

省沽油主要成分、生物活性及开发应用

Research on main components, bioactivities of *Staphylea bumalda* DC. and its development and application progress

么亚妹^{1,2} 景继月² 凌佳成² 王文蜀^{1,2}

YAO Ya-mei^{1,2} JING Ji-yue² LING Jia-cheng² WANG Wen-shu^{1,2}

(1. 质谱成像与代谢组学国家民委重点实验室〔中央民族大学〕, 北京 100081;

2. 中央民族大学生命与环境科学学院, 北京 100081)

(1. Key Laboratory of Mass Spectrometry Imaging and Metabolomics [Minzu University of China], State Ethnic Affairs Commission, Beijing 100081, China; 2. College of Life and Environmental Sciences, Minzu University of China, Beijing 100081, China)

摘要:论述了省沽油中的营养成分,如蛋白质与氨基酸、维生素、多糖和油脂,总结了其活性成分,如酚类、黄酮、三萜类化合物及其抗氧化、降血糖、神经保护等生物活性,并对省沽油作为新食品原料和功能性食品开发的应用前景进行了展望。

关键词:省沽油;主要成分;生物活性;开发应用

Abstract: In this review, the nutritional components such as protein, amino acids, vitamins, polysaccharides and oil were discussed. The active components, including phenols, flavonoids, triterpenes and the bioactivities such as antioxidant, hypoglycemic and neuroprotection were summarized, the application of *S. bumalda* DC. as a new raw food material and functional food were also prospected.

Keywords: *Staphylea bumalda* DC.; main components; biological activity; development and application

省沽油为多年生落叶灌木,广泛分布于中国东北、华北、华中、华东、西南地区以及日本、朝鲜,是属内有成分和活性研究并进行人工种植的唯一一种。因顶生白色小花酷似珍珠,省沽油俗称珍珠花,在中国大别山一带有100多年的食用历史。当前在湖北、安徽、河南等地作为食用花卉特产进行销售,日本、朝鲜也有将省沽油嫩芽及花蕾作茶饮、烹饪食用的习惯^[1]。随着其经济价值高、营

养丰富等特点的显现,中国省沽油栽培量逐年递增,但目前缺乏关于省沽油科学研究与开发情况的系统归纳整理。研究拟对省沽油化学成分、生物活性及应用进行综述,以期为其在新食品原料和功能性食品方面的开发提供参考。

1 主要成分

1.1 蛋白质、氨基酸

蛋白质是人体不可缺少的营养物质,氨基酸是蛋白质基本组成单位,其种类、含量及组成决定了蛋白质的营养价值^[2]。省沽油花蕾粗蛋白含量达35%^[3],高于三七花粗蛋白含量(22%)^[4]。省沽油嫩芽、花蕾^[5]和叶片^[6]中均含有8种人体必需氨基酸(以组氨酸为主)在内的18种氨基酸,可与辣木叶(19种)^[7]相媲美,其中鲜味氨基酸(天冬氨酸和谷氨酸)占比约51%,这可能是省沽油嫩芽及花蕾作为蔬菜食用且味道鲜美的原因之一。不同产地、不同部位、不同生长阶段省沽油蛋白质含量存在差异,安徽省庐江县百花村的省沽油花蕾中蛋白质含量为7.36 g/100 g干重^[8],而湖北孝昌县的省沽油花蕾中蛋白质含量为35.44 g/100 g干重^[3],两项研究中省沽油花蕾蛋白质含量差别较大,推测产地不同是省沽油花蕾蛋白质含量存在差异的原因。不同部位蛋白质、氨基酸含量由大到小依次为花蕾、嫩梢、种子、嫩叶^[9-10]。省沽油嫩梢在初萌状态与生长中期的蛋白质含量均高于嫩梢生长后期,但考虑到嫩梢采摘后能够继续生长,在嫩梢生长中期进行采摘经济效益更高^[11]。

1.2 维生素

维生素在人体生长、代谢、发育过程中发挥着重要作用,食用蔬菜是相对方便且有效补充维生素的方式之一。

基金项目:国家民委创新项目团队(编号:10301-202000040203);建设世界一流大学(学科)和特色发展引导专项(编号:YLDXXK201819);北京高校高精尖学科建设项目——质谱成像与代谢组学(编号:104-02100401)

