

# 不同地区主栽藜麦品种品质分析与评价

杨 钊<sup>1</sup>, 黄 杰<sup>2</sup>, 魏玉明<sup>2</sup>, 杨发荣<sup>2</sup>, 刘文瑜<sup>2</sup>, 谢志军<sup>1</sup>, 杨 杰<sup>3</sup>

(1. 甘肃省农业科学院, 甘肃 兰州 730070; 2. 甘肃省农业科学院畜牧与绿色农业研究所, 甘肃 兰州 730070; 3. 甘肃省农业科学院农业经济与信息研究所, 甘肃 兰州 730070)

**摘要:** 为了研究不同藜麦的品质性状, 选取了全国主要藜麦栽培地区的6个藜麦品种(系), 对其主要品质性状进行了分析。结果表明, 不同地区主栽的藜麦品种(系)在主要品质性状上存在显著差异。甘肃藜麦(陇藜4号)蛋白质含量略低于内蒙古藜麦(蒙藜1号)。总膳食纤维含量、总皂苷含量变化范围较大, 其中总膳食纤维含量内蒙古藜麦(蒙藜1号)最高, 为110.2 g/kg; 山西藜麦(LM3)最低, 为69.0 g/kg。总皂苷含量青海藜麦(GRM-1)最高, 为168.6 g/kg; 河北藜麦(LM1)最低, 为97.5 g/kg。脂肪含量变化范围不大, 青海藜麦(GRM-1)最高, 为63.3 g/kg; 山西藜麦(LM3)最低, 为54.0 g/kg。淀粉和灰分含量变化不明显。相关性分析发现, 蛋白质与水分极显著正相关, 与总膳食纤维显著正相关; 总皂苷含量与灰分极显著负相关; 总膳食纤维和淀粉极显著负相关; 淀粉与脂肪极显著负相关。聚类分析发现, 甘肃藜麦(陇藜4号)品质和云南藜麦(LM2)、内蒙古藜麦(蒙藜1号)较为相近, 与河北藜麦(LM1)品质相差最远, 这表明甘肃藜麦(陇藜4号)在加工、功能成分提取及相关产品的开发等方面具有与云南藜麦(LM2)、内蒙古藜麦(蒙藜1号)相似的潜力。

**关键词:** 不同地区; 藜麦; 品质; 相关性

中图分类号: S512.9

文献标志码: A

文章编号: 2097-2172(2024)07-0605-06

doi:10.3969/j.issn.2097-2172.2024.07.004

## Quality Analysis and Evaluation of Main Cultivated Quinoa Varieties in Different Regions

YANG Zhao<sup>1</sup>, HUANG Jie<sup>2</sup>, WEI Yuming<sup>2</sup>, YANG Farong<sup>2</sup>, LIU Wenyu<sup>2</sup>, XIE Zhijun<sup>1</sup>, YANG Jie<sup>3</sup>

(1. Gansu Academy of Agricultural Sciences, Lanzhou Gansu 730070, China; 2. Institute of Animal Husbandry, Pasture and Green Agriculture, Gansu Academy of Agricultural Sciences, Lanzhou Gansu 730070, China; 3. Institute of Agricultural Economics and Information, Gansu Academy of Agricultural Sciences, Lanzhou Gansu 730070, China)

**Abstract:** To study the quality traits of different quinoa varieties, 6 main quinoa varieties (lines) cultivated in major quinoa growing regions of China were selected for analysis. The results showed that there were significant differences in the main quality traits of quinoa varieties (lines) cultivated in different regions. The protein content of Gansu quinoa (Longli 4) was slightly lower than that of Inner Mongolia quinoa (Mengli 1). The total saponin content and total dietary fiber content varied greatly, with Inner Mongolia quinoa having the highest total dietary fiber content (110.2 g/kg) and Shanxi quinoa the lowest (LM3, 69.0 g/kg). The total saponin content was highest in Qinghai quinoa (GRM-1, 168.6 g/kg) and lowest in Hebei quinoa (LM1, 97.5 g/kg). The range of ether extract was not large, with Qinghai quinoa having the highest (GRM-1, 63.3 g/kg) and Shanxi quinoa the lowest (LM3, 54.0 g/kg). Starch and ash contents did not show significant variations. Correlation analysis revealed that protein was positively correlated with moisture ( $P<0.01$ ), total dietary fiber ( $P<0.5$ ). Total saponin content was negatively correlated with ash content ( $P<0.01$ ). Total dietary fiber was highly significantly negatively correlated with starch. Starch was negatively correlated with fat content ( $P<0.01$ ). Cluster analysis found that the quality of Gansu quinoa (Longli 4) was more similar to that of Yunnan quinoa (LM2) and Inner Mongolia quinoa (Mengli 1), and most different from that of Hebei quinoa (LM1). This indicates that Gansu quinoa (Longli 4) has similar potential for processing, functional ingredient extraction, and related product development as Yunnan quinoa (LM2) and Inner Mongolia quinoa (Mengli 1).

