

# 黑果腺肋花楸保健功能及其果酒研究进展

## Research progress on health care function and fruit wine of *Aronia melanocarpa*

陀龙龙<sup>1</sup> 侍朋宝<sup>1,2</sup> 柴菊华<sup>1,2</sup> 沈 飞<sup>1</sup>

TUO Longlong<sup>1</sup> SHI Pengbao<sup>1,2</sup> CHAI Juhua<sup>1,2</sup> SHEN Fei<sup>1</sup>

(1. 河北科技师范学院食品科技学院, 河北 昌黎 066600; 2. 河北省果品加工技术创新中心, 河北 昌黎 066600)

(1. College of Food Science and Technology, Hebei Normal University of Science and Technology, Changli, Hebei 066600, China; 2. Hebei Fruit Processing Technology Innovation Center, Changli, Hebei 066600, China)

**摘要:**文章以近年来国内外研究黑果腺肋花楸的成果为基础,对黑果腺肋花楸的保健功能及其果酒研发进行了综述,重点阐述了花楸果酒的类型及工艺研究进展,并分析了当前花楸果酒研发所面临的挑战与机遇。

**关键词:**黑果腺肋花楸;果酒;保健功能

**Abstract:** Based on recent domestic and foreign research results, the health care function and fruit wine development of *Aronia melanocarpa* were reviewed. The types and technology research progress of the fruit wine were emphasized, and the challenges and opportunities of current development of the fruit wine were analyzed.

**Keywords:** *Aronia melanocarpa*; fruit wine; health function

黑果腺肋花楸(*Aronia melanocarpa*)又称不老莓、野樱莓,原产于北美东部,先后传入欧洲、亚洲。其果实和树叶的颜色随着季节的变化而改变,具有良好的绿化功能,20 世纪 90 年代初,中国将其作为一种观赏植物引进。有研究<sup>[1-5]</sup>发现,花楸不仅可以美化环境,还富含原花青素、花色苷、黄酮、多酚等生物活性物质。2018 年 9 月花楸被国家卫生健康委员会列为新食品原料。

花楸口感酸涩,通常将其作为食品原料进一步加工<sup>[6]</sup>。文章拟综述花楸的保健功能,结合相关专利重点阐述花楸果酒的最新研究进展,并分析其在果酒研发所面临的挑战与机遇,以期在花楸果酒产业发展提供依据。

## 1 花楸的保健功能

### 1.1 抗氧化作用

自由基学说认为,活性氧(ROS)在机体中的含量随年龄的增加而增加,大量的 ROS 将影响 DNA、蛋白质和细胞的正常工作,促进细胞衰老并诱发其他慢性疾病<sup>[7]</sup>。花楸富含多酚、多糖、花青素等抗氧化活性成分,能够清除体内的自由基,起到抗氧化作用。研究<sup>[8]</sup>表明,花楸中的多糖物质通过调节 AMPK/SIRT1/NF- $\kappa$ B 和 Nrf2/HO-1 信号通路,抑制老化脑组织中的炎症和氧化应激损伤,达到延缓小鼠衰老目的。此外,张振源等<sup>[9]</sup>和孙燕等<sup>[10]</sup>分别利用酶法超声联合提取工艺和有机溶剂提取工艺从花楸中提取多酚和花青素。结果表明,其抗氧化能力(DPPH 自由基、羟自由基、超氧阴离子自由基清除率和 Fe<sup>3+</sup>还原力)随提取物质量浓度的增加而增强(总多酚 10~60  $\mu$ g/mL,花青素 0.1~1.0 mg/mL),且效果优于同一质量浓度维生素 C。

### 1.2 抑菌作用

由大肠杆菌、金黄色葡萄球菌、志贺菌、肠炎沙门氏菌、单核细胞增生李斯特菌、副溶血性弧菌等致病菌引起的食源性疾病正困扰全球食品安全<sup>[11]</sup>。邓皓天等<sup>[12]</sup>研究发现,花楸中的花色苷对多种食源性致病菌有抑制效果,其中对大肠杆菌的抑菌效果最为明显,最小抑菌质量浓度(MIC)和最小杀菌质量浓度(MBC)值分别为 0.625,1.250 mg/mL。徐艳阳等<sup>[13]</sup>利用花楸多酚提取物对大肠杆菌、金黄色葡萄球菌、黄曲霉、烟曲霉、米根霉、岛青霉、康宁木霉进行抑菌试验。结果表明,花楸多酚提取物对 7 种试验菌种均有抑制效果,其中对烟曲霉的抑制效果显著,其 MIC 值为 0.171 9 mg/mL。pH 变化对抑菌效果存在影响,当体系呈酸性时,花色苷通过影响细菌细胞膜的通透性和阻碍细菌的生物合成,使细菌死亡。反

**基金项目:**秦皇岛市科技计划项目(编号:202201B019);河北省果品加工技术创新中心绩效补助经费(编号:225676115H)

**作者简介:**陀龙龙,男,河北科技师范学院在读硕士研究生。

**通信作者:**侍朋宝(1979—),男,河北科技师范学院副教授,博士。

E-mail: pengbaoshi@163.com

**收稿日期:**2023-08-08 **改回日期:**2024-03-19

之,花色苷的结构发生改变,抑菌效果下降<sup>[14]</sup>。此外,花楸中的花青素对大肠杆菌中的蛋白质表达具有干预作用。Deng等<sup>[15]</sup>利用TMT标记蛋白质组学研究证实,经花青素处理的大肠杆菌中共鉴定出1739个蛋白,其中有628个蛋白发生变化(上调蛋白366个,下调蛋白262个),这是由于花青素能够促进大肠杆菌内部释放过量活性氧自由基,并且同时诱导大肠杆菌蛋白质变性或错误表达的结果。