作者简介:么亚妹,女,中央民族大学在读硕士研究生。

通信作者:王文蜀(1974—),女,中央民族大学教授,博士。

E-mail: wangws@muc.edu.cn

收稿日期:2021-09-30

省沽油中维生素种类多样,已有研究表明省沽油嫩叶、嫩梢、花蕾、栽培及野生种子含水溶性维生素 V_{B_1} 、 V_{B_2} 、 $V_{B_{12}}$ 、 V_C 和脂溶性维生素 V_E 、 β -胡萝卜素,其中嫩梢 V_C 含量达 $1\,131\text{ mg/kg}$ ^[9],与“ V_C 之王”猕猴桃的 V_C 含量($860\sim 1\,340\text{ mg/kg}$)^[12]相当。但省沽油不同部位维生素含量不同,花蕾 V_{B_1} 、 V_{B_2} 、 $V_{B_{12}}$ 、 V_E 含量高于嫩叶, V_C 、 β -胡萝卜素含量小于嫩叶,嫩梢 V_C 含量是嫩叶含量的 40 倍,栽培种子维生素含量均略高于野生种子^[9]。因此,将省沽油嫩叶、花蕾添加到饮品中或以油炒食均可为人体的补充丰富的维生素。

1.3 糖类

可溶性糖含量是评价蔬菜营养与风味的重要指标之一,省沽油花蕾可溶性糖含量为 9.25 g/100 g ^[3],嫩梢可溶性糖含量最高可达 7.41 g/100 g ^[11],是一种可溶性糖含量适中的蔬菜。多糖是一类高分子化合物,可通过促进胰岛素分泌、加速肝葡萄糖代谢、加速外周组织对葡萄糖的利用及减少对葡萄糖的吸收等途径起到降血糖效果。省沽油花蕾含粗多糖,在料液比 $1:30\text{ (g/mL)}$ 、提取温度 $72\text{ }^\circ\text{C}$ 、提取时间 2.0 h 、超声波功率 355 W 的条件下获得的省沽油粗多糖对羟基自由基和 DPPH 自由基清除率是同等条件下传统水浴提取粗多糖的 1.20 倍和 1.38 倍,在一定范围内省沽油粗多糖浓度越高降血糖效果越好,并在 2.5 mg/mL 时对 α -葡萄糖苷酶的抑制率最高达到 55.69% ^[13]。研究表明,省沽油多糖具有抗氧化和降血糖保健作用,但其活性机制还有待全面深入研究。

1.4 脂肪酸及其脂类

植物油脂是由高级脂肪酸和甘油反应而成的天然化合物,对植物生长发育起着重要作用,可作食品、工业、化妆及生物柴油原料之用。省沽油种子含油量丰富,王衍彬等^[14]、刘正祥等^[15]采用 GC-MS 从栽培和野生省沽油种子中鉴定出三大类脂肪酸及其脂类。第一大类为多不饱和脂肪酸及其脂类约占 64% (亚麻酸甲酯、10,13-花生二烯酸甲酯、顺-11,14-二十二碳二烯酸、亚油酸甲酯、亚油酸乙酯、亚油酸、亚麻酸)。适宜的亚油酸、亚麻酸含量比对降血压、调节血脂、预防心血管疾病等具有重要作用,但中国人亚油酸、亚麻酸摄入量比例($20:1$)严重失调,与世界卫生组织建议标准亚油酸、亚麻酸含量比($4:1$)相差甚远,而省沽油种子油亚油酸、亚麻酸含量比例($6:1$)接近世界卫生组织建议,优于花生油($95:1$)、玉米油($94:1$)和大豆油($8:1$)^[16]等家庭食用油亚麻酸、亚油酸含量比,是有益于人体健康的植物油。第二大类为单不饱和脂肪酸及其脂类约占 23% (油酸、十四碳酸甲酯、十六碳烯酸甲酯、十八碳烯酸甲酯、顺-10-十七碳烯酸、顺-13-二十碳烯酸、花生烯酸甲酯),其中油酸含量最高。第三大类饱和脂肪酸及其脂类约占 13% (9-氧代-壬酸甲酯、辛二酸二甲酯、癸酸甲酯、壬二酸二甲酯、十三酸

甲酯、棕榈酸甲酯、花生酸甲酯、山嵛酸甲酯、十三烷酸、肉豆蔻酸、十五烷酸、棕榈酸、硬脂酸、花生酸、十五碳酸甲酯、十六碳酸甲酯、十七碳酸甲酯、十八碳酸甲酯、十九碳酸甲酯、二十碳酸甲酯),其中以棕榈酸和硬脂酸为主,而硬脂酸、花生酸、棕榈酸是护肤品中补水保湿的主要成分。同时发现,省沽油栽培种子中不饱和脂肪酸含量大于野生种子,饱和脂肪酸含量小于野生种子。相比于饱和脂肪酸,不饱和脂肪酸更容易被人体吸收,具有抗血栓、降胆固醇等调节功能。上述这些研究数据为省沽油种子油是优质的食用油及化妆品成分原料提供了支持。

