

食叶草的营养价值及开发前景

Nutritional value and development prospect of edible dock

王晓杰^{1,2,3}刘 抗^{1,2,3}张 丽⁴郑明明³周裔彬^{1,2,3}WANG Xiao-jie^{1,2,3}LIU Kang^{1,2,3}ZHANG Li⁴ZHENG Ming-ming³ZHOU Yi-bin^{1,2,3}

(1. 安徽农业大学茶与食品科技学院, 安徽 合肥 230000; 2. 安徽农业大学食品加工研究院,

安徽 合肥 230000; 3. 安徽省农产品加工工程实验室, 安徽 合肥 230000;

4. 安徽省粮食行业协会, 安徽 合肥 230000)

(1. School of Tea and Food Science and Technology, Anhui Agricultural University, Hefei, Anhui 230000,

China; 2. Institute of Food Processing, Anhui Agricultural University, Hefei, Anhui 230000, China;

3. Anhui Agricultural Products Processing Engineering Laboratory, Hefei, Anhui 230000, China;

4. Anhui Grain Industry Association, Hefei, Anhui 230000, China)

摘要:为探究食叶草的理化性质,促进食叶草的加工,开发出食叶草相关产品,以食叶草为研究对象,分别从其安全性、作为新食品原料的优势、营养成分和健康功效以及相关应用的研究现状进行了综述,并对食叶草产品的开发前景进行了展望。

关键词:食叶草;新食品原料;营养价值;开发前景

Abstract: To investigate the physicochemical properties of edible dock, promote its processing and develop the related products, the safety, advantages as a new food raw material, nutritional components, health efficacy and application status of the edible dock were reviewed, and the prospects for the development of edible dock products were also presented.

Keywords: edible dock; new food raw material; nutritional value; development prospect

植物蛋白是中国居民膳食蛋白的主要来源^[1],机体摄入植物蛋白不仅有利于均衡营养、促进身体健康,还可以减少碳排放量、保护环境。然而,中国植物蛋白资源比较匮乏,每年需要从国外进口约 1 亿 t 大豆。因此,开发新型植物蛋白资源意义重大。

食叶草又名食叶菜,是中国科研人员自主研发的植物新品种。食叶草的母本鲁梅克斯 K-1 具有粗蛋白含量

高、耐干旱、耐盐碱的优点^[2],父本巴天酸模具有分布广、耐严寒、环境适应性强的特点^[3]。食叶草成功继承了亲本耐盐碱,耐寒抗旱的优点,可以在东北、西北、川藏等极端恶劣环境下生存^[4]。目前,食叶草正在向全国各地推广,已经种植于北京、天津、山东、山西、浙江、江苏、湖南、湖北、广东、广西等地区,食叶草产量高,北方地区年产量可达 300 t/hm²,南方地区因气候温和、雨水量大,年产量可达 525 t/hm²。因符合中国《新食品原料安全性审查管理办法》^[5]的规定,且 2021 年通过安全性评估,食叶草被国家卫生健康委员会认定为新食品原料,按照中国叶菜类蔬菜的标准执行^[6]。

食叶草是一种具有巨大开发价值的新植物蛋白来源。文章拟分析食叶草的安全性及其作为新食品原料的优势,并对食叶草在食品中的应用现状进行概述,以期对食叶草的开发与利用提供依据。

1 食叶草的安全性

1.1 成分分析

通过将食叶草中的成分与其他食物进行对比可以发现,其蛋白质含量高达 35.8 g/100 g,是大米的 2.94 倍;膳食纤维含量达到 25.6 g/100 g,是玉米的 2.37 倍;维生素 C 含量可达 608 mg/100 g,是西兰花的 7.41 倍;钠含量达到了 43.6 mg/100 g,是麦子的 13.21 倍;钾含量高达 2 805 mg/100 g,是菠菜的 9.02 倍;镁含量可达 456 mg/100 g,是菠菜的 7.86 倍;锌含量达到了 35 mg/100 g,是牛肝的 2.92 倍^[7]。食叶草含有蒽醌^[8],总量约为 1.29 mg/100 g。蒽醌不属于食叶草中的营养成分,摄入量超标对动物内脏具有一定的毒性^[9]。楼敏涵等^[10]对食叶草中蒽醌的安全性进行了评估,如果按成人

基金项目:国家自然科学基金(编号:32172162);安徽农业大学高层次人才引进项目(编号:rc352202)

