

黄花菜采后保鲜及活性成分提取方法研究进展

张运晖, 赵瑛, 张艳萍, 刘新星, 欧巧明

(甘肃省农业科学院生物技术研究所, 兰州 730070)

摘要: **目的** 梳理并展望黄花菜采后贮藏保鲜及其活性成分提取的新技术和新方法, 以期黄花菜产业发展提供理论依据。**方法** 对近年来黄花菜保鲜贮藏方法进行综述, 包括冷藏保鲜、生物化学保鲜和辐射保鲜等, 并对黄花菜中的多糖、黄酮、多酚等活性成分的提取方法进行总结。**结果** 选择适宜的保鲜技术可以在一定程度上延长黄花菜的贮藏期, 有助于黄花菜产业健康发展; 活性成分提取研究报道主要集中在几种黄酮类与多酚类的成分上, 提取技术以微波提取法、超声提取法和溶剂萃取法为主。**结论** 单一保鲜技术的应用对延长蔬菜贮藏期的效果有限, 保鲜技术的综合应用才是今后黄花菜保鲜的发展方向, 黄花菜活性成分的提取方法以及提取物的功能验证方面研究还不够系统。

关键词: 黄花菜; 采后保鲜; 活性成分

中图分类号: TS255.3 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001-3563(2023)13-0103-09

DOI: 10.19554/j.cnki.1001-3563.2023.13.013

Research Progress on Postharvest Preservation and Extraction Method of Bioactive Components of Daylily (*Hemerocallis citrina Baroni*)

ZHANG Yun-hui, ZHAO Ying, ZHANG Yan-ping, LIU Xin-xing, OU Qiao-ming

(Institute of Biotechnology, Gansu Academy of Agricultural Sciences, Lanzhou 730070, China)

ABSTRACT: The work aims to sort out and look forward to the new technologies and methods that might be used in the postharvest storage and the bioactive components extraction of daylily (*Hemerocallis citrina Baroni*), so as to provide theoretical basis for the development of daylily industry. The technologies used to store fresh daylily in recent years were summarized, including low temperature preservation, biochemical preservation and irradiation preservation. Then, the extraction methods of polysaccharides, flavonoids, polyphenols and other bioactive components in daylily were reviewed. The suitable preservation technologies selected for daylily could extend the storage period of daylily to a certain extent and contribute to the healthy development of daylily economy. The research reports on the extraction of bioactive components mainly focused on several flavonoids and polyphenols and the extraction methods mainly included microwave extraction, ultrasonic extraction and solvent extraction. The application of a single preservation technology has limited effect on extending the storage period of daylily and the integrated application of preservation technologies is the development direction of future fresh daylily storage. The research on the extraction methods of bioactive components and functional verification of extracts from daylily is not systematic enough.

KEY WORDS: daylily; postharvest preservation; bioactive components

收稿日期: 2023-03-24

基金项目: 国家自然科学基金项目(31860447); 甘肃省农业科学院重点研发项目(2022GAAS32); 庆阳市财政预算市列专项子项目(QY2022Y-N01)

作者简介: 张运晖(1984—), 男, 硕士生, 主攻特色农作物贮藏加工。

通信作者: 欧巧明(1976—), 男, 硕士, 副研究员, 硕导, 主要研究方向为特色农产品开发利用。

黄花菜 (*Hemerocallis citrina Baroni*), 百合科萱草属, 在我国已有上千年的栽种历史, 营养丰富, 与香菇、木耳、冬笋一起被称为蔬菜类中的四大珍品^[1]。黄花菜是一种药食两用食材, 含有人体所需的七大营养素, 《本草纲目》中称其有安神醒脑、解热消毒等功效^[2], 中医认为其有平肝养血、抗菌消炎的功能, 能治疗尿路感染、耳鸣、心悸等多种病症^[3]。黄花菜中含有 60 余种挥发性成分, 其中, 主要的功能性成分是多糖、黄酮和多酚类物质^[4], 含量丰富的生物活性物质是黄花菜药用功效的基础^[5-7]。研究发现, 黄花菜水醇提取物有抗抑郁和促进睡眠活性^[8], 多酚提取物对应激大鼠有抗抑郁和增强意识的作用^[9], 总黄酮提取物有明显的清除自由基作用, 其抗氧化活性与总黄酮含量呈正相关^[10]。此外, 黄花菜还有消炎、护肝、增强大脑机能等功效, 是一种极具潜力的药用食材^[11-12]。黄花菜采后持续的蒸腾作用与呼吸作用使其感官品质下降, 营养物质及活性成分不断流失^[13]。因此, 采后保鲜对保留黄花菜的活性成分及商品价值十分重要。

黄花菜是重要的经济作物, 对其产地的经济发展有举足轻重的作用。习近平总书记 2020 年在大同考察时提出: “小黄花, 大产业”, 让黄花成为乡亲们的“致富花”。近年来, 学者对于黄花菜保鲜及有效成分提取方面有很多研究报道, 对完善产业链、增加产品附加值和提高农民收益方面都有很大帮助, 这些新技术为黄花菜产业发展提供了很好的技术支撑。本文将从黄花菜采后保鲜及活性物质的提取方法两方面对近年来的相关研究进行综述, 以期对黄花菜采后处理及药用研究方面提供助益, 协力完善发展黄花菜产业。

1 黄花菜的储藏保鲜

黄花菜的营养成分见表 1。黄花菜在清晨花蕾开放前采摘, 花蕾离开母体后失去养分和水分来源, 但植物生命活动会以消耗自身贮藏养分的方式继续进行, 且根据环境的变化会有一系列的调整。随着离开母体时间的增长, 呼吸作用、蒸腾作用、乙烯含量和各种酶含量都会有相应变化来延长其生命活力。花蕾不加处理状态下一般 24 h 内出现萎蔫, 48 h 内大部分花蕾开放, 72 h 内出现褐变甚至霉菌与异味。植物的这种生命活动会消耗其内在养分, 降低其商品品质。保鲜的目的就是将植物的生命活动降到最低的时

