

牛蒡根及其精深加工研究进展

梁 玮^{1,2}, 李 莹^{1,2*}, 冯 进², 柴 智², 崔 莉², 黄午阳²

(¹ 江苏大学食品与生物工程学院 江苏镇江 212013

² 江苏省农业科学院 南京 210014)

摘要 牛蒡是一种膳食与营养价值极佳的植物,俗称“东洋参”。牛蒡根富含菊糖、膳食纤维、绿原酸等活性物质,具有降血脂、降血糖、抗癌、抑菌、抗炎、护肝等生理功能。本文综述其活性成分、营养功效及精深加工现状,以期为其功效成分的精准加工提供科学依据,为进一步开发和利用牛蒡资源提供理论支持。此外,对其今后研究方向和应用前景进行展望,为肥胖、高血脂、二型糖尿病、结肠炎等慢性非传染性疾病的早期预防提供新思路。

关键词 牛蒡根; 生物活性成分; 作用机制; 营养功效; 应用

文章编号 1009-7848(2022)02-0413-08 DOI: 10.16429/j.1009-7848.2022.02.043

牛蒡为菊科二年生大型草本植物,其种子、叶和根均可入药^[1]。牛蒡根高 1~2 m,皮部呈黑褐色,有皱纹,味道微苦而性黏。2002 年,牛蒡列入国家新资源食品,被联合国粮农组织(FAO)誉为“21 世纪人类最佳保健食品之一”。牛蒡原产于中国,野生为主,《本草纲目》中记载其“久服轻身耐老”,“通十二经脉,除五脏恶气”。公元 940 年前,后牛蒡传入日本,在日本享有“东洋之参”和“白肌人参”的美誉^[2]。近年来,随着人们生活质量的不断提高,牛蒡根的营养价值越来越受关注。此外,牛蒡根对人体营养功效的具体机制及其精深加工也备受关注。本文重点从牛蒡根活性成分、营养功效及精深加工 3 个方面进行综述,并提出今后的研究方向和应用前景,这对利用牛蒡资源,实现其高附加值具有重要意义。

1 牛蒡根的营养成分

1.1 菊糖

菊糖又称菊粉,广泛存在于自然界菊科植物体内,自然界 3 000 多种植物均存在菊糖,如菊芋、牛蒡、洋葱等,其中菊芋、牛蒡等根茎中菊糖含量可达 10%以上^[3]。牛蒡根菊糖主要是由 D-果糖经 β -1,2 糖苷键连接,12 个呋喃型的果糖以糖苷

键相连,平均聚合度为 10。菊糖能改善肠道微环境,增加双歧杆菌等有益菌量^[4],以 20~64 岁 60 名便秘个体为研究对象,饮用含乳酸双歧杆菌 B.GCL2505 或/和菊糖的发酵乳,结果表明含有乳酸双歧杆菌 B.GCL2505 和菊糖的合生元对双歧杆菌数量影响最大,并且可以改善肠道环境^[5]。Watanabe 等^[4]以高脂肪小鼠为研究对象,研究牛蒡根对高脂肪小鼠肠道菌群多样性的影响,发现牛蒡根能增加短链脂肪酸(SCFAs)含量,刺激双歧杆菌等有益菌生长,并且夜间饮食牛蒡根更有利于增强肠道菌群多样性,维持机体健康。虽然研究菊糖和肠道菌群体系尚未完善,但以往研究表明,菊糖能明显改善肠道菌群组成和含量,因此牛蒡根菊糖是否能防治肥胖、糖尿病等慢性综合征将是未来的研究新方向。

1.2 膳食纤维

膳食纤维(DF)不被人体消化道酶水解、消化,可部分或完整地进入大肠中发酵,产生 SCFAs 和多种代谢产物,并增加粪便体积^[6]。膳食纤维增加产生 SCFAs 的肠道菌群数量,在评估 ICU 患者 DF 摄入量的安全性和疗效中,129 名 ICU 患者入院 72 h 内,DF 耐受性良好,并且较高的 DF 摄入量与促进产 SCFAs 的肠道菌群相关,进一步表明产 SCFAs 肠道微生物与人类健康益处有关^[7]。DF 能增加肠道菌群多样性和有益菌含量,改善心血管疾病、高血压、糖尿病等慢性非传染性疾病^[8]。近些年学者将肠道菌群-宿主-免疫层层级联,形成

收稿日期: 2021-02-02

基金项目: 江苏省农业自主创新基金项目(CX(19)2006)

作者简介: 梁玮(1997—),女,硕士生

通信作者: 李莹 E-mail: 495643303@qq.com

膳食纤维-肠道菌群-宿主机制^[9],这个机制在慢性疾病防治中越来越重要,牛蒡根富含膳食纤维,将来可以研究其对厚壁菌门和拟杆菌门的影响,分析各个菌属上调和下调的相对丰度,进而分析其对肠道菌群的整体代谢活力的影响,并研发相对应的功能性产品。