### 1.3 保护脏器作用

肝脏是人的重要器官,对糖原和酒精的分解起到重要作用。肝脏受损则增加酒精性肝病和糖尿病患病风险<sup>[16]</sup>。Wang等<sup>[17-18]</sup>通过对小鼠酒精性肝病模型研究发现,花楸中的花青素和原花青素可提高酒精脱氢酶和乙醛脱氢酶活性,抑制COX-2、TNF- $\alpha$ 、MCP-1和IL-6的表达,促进酒精代谢,缓解肝脏负担。李栋等<sup>[19]</sup>报道,花楸酒可丰富小鼠肠道菌群,有利于修复D-半乳糖导致的急性肝损伤。此外,有研究<sup>[20-21]</sup>表明,花楸中的花青素通过抑制TGF- $\beta$ 1的生物活性和对Nrf2、p38、Akt、NOX4通路的调控,减少炎症因子表达,进而抑制肝纤维化进程。

### 1.4 降血糖血脂作用

糖尿病是现代健康的一大杀手,机体长期处于高血糖状态可加重糖尿病症状并诱发其他并发症,血糖浓度在正常范围内变化,可以降低冠心病、心肌梗死、冠状动脉和脑血管疾病等并发症概率<sup>[22-23]</sup>。花楸中的黄酮类生物活性分子通过清除体内活性氧自由基和调节葡萄糖代谢酶活性,起到降血糖血脂和修复胰腺等损伤作用<sup>[24]</sup>。此外,花楸中的花青素对链脲素诱导的1型糖尿病小鼠模型的血糖具有调控作用<sup>[23]</sup>。

### 1.5 预防老年性疾病

机体的代谢能力随着年龄的增长而减弱,随之而来的是各种老年性退行病,如年龄相关性黄斑变性、阿尔茨海默病和高血压等。Xing等<sup>[25-26]</sup>研究证实,花楸中的花青素类活性成分不仅能够预防视网膜变性和感觉器受损,还能控制衰老小鼠脑能量代谢,减轻小鼠海马神经元和大脑皮层神经元损失,从而预防视力退化和阿尔茨海默病。此外,Cebova等<sup>[27]</sup>研究发现,花楸酒中的酚类物质可促进NO的产生,对L-硝基-精氨酸甲酯诱导的高血压小鼠的血压具有调控作用。

### 1.6 其他作用

除上述保健功效外,大量的小鼠试验证实,花楸中的活性成分对治疗抑郁和促进肿瘤细胞凋亡以及多囊卵巢综合征等疾病具有一定改善作用。陈炫宏等<sup>[28-29]</sup>从花楸果实和叶子中提取出酚类物质(总酚和花青素),通过小鼠模型证实,花楸中的酚类物质具有丰富小鼠体内菌

群种类,影响脑源性神经营养因子变化和促进细胞产生干扰素和肿瘤坏死因子,对小鼠抑郁行为、囊卵巢综合征、代谢紊乱和促进黑色素瘤细胞凋亡的作用。此外,花楸果汁可刺激小鼠胃肠激素分泌,减少致病菌占比,促进盐酸罗哌胺诱导的便秘小鼠通便<sup>[30]</sup>。Ochnik<sup>[31]</sup>研究发现,将花楸和黑接骨木的提取物(花青素和酚酸)按体积比1:2复配对H1N1和HCoV-OC43病毒的自我复制抑制效果明显优于单个提取物的效果,当复配物质量浓度为250  $\mu$ g/mL时,抑制效果可达80%。

## 2 花楸果酒种类及工艺对花楸酒的影响

### 2.1 花楸果酒的种类

按加工工艺可将果酒分为发酵型、蒸馏型及配制型果酒等<sup>[32]</sup>。目前,有关花楸酒的研究主要涉及以上3类。

**2.1.1 发酵型** 发酵型花楸酒是以花楸原汁或皮渣与汁液混合物为原料,经微生物直接或间接发酵制得的饮料酒<sup>[33]</sup>。发酵型花楸酒以果酒为主,黄酒、啤酒为辅,其研发类型已由单一果酒向复合果酒过渡。在复合果酒研究方面,其原料选择广泛,如以水果(雪梨、苹果、葡萄、蓝莓、桑葚、龙眼、山楂、刺梨等)为原料与花楸复合,研制出风味型复合果酒,也有在花楸中加入药食同源(芦荟、何首乌、枸杞、洋葱、红枣等)材料,研发出保健型复合果酒<sup>[34-42]</sup>。

**2.1.2 蒸馏型** 蒸馏酒是以谷物(玉米等)、水果(葡萄等)为原料,经酵母菌发酵,蒸馏得到馏出液,再调制而成的酒精性饮料,如白兰地、威士忌、朗姆酒、伏特加、金酒、龙舌兰和中国白酒等<sup>[43]</sup>。其中白兰地是以水果为原料,经发酵、蒸馏及贮藏后酿造而成。为进一步区分葡萄或其他水果原料酿造的白兰地,常通过命名加以区分,以葡萄为原料酿造的白兰地可直接称为白兰地,反之则在白兰地前加上水果名称,如苹果白兰地、樱桃白兰地等<sup>[44]</sup>。杨婧娥等<sup>[45-46]</sup>使用花楸,经发酵、蒸馏、陈酿等工艺,得到了花楸白兰地。

**2.1.3 配制型** 配制型花楸酒是以蒸馏酒、发酵酒、食用酒精为酒基,按一定比例添加可食用原料或风味物质调配而成的一类具有复合风味、保健功能的饮料酒<sup>[47-48]</sup>。相对单品种发酵酒和蒸馏酒而言,配制酒的原料组合形式多样,风味各异。王鹏等<sup>[49]</sup>以花楸果汁、果渣、果粉为原料,经食用酒精浸提数日得到花楸露酒。隋云师<sup>[50]</sup>利用生蚝、枸杞、茯苓、花楸、高粱酒研制的生蚝养生保健酒具有益精强肾、固本安神功效。王鹏等<sup>[51-53]</sup>利用玫瑰基酒、草莓基酒、葡萄基酒按不同体积比与花楸基酒复合,丰富了花楸配制酒类型。