作者简介:王晓杰,男,安徽农业大学在读硕士研究生。

通信作者:刘抗(1991—),男,安徽农业大学副教授,硕士生导师,博士。E-mail:liukang@ahau.edu.cn

周裔彬(1967—),男,安徽农业大学教授,博士生导师,博士。E-mail:zhouyibin@ahau.edu.cn

收稿日期:2022-06-01 **改回日期:**2022-09-03

体重 60 kg、日摄入量 50 g 计算,摄入的蕙醌量为 0.011 mg/kg BW,远小于其对人体的有害作用剂量 (0.157 mg/kg BW)。研究^[11]表明,蕙醌能够有效地抑制黑色素瘤、淋巴瘤肉瘤、乳腺癌及艾氏腹水癌。因此,食用食叶草,或将食叶草作为食品添加剂应用到产品开发,可以预防上述疾病的发生。还有研究发现,菠菜^[12]、马齿苋^[13]、苋菜^[14] 中草酸含量分别为 0.61, 1.46, 1.14 g/100 g。而食叶草中草酸含量为 0.32 g/100 g,低于上述常见蔬菜,说明食叶草中的草酸含量在可接受范围内,摄入食叶草中的草酸对人体造成不适的可能性较低,将食叶草开发成食品,更容易被消费者接受和认可。

1.2 卫生学检验

如表 1 所示,食叶草中的重金属砷、铅、汞和镉含量较低,符合 GB 2762—2017《食品安全国家标准 食品中污染物限量》的规定要求。农药残留均未检出,符合 GB 2763—2016《食品安全国家标准 食品中最大农药残留限量》的要求。

表 1 食叶草中重金属和农药残留量^[10]

Table 1 Heavy metal and pesticide residues in inedible dock

指标	残留量/(mg · kg ⁻¹)	检验依据
砷	8.266 7×10 ⁻³ ±0.002 4	GB 2762—2017
铅	5.900 0×10 ⁻² ±0.026 5	GB 2762—2017
汞	9.416 7×10 ⁻⁴ ±8.082 9×10 ⁻⁶	GB 2762—2017
镉	9.400 0×10 ⁻³ ±0.000 3	GB 2762—2017
六六六	未检出	GB 2763—2016
滴滴涕	未检出	GB 2763—2016

1.3 毒理学试验

为进一步研究食叶草的安全性,楼敏涵等^[15]进行了相关毒理学试验。急性经口毒性试验、90 d 经口毒性试验、三项遗传毒性试验以及致畸试验结果表明,与对照组相比,试验鼠均未出现异常现象。综上所述,中国成人(不包括孕妇及乳母)每日食叶草的摄入量在 50 g 以下,对人体健康造成危害的风险较低。

1.4 食用安全性

酸模属植物历史悠久,早在亨利八世时期,人们就已经将其叶子作为蔬菜食用。在西班牙、葡萄牙等地区,其茎叶常被用来制作沙拉、配菜^[16]。在马其顿地区,酸模属植物常被用作食物馅料食用^[17]。食用方法多为凉拌、烹炒或加工成米、面制食品等,且未见因食用食叶草引起不良反应的报告^[10]。

2 作为新食品原料的优势

2.1 易种植

食叶草耐寒抗旱,成年株可在-40℃的低温环境顺

利越冬,其根系深达 1 m 左右,在干旱地区仍能生长。食叶草耐盐碱,种子即使在重度的盐碱环境下,也能萌发生芽^[4]。而且食叶草还可以优化土地资源,能够有效地增加植被覆盖率,起到减少水土流失的作用^[18]。

2.2 高产量

与传统粮食作物相比,食叶草作为粮食新资源具有更高的产量。研究^[19]发现,麦子的年产量在 3 750~6 750 kg/hm²,玉米的年产量在 5 250~7 500 kg/hm²,大米的年产量在 7 500~15 000 kg/hm²,而食叶草的年产量可以达到 300 t/hm²以上,分别约是麦子的 44~80 倍,玉米的 40~57 倍,大米的 20~40 倍。

2.3 高营养

食叶草不仅产量高,而且营养价值丰富。与传统粮食作物相比,每 100 g 食叶草中的蛋白质含量约是麦子的 3.0 倍,玉米的 4.1 倍,大米的 2.8 倍;钙含量约是麦子的 20.1 倍,玉米的 48.8 倍,大米的 85.4 倍^[19]。此外,食叶草中的钾、铁、锌、硒、胡萝卜素、维生素等含量也显著高于麦子、玉米、大米等传统粮食作物。

2.4 易加工

新鲜食叶草含水率高^[20],晒干、打磨成粉后就可以用于加工成各种食品。传统的粮食作物,例如麦子和大米,大米需要经过去壳处理,玉米需要经过剥落处理。相比之下,作为新食品原料,食叶草具有易加工的优势。

