

DOI: 10.19812/j.cnki.jfsq11-5956/ts.20231230001

文冠果食药资源的开发与应用研究进展

梁子龙¹, 陆健康^{1,2}, 张春兰^{1,2}, 王伟华^{1,2*}

(1. 塔里木大学食品科学与工程学院, 阿拉尔 843300; 2. 新疆特色农产品深加工兵团重点实验室, 阿拉尔 843300)

摘要: 文冠果是我国独有的珍贵木本类油料树种兼药用植物, 在食品、医药、生态、人文等领域具有较大的研究价值和发展潜力。文冠果研究部位主要涉及到文冠果的种子、叶、花、果壳和茎木; 化学成分主要包括蛋白质、脂肪酸、黄酮类、三萜类、植物甾醇和香豆素类; 功能活性主要包括抗氧化及抑菌、抗肿瘤及抗病毒、改善记忆及神经保护、抗炎症、抗肥胖及降血脂、免疫调节等。由于文冠果种类差异大、野生种坐果率低、知名度小等原因, 导致对文冠果的研究不深入、不全面, 其资源没有得到较好的开发利用, 目前国家大力支持木本油料发展, 因此发展文冠果及其产业意义深远。文章综述了文冠果各部位的研究现状、化学成分、功能活性、在食品和医药方面的应用, 以期对文冠果的研究、开发和应用提供参考。

关键词: 文冠果; 食药物质; 资源开发; 化学成分; 功能活性

Research progress in the development and application of *Xanthoceras sorbifolia* Bung's food and drug resources

LIANG Zi-Long¹, LU Jian-Kang^{1,2}, ZHANG Chun-Lan^{1,2}, WANG Wei-Hua^{1,2*}

(1. College of Food Science and Engineering, Tarim University, Alar 843300, China; 2. Production & Construction Group Key Laboratory of Special Agricultural Products Further Processing in Southern Xinjiang, Alar 843300, China)

ABSTRACT: *Xanthoceras sorbifolia* Bung is a precious woody oil tree species and medicinal plant unique to China, with great research value and development potential in the fields of food, medicine, ecology and humanities. The parts of the study of *Xanthoceras sorbifolia* Bung are mainly concerned with the seeds, leaves, flowers, husks and stem wood of *Xanthoceras sorbifolia* Bung; the chemical composition mainly include proteins, fatty acids, flavonoids, triterpenoids, phytosterols and coumarins; functions mainly includes antioxidant and antibacterial, anti-tumor and anti-virus, memory improvement and neuroprotection, anti-inflammation, anti-obesity and lipid-lowering, and immunomodulation. Due to the big difference of *Xanthoceras sorbifolia* Bung species, low fruiting rate of wild species, small popularity and other reasons, resulting in *Xanthoceras sorbifolia* Bung research is not yet in-depth, not comprehensive, and its resources have not been better exploited and utilized. Moreover, China is now strongly supporting the development of woody oil plants, so the development of *Xanthoceras sorbifolia* Bung and its industry is of great significance. The article comprehensively described the current research status, chemical composition, functional activities, and applications in food and medicine of various parts of *Xanthoceras sorbifolia* Bung, with a view to providing reference for the research, development and application of *Xanthoceras sorbifolia* Bung.

基金项目: 兵团科技创新人才计划项目(2023CB009-05)

Fund: Supported by the Corps Science and Technology Innovation Talent Program Project (2023CB009-05)

*通信作者: 王伟华, 博士, 教授, 主要研究方向为食品营养与安全。E-mail: wangweihua6688@163.com

*Corresponding author: WANG Wei-Hua, Ph.D, Professor, Tarim University, No.1188, Junken Avenue, Alar 843300, China. E-mail: wangweihua6688@163.com

KEY WORDS: *Xanthoceras sorbifolia* Bunge; medicine and food homology; resource exploitation; chemical constituent; functional activity

0 引言

文冠果(*Xanthoceras sorbifolia* Bunge)属于无患子科(Sapindaceae)文冠果属(*Xanthoceras*)小乔木或落叶乔木^[1], 又称文官果、木瓜、温旦葶子、僧灯毛道, 是我国特有的木本类珍稀油料树种^[2], 在我国华北、东北、西北地区均广泛分布, 以甘肃、内蒙古、陕西一带较为集中。文冠果属于多功能树种, 具有较高的食用价值和药用价值^[3]。文冠果因与油茶具有种仁油脂含量高, 不饱和脂肪酸含量丰富的相同特点, 且脂肪酸种类与油茶相似, 而被称为“北方油茶”^[4]。上世纪中叶我国提出“南油茶, 北文冠”的思路发展木本油料, 至今, 油茶已经形成一定的产业规模, 而文冠果尚处于原始阶段, 因此文冠果资源的开发利用具有较大的空间。文冠果各部位均有一定的利用价值, 其种子、叶、花、果壳、茎木具有较高的利用价值。文冠果种子去除种皮后得到形如田螺的种仁, 生长早期种仁可鲜食, 口味甘甜且具有独特的香味, 在种子成熟或接近成熟时种仁味道则变得微苦。文冠果种仁油含有以油酸和亚油酸为主的不饱和脂肪酸, 此外还含有 3% 左右的神经酸^[5-6], 神经酸是现阶段发现的唯一能疏通和修复受损大脑神经纤维, 并促进神经细胞再生的物质, 而人体主要通过摄食获取神经酸, 现阶段仅开发出了为数不多的神经酸食品。文冠果种仁含有大量的蛋白质(31%~37%), 因此文冠果种仁被视为重要的植物蛋白来源^[7]。文冠果种仁榨油后的油粕含有丰富的优质植物蛋白, 但现阶段主要被加工成饲料, 较为浪费, 未充分利用文冠果资源, 以文冠果油粕为原料提取蛋白质或制成文冠果肽并应用到食品行业将提高文冠果资源开发利用的附加值。文冠果的嫩叶是生产保健类茶产品的优良原料^[8], 文冠果叶含有铁、锰、锌等人体所需的微量元素, 其蛋白质含量在 20% 左右, 高于红茶。文冠果花不仅具有较高的观赏价值, 还可以加工成花茶, 但与文冠叶茶香味有所不同, 文冠果花茶主要的挥发性物质为芳樟醇, 而文冠果叶茶的主要香气成分为松油醇^[9-10]。文冠果花富含锌、磷、钾、铁、镁、钙等矿物质, 是较好的花茶原料, 还可以进一步开发利用使其成为花卉食品, 如文冠果鲜花饼、文冠果花茶冻等。文冠果果实由果壳和种子两部分组成, 果壳重量约占果实的二分之一, 文冠果果壳具有抗肿瘤、抗阿尔茨海默病、改善记忆力等生物活性^[11], 此外, 文冠果果壳可以作为天然免疫调节剂和抗氧化剂的新来源^[12]。文冠果的枝条和茎干燥之后成为药材文冠木, 蒙药称为“西拉·森登”, 文冠木是蒙医药方中常见到的一种药材^[13], 含有多种活性成分, 其中黄酮

