



刘永江,覃鹏. 藜麦营养成分及应用研究进展[J]. 黑龙江农业科学, 2020(3):123-127.

# 藜麦营养成分及应用研究进展

刘永江,覃 鹏

(云南农业大学 农学与生物技术学院,云南 昆明 650201)

**摘要:**藜麦原产安第斯山脉高海拔地区,我国 1987 年由中国西藏农牧学院和西藏农科院进行引种试验,引种成功后在甘肃、山西等地进行推广种植。藜麦富含蛋白质、氨基酸、维生素、黄酮和多酚等物质,具有较好的抗氧化、抑菌和抗癌等功能及很高的营养价值、应用价值和开发潜力。本文从藜麦的营养成分、功能成分、藜麦在食品方面的开发利用情况及存在问题进行综述,并对藜麦今后可能的应用和发展前景进行了展望。

**关键词:**藜麦;营养成分;功能成分

藜麦(*Chenopodium quinoa* Willd.)是原产自印第安地区的一种苋科藜亚科藜属一年生双子叶植物,具有 7 000 多年的栽培历史,又称藜谷、南美藜等<sup>[1-3]</sup>。藜麦的营养价值被联合国粮农组织(FAO)认为是唯一一种可以满足人类基本营养需求的食物。藜麦具有较高的营养价值,是一种新兴的功能产品,其食用的部位以种子为主,其幼苗与嫩叶也可食用。随着藜麦营养价值不断发现与认可,藜麦国际贸易日渐频繁,世界各国都进行引种栽培,且 2013 年被认定为“国际藜麦年”。我国首次引种藜麦是 1987 年由中国西藏农牧学院和西藏农科院进行的引种试验,引种成功后在甘肃、山西等地进行推广种植,并建立一定面积的藜麦规模化种植<sup>[4-6]</sup>。大量研究表明,藜麦富含矿物质、维生素、黄酮类物质等,且和普通谷物相比,藜麦中可利用的蛋白质含量最高<sup>[7-9]</sup>。藜麦也具有治疗炎症、抗癌、减肥和抗衰老等功效,能预防疾病,适用于心脏病、高血脂、高血压、孕妇和小孩等特殊体质人群食用<sup>[10-12]</sup>。除煲粥、煮饭外藜麦还可以加工成饼干、啤酒和快餐等。藜麦具有优良的功能价值,且具有较好的开发潜力,是一种很有前途的植物。本文结合国内外最新研究就藜麦营养成分、营养价值、提取工艺及其生物活性进行概述,为今后藜麦的生产及功能价值的进一步研究提供依据。

## 1 营养成分

### 1.1 蛋白质

蛋白质是一切生命的物质基础,也是机体细胞的重要组成部分,是人体组织更新和修补的主要原料,是构成人体不可或缺的重要物质。藜麦籽粒中富含优质蛋白,营养丰富且溶解性好,容易被人体吸收。尽管藜麦蛋白的凝胶性较差,但其溶解性优于大豆蛋白,且具有良好的乳化能力。王秉<sup>[13]</sup>研究发现,藜麦蛋白主要是清蛋白和球蛋白,其次为谷蛋白,醇溶蛋白含量很低,同时约含有 10.33%的不溶性蛋白,其主要作用力为疏水性相互作用。石振兴<sup>[14]</sup>对国内 17 份藜麦材料进行测定,得出蛋白质含量在 10.97%~18.88%,且同一品种低纬度的籽粒蛋白高于高纬度;申瑞玲等<sup>[15]</sup>以黑色、红色、乳白色 3 种进口南美藜麦和国产乳黄色藜麦为试验材料,研究结果表明 4 种藜麦蛋白质含量均在 14.18%~15.61%;王玉玲<sup>[16]</sup>按藜麦种子按颜色不同主要分为白藜、红藜、黑藜 3 个类型,蛋白质含量为黑藜 13.74%>红藜 13.39%>白藜 11.81%;Wright<sup>[17]</sup>等报道甜藜麦和苦藜麦蛋白质含量分别为 14.80%和 15.70%,藜麦的蛋白质含量高于大麦(11.00%)、水稻(7.50%)和玉米(13.40%),与小麦蛋白质含量(15.40%)相当。另有研究表明,藜麦中蛋白质组分可以抑制胆汁酸在小肠内的再吸收,控制胆固醇的合成和分解代谢,从而预防小鼠血浆和肝脏胆固醇水平的升高<sup>[18]</sup>。另外在藜麦蛋白质提取方面,曹晓宁等<sup>[19]</sup>利用近红外光谱法测定藜麦蛋白质,测定结果与藜麦材料化学测试值比较无显著差异,这与石振兴<sup>[14]</sup>研究结果基本一致;田格等<sup>[20]</sup>通过复合酶协同超声提取藜麦蛋白质,在

