

黄花菜的生物活性与精深加工技术研究进展

讹凤霞¹, 王应强^{2,3*}, 田晓菊¹

(¹宁夏大学食品科学与工程学院 银川 750021

²陇东学院农业与生物工程学院 甘肃庆阳 745000

³甘肃省陇东生物资源保护利用与生态修复重点实验室 甘肃庆阳 745000)

摘要 黄花菜富含多种营养成分和生物活性物质,与香菇、木耳、冬笋一起被称为蔬菜类中的四大珍品。本文综述黄花菜的生物活性以及黄花菜精深加工技术的研究现状,探讨黄花菜(提取物)的生物活性成分与功能之间的关系,并进一步分析得出黄花菜增值化加工的薄弱环节主要在于黄花菜提取物作为新食品原料的开发及其毒性的研究。总结黄花菜及其提取物在抗氧化、抗抑郁、抗肿瘤和抗炎等相关疾病方面的潜在应用,并对黄花菜精深产品,如黄花菜粉、黄花菜饮料、即食性产品、黄花菜提取物等的应用进行了一定的阐述,提出黄花菜及其提取物未来可作为新食品原料的发展前景,为黄花菜功能产品开发提供一定的参考。

关键词 黄花菜; 营养特性; 生物活性; 精深加工

文章编号 1009-7848(2024)12-0493-12 **DOI:** 10.16429/j.1009-7848.2024.12.043

黄花菜又称萱草或金针菜,原产于东亚,是从热带到原生高纬度地区被广泛栽培的多年生单子叶植物^[1-2],其根、叶、花早在几千年前就被用作传统的食物和药物^[3]。黄花菜在我国已有两千多年的种植历史,其营养价值高,含有多种人体所必需的营养元素,例如:蛋白质、糖类、无机盐、维生素及氨基酸等^[4]。早在《本草纲目》中就有记载,黄花菜作为药,主要用于胸膈、安五脏、轻身明目、治小便赤涩、解烦热、除酒瘟等,同时也可令人心情愉悦,缓解忧愁^[5]。当今社会黄花菜也被称为蔬菜中的四大珍品,深受广大消费者喜爱^[6]。

近年来,随着人们对天然产物的研究持续升温,黄花菜也因其含有的多种生物活性成分而备受瞩目。黄花菜的花蕾和根等部位中含有大量生物活性成分,具有延缓衰老、抗氧化、清除自由基等功能^[7-8]。有研究表明,黄花菜具有促进睡眠的作用,通常也被用作抗炎药和治疗皮肤烧伤^[9]。同时经常食用黄花菜可以保持肌肤的湿润,增加肌肤的坚韧与弹性,可令肌肤细嫩饱满,润滑柔软,减少皱纹,消除色斑,美容养颜^[10]。

然而,尽管黄花菜的生物活性已经得到了初步的认识,但是对于黄花菜的精深加工依旧处于分散和碎片化的阶段。比如当下黄花菜主要集中在固体饮料、复合饮料、即食性食品以及黄花菜发酵产品等的研究上^[11-13]。缺乏对其生物活性全貌的系统性梳理以及精深加工技术的综合整合与深度挖掘。这种现状不仅限制了我们对黄花菜内在价值的全面理解,也阻碍了其在现代产业中的高效开发与利用。

本研究旨在对近 20 多年(2002—2024)来全球范围内有关黄花菜生物活性与精深加工技术的研究文献进行全面、深入系统的综述。通过广泛搜集和严谨筛选来自 Web of Science、Scopus、中国知网(CNKI)、PubMed 等权威学术数据库的相关文献资料,运用综合归纳与对比分析等方法,详细分析黄花菜在生物活性成分以及精深加工技术创新等方面的研究成果。本综述首先对黄花菜的营养成分以及生物活性进行阐述,随后对各生物活性物质的作用及其机理进行叙述,最后对黄花菜的精深加工的现状进行分析,以期为黄花菜的药用和食用价值提供一定的参考依据。

本研究的创新之处在于较为全面地总结了黄花菜生物活性与精深加工技术两大研究领域,构建起两者之间的联系与未来发展,为后续研究提供了一个系统、全面且较为完整的知识框架。这将

收稿日期: 2023-12-08

基金项目: 国家自然科学基金项目(32060544); 甘肃省教育厅高校教师创新基金项目(2023B-202)

第一作者: 讹凤霞,女,硕士

通信作者: 王应强 E-mail: sxxds2008@163.com

有助于填补当前研究中的空白与不足,为科研人员在黄花菜的进一步研究中提供新的思路与视角,加速其在功能性食品、药品等领域的创新应用与产业化发展进程。

1 黄花菜的营养成分与生物活性物质

表 1 黄花菜和其它可食用花中营养素的含量

Table 1 Contents of nutrients in daylily and other vegetables

类别	鲜黄花菜 ^[14]	干黄花菜 ^[15]	黄花菜粉 ^[16]	银丝大菊 ^[17]	金银花 ^[18]	郁金香 ^[19]
水分含量/%	82.34	11.8	7.18	88.85	82.2	91.2
碳水化合物/(g/100 g)	11.6	60.1	45	34.65	21.01	3.95
蛋白质/(g/100 g)	2.9	14.2	5.83	—	13.05	2.1
脂肪/(g/100 g)	1.4	0.4	—	3.7	5.7	—
多酚/(g/100 g)	0.15	0.47	4.09	—	1.47	—
黄酮/(g/100 g)	0.08	0.1	0.28	—	1.99	—
类胡萝卜素/(mg/100g)	1.18	3.44	3.08	—	—	—
维生素 C/(mg/100 g)	6.07	—	2.8	33.47	23.4	1.58
钙/(mg/100 g)	73	463	—	3 715.7	0.44	6.69
磷/(mg/100 g)	69	173	—	—	280.34	—
铁/(mg/100 g)	1.4	16.5	—	206.75	422.35	2.18

注:黄花菜粉是黄花菜经热风干燥后进行超微粉碎得到的固体粉末。

1.2 黄花菜中的生物活性物质

黄花菜中含有多种生物活性物质,如多糖、多酚、黄酮、萜类化合物、生物碱等,黄花菜中主要的生物活性成分的分离鉴定方法及种类如表 2 所示。黄花菜多糖是黄花菜中最重要、也是含量最高的生物活性物质,其总糖含量约为干物质的 58%~63%^[14]。Meng 等^[20]采用超声辅助法提取黄花菜中的多糖,并用高性能离子层析法鉴定出了 4 个水溶性多糖组分,单糖成分分析结果显示,该组分以鼠李糖、阿拉伯糖、果糖、半乳糖、葡萄糖、半乳糖醛、葡萄糖和葡萄糖醛酸类化合物为主。