尽量保持其原有商品属性。目前, 国内外果蔬保鲜方法主要为冷藏保鲜、气调保鲜、生物化学保鲜、辐射保鲜等, 保鲜原理及周期各有不同, 都有在黄花菜上应用报道。

1.1 冷藏保鲜

低温冷藏是目前常见的蔬菜保鲜方式, 可以有效降低致病菌的数量, 防止果蔬腐烂, 还可减缓果蔬呼吸代谢进程, 从而达到减缓组织衰老, 延长果实贮藏期的目的^[14]。应注意, 不适宜的冷藏温度会导致果蔬受到冷害或冻害, 使其出现褐化、腐烂等问题, 降低商品价值。研究表明, $-3\text{ }^{\circ}\text{C}$ 会引起黄花菜冻害, $-1\text{ }^{\circ}\text{C}$ 则不会^[15]; 黄花菜保鲜温度以 $0\sim 1\text{ }^{\circ}\text{C}$ 保鲜效果最好, 在 $0\sim 5\text{ }^{\circ}\text{C}$ 贮藏条件下, 长度 $7\sim 8\text{ cm}$ 的黄花菜保鲜效果可达 $3\sim 4\text{ d}$, $5\sim 6\text{ cm}$ 的则可保鲜 7 d ^[16-17]; $5\text{ }^{\circ}\text{C}$ 的低温处理可显著提高黄花菜抗氧化酶系统中的超氧化物歧化酶 (Superoxide Dismutase, SOD) 与过氧化物酶 (Peroxidase, POD) 的活性, 同时, 植物抗逆性相关的苯丙氨酸酶 (Phenylalaninammonio-lyase, PAL) 也增加了活性。这些变化表明, $5\text{ }^{\circ}\text{C}$ 低温处理提升了黄花菜抗冷性^[18]。此外, 预冷技术也是一种重要的果蔬处理方法, 通过迅速带走果蔬的田间热与呼吸热, 可延缓果蔬在流通过程中的呼吸作用引起的失水、衰老等进程。

温度是黄花菜采后保存的关键因素, 环境温度可以直接影响黄花菜的呼吸作用与采后开花率。低温可以减缓植物表面微生物的生长繁殖速度, 抑制植物呼吸作用, 降低植物生命活动消耗达到保鲜目的, 是目前较成熟的保鲜手段。寻找最佳贮藏温度, 达到保鲜效果与贮藏成本的平衡点是其中的关键因素。此外, 黄花菜产地与品种也会影响到研究结果^[19], 一些新技术的应用也对延长新鲜黄花菜的货架期有帮助, 如真空预冷技术可以在短时间内迅速带走植物热量, 减少活性氧自由基的积累, 从而延缓衰老, 保留营养成分^[20]。

1.2 气调保鲜

气调包装 (Modified Atmosphere Package, MAP) 是目前黄花菜气调保鲜中较常用方法。将黄花菜置于小袋可透气微环境中, 其自身的呼吸作用会消耗环境中的氧气, 造成低氧气高二氧化碳的气体环境, 抑制其呼吸作用^[21]。这种气体环境也会减少乙烯的生成,

表 1 黄花菜营养成分 (100 g)
Tab.1 Nutrient contents of daylily (100 g)

类别	胡萝卜素 含量/mg	碳水化合物 含量/g	脂肪 含量/g	钙含量/mg	铁含量/mg	蛋白质含量/g	粗纤维含量/g	磷含量/mg	水分含量/g
新鲜黄花菜 ^[6,43]	1.17	11.6	1.4	73	1.4	2.9	1.5	69	82.3
干制黄花菜 ^[6,43]	3.44	60.1	0.4	463	16.5	14.1	6.7	173	11.8

减弱乙烯对呼吸的促进作用, 从而进一步降低呼吸强度。呼吸强度越弱, 消耗的底物越少, 故总糖的保存率就高^[22], 同时, 贮藏环境中氧气的浓度越低, 维生素 C 等营养物质的氧化损失就越少。研究表明, 聚乳酸 (Polylactic Acid, PLA) 薄膜包装可延长黄花菜的保鲜期至 10 d, 聚乙烯 (Polyethylene, PE) 薄膜能延长保鲜期至 6 d。其中, 厚度为 25 μm 的 PLA 薄膜保鲜效果最好^[23]。30 μm 未拉伸聚丙烯膜 (Cast Polypropylene, CPP) 可将微环境气体体积分数维持在 CO_2 为 6.9%~8.9%, O_2 为 11.2%~13.2%, 显著降低了黄花菜的腐烂与褐变率, 延缓主要营养成分与叶绿素 a、b 的下降速度^[24]; 初始气体体积分数维持在 CO_2 为 6%、 O_2 为 3%、 N_2 为 91% 能较好保持黄花菜色泽、好花率、硬度, 以及能抑制呼吸强度和降低质量损失率, 大幅延长鲜菜货架期^[25]。减压贮藏也是通过抽出储藏室内空气, 降低氧气浓度来减缓产品的呼吸作用, 同时抽出产品释放的乙烯等挥发性物质来减缓产品成熟和衰老的速度, 降低腐烂和损耗^[26]。

气调保鲜是通过调节植物贮藏环境的气体组成比例来抑制植物的生理活动, 延缓能量消耗, 从而达到保鲜的目的。一般气调保鲜的仓库同时配有制冷设备, 通过调节库内温度与气体比例, 配合低温贮藏可延长黄花菜保鲜期。

