄酮类化合物、酚类物质以及有机酸等。苦瓜糖苷 A 展现出了对真菌和细菌生长具有明显抑制作用的效果。

2.4 抗肿瘤

现有科学研究表明,苦瓜中所含的 MAP30 蛋白展现出抗癌活性,而这种活性可能与苦瓜 RNA 中的 N -糖苷酶活性紧密相关。何颖等^[37]研究进一步揭示,MAP30 能够有效抑制骨髓瘤细胞的增殖。在单独作用于骨髓瘤细胞时,MAP30 促进了细胞凋亡与自噬过程,使 PARP 水平上升了 20%,同时显著降低了 P62 的表达。Pournaghi 等^[38]利用 H-NMR、C-NMR 和 MS 光谱分析手段,结合与已有文献数据的对比,确定苦瓜提取物中化合物的结构。然后采用 MTT 法评估分离化合物的细胞毒性。结果表明,苦瓜中的黄酮类化合物与肿瘤细胞生长抑制之间存在相关性。

2.5 其他药用价值

除了上面提到的功能,苦瓜还拥有免疫系统调整、伤口愈合以及降低血脂等多种药用效果^[39]。在免疫调节领域,阿尔祖古丽·阿卜力米提等^[40]研究指出,苦瓜中的多糖成分能有效地提升免疫细胞的功能,从而增强整体的免疫机能。苦瓜中的 MAP-30、

MRK-29、苦瓜多糖以及凝集素等在内的多种化学物质,均对病毒感染产生了显著影响。特别是凝集素,通过非特异性结合胰岛素受体,表现出类胰岛素活性,能够作用于外周组织以降低血糖水平,并与胰岛素在中枢神经系统中的作用相关联。相关研究显示,苦瓜提取物具有防止血管及肉芽组织退化的能力,能够改善并加速伤口愈合的进程。Kinoshita 等^[41]对苦瓜提取物在降低血脂方面的作用进行了研究,结果表明,患者的低密度脂蛋白(LDL)水平显著降低,而血糖水平则保持稳定。苦瓜可能通过抑制脂肪合成及促进葡萄糖的有效代谢来减少脂肪积累,从而发挥降血脂作用。具体而言,苦瓜通过激活与磷脂酰肌醇 3-激酶、腺苷酸活化蛋白激酶相关的通路,以及激活核激素受体超家族中的过氧化物酶体增殖剂促进糖类和脂质的代谢;血脂代谢通过刺激脂质代谢来降低 LDL 和三酰甘油含量,同时提高高密度脂蛋白水平^[42]。

3 苦瓜在食品加工中的应用

3.1 苦瓜加工产品

苦瓜加工产品种类繁多,包括但不限于苦瓜饼干、苦瓜汁与保健饮料、苦瓜酸奶等。高纤维无糖苦瓜玉米饼干等创新产品,符合现代人追求低糖、高纤维的健康趋势^[43]。随着生活水平的不断提高,人们的保健意识也在不断增强,以苦瓜为原料开发的保健饮料逐渐增多。苦瓜汁是将新鲜苦瓜经过清洗、破碎、榨汁、过滤等工艺制成的饮品,保留了苦瓜的大部分营养成分和功能特性。苦瓜汁中富含生物碱、胡萝卜甾醇和苦瓜素等有助于降低血糖的活性成分,因此具有极高的保健价值^[44]。苦瓜汁和木糖醇加入绿茶浸提液以优化其口感、降低糖分含量并能增强保健效果的保健型茶饮料等产品,既满足日常饮食需求,又充分发挥苦瓜的保健优势,市场前景广阔^[45]。Maselesele 等^[46]通过试验研究苦瓜-葡萄饮料的生产发酵条件,结果表明,发酵温度 28.60 °C、发酵时间 52.60 h、发酵剂浓度 4.07%、添加 0.2%果胶酯酶(50 mL)效果最佳,酶法发酵的苦瓜-葡萄饮料降糖潜力最高。除此之外,以纯牛奶和苦瓜为核心原料,采用甜菊糖苷替代传统糖分,通过发酵工艺制成的苦瓜酸奶,不仅适宜乳糖不耐受人群,还有助于防治老年人心血管疾病,展现了苦瓜的多元应用潜力^[47]。