3 营养成分及健康功效

3.1 蛋白质

食叶草中的蛋白质含量高、氨基酸种类齐全。食叶草中的蛋白质含量高达 35%以上,是小麦中蛋白含量的 3.08 倍^[19]。食叶草中的氨基酸总量可达 35.4%,包含 8 种人体必需氨基酸。食叶草中的蛋白质和氨基酸对调节新陈代谢、增强人体免疫力有重要作用^[21]。此外,蛋白质还能够起到修复受损组织,维持血浆渗透压等功效。因此,可以利用食叶草富含蛋白质和多种氨基酸这一特点,开发出具有保健功效的食叶草相关食品。

3.2 矿物质

据文献报道,每 100 g 食叶草中含有钾 2 805 mg,钙 683.0 mg,镁 456 mg,铁 37.5 mg,锌 35.0 mg,硒 0.1 mg,还含有丰富的钠、磷、锰等矿物质元素^[19];每 100 g 苋菜中钙含量约 178 mg,铁含量约 2.9 mg^[7];每 100 g 菠菜中钾含量约 311 mg,镁含量约 58 mg^[7]。对比发现,食叶草中矿物质种类较齐全,且含量远高于苋菜和菠菜。矿物质元素具有多种生理功能和健康功效,如钙、磷、镁是构成骨髓和牙齿的主要成分;钾、钠可以维持细胞液的渗透压;铁可以合成血红蛋白预防贫血^[22]。因此,食叶草是一种矿物质丰富的新食品原料,可以用于功能性食品的开发。

3.3 维生素

食叶草富含维生素,其中维生素 C 约 608 mg/100 g,维生素 B₁ 约 0.112 mg/100 g,维生素 E 约 0.983 mg/100 g,维生素 B₂ 约 0.053 mg/100 g^[19]。维生素 C 能够防治坏血病和骨质疏松症,每 100 g 西兰花中的维生素 C 含量高达 110 mg,是西红柿的 5 倍,却远远低于食叶草中的维生素 C 含量^[7]。因此,食叶草能够更好地满足人体对维生素 C 的需求。此外,维生素 B₁ 能够防治脚气病,可以起到调节机体内糖代谢、促进胃肠道功能和维持神经系统稳定的作用;维生素 B₂ 是构成黄素酶的辅酶,能够预防和治疗口角炎、结膜炎,且参与机体内的氧化反应和电子传递系统。由此可见,食用食叶草对加强人体营养,促进人体健康具有重要意义。

3.4 生物活性物质

酚类物质、黄酮类物质是食叶草中重要的活性成分,与抗氧化活性和降血糖活性密切相关^[23]。据测定^[24],食叶草中的总酚、总黄酮含量分别为 11.35 mg GAE/g、3.56 mg RE/g。此外,食叶草中还含有胡萝卜素、叶绿素、超氧化物歧化酶(SOD)等。其中,胡萝卜素可以起到抗氧化、抗衰老、美容养颜等功效^[25];叶绿素能维持酶的活性,可以起到抵抗疾病、强身健体的作用;多酚具有抗氧化作用,能够预防肥胖、癌症、心血管疾病^[26];SOD 具有抗辐射、消除自由基的影响、延长人体寿命等功能^[27]。

3.5 膳食纤维

食叶草中的膳食纤维可以达到 25.6 g/100 g^[19],膳食纤维能够促进胃肠道蠕动,预防肠癌。膳食纤维可以用于脂肪,能够有效地分解脂肪,促进胃肠道消化,有助于预防肥胖。此外,膳食纤维还可以起到预防“三高”和心脑血管疾病的功效。

综上所述,食叶草营养全面均衡,对促进国民健康,增强国民体质具有重要的战略意义。此外,食叶草产量高,且能够适应中国绝大多数的自然环境,可以在沙漠、高原和盐碱地生存,有望成为战略储粮。

4 食叶草的开发应用现状

4.1 米、面制食品

相对于大米、小麦和玉米这些传统的粮食作物,食叶草含有更加丰富的矿物质元素,以食叶草为原料生产加工成米、面等主食,能够发挥出其营养价值。将食叶草制成草汁,混合马铃薯全粉和大米粉,制备出的食叶草养生大米不仅营养丰富,而且可用于预防疾病。这是因为其具有低糖、低淀粉、营养较寻常大米更全面等特点,所以非常适合三高人群以及糖尿病人食用。杨秀丽等^[28]将食叶草粉混合木薯粉、大米粉、绿豆粉等材料,经过膨化挤压、冷却干燥、筛选包装等工艺处理,可以开发出食叶草人造营养大米,该产品品质细腻,营养丰富。此外,利用

