

6种杂粮营养成分分析及评价

洪佳敏, 林宝妹, 张 帅, 张少平, 郑菲艳, 邱珊莲*, 郑开斌

(福建省农业科学院亚热带农业研究所, 漳州 363005)

摘要: 目的 对苦荞、白青稞、白藜麦、黄藜麦、红藜麦和黑藜麦等6种杂粮中所含基本营养成分、矿物质元素、氨基酸及脂肪酸的含量进行检测和分析。**方法** 依据国家标准方法, 采用液相色谱仪、氨基酸自动分析仪、气相色谱仪等进行成分测定并比较分析。**结果** 6种杂粮在营养成分上存在一定的差异, 其水分含量为8.68~12.22 g/100 g, 蛋白质含量为10.33~15.41 g/100 g, 脂肪含量为1.25~6.31 g/100 g, 粗纤维含量为1.33~6.64 g/100 g, 灰分含量为1.11~2.53 g/100 g, 碳水化合物含量为67.56~75.85 g/100 g。6种杂粮均富含钾、磷和镁, 白藜麦富含铁, 苦荞富含锌。6种杂粮中不饱和脂肪酸占总脂肪酸的含量的75%以上, 除苦荞外, 其他5种杂粮中亚油酸的含量超过了总脂肪酸含量的一半以上。杂粮中氨基酸种类齐全, 尤其是苏氨酸、缬氨酸、亮氨酸及赖氨酸等必需氨基酸含量均较高。氨基酸评分结果表明, 6种杂粮中苏氨酸、缬氨酸、亮氨酸、苯丙氨酸+酪氨酸氨基酸评分均较高, 且含量都高于联合国粮食及农业组织(Food and Agriculture Organization of the United Nations, FAO)的推荐值。**结论** 苦荞、白青稞、白藜麦、黄藜麦、红藜麦和黑藜麦等6种杂粮营养丰富, 具有较好的开发价值和利用前景。

关键词: 杂粮; 营养成分; 分析与评价

Analysis and evaluation of nutritional components in 6 kinds of minor cereals

HONG Jia-Min, LIN Bao-Mei, ZHANG Shuai, ZHANG Shao-Ping, ZHENG Fei-Yan,
QIU Shan-Lian*, ZHENG Kai-Bin

(Institute of Subtropical Agriculture, Fujian Academy of Agricultural Sciences, Zhangzhou 363005, China)

ABSTRACT: Objective To detect and analyze the content of basic nutrients, mineral elements, amino acids and fatty acids in 6 kinds of minor cereals, including tartary buckwheat, white highland barley, white quinoa, yellow quinoa, red quinoa, black quinoa. **Methods** According to the national standard methods, the nutrients were analyzed by liquid chromatography, amino acid automatic analyzer and gas chromatography. **Results** There were certain difference in nutrient composition among 6 kinds of minor cereals. The content of moisture, protein, fat, coarse fiber, ash and carbohydrate content in 6 kinds of minor cereals were 8.68–12.22 g/100 g, 10.33–15.41 g/100 g, 1.25–6.31 g/100 g, 1.33–6.64 g/100 g, 1.11–2.53 g/100 g and 67.56–75.85 g/100 g, respectively. The 6 kinds of minor cereals were rich in K, P and Mg. White quinoa was rich in Fe and tartary buck wheat was rich in Zn. The content of unsaturated fatty

基金项目: 福建省科技计划项目公益类科研院所专项(2018R1024-5)、福建省农业科学院青年创新团队项目(STIT2017-3-4)

Fund: Supported by the Special Project for Public Welfare Research Institutes in Fujian (2018R1024-5), the Project for Youth Innovation Team of Fujian Academy of Agricultural Sciences (FAAS) (STIT2017-3-14)

*通讯作者: 邱珊莲, 博士, 副研究员, 主要从事天然产物化学。E-mail: slqiu79@163.com

*Corresponding author: QIU Shan-Lian, Ph.D, Associate Professor, Institute of Subtropical Agriculture, Fujian Academy of Agricultural Sciences, Zhangzhou 363005, China. E-mail: slqiu79@163.com

acids in grains was more than 75% of the total fatty acids. The content of linoleic acid in other 5 kinds of grains was more than half of the total fatty acids except of tartary buckwheat. There were all kinds of amino acids in grains, especially threonine, valine, leucine and lysine. The results of amino acid score showed that scores of white threonine, valine, leucine, phenylalanine+tyrosine amino acid were higher, and the content was higher than the recommended value of Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO). **Conclusion** Tartary buckwheat, white highland barley, white quinoa, yellow quinoa, red quinoa and black quinoa have great value and prospect for development due to their high nutritional values.