1.3 多酚类物质

多酚化合物是植物重要的次生代谢产物,如咖啡酸和绿原酸^[10]具有抗氧化、促进肠胃消化,并防止动脉硬化的功效,广泛用于食品和医学领域。范金波等^[11]的研究表明超声波提取牛蒡总酚和黄酮的最佳工艺为 25 ℃、200 W、料液比 1:21、61% 乙醇、30 min,总酚得率为 47.12 mg/g,黄酮得率为 20.69 mg/g。除了超声波提取牛蒡根多酚类化合物外,超高压和超临界等技术以无污染、用量少,得率高等优点,在提取牛蒡根多酚技术中越来越受欢迎。

1.4 蛋白质

牛蒡根富含氨基酸,在探讨分子质量低于 5 000 u 的 46 个牛蒡根分离 Br-p 肽对粉刺抑制作用的最新研究中,发现其对革兰氏阳性痤疮细菌具有抗痤疮活性^[12],证实了牛蒡根富含营养功效,给未来研发相关产品的学者提供了一定的理论基础。

1.5 其它

除了上述活性成分外,牛蒡根还含有类胡萝卜素、矿物质、维生素、生物碱、挥发油、植物甾醇、炔属化合物、脂肪酸和木脂素等活性成分^[13],使富含生物活性成分的牛蒡根在食品和医药领域具有很大的潜力。

2 牛蒡根的营养功效

牛蒡根长期以来被认为对健康有益,有助于增强人体的免疫系统并改善代谢功能,已被用于调控结肠憩室出血(CDB)和急性结肠憩室炎(ACD)等疾病^[14]。本文综述了牛蒡根预防各种疾病的深入机理,较好的与肠道菌群关联,以便进一步探究牛蒡根的营养功效。

2.1 降血脂

当今社会,高脂、高蛋白食物比重过大,使得高血脂人群比重增加,因高脂、高压等引起的心脑

血管疾病,严重影响人的健康,迫切需要安全无毒的预防高血脂的纯天然食品。在牛蒡根水提物、氯仿提物、黄酮类提物对鹤鹑^[15]血脂及动脉粥样硬化程度影响的试验中,牛蒡根提取物均能明显降低高脂血症大鼠的血清总胆固醇(TC)、甘油三酯(TG)、低密度胆固醇(LDL-C)和丙二醛(MDA)水平,升高高密度胆固醇(HDL-C)和超氧歧化酶(SOD)水平,具有降血脂及抗动脉粥样硬化的能力且安全性高。另外,在分别用乙醇、正己烷、正丁醇和水提取牛蒡根活性成分的研究中,发现牛蒡根正己烷提取物在人肝癌 HepG2 细胞中具最有效的降血脂作用^[16]。最新研究揭示牛蒡根提取物可改善饲养高脂饮食 HFD 小鼠的肠道菌群 β 多样性,进而降低小鼠血脂^[4]。然而目前尚不清楚其发挥降血脂作用的具体活性物质,后续可针对性试验研究牛蒡根具体的生物活性成分降血脂能力。

2.2 降血糖

糖尿病是一种全球范围内广泛分布的代谢疾病,尤其是二型糖尿病(T2D),其病理机制非常复杂^[17]。用于 T2D 治疗的药物均有副作用,因此人们越来越倾向于寻找天然的替代疗法。安全无毒害的牛蒡根可通过改善葡萄糖稳态和降低胰岛素抵抗发挥降血糖作用,这在防治 T2D 具有重要意义^[18]。表 1 总结了近些年牛蒡根降血糖活性的研究现状,Ahangarpour 等^[19]的研究表明牛蒡根对 STZ 诱导 T2D 小鼠具有降血糖、降血脂和护肝作用。在另一项 wistar 糖尿病模型大鼠中也观察到类似结果,牛蒡根提取物 BP1 提高了细胞抗氧化能力,抑制促炎症因子白细胞介素-18(IL-18)和肿瘤坏死因子- α (TNF- α)的表达,对胰腺和肾脏有一定的保护作用,并一定程度上改善了胰岛素的分泌情况,从而缓解糖尿病鼠的高血糖症状,这为以牛蒡根为原料研发相关降血糖产品提供了坚实的理论基础。

2.3 抗炎作用

炎症可使腹膜壁层或脏膜层受到细菌感染、物理损伤等,若炎症不能被有效控制,最终可引起全身炎症,导致器官功能障碍^[23]。作为一种天然无公害植物,牛蒡根成为众多学者的抗炎研究对象。Wu 等^[24]以溃疡患者为研究对象,证实饭后口服牛

表 1 牛蒡根降血糖的体内、外研究
Table 1 *In vitro* and *in vivo* studies on the hypoglycemic effect of burdock root