该大米所做出的米饭味香,可以增强人们的食欲,促进生长发育。食叶草浆混合淀粉等材料,可以制备出粉条,利用食叶草中植物胶原蛋白代替明矾及其他增筋剂,不仅能够有效地降低生产成本,还可以降低由明矾及其他增筋剂混入食品中对人体带来的危害。利用食叶草中的植物胶原蛋白,研制出粉体食叶草植物蛋白增筋剂,该增筋剂具有加工便捷、性能优越、产品安全等优点,可以用于面点食品的开发。将食叶草研磨成食叶草汁,混合马铃薯全粉、小麦粉等材料,可以开发出食叶草养生面点。通过将食叶草和马铃薯这两种物质有机合成,开发出的食叶草马铃薯粮食,可以用来做馒头、挂面、面包等主粮食品。何石明等^[29]将食叶草打出浆,混合葛根粉、小麦粉等材料,开发出具有降低血糖、预防糖尿病等功效的食叶草面条。柏绿山等^[30]发现,以食叶草为原材料制备出的食叶草面食品具有保健和营养作用,与何石明等^[29]的研究结果相吻合。研究^[31]发现,样品对 α -葡萄糖苷酶活性抑制率的高低可以用来表示其降血糖能力大小。人体中的二糖能够被 α -葡萄糖苷酶水解为葡萄糖,抑制其活性可延缓肠道对葡萄糖的吸收,从而降低餐后血糖水平,达到控制 II 型糖尿病的效果^[32]。将食叶草与桑叶进行对比发现,质量浓度为 2 mg/mL 的食叶草提取物对 α -葡萄糖苷酶活性的抑制效果与质量浓度为 125 mg/mL 的桑叶提取物相当^[33],由此可见,食叶草具有更强的降血糖功效。

4.2 植物蛋白饮品

食叶草因其具有蛋白含量高的特点,被誉为“蛋白草”,将食叶草应用于植物蛋白饮品的开发,具有广泛的应用前景。柏绿山等^[34]以食叶草为原料,将样品进行晾晒处理,在 100~150 °C 下杀青 12~60 s 后揉捻,120~150 °C 下干燥 2.5~5.0 h 后置于窖中 4.0~8.0 h,可以制备出食叶草功能性茶饮料。混合食叶草粉、人参粉、甜味素等材料,可以研制出一种具有补肾、健脾、提高人体免疫力等功效的植物源食叶草复方固体饮料。此外,还可以利用食叶草来代替动物奶及其他植物做成饮料,长期饮用该饮料可以起到调节新陈代谢、维持身体健康的作用。柏绿山等^[35]以食叶草浆液为原料,混合天然多糖悬浮剂、保鲜剂等材料,可以开发出成本低、营养丰富的食叶草植物奶。将食叶草汁混合木糖醇、纯化水及调味料,制备食叶草养生奶。该产品不仅营养丰富,而且能有效地避免由动物源乳所引起的乳糖不耐受等问题^[36]。由于食叶草色素含量较高,且制成的植物饮料含有一定程度的草腥味,如何解决色素和草腥味是值得思考的问题。考虑到食叶草饮品的安全性,可以使用食品级的活性炭来达到清除色素和异味的目的。目前,常用的食品级活性炭多以竹炭、赤松炭、椰壳活性炭为主,其比表面积较大、吸附能力较强。

4.3 保健产品

食叶草中含有丰富的多酚、叶绿素、胡萝卜素、SOD等生物活性物质,可以通过分离、提取这些活性物质,用于保健产品的开发。以食叶草为原料研制出食叶草保健口服液和胶囊,可以起到抗氧化、美容养颜、降低血糖血压的作用。食叶草混合甘草、乙基麦芽粉等材料,进行制丝卷烟处理,可以制备出食叶草保健香烟。由于该香烟不含尼古丁,能够有效地避免人体产生尼古丁戒断综合征,可以有效地促进吸烟人群的身心健康。此外,该保健香烟富含叶绿素、绿原酸等有益物质,可以起到健肺养肺、预防疾病的功效^[37]。朴美子等^[38]以食叶草提取物为原料代替昂贵的中药材,制备出拮抗内毒素的保健药物,不仅降低了生产成本,也为食叶草在保健品领域的实际运用提供了科学依据。以食叶草粉为原料,混合人参粉、硬脂酸镁等材料,通过干燥、压片、灭菌等工艺,可以制备出具有保健功效的食叶草复方片剂^[39]。以食叶草粉为原料,利用神花草独特的黏性,制备出食叶草营养含片,实现了产品的定型。由于没有使用任何黏结剂,不仅可以降低生产成本,还能够避免由于使用黏结剂而给人体带来的危害,该含片携带方便,适合人们食用^[40]。