KEY WORDS: minor cereals; nutritional components; analysis and evaluation

1 引言

杂粮包括麦类(荞麦、燕麦、大麦、青稞、藜麦等)、粟(小米、糜子等)、杂豆类(绿豆、赤小豆、黑豆、蚕豆、豌豆、豇豆、小扁豆等)、黍子、薏仁等。我国杂粮资源丰富, 品种繁多, 种植面积广, 有小杂粮王国的美誉。杂粮是国人生活中重要的食品原料, 其营养丰富, 富含多种维生素、矿物质、蛋白质及生物活性成分, 如 *D*-手性肌醇、芦丁、槲皮素、异槲皮素、抗性淀粉、荞麦糖醇、黄酮、 β -葡聚糖、多肽、酚类化合物、可溶性膳食纤维、酚类化合物、花色苷等^[1-6]。

苦荞和青稞属于民族地方特色杂粮, 具有多种营养及药用价值, 而藜麦被称为最适宜人类的完美超级谷物。目前对苦荞、青稞、藜麦等杂粮的营养成分分析主要集中在同一杂粮不同种间或相同杂粮来自不同产地的比较分析^[7-11], 而关于以上 3 种杂粮成分的综合比较分析还未见报道。

本研究选取了苦荞、白青稞和藜麦等 6 种杂粮, 对其主要营养成分、矿物质元素、脂肪酸含量进行了全面分析, 并对其氨基酸进行评价, 以期为其综合研究开发利用提供参考。

2 材料与方法

2.1 试剂与仪器

苦荞(云南誉巛商贸有限公司); 白青稞(青海青歌牧野农牧开发有限公司); 白藜麦、红藜麦、黑藜麦(岳氏农业发展有限责任公司); 黄藜麦(青海清华博众生物技术有限公司); 磨粉后送至福建省农业科学院农业质量标准与检测技术研究所进行检测。

试剂: 无水乙醚、氢氧化钠、硫酸铜、浓硫酸、乙酸镁、盐酸、氢氧化钾、石油醚、乙醇、甲醇、氯化钠、无水硫酸钠(分析纯, 国药集团化学试剂有限公司)。

仪器: BYS-TUDK142 全自动定氮仪(北京中慧天诚科技有限公司); L-8800 型氨基酸自动分析仪(日本日立公司); AAS novAA400 原子吸收光谱仪(德国耶拿公司); U-3000 液相色谱仪(美国 Thermo 公司); GC2010 气相色谱仪(日本岛津公司)。

2.2 实验方法

2.2.1 主要营养成分的测定

水分含量测定: GB 5009.3-2016^[12]; 蛋白质含量测定: GB 5009.5-2016^[13]; 脂肪含量测定: GB 5009.6-2016^[14]; 灰分含量测定: GB 5009.4-2016^[15]; 粗纤维含量测定: GB/T 5009.10-2003^[16]; 碳水化合物含量/g=100-(水分含量+蛋白质含量+脂肪含量+灰分含量)。

2.2.2 矿物质含量的测定

食品中磷的测定: GB 5009.87-2016^[17]; 食品中铁的测定: GB 5009.90-2016^[18]; 食品中镁的测定: GB 5009.241-2017^[19]; 食品中钾、钠的测定: GB 5009.91-2017^[20]; 食品中钙的测定: GB 5009.92-2016^[21]; 食品中硒的测定: GB 5009.93-2017^[22]第一法氢化物原子荧光光谱法; 食品中锌的测定: GB 5009.14-2017^[23]。

2.2.3 氨基酸含量的测定

GB 5009.124-2016^[24]。

2.2.4 食品中脂肪酸的测定

GB 5009.168-2016^[25]。

2.2.5 营养价值评价^[26]

氨基酸评分(amino acid score, AAS)=实验样品每克蛋白中氨基酸含量/FAO/WHO 评分标准中同种氨基酸含量。

化学评分(chemical score, CS)=实验样品每克蛋白中氨基酸含量/鸡蛋蛋白质中每克同种氨基酸含量

2.3 数据处理

实验中每个样品进行 3 次平行实验, 采用 SPSS 22.0 统计软件进行单因素方差分析。

3 结果与分析

3.1 基本营养成分分析

6 种杂粮的基本营养成分含量测定结果见表 1。由表 1 可知, 6 种杂粮的蛋白质含量均在 10.33%~15.41%范围内, 远高于大米的蛋白质含量 6.55%~8.19%^[27], 其中, 白藜麦的蛋白质含量最高, 且藜麦中不含麸质蛋白^[28], 白青稞的蛋白质含量最低, 比徐菲等^[29]报道的青海青稞蛋白质含量低。4 种藜麦的脂肪含量相当(5.5%~6.31%), 是苦荞的

2 倍、白青稞的 5 倍。与 Peiretti 等^[30]报道的藜麦的脂类成分平均含量为 5.00%~7.20%结果一致。4 种藜麦的粗纤维含量丰富,也远高于苦荞、白青稞的粗纤维含量,其中黑藜麦的粗纤维含量高达 6.64%,符合 GB28050-2011^[31]中规定膳食纤维含量大于 6 g/100 g 即为高或富含膳食纤维或良好来源。总体来说,与糙米、胚芽米及精白米等大米相比^[27],这 6 种杂粮具有更高的营养价值。

