

# 藜麦营养成分及其代餐市场前景分析

申 审, 符宏奎, 聂博岩, 苏敏敏, 聂碧霞, 曹高焱, 周培禄\*

天津农学院农学与资源环境学院, 天津

收稿日期: 2022年1月6日; 录用日期: 2022年2月2日; 发布日期: 2022年2月7日

## 摘 要

藜麦是一种营养价值极高的粮食作物, 作为一种新兴的全营养的功能性健康食品, 含有丰富的营养物质和活性成分, 具有较高的经济价值。随着藜麦产量和品质的提升和对其开发与利用的研究, 藜麦因具备较高的营养价值不断地走进消费者的视野, 成为时尚健康食品, 藜麦及其代餐产品的研发与市场前景显得尤为重要。本文综述了藜麦中的营养成分、活性物质及其在代餐产业中的发展前景, 以期对藜麦的充分利用以及相关产品市场的拓宽提供参考依据。

## 关键词

藜麦, 营养成分, 代餐, 市场分析

# Study on the Nutritional Components and Its Meal Replacement Development Status and Market Prospect of *Chenopodium quinoa*

Shen Shen, Hongkui Fu, Boyan Nie, Minmin Su, Bixia Nie, Gaoyi Cao, Peilu Zhou\*

College of Agronomy, Resource and Environment, Tianjin Agricultural University, Tianjin

Received: Jan. 6<sup>th</sup>, 2022; accepted: Feb. 2<sup>nd</sup>, 2022; published: Feb. 7<sup>th</sup>, 2022

## Abstract

Quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.), a food crop with high nutritional value, has been regarded as a functional healthy food because of its excellent nutritional characteristics. As quinoa yields and quality improvement, the popularity of quinoa has increased in recent years due to the claims of benefits to health and superfood qualities. With the research on production, development and uti-

\*通讯作者。

lization of quinoa, and the rapid development of quinoa meal replacement market at home and abroad, the research and development of quinoa and its meal replacement products is particularly important. This paper reviews the function of bioactive compounds in quinoa, and its meal replacement development status and market prospect in future. It is intended to provide important references to the quinoa industry, meal replacement research and development.

## Keywords

Quinoa, Nutrients, Meal Replacement, Market Prospect

Copyright © 2022 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

## 1. 引言

藜麦(*Chenopodium quinoa* Willd.)是一年生双子叶植物,属于苋科藜属[1],具有悠久的栽培历史。藜麦对盐碱、干旱、霜冻、病虫害等生物、非生物胁迫具有良好适应性,被许多国家推广种植[2]。目前,中国藜麦的种植仍处于初始阶段,主要分布于青海、甘肃和山西等地,面积约15万亩。藜麦具有较高的经济价值和营养价值,能够满足人体所需基本营养元素,被称作全营养作物,富含蛋白质、矿物质、氨基酸、纤维素等微量元素,其含量均高于其他粮食作物[3]。研究表明,藜麦不仅含有丰富的营养物质,还含有多酚、皂苷、黄酮等生物活性物质,具有很强的抗氧化能力。近年来,随着藜麦产量和品质的提升,藜麦及其制品不断地走进消费者的视野,成为时尚健康食品,国内外学者对其生产、开发与利用的研究也取得了一定的进展。本文综述了藜麦籽粒和叶片中的营养成分、活性成分,分析了藜麦在代餐产品开发利用中的应用前景,以期为我国藜麦生产和深加工产品的研发提供参考依据。

## 2. 藜麦的营养成分

藜麦作为一种具有较高营养价值的谷类作物,其籽粒已有几千年食用历史,富含蛋白质(含量约占12%~23%),特别是必需氨基酸含量优于传统的小麦、水稻等谷物,尤其是清蛋白和球蛋白。藜麦籽粒富含的脂类、矿物质元素、维生素、膳食纤维、皂苷和黄酮等在保障人体健康方面发挥着重要作用。藜麦的绿叶部分也含有多种矿物质成分,具有叶菜类的口感,可作为功能性叶菜类食物食用,且具有更佳的保健功效。研究认为,藜麦叶片中含有多种具有多种药理活性的物质,如多酚、黄酮、阿魏酸等次生代谢物质,可作为药物资源进行开发利用。不同种植区的气候条件造成了藜麦营养成分的含量的变化(表1),根据不同地区生态条件特点,选育不同类型藜麦品种,可作为应对抗逆作物应对气候变化,在特殊生态地区保障粮食生产,满足粮食需求。

