

黑果腺肋花楸果的活性成分、生理功能及应用

Active components, physiological functions and application progress of *Aronia melanocarpa* fruit

殷夏伟¹王储炎^{1,2}杨柳青^{1,2}曹江伟¹YIN Xia-wei¹ WANG Chu-yan^{1,2} YANG Liu-qing^{1,2} CAO Jiang-wei¹

(1. 合肥学院生物食品与环境学院, 安徽 合肥 230601;

2. 合肥学院农产品精深加工产学研平台, 安徽 合肥 230601)

(1. College of Biology, Food & Environment, Hefei University, Hefei, Anhui 230601, China;

2. Research Center for Agricultural Products Deep Processing, Hefei University, Hefei, Anhui 230601, China)

摘要:文章介绍了黑果腺肋花楸果的活性成分,重点讲述了黑果腺肋花楸果的生理功能,阐述了黑果腺肋花楸果的开发现状,并对其应用前景提出了几点建议,希望能为黑果腺肋花楸资源综合利用提供借鉴。

关键词:黑果腺肋花楸果;活性成分;生理功能;开发现状

Abstract: In this paper, the active components of the *Aronia Melanocarpa* fruits were introduced, and the physiological functions of *Aronia Melanocarpa* fruits were emphasized. The development status of the *Aronia Melanocarpa* fruits of was expounded. Finally, some suggestions on its application prospect were put forward, hoping to provide reference for the comprehensive utilization of the resources of *Aronia Melanocarpa*.

Keywords: *Aronia melanocarpa* fruit; active components; physiological functions; development research

黑果腺肋花楸(*Aronia melanocarpa*)别名黑涩石楠,俗称不老莓,属蔷薇科腺肋花楸属落叶灌木,原产于北美,后经品种选育和引种栽培,慢慢扩展至欧洲,在世界范围已有 100 余年种植历史,目前已形成了具有一定规模的栽培面积和相关配套加工产业^[1-2]。中国自 20 世纪 90 年代引种,目前在辽宁、吉林、黑龙江、山东、江苏、安徽等省份均有种植^[3-4]。黑果腺肋花楸全球品种资源有 30 余个,主要分为北美选育出的二倍体和欧洲培育出的多

倍体^[2],同时黑果腺肋花楸植物具有很强的抗病虫害能力,其花束密集艳丽,花期较长,秋季叶红艳,因此还被广泛应用在欧美和东亚地区的园林方面^[5]。

黑果腺肋花楸果颜色为紫黑色,含有膳食纤维、蛋白质、糖类和多酚等营养物质,其中多酚是其主要活性成分,包括原花青素、黄酮和酚酸等^[6-7],目前主要应用在食品和医药领域^[8]。针对黑果腺肋花楸资源的开发,目前主要是果实方面,文章后续出现的黑果腺肋花楸均是指果实。最近研究发现,黑果腺肋花楸及其提取物不仅对血脂异常、高血压、肥胖、糖代谢紊乱和血栓等常见疾病具有明显的改善作用^[9-12],而且还能够抑制乳腺癌、胰腺癌和肠癌肿瘤细胞的增殖^[13-16]。文章拟综述黑果腺肋花楸果的活性成分、生理功能和开发现状等内容,并对其应用前景进行展望,以期为黑果腺肋花楸资源的开发提供理论依据。

1 活性成分

1.1 原花青素

原花青素是黑果腺肋花楸果实最主要的酚类活性物质,主要是由(一)-表儿茶素和微量(十)-儿茶素组成,这也是果实产生苦涩味的主要原因^[17]。原花青素存在形式有单体(0.78%)、二聚体(1.88%)、三聚体(1.55%)、4~6 聚体(6.07%)、7~10 聚体(7.96%)和大于 10 个的多聚体(81.72%)^[18]。朱月等^[19-20]采用响应面法优化原花青素的提取工艺,得到黑果腺肋花楸原花青素含量为 3.32%,进而利用大孔树脂进行纯化,测得纯化物中原花青素 B₂ 和表儿茶素含量分别为 22.45, 14.26 mg/g。张文君等^[21]采用超高效液相色谱技术测得黑果腺肋花楸原花青素 B₁、原花青素 B₂ 和原花青素 B₃ 含量为 129.78, 3 834.99, 196.02 μg/g。

基金项目:安徽省高校优秀青年人才项目(编号: gxyqZD2019084);安徽省重点研究及开发计划项目(编号:1804a07020120);安徽省重大科技攻关项目(编号:18030701145)

作者简介:殷夏伟,男,合肥学院在读硕士研究生。

通信作者:王储炎(1982—),男,合肥学院副教授,博士。

E-mail: honghuyan@sina.com

收稿日期:2020-02-03

1.2 花青素

Meng 等^[22]对黑果腺肋花楸花青素成分进行检测,发现主要有矢车菊素-3,5-二己糖苷,矢车菊素-己糖苷二聚体,矢车菊素-3-O-(半乳糖苷,葡萄糖苷,阿拉伯糖苷,木糖苷)和飞燕草素-3-O-芸香糖苷二聚体。张卉等^[23]采用响应面法确定花青素的最佳提取工艺,在温度 50 ℃、时间 1.2 h、甲醇体积分数 60% 和料液比($m_{\text{样品}} : V_{\text{甲醇}}$) 1:5 (g/mL) 情况下,花青素提取率高达 0.31%,花青素纯度为 22%。高凝轩等^[24]研究表明,黑果腺肋花楸多酚主要物质为高聚原花青素,其在热—酸—醇处理下可直接转化为矢车菊素,转化处理后,其对细胞的抗氧化活性提高了 4.77 倍。

1.3 黄酮

黄酮化合物是黑果腺肋花楸重要活性成分之一。李国民等^[25]采用气相色谱质谱联用仪(GC-MS)技术检测,发现黑果腺肋花楸总黄酮类化合物平均质量分数为 0.233%。刘佳等^[26]通过正交试验,进一步提升了黑果腺肋花楸黄酮类化合物的提取率。此外,相关学者研究表明,黑果腺肋花楸黄酮类化合物包括槲皮素、芦丁、金丝桃苷等。张文君等^[21]采用超高效液相色谱技术检测,发现芦丁和槲皮素含量分别为 134.40, 79.10 $\mu\text{g/g}$ 。宋健刚等^[27]采用离子液体超声辅助技术提取金丝桃苷,发现其含量为 27.37 $\mu\text{g/g}$ 。