3.2 苦瓜精深加工及功能成分利用

在苦瓜精深加工方面,目前已开展了诸多研

究。苦瓜作为药食同源植物具有较高的营养、保健和药用价值,尤其在降血糖和抗肿瘤中广泛应用,已开发出多种功能性食品以及辅助降血糖的保健食品,目前已有苦瓜降血糖胶囊上市,用于糖尿病的临床治疗^[48]。苦瓜含有抗糖尿病成分,如苦瓜素、维辛和多肽-p 以及其他通用生物活性成分,如抗氧化剂。Murarka 等^[24]研究表明,把苦瓜粉面包装在聚乙烯袋(PEP)中,并在常温(18~38 °C)和冷藏(4~7 °C)环境下贮存 7 d,观察到小麦和苦瓜粉面包在环境温度下水分含量的总体增加范围为 33.00%~33.57%,而蛋白质和脂肪含量的总体减少范围为 11.92%~11.52%和 5.22%~4.65%,说明利用苦瓜粉开发烘焙食品有助于提高营养成分含量。为提升苦瓜中皂苷成分的有效提取率,研究者采用超声辅助酶解技术,为苦瓜降糖功能食品的后续研发奠定了科学基础^[49]。此外,还可利用微波辅助提取法、生物酶提取法等多种提取方法提取苦瓜多糖,苦瓜多糖具有抗癌、免疫调节、抗氧化、抗肿瘤等多种生物活性。未来,苦瓜多糖可以作为功能性食品添加剂,用于提高食品的营养价值和保健功效;此外,还可以作为药物原料,为开发针对炎症、肿瘤等疾病的创新疗法提供了可能^[50]。

3.3 苦瓜提取物在食品保鲜中的应用

苦瓜提取物因具有抗菌抗炎特性,在食品保鲜领域展现出巨大潜力。研究表明,苦瓜提取物能有效抑制大肠杆菌、金黄色葡萄球菌及枯草芽孢杆菌等常见食品腐败菌,进而延长食品保质期。其中,苦瓜种子的抗氧化特性尤为突出,能够有效防止食品中的脂质氧化。通过抑制脂质氧化过程,苦瓜提取物可以延长食品的保质期,同时保持食品的质量和口感^[51]。将苦瓜提取物应用于果蔬、肉类等食品的保鲜处理,不仅减少了化学防腐剂的使用,还提升了食品的安全性品质,为天然食品保鲜剂的开发开辟了新方向^[52]。

4 展望

苦瓜作为一种兼具营养与药用价值的药食同源植物,主要功能成分包括皂苷、多糖、多肽、黄酮类化合物、维生素和矿物质等,具有降血糖、抗氧化与抗衰老、抑菌抗炎、抗肿瘤等方面的药用价值,且在食品加工和食品保鲜领域已有较多应用。然而,目前苦瓜功能成分的研究仍存在一些问题,部分功能成分的具体作用机制尚未明确,还需要进一步研究和证实,如黄酮类物质结构的相关研究较少,未

来应加强此类化合物结构鉴定方面的研究^[53]。现有研究表明,苦瓜可通过调控免疫细胞、激活巨噬细胞来抑制癌细胞增殖,但其免疫调节的具体启动机制仍需深入探究^[30]。此外,苦瓜对糖尿病的药理作用及机制研究虽持续深化,但缺乏统一的研究标准,导致不同品种、提取方法下的最佳剂量与安全范围尚未明确^[54]。鉴于上述问题,未来可围绕以下几个方面开展研究:一是在分子、基因及代谢层面深入研究苦瓜各功能成分的单一及协同作用机制,为其药用开发提供更科学的理论支撑^[55];二是优化苦瓜提取和加工工艺,建立标准化的质量评价体系,提高功能成分的提取效率与利用率;三是研发高品质、符合消费者需求的苦瓜高附加值功能产品,促进苦瓜产业的可持续发展。