### 2.2 酿造工艺对花楸酒的影响

**2.2.1 花楸发酵酒** 发酵型花楸酒的品质与各阶段处理密切相关。例如在原料前处理阶段,杨婧娥等<sup>[54]</sup>通过推

迟果实采收并对花楸原汁进行浓缩处理得到含糖量较高的汁液,经发酵得到的原果汁果味协调、酸甜适口。此外,将含糖量较高的果汁与花楸进行复合发酵,在一定程度上也能缓解涩感<sup>[35,37,42,53]</sup>。果实压榨配合酶处理有利于瓦解植物细胞壁,促进汁液和果皮中的营养物质分离。花楸果皮中含有大量的花色苷,如矢车菊素-3-半乳糖苷、矢车菊素-3-阿拉伯糖苷、矢车菊素-3-木糖苷和矢车菊素-3-葡萄糖苷等<sup>[55]</sup>。徐贝贝等<sup>[56]</sup>研究发现,在果实破碎后加入蜗牛酶、纤维素酶、半纤维素酶协同发酵,可显著提高花楸酒中各类花色苷含量。王田心等<sup>[57]</sup>利用花楸熟汁进行发酵得到口感柔和、风味突出的花楸起泡酒。张瑞等<sup>[58]</sup>进一步比较了花楸果汁、皮渣汁、熟汁酿造的果酒在贮藏期间的品质。结果表明,熟汁发酵的果酒的抗氧化能力、香气品质以及感官评分均高于其他两款。

发酵工艺和陈酿工艺是影响果酒品质的关键因素之一。发酵剂选择、发酵方式、发酵温度等均对果酒的香气、风味和营养物含量有影响。魏春雨等<sup>[59]</sup>利用 F15、BO213、D254、AC、EC1118 5 种酿酒酵母酿造花楸酒并比较各酒样的理化性质。结果表明,酵母菌 F15 的表现最好,其酒样中检出的挥发性物质、花青素和总酚含量最多,抗氧化能力最好。此外,发酵顺序对果酒品质具有影响作用。刘晓明等<sup>[60]</sup>在糯米酒的基础上将花楸、桉叶唐棣混合发酵得到复合米酒,其颜色宛如宝石红,香味协调,具有良好的抗氧化能力。而混菌发酵(乳酸菌+酵母菌、假丝酵母 *Candida diversa* Z3 和酿酒酵母)可以降低花楸酒的酸涩感<sup>[61-62]</sup>。相对常温发酵而言,低温发酵可延迟果酒发酵历程,有利于酯类物质的生成,避免不利香气形成<sup>[63]</sup>。李晓飞等<sup>[64-65]</sup>研究发现,(带皮)花楸汁经低温发酵得到的花楸酒香气品质突出。浸渍方法也在一定程度上影响果酒品质。孙宝山等<sup>[66]</sup>对花楸分别进行二次发酵,并在一次发酵结束后实施 CO<sub>2</sub> 浸渍,该法不仅改善了花楸果酒香气缺陷,还进一步降低了花楸中的单宁含量,使其口感柔和。此外,宫学颖<sup>[67]</sup>发现,与 CO<sub>2</sub> 浸渍相比,负压浸渍处理酒样中的酯类和有机酸含量更高。陈酿可进一步提高果酒的品质,但陈酿时间越久反而对果酒的质量越不利。李欣宇等<sup>[68]</sup>研究表明,花楸果酒中的总酚和总花色苷含量随陈酿时间的延长而降低,抗氧化能力也随之下降。

随着消费水平的提高和消费习惯的改变,特种酒、低醇酒等新型发酵酒的开发更能迎合新一代酒精消费者的需求。李函伦等<sup>[69]</sup>在花楸和霞多丽混合发酵过程中分别添加无核白、霞多丽、赤霞珠蒸馏酒制备波特酒,并对其进行香气分析。结果表明,添加赤霞珠的酒样香气成分种类最多,无核白酒样香气成分种类最少,其中醇类和醛类物质是影响波特酒香气品质的主要因素。庄诗琳等<sup>[70]</sup>研究发现,将牛乳液与花楸原汁共发酵不仅能增强牛乳

肽酒的保健功效,还提高了牛乳肽酒的稳定性。王鹏等<sup>[71]</sup>考察了发酵温度、糖添加量、pH 3 个因素对低醇酒酒精度和发酵速度的影响,经优化得到最佳生产工艺为发酵温度 22 ℃、含糖量 19.4%、初始 pH 4.0、发酵时间 10 d。

目前,发酵型花楸果酒所用菌株多为商业菌株,果酒风格趋向同质,而来自花楸产区的本土酿酒酵母的分离、纯化及酿酒应用尚未见报道,后续可进行深入研究。

2.2.2 花楸蒸馏酒 在白兰地的生产中,发酵赋予其基本香气而蒸馏和陈酿使得白兰地香气更为复杂。蒸馏是调整白兰地香气成分的重要操作,花楸白兰地原酒富含挥发性物质,合理的蒸馏工艺和设备选型不仅可以保留花楸的营养物质,还可除去发酵过程形成的过量乙醛和挥发酸等不良风味物质<sup>[72]</sup>。此外,橡木桶陈酿具有增香提质作用。杨婧娥等<sup>[45]</sup>利用橡木桶陈酿花楸白兰地,不仅改善了花楸白兰地的涩感,同时新生成的醛、缩醛、香草醛、丁香醛等芳香物质使得花楸白兰地更为优雅、芳香。

当前蒸馏酒生产技术日渐成熟,尤其是白兰地酿造。而有关花楸白兰地的研究主要围绕其生产工艺进行简要介绍,尚未进一步探讨不同工艺处理(如闪蒸工艺、低温发酵)对花楸白兰地品质的影响。