1.4 酚酸

酚酸类化合物是指同一苯环上有若干个酚性羟基的一类化合物,如咖啡酸、绿原酸、新绿原酸、五倍子酸、没食子酸、原儿茶酸、阿魏酸、芥子酸等。黑果腺肋花楸果中酚酸主要成分是绿原酸和新绿原酸^[28], Ochmian 等^[29]测得 100 g 黑果腺肋花楸绿原酸质量为 72~84 mg,新绿原酸质量为 62.2~72.1 mg。位路路^[30]利用高效液相色谱仪(HPLC)检测黑果腺肋花楸提取物中的酚酸,主要包括 0.045 mg/g 没食子酸、0.102 mg/g 原儿茶酸、0.055 mg/g 对羟基苯甲酸、0.686 mg/g 咖啡酸、10.206 mg/g 苯甲酸、0.295 mg/g 对香豆酸、0.267 mg/g 阿魏酸和 0.253 mg/g 肉桂酸。

1.5 多糖

宿华林等^[31]通过响应面法优化黑果腺肋花楸多糖的提取工艺,在料液比($m_{\text{样品}} : V_{\text{提取剂}}$) 1:10 (g/mL)、微波功率 500 W 和提取时间 25 min 的情况下,多糖提取率高达 4.46%。魏登等^[32]采用微波辅助法提取黑果腺肋花楸多糖,提取率达到 4.44%。齐会娟等^[33]采用紫外可见分光光度法和高效液相色谱法测定野生蓝莓、荚蒾、光叶山楂、山荆子和黑果腺肋花楸的多糖含量,结果如表 1 所示,黑果腺肋花楸多糖含量高于野生蓝莓、荚蒾和光叶山楂。姚利阳等^[34]采用紫外可见分光光度法测定多糖,发现黑果腺肋花楸多糖含量高于北方小浆果蓝莓果。

表 1 部分小浆果中多糖含量对比^[33]

Table 1 Comparison of polysaccharide content in some berries

品种	多糖含量	品种	多糖含量
野生蓝莓	79.86	山荆子	163.62
荚蒾	63.68	黑果腺肋花楸	140.82
光叶山楂	122.27		

2 生理功能

2.1 抗氧化

黑果腺肋花楸提取物具有很强的抗氧化活性。高凝轩等^[35]利用黑果腺肋花楸提取物中的多酚来开展体外抗氧化试验,结果表明,黑果腺肋花楸多酚具有清除 DPPH 自由基、ABTS 自由基以及超氧阴离子自由基的能力,并且随着浓度的增加,黑果腺肋花楸多酚的抗氧化活性增加,其抗氧化能力甚至优于维生素 C。Marie 等^[17]试验表明,从黑果腺肋花楸中提取的矢车菊素-3-半乳糖苷、矢车菊素-3-葡萄糖苷和矢车菊素-3-阿拉伯糖苷对 DPPH 自由基具有很强的清除能力。此外,黄佳双等^[36]研究发现,黑果腺肋花楸去籽果实的提取物比有籽果实具有更强的体外抗氧化能力,可能与多酚含量的高低有一定的关系。

Dumitrita 等^[37]通过动物试验研究表明,黑果腺肋花楸多酚能够有效地清除电离辐射产生的超氧阴离子。李美兰等^[38]连续 8 周投喂小鼠 3% 的黑果腺肋花楸果汁后发现,小鼠肝肾中超氧化物歧化酶(SOD)活力增加,丙二醛(MDA)含量明显下降,谷胱甘肽(GSH)含量增加,说明黑果腺肋花楸提取物具有很强的体内抗氧化活性。

2.2 抑菌

朱月等^[19]通过开展对大肠杆菌、金黄色葡萄球菌、枯草芽孢杆菌和酿酒酵母的抑菌试验,结果表明黑果腺肋花楸原花青素对枯草芽孢杆菌、金黄色葡萄球菌和大肠杆菌等细菌具有较强的抑制作用,而对酿酒酵母几乎没有影响。同时研究发现,纯化前的原花青素比纯化后的原花青素抑菌能力更强。此外,苗妙等^[39]研究发现黑果腺肋花楸多酚对枯草芽孢杆菌、脂环酸芽孢杆菌、阴沟肠杆菌、产气肠杆菌和酿酒酵母等 5 种细菌都有显著的抑制作用。Denev 等^[40]对黑果腺肋花楸提取的不同多酚物质抗菌试验表明,花青素、原花青素、新绿原酸和绿原酸等对大肠杆菌、金黄色葡萄球菌、肠沙门氏菌、李斯特氏菌、普通变形杆菌、铜绿假单胞菌、白色念珠菌等 10 种病原菌具有一定的抑菌作用,同时发现黑果腺肋花楸原花青的抑菌作用最强。Marie 等^[41]证实,黑果腺肋花楸中矢车菊素-3-半乳糖苷、矢车菊素-3-葡萄糖苷、原花青素能够抑制大肠杆菌和蜡状芽孢杆菌生物膜的形成,从而达到抑菌效果。

2.3 抗炎

Bararu 等^[42]通过给糖尿病大鼠喂食黑果腺肋花楸提取物后,发现大鼠体内引发炎症的单核细胞和粒细胞的数量降低,同时抑制了引起动脉粥样硬化斑块形成的淋巴细胞数量,说明其具有较强的体内抗炎效果。Valcheva-Kuzmanova 等^[43]采用三硝基苯磺酸诱导建立结肠炎模型大鼠,进而连续 14 d 喂食 2.5, 5.0, 10.0 mL/kg 的黑果腺肋花楸提取物和 400 mg/kg 的柳氮磺胺嘧啶,研究发现 2.5, 5.0 mL/kg 的黑果腺肋花楸提取物的抗炎作用与阳性对照柳氮磺胺嘧啶相当。Zapolska-Downar 等^[44]研究也证实黑果腺肋花楸提取物具有很强的抗炎作用,其抑制了 TNF- α 信号通路介导的 ICAM-1 和 VCAM-1 基因的转录,降低了主动脉内皮细胞(HAECs)中黏附分子的表达。此外,Bijak 等^[45]研究表明黑果腺肋花楸提取物对过氧亚硝酸根离子引起的血浆纤维蛋白原损伤具有一定的保护作用,因此,其可用于调节过氧亚硝酸盐形成,减少诱发炎症风险。