年份	体外/ 体内	试验模型	成分(剂量)	机制	结果	参考文献
2012	体外	HepG2 细胞	正己烷提取物(200 $\mu\text{g/mL}$, 4 周)	通过苏氨酸激酶(LKB1)途径激活 AMP 依赖的蛋白激酶(AMPK)	降低血糖, 防治 2 型糖尿病	[16]
2014	体外与 体内	L6 心肌细胞、 高血糖小鼠	牛蒡根提取物(0.75 mg/kg)	增加葡萄糖摄取, 改善葡萄糖耐量, 降低肝葡萄糖 6-磷酸酶活性	牛蒡根咖啡酸衍生物可有效的抗高血糖	[20]
2015	体内	STZ 诱导小鼠	水-乙醇提取物(300 mg/kg, 24 h)	血清促黄体激素(LH)、促卵泡激素(FSH)和精子数均增加	有益生殖系统健康以及改善糖尿病病情	[21]
2017	体内	C57BL/6 小鼠	牛蒡根水提取物(250 mg/kg, 8 周)	60%脂肪饮食小鼠喂食 250 mg/kg 牛蒡根提取物, 血糖水平从(474 \pm 41)mg/dL 降到了(230 \pm 41)mg/dL	抑制血糖水平, 改善糖尿病症状	[22]
2017	体内	STZ 诱导的 T2D 小鼠	牛蒡根提取物(200 mg/kg, 4 周)	早期提高了胰岛素水平, 降低了甘油三酯水平, 低密度脂蛋白, 葡萄糖含量	一定剂量的牛蒡根提取物具有降血糖和促胰岛素作用	[19]

蒡根精华片 3 次/d, 每次 2 片, 可有效消除幽门螺杆菌感染, 并增强传统药物对胃黏膜的修复治疗。在 80%乙酸诱导的慢性胃溃疡大鼠模型中, 牛蒡根乙醇提取物 EET(10 mg/kg)减少了自由基的产生并增加对 DPPH 自由基的清除, 降低了胃分泌物的体积和酸度^[25], 揭示了牛蒡根在溃疡性大鼠中的抗炎作用。牛蒡根提取物得到的粗多糖馏分在对角叉菜胶诱发的爪水肿中显示出剂量依赖性的抗水肿作用, 该作用持续长达 48 h^[26], 证实了牛蒡根具有抗炎作用。Maghsoumi-Norouzabad 等^[27]选择了 50~70 岁 36 位关节炎患者, 餐后半小时饮用牛蒡茶, 3 次/d, 发现牛蒡茶明显降低了血清中高敏 C-反应蛋白(hs-CRP)、白细胞介素-6(IL-6)等因子的水平, 提高了总抗氧化能力(TAC)、SOD 含量, 表明牛蒡茶可以改善膝骨关节炎患者的炎症反应和氧化应激。同年 Mizuki 等^[14]在一项研究牛蒡茶对结肠憩室炎和憩室出血复发的随机临床试验中表明牛蒡茶能有效预防 ACD 复发。另一项硫酸葡聚糖(DSS)诱导的结肠炎小鼠模型中, Wang 等^[28]研究牛蒡根水溶性多糖 ALP-1 对结肠

炎小鼠肠道炎症的抑制作用, 发现 ALP-1 明显改善结肠炎引起的促炎细胞因子(IL-6)和抗炎细胞因子【白细胞介素-10(IL-10)】的失调, 有效保护小鼠免受 DSS 诱导的结肠炎的伤害。随后 Zhang 等^[29]通过牛蒡根碱溶多糖喂养炎症小鼠, 增加了肠道菌群多样性及改变肠道菌群组成进而减轻炎症, 表明牛蒡根是一种防治机体炎症的天然药物, 给与炎症相关的代谢综合征患者带来了福音。

2.4 抗菌

牛蒡根具有抗菌和抗病毒^[30]等作用, 在研究牛蒡根低聚果糖控制葡萄和苹果采后病的影响中, 牛蒡低聚果糖 BFO 对果实采后病害具有总体控制作用, 增强葡萄对灰葡萄孢感染中的抵抗力^[31]。Zhao 等^[32]证实牛蒡根提取物具有抗结核功能, 表明山柰酚、槲皮素、咖啡酸等为抗结核的牛蒡根提取物成分。随后 Rajasekharan 等^[33]研究了牛蒡根提取物对大肠杆菌、变形杆菌和沙雷氏菌 3 种主要细菌形成生物膜的抵抗水平, 表明牛蒡根提取物如槲皮素作为抗生物膜和抗群体感应(QS)活性药物, 加强宿主免疫系统对抗感染能力。此