**Table 1.** Nutrient content of quinoa grains from different producing areas

**表 1.** 不同产地藜麦籽粒营养成分含量

国家或地区	水分	灰分	蛋白质	氨基酸	淀粉	脂肪	纤维	参考文献
玻利维亚	-	22.1	135.7	-	587.4	64.9	24.3	石振兴等[4]
韩国	95.0~99.0	30.0~34.0	106.0~158.3	-	661.4	47.3~60.1	-	Jin H P, et al. [5]

## Continued

美国	95.7~99.0	30.7~34.0	106.5~158.3	-	707.0	47.3~60.1	-	Jin H P, <i>et al.</i> [5]
秘鲁	64.9	26.3	136.6	-	-	53.0	-	Pellegrini M, <i>et al.</i> [6]
西班牙	84.0	20.7	116.2	-	-	51.1	-	Pellegrini M, <i>et al.</i> [6]
甘肃		37.0	138.0	101.1	482.0	-	-	黄金等[7]
内蒙古	109.0	22.0	131.0	111.6	490.0	77.0	20.0	卢宇等[8]
青海	72.0~86.4	31.0~44.0	108.0~157.0	100.3~123.4	166.0~255.0	46.0~60.0	26.0~48.0	赵亚东等[9]
山西	-	27.0	158.1~160.1	97.56~118.0	612.0~647.0	126.0~253.0	12.0~22.0	焦红艳等 [10]
四川	-	45.0	151.7	110.0	-	7.0	-	王启明等 [11]
西藏	86.9~94.1	-	112.0~148.0	102.0	45.0~63.7	45.0~63.7	-	邓俊琳等 [12]
云南	106.6	-	134.4	103.3	612.5	56.2	-	张婷婷等 [13]
浙江	140.0	-	71.3	77.0	-	68.0	-	陆红法等 [14]

## 2.1. 宏量营养素

谷物作为人类日常饮食的重要组成部分, 可以提供人体所需的大部分能量。对比藜麦和与其他主要的粮食作物(大米、大麦、小麦、玉米、黑麦、高粱等), 藜麦脂肪、蛋白质和纤维度等营养成分含量更高(表 2) [15]。

**Table 2.** Comparison of the nutritional value of quinoa and other grains (100 g edible part)

**表 2.** 藜麦与其他谷物的营养价值比较(100 g 可食部)

成分	藜麦	大米	大麦	小麦	玉米	黑麦	高粱
脂类/g	6.07	0.55	1.30	2.47	4.74	1.63	3.46
蛋白质/g	14.12	6.81	9.91	13.68	9.42	10.34	10.62
灰分/g	2.70	0.19	0.62	1.130	0.67	0.98	0.84
纤维素/g	7.00	2.80	15.60	10.70	7.30	15.10	6.70
糖类/g	64.16	81.68	77.72	71.13	74.26	75.86	72.09
能量/kcal	368.00	370.00	352.00	339.00	365.00	338.00	329.00

## 2.1.1. 糖类

糖类(碳水化合物)是藜麦干物中的主要成分(表 2), 约占总干物质重量的七成左右, 主要包含淀粉和还原糖、非还原糖和膳食纤维等。淀粉是藜麦子粒干物质的主要组成部分, 其组成和性质在一定程度上决定了藜麦粉的性质[16]。与其他常见谷物如小麦、水稻和谷子等相比, 藜麦中淀粉含量占较低, 仅占干物质总量的 50%左右[17], 淀粉粒径较小(仅为 0.6~2.0  $\mu\text{m}$ ) [18]。藜麦直链淀粉含量约为 3%~22%, 糊化温度范围广, 水结合能力、溶胀能力强, 比小麦面粉和玉米淀粉有更好的增稠性[19]。藜麦淀粉经离析后粘度更高, 可以保留矿物质, 与其他谷物混合使用, 可开发功能性面粉[20], 例如, 将藜麦淀粉通过高压

处理后结合其他活性成分,能够用于加工具有保健效用的功能性食品和乳糜[21]。藜麦另一个重要特点是含有极高含量的膳食纤维,其含量站到籽粒总干重的8.0%以上,远高于水稻米、小麦等粮食作物,特别是藜麦中不溶性膳食纤维高达6.8%~8.4% [22] [23]。因而藜麦可作为补充可溶性膳食纤维和不溶性膳食纤维的食物来源[24]。