2.2.3 花楸配制酒 在配制酒的生产中,基酒的选择与配比会影响成品酒的风格和口感。王鹏等<sup>[51]</sup>比较了花楸基酒与不同体积比的葡萄基酒混合后酒样的感官品质,得到花楸与各基酒的最佳配比为花楸与赤霞珠以 8:2 或 7:3 混合、花楸与野生葡萄以 7:3 混合、花楸与冰葡萄以 8:2 混合。此外,将草莓、玫瑰与花楸基酒分别按体积比 1:2 和 3:10 复合,不仅可弱化花楸酒的酸涩感,还可在一定程度上增强复合果酒的保健功效<sup>[52-53]</sup>。

调配(勾兑)是当前果酒生产的主要方式之一,同时也是花楸复合果酒酿造的主要方法之一。与共发酵相比,基酒调配不仅可以人为选择复合果酒的风格,还能降低生产成本。然而在花楸配制酒的研究中,有关不同工艺花楸基酒(如脱涩处理、降酸处理、低温浸渍处理等)与其他基酒复合并分析其复合果酒品质的相关研究尚未见报道。

### 3 展望

黑果腺肋花楸作为一种药食同源类新食品原料,含有丰富的花青素、原花青素、花色苷、黄酮、多糖等活性物质,具有多种保健功效,是果酒酿造的优质原料。目前,花楸在中国北方地区,尤其是辽宁和河北等地均已规模化栽培,但其果实质量不一,有效成分差异显著,而针对花楸果酒生产工艺的研究(浸渍工艺、发酵工艺、陈酿工艺、蒸馏工艺等)或是果酒新产品研发仍存在不足。未来

可从园艺方面以提高花楸中的有效成分含量和降低花楸中的酸涩物质含量为目标开展研究;在提升花楸果酒品质方面,进一步探究花楸颜色稳定性及本土酵母应用对花楸果酒品质的影响,以便更为全面了解花楸特性,从而推动黑果腺肋花楸果酒产业的发展。

### 参考文献

- [1] JING B, XIAO H W, YIN H X, et al. Feed supplemented with *Aronia melanocarpa* (AM) relieves the oxidative stress caused by ovulation in peak laying hens and increases the content of yolk precursors[J]. *Animals*, 2022, 12(24): 1-16.
- [2] 韩东, 李建颖, 孙怡, 等. 富含花色苷的黑果腺肋花楸无糖饮料制备工艺优化[J]. *食品研究与开发*, 2022, 43(9): 73-79.  
HAN D, LI J Y, SUN Y, et al. Optimization of preparation process of sugar-free beverage of *Aronia melanocarpa* enriched with anthocyanins[J]. *Food Research and Development*, 2022, 43(9): 73-79.
- [3] SIDOR A, GRAMZA-MICHAŁOWSKA A, TSUDAT, et al. Black chokeberry *Aronia Melanocarpa* L.—A qualitative composition, phenolic profile and antioxidant potential[J]. *Molecules*, 2019, 24(20): 1-57.
- [4] 孙怡, 李建颖, 蒋冬阳, 等. 不同产地黑果腺肋花楸品质分析[J]. *食品与生物技术学报*, 2022, 41(4): 45-54.  
SUN Y, LI J Y, JIANG D Y, et al. Quality analysis of *Aronia melanocarpa* from different origins[J]. *Journal of Food Science and Biotechnology*, 2022, 41(4): 45-54.
- [5] 殷夏伟, 王储炎, 杨柳青, 等. 黑果腺肋花楸果的活性成分、生理功能及应用[J]. *食品与机械*, 2021, 37(3): 213-220.  
YIN X W, WANG C Y, YANG L Q, et al. Active components, physiological functions and application progress of *Aronia melanocarpa* fruit[J]. *Food & Machinery*, 2021, 37(3): 213-220.
- [6] SIDOR A, DROZDZYNSKA A, GRAMZA-MICHAŁOWSKA A. Black chokeberry (*Aronia melanocarpa*) and its products as potential health-promoting factors: An overview[J]. *Trends in Food Science & Technology*, 2019, 89: 45-60.
- [7] 杨善岚, 吴磊, 涂嘉欣, 等. 自由基致衰老的研究进展[J]. *中华疾病控制杂志*, 2022, 26(5): 589-594.  
YANG S L, WU L, TU J X, et al. Research progress of free radical induced aging [J]. *Chinese Journal of Disease Control and Prevention*, 2022, 26(5): 589-594.
- [8] ZHAO Y C, LIU X L, ZHENG Y N, et al. *Aronia melanocarpa* polysaccharide ameliorates inflammation and aging in mice by modulating the AMPK/SIRT1/NF- $\kappa$ B signaling pathway and gut microbiota[J]. *Scientific Reports*, 2021, 11(1): 1-15.
- [9] 张振源, 胡晓颖, 李国平, 等. 酶法超声联合提取黑果腺肋花楸多酚及抗氧化活性研究[J]. *食品科技*, 2021, 46(9): 209-215.  