3.2 杂粮的矿物质含量分析

6 种杂粮的矿物质含量测定结果见表 2。由表 2 可知,6 种杂粮都含有丰富的人体所需的矿物质,尤其是 K、P、Mg 含量都很高。6 种杂粮对比可知,红藜麦的 K、P、Mg 含量均高于其他杂粮,分别是精白米的 10、3.02、11.22 倍^[27]。白藜麦的铁含量最高,为 6.21 mg/100 g,是精白米的 1.41 倍^[27]。不同品种的藜麦矿物质含量差异较大,可能与其品种、成熟度、温度、光照、水分、土壤等有关^[32]。苦荞的 Zn 含量丰富,高达 4.09 mg/100 g,是精白米的 2.8 倍^[27]。总之,这 6 种杂粮是矿物质的良好来源,对维护和促进人体健康具有重要意义。

3.3 杂粮的脂肪酸成分分析

6 种杂粮的脂肪酸成分含量测定结果见表 3。由表 3 可知,6 种杂粮中藜麦脂肪酸的种类最多,为 17 种,其中饱和脂肪酸占 8 种,白青稞脂肪酸的种类最少,为 15 种,其中饱和脂肪酸占 7 种。6 种杂粮中饱和脂肪酸(saturated fatty acids, SFA)占比 9.6350%~21.7926%,主要是棕榈酸

(C16:0)、硬脂酸(C18:0)和花生酸(C20:0),其中,白青稞的饱和脂肪酸含量最高;单不饱和脂肪酸(mono-unsaturated fatty acids, MUFA)占比 16.0181%~41.5306%,主要是油酸(C18:1n9c),其中苦荞的单不饱和脂肪酸含量最高;除苦荞外,多不饱和脂肪酸(poly-unsaturated fatty acids, PUFA)的占比达 58%以上,以亚油酸(C18:2n6c)和亚麻酸(C18:3n3c)为主,其中,亚油酸的含量超过了总脂肪酸含量的一半以上,这个比例超过了大部分植物油,和陆红法等^[32]的实验结果一致。同时,在 6 种杂粮中,特别是藜麦中含有较高比例的亚麻酸,有研究表明,亚麻酸对智力发育方面具有重要作用^[33]。总之,这 6 种杂粮中含有丰富的必需脂肪酸及其他不饱和脂肪酸,具有良好的营养价值。

3.4 杂粮的氨基酸成分分析

6 种杂粮的氨基酸含量测定结果见表 4。由表 4 可知,6 种杂粮中含有 18 种氨基酸,其中,8 种为必需氨基酸,10 种为非必需氨基酸。杂粮氨基酸齐全,总量在 9.33 g/100 g ~ 12.67 g/100 g,其中苦荞的氨基酸总含量最高,为糙米的 1.53 倍^[27],白青稞的氨基酸总含量最低,为糙米的 1.13 倍^[27]。必需氨基酸对人体健康极为重要,是人体不能合成和转换的氨基酸,因此,考察其含量及其与非必需氨基酸的比值具有重要意义^[34],6 种杂粮中必需氨基酸的含量从高到低分别为苦荞 4.79 g/100 g,红藜麦 4.60 g/100 g,白藜麦 4.38 g/100 g,黄藜麦 4.06 g/100 g,黑藜麦 3.69 g/100 g,白青稞 3.15 g/100 g。从必需氨基酸总量分析,苦荞含量一样最高,为糙米的 1.75 倍^[27],4 种藜麦含量有一些差异,白

表 1 6 种杂粮的基本营养成分含量(n=3)
Table 1 Basic nutrient content of 6 kinds of minor cereals (n=3)

样品	水分/(g/100 g)	蛋白质/(g/100 g)	脂肪/(g/100 g)	粗纤维/(g/100 g)	灰分/(g/100 g)	碳水化合物/(g/100 g)
苦荞	10.36±0.03	12.44±0.08	3.00±0.03	2.14±0.01	1.87±0.01	72.33±0.05
白青稞	11.46±0.02	10.33±0.14	1.25±0.04	1.33±0.04	1.11±0.01	75.85±0.11
白藜麦	8.68±0.01	15.41±0.19	6.12±0.06	4.33±0.03	2.20±0.03	67.60±0.18
黄藜麦	10.84±0.05	11.92±0.07	6.31±0.11	4.15±0.03	2.16±0.05	68.78±0.15
红藜麦	10.13±0.02	14.28±0.05	5.50±0.04	5.25±0.05	2.53±0.02	67.56±0.06
黑藜麦	12.22±0.04	11.60±0.20	6.06±0.11	6.64±0.04	2.50±0.02	67.61±0.28

表 2 6 种杂粮的矿物质含量(n=3)
Table 2 Mineral contents of 6 kinds of minor cereals (n=3)

