

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. doi: 10.13386/j.issn1002-0306.2021090275

LI Mingyue, LIU Hongyan, 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. (in Chinese with English abstract). doi: 10.13386/j.issn1002-0306.2021090275

· 专题综述 ·

黄花菜的活性成分、生物活性及加工技术研究进展

李明玥^{1,2}, 刘宏艳^{2,3}, 肖静¹, 耿放¹, 吴定涛¹, 李华斌⁴, 甘人友^{1,2,3,*}

(1. 成都大学食品与生物工程学院, 四川成都 610106;

2. 中国农业科学院都市农业研究所, 四川成都 610213;

3. 国家成都农业科技中心, 四川成都 610213;

4. 中山大学公共卫生学院, 广东广州 510080)

摘要: 黄花菜是一种富含各类营养物质的优质食品原料, 具有良好的研究前景与潜在的应用价值。本文对黄花菜中主要营养成分进行了总结, 发现干黄花菜是低脂高蛋白矿物质丰富的健康食品。此外, 由于活性成分的存在使得黄花菜具有多种有益于人体健康的生物活性。在此基础上对黄花菜的贮藏保鲜与干制技术进行概述, 指出可以通过鲜黄花菜的预处理和干黄花菜的干制及包装来提升黄花菜品质。最后介绍了黄花菜目前在食品相关行业中的应用与研究方向, 以期为黄花菜生物活性成分的研究、贮藏加工技术、相关功能食品的开发和在其他行业领域的应用提供理论基础。

关键词: 黄花菜, 活性成分, 生物活性, 贮藏保鲜, 干制, 产品开发

中图分类号: TS255.2

文献标识码: A

文章编号: 1002-0306(2022)19-0427-09

DOI: 10.13386/j.issn1002-0306.2021090275

本文网刊:



Research Progress on Bioactive Components, Biological Activities, and Processing Technology of Daylily (*Hemerocallis citrina* Baroni)

LI Mingyue^{1,2}, LIU Hongyan^{2,3}, XIAO Jing¹, GENG Fang¹, WU Dingtao¹, LI Huabin⁴, GAN Renyou^{1,2,3,*}

(1. School of Food and Biological Engineering, Chengdu University, Chengdu 610106, China;

2. Institute of Urban Agriculture, Chinese Academy of Agricultural Sciences, Chengdu 610213, China;

3. Chengdu National Agricultural Science and Technology Center, Chengdu 610213, China;

4. School of Public Health, Sun Yat-Sen University, Guangzhou 510080, China)

Abstract: As an excellent food raw material with abundant nutrients, daylily (*Hemerocallis citrina* Baroni) exhibits promising research and application potential. This article summarizes the major nutrients of daylily and finds that dry daylily is a healthy food with low fat, high protein and rich minerals. In addition, due to the bioactive components, daylily has a variety of biological activities beneficial to human health. On this basis, it also reviews the fresh-keeping storage and drying technologies of daylily, and it indicates that the quality of daylily could be improved via the pretreatment of fresh daylily and the drying and packaging of dry daylily. Finally, it introduces the applications and research direction of daylily in the food industry. This review will provide theoretical basis for the research of bioactive components in daylily, preservation and processing technologies, developments of related functional foods, and other industry applications.

Key words: daylily; bioactive components; biological activities; fresh-keeping storage; drying technology; product development

收稿日期: 2021-09-24

基金项目: 成都大学农业农村部杂粮加工重点实验室开放课题 (No. 2021CC002)。

作者简介: 李明玥 (1995-), 女, 硕士研究生, 研究方向: 植物与人体健康, E-mail: lmingyue27@163.com。

* 通信作者: 甘人友 (1985-), 男, 博士, 副研究员, 首席科学家, 研究方向: 植物与人体健康, E-mail: ganrenyou@163.com。

黄花菜(*Heremacallis citrina* Baroni)是百合科萱草属植物,又名“萱草”。据《本草纲目》记载,黄花菜具有清热利尿、解毒消肿、通乳发奶、宽胸利膈、止血除烦等功效,故而黄花菜又被称为“忘忧草”^[1-2]。黄花菜兼具营养价值和药用价值,在我国作为食品和药品已有几千年的历史^[3]。随着研究的不断深入,发现黄花菜中不仅具有蛋白质、矿物质等营养成分,还含有多糖、酚类、蒽醌类等活性成分,具有抗抑郁、抗氧化、抗炎、抗癌等多种生物活性^[4]。因此,黄花菜具有潜在的应用开发价值,目前食品行业已经有黄花菜酱、黄花菜饮料、黄花菜饼干等多种形式的黄花菜相关产品。

但是鲜黄花菜在采摘后极易发生腐烂、褐变等品质劣变问题,至今尚未找到一种有效的方法延长鲜黄花菜的保鲜期。目前市场上销售的大多是干制黄花菜产品,而传统的黄花菜干制技术也面临多种问题,例如:传统日晒不确定性高、效率低且产品不稳定;工业化生产能耗高、干制产品极易褐变等。为了避免加工过程中的黄花菜的营养成分大量流失,本文在综述黄花菜的营养成分、活性成分与生物活性的基础上,通过对比不同的鲜黄花菜保鲜技术、干黄花菜干制工艺及黄花菜贮藏方法,一方面就目前的研究进展总结更为合理的技术方法。另一方面指出当前黄花菜加工中所面临的问题,并针对问题提出相应建议,以期对未来黄花菜产业精深加工技术与高附加值产品开发提供参考。

1 黄花菜的营养成分与活性成分

1.1 主要营养成分

黄花菜含有人体所需的七大营养素,营养素可以保证人体正常发育和维持健康状态,必须从食物中获取,蛋白质能够参与物质代谢,增强免疫力;碳水化合物可以供给热能;矿物质参与构成骨骼、牙齿、毛发等组织,维持渗透压,保持酸碱平衡;粗纤维则可以防治便秘,降低血脂,减少过多热量的吸收^[5-6]。通过查阅相关文献及中国食物成分表^[6-7]。将黄花菜与同一科的百合、芦笋中的各营养素含量进行对比,如表1所示。结果发现,黄花菜中多项营养素,如碳水