外,Nguyen 等^[34]表明牛蒡根—银纳米颗粒(BR-AgNPs)用作抗菌剂和绿色催化剂能抑制5种测试的微生物菌株,清除各种工业废水中污染物的巨大可能性。

2.5 抗衰老

随着经济的快速发展和生活质量的提高,人口老龄化问题日益突出。衰老是生理功能和代谢失调的全面表现,致使自身免疫系统下降,机体难以抵抗应对各种不利因素的侵袭,引起皮肤老化、糖尿病等疾病。为了寻找天然,安全性好的材料,越来越多学者关注天然且无毒的植物活性成分。Predes 等^[35]的研究表明在二氯甲烷提取(DHE)、热水浸提(AHE)、超临界萃取(HE)、总水提物(TAE)、乙醇浸提(EE)等8种不同牛蒡根提取物中,HE提取物自由基清除能力最强,TAE提取物酚类含量最高,DHE提取物对K562、MCF-7和786-0人癌细胞株具有选择性抗增殖活性。此外,通过酶法制备富含FOS和高抗氧化的牛蒡根糖浆,使得DPPH和羟基的清除能力以及总抗氧化能力分别提高了23.7%,51.8%和35.4%,加强了抗衰老功效^[36]。目前尚不清楚是牛蒡根哪种生物活性成分起到的抗衰老作用,未来有必要研究牛蒡根具体抗氧化成分及深入分析其机制。

2.6 保护血管和神经

炎症因子促进内皮细胞黏附分子的释放,黏附分子过度表达促进中性粒细胞黏附到血管内皮,从而造成内皮损伤,因而炎症因子过度表达是导致血管内皮细胞损伤的重要影响因素^[37]。Tian 等^[38]强调了牛蒡根乙酸乙酯提取物对谷氨酸诱导的氧化应激的神经保护作用,增加了谷胱甘肽过氧化物(GSH-Px)和SOD活性,抑制活性氧(ROS)形成,表明牛蒡根是一种潜在的防治氧化应激引起的神经退行性疾病的神经保护剂。

2.7 其它功能

牛蒡根除了上述涉及的多种营养功能外,组织学观察表明乙醇和牛蒡根提取物的共同给药可抑制睾丸损伤,并有潜力开发针对保护睾丸的新型保健补品^[39]。最新研究^[40]表明牛蒡根具有抗肿瘤功效。Romualdo 等^[40]以8周胆碱缺乏的高脂雄性Wistar 鼠为研究对象,表明富含绿原酸和咖啡酸的牛蒡根能减少鼠总脂肪和脂类过氧化氢水平,

缩小癌前病变(PNLs)体积,从而降低非酒精性脂肪肝炎相关的肝癌发生率等。

3 牛蒡根精深加工

综上所述,牛蒡根已被证实富含对人体有益的营养物质。基于一定的理论依据支撑,研发牛蒡根相关功能性食品,将理论与产品紧密联系起来以便实现牛蒡根的高附加值利用。通过保鲜、干燥一系列流程对牛蒡根进行预处理,随之加工成牛蒡丝、牛蒡茶和牛蒡脯等多种产品,作为新资源食品,牛蒡根将有广阔的市场。

3.1 牛蒡根保鲜贮藏

我国是世界上最大的牛蒡产出国,2001—2004年每年出口量分别为18万t、19万t、16万t和22万t。采后牛蒡根富含多酚,切后极易褐变,因此保鲜成了牛蒡根高附加值利用的重中之重。早期Ishimaru 等^[41]采用2,8,20℃贮藏牛蒡根30d,测定在不同时期其渗出物、糖分及其活性等指标变化,结果表明在2℃下保藏能较好地保持牛蒡根的质量和色泽。射频(RF)处理可延迟采后果蔬木质化,极大程度灭活多酚氧化酶(PPO)、过氧化氢酶(CAT),防止褐变,延长贮藏保鲜期^[42],效果远优于热水烫漂等传统方法,深受广大学者喜爱。通过射频处理,枣中木质素含量明显降低,过氧化物酶(POD)和PPO活性显著降低,表明RF处理有助于抑制枣木质化,增加其保鲜^[43]。Shen 等^[44]对火龙果进行射频处理,测定了酚类化合物,抗氧化活性等指标,表明在120mm射频间距下ABTS⁺自由基IE₅₀值最低,且其抗氧化等均要优于140mm和160mm间距,表明在120mm间隙下,射频具有良好的加热效率和性能。因此,RF适用于需要防止褐变和延长贮藏保鲜期的牛蒡根中,是将来实现牛蒡根高附加值利用的新研究方向。

3.2 牛蒡根的精深加工

3.2.1 牛蒡代餐粉加工 牛蒡根具有上述众多营养功效,越来越多学者投入到牛蒡根的精深加工中。据市场调研机构欧睿的数据显示,中国代餐食品市场规模迅速扩张,从2015年的49亿跃升到2019年的72亿,预计2020年将突破百亿大关,合理营养膳食搭配的代餐粉将是一个潮流。黄雄超^[45]以牛蒡多糖提取物和熟藜麦粉等为原料,研