收稿日期:2019-12-03

基金项目:云南省程顺和院士工作站(2019IC006)。

第一作者:刘永江(1994-),女,在读硕士,从事作物遗传育种与品质改良研究。E-mail:1263720503@qq.com。

通信作者:覃鹏(1977-),男,博士,教授,从事作物遗传育种与品质改良研究。E-mail:qinpeng77@163.com。

单因素实验的基础上,利用响应面法优化得到提取藜麦蛋白的最佳工艺条件得到最佳提取条件为酶配比 $[m(\text{纤维素酶}):m(\text{糖化酶})]$ 为4:6、酶解时间为70.59 min、酶解温度为50.06  $^{\circ}\text{C}$ 、pH为5.03、总加酶量为427.18  $\text{U}\cdot\text{g}^{-1}$ ,通过验证实验得到的蛋白质提取率为76.82%。有研究表明:脱脂藜麦种子粕蛋白提取条件为36.2  $^{\circ}\text{C}$ ,料液比19.6/1(v/w),90 min,得率为62.1%(9.06  $\text{g}\cdot100\text{g}^{-1}$ )<sup>[21]</sup>。综上所述,藜麦籽粒蛋白质含量存在差异,这可能与研究材料来源、种植位置、种子颜色、提取工艺等有关。另外根据目前国内外的研究发现,对于藜麦蛋白质提取工艺的优化报道较少,仍需进一步深入研究。

### 1.2 淀粉

淀粉主要成分是葡萄糖聚合体,在人体的主要功能是功能供糖。也有研究表明,从藜麦种子中提取的淀粉也可以制作可食用性薄膜<sup>[22]</sup>。张文杰<sup>[23]</sup>研究表明,与其他常见谷物如小麦、稻米和小米等相比,藜麦的淀粉含量较低(57.1%)。焦梦悦<sup>[24]</sup>研究表明,藜麦淀粉颗粒小(1~1.5  $\mu\text{m}$ ),与大米、糯米、玉米淀粉颗粒形态相似为多面体,且能改善高血脂,降低甘油三酯、总胆固醇及低密度脂蛋白胆固醇含量,升高高密度脂蛋白胆固醇含量。孔露等<sup>[25]</sup>对3种藜麦淀粉(白藜麦淀粉 WCS、红藜麦淀粉 RCS、黑藜麦淀粉 BCS)的体外消化特性、酶解动力学特性、冻融稳定性、黏度特性等指标进行研究,结果表明:红藜麦淀粉中快速消化淀粉含量最高,为60.74%,黑藜麦淀粉中抗性淀粉含量最高,为33.40%。王渠<sup>[13]</sup>以提取率作为评价指标,淀粉分离的优化工艺条件为:料液比1:12(w/v),pH11,温度35  $^{\circ}\text{C}$ ,时间2 h,此时白淀粉的提取率为50.54%,纯度为95.73%,黄淀粉提取率为33.66%,纯度为80.03%。另外由曹晓宁等<sup>[26]</sup>的研究结果可知用近红外光谱(NIR)法测定藜麦完整籽粒的淀粉含量是完全可行的。

### 1.3 脂肪

藜麦粗脂肪含量(2.53%)远高于一般谷物,氨基酸含量均衡,脂肪酸中以不饱和脂肪酸(71.14%)为主,其中人体必需的多不饱和脂肪酸占55.33%,不同的品种,脂肪含量有所不同,但都在2%~7%<sup>[27-28]</sup>。曹晓宁等<sup>[29]</sup>建立的脂肪近红外光谱模型,可以用于藜麦脂肪含量的快速检测。而石振兴<sup>[14]</sup>的研究结果表明藜麦脂肪近

红外光谱模型与化学值偏差大,不建议使用。这说明藜麦脂肪的测定最优、最简的方法仍需进一步研究。同时藜麦油脂中富含不饱和脂肪酸,属于高品质油类原料,其油脂肪酸组成与玉米、大豆油相似,可作为具有潜在价值的油料作物而被加以应用。