类成分杨梅素、二氢杨梅素、表没食子儿茶素、没食子酸酯和槲皮素含量较高^[14]。文冠木现已发现的功效有祛风、消肿、止痛和化痰, 我国内蒙地区用其治疗风湿类疾病由来已久^[15], 此外, 文冠木提取物可以使胶原诱导性关节炎大鼠新生血管的生成有效减少^[16], 为文冠木能够有效治疗类风湿关节炎提供了客观依据。

文冠果具有较高的开发利用价值, 但由于其品种差异大、野生种坐果率低、知名度不够等原因没有得到较好的开发利用, 2023 年中央一号文件《中共中央 国务院关于做好 2023 年全面推进乡村振兴重点工作的意见》中提出了支持木本油料发展, 因此文冠果资源的开发利用和科学研究应受到重视。本文对文冠果的化学成分和功能性研究以及在食品和医药方面的应用情况进行了综述, 以期为后续文冠果资源的开发利用和科学研究提供理论参考。

1 文冠果化学成分

文冠果树龄可达 2000 年, 被称为“铁杆庄稼”, 其含有多种可应用于食品、药品和保健品领域的化学成分, 主要包括蛋白质、脂肪酸、黄酮类和三萜类化合物, 此外还有植物甾醇、香豆素类等。

1.1 蛋白质

文冠果种仁含有丰富的蛋白质, 其含量占比约为 30%, 与报道的向日葵蛋白质含量相近, 而脱脂后的文冠果种仁粕含有 60% 以上的蛋白质。文冠果蛋白质氨基酸占比较高, 高达 49%, 超过大豆蛋白质的氨基酸占比^[17], 主要的氨基酸为谷氨酸 + 谷氨酰胺、天冬氨酸 + 天冬酰胺、精氨酸, 占氨基酸总量的 43%。文冠果种仁蛋白质中含有 17 种氨基酸, 包含成人所需的 8 种必需氨基酸, 其中亮氨酸、赖氨酸和异亮氨酸含量丰富, 分别占氨基酸总量的 7.8%~7.9%、4.3% 左右和 4.5%~4.7%^[18], 通过氨基酸评分得知, 甲硫氨酸为文冠果蛋白的第一限制氨基酸^[19]。通过对文冠果蛋白进行组分提取, 发现文冠果蛋白由清蛋白、球蛋白、醇溶蛋白以及谷蛋白组成, 且蛋白的亚基分子量主要分布在 20~60 kDa。文冠果蛋白体外消化模拟结果优于大豆分离蛋白^[19], 证明文冠果蛋白可能是一种易被机体消化吸收的潜在优质蛋白。研究表明文冠果种仁蛋白在食品和医疗保健领域可能有较好的前景。

1.2 脂肪酸

脂质在人体的生长和代谢发挥着重要的作用, 包括代谢调节、能量储存和促进脂溶性维生素吸收等^[20], 脂质在食品的香味、质地和适口性等方面也具有积极作用。文

冠果种仁含有丰富的文冠果油, 占比可达 60%, 通常使用机械压榨法、超声提取法、微波辅助提取法、索氏提取法、热盐水法、超临界 CO₂ 萃取法和酶法提取文冠果油, 并通过气相色谱-质谱联用法分析其总脂肪酸的组成。文冠果油的主要成分为脂肪酸, 占 95% 左右, 由表 1 可知文冠果油主要脂肪酸为亚油酸、油酸、棕榈酸、花生烯酸等, 同时表明文冠果脂肪酸主要由不饱和脂肪酸组成, 占脂肪酸总量的 85%~93%, 此外, 单不饱和和长链脂肪酸含量高和不稳定的亚麻酸含量低是文冠果种仁脂肪酸的显著特点^[7]。文冠果种仁油中含有一种具有特殊功能的不饱和脂肪酸——神经酸, 神经酸可以对受损神经纤维进行修复并促使神经细胞再生^[27], 还可以改善记忆力、预防老年痴呆和大脑老化, 并且对婴儿大脑的早期发育有重要的作用^[28]。

表 1 文冠果油中主要脂肪酸及含量
Table 1 Main fatty acids and content in *Xanthoceras sorbifolia* Bung oil

名称	简称	含量/%	参考文献
C16:0	棕榈酸	1.97~7.36	[21-22]
C18:0	硬脂酸	1.60~3.62	[22]
C18:1	油酸	26.44~35.14	[22-23]
C18:2	亚油酸	34.97~55.32	[21,24]
C18:3	亚麻酸	0.10~7.00	[22]
C20:1	花生烯酸	2.24~8.01	[21,24]
C22:1	芥酸	6.00~12.00	[25-26]
C24:1	神经酸	1.28~5.87	[22,26]

1.3 黄酮类

黄酮类化合物属于多酚类化合物, 在文冠果中含有丰富的黄酮类物质, 主要存在于茎和叶等部位, 其茎总黄酮含量可达 72 mg/g, 叶总黄酮含量达 29 mg/g。由于文冠果茎和叶黄酮含量丰富, 而被分别作为蒙药和代用茶使用, 民间有用文冠果叶治疗糖尿病和风湿症的记录^[29]。黄酮作为茎、叶的主要有效成分包括二氢黄酮、黄酮醇、黄烷等亚类母核结构, 二氢黄酮类是文冠果黄酮的重要组成, 较早的从文冠果中分离鉴定出来, 是文冠果免疫调节功能的主成分之一^[30]。文冠果的茎或枝条可制成药材文冠木, 文冠木提取物的正丁醇层和醋酸乙酯层可以分离鉴定出 12 种黄酮类化合物^[31], 此外, 以杨梅素为对照品通过紫外分光光度法测得文冠木的总黄酮质量分数为 14.62~39.93 mg/g^[32]。为探究文冠果地面以上各部位黄酮分布情况, 以芦丁为指标通过分光光度法测得文冠果地面以上部位中文冠果茎黄酮成分含量最高^[33]。