参考文献

- [1] 丁国庆,贺心茹,费永俊. 苦瓜育种研究进展[J]. 中国瓜菜, 2023,36(7):1-7.
- [2] HAZRA P, HAZRA S, ACHARYA B, et al. Diversity of nutrient and nutraceutical contents in the fruits and its relationship to morphological traits in bitter gourd (*Momordica charantia* L.) [J]. Scientia Horticulturae, 2022, 305: 111414.
- [3] SINGLA D, SANGHA M K, SINGH M, et al. Variation of mineral composition in different fruit parts of bitter gourd (*Momordica charantia* L.) [J]. Biological Trace Element Research, 2023, 201(10): 4961-4971.
- [4] 李盼盼,纪宝玉,裴莉昕,等. 不同产地苦瓜干抗氧化活性成分比较分析[J]. 中国瓜菜, 2024, 37(5): 64-70.
- [5] HU Z M, LUO Y D, WU Y C, et al. Extraction, structures, biological effects and potential mechanisms of *Momordica charantia* polysaccharides: A review [J]. International Journal of Biological Macromolecules, 2024, 268(1): 131498.
- [6] 陈木溪,郑汉藩,陈如珠,等. 苦瓜新品种利农 E39 吉早的选育[J]. 中国瓜菜, 2024, 37(12): 167-170.
- [7] ZHAO D D, LUO Z X, LI S S, et al. Metabolomics revealed the effects of *Momordica charantia* L. saponins on diabetic hyperglycemia and wound healing in mice [J]. Foods, 2024, 13(19): 3163.
- [8] 刘慧娟,张名位,张瑞芬,等. 不同苦瓜品种皂苷含量组成及其抗氧化活性和 α -葡萄糖苷酶的抑制活性[J]. 中国农业科学, 2017, 50(17): 3413-3421.
- [9] YANG X S, CHEN F, HUANG G L. Extraction and analysis of polysaccharide from *Momordica charantia* [J]. Industrial Crops and Products, 2020, 153: 112588.
- [10] ZHANG Y H, SONG H Z, LU J, et al. Ultrasound-assisted extraction, purification, structural characterization, and hypoglycemic activities of a polysaccharide from *Momordica charantia* L. [J]. International Journal of Biological Macromolecules, 2025, 285: 138300.
- [11] ZHANG F, LIN L H, XIE J H. A mini-review of chemical and biological properties of polysaccharides from *Momordica charantia* [J]. International Journal of Biological Macromolecules, 2016, 92: 246-253.
- [12] LI J L, WANG Y Q, HUANG J, et al. Characterization of antioxidant polysaccharides in bitter gourd (*Momordica charantia* L.) cultivars [J]. Journal of Food Agriculture and Environment, 2010, 8(3/4): 117-120.