1.5 不皂化物

省沽油种子油中含有既不被碱皂化也不溶于有机溶剂的不皂化物。不皂化物是植物油脂营养功能评价的重要部分,可以发挥抗氧化、抗炎、抗癌以及治疗心血管疾病等作用^[17-18]。贾春晓等^[19]采用超临界 CO_2 萃取省沽油种子,通过 GC-MS 鉴定出角鲨烯和维生素 E。方成武等^[20]应用色谱技术结合波谱学方法,从省沽油花蕾及嫩芽中分离得到 β -谷甾醇和胡萝卜苷。后期鉴定出更多种类不皂化物,包括 6 种植物甾醇类化合物(油菜甾醇、豆甾醇、8-羊毛甾烯-3-酮、 γ -谷甾醇、 α -谷甾醇、 β -谷甾醇、岩藻甾醇、胡萝卜苷)、3 种烯炔类化合物(角鲨烯、3-二十烯、1-二十二烯)、12 种烷烃类化合物(十七烷、十八烷、3-甲基-十七烷、二十烷、二十一烷、二十二烷、二十四烷、二十六烷、二十八烷、二十九烷、三十一烷、17 β -28-降藿烷)和 α -生育酚。角鲨烯有抗炎、抗菌及抗肿瘤等功效,省沽油中角鲨烯含量达 257.72 mg/kg ^[14],远高于大豆油、花生油、菜籽油等^[21]常见食用油。

除以上主要营养成分,省沽油还含有以钙、锌、钾为主的矿物质以及粗纤维、膳食纤维等^[8],具有开发为新食品原料的潜力。

1.6 酚类化合物及其抗氧化性

酚类化合物广泛存在于自然界中,表现出显著抗炎、抗菌、抗癌和抗氧化^[22-25]等生物活性。近年来清除自由基已成为抗氧化活性研究的重心,而多酚分子能通过其氢原子转移和单电子转移机制猝灭自由基来达到抗氧化效果^[26]。杨颖等^[5]从野生省沽油嫩芽和花蕾中分离得到酚酸。朱倩^[27]研究结果显示,省沽油叶片乙酸乙酯提取物总酚类物质含量高于氯仿提取物和省沽油属其他种植物的乙酸乙酯提取物。且其中总酚类物质含量与 DPPH 自由基清除活性呈正比。同时,乙酸乙酯和氯仿提取物中酚类物质含量均与清除过氧化亚硝酸盐活性有很好的相关性,但乙酸乙酯提取物活性更好。这些数据初步说明,省沽油多酚提取物可作为天然抗氧化剂的来源,对抗衰老、预防疾病有重要意义,可开发为高价值功能性食品。

1.7 黄酮类化合物

黄酮类化合物是植物中广泛存在的次级代谢产物,具有抗氧化、抗炎、抗菌等生理作用^[28]。省沽油的嫩叶、花蕾和种子中均含有黄酮类化合物,以芦丁计,新鲜嫩叶总黄酮含量为 232.03 mg/100 g,新鲜花蕾中含量为 260.07 mg/100 g^[8],高于枇杷叶 61.5 mg/100 g、枇杷花 38.7 mg/100 g 总黄酮含量^[29]。刘正祥等^[9]分别对安徽石台、河南桐柏、湖北大悟野生和人工栽培的省沽油种子总黄酮含量进行测定,结果显示同一产地野生种子总黄酮含量略高于栽培种子,不同产地栽培种子总黄酮含量差别不大。但至今少见省沽油黄酮提取物生物活性研究。

1.8 三萜类化合物及其神经保护活性

三萜类化合物由 6 个异戊二烯单元共 30 个碳原子组成,具有抗菌、抗肿瘤、调节免疫、抗病毒、降血糖等活性^[30-31]。方成武等^[20]应用色谱技术首次从省沽油花蕾及嫩芽提取物中分离鉴定出乌苏酸、熊果酸。Zhang 等^[32]采用红外光谱、核磁共振波谱、质谱技术,从省沽油花蕾甲醇提取物的石油醚部分鉴定得到 5 个已知五环三萜化合物:齐墩果酸、马斯里酸、常青藤皂苷元、熊果酸、4-epi-barbinervic acid 和 4 个以齐墩果酸为母体的新五环三萜化合物,分别是 3- β -O-palmitoyl-28-[6'-decanoyl- β -D-glucopyranosyl]-olean-12-en-28-oic acid (1 #)、3- β -O-palmitoyl-28-[6'-lauroyl- β -D-glucopyranosyl]-olean-12-en-28-oic acid (2 #)、3- β -O-palmitoyl-28-[6'-myristoyl- β -D-glucopyranosyl]-olean-12-en-28-oic acid (3 #)、3- β -O-palmitoyl-28-[6'-palmitoyl- β -D-glucopyranosyl]-olean-12-en-28-oic acid (4 #)。由于机体发生氧化应激反应时会生成过多过氧化氢从而损伤神经细胞,因此作者测试了所得 4 个新三萜糖苷对过氧化氢损伤的新生小鼠原代海马神经细胞的保护活性,发现在 10~100 μ mol/L 浓度区间,化合物的保护作用呈现 1 # > 2 # > 3 # > 4 #,并进一步推测三萜母体 C-28 位糖苷所成酯链的长度差异是这 4 个化合物体现不同神经细胞保护作用的原因。在相关知识产权方面,中国已有以省沽油为原料的精神治疗药物组合物发明专利^[33-34]。