1.4 三萜类

三萜类是以 30 个碳原子为主链的萜烯类化合物, 是苷或酯以糖的结合态或游离态存在于植物中。报道中, 三

萜类表现出抗肿瘤、抗神经炎症、抗菌、抗肥胖和抗过敏等活性^[34]。三萜类是文冠果主要活性成分之一。近年来, 为寻找新的天然三萜类化合物作为抗癌药, 文冠果各部位的三萜化合物被系统地研究。目前已从文冠果中分离鉴定出近 200 种三萜类化合物^[35], 其主要存在于文冠果的果壳和果柄中, 文冠果三萜的母核结构主要是玉蕊醇型, 此外还有甘遂烷型、羊毛脂烷型、羽扇豆烷型、环阿屯烷型^[36]。

1.5 植物甾醇

植物甾醇多存在于植物油、种子和坚果, 是一类有益于机体的生物活性成分, 其降低低密度脂蛋白、胆固醇和血脂的功效较为突出, 且具有消炎退热、延缓衰老、免疫调节、抗肿瘤、抗氧化等多种生理功能。从文冠果仁中提取的甾醇能够杀死菌体或影响其生长代谢, 表现出较好的抑菌性^[37]。文冠果中的主要甾醇有豆甾醇、 β -谷甾醇、胆甾醇、菜油甾醇等, 文冠果油总甾醇的含量为 91.39~166.15 mg/100 g, 文冠果油中提取总甾醇的最优条件为: 乙酸乙酯用量 200 mL、皂化温度 67°C、料液比 1:5 (g/mL)、皂化时间 2 h, 最优条件下提取的总甾醇中豆甾醇和谷甾醇的占比达到 85.31%~90.98%, 豆甾醇是甾体激素合成的前体物质, 可用来生产孕酮和黄体酮, β -谷甾醇的功效与雌激素极其相似, 可以影响机体内睾酮的含量^[38]。刘玉兰等^[22]对不同产地生产的文冠果冷榨油甾醇含量进行了探究, 结果如表 2, 文冠果油甾醇总量会因原料产地不同而有一定的差异, 探究的 6 个省份中, 河南文冠果油甾醇总量最低, 内蒙文冠果油甾醇总量最高, 可能是文冠果品种不同、气候条件等原因造成的。

表 2 不同产地文冠果冷榨油中甾醇含量(mg/100 g)
Table 2 Sterol content in cold-pressed oil of *Xanthoceras sorbifolia* Bung of different origins (mg/100 g)

油样	豆甾醇	谷甾醇	菜油甾醇	谷甾烷醇	总量
甘肃冷榨油	81.07	40.16	1.41	10.77	133.42
内蒙冷榨油	106.07	40.56	5.22	14.29	166.15
辽宁冷榨油	79.06	38.18	2.65	17.55	137.44
山东冷榨油	54.82	36.55	0.84	13.03	105.23
河南冷榨油	57.75	25.39	0.93	7.31	91.39
河北冷榨油	76.99	37.58	2.05	12.69	129.31

1.6 香豆素类

香豆素类是一种广泛存在于植物界具有芳香味的天然化合物。在临床上, 香豆素表现出较好的抗肿瘤、抗病毒、抗菌和神经保护等效果, 但香豆素可能对肝肾具有一定的潜在毒性作用。文冠果中含有香豆素, 香豆素主要存在于文冠果的花、叶和壳中, 从文冠果中分离提取出的香豆素主要包括七叶内酯、秦皮素、秦皮苷、东莨菪素、异东莨菪素、花椒毒素、异秦皮啶等^[30]。

2 功能活性

2.1 抗氧化及抑菌

文冠果中的皂苷、植物甾醇等成分具有抗氧化和抑菌的作用。文冠果壳提取的总皂苷对 2,2-联氮-二(3-乙基-苯并噻唑-6-磺酸)二铵盐阳离子自由基和 1,1-二苯基-2-苦基肼(1,1-diphenyl-2-picrylhydrazyl, DPPH)自由基具有较好的清除能力以及 Fe^{2+} 螯合能力^[39]。此外,文冠果壳乙酸乙酯萃取物对地衣芽孢杆菌、肺炎克雷伯菌以及金黄色葡萄球菌表现出明显的抑制性^[40]。文冠果仁蛋白是由清蛋白、球蛋白、醇溶蛋白以及谷蛋白组成,其中相对分子质量 <5 kDa 的清蛋白和球蛋白的酶解产物分别对 DPPH 自由基和羟自由基具有较强的清除能力^[41]。文冠果油中的植物甾醇具有良好的抑菌效果,赵茜茜^[42]研究发现文冠果植物甾醇对枯草芽孢杆菌、大肠杆菌、金黄色葡萄球菌及鼠伤寒沙门氏菌具有抑制性,且对后两者有更好的抑制效果。

2.2 抗肿瘤及抗病毒

文冠果中的皂苷和三萜具有抗肿瘤的活性,文冠果仁总皂苷可以利用磷脂酰肌醇 3-激酶(phosphatidylinositol 3-kinase, PI3K)/蛋白激酶 B (protein kinase B, Akt)信号通路诱导 HepG2 人肝癌细胞发生凋亡^[43]。此外,文冠果皂苷 E 钠盐抗肿瘤验证实验中发现其具有一定的抗乳腺癌作用^[44]。文冠果还具有抗病毒作用,文冠木的甲醇提取物能够削弱(human immunodeficiency virus type 1, HIV-1)蛋白酶的活性^[45]。

2.3 改善记忆及神经保护

文冠果总皂苷具有改善学习和记忆障碍以及神经保护的作用。研究表明,文冠果壳总皂苷可能能够通过胆碱能系统缺陷、突触损伤和氧化应激损伤的保护作用实现对学习和记忆障碍的显著改善^[46]。此外,通过对模型小鼠进行 Y 迷宫、Morris 水迷宫等实验,发现分离的文冠果三萜能够明显改善模型小鼠的学习和记忆障碍^[47]。文冠果油含有丰富的神经酸,神经酸具有神经保护作用,例如神经酸具有针对帕金森病的神经保护能力,其机制为通过调节多巴胺能系统和氧化应激实现对帕金森病小鼠运动障碍的改善^[48]。诸多研究表明,文冠果具有开发帕金森病和阿尔茨海默病新药的潜在价值。

