

不同品种藜麦营养与功能活性成分比较及应用

王洁¹, 周思璇¹, 常诗洁², 赵立艳³, 陈贵堂^{1*}

(1. 中国药科大学工学院, 南京 211198; 2. 江苏省沿海农业发展有限公司, 南京 210019;
3. 南京农业大学食品科技学院, 南京 210095)

摘要: 藜麦作为“伪谷物”的代表, 是目前唯一一种能够满足人体基本营养需求的单体植物, 不仅基本营养成分丰富而且富含多酚、黄酮、皂苷等多种功能活性成分。在过去的几十年, 藜麦被广泛应用到了各个领域, 其中功能食品领域更是将其视为一些特殊人群的福音。目前, 针对藜麦开发的相关产品很多, 但由于藜麦种质具有一定的基因变异性, 因此品种间的营养特性会有所差异, 而营养成分和功能活性成分上的差异往往会对人体健康产生不同的促进作用。本文对各地不同品种间藜麦的基本营养成分和功能活性成分的差异进行了综述, 并展望了针对藜麦营养与功能特性的开发应用前景, 以期为研究者针对不同人群合理选择不同营养特性的藜麦开发相关功能性产品提供参考。

关键词: 藜麦; 品种; 营养成分; 功能活性成分; 开发前景

Comparison and application of nutritional and functional active components in different varieties of quinoa

WANG Jie¹, ZHOU Si-Xuan¹, CHANG Shi-Jie², ZHAO Li-Yan³, CHEN Gui-Tang^{1*}

(1. School of Engineering, China Pharmaceutical University, Nanjing 211198, China; 2. Jiangsu Coastal Agriculture Development Co., Ltd., Nanjing 210019, China; 3. College of Food Science and Technology, Nanjing Agricultural University, Nanjing 210095, China)

ABSTRACT: Quinoa, as a representative of “pseudo cereals”, is the only monomer plant which can meet the basic nutritional needs of the human body. It is rich in not only basic nutrients but also a variety of functional active ingredients such as polyphenols, flavonoids and saponins. Over the past few decades, quinoa has been widely used in multiple fields, especially in functional food field where being treated as a boon to some special groups of people. Currently, lots of products pertaining to quinoa are developed, but due to a certain genetic variability of quinoa germplasm, the nutritional characteristics vary from variety to species, and their corresponding distinctions in nutrients and functional active ingredients will influence human health with different effects. This article reviewed the differences in the basic nutritional components and functional active components of quinoa among different varieties, and prospected for the development and application prospect of nutrition and functional characteristics of quinoa, in order to provide reference for researchers to rationally select quinoa with different nutritional

基金项目: 江苏现代农业产业技术体系建设专项(JATS[2021]465)、国家重点研发计划项目(2020YFD0900705)、江苏省沿海集团有限公司青年创新工作室项目(2021120201)

Fund: Supported by the Special Fund for the Construction of Modern Agricultural Industrial Technology System in Jiangsu (JATS[2021]465), the National Key Research and Development Program of China (2020YFD0900705), and the Jiangsu Coastal Group Co., Ltd., Youth Innovation Studio Project (2021120201)

*通信作者: 陈贵堂, 博士, 教授, 主要研究方向为食品化学与营养学。E-mail: caucgt@163.com

*Corresponding author: CHEN Gui-Tang, Ph.D, Professor, Food Chemistry and Nutrition, China Pharmaceutical University, 639 Longmian Avenue, Jiangning District, Nanjing 211198, China. E-mail: caucgt@163.com

characteristics for different populations to develop related functional products.

KEY WORDS: quinoa; varieties; nutritional components; functional active components; development prospect

0 引言

藜麦(*Chenopodium quinoa* Willd.)是一年生藜科藜属草本作物,原产于南美洲安第斯山脉的哥伦比亚、厄瓜多尔、秘鲁等中高海拔山区,被当地人所驯化后成为印第安人的传统主食,和水稻一样有着 6000 多年的食用历史^[1-2]。藜麦的营养价值潜力在 20 世纪下半叶被重新发现,该作物的蛋白质含量约为 16%~18%,质量优良、不含麸质,患有乳糜泻或其他消化系统疾病的人群均可以通过食用藜麦来补充营养^[3]。藜麦中不仅富含膳食纤维、维生素和矿物质,且具有人体所需的全部必需脂肪酸和氨基酸及有益于人体健康的多酚类、黄酮类、皂苷、甜菜碱、植物甾醇等植物化学物质,是一种高蛋白、低热量、活性物质丰富的碱性食品^[4]。多项研究表明,藜麦可以预防癌症、炎症、高血糖和高血脂等疾病,并具有减肥、助消化、抗衰老等功效,是作为功能性食品发挥健康促进作用的典型例子。联合国粮农组织认为藜麦是唯一一种可以满足人体基本营养需求的单体植物,将藜麦正式推荐为最适宜人类的完美“全营养食品”,并将其列为全球十大健康营养食品之一,是新兴的一种功能性食品^[5]。

随着藜麦营养价值不断被发掘,欧洲、北美、非洲和亚洲的许多国家开始引种种植,我国于 1987 年进行首次引种试验,引种成功后陆续在甘肃和山西等地推广种植^[6]。由于藜麦品种多样,即使生长在相同环境下,不同品种之间营养成分也存在差异。大量研究表明,不同藜麦品种基本营养成分和功能成分上的差异均会影响其营养特性。因此本文旨在将不同品种藜麦中的基本营养成分与功能活性成分进行对比研究,并围绕藜麦的功能特性对其开发利用前景进行展望,以期为后续的开发利用和原材料选择提供参考依据。