1.9 其他

Morita 等^[35]从省沽油叶片中鉴定出一个新的 noreugenin 7-diglucoside,并将之命名为 staphylin。此外,还有学者从省沽油叶片分离得到 13 个大柱烷型单萜化合物^[36]和 3 个新的烯族多聚乙酰苷类化合物(E)-Hex-2-en-1-ol O- β -D-glucopyranosyl-(1'→6')- β -D-glucopyranoside、(Z)-Hex-3-en-1-ol O- β -apiofuranosyl-(1'→6')- β -D-glucopyranoside、(Z)-8-Hydroxyoct-5-enoic acid O- β -D-glucopyranoside^[37]。

2 开发应用现状

省沽油嫩芽和花蕾味道鲜美,且含有丰富的蛋白质、氨基酸、膳食纤维、维生素和矿物质等营养物质,因此是一种优质食用木本蔬菜,有“云雾山中菜”的美称^[1]。省沽油的传统食用方式是,农历 2 月下旬采摘新鲜嫩叶及花蕾,经沸水浸烫后加入佐料凉拌、炒肉食用,也可作为菜馅制成饺子、包子,炖肉或煲汤时还可以加入晒干或腌制的省沽油,使菜肴清香爽口。张都海等^[38]对省沽油嫩叶和花蕾进行高温短时漂烫、经三级降温、调味和冻干等处理后制成省沽油速食蔬菜,达到在延长保质时间和保留原始营养的同时满足色香味俱全的目的,受到当代快节奏生活越来越多消费者的青睐。唐志刚^[39]以珍珠花为原料经过杀青、摊晾、初烘、造型和足干后制成珍珠花茶,包装后售卖,提高了珍珠花茶的市场占有率。作为中国传统天然绿色食品,省沽油现已由华北地区推广至全中国,仅广州地区每年的消费量就超 100 t,出口韩国和日本的量更是超过 3 000 t^[1]。

省沽油作为一种优质的木本油料作物,其种仁出油率可达 63.31%,高于核桃仁出油率(45.2%)^[40],且油中不饱和脂肪酸以亚麻酸和亚油酸为主,亚麻酸、亚油酸含量比例优良(1:6)^[41]。贾春晓等^[42]采用超临界 CO₂ 萃取技术得到省沽油籽油,通过毒理学实验证实了籽油产品的安全性,并确定了其在水饺、汤圆等食品中的添加工艺及用量,为省沽油在食用油方面的开发提供了依据。

李怡阳等^[43]、张秀华^[44]、邵培财^[45]以省沽油为添加组分,研制出防治发烧、食道癌、ⅢA 型前列腺炎的中药组合物。以省沽油为原料还可配制成具有抗炎及精神治疗功能的药物组合物^[46-47]。截至 2021 年国内外共发布 14 项可起到抗炎、抗癌、神经保护等作用的省沽油组合物专利。随着生物活性研究的深入,省沽油在功能性食品和复方药方面的应用潜力将得到进一步开发。

3 结论与展望

省沽油是蛋白质、氨基酸、维生素、矿物质的优质来源,其种子油用价值高,因此显示了开发为植物类新食品原料的广阔前景。但省沽油相关科学研究和深入开发仍存在如下问题:①虽然省沽油被报道含多酚、黄酮和三萜类化合物等生物活性物质,但活性成分研究数据极不充分。例如尽管有些学者测得了其总黄酮含量,却没有鉴定出省沽油中黄酮化合物的具体种类。虽然开展了省沽油提取物抗氧化、降血糖、神经保护活性的研究,但缺乏作用机制探索。因此需加强省沽油中活性成分化学结构、生物作用机理及毒理学药理学研究,建立一套特定的食品安全检测及品质鉴定方法,为省沽油开发成功功能性食品提供科学依据。②传统省沽油食用产品单一,阻碍了其向全国推广,也限制了年轻人对它的消费。因此需

要丰富省沽油食品种类来提升消费者的喜爱度。例如,当代年轻人偏爱追求食物的美感,省沽油花朵洁白似珍珠,若以辅料形式添加到现代年轻人喜爱的果冻、果酱、罐头、酸奶、蜂蜜或糕点中,不仅能使省沽油产品富有美感,还可以丰富消费者的味觉体验。省沽油嫩叶、嫩芽及花蕾清香宜人,也可作为辅料加到奶茶、果茶、果酒等饮品中提升产品的口感层次。省沽油种子油不饱和脂肪酸含量高,亚油酸亚麻酸比例优良,可成为开发优质食用油的新原料。③ 省沽油种植遵从“绿色生产”理念,所得产品营养、经济价值高,故种植面积逐年增加,因此在加强省沽油成分及药理活性研究的基础上,还需拓展省沽油产品网销、直销等销售渠道,建立商品化、规模化深入开发模式,促进省沽油产业兴旺。