2.4 抗炎症

文冠果中的部分活性成分具有抗炎症的作用。槲皮素 3-O- β -D-葡萄糖苷、儿茶素、4-O- β -D-glucopyranosyl-trans-p-coumaric acid 和丁香树脂酚-4-O- β -D-葡萄糖苷是文冠果抗神经炎活性的主要成分^[49],且 4 种活性成分在脂多糖诱导的小鼠小胶质细胞中抗炎症作用明显优于对照组米诺环素。此外,文冠果提取物可能通过激活核因子-红细胞 2 相关因子 2 (nuclear factor erythroid 2-related factor-2,

Nrf-2)/血红素氧合酶 1 (heme oxygenase-1, HO-1)通路和抑制核因子 κ B (nuclear factor kappa-B, NF- κ B)/活性氧(reactive oxygen species, ROS)通路实现预防和血管炎症有关的并发症^[50]。

2.5 抗肥胖及降血脂

文冠果叶提取物具有抗肥胖以及降低血脂的功能。研究表明文冠果叶总皂苷具有显著的减肥降脂功效,其机制为降低甘油三酯和胆固醇含量,抑制胰脂肪酶活力,从而加快脂肪的代谢^[51-52]。此外,文冠果茶提取物能够显著改善高血脂模型小鼠的血脂水平、脂肪细胞因子脂联素和瘦素水平,其机制可能是文冠果茶提取物影响了维生素 B6、甘油磷脂、烟酰胺及烟酸 4 种物质的代谢^[8,53]。

2.6 免疫调节

关于文冠果免疫调节方面的研究鲜有报道。陆昕等^[54]探究了文冠果蛋白在免疫调节方面的表现,结果显示文冠果蛋白灌胃高剂量组 5.00 g/(kg·bw)小鼠在体液免疫、细胞免疫、单核吞噬细胞 3 个方面功能性与对照组的差异均有统计学意义,且血清学检测表明文冠果蛋白可以升高血清中干扰素- γ 和降低血清中血清白细胞介素-6。此外,通过探究发酵文冠果叶对肉兔免疫功能的影响,发现喂养发酵文冠果叶肉兔组的血清免疫球蛋白 G 和血清免疫球蛋白 A 含量、脾脏指数、血液白细胞计数较对照组和喂养未发酵文冠果叶组均有显著提高^[55]。这些研究表明文冠果在免疫调节方面的研究与开发具有较大的潜在空间。

2.7 其他功能活性

文冠木提取物具有抗衰老作用,从文冠木中分离出的槲皮素、金圣草黄素、山柰酚等化合物可通过丝裂原激活蛋白激酶(mitogen-activated protein kinase, MAPK)、PI3K/Akt 等信号通路并作用于多个核心靶标从而实现抗衰老^[13]。文冠果花提取物可以在细胞水平上抑制良性前列腺增生细胞的增生,在动物水平上可改善睾酮诱导的良性前列腺增生大鼠模型的病理状态^[56]。通过文冠果叶正丁醇萃取物对原发性高血压大鼠进行体内实验,结果显示,低、中、高剂量组较阴性对照组原发性高血压大鼠的平均压、舒张压和收缩压均显著降低^[57]。此外,文冠木中的杨梅素具有抗凝血作用,目前临床上主要通过阿司匹林和潘生丁针剂实现抗凝血,而文冠木中提取的杨梅素抑制血小板聚集的表现优于阿司匹林和潘生丁针剂。

3 应用

文冠果种仁的含油量高达 60%,可以生产高级食用油,文冠果油含有 90% 以上的不饱和脂肪酸,其中以油酸和亚油酸为主,文冠果油具有多种功能活性,且急性毒性试验、遗传毒性试验、亚急性毒性试验以及致畸试验均表明

文冠果油具有食用安全性^[58-59],此外,国家粮食和物资储备局2019年发布并实施了文冠果油的行业标准——LS/T 3265—2019《文冠果油》,为文冠果油产品质量与安全提供了保障。目前市面上有多种文冠果油产品以及富含神经酸的文冠果油凝胶糖果。我国西北部分地区有长期饮用文冠果茶的习惯^[60],而国家卫生健康委2023年第5号公告也将文冠果茶同文冠果种仁列入了新食品原料的名录。已有研究表明文冠果茶具有祛湿、止血、利尿、降低胆固醇和血脂的作用,此外有研究报道文冠果叶可以作为天然的抑菌剂和抗氧化剂应用到食品和保健品等领域^[61],如以文冠果叶茶粉、奶粉等为原料可以制备出一款能抑制金黄色葡萄球菌和大肠杆菌生长的文冠果奶茶片^[62]。以文冠果油和文冠果茶粉等作为原料可以制作出具有文冠果香味的饼干^[63],以调配文冠果花作为馅料可以制作出一款鲜香酥脆的文冠果鲜花饼^[64]。利用文冠果籽粕可以制备出一种具有抗氧化性和文冠果风味的低苦涩味的多肽口服液^[65],此外,通过酶解文冠果蛋白可以得到体外实验具有显著抑制血管紧张素转化酶活性的文冠果多肽^[66]。以从文冠果油中提取的亚油酸为主要成分的中药“益寿宁”在调控血压血脂方面有较好的作用^[29],文冠果种仁油因作为食用油且具有多种药理功能而被视为潜在的药食同源功能性用油。以文冠果种子的提取物为主要原料的药物“遗尿停胶囊”和“文冠果子仁霜”在治疗老年尿不净和幼儿功能性遗尿均有明显的效果^[67]。文冠木是蒙药森登-4的主要原料之一,因其在抗炎镇痛等方面表现较好而被广泛应用^[68],将其制成丸剂再与其他中成药配用可治疗牛皮癣等皮肤病^[35]。此外,以文冠木为主要原料制作的软膏和贴膏在治疗神经性皮炎和风湿性关节炎等方面效果较好。

4 结束语

文冠果作为我国独有的木本油料树种,具有巨大的食用价值和药用价值,但由于种类差异大、野生种坐果率低、知名度小和历史因素的原因,导致对文冠果的研究还不深入、不全面,其资源没有得到较好的开发利用。应用范围也较窄,食品领域的应用主要体现在文冠果油和文冠果茶,医药领域的应用主要体现在蒙药的一些药方,文冠果在食品行业和医药行业的研究与应用还有巨大的潜在空间。我国每年有较大的食用油和蛋白质缺口,文冠果作为木本粮油树种不占用粮田,具有优势和潜力,因此大力发展文冠果及其相关产业能有效缓解这一问题。