多酚类是一种具有较高抗氧化能力的生物活性物质,其在新鲜黄花菜中的含量约为 0.15 mg/100 g。Tian 等^[21]在黄花菜中鉴定出了 4 种酚酸类化合物,分别为 3-对香豆酰奎宁酸、4-对香豆酰奎宁酸、5-对香豆酰奎宁酸和绿原酸。Fu 等^[22]利用 HPLC 技术,对黄花菜成熟期甲醇提取液中的 4 个酚类成分(绿酸、儿茶素、芦丁、槲皮素)进行了定量,结果表明,儿茶素是青花菜中最主要的酚类

1.1 黄花菜的营养成分

黄花菜之所以被称为蔬菜类中的四大珍品,主要是因为黄花菜中含有多种营养成分,如糖类化合物、蛋白质、脂肪、多酚、黄酮、类胡萝卜素、维生素 C 和有机酸等。黄花菜和其它可食用花中的营养素含量如表 1 所示。

成分,占总酚类成分的 74.11%。黄酮类化合物是一种重要的有效成分之一,它具有延缓衰老、抗氧化、清除自由基等作用。Wang 等^[9]利用高效液相色谱在黄花菜叶中鉴定出 5 种黄酮类化合物:芦丁、金丝桃苷、异槲皮苷、儿茶素和 L-表儿茶素。

2 黄花菜的生物活性

黄花菜是一种传统的药食两用资源,富含多酚、黄酮、多糖、生物碱、萜类化合物等多种生物活性物质,这些物质还具有抗氧化、抗抑郁、抗肿瘤、抗炎、抗癌、促进小鼠睡眠和镇静等多种生物功效,在开发功能性产品、推动产业发展方面具有极大的应用前景。黄花菜的生物活性物质及功能如图 1 所示。

2.1 抗氧化

氧化应激是由氧化和抗氧化之间的不平衡产生的,与许多慢性疾病密切相关。活性氧(ROS)的积累可导致氧化应激和细胞膜损伤。核因子 2(Nrf2)是一种重要的转录因子,能够调节细胞氧

表 2 黄花菜中主要的生物活性成分
Table 2 Main bioactive components in daylily

种类	组织部位	分离鉴定方法	化合物	来源
多酚类	花蕾(真空冷冻干燥、太阳干燥和热风干燥处理)	浮射质谱指纹图谱(FIMS)	奎宁酸、对香豆酰奎酸、咖啡酰奎酸、芦丁、槲皮素 3,7- <i>O</i> - β -二葡萄糖苷、槲皮素	Liu 等 ^[23]
	花蕾(甲醇提取 30 min,离心,过滤)	超高效液相色谱-四极杆-飞行时间串联质谱(UPLC -Q -TOF -MS/MS)技术	芦丁、异槲皮苷、山柰酚-3- <i>O</i> -芸香糖苷、槲皮素、山柰酚、咖啡酸	权佳等 ^[24]
	黄花菜叶(甲醇提取,然后用 C18 中压液相色谱(MPLC)进行分离,纯化得到 B1-B5 和 MF-1b)	C18 MPLC、HPLC、硅胶 PTLC	槲皮素-3- <i>O</i> -葡萄糖苷、槲皮素 3,7- <i>O</i> - β -D-二葡萄糖苷、异鼠李素 3- <i>O</i> - β -D-6' 乙酰糖苷	Zhang 等 ^[25]
	花蕾(黄花菜粉末 70%的甲醇溶液提取,过滤)	UHPLC -LTQ -Orbitrap 高分辨质谱法	对香豆酰奎宁酸、咖啡酰莽草酸、槲皮素-3- <i>O</i> -芸香糖苷、异槲皮素、槲皮素-3,7-二- <i>O</i> -葡萄糖苷、槲皮素-3'- <i>O</i> -芸香糖苷-7'- <i>O</i> -葡萄糖苷、槲皮素-3-鼠李糖-(1 \rightarrow 2)- α -L-吡喃阿拉伯糖苷、槲皮素-3- <i>O</i> -吡喃阿拉伯糖苷、异鼠李素-3- <i>O</i> -芸香糖苷、山柰酚-3- <i>O</i> -鼠李葡萄糖基-7- <i>O</i> -鼠李糖苷、丁香亭-3- <i>O</i> -葡萄糖苷	刘伟等 ^[26]
萜类化合物	花蕾(在开花季节,从 FL、OH、CT 3 个不同纬度的黄花菜中现场取样测定挥发物。)	GC-MS	乙酰甲基原醇、甲基 1-丁醇、(<i>E</i>)-2-甲基-2-丁烯酸、3-甲基-2-丁烯、异丙基甲酸	Keene 等 ^[27]
蒽醌类化合物	根(依次用己烷、乙酸和甲醇提取黄花菜的根)	光谱和化学方法	大黄酚、甲基大黄酸、大黄酸、1,8-二羟-3-甲氧基蒽醌、美决明子素甲醚、美决明子素、芦荟大黄素、黄花蒽醌	Cichewic 等 ^[28]
生物碱	根(90%乙醇提取 6 次,然后用旋转蒸发器浓缩提取液,得到总提取液 520.5 g,用水(3.0 L)重悬,依次用石油醚(PE)、EtOAc 和 <i>n</i> -BuOH 分离)	Agilent C18 柱高效液相色谱;光谱;ESI 和 HR-ESI 质谱; ¹ H 和 ¹³ C 核磁共振	Hemerominor A、Hemerominor B、Hemerominor C、Hemerominor D、Hemerominor E、Hemerominor F、Hemerominor G	Zhang 等 ^[29]
	花蕾(甲醇提取物)	红外光谱分析	hemerocallisamine、hemerocallisamine II、hemerocallisamine III	Takahiro ^[30]
多糖	花蕾(80%乙醇提取,离心,用 Sevag 法纯化,冻干)	高性能离子层析法	鼠李糖、阿拉伯糖、果糖、半乳糖、葡萄糖、半乳糖醛酸和葡萄糖醛酸	Meng 等 ^[20]
	黄花菜(水提醇沉法,并用 Sevag 法和 H ₂ O ₂ 氧化法进行纯化)	紫外光谱、红外光谱、高效液相色谱	<i>L</i> -鼠李糖、 <i>D</i> -木糖、 <i>L</i> -阿拉伯糖、 <i>D</i> -甘露糖、 <i>D</i> -葡萄糖和 <i>D</i> -半乳糖	周纪东等 ^[31]

