

60 份国内外藜麦材料子粒的品质性状分析

石振兴, 杨修仕, 么 杨, 任贵兴

(中国农业科学院作物科学研究所/中国作物学会藜麦分会, 北京 100081)

摘要: 研究藜麦子粒的品质性状, 可以为藜麦育种、加工及消费提供参考。本研究对 4 份国内和 56 份国外藜麦材料子粒的品质性状进行了分析, 结果表明 60 份藜麦材料子粒的千粒重、灰分、蛋白质、淀粉、脂肪、粗纤维、总黄酮和总多酚平均含量分别为 4.23 g、2.28%、14.03%、57.71%、6.53%、2.46%、1.83 mg/g 和 1.49 mg/g。国内藜麦材料的灰分、蛋白质和总多酚平均含量较高, 分别为 3.47%、14.92% 和 1.78 mg/g; 秘鲁藜麦材料的脂肪、粗纤维和总黄酮平均含量较高, 分别为 6.69%、2.66% 和 2.03 mg/g; 美国藜麦材料的淀粉平均含量较高, 为 59.91%; 玻利维亚藜麦材料的千粒重较高, 为 4.32 g; 不同子粒颜色藜麦材料之间的品质存在差异, 黑色藜麦材料的蛋白质含量较高, 白色和红色藜麦材料的淀粉含量较高, 红色和黑色藜麦材料的粗纤维、总黄酮和总多酚含量较高。

关键词: 藜麦材料; 国内外; 品质性状; 子粒颜色

Quality Characters Analysis of the Seed of 60 Domestic and Overseas Quinoa Accessions

SHI Zhen-xing, YANG Xiu-shi, YAO Yang, REN Gui-xing

(Institute of Crop Sciences, Chinese Academy of Agricultural Sciences / Quinoa Committee of the Crop Science Society of China, Beijing 100081)

Abstract: Research on the quality characters of quinoa seed could be useful in quinoa breeding, processing, and consumption. The quality characters of 4 domestic and 56 overseas quinoa accessions were analyzed. The results showed that the average contents of thousand seed weight, ash, protein, starch, fat, crude fiber, total flavones, and total polyphenols in 60 quinoa accessions were 4.23 g, 2.28%, 14.03%, 57.71%, 6.53%, 2.46%, 1.83 mg/g, and 1.49 mg/g, respectively. Domestic quinoa accessions had higher content of ash (3.47%), protein (14.92%), and total polyphenols (1.78 mg/g). Peruvian quinoa accessions had higher content of fat (6.69%), crude fiber (2.66%), and total flavones (2.03 mg/g). American quinoa accessions had higher content of starch (59.91%). Bolivian quinoa accessions had higher content of thousand seed weight (4.32 g). Quinoa with different seed colors showed different quality. Black quinoa had higher content of protein, white and red quinoa had higher content of starch, and red and black quinoa had higher content of crude fiber, total flavones, and total polyphenols.

Key words: quinoa accessions; domestic and overseas; quality characters; seed color

藜麦 (*Chenopodium quinoa* Willd.) 是藜科 (Chenopodiaceae) 藜属 (*Chenopodium* L.) 的一年生双子叶植物, 原产于南美洲安第斯山地区, 是当地人民的一种粮食作物, 已有近 7000 年的种植历史^[1-2]。藜麦的营养价值丰富, 含有 12.5% ~ 16.7% 的蛋白

质, 58.1% ~ 64.2% 的淀粉以及 5.5% ~ 8.5% 的脂肪, 且必需氨基酸比例均衡^[3-6]。藜麦还含有多种维生素、矿物质以及黄酮、多酚等具有生物活性的功能成分^[7-9]。此外, 藜麦具有抗旱、耐盐碱、耐贫瘠等生理特性^[10-11], 对农业结构调整和生态系统可持

收稿日期: 2016-02-05 修回日期: 2016-05-09 网络出版日期: 2016-12-14

URL: <http://www.cnki.net/kcms/detail/11.4996.S.20161214.1437.028.html>

基金项目: 科技部科技伙伴计划资助 (中秘藜麦加工技术联合研究与示范, KY201402023)

第一作者研究方向为藜麦营养功能品质评价。E-mail: shizhenxing01@hotmail.com; 杨修仕为共同第一作者

通信作者: 任贵兴, 研究方向为作物种质资源品质鉴定及活性评价。E-mail: renguixing@caas.cn

续发展具有十分重要的意义。

据联合国粮农组织数据统计,2013 年至 2014 年世界藜麦产量增加了约 68.8%,达到 19.26×10^4 t^[12]。我国于 20 世纪 60 年代初就开始了藜麦资源引进,近 3 年来藜麦种植面积增加迅速^[13]。藜麦中的蛋白质、淀粉和脂肪等营养成分,以及黄酮和多酚等功能成分对藜麦的食用品质和商业价值起着决定性的作用。选育富含营养功能成分的藜麦品种是藜麦育种的主要研究方向之一。然而,藜麦子粒品质性状的研究在我国刚刚起步,部分学者对引进到西藏、山西和河北等地的藜麦子粒性状进行了报道^[14-17],但是对国内外藜麦的比较分析较少。本研究对收集得到的 4 份国内藜麦材料以及 56 份国外(玻利维亚、美国和秘鲁)藜麦材料的品质性状进行了分析,以期对藜麦育种、加工和消费提供参考。