参考文献

- [1] 陈方会,杜俊民,张芳荣,等.文冠果油神经酸乙酯对脱髓鞘小鼠脂肪酸、血脂的影响[J].食品安全质量检测学报,2024,15(2):235-242.
CHEN FH, DU JM, ZHANG FR, et al. Effect of ethyl nervonic acid from *Xanthoceras sorbifolia* Bunge oil on fatty acids, blood lipid of demyelinating

- mice [J]. J Food Saf Qual, 2024, 15(2): 235-242.
- [2] ZHOU QY, LIU GS. The embryology of *Xanthoceras* and its phylogenetic implications [J]. Plant Syst Evol, 2012, 298(2): 457-468.
- [3] 姚瑞瑶.文冠果中活性物质提取工艺及应用研究[D].兰州:兰州理工大学,2022.
YAO RY. Study on extraction technology and application of active substances from *Xanthoceras sorbifolium* Bunge [D]. Lanzhou: Lanzhou University of Technology, 2022.
- [4] 周庆源.既可做油又可做茶的真正“北方油茶”——文冠果[J].生命世界,2023,(10):1.
ZHOU QY. The real “northern oleifera” which can be used as both oil and tea-*Xanthoceras sorbifolium* Bunge [J]. Lifeworld, 2023, (10): 1.
- [5] LIANG Q, FANG H, LIU J, et al. Analysis of the nutritional components in the kernels of yellowhorn (*Xanthoceras sorbifolium* Bunge) accessions [J]. J Food Compos Anal, 2021, 100: 103925.
- [6] LANG Y, SUN Y, FENG Y, et al. Recent progress in the molecular investigations of yellow horn (*Xanthoceras sorbifolia* Bunge) [J]. Bot Rev, 2020, 86(2): 136-148.
- [7] VENEGAS-CALERÓN M, RUÍZ-MÉNDEZ MV, MARTÍNEZ-FORCE E, et al. Characterization of *Xanthoceras sorbifolium* Bunge seeds: Lipids, proteins and saponins content [J]. Ind Crop Prod, 2017, 109: 192-198.
- [8] 塔娜.基于代谢组学和网络药理学分析文冠果茶提取物对高脂饮食诱导高脂血症小鼠的降血脂作用机制[D].通辽:内蒙古民族大学,2023.
TA N. Study on the ameliorative effects of *Yellowhorn* tea extract on hyperlipidemia in mice induced by high fat diet based on metabolomics analysis and network pharmacology [D]. Tongliao: Inner Mongolia Minzu University, 2023.
- [9] 胡杨.文冠果营养及活性成分的研究[D].呼和浩特:内蒙古农业大学,2020.
HU Y. Studies on the nutritional and bio-activ components in *Xanthoceras sorbifolium* Bunge [D]. Hohhot: Inner Mongolia Agricultural University, 2020.
- [10] 陈金华,谭斌,黄建安.文冠果茶与文冠果金花散茶的香气分析[J].食品安全质量检测学报,2020,11(13):4332-4339.
CHEN JH, TAN B, HUANG JAN. Analysis of aroma components in *Xanthoceras sorbifolium* leaf tea and *Xanthoceras sorbifolium* leaf Jinhua tea [J]. J Food Saf Qual, 2020, 11(13): 4332-4339.
- [11] 王志玲,张家兴,王晓瞳,等.文冠果果壳提取物对植物病原菌的抑菌活性[J].山西农业大学学报(自然科学版),2020,40(1):51-58.
WANG ZL, ZHANG JX, WANG XT, et al. Inhibitory effects of fruit shell extracts of *Xanthoceras sorbifolium* Bunge against six plant pathogens [J]. J Shanxi Agric Univ (Nat Sci Ed), 2020, 40(1): 51-58.
- [12] ZHAO L, LI X, YE Z, et al. Nutshell extracts of *Xanthoceras sorbifolia*: A new potential source of bioactive phenolic compounds as natural antioxidant and immunomodulator [J]. J Agric Food Chem, 2018, 66(15): 3783-3792.
- [13] 杜月,刘佳琼,王晓琴.文冠木活性成分抗衰老作用机制的网络药理学研究[J].内蒙古医科大学学报,2022,44(4):364-368.
DU Y, LIU JQ, WANG XQ. Cyberpharmacological studies on the