化合物、蛋白质、粗纤维、钙、磷、铁等均优于其他两种蔬菜,而干黄花菜中的各项营养素含量又明显优于鲜黄花菜,是低脂高蛋白且富含矿物质的健康食品。

1.2 多酚类化合物

黄花菜中有多种多酚类化合物,而植物多酚被誉为“第七类营养素”^[8]。曹熙等^[9]测定黄花菜中总酚含量约为1220 μg/g DW,并利用HPLC/ESI-QTOF-MS方法对纯化多酚结构进行了鉴定,得到了12个可能存在于黄花菜中的多酚类化合物,可以确定的主要成分为儿茶素、绿原酸、芦丁、槲皮素,不能完全确定的成分是杨梅苷(素)以及部分槲皮素和绿原酸的糖苷。Fu等^[10]对黄花菜成熟时期的甲醇提取物采用高效液相法对4种酚类化合物绿原酸、儿茶素、芦丁和槲皮素进行定量分析,发现儿茶素是黄花菜中主要的酚类化合物,约占酚类总量的74.11%。此外,Kao等^[11]测定了黄花菜在不同成熟阶段相关酚类化合物的含量,结果表明,芦丁含量会随着黄花菜的成熟不断增加,在花蕾盛开时达到最大值。

黄花菜还含有丰富的黄酮类化合物,主要以黄酮醇与黄酮苷类存在,还包括少数异黄酮类和二氢黄酮类^[12]。刘伟等^[13]通过UHPLC-LTQ-Orbitrap高分辨质谱技术对黄花菜的化学成分进行分析,再结合多级质谱裂解规律和相关文献报道,在黄花菜中共鉴定出27个组分,其中黄酮醇类15个。

1.3 生物碱类化合物

生物碱是黄花菜中另一类主要活性化合物。Takahiro等^[14]首次报道从黄花菜花蕾的甲醇提取物中分离出新的吡咯生物碱hemerocallisamine I($C_{13}H_{18}N_2O_6$)、hemerocallisamine II($C_{10}H_{15}NO_2$)和hemerocallisamine III($C_{10}H_{15}NO_4$)。随后,该团队又从黄花菜花蕾的甲醇提取物中分离出四种新的生物碱hemerocallisamine IV($C_{10}H_{15}NO_4$)、hemerocallisamine V($C_9H_{13}NO_4$)、hemerocallisamine VI($C_9H_{11}NO_4$)和hemerocallisamine VII($C_9H_{13}NO_4$)^[15]。此外,秋水仙碱是从百合科植物秋水仙(*Colchicum speciosum* L.)的种子和根茎中萃取的一种生物碱类化合物,也存在于在鲜黄花菜中^[16]。鲜黄花菜食用不

表1 黄花菜和其他蔬菜中各营养素含量

Table 1 The nutrients contents of daylily and other vegetables

类别	黄花菜(鲜) ^[6-7]	黄花菜(脱水) ^[6]	百合(鲜) ^[7]	百合(脱水) ^[7]	芦笋(绿) ^[7]	芦笋(紫) ^[7]
水分(g/100 g)	82.3	11.8	56.7	9.9	93.3	93.1
碳水化合物(g/100 g)	11.6	60.1	38.8	59.1	3.3	3.4
蛋白质(g/100 g)	2.9	14.1	3.2	8.1	2.6	2.7
脂肪(g/100 g)	1.4	0.4	0.1	0.1	0.1	0.2
粗纤维(g/100 g)	1.5	6.7	1.7	1.7	/	1.3
钙(mg/100 g)	73.0	463.0	11	29	9	13
磷(mg/100 g)	69.0	173.0	61	72	51	49
铁(mg/100 g)	1.4	16.5	1.0	5.0	1.4	0.4
胡萝卜素(mg/100 g)	1.17	3.44	/	/	2	2.7

注:“/”代表无。

当可能导致秋水仙碱中毒^[17]。

1.4 多糖

植物多糖因其来源广泛且无细胞毒性受到了广泛关注,黄花菜也是植物多糖的来源之一,多糖具有多种生理功能,在黄花菜中含量为 2.68%^[18]。周纪东等^[19]利用紫外光谱、红外光谱及色谱进行组分分析后发现,利用 Sevag 法和 H₂O₂ 氧化法纯化的黄花菜精制多糖是具有 α -型吡喃糖苷结构的水溶性杂多糖,由 L-鼠李糖、D-木糖、L-阿拉伯糖、D-甘露糖、D-葡萄糖和 D-半乳糖组成,是一种以共价键与蛋白质或多肽结合的糖复合物,其提取率为 28.36%。杜秉健^[20]从黄花菜残渣中使用水提法得到的黄花菜多糖则是一种酸性类果胶多糖,提取率为 26.8%。Meng 等^[21]从超声提取的黄花菜多糖中分离得到 4 个水溶性多糖组分,经单糖成分分析后发现均为杂多糖,由不同摩尔比的葡萄糖、鼠李糖、阿拉伯糖、果糖、半乳糖、葡萄糖醛酸和半乳糖醛酸组成。

1.5 蒽醌类化合物

黄花菜中的蒽醌类化合物主要为大黄素型蒽醌,其取代基分布在两侧苯环上^[22]。Cichewicz 等^[23]从黄花菜中分离鉴定出了主要的蒽醌化合物,包括:大黄酚、甲基大黄酸、大黄酸、美决明子素甲醚、美决明子素、黄花蒽醌、芦荟大黄素等。王强等^[24]采用索氏提取法对黄花菜根部中的蒽醌化合物进行了提取测定,发现总蒽醌含量为 0.43%,其中游离蒽醌和结合蒽醌分别占 0.17% 和 0.28%。黄花菜中存在蒽醌类化合物也是其常与其它中草药一起被用于治疗疾病的重要原因之一^[25]。

2 黄花菜的生物活性

2.1 抗抑郁

许多研究表明,黄花菜具有显著的抗抑郁活性。黄花菜醇提物具有口服抗抑郁活性,75% 乙醇提取物剂量在 400 mg/kg 时其抗抑郁效果最佳^[20]。Gu 等^[26]证实了黄花菜具有抗抑郁活性,并发现该作用与提高动物大脑中 5-羟色胺、去甲肾上腺素和多巴胺的水平有关。随后,该团队的研究发现黄花菜乙醇提取的抗抑郁活性是由于能够抑制前额皮层与海马组织中白细胞介素-1 β (IL-1 β)、白细胞介素-6(IL-6)、肿瘤坏死因子- α (TNF- α)等细胞因子的表达^[27]。许腾^[28]通过 UPLC-QQQ-MS/MS 靶向代谢组学模拟微重力诱导抑郁大鼠模型进一步探究发现,黄花菜的抗抑郁活性与色氨酸代谢、谷氨酸代谢、苯丙氨酸代谢和能量代谢等相关。翟俊乐等^[29]通过采用小鼠强迫游泳实验、悬尾实验和拮抗利血平等抑郁模型,证实黄花菜中抗抑郁活性的有效成分为黄酮类物质。如今,抑郁症已经成为当代人们常见的心理疾病,黄花菜的抗抑郁活性已逐渐受到广泛关注,因而需要进一步深入研究去阐明其抗抑郁成分及其抗抑郁作用机理,为其在抗抑郁方面的应用与产品开发提供科学依据。