1.3 生物化学保鲜

生物保鲜是利用植物天然提取物或生长调节剂来对果蔬进行保鲜的方法。目前, 这方面的研究报道较多, 如用不同浓度乙酰水杨酸 (Acetylsalicylic Acid, ASA) 处理黄花菜, 能提高黄花菜好花率, 其中浓度为 2 mmol/L 的保鲜效果最佳, 可使黄花菜的保鲜期延长到 7 d, 有效抑制黄花菜开花率和腐烂率, 抗坏血酸和总糖含量也有显著下降^[27]。壳聚糖处理液与 2, 4-油菜素内酯在抑制好花率降低及叶绿素分解方面有较好效果, 质量浓度为 0.5 mg/L 的 2, 4-油菜素内酯处理效果最佳^[28]。其他如吲哚-3-乙酸 (3-Indoleacetic Acid, IAA)、赤霉素 (Gibberellin Acid3, GA_3)、细胞分裂素 (N-Phenylmethyl-9H-purin-6-amine, 6-BA) 与 ϵ -聚赖氨酸 (ϵ -Poly-L-lysine, PL)、鱼胶原蛋白肽等也对保持黄花菜的保鲜有显著效果^[29-30]。化学保鲜是将化学试剂以熏蒸、浸泡等方式附着在黄花菜表面, 从而达到保鲜效果的方式。如乙烯抑制剂 1-甲基环丙烯 (1-Methylcyclopropene, 1-MCP) 处理后的黄花菜保鲜期有明显加长^[31]; 硫化氢 (H_2S) 处理可以保持贮藏期内果蔬内抗坏血酸与类胡萝卜素的含量, 降低组织氧化损伤, 改善持绿特性^[32]。

生物化学保鲜是通过抑制采后黄花菜中的酶活性、延缓植物组织氧化时间、降低植物表面微生物生长速度、减少呼吸强度与乙烯的生成来延长黄花菜的

保鲜期, 是公认的有效、可靠的保鲜技术。关于生物化学保鲜在其他蔬菜上的应用报道很多, 但黄花菜方面则较少, 很多新型生物化学保鲜剂都没有在黄花菜上的应用报道, 如能进行积极尝试, 将对黄花菜的保鲜技术有所助益。

1.4 辐射保鲜

辐射处理可杀灭果蔬表面微生物, 影响果蔬代谢进程, 从而降低果蔬变质腐败概率, 达到保鲜目的。辐射种类一般分为电磁辐射与电离辐射, 微波、紫外线等无电离效应的辐射称为电磁辐射, α 、 β 、 γ 与 X 射线称为电离辐射。微量的辐射可有效提高果蔬货架期, 且安全无污染, 在各种果蔬保鲜领域有广泛应用。用紫外线配合抽氧减压处理黄花菜可提高保鲜期达到 10 d 左右^[33]; 紫外线、 $\text{Co-60}\gamma$ 射线辐射结合其他如低温、气调贮藏等方式可使黄花菜的保鲜期达到 10 d 左右^[34-35]。研究发现, 百合科植物对电子束照射的耐受度较低, 辐射剂量达到 2.0 kGy 以上时可抑制黄花菜开花, 但当辐射剂量为 1.0 kGy 时就开始出现细胞结构损伤^[36-37]; 在辐射剂量为 0~8.0 kGy 的 γ 射线处理下, 脂肪、蛋白质、还原糖不受辐射剂量影响, 但高剂量处理的贮藏期短于低剂量处理的贮藏期, 且抗坏血酸在高剂量辐射下也容易被破坏^[38]。

有研究发现, 辐射处理能抑制果蔬内源乙烯合成, 有效降低黄花菜开花率^[39]。辐射保鲜与其他保鲜技术相比有高效且无污染的优势, 但应注意辐射剂量的控制, 以免造成结构损伤。辐射处理操作过程较为烦琐, 推广应用门槛较高。近年来关于使用物理方式辅助处理黄花菜达到保鲜目的的报道较多, 如壳聚糖结合纳米包装可有效提高黄花菜保鲜周期^[40]; 氢气、甲烷处理黄花菜可提高膜脂抗氧化能力, 通过抑制黄花菜 PAL 活性来提高保鲜效果^[41]; 低温等离子体处理复合气调包装可降低鲜黄花菜中丙二醛的累积, 提高黄花菜细胞膜完整性, 使保鲜期达到 32 d^[42]。物理方式保鲜在食品领域安全性较高, 大众接受度也较好, 应加大推广力度。

2 黄花菜活性成分提取方法

黄花菜中含有大量活性成分, 这些成分与黄花菜的抗氧化、抗抑郁、降血脂、降血糖、镇定安眠等药效有关 (见表 2)。近年来, 有很多关于黄花菜活性成分的提取方法研究报道, 这些药用成分的提取分离研究可以帮助分析验证黄花菜中的药效成分, 更好地发掘黄花菜药用价值。

2.1 多糖类

植物多糖是以超过 10 个相同或不同类型的单糖分子聚合而成的高分子聚合物, 具有调节免疫、降血脂

表 2 黄花菜活性成分含量^[44-45]
Tab.2 Bioactive components of daylily^[44-45]

活性成分类别	种类	质量分数/%
醇	6	28.06
醛	6	11.86
黄酮	10	14.34
酯	3	4.85
烷烃	8	7.12
烯烃	6	7.47
羧酸	9	16.00
酚酸	3	2.10
其他	9	8.19

等生理功能,可通过调节血清中白细胞介素-2 与肿瘤坏死因子加强免疫能力,从而达到抗肿瘤的作用^[46],常用于医疗与功能性食品的开发。黄花菜中的多糖含量丰富,是极佳的植物多糖来源。研究表明,在水提醇沉法、微波提取法、超声波提取法、微波处理-水提醇沉法和超声波处理-水提醇沉法 5 种黄花菜多糖提取方法中,微波提取效果最佳,提取率为 28.35%。复合提取方法中超声波处理-水提醇沉法提取效率最高,提取率达到 28.48%^[47]。陆海勤等^[48]采用超声协同高压矩形脉冲电场提取黄花菜粗多糖,得到的粗多糖提取率为 10.03%,且用此方法提取的粗多糖有较好的体外抗氧化能力。

不同方法提取的多糖物质成分并不相同,其药用效果也各不相同,用 Sevag 法和 H₂O₂ 氧化法提取的黄花菜多糖是一种水溶性的杂多糖,由多种类型的多糖组成^[49];用水提法从黄花菜中提取的多糖是一种酸性果胶多糖^[8];超声法提取的黄花菜多糖则是由阿拉伯糖、葡萄糖、半乳糖等成分组成^[50]。明确了不同提取方法得到粗多糖的具体成分才能对黄花菜的药食两用特性进一步深化研究。