1 不同品种藜麦基本营养成分比较

藜麦与大米、燕麦、玉米等在人类饮食中发挥重大作用的食物相比,营养价值相对更高,在一些基本营养成分含量上具有明显的优势,如表 1^[7]所示。在藜麦整体营养价值较高的基础上,由于种质的变异性,不同品种藜麦在营养特性上还是会存在一些差异。

藜麦品种多达上千种,常见的一些藜麦品种(例如:Pasankalla、Faro、Puno 等)中均含有人体所需的各种维生素,但不同种藜麦中所含的维生素含量会有所不同。GRANDA 等^[8]通过高效液相色谱法测定了 9 种藜麦中的 B 族维生素(硫胺素、核黄素、吡哆醇、维生素 E 异构体、生育酚和生

育三烯酚)含量,结果表明 Pasankalla 品种藜麦中的吡哆醇含量最高,Amarilla de Marangani、Pasankalla 和 Black 这 3 种藜麦中的核黄素含量最高,硫胺素含量最低。除了维生素含量上的差异外,藜麦籽粒中的水分、蛋白质、脂肪、灰分、碳水化合物等膳食化合物含量均存在一定差异。MIRANDA 等^[9]对 Ancovinto、Cancosa、Cáhuil、Faro、Regalona 和 Villarica 这 6 种藜麦的营养特性进行了评估,指出这 6 种藜麦在水分、脂肪、灰分、粗纤维、粗蛋白和可用碳水化合物含量上均存在显著性差异,另外蛋白质和维生素含量也略有差异,相较于其他藜麦样本,Regalona 和 Villarica 品种藜麦中蛋白质含量最高(分别为 14.66 和 16.10 g/100 g),Regalona 中维生素 B₁ [(0.648±0.006) mg/100 g]和 B₃ [(1.569±0.026) mg/100 g]含量最高,Ancovinto 中维生素 B₂ [(0.081±0.002) mg/100 g]含量最高。藜麦的品种差异除了影响蛋白质、脂肪、淀粉这些成分的含量外,同时也会影响藜麦中的蛋白质组分含量和氨基酸组成^[10]。

表 1 藜麦与常见谷物基本营养成分比较
Table 1 Comparison of nutritional components between quinoa and common grains

营养成分	含量/(g/100 g)						
	藜麦	大米	大麦	小麦	玉米	黑麦	高粱
脂质	6.07	0.55	1.3	2.47	4.74	1.63	3.46
蛋白质	14.12	6.81	9.91	13.68	9.42	10.34	10.62
灰分	2.7	0.19	0.62	1.13	0.67	0.98	0.84
纤维	7.0	2.8	15.6	10.7	7.3	15.1	6.7
碳水化合物	64.16	81.86	77.72	71.13	74.26	75.86	72.09

藜麦具有出色的氨基酸谱,含有维持人体生长与代谢所需的全部必需氨基酸,不同品种藜麦中的氨基酸种类类似,但在各种氨基酸含量上可能会有所不同。陈志婧等^[11]在研究中发现陇藜 1 号和香格里拉红藜中主要氨基酸(包括谷氨酸、精氨酸和天冬氨酸)含量均高于其他品种,且在必需氨基酸含量上也是表现出较高水平。藜麦因品种的多样性而呈现出不同的颜色,不同颜色藜麦间营养成分同样是存在明显差异的。赵丹青等^[12]将 4 种编号分别为 QA056、QA135、QA035、QA052 的不同颜色藜麦种植于宁夏同一地区,然后对收获的藜麦籽粒进行分析,发现 4 份藜麦样品除了在蛋白质、脂肪、总糖等成分含量上表现出不同,氨基酸含量也有所差异,其中 QA052 品种中各类氨基酸含量均高于其他品种,表明该品种可作为氨基酸精

深加工产品的优势品种。

上述研究表明, 不同种藜麦在蛋白质、脂肪、维生素、矿物质等基本营养成分含量上存在一些差异, 这也造就了它们不同的营养特性。因此对不同品种藜麦的营养特性进行更进一步的对比研究, 筛选出适合大量推广种植的藜麦品种, 可以避免藜麦资源的浪费, 同时也可为研究人员根据婴幼儿、老年人、素食主义者等人群的特殊营养需求来选择特定藜麦品种进行相关产品的深加工提供一个理论依据。

2 不同品种藜麦主要功能活性成分比较

大量研究证明藜麦中含有丰富的生物活性成分, 如黄酮类物质、多酚类物质及皂苷等。另外有研究表明藜麦中的总多酚含量明显高于粟、小麦和大麦^[13], 同时富含一些常见谷物中所不含有的槲皮素和山奈酚这类黄酮类化合物^[14]。

2.1 多酚类物质比较

多酚是一类植物次生代谢产物, 是多羟基类化合物的总称, 根据其结构中所含苯环的数量以及连接这些环的结构元素可将多酚化合物分为4类: 酚酸类、类黄酮、二苯乙烯类和木脂素类^[15]。