1 材料与方法

1.1 藜麦材料

国内藜麦材料 4 份,来自河北省张家口市农业科学院,子粒颜色均为白色;玻利维亚藜麦材料 29 份,其中子粒颜色包括白色 10 份、红色 15 份和黑色 4 份;美国藜麦材料 7 份,其中子粒颜色包括白色 6 份和红色 1 份;秘鲁藜麦材料 20 份,其中子粒颜色包括白色 7 份、红色 6 份和黑色 7 份。

1.2 品质指标的测定方法

1.2.1 千粒重测定 依据标准 GB/T 5519 - 2008(谷物与豆类千粒重的测定)进行测定。

1.2.2 灰分测定 依据标准 GB/T 22510 - 2008(谷物、豆类及副产品灰分含量的测定)进行测定。

1.2.3 蛋白质含量测定 依据农业行业标准 NY/T 3 - 1982(谷类、豆类作物种子粗蛋白质测定法——半微量凯氏法),使用 FOSS 2300 型全自动定氮仪(丹麦福斯特卡托公司)进行测定,蛋白质-氮的换算系数为 6.25。

1.2.4 淀粉含量测定 依据农业行业标准 NY/T 11 - 1985(谷物子粒粗淀粉测定法),使用 WZZ-1S 数字式旋光分析仪(上海物理光学仪器厂)进行测定。

1.2.5 脂肪含量测定 采用国家标准 GB/T 5512 - 2008(粮油检验粮食中粗脂肪含量测定)中的索氏抽提法进行测定。

1.2.6 粗纤维含量测定 采用国家标准 GB/T 5515 - 2008(粮油检验粮食中粗纤维素含量测定介质过滤法)进行测定。

1.2.7 总多酚含量测定 总多酚的提取:参照 K. Slinkard 等^[18]的方法,称取粉碎过 60 目筛的藜麦样品 0.5 g,加入 50% 乙醇 10 mL,60 °C 水浴回流提取 2 h,过滤,滤渣重复提取 1 次。合并 2 次滤液,定容至 10 mL,备用。取提取液 8 mL,加入 Folin-Ciocalteu 显色溶液 1 mL,然后加入 1 mol/mL 碳酸钠溶液 3 mL,摇匀,在室温避光反应 15 min,测定 725 nm 的吸光度,以没食子酸溶液为检测标准液。

1.2.8 总黄酮含量测定 参照 C. C. Chang 等^[19]和 R. G. Woisky 等^[20]的方法,称取粉碎过 60 目筛的藜麦样品 0.5 g 于具塞三角瓶中,加入 70% 的甲醇溶液 20 mL,于 70 °C 水浴振荡提取 2 h。将提取液转移至离心管中,于 1500 r/min 转速离心 10 min,取上清液 1 mL,冷冻干燥后用定量甲醇复溶。取 0.5 mL 复溶液,加入 95% 的乙醇 1.5 mL,摇匀,再加入 10% 的三氯化铝溶液 0.1 mL、1 mol/L 的醋酸钾溶液 0.1 mL 和去离子水 2.8 mL,混匀,室温下静置 40 min,于波长 415 nm 下测定吸光度值,以芦丁溶液为检测标准液。

1.3 数据处理

所有品质指标测定结果均为 3 次测定的平均值,使用 SPSS 软件进行数据分析处理,采用 Duncan 检验法进行差异显著性比较。

2 结果与分析

2.1 60 份藜麦材料的品质分析

如表 1 所示,60 份藜麦材料子粒的千粒重、灰分、蛋白质、淀粉、脂肪和粗纤维平均值分别为 4.23 g、2.28%、14.03%、57.71%、6.53% 和 2.46%,变幅分别为 2.37 ~ 4.88 g、1.95% ~ 3.94%、12.39% ~ 16.94%、49.95% ~ 61.75%、5.00% ~ 7.90% 和 1.04% ~ 3.62%。不同品质指标含量的变异系数存在一定差异,以粗纤维含量的变异系数最大 20.87%,淀粉含量的变异系数最小 5.56%。从品质指标的总体平均值结果来看,周海涛等^[17]报道的 4 份试种藜麦材料的蛋白质和脂肪的平均含量分别为 14.79% 和 7.57%,高于本研究相应指标的结果,但本研究的淀粉平均含量高于其报道的 50.65%。贡布扎西等^[14]报道的西藏试种藜麦蛋白质含量 12.32% 和南美藜麦的蛋白质含量 13.81% 均低于本研究结果,但其报道的淀粉平均含量 63.85% 和 59.74% 均高于本研究结果;同时,西藏试种藜麦的脂肪含量 7.04% 高于本研究结果,但南美藜的脂肪含量 5.01% 低于本研究结果。这可能是由受试材料以及产地不同所导致的差异。