### 1.4 维生素与矿物质

维生素与矿物质是人体必需的营养物质,对机体的新陈代谢、生长、发育、健康有重要作用。如果人体长期缺乏某种维生素或者矿物质,就会引起某种疾病。藜麦中含有丰富的维生素与矿物质,藜麦籽粒中维生素E含量为5.37  $\text{mg}\cdot\text{g}^{-1}$ ,高于水稻、小麦和大麦中的含量。有研究表明:藜麦籽粒中生育酚同分异构体和活性的浓度最大,与小麦和大麦相比,藜麦具有更高的超氧化物歧化酶浓度<sup>[30]</sup>。王芳等<sup>[31]</sup>研究发现藜麦维生素B<sub>1</sub>平均含量为0.183  $\text{mg}\cdot100\text{g}^{-1}$ ,维生素B<sub>2</sub>平均含量为0.077  $\text{mg}\cdot100\text{g}^{-1}$ ,藜麦还富含镁、锰、锌、铁、钙、钾、硒、铜、磷等矿物质,相比其他谷物(如小麦、玉米和水稻),藜麦具有更高的矿物质含量,尤其是钙(87  $\text{mg}\cdot100\text{g}^{-1}$ )、铁(9.47  $\text{mg}\cdot100\text{g}^{-1}$ )、钾(907  $\text{mg}\cdot100\text{g}^{-1}$ )和镁(362  $\text{mg}\cdot100\text{g}^{-1}$ )。赵雷等<sup>[32]</sup>研究表明藜麦麸皮中的矿物质含量也非常丰富,其中含量较高的矿物质分别为钾、镁、钙、铁,含量分别为9197 $\pm$ 53.52、7145 $\pm$ 31.02、651 $\pm$ 21.51和120 $\pm$ 5.72  $\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ 。这也意味着在加工过程中会伴随着矿物质的流逝,目前还没有关于藜麦加工过程中如何保留矿物质的研究报道。

### 1.5 氨基酸

如果人体中缺乏任何一种必需氨基酸,会使得机体不能顺利合成蛋白质,导致机体的代谢障碍等。杨春霞等<sup>[33]</sup>研究表明,藜麦中含有17种常规氨基酸,含量达到9.19%~13.0%,必需氨基酸和半必需氨基酸分别占总氨基酸的37.4%和4.78%;其中以天冬氨酸、谷氨酸和精氨酸含量较高,必需氨基酸中以赖氨酸含量最高,达到0.80%。李美凤等<sup>[34]</sup>采用氨基酸自动分析仪测定青海、云南、秘鲁、河北、玻利维亚等地产的15种藜麦籽的氨基酸组成,结果表明藜麦籽的总氨基酸含量为9.81%~12.68%,EAA/TAA 34.5%~36.0%,EAA/NEAA 52.0%~56.0%,其中沽源县白色藜麦籽(Q13)EAA/TAA为36.0%,EAA/NEAA为56.0%。以上研究表明藜麦中氨基酸种类齐全、配比合理,可以作为人体

摄取氨基酸的来源。

## 2 功能成分及其生物活性

### 2.1 黄酮

黄酮是一种很强的抗氧化剂,可以清除体内的氧自由基,可以降低胆固醇、改善血液循环、增进伤口愈合和止痛等。藜麦的种子中含有黄酮,董施彬<sup>[35]</sup>优化后的方法藜麦总黄酮提取量为 $3.86\text{ mg}\cdot\text{g}^{-1}$ 。另外,陆敏佳等<sup>[36]</sup>在藜麦的叶片测得含有 $0.619\%$ 的黄酮。董飞等<sup>[37]</sup>采用96孔板微量法和牛津杯法研究发现藜麦种子中黄酮对大肠杆菌、金黄色葡萄球菌、枯草芽孢杆菌、白色念珠菌、铜绿假单胞菌的抑制作用。王玉玲等<sup>[38]</sup>发现藜麦中的黄酮化合物主要为槲皮素和山奈酚,含量分别为 $15.06\sim 35.25$ 和 $15.56\sim 20.46\text{ mg}\cdot 100\text{ g}^{-1}$ ,且具有良好的抗氧化活性,对DPPH清除能力高于VC,而羟自由基(OH)清除能力以及 $\text{Fe}^{3+}$ 还原力略低于VC,而且深色藜麦种子有更高的黄酮含量和抗氧化活性。他们还发现藜麦黄酮对大肠杆菌、金黄色葡萄球菌、枯草芽孢杆菌均有明显的抑制作用,其中对大肠杆菌最为敏感。