发了一款可控制体重,平衡营养摄入和能量消耗,实现科学减肥的牛蒡藜麦代餐粉,随后,王要好^[46]通过牛蒡根等各种植物提取物,发挥其协同作用,开发了易吸收、营养高、成本低的植物提取物复合代餐粉等。

3.2.2 牛蒡益生元加工 据上述研究表明,牛蒡根菊糖作为一种益生元,能促进双歧杆菌和乳酸菌生长,抑制大肠杆菌和沙门氏菌等有害菌增长。将富含菊糖的牛蒡根添加至发酵制品中制成牛蒡酸奶、牛蒡乳酸菌发酵饮料、牛蒡复合乳酸菌发酵饮料等,利用其有效包埋和保护益生菌理念,解决益生菌产品活性难题,进行真空冷冻干燥,产生益生菌粉,为乳酸菌行业功能性因子带来了一片新天地。蔡木易等^[47]通过纤维素酶和果胶酶对牛蒡根进行酶解,酶解液再与乳酸菌混合发酵,得到在较短发酵时间内具有低糖、口感好、风味独特的牛蒡发酵制品。

3.2.3 牛蒡酵素加工 牛蒡根中富含膳食纤维、蛋白质和多酚等营养素,结合其它果蔬和益生菌,打造有益于身体健康的牛蒡酵素。丁朋等^[48]采用新鲜牛蒡根、苹果、山楂等原材料,加入清酒酵母和米曲霉,分段式调控温度发酵,得到的酵素含有大量的活性物质,有利于身体健康。随后,高献礼等^[49]依据中药配伍理念,以牛蒡根为“主”,豆类、红枣和莲藕为“辅”,发明了一种富含黄酮苷元和活性益生菌牛蒡酵素,科学配伍的牛蒡酵素将是牛蒡根面向市场的新方向。

3.2.4 牛蒡饮料加工 赵光远等^[50]以牛蒡根和猕猴桃为主要原料,发明了一种牛蒡猕猴桃复合果蔬汁饮料,富含膳食纤维、酚类化合物,具有降血糖、降血脂等生理功效,适合健康人群及糖尿病人群,具有广阔的市场前景。此外日本有一款健康牛蒡汤饮料,主要配料为牛蒡、马铃薯、大米淀粉、洋葱、甜菜糖、生姜、酵母萃取物等。

3.2.5 牛蒡方便食品加工 牛蒡根除以上几大类牛蒡产品,还有牛蒡茶、牛蒡营养棒、牛蒡冰棒、牛蒡桂花酥、牛蒡调味品和牛蒡葡萄酒等方便食品,为其发展带来了一片生机。丁朋等^[51]公开了一种养生牛蒡咀嚼片,口感好,富含膳食纤维,可供大量人群长期使用。

4 讨论与展望

牛蒡根是一种新资源食品,目前已在日韩成为家喻户晓的日常膳食。牛蒡根的多种营养活性成分,如菊糖、膳食纤维和多酚等,具有降血脂、降血糖、抗炎、抗肿瘤、护肝和预防便秘等作用,是代谢综合症人群的首选佳品。目前,牛蒡根在我国的食用范围较小,研究不够系统,鉴于其良好的食疗功效,亟需全面深入研究及推广。为实现对牛蒡根植物资源在农业、食品、中医药“治未病”等各领域充分利用,今后牛蒡根的精深加工应在以下几个方面进一步研究:

1) 牛蒡根富含酚类物质,保藏和加工期间极易发生褐变,损失了其营养活性。以往采用低温、抗坏血酸、4-己基间苯二酚等保鲜方式,效果均不明显,新型物理场射频,钝化牛蒡根中多酚氧化酶和过氧化酶等内源酶,防止褐变,今后可以从射频等绿色加工技术对防止牛蒡根褐变方面进行深入研究;

2) 牛蒡根即食调理菜的科学配伍。“nisime-gobou”和“tataki-gobou”等在日本是家喻户晓的菜肴,在我国研究较少,需要根据以经过口感改善处理的牛蒡根为主料,制订营养均衡的菜式配方,研究冷藏时间过程中,牛蒡调理菜的口感和微生物的变化规律,确定牛蒡调理菜的品质;

3) 针对肥胖、高血糖和炎症等代谢综合症人群,开发丰富多元的产品形式,并与其它具有类似功能的天然产物及其提取物进行科学配伍,研发诸如牛蒡根代餐粉、牛蒡精华饮等功效精准的营养食品。

参 考 文 献

- [1] FERRACANE R, GRAZIANI G, GALLO M, et al. Metabolic profile of the bioactive compounds of burdock (*Arctium lappa*) seeds, roots and leaves[J]. J Pharm Biomed Anal, 2010, 51(2): 399-404.
- [2] ISHIGURO Y, ONODERA S, BENKEBLIA N, et al. Variation of total FOS, total IOS, inulin and their related-metabolizing enzymes in burdock roots (*Arctium lappa* L.) stored under different temperatures[J]. Postharvest Biology and Technology, 2010, 56(3): 232-238.