样品	钾/(mg/100 g)	钙/(mg/100 g)	磷/(mg/100 g)	铁/(mg/100 g)	镁/(mg/100 g)	锌/(mg/100 g)	硒/(μg/100 g)
苦荞	496.60±19.27	1.04±0.09	436.43±3.07	4.29±0.20	447.67±17.90	4.09±0.12	1.83±0.22
白青稞	355.98±5.14	2.11±0.05	270.87±1.94	2.63±0.16	194.03±0.50	2.37±0.23	1.11±0.10
白藜麦	795.55±36.30	1.65±0.11	433.50±0.10	6.21±0.27	442.17±12.10	3.14±0.11	1.20±0.22
黄藜麦	770.58±32.17	1.72±0.02	437.60±0.69	5.22±0.21	415.17±1.14	2.79±0.20	1.59±0.25
红藜麦	890.16±28.21	1.52±0.04	500.23±8.64	4.95±0.09	477.60±4.37	2.33±0.06	0.94±0.08
黑藜麦	854.73±24.54	1.83±0.03	499.17±4.37	4.39±0.27	463.49±12.88	2.50±0.09	0.65±0.05

表 3 6 种杂粮的脂肪酸成分分析($n=3$)
Table 3 Analysis of fatty acids components in 6 kinds of minor cereals ($n=3$)

化合物名称	苦荞/%	白青稞/%	白藜麦/%	黄藜麦/%	红藜麦/%	黑藜麦/%
肉蔻酸 C14:0	0.0902±0.0042	0.1899±0.0279	0.1642±0.0002	0.1301±0.0354	0.1360±0.0260	0.0991±0.0027
棕榈酸 C16:0	13.7824±0.0333	19.1899±0.0550	8.4450±0.0270	7.8132±0.0350	8.3612±0.1354	7.9646±0.0378
C16:1n7c	0.1596±0.0031	0.1423±0.0182	0.0608±0.0039	0.0579±0.0072	0.0664±0.0093	0.0455±0.0025
珍珠酸 C17:0	0.0640±0.0043	—	0.0365±0.0059	0.0348±0.0070	0.0466±0.0020	0.0296±0.0019
硬脂酸 C18:0	1.5430±0.0008	0.9218±0.0318	0.3765±0.0035	0.5418±0.0529	0.4751±0.0223	0.4709±0.0177
油酸 C18:1n9c	38.8648±1.0809	14.6920±0.1788	21.3018±0.3933	24.4648±0.3387	23.8968±0.2222	24.1693±0.4061
亚油酸 C18:2n6c	36.5079±0.1152	55.8765±0.0989	53.1946±0.0566	50.5417±0.7236	51.2431±0.6773	51.2105±0.3671
亚麻酸 C18:3n3c	1.4401±0.0070	3.9301±0.0781	7.7967±0.0619	7.3889±0.0319	6.8975±0.0849	7.7864±0.0579
花生酸 C20:0	1.0127±0.0082	0.2991±0.0654	0.3440±0.0088	0.3783±0.0210	0.4065±0.0138	0.3461±0.0057
C20:1n9c	1.9142±0.0420	0.9215±0.0228	1.2091±0.0077	1.2788±0.0244	1.2926±0.0279	1.2103±0.0570
附子脂酸 C20:2n6c	0.1864±0.0046	0.1532±0.0339	0.1281±0.0041	0.1037±0.0012	0.1058±0.0073	0.1037±0.0025
二十二酸 C22:0	0.8963±0.0023	0.1926±0.0286	0.4667±0.0073	0.4701±0.0064	0.5430±0.0222	0.4494±0.0048
鲸油酸 C22:1n9c	0.5040±0.0108	0.1502±0.0182	1.2398±0.0069	1.0570±0.0120	1.1635±0.0197	1.1749±0.0317
C22:2n6c	—	—	0.1031±0.0045	0.0747±0.0083	0.0770±0.0085	0.1066±0.0593
二十三酸 C23:0	0.2845±0.0386	0.8682±0.0898	0.1926±0.0200	0.2242±0.0311	0.1279±0.0292	0.1049±0.0595
二十四酸 C24:0	0.4766±0.0067	0.1311±0.0347	0.1772±0.0042	0.1741±0.0140	0.2295±0.0171	0.1704±0.0101
神经酸 C24:1n9c	0.0880±0.0013	0.1121±0.0057	0.1518±0.0123	0.1070±0.0011	0.1307±0.0043	0.1267±0.0071
总脂肪酸	97.8147	97.7705	95.3885	94.8411	95.1992	95.5689
饱和脂肪酸 SFA	18.1497	21.7926	10.2027	9.7666	10.1898	9.6350
不饱和脂肪酸 USFA	79.6650	75.9779	85.1858	85.0745	84.8734	85.9339
多饱和脂肪酸 PFA	38.1344	59.9598	61.2225	58.1090	58.3234	59.2072
单不饱和脂肪酸 MUFA	41.5306	16.0181	23.9633	26.9655	26.5500	26.7267