表1 60份国内外藜麦材料的品质指标

Table 1 The analysis result of quality indexes of 60 quinoa accessions

材料来源 Material origin	样品序号 Sample code	子粒颜色 Seed color	千粒重(g) Thousand seed weight	灰分(%) Ash	蛋白质(%) Protein	淀粉(%) Starch	脂肪(%) Fat	粗纤维(%) Crude fiber	总黄酮 (mg/g) Total flavones	总多酚 (mg/g) Total polyphenols
中国	1	白色	3.63 ± 0.12	2.96 ± 0.05	15.33 ± 0.17	55.80 ± 0.27	6.12 ± 0.03	1.25 ± 0.13	1.55 ± 0.00	1.65 ± 0.02
	2	白色	3.51 ± 0.12	3.94 ± 0.03	13.52 ± 0.03	55.00 ± 0.29	6.69 ± 0.09	1.73 ± 0.37	1.45 ± 0.00	1.70 ± 0.02
	3	白色	3.26 ± 0.10	3.50 ± 0.11	15.67 ± 0.16	52.88 ± 0.33	6.70 ± 0.11	1.62 ± 0.06	1.67 ± 0.02	1.81 ± 0.03
	4	白色	3.93 ± 0.13	3.48 ± 0.01	15.17 ± 0.03	51.21 ± 0.26	6.00 ± 0.01	2.15 ± 0.07	1.91 ± 0.02	1.97 ± 0.02
	平均值 Mean		3.58 ± 0.28b	3.47 ± 0.40a	14.92 ± 0.96a	53.72 ± 2.08c	6.38 ± 0.37a	1.69 ± 0.37b	1.65 ± 0.20a	1.78 ± 0.14a
玻利维亚	1	白色	4.60 ± 0.15	2.19 ± 0.07	15.82 ± 0.07	51.54 ± 0.70	6.87 ± 0.01	2.93 ± 0.10	2.55 ± 0.02	1.64 ± 0.01
	2	白色	4.02 ± 0.12	2.13 ± 0.07	13.88 ± 0.12	58.44 ± 0.42	6.56 ± 0.13	2.15 ± 0.07	2.57 ± 0.03	1.69 ± 0.01
	3	白色	4.12 ± 0.12	2.23 ± 0.07	13.53 ± 0.02	54.99 ± 0.22	5.89 ± 0.01	1.79 ± 0.06	2.69 ± 0.03	1.65 ± 0.02
	4	白色	4.36 ± 0.13	2.26 ± 0.07	13.55 ± 0.14	56.55 ± 0.99	6.55 ± 0.02	3.00 ± 0.09	1.99 ± 0.02	1.82 ± 0.00
	5	白色	4.04 ± 0.12	1.97 ± 0.07	13.22 ± 0.01	60.95 ± 1.11	6.57 ± 0.05	2.10 ± 0.07	2.49 ± 0.02	1.50 ± 0.02
	6	白色	4.16 ± 0.14	2.02 ± 0.07	13.13 ± 0.13	56.11 ± 0.46	5.58 ± 0.05	1.04 ± 0.04	2.52 ± 0.03	1.63 ± 0.03
	7	白色	4.13 ± 0.14	2.08 ± 0.06	15.14 ± 0.10	56.23 ± 0.86	5.51 ± 0.06	2.13 ± 0.07	2.05 ± 0.03	1.45 ± 0.00
	8	白色	4.48 ± 0.15	2.31 ± 0.08	13.18 ± 0.21	61.16 ± 0.77	6.43 ± 0.06	1.85 ± 0.06	2.37 ± 0.03	1.52 ± 0.02
	9	白色	4.35 ± 0.13	2.34 ± 0.08	13.04 ± 0.23	60.98 ± 0.51	6.37 ± 0.12	1.84 ± 0.06	1.07 ± 0.02	1.12 ± 0.01
	10	红色	3.88 ± 0.12	2.30 ± 0.08	13.52 ± 0.01	61.46 ± 0.79	6.21 ± 0.07	2.64 ± 0.08	1.21 ± 0.00	1.15 ± 0.02
	11	红色	4.20 ± 0.14	2.19 ± 0.07	13.52 ± 0.20	56.27 ± 0.58	6.07 ± 0.05	2.83 ± 0.09	2.17 ± 0.03	1.42 ± 0.01
	12	红色	4.21 ± 0.14	2.35 ± 0.08	13.17 ± 0.23	58.46 ± 0.91	6.91 ± 0.14	2.92 ± 0.09	2.14 ± 0.03	1.57 ± 0.00
	13	红色	4.55 ± 0.15	2.38 ± 0.07	12.80 ± 0.13	58.18 ± 0.06	7.11 ± 0.05	2.52 ± 0.08	2.27 ± 0.04	1.54 ± 0.01
	14	红色	4.88 ± 0.17	2.14 ± 0.07	13.01 ± 0.17	58.78 ± 0.76	7.20 ± 0.03	3.00 ± 0.10	1.87 ± 0.04	1.25 ± 0.00
	15	红色	4.60 ± 0.15	2.28 ± 0.07	13.89 ± 0.18	59.90 ± 0.64	6.71 ± 0.03	1.99 ± 0.06	0.93 ± 0.01	1.11 ± 0.02