5 开发前景

食叶草作为新食品原料应用于食品领域,有利于增强人体免疫力,提高国民健康水平,同时也符合国家“健康中国2030”的发展理念^[41]。食叶草产量高,能够以草代粮,缓解粮食短缺的危机。食叶草中含有草酸,适口性较差,之前常作为牧草、饲料来使用。因此,研究脱除或降低食叶草草酸含量的技术,可改善食叶草的适口性,提高其产品质量。目前,食叶草的开发利用还处于起步阶段,市场上主要以鲜草或烘干初加工产品为主。食叶草中蛋白含量高,采用碱溶酸沉、盐析、酶解等技术分离纯化获得食叶草蛋白,并研究其理化、结构及功能特性,是食叶草蛋白在食品中高值化利用的基础。未来应该充分发挥食叶草产量高、营养丰富的优势,对食叶草资源进行精深加工,围绕其营养功效成分开展基础研究,开发系列功能性食品,实现食叶草的全价利用,推动食叶草产业高质量发展。

参考文献

- [1] 罗洁霞, 徐克. 我国居民家庭膳食蛋白质和脂肪摄入量比较[J]. 中国食物与营养, 2019, 25(2): 79-83.
- [2] 姚焱, 张平, 杨茁萌. 鲁梅克斯 K-1 杂交酸模的品种特性及产业化发展[J]. 中国医学生物技术应用, 2002(3): 67-70.
- [3] YAO Y, ZHANG P, YANG Z M. The variety characteristics and industrial development of Rumex K-1[J]. Chin Acad Med Magaz

Org, 2002(3): 67-70.

- [3] SINGH N, ARYA J S, MAURYA S B, et al. Rumex (Rumex patientia L.): Spinach of high-altitude cold desert [J]. Current Science, 2013, 104(5): 574.
- [4] 郑旭, 李斌, 殷春旭, 等. 复合盐碱胁迫对食叶草种子萌发的影响[J]. 新疆农垦科技, 2019, 42(5): 33-38.
- [5] ZHENG X, LI B, YIN C X, et al. Effects of combined saline alkali stress on edible dock seed germination[J]. Xinjiang Farm Res Sci Technol, 2019, 42(5): 33-38.
- [5] 国家卫生计生委. 新食品原料安全性审查管理办法[EB/OL]. (2018-04-10) [2022-05-01]. <https://kns.cnki.net/kcms/detail/detail.aspx?FileName=GWYB201810026&DbName=CJFN2018>.
- [5] National Health and Family Planning Commission. Administrative measures for safety review of new food materials[EB/OL]. (2018-04-10) [2022-05-01]. <https://kns.cnki.net/kcms/detail/detail.aspx?FileName=GWYB201810026&DbName=CJFN2018>.
- [6] 关于食叶草等 15 种“三新食品”的公告[J]. 中国食品卫生杂志, 2021, 33(6): 802.
- [6] The bulletin on 15 kinds of "three new foods" such as edible dock [J]. Chinese Journal of Food Hygiene, 2021, 33(6): 802.
- [7] 植石灿, 李育军, 何潮安, 等. 食叶草蔬菜的高产优质种植及加工研究[J]. 长江蔬菜, 2020(4): 52-56.
- [7] ZHI S C, LI Y J, HE C A, et al. Study on the high output, high quality of edible dock planting and processing[J]. Changjiang Veget, 2020(4): 52-56.
- [8] 张红阳, 李波, 钟国跃, 等. 土大黄提取物及其有效成分药理活性研究进展[J]. 中药新药与临床药理, 2018, 29(2): 240-246.
- [8] ZHANG H Y, LI B, ZHONG G Y, et al. Advances in pharmacological activities and active constituents of Rumex madaio [J]. Tradit Chin Drug Res Clin Pharmacol, 2018, 29(2): 240-246.
- [9] LIU Y T, MAPA M S T, SPRANDO R L. Liver toxicity of anthraquinones: A combined in vitro cytotoxicity and in silico reverse dosimetry evaluation[J/OL]. Food Chem Toxicol. (2020-06-29) [2022-05-01]. <https://kns.cnki.net/kcms/detail/detail.aspx?FileName=SJESB0395F9C3883A253DD3848E70DE59B21&DbName=GARJ2020>.
- [10] 楼敏涵, 曲雪峰, 张丽婧, 等. 新食品原料食叶草的安全性评估[J]. 食品安全质量检测学报, 2021, 12(10): 3 919-3 926.
- [10] LOU M H, QU X F, ZHANG L J, et al. Safety evaluation of edible dock as a new food raw material[J]. Journal of Food Safety And Quality Inspection, 2021, 12(10): 3 919-3 926.
- [11] 陈伟. 食叶草的营养价值及产品开发研究进展[J]. 农产品加工, 2018(14): 63-64, 67.
- [11] CHEN W. Study on nutritional value and development of edible leaf weed and research progress on edible leaf weed products[J]. Farm Prod Pros, 2018(14): 63-64, 67.
- [12] 王丰. 菠菜的营养及其草酸含量的调控方法分析[J]. 广西轻工业, 2009(4): 16-17.
- [12] WANG F. Analysis on nutrition of spinach and regulation method of oxalic acid content[J]. Guangxi J Light Ind, 2009(4): 16-17.