表 4 6 种杂粮的氨基酸含量分析($n=3$)
Table 4 Analysis of amino acids in 6 kinds of minor cereals ($n=3$)

氨基酸	苦荞/(g/100 g)	白青稞/(g/100 g)	白藜麦/(g/100 g)	黄藜麦/(g/100 g)	红藜麦/(g/100 g)	黑藜麦/(g/100 g)
苏氨酸(Thr)	0.51±0.01	0.32±0.01	0.54±0.02	0.46±0.01	0.53±0.01	0.43±0.01
缬氨酸(Val)	0.64±0.01	0.46±0.02	0.58±0.02	0.53±0.02	0.61±0.01	0.49±0.01
蛋氨酸(Met)	0.19±0.01	0.06±0.00	0.07±0.00	0.04±0.00	0.06±0.01	0.05±0.01
异亮氨酸(Ile)	0.48±0.01	0.31±0.01	0.45±0.01	0.42±0.01	0.49±0.01	0.39±0.01
亮氨酸(Leu)	0.85±0.02	0.66±0.02	0.83±0.01	0.76±0.02	0.88±0.01	0.71±0.01
苯丙氨酸(Phe)	0.64±0.01	0.54±0.02	0.56±0.03	0.49±0.01	0.57±0.01	0.45±0.01
赖氨酸(Lys)	0.78±0.01	0.33±0.02	0.73±0.01	0.75±0.02	0.85±0.02	0.71±0.01
色氨酸(Trp)	0.16±0.02	0.12±0.01	0.15±0.01	0.14±0.02	0.09±0.01	0.07±0.02
胱氨酸(Cys)	0.17±0.01	0.12±0.01	0.10±0.01	0.10±0.01	0.11±0.00	0.08±0.01
酪氨酸(Tyr)	0.35±0.01	0.23±0.01	0.36±0.01	0.37±0.01	0.40±0.01	0.31±0.02
天冬氨酸(Asp)	1.29±0.03	0.53±0.01	1.01±0.01	1.02±0.02	1.20±0.01	0.95±0.01

续表 4

氨基酸	苦荞/(g/100 g)	白青稞/(g/100 g)	白藜麦/(g/100 g)	黄藜麦/(g/100 g)	红藜麦/(g/100 g)	黑藜麦/(g/100 g)
丝氨酸(Ser)	0.70±0.01	0.42±0.01	0.59±0.01	0.53±0.01	0.64±0.01	0.50±0.01
谷氨酸(Glu)	2.41±0.03	2.66±0.10	2.23±0.03	1.94±0.02	2.13±0.05	1.74±0.01
甘氨酸(Gly)	0.74±0.02	0.37±0.01	0.70±0.01	0.66±0.01	0.73±0.02	0.60±0.00
丙氨酸(Ala)	0.59±0.01	0.36±0.01	0.62±0.01	0.53±0.01	0.61±0.01	0.50±0.01
组氨酸(His)	0.33±0.01	0.21±0.01	0.41±0.01	0.34±0.01	0.40±0.01	0.32±0.01
精氨酸(Arg)	1.34±0.01	0.42±0.01	1.22±0.01	1.15±0.03	1.35±0.02	1.01±0.02
脯氨酸(Pro)	0.48±0.02	1.20±0.04	0.70±0.03	0.45±0.02	0.50±0.01	0.40±0.01
EAA	4.79	3.15	4.38	4.06	4.60	3.69
NEAA	7.88	6.18	7.47	6.63	7.56	6.03
TAA	12.67	9.33	11.85	10.69	12.16	9.72
EAA/NEAA	0.61	0.51	0.59	0.61	0.61	0.61
EAA/TAA	0.38	0.38	0.37	0.38	0.38	0.38

青稞含量最低,为糙米的 1.15 倍^[27]。6 种杂粮中必需氨基酸与非必需氨基酸的比值依次为苦荞 0.61,白青稞 0.51,白藜麦 0.59,黄藜麦 0.61,红藜麦 0.61,黑藜麦 0.61。除了白青稞,其他 5 种杂粮的比值均高于糙米、胚芽米及精白米等大米的酸与非必需氨基酸的比值(E/N 值)^[27],接近 FAO/WHO 标准规定的理想模式 E/N 值 0.6。

就氨基酸的组成看,6 种杂粮中天冬氨酸、谷氨酸和精氨酸含量均较高。杂粮中大部分必需氨基酸的含量较丰富,其中色氨酸含量普遍较低,而苏氨酸、缬氨酸、亮氨酸及一般谷物类蛋白质中第一限制性氨基酸-赖氨酸含量