2.2 抗氧化

黄花菜中的绿原酸类化合物及黄酮均已被证明具有抗氧化活性^[30-31]。Hsu 等^[32]利用超临界 CO₂ 萃取从黄花菜中萃取出的叶黄素和玉米黄素都显示出了显著的抗氧化活性。Lin 等^[33]使用肿瘤坏死因子在 HepG 2 细胞中介导产生活性氧自由基,然后加入 19 个从黄花菜中分离出来的单体物质,结果表明这些单体物质都具备清除自由基能力。周向军等^[8]进行的抗氧化试验表明黄花菜多酚对羟自由基、超氧阴离子自由基、DPPH 自由基有清除能力,半抑制率分别为 0.1176、0.1638 和 0.1593 mg/mL,且清除率与多酚浓度呈量效关系。周纪东等^[34]发现黄花菜的花多糖和根多糖对 O₂⁻·的清除率高达 92.56% 和 95.62%,表明这两种部位的多糖具有很强的抗氧化活性。总体而言,黄花菜提取物及其抗氧化成分在食品开发等领域有希望作为一种天然抗氧化剂添加在不同产品中,以提高产品品质。

2.3 抗炎

黄花菜的黄酮等成分具有较好的抗炎活性。Kao 等^[11]研究关于黄花菜不同发育阶段的抗炎能力时,发现黄烷醇-3、表没食子儿茶素没食子酸酯和表儿茶素可以有效抑制脂多糖激活的细胞产生一氧化氮,有利于缓解炎症。此外,黄花菜中的秋水仙碱因其具有较好的抗炎、抗增生、抗纤维化的功能,已经成为临床使用的一种新型抗炎药物^[35]。Sethuramalingam 等^[36]通过研究发现在冠状动脉疾病炎症患者治疗中添加秋水仙碱后,不仅可以减少炎症标记物从而减少炎症,还降低了心肌梗死的发生率。Alabed 等^[37]针对 86 名儿童心包炎患者进行病情追踪,发现秋水仙碱可以预防心包炎的复发。这一抗炎作用在成人患者中也得到验证,Duran 等^[38]通过对 194 例肌心包炎患者进行随访观察发现,以口服秋水仙碱进行一线辅助治疗可以显著改善病情。尽管在研究中秋水仙碱展现出了优秀的抗炎活性,但是仍需要对其毒性和副作用进行评估,以保证在安全剂量下合理使用秋水仙碱进行辅助治疗。

2.4 神经保护

体外研究发现,黄花菜多酚展示出神经保护作用。Tian 等^[39]使用 0.63~5 mg/L 浓度黄花菜多酚提取物对 PC12 细胞进行预处理,结果对于皮质酮和谷氨酸诱导的神经毒性可以有效逆转,表明酚类组分有神经保护作用。姬赐玉等^[40]则建立 H₂O₂ 诱导 PC12 细胞损伤模型,以对数生长期的细胞作为实验对象,结果发现酚类成分在 1.25、2.5 和 5 mg/mL 三个剂量组时均对神经细胞损伤有保护作用且呈现剂量依赖性。Takahiro 等^[14-15]首次报道了黄花菜含有 γ -内酰胺环的生物活性生物碱,该类生物碱能明显抑制 A β 42 的体外聚集,在非禁食条件下,分离出的生物碱对神经突触生长有促进作用。神经保护活性与神经疾病息息相关,天然活性成分对于治疗神经系统疾病

具有重要的意义,将黄花菜作为神经保护剂或食品添加剂具有广阔的前景。

2.5 抗癌

黄花菜种的蒽醌类成分和多糖均被报道具有抗癌活性。Cichewicz 等^[23]研究发现,当 GI_{50} 值在 1.8~21.1 $\mu\text{g/mL}$ 时,Kwanzoquinones A-C、E,kwanzoquinone A 和 B monoacetates, 2-羟基大萘酚和大黄素均可以抑制人乳腺癌细胞、结肠癌细胞和肺癌细胞的增殖,具有一定的抗癌活性。黄花菜多糖在 1.60 g/kg 剂量下对于 S180 移植瘤的抑制率为 38.54% 且提高了实验小鼠血清中 IL-2 和 TNF- α 含量,表现出了显著的体内抗肿瘤活性^[41]。尤敏^[42]从黄花菜中分离纯化出活性蛋白,可以诱导 HepG2 肝癌细胞的凋亡而抑制肝癌细胞的增殖,证实了该蛋白的抗肿瘤活性。目前多项研究已经证实黄花菜中活性成分具有抑制癌细胞增殖的特性,但是还需要大量的实验研究去验证活性成分单独或者协同作用下能否诱导更多的癌细胞凋亡或增强抑制效果。

2.6 其他生物活性

黄花菜还被报道具有其他多种生物活性。Wu 等^[43]对比了黄花菜水提取物和乙醇提取物中 7 种黄酮类化合物的含量,同时还发现使用不同浓度的两种提取物进行预处理,可以保护人脐静脉内皮细胞免受高糖的侵害,这表明黄花菜中的黄酮类化合物可能具有作为预防和治疗糖尿病的功能性食品的潜力。Grossman 等^[44]在对家族性地中海热患者持续 12 个月以上静脉注射秋水仙碱后,证实了秋水仙碱的治疗

是安全有效的。蒽醌类化合物不仅具有有效的抗病原性曼氏血吸虫的活性,Dhananjeyan 等^[25]合成的新型蒽醌 A-S 被证实具有抗丝虫活性,可以有效地杀死马来丝虫;还可以影响免疫系统,大黄酸等会不同程度地抑制健康小鼠的免疫系统,造成抗体或白细胞产生减少^[45]。这些研究表明黄花菜中丰富的活性成分使其具有多种生物活性,同时也说明在黄花菜中可能仍旧存在更多有益健康的生物活性未被发现利用,需要进一步的研究及临床试验去验证。

3 黄花菜的主要加工技术

新鲜的黄花菜在采摘后可直接食用,也可以加工成产品后进行销售,因此鲜黄花菜的加工技术涉及保鲜、产品的加工、贮藏等环节。新鲜黄花菜是目前市场上黄花菜售卖的主要形式,此外便是干制黄花菜。但是,新鲜黄花菜需要进行合理的保鲜处理,而干制黄花菜也面临着变色的问题。