- [13] 胡水清青, 杜红梅. 10 个马齿苋类型的脂肪酸和草酸含量分析[J]. 广西植物, 2019, 11(39): 1 550-1 557.
- HU S Q Q, DU H M. Content analysis of fatty acids and oxalic acid in ten different types of purslane (*Portulaca oleracea*) [J]. Guihaia, 2019, 11(9): 1 550-1 557.
- [14] KRISTANC L, KR EF T S. European medicinal and edible plants associated with subacute and chronic toxicity part II: Plants with hepato-, neuro-, nephro- and immunotoxic effects [J]. Food & Chemical Toxicology, 2016, 92: 38-49.
- [15] 楼敏涵, 张丽娟, 梅松, 等. 食叶草粉对 SD 大鼠的致畸性研究[J]. 食品安全质量检测学报, 2021, 12(3): 945-950.
- LOU M H, ZHANG L J, MEI S, et al. Study on the teratogenicity of edible dock powder on SD rats[J]. Journal of Food Safety and Quality Inspection, 2021, 12(3): 945-950.
- [16] SÁNCHEZ-MATA M, TARDÍO J. Mediterranean wild edible plants ethnobotany and food composition tables[M/OL]. (2016-12-01) [2022-05-01]. https://kns.cnki.net/kcms/detail/detail.aspx?FileName=SJST21B1E881175F0454F201350197B6D773&DbName=GARJ2021_2.
- [17] PIERONI A, REXHEPI B, NEDELICHEVA A, et al. One century later: The folk botanical knowledge of the last remaining Albanians of the upper Reka Valley, Mount Korab, Western Macedonia[J]. Journal of Ethnobiology and Ethnomedicine, 2013, 9(1): 22.
- [18] 柏绿山, 杨秀丽. 食叶草氨基酸蛋白肥料的应用与效果分析[J]. 中国果菜, 2018, 38(10): 38-40.
- BAI L S, YANG X L. Effect analysis and application of amino acid fertilizer using leaf-eating grass[J]. China Fruit Veget, 2018, 38(10): 38-40.
- [19] 柏绿山, 杨秀丽. 食叶草(蛋白草)拓展粮食新资源战略意义[J]. 农业开发与装备, 2018(9): 53, 55.
- BAI L S, YANG X L. The strategic significance of edible dock to the expansion of novel food[J]. Agric Dev Equip, 2018(9): 53, 55.
- [20] 周昕, 黄秋连, 王健, 等. 添加乳酸菌剂和糖蜜对不同含水量食叶草青贮发酵品质及体外干物质消失率的影响[J]. 动物营养学报, 2021, 33(3): 1 594-1 606.
- ZHOU X, HUANG Q L, WANG J, et al. Effect of adding lactic bacteria and molasses on fermentation quality and in vitro dry matter disappearance rate of *Rumex hanus* by silage with different moisture contents[J]. Chinese Journal of Animal Nutrition, 2021, 33(3): 1 594-1 606.
- [21] 陈霞飞. 生命的物质基础之一: 蛋白质篇[J]. 质量与标准化, 2014(8): 22-23.
- CHEN X F. One of the material bases of life: Protein[J]. Quality and Standardization, 2014(8): 22-23.
- [22] 韩银. 微量元素与人体健康[J]. 乡村科技, 2015(5): 45.
- HAN Y. Trace elements and human health[J]. Rural Science and Technology, 2015(5): 45.
- [23] 李榕娣, 庄远杯, 魏爱红, 等. 不同蕨菜制品醇提物体外抗氧化及降血糖活性研究[J]. 食品工业科技, 2021, 42(19): 56-63.