**Key words:** Different region; Quinoa; Quality; Correlation

收稿日期: 2024-05-24

基金项目: 甘肃省农业科学院生物育种专项(2022GAAS07); 甘肃省农业农村厅科技支撑项目(KJZC-2023-14); 甘肃省科技计划项目(23CXNA0005); 甘肃省农业科学院重点研发项目(2022GAAS19); 东乡县藜麦全产业链建设项目。

作者简介: 杨 钊(1990—), 男, 甘肃宁县人, 助理研究员, 主要从事藜麦栽培及加工利用工作。Email: 475969096@qq.com。

通信作者: 黄 杰(1981—), 男, 新疆吉木萨尔人, 副研究员, 主要从事藜麦育种栽培及加工利用工作。Email: 137470070@qq.com。

藜麦(*Chenopodium quinoa* Willd)为苋科藜属一年生双子叶植物<sup>[1-3]</sup>,其植株形似灰灰菜,籽粒呈椭圆状,有白、黄、黑等颜色<sup>[4-5]</sup>,目前全世界约有 250 个藜麦品种<sup>[6]</sup>。藜麦主要分布在南美洲等地,其中秘鲁和玻利维亚等国家为藜麦主要种植、加工、出口基地<sup>[7]</sup>。当前在厄瓜多尔、阿根廷等国家大面积种植<sup>[8]</sup>。中国于 1987 年在西藏开展藜麦引种试种工作,随后在河北、山西、青海、甘肃等地大面积种植推广<sup>[9-11]</sup>。

藜麦因含有氨基酸、膳食纤维、多种矿物质等,同时含有多酚、黄酮、 $\gamma$ -氨基丁酸等功能性成分而被广大消费者熟知。研究表明藜麦中至少含有 23 种酚类化合物<sup>[12]</sup>,并且含有杨梅酮、槲皮素、山奈酚和异鼠李素等 4 种黄酮物质,同时包含咖啡酸、绿原酸、对香豆酸、对-羟基-苯甲酸和香草酸等酚酸<sup>[13]</sup>。Zhu 等<sup>[14]</sup>从藜麦中分离鉴定出 6 种黄酮醇苷、4 种山奈酚苷和 2 种槲皮素苷。石振兴等<sup>[15]</sup>通过对国内外 60 份藜麦籽粒研究,发现其总多酚和总黄酮含量分别为 0.34 ~ 3.23 mg/g 和 1.06 ~ 2.55 mg/g,国内藜麦总多酚含量显著高于玻利维亚等地藜麦品种,国内外藜麦总黄酮含量差异不大。Pellegrini 等<sup>[16]</sup>研究表明,藜麦酚类化合物的种类和含量受品种、种植环境和籽粒颜色影响较大,其中黑色藜麦酚类化合物种类和含量最高。近年来,关于藜麦营养性状多样性研究表明,其产量、蛋白质和氨基酸组成具有显著相关性,营养成分除受环境等因素影响外,受遗传多样性的影响也同样显著<sup>[17]</sup>。Miranda 等<sup>[18]</sup>研究发现,不同气候类型种植的藜麦产量也有差异。目前国内外关于藜麦品种间营养性状相关性和差异性的报道较少。因此,本研究将从不同地区收集的 6 份藜麦种质资源在相同环境下种植,收获成熟籽粒并测定其营养组成,旨在分析国内不同藜麦种质资源品质性状的相关性和差异性,同时也为藜麦栽培育种提供基础数据支撑。