2.4 抑制肿瘤细胞生长

Cvetanovic 等^[46]通过体外研究,表明黑果腺肋花楸提取物对宫颈癌细胞 HeLa 具有很强的抑制作用,其 IC_{50} 值为 5.44 μ g/mL,远低于抗癌药物顺铂的 IC_{50} 值 7.46 μ g/mL,同时试验发现,黑果腺肋花楸提取物对人结肠腺癌细胞 LS-174T 也具有较强的抑制作用。Ruginā 等^[47]利用 100, 200 μ g/mL 的黑果腺肋花楸花青素将宫颈癌细胞 HeLa 体外存活率分别降低到 30% 和 40%, HeLa 细胞 ROS 水平显著增加,证明黑果腺肋花楸花青素能够抑制宫颈癌细胞 HeLa 生长。Choi 等^[48]开展鼠李糖乳杆菌发酵黑果腺肋花楸果汁,产生了抑制乳腺癌细胞 MCF7 和 MDA-MB-231 生长的儿茶酚,从而降低乳腺癌干细胞中 *Nanog*、*Sox2* 和 *OCT4* 3 种基因的表达,起到抑制乳腺癌细胞增殖的作用。

Gao 等^[49]研究表明黑果腺肋花楸提取物可以抑制人肝癌细胞 HepG2 的增殖,同时发现,低于 350 μ g/mL 的黑果腺肋花楸多酚对细胞并没有毒性,表明抑制增殖并不是由细胞毒性作用引起。Thi 等^[50]发现,黑果腺肋花楸提取物对人肝癌细胞 SK-Hep1 具有明显的抑制效果,在 0~400 μ g/mL 的质量浓度范围内,其对细胞增殖的抑制率为 5.5%~48.8%,同时研究发现,黑果腺肋花楸提取物抑制 MMP-2 和 MMP-9 的表达,进而产生 G2/M 期细胞周期阻滞,降低了抗凋亡 *Bcl-2* 基因的表达。

香烟烟雾中含有大量高度致癌的化合物。Balansky 等^[51]研究发现,将小鼠短期暴露于烟雾,会引起小鼠红细胞以及肺、肝和膀胱的组织病理学变化,而对小鼠投喂黑果腺肋花楸提取物,可以减少香烟烟雾导致的肺腺瘤、肺气肿和肝变性的形成,同时研究发现,黑果腺肋花楸提取物对雌性小鼠的疗效明显更高。肺癌、乳腺癌位列中国

男、女恶性肿瘤之首,并且消化道肿瘤发病率逐年攀升,从中可看出,黑果腺肋花楸在癌症预防以及治疗上的潜力是不可限量的。

2.5 降血压

Kardum 等^[52]制备了一种黑果腺肋花楸果汁和葡甘聚糖的膳食补充剂,然后开展为期一个月的 20 名 45~65 岁肥胖妇女试验,要求每天必须摄取 100 mL 补充剂。结果表明,这些志愿者的收缩压(SBP)从平均 17.0 kPa 降低到平均 15.5 kPa。Kardum 等^[53]另一项研究发现,未接受过高血压或 I 级高血压药物治疗的高血压成年人(33~67 岁),通过连续 4 周,每天服用 200 mL 黑果腺肋花楸果汁,其收缩压和舒张压均显著降低,同时三酰甘油、总胆固醇和低密度脂蛋白均有明显下降,说明黑果腺肋花楸对肥胖以及高血压人群具有一定的降血压疗效。Loo 等^[54]开展 8 周 38 名高血压患者试验发现,每天摄入 300 mL 黑果腺肋花楸果汁和 3 g 黑果腺肋花楸果粉,能够减少高血压患者的舒张压。此外,Kardum 等^[55]研究发现,健康成年女性 3 个月每天摄入 100 mL 黑果腺肋花楸果汁,其收缩压并无显著变化,说明黑果腺肋花楸果汁对健康人群的血压几乎没有影响。

2.6 降血糖

Lipińska 等^[56]以 24 只波兰美利奴羔羊为试验动物,持续喂养 90 d 后检测表明,对照组羔羊的葡萄糖水平为 3.38 mmol/L,喂食 150, 300 g/kg 黑果腺肋花楸果渣饲料的羔羊葡萄糖水平分别为 2.42, 1.55 mmol/L,说明黑果腺肋花楸果渣可诱发羔羊的降血糖作用。Qin 等^[57]采用高果糖饮食诱导建立代谢紊乱模型大鼠,以 100, 200 mg/kg 体重的剂量喂食黑果腺肋花楸提取物,发现大鼠血糖水平降低显著。Takahashi 等^[58]发现黑果腺肋花楸提取物降低了高糖和高脂饮食大鼠的血糖水平,通过试验证明,可以将大鼠血糖降低到 7.0 mmol/L。此外, Park 等^[59]发现黑果腺肋花楸提取物可以降低胰岛素抵抗大鼠的血糖。

Worsztynowicz 等^[60]研究发现黑果腺肋花楸活性成分中绿原酸和矢车菊素-3-葡萄糖苷具有显著地抑制 α -淀粉酶活性的作用。Marie 等^[17]研究证实黑果腺肋花楸中矢车菊素-3-阿拉伯糖苷、矢车菊素-3-葡萄糖苷和矢车菊素-3-半乳糖苷对 α -葡萄糖苷酶的 EC_{50} 分别为 0.37, 0.87, 1.54 μ g/mL,说明这些花青素均具有很强的抑制 α -葡萄糖苷酶活性作用,从而起到降低血糖效果。

DPP-4 抑制剂是治疗糖尿病的常用药物。它可抑制胰高血糖素样肽-1(GLP-1)和葡萄糖依赖性促胰岛素分泌多肽(GIP)的分解,从而提高内源性 GLP-1 和 GIP 的水平,发挥控制血糖的作用。Kozuka 等^[61]发现黑果腺肋花楸提取物对 DPP-4 活性的抑制效果约为 27%,进一步研究发现抑制 DPP-4 活性的化学物质是矢车菊素-3-葡萄

糖苷和矢车菊素-3,5-二己糖苷,而且发现矢车菊素-3,5-二己糖苷的效果更为显著。因此认为,黑果腺肋花楸可以作为一种潜在的降血糖药物来源。

2.7 预防各种物质的毒性作用

Borowska 等^[62]试验表明,黑果腺肋花楸产品可以有效地预防和治疗由重金属或有毒物质诱导的氧化应激引起的疾病。Kondeva-Burdina 等^[63]将大鼠肝细胞暴露于 CCl_4 和叔丁基过氧化氢(tBuOOH)下,发现黑果腺肋花楸果汁可以通过提高细胞活力,增加谷胱甘肽(GSH)浓度,降低丙二醛(MDA)和乳酸脱氢酶(LDH)的浓度,来达到保护肝细胞的目的,并且其作用效果优于阳性对照水飞蓟素。Valcheva-Kuzmanova 等^[64]发现黑果腺肋花楸果汁可以抑制服用扑热息痛导致的肝毒性作用来保护肝脏,但其作用机制未见报道。