迄今为止, 藜麦中至少被鉴定出26种酚类化合物, 主要有香草酸、阿魏酸及其衍生物。不同品种藜麦中的酚类物质在含量和种类上均有所差异, 像3,4-二羟基苯甲酸和对香豆酸4-葡萄糖苷这2种游离酚类化合物可能只存在于黑藜麦和红藜麦中, 相较于白藜和红藜, 黑藜麦中的总酚含量表现出最高值^[16]。DIAZ-VALENCIA等^[17]对来自秘鲁的不同颜色藜麦中的酚类化合物进行分析后, 发现其中一种黑色藜麦样品中的总酚含量 $[(95.9 \pm 3.6) \text{ mg GAE}/100 \text{ g}]$ 明显高于其他样品 $[(55.5 \pm 3.7) \sim (66.4 \pm 5.6) \text{ mg GAE}/100 \text{ g}]$ 。PEREIRA等^[18]对藜麦中的酚类物质进行了评估, 发现藜麦颜色的变化显著影响了该提取物中每种化合物的浓度, 槲皮素糖苷衍生物在黑藜麦中表现出更高含量, 而白藜麦中则含有更高含量的山奈酚糖苷衍生物。

2.2 黄酮类物质比较

黄酮是植物重要的次生代谢产物, 目前分离鉴定出的黄酮类单体化合物多达8000多种, 主要有双黄酮、异黄酮、黄酮及黄酮醇等^[19]。

藜麦种子中含有丰富的黄酮类化合物, 具体含量因品种而异, 含量从 $36.2 \text{ mg}/100 \text{ g}$ 到 $144.3 \text{ mg}/100 \text{ g}$ 不等, 品种间差异较大^[20-21]。日本品种藜麦中的槲皮素含量 $(150 \sim 220 \mu\text{mol}/100 \text{ g})$ 约为其他品种的3倍^[22]。邓俊琳等^[13]对9个不同品种藜麦中的总黄酮含量进行了测定, 发现不同品种藜麦中总黄酮含量存在显著性差异, 其中西藏SG-Q2中总多酚和总黄酮含量均显著高于其他品种。王玉玲^[23]通过高效液相色谱-二极管阵列检测器对山西种植的3

种颜色藜麦的黄酮含量进行分析, 结果表明不同颜色藜麦中的黄酮含量差异明显, 其中黑藜麦、红藜麦黄酮含量分别为 3.35 和 3.25 mg/g , 显著性高于白藜麦 (2.58 mg/g) 。除了含量上的差异外, 所含黄酮类物质的种类也有所差别。藜麦中的黄酮类物质一般是槲皮素和山奈酚等, 但在部分品种中发现了杨梅素和异鼠李素的存在^[21]。

2.3 皂苷比较

藜麦皂苷属于三萜类化合物, 存在于种子、种皮、果实和藜麦植物的花朵中^[24]。皂苷由苷元与糖构成, 齐墩果酸、美商陆酸和常春藤型是主要的皂苷元, 糖主要为阿拉伯糖、葡萄糖、葡萄糖醛酸、半乳糖、半乳糖醛酸、鼠李糖和木糖等^[25-26]。

不同生长环境、不同品种、不同加工方式均会对藜麦中的皂苷含量产生影响, 为了排除生长环境对藜麦中皂苷含量的影响, 研究人员将收集的25份藜麦种质资源在相同环境下种植, 对收获的藜麦籽粒进行对比分析, 发现不同品种藜麦中皂苷类物质含量差异明显^[27]。赵亚东^[28]对产自青海的119份藜麦中的活性成分含量进行比较后, 指出不同品种样品的皂苷含量范围为 $47.11 \sim 136.98 \text{ mg}/100 \text{ g}$, 变异系数达到 19.58% ; 另外在对不同颜色的藜麦差异进行研究后, 得出白色藜麦中皂苷含量最低, 红色藜麦中皂苷含量最高的结论。HAN等^[29]对7种不同藜麦中的功能活性物质含量进行了分析对比, 结果表明这7种藜麦中的总皂苷、总酚、总黄酮含量均存在显著性差异, 其中皂苷含量范围为 $7.51 \sim 12.24 \text{ mg OAE}/\text{g DW}$, 变异系数达到 15.1% 。

功能活性成分的存在, 是藜麦具有保健作用的物质基础。不同的活性成分有着不同的保健作用, 例如: 多酚抗氧化活性比较强、皂苷抗菌作用较强。因此将不同品种藜麦的功能活性物质含量进行对比研究, 根据其突出功能活性成分对藜麦品种进行归类, 可以为后续研究人员挑选功能食品原料提供参考依据。

3 藜麦的应用

近几十年来, 由于生活方式的改变, 慢性病逐渐成为困扰当代人民的一大难题, 为了预防慢性病的出现, 人们开始尝试食用营养丰富、含有多种功能活性成分且安全无害的食品来维持机体健康。藜麦易熟、易消化、口感独特, 具有均衡补充营养、增强机体功能、调节免疫和内分泌、预防疾病等功效, 满足了人们对营养、健康、安全的需求, 所有群体均可食用, 尤其适合于一些“三高”、心脏病等慢性病患者以及婴幼儿、孕产妇、老年人等特殊体质人群^[30]。这些功效与藜麦中的蛋白质、膳食纤维、维生素等基本营养成分相关, 并和一些活性物质的存在密不可分, 多项研究表明藜麦中所富含的多酚、黄酮、皂苷类生物活性分子可以帮助人体抗炎、抗癌、降低胆固醇水平、减少患糖尿

病的风险^[31]。藜麦在帮助人体补充营养与维持健康方面的显著优势,使其受到了消费者和研究人员的广泛关注。

3.1 抗氧化功能性食品的开发利用

氧化应激与癌症、炎症和抑郁症等疾病有关,减少氧化应激可以帮助人体维持健康。藜麦提取物中所含的一些功能活性分子具有很强的抗氧化活性,可以帮助人体减缓各种器官的氧化相关损伤^[32]。GAWLIK-DZIKI 等^[33]在实验中发现藜麦高含量的酚类物质,使其具有很好的抗氧化性,包括还原、自由基清除、金属螯合、脂质抗氧化等能力,证明了藜麦在癌症和炎症等疾病的预防上具有很大的应用潜力,此外藜麦中活性物质的高生物利用度和其在体外对前列腺癌细胞的影响,表明它们可以帮助人体预防癌症和其他与氧化应激相关的疾病。