都普遍较高,特别是赖氨酸的含量均高于糙米、胚芽米及精白米等大米的赖氨酸含量^[27]。

3.5 杂粮的氨基酸评分

6 种杂粮的氨基酸评分和化学评分结果见表 5。由表 5 可知,6 种杂粮的蛋氨酸+胱氨酸的氨基酸评分和化学评分均最低,为第一限制性氨基酸,红藜麦和黑藜麦的色氨酸评分较低,白青稞和白藜麦的异亮氨酸氨基酸评分也较低,属于限制性氨基酸。6 种杂粮中苏氨酸、缬氨酸、亮氨酸、苯丙氨酸+酪氨酸氨基酸评分均较高,且含量都高于 FAO 的推荐值。

表 5 6 种杂粮的氨基酸评分
Table 5 Amino acids score of 6 kinds of minor cereals

指标	苏氨酸(Thr)/ (mg/g 蛋白)	缬氨酸 (Val)/ (mg/g 蛋白)	蛋氨酸+胱氨酸 (Met+Cys)/ (mg/g 蛋白)	异亮氨酸(Ile)/ (mg/g 蛋白)	亮氨酸(Leu)/ (mg/g 蛋白)	苯丙氨酸+酪氨酸 (Phe+Tyr)/ (mg/g 蛋白)	赖氨酸(Lys)/ (mg/g 蛋白)	色氨酸 (Trp)/ (mg/g 蛋白)
FAO 推荐值	28	42	42	42	48	56	42	14
鸡蛋蛋白	47	66	57	54	86	93	70	17
含量	41	51.45	28.94	39.39	69.13	81.19	62.70	12.86
苦荞 AAS	1.46	1.22	0.69	0.94	1.44	1.45	1.49	0.92
CS	0.87	0.78	0.51	0.73	0.80	0.87	0.90	0.76
含量	31.95	43.56	17.42	30.01	63.89	73.57	33.88	11.62
白青稞 AAS	1.14	1.04	0.41	0.71	1.33	1.31	0.81	0.83
CS	0.68	0.66	0.31	0.56	0.74	0.79	0.48	0.68
含量	35.04	36.99	10.38	29.2	54.51	59.05	46.72	9.73
白藜麦 AAS	1.25	0.88	0.25	0.70	1.14	1.05	1.11	0.70
CS	0.75	0.56	0.18	0.54	0.63	0.63	0.67	0.57
含量	39.43	45.30	11.74	36.07	64.60	72.99	62.92	11.74
黄藜麦 AAS	1.41	1.08	0.28	0.86	1.35	1.30	1.50	0.84
CS	0.84	0.69	0.21	0.67	0.75	0.78	0.90	0.69

续表 5

指标	苏氨酸(Thr)/ (mg/g 蛋白)	缬氨酸 (Val)/ (mg/g 蛋白)	蛋氨酸+胱氨酸 (Met+Cys)/ (mg/g 蛋白)	异亮氨酸(Ile)/ (mg/g 蛋白)	亮氨酸(Leu)/ (mg/g 蛋白)	苯丙氨酸+酪氨酸 (Phe+Tyr)/ (mg/g 蛋白)	赖氨酸(Lys)/ (mg/g 蛋白)	色氨酸 (Trp)/ (mg/g 蛋白)
含量	37.11	42.02	11.90	34.31	60.92	67.93	59.52	6.30
红藜麦 AAS	1.33	1.00	0.28	0.82	1.27	1.21	1.42	0.45
CS	0.79	0.64	0.21	0.64	0.71	0.73	0.85	0.37
含量	37.07	43.10	10.34	33.62	62.07	67.24	60.34	6.03
黑藜麦 AAS	1.32	1.03	0.25	0.80	1.29	1.20	1.44	0.43
CS	0.79	0.65	0.18	0.62	0.72	0.72	0.86	0.35

4 结 论

苦荞、白青稞、白藜麦、黄藜麦、红藜麦和黑藜麦等 6 种杂粮均具有丰富的营养成分, 如人体所需的矿物质, 尤其是 K、P、Mg 含量都很高, 除白青稞外, 其他杂粮中粗纤维含量远高于糙米、胚芽米及精白米等大米的粗纤维含量。杂粮中的脂肪酸主要有棕榈酸、油酸、亚油酸和亚麻酸等, 其中不饱和脂肪酸占总脂肪酸的含量的 75% 以上, 除苦荞外, 其他 5 种杂粮中亚油酸的含量超过了总脂肪酸含量的一半以上。杂粮中还含有丰富的蛋白质, 其含量为糙米的蛋白质含量的 1.26~1.88 倍, 且氨基酸种类齐全, 其中苏氨酸、缬氨酸、亮氨酸及赖氨酸等必需氨基酸含量均较高, 特别是赖氨酸的含量均高于糙米。6 种杂粮的第一限制性氨基酸均为蛋氨酸+胱氨酸, 而苏氨酸、缬氨酸、亮氨酸、苯丙氨酸+酪氨酸氨基酸评分均较高, 且含量都高于 FAO 的推荐值。分析结果表明, 这 6 种杂粮均具有较高的营养价值, 可研究开发相关加工产品, 对发展和推广杂粮, 提高杂粮资源的利用, 实现杂粮增值, 调整居民膳食方式和结构, 维护和促进人体健康具有重要意义。