百草枯通过增加 ROS 的产生,诱导细胞凋亡,从而导致神经毒性健康障碍。Case 等^[65]开展了黑果腺肋花楸提取物对百草枯引起的神经毒性抑制作用研究,发现黑果腺肋花楸提取物可以抑制百草枯诱发的 NG108-15 细胞氧化应激以及细胞凋亡。Brzóska 等^[66]研究表明,大鼠摄入黑果腺肋花楸提取物,可以抑制镉($\text{CdCl}_2 \times 2, 5\text{H}_2\text{O}$)引起的骨骼代谢异常。

Antonisamy 等^[67]开展了黑果腺肋花楸提取物对乙醇引发大鼠胃溃疡的影响研究,结果表明,黑果腺肋花楸提取物显著地减少了胃黏膜损伤,降低了水肿的形成,同时观察到炎症指标水平的降低,HSP-70 蛋白、NF- κ B 蛋白和 MCP-1 蛋白的调节,以及大鼠身体抗氧化能力的显著改善。

2.8 抗抑郁

Eftimov 等^[68]通过研究黑果腺肋花楸果汁对社会隔离雄性 Wistar 大鼠行为的影响,结果发现,社会隔离引起了大鼠野外测试运动能力降低,而喂食黑果腺肋花楸果汁却无显著影响,同时社交互动测试和强迫游泳测试结果表明,社会隔离导致大鼠不动时间增加,黑果腺肋花楸果汁却明显地阻止了该行为的发生,说明黑果腺肋花楸果汁具有一定的抗抑郁作用。Tomic 等^[69]研究发现,喂食黑果腺肋花楸果汁组的雄性大鼠野外测试中某些过度活跃和在高架十字迷宫中焦虑样行为都显著地减少,同时在强迫游泳试验中发现,果汁组表现出抑郁样行为的减轻,说明其具有抗抑郁药的潜力。

2.9 提高记忆力

Valcheva-Kuzmanova^[70]以 224 只雄性 Wistar 大鼠为试验动物,每组 14 只,口服 2.5,5.0,10.0 mL/kg 的黑果腺肋花楸果汁,同时以 10 mL/kg 的生理盐水作为空白对照,分别喂养 7,14,21,30 d,然后采用穿梭被动回避试验来进行记忆评估,结果表明,口服黑果腺肋花楸果汁 7,

14 d 的潜伏期和学习标准均呈剂量依赖性,但效果不显著,处理 21 d 后,果汁剂量依赖性地延长了保留试验的潜伏期,5,10 mL/kg 剂量的效果比较显著。灌胃 30 d 后,各试验剂量的果汁均显著增加了保留试验的潜伏期,10 mL/kg 剂量显著增加了大鼠达到学习标准的百分率,说明黑果腺肋花楸果汁能够提升大鼠的记忆力,增强大鼠的学习能力。

2.10 抗疲劳

李瑞芳^[71]利用黑果腺肋花楸黄酮对小鼠进行 30 d 灌胃试验,结果表明小鼠游泳时间显著延长,运动小鼠体内乳酸含量下降明显,说明黑果腺肋花楸具有一定的抗疲劳功效。

2.11 其他功效

黑果腺肋花楸提取物可以直接或间接地抑制病毒的复制,具有预防和治疗流感的潜力^[72]。Park 等^[73]研究表明,黑果腺肋花楸多酚对 H1N1、H3N2、H5N1 等各种亚型的流感病毒具有体内抑制功效,可保护小鼠免受病毒致命性攻击。

张永祥等^[74]研究表明 125 $\mu\text{g/mL}$ 花青素能够显著降低 10 J/cm² UVA 辐射损伤后细胞 ROS 含量和 MMP-1 分泌水平,说明黑果腺肋花楸花青素具有降低紫外线损伤的功效。

3 开发现状

3.1 黑果腺肋花楸果汁

由于黑果腺肋花楸果实含有多酚类物质,造成其新鲜果和纯果汁的口感较差^[75],因而对其产品开发上带来了不利的影响。张海平等^[76]利用植物乳杆菌 C8-1 对其发酵,开发了具有营养价值和独特果香风味的黑果腺肋花楸发酵饮料。崔艳敏等^[77]利用苹果和黑果腺肋花楸搭配,研制了生物活性更高的复合果汁。王鹏^[78]利用生物降糖技术,将果汁含糖量降到 1% 以下,进而利用黑果腺肋花楸制作低糖果汁,此果汁产品含糖量低,口感酸甜清爽,符合现代消费需求。

3.2 黑果腺肋花楸果酒

随着 90 后及千禧后群体的崛起,酒类消费主体也在悄然发生变化,传统的白酒、黄酒及啤酒等品类,从口味上已经无法满足这些人群的需求,而低度果酒产品却得到市场上消费者的欢迎。韩文忠等^[79]发明了一种黑果腺肋花楸果酒酿造方法,通过果汁调制、发酵、陈酿后熟、净化、过滤、除菌等工艺,得到了一种香气宜人、风味独特、口感清爽维涩的果酒。杨婧娥等^[80]研发了一种黑果腺肋花楸发酵酒,黑果腺肋花楸中的酚类物质能够很好地保存在酒中。此外,高银璐^[81]通过比较传统酿造法和 CO_2 浸渍法两种工艺发现, CO_2 浸渍法得到的干酒酒精度更高,总酸和单宁更低,呈香物质种类、数量和感官评价均

更优。

3.3 黑果腺肋花楸果醋

果醋作为保健饮品,有助于提高人体免疫功能,维护人体健康,特别适合老年人、妇女以及儿童饮用,具有很大的市场前景^[82]。将黑果腺肋花楸发酵制成果醋产品,不仅具有抗氧化、预防心脑血管疾病等功效,而且还能作为年轻人的日常饮品。王作弟^[83]发明了一种百分百发酵型黑果腺肋花楸醋饮料,该产品直接采用黑果腺肋花楸果实为原材料,通过预处理、制成果汁、乳酸发酵、酒精发酵、醋酸发酵、过滤、灭菌、调配、灌装而得,整个生产过程中无需添加水,也不用原醋进行稀释,制成的果醋饮料产品口感较好。