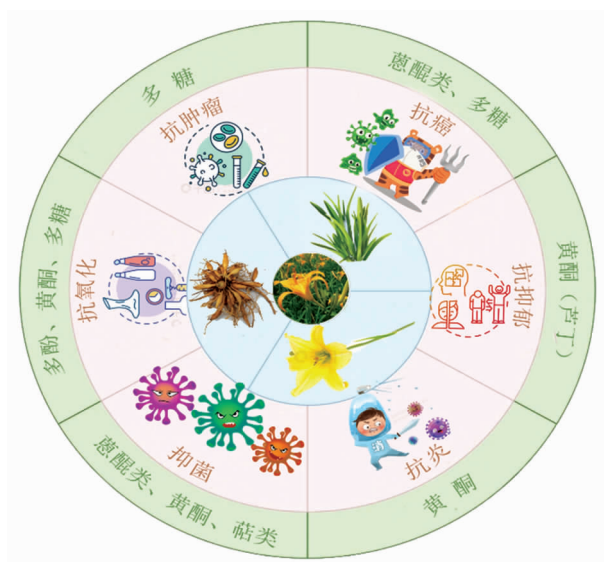


图1 黄花菜中的生物活性物质及其功能

Fig.1 Bioactive substances and functions of daylily

化应激反应,从而维持细胞内氧化还原稳态。植物活性化合物通过以下3种主要作用来对抗氧化应激:1)直接清除自由基;2)通过抑制氧化酶活性来阻止自由基的产生;3)上调抗氧化剂的活性^[32]。黄花菜在体内和体外的实验中均具有较强的抗氧化活性。这种有益的作用可以部分归因于抗氧化化合物的作用,如酚类化合物、植物多糖和黄酮类化合物等,而酚类化合物是主要的活性物质^[33]。酚类化合物作为植物的次生代谢物,广泛存在于水果和蔬菜中。它们具有抗氧化、抗炎和其它各种生物作用,可以预防多种疾病,包括心血管疾病和癌症。酚类化合物一般主要含有两类成分:类黄酮类和非类黄酮类^[34-35]。张腊腊等^[36]以黄花菜为研究对象,采用超声辅助提取黄花菜中多酚,用酚类化合物对对羟基自由基及DPPH自由基的清除率来评价其抗氧化能力。试验结果表明,黄花菜多酚对羟基自由基和DPPH自由基的半抑制浓度 IC_{50} 分别为0.1430 mg/mL和10.1280 mg/mL,其对羟基自由基的清除能力优于VC,对DPPH自由基的清除能力弱于VC。高文涛等^[37]以黄花菜为原料,对酶解工艺进行优化,探究酶解前后所得黄花菜汁的抗氧化性。结果表明,通过优化后的酶解工艺,总酚含量提升1.3倍,DPPH自由基清除率提高了9.02%,ABTS⁺自由基清除率提高了6.15%,且总酚与DPPH自由基清除能力相关系数为0.929,与

ABTS⁺自由基清除能力相关系数为0.968,说明黄花菜汁的体外抗氧化能力和总酚含量的变化密切相关。

2.2 抗抑郁

抗抑郁是黄花菜生物活性中一个重要的功能,而在抑郁症的治疗中起主要作用的是黄酮类化合物。抗抑郁的机理主要包括单胺假说、神经营养假说和应激假说3种。根据WHO的最新报告,在全世界范围内,大约有3.22亿人患有抑郁症,其患病率达到了4.4%。在我国,抑郁症的患病率大约为4.2%,抑郁症的发病率高居所有精神疾病之首^[38]。然而,抑郁症的治疗是基于广泛的合成药物的应用,如MAOIs、tca和SSRIs,它们会导致许多副作用。因此,在寻找新的有效的治疗神经系统疾病的植物化学物质时,研究人员在各种动物模型上的试验证明了许多植物物种的药理有效性。许多植物物种的器官中所含有的活性物质正在被测试为治疗抑郁症的有效化合物^[39]。Lin等^[40]通过强迫游泳试验(FST)和大脑区域(额叶皮层、海马体、纹状体和杏仁核)的神经递质代谢,研究了黄花菜乙醇提取物(DFEtoH)和芦丁的抗抑郁作用。结果表明,无论是短期试验还是长期试验,提取物和芦丁都能显著缩短FST的静止时间和增加游泳时间($P<0.05$)。总之,DFEtoH确实具有抗抑郁作用。此外,芦丁可能在DFEtoH的抗抑郁中起着非常重要的作用。Yoshihara等^[41]的研究详细描述了基于改善睡眠的萱草属植物提取物的抗抑郁或缓解疲劳的作用。结果表明,乙醇提取物中的芦丁、儿茶素、没食子酸等酚类化合物含量较高,比水提取物具有更高的生物活性^[33]。芦丁是一种抗氧化活性最高的类黄酮苷,是黄花菜乙醇提取物的主要成分。据报道,这种类黄酮主要参与了抗抑郁作用^[42]。

2.3 抗肿瘤

作为一种“药食同源”的传统中药材,早在古代就被人们所认识,足见其药理功效的广阔前景。研究表明,植物多糖来源丰富,是研究最广泛的一类多糖类物质,具有免疫调节、抗肿瘤、抗炎、抗氧化、抗辐射、降血糖、降血脂、抗抑郁等多种生物活性功能^[43]。黄花菜多糖的研究也逐渐增加,其中也包括对其各种生物活性的研究,例如抗氧化、抗肿

瘤、抑菌、抗抑郁等^[44]。抗肿瘤的机制主要与黄花菜多糖能够抑制肿瘤细胞的增殖和提高机体的免疫力有关。Lilan 等^[45]研究了黄花菜多糖的提取工艺和抗肿瘤活性。研究发现,黄花菜多糖可抑制小鼠 S180 移植瘤的生长,高剂量组(1.60 g/kg)抑瘤率为 38.54%;黄花菜多糖能提高肿瘤小鼠血清中 IL-2 和 TNF- α 含量。黄花菜多糖在体内有较显著的抗肿瘤作用,其机制可能是由于其可以增强机体的免疫力。