## 1 材料与方法

### 1.1 材料

供试材料来自甘肃、河北、内蒙古、云南、青海、山西等 6 个产区的籽粒颜色均为白色的藜麦品种(系),分别为陇藜 4 号、LM1、蒙藜 1 号、LM2、GRM-1、LM3,均由甘肃省农业科学院畜草与绿

色农业研究所提供(文内均以不同产区进行比较说明)。将 6 个藜麦品种(系)的籽粒清洗后 45 °C 烘干,然后粉碎并过 60 目筛,于 -18 °C 冰箱储存备用。

### 1.2 测定指标与方法

采用凯氏定氮法(GB/T 5009.5—2016)测定蛋白质含量<sup>[19]</sup>,蛋白质-氮的换算系数为 6.25。采用直接干燥法测定水分含量。参照熊成文等<sup>[20]</sup>提出的香草醛-高氯酸比色法进行测定总皂苷含量。采用《食品中膳食纤维的测定》(GB 5009.88—2016)中总膳食纤维测定相关内容测定总膳食纤维含量<sup>[21]</sup>。采用谷物籽粒粗淀粉测定法(农业行业标准 NY/T—1985)测定淀粉含量<sup>[22]</sup>。采用索氏抽提法(GB/T 5009.6—2016)测定脂肪含量<sup>[23]</sup>。采用高温灼烧法(GB 5009.4—2016)测定灰分含量<sup>[24]</sup>。

### 1.3 数据处理

用 Excel 对原始数据进行初步处理后使用 SPSS 22.0 软件进行相关数据处理,所有数据采用平均值  $\pm$  标准差表示。

## 2 结果与分析

### 2.1 不同地区藜麦品质

2.1.1 蛋白质含量 由表 1 可知,不同地区藜麦蛋白质含量为 123.7 ~ 142.9 g/kg,其中内蒙古藜麦蛋白质含量最高,为 142.9 g/kg;其次是甘肃藜麦,为 142.5 g/kg;青海藜麦最低,为 123.7 g/kg。内蒙古藜麦和甘肃藜麦蛋白质含量与河北藜麦、云南藜麦之间差异不显著,与青海藜麦和山西藜麦差异显著;河北藜麦和云南藜麦蛋白质含量与山西藜麦差异不显著,与青海藜麦差异显著。

2.1.2 水分含量 不同主产区藜麦水分含量为 98.0 ~ 123.7 g/kg,其中甘肃藜麦水分含量最高,为 123.7 g/kg;其次是云南藜麦,为 120.7 g/kg;青海藜麦最低,为 98.0 g/kg。甘肃藜麦和云南藜麦水分含量与河北藜麦差异不显著,与内蒙古藜麦、青海藜麦和山西藜麦之间差异显著;河北藜麦水分含量与内蒙古藜麦差异不显著,与青海藜麦和山西藜麦差异显著(表 1)。

2.1.3 总皂苷含量 供试藜麦总皂苷含量为 97.5 ~ 168.6 mg/g,其中青海藜麦总皂苷含量最高,为 168.6 mg/kg;其次是山西藜麦,为 168.3 mg/kg;河北藜麦最低,为 97.5 mg/kg,总皂苷含量变化范

围较大,可能与藜麦籽实经碾磨加工、水洗等不同加工工艺有关。青海藜麦和山西藜麦总皂苷含量与其他地区均差异显著;云南藜麦与内蒙古藜麦差异不显著,均与甘肃藜麦、河北藜麦差异显著;河北藜麦总皂苷含量与甘肃藜麦差异显著(表1)。

2.1.4 总膳食纤维含量 不同主产区藜麦总膳食纤维含量为 84.8~110.2 g/kg,其中内蒙古藜麦总膳食纤维含量最高,为 110.2 g/kg;其次是云南藜麦,为 99.0 g/kg;河北藜麦最低,为 84.8 g/kg。不同地区藜麦总膳食纤维含量变化范围较大,这可能与藜麦原产地有关。内蒙古藜麦总膳食纤维含量与其他地区的藜麦均差异显著;甘肃藜麦总膳食纤维含量与云南藜麦差异不显著,与河北藜麦、青海藜麦和山西藜麦差异显著;河北藜麦和青海藜麦之间差异不显著,与山西藜麦差异显著(表1)。