- [13] 曹晶晶,徐丽珊,沈佳鑫,等. 不同苦瓜品种多糖与皂苷的含量差异及最佳采摘期研究[J]. 湖南农业科学, 2014(2): 63-66.
- [14] 赖婷. 苦瓜中主要活性物质及其生理功能的研究进展[J]. 食品安全导刊, 2020(9): 87.
- [15] WANG Y S, ZENG X Q, YANG X Z, et al. Real-time quantitative PCR analysis of the expression pattern of the hypoglycemic Polypeptide-P Gene in *Momordica charantia* [J]. Genes, 2019, 10(12): 1044.
- [16] 杨志凯. 酶法制备苦瓜总皂苷和多肽及多肽稳定性保护的研究[D]. 合肥: 安徽农业大学, 2019.
- [17] 冯诚诚,苏健,琚茜茜,等. 苦瓜籽多肽 K 提取工艺优化研究[J]. 食品研究与开发, 2021, 42(4): 90-94.
- [18] RAINA K, KUMAR D, AGARWAL R. Promise of bitter melon (*Momordica charantia*) bioactives in cancer prevention and therapy [J]. Seminars in Cancer Biology, 2016, 40: 116-129.
- [19] MADALA N E, PIATER L, DUBERY I, et al. Distribution patterns of flavonoids from three *Momordica* species by ultra-high performance liquid chromatography quadrupole time of flight mass spectrometry: A metabolomic profiling approach [J]. Revista Brasileira de Farmacognosia-Brazilian Journal of Pharmacognosy, 2016, 26(4): 507-513.
- [20] 刘馨泽,吴新民,蔺冬梅,等. 苦瓜化学成分的提取分离及药理活性研究进展[J]. 中成药, 2022, 44(1): 177-182.
- [21] 徐峰. 改良型植物营养剂对苦瓜中黄酮类化合物含量的影响[J]. 南方农业, 2021, 15(18): 8-9.
- [22] 张宏梅,昌盛,崔佰吉,等. 苦瓜总黄酮的提取及其体外抗氧化活性分析[J]. 食品研究与开发, 2016, 37(23): 61-64.
- [23] 谢勇武,谭属琼,郭建清. 超声波辅助提取福建山苦瓜总黄酮工艺研究[J]. 福建热作科技, 2019, 44(2): 12-16.
- [24] MURARKA S, SINGH S P, RAJ R. Development and standardization of functional bread fortified with bitter gourd (*Momordica charantia*) powder [J]. Current Journal of Applied Science and Technology, 2024, 43(4): 1-11.
- [25] 江定,李光光,朱文斌,等. 不同苦瓜营养成分与皂苷含量的差异分析[J]. 中国瓜菜, 2020, 33(6): 34-40.
- [26] 郭智广,王毅红,张颖,等. 黄瓜、冬瓜、苦瓜、丝瓜和西瓜中的钾、钙、镁等 8 种元素含量分析[J]. 中国瓜菜, 2019, 32(9): 25-29.
- [27] PETER L E, KASALI M F, DEVNO S, et al. *Momordica charantia* L. lowers elevated glycaemia in type 2 diabetes mellitus patients: Systematic review and meta-analysis [J]. Journal of Ethnopharmacology, 2019, 231: 311-324.
- [28] DENG Y Y, ZHANG Y, LIU G, et al. Saponins from *Momordica charantia* exert hypoglycemic effect in diabetic mice by multiple pathways [J]. Food Science and Nutrition, 2023, 11(12):