2.4 抗炎

黄花菜中的黄酮物质具有较好的抗炎效果。其机理主要是黄花菜中的黄酮类物质可以调节机体的免疫力、抑制炎症介质的合成和释放以及抑制炎症细胞的迁移和活化。Kao 等^[46]在研究黄花菜不同生长时期的抗炎活性时,发现了表没食子儿茶素、黄烷醇-3、表儿茶素和没食子酸酯可以有效地抑制脂多糖激活的细胞产生一氧化氮,具有显著的抗炎活性。李格等^[47]以湖南祁东、甘肃庆阳、山西大同、陕西大荔、宁夏盐池的黄花菜干制品为研究对象,进行多糖的提取和抗炎活性的研究。结果表明,采用 LPS 刺激小鼠单核巨噬细胞白血病细胞 RAW264.7 的炎症模型,通过测定 NO 和 IL-6 炎症因子浓度研究 DPH 的抗炎活性,庆阳、盐池两种 DPH 对 IL-6 的生成有明显的抑制作用,大同 DPH 对 NO 生成有明显的抑制作用。Sethuramalingam 等^[48]前期研究发现,将秋水仙素应用于冠心病病人,不仅可减轻炎症反应,还可明显减少心肌梗死的发生。

2.5 抗癌

黄花菜中的萜醌类成分和多糖均被报道具有抗癌活性。抗癌的机制可能是黄花菜中的萜醌类和多糖物质能够抑制癌细胞的增殖或诱导癌细胞的凋亡。尤敏^[49]用不同浓度的抗肿瘤活性蛋白 HcBP 分别处理正常肝细胞(HL7702)和肝癌细胞(HepG2 和 Bel-7402),然后检测 HcBP 对肝癌细胞增殖的影响。细胞存活分析表明,我们前期研究发现,HcBP 可显著抑制肝癌细胞增殖,但对正常肝细胞生存无影响。到现在为止,已经有多项研究证明,黄花菜中的有效组分对癌细胞的生长有明显的抑制作用,然而,在单一或联合的情况下,这些有效组分是否能够诱发更多的癌细胞凋亡,或

是否能够提高其抑制效果,还需要进行更多的试验研究^[50]。

2.6 抑菌活性

黄花菜提取物中萜醌类、黄酮类及萜类成分具有抑菌作用。其抑菌的机理主要是抑制细胞壁的合成、影响细菌胞浆膜的通透性和抑制蛋白质的合成。董壮等^[51]采用微量稀释法评价黄花菜根和花不同萃取部位的抑菌活性。结果表明,根乙酸乙酯、正丁醇萃取部位和花二氯甲烷、正丁醇萃取部位基本无明显的抑菌效果,其余部位均表现一定的抑菌效果,但最小杀菌浓度(MBC)值均 ≥ 10 g/L。周纪东等^[52]提取黄花菜多糖并进行了抑菌试验。结果表明,黄花菜纯化多糖对细菌具有特异性的抑制作用,当其溶液质量浓度超过 25 mg/mL 时,对金黄色葡萄球菌、铜绿假单胞菌、大肠杆菌都有一定的抑制作用,尤以对金黄色葡萄球菌的抑制效果最好,可成为一种潜在的天然抑菌剂。

2.7 其它生物活性

据报道,黄花菜还具有一定的抗衰老作用。李云霞^[53]以未性成熟的雌性小鼠为实验对象,观察其子宫增重及雌激素的分泌。研究发现,黄花菜黄酮可以提高性未成熟小鼠子宫的湿重和子宫系数,还可以提高血清中雌激素水平,可以将其用作女性抗衰老食物的一种选择。黄花菜除了作为食物材料外,还被用作止痛剂、发酵剂、促睡剂和镇静剂,并刺激分娩妇女的乳液分泌^[53]。在现代药理和临床研究中,黄花菜对神经的作用已被记录。一些研究表明,黄花菜或其提取物对小鼠具有显著的促睡眠和镇静作用。杜秉健^[54]研究发现,黄花菜通过腹腔注射给药方式,对小鼠具有一定的促睡眠活性,其起作用的主要成分包括芦丁和橙皮苷。潘焯^[10]研究发现,黄花菜提取物可明显提高戊巴比妥钠诱导的小鼠的睡眠质量,且呈浓度依赖关系,并且有较好的改善睡眠效果。此外,黄花菜的提取物还具有一定的镇静效果。

3 黄花菜精深加工技术研究进展

3.1 黄花菜的加工现状

尽管黄花菜具有很高的营养价值,但是由于其采收后不易保存,目前对其加工还处于鲜食和干燥的阶段。当前,传统的加工方式存在着生产周

期长、生产效率低等问题,而且对黄花菜的潜力应用价值没有展开深入的研究,它的加工技术与方法缺乏创新,经济价值仍待开发^[55]。同时,随着人们生活方式和健康水平的不断提高,功能性食品已经成为了世界范围内食品研究的热点,而黄花菜因其生物活性占据着重要地位。黄花菜属于一种普遍存在的药食同源食品,在对其进行工艺的持续优化和发展的过程中,各种技术持续地被运用到对其进行初深加工中,从而促进了该产业的发展^[50]。

干燥是黄花菜收获后的第1个步骤,也是黄花菜精深加工的第1步。不同的干燥方法对黄花菜样品的化学成分都有影响。黄花菜常用的干制方法有日晒、热风干燥、真空冷冻干燥、微波干燥等。干燥过程对收获后的处理和分配尤为重要,可以延长黄花菜的保质期。然而,干燥过程可能会导致营养物质的降解和食品质量的损失^[56]。楚倩倩等^[57]研究了不同处理方式对热风干燥黄花菜褐变及干燥特性的影响。结果表明,2 min 蒸汽烫漂后经 0.2 g/100 mL 柠檬酸溶液处理的样品具有良好的外观品质和较高的营养价值,褐变程度较低,生物活性物质保存率较高。经相关性分析可得,其褐变程度与多酚、5-羟甲基糠醛的含量相关。可为后续黄花菜的加工提供一定的参考。

3.2 黄花菜粉的加工

黄花菜粉作为干制黄花菜精深加工的产品之一,对推动黄花菜产业的发展具有重要的意义。Ma 等^[58]为了优化干燥方法,对采用自然空气干燥(ND)、热风干燥(HD)、真空冷冻干燥(FD)和喷雾干燥(SD)制备的黄花菜粉的粉末性质、内部结构、营养成分和颜色进行了研究和比较。结果表明,不同的干燥方法对粉体的内部结构没有影响。4种干燥方法处理后的黄花菜粉的直径、体积密度、持水能力、持油能力和休止角存在显著差异。不同干燥方法对粉体的营养指标和色泽有显著影响。HD制备的黄花菜粉能保持较高的总蛋白、总糖和维生素C;ND和FD制备的黄花菜粉具有较高的氨基酸含量和较好的风味保持性,这更有利于其作为食品添加剂。