### 2.1.2. 脂类

藜麦粗脂肪含量(2%~9.5%)远高于一般粮食作物(表2)。脂肪酸中不饱和脂肪酸高达71.1%,是主要成分,其中人体必需亚油酸、亚麻酸等多不饱和脂肪酸占55.3%,且大部分是人体无法合成需从食物中获取的[25]。因此,藜麦作物人体的脂肪酸来源比其他谷物更适合人体健康要求,同时可以作为优质提取物的潜在资源[15]。

### 2.1.3. 蛋白质

藜麦干物质中蛋白质约含13.8%~16.5%,含量高于大麦、大米、玉米等谷类作物,与小麦中蛋白质含量相当(表2)。藜麦蛋白质的组成主要是球蛋白和清蛋白,含有少量谷蛋白,特别是富含必需氨基酸,除了人类必需的九种必需氨基酸外,它还包含很多非必需氨基酸,尤其是赖氨酸[26]。藜麦中氨基酸种类齐多样、不同种类搭配合理,可以作为人体摄取氨基酸的来源,可以满足代餐产品的氨基酸需求[27]。

## 2.2. 微量营养素

### 2.2.1. 矿物质

藜麦含有丰富的矿物质,特别是镁、锰、锌、铁、钙、钾、硒、铜、磷等矿物质含量较高。相比小麦、玉米和水稻等粮食作物,藜麦具有更高的矿物质含量,尤其是钙( $87 \text{ mg} \cdot 100 \text{ g}^{-1}$ )、铁( $9.47 \text{ mg} \cdot 100 \text{ g}^{-1}$ ),钾( $907 \text{ mg} \cdot 100 \text{ g}^{-1}$ )和镁( $362 \text{ mg} \cdot 100 \text{ g}^{-1}$ ) [28]。值得注意的是,藜麦麸皮中的矿物质含量也非常丰富,如镁、铁、钙和钾等[29],具有很高的深加工和利用价值。

### 2.2.2. 维生素

藜麦富含维生素,包括维生素B、维生素C、维生素E以及叶酸。据研究,藜麦中每100g谷物中所含的维生素B2占小孩每天需求的80%和大人需求的40% [30]。藜麦籽粒中维生素E含量为 $5.37 \text{ mg} \cdot \text{g}^{-1}$ ,高于小麦等其他谷类作物的含量,是人们补充维生素E的优良食物[31]。藜麦中维生素B6和叶酸水平远高于其他谷物。

## 2.3. 生物活性成分

藜麦除了丰富的营养成分外,还存在具有生物活性的次生代谢物质,如黄酮、皂苷、多酚和植物甾醇等功能性成分。

### 2.3.1. 黄酮

黄酮是一种很强的生物抗氧化剂,可以起到体内作用氧自由基清除的,在医用方面可以降低胆固醇、改善血液循环、增进伤口愈合和缓解疼痛等效用。藜麦的种子、叶片中均含有丰富的黄酮[32] [33],藜麦中总黄酮含量约为 $36.2 \sim 72.6 \text{ mg} \cdot 100 \text{ g}^{-1}$ ,平均达 $58 \text{ mg} \cdot 100 \text{ g}^{-1}$ 。叶片中黄酮类化合物主要种类为槲皮素和山奈酚,含量分别为 $15.06 \sim 35.25 \text{ mg} \cdot 100 \text{ g}^{-1}$ 和 $15.56 \sim 20.46 \text{ mg} \cdot 100 \text{ g}^{-1}$  [34] [35]。研究表明,藜麦种子中黄酮类化合物的种类与种子颜色有直接关系,种皮颜色越深藜麦种子中黄酮含量越高、抗氧化活性越强[36]。

### 2.3.2. 多酚

藜麦种子、芽和叶片的提取物中具有较高的多酚类物质,是良好的体外抗氧化剂,可作为优良的抗氧化食物[37]。藜麦种子中多酚含量约为 $3.72 \sim 16.55 \text{ mg} \cdot \text{GAE} \cdot 100 \text{ g}^{-1}$ (以没食子酸当量表示) [5]。不同的品

种类型、气候条件和栽培技术对藜麦中总多酚含量和酚酸种类均会造成一定差异,如美国藜麦中的总多酚(TPC)含量约为  $16.28 \text{ mg}\cdot\text{GAE}\cdot 100\text{g}^{-1}$ , 秘鲁  $15.33 \text{ mg}\cdot\text{GAE}\cdot 100\text{g}^{-1}$ 、韩国  $14.50 \text{ mg}\cdot\text{GAE}\cdot 100\text{g}^{-1}$ , 智利  $3.72\sim 16.55 \text{ mg}\cdot\text{GAE}\cdot 100\text{g}^{-1}$ 。对于比不同颜色藜麦籽粒中多酚水平,黑色藜麦籽粒中多酚含量最多,红色次之,白色藜麦中多酚含量最低[38]。