参考文献

- [1] 鲍涛, 王冶, 孙崇德, 等. 黑苦荞米黄酮提取工艺优化及其降血糖活性研究[J]. 农业工程学报, 2016, 32(s2): 383-389.
- [2] Bao T, Wang Y, Sun CD, et al. Optimization of flavonoids extraction from tartary buckwheat rice and analysis of its hypoglycemic activity [J]. Trans Chin Soc Agric Eng, 2016, 32(s2): 383-389.
- [3] zhang R, Yao Y, Wang YY, et al. Antidiabetic activity of isoquercetin in diabetic KK -Ay mice [J]. Nutr Metabol, 2011, 8(1): 85.
- [4] 王艳丽, 刘凌, 孙慧, 等. 几种不同来源 β -葡聚糖的体外功能特性[J]. 食品与发酵工业, 2013, 39(11): 68-72.
- [5] Wang YL, Liu L, Sun H, et al. The study on functional property in vitro of β -glucan from different sources [J]. Food Ferm Ind, 2013, 39(11): 68-72.
- [6] 魏爱春, 杨修仕, 么杨, 等. 藜麦营养成分及生物活性研究进展[J]. 食品科学, 2015, 36(15): 272-276.
- [7] Wei AC, Yang XS, Yao Y, et al. Progress in research on nutritional and functional components and bioactivity of quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) [J]. Food Sci, 2015, 36(15): 272-276.
- [8] Li M, Koecher K, Hansen L, et al. Phenolics from whole grain oat products as modifiers of starch digestion and intestinal glucose transport [J]. J Agric Food Chem, 2017, 65(32): 6831-6839.
- [9] Devi PB, Vljayabharathi R, Sathyabama S, et al. Health benefits of finger millet (*Eleusine coracana*, L.) polyphenols and dietary fiber: a review [J]. J Food Sci Technol, 2014, 51(6): 1021-1040.
- [10] 梁寒峭, 李金霞, 陈建国, 等. 黑青稞营养成分的检测与分析[J]. 食品与发酵工业, 2016, 42(1): 180-182.
- [11] Liang HQ, Li JX, Chen JG, et al. Determination and analysis of nutrient ingredients of black hulless barley [J]. Food Ferm Ind, 2016, 42(1): 180-182.
- [12] 申瑞玲, 张文杰, 董吉林, 等. 藜麦的主要营养成分、矿物元素及植物化学物质含量测定[J]. 郑州轻工业学院学报(自然科学版), 2015, (5): 17-21.
- [13] Shen RL, Zhang WJ, Dong JL, et al. Determination of main nutritional component, mineral element and phytochemical in *Chenopodium quinoa* Willd [J]. J Zhengzhou Univ Light Ind (Nat Sci Ed), 2015, (5): 17-21.
- [14] 邓俊琳, 夏陈, 张盈娇, 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.
- [15] Deng JL, Xia C, Zhang YJ, et al. Nutrition composition analysis on quinoa cultivated in Lasa [J]. Food Nutr China, 2017, 23(9): 55-58.
- [16] 姚豪颖叶, 聂少平, 鄢为唯, 等. 不同产地青稞原料中的营养成分分析[J]. 南昌大学学报(工科版), 2015, (1): 11-15.
- [17] Yao HYY, Nie SP, Yan WW, et al. Analysis on nutritional ingredients in Hulless barley from different producing areas [J]. J Nanchang Univ (Eng Technol), 2015, (1): 11-15.
- [18] 王世霞, 李笑蕊, 负婷婷, 等. 不同品种苦荞麦营养及功能成分对比分析[J]. 食品与机械, 2016, 32(7): 5-9.
- [19] Wang SX, Li XR, Yun TT, et al. Comparable analysis of nutrition and functional active ingredients in different varieties of tartary buckwheat [J]. Food Mach, 2016, 32(7): 5-9.
- [20] GB 5009.3-2016 食品安全国家标准 食品中水分的测定[S]. GB 5009.3-2016 National food safety standard-Determination of moisture in foods [S].
- [21] GB 5009.5-2016 食品安全国家标准 食品中蛋白质的测定[S]. GB 5009.5-2016 National food safety standard-Determination of protein in foods [S].
- [22] GB 5009.6-2016 食品安全国家标准 食品中脂肪的测定[S]. GB 5009.6-2016 National food safety standard-Determination of fat in foods [S].
- [23] GB 5009.4-2016 食品安全国家标准 食品中灰分的测定[S]. GB 5009.4-2016 National food safety standard-Determination of ash in