3.1 鲜黄花菜的保鲜技术

鲜黄花因其特有的风味而广受消费者喜爱,但鲜黄花的保鲜时间尤其短暂,通常在采后的 24 h 左右会发生品质劣变^[46]。黄花成熟时期,为了保证黄花鲜菜的品质,采摘黄花的花农大多是夜出昼归。因此,延长鲜黄花的保鲜时间不仅可以帮助降低花农的劳动成本,还可以提高经济效益,找到一种经济高效的鲜黄花的保鲜技术成为了行业内亟需解决的问题之一。通过查阅文献资料,本文汇总了近年来鲜黄花的保鲜方法,如表 2 所示。通过对比发现,简单气调包装的效果最佳,可延长鲜黄花菜的保鲜期至 40 d,

表 2 鲜黄花保鲜技术

Table 2 Fresh-keeping technologies of fresh daylily

序号	处理方式	保鲜效果	发表时间
1	平均花重 2.2~2.6 g, 平均花长 11.0~12.5 cm 的鲜黄花, 2 $^{\circ}\text{C}$ 环境中, 使用还原铁粉作吸氧剂、6-BA 作保鲜剂处理	28 d 后仍有商品价值	2003 年 ^[46]
2	鲜黄花采后在 21~35、21~23、0~1 $^{\circ}\text{C}$ 这 3 种温度下不同包装方式(扎口、真空)贮藏	0~1 $^{\circ}\text{C}$ 贮藏时, 保鲜效果最好; 扎口包装与真空包装的黄花, 采后 20 d 的好花率分别为 99.73% 与 100%, 采后 30 d 时分别为 99.47% 与 97.11%	2006 年 ^[47]
3	鲜黄花通过人工分装、机械抽真空后, 用 ^{60}Co 射线辐照处理	低剂量辐照黄花保鲜效果优于高剂量辐照; 低剂量辐照加低温贮存, 保鲜效果优于常温贮存	2008 年 ^[48]
4	甘草、金银花、紫苏和丁香 4 种中草药的复配提取液喷雾处理	黄花保鲜期达到 5 d	2010 年 ^[49]
5	在 0~1 $^{\circ}\text{C}$ 下, 对黄花采用聚乙烯(PE)薄膜与简单气调(MA), 以不同 CO_2 浓度作为通风指标的保鲜效果	PE: 袋内 CO_2 浓度 14%~16% 时保鲜效果较好, 贮藏 30 d 其好花率为 94.34%, 40 d 时为 81.94%; MA: 袋内 CO_2 浓度 22%~24% 时保鲜效果较好, 黄花贮藏 40 d 时其好花率为 99.85%, 50 d 时为 86.32%	2010 年 ^[50]
6	不同浓度 1-MCP 处理对室温下塑料袋扎口包装贮藏	1-MCP 浓度为 250 $\mu\text{L/L}$ 时, 保鲜效果最好, 可延长黄花的保鲜期至 7 d	2012 年 ^[51]
7	丁香提取液和食品保鲜剂协同丁香提取液浸泡黄花 1 min, 塑料袋(PVC)包装于室温下贮藏	食品保鲜剂协同丁香提取液预处理黄花的保鲜效果显著, 保鲜期达到 6 d	2012 年 ^[52]
8	在 0~2 $^{\circ}\text{C}$ 贮藏条件下, 4 种厚度的 PE 袋(5.40、12.75、15.55、32.70 μm) 以及带孔 PE 袋(5.40 μm) 五种不同包装方式处理	厚度为 32.70 μm 聚乙烯袋能显著延缓采后黄花叶绿素的降解以及 pH 的下降, 延长其贮藏保鲜期	2015 年 ^[53]
9	采用壳聚糖处理结合纳米包装对黄花进行保鲜	在 4 $\pm$ 0.5 $^{\circ}\text{C}$ 、相对湿度 75%~80% 的环境中贮藏 18 d 后, 好花率在 90% 以上	2016 年 ^[54]
10	在 25 $\pm$ 1 $^{\circ}\text{C}$ 环境中, 以 PE 薄膜为对照, 用不同厚度聚乳酸(PLA)薄膜对鲜黄花进行气调保鲜处理	PLA 薄膜可延长黄花的保鲜期至 10 d, 厚度为 25 μm 时保鲜效果最好; 而 PE 薄膜仅能贮藏 6 d	2017 年 ^[55]
11	在 5 $^{\circ}\text{C}$ 下贮藏 5 d, 或 50 $^{\circ}\text{C}$ 热风加热 5 min, 然后在置于 20 $^{\circ}\text{C}$ 下贮藏 5 d	冷热处理保持了黄花切花的感官品质, 贮藏 4 d 内可以减少褐变, 延缓鲜黄花衰老	2018 年 ^[56]
12	用 1、2、3 mmol/L 乙酰水杨酸(ASA)处理黄花, 保鲜袋包装室温(25 $^{\circ}\text{C}$, RH=50%)贮藏	2 mmol/L 的 ASA 处理保鲜效果最佳, 可使黄花的保鲜期延长到 7 d	2019 年 ^[57]

但该技术受到成本高和操作过程相对复杂的限制。针对这一问题,可以探索一种新型的喷洒类绿色保鲜剂应用于鲜黄花菜的采后贮藏。

3.2 干黄花菜的护色技术

在对鲜黄花进行脱水干制的加工过程中,会产生不良的颜色变化导致成品品质低劣。使用传统日晒法干制的黄花菜由于日晒过程中紫外线长时间的照射,使得新鲜黄花菜中的叶绿素分解完全,制得的干黄花菜颜色鲜亮美观^[58]。但传统加工方式水平参差不齐、卫生、质量难以控制,因此需要对鲜黄花菜实行工业化生产^[59]。然而实际生产中的机械干燥由于干燥时间短导致叶绿素降解不完全,制成的干黄花菜会出现返青现象,出现成品颜色不美观的问题,严重影响销售^[60]。为促进黄花菜干燥前快速褪绿黄化,解决黄花菜机械干燥制品出现的返青问题,杨大伟^[60]采用茅岩莓、乙烯利和焦亚硫酸钠 3 种催熟剂复合对黄花菜进行浸泡处理,再用 PVC 塑料袋密封,在一定温度下贮藏一段时间,对黄花菜的色泽变化和营养品质进行分析测定。结果表明,茅岩莓复合催熟剂浸泡黄花菜 30 min, 50 ℃ 密封包装贮藏 5 h, 黄花菜的褪绿黄化效果最好,营养品质最高。