- 7626-7637.
- [29] SAD G T, DIAFARIDZE I, KALANDIA A, et al. Antioxidant properties of the native khechchuri pear from western georgia[J]. Science, 2021, 3(1):10.
- [30] 崔宏伟, 韩汶延, 于蕾, 等. 苦瓜化学成分及药理作用研究进展[J]. 世界科学技术-中医药现代化, 2021, 23(5):1712-1719.
- [31] ZAHOOR I, KHAN M A. Microwave assisted convective drying of bitter gourd: Drying kinetics and effect on ascorbic acid, total phenolics and antioxidant activity[J]. Journal of Food Measurement and Characterization, 2019, 13(3):2481-2490.
- [32] WANG M Y, ZHAN Z B, XIONG Y, et al. Cytotoxic and anti-inflammatory constituents from *Momordica cochinchinensis* seeds[J]. Fitoterapia, 2019, 139(19):104360.
- [33] 王亚军, 张文煊, 李宇清. 苦瓜皂苷的急性毒性及解热抗炎作用研究[J]. 药学研究, 2020, 39(3):130-132.
- [34] DWIJAYANTI D R, SHIMADA T, ISHII T, et al. Bitter melon fruit extract has a hypoglycemic effect and reduces hepatic lipid accumulation in *ob/ob* mice[J]. Phytotherapy Research, 2020, 34(6):1338-1346.
- [35] CAO T Q, PHONG N V, KIM J H, et al. Inhibitory effects of cucurbitane-type triterpenoids from *Momordica charantia* fruit on lipopolysaccharide-stimulated pro-inflammatory cytokine production in bone marrow-derived dendritic cells[J]. Molecules, 2021, 26(15):4444.
- [36] 葛雅琨, 李全亮, 张元新. 苦瓜中抑菌成分的提取方法研究[J]. 辽宁化工, 2019, 48(11):1062-1064.
- [37] 何颖, 方芳, 颜宏利, 等. 苦瓜蛋白 MAP30 通过 AKT/mTOR 通路促进多发性骨髓瘤细胞的自噬和凋亡[J]. 中国肿瘤生物治疗杂志, 2019, 26(3):299-305.
- [38] POURNAGHI N, KHALIGHI-SIGAROODI F, SAFARI E, et al. Bioassay-guided isolation of flavonoids from *Caesalpinia bonduc* (L.) Roxb. and evaluation of their cytotoxicity[J]. Iranian Journal of Pharmaceutical Research, 2021, 20(1):274-282.
- [39] SHEIKH H I, ZAKARIA N H, MAJID F A A, et al. Promising roles of *Zingiber officinale* Roscoe, *Curcuma longa* L., and *Momordica charantia* L. as immunity modulators against COVID-19: A bibliometric analysis. [J]. Journal of Agriculture and Food Research, 2023, 14:100680.
- [40] 阿尔祖古丽·阿卜力米提, 李敬双, 金鑫, 等. 苦瓜多糖对小鼠淋巴细胞免疫调节作用的影响[J]. 粮油食品科技, 2022, 30(1):105-112.
- [41] KINOSHITA H, OGATA Y. Effect of bitter melon extracts on lipid levels in Japanese subjects: A randomized controlled study[J]. Evidence-based Complementary and Alternative Medicine, 2018, 2018:4915784.
- [42] FAN M Q, KIM E K, CHOI Y J, et al. The role of *Momordica charantia* in resisting obesity[J]. International Journal of Environmental Research and Public Health, 2019, 16(18):3251.
- [43] 钟志惠. 高纤维无糖苦瓜玉米饼干工艺配方的优化研究[J]. 现代面粉工业, 2020, 34(6):51.
- [44] 吴霖萍, 何嘉慧. 槐叶苦瓜复合保健饮料研制[J]. 农产品加工, 2019(22):15-18.
- [45] 付兴周, 张瑞, 付一凡. 低糖苦瓜绿茶复合饮料制作方法[J]. 农村新技术, 2020(3):57-58.
- [46] MASELESELE T L, MOLELEKOA T B J, GBASHI S, et al. Development of a fermented bitter gourd (*Momordica charantia*) - grape beverage using optimized conditions[J]. Fermentation, 2022, 8(9):439.
- [47] 吴量, 殷琦, 孙远东, 等. 苦瓜酸奶的制作工艺[J]. 农产品加工, 2021(10):30-33.
- [48] 李洪铭, 陈振华, 段学民, 等. 苦瓜的药理作用及其在心血管疾病中的应用[J]. 江西科技师范大学学报, 2019, (6):71-78.
- [49] 王艳珍. 超声辅助酶解提取苦瓜功效成分工艺研究[J]. 中外食品工业, 2024(8):9-11.
- [50] 张瑜, 王安杏. 苦瓜多糖提取工艺及功能活性研究进展[J]. 食品界, 2023(9):62-64.
- [51] ABBAS M, SHABBIR M A, UI HAQ A M S, et al. Harnessing the potential of bitter gourd seeds for food and nutrition: A comprehensive review[J]. Applied Food Research, 2024, 4(2):100508.
- [52] JABEEN U, KHANUM A. Isolation and characterization of potential food preservative peptide from *Momordica charantia* L. [J]. Arabian Journal of Chemistry, 2017, 10 (Suppl. 2):3982-3989.
- [53] 彭兴兴, 林丽霞, 彭飞飞, 等. 苦瓜化学成分及其功能特性研究进展[J]. 食品安全导刊, 2023(29):182-185.
- [54] 丁雷, 朱怡霏, 李梅, 等. 苦瓜的降糖作用及机制研究进展[J]. 中国实验方剂学杂志, 2021, 27(10):204-212.
- [55] 张易, 谢小花, 付金凤, 等. 苦瓜活性提取物及功能产品研究进展[J]. 湖南文理学院学报(自然科学版), 2020, 32(1):25-29.