相关研究表明,藜麦多糖是一种有效的自由基清除剂^[34]。HU 等^[35]从藜麦种子中成功分离出一种由半乳糖醛酸和葡萄糖构成的分子量为 8852 Da 的新型多糖,这种低分子量多糖在体外表现出了显著的抗氧化性、免疫调节和抗癌作用,同时也观察到该分子未对正常细胞增殖产生明显的抑制,此结果表明藜麦多糖具有较高的生物安全性,符合现代人们对营养健康安全食品的要求。此项研究为藜麦应用到预防与氧化应激相关的疾病的功能性产品中提供了理论基础。

3.2 降血脂功能性食品的开发利用

高血脂症是指人体脂质代谢出现障碍,从而导致血浆中总胆固醇、甘油三酯、低密度脂蛋白水平升高,高密度脂蛋白水平降低^[36]。长期服用药物通常会有一些副作用,因此人们开始寻找一些天然原料来替代。为了证实藜麦的降血脂作用,受试者连续 30 d 内每天食用藜麦谷物棒,观察发现受试者在此期间体内甘油三酯、总胆固醇、低密度脂蛋白水平显著降低,同时体重、血压和血糖水平也略微下降,此结果证明藜麦可以帮助人体控制血脂和血糖水平^[37]。

藜麦具有降血脂作用,有一部分原因是该提取物可以抑制相关酶活或 RNA 的表达。TAKAO 等^[38]研究结果表明,藜麦中的蛋白质组分可以帮助预防血浆和肝脏胆固醇水平升高,因为该组分对肝脏中胆固醇生物合成关键酶的 mRNA 表达有抑制作用,且对胆固醇分解代谢酶的 mRNA 表达有促进作用。HERRERA 等^[39]通过传统的体外方法和模拟肠道消化,评估了藜麦提取物对胰脂肪酶和 α -淀粉酶的抑制活性,结果表明藜麦提取物可以抑制胰脂肪酶的活性,且对 α -淀粉酶也有轻微的抑制作用,因此认为藜麦是抑制碳水化合物消化和调节血糖指数的首选谷物原料替代品。上述研究揭示了藜麦作为高血脂人群适用的功能性食品潜力,同时也为减肥人群提供了饮食参考。

3.3 降血糖功能性食品的开发利用

糖尿病一直是威胁人类健康的一种常见慢性病,藜

麦作为谷物替代物在一定程度上可以帮助预防糖尿病的发生。有研究表明,藜麦中的碳水化合物,包括不溶性纤维和可溶性纤维,可以帮助人体降低葡萄糖、甘油三酯和游离脂肪酸的水平^[40]。藜麦中的一些功能活性分子同样可以起到降血糖的作用,例如多酚类物质。HEMALATHA 等^[32]报道称,藜麦中的酚类物质对 α -淀粉酶和 α -葡萄糖苷酶活性具有明显的抑制作用,可以帮助人体延迟膳食中碳水化合物的吸收。

藜麦中的多酚以游离酚和结合酚两种形式存在,这两种形式的多酚类物质在活性上可能会有所差异,但它们均有一定的降血糖活性。HAN 等^[29]对收集的 7 种有色藜麦样本的功能活性进行研究,发现这 7 种藜麦的游离和结合酚类提取物均对 α -葡萄糖苷酶具有较高的抑制活性,其中有两种白色藜麦和一种红色藜麦的游离酚类提取物显示出比阿卡波糖还高的抑制作用,表明这 3 个藜麦品种在控制高血糖方面具有潜在作用,可以加工成功能性食品帮助人体抑制小肠对葡萄糖的吸收。藜麦中的酚类物质对 α -葡萄糖苷酶的抑制作用会随着其含量的升高,抑制作用增强^[41]。上述研究结果可为藜麦作为原材料研发适合高血糖人群适用的功能性产品提供理论依据。

3.4 改善肠道疾病功能性食品的开发利用

乳糜泻是一种由小麦、大麦和黑麦中的膳食麸质引发的自身免疫性肠病,目前的治疗方案是严格的无麸质饮食。因为藜麦不仅富含多种营养素,而且仅含较低浓度的醇溶蛋白,因此可作为乳糜泻患者的重要营养来源。为了对藜麦作为安全无麸质谷物替代品的使用情况进行评估,使乳糜泻患者每天食用 50 g 藜麦,连续 6 周后受试者胃肠道参数有所改善^[42]。藜麦进入胃肠道后不会引起不良反应,是适合肠道疾病患者的谷物替代品。ZEVALLOS 等^[43]通过体外方法分析了乳糜泻患者对 15 种藜麦的免疫反应,结果表明藜麦是适合乳糜泻患者补充营养的天然无麸质食品,也指出不同藜麦品种中的蛋白质所引起的免疫反应是存在明显差异的,因此研究不同品种藜麦营养特性对于开发适合于特殊人群食用的食品来说至关重要。