此外,干制过程中的褐变也是目前影响干黄花菜品质的主要问题,黄花菜脱水干制过程中过氧化物酶引起的酶褐变反应是黄花菜褐变的主要原因,其次是非酶褐变^[61]。研究表明,抑制酶活性是减缓黄花菜干制时酶促褐变最直接有效的方式,在干制加工过程中灭酶是关键操作,决定着成品质量的优劣^[62]。杨大伟^[60]通过对比沸水、蒸汽与非蒸汽(远红外线、热风干燥、微波)这几种不同的灭酶方法,发现最佳的灭酶温度为 98 ℃,时间 70~80 s,即高温短时间蒸汽灭酶。在马瑞等^[63]研究中,采用超声辅助方式在不同温度(70、80 和 90 ℃)下对鲜黄花菜进行烫漂处理,当烫漂温度为 90 ℃,超声功率密度为 0.4 W/cm² 时,所制备的干黄花菜的 5-羟甲基糠醛含量和褐变度显著降低,成品色泽最佳。而针对非酶褐变,杨大伟等^[64]通过正交试验得到了抑制非酶褐变反应的最佳方案,即新鲜黄花菜在质量分数为 2% 柠檬酸溶液中浸泡 45 min,获得的干黄花菜褐变最低,品质最高。

3.3 干黄花菜的储藏技术

干黄花菜有效合理地进行储藏也是亟需研究解决的热点问题,针对这一问题,研究人员也进行了长期的探索。Chen 等^[65]研究发现对新鲜黄花菜进行热烫处理,可以提高干黄花菜中酚类化合物儿茶素的含量,进而增强干黄花菜的抗氧化活性,这一特性可能有助于延长干黄花菜贮藏时间。此外,包装方法可以有效地帮助干黄花菜延缓褐变的发生,目前工业上主要采用复合铝膜袋结合真空包装的方法来改善干黄花菜因褐变而引起的品质劣变。安娜^[66]从防虫(NaHSO₃)、包装与温度三个方面,研究了来自甘肃庆阳的木兰黄花菜的贮藏,结果发现 28 ℃ 密封且不

抽真空,同时添加 0.5% 的 NaHSO₃ 是抑制黄花菜褐变的最优条件。

因而,鲜黄花菜采摘后及时采用相应的预处理方式,干黄花菜在干制过程中进行充分灭酶以及干制后选取合适的包装方式均可以有效地减少黄花菜变色现象的产生,避免产品品质劣变,使得黄花菜成品的品质得到保障。

4 黄花菜的产品开发

黄花菜不仅具有丰富的营养成分,更有多种生物活性成分,是对人体健康有益的蔬菜,是常见的食疗产品之一^[67]。如今,随着工艺的不断优化,多种技术不断应用于黄花菜的预处理及初加工,在这些成熟的技术支撑下,黄花菜相关产品具有良好的开发前景和潜在的市场价值。通过在国家知识产权局^[68]进行检索可以发现已有多项关于黄花菜相关产品的专利获得授权,如下图 1 所示。目前对于黄花菜的产品开发主要是集中在蔬菜制品,如黄花菜脆片、即食调味黄花菜、酱腌黄花菜等。此外,由于黄花菜自身具有生物活性,存在一定的药用价值,因而会用作开发功能性的植物饮料、特殊医学用途的配方食品以及与其他物质合用复配药物。

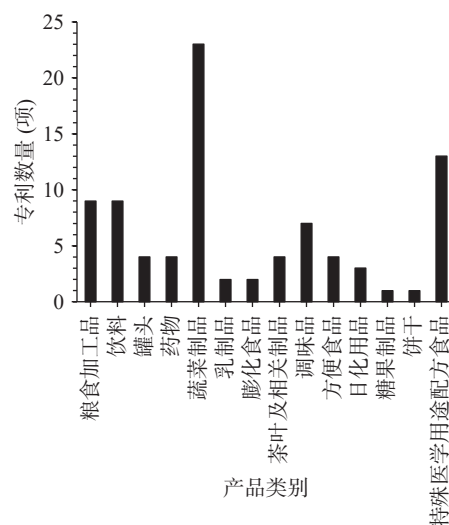


图 1 黄花菜相关产品专利

Fig.1 Patents of daylily-related products

在针对黄花菜进行产品开发时,不仅要考虑成品本身的口感、外观等因素,还需要考虑加工过程中黄花菜中营养成分和活性成分可能会产生的变化,使得最终的成品具有更高的附加值。并且在食品领域对黄花菜产品进行更进一步的开发之外,还可以基于黄花菜的生物活性,对其在日化用品、医药领域进行更加深入的研究。

5 前景与展望

综上所述,黄花菜中不仅富含丰富的营养物质,还有多种有益于人体健康的活性成分,包括酚类化合物、黄酮类化合物、生物碱类化合物、多糖和萜醌类化合物。黄花菜的抗抑郁、抗氧化、抗炎、神经保护

等多种生物活性在研究中不断得到证实。为了解决黄花菜的保鲜、干制和储藏中存在的问题,工业生产与研究人员一直在探寻更好的保鲜技术与方法。本文在总结对比中发现,对于鲜黄花菜,气调包装后就可以达到最佳的保藏效果;在黄花菜干制过程中,使用茅岩莓复合制剂有助于黄花菜褪绿黄化,而将黄花菜在柠檬酸溶液中浸泡后再进行灭酶处理,则可以有效防止干制时发生褐变;在储藏时,综合考虑防虫、防褐变及延长储藏时间,可以选择加入亚硫酸氢钠的密封包装。目前黄花菜的产品开发集中在粮食加工品、饮料、蔬菜制品、调味品等食品相关领域,配方和加工工艺也不断得到优化升级。但是针对黄花菜的研究仍有着需要值得深入的地方。首先,生物功效的研究中可以结合转录组学、蛋白组学、基因组学等多种组学手段,从而能够对代谢物水平和内在病理进行更为透彻的揭示;其次,现有的保鲜技术不利于工业化生产,应该考虑在深度探索采后衰老的机制基础上,将不同技术与新兴材料结合使用,以期增强保鲜效果;然后,虽然已有较成熟的杀青、灭酶工艺流程,但在保证干黄花菜具有更优品质方面,新型加工技术(超声、微波等)显示出很大的潜力与优势,在提高产品品质方面具有不可替代的作用;最后,基于现有的黄花菜相关产品专利,可以不断寻找新的开发思路,拓宽产品开发领域,充分利用我国优良的黄花菜资源,使得黄花菜发挥更大的效用。