- LI R D, ZHUANG Y B, WEI A H, et al. Antioxidant and hypoglycemic activities of ethanol extracts from different products of *Blechnum orientale* L. in vitro[J]. Science and Technology of Food Industry, 2021, 42(19): 56-63.
- [24] 李宪秀, 何涛, 杨帆, 等. 食叶草的营养活性成分含量及生物活性分析[J/OL]. 食品工业科技. (2022-07-13) [2022-08-18]. <https://doi.org/10.13386/j.issn1002-0306.2022040234>.
- LI X X, HE T, YANG F, et al. Analysis of nutritional components, functional components and bioactivity of edible dock [J/OL]. Science and Technology of Food Industry. (2022-07-13) [2022-08-18]. <https://doi.org/10.13386/j.issn1002-0306.2022040234>.
- [25] 朱秀灵, 车振明, 徐伟. β -胡萝卜素生理功能及其提取技术的研究进展[J]. 广州食品工业科技, 2004(2): 158-162.
- ZHU X L, CHE Z M, XU W. Research progress on physiological function and extraction technology of β -carotene[J]. Guangzhou Food Industry Science And Technology, 2004(2): 158-162.
- [26] 吕进宏, 吕明斌, 陈刚. 生物类黄酮的生物活性功能及其应用[J]. 中国饲料, 2007(14): 24-29.
- LU J H, LU M B, CHEN G. Bioactive function and application of bioflavonoids[J]. China Feed, 2007(14): 24-29.
- [27] 柏绿山, 杨秀丽. 食叶草的研究与开发[J]. 中国果菜, 2018, 38(9): 37-40.
- BAI L S, YANG X L. Research and development of edible dock[J]. Chinese Fruits and Vegetables, 2018, 38(9): 37-40.
- [28] 杨秀丽, 柏绿山. 一种食叶草植物蛋白人造营养大米及加工方法: 201711308453.0[P]. 2018-05-18.
- YANG X L, BAI L S. The invention relates to an artificial nutritive rice of edible dock plant protein and a processing method thereof: 201711308453.0[P]. 2018-05-18.
- [29] 何石明, 程文胜, 唐仕强. 一种抗疲劳、降血糖的食叶草面条及其制备方法: 201910256430.2[P]. 2019-06-28.
- HE S M, CHENG W S, TANG S Q. The invention discloses an anti-fatigue and hypoglycemic edible dock noodle and a preparation method thereof: 201910256430.2[P]. 2019-06-28.
- [30] 柏绿山, 杨秀丽, 柏英庭. 食叶草面食品及其制备方法: 201610188402.8[P]. 2016-06-08.
- BAI L S, YANG X L, BAI Y T. Edible dock noodles food and preparation method thereof: 201610188402.8[P]. 2016-06-08.
- [31] SU K Y, MAO X L, AI L P, et al. In vitro assessment of anti-diabetic potential of four kinds of dark tea (*Camellia sinensis* L.) protein hydrolysates [J]. Journal of Applied Botany and Food Quality, 2019, 92: 57-63.
- [32] VALENCIA-MEJIA E, BATISTA K A, FERNANDEZ J, et al. Antihyperglycemic and hypoglycemic activity of naturally occurring peptides and protein hydrolysates from easy-to-cook and hard-to-cook beans (*Phaseolus vulgaris* L.) [J]. Food Research International, 2019, 121: 238-246.
- [33] 代君君, 吴传华, 肖林珍, 等. 桑树不同组织的水提物对 α -葡萄糖苷酶的抑制作用研究[J]. 中国农学通报, 2011, 27(5): 466-469.