- mechanism of anti-aging effects of the active components of *Xanthoceras sorbifolia* wood [J]. J Inn Mong Med Univ, 2022, 44(4): 364–368.
- [14] 刘君, 董秋梅. 蒙药文冠木黄酮类有效成分的提取及含量测定[J]. 中国医药导报, 2021, 18(7): 31–33, 58.
LIU J, DONG QM. Extraction and content determination of flavonoids from Mongolian medicine *Xanthoceras sorbifolia* Bunge [J]. China Med Herb, 2021, 18(7): 31–33, 58.
- [15] LI Y, XU J, XU P, *et al.* *Xanthoceras sorbifolia* extracts ameliorate dendritic spine deficiency and cognitive decline via upregulation of BDNF expression in a rat model of Alzheimer's disease [J]. Neurosci Lett, 2016, 629: 208–214.
- [16] 贾丽芬, 贾文超, 刘君, 等. 蒙药文冠木提取物对胶原诱导性关节炎大鼠新生血管的影响[J]. 中国临床药理学杂志, 2021, 37(17): 2308–2311.
JIA LF, JIA WC, LIU J, *et al.* Effect of the Mongolian medicine wenguanmu extract on collagen-induced arthritis in rats [J]. Chin J Clin Pharmacol, 2021, 37(17): 2308–2311.
- [17] 阿拉坦图雅, 宋述芹, 刘佳鑫, 等. 基于蛋白质提取下的文冠果综合效益分析[J]. 赤峰学院学报(自然科学版), 2020, 36(12): 27–29.
ALATANTUYA, SONG SQ, LIU JX, *et al.* Comprehensive benefit analysis of *Xanthoceras sorbifolia* based on protein extraction [J]. J Chifeng Univ (Nat Sci Ed), 2020, 36(12): 27–29.
- [18] CHEN X, LEI Z, CAO J, *et al.* Traditional uses, phytochemistry, pharmacology and current uses of underutilized *Xanthoceras sorbifolium* Bunge: A review [J]. J Ethnopharmacol, 2022, 283: 114747.
- [19] 刘娟. 文冠果种子蛋白的提取分析及特性研究[D]. 西安: 陕西科技大学, 2019.
LIU J. Protein extraction and functionality research of *Xanthoceras sorbifolia* Bunge seeds [D]. Xian: Shaanxi University of Science and Technology, 2019.
- [20] XU Y, SINGER SD, CHEN G. Protein interactomes for plant lipid biosynthesis and their biotechnological applications [J]. Plant Biotechnol J, 2023, 21(9): 1734–1744.
- [21] 陆昕, 李显玉, 陶超, 等. 文冠果油对雄性小鼠记忆能力的影响研究[J/OL]. 中国油脂: 1–13. [2023-12-28]. <https://kns.cnki.net/kcms/detail/61.1099.TS.20230329.1141.002.html>
LU X, LI XY, TAO C, *et al.* Study on the effect of *Xanthoceras sorbifolium* Bunge protein for the memory ability of male mice [J/OL]. China Oils Fats: 1–13. [2023-12-28]. <https://kns.cnki.net/kcms/detail/61.1099.TS.20230329.1141.002.html>
- [22] 刘玉兰, 郭莹莹. 不同产地原料和不同工艺制取文冠果油的综合品质研究[J]. 粮食与油脂, 2020, 33(6): 1–6.
LIU YL, GUO YY. Study on comprehensive quality of *Xanthoceras sorbifolia* Bunge oil from different producing areas and different processes [J]. Cere Oils, 2020, 33(6): 1–6.
- [23] 徐春晖, 王瑶, 杜俊民. 固定化脂肪酶 TLIM 催化制备低芥酸文冠果甘油酯[J]. 粮油食品科技, 2022, 30(3): 75–80.
XU CH, WANG Y, DU JM. Preparation of low erucic acid glycerol from *Xanthoceras sorbifolia* Bunge by immobilized lipase TLIM [J]. Sci Technol Cere Oils Foods, 2022, 30(3): 75–80.
- [24] 徐春晖, 张芳荣, 陈方会, 等. 响应面优化文冠果油超临界 CO₂ 脱酸工艺的研究[J]. 中国食品添加剂, 2023, 34(10): 95–100.
XU CH, ZHANG FR, CHEN FH, *et al.* Optimization of supercritical CO₂ deacidification process of *Xanthoceras sorbifolia* Bunge oil by response surface methodology [J]. China Food Addit, 2023, 34(10): 95–100.
- [25] 许佳敏, 曹月琴, 佟祎鑫, 等. 文冠果油的化学成分及其功能活性研究进展[J/OL]. 中国油脂: 1–12. [2023-12-28]. <http://kns.cnki.net/kcms/detail/61.1099.TS.20211101.1445.002.html>
XU JM, CAO YQ, TONG YX, *et al.* Research progress on chemical constituents and pharmacological activities of *Xanthoceras sorbifolia* Bunge oil [J/OL]. China Oils Fats: 1–12. [2023-12-28]. <http://kns.cnki.net/kcms/detail/61.1099.TS.20211101.1445.002.html>
- [26] 郝一男, 付宇佳, 张永强, 等. 文冠果油提取及润滑油制备的研究[J]. 中国粮油学报, 2023, 38(4): 84–90.
HAO YN, FU YJ, ZHANG YQ, *et al.* Extraction of *Xanthoceras sorbifolia* Bunge oil and preparation of lubricating oil [J]. J Chin Cere Oils Ass, 2023, 38(4): 84–90.
- [27] 蒲定福, 冯自伟, 郑仁健, 等. 神经酸来源新方向的探讨[J]. 中国油脂, 2021, 46(8): 76–80, 86.
PU DF, FENG ZW, ZHENG RJ, *et al.* Discussion on the new source of nervonic acid [J]. China Oils Fats, 2021, 46(8): 76–80, 86.
- [28] LI Q, CHEN J, YU X, *et al.* A mini review of nervonic acid: source, production, and biological functions [J]. Food Chem, 2019, 301: 125286.
- [29] 杨帆, 韩沙沙, 南易, 等. 文冠果研究开发进展[J]. 中国中药杂志, 2021, 46(17): 4334–4343.
YANG F, HAN SS, NAN Y, *et al.* Progress in research and development of *Xanthoceras sorbifolia* [J]. China J Chin Mater Med, 2021, 46(17): 4334–4343.
- [30] 王晓禹, 张梅媛, 吴国泰. 文冠果的资源开发与应用研究[J]. 中国果菜, 2022, 42(1): 42–47.
WANG XY, ZHANG YX, WU GT. Research on exploitation and application of *Xanthoceras sorbifolia* Bunge resources [J]. China Fruit Veget, 2022, 42(1): 42–47.
- [31] 杨倩, 王晓琴, 丁艳霞. 文冠木化学成分的研究[J]. 中成药, 2020, 42(8): 2062–2066.
YANG Q, WANG XQ, DING YX. Chemical constituents from the stems of *Xanthoceras sorbifolia* [J]. Chin Tradit Pat Med, 2020, 42(8): 2062–2066.
- [32] 杨倩. 文冠木化学成分、含量测定及酪氨酸酶抑制作用研究[D]. 呼和浩特: 内蒙古医科大学, 2019.
YANG Q. Studies on the chemical constituents, content determination and inhibitory effect of tyrosinase of *Lignum xanthocerais* [D]. Hohhot: Inner Mongolia Medical University, 2019.
- [33] 邵彩云. 蒙药文冠木不同部位的总黄酮含量测定[J]. 中国民族医药杂志, 2005, 11(1): 28–29.
SHAO CY. Determination of total flavonoids in different parts of the Mongolian medicine wenguanmu [J]. J Med Pharm Chin Minor, 2005, 11(1): 28–29.
- [34] MATSUDAA H, NAKAMURAA S, FUJIMOTOA K, *et al.* Medicinal