3.4 黑果腺肋花楸果酱

随着生活水平的提高,人们的饮食方式也有所改变,早餐已从小米加油条,渐渐地向面包、鸡蛋、牛奶进行转变,果酱也进入了寻常百姓的家庭餐桌上。王凤等^[84-85]利用白酒和果醋对黑果腺肋花楸进行脱涩处理,经过烫漂、破碎、磨浆,然后辅以柠檬酸、白糖及黄原胶等配料,通过熬煮、浓缩、装罐、杀菌、冷却、包装等工序制成一款酸甜可口的果酱产品。

3.5 作为食品加工配料

黑果腺肋花楸可以作为食品配料来进行添加使用,其不仅安全可靠,而且还具有一定的营养价值和生理活性。Yoon等^[86]以黑果腺肋花楸果粉为原料来制作面包,发现随着果粉量的增加,面包pH值下降,酸度增加,面包颜色也发生改变,添加10%黑果腺肋花楸果粉的面包呈偏红色,同时该面包的保质期长于对照组。Kaack等^[87]以黑果腺肋花楸为原料,经过分离、提取、浓缩来制作食品着色剂,研究发现黑果腺肋花楸花青素比草莓和黑醋栗的花青素更为稳定,当采用10%黑果腺肋花楸果汁作为着色剂,用于加工李子汁时,可获得满意的颜色,而且风味更好。

3.6 黑果腺肋花楸保健食品

由于提取的黑果腺肋花楸多酚物质对光、热等外界因素很敏感,黑果腺肋花楸胶囊技术需要深入开发,唐璐^[88]采用微胶囊技术控制花色苷释放,延长了花色苷的贮藏期,增强了花色苷的稳定性。温馨亚^[89]对黑果腺肋花楸果渣进行改性处理,提高可溶性膳食纤维(SDF)提取率,进而开展黑果腺肋花楸果渣SDF片剂的制作工艺研究,该产品可预防直肠癌、便秘及痔疮,同时食用之后产生饱腹感,可作为减肥食品进行开发。王晓林等^[90]制备了黑果腺肋花楸果泡腾颗粒剂,检测表明产品中花青素含量高达96.43 mg/g。滕飞^[91]开展了黑果腺肋花楸咀嚼片的制作工艺研究,将黑果腺肋花楸冻干粉与一定比例甘露醇、淀粉、阿斯巴甜、微晶纤维素和微粉硅胶进行

混合、压片,检测发现每粒咀嚼片中含有28.26 mg原花青素。何静仁等^[92]发明了一种防治高血压高血脂症的复合营养素,其含有黑果腺肋花楸、山楂、三七花、金花茶、玉米须、苦瓜、棉籽低聚糖、蛋清发酵物、人参发酵粉、小麦低聚肽、橄榄果粉和葡萄籽提取物。

4 应用展望

黑果腺肋花楸的营养价值和功效在食品和医药领域备受关注。因此黑果腺肋花楸无论是在保健食品类,还是医药临床应用开发方面都具有广泛的前景。目前国内对外对黑果腺肋花楸的研究不深,对产品的研发不够多样,很难满足市场的需求。所以,为了更好地提升黑果腺肋花楸价值,还需要开展更多精深加工技术研究,进而推广应用到市场,从而形成完整的产业链。将来对黑果腺肋花楸的研究开发应该更细致化,并且可以考虑专注于以下方面:①进一步开展黑果腺肋花楸活性物质的分离、提取、纯化及应用研究,为黑果腺肋花楸产业的发展打下理论基础;②国内外学者开展了黑果腺肋花楸活性物质的抗炎、抑制肿瘤细胞生长、降血压等功效研究,但对其作用机理尚不明确,因此有必要进行更加深入的研究,来为黑果腺肋花楸产品的开发提供参考;③目前黑果腺肋花楸食品主要是果汁、果酒、果醋和果酱,为了进一步发挥黑果腺肋花楸果实的功能特性,需要深入地开展精深加工技术方面研究,开发出更好市场能够接受的产品,从而真正地实现黑果腺肋花楸的综合利用。

参考文献

- [1] SEIDEMANN J. Chokeberries a fruit little-known till now[J]. Deutsche Lebensmittel-Rundschau, 1993, 89: 149-151.
- [2] 吐尔尼沙·吐尔逊, 马旦·山泰. 黑果花楸开发利用价值及繁殖方法探析[J]. 园艺与种苗, 2015(8): 11-12, 27.
- [3] 张晓燕, 陶梅, 李春晓. 黑果腺肋花楸引种栽培初报[J]. 中国林副特产, 2018(3): 33-34.
- [4] 于军. 黑果腺肋花楸在我国的引种栽培和发展现状[J]. 现代农业科技, 2020(8): 166-167.
- [5] 张衡锋, 汤庚国. 黑果腺肋花楸的植物学研究进展[J]. 天津农业科学, 2018, 24(6): 5-9.
- [6] 王莹, 柳青, 陈月, 等. 黑果腺肋花楸活性成分及研究开发进展[J]. 食品工业, 2020, 41(6): 249-253.
- [7] SIDOR A, GRAMZA-MICHAOWSKA A, TSUDA T, et al. Black chokeberry *Aronia melanocarpa* L.: A qualitative composition, phenolic profile and antioxidant potential[J]. Molecules, 2019, 24(20): 3 710.
- [8] TUNDE J, JIRI M, SONAS, et al. Fruits of black chokeberry *Aronia melanocarpa* in the prevention of chronic diseases[J]. Molecules, 2017, 22(6): 944.
- [9] BRONCEL M, KOZIRÓG-KOACINSKA M, ANDRYS-KOWSKI G, et al. Effect of anthocyanins from *Aronia mel-*