2.1.5 淀粉含量 由表1可以看出,不同主产区淀粉含量变化不大,为 571.6~610.5 g/kg,其中山西藜麦淀粉含量最高,为 610.5 g/kg;其次是甘肃藜麦,为 583.4 g/kg;云南藜麦最低,为 571.6 g/kg。山西藜麦淀粉含量与其他地区的藜麦均差异显著;内蒙古藜麦、甘肃藜麦淀粉含量均与河北藜麦和青海藜麦差异不显著,与云南藜麦差异显著;河北藜麦和青海藜麦之间淀粉含量差异不显

著,均与云南藜麦差异显著。

2.1.6 脂肪含量 不同主产区藜麦脂肪含量变化也不大,为 54.0~63.3 g/kg,其中青海脂肪含量最高,为 63.3 g/kg;其次是内蒙古藜麦,为 60.0 g/kg;山西藜麦最低,为 54.0 g/kg。青海藜麦脂肪含量与内蒙古藜麦、河北藜麦和云南藜麦差异不显著,与甘肃藜麦和山西藜麦差异显著;内蒙古藜麦、河北藜麦、云南藜麦之间差异不显著,均与甘肃藜麦差异不显著,与山西藜麦差异显著;甘肃藜麦和山西藜麦差异不显著(表1)。

2.1.7 灰分含量 供试藜麦灰分含量为 18.8~28.8 g/kg,其中河北藜麦含量最高,为 28.8 g/kg,较青海藜麦高出 10 g/kg,差异显著( $P>0.05$ );其次是云南藜麦,为 23.5 g/kg;青海藜麦最低,为 18.8 g/kg。河北藜麦灰分含量与其他地区藜麦均差异显著;云南藜麦灰分含量与内蒙古藜麦和甘肃藜麦差异不显著,与青海藜麦和山西藜麦之间差异显著;内蒙古藜麦和甘肃藜麦均与山西藜麦差异不显著,与青海藜麦差异显著;山西藜麦和青海藜麦之间差异不显著(表1)。

## 2.2 不同地区藜麦品质相关性分析

通过对不同产地藜麦品质进行相关性分析(表2)发现,蛋白质与总皂苷含量、淀粉和脂肪呈负相关,与水分极显著性正相关( $P<0.01$ ),与总膳食纤维显著性正相关( $P<0.05$ ),与灰分正相关。水

表 1 不同地区藜麦的品质指标

产区	蛋白质 /(g/kg)	水分 /(g/kg)	总皂苷 /(mg/g)	总膳食纤维 /(g/kg)	淀粉 /(g/kg)	脂肪 /(g/kg)	灰分 /(g/kg)
甘肃	142.5±3.9 a	123.7±4.5 a	147.9±3.3 c	96.0±3.3 b	583.4±2.9 b	57.2±1.0 bc	21.4±1.3 bc
河北	136.2±4.1 ab	117.7±2.8 ab	97.5±3.4 d	84.8±2.5 c	578.1±4.1 bc	59.4±1.8 ab	28.8±1.2 a
内蒙古	142.9±6.2 a	114.2±4.2 b	161.1±5.3 b	110.2±3.4 a	579.7±4.4 b	60.0±3.8 ab	22.1±1.3 bc
云南	135.5±4.2 ab	120.7±2.0 a	158.2±2.8 b	99.0±1.8 b	571.6±4.5 c	59.6±1.5 ab	23.5±2.1 b
青海	123.7±3.6 c	98.0±4.0 d	168.6±4.6 a	89.0±1.2 c	576.2±4.1 bc	63.3±1.4 a	18.8±0.8 d
山西	132.4±5.5 b	105.1±1.8 c	168.3±2.6 a	69.0±2.3 d	610.5±3.9 a	54.0±3.7 c	19.8±0.5 cd

表 2 不同地区藜麦材料间品质相关性分析<sup>①</sup>

指标	蛋白质	水分	总皂苷含量	总膳食纤维	淀粉	脂肪
水分	0.625**					
总皂苷含量	-0.244	-0.451				
总膳食纤维	0.480*	0.411	0.082			
淀粉	-0.063	-0.327	0.269	-0.711**		
脂肪	-0.299	-0.215	-0.001	0.455	-0.611**	
灰分	0.205	0.600**	-0.873**	0.052	-0.349	-0.023