2.2 黄酮类

黄花菜中含有丰富的黄酮类化合物,研究表明,总黄酮可用于治疗心血管疾病,且与超氧化物歧化酶(SOD)具有相同的活性,能清除体内自由基,可作为添加剂用于食品、化妆品。另有研究证明:黄花菜总黄酮对小鼠抑郁症有显著治疗作用^[51],在临床抗抑郁的治疗中有一定潜力。黄花菜总黄酮提取方法主要有微波辅助提取法、超声波辅助提取法,提取效率各有优劣,不断有研究者进行改进创新。杨日福等^[52]研究了超声协同静电场提取黄花菜中总黄酮的方法,经单因素试验确定最佳提取因素组合后,黄花菜黄酮的提取率达到 1.48%。敬美莲等^[10]对比了超声提取法与微波提取法在分离猛子花、冲里花和白花 3 个品种

总黄酮中的作用,结果显示超声提取法提取率优于微波提取法。

超声波的能量传导可乳化、击碎细胞壁,对植物活性成分的提取,尤其是低温下的提取进程有很大帮助;微波法则是在电磁场的作用下使有机物分离^[53]。这 2 种方法在植物有效成分萃取方面都较为常用,技术也较成熟。静电场将电能加入萃取体系后能提高扩散速率,加强两相分离,从而加快分离效率,是较新的提取技术,用来辅助超声波与微波的提取方法,能大幅提高分离效率。响应面法能优化提取过程中的各项指标参数,研究者们对将新技术有机结合,能有效提升传统方法的活性成分提取效率^[54-55]。

2.3 多酚类

植物多酚是含有多个酚羟基的化合物,酚类物质因为在饮食中可以作为化学防癌剂而被高度重视,黄花菜中分离出多酚类物质主要为山柰酚、槲皮素等,表现出了较强的抗氧化能力^[56]。目前,黄花菜多酚的提取方法主要有溶剂萃取法、超声波萃取法及微波萃取法。周向军等^[57]用乙醇作溶剂提取黄花菜中多酚类物质,得率为 28.89%,提取物对羟自由基、超氧阴离子均有一定清除能力。周志娥等^[58]用超声波提取黄花菜中多酚类物质工艺,以没食子酸标准品作参比,在最佳条件下,黄花菜多酚类物质提取得率为 2.975%。米智等^[59]采用索氏提取法得到黄花菜多酚质量分数约为 1.01%,相对标准偏差为 3.47%。

多酚在植物体内广泛存在,但在植物提取物中常被当作杂质去除,随着对多酚类物质的深入研究,其生物活性也逐渐被人们所认知,多酚在抗菌、抗病毒、调节血糖等方面均有功效。研究表明,黄花菜多酚是一种天然的抗氧化剂,对羟自由基的清除率强于维生素 C;对 H₂O₂ 诱导大鼠嗜铬细胞瘤 PC12 细胞损伤具有保护作用^[60]。目前,对多酚类物质的研究较少,主要功效集中在抑制真菌毒素、抗肿瘤方面,其他活性功能还有待继续开发。

2.4 其他活性成分

生物碱也是黄花菜中主要的一类活性成分。Takahiro 等^[61]在黄花菜甲醇提取物中首次发现了新的吡咯生物碱 Hemerocallisamine I (C₁₃H₁₈N₂O₆)、Hemerocallisamine II (C₁₀H₁₅NO₂) 和 Hemerocallisamine III (C₁₀H₁₅NO₄)。Yang 等^[62]、Tai 等^[63]对黄花菜中的萜类和类胡萝卜素进行了研究,发现了一种新的二萜类物质,并从花中分离出 21 种类胡萝卜素,并鉴定了其中的 14 种,对黄花菜的药用功能性分析提供了一定的理论支持。董壮等^[64]用乙酸乙酯萃取黄花菜各部位中的活性物质,发现在抗氧化性较强的提取物中萜醌类化合物占很大比例。

目前,黄花菜提取物已报道出多种生物活性功

能,如保护静脉内皮细胞免受高糖的侵害,预防和治疗糖尿病^[65]、治疗地中海热患者等^[66],这些报道证实了黄花菜中还有多种生物活性成分未被发掘,需要进一步的研究验证。

3 结语

黄花菜作为特色经济作物在我国种植历史悠久,其营养丰富,药食兼优,广泛受到国内外消费者的欢迎。由于黄花菜的采食花蕾的特殊性及主产区农业技术水平的局限,所以黄花菜的采后处理仍然以传统的干制方法为主,保鲜手段有限。干制黄花菜会流失大部分生物活性成分,因此,市场对黄花菜保鲜技术的研究需求十分迫切。研究人员一直在探寻经济有效的保鲜技术,冷藏保鲜是目前新鲜黄花菜保存的主要方式,门槛低且操作容易,能够保证新鲜黄花菜 3~5 d 的货架期。单一保藏技术有自身局限性,若能结合气调保鲜、生物化学保鲜、辐射保鲜等成熟保鲜技术,将大大提高新鲜黄花菜的销售周期,增加种植户的收益,对整个黄花菜产业也有很大助益。活性物质方面,黄花菜虽自古就有药用记载,但时至今日,市场对黄花菜的药用功效仍不够重视,药用方面的报道较少。黄花菜中的活性成分研究报道主要研究集中在几种黄酮类与多酚类的成分上,提取技术仍以微波提取法、溶剂萃取法、超声提取法为主,偶有创新。有很多黄花菜的药用功效机理还不明确,如蒽醌类、萜类、甾体皂苷等研究报道较少,在功能性产品的开发,产业化发展的方向上还不够明确。若能结合基因组学、蛋白质组学等分子生物学手段对黄花菜活性物质在分子水平进行进一步探索,将对黄花菜产品的开发有很大帮助。今后应加强保鲜技术与活性成分提取的研究,对促进黄花菜资源的开发利用、加快产业化进程有重要意义。

参考文献:

- [1] 邓放明,尹华,李精华,等.黄花菜应用研究现状与产业化开发对策[J].湖南农业大学学报(自然科学版),2003,29(6):529-532.
DENG Fang-ming, YIN Hua, LI Jing-hua, et al. On Latest Application and Countermeasure for Industrialization Exploitation of Daylily Flower[J]. Journal of Hunan Agricultural University, 2003, 29(6): 529-532.
- [2] 赵国平,戴慎,陈仁寿.中药大辞典[M].2版.上海:上海科学技术出版社,2006:1947-1948.
ZHAO Guo-ping, DAI Shen, CHEN Ren-shou. Dictionary of Traditional Chinese Medicine[M]. Shanghai: Shanghai Scientific & Technical Publishers, 2006: 1947-1948.
- [3] 傅茂润,茅林春.黄花菜的保健功效及化学成分研究进展[J].食品与发酵工业,2006,32(10):108-112.
FU Mao-run, MAO Lin-chun. A Review of the Research on the Health Efficacy and Chemical Constituents of Daylily(Hemerocallis Fulva)[J]. Food and Fermentation Industries, 2006, 32(10): 108-112.
- [4] 秦喜悦,张雷,温艳斌,等.黄花菜营养活性研究进展[J].食品研究与开发,2022,43(5):204-209.
QIN Xi-yue, ZHANG Lei, WEN Yan-bin, et al. Advances in Research on Nutritional Activities of Important Functional Components of Hemerocallis Citrina Baroni[J]. Food Research and Development, 2022, 43(5): 204-209.
- [5] 南文庆,王勤学,方彩霞.黄花菜的药用价值[J].西部中医药,2021,34(8):159-160.
NAN Wen-qing, WANG Qin-xue, FANG Cai-xia. Medicinal Value of Day Lily[J]. Western Journal of Traditional Chinese Medicine, 2021, 34(8): 159-160.
- [6] 李明玥,刘宏艳,肖静,等.黄花菜的活性成分、生物活性及加工技术研究进展[J].食品工业科技,2022,43(19):427-435.
LI Ming-yue, LIU Hong-yan, XIAO Jing, et al. Research Progress on Bioactive Components, Biological Activities, and Processing Technology of Daylily(Hemerocallis Citrina Baroni)[J]. Science and Technology of Food Industry, 2022, 43(19): 427-435.
- [7] 杨晨昱,彭雪,李阳,等.我国黄花菜发展现状及其加工产业存在问题分析[J].中国果菜,2021,41(12):74-78.
YANG Chen-yu, PENG Xue, LI Yang, et al. Analysis on Industrial Development of Daylily and Its Dry Products Processing Status in China[J]. China Fruit & Vegetable, 2021, 41(12): 74-78.
- [8] 杜秉健.黄花菜水醇提取物的抗抑郁和促睡眠活性及综合利用研究[D].北京:中国农业大学,2014.
DU Bing-jian. Study on Antidepressant and Sleep-Promoting Activities and Comprehensive Utilization of Water-Alcohol Extract from Day Lily[D]. Beijing: China Agricultural University, 2014.
- [9] XU Pan, WANG Ke zhu, LU Cong, et al. Antidepressant-Like Effects and Cognitive Enhancement of the Total Phenols Extract of Hemerocallis Citrina Baroni in Chronic Unpredictable Mild Stress Rats and Its Related Mechanism[J]. Journal of Ethnopharmacology, 2016, 194: 819-826.
- [10] 敬美莲,伍卫红,米健国,等.不同品种黄花菜中黄酮类化合物的提取工艺及抗氧化活性研究[J].广东化工,2022,49(14):16-18.