- [3] VERRAEST D L, PETERS J A, BATELAAN J G, et al. Carboxymethylation of inulin[J]. *Carbohydr Res*, 1995, 271(1): 101–112.
- [4] WATANABE A, SASAKI H, MIYAKAWA H, et al. Effect of dose and timing of burdock (*Arctium lappa*) root intake on intestinal microbiota of mice[J]. *Microorganisms*, 2020, 8(2): 220.
- [5] ANZAWA D, MAWATARI T, TANAKA Y, et al. Effects of synbiotics containing *Bifidobacterium animalis* subsp. *lactis* GCL2505 and inulin on intestinal bifidobacteria: A randomized, placebo-controlled, crossover study[J]. *Food Sci Nutr*, 2019, 7(5): 1828–1837.
- [6] MAKKI K, DEEHAN E C, WALTER J, et al. The Impact of dietary fiber on gut microbiota in host health and disease[J]. *Cell Host Microbe*, 2018, 23(6): 705–715.
- [7] FU Y, MOSCOSO D I, PORTER J, et al. Relationship between dietary fiber intake and short-chain fatty acid-producing bacteria during critical illness: A prospective cohort study[J]. *JPEN J Parenter Enteral Nutr*, 2020, 44(3): 463–471.
- [8] VERONESE N, SOLMI M, CARUSO M G, et al. Dietary fiber and health outcomes: An umbrella review of systematic reviews and meta-analyses[J]. *Am J Clin Nutr*, 2018, 107(3): 436–444.
- [9] O'GRADY J, O'CONNOR E M, SHANAHAN F. Review article: Dietary fibre in the era of microbiome science[J]. *Aliment Pharmacol Ther*, 2019, 49(5): 506–515.
- [10] LOU Z X, WANG H X, LÜ W P, et al. Assessment of antibacterial activity of fractions from burdock leaf against food-related bacteria[J]. *Food Control*, 2010, 21(9): 1272–1278.
- [11] 范金波, 蔡茜彤, 冯叙桥, 等. 超声波辅助提取牛蒡根多酚工艺参数优化[J]. *食品与发酵工业*, 2014, 40(11): 247–252.
- FAN J B, CAI Q T, FENG X Q, et al. Optimization of ultrasonic-assisted extraction of polyphenols from burdock root[J]. *Food and Fermentation Industries*, 2014, 40(11): 247–252.
- [12] MIAZGA-KARSKA M, MICHALAK K, GINALSKA G. Anti-acne action of peptides isolated from burdock root—preliminary studies and pilot testing[J]. *Molecules*, 2020, 25(9): 2027.
- [13] WANG D, BADARAU A S, SWAMY M K, et al. *Arctium* species secondary metabolites chemodiversity and bioactivities[J]. *Front Plant Sci*, 2019, 10: 834.
- [14] MIZUKI A, TATEMACHI M, NAKAZAWA A, et al. Effects of Burdock tea on recurrence of colonic diverticulitis and diverticular bleeding: An open-labelled randomized clinical trial[J]. *Sci Rep*, 2019, 9(1): 6793.
- [15] WANG Z, LI P, WANG C J, et al. Protective effects of *Arctium lappa* L. root extracts (AREs) on high fat diet induced quail atherosclerosis[J]. *BMC Complement Altern Med*, 2016, 16: 6.
- [16] KUO D H, HUNG M C, HUNG C M, et al. Body weight management effect of burdock (*Arctium lappa* L.) root is associated with the activation of AMP-activated protein kinase in human HepG2 cells[J]. *Food Chem*, 2012, 134(3): 1320–1326.
- [17] MA Q T, LI Y Q, LI P F, et al. Research progress in the relationship between type 2 diabetes mellitus and intestinal flora[J]. *Biomed Pharmacother*, 2019, 117: 109138.
- [18] ANNUNZIATA G, BARREA L, CIAMPAGLIA R, et al. *Arctium lappa* contributes to the management of type 2 diabetes mellitus by regulating glucose homeostasis and improving oxidative stress: A critical review of *in vitro* and *in vivo* animal-based studies[J]. *Phytother Res*, 2019, 33(9): 2213–2220.
- [19] AHANGARPOUR A, HEIDARI H, OROOJAN A A, et al. Antidiabetic, hypolipidemic and hepatoprotective effects of *Arctium lappa* root's hydro-alcoholic extract on nicotinamide-streptozotocin induced type 2 model of diabetes in male mice[J]. *Avicenna Journal of Phytomedicine*, 2017, 7(2): 169–179.
- [20] TOUSCH D, BIDELE L P R, CAZALS G, et al. Chemical analysis and antihyperglycemic activity of an original extract from burdock root (*Arctium lappa*) [J]. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 2014, 62(31): 7738–7745.
- [21] AHANGARPOUR A, OROOJAN A A, HEIDARI H, et al. Effects of hydro-alcoholic extract from *Arctium lappa* L. (Burdock) root on gonadotropins, testosterone, and sperm count and viability in male mice with nicotinamide/streptozotocin-induced type 2 diabetes[J]. *Malaysian Journal of Medical Sciences*, 2015, 22(2): 25–32.
- [22] BOK S H, CHO S S, BAE C S, et al. Safety of 8-weeks oral administration of *Arctium lappa* L. [J].