参考文献

- [1] 谭敦华. 发展珍珠花特色蔬菜, 助力贫困山区脱贫致富[J]. 长江蔬菜, 2020(18): 40-41.
TAN Dun-hua. Developing pearl flower characteristic vegetables to help poor mountainous areas get rid of poverty and become rich[J]. Journal of Changjiang Vegetables, 2020(18): 40-41.
- [2] 李瑞, 陆斌, 刘云, 等. 云南 17 种核桃仁氨基酸组成分析及营养价值评价[J]. 食品与机械, 2019, 35(1): 80-85, 180.
LI Rui, LU Bin, LIU Yun, et al. Amino acid composition analysis and nutritional value evaluation of 17 walnut kernels in Yunnan[J]. Food & Machinery, 2019, 35(1): 80-85, 180.
- [3] 杨新河, 吕帮玉, 田春元, 等. 珍珠花营养成分的测定[J]. 安徽农业科学, 2008(22): 9 601-9 602.
YANG Xin-he, LU Bang-yu, TIAN Chun-yuan, et al. Detection of nutritional components in *Staphylea bumalda*[J]. Journal of Anhui Agricultural Sciences, 2008(22): 9 601-9 602.
- [4] 刘英. 三七地上部分新食品原料开发研究[D]. 昆明: 昆明理工大学, 2015: 20.
LIU Ying. Research and development of the aerial part of *Panax notoginseng* as new resource food [D]. Kunming: Kunming University of Science and Technology, 2015: 20.
- [5] 杨颖, 王琨, 高仁杰, 等. 汉中 8 种野生食用植物成分分析与营养评价[J]. 陕西师范大学学报(自然科学版), 2013, 41(3): 98-103.
YANG Ying, WANG Kun, GAO Ren-jie, et al. Analysis chemical constituents and nutritional evaluation of eight wild edible plants in Hanzhong [J]. Journal of Shaanxi Normal University (Natural Science Edition), 2013, 41(3): 98-103.
- [6] 仲山民, 胡敏, 常银子, 等. 省沽油叶复合氨基酸提取工艺[J]. 林业科技开发, 2013, 27(1): 70-74.
ZHONG Shan-min, HU min, CHANG Yin-zi, et al. Extraction technology for compound amino acids from *Staphylea bumalda* DC. leaf[J]. China Forestry Science and Technology, 2013, 27(1): 70-74.
- [7] 郭妍. 辣木叶植物化学物质分析及体外生物活性研究[D]. 昆明: 昆明理工大学, 2018: 2.
GUO Yan. Analysis of phytochemicals from *Moringa oleifera* leaves and study on their biological activities in vitro[D]. Kunming: Kunming University of Science and Technology, 2018: 2.
- [8] 刘本同, 秦玉川, 张都海, 等. 省沽油可食用部位营养成分分析[J]. 浙江林业科技, 2018, 38(5): 27-32.
LIU Ben-tong, QIN Yu-chuan, ZHANG Du-hai, et al. Analysis of nutrient components in leaf and flower bud of *Staphylea bumalda*[J]. Journal of Zhejiang Forestry Science and Technology, 2018, 38(5): 27-32.
- [9] 刘正祥, 张华新, 俞海升, 等. 省沽油种子营养成分分析与评价[J]. 经济林研究, 2008(3): 68-73.
LIU Zheng-xiang, ZHANG Hua-xin, YU Hai-sheng, et al. Analysis and evaluation of nutrient components of *Staphylea bumalda* seeds[J]. Nonwood Forest Research, 2008(3): 68-73.
- [10] 周芳. 汉中山区山野菜资源调查及特色品种的营养成分分析与评价[D]. 临汾: 陕西师范大学, 2004: 52-57.
ZHOU Fang. Resource investigation to wild vegetables in Hanzhong district and analyse and evaluate for nutritional compositions of characteristic species[D]. Linfen: Shaanxi Normal University, 2004: 52-57.
- [11] 蔡新玲, 周米生, 张宗应, 等. 3 种不同长度、不同生长状态省沽油营养成分分析[J]. 安徽林业科技, 2021, 47(1): 23-25, 34.
CAI Xin-ling, ZHOU Mi-sheng, ZHANG Zong-ying, et al. Analysis on the nutrients of *Staphylea bumalda* tender stems in 3 lengths and 3 development periods[J]. Journal of Anhui Forestry Science and Technology, 2021, 47(1): 23-25, 34.
- [12] 孙海达, 龙昭航, 胡容, 等. 大方县猕猴桃营养成分分析与评价[J]. 现代食品, 2020(17): 158-161.
SUN Hai-da, LONG Shao-hang, HU Rong, et al. Analysis and evaluation of nutritive composition of Guichang Kiwifruit in Dafang county[J]. Modern Food, 2020(17): 158-161.
- [13] 王坤, 陈波, 桂略宁, 等. 超声辅助提取省沽油多糖工艺的优化及生物活性比较[J]. 食品科技, 2018, 43(10): 239-246.
WANG Kun, CHEN Bo, GUI Liu-ning, et al. Response surface methodology for optimization of extraction process and comparison of biological activities on *Staphylea bumalda* DC. polysaccharides[J]. Food Science and Technology, 2018, 43(10): 239-246.
- [14] 王衍彬, 秦玉川, 王丽玲, 等. 省沽油种仁油脂脂肪酸及不皂化物分析[J]. 中国油脂, 2018, 43(9): 121-124.
WANG Yan-bin, QIN Yu-chuan, WANG Li-ling, et al. Analysis of fatty acid and unsaponifiable matter in *Staphylea bumalda* seed oil[J]. China Oils and Fats, 2018, 43(9): 121-124.
- [15] 刘正祥, 张华新, 刘涛. 省沽油种子油脂分析与功能特性评价[J]. 林业科学, 2008(2): 48-54.
LIU Zheng-xiang, ZHANG Hua-xin, LIU Tao. Analysis and functional evaluation of *Staphylea bumalda* seed oil[J]. Scientia Silvae Sinicae, 2008(2): 48-54.
- [16] 李丽. 核桃多肽防治糖尿病物质基础及作用机制研究[D]. 武