	16	红色	4.46 ± 0.14	2.28 ± 0.07	12.71 ± 0.11	58.20 ± 1.02	7.04 ± 0.13	2.90 ± 0.09	2.70 ± 0.03	1.69 ± 0.01
	17	红色	4.45 ± 0.15	2.30 ± 0.08	13.53 ± 0.27	60.78 ± 1.19	6.83 ± 0.08	2.30 ± 0.08	2.20 ± 0.01	1.54 ± 0.01
	18	红色	4.11 ± 0.12	2.14 ± 0.07	12.39 ± 0.01	59.79 ± 1.04	6.76 ± 0.12	1.89 ± 0.06	0.34 ± 0.00	1.62 ± 0.02
	19	红色	4.26 ± 0.14	1.97 ± 0.07	15.28 ± 0.17	57.56 ± 0.81	6.65 ± 0.03	2.90 ± 0.09	1.02 ± 0.02	1.06 ± 0.01
	20	红色	4.38 ± 0.14	2.13 ± 0.07	12.93 ± 0.01	61.29 ± 0.88	6.62 ± 0.06	2.95 ± 0.09	0.97 ± 0.02	1.13 ± 0.01
	21	红色	4.32 ± 0.14	2.14 ± 0.04	13.50 ± 0.07	60.85 ± 0.96	6.47 ± 0.10	1.73 ± 0.06	1.36 ± 0.03	1.21 ± 0.01
	22	红色	4.59 ± 0.15	2.32 ± 0.08	15.15 ± 0.16	54.53 ± 0.71	6.42 ± 0.05	2.41 ± 0.08	1.04 ± 0.01	1.16 ± 0.02
	23	红色	4.03 ± 0.13	2.03 ± 0.06	13.45 ± 0.23	61.02 ± 0.66	6.21 ± 0.02	2.64 ± 0.08	1.14 ± 0.00	1.16 ± 0.00
	24	红色	4.49 ± 0.16	2.31 ± 0.08	12.56 ± 0.16	60.11 ± 1.14	5.95 ± 0.04	2.24 ± 0.07	2.62 ± 0.00	1.56 ± 0.02
	25	黑色	4.35 ± 0.13	2.34 ± 0.08	13.48 ± 0.09	61.00 ± 1.05	6.30 ± 0.04	2.94 ± 0.09	1.17 ± 0.01	1.19 ± 0.020
	26	黑色	4.07 ± 0.14	2.39 ± 0.02	13.51 ± 0.1	57.17 ± 0.07	6.61 ± 0.07	2.94 ± 0.09	2.40 ± 0.01	1.50 ± 0.03
	27	黑色	4.36 ± 0.14	2.15 ± 0.07	14.46 ± 0.06	60.86 ± 0.13	6.43 ± 0.04	3.12 ± 0.09	1.27 ± 0.02	1.24 ± 0.02
	28	黑色	3.96 ± 0.13	2.33 ± 0.07	13.17 ± 0.21	61.75 ± 0.43	7.01 ± 0.11	2.01 ± 0.06	0.90 ± 0.02	1.17 ± 0.02
	29	黑色	4.45 ± 0.14	2.23 ± 0.07	13.13 ± 0.12	58.56 ± 0.48	6.46 ± 0.01	2.88 ± 0.09	2.32 ± 0.02	1.59 ± 0.01
平均值 Mean			4.31 ± 0.23a	2.21 ± 0.12b	13.57 ± 0.84b	58.74 ± 2.53ab	6.49 ± 0.42a	2.43 ± 0.53a	1.81 ± 0.70a	1.41 ± 0.23b
美国	1	白色	4.03 ± 0.12	2.28 ± 0.08	13.29 ± 0.01	61.13 ± 0.06	6.76 ± 0.06	1.84 ± 0.06	1.10 ± 0.00	1.22 ± 0.02
	2	白色	4.39 ± 0.14	1.98 ± 0.06	14.41 ± 0.25	60.92 ± 0.76	6.20 ± 0.01	2.04 ± 0.06	1.28 ± 0.02	1.55 ± 0.01
	3	白色	4.25 ± 0.14	2.30 ± 0.07	13.32 ± 0.22	60.68 ± 0.01	6.38 ± 0.13	3.03 ± 0.10	1.09 ± 0.01	1.16 ± 0.01
	4	白色	4.10 ± 0.13	2.03 ± 0.06	14.43 ± 0.25	57.42 ± 0.30	6.83 ± 0.01	2.60 ± 0.09	1.87 ± 0.01	1.93 ± 0.02
	5	白色	4.58 ± 0.15	2.06 ± 0.06	14.88 ± 0.22	61.03 ± 0.82	5.53 ± 0.07	2.33 ± 0.08	0.88 ± 0.00	1.19 ± 0.02
	6	白色	4.18 ± 0.13	2.06 ± 0.06	13.82 ± 0.18	60.09 ± 0.79	6.46 ± 0.05	2.53 ± 0.08	1.27 ± 0.02	1.34 ± 0.01
	7	红色	4.01 ± 0.13	1.97 ± 0.06	13.54 ± 0.12	58.13 ± 0.21	6.22 ± 0.01	2.94 ± 0.10	2.56 ± 0.03	1.55 ± 0.03
	平均值 Mean			4.22 ± 0.21a	2.10 ± 0.14b	13.96 ± 0.62b	59.91 ± 1.51a	6.26 ± 0.61a	2.47 ± 0.44a	1.44 ± 0.58a