- JING Mei-lian, WU Wei-hong, MI Jian-guo, et al. Study on Extraction Technology and Antioxidant Activity of Flavonoids from Different Varieties of *Hemerocallis Fulva*[J]. *Guangdong Chemical Industry*, 2022, 49(14): 16-18.
- [11] GRANATO D, BARBA F J, BURSAC KOVAČEVIĆ D, et al. Functional Foods: Product Development, Technological Trends, Efficacy Testing, and Safety[J]. *Annual Review of Food Science and Technology*, 2020, 11: 93-118.
- [12] 傅鑫程, 肖佳颖, 徐海山, 等. 黄花菜热风干燥动力学与维生素 C 降解动力学研究[J]. *食品研究与开发*, 2019, 40(4): 14-19.
- FU Xin-cheng, XIAO Jia-ying, XU Hai-shan, et al. Drying and Vitamin C Degradation Kinetics in Daylily Flower Buds(*Hemerocallis Citrina*) during Hot Air Drying Process[J]. *Food Research and Development*, 2019, 40(4): 14-19.
- [13] 白宇皓, 王亮, 张晓宇, 等. 黄花菜采后生理特性及保鲜技术研究进展[J]. *保鲜与加工*, 2022, 22(5): 107-113.
- BAI Yu-hao, WANG Liang, ZHANG Xiao-yu, et al. Advances in Research on Postharvest Physiology and Preservation Technology of Daylily[J]. *Storage and Process*, 2022, 22(5): 107-113.
- [14] ABLE A, WONG L, PRASAD A, et al. The Physiology of Senescence in Detached Pak Choy Leaves (*Brassica Rapa* Var. *Chinensis*) during Storage at Different Temperatures[J]. *Postharvest Biology and Technology*, 2005, 35(3): 271-278.
- [15] 潘炘. 黄花菜保鲜与保健功能的研究[D]. 杭州: 浙江大学, 2006.
- PAN Xin. Study on Fresh-Keeping and Health-Care Function of Day Lily[D]. Hangzhou: Zhejiang University, 2006.
- [16] 张欣, 李坤, 马明, 等. 黄花菜不同温度贮藏保鲜研究[J]. *食品与发酵工业*, 2006, 32(4): 150-152.
- ZHANG Xin, LI Kun, MA Ming, et al. Study on the Storage Day-Lily Flower under Different Temperature[J]. *Food and Fermentation Industries*, 2006, 32(4): 150-152.
- [17] 范学钧, 任考亮, 李士豪, 等. 黄花菜保鲜与干制试验初报[J]. *西北园艺*, 2000, 6: 13-14.
- FAN Xue-jun, REN Kao-liang, LI Shi-hao, et al. Preliminary Report on Fresh Keeping and Drying of Daylily[J]. *Northwest Horticulture*, 2000, 6: 13-14.
- [18] LIU Wei, ZHANG Ju-hua, ZHANG Qun, et al. Effects of Postharvest Chilling and Heating Treatments on the Sensory Quality and Antioxidant System of Daylily Flowers[J]. *Horticulture, Environment and Biotechnology*, 2018, 59(5): 671-685.
- [19] 李可昕, 张超凡, 刘佩冶, 等. 鲜黄花菜衰老机制与采后贮藏保鲜技术研究进展[J]. *食品科学*, 2022, 43(17): 398-404.
- LI Ke-xin, ZHANG Chao-fan, LIU Pei-ye, et al. Fresh Daylily: Progress in Research on Its Senescence Mechanism and Review of Technologies for Its Postharvest Preservation[J]. *Food Science*, 2022, 43(17): 398-404.
- [20] 王娟, 马晓艳, 王通, 等. 预冷方式对黄花菜贮藏品质的影响[J]. *食品与发酵工业*, 2020, 46(10): 215-221.
- WANG Juan, MA Xiao-yan, WANG Tong, et al. Effect of Pre-Cooling Methods on Storage Quality of Daylily[J]. *Food and Fermentation Industries*, 2020, 46(10): 215-221.
- [21] EXAMA A, JR A, LENCKI R W, et al. Suitability of Plastic Films for Modified Atmosphere Packaging of Fruits and Vegetables[J]. *Journal of Food Science*, 2006, 58(6): 1365-1370.
- [22] LOONEY N E. Some Effects of GA Plus 6-BA on Fruit Weight, Shape Quality, Content, and Storage Behavior of Spartan Apples[J]. *J Amer Soc Hort Sci*, 1989, 104(3): 389-402.
- [23] 顾岩岩, 徐璐, 付正义, 等. 聚乳酸薄膜处理对黄花菜保鲜效果分析[J]. *安徽农业大学学报*, 2017, 44(5): 929-935.
- GU Yan-yan, XU Lu, FU Zheng-yi, et al. Application of Polylactic Acid Film Packaging to Daylily Flower Preservation[J]. *Journal of Anhui Agricultural University*, 2017, 44(5): 929-935.
- [24] 李雪. 微环境气调保鲜技术在黄花菜和西梅中的应用[D]. 沈阳: 辽宁大学, 2021.
- LI Xue. Application of Microenvironment Gas Preservation Technology in Daylily and *Prunus Mume*[D]. Shenyang: Liaoning University, 2021.
- [25] 朱韵昇. 黄花菜气调包装与低温等离子体技术应用研究[D]. 银川: 宁夏大学, 2020.
- ZHU Yun-sheng. Study on Modified Atmosphere Packaging of Day Lily and Application of Low Temperature Plasma Technology[D]. Yinchuan: Ningxia University, 2020.
- [26] KNEE M, AGGARWAL D. Evaluation of Vacuum Containers for Consumer Storage of Fruits and Vegetables[J]. *Postharvest Biology and Technology*, 2000, 19(1): 55-60.
- [27] 任邦来, 焦凤琴, 邓惠文, 等. 不同浓度 ASA 处理对黄花菜保鲜效果的影响[J]. *中国食物与营养*, 2019,

- 25(10): 45-48.
- REN Bang-lai, JIAO Feng-qin, DENG Hui-wen, et al. Effects of Postharvest Acetylsalicylic Acid Treatment on Quality of Daylily during Storage[J]. Food and Nutrition in China, 2019, 25(10): 45-48.
- [28] 姚亚明. 黄花菜的保鲜方法及 2, 4-表油菜素内酯对其生理代谢的影响[D]. 南京: 南京农业大学, 2017.
- YAO Ya-ming. Preservation Methods of Day Lily and Effects of 2, 4-Epibrassinolide on Its Physiological Metabolism[D]. Nanjing: Nanjing Agricultural University, 2017.
- [29] 周玲玲, 余翔, 田福发, 等. 植物生长调节剂对黄花菜鲜切花保鲜效果的影响[J]. 江苏农业学报, 2020, 32(4): 43-48.
- ZHOU Ling-ling, YU Xiang, TIAN Fu-fa, et al. Effects of Plant Growth Regulators on Preservation in Fresh Cut-Flowers of Daylily[J]. Jiangsu Journal of Agricultural Sciences, 2020, 32(4): 43-48.
- [30] 李江阔, 李雪, 张新锋, 等. 不同保鲜剂对黄花菜冷藏品质和酶活性的影响[J]. 食品科技, 2022, 47(4): 26-32.
- LI Jiang-kuo, LI Xue, ZHANG Xin-feng, et al. Effects of Different Preservatives on Quality and Enzymatic Activity of Daylily during Cold Storage[J]. Food Science and Technology, 2022, 47(4): 26-32.
- [31] 韩志平, 陈志远, 黄蕊, 等. 1-MCP 对黄花菜贮藏保鲜效果的研究[J]. 山西大同大学学报(自然科学版), 2012, 28(6): 49-51.
- HAN Zhi-ping, CHEN Zhi-yuan, HUANG Rui, et al. Effect of 1-MCP Treatment on Storage and Fresh-Keeping of Daylily[J]. Journal of Shanxi Datong University (Natural Science Edition), 2012, 28(6): 49-51.
- [32] 崔文玉, 李昶, 许新月, 等. H_2S 的信号分子作用及其对果蔬采后生理代谢的调控研究进展[J]. 保鲜与加工, 2020, 20(4): 226-229.
- CUI Wen-yu, LI Chang, XU Xin-yue, et al. Research Progress in the Role of H_2S as Signal Molecule and Its Regulation of Physiological Metabolism in Postharvest Fruits and Vegetables[J]. Storage and Process, 2020, 20(4): 226-229.
- [33] 龚吉军, 谭兴和, 夏延斌, 等. 鲜黄花菜小袋包装气调保藏技术[J]. 湖南农业大学学报(自然科学版), 2003, 29(1): 57-60.
- GONG Ji-jun, TAN Xing-he, XIA Yan-bin, et al. On the Modified Atmosphere Package of Day-Lily Flower[J]. Journal of Hunan Agricultural University (Natural Sciences), 2003, 29(1): 57-60.
- [34] 高建晓, 古荣鑫, 胡花丽, 等. 不同薄膜包装对黄花菜贮藏品质的影响[J]. 江苏农业科学, 2015, 43(2): 255-259.
- GAO Jian-xiao, GU Rong-xin, HU Hua-li, et al. Effects of Different Film Packaging on Storage Quality of Day Lily[J]. Jiangsu Agricultural Sciences, 2015, 43(2): 255-259.
- [35] 何德良. 1-MCP 在蔬菜贮藏保鲜中的应用[J]. 保鲜与加工, 2007, 7(1): 45-48.
- HE De-liang. Application of 1-MCP in Fresh-Keeping and Storage of Vegetables[J]. Storage and Process, 2007, 7(1): 45-48.
- [36] KWON S, KWON H J, RYU J H, et al. Dose Effect of Phytosanitary Irradiation on the Postharvest Quality of Cut Flowers[J]. Journal of People, Plants, and Environment, 2020, 23(2): 171-178.
- [37] YANG Ming-sheng, CHYAU C C, HORNG D T, et al. Effects of Irradiation on Epidermis Ultrastructure of Fresh Day-Lily Flowers[J]. Radiation Physics and Chemistry, 2002, 63(3): 249-251.
- [38] 郑贤利, 屈国普, 谢红艳, 等. 不同剂量辐照黄花菜保鲜研究[J]. 安徽农业科学, 2013, 41(11): 5032-5033.
- ZHENG Xian-li, QU Guo-pu, XIE Hong-yan, et al. Different Dosage Irradiation Preservation for Day Lily[J]. Journal of Anhui Agricultural Sciences, 2013, 41(11): 5032-5033.
- [39] 穆妮妮, 李可夫, 苏龙, 等. 黄花菜采摘后生理与贮藏保鲜技术研究进展[J]. 种子科技, 2021, 39(20): 73-74.
- MU Ni-ni, LI Ke-fu, SU Long, et al. Research Progress on Postharvest Physiology and Storage Technology of Daylily[J]. Seed Science & Technology, 2021, 39(20): 73-74.
- [40] 姚亚明, 彭菁, 刘檀, 等. 壳聚糖处理结合纳米包装对黄花菜贮藏品质及生理的影响[J]. 食品科学, 2016, 37(20): 282-286.
- YAO Ya-ming, PENG Jing, LIU Tan, et al. Effect of Chitosan Treatment Combined with Nano-Packaging on Quality and Physiological Changes of Daylily[J]. Food Science, 2016, 37(20): 282-286.
- [41] HU H, LI P, SHEN W. Preharvest Application of Hydrogen-Rich Water not Only Affects Daylily Bud Yield but Also Contributes to the Alleviation of Bud Browning[J]. Scientia Horticulturae, 2021, 287: 110267.
- [42] 王楠. 基于低温等离子体技术的黄花菜保鲜技术研究[D]. 天津: 天津科技大学, 2021.
- WANG Nan. Study on Preservation Technology of Daylily Based on Low Temperature Plasma Technology[D]. Tianjin: Tianjin University of Science and Technology,