- foods [S].
- [16] GB 5009.10-2003 食品安全国家标准 植物类食品中粗纤维的测定[S].
GB 5009.10-2003 National food safety standard-Determination of crude fiber in vegetable foods [S].
- [17] GB 5009.87-2016 食品安全国家标准 食品中磷的测定[S].
GB 5009.241-2017 National food safety standard-Determination of phosphorus in food [S].
- [18] GB 5009.90-2016 食品安全国家标准 食品中铁的测定[S].
GB 5009.241-2017 National food safety standard-Determination of iron in food [S].
- [19] GB 5009.241-2017 食品安全国家标准 食品中镁的测定[S].
GB 5009.241-2017 National food safety standard-Determination of magnesium in food [S].
- [20] GB 5009.91-2017 食品安全国家标准 食品中钾、钠的测定[S].
GB 5009.91-2017 National food safety standard-Determination of potassium and sodium in food [S].
- [21] GB 5009.92-2016 食品安全国家标准 食品中钙的测定[S].
GB 5009.92-2016 National food safety standard-Determination of calcium in food [S].
- [22] GB 5009.93-2017 食品安全国家标准 食品中硒的测定[S].
GB 5009.93-2017 National food safety standard-Determination of selenium in food [S].
- [23] GB 5009.14-2017 食品安全国家标准 食品中锌的测定[S].
GB 5009.14-2017 National food safety standard-Determination of zinc in food [S].
- [24] GB 5009.124-2016 食品安全国家标准 食品中氨基酸的测定[S].
GB 5009.124-2016 National food safety standard-Determination of amino acids in foods [S].
- [25] GB 5009.168-2016 食品安全国家标准 食品中脂肪酸的测定[S].
GB 5009.124-2016 National food safety standard-Determination of fatty acids in foods [S].
- [26] 闫晨静, 周茜, 董小涵, 等. 河北省主要杂粮营养成分分析及评价[J]. 食品工业科技, 2017, 38(10): 309-313.
Yan CJ, Zhou Q, Dong XH, *et al.* Analysis and evaluation of nutritional components of minor cereals in Hebei province [J]. *Sci Technol Food Ind*, 2017, 38(10): 309-313.
- [27] 王艳, 兰向东, 陈钊, 等. 糙米、胚芽米和精白米营养成分分析[J]. 食品科技, 2016, 41(11): 156-159.
Wang Y, Lan XD, Chen Z, *et al.* Analysis of nutrition components in brown rice, germinated rice, and polished rice [J]. *Food Sci Technol*, 2016, 41(11): 156-159.
- [28] Antonio V, Margarita M, Judith V, *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.
- [29] 徐菲, 党斌, 杨希娟, 等. 不同青稞品种的营养品质评价[J]. 麦类作物报, 2016, 36(9): 1249-1257.
Xu F, Dang B, Yang XJ, *et al.* Evaluation of nutritional quality of different hullless barleys [J]. *J Tritic Crop*, 2016, 36(9): 1249-1257.
- [30] Peiretti PG, Gai F, Tassone S. Fatty acid profile and nutritive value of quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) seeds and plants at different growth stages [J]. *Anim Feed Sci Technol*, 2013, 183(1-2): 56-61.
- [31] GB 28050-2011 食品安全国家标准 预包装食品营养标签通则[S].
GB 28050-2011 National food safety standard-General principles for nutrition labelling of prepackaged foods [S].
- [32] Nascimento AC, Mota C, Coelho I, *et al.* Characterisation of nutrient profile of quinoa (*Chenopodium quinoa*), amaranth (*Amaranthus caudatus*), and purple corn (*Zea mays* L.) consumed in the North of Argentina: proximates, minerals and trace elements [J]. *Food Chem*, 2014, 148(4): 420-426.
- [33] 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.
Lu HF, Zhang YZ, Fang MJ. Analysis on nutritional components of *Chenopodium quinoa* from qingyuan county Zhejiang province [J]. *J Zhejiang Norm Univ (Nat Sci Ed)*, 2017, 40(4): 441-445.
- [34] 张洪涛, 单雷, 毕玉平. n-6 和 n-3 多不饱和脂肪酸在人和动物体内的功能关系[J]. 山东农业科学, 2006, (2): 115-120.
Zhang HT, Shan L, Bi YP. Functional relationship between n-6 and n-3 polyunsaturated fatty acids in the bodies of human and animal [J]. *Shandong Agric Sci*, 2006, (2): 115-120.
- [35] 周丽平, 袁春晖, 李轶, 等. 湖南地区 5 种常见食用菌的营养成分分析[J]. 食品安全质量检测学报, 2019, 10(8): 2340-2344.
Zhou LP, Yuan CH, Li Y, *et al.* Analysis of nutritional components in 5 kinds of common edible mushrooms from Hunan province [J]. *J Food Saf Qual*, 2019, 10(8): 2340-2344.

(责任编辑: 陈雨薇)

作者简介



洪佳敏, 硕士, 农产品功能成分提取与加工。

E-mail: jiaminhong2008@126.com

邱珊莲, 博士, 副研究员, 主要研究方向为天然产物化学。

E-mail: slqiu79@163.com