ZHANG Z Y, HU X Y, LI G P, et al. Enzymatic ultrasonic extraction and antioxidant activity of total polyphenols from *Aronia melanocarpa*[J]. *Food Science and Technology*, 2021, 46(9): 209-215.
- [10] 孙燕, 李成忠, 张焕新, 等. 黑果腺肋花楸中花青素的提取及其抗氧化活性研究[J]. *食品安全质量检测学报*, 2022, 13(1): 223-230.  
SUN Y, LI C Z, ZHANG H X, et al. Optimization of extraction process and antioxidant activity of anthocyanins from *Aronia melanocarpa*[J]. *Journal of Food Safety & Quality*, 2022, 13(1): 223-230.
- [11] SHEN C, CHEN W Q, LI C Z, et al. Topical advances of edible coating based on the nanoemulsions encapsulated with plant essential oils for foodborne pathogen control[J]. *Food Control*, 2023, 145: 1-13.
- [12] 邓皓天, 朱金艳, 孔彦文, 等. 响应面法优化黑果腺肋花楸花色苷抑菌活性工艺的研究[J]. *食品科技*, 2021, 46(6): 200-206.  
DENG H T, ZHU J Y, KONG Y W, et al. Optimization of antibacterial activity of anthocyanins from *Aronia melanocarpa* by response surface methodology[J]. *Food Science and Technology*, 2021, 46(6): 200-206.
- [13] 徐艳阳, 仇洋, 王君旸, 等. 黑果腺肋花楸多酚的抑菌效果及对 $\alpha$ -淀粉酶活性的抑制作用[J]. *食品科学*, 2018, 39(19): 51-57.  
XU Y Y, QIU Y, WANG J Y, et al.  $\alpha$ -amylase inhibitory activity and antibacterial activity of polyphenols from *Aronia melanocarpa* berries[J]. *Food Science*, 2018, 39(19): 51-57.
- [14] 李煦, 白雪晴, 刘长霞, 等. 天然花青素的抗氧化机制及功能活性研究进展[J]. *食品安全质量检测学报*, 2021, 12(20): 8 163-8 171.  
LI X, BAI X Q, LIU C X, et al. Research progress on antioxidant mechanism and functional activity of natural anthocyanin [J]. *Journal of Food Safety & Quality*, 2021, 12(20): 8 163-8 171.
- [15] DENG H T, XUE B, WANG M Y, et al. TMT-based quantitative proteomics analyses reveal the antibacterial mechanisms of anthocyanins from *Aronia melanocarpa* against *Escherichia coli* O157:H7[J]. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 2022, 70(26): 8 032-8 042.
- [16] 张紫薇, 张金山, 刘艳, 等. 酒精性肝病致糖尿病相关作用机制的研究进展[J]. *中国老年学杂志*, 2023, 43(2): 491-495.  
ZHANG Z W, ZHANG J S, LIU Y, et al. Research progress on the mechanism of diabetes induced by alcoholic liver disease [J]. *Chinese Journal of Gerontology*, 2023, 43(2): 491-495.
- [17] WANG Z Q, LIU Y G, ZHAO X Y, et al. *Aronia melanocarpa* prevents alcohol-induced chronic liver injury via regulation of Nrf2 signaling in C57BL/6 mice [J]. *Oxidative Medicine and Cellular Longevity*, 2020, 2 020: 1-13.
- [18] PYUN C W, SEO T S, KIM D J, et al. Protective effects of *ligularia fischeri* and *Aronia melanocarpa* extracts on alcoholic liver disease (in vitro and in vivo study) [J]. *Biomed Research International*, 2020, 2 020: 1-11.
- [19] 李栋, 侯建革, 李艳, 等. 黑果腺肋花楸酒对肝损伤小鼠肠道菌群的影响[J]. *食品研究与开发*, 2021, 42(15): 27-33.  
LI D, HOU J G, LI Y, et al. Effects of black chokeberry wine on