分与总皂苷含量、淀粉和脂肪呈负相关，与总膳食纤维正相关，与灰分极显著正相关( $P<0.01$ )。总皂苷含量与总膳食纤维和淀粉正相关，与脂肪负相关，与灰分极显著负相关( $P<0.01$ )。总膳食纤维与淀粉极显著负相关( $P<0.01$ )，与脂肪和灰分正相关。淀粉与脂肪极显著负相关( $P<0.01$ )，与灰分负相关。脂肪与灰分负相关。

### 2.3 不同地区藜麦品质聚类分析

使用平均联接(组间)的树状图，重新调整距离对 6 份藜麦种质的品质性状进行聚类分析，结果如图 1 所示，当距离为 5.0 时，甘肃藜麦品质和云南藜麦、内蒙古藜麦品质较为相近，距离为 2.5 左右，与青海藜麦品质距离为 6.0 左右，与山西藜麦品质相差较远，距离分别为 14.0，与河北藜麦品质相差最远，距离为 25.0，表明甘肃藜麦在加工、功能成分提取以及相关产品的开发等方面具有与云南藜麦、内蒙古藜麦相似的潜力。

### 3 讨论与结论

藜麦因其产地和表型的不同，具有高度的多样性<sup>[25-26]</sup>。本研究表明，不同种质资源的品质性状之间变化范围较大，但与国内外其他研究结果相近。在本研究中，不同地区主栽的藜麦品种(系)在主要品质性状上存在显著差异。不同地区藜麦蛋白质含量为 123.7 ~ 142.9 g/kg，其中内蒙古藜麦(蒙藜 1 号)蛋白质含量最高，甘肃藜麦(陇藜

4 号)蛋白质含量略低于内蒙古藜麦(蒙藜 1 号)，为 142.5 g/kg，与陈志婧等<sup>[27]</sup>报道的 7 份不同品种藜麦材料蛋白质含量测定结果接近。水分含量为 98.0 ~ 123.7 g/kg，其中甘肃藜麦(陇藜 4 号)水分含量最高；其次是云南藜麦(LM2)为 120.7 g/kg。而蒋微等<sup>[28]</sup>报道的白色藜麦的水分含量约为 8.05%，其结果高于本研究结果，可能与受试材料、材料产地及藜麦储藏环境等因素有关。总皂苷含量为 97.5 ~ 168.6 mg/g，其中青海藜麦(GRM-1)、山西藜麦(LM3)总皂苷含量较高，分别为 168.6、168.3 mg/g；河北藜麦(LM1)最低。总皂苷含量变化范围较大可能与藜麦籽实经碾磨加工、水洗等不同加工工艺有关，此结果与熊成文等<sup>[20]</sup>研究结果一致，其报道中未加工藜麦总皂苷含量为 270.6 mg/g，经水洗 3 次的藜麦籽实总皂苷含量为 9.72 mg/g，二者差距较大。Nowak 等<sup>[29]</sup>研究结果表明，藜麦可食用部分的营养物质含量变化较大，总膳食纤维变化范围在 88.0 ~ 141.0 g/kg，不同品种间和不同数据源间的营养价值变异较大，与本研究不同地区藜麦总膳食纤维含量变化范围结果接近，总膳食纤维含量为 84.8 ~ 110.2 g/kg，其中内蒙古藜麦(蒙藜 1 号)总膳食纤维含量最高，河北藜麦(LM1)最低，可能与藜麦产地有关。淀粉含量变化不大，为 571.6 ~ 610.5 g/kg，与魏志敏等<sup>[30]</sup>、王启明等<sup>[31]</sup>研究结果一致。脂肪含量变化范围也不大，为