- flowers. XXXI.¹⁾ acylated oleanane-type triterpene saponins, sasanquasaponins I-V, with antiallergic activity from the flower buds of *Camellia sasanqua* [J]. Chem Pharm Bull, 2010, 58(12): 1617–1621.
- [35] 黄敏敏, 李贵花. 中国文冠果植物化学成分及药理作用研究进展[J]. 山东化工, 2022, 51(4): 86–88, 91.
- HUANG MM, LI GH. Research advances in chemical constituents and pharmacological activities of *Xanthoceras sorbifolium* in China [J]. Shandong Chem Ind, 2022, 51(4): 86–88, 91.
- [36] 万国盛, 王晓波, 吴立军, 等. 文冠果的化学成分及药理活性研究进展[J]. 中草药, 2013, 44(13): 1842–1851.
- WAN GS, WANG XB, WU LJ, et al. Advances in studies on chemical constituents of *Xanthoceras sorbifolia* and their pharmacological activities [J]. Chin Tradit Pat Med, 2013, 44(13): 1842–1851.
- [37] 王媚, 赵慧, 王淼, 等. 文冠果活性成分与药理作用的研究进展[J]. 园艺与种苗, 2023, 43(9): 39–41.
- WANG M, ZHAO H, WANG M, et al. Research progress in active constituents and pharmacological effects of *Xanthoceras sorbifolium* Bunge [J]. Horticult Seed, 2023, 43(9): 39–41.
- [38] 许佳敏, 佟祎鑫, 王菊花, 等. 文冠果油的营养成分及功能活性研究进展[J]. 中国油脂, 2022, 47(10): 77–82.
- XU JM, TONG YX, WANG JH, et al. Research progress on nutritional ingredients and functional activities of *Xanthoceras sorbifolia* Bunge oil [J]. China Oils Fats, 2022, 47(10): 77–82.
- [39] 王冠英, 李珂珂, 李中玉, 等. 文冠果壳总皂苷的提取工艺优化及抗氧化、抗肿瘤活性评价[J]. 现代食品科技, 2022, 38(12): 290–299.
- WANG GY, LI KK, LI ZY, et al. Optimization of the extraction process and evaluation of the antioxidant and antitumor activities of total saponins from *Xanthoceras sorbifolia* Bunge husk [J]. Mod Food Sci Technol, 2022, 38(12): 290–299.
- [40] 齐国雨, 杨爱梅, 郑泽生, 等. 文冠果壳提取物抗氧化活性和抑菌活性研究[J]. 中医学报, 2019, 47(1): 58–60.
- QI GY, YANG AIM, ZHENG ZS, et al. Study on antioxidant activity and antibacterial activity of the shell extracts of *Xanthoceras sorbifolia* [J]. Acta Chin Med Pharmacol, 2019, 47(1): 58–60.
- [41] 赵晨焯, 李瑞婷. 文冠果油粕蛋白的分离及其酶解产物抗氧化性研究[J]. 农产品加工, 2020, (10): 20–25.
- ZHAO CX, LI RT. Isolation of protein in oil meal of *Xanthoceras sorbifolia* Bunge and antioxidant activity of its enzymatic hydrolysates [J]. Farm Prod Process, 2020, (10): 20–25.
- [42] 赵茜茜. 文冠果种仁油中总甾醇的提取纯化、组成分析及抑菌性研究[D]. 西安: 陕西师范大学, 2016.
- ZHAO XX. Research on the extraction, purification, composition analysis and antimicrobial activity of phytosterol from kernel oil of shiny-leaved yellowhorn [D]. Xi'an: Shaanxi Normal University, 2016.
- [43] 雷佳蕾, 张志宇, 杨天歌, 等. 文冠果种仁总皂苷诱导肝癌 HepG2 细胞凋亡的实验研究[J]. 陕西师范大学学报(自然科学版), 2020, 48(1): 80–86.
- LEI JL, ZHANG ZY, YANG TG, et al. Research of hepatocellular carcinoma HepG2 cell apoptosis induced by total saponins of *Xanthoceras sorbifolia* Bunge kernel [J]. J Shaanxi Norm Univ (Nat Sci Ed), 2020, 48(1): 80–86.
- [44] 蔡婷婷. 文冠果皂苷 E 钠盐的抗乳腺癌活性及其毒性的初步研究[D]. 沈阳: 中国医科大学, 2019.
- CAI TT. Preliminary study on the anti-breast cancer activity of sodium bunkanka saponins E and its toxicity [D]. Shenyang: China Medical University, 2019.
- [45] MA C, NAKAMURA N, HATTORI M, et al. Inhibitory effects on HIV-1 protease of constituents from the wood of *Xanthoceras sorbifolia* [J]. J Nat Prod, 2000, 63(2): 238–242.
- [46] JI X, CHI T, LIU P, et al. The total triterpenoid saponins of *Xanthoceras sorbifolia* improve learning and memory impairments through against oxidative stress and synaptic damage [J]. Phytomedicine, 2017, 25: 15–24.
- [47] LI W, LU Q, LI X, et al. Anti-Alzheimer's disease activity of secondary metabolites from *Xanthoceras sorbifolia* Bunge [J]. Food Funct, 2020, 11(3): 2067–2079.
- [48] HU D, CUI Y, ZHANG J. Nervonic acid amends motor disorder in a mouse model of Parkinson's disease [J]. Transl Neurosci, 2021, 12(1): 237–246.
- [49] LI N, WANG Y, LI X, et al. Bioactive phenols as potential neuroinflammation inhibitors from the leaves of *Xanthoceras sorbifolia* Bunge [J]. Bioorg Med Chem Lett, 2016, 26(20): 5018–5023.
- [50] JUNG JY, BYUNG HH, EUN SC, et al. Involvement of heme oxygenase-1 induction in anti-vascular inflammation effects of *Xanthoceras sorbifolia* in human umbilical vein endothelial cells [J]. J Tradit Chin Med, 2018, 38(6): 803–814.
- [51] 邱悦, 潘佳, 沈明浩. 文冠果叶总皂苷的提取工艺优化及减肥降脂功效[J]. 西北农林科技大学学报(自然科学版), 2020, 48(11): 113–122, 132.
- QIU Y, PAN J, SHEN MH. Extraction process optimization of total saponins from leaves of *Xanthoceras sorbifolia* Bunge and the effect on weight loss and lipid-lowering [J]. J Northwest Agric Forest Univ (Nat Sci Ed), 2020, 48(11): 113–122, 132.
- [52] JEEPIALLI SPK, DU B, SABITALIYEVICH UY, et al. New insights into potential nutritional effects of dietary saponins in protecting against the development of obesity [J]. Food Chem, 2020, 318: 126474.
- [53] TA N, A LS, ERDUNDULENG E, et al. Metabolomics analysis reveals amelioration effects of yellowhorn tea extract on hyperlipidemia, inflammation, and oxidative stress in high-fat diet-fed mice [J]. Front Nutr, 2023, 10: 1087256.
- [54] 陆昕, 笪肖越, 王言之, 等. 文冠果蛋白的免疫调节功能研究[J]. 云南民族大学学报(自然科学版), 2023, 32(5): 547–552.
- LU X, DA XY, WANG YZ, et al. Component analysis and immunomodulatory function determination of the *Xanthoceras sorbifolium* Bunge protein [J]. J Yunnan Nat Univ (Nat Sci Ed), 2023, 32(5): 547–552.
- [55] 张旭晖, 孙智远, 李守科, 等. 发酵文冠果叶替代苜蓿草对肉兔生长性能、免疫功能、肉质及抗氧化功能的影响[J]. 动物营养学报, 2022, 34(2): 1175–1185.
- ZHANG XH, SUN ZY, LI SK, et al. Effects of dietary replacement of