研究者试图通过饮食干预来改善肠道环境,以达到预防与治疗肠道疾病的目的。在小鼠藜麦饮食干预实验中,发现长期食用藜麦可以防止体重增加,并推断可能是藜麦中的多酚类物质降低了结肠上皮 Caco-2 细胞中的白细胞介素-1 β (interleukin-1 β , IL-1 β)、白细胞介素-8 (interleukin-8, IL-8) 和肿瘤坏死因子(tumor necrosis factor, TNF)的水平,从而对结肠黏膜细胞起到了保护作用,证明藜麦可以帮助预防炎症、促进肠胃健康^[44]。CERDÁ-BERNAD 等^[45]用植物乳杆菌和长双歧杆菌发酵出不同的红藜麦饮料,研究其在胃肠道消化过程的功能和物理特性后,发现发酵过的藜麦饮料可以为那些对牛奶蛋白过敏者、素食主义者、乳糖

不耐症患者和乳糜泻患者提供一种益生菌的替代来源。相关研究表明黄酮类物质及其代谢物可通过抑制各种病原体的生长和增加双歧杆菌、乳杆菌等有益菌群来改善肠道菌群^[46],由此推测藜麦中所富含的多酚、黄酮类活性物质可以在维持肠道健康方面发挥重要作用。

3.5 抗癌功能性食品的开发利用

藜麦提取物除了有上述的一些功能特性外,还具有抗癌的功效。STIKIĆ等^[47]首次证明了藜麦种子提取物对人体中结肠直肠癌细胞系 HCT-116 的有效抗癌活性。房垚^[48]用 MTT 法初步研究了藜麦皂苷对人胃癌细胞 SGC-7901、肝癌细胞 HepG-2、乳腺癌细胞 MCF-7 细胞的增殖抑制作用,结果表明藜麦皂苷对这 3 种癌细胞的增殖均具有抑制作用,当皂苷浓度为 800 μg/mL 时,对 SGC-7901、HepG-2、MCF-7 的抑制率分别高达 85.581%、82.064%和 84.494%。自由基过多会损害正常细胞并诱发炎症,而炎症往往也是引发癌症的一个重要原因^[35],因此藜麦提取物在发挥抗炎作用的同时也起到了抗癌作用。LIU等^[49]报道称藜麦提取物中的多酚类物质除了可以抑制脂多糖刺激巨噬细胞,减少一氧化氮的产生,从而起到抗炎的作用外,还可以对人乳腺癌 MCF-7 细胞的增殖起到抑制作用。

3.6 营养补充剂功能原料的开发利用

藜麦营养价值相对其他谷物来说较高,氨基酸含量均衡,膳食纤维、矿物质元素和维生素含量丰富,脂肪酸多为不饱和脂肪酸,蛋白含量不仅丰富,而且品质与奶粉、肉类中的蛋白质相当,同时具有多种功能活性成分,是可为不同年龄阶段、不同健康状况人群补充营养的功能保健食品。FLÁVIA等^[50]研究了绝经后体重过重的女性摄入藜麦治疗后的代谢参数,结果显示连续 4 个星期食用一定量藜麦的受试者体内血清甘油三酯、硫代巴比妥酸反应物和维生素 E 浓度显著降低,总胆固醇和低密度脂蛋白胆固醇略微降低,谷胱甘肽含量升高,这表明绝经后的女性长期食用藜麦对身体有益。RUALES等^[51]连续 15 d 内每日为婴儿受试者提供两餐含有藜麦的食品,观察后发现含有藜麦的食品为婴儿提供了足够的蛋白质和必需营养因子,并提高了婴儿血浆中胰岛素样生长因子(insulin-like growth factors-1, IGF-1)的水平。

4 开发应用前景

随着现代生活水平的提高,人们的健康意识不断增强,对功能性食品的需求也逐年增加。藜麦作为一种可以全面满足人体营养需求的高质量天然食物,自然备受功能与保健食品领域的青睐。藜麦营养丰富且不含有麸质,可为麸质过敏人群提供营养,作为肠道疾病患者的功能食品原料;其次藜麦相较于一些常见谷物来说,在人体所需维

生素、氨基酸和微量元素种类齐全的同时,还具有高蛋白低脂的特性,可用来开发一些谷物能量棒、代餐粉等适合有减肥塑身需求人群食用的低脂食品。除了利用它的这些基本营养特性开发相关产品的同时,充分发挥藜麦中所含的多种活性分子的功能特性,可有效帮助人体预防一些疾病的发生,例如藜麦中所富含的多酚类物质具有抗氧化作用,而人体内自由基过多引发炎症,往往也是诱发癌症的一个重要原因,因此可选用酚类物质含量丰富的藜麦作为功能保健食品原料,来帮助人体降低炎症和癌症的患病率;此外藜麦中的皂苷类物质具有一定的免疫调节作用,可利用该特性为儿童、老年人等免疫力较低的人群针对性开发相关功能性食品。

由于不同品种藜麦之间具有一定的品质差异,所以在深入挖掘藜麦营养价值的同时,对不同种藜麦品质进行分析与鉴定,筛选出合适的藜麦品种进行深加工,不仅有利于研制出功能突出的高品质藜麦产品,而且可有效提高藜麦资源的利用率。相关研究表明,不同种颜色藜麦中的营养成分差异明显,与白藜麦、黑藜麦相比,红藜麦中的必需氨基酸比例更加接近联合国粮农组织(Food and Agriculture Organization of the United Nations, FAO)所提出的蛋白质评价人体氨基酸模式比值,因此可优先选择红藜麦作为氨基酸精深加工产品的优势品种^[23]。与浅色藜麦相比,深色藜麦籽粒中具有更高的酚类浓度和抗氧化活性^[52]。LIU等^[49]指出,黑藜麦中的酚类成分比红、白藜麦的酚类成分表现出更好抗炎与抗肿瘤活性,因此黑藜麦可能更加适合作为抗炎与抗肿瘤相关功能食品的原料。陈志婧等^[11]在研究中发现,太旗黑藜中蛋白质含量较高、脂肪含量较低,可作为低脂代餐食品的理想原料;太旗白藜和香格里拉红藜在必需氨基酸的评价中表现突出,比较适合用于婴幼儿食品的开发;香格里拉黑藜相较于其他品种高 K 低 Na 的特性更加明显,高 K 低 Na 则有助于人体预防高血压及心血管疾病的发生,因此可用其开发一些适用于中老年群体的食品。