- 2021.
- [43] 杨月欣, 王光亚, 何梅. 中国食物成分表标准版[M]. 6 版. 北京: 北京大学医学出版社, 2018: 74-75.
YANG Yue-xin, WANG Gang-ya, HE Mei. China Food Composition Tables[M]. 6th ed. Beijing: Peking University Medical Press, 2018: 74-75.
- [44] 秦喜悦, 张雷, 温艳斌, 等. 黄花菜甲醇提取物对糖脂损伤的干涉作用[J]. 现代食品科技, 2021, 37(12): 14-22.
QIN Xi-yue, ZHANG Lei, WEN Yan-bin, et al. Interference Effect of Hemerocallis Citrina Baroni Methanol Extract on Glycolipid Damage[J]. Modern Food Science & Technology, 2021, 37(12): 14-22.
- [45] LI Cheng-fu, CHEN Xue-qin, CHEN Shao-mei, et al. Evaluation of the Toxicological Properties and Anti-Inflammatory Mechanism of Hemerocallis Citrina in LPS-Induced Depressive-Like Mice[J]. Biomedicine & Pharmacotherapy, 2017, 91: 167-173.
- [46] OU LL, YU X, ZHANG C, et al. Study on the Optimal Extraction Process and Antitumor Effect of Polysaccharides from *Hemerocallis Fulva*[J]. Agricultural Science and Technology, 2016, 17(7): 1687-1691.
- [47] 周纪东, 李余动. 黄花菜多糖的不同提取方法及其含量测定的研究[J]. 温州职业技术学院学报, 2015, 15(1): 69-72.
ZHOU Ji-dong, LI Yu-dong. Study on Different Extraction Methods of Polysaccharides from Daylily and Its Content Determination[J]. Journal of Wenzhou Vocational and Technical College, 2015, 15(1): 69-72.
- [48] 陆海勤, 宫晓丽, 李冬梅, 等. 响应面优化超声协同高压矩形脉冲电场提取黄花菜多糖工艺及其抗氧化活性研究[J]. 食品工业科技, 2020, 41(11): 163-170.
LU Hai-qin, GONG Xiao-li, LI Dong-mei, et al. Optimization of Ultrasound Combined with Rectangular High Pulsed Electrical Field Assisted Extraction of Polysaccharides from Hemerocallis Citrina by Response Surface Methodology and Its Antioxidant Activity[J]. Science and Technology of Food Industry, 2020, 41(11): 163-170.
- [49] 周纪东, 李余动. 黄花菜多糖的提取、结构性质及抑菌活性[J]. 食品科学, 2015, 36(8): 61-66.
ZHOU Ji-dong, LI Yu-dong. Extraction, Structural Characterization and Antimicrobial Activity of Polysaccharides from Hemerocallis Citrina Baroni[J]. Food Science, 2015, 36(8): 61-66.
- [50] MENG Qing-ran, CHEN Zhi-hong, CHEN Feng, et al. Optimization of Ultrasonic-Assisted Extraction of Polysaccharides from Hemerocallis Citrina and the Anti-oxidant Activity Study[J]. Journal of Food Science, 2021, 86(7): 3082-3096.
- [51] 翟俊乐, 田欢, 李孟秋, 等. 黄花菜抗抑郁作用有效成分的筛选[J]. 中国食品添加剂, 2015(10): 93-97.
ZHAI Jun-le, TIAN Huan, LI Meng-qiu, et al. Screen of Active Anti-Depression Ingredients from Daylily[J]. China Food Additives, 2015(10): 93-97.
- [52] 杨日福, 耿琳琳, 范晓丹. 超声协同静电场提取黄花菜中总黄酮的研究[J]. 声学技术, 2017, 36(1): 32-37.
YANG Ri-fu, GENG Lin-lin, FAN Xiao-dan. Research on Ultrasound Combining Electrostatic Field Extraction of Flavonoids from Hemerocallis Citrine Baroni[J]. Technical Acoustics, 2017, 36(1): 32-37.
- [53] LIU Chang, LI Yan-yang, CHEN Yan-ping, et al. Baicalein Restores the Balance of Th17/Treg Cells via Aryl Hydrocarbon Receptor to Attenuate Colitis[J]. Mediators of Inflammation, 2020, 2020: 5918587.
- [54] 张腊腊, 胡浩斌, 韩明虎, 等. 响应面优化离子液体超声辅助提取黄花菜总黄酮工艺研究[J]. 中国调味品, 2022, 47(3): 192-195.
ZHANG La-la, HU Hao-bin, HAN Ming-hu, et al. Study on Process Optimization of Ionic Liquid Ultrasonic-Assisted Extraction of Total Flavonoids from Hemerocallis Citrina by Response Surface Method[J]. China Condiment, 2022, 47(3): 192-195.
- [55] 米智, 刘荔贞, 李慧. 响应面法优化黄花菜黄酮提取工艺及抗氧化活性的研究[J]. 中国调味品, 2022, 47(7): 53-57.
MI Zhi, LIU Li-zhen, LI Hui. Optimization of Extraction Process of Flavonoids from Hemerocallis Citrina Baroni by Response Surface Methodology and Study on Antioxidant Activity[J]. China Condiment, 2022, 47(7): 53-57.
- [56] CICHEWICZ R H, NAIR M G. Isolation and Characterization of Stelladerol, a New Antioxidant Naphthalene Glycoside, and other Antioxidant Glycosides from Edible Daylily (*Hemerocallis*) Flowers[J]. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 2002, 50(1): 87-91.
- [57] 周向军, 高义霞, 张继. 黄花菜多酚提取工艺及抗氧化作用的研究[J]. 作物杂志, 2012(1): 68-72.
ZHOU Xiang-jun, GAO Yi-xia, ZHANG Ji. Optimization of Extraction Technology and Analyses on Antioxidant Activities of Polyphenol from Hemerocallis Citrina Baroni L[J]. Crops, 2012(1): 68-72.
- [58] 周志娥, 杜华英, 林丽萍, 等. 超声波辅助提取黄花菜中多酚类物质工艺的优化[J]. 食品工业科技, 2014, 35(18): 284-287.
ZHOU Zhi-e, DU Hua-ying, LIN Li-ping, et al. Opti-