表 1(续)

材料来源	样品序号	子粒颜色	千粒重(g) Thousand seed weight	灰分(%) Ash	蛋白质(%) Protein	淀粉(%) Starch	脂肪(%) Fat	粗纤维(%) Crude fiber	总黄酮 (mg/g) Total flavones	总多酚 (mg/g) Total polyphenols
Material origin	Sample code	Seed color								
秘鲁	1	白色	4.50 ± 0.14	2.30 ± 0.07	14.49 ± 0.22	58.90 ± 0.67	6.73 ± 0.10	2.99 ± 0.09	0.58 ± 0.00	1.14 ± 0.01
	2	白色	4.42 ± 0.15	2.08 ± 0.06	14.63 ± 0.06	60.43 ± 1.14	5.77 ± 0.04	2.22 ± 0.07	0.48 ± 0.00	1.20 ± 0.02
	3	白色	4.09 ± 0.14	2.34 ± 0.08	16.18 ± 0.11	56.59 ± 0.08	6.83 ± 0.03	2.11 ± 0.07	1.56 ± 0.02	1.27 ± 0.01
	4	白色	4.30 ± 0.14	2.33 ± 0.07	14.05 ± 0.17	58.23 ± 0.07	6.64 ± 0.04	2.80 ± 0.10	0.71 ± 0.01	1.17 ± 0.01
	5	白色	4.49 ± 0.14	2.13 ± 0.07	13.10 ± 0.05	58.11 ± 0.92	6.97 ± 0.13	2.58 ± 0.08	1.31 ± 0.020	1.35 ± 0.00
	6	白色	4.42 ± 0.14	2.32 ± 0.08	13.56 ± 0.20	59.94 ± 1.14	6.39 ± 0.10	2.60 ± 0.09	1.40 ± 0.00	1.25 ± 0.02
	7	白色	4.10 ± 0.13	2.01 ± 0.07	13.60 ± 0.02	60.85 ± 0.47	5.80 ± 0.01	2.61 ± 0.09	0.87 ± 0.01	1.28 ± 0.01
	8	红色	4.59 ± 0.16	2.37 ± 0.08	14.81 ± 0.23	55.39 ± 0.25	7.34 ± 0.04	2.13 ± 0.07	2.81 ± 0.00	1.67 ± 0.01
	9	红色	4.06 ± 0.13	1.96 ± 0.06	13.78 ± 0.11	57.24 ± 0.23	7.33 ± 0.09	2.86 ± 0.10	2.53 ± 0.02	1.80 ± 0.02
	10	红色	4.60 ± 0.16	2.34 ± 0.07	14.34 ± 0.21	54.22 ± 1.01	5.63 ± 0.04	3.08 ± 0.10	3.23 ± 0.01	2.55 ± 0.04
	11	红色	4.11 ± 0.12	2.33 ± 0.07	13.28 ± 0.26	58.78 ± 0.99	6.78 ± 0.07	2.79 ± 0.09	2.32 ± 0.04	1.45 ± 0.02
	12	红色	4.37 ± 0.14	2.18 ± 0.07	15.02 ± 0.17	54.73 ± 0.14	6.84 ± 0.04	1.94 ± 0.06	2.76 ± 0.05	1.69 ± 0.01
	13	红色	4.16 ± 0.15	2.25 ± 0.07	14.82 ± 0.21	55.93 ± 0.70	6.32 ± 0.10	2.41 ± 0.08	2.40 ± 0.04	1.48 ± 0.01
	14	黑色	4.35 ± 0.14	2.00 ± 0.07	15.82 ± 0.02	51.28 ± 0.88	7.30 ± 0.10	3.03 ± 0.10	2.41 ± 0.01	1.64 ± 0.01
	15	黑色	4.47 ± 0.14	2.26 ± 0.08	14.50 ± 0.02	50.50 ± 0.37	7.21 ± 0.02	2.58 ± 0.08	3.03 ± 0.04	2.11 ± 0.01
	16	黑色	4.50 ± 0.14	1.95 ± 0.07	14.95 ± 0.06	52.07 ± 0.09	7.90 ± 0.15	2.81 ± 0.09	2.77 ± 0.03	1.80 ± 0.03
	17	黑色	2.37 ± 0.07	2.45 ± 0.07	16.01 ± 0.30	49.95 ± 0.31	7.14 ± 0.02	3.62 ± 0.12	2.81 ± 0.00	1.68 ± 0.02
	18	黑色	4.46 ± 0.15	2.10 ± 0.06	16.94 ± 0.27	54.07 ± 0.44	6.97 ± 0.12	2.39 ± 0.08	2.29 ± 0.04	1.72 ± 0.03
	19	黑色	4.35 ± 0.14	2.11 ± 0.07	14.23 ± 0.11	55.91 ± 0.08	5.35 ± 0.03	2.65 ± 0.09	2.11 ± 0.03	1.46 ± 0.02
	20	黑色	4.44 ± 0.14	2.09 ± 0.07	12.48 ± 0.13	61.49 ± 0.74	6.61 ± 0.09	3.00 ± 0.10	2.30 ± 0.04	1.49 ± 0.01
	平均值 Mean		4.26 ± 0.48a	2.20 ± 0.15b	14.53 ± 1.11ab	56.23 ± 3.47bc	6.69 ± 0.65a	2.66 ± 0.40a	2.03 ± 0.87a	1.56 ± 0.34ab
总体	平均值 Mean		4.23 ± 0.37	2.28 ± 0.36	14.03 ± 1.03	57.71 ± 3.21	6.53 ± 0.53	2.46 ± 0.51	1.83 ± 0.74	1.49 ± 0.29
Total	变幅 Range		2.37 ~ 4.88	1.95 ~ 3.94	12.39 ~ 16.94	49.95 ~ 61.75	5.00 ~ 7.90	1.04 ~ 3.62	0.34 ~ 3.23	1.06 ~ 2.55
	变异系数(%) CV		8.79	15.78	7.34	5.56	8.19	20.87	40.51	19.35