5 结论与展望

被誉为“素食黄金”的藜麦具有极高的营养价值,可帮助人体修复体质、预防疾病,适用于所有群体。但目前我国市面上关于藜麦的产品多是一些初级加工品,其营养价值并没有得到有效挖掘,深入研究分析不同品种藜麦的营养特性,针对性开发出相关功能性食品及保健品,有利于藜麦实现高值化利用。此外,藜麦成分上的差异可能不仅仅是藜麦种质的变异性所导致,种植环境、培育方式可能都会对其产生一定的影响,所以后续还需对不同产地、不同培育方式的藜麦营养特性进行研究分析,使藜麦资源得到合理利用的同时也为后续藜麦相关产品的开发提供一定的筛选依据。合理选用藜麦资源开发利用其保健价值,研

制出更多的功能性食品,可以帮助到成千上万健康受损或营养不良的人。

参考文献

- [1] 付荣霞,周学永,李航,等.藜麦黄酮类化合物的提取及测定方法研究进展[J].中国调味品,2019,44(10):195-196,200.
FU RX, ZHOU XY, LI H, *et al.* Research progress of extraction and determination methods for flavonoids compounds in quinoa [J]. Chin Cond, 2019, 44(10): 195-196, 200.
- [2] ROMANO N, URETA MM, GUERRERO-SÁNCHEZ M, *et al.* Nutritional and technological properties of a quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) spray-dried powdered extract [J]. Food Res Int, 2020, 129: 108884.
- [3] KHAITOV B, KARIMOV AA, TODERICH K, *et al.* Adaptation, grain yield and nutritional characteristics of quinoa (*Chenopodium quinoa*) genotypes in marginal environments of the Aral Sea basin [J]. J Plant Nutr, 2020, 44(9): 1365-1379.
- [4] 王启明,张继刚,郭仕平,等.藜麦营养功能与开发利用进展[J].食品工业科技,2019,40(17):340-346,354.
WANG QM, ZHANG JG, GUO SP, *et al.* Progress on nutrition function and exploitation utilization of quinoa [J]. Sci Technol Food Ind, 2019, 40(17): 340-346, 354.
- [5] 汪晓璇,张好,钱澄,等.藜麦的营养及其淀粉特性的研究进展[J].粮油食品科技,2021,29(4):12-19.
WANG XX, ZHANG Y, QIAN C, *et al.* Progress in the investigation on nutrition and starch properties of quinoa [J]. Sci Technol Cere Oils Foods, 2021, 29(4): 12-19.
- [6] 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.
LIU YJ, QIN P. Research progress in nutritional components and application of *Chenopodium quinoa* Willd. [J]. Heilongjiang Agric Sci, 2020, (3): 123-127.
- [7] NAVRUZ-VARLI S, SANLIER N. Nutritional and health benefits of quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) [J]. J Cere Sci, 2016, 69: 371-376.
- [8] GRANDA L, ROSERO A, BENEŠOVÁ K, *et al.* Content of selected vitamins and antioxidants in colored and nonpigmented varieties of quinoa, barley, and wheat grains [J]. J Food Sci, 2018, 83(10): 2439-2447.
- [9] MIRANDA M, VEGA-GÁLVEZ A, URIBE E, *et al.* Physico-chemical analysis, antioxidant capacity and vitamins of six ecotypes of chilean quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) [J]. Proc Food Sci, 2011, 1: 1439-1446.
- [10] WANG X, ZHAO R, YUAN W. Composition and secondary structure of proteins isolated from six different quinoa varieties from China [J]. J Cere Sci, 2020, 95: 103036.
- [11] 陈志婧,廖成松.7个不同品种藜麦营养成分比较分析[J].食品工业科技,2020,41(23):266-271.
CHEN ZJ, LIAO CS. Comparative of 7 different varieties of *Chenopodium quinoa* Willd. [J]. Sci Technol Food Ind, 2020, 41(23): 266-271.
- [12] 赵丹青,开建荣,路洁,等.宁夏不同产区、不同品种藜麦的主要营养成分和矿物元素含量分析[J].粮食与油脂,2019,32(6):62-65.
ZHAO DQ, KAI JR, LU J, *et al.* Analysis of main nutritional components and mineral element contents of different varieties of quinoa in different producing areas of Ningxia [J]. J Cere Oils, 2019, 32(6): 62-65.
- [13] 邓俊琳,向卓亚,陈建,等.不同品种藜麦中多酚、黄酮及抗氧化性比较分析[J].食品工业,2021,42(4):487-490.
DENG JL, XIANG ZY, CHEN J, *et al.* Comparative analysis of total flavonoids, total polyphenols and antioxidant properties in different varieties of quinoa [J]. Food Ind, 2021, 42(4): 487-490.