### 2.3.3. 皂苷

皂苷,也称为碱皂体或者皂角苷等,由苷元与糖构成,其中大部分为葡萄糖、葡萄糖醛酸、半乳糖、半乳糖醛酸、木糖和阿拉伯糖。根据苷元连接的糖链数量多寡,分为单糖链、双糖链和三糖链皂苷。据研究,藜麦皂苷主要分布于种皮和麸皮中,具有较强的抗氧化活性,在抗肿瘤、抑菌过程中起到重要的作用[39]。藜麦种子不同部位皂苷含量存在差异,如藜麦种皮中约含  $23.37 \text{ mg}\cdot 100\text{g}^{-1}$ ,藜麦麸皮中皂苷含量约为  $6.07 \text{ mg}\cdot 100\text{g}^{-1}$  [40] [41]。

## 3. 藜麦代餐产品前景与市场分析

中国是世界的人口大国,占世界人口的 1/4 左右,我国人口数量和经济发展程度的提高及国人消费观念的转变成为代餐市场的发展提供了基础条件和经营环境。据统计,在 2018 年 95 后为代表的年轻群体已经成为我国的主要消费群体,超过 90 后,占据主导地位。在新的健康理念下,年轻人管住嘴、迈开腿的健康意识改变了我国消费的格局。“代餐”的形式符合当前人们快节奏的生活方式,伴随而来的是满足了年轻人的“养生”、“健身”、“抗糖”等健康生活、饮食方式。以谷物为基础的代餐产品能够满足年轻人对健康、口感、快捷的多重需求。代餐产品在近几年来市场渗透率超过 40%,每年消费者增长速度超过 60%,尤其是在网络时代,以线上代餐行业为代表的消费市场迅速增长。代餐产品,凭借其低糖低脂、快捷营养、健康全面的优势,获得了非常可观的市场竞争力。

市面上的代餐种类繁多,从品牌到原料到食用形式各不相同,但以藜麦为主要原料的代餐产品占比较低。藜麦作为一种高品质高营养的高端粮食进入代餐行业,具有强大的影响效应,如今市场前景较开阔,藜麦代餐市场才打开不长时间,具有较多的潜在消费人群。藜麦代餐会跟随着中国代餐市场的发展方向前进,随着中国年轻消费群体的增长、代餐产品认可度的提升,在未来五年,我国代餐行业的市场规模的增长速度将保持在 17%~23%左右。2020 年因新冠疫情催生了对代餐产品的更更高需求,代餐产品市场潜力和规模有望翻倍。据欧睿国际数据统计,2017 年全球代餐市场总额达到 661.6 亿美元,其中,中国作为主要的消费大国高达 571.7 亿元(RMB),预计 2022 年中国代餐市场总额将会翻倍,超过 1200 亿元(RMB)。2019 年 3 月 22 日,第一财经商业数据中心(CBNData)联合天猫食品发布了《天猫食品行业趋势分析报告》,不论是线上销售体量,还是消费者人数,代餐食品的整体销售力度均表现出强劲的增长,且每年的增长率大于 50%。因此,加快开发藜麦代餐产品,增加市场上藜麦代餐产品种类和质量,才能更好地满足代餐食品市场的快速发展的需求。

## 4. 展望

藜麦是一种具有重要应用价值及经济潜力的新作物,随着国内藜麦在中国的发展、市场扩张,藜麦也将大量涌向市场,被越来越多的人所接受。在人们对饮食养生、保健方面更加重视的当前,藜麦可用于疾病的预防和治疗,还可用于开发新的功能性食品。目前,我国藜麦研究还处于育种、栽培和初加工阶段,为了研究藜麦的营养价值和应用研究,广大的科研工作者有必要继续藜麦相关的生理功能、活性成分以及加工特性的研究,以促进藜麦相关食品的发展。