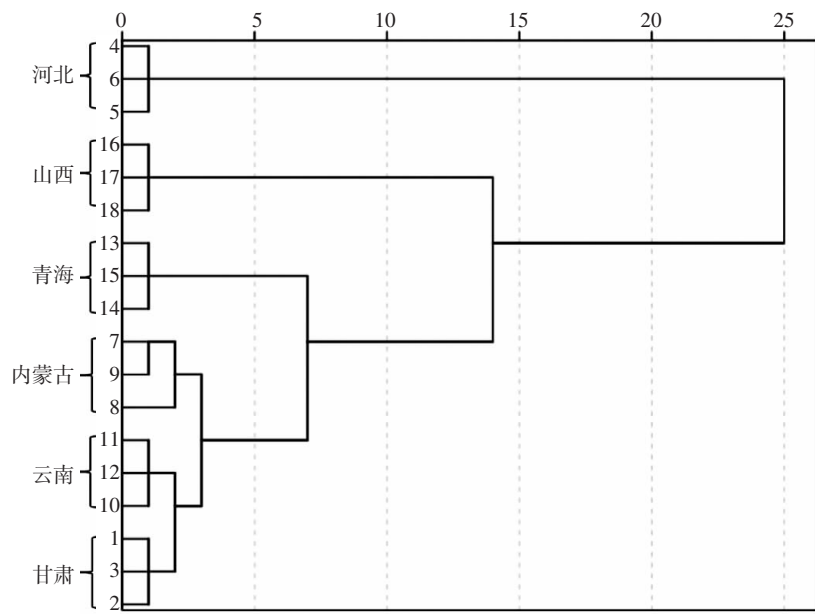


图 1 不同地区藜麦种质的聚类图



54.0~63.3 g/kg, 其中青海藜麦(GRM-1)脂肪含量最高, 山西藜麦(LM3)最低。灰分含量为 18.8~28.8 g/kg, 其中河北藜麦(LM1)含量最高, 较青海藜麦(GRM-1)高出 10%, 差异显著; 青海藜麦(GRM-1)最低。

相关性分析发现, 蛋白质与总皂苷含量、淀粉和脂肪呈负相关, 与水分极显著正相关、与总膳食纤维显著正相关, 与灰分呈正相关; 总皂苷含量与总膳食纤维和淀粉呈正相关, 与脂肪负相关, 与灰分极显著负相关; 总膳食纤维和淀粉极显著负相关, 与脂肪和灰分正相关; 淀粉与脂肪极显著负相关, 与灰分呈负相关。聚类分析树状图可以看出, 来自相同区域的种质材料大多聚在一类, 表明遗传分歧的多向性与地理区域分布有一定的平行关系, 但也有一些种质材料类型间存在的遗传分歧和地理分布关系却不太大, 不同地区的材料可能聚在同一类中, 而同一地区的材料又聚到不同的类中, 这可能是自然选择的结果决定了品种遗传分歧的多向性。在本试验条件下, 甘肃藜麦(陇藜 4 号)蛋白质含量略低于内蒙古藜麦(蒙藜 1 号), 与云南藜麦(LM2)、内蒙古藜麦(蒙藜 1 号)品质较为相近, 与河北藜麦(LM1)品质相差最远, 表明甘肃藜麦(陇藜 4 号)在加工、功能成分提取以及相关产品的开发等方面具有与云南藜麦(LM2)、内蒙古藜麦(蒙藜 1 号)相似潜力。