参考文献

- [1] 尹华,李精华,洪亚辉.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(6):529-532. [YIN H, LI J H, HONG Y H. On latest application and countermeasure for industrialization exploitation of daylily flower[J]. Journal of Hunan Agricultural University (Natural Sciences), 2003(6): 529-532.]
- [2] 唐道邦,夏延斌,张滨,等.黄花菜的食用价值及开发利用[J].中国食物与营养,2003(8):23-24. [TANG D B, XIA Y B, ZHANG B, et al. Edible value and development and utilization of daylily[J]. Food and Nutrition in China, 2003(8): 23-24.]
- [3] 王艳,黄璐璐,王东晖,等.萱草属植物化学成分与功能研究进展[J].现代中药研究与实践,2017,31(1):79-86. [WANG Y, WANG L L, WANG D H, et al. Research progress on chemical constituents and function of plants *Hemerocallis*[J]. Research and Practice on Chinese Medicines, 2017, 31(1): 79-86.]
- [4] 张运晖,赵瑛,欧巧明.黄花菜采后加工及药用机理研究进展[J].安徽农业科学,2020,48(20):6-8. [ZHANG Y H, ZHAO Y, OU Q M. Research progress on the post-harvest processing and medicinal mechanism of *Hemerocallis citrina* Baron[J]. Journal of Anhui Agricultural Sciences, 2020, 48(20): 6-8.]
- [5] 权永妮.七大营养素与人体健康[J].科技信息,2012(36):160,162. [QUAN Y N. Seven nutrients and human health[J]. Science and Technology Information, 2012(36): 160,162.]
- [6] 毛建兰.黄花菜的营养价值及加工技术综述[J].安徽农业科学,2008,220(3):1197-1198. [MAO J L. Review on nutritional value and processing technology of daylily[J]. Journal of Anhui Agricultural Sciences, 2008, 220(3): 1197-1198.]
- [7] 杨月欣,王光亚,何梅.中国食物成分表标准版[M].第六版.北京:北京大学医学出版社,2018:74-75. [YANG Y X, WANG G Y, HE M. China food composition tables standard edition[M]. 6th ed. Beijing: Peking University Medical Press, 2018: 74-75.]
- [8] 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,2012,146(1):68-72. [ZHOU X J, GAO Y X, ZHANG J. Optimization of extraction technology and analyses on antioxidant activities of polyphenol from *Hemerocallis citrina* Baroni[J]. Crops, 2012, 146(1): 68-72.]
- [9] 曹熙,杨大伟.黄花菜多酚类化合物的鉴定及漂烫与贮藏对其稳定性的影响研究[J].核农学报,2021,35(12):2787-2798. [CAO X, YANG D W. Identification of polyphenols in cauliflower and effects of blanching and storage on its stability[J]. Journal of Nuclear Agricultural Science, 2021, 35(12): 2787-2798.]
- [10] FU M, HE Z, ZHAO Y, et al. Antioxidant properties and involved compounds of daylily flowers in relation to maturity[J]. Food Chemistry, 2009, 114(4): 1192-1197.
- [11] KAO F J, CHIANG W D, LIU H M. Inhibitory effect of daylily buds at various stages of maturity on nitric oxide production and the involved phenolic compounds[J]. LWT-Food Science and Technology, 2015, 61(1): 130-137.
- [12] 周玲玲,张黎杰,陈芬,等.金针菜中总黄酮的提取工艺研究进展[J].淮阴工学院学报,2017,26(1):81-84. [ZHOU L L, ZHANG L J, CHEN F, et al. Advances of daylily flavonoids extraction technology[J]. Journal of Huaiyin Institute of Technology, 2017, 26(1): 81-84.]
- [13] 刘伟,孙江浩,张菊华,等.基于UHPLC-LTQ-Orbitrap高分辨质谱的黄花菜中化学成分快速鉴定及裂解途径分析[J].中国食品学报,2020,20(9):256-264. [LIU W, SUN J H, ZHANG J H, et al. Rapid characterization of chemical profile in daylily flowers and analysis of their fragmentation pathways by UHPLC-LTQ-Orbitrap MSⁿ[J]. Journal of Chinese Institute of Food Science and Technology, 2020, 20(9): 256-264.]
- [14] TAKAHIRO M, SEIKOU N, TOMOE O, et al. A rare glutamine derivative from the flower buds of daylily[J]. Organic Letters, 2014, 16(11): 3076-3078.
- [15] TAKAHIRO M, SEIKOU N, SOUICHI N, et al. γ -Lactam alkaloids from the flower buds of daylily[J]. Journal of Natural Medicines, 2016, 70(3): 376-383.
- [16] 王金耀,党换梅.萱草属植物花蕾中的秋水仙碱HPLC测定[J].现代园艺,2018,359(11):33-35. [WANG J Y, DANG H M. Determination of colchicine in flower buds of *Hemerocallis* by HPLC[J]. Contemporary Horticulture, 2018, 359(11): 33-35.]
- [17] 侯非凡.黄花菜秋水仙碱合成相关基因筛选及遗传图谱构建[D].晋中:山西农业大学,2017. [HOU F F. Screening of genes related to synthesis of colchicine and construction of genetic map in *Hemerocallis citrina* Baroni[D]. Jinzhong: Shanxi Agricultural University, 2017.]
- [18] 武永福.黄花菜多糖的提取工艺及含量测定[J].中国食物与营养,2015,21(5):54-57. [WU Y F. Research on preparation technology for functional *Gardenia jasminoides* beverage[J]. Food and Nutrition in China, 2015, 21(5): 54-57.]
- [19] 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 J D, LI Y D. Extraction, structural characterization and antimicrobial activity of polysaccharides from *Hemerocallis citrina* Baroni[J]. Food Science, 2015, 36(8): 61–66.]
- [20] 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 B J. Antidepressant and hypnotic activities of the hydroalcoholic extracts of *Hemerocallis citrina* and comprehensive utilization[D]. Beijing: China Agricultural University, 2014.]
- [21] MENG Q, CHEN Z, CHEN F, et al. Optimization of ultrasonic-assisted extraction of polysaccharides from *Hemerocallis citrina* and the antioxidant activity study[J]. Journal of Food Science, 2021, 86: 3082–3096.
- [22] 杨中锋, 李援朝. 萱草属植物化学成分及生物活性研究进展[J]. 天然产物研究与开发, 2002, 14(1): 93–97. [YANG Z D, LI Y C. Advances in the research of phytochemistry and pharmacology of *Hemerocallis*[J]. Natural Product Research and Development, 2002, 14(1): 93–97.]
- [23] CICHEWICZ R H, ZHANG Y J, SEERAM N P, et al. Inhibition of human tumor cell proliferation by novel anthraquinones from daylilies[J]. Life Sciences, 2004, 74(14): 1791–1799.
- [24] 王强, 杨竞雄. 萱草根中总蒽醌及大黄酚的含量测定[J]. 中草药, 1990, 21(1): 12–13. [WANG Q, YANG J X. Determination of total anthraquinone and chrysophanol in *Hemerocallis fulva* root[J]. Chinese Traditional and Herbal Drugs, 1990, 21(1): 12–13.]
- [25] DHANANJEYAN M R, MILEV Y P, KRON M A, et al. Synthesis and activity of substituted anthraquinones against a human filarial parasite, *Brugia malayi*[J]. Journal of Medicinal Chemistry, 2005, 48(8): 2822–2830.
- [26] GU L, LIU Y J, WANG Y B, et al. Role for monoaminergic systems in the antidepressant-like effect of ethanol extracts from *Hemerocallis citrina*[J]. Journal of Ethnopharmacology, 2012, 139(3): 780–787.
- [27] LIU X, LUO L, LIU B, et al. Ethanol extracts from *Hemerocallis citrina* attenuate the upregulation of proinflammatory cytokines and indoleamine 2, 3-dioxygenase in rats[J]. Journal of Ethnopharmacology, 2014, 153(2): 484–490.
- [28] 许腾. 基于 LC-MS 尿液代谢组学的模拟微重力诱导抑郁大鼠模型及黄花菜抗抑郁作用研究[D]. 北京: 中国农业科学院, 2019. [XU T. Liquid chromatography-mass spectrometry based urinary metabolomics study on a rat model of simulated microgravity-induced depression and the anti-depressive effects of *Hemerocallis citrina* extracts[D]. Beijing: Chinese Academy of Agricultural Sciences Dissertation, 2019.]
- [29] 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, 140(10): 93–97. [ZHAI J L, TIAN H, LI M Q, et al. Screen of active anti-depression ingredients from daylily[J]. China Food Additives, 2015, 140(10): 93–97.]
- [30] 周秀梅, 王秀兰, 沈楠, 等. 黄花菜粗黄酮提取工艺优化[J]. 中国医药科学, 2013, 3(15): 59–62. [ZHOU X M, WANG X L, SHEN N, et al. Optimize flavonoids compounds in thick extraction technology of daylily flower[J]. China Medicine and Pharmacy, 2013, 3(15): 59–62.]
- [31] 赵金娟, 戴雪梅, 曲永胜, 等. 绿原酸药效学研究进展[J]. 中国野生植物资源, 2013, 32(4): 1–5. [ZHAO J J, DAI X M, QU Y S, et al. Progress in the pharmacodynamics of chlorogenic acid[J]. Chinese Wild Plant Resources, 2013, 32(4): 1–5.]
- [32] HSU Y W, TSAI C F, CHEN W K, et al. Determination of lutein and zeaxanthin and antioxidant capacity of supercritical carbon dioxide extract from daylily (*Hemerocallis disticha*)[J]. Food Chemistry, 2011, 129(4): 1813–1818.
- [33] LIN Y L, LU C K, HUANG Y J, et al. Antioxidative caffeoylquinic acids and flavonoids from *Hemerocallis fulva* flowers[J]. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 2011, 59(16): 8789–8795.
- [34] 周纪东, 李余动. 黄花菜不同器官多糖的质量分数测定与抗氧化活性研究[J]. 宁波职业技术学院学报, 2014, 18(6): 95–98. [ZHOU J D, LI Y D. Study on determination and antioxidant activity of polysaccharides from different organs in daylily[J]. Journal of Ningbo Polytechnic, 2014, 18(6): 95–98.]
- [35] 刘鸣昊, 贾涵婷, 张丽慧, 等. 芪珠方对肝纤维化模型大鼠 TGF- β 1/Smad 信号通路的作用[J]. 时珍国医国药, 2019, 30(3): 571–573. [LIU M H, JIA H T, ZHANG L H, et al. Effect of compound qizhu tablet on TGF- β 1/Smad signal pathway in rats with liver fibrosis[J]. Lishizhen Medicine and Materia Medica Research, 2019, 30(3): 571–573.]
- [36] SETHURAMALINGAM S, MAITI R, HOTA D, et al. Effect of colchicine in reducing inflammatory biomarkers and cardiovascular risk in coronary artery disease: A meta-analysis of clinical trials[J]. American Journal of Therapeutics, 2021, Publish Ahead of Print.
- [37] ALABED S, PEREZ-GAXIOLA G, BURLS A. Colchicine for children with pericarditis: Systematic review of clinical studies[J]. Archives of Disease in Childhood, 2016, 101(10): 2822–2830.
- [38] DURAN M, ALSANCAK Y, ZIYREK M. Effects of oral colchicine administration as first-line adjunct therapy in myopericarditis[J]. Original Articles, 2021: 1–9.
- [39] TIAN H, YANG F, LIU C, et al. Effects of phenolic constituents of daylily flowers on corticosterone- and glutamate-treated PC12 cells[J]. BMC Complementary and Alternative Medicine, 2017, 17(1): 1–12.
- [40] 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, 224. [JI C Y, TIAN H, YANG F F, 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, 224.]
- [41] OU L L, YU X, ZHANG C, et al. Study on the optimal extraction technology and anti-tumor effect of polysaccharide in *Hemerocallis fulva*[J]. Agricultural Science & Technology, 2016, 17(7): 1687–1691, 1696.
- [42] 尤敏. 黄花菜抗肿瘤活性蛋白的分离纯化及抑制肝癌细胞增殖的机制研究[D]. 太原: 山西大学, 2021. [YOU M. Purification of an anticancer protein from *Hemerocallis citrina* Baroni and its mechanism of inhibiting the proliferation in human hepatocarci-