- [14] 陈树俊,胡洁,庞震鹏,等.藜麦营养成分及多酚抗氧化活性的研究进展[J].山西农业科学,2016,44(1):110-114,122.
CHEN SJ, HU J, PANG ZP, *et al.* Research progress on nutritional components and antioxidant activity of polyphenol of quinoa [J]. J Shanxi Agric Sci, 2016, 44(1): 110-114, 122.
- [15] 李婉莹,赵健,陈浩坤,等.多酚化合物治疗炎症性肠病及肠纤维化作用机制的研究进展[J].中国药房,2021,32(16):2044-2048.
LI WY, ZHAO J, CHEN HK, *et al.* Research progress of polyphenol compounds in the treatment of inflammatory bowel disease and intestinal fibrosis [J]. Chin Pharm, 2021, 32(16): 2044-2048.
- [16] TANG Y, LI X, ZHANG B, *et al.* Characterisation of phenolics, betanins and antioxidant activities in seeds of three *Chenopodium quinoa* Willd. genotypes [J]. Food Chem, 2015, 166: 380-388.
- [17] DIAZ-VALENCIA YK, ALCA JJ, CALORI-DOMINGUES MA, *et al.* Nutritional composition, total phenolic compounds and antioxidant activity of quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) of different colours [J]. Nova Biotechnol Chim, 2018, 17(1): 74-85.
- [18] PEREIRA E, ENCINA-ZELADA C, BARROS L, *et al.* Chemical and nutritional characterization of *Chenopodium quinoa* Willd. (quinoa) grains: A good alternative to nutritious food [J]. Food Chem, 2019, 280: 110-114.
- [19] 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.
DONG SB. Study on extraction technology, antioxidant activity and anti-aging of flavonoids from quinoa [D]. Beijing: Beijing Forestry University, 2016.
- [20] 赖运平,刘新春,王丹丹,等.藜麦种子黄酮提取条件的优化[J].湖北农业科学,2020,59(18):103-106.
LAI YP, LIU XC, WANG DD, *et al.* Optimizing of extraction process of flavonoids from *Chenopodium quinoa* Willd. seeds [J]. Hubei Agric Sci, 2020, 59(18): 103-106.
- [21] REPO CVR, HELLSTRÖM JK, PIHLAVA JM, *et al.* Flavonoids and other phenolic compounds in Andean indigenous grains: Quinoa (*Chenopodium quinoa*), kañiwa (*Chenopodium pallidicaule*) and kiwicha (*Amaranthus caudatus*) [J]. Food Chem, 2010, 120(1): 128-133.
- [22] HIROSE Y, FUJITA T, LSHII T, *et al.* Antioxidative properties and flavonoid composition of *Chenopodium quinoa* seeds cultivated in Japan [J]. Food Chem, 2010, 119(4): 1300-1306.
- [23] 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.
WANG YL. Analysis of basic nutritional components of *Chenopodium quinoa* and study on biological activity of flavonoids extract [D]. Taiyuan: Shanxi University, 2018.
- [24] LIM JG, PARK HM, YOON KS. Analysis of saponin composition and comparison of the antioxidant activity of various parts of the quinoa plant (*Chenopodium quinoa* Willd.) [J]. Food Sci Nutr, 2020, 8(1): 694-702.
- [25] 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.
HOU ZH, FU MR, ZHANG WY, *et al.* Research progress on saponins of quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) [J]. J Food Saf Qual, 2018, 9(19): 5146-5152.
- [26] 商海军,蒋丽君,於春,等.藜麦的营养功能及其蛋白和皂苷提取的研究进展[J].中国食物与营养,2021,27(4):43-48.
SHANG HJ, JIANG LJ, YU C, *et al.* Nutritional function of quinoa and extraction status of quinoa protein and saponin [J]. Food Nutr Chin, 2021, 27(4): 43-48.
- [27] 胡一波,杨修仕,陆平,等.中国北部藜麦品质性状的多样性和相关性