- the intestinal flora of mice with liver injury[J]. Food Research and Development, 2021, 42(15): 27-33.
- [20] HAO R B, GAO J, LIU H W, et al. Preventive effect and mechanism of anthocyanins from *Aronia melanocarpa* elliot on hepatic fibrosis through TGF- $\beta$ /s mad signaling pathway[J]. Cell Biochemistry and Biophysics, 2022, 80(4): 737-745.
- [21] MA C, LYU M Y, DENG C L, et al. Cyanidin-3-galactoside ameliorates silica-induced pulmonary fibrosis by inhibiting fibroblast differentiation via Nrf2/p38/Akt/NOX4[J]. Journal of Functional Foods, 2022, 92: 1-13.
- [22] 秦启杰, 张震文, 彭晓明. 原花青素对心血管疾病防治作用的研究进展[J]. 现代医药卫生, 2021, 37(1): 72-75.
- QIN Q J, ZHANG Z W, PENG X M. Research progress on the preventive and therapeutic effects of proanthocyanidins on cardiovascular diseases[J]. Journal of Modern Medicine & Health, 2021, 37(1): 72-75.
- [23] JEON Y D, KANG S H, MOON K H, et al. The effect of *Aronia* berry on type 1 diabetes in vivo and in vitro[J]. Journal of Medicinal Food, 2018, 21(3): 244-253.
- [24] 王丽红, 王天宇, 杨丽, 等. 黑果腺肋花楸果实的降血糖活性及其对脂代谢的影响[J]. 食品工业科技, 2023, 44(2): 386-392.
- WANG L H, WANG T Y, YANG L, et al. Investigation on the hypoglycemic effect of a *Ronia melanocarpa* fruit and its effect on lipid metabolism[J]. Science and Technology of Food Industry, 2023, 44(2): 386-392.
- [25] XING Y, LIANG S, ZHAO Y Y, et al. Protection of *Aronia melanocarpa* fruit extract from sodium-iodate-induced damages in rat retina[J]. Nutrients, 2021, 13(12): 1-11.
- [26] FAN Z Y, WEN H C, ZHANG X X, et al. Cyanidin 3-O- $\beta$ -galactoside alleviated cognitive impairment in mice by regulating brain energy metabolism during aging[J]. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 2022, 70(4): 1 111-1 121.
- [27] CEBOVA M, KLIMENTOVA J, JANEGA P, et al. Effect of bioactive compound of *Aronia melanocarpa* on cardiovascular system in experimental hypertension[J]. Oxidative Medicine and Cellular Longevity, 2017, 2 017: 1-8.
- [28] 陈炫宏, 盛桂华, 南希骏, 等. 基于肠道菌群的黑果腺肋花楸多酚降压作用初探[J]. 中国食品学报, 2021, 21(12): 88-97.
- CHEN X H, SHENG G H, NAN X J, et al. Preliminary studies on the antihypertensive effect of polyphenols from *Aronia melanocarpa* based on intestinal flora[J]. Journal of Chinese Institute of Food Science and Technology, 2021, 21(12): 88-97.
- [29] 嵇茂, 盛桂华, 陈炫宏, 等. 黑果腺肋花楸多酚对抑郁症小鼠肠道菌群及大脑 BDNF 水平作用机理的探讨[J]. 现代食品科技, 2022, 38(6): 46-54, 353.
- JI W, SHENG G H, CHEN X H, et al. Effects of *Aronia melanocarpa* polyphenols on the intestinal flora and brain-derived neurotrophic factor level in depressed mice[J]. Modern Food Science and Technology, 2022, 38(6): 46-54, 353.
- [30] 唐晓姝, 陈雪梅, 胡博, 等. 黑果腺肋花楸汁对便秘小鼠肠道功能的改善作用[J]. 中国食品学报, 2022, 22(12): 125-133.
- TANG X S, CHEN X M, HU B, et al. Ameliorating effect of *Aronia melanocarpa* juice on intestinal function in constipated mice[J]. Journal of Chinese Institute of Food Science and Technology, 2022, 22(12): 125-133.
- [31] OCHNIK M, FRANZ D A, SOBCZYNSKI M, et al. Inhibition of human respiratory influenza a virus and human betacoronavirus-1 by the blend of double-standardized extracts of *Aronia melanocarpa* (Michx.) elliot and *Sambucus nigra* L. [J]. Pharmaceuticals, 2022, 15(5): 1-16.
- [32] 中华人民共和国工业和信息化部. 果酒通用技术要求: QB/T 5476—2020[S]. 北京: 中国标准出版社, 2020: 1-6.
- Ministry of Industry and Information Technology of the PRC. General technical requirements for fruit wines: QB/T 5476—2020 [S]. Beijing: Standards Press of China, 2020: 1-6.
- [33] FENG Y X, YANG T, ZHANG Y N, et al. Potential applications of pulsed electric field in the fermented wine industry[J]. Frontiers in Nutrition, 2022, 9: 1-15.
- [34] 许瑞. 一种黑果腺肋花楸果酒及其制备方法: CN201610209760.2[P]. 2016-06-15.
- XU R. An *Aronia melanocarpa* and its preparation method: CN201610209760.2[P]. 2016-06-15.
- [35] 李艳, 毛建利, 牟德华. 雪梨黑果腺肋花楸红酒及其制备方法: CN201810083600.7[P]. 2018-06-15.
- LI Y, MAO J L, MOU D H, et al. Snowberry *Aronia* red wine and methods of making same: CN201810083600.7[P]. 2018-06-15.
- [36] 吴子明, 吴亚峰. 一种黑果腺肋花楸、洋葱养生酒及其制备方法: CN202111085009.3[P]. 2021-12-10.
- WU Z M, WU Y F. *Aronia melanocarpa*, onion nourishing wine and method for preparing same: CN202111085009.3 [P]. 2021-12-10.
- [37] 戴小红. 一种黑果腺肋花楸葡萄酒及其制备方法: CN201811589105.X[P]. 2019-02-12.
- DAI X H. An *Aronia melanocarpa* wine and method for preparing same: CN201811589105.X[P]. 2019-02-12.
- [38] 何生湖, 王生文, 陈顺来, 等. 一种黑果腺肋花楸果酒及其制备方法: CN201910292276.4[P]. 2019-06-14.
- HE S H, WANG S W, CHEN S L, et al. *Aronia melanocarpa* and method for preparing same: CN201910292276.4[P]. 2019-06-14.
- [39] 董艳辉, 王育川, 吴慎杰, 等. 一种藜麦保健特型干黄酒及其制备方法: CN202010108765.2[P]. 2020-05-26.
- DONG Y H, WANG Y C, WU S J, et al. A chenopodium quinoa special dry sweet and method of making same: CN202010108765.2 [P]. 2020-05-26.
- [40] 潘升龙. 一种防衰老的黑果腺肋花楸葡萄酒及其制备方法: CN202010140415.4[P]. 2020-06-12.
- PAN S L. An anti-aging *Aronia melanocarpa* wine and its preparation method: CN202010140415.4[P]. 2020-06-12.
- [41] 吴洪彦. 一种黑果腺肋花楸功能型啤酒及其制备方法: CN201910772961.7[P]. 2019-11-12.