- mization of Ultrasonic-Assisted Extracting Polyphenols from the *Hemerocallis Fulva*[J]. Science and Technology of Food Industry, 2014, 35(18): 284-287.
- [59] 米智, 刘荔贞, 李慧. 响应面法优化黄花菜多酚提取工艺及抗氧化活性的研究[J]. 中国食品添加剂, 2022(3): 139-147.
- MI Zhi, LIU Li-zhen, LI Hui. Optimization of Extraction Process and Antioxidant Activity of Polyphenol from *Hemerocallis Citrina* Baroni by Response Surface Methodology[J]. China Food Additives, 2022(3): 139-147.
- [60] 姬赐玉, 田欢, 杨飞飞, 等. 黄花菜中酚类成分对过氧化氢诱导大鼠嗜铬细胞瘤 PC12 细胞损伤的保护作用研究[J]. 世界最新医学信息文摘, 2019, 19(30): 220-222.
- JI Ci-yu, TIAN Huan, YANG Fei-fei, et al. Protective Effects of Phenolic Components in *Hemerocallis Citrina* Baroni on Hydrogen Peroxide(H_2O_2)-Induced Damage of Rat Pheochromocytoma(PC12) Cells[J]. World Latest Medicine Information, 2019, 19(30): 220-222.
- [61] MATSUMOTO T, NAKAMURA S, OHTA T, et al. A Rare Glutamine Derivative from the Flower Buds of Daylily[J]. Organic Letters, 2014, 16(11): 3076-3078.
- [62] YANG Z, CHEN Hua, LI Y. A New Glycoside and a Novel-Type Diterpene from *Hemerocallis Fulva* (L.) L[J]. Helvetica Chimica Acta, 2004, 86(10): 3305-3309.
- [63] TAI C Y, CHEN B H. Analysis and Stability of Carotenoids in the Flowers of Daylily (*Hemerocallis disticha*) as Affected by Various Treatments[J]. J Agric Food Chem, 2000, 48(12): 5962-5968.
- [64] 董壮, 欧小勇, 周妮, 等. 黄花菜抗氧化抑菌活性的筛选以及化学成分分析[J]. 饲料研究, 2022, 45(7): 75-80.
- DONG Zhuang, OU Xiao-yong, ZHOU Ni, et al. Screening of Antioxidant and Antibacterial Activities and Analysis of Chemical Constituents of *Hemerocallis Citrina* Baroni[J]. Feed Research, 2022, 45(7): 75-80.
- [65] WU W T, MONG M C, YANG Ya-chen, et al. Aqueous and Ethanol Extracts of Daylily Flower (*Hemerocallis Fulva* L.) Protect HUVE Cells Against High Glucose[J]. Journal of Food Science, 2018, 83(5): 1463-1469.
- [66] GROSSMAN C, FARBEROV I, FELD O, et al. Efficacy and Safety of Long-Term Treatment with Intravenous Colchicine for Familial Mediterranean Fever (FMF) Refractory to Oral Colchicine[J]. Rheumatology International, 2019, 39(3): 517-523.

责任编辑: 曾钰婵