- 汉: 武汉工程大学, 2016: 5.
- LI Li. Study on the material basis and mechanism of walnut polypeptide in the prevention and treatment of diabetes[D]. Wuhan: Wuhan University of Technology, 2016: 3.
- [17] RAMIN G, ALLISON R, JASON J, et al. Evaluation of the novel avocado/soybean unsaponifiable Arthrocen to alter joint pain and inflammation in a rat model of osteoarthritis[J]. PLoS One, 2018, 13(2): e0191906.
- [18] HARBELOUI H, DAKHLAOUI S, WANNES W A, et al. Does unsaponifiable fraction of grape seed oil attenuate nitric oxide production, oxidant and cytotoxicity activities[J]. Journal of Food Biochemistry, 2019, 43(11): e12940.
- [19] 贾春晓, 毛多斌, 杨靖, 等. 省沽油种子超临界 CO₂萃取物中角鲨烯和维生素 E 的 GC-MS 分析[J]. 天然产物研究与开发, 2007(2): 256-258, 289.
- JIA Chun-xiao, MAO Duo-bin, YANG Jing, et al. GC-MS analysis of squalene and vitamin E in supercritical CO₂ extract from *Staphylea bumalda* DC. Seed by GC-MS[J]. Natural Product Research and Development, 2007(2): 256-258, 289.
- [20] 方成武, 纪开明, 刘守金, 等. 省沽油嫩芽及花蕾的化学成分研究[J]. 中国中药杂志, 2009, 34(14): 1 867-1 868.
- FANG Cheng-wu, JI Kai-ming, LIU Shou-jin, et al. Studies on the chemical constituents of *Staphylea bumalda* DC. buds and flowers[J]. China Journal of Chinese Materia Medica, 2009, 34(14): 1 867-1 868.
- [21] 黎斌, 刘小羽, 俞璐萍, 等. 气相色谱-串联质谱法测定植物油中角鲨烯的含量[J]. 食品安全质量检测学报, 2020, 11(8): 2 385-2 392.
- LI Bin, LIU Xiao-yu, YU Lu-ping, et al. Determination of squalene in vegetable oil by gas chromatography-tandem mass spectrometry[J]. Journal of food safety and quality, 2020, 11(8): 2 385-2 392.
- [22] LIU Jie-qing, LIAN Chen-lei, HU Tian-yong, et al. Two new farnesyl phenolic compounds with anti-inflammatory activities from *Ganoderma duripora*[J]. Food Chemistry, 2018, 263(15): 155-162.
- [23] TAKO M, KEREKES E B, ZAMBRANO C, et al. Plant phenolics and phenolic-enriched extracts as antimicrobial agents against food-contaminating microorganisms [J]. Antioxidants, 2020, 9(2): 165.
- [24] VILKICKYTE G, RAUDONE L, PETRIKAITE V. Phenolic Fractions from *Vaccinium vitis-idaea* L. and their antioxidant and anti-cancer activities assessment[J]. Antioxidants, 2020, 9(12): 1 261.
- [25] 寇婷婷, 陈瑾, 范艳丽, 等. 马铃薯抗氧化活性成分研究[J]. 食品与机械, 2019, 35(12): 158-162.
- KOU Ting-ting, CHEN Jin, FAN Yan-li, et al. Study on antioxidant active components of potatoes[J]. Food & Machinery, 2019, 35(12): 158-162.
- [26] 黎海梅. 三类天然产物的抗氧化性及抑菌特性研究[D]. 广州: 暨南大学, 2018: 1-2.
- LI Hai-mei. Antioxidant and antibacterial properties of three natural products[D]. Guangzhou: Jinan University, 2018: 1-2.
- [27] 朱倩. 4 种省沽油属植物总酚类物质抗氧化活性的研究[J]. 中华中医药学刊, 2010, 28(5): 1 100-1 102.