3.3 黄花菜饮料的加工

当前,对黄花菜在饮料加工方面进行了较多

的研究,主要有:黄花菜复合饮料和黄花菜固体饮料的研制。南晓洁等^[59]以蛹虫草、黄花菜为主要原料,复配枸杞子、覆盆子、桑葚、莲子等药食同源的物料研发一款复合饮料。通过单因素试验、正交试验、响应面分析法得到蛹虫草黄花复合饮料的最优配方为(木糖醇 7.0%、柠檬酸 0.20%、黄原胶 0.08%)。在此方法下制作的饮料富含蛋白质和 14 种氨基酸,口感细腻,色泽均匀,符合大众口味。叶倩等^[60]以黄花菜为原料,采用响应面试验对黄花菜固体饮料的配方进行了优化。结果表明,黄花菜固体饮料的最优配方为:添加食盐 0.01%,麦芽糊精 2.0%,马铃薯全粉 1.0%,奶粉 4.5%,黄花菜与水比值 1:9($m:V$);此配方下研制出的黄花菜固体饮料流动性最佳,感官品质较好。

3.4 即食方便食品的加工

即食方便食品也是黄花菜加工的一种新趋势,它是将黄花菜与某种或某些原料进行混合,制作出一种具有黄花菜特殊香味和一定保健功能的即食性食品。马雪梅^[61]以鲜黄花、黄花粉、干黄花和小麦面粉为主要原料,研制开发非油炸再造型黄花脆片。结果表明,在大豆、花生、芝麻、蔗糖添加量分别在 3.5%、4.0%、5.0%、6.0%,压片温度为 121 °C、压片时间为 80 s、干燥温度为 75 °C 时生产的黄花菜脆片具有较好的感官品质。李应兰^[62]以黄花菜和牛肉为原料,研究黄花菜牛肉丸的加工。结果表明,黄花菜牛肉丸的最佳生产配方为黄花菜粉 20%、玉米淀粉 8%、冰水 40%和食盐 2.5%,经验证,该工艺生产的黄花菜牛肉丸风味较好,感官评分为 96 分。

3.5 黄花菜提取物以及在食品体系中的应用

目前,黄花菜市场主要以干制和鲜食为主,而对于一些黄花菜的残次品以及开花的黄花菜没有得到及时的处理,造成了一定程度的浪费并且降低了黄花菜的利用价值。而随着黄花菜产业的不断发展,黄花菜的精深加工产品日益增多,黄花菜提取物作为黄花菜加工的一种形式,得到了广泛的关注。黄花菜提取物是经过鲜黄花菜干制后采用有机溶剂或热水浸提天然植物含香部位或动物含香分泌物后,经过滤和浓缩后,获得一种膏状物,具有复水性好、口感醇厚、风味浓郁、营养价值高,还能耐存储等优点,可以将其开发成一种具有

增香和保健功能的天然食品添加剂,应用于果汁、糕点等食品,具有较好的应用前景。然而,中外学者对于黄花菜提取物的研究大多数只是停留在抗氧化和成分鉴定^[63-66]上,并没有对其进行深入、系统的研究。这很有可能是因为黄花菜中所含的秋水仙碱,一旦进入到体内,就会被氧化,形成二秋水仙碱,具有很强的毒性^[67]。正常人体鲜食黄花菜超过 100 g 就可能引起中毒。

将黄花菜提取物进一步开发为功能性的产品,关键在于其对人体不会造成一定的伤害,处于无毒或基本无毒状态。然而,黄花菜提取物与其它药食同源的食品原料如杜仲叶提取物、山楂叶提取物、杭白菊提取物等相比,其作为新食品原料和毒性的研究还处在一个较低水平上,与其它可食用的植物提取物还存在一定的差距。有研究报道,黑蓝柏花的提取物,也被称为接骨木,已被用作膳食补充剂几个世纪。最近的一项研究表明,它可以用于抗癌治疗,并在正常细胞中显示出较低的细胞毒性^[68]。而对于黄花菜提取物的毒性研究却鲜有报道,赵红霞等^[69]对黄花菜浸膏粉进行了小鼠急性毒性试验。结果表明,在 21 d 的观察期内,用干菜浸膏粉灌胃的小鼠无死亡无异常现象,未见脏器异常改变,无病理病变。因此,对黄花菜提取物进行进一步深入、系统的研究是非常有必要的,可为黄花菜的深度开发利用提供重要的理论依据和现实指导意义。

4 结语

众所周知,黄花菜数百年来一直被中医认为是促进健康的重要原料之一。本综述的主要目的是收集和介绍关于黄花菜的生物活性和黄花菜精深产品加工的最新数据。黄花菜是许多生物活性化合物的来源,具有较高的抗氧化潜力,并且具有广泛的生物有效性。黄花菜可能是抗抑郁、抗癌、抗炎、抗氧化及促进睡眠等相关疾病的有效补充剂。黄花菜作为我国经济和工业发展的主要支柱,在新产品的开发方面已有研究。目前,对其饮料加工的研究较多,主要有复合饮料和固体饮料;另外,其它黄花菜的加工产品,如黄花菜粉、黄花菜即食性食品、黄花菜发酵制品、黄花菜提取物等也相继出现。而黄花菜提取物也是黄花菜加工中研

究较多的一部分,但是对于黄花菜提取物的研究也只是停留在初步阶段,文献中所报道的对于黄花菜提取物的研究大多集中在抗氧化活性及其成分鉴定上,而对于其提取物作为新食品原料的开发和毒性的研究仍处在初级阶段,并未对其进行更加深入的研究。因此,改变以干菜上市为主的单一格局,持续寻找新的发展思路,扩大产品开发领域,将我国优良的黄花菜资源充分利用起来,使得黄花菜发挥更大的效用,以期为黄花菜的食用和药用价值提供一定的参考依据。