- DAI J J, WU C H, XIAO L Z, et al. Study on the inhibiting effects of the aqueous extract from different mulberry organizations on the α -glucosidase[J]. Chinese Agricultural Science Bulletin, 2011, 27(5): 466-469.
- [34] 柏绿山, 杨秀丽, 柏英庭. 食叶草功能性茶叶及其制备方法: 201710075060.3[P]. 2017-05-31.
- BAI L S, YANG X L, BAI Y T. Edible dock functional tea and preparation method thereof: 201710075060.3[P]. 2017-05-31.
- [35] 柏绿山, 杨秀丽, 柏英庭. 食叶草植物奶及其制备工艺: 201610102419.7[P]. 2016-02-25.
- BAI L S, YANG X L, BAI Y T. Edible dock plant milk and its preparation technology: 201610102419.7[P]. 2016-02-25.
- [36] 李晓苹. 食叶草种植 开启健康新模式[J]. 中国高科技, 2019 (1): 45.
- ZHU X P. Edible dock planting opens a new mode of health[J]. China High-tech, 2019(1): 45.
- [37] 柏绿山, 杨秀丽. 食叶草植物蛋白营养保健香烟及制造方法: 201810339996.7[P]. 2018-09-14.
- BAI L S, YANG X L. Edible dock plant protein nutrition health cigarettes and manufacturing method thereof: 201810339996.7[P]. 2018-09-14.
- [38] 朴美子, 单凌越, 金玉兰. 一种食叶草提取物及其在制备拮抗内毒素的药物和保健品中的应用: 201910322066.5[P]. 2019-08-06.
- PIAO M Z, SHAN L Y, JIN Y L. The invention relates to an extract of edible dock and its application in preparation of antagonistic endotoxin drugs and health care products: 201910322066.5[P]. 2019-08-06.
- [39] 郭长合. 一种植物源食叶草含片及其制备方法: 201810572191.7 [P]. 2018-06-06.
- GUO C H. The invention relates to a plant edible leaf grass lozenge and a preparation method thereof: 201810572191.7 [P]. 2018-06-06.
- [40] 杨秀丽, 柏绿山. 食叶草植物蛋白营养含片及其制备方法: 201810549734.3[P]. 2018-05-31.
- YANG X L, BAI L S. Edible dock plant protein nutritional lozenges and preparation method thereof: 201810549734.3 [P]. 2018-05-31.
- [41] 新华社. “健康中国 2030”规划纲要[C/OL]// 全国中医药治未病养生康复学术交流大会暨期刊图书编辑与信息专业委员会 2016 年年会. (2016-12-08) [2022-05-01]. <https://kns.cnki.net/kcms/detail/detail.aspx?FileName=ZYYH201612001004&DbName=CPFD2017>.
- Xinhua News Agency. "Health China 2030" planning outline[C/OL]// National Academic Exchange Conference on Chinese Medicine for Treating and Rehabilitating Health and Health and the 2016 Annual Meeting of Journal Book Editing and Information Professional Committee. (2016-12-08) [2022-05-01]. <https://kns.cnki.net/kcms/detail/detail.aspx?FileName=ZYYH201612001004&DbName=CPFD2017>.
-
- (上接第 86 页)
- [12] NIE B, WANG H, LI L, et al. Numerical investigation of the flow field inside and outside high-pressure abrasive waterjet nozzle[J]. Procedia Engineering, 2011, 26: 48-55.
- [13] 张晓东, 董志国, 郝鹏飞, 等. 扁平扇形喷嘴设计及试验研究[J]. 机械设计与研究, 2008, 24(1): 89-92.
- ZHANG X D, DONG Z G, HAO P F, et al. Design and experimental research of flat fan nozzle[J]. Mechine Design & Research, 2008, 24(1): 89-92.
- [14] 张新铭, 罗晴, 洪光, 等. 高压水扇形喷嘴结构参数对内部流场影响的数值模拟[J]. 热能动力工程, 2012, 27(3): 301-306.
- ZHANG X M, LUO Q, HONG G, et al. Numerical simulation of the influence of structural parameters of high pressure water fan nozzle on internal flow field [J]. Journal of Engineering for Thermal Energy and Power, 2012, 27(3): 301-306.
- [15] 王文靖, 蒋仲安, 陈举师, 等. 不同结构喷嘴内外流场的数值模拟分析[J]. 煤矿安全, 2013, 44(11): 162-165.
- WANG W J, JIANG Z A, CHEN J S, et al. Numerical simulation analysis of internal and external flow fields of nozzles with different structures[J]. Safety in Coal Mines, 2013, 44 (11): 162-165.
- [16] 吴光中. Fluent 基础入门与案例精通[M]. 北京: 电子工业出版社, 2012: 4-21.
- WU G Z. Fluent basic introduction and case mastery[M]. Beijing: Electronic Industry Press, 2012: 4-21.
- [17] 崔松. 自驱动清洗汽车装置动力系统设计及扇形喷嘴研究[D]. 淮南: 安徽理工大学, 2019: 23-32.
- CUI S. Power system design and fan-shaped nozzle research of self driving cleaning vehicle device[D]. Huainan: Anhui University of Technology, 2019: 23-32.
- [18] 米国强, 黄志刚, 胡淑珍, 等. 基于 Fluent 的螺旋榨油机压榨段流场仿真[J]. 食品与机械, 2021, 37(3): 85-88.
- MI G Q, HUANG Z G, HU S Z, et al. Flow field simulation of the press section of a screw oil press based on fluent[J]. Food & Machinery, 2021, 37(3): 85-88.
- [19] 杨雨, 邱涛. 导板式扇形喷嘴清洗射流流场的数值模拟[J]. 排灌机械工程学报, 2017, 35(3): 243-247.
- YANG Y, QIU T. Numerical simulation of cleaning jet flow field of guide plate fan nozzle[J]. Journal of Drainage and Irrigation Machinery Engineering, 2017, 35(3): 243-247.
- [20] GUHA A, BARRON R M, BALACHANDAR R. An experimental and numerical study of water jet cleaning process[J]. Journal of Materials Processing Technology, 2011, 211(4): 610-618.
- [21] 李喆, 王国志, 邓颖海, 等. 扇形喷嘴的射流特性研究[J]. 机床与液压, 2016, 44(1): 104-107.
- LI Z, WANG G Z, DENG Y H, et al. Study of characteristics of Fan jet nozzle[J]. Machine Tool & Hydraulics, 2016, 44(1): 104-107.