- ZHU Qian. Study of total phenolic content and antioxidant activity in different fractions of four *Staphylea* L. species[J]. Chinese Archives of Traditional Chinese Medicine, 2010, 28(5): 1 100-1 102.
- [28] 张坤, 汪子翔, 吴莹莹, 等. 黄酮类化合物的提取分离方法研究进展[J]. 化工管理, 2021(26): 81-82.
- ZHANG Kun, WANG Zi-xiang, WU Ying-ying, et al. Research progress of extraction and separation method of flavonoids[J]. Chemical Enterprise Management, 2021(26): 81-82.
- [29] 蒋定文, 刘洁, 刘玉明, 等. 白沙枇杷叶、枇杷花三萜酸类和黄酮类含量的比较[J]. 现代中药研究与实践, 2015, 29(1): 13-16.
- JIANG Ding-wen, LIU Jie, LIU Yu-ming, et al. Comparison of triterpenic acids and flavonoids contents between the leaves and the flowers of white flesh loquat[J]. Research and Practice on Chinese Medicines, 2015, 29(1): 13-16.
- [30] ZHOU Meng, ZHANG Rong-hong, WANG Min, et al. Prodrugs of triterpenoids and their derivatives [J]. European Journal of Medicinal Chemistry, 2017, 131: 222-236.
- [31] YU Jin-hai, YU Zhi-pu, WANG Yin-yin, et al. Triterpenoids and triterpenoid saponins from *Dipsacus asper* and their cytotoxic and antibacterial activities[J]. Phytochemistry, 2019, 162: 241-249.
- [32] ZHANG Zheng-xi, FENG Kun, SUI Xian-jin, et al. New triterpenoids from *Staphylea bumalda* flower buds and their neuroprotective activity against H₂O₂-induced injury in vitro[J]. Archives of Pharmacal Research, 2018, 41(12): 1 162-1 169.
- [33] 治疗抑郁症的药物组合物: CN105560695A[P]. 2016-05-11.
- A pharmaceutical composition for the treatment of depression: CN105560695A[P]. 2016-05-11.
- [34] 一种治疗精神分裂症的药物组合物: CN105535065A[P]. 2016-05-04.
- A pharmaceutical composition for the treatment of schizophrenia: CN105535065A[P]. 2016-05-04.
- [35] MORITA N, SHIMIZU M, UCHIDA S. Component of the leaves of *Staphylea bumalda* DC.[J]. Yakugaku Zasshi Journal of the Pharmaceutical Society of Japan, 1968, 88(10): 1 311.
- [36] YU Qian, KATSUYOSHI M, HIDEAKI O, et al. Staphylionosides A—K: Megastigmane Glucosides from the Leaves of *Staphylea bumalda* DC.[J]. Chemical and Pharmaceutical Bulletin, 2005, 53(7): 800-807.
- [37] ETSUKO S, YU Qian, KATSUYOSHI M, et al. Three new olefinic acetogenin glycosides from leaves of *Staphylea bumalda* DC.[J]. Journal of Natural Medicines, 2009, 63(1): 61-64.
- [38] 张都海, 秦玉川, 王衍彬, 等. 一种省沽油速食蔬菜及其加工方法: CN106578001A[P]. 2017-04-26.
- ZHANG Du-hai, QIN Yu-chuan, WANG Yan-bin, et al. The invention relates to *Staphylea bumalda* DC. instant vegetable and a processing method thereof: CN106578001A[P]. 2017-04-26.
- [39] 唐志刚. 珍珠花茶的加工方法: CN108041232B[P]. 2021-06-11.
- TANG Zhi-gang. Processing method of *Staphylea bumalda* tea: CN108041232B[P]. 2021-06-11.