- anocarpa* on blood pressure, concentration of endothelin-1 and lipids in patients with metabolic syndrome[J]. *Polski Merkuriusz Lekarski Organ Polskiego Towarzystwa Lekarskiego*, 2007, 23(134): 116-119.
- [10] 赵明优. 黑果腺肋花楸的主要生物学特性与应用价值[J]. 特种经济动植物, 2020, 23(5): 32-34.
- [11] 于雪, 胡文忠, 姜爱丽, 等. 黑果腺肋花楸营养物质与功效的研究进展[J]. 食品工业科技, 2016, 37(10): 396-400.
- [12] ZHU Yue, ZHANG Jia-ying, WEI Yu-long, et al. The polyphenol-rich extract from chokeberry (*Aronia melanocarpa* L.) modulates gut microbiota and improves lipid metabolism in diet-induced obese rats[J]. *Nutrition & Metabolism*, 2020, 17(1): 1-15.
- [13] KEDZIERSKA M, OLAS B, WACHOWICZ B, et al. An extract from berries of *Aronia melanocarpa* modulates the generation of superoxide anion radicals in blood platelets from breast cancer patients[J]. *Planta Medica*, 2009, 75(13): 1 405-1 409.
- [14] ROMBEAU J L, GASSULL M A. Collaborative nutritional science: Across the miles[J]. *Journal of Parenteral & Enteral Nutrition*, 1997, 21(6): 167.
- [15] KEDZIERSKA M, OLAS B, WACHOWICZ B, et al. The nitrate and oxidative stress in blood platelets isolated from breast cancer patients: The protectory action of *Aronia melanocarpa* extract[J]. *Platelets*, 2010, 21(7): 541-548.
- [16] THANI N A A, KESHAVERZ S, LWALEED B A, et al. Cytotoxicity of gemcitabine enhanced by polyphenolics from *Aronia melanocarpa* in pancreatic cancer cell line AsPC-1[J]. *Journal of Clinical Pathology*, 2014, 67(11): 949-954.
- [17] MARIE B, RUNE S, HELLE W, et al. Extracts, anthocyanins and procyanidins from *Aronia melanocarpa* as radical scavengers and enzyme inhibitors[J]. *Nutrients*, 2013, 5(3): 663-678.
- [18] WU Xian-li, GU Li-wei, PRIOR Ronald L, et al. Characterization of anthocyanins and proanthocyanidins in some cultivars of Ribes, Aronia, and Sambucus and their antioxidant capacity[J]. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 2004(52): 7 846-7 856.
- [19] 朱月, 李奋梅, 王艳丽, 等. 黑果腺肋花楸原花青素的提取及抑菌性研究[J]. 食品工业科技, 2017, 38(2): 302-306, 341.
- [20] 朱月, 张海平, 侯亚男, 等. 黑果腺肋花楸原花青素的纯化及表儿茶素和原花青素 B₂ 含量测定[J]. 食品工业科技, 2017, 38(19): 240-244.
- [21] 张文君, 张国锋, 王立, 等. UPLC 法同时测定黑果腺肋花楸浆果中原花青素 B₁、原花青素 B₂、原花青素 B₄、芦丁、槲皮素[J]. 中草药, 2016, 47(24): 4 452-4 455.
- [22] MENG Ling-shuai, ZHU Jin-yan, MA Yan, et al. Composition and antioxidant activity of anthocyanins from *Aronia melanocarpa* cultivated in Haicheng, Liaoning, China[J]. *Food Bioscience*, 2019, 30: 100413.
- [23] 张卉, 尤小明, 王亚茹, 等. 响应面分析法优化黑果腺肋花楸花青素提取工艺[J]. 食品工业, 2019, 40(8): 131-135.
- [24] 高凝轩, 孟宪军, 郎宇曦, 等. 黑果腺肋花楸多酚组分、细胞抗氧化活性研究及其果渣高聚原花青素转化花青素的工艺优化[C]// 中国食品科学技术学会第十七届年会摘要集. 西安: [出版者不详], 2020: 104-105.
- [25] 李国明, 张丽萍, 易平, 等. 黑果腺肋花楸挥发油化学成分及总黄酮含量分析研究[J]. 食品安全质量检测学报, 2019, 10(7): 1 920-1 926.
- [26] 刘佳, 王莹, 陈昕昕, 等. 黑果腺肋花楸总黄酮提取工艺优化及抗氧化活性研究[J]. 青岛农业大学学报(自然科学版), 2017, 34(4): 267-272, 313.
- [27] 宋健刚, 钟方丽, 王晓林, 等. 提取黑果腺肋花楸果中金丝桃苷的工艺[J]. 食品工业, 2019, 40(7): 113-119.
- [28] SIDOR A, DRODYNKA A, GRAMZA-MICHAOWSKA A. Black chokeberry (*Aronia melanocarpa*) and its products as potential health-promoting factors: An overview[J]. *Trends in Food Science & Technology*, 2019, 89: 45-46.
- [29] OCHMIAN I D, GRAJKOWSKI J, SMOLIK M. Comparison of some morphological features, quality and chemical content of four cultivars of chokeberry fruits (*Aronia melanocarpa*)[J]. *Notulae Botanicae Horti Agrobotanici Cluj-Napoca*, 2012, 40(1): 253-260.
- [30] 位路路. 黑果腺肋花楸花色苷提取物对脂多糖诱导巨噬细胞炎症的抑制作用[D]. 沈阳: 沈阳农业大学, 2018: 24-25.
- [31] 宿华林, 王柳, 牟贺, 等. 响应面法优化黑果腺肋花楸多糖提取工艺[J]. 现代食品, 2018(21): 153-156.
- [32] 魏登, 李凤林. 黑果腺肋花楸多糖提取工艺优化及抗氧化活性研究[C]// 中国营养学会特殊营养分会. 中国营养学会特殊营养第十一次学术会议论文汇编. 吉林: [出版者不详], 2018: 179-180.
- [33] 齐会娟, 张春英, 李中宾, 等. 大兴安岭地区 6 种浆果主要品质特性对比分析[J]. 林业科技情报, 2019, 51(3): 1-6.
- [34] 姚利阳, 张宇, 张立宇, 等. 黑果花楸与 2 种小浆果中黄酮类物质及多糖含量比较[J]. 安徽农业科学, 2016, 44(1): 122-124.
- [35] 高凝轩, 李斌, 刘辉, 等. 基于 RSM 法优化黑果腺肋花楸多酚提取工艺及抗氧化活性研究[J]. 食品工业科技, 2016, 37(19): 249-254.
- [36] 黄佳双, 曹庆超, 金允哲, 等. 黑果腺肋花楸果实多酚含量及体外抗氧化活性研究[J]. 扬州大学学报(农业与生命科学版), 2019, 40(6): 100-104.
- [37] DUMITRIȚA R, ZORIȚA D, CRISTINA C, et al. Chokeberry anthocyanin extract as pancreatic β -cell protectors in two models of induced oxidative stress[J]. *Oxidative Medicine and Cellular Longevity*, 2015, 2 015: 429075.
- [38] 李美兰, 黄金珠, 李红梅, 等. 黑果腺肋花楸对小鼠肝肾抗氧化性的初步研究[J]. 畜牧与饲料科学, 2018, 39(10):