- 分析[J]. 作物学报, 2017, 43(3): 464–470.
- HU YB, YANG XS, LU P, *et al.* Diversity and correlation of quality traits in quinoa germplasma from north China [J]. *Acta Agron Sin*, 2017, 43(3): 464–470.
- [28] 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.
- ZHAO YD. Evaluation of nutrient quality and functional components and antioxidant activity of quinoa [D]. Xining: Qinghai University, 2018.
- [29] HAN Y, CHI J, ZHANG M, *et al.* Characterization of saponins and phenolic compounds: Antioxidant activity and inhibitory effects on α -glucosidase in different varieties of colored quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) [J]. *Biosci Biotechnol Bioch*, 2019, 83(11): 2128–2139.
- [30] 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.
- XIAO ZC, ZHANG GL. Development and utilization of *Chenopodium quinoa* Willd. [J]. *Chin Wild Plant Res*, 2014, 33(2): 62–66.
- [31] SEZGIN AC, SANLIER N. A new generation plant for the conventional cuisine: Quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) [J]. *Trends Food Sci Technol*, 2019, 86: 51–58.
- [32] HEMALATHA P, BOMZAN DP, RAO BVS, *et al.* Distribution of phenolic antioxidants in whole and milled fractions of quinoa and their inhibitory effects on α -amylase and α -glucosidase activities [J]. *Food Chem*, 2016, 199: 330–338.
- [33] GAWLIK-DZIKI U, ŚWIECA M, SUŁKOWSKI M, *et al.* Antioxidant and anticancer activities of *Chenopodium quinoa* leaves extracts—*In vitro* study [J]. *Food Chem Toxicol*, 2013, 57: 154–160.
- [34] 张亮, 张爱婧, 孙宇. 不同粒色藜麦多糖的超声辅助酶解提取工艺的优化及其体外活性比较[J]. 中国食品添加剂, 2021, 32(6): 15–23.
- ZHANG L, ZHANG AJ, SUN Y. Optimization of ultrasonic-assisted enzymatic extraction of polysaccharides and comparison of activities *in vitro* of different colored quinoa [J]. *China Food Addit*, 2021, 32(6): 15–23.
- [35] HU Y, ZHANG J, ZOU L, *et al.* Chemical characterization, antioxidant, immune-regulating and anticancer activities of a novel bioactive polysaccharide from *Chenopodium quinoa* seeds [J]. *Int J Biol Macromol*, 2017, 99: 622–629.
- [36] 李江敏, 高慧艳, 王燕, 等. 苦瓜胶囊对高脂血症大鼠血脂的调节作用[J]. 河南预防医学杂志, 2021, 32(10): 756–759.
- LI JM, GAO HY, WANG Y, *et al.* Regulating effect of momordica charantia capsule on serum lipids in hyperlipidemia rats [J]. *Henan J Prev Med*, 2021, 32(10): 756–759.
- [37] FARINAZZI-MACHADO FMV, BARBALHO SM, OSHIWA M, *et al.* Use of cereal bars with quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) to reduce risk factors related to cardiovascular diseases [J]. *Food Sci Technol*, 2012, 32: 239–244.
- [38] TAKAO T, WATANABE N, YUHARA K, *et al.* Hypocholesterolemic effect of protein isolated from quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) seeds [J]. *Food Sci Technol Res*, 2005, 11(2): 161–167.
- [39] HERRERA T, DEL HIERRO JN, FORNARI T, *et al.* Inhibitory effect of quinoa and fenugreek extracts on pancreatic lipase and α -amylase under *in vitro* traditional conditions or intestinal simulated conditions [J]. *Food Chem*, 2019, 270: 509–517.
- [40] BERTI C, RISO P, BRUSAMOLINO A, *et al.* Effect on appetite control of minor cereal and pseudocereal products [J]. *Brit J Nutr*, 2005, 94(5): 850–858.
- [41] TANG Y, ZHANG B, LI X, *et al.* Bound phenolics of quinoa seeds released by acid, alkaline, and enzymatic treatments and their antioxidant and α -glucosidase and pancreatic lipase inhibitory effects [J]. *J Agric Food Chem*, 2016, 64(8): 1712–1719.
- [42] ZEVALLOS VF, HERENCIA IL, CHANG F, *et al.* Gastrointestinal effects of eating quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) in celiac patients [J]. *Am J Gastroenterol*, 2014, 109(2): 270–278.
- [43] ZEVALLOS VF, ELLIS HJ, ŠULIGOJ T, *et al.* Variable activation of immune response by quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) prolamins in celiac disease [J]. *Am J Clin Nutr*, 2012, 96(2): 337–344.
- [44] NORATTO G, CARRION-RABANAL R, MEDINA G, *et al.* Quinoa protective effects against obesity-induced intestinal inflammation [J]. *Faseb J*, 2015, 29: 602.
- [45] CERDÁ-BERNAD D, VALERO-CASES E, PASTOR JJ, *et al.* Probiotic red quinoa drinks for celiacs and lactose intolerant people: Study of functional, physicochemical and probiotic properties during fermentation and gastrointestinal digestion [J]. *Int J Food Sci Nutr*, 2021, 2: 1–11.
- [46] PEI R, LIU X, BOLLING B. Flavonoids and gut health [J]. *Curr Opin Biotech*, 2020, 61: 153–159.
- [47] STIKIĆ RI, MILINČIĆ DD, KOSTIĆ AŽ, *et al.* Polyphenolic profiles, antioxidant, and *in vitro* anticancer activities of the seeds of Puno and Titicaca quinoa cultivars [J]. *Cere Chem*, 2020, 97(3): 626–633.
- [48] 房珪. 藜麦种子皂苷的提取、纯化及其体外抑菌、抗癌活性研究[D]. 长春: 吉林农业大学, 2019.
- FANG Y. Extraction and purification of saponins from quinoa seeds and its antimicrobial, anticancer activities *in vitro* [D]. Changchun: Jilin Agricultural University, 2019.
- [49] LIU M, ZHU K, YAO Y, *et al.* Antioxidant, anti-inflammatory, and antitumor activities of phenolic compounds from white, red, and black *Chenopodium quinoa* seed [J]. *Cere Chem*, 2020, 97(3): 703–713.
- [50] FLÁVIA GDC, OVIDIO PP, PADOVAN GJ, *et al.* Metabolic parameters of postmenopausal women after quinoa or corn flakes intake—A prospective and double-blind study [J]. *Int J Food Sci Nutr*, 2014, 65(3): 380–385.
- [51] RUALES J, GRIJALVA Y, LOPEZ-JARAMILLO P, *et al.* The nutritional quality of an infant food from quinoa and its effect on the plasma level of insulin-like growth factor-1 (IGF-1) in undernourished children [J]. *Int J Food Sci Nutr*, 2002, 53(2): 143–154.
- [52] 赵萌萌, 杨希娟, 党斌, 等. 不同粒色藜麦营养品质及多酚组成与抗氧化活性比较分析[J]. 食品与机械, 2021, 11(2): 1–9.
- ZHAO MM, YANG XJ, DANG B, *et al.* Comparative analysis of nutrient quality and polyphenol composition and antioxidant activity of different colored quinoa [J]. *Food Mach*, 2021, 11(2): 1–9.

(责任编辑: 于梦娇 郑 丽)

作者简介



王 洁, 硕士研究生, 主要研究方向为食品功能成分的健康作用。

E-mail: 953672531@qq.com



陈贵堂, 博士, 教授, 主要研究方向为食品化学与营养学。

E-mail: caucgt@163.com