- WU H Y. A functional beer of *Aronia melanocarpa* and its preparation method: CN201910772961.7[P]. 2019-11-12.
- [42] 孙广胜, 姜传辉, 王永明. 一种蓝靛果、黑果腺肋花楸混酿型果酒及制备方法: CN201710753016.3[P]. 2017-11-24.
- SUN G S, JIANG C H, WANG Y M, et al. A mixed fruit wine and preparation method of *Lonicera caerulea* and *Aronia melanocarpa*: CN201710753016.3[P]. 2017-11-24.
- [43] 贾树彪, 李盛贤, 吴国峰. 新编酒精工艺学[M]. 2版. 北京: 化学工业出版社, 2009: 189.
- JIA S B, LI S X, WU G F. New alcohol technology[M]. 2nd ed. Beijing: Chemical Industry Press, 2009: 189.
- [44] 彭波, 王顺利, 唐凤仙, 等. 新疆产区白玉霓白兰地基酒一次蒸馏过程中挥发性化合物变化[J]. 中国酿造, 2023, 42(3): 157-161.
- PENG B, WANG S L, TANG F X, et al. Variations in volatile components of Ugni Blanc brandy base liquor from Xinjiang during the first distillation process[J]. China Brewing, 2023, 42(3): 157-161.
- [45] 杨婧娥, 王佐民, 赵云财. 黑果腺肋花楸白兰地[J]. 酿酒, 2019, 46(6): 106-108.
- YANG J S, WANG Z M, ZHAO Y C. *Aronia melanocarpa* brandy [J]. Liquor Making, 2019, 46(6): 106-108.
- [46] 陈亮. 一种黑果腺肋花楸蒸馏酒的制作方法: CN202111277623.X[P]. 2021-12-28.
- CHEN L. A method for making distilled liquor of *Aronia melanocarpa*: CN202111277623.X[P]. 2021-12-28.
- [47] 中华人民共和国卫生部. 发酵酒及其配制酒: GB 2758—2012[S]. 北京: 中国标准出版社, 2012: 1-2.
- Ministry of Health of the PRC. fermented spirits and their compound spirits: GB 2758—2012[S]. Beijing: Standards Press of China, 2012: 1-2.
- [48] 孔祥锦, 陈春霞, 梁玉浩, 等. 超高压、微波和超声波处理对黄芪配制酒品质的影响分析[J]. 食品与发酵工业, 2023, 49(16): 96-102.
- KONG X J, CHEN C X, LIANG Y H, et al. Impact of high hydrostatic pressure, microwave, and ultrasonic treatment on the qualities of astragalus liquor[J]. Food and Fermentation Industries, 2023, 49(16): 96-102.
- [49] 王鹏, 韩文忠, 马兴华, 等. 黑果腺肋花楸露酒及制备方法: CN201310431742.5[P]. 2014-01-29.
- WANG P, HAN W Z, MA X H, et al. *Aronia melanocarpa* wine and preparation method: CN201310431742.5[P]. 2014-01-29.
- [50] 隋云师. 一种生蚝养生保健酒: CN201811444739.6[P]. 2019-01-11.
- SUI Y S. A kind of oyster health care wine: CN201811444739.6[P]. 2019-01-11.
- [51] 王鹏, 马艳丽. 黑果腺肋花楸与葡萄复合型果酒配制研究[J]. 林业科技通讯, 2019(12): 72-74.
- WANG P, MA Y L. Study on the compound fruit wine of *Aronia melanocarpa* and grape[J]. Forest Science and Technology, 2019(12): 72-74.
- [52] 兰伟, 张源, 韩丽洁, 等. 黑果腺肋花楸草莓复合果酒的勾兑工艺: CN201610725530.1[P]. 2017-01-25.
- LAN W, ZHANG Y, HAN L J, et al. Blending technology of black chokeberry and strawberry compound fruit wine: CN201610725530.1[P]. 2017-01-25.
- [53] 姚中哲, 姚思佳. 黑果腺肋花楸养生酒及其制备方法: CN202010044505.3[P]. 2020-05-15.
- YAO Z Z, YAO S J. *Aronia melanocarpa* health wine and its preparation method: CN202010044505.3[P]. 2020-05-15.
- [54] 杨婧娥, 王佐民, 赵云财. 黑果腺肋花楸果冰酒[J]. 酿酒, 2019, 46(5): 110-111.
- YANG J S, WANG Z M, ZHAO Y C. *Aronia melanocarpa* ice wine[J]. Liquor Making, 2019, 46(5): 110-111.
- [55] 国石磊. 黑果腺肋花楸花色苷分离纯化、结构鉴定及其抗氧化活性研究[D]. 秦皇岛: 河北科技师范学院, 2015: 68-69.
- GUO S L. Purification, structure identification of anthocyanins and its antioxidant activity from *Aronia melanocarpa* [D]. Qinhuangdao: Hebei Normal University of Science & Technology, 2015: 68-69.
- [56] 徐贝贝, 张赛, 冯香玉, 等. 酶对黑果腺肋花楸酿酒过程花色苷浸出率的影响[J]. 吉林农业, 2017(10): 59-61.
- XU B B, ZHANG S, FENG X Y, et al. Effect of enzyme on anthocyanin leaching rate in *Aronia melanocarpa* wine making process[J]. Agriculture of Jilin, 2017(10): 59-61.
- [57] 王田心, 王洋, 王浩, 等. 一种熟汁发酵黑果腺肋花楸起泡酒及其酿造方法: CN202310168041.0[P]. 2023-06-23.
- WANG T X, WANG Y, WANG H, et al. A fermented black chokeberry sparkling wine and its brewing method: CN202310168041.0[P]. 2023-06-23.
- [58] 张瑞, 景缘, 刘静, 等. 发酵工艺对黑果腺肋花楸果酒贮藏期品质和抗氧化活性的影响[J]. 中国酿造, 2023, 42(8): 191-196.
- ZHANG R, JING Y, LIU J, et al. Effects of fermentation technology on the quality and antioxidant activities of *Aronia melanocarpa* wine[J]. China Brewing, 2023, 42(8): 191-196.
- [59] 魏春雨, 朱道洋, 上官修蕾, 等. 不同酿酒酵母对黑果腺肋花楸酒成分的影响[J]. 食品与发酵工业, 2021, 47(12): 182-188.
- WEI C Y, ZHU D Y, SHANGGUAN X L, et al. Effect of different *Saccharomyces cerevisiae* strains on the composition of *Aronia melanocarpa* wine[J]. Food and Fermentation Industries, 2021, 47(12): 182-188.
- [60] 刘晓明, 刘盛, 姜贵全, 等. 黑果腺肋花楸—桉叶唐棣复合米酒的研制[J]. 食品科技, 2022, 47(10): 141-147.
- LIU X M, LIU S, JIANG G Q, et al. Development of *Aronia melanocarpa*-*amelanchier alnifolia* compound rice wine[J]. Food Science and Technology, 2022, 47(10): 141-147.
- [61] 王作弟. 一种有效改善黑果腺肋花楸发酵果酒苦涩味的生产工艺: CN201710355771.6[P]. 2017-07-11.
- WANG Z D. An effective production process to improve the bitterness and astringency of *Aronia melanocarpa* fermented wine: CN201710355771.6[P]. 2017-07-11.