参 考 文 献

- [1] RAMOS M, CARVALHO R, SILVA E S, et al. Pathological and epidemiological characterization of first outbreak of daylily rust in Europe and evaluation of puccinia hemerocallidis resistance in *Hemerocallis cultivars*[J]. *Plants*, 2020, 9(4): 128-135.
- [2] LIU Y Z, GAO Y K, YUAN L Z, et al. Molecular characterization and expression patterns of the HkSVP gene reveal distinct roles in inflorescence structure and floral organ development in *Hemerocallis fulva*[J]. *Int J Mol Sci*, 2021, 22: 12010.
- [3] WANG W, ZHANG X, LIU Q, et al. Study on extraction and antioxidant activity of flavonoids from *Hemerocallis fulva* (Daylily) Leaves [J]. *Molecules*, 2022, 27: 2916.
- [4] 刘佩冶, 李可昕, 张超凡, 等. 黄花菜生物活性成分及功能研究进展[J]. *食品与发酵工业*, 2022, 48(12): 330-336.
LIU P Z, LI K X, ZHANG C F, et al. Research progress on bioactive components and functions of daylily[J]. *Food and Fermentation Industries*, 2022, 48(12): 330-336.
- [5] 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 Z, LIU L Z, LI H. Optimization of extraction process of flavonoid from *Hemerocallis citrina* Baroni by response surface methodology and study of antioxidant activity[J]. *China Condiment*, 2022, 47(7): 53-57.
- [6] 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 X Y, ZHANG L, WEN Y B, et al. Advances in research on nutritional activity of important functional components of *Hemerocallis citrina* Baroni[J]. Food Research and Development, 2022, 43(5): 204–209.
- [7] WANG T Y, LI Q, BI K S. Bioactive flavonoids in medicinal plants: Structure, activity and biological fate[J]. Asian Journal of Pharmaceutical Sciences, 2018, 13(1): 12–23.
- [8] 闫雅倩, 张玉芝, 付豪, 等. 黄花菜发酵液的化妆品功效评价[J]. 精细化工, 2023, 40(5): 1073–1081.
- YAN Y Q, ZHANG Y Z, FU H, et al. Cosmetic efficacy evaluation of *Hemerocallis citrina* Baroni fermentation broth[J]. Fine Chemicals, 2023, 40(5): 1073–1081.
- [9] LIU W, ZHAO Y, SUN J H, et al. Study the effects of drying processes on chemical compositions in daylily flowers using flow injection mass spectrometric fingerprinting method and chemometrics[J]. Food Res. Int, 2017, 102: 493–503.
- [10] 潘妍. 黄花菜保鲜与保健功能的研究[D]. 杭州: 浙江大学, 2006.
- PAN X. Study on preserving–freshness and health–care of daylily[D]. Hangzhou: Zhejiang University, 2006.
- [11] 张先淑, 任飞飞. 黄花菜金银花复合饮料的研制[J]. 食品研究与开发, 2015, 36(24): 83–85.
- ZHANG X S, REN F F. The development of compound beverage of daylily and honeysuckle[J]. Food Research and Development, 2015, 36(24): 83–85.
- [12] 陈俊辉, 陈诗妮. 固体饮料标签常见问题分析及解决对策[J]. 食品安全导刊, 2023(5): 148–150, 166.
- CHEN J H, CHEN S N. Analysis and solution of common problems of solid beverage label[J]. China Food Safety Magazine, 2023(5): 148–150, 166.
- [13] 陈乐, 赵超凡, 刘亚平, 等. 黄花菜贮藏及加工研究进展[J]. 食品与机械, 2022, 38(7): 227–232, 240.
- CHEN L, ZHAO C F, LIU Y P, et al. Research progress on storage and processing of post–harvest daylily[J]. Food & Machinery, 2022, 38(7): 227–232, 240.
- [14] 郭霄飞, 李艳婷, 倪育龙, 等. 真空冷冻干燥技术加工黄花菜功能营养成分的分析[J]. 天津农业科学, 2022, 28(11): 66–71.
- GUO X F, LI Y T, NI Y L, et al. Functional nutrients components analysis of daylily flower by vacuum freeze–dried technology processed[J]. Tianjin Agricultural Science, 2022, 28(11): 66–71.
- [15] 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. A review of the nutritional value and processing technology of *Hemerocallis citrina*[J]. Agricultural Science, 2008, 220(3): 1197–1198.
- [16] 杨双喜, 马尧, 张海红, 等. 干燥方式对黄花菜粉营养、色泽及氨基酸含量的影响[J]. 中国食品学报, 2022, 22(10): 232–241.
- YANG S X, MA R, ZHANG H H, et al. Effects of drying methods on nutrition, color and amino acid content of daylily powder[J]. Journal of Chinese Institute of Food Science and Technology, 2022, 22(10): 232–241.
- [17] 张倩倩, 韩宝来, 赵素会, 等. 6种菊花花瓣的营养成分分析与评价[J]. 食品工业科技, 2017, 38(8): 346–349, 368.
- ZHANG Q Q, HAN B L, ZHAO S H, et al. Analysis and evaluation of nutritional components in 6 species of *Dendranthema morifolium*[J]. Science and Technology of Food Industry, 2017, 38(8): 346–349, 368.
- [18] 李冬梅, 夏日耀, 杜莲朵, 等. 金银花不同部位营养成分分析[J]. 食品研究与开发, 2018, 39(18): 190–194.
- LI D M, XIA R Y, DU L D, et al. study of nutrient contents of different parts of *Lonicera japonica* Thunb[J]. Food Research and Development, 2018, 39(18): 190–194.
- [19] 幸宏伟. 郁金香及杜鹃花花瓣营养成分分析[J]. 重庆工商大学学报(自然科学版), 2005(1): 53–55.
- XING H W. Analysis of nutritional components in tulip petals and azalea petals[J]. Journal of Chongqing Technology and Business University (Natural Science Edition), 2005(1): 53–55.
- [20] MENG Q, CHEN Z H, CHEN F, et al. Optimization of ultrasonic–assisted extraction of polysaccharides from *Hemerocallis citrines* and the antioxidant activity study[J]. Journal of Food Science, 2021, 86(7): 3082–3096.
- [21] TIAN H, YANG F F, LIU C Y, et al. Effects of phenolic constituents of daylily flowers on corticosterone and glutamate–treated PC12 cells[J]. BMC