### 2.2 多酚

藜麦提取物中的多酚类物质具有良好的体外抗氧化性,其中,藜麦种子、芽和叶片中含量很高。藜麦种子是一种具有很高的抗氧化食物<sup>[39]</sup>。陈树俊等<sup>[40]</sup>优化藜麦多酚提取工艺得多酚提取量为 $3.33\text{ mg}\cdot\text{g}^{-1}$ ,藜麦多酚提取液具有很强的DP-PH、OH清除能力。此外,藜麦多酚还具有很强的还原能力且其质量浓度与抗氧化活性具有良好的量效关系。说明藜麦富含多酚并且具有良好的抗氧化能力。卢宇<sup>[41]</sup>经AB-8大孔吸附树脂纯化后,所得藜麦多酚(QP)中含有大量多酚化合物,且QP对OH清除率( $23.25\%$ )、DPPH清除率( $52.09\%$ )均高于藜麦粗多酚(QCP)。通过Sephadex LH-20分离纯化QP得到7个藜麦多酚组分(QPC),不同QPC之间的抗氧化活性存在一定差异,其中QPCs的抗氧化活性最强。赵亚东<sup>[42]</sup>研究发现白色藜麦的结合酚类平均含量最高,游离酚类平均含量最低;红色藜麦的游离酚类平均含量最高,结合酚类平均含量最低;黄色藜麦的游离酚类、结合酚类的平均含量均为中等水平。目前已有利用超声波辅助提取藜麦多酚,方法简便,可以大大缩短提取时间,增加提取效率。不同品种的藜麦之间,多酚的含量也有所不同,且对游

离基的清除能力也有差异。目前对藜麦多酚物质的研究多数集中在种子,对藜麦叶片中多酚物质的研究报道较少。

### 2.3 皂苷

皂苷又名碱皂体、皂角苷等,由苷元与糖构成,糖多为葡萄糖、葡萄糖醛酸、半乳糖、半乳糖醛酸、木糖和阿拉伯糖等。根据苷元连接的糖链多少,分为单糖链、双糖链和三糖链皂苷,藜麦皂苷具有抗氧化、抗肿瘤、抑菌等活性<sup>[43]</sup>。杜静婷<sup>[44]</sup>藜麦种皮皂苷得率为 $23.371\text{ mg}\cdot\text{g}^{-1}$ ,且藜麦种皮皂苷具有抗氧化活性。冯焕琴<sup>[45]</sup>研究表明藜麦种子皂苷提取量为 $5.060\text{ mg}\cdot\text{g}^{-1}$ ;藜麦麸皮皂苷提取量为 $6.071\text{ mg}\cdot\text{g}^{-1}$ 。有研究考察了溶剂组成对提取藜麦皂苷的影响,发现异丙醇-水混合萃取一步效率为 $91.8\%$ ,乙醇-水混合萃取一步效率 $57.1\%$ <sup>[46]</sup>。另外孙晓燕<sup>[47]</sup>结合藜麦皂苷的抑菌活性,碱处理以后的 $80\%$ 乙醇洗脱皂苷(AT-80)可以用于抗菌剂治疗口臭。以上研究表明不同藜麦间皂苷含量与抗氧化能力差异较大;不同粒色比较,红色藜麦的皂苷含量最高且抗氧化能力最强,白色藜麦的皂苷含量最低且抗氧化能力最差。

## 3 藜麦的开发利用及存在问题

### 3.1 藜麦的开发利用

藜麦除了可以常规的做饭,还可以混合其他谷物蒸煮、煮粥及混合其他水果榨汁等,还可以做一些特色的食物,如乐梨庆等<sup>[48]</sup>用低筋小麦粉混合加上其他调料制作藜麦酥性饼干,其外型完整,色泽金黄,香味浓郁,口感酥脆,营养丰富。有研究表明:含有藜麦粉中的配方制作的松饼在味觉和嗅觉上得分较高,添加藜麦粉还可以改善松饼的质量<sup>[49]</sup>。杨露西等<sup>[50]</sup>制成了藜麦酸奶;蒲海燕等<sup>[51]</sup>制成了高品质的儿童挂面;和继刚等<sup>[52]</sup>采用酸性蛋白酶、碱性蛋白酶、木瓜蛋白酶和中性蛋白酶对藜麦蛋白提取液进行酶解制得抗氧化肽,通过单因素试验筛选出最佳蛋白酶;藜麦还可以酿具有抗氧化性的黄酒<sup>[53]</sup>。藜麦抗氧化肽中共含有18种氨基酸,其中丝氨酸的含量最高,为 $65.46\%$ ;有研究表明小鼠食用藜麦可抑制肠道微生物群失调和减轻DSS引起的临床症状,可以作为改善肠道健康的食物<sup>[54]</sup>。