- Lab Anim Res, 2017, 33(3): 251–255.
- [23] VODOVOTZ Y, CONSTANTINE G, FAEDER J, et al. Translational systems approaches to the biology of inflammation and healing [J]. Immunopharmacol Immunotoxicol, 2010, 32(2): 181–195.
- [24] WU Y C, LIN L P, YEH C S, et al. Burdock essence promotes gastrointestinal mucosal repair in ulcer patients[J]. Fooyin J Health Sci, 2010, 2(1): 26–31.
- [25] DA SILVA L M, ALLEMAND A, MENDES D A, et al. Ethanolic extract of roots from *Arctium lappa* L. accelerates the healing of acetic acid-induced gastric ulcer in rats: Involvement of the antioxidant system[J]. Food Chem Toxicol, 2013, 51: 179–187.
- [26] CARLOTTO J, DE SOUZA L M, BAGGIO C H, et al. Polysaccharides from *Arctium lappa* L.: Chemical structure and biological activity[J]. Int J Biol Macromol, 2016, 91: 954–960.
- [27] MAGHSOUMI –NOROUZABAD L, ALIPOOR B, ABED R, et al. Effects of *Arctium lappa* L. (Burdock) root tea on inflammatory status and oxidative stress in patients with knee osteoarthritis[J]. Int J Rheum Dis, 2016, 19(3): 255–261.
- [28] WANG Y, ZHANG N F, KAN J, et al. Structural characterization of water-soluble polysaccharide from *Arctium lappa* and its effects on colitis mice[J]. Carbohydr Polym, 2019, 213: 89–99.
- [29] ZHANG X, ZHANG N F, KAN J, et al. Anti-inflammatory activity of alkali-soluble polysaccharides from *Arctium lappa* L. and its effect on gut microbiota of mice with inflammation[J]. Int J Biol Macromol, 2020, 154: 773–787.
- [30] WANG F D, FENG G H, CHEN K S. Burdock fructooligosaccharide induces resistance to tobacco mosaic virus in tobacco seedlings [J]. Physiological and Molecular Plant Pathology, 2009, 74(1): 34–40.
- [31] SUN F, ZHANG P Y, GUO M R, et al. Burdock fructooligosaccharide induces fungal resistance in postharvest Kyoho grapes by activating the salicylic acid-dependent pathway and inhibiting browning[J]. Food Chem, 2013, 138(1): 539–546.
- [32] ZHAO J, EVANGELOPOULOS D, BHAKTA S, et al. Antitubercular activity of *Arctium lappa* and *Tussilago farfara* extracts and constituents[J]. J Ethnopharmacol, 2014, 155(1): 796–800.
- [33] RAJASEKHARAN S K, RAMESH S, BAKKI-YARAJ D, et al. Burdock root extracts limit quorum-sensing-controlled phenotypes and biofilm architecture in major urinary tract pathogens [J]. Urolithiasis, 2015, 43(1): 29–40.
- [34] NGUYEN T T, VO T T, NGUYEN B N, et al. Silver and gold nanoparticles biosynthesized by aqueous extract of burdock root, *Arctium lappa* as antimicrobial agent and catalyst for degradation of pollutants[J]. Environ Sci Pollut Res Int, 2018, 25(34): 34247–34261.
- [35] PREDES F S, RUIZ A L, CARVALHO J E, et al. Antioxidative and *in vitro* antiproliferative activity of *Arctium lappa* root extracts[J]. BMC Complement Altern Med, 2011, 11: 25.
- [36] TIAN K M, WANG J, ZHANG Z M, et al. Enzymatic preparation of fructooligosaccharides-rich burdock syrup with enhanced antioxidative properties[J]. Electronic Journal of Biotechnology, 2019, 40: 71–77.
- [37] BALTA S. Endothelial dysfunction and inflammatory markers of vascular disease[J]. Current Vascular Pharmacology, 2021, 19(3): 243–249.
- [38] TIAN X, SUI S, HUANG J, et al. Neuroprotective effects of *Arctium lappa* L. roots against glutamate-induced oxidative stress by inhibiting phosphorylation of p38, JNK and ERK 1/2 MAPKs in PC12 cells[J]. Environ Toxicol Pharmacol, 2014, 38(1): 189–198.
- [39] YARI S, KARAMIAN R, ASADBEGY M, et al. The protective effects of *Arctium lappa* L. extract on testicular injuries induced by ethanol in rats[J]. Andrologia, 2018, 50(9): e13086.
- [40] ROMUALDO G R, SILVA E D, DA SILVA T C, et al. Burdock (*Arctium lappa* L.) root attenuates preneoplastic lesion development in a diet and thioacetamide-induced model of steatohepatitis-associated hepatocarcinogenesis [J]. Environmental Toxicology, 2020, 35(4): 518–527.
- [41] ISHIMARU M, KAGOROKU K, CHACHIN K, et al. Effects of the storage conditions of burdock (*Arctium lappa* L.) root on the quality of heat-processed burdock sticks [J]. Scientia Horticulturae, 2004, 101(1/2): 1–10.
- [42] GUO C, MUJUMDAR A S, ZHANG M. New development in radio frequency heating for fresh food processing: A review[J]. Food Engineering Reviews, 2019, 11(1): 29–43.