- alfalfa meal by fermented *Xanthoceras sorbifolia* leaves on growth performance, immune function, meat quality and antioxidant function of rabbits [J]. *Chin J Anim Nutr*, 2022, 34(2): 1175–1185.
- [56] 王文晴, 马飞, 王帆均, 等. 文冠果花提取物对良性前列腺增生具有抑制作用[J]. *南方医科大学学报*, 2022, 42(10): 1503–1510.
- WANG WJ, MA F, WANG FJ, *et al.* *Xanthoceras sorbifolium* Bunge flower extract inhibits benign prostatic hyperplasia in rats [J]. *J South Med Univ*, 2022, 42(10): 1503–1510.
- [57] 王亚, 马挺军. 文冠果叶提取物降血压活性研究[J]. *中国食品学报*, 2022, 22(3): 96–102.
- WANG Y, MA TJ. Studies on antihypertensive activity of extracts from leaves of *Xanthoceras sorbifolia* [J]. *J Chin Inst Food Sci Technol*, 2022, 22(3): 96–102.
- [58] 范雪层, 邓红, 张立云. 冷榨文冠果油食用安全性毒理学评价[J]. *中国油脂*, 2009, 34(5): 32–37.
- FAN XC, DENG H, ZHANG LY. Toxicological assessment of the edible safety of cold-pressed *Xanthoceras sorbifolia* Bunge seed oil [J]. *China Oils Fats*, 2009, 34(5): 32–37.
- [59] 陆昕, 乌志颜, 潘喜华, 等. 文冠果油对 SD 孕鼠毒性和胎鼠致畸性研究[J]. *中国油脂*, 2021, 46(6): 71–75.
- LU X, WU ZY, PAN XH, *et al.* Toxicity on SD pregnant rats and teratogenicity in fetal rats fed by *Xanthoceras sorbifolium* Bunge seed oil [J]. *China Oils Fats*, 2021, 46(6): 71–75.
- [60] 王磊, 路昌, 刘莉, 等. 基于气相离子迁移谱对不同文冠果茶挥发性成分的分析[J]. *食品研究与开发*, 2022, 43(9): 159–168.
- WANG L, LU C, LIU L, *et al.* Analysis of volatile compounds in different *Xanthoceras sorbifolia* Bunge products for tea by gas chromatography-ion mobility spectrometry [J]. *Food Res Dev*, 2022, 43(9): 159–168.
- [61] 王慧芳, 赵飞燕, 刘勇军, 等. 文冠果叶总黄酮微波辅助酶提取工艺的优化及其抗氧化、抑菌活性[J]. *中成药*, 2020, 42(2): 290–296.
- WANG HF, ZHAO FY, LIU YJ, *et al.* Microwave-assisted enzyme extraction process optimization and antioxidant, bacteriostasis activities of total flavonoids from *Xanthoceras sorbifolium* leaves [J]. *Chin Tradit Pat Med*, 2020, 42(2): 290–296.
- [62] 王雨凡, 毕晓彬, 李娜, 等. 文冠果奶茶片的研发与抑菌活性测定[J]. *中国果菜*, 2023, 43(9): 23–28.
- WANG YF, BI XB, LI N, *et al.* Development and antibacterial activity determination of *Xanthoceras sorbifolia* milk tea tablets [J]. *China Fruit Veget*, 2023, 43(9): 23–28.
- [63] 王雨萌, 路昌, 刘文荣, 等. 文冠果饼干的研制及风味物质分析[J]. *食品研究与开发*, 2022, 43(15): 69–77.
- WANG YM, LU C, LIU WR, *et al.* Development of *Xanthoceras sorbifolia* Bunge biscuit and analysis of flavor substances [J]. *Food Res Dev*, 2022, 43(15): 69–77.
- [64] 慈澄, 李婷婷, 吴彩娥, 等. 文冠果鲜花饼的工艺配方优化[J]. *食品研究与开发*, 2022, 43(17): 94–99.
- CI C, LI TT, WU CE, *et al.* Ingredient optimization of *Xanthoceras sorbifolia* flower cake [J]. *Food Res Dev*, 2022, 43(17): 94–99.
- [65] 宋健平, 王雨萌, 任婷, 等. 文冠果多肽口服液的研制及抗氧化活性研究[J]. *中国果菜*, 2023, 43(9): 18–22, 47.
- SONG JP, WANG YM, REN T, *et al.* Preparation and antioxidant activity of *Xanthoceras sorbifolia* Bunge polypeptide oral liquid [J]. *China Fruit Veget*, 2023, 43(9): 18–22, 47.
- [66] 张齐, 阎怡竹, 刘清清, 等. 文冠果降血压肽的制备及其活性研究[J]. *西北大学学报(自然科学版)*, 2018, 48(4): 551–556.
- ZHANG Q, YAN YZ, LIU QQ, *et al.* Preparation and bioactivity of anti-hypertensive peptides from *Xanthoceras sorbifolia* Bunge [J]. *J Northwest Univ (Nat Sci Ed)*, 2018, 48(4): 551–556.
- [67] 王娅丽, 朱丽珍, 翟红霞, 等. 文冠果研究现状及产业发展建议[J]. *宁夏农林科技*, 2018, 59(3): 21–25.
- WANG YL, ZHU LZ, ZHAI HX, *et al.* Research status and suggestions for industrial development of *Xanthoceras sorbifolia* Bunge [J]. *Ningxia J Agric Forest Sci Technol*, 2018, 59(3): 21–25.
- [68] 乌日娜, 都日娜, 赵鹏伟. 蒙药森登-4的研究进展[J]. *中国皮肤性病学杂志*, 2020, 34(5): 584–587.
- WU RN, DU RN, ZHAO PW. Research progress of Mongolian medicine Senden-4 [J]. *Chin J Dermatovenereol*, 2020, 34(5): 584–587.

(责任编辑: 于梦娇 郑 丽)

作者简介



梁子龙, 硕士研究生, 主要研究方向为食品加工与贮藏技术。
E-mail: lzlgtr2192@163.com



王伟华, 博士, 教授, 主要研究方向为食品营养与安全。
E-mail: wangweihua6688@163.com