### 3.2 藜麦研究存在的问题

我国研究藜麦较晚,且研究速度较慢。目前藜麦研究存在以下7方面的问题:第一,因为藜

麦是自花授粉植物,且花小、不易去雄,所以通过杂交选育新品种困难,杂交育种工作还处于初级阶段;第二,栽培方面存在优质资源少、配套栽培技术不完善,实现大面积规模化种植仍存在问题;第三,公众对藜麦认知度低,实现大众化还有一个漫长的过程;第四,藜麦专用加工设备缺失、产品单一、副产品开发利用不足;第五,功能性产品开发不充分;第六,藜麦在食品产业发展中的地位仍微不足道,对藜麦功能性成分及其生物活性研究不够深入;第七,病虫害是影响作物产量与品质的关键性问题,目前对藜麦病虫害的研究仍不够透彻。

#### 4 展望

藜麦是具有重要应用及经济潜力的新型作物,随着国内藜麦市场的发展,藜麦也将大量涌向市场,且会被越来越多的人接受。虽然 2010 年山西静乐县政府与山西稼祺农业科技有限公司联合,在婆婆乡进行大面积的试种获得成功。但是我国对藜麦的研究方面仍处于初级阶段,今后应该加大宣传力度,告知公众藜麦的营养价值所在,加快形成产业化生产和销售的模式。加强对藜麦营养特性和加工特性的研究,同时对藜麦茎秆、叶片等加以研究,提高除藜麦种子外的部分的利用率。对膳食养生、自身保健日益重视的今天,藜麦不仅可以用于疾病的预防和治疗,还可用于功能食品的开发。藜麦营养价值具有很大影响,其生物活性成分的开发应用具有广阔的市场,随着藜麦生物活性成分更多功能和作用机制的不断揭示,加大对生物活性成分的研究已经成为藜麦深入研究的当务之急。

#### 参考文献:

- [1] 周海涛,刘浩,么杨,等. 藜麦在张家口地区试种的表现与评价[J]. 植物遗传资源学报,2014,15(1): 222-227.
- [2] 肖正春,张广伦. 藜麦及其资源开发利用[J]. 中国野生植物资源,2014,33(2): 62-66.
- [3] Bhargava A, Sydhirs, Ohri D, et al. *Chenopodium quinoa*: an Indian perspective[J]. Industrial Crops and Products, 2006, 23: 73-87.
- [4] 马峰. 藜麦及种植技术[J]. 科学种养, 2015(12): 91.
- [5] 贡布扎西,旺姆,张崇玺,等. 南美藜在西藏的生物学特性研究[J]. 西北农业学报, 1994, 3(4): 81-86.
- [6] 刘锁荣,范文虎. 促进山西藜麦种植规模化及产业链形成的建议[J]. 山西农业科学, 2011, 37(7): 767-769.
- [7] Dayana B, Ivon B V, Ricardo B C, et al. Comparative examination of antioxidant capacity and fingerprinting of unfractionated extracts from different plant parts of quinoa (*Chenopodium quinoa*) Grown under Greenhouse Conditions. [J]. Antioxidants(Basel, Switzerland), 2019, 8(8).