结果表示为平均值 ± 标准差;数值后面不同字母表示有显著性差异($P < 0.05$),下同

Data are expressed as mean ± standard deviation of triplicate samples, Means in a column with different letters indicate differ significantly ($P < 0.05$), the same as below

受试藜麦材料总黄酮和总多酚含量的平均值分别为 1.83 mg/g 和 1.49 mg/g, 变幅分别为 0.34 ~ 3.23 mg/g 和 1.06 ~ 2.55 mg/g。总黄酮含量的变异系数在所有品质指标中最大,为 40.51%,总多酚含量的变异系数也较大,为 19.35%。Y. Hirose 等^[9]测定了国外 10 份藜麦材料的总多酚含量约为 1.41 ~ 2.52 mg/g(湿基),而 4 种黄酮醇苷总含量为 1.30 ~ 1.93 mg/g(湿基),与本研究总黄酮和总多酚总体变幅的结果较为接近。R. Repo-Carrasco-Valencia 等^[21]对秘鲁 10 份藜麦材料的黄酮和酚酸组分进行了分析测定,发现所测样品中含有的 4 种黄酮物质(杨梅酮、槲皮素、山奈酚、异鼠李素)平均含量为 0.58 mg/g,含有的 5 种酚酸(咖啡酸、绿原酸、对-香豆酸、对-羟基-苯甲酸和香草酸)的平均含量为 0.37 mg/g,均低于本研究结果。这可能是因为

本研究测定的总黄酮是包含了前述 4 种黄酮物质在内的所有黄酮物质的总量,而测定的总多酚是包含了前述 5 种酚酸以及其他酚类聚合物的所有多酚物质的总量。

60 份藜麦材料中,玻利维亚的 14 号材料千粒重最高为 4.88 g,中国的 2 号材料灰分含量最高为 3.94%,秘鲁的 18 号材料蛋白质含量最高为 16.94%,玻利维亚的 28 号材料淀粉含量最高为 61.75%,秘鲁的 16 号材料脂肪含量最高为 7.90%,秘鲁的 17 号材料粗纤维含量最高为 3.62%,秘鲁的 10 号材料总黄酮含量 3.23 mg/g 和总多酚含量 2.55 mg/g 均为最高。

2.2 不同国家藜麦的营养品质比较

本研究收集的 60 份材料来自 4 个不同的国家,为了考察不同国家藜麦的品质是否存在差异,本研

究将所测定的8个品质指标结果按不同来源进行了统计,相关品质指标平均值的数据见表1。

由表1可知,国内藜麦的千粒重和粗纤维含量的平均值分别为3.58 g和1.69%,而玻利维亚、美国及秘鲁藜麦材料千粒重和粗纤维含量的平均值均高于国内藜麦材料($P < 0.05$),但该3个国家藜麦材料的这两个指标平均值之间无显著差异($P > 0.05$)。国内藜麦材料的灰分平均值3.47%高于国外藜麦材料的2.10%~2.21%。

在蛋白质和总多酚含量方面,国内藜麦材料这两个指标的平均值均显著高于玻利维亚和美国材料($P < 0.05$),但与秘鲁材料之间无显著差异($P > 0.05$)。

表2 不同子粒颜色藜麦材料的品质指标

Table 2 Analysis on quality indexes of quinoa accessions with different seed colors