- noma cells[D]. Taiyuan: Shanxi University, 2021.]
- [43] WU W T, MONG M C, YANG Y C, et al. Aqueous and ethanol extracts of daylily flower (*Hermerocallis fulva* L.) protect HUVE cells against high glucose[J]. *Journal of Food Science*, 2018, 83(5): 1463–1469.
- [44] 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.
- [45] 李玉英, 牛敏, 张立伟, 等. 新的蒽醌类衍生物 1-硝基-2-酰基蒽醌-苯丙氨酸通过抑制 NF- κ B/p65 信号通路降低乳腺癌 MCF-7 细胞的迁移能力[J]. *中国生物化学与分子生物学报*, 2017, 33(3): 269–277. [LI Y Y, NIU M, ZHANG L W, et al. A novel anthraquinone derivative 1-nitro-2-acylanthraquinonephenylalanine inhibits human breast cancer MCF-7 cell migration by blocking NF- κ B/p65 pathway[J]. *Chinese Journal of Biochemistry and Molecular Biology*, 2017, 33(3): 269–277.]
- [46] 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(1): 57–60. [GONG J J, TAN X H, XIA Y B, et al. On the modified atmosphere package of daylily flower[J]. *Journal of Hunan Agricultural University (Natural Sciences)*, 2003(1): 57–60.]
- [47] 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(4): 150–152. [ZHANG X, LI K, MA M, et al. Study on the storage daylily flower under different temperature[J]. *Food and Fermentation Industries*, 2006(4): 150–152.]
- [48] 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 X L, QU G P, XIE H Y, et al. Different dosage irradiation preservation for daylily[J]. *Journal of Anhui Agricultural Sciences*, 2013, 41(11): 5032–5033.]
- [49] 杨大伟, 张海容. 中草药提取液保鲜黄花菜的效果[J]. *湖北民族学院学报(自然科学版)*, 2010, 28(4): 380–382. [YANG D W, ZHANG H R. Effect of extract from Chinese herbal medicine on the preservation for daylily[J]. *Journal of Hubei Minzu University (Natural Science Edition)*, 2010, 28(4): 380–382.]
- [50] 张欣, 李坤, 马明, 等. CO₂ 浓度对黄花菜 MA 贮藏效果的影响[J]. *食品与发酵工业*, 2010, 36(5): 183–186. [ZHANG X, LI K, MA M, et al. Effect of different CO₂ density for ventilation on daylily vegetable MA storage[J]. *Food and Fermentation Industries*, 2010, 36(5): 183–186.]
- [51] 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 Z P, CHEN Z Y, HUANG R, 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.]
- [52] 杨大伟, 湛奎, 原松梅. 食品保鲜剂协同丁香提取液预处理黄花菜的保鲜效果[J]. *包装与食品机械*, 2012, 30(4): 5–9. [YANG D W, ZHAN K, YUAN S M. Effect of extract from lilac and food preservation agents on keeping fresh of daylily[J]. *Packaging and Food Machinery*, 2012, 30(4): 5–9.]
- [53] 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 J X, GU X R, HU H L, et al. Effects of different film packaging on storage quality of daylily[J]. *Jiangsu Agricultural Sciences*, 2015, 43(2): 255–259.]
- [54] 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 Y M, PENG J, LIU T, 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.]
- [55] 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 Y Y, XU L, FU Z Y, et al. Application of polylactic acid film packaging to daylily flower preservation[J]. *Journal of Anhui Agricultural University*, 2017, 44(5): 929–935.]
- [56] LIU W, ZHANG J, ZHANG Q, 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.
- [57] 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 B L, JIAO F Q, DENG H W, 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.]
- [58] 李登铨, 李东波, 胥国斌, 等. 不同杀青方法对黄花菜外观品质及干制率的影响研究[J]. *陇东学院学报*, 2012, 23(5): 32–34. [LI D X, LI D B, XU G B, et al. Study of the effect of different kill-out methods on exterior quality and dried quality of *Hermerocallis citrina* Baroni[J]. *Journal of Longdong University*, 2012, 23(5): 32–34.]
- [59] 杨富民, 张丽, 严晓娟. 干制黄花菜工业化生产工艺技术[J]. *农业工程学报*, 2008, 24(11): 264–267. [YANG F M, ZHANG L, YAN X J. Technology for drying daylily for industrialized production[J]. *Transactions of the CSAE*, 2008, 24(11): 264–267.]
- [60] 杨大伟. 茅岩莓复合催熟剂对干燥黄花菜色泽及营养品质的影响[J]. *食品与机械*, 2018, 34(4): 153–157. [YANG D W. Effects of compound ripening agent with ampelopsis grossedentata on color and nutritional quality of dried daylily[J]. *Food & Machinery*, 2018, 34(4): 153–157.]
- [61] 杨大伟, 夏延斌. 脱水黄花菜加工过程中褐变抑制条件的研究[J]. *食品与发酵工业*, 2003(8): 48–52. [YANG D W, XIA Y B. Study on conditions for inhibiting browning in the process of dehydrated *Hermerocallis citrina* Baroni[J]. *Food and Fermentation Industries*, 2003(8): 48–52.]
- [62] 付强. 黄花菜灭菌工艺优化[J]. *农业工程*, 2020, 10(4): 57–60. [FU Q. Enzyme inactivation technology optimization of *Hermerocallis citrina* Baroni[J]. *Agricultural Engineering*, 2020, 10(4): 57–60.]
- [63] 马瑞, 张钟元, 赵江涛, 等. 超声辅助烫漂对黄花菜干制品色泽的影响[J]. *现代食品科技*, 2016, 32(10): 233–238. [MA R, ZHAO Z Y, ZHAO J T, et al. Effects of ultrasonic-assisted blanching on the color quality of dried daylily flower[J]. *Modern Food Science and Technology*, 2016, 32(10): 233–238.]
- [64] 杨大伟, 夏延斌. 脱水黄花菜加工过程中的非酶促褐变抑制