- [8] 崔蓉,王艳萍. 藜麦及其他谷物的常规营养成分测定[J]. 现代食品, 2019(16): 111-113.
- [9] 古桑德吉,林长彬,杰布. 基于西藏不同藜麦资源营养成分的研究[J]. 西藏科技, 2019(7): 10-12.
- [10] 徐骋. 基于藜麦的种植技术与营养价值分析[J]. 农家参谋, 2019(20): 65.
- [11] 黄青云. “超级粮食”藜麦[J]. 生命世界, 2019(8): 8-9.
- [12] 金茜,杨发荣,黄杰,等. 我国藜麦籽实的研究与开发利用进展[J]. 农业科技与信息, 2018(10): 36-41.
- [13] 王隼. 藜麦蛋白和淀粉的分离提取及性质研究[D]. 无锡: 江南大学, 2018.
- [14] 石振兴. 国内外藜麦品质分析及其减肥活性研究[D]. 北京: 中国农业科学院, 2016.
- [15] 申瑞玲,张文杰,董吉林,等. 藜麦的营养成分、健康促进作用及其在食品工业中的应用[J]. 中国粮油学报. 2016, 31(9): 151-154.
- [16] 王玉玲. 藜麦基本营养成分分析及黄酮提取物的生物活性研究[D]. 太原: 山西大学, 2018.
- [17] Wright K H, Pike O A, Fairbanks D J, et al. Composition of *Atriplex hortensis*, sweet and bitter *Chenopodium quinoa* Seeds [J]. Food Chemistry and Toxicology, 2002, 67(4): 1383-1385.
- [18] Takao T, Watanabe N, Yuhara K, et al. Hypocholesterolemic effect of protein isolated from quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) Seeds[J]. Food Science & Technology Research, 2005, 11(2): 161-167.
- [19] 曹晓宁,田翔,王君杰,等. 基于近红外光谱法快速检测藜麦纤维含量[J]. 安徽农业科学, 2016, 44(15): 17-19.
- [20] 田格,张炜,雷雷,等. 藜麦蛋白提取工艺优化及抗氧化活性研究[J]. 现代化工, 2019, 39(07): 83-88.
- [21] Guerreo-Ochoa M R, Pedreschi R, Chirinos R. Optimised methodology for the extraction of protein from quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) [J]. International Journal of Food Science & technology, 2015, 8(50): 1815-1822.
- [22] Paulina P, Izabela P R N, Leslaw J, et al. Development and physicochemical, thermal and mechanical properties of edible films based on pumpkin, lentil and quinoa starches[J]. International Journal of Biological Macromolecules, 2019, 138.
- [23] 张文杰. 藜麦全粉与淀粉的理化性质与结构研究及应用[D]. 郑州: 郑州轻工业学院, 2016.
- [24] 焦梦悦. 藜麦淀粉特性、结构及其对 I 型糖尿病小鼠的影响[D]. 保定: 河北农业大学, 2019.
- [25] 孔露,孔茂竹,余佳熹,等. 藜麦淀粉消化特性与理化特性研究[J]. 食品科技, 2019, 44(4): 285-290.
- [26] 曹晓宁,田翔,赵小娟,等. 基于近红外光谱法快速检测藜麦淀粉含量[J]. 江苏农业科学, 2017, 45(4): 147-149.
- [27] 于跃,顾音佳. 藜麦的营养物质及生物活性成分研究进展[J]. 粮食与脂, 2019, 32(5): 4-6.
- [28] 焦红艳,高文庚,陈丽文. 藜麦营养成分测定及对孕期妇女健康的促进作用[J]. 基层医学论坛, 2018, 22(14):