子粒颜色 Seed color	样品数 No. of accessions	千粒重(g) Thousand seed weight	灰分(%) Ash	蛋白质(%) Protein	淀粉(%) Starch	脂肪(%) Fat	粗纤维(%) Crude fiber	总黄酮 (mg/g) Total flavones	总多酚 (mg/g) Total polyphenols
白色 White	平均值 Mean	4.17 ± 0.32a	2.38 ± 0.50a	14.13 ± 0.91ab	58.91 ± 2.88a	6.41 ± 0.43a	2.38 ± 0.50b	1.19 ± 0.35b	1.32 ± 0.26b
	变幅 Range	3.26 ~ 4.59	1.97 ~ 3.94	12.93 ~ 16.18	51.21 ~ 61.75	5.00 ~ 7.01	1.62 ~ 3.12	0.48 ~ 1.91	1.06 ~ 1.97
	变异系数(%) CV	7.76	21.08	6.42	4.90	6.66	20.97	29.39	19.63
红色 Red	平均值 Mean	4.35 ± 0.25a	2.23 ± 0.13a	13.63 ± 0.87b	57.86 ± 2.40a	6.68 ± 0.42a	2.53 ± 0.44a	2.29 ± 0.62a	1.61 ± 0.26a
	变幅 Range	4.01 ~ 4.88	1.96 ~ 2.39	12.39 ~ 15.82	51.54 ~ 61.16	5.63 ~ 7.34	1.85 ~ 3.08	0.34 ~ 3.23	1.11 ~ 2.55
	变异系数(%) CV	5.70	5.92	6.36	4.14	6.31	17.18	26.86	16.35
黑色 Black	平均值 Mean	4.14 ± 0.60a	2.13 ± 0.14a	14.57 ± 1.36a	54.44 ± 3.36b	6.50 ± 0.86a	2.53 ± 0.69a	2.47 ± 0.32a	1.64 ± 0.20a
	变幅 Range	2.37 ~ 4.50	1.95 ~ 2.45	12.48 ~ 16.94	49.95 ~ 61.49	5.35 ~ 7.90	1.04 ~ 3.62	2.05 ~ 3.03	1.42 ~ 2.11
	变异系数(%) CV	14.60	6.62	9.33	6.17	13.28	27.32	13.01	12.00

从平均值来看,3种颜色藜麦的千粒重、灰分含量及脂肪含量之间无显著差异($P > 0.05$)。蛋白质含量,黑色藜麦高于红色藜麦($P < 0.05$)。淀粉含量,白色和红色藜麦高于黑色藜麦($P < 0.05$)。红色和黑色藜麦的粗纤维、总黄酮和总多酚含量高于白色藜麦($P < 0.05$)。A. Bhargava 等^[22]测定了22份白色和7份黑色藜麦材料的蛋白质含量,通过分析其数据也可发现黑色藜麦的蛋白质含量较高。Y. Tang 等^[23]对3份不同颜色藜麦的总黄酮和总多酚含量进行了测定,也发现黑色藜麦的总多酚含量较高,白色藜麦的总多酚和总黄酮含量均较低。

从变幅和变异系数来看,在千粒重、蛋白质、淀粉、脂肪、粗纤维含量方面,黑色藜麦的变幅和变异系数均较大,而红色藜麦相关品质指标的变异系数较小;在灰分、总黄酮和总多酚含量方面,白色藜麦的变异系数较大,而红色藜麦在灰分含量方面的变

玻利维亚、美国和秘鲁材料之间在蛋白质和多酚含量的平均值方面也无显著差异($P > 0.05$)。在淀粉含量方面,国内藜麦材料的平均值低于玻利维亚和美国材料($P < 0.05$),但与秘鲁材料之间无显著差异($P > 0.05$)。玻利维亚和美国的藜麦材料在淀粉平均值方面也无显著差异($P > 0.05$)。在脂肪和总黄酮平均含量方面,4个国家藜麦材料的脂肪和总黄酮含量平均值之间均无显著差异($P > 0.05$)。

2.3 不同子粒颜色藜麦的品质比较

为了考察不同子粒颜色藜麦之间的品质是否存在差异,本研究将所测定8个品质指标的结果按照不同子粒颜色进行了统计,相关数据见表2。

异系数较小,黑色藜麦在总黄酮和总多酚含量方面的变异系数较小。

3 讨论

不同藜麦材料的品质性状信息,对藜麦育种及加工利用具有重要的参考价值。本研究对60份国内外藜麦材料的8个品质性状分析结果表明,不同藜麦品质性状间的变异系数存在一定差异,总黄酮含量的变异系数最大为40.51%,灰分、总多酚及粗纤维含量的变异系数较大为15.78%~20.87%,千粒重、蛋白质、淀粉及脂肪含量的变异系数较小为5.56%~8.79%。说明供试藜麦材料在总黄酮含量方面存在很大变异,遗传背景丰富,在灰分、总多酚及粗纤维含量方面也存在一定变异,而在千粒重、蛋白质、淀粉及脂肪含量方面的变异范围较小,基因多样性相对较低。

从不同国家藜麦材料的品质分析结果来看,4 个国家的藜麦材料在不同品质性状方面有不同的表现。中国藜麦材料的灰分、蛋白质和总多酚含量较高,玻利维亚藜麦材料的千粒重较高,美国藜麦材料的淀粉含量较高,秘鲁藜麦材料的脂肪、粗纤维和总黄酮含量较高。但在 60 份藜麦材料中,蛋白质、脂肪、粗纤维、总黄酮和总多酚含量最高的材料均来自秘鲁。在今后的藜麦引种工作中,应把秘鲁作为重点关注国家。