- 条件[J]. *湖南农业大学学报(自然科学版)*, 2003, 29(4): 345–348.
- [YANG D W, XIA Y B. On conditions for controlling non-enzymatic browning during processing of dehydrated *Hemerocallis citrina* Baroni[J]. *Journal of Hunan Agricultural University (Natural Science)*, 2003, 29(4): 345–348.]
- [65] CHEN Q, FU M, QU Q, et al. Effect of blanching pretreatment on antioxidant activities and involved compounds in fresh daylily (*Hemerocallis fulva* L.) flowers[J]. *Quality Assurance and Safety of Crops & Foods*, 2015, 7(3): 287–293.
- [66] 安娜. 干制黄花菜的保藏及防虫研究[J]. *食品工业科技*, 2009, 213(1): 293–297. [AN N. Study on preservation and insect control of daylily[J]. *Science and Technology of Food Industry*, 2009, 213(1): 293–297.]
- [67] TOMKINS J P, WOOD T C, BARNES L S, et al. Evaluation of genetic variation in the daylily (*Hemerocallis* spp.) using AFLP markers[J]. *Theoretical and Applied Genetics*, 2001, 102(4): 489–496.
- [68] 国家知识产权局. <http://www.cnipa.gov.cn/>. [China National Intellectual Property Administration. <http://www.cnipa.gov.cn/>.]