- 1902-1903.
- [29] 曹晓宁,田翔,赵小娟,等.基于近红外光谱法的藜麦脂肪含量快速检测[J].湖北农业科学,2016,55(18):4796-4798.
- [30] Leiter G, Amparo R, Karolina B, et al. Content of selected vitamins and antioxidants in colored and nonpigmented varieties of quinoa, barley, and wheat grains[J]. Journal of Food Science, 2018, (83)10-12: 2439-2447.
- [31] 王芳,张艳,王彩艳.宁夏不同品种藜麦中维生素 B<sub>1</sub> 和维生素 B<sub>2</sub> 含量分析[J].食品研究与开发,2018,39(19):137-141.
- [32] 赵雷,李晓娜,史龙龙,等.藜麦麸皮营养成分测定及其油脂的抗氧化活性研究[J/OL]. [2020-03-13]. <http://kns.cnki.net/kcms/detail/44.1620.ts.20191003.1945.006.html>.
- [33] 杨春霞,王晓静,赵子丹,等.藜麦中氨基酸含量分析[J].宁夏农林科,2018,59(3):48-50,59.
- [34] 李美凤,刘雨诗,王丽姣,等.不同产地藜麦籽氨基酸组成及其营养价值评价[J].食品工业科技,2019,40(18):289-292,308.
- [35] 董施彬.藜麦黄酮提取工艺、抗氧化活性及抗衰老研究[D].北京:北京林业大学,2016.
- [36] 陆敏佳,蒋玉蓉,陈国林.藜麦叶片黄酮类物质的提取及基因型差异[J].浙江农林大学学报,2014,31(4):534-540.
- [37] 董飞,郭晓农.藜麦种子总黄酮的提取及体外抑菌作用[J].甘肃农业科技,2018(4):14-18.
- [38] 王玉玲,王转花.藜麦营养成分分析及黄酮提取物的抗氧化和抗菌活性研究[J].山西农业科学,2018,46(5):729-733,741.
- [39] Pasko P, Barton H, Zagrodzki P, et al. Anthocyanins, total polyphenols and antioxidant activity in amaranth and quinoa seeds and sprouts during their growth[J]. Food Chemistry, 2009, 3(115): 994-998.
- [40] 陈树俊,胡洁,王振文,等.超声波辅助响应面法提取藜麦多酚及抗氧化性研究[J].山西农业科学,2016,44(11):1708-1714,1737.
- [41] 卢宇.藜麦营养特性及其多酚化合物分离纯化和抗氧化活性研究[D].呼和浩特:内蒙古农业大学,2017.
- [42] 赵亚东.青海藜麦资源营养品质评价及功能成分与抗氧化活性研究[D].西宁:青海大学,2018.
- [43] 侯召华,傅茂润,张威毅,等.藜麦皂苷研究进展[J].食品安全质量检测学报,2018,9(19):5146-5152.
- [44] 杜静婷.藜麦种皮皂苷的提取、纯化、抗氧化、抑菌及皂苷元成分鉴定[D].太原:山西大学,2017.
- [45] 冯焕琴.藜麦活性物质提取及测定方法的比较[D].兰州:甘肃农业大学,2017.
- [46] Gianna V, Montes J M, Calandri E L, et al. Impact of several variables on the microwave extraction of *Chenopodium quinoa* Willd saponins[J]. International Journal of Food Science & Technology, 2012, 8(47):1593-1597.
- [47] 孙晓燕.藜麦皂苷对口腔致病菌的抑制作用及其机理研究[D].济南:齐鲁工业大学,2017.
- [48] 乐梨庆,万燕,向达兵,等.藜麦酥性饼干的加工工艺研究[J].粮食与饲料工业,2019(7):21-25.
- [49] Miranda-Villa Patricia P, Mufari, Bergesse Antonella E, et al. Effects of whole and malted quinoa flour addition on gluten-free muffins quality[J]. Journal of Food Science, 2019(84)1-3:147-153.
- [50] 杨露西,李强,邓由飞,等.藜麦酸奶工艺及其品质研究[J].中国酿造,2019,38(9):201-206.
- [51] 蒲海燕,李立培.萌芽藜麦儿童挂面配方优化及品质研究[J].粮食与油脂,2019,32(8):46-49.
- [52] 和继刚,杨庆华,李文道,等.藜麦抗氧化肽制备工艺研究[J].现代农业科技,2019(14):230-23.
- [53] 张文刚,张杰,党斌,等.藜麦黄酒发酵工艺优化及抗氧化特性研究[J].食品与机械,2019,35(12):174-178,226.
- [54] Liu W, Zhang Y, Qiu B, et al. Quinoa whole grain diet compromises the changes of gut microbiota and colonic colitis induced by dextran sulfate sodium in C57BL/6mice[J]. Scientific Reports, 2018(8):14916.

## Research Progress in Nutritional Components and Application of *Chenopodium quinoa* Willd.

LIU Yong-jiang, QIN Peng

(College of Agronomy and Biotechnology, Yunnan Agricultural University, Kunming 650201, China)

**Abstract:** *Chenopodium quinoa* Willd. originated in the high altitude area of the Andes Mountains. In 1987, it was introduced by Tibet Academy of Agriculture and Animal Husbandry of China and Tibet Academy of Agricultural Sciences. After successful introduction, it was popularized in Gansu, Shanxi and other regions. *Chenopodium quinoa* Willd. is rich in protein, amino acids, vitamins, flavonoids and polyphenols, has good antioxidant, bacteriostatic and anti-cancer functions, and high nutritional value, application value and development potential. In this paper, the nutritional components and functional components of *Chenopodium quinoa* Willd. and the development and utilization of *Chenopodium quinoa* Willd. in food were reviewed, and the possible application and development prospects of *Chenopodium quinoa* Willd. in the future were discussed.

**Keywords:** *Chenopodium quinoa* Willd.; nutrients; functional components