市售藜麦的子粒颜色通常分为白色、红色和黑色 3 种。本研究的结果表明,不同子粒颜色藜麦材料的品质存在一定差异。在 3 种子粒颜色中,黑色藜麦材料的蛋白质含量较高,白色和红色藜麦材料的淀粉含量较高,红色和黑色藜麦材料的粗纤维、总黄酮和总多酚含量较高。因此,从食品营养和加工的角度来看,子粒颜色可在一定程度上作为消费者和生产企业选购藜麦的依据。黑色藜麦材料在千粒重、蛋白质、淀粉、脂肪、粗纤维含量方面均存在较大的变异,表明黑色藜麦材料在多个品质指标方面存在更为丰富的遗传背景。

参考文献

- [1] Jellen E N, Maughan P J, Fuentes F, et al. Chapter 1. 1 Botany, phylogeny and evolution [C]//Bazile D, Bertero D, Nieto C. State of the art report of quinoa in the world in 2013. Rome: FAO & CIRAD, 2015: 12-14
- [2] Vega-Gálvez A, Miranda M, Vergara J, et al. Nutrition facts and functional potential of quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.), an ancient Andean grain: a review [J]. *J Sci Food Agric*, 2010, 90 (15): 2541-2547
- [3] Wright K H, Pike O A, Fairbanks D J, et al. Composition of *Atriplex hortensis*, sweet and bitter *Chenopodium quinoa* seeds [J]. *J Food Sci*, 2002, 67 (4): 1383-1385
- [4] Pasko P, Bartoń H, Zagrodzki P, et al. Anthocyanins, total polyphenols and antioxidant activity in amaranth and quinoa seeds and sprouts during their growth [J]. *Food Chem*, 2009, 115 (3): 994-998
- [5] Abugoch James L E. Chapter 1 Quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.): composition, chemistry, nutritional, and functional properties [J]. *Adv Food Nutr Res*, 2009, 58: 1-31
- [6] Repo-Carrasco R, Espinoza C, Jacobsen S E. Nutritional value and use of the Andean crops quinoa (*Chenopodium quinoa*) and kaniwa (*Chenopodium pallidicaule*) [J]. *Food Rev Int*, 2003, 19 (1-2): 179-189
- [7] Koziol M. Chemical composition and nutritional evaluation of quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) [J]. *J Food Comp Anal*, 1992, 5 (1): 35-68
- [8] Stikic R, Glamoclija D, Demin M, et al. Agronomical and nutritional evaluation of quinoa seeds (*Chenopodium quinoa* Willd.) as an ingredient in bread formulations [J]. *J Cereal Sci*, 2012, 55 (2): 132-138
- [9] Hirose Y, Fujita T, Ishii T, et al. Antioxidative properties and flavonoid composition of *Chenopodium quinoa* seeds cultivated in Japan [J]. *Food Chem*, 2010, 119 (4): 1300-1306
- [10] Jacobsen S E, Monteros C, Corcuera L J, et al. Frost resistance mechanisms in quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) [J]. *Eur J Agron*, 2007, 26 (4): 471-475
- [11] Jensen C R, Jacobsen S E, Andersen M N, et al. Leaf gas exchange and water relation characteristics of field quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) during soil drying [J]. *Eur J Agron*, 2000, 13 (1): 11-25
- [12] 联合国粮食与农业组织. FAOSTAT [DB/OL]. 2016, <http://faostat3.fao.org/browse/Q/QC/E>
- [13] 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
- [14] 贡布扎西, 旺姆. 西藏南美藜营养品质评价 [J]. *西北农业学报*, 1995, 4 (2): 85-88
- [15] 张崇玺. 南美藜苗期霜冻试验研究报告 [J]. *草业科学*, 1994, 11 (6): 7-11
- [16] 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, 39 (7): 767-769
- [17] 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
- [18] Slinkard K, Singleton V L. Total phenol analysis: automation and comparison with manual methods [J]. *Am J Enol Viticult*, 1977, 28 (1): 49-55
- [19] Chang C C, Yang M H, Wen H M, et al. Estimation of total flavonoid content in propolis by two complementary colorimetric methods [J]. *J Food Drug Anal*, 2002, 10 (3): 178-182
- [20] Woisky R G, Salatino A. Analysis of propolis: some parameters and procedures for chemical quality control [J]. *J Apicult Res*, 1998, 37 (2): 99-105
- [21] Repo-Carrasco-Valencia R, Hellström J K, Pihlava J M, et al. Flavonoids and other phenolic compounds in Andean indigenous grains: Quinoa (*Chenopodium quinoa*), kaniwa (*Chenopodium pallidicaule*) and kiwicha (*Amaranthus caudatus*) [J]. *Food Chem*, 2010, 120 (1): 128-133
- [22] Bhargava A, Shukla S, Ohri D. Genetic variability and interrelationship among various morphological and quality traits in quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) [J]. *Field Crop Res*, 2007, 101 (1): 104-116
- [23] 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