- [43] YE C W, HE C, ZHANG B W, et al. Inhibition of lignification of *Zizania latifolia* with radio frequency treatments during postharvest[J]. BMC Chem, 2020, 14(1): 4.
- [44] SHEN Y B, ZHENG L Y, GOU M, et al. Characteristics of pitaya after radio frequency treating: Structure, phenolic compounds, antioxidant, and antiproliferative activity[J]. Food and Bioprocess Technology, 2019, 13(1): 180-186.
- [45] 黄雄超. 一种含牛蒡多糖的藜麦减肥代餐粉: CN107996975A[P]. 2018-05-08[2020-11-02].
HUANG X C. A kind of quinoa diet meal replacement powder containing burdock polysaccharide: CN107996975A[P]. 2018-05-08[2020-11-02].
- [46] 王要好. 一种植物提取物复合代餐粉: CN110638045A[P]. 2020-01-03[2020-11-02].
WANG Y H. A kind of plant extract compound meal replacement powder: CN110638045A[P]. 2020-01-03[2020-11-02].
- [47] 蔡木易, 谷瑞增. 一种牛蒡发酵制品及其制备方法: CN104544443A[P]. 2015-04-29[2020-11-02].
CAI M Y, GU R Z. A kind of fermented burdock product and its preparation method: CN104544443A[P]. 2015-04-29[2020-11-02].
- [48] 丁朋, 王乃馨. 一种复合果蔬牛蒡酵素及其制备方法: CN109077312A[P]. 2018-12-25[2020-11-02].
DING P, WANG N X. A kind of composite fruit and vegetable burdock enzyme and its preparation method: CN109077312A[P]. 2018-12-25[2020-11-02].
- [49] 高献礼, 刘二蒙. 一种富含黄酮苷元和活性益生菌牛蒡酵素的生产方法: CN110101076A[P]. 2019-08-09[2020-11-02].
GAO X L, LIU E M. A kind of production method of burdock enzyme rich in flavonoids and active probiotics: CN110101076A[P]. 2019-08-09[2020-11-02].
- [50] 赵光远, 李斌. 一种牛蒡猕猴桃复合果蔬汁饮料及其制备方法: CN107535757A[P]. 2018-01-05[2020-11-02].
ZHAO G Y, LI B. A kind of burdock and kiwi compound fruit and vegetable juice beverage and its preparation method: CN107535757A[P]. 2018-01-05[2020-11-02].
- [51] 丁朋, 张朋. 一种养生牛蒡咀嚼片配方及其制备方法: CN110693931A[P]. 2020-01-17[2020-11-02].
DING P, ZHANG P. A kind of formula and preparation method of health-preserving burdock chewable tablets: CN110693931A[P]. 2020-01-17[2020-11-02].

Research Progress on Burdock Root and Its Deep Processing

Liang Wei^{1,2}, Li Ying^{1,2*}, Feng Jin², Chai Zhi², Cui Li², Huang Wuyang²

(¹School of Food and Biological Engineering, Jiangsu University, Zhenjiang 212013, Jiangsu

²Jiangsu Academy of Agricultural Sciences, Nanjing 210014)

Abstract Burdock is a kind of plant with excellent food and nutritional value, commonly known as "Orient Ginseng". Burdock root is rich in inulin, dietary fiber, chlorogenic acid and other bioactive constituents, which possesses physiological functions such as lowering blood fat and blood sugar, anti-cancer, antibacterial, anti-inflammatory and liver protection. The objective of this paper was to summarize bioactive components, nutritional effects and the current status of deep processing in burdock and to provide scientific basis for the precise processing of its functional ingredients, and propose a theoretical support for the further development and utilization of burdock root resources. It also could outlook future research directions and application prospects and supply new insights into the early prevention of chronic non-communicable diseases of obesity, hyperlipidemia, type 2 diabetes, and colitis.

Keywords burdock root; bioactive constituents; mechanism; nutritional effect; application