- Complementary & Alternative Medicine, 2017, 17(1): 69.
- [22] FU M, HE Z P, ZHAO Y, et al. Antioxidant properties and involved compounds of daylily flowers in relation to maturity[J]. Food Chemistry, 2009, 114(4): 1192–1197.
- [23] LIU W, ZHAO Y, SUN J H, et al. Study the effects of drying processes on chemical compositions in daylily flowers using flow injection mass spectrometric fingerprinting method and chemometrics[J]. Food Res Int, 2017, 102(12): 493–503.
- [24] 权佳, 孙国栋, 张韵琦, 等. 基于UPLC-Q-TOF-MS/MS法分析黄花菜的化学成分[J]. 中南药学, 2023, 21(3): 637–646.
- QUAN J, SONG G D, ZHANG Y Q. Chemical constituents in *Hemerocallis citrina* Baroni by UPLC-Q-TOF-MS/MS[J]. Central South Pharmacy, 2023, 21(3): 637–646.
- [25] ZHANG Y, CICHEWICZ R H, NAIR M G. Lipid peroxidation inhibitory compounds from daylily (*Hemerocallis fulva*) leaves[J]. Life Sciences, 2004, 75(6): 753–763.
- [26] 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, SONG J H, ZHANG J H, et al. Rapid identification characterization of Chemical profile in daylily flower 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.
- [27] KEENE S A, JOHNSON T S, SIGLER C L, et al. A survey of the floral volatile profiles of daylily species and hybrids[J]. Journal of the American Society for Horticultural Science, 2020, 145(2): 120–131.
- [28] CICHEWICZ, ROBERT H, ZHANG Y J, et al. Inhibition of human tumor cell proliferation by novel anthraquinones from daylilies[J]. Life Science, 2004, 74(14): 1791–1799.
- [29] ZHANG Y, ZHAO X C, XIE Y G, et al. Eight new γ -lactam alkaloids from the roots of the *Hemerocallis minor* Mill [J]. Fitoterapia, 2017, 118: 80–86.
- [30] 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.
- [31] 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 antibacterial activity of polysaccharide from *Hemerocallis citrina* Baroni[J]. Food Science, 2015, 36(8): 61–66.
- [32] WU T, ZHU W Y, CHEN L Y, et al. A review of natural plant extracts in beverages: Extraction process, nutritional function, and safety evaluation[J]. Food Research International, 2023, 172: 113185.
- [33] QUE F, MAO L C, ZHENG X J. *In vitro* and vivo antioxidant activities of daylily flowers and the involvement of phenolic compounds[J]. Asia Pac J Clin Nutr, 2007, 16(1): 196–203.
- [34] EVA BRGLEZ M, MASA KNEZ H, MOJCA S M, et al. Polyphenols: Extraction methods, antioxidative action, bioavailability and anticarcinogenic effects[J]. Molecules, Molecules, 2016, 21(7): 901.
- [35] HAO Z, LIANG L, LIU H, et al. Exploring the extraction methods of phenolic compounds in daylily (*Hemerocallis citrina* Baroni) and its antioxidant activity[J]. Molecules, 2022, 27: 2964.
- [36] 张腊腊, 胡浩斌, 韩明虎, 等. 响应面优化黄花菜多酚提取工艺及其抗氧化活性研究[J]. 中国食品添加剂, 2023, 34(2): 102–108.
- ZHANG L L, HU H B, HAN M H, et al. Optimization of polyphenol extraction process and antioxidant activity of *Hemerocallis citrina* by response surface methodology[J]. China Food Additives, 2023, 34(2): 102–108.
- [37] 高文涛, 贾艺彬, 温艳斌, 等. 酶解法制备黄花菜汁工艺优化及抗氧化性分析[J]. 食品工业科技, 2023, 44(12): 164–171.
- GAO W T, JIA Y B, WEN Y B, et al. Process optimization and antioxidant analysis of and of enzymatic preparation of *Hemerocallis citrina* Juice[J]. Science and Technology of Food Industry, 2023, 44(12): 164–171.
- [38] 王祖华, 郁姣姣, 张玉香, 等. 黄花菜作用价值研究进展及产业加工流程探究[J]. 甘肃科技, 2022, 38(22): 54–57.
- WANG Z H, YU J J, ZHANG Y X, et al. Research progress of role value of *Hemerocallis citrina*