- [40] 祝兆帅, 王钰森, 毛吾兰, 等. 核桃油和核桃蛋白固体饮料中试工艺优化[J]. 农产品加工, 2018(19): 23-25, 29.
ZHU Zhao-shuai, WANG Yu-sen, MAO Wu-lan, et al. The optimization of pilot process of walnut oil and walnut protein solid drink[J]. Farm Products Processing, 2018(19): 23-25, 29.
- [41] 贾春晓, 毛多斌, 孙晓丽, 等. 省沽油种子油中亚麻酸、亚油酸的分析[J]. 营养学报, 2004(5): 410-411.
JIA Chun-xiao, MAO Duo-bin, SUN Xiao-li, et al. Analysis of linolenic acid and linoleic acid in Staphylea bumalda DC. Seed oil[J]. Acta Nutrimenta Sinica, 2004(5): 410-411.
- [42] 贾春晓. 新天然功能食品原料省沽油籽油的开发和应用研究[Z]. 河南省, 郑州轻工业学院, 2004-09-30.
JIA Chun-xiao. Study on the development and application of new natural functional food raw material oil for Staphylea bumalda DC.[Z]. Henan Province, Zhengzhou Institute of Light Industry, 2004-09-30.
- [43] 李怡阳, 李杨, 李兵锁, 等. 一种治疗发烧的中药组合物及其制备方法: CN109364211A[P]. 2019-02-22.
LI Yi-yang, LI Yang, LI Bing-suo, et al. The invention relates to a traditional Chinese medicine composition for treating fever and a preparation method thereof: CN109364211A[P]. 2019-02-22.
- [44] 张秀华. 一种防治食道癌的药物组合物及其制备方法: CN106038899A[P]. 2016-10-26.
ZHANG Xiu-hua. The invention relates to a pharmaceutical composition for preventing and treating esophageal cancer and a preparation method thereof: CN106038899A[P]. 2016-10-26.
- [45] 邵培财. 一种治疗ⅢA型前列腺炎的药物组合物及其制备方法: CN105287916A[P]. 2016-02-03.
SHAO Pei-cai. The invention relates to a pharmaceutical composition for treating type Ⅲ A prostatitis and a preparation method thereof: CN105287916A[P]. 2016-02-03.
- [46] 用于治疗牙周炎的药物组合物: CN106620270A[P]. 2017-05-10.
A pharmaceutical composition used in the treatment of periodontitis: CN106620270A[P]. 2017-05-10.
- [47] 一种治疗精神分裂症的药物组合物: CN105535065A[P]. 2016-05-04.
A pharmaceutical composition for the treatment of schizophrenia: CN105535065A[P]. 2016-05-04.
-
- (上接第 185 页)
- [46] TIAN Yi, CUI W, WANG M, et al. Functional and structural properties of micronized dietary fiber powder extracted from peel and pomace of jincheng sweet oranges (Citrus sinensis L. Osbeck cv. Jincheng)[J]. Food Science, 2019, 40(10): 8-14.
- [47] 潘思轶, 范传会, 王鲁峰, 等. 一种碱解法制备柑橘低酯果胶的方法: CN104945536A[P]. 2015-09-30.
PAN Si-yi, FAN Chuan-hui, WANG Lu-feng, et al. A method for preparation of citrus low ester pectin by alkaline hydrolysis: CN104945536A[P]. 2015-09-30.
- [48] 潘思轶, 张珊珊, 胡海娟, 等. 一种分子量为 2 000~3 000 Da 的果胶低聚糖制备方法: CN106832048B[P]. 2019-05-28.
PAN Si-yi, ZHANG Shan-shan, HU Hai-juan, et al. The invention relates to a preparation method of pectin oligosaccharide with molecular weight of 2 000~3 000 Da: CN106832048B[P]. 2019-05-28.
-
- (上接第 204 页)
- [52] NING W, WANG S, LIU D, et al. Potent effects of peracetylated (—)-epigallocatechin-3-gallate against hydrogen peroxide-induced damage in human epidermal melanocytes via attenuation of oxidative stress and apoptosis[J]. Clinical & Experimental Dermatology, 2016, 41(6): 616-624.
- [53] MARKEL U, ESSANI K D, BESIRLIOGLU V, et al. Advances in ultrahigh-throughput screening for directed enzyme evolution[J]. Chemical Society Reviews, 2020, 49(1): 233-262.
- [54] COONEY M J. Kinetic measurements for enzyme immobilization[J]. Methods in Molecular Biology (Clifton, N. J.), 2011, 679: 207-225.
- [55] CHENG H, LI S Q, WANG S D, et al. A new catechol biosensor immobilized polyphenol oxidase by combining electropolymerization and cross-linking process [J]. International Journal of Polymeric Materials & Polymeric Biomaterials, 2013, 62(12): 620-626.
- [56] SHARMA K, BARI S S, SINGH H P. Biotransformation of tea catechins into theaflavins with immobilized polyphenol oxidase[J]. Journal of Molecular Catalysis B Enzymatic, 2009, 56(4): 253-258.
- [57] ZENG J, DU G, SHAO X, et al. Recombinant polyphenol oxidases for production of theaflavins from tea polyphenols[J]. International Journal of Biological Macromolecules, 2019, 134: 139-145.
- [58] LEI S C, XIE M H, HU B, et al. Effective synthesis of theaflavin-3, 3'-digallate with epigallocatechin-3-O-gallate and epicatechin gallate as substrates by using immobilized pear polyphenol oxidase[J]. International Journal of Biological Macromolecules, 2017, 94: 709-718.