- [62] 张荣珍, 唐柯, 徐岩, 等. 一种黑果腺肋花楸果酒及其酿造方法: CN202011576409.X[P]. 2021-03-09.  
ZHANG R Z, TNAG K, XU Y, et al. A black chokeberry fruit wine and its brewing method: CN202011576409.X[P]. 2021-03-09.
- [63] 苏伟, 邓山鸿, 陈钢. 脐橙果酒低温发酵工艺优化及挥发性风味物质分析[J]. 中国酿造, 2021, 40(1): 133-137.  
SU W, DENG S H, CHEN G. Optimization of low temperature fermentation process and analysis of flavor compounds in navel orange wine[J]. China Brewing, 2021, 40(1): 133-137.
- [64] 李晓飞, 薛晓东. 一种黑果腺肋花楸果酒及其发酵工艺: CN202110929534.2[P]. 2021-11-02.  
LI X F, XUE X D. A black chokeberry fruit wine and its fermentation process: CN202110929534.2[P]. 2021-11-02.
- [65] 李军, 国石磊. 黑果腺肋花楸干型发酵酒的制备方法及其产品: CN201410025237.5[P]. 2014-04-23.  
LI J, GUO S L. Preparation method and product of Aronia melanocarpa dry fermented wine: CN201410025237.5 [P]. 2014-04-23.
- [66] 孙宝山, 李灵犀, 张舒婷, 等. 一种黑果腺肋花楸果酒及其酿造方法: CN202210506482.2[P]. 2022-09-09.  
SUN B S, LI L X, ZHANG S T, et al. A black chokeberry fruit wine and its brewing method: CN202210506482.2[P]. 2022-09-09.
- [67] 宫学颖. 两种浸渍方法酿造黑果腺肋花楸果酒的品质比较[D]. 长春: 吉林农业大学, 2020: 51-52.  
GONG X Y. Comparison of quality between two maceration methods for producing fruit wine of Aronia melanocarpa [D]. Changchun: Jilin Agricultural University, 2020: 51-52.
- [68] 李欣宇, 孙雨露, 徐岩, 等. 不同陈酿容器及陈酿时间对黑果腺肋花楸(Aronia melanocarpa (Michx.) Elliott) 酒单酚及抗氧化性的影响[J]. 食品与发酵工业, 2020, 46(23): 14-20.  
LI X Y, SUN Y L, XU Y, et al. Effects of different aging containers and aging time on mono-phenol and antioxidant capability of Aronia melanocarpa (Michx.) elliott wine[J]. Food and Fermentation Industries, 2020, 46(23): 14-20.
- [69] 李函伦, 李泽涵, 艾赛提·阿合旦, 等. 黑果腺肋花楸与赤霞珠波特酒中挥发性香气成分分析[J]. 中国酿造, 2022, 41(10): 76-82.  
LI H L, LI Z H, ASAT Ahtam, et al. Analysis of volatile components in Aronia melanocarpa and Cabernet sauvignon port wine[J]. China Brewing, 2022, 41(10): 76-82.
- [70] 庄诗琳, 赵晴, 杨肖雅, 等. 一种黑果腺肋花楸牛乳肽酒及其制备方法: CN202111083797.2[P]. 2021-11-12.  
ZHUANG S L, ZHAO Q, YANG X Y, et al. A black chokeberry milk peptide wine and its preparation method: CN202111083797.2 [P]. 2021-11-12.
- [71] 王鹏, 马兴华, 韩文忠, 等. 黑果腺肋花楸果酒发酵条件优化研究[J]. 辽宁林业科技, 2014(2): 24-25, 48, 50.  
WANG P, MA X H, HAN W Z, et al. Study on optimization of fermentation conditions of Aronia melanocarpa wine[J]. Liaoning Forestry Science and Technology, 2014(2): 24-25, 48, 50.
- [72] 谢亚琼, 张军翔. 白兰地蒸馏技术研究进展[J]. 中国酿造, 2022, 41(7): 1-5.  
XIE Y Q, ZHANG J X. Research progress in distillation technology of brandy[J]. China Brewing, 2022, 41(7): 1-5.
- (上接第 168 页)
- [12] MARÁZ A, KOVÁCS Z, BENJAMINS E, et al. Recent developments in microbial production of high-purity galacto-oligosaccharides [J]. World Journal of Microbiology and Biotechnology, 2022, 38(6): 95.
- [13] 李艳, 凌山, 刘聚明, 等. 顺序式模拟移动床分离低聚木糖多目标优化及其变量调控机制[J]. 现代化工, 2023, 43(1): 240-245.  
LI Y, LING S, LIU J M, et al. Multi-objective optimization of sequentially-simulated moving bed for separation of xylo-oligosaccharides and its variables regulation mechanism [J]. Modern Chemical Industry, 2023, 43(1): 240-245.
- [14] 李洪飞, 孙大庆, 李良玉, 等. 基于顺序式模拟移动床色谱法的两种木糖母液分离工艺比较[J]. 食品与机械, 2019, 35(10): 210-213.  
LI H F, SUN D Q, LI L Y, et al. Comparing of two separation processes for recovering xylose mother liquor with sequential simulated moving bed technology[J]. Food & Machinery, 2019, 35(10): 210-213.
- [15] 中国国家标准化管理委员会. 低聚异麦芽糖: GB/T 20881—2017[S]. 北京: 中国标准出版社, 2017.  
Standardization Administration of the People's Republic of China. Isomaltooligosaccharides: GB/T 20881—2017 [S]. Beijing: Standards Press of China, 2017.
- [16] 田亚平. 生化分离技术[M]. 北京: 化学工业出版社, 2006: 99-101.  
TIAN Y P. Biochemical separation technology [M]. Beijing: Chemical Industry Press, 2006: 99-101.
- [17] CHAI J H, PARK H, PARK C H, et al. Highly efficient recovery of xylobiose from xylooligosaccharides using a simulated moving bed method [J]. Journal of Chromatography A, 2016, 1 465: 143-154.
- [18] HOU Y Y, LIU L J, ZHANG X X, et al. Adsorption differences and mechanism of chitoooligosaccharides with specific degree of polymerization on macroporous resins with different functional groups[J]. Journal of Industrial and Engineering Chemistry, 2022, 115: 416-429.
- [19] 杨伟东. 阳离子交换树脂分离纯化葡甘露低聚糖工艺研究[J]. 食品与发酵科技, 2019, 55(4): 14-17.  
YANG W D. The study of separation and purification of manna-oligosaccharides with cationic exchange resin [J]. Food and Fermentation Science & Technology, 2019, 55(4): 14-17.