## 基金项目

2020 年国家级大学生创新创业训练计划项目(202010061005)。

## 参考文献

- [1] 任贵兴, 杨修仕, 么杨. 中国藜麦产业现状[J]. 作物杂志, 2015(5): 1-5.
- [2] Jacobsen, S.E. (2003) The Worldwide Potential for Quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.). *Food Reviews International*, **19**, 167-177. <https://doi.org/10.1081/FRI-120018883>
- [3] Repo-Carrasco, R., Espinoza, C. and Jacobsen, S.E. (2003) Nutritional Value and Use of the Andean Crops Quinoa (*Chenopodium quinoa*) and Kaniwa (*Chenopodium pallidicaule*). *Food Reviews International*, **19**, 179-189. <https://doi.org/10.1081/FRI-120018884>
- [4] 石振兴, 杨修仕, 么杨, 任贵兴. 60 份国内外藜麦材料子粒的品质性状分析[J]. 植物遗传资源学报, 2017, 18(1): 88-93.
- [5] Park, J.H., Lee, Y.J., Kim, Y.H. and Yoon, K.S. (2017) Antioxidant and Antimicrobial Activities of Quinoa (*Chenopodium Quinoa* Willd.) Seeds Cultivated in Korea. *Preventive Nutrition and Food Science*, **22**, 195-202. <https://doi.org/10.3746/pnf.2017.22.3.195>
- [6] Pellegrini, M., Lucas-Gonzales, R., Ricci, A., Fernández-López, J., Pérez-Álvarez, J.A. and Viuda-Martos, M. (2018) Chemical, Fatty Acid, Polyphenolic Profile, Techno-Functional and Antioxidant Properties of Flours Obtained from Quinoa (*Chenopodium Quinoa* Willd) Seeds. *Industrial Crops & Products*, **111**, 38-46. <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2017.10.006>
- [7] 黄金, 秦礼康, 石庆楠, 王安燕. 藜麦萌芽期营养与功能成分的动态变化[J]. 食品与机械, 2017, 33(5): 54-58.
- [8] 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]: [硕士学位论文]. 呼和浩特: 内蒙古农业大学, 2017.
- [9] 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]: [硕士学位论文]. 西宁: 青海大学, 2018: 1-76.
- [10] 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.
- [11] 王启明. 藜麦在四川凉山引种及其品质特性分析[D]: [硕士学位论文]. 北京: 中国农业科学院, 2020.
- [12] 邓俊琳, 夏陈, 张盈娇, 陈建, 杰布, 林长彬, 等. 拉萨藜麦的营养成分分析与比较[J]. 中国食物与营养, 2017, 23(9): 55-58.
- [13] 张婷婷, 吴恩凯, 龚加顺. 香格里拉藜麦品质成分分析[J]. 食品研究与开发, 2017, 38(24): 147-151.
- [14] 陆红法, 张永正, 方美娟. 浙江庆元高山藜麦营养成分分析[J]. 浙江师范大学学报(自然科学版), 2017, 40(4): 441-445.
- [15] Navruz-Varli, S. and Sanlier, N. (2016) Nutritional and Health Benefits of Quinoa (*Chenopodium Quinoa* Willd.). *Journal of Cereal Science*, **69**, 145-147. <https://doi.org/10.1016/j.jcs.2016.05.004>
- [16] Lamothe, L.M., Srichuwong, S., Reuhs, B.L. and Hamaker, B.R. (2015) Quinoa (*Chenopodium Quinoa* Willd) and Amaranth (*Amaranthus Caudatus* L) Provide Dietary Fibres High In pectic Substances and Xyloglucans. *Food Chemistry*, **167**, 490-496. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2014.07.022>
- [17] 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]: [硕士学位论文]. 保定: 河北农业大学, 2019.
- [18] Li, G. and Zhu, F. (2018) Quinoa Starch: Structure, Properties, and Applications. *Carbohydrate Polymers*, **181**, 851-861. <https://doi.org/10.1016/j.carbpol.2017.11.067>
- [19] 苗灵香. 萌发藜麦成分动态分析及其多酚的研究[D]: [硕士学位论文]. 晋中: 山西农业大学, 2015.
- [20] 苏艳玲, 张谨华. 藜麦种子萌发中营养物质变化的研究[J]. 食品工业, 2019, 40(2): 208-210.
- [21] Jasim, A., Linu, T., Ali, A.Y. and Joseph, A. (2018) Rheological, Structural and Functional Properties of High-Pressure Treated Quinoa Starch in Dispersions. *Carbohydrate Polymers*, **197**, 649-657. <https://doi.org/10.1016/j.carbpol.2018.05.081>
- [22] Wright, K.H., Pike, O.A., Fairbanks, D.J. and Huber, C.S. (2002) Composition of *Atriplex hortensis*, Sweet and Bitter *Chenopodium quinoa* Seeds. *Journal of Food Science*, **67**, 75-78. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2621.2002.tb10294.x>
- [23] Mundigler, N. (1998) Isolation and Determination of Starch from Amaranth (*Amaranthus cruentus*) and Quinoa (*Chenopodium quinoa*). *Starch-Stärke*, **50**, 20-23. [https://doi.org/10.1002/\(SICI\)1521-379X\(199803\)50:2<3%3C67::AID-STAR67%3E3.0.CO;2-R](https://doi.org/10.1002/(SICI)1521-379X(199803)50:2<3%3C67::AID-STAR67%3E3.0.CO;2-R)
- [24] 陈树俊, 胡洁, 庞震鹏, 刘晓娟, 徐晓霞, 仪鑫. 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.