#### 参考文献:

- [1] 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.
- [2] 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.
- [3] 张 梅, 乔 旭, 张 惠, 等. 陇南高寒干旱区藜麦引种试验初报[J]. 寒旱农业科学, 2023, 2(11): 1042-1045.
- [4] SEMRA NAVRUZ-VARI, NEVIN SANLIER. Nutritional and health benefits of quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.)[J]. Journal of Cereal Science, 2016, 69: 371-376.
- [5] 刘玉红, 高瑞红. 中国小杂粮产业发展现状及对策[J]. 农业开发与装备, 2018(9): 21.
- [6] 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.
- [7] BAZILE D, BERTERO A D, NIETO C. State of the art report of quinoa in the world in 2013[M]. Rome: FAO & CIRAD, 2013.
- [8] 王晨静, 赵习武, 陆国权, 等. 藜麦特性及开发利用研究进展[J]. 浙江农林大学学报, 2014, 31(2): 296-301.
- [9] TANG Y, LI X, ZHANG B, et al. Characterisation of phenolics, betanins and antioxidant activities in seeds of three *Chenopodium quinoa* wild genotypes[J]. Food Chemistry, 2015, 166: 380-388.
- [10] 黄 杰, 刘文瑜, 杨发荣, 等. 不同藜麦品种在东乡半干旱区的适应性表现[J]. 甘肃农业科技, 2022, 53(6): 46-50.
- [11] 丁德志, 雷成军, 王 耀, 等. 不同藜麦品种(系)在寒旱山区的种植表现[J]. 寒旱农业科学, 2023, 2(4): 323-325.
- [12] FILHO A M, PIROZI M R, BORGES J T, et al. Quinoa: nutritional, functional, and antinutritional aspects [J]. Critical Reviews in Food Science and Nutrition, 2017, 57: 1618-1630.
- [13] RREPO-CARRASCO-VALENCIA R, HELLSTRM J K, PIHLAVA J M, et al. Flavonoids and other phenolic compounds in Andean indigenous grains: Quinoa (*Chenopodium quinoa*), kañiwa (*Chenopodium pallidicaule*) and kiwicha (*Amaranthus caudatus*) [J]. Food Chemistry, 2010, 120(1): 128-133.
- [14] ZHU N Q, SHENG S Q, LI D J, et al. Antioxidative flavonoid glycosides from quinoa seeds (*Chenopodium quinoa* Willd.)[J]. Journal of Food Lipids, 2001, 8(1): 37-44.
- [15] 石振兴, 杨修仕, 么 杨, 等. 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.
- [16] PELLEGRINI M, LUCAS-GONZALEZ R, FERNANDEZ-LOPEZ J, et al. Bioaccessibility of polyphenolic compounds of six quinoa seeds during, in vitro, gastrointestinal digestion[J]. Journal of Functional Foods, 2017, 38: 77-88.
- [17] REPO-CARRASCO-VALENCIA R A, ENCINA C R, BINAGHI M J, et al. Effects of roasting and boiling of quinoa, kiwicha and kañiwa on composition and availability of minerals in vitro[J]. J Sci Food Agric, 2010, 90: 2068-2073.
- [18] MIRANDA M, VEGA-GÁLVEZ A, MARTÍNEZ E A, et

- al. Influence of contrasting environments on seed composition of two quinoa genotypes: nutritional and functional properties[J]. *Chil J Agric Res*, 2013, 73: 108–116.
- [19] 中华人民共和国国家卫生和计划生育委员会, 国家食品药品监督管理总局. 食品安全国家标准 食品中蛋白质的测定: GB/T 5009.5—2016[S]. 北京: 中国标准出版社, 2017.
- [20] 熊成文, 李晓伟, 徐得娟. 藜麦总皂苷含量测定方法的比较[J]. *食品研究与开发*, 2018, 39(9): 124–128.
- [21] 中华人民共和国国家卫生和计划生育委员会. 食品安全国家标准 食品中膳食纤维的测定: GB 5009.88—2016[S]. 北京: 中国标准出版社, 2016.
- [22] 中华人民共和国农业部. 谷物籽粒粗淀粉测定法: NY/T11—1985[S]. 北京: 中国标准出版社, 1985.
- [23] 中华人民共和国国家卫生和计划生育委员会, 国家食品药品监督管理总局. 食品安全国家标准 食品中脂肪的测定: GB/T 5009.6—2016[S]. 北京: 中国标准出版社, 2017.
- [24] 中华人民共和国国家卫生和计划生育委员会. 食品安全国家标准 食品中灰分的测定: GB/T 5009.4—2016[S]. 北京: 中国标准出版社, 2017.
- [25] TÁRTARA S C, MANIFESTO M M, BRAMARDI S J, et al. Genetic structure in cultivated quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) are reflection of landscape structure in Northwest Argentina[J]. *Conserv Genet*, 2012, 13: 1027–1038.
- [26] CURTI R N, ANDRADE A J, BRAMARDI S, et al. Eco-geographic structure of phenotypic diversity in cultivated populations of quinoa from Northwest Argentina[J]. *Ann Appl Biol*, 2012, 160: 114–125.
- [27] 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.
- [28] 蒋微, 訾佳玉, 廖振宇, 等. 红白两色藜麦营养成分检测[J]. *中国果菜*, 2022, 42(3): 28–32.
- [29] NOWAK V, DU J, CHARRONDIÈRE U R. Assessment of the nutritional composition of quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.)[J]. *Food chemistry*. 2016, 193: 47–54.
- [30] 魏志敏, 李顺国, 夏雪岩, 等. 藜麦的特性及其发展建议[J]. *河北农业科学*, 2016, 20(5): 14–17.
- [31] 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.