- Baroni and exploration of industrial processing flow [J]. *Gansu Science and Technology*, 2022, 38(22): 54-57.
- [39] MATRASZEK-GAWRON R, CHWIL M, TERLECKA P, et al. Recent studies on anti-depressant bioactive substances in selected species from the genera *Hemerocallis* and *gladiolus*: A systematic review[J]. *Pharmaceuticals*, 2019, 12(4): 172.
- [40] LIN S H, CHANG H C, CHEN P J, et al. The antidepressant-like effect of ethanol extract of daylily flowers in rats [J]. *Evidence-Based Complementary and Alternative Medicine*, 2013, 3(1): 1-7.
- [41] YOSHIHARA K, EGUCHI N, DOE N. Composition containing hot-water extract of plant of the genus *hemerocallis* and having antidepressant-like effects or fatigue-relieving effects based on sleep improvement: US20090995208[P]. 2011-03-31.
- [42] 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]. *J Agric Food Chem*, 2002, 50(1): 87-91.
- [43] 张瑛毓, 刘雨培, 孙晶, 等. 植物多糖抗抑郁作用机制和构效关系的研究进展[J]. *现代药物与临床*, 2023, 38(6): 1517-1524.
- ZHANG Y Y, LIU Y P, SONG J, et al. Research progress on antidepressant effects mechanism of plant polysaccharides and its Structure-activity relationship[J]. *Drugs & Clinic*, 2023, 38(6): 1517-1524.
- [44] 刘艺珠, 刘佩冶, 赵玉梅, 等. 黄花菜多糖的表征与抗氧化活性分析[J]. *食品工业科技*, 2022, 43(12): 54-61.
- LIU Y Z, LIU P Y, ZHAO Y M, et al. Characterization and antioxidant activity analysis of *Hemerocallis citrina* polysaccharide[J]. *Science and Technology of Food Industry*, 2022, 43(12): 54-61.
- [45] LILAN O U, XIN Y U, ZHANG C, et al. Study on the optimal extraction process and antitumor effect of polysaccharides from *Hemerocallis fulva* [J]. *Carbohydrate Polymers*, 2016, 1: 306-312.
- [46] 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.
- [47] 李格, 范蕾, 陈华海, 等. 国内主要产区黄花菜多糖抗肿瘤和抗炎活性研究[J]. *山东化工*, 2022, 51(14): 62-64.
- LI G, FAN L, CHEN H H, et al. Study on anti-tumor and anti-inflammatory activity of polysaccharide from *Hemerocallis citrina* Baroni in main producing areas in China[J]. *Shandong Chemical Industry*, 2022, 51(14): 62-64.
- [48] 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]. *Am J Ther*, 2023, 30(3): e197-e208.
- [49] 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 antitumor active protein from *Hemerocallis citrina* Baroni and its mechanism of inhibiting the proliferation in human hepatocarcinoma cells [D]. Taiyuan: Shanxi University, 2021.
- [50] 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 M Y, LIU H Y, XIAO J, et al. Research progress on bioactive components, biological activities, and processing technology of daylily[J]. *Science and Technology of Food Industry*, 2022, 43(19): 427-435.
- [51] 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 Z, OU X Y, ZHOU N, 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.
- [52] 李云霞. 黄花菜中黄酮的提取及雌激素样调节作用的研究[J]. *实用中西医结合临床*, 2014, 14(9): 83-84.
- LI Y X. Study on the extraction of flavonoids from *Hemerocallis citrina* and estrogen like regulation [J]. *Practical Clinical Journal of Integrated Traditional Chinese and Western Medicine*, 2014, 14(9): 83-84.
- [53] LIM T K. *Edible medicinal and non-medicinal plants* [M]. Berlin: Springer Netherlands, 2015: 822-829.
- [54] 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[D]. Beijing: China Agricultural University, 2014.
- [55] 左晓楠, 王连, 张立新, 等. 黄花菜功能性产品开发研究进展[J]. 农产品加工, 2022, 551(9): 87-89.
- ZUO X N, WANG L, ZHANG L X, et al. Research progress in the development of daylily functional products[J]. Farm Products Processing, 2022, 551(9): 87-89.
- [56] SUN J H, LIU W, ZHANG M L, et al. The analysis of phenolic compounds in daylily using UH-PLC-HRMSn and evaluation of drying processing method by fingerprinting and metabolomic approaches [J]. Journal of Food Processing & Preservation, 2017, 42(1): e13325.
- [57] 楚倩倩, 任广跃, 段续, 等. 不同预处理方式对热风干燥黄花菜褐变及干燥特性的影响[J]. 食品科学, 2023, 44(7): 81-88.
- CHU Q Q, REN G Y, DUAN X, et al. Effects of different pretreatment methods on browning and drying characteristics of hot air-dried daylily buds [J]. Food Science, 2023, 44(7): 81-88.
- [58] MA Y, ZHANG H H, MA X M, et al. Effects of different drying methods on the quality of daylily powder[J]. Journal of Food Processing and Preservation, 2022, 46(4): 1.
- [59] 南晓洁, 朱敏, 郭伟伟, 等. 蛹虫草-黄花复合饮料制备工艺研究[J]. 中国食用菌, 2022, 41(5): 60-66, 70.
- NAN X J, ZHU M, GUO W W, et al. Study on the preparation technology of compound beverage of cordyceps militaris and *Hemerocallis citrina* Baroni[J]. Edible Fungi of China, 2022, 41(5): 60-66, 70.
- [60] 叶倩, 姚荷, 郭红英, 等. 黄花菜固体饮料配方及喷雾干燥工艺的研究[J]. 激光生物学报, 2019, 28(2): 160-167.
- YE Q, YAO H, GUO H Y, et al. A study on formula and spray drying technology of solid beverage based on daylily flower [J]. Acta Laser Biology Sinica, 2019, 28(2): 160-167.
- [61] 马雪梅. 再造型黄花脆片产品开发及类黄酮生物可及性研究[D]. 银川: 宁夏大学, 2022.
- MA X M. Reshaped day lily chips product development and flavonoid bioaccessibility studies [D]. Yinchuan: Ningxia University, 2022.
- [62] 李应兰. 黄花菜牛肉丸加工及干燥工艺研究[D]. 银川: 宁夏大学, 2021.
- LI Y L. Development of day lily beef balls and drying characteristics[D]. Yinchuan: Ningxia University, 2021.
- [63] MAO L C, PAN X, QUE F, et al. Antioxidant properties of water and ethanol extracts from hot air-dried and freeze-dried daylily flowers[J]. European Food Research and Technology, 2006, 222(3/4): 236-241.
- [64] WU W T, MONG M C, YANG Y C, 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): 1055-1062.
- [65] ZHANG Y J, CICHEWICZ R H, NAIR M G. Lipid peroxidation inhibitory compounds from daylily (*Hemerocallis fulva*) leaves[J]. Life Sciences, 2018, 83(5): 1055-1062.
- [66] LIN Y L, LU C K, HUANG Y J, et al. Antioxidative caffeoylquinic acids and flavonoids from *Hemerocallis fulva* flowers[J]. Life Sciences, 2004, 75(6): 753-763.
- [67] 李应科, 李世满, 施兴梅, 等. 羊黄花菜中毒病例诊断与治疗[J]. 畜牧兽医科学(电子版), 2021(22): 90-91.
- LI Y K, LI S M, SHI X M, et al. Diagnosis and treatment of cases of daylily poisoning[J]. Graziery Veterinary Sciences(Electronic Version), 2021(22): 90-91.
- [68] FERREIRA-SANTOS P, NOGUEIRA A, ROCHA C M R, et al. Sambucus nigra flower and berry extracts for food and therapeutic applications: Effect of gastrointestinal digestion on *in vitro* and *in vivo* bioactivity and toxicity[J]. Food & Function, 2022, 13(12): 6762-6776.
- [69] 赵红霞, 王应强, 刘爱青, 等. 预处理对热水浸提黄花菜浸膏粉营养成分及生物活性影响研究[J]. 中国食品添加剂, 2023, 34(1): 101-109.
- ZHAO H X, WANG Y Q, LIU A Q, et al. Effect of pretreatment on nutritional composition and bioactivities of daylily extract powder by hot water extraction[J]. China Food Additives, 2023, 34(1): 101-109.

Research Progress on Biological Activity and Intensive Processing Technology of Daylily

E Fengxia¹, Wang Yingqiang^{2,3*}, Tian Xiaoju¹

(¹School of Food Science and Engineering, Ningxia University, Yinchuan 750021

²School of Agriculture and Bioengineering, Longdong University, Qingyang 745000, Gansu

³Gansu Key Laboratory of Protection and Utilization for Biological Resources and Ecological Restoration, Qingyang 745000, Gansu)

Abstract Daylily is rich in various nutrients and bioactive substances, and is known as one of the four treasures among vegetables along with shiitake mushrooms, fungus, and winter bamboo shoots. This article reviews the biological activity of daylily and the current research status of its deep processing technology. It explores the relationship between the bioactive components and functions of daylily extracts, and further analyzes that the weak links in the value-added processing of daylily mainly lie in the development of daylily extracts as new food raw materials and the study of their toxicity. Summarizing the potential applications of daylily and its extracts in antioxidant, antidepressant, anti-tumor, anti-inflammatory and other related diseases, and elaborating on the application of daylily deep products such as daylily powder, daylily beverage, ready to eat products, daylily extracts, etc. It is proposed that daylily and its extracts can be used as new food raw materials in the future, providing some reference for the development of daylily functional products.

Keywords daylily; nutrition characteristics; biological activity; deep processing