- [25] 于跃, 顾音佳. 藜麦的营养物质及生物活性成分研究进展[J]. 粮食与油脂, 2019, 32(5): 4-6.
- [26] 申瑞玲, 张文杰, 董吉林, 相启森. 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): 150-155.
- [27] 刘月瑶, 路飞, 高雨晴, 陈鹤, 戴增辉, 肖志刚. 藜麦的营养价值、功能特性及其制品研究进展[J]. 包装工程, 2020, 41(5): 56-65.
- [28] 王芳, 张艳, 王彩艳. 宁夏不同品种藜麦中维生素 B1 和维生素 B2 含量分析[J]. 食品研究与开发, 2018, 39(19): 137-141.
- [29] 赵雷, 李晓娜, 史龙龙, 刘鑫钰, 张建, 郝越, 等. 藜麦麸皮营养成分测定及其油脂的抗氧化活性研究[J]. 现代食品科技, 2019, 35(11): 199-205+151.
- [30] 魏爱春, 杨修仕, 么杨, 刘浩, 秦培友, 赵德刚, 等. 藜麦营养功能成分及生物活性研究进展[J]. 食品科学, 2015, 36(15): 272-276.
- [31] 汪晓璇, 张好, 钱澄, 伊雪儿, 马志敏, 李帆, 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.
- [32] 董施彬. 藜麦黄酮提取工艺、抗氧化活性及抗衰老研究[D]: [硕士学位论文]. 北京: 北京林业大学, 2016.
- [33] 陆敏佳, 蒋玉蓉, 陈国林, 毛前, 陆国权. 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.
- [34] Zhu, N.Q., Sheng, S.Q., Li, D.J., Lavoie, E.J., Karwe, M.V., Rosen, R.T., *et al.* (2001) Antioxidative Flavonoid Glycosides from Quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.). *Journal of Food Lipids*, **8**, 37-44. <https://doi.org/10.1111/j.1745-4522.2001.tb00182.x>
- [35] Repo-Carrasco-Valencia, R., Hellstroem, J.K., Pihlava, J.M. and Mattila, P.H. (2010) Flavonoids and Other Phenolic Compounds in Andean Indigenous Grains: Quinoa (*Chenopodium quinoa*), Kafiwa (*Chenopodium pallidicaule*) and Kiwicha (*Amaranthus caudatus*). *Food Chemistry*, **120**, 128-133. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2009.09.087>
- [36] Hirose, Y., Fujita, T., Ishii, T. and Ueno, N. (2010) Antioxidative Properties and Flavonoid Composition of *Chenopodium quinoa* Seeds Cultivated in Japan. *Food Chemistry*, **119**, 1300-1306. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2009.09.008>
- [37] Pasko, P., Barton, H., Zagrodzki, P., Gorinstein, S., Fołta, M. and Zachwieja, Z. (2009) Anthocyanins, Total Polyphenols and Antioxidant Activity in Amaranth and Quinoa Seeds and Sprouts during their Growth. *Food Chemistry*, **115**, 994-998. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2009.01.037>
- [38] Tang, Y., Li, X., Zhang, B., Chen, P.X., Liu, R. and Tsao, R. (2015) Characterisation of Phenolics, Betanins and Antioxidant Activities in Seeds of Three *Chenopodium quinoa* Willd. Genotypes. *Food Chemistry*, **166**, 380-388. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2014.06.018>
- [39] 侯召华, 傅茂润, 张威毅, 任贵兴. 藜麦皂苷研究进展[J]. 食品安全质量检测学报, 2018, 9(19): 5146-5152.
- [40] 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]: [硕士学位论文]. 太原: 山西大学, 2017.
- [41] 冯焕琴. 藜麦活性物质提取及测定方法的比较[D]: [硕士学位论文]. 兰州: 甘肃农业大学, 2017.