- 1-3.
- [39] 苗妙, 刘宇璇, 胡苗苗, 等. 黑果腺肋花楸多酚的抑菌活性研究[J]. 现代食品科技, 2017, 33(12): 56-60.
- [40] DENEV P, CIŽ M, KRATCHANOVA M, et al. Black chokeberry (*Aronia melanocarpa*) polyphenols reveal different antioxidant, antimicrobial and neutrophil-modulating activities[J]. Food Chemistry, 2019, 284: 108-117.
- [41] MARIE B, ØKSTAD O A, RUNE S, et al. Effects of *Aronia melanocarpa* Constituents on Biofilm Formation of *Escherichia coli* and *Bacillus cereus*[J]. Molecules, 2013, 18(12): 14 989-14 999.
- [42] BARARU I, BĂDESCU L, BĂDULESCU O, et al. Possibilities of limiting the inflammatory syndrome present in experimental diabetes mellitus by using natural polyphenols[J]. Annals of the Romanian Society for Cell Biology, 2013, 18(2): 97-108.
- [43] VALCHEVA-KUZMANOVA S, KUZMANOV A, KUZMANOVA V, et al. *Aronia melanocarpa* fruit juice ameliorates the symptoms of inflammatory bowel disease in TNBS-induced colitis in rats[J]. Food & Chemical Toxicology an International Journal Published for the British Industrial Biological Research, 2018, 113: 33-39.
- [44] ZAPOLSKA-DOWNAR D, BRYK D, MAECKI M, et al. *Aronia melanocarpa* fruit extract exhibits anti-inflammatory activity in human aortic endothelial cells[J]. European Journal of Nutrition, 2012, 51(5): 563-572.
- [45] BIJAK M, SALUK J, ANTOSIK A, et al. *Aronia melanocarpa* as a protector against nitration of fibrinogen[J]. International Journal of Biological Macromolecules, 2013, 55: 264-268.
- [46] CVETANOVIC A, ZENGİN G, ZEKOVIC Z, et al. Comparative *in vitro* studies of the biological potential and chemical composition of stems, leaves and berries *Aronia melanocarpa*'s extracts obtained by subcritical water extraction [J]. Food and Chemical Toxicology, 2018, 121: 458-466.
- [47] RUGINA D, SCONȚA Z, LEOPOLD L, et al. Antioxidant activities of chokeberry extracts and the cytotoxic action of their anthocyanin fraction on HeLa human cervical tumor cells[J]. Journal of Medicinal Food, 2012, 15(8): 700-706.
- [48] CHOI H S, KIM Ji-hyang, KIM Su-lim, et al. Catechol derived from aronia juice through lactic acid bacteria fermentation inhibits breast cancer stem cell formation via modulation Stat3/IL-6 signaling pathway [J]. Molecular Carcinogenesis, 2018, 57(11): 1 467-1 479.
- [49] GAO Ning-xuan, WANG Yue-hua, JIAO Xin-yao, et al. Preparative purification of polyphenols from *Aronia melanocarpa* (Chokeberry) with cellular antioxidant and anti-proliferative activity[J]. Molecules, 2018, 23(1): 139.
- [50] THI Nhuan Do, HWANG Eun-sun. Effects of black chokeberry extracts on metastasis and cell-cycle arrest in SK-Hep1 human liver cancer cell line[J]. Asian Pacific Journal of Tropical Biomedicine, 2018, 8(6): 285-291.
- [51] BALANSKY R, GANCHEV G, ILTCHEVA M, et al. Inhibition of lung tumor development by berry extracts in mice exposed to cigarette smoke[J]. International Journal of Cancer, 2012, 131(9): 1 991-1 997.
- [52] KARDUM N, TAKIC M, ŠAVIKIN K, et al. Effects of polyphenol-rich chokeberry juice on cellular antioxidant enzymes and membrane lipid status in healthy women [J]. Journal of Functional Foods, 2014, 9(1): 89-97.
- [53] KARDUM N, MILOVANOVIC B, ŠAVIKIN K, et al. Beneficial effects of polyphenol-rich chokeberry juice consumption on blood pressure level and lipid status in hypertensive subjects[J]. Journal of Medicinal Food, 2015, 18(11): 1 231-1 238.
- [54] LOO B M, ERLUND I, KOLI R, et al. Consumption of chokeberry (*Aronia mitschurinii*) products modestly lowered blood pressure and reduced low-grade inflammation in patients with mildly elevated blood pressure [J]. Nutrition Research, 2016, 36(11): 1 222-1 230.
- [55] KARDUM N, KONIC-RISTIC A, SAVIKIN K, et al. Effects of polyphenol-rich chokeberry juice on antioxidant/pro-oxidant status in healthy subjects[J]. Journal of Medicinal Food, 2014, 17(8): 869-874.
- [56] LIPINSKA P, JÓZWIK A. Hepatoprotective, hypoglycemic, and hypolipidemic effect of chokeberry pomace on polish merino lambs[J]. Animal Biotechnology, 2018, 29(2): 136-141.
- [57] QIN Bo-lin, ANDERSON R A. An extract of chokeberry attenuates weight gain and modulates insulin, adipogenic and inflammatory signalling pathways in epididymal adipose tissue of rats fed a fructose-rich diet[J]. British Journal of Nutrition, 2012, 108(4): 581-587.
- [58] TAKAHASHI A, SHIMIZU H, OKAZAKI Y, et al. Anthocyanin-rich phytochemicals from aronia fruits inhibit visceral fat accumulation and hyperglycemia in high-fat diet-induced dietary obese rats[J]. Journal of Oleo Science, 2015, 64(12): 1 243-1 250.
- [59] PARK Y M, PARK J B. The preventive and therapeutic effects of aronox extract on metabolic abnormality and hypertension[J]. Journal of the Korean Society of Hypertension, 2011, 17(3): 95-102.
- [60] WORSZTYNOWICZ P, NAPIERAŁA M, BIAŁAS W, et al. Pancreatic α -amylase and lipase inhibitory activity of polyphenolic compounds present in the extract of black chokeberry (*Aronia melanocarpa* L.)[J]. Process Biochemistry, 2014, 49(9): 1 457-1 463.
- [61] KOZUKA M, YAMANE T, NAKANO Y, et al. Identification and characterization of a dipeptidyl peptidase IV in-

- hibitor from aronia juice[J]. Biochemical and Biophysical Research Communications, 2015, 465(3): 433-436.
- [62] BOROWSKA S, BRZÓSKA, MALGORZATA M. Chokeberries (*Aronia melanocarpa*) and their products as a possible means for the prevention and treatment of noncommunicable diseases and unfavorable health effects due to exposure to xenobiotics[J]. Comprehensive Reviews in Food Science & Food Safety, 2016, 15(6): 982-1 017.
- [63] KONDEVA-BURDINA M, VALCHEVA-KUZMANOVA S, MARKOVA T, et al. Effects of *Aronia melanocarpa* fruit juice on isolated rat hepatocytes[J]. Pharmacognosy Magazine, 2015, 11(44): S592-S597.
- [64] VALCHEVA-KUZMANOVA S. Comparative study of the protective effect of *Aronia melanocarpa* fruit juice and quercetin in a model of paracetamol-induced hepatotoxicity in rats[J]. Journal of Biomedical & Clinical Research, 2015, 8(2): 118-123.
- [65] CASE A J, AGRAZ D, AHMAD I M, et al. Low-dose *Aronia melanocarpa* concentrate attenuates paraquat-induced neurotoxicity[J]. Oxidative medicine and, cellular longevity, 2015, 2 016(2): 1-11.
- [66] BRZÓSKA M M, ROGALSKA J, GALAZYN-SIDORCZUK M, et al. Protective effect of *Aronia melanocarpa* polyphenols against cadmium-induced disorders in bone metabolism: A study in a rat model of lifetime human exposure to this heavy metal[J]. Chemico-Biological Interactions, 2015, 229: 132-146.
- [67] ANTONISAMY P, ARAVINTHAN A, JEONG L, et al. *Aronia melanocarpa* (Black chokeberry) reduces ethanol-induced gastric damage via regulation of HSP-70, NF- κ B, and MCP-1 signaling[J]. International Journal of Molecular Sciences, 2017, 18(6): 1 195.
- [68] EFTIMOV M, DOBREVA C, VELKOVA D, et al. Effect of *Aronia melanocarpa* fruit juice on behaviour of rats exposed to social isolation[J]. Trakia Journal of Sciences, 2014, 12: 123-126.
- [69] TOMIC M, IGNJATOVIĆ D, TOVILOVIC-KOVACEVIC G, et al. Reduction of anxiety-like and depression-like behaviors in rats after one month of drinking *Aronia melanocarpa* berry juice[J]. Food & Function, 2016, 7: 3 111-3 120.
- [70] VALCHEVA-KUZMANOVA S. Memory effects of *Aronia melanocarpa* fruit juice in a passive avoidance test in rats[J]. Folia Medica, 2014, 56(3): 199-203.
- [71] 李瑞芳. 超声波辅助提取黑果腺肋花楸黄酮及其抗运动疲劳研究[J]. 食品研究与开发, 2017, 38(13): 63-68.
- [72] GRAMZA-MICHAOWSKA A, SIDOR A, KULCZYNSKI B. Berries as a potential anti-influenza factor: A review[J]. Journal of Functional Foods, 2017, 37: 116-137.
- [73] PARK S, KIM J I, LEE I, et al. *Aronia melanocarpa* and its components demonstrate antiviral activity against influenza viruses[J]. Biochem Biophys Res Commun, 2013, 440(1): 14-19.
- [74] 张永祥, 国石磊, 彭利沙, 等. 黑果腺肋花楸花色苷对人皮肤成纤维细胞紫外辐射损伤的保护作用[J]. 天然产物研究与开发, 2016, 28(7): 1 088-1 092.
- [75] 陈妍竹, 胡文忠, 姜爱丽, 等. 黑果腺肋花楸功能作用及食品加工研究进展[J]. 食品工业科技, 2016, 37(9): 397-400.
- [76] 张海平, 朱月, 韦玉龙, 等. 植物乳杆菌发酵黑果腺肋花楸果汁的工艺优化[J]. 食品工业科技, 2018, 39(17): 133-138, 151.
- [77] 崔艳敏, 王铭悦, 佟宇奇, 等. 超高压处理对苹果—黑果腺肋花楸复合果汁品质影响研究[J]. 农业科技与装备, 2019(6): 41-46.
- [78] 王鹏. 黑果腺肋花楸果汁生物降糖工艺研究[J]. 林业科技, 2019, 44(2): 36-39.
- [79] 韩文忠, 马兴华, 姜镇荣, 等. 黑果腺肋花楸果酒及酿造方法: 200810246947.5[P]. 2012-01-25.
- [80] 杨婧娥, 王佐民, 赵云财. 黑果腺肋花楸发酵酒[J]. 酿酒, 2020, 47(1): 121-123.
- [81] 高银璐. 黑果腺肋花楸干酒发酵工艺研究[D]. 长春: 吉林农业大学, 2017: 30-60.
- [82] 何利娟. “一一酿果”品牌价值提升策略[D]. 太原: 山西大学, 2020: 24-25.
- [83] 王作弟. 一种百分百发酵型黑果腺肋花楸醋饮料及其制备方法: 201711468481.9[P]. 2018-07-10.
- [84] 王凤, 王凤舞, 陈昕昕, 等. 黑果腺肋花楸脱涩及果酱的生产加工工艺[J]. 食品科技, 2018, 43(6): 120-125.
- [85] 王凤舞, 朴美子. 一种以黑果腺肋花楸为原料制作果酱的方法: 201611262323.3[P]. 2017-05-09.
- [86] YOON H S, KIM J W, KIM S H, et al. Quality characteristics of bread added with aronia powder (*Aronia melanocarpa*) [J]. Journal of the Korean Society of Food science & Nutrition, 2014, 43(2): 273-280.
- [87] KAACK K, KUEHN B F. Black chokeberry (*Aronia melanocarpa*) for manufacture of a food colorant[J]. Fiber, 1992, 52(9): 465-472.
- [88] 唐璐. 黑果腺肋花楸花色苷提取分离纯化及微胶囊化的研究[D]. 长春: 吉林农业大学, 2019: 13-28.
- [89] 温馨亚. 改性处理对黑果腺肋花楸果渣可溶性膳食纤维品质影响的研究[D]. 北京: 北京林业大学, 2018: 9-56.
- [90] 王晓林, 陈阵标, 钟方丽, 等. 黑果腺肋花楸果泡腾颗粒剂制备工艺研究[J]. 食品研究与开发, 2020, 41(19): 145-150, 156.
- [91] 滕飞. 黑果腺肋花楸原花青素类成分分析及功能食品的研制开发[D]. 长春: 长春师范大学, 2019: 10-60.
- [92] 何静仁, 唐双焱, 王林元, 等. 防治高血压高血脂症的复合营养素及其制备方法与应用: 201910023454.3[P]. 2019-05-10.