

# 西藏地区30份青稞籽粒营养品质分析和综合评价

何玉婷<sup>1,2</sup>, 扎西群措<sup>1,2\*</sup>, 何俊洁<sup>2</sup>, 张玉<sup>2</sup>

(1. 西藏自治区拉萨市农业科学研究所, 西藏 拉萨 850000; 2. 西藏自治区拉萨市农业技术推广总站, 西藏 拉萨 850000)

**摘要:** 以西藏地区30份青稞籽粒为试验材料, 对其粗淀粉、粗蛋白、粗纤维、灰分、赖氨酸、 $\beta$ -葡聚糖、粗脂肪、直链淀粉、支链淀粉等9个品质指标进行分析和综合评价。结果表明: 30份青稞籽粒品质指标间存在明显差异, 粗纤维、 $\beta$ -葡聚糖、支链淀粉变异系数较大, 赖氨酸变异系数最小; 相关性分析结果表明, 粗淀粉与赖氨酸呈显著正相关, 粗淀粉与支链淀粉、粗蛋白与支链淀粉呈极显著正相关; 主成分分析共提取4个主成分, 累计方差贡献率为69.156%, 可以反映青稞籽粒的大部分信息; 综合评价得分前5的青稞籽粒由高到低依次为: “LS523”“苏拉青3453”“LS560”“LS653”“LS666”。

**关键词:** 青稞; 籽粒品质; 变异系数; 相关性分析; 主成分分析  
**中图分类号:** S512.3 **文献标识码:** A

## Nutritional Quality Analysis and Comprehensive Evaluation of 30 Highland Barley Grains in Tibet

HE Yuting<sup>1,2</sup>, Zhaxiquncuo<sup>1,2\*</sup>, HE Junjie<sup>2</sup>, ZHANG Yu<sup>2</sup>

(1. Lhasa Institute of Agricultural Sciences, Tibet Autonomous Region, Tibet Lhasa 850000, China; 2. Lhasa Agricultural Technology Extension Station of Tibet Autonomous Region, Tibet Lhasa 850000, China)

**Abstract:** The quality indexes of 30 highland barley grains from Tibet were analyzed and evaluated comprehensively, including crude starch, crude protein, crude fiber, ash, lysine and  $\beta$ -glucan, and so on. The results showed that there were significant differences among 30 barley grain quality indexes, the variation coefficient of crude fiber,  $\beta$ -glucan and amylopectin was large, and the variation coefficient of lysine was the least. The correlation analysis showed that there was significant positive correlation between crude starch and lysine, and extremely significant positive correlation between crude starch and amylopectin, crude protein and amylopectin. Four principal components were extracted by principal component analysis, and the cumulative variance contribution rate was 69.156%, which could reflect most of the information of barley grains. The top five highland barley grains in comprehensive evaluation from high to low are LS523, Sulaqing 3453, LS560, LS653, LS666.

**Key Words:** highland barley; grain quality; coefficient of variation; correlation analysis; principal component analysis

青稞 (*Hordeum vulgare* L. var. *nudum* Hook.f.) 是禾本科大麦属的一种禾谷类作物, 又称裸大麦, 主要分布在西藏、青海、甘肃等地, 是西藏主要农作物<sup>[1]</sup>。研究表明, 青稞具有高蛋白、高纤维、高维生素、低脂肪、低糖等特点, 其糊粉层和胚中富含亚油酸、膳食纤维 (DF)、抗性淀粉 (RS)、维生素、谷维素、氨基丁酸 (GABA)、 $\beta$ -葡聚糖等多种

营养物质, 与现代保健医学所提倡的“四高四低”膳食结构要求明显吻合, 是一种亟待开发的营养保健食品资源<sup>[2-3]</sup>。

青稞作为一种具有良好发展前景的营养谷物, 在近年来受到越来越多的关注, 其籽粒经加工后既可直接食用, 也可制成粉状作为饲料或食品配料。青稞具有极高的可消化率, 相比于普通玉米, 除热能略低外, 其余组成皆不逊色, 其蛋白质含量要偏高, 氨基酸种类也较为齐全, 尤其赖氨酸、色氨酸等含量相对较高, 矿物质及维生素组成也远比玉米丰富, 在谷物饲料中的地位仅次于玉米<sup>[4]</sup>。更早有研究表明<sup>[5]</sup>, 采用青稞等大麦类饲料喂猪, 可改善其肉质, 并提高瘦肉率。青稞中的 $\beta$ -葡聚糖具有降

收稿日期: 2022-01-15

基金项目: 拉萨市青稞育种项目。

作者简介: 何玉婷 (1993-), 女, 助理农艺师, 主要从事青稞育种工作, E-mail: heyuting5452@163.com; \*为通讯作者: 扎西群措 (1982-), 女, 农艺师, 主要从事青稞育种工作, E-mail: 190462608@qq.com。

血脂、降胆固醇、调节血糖和预防心脑血管疾病的作用,从青稞中粗提或纯化后的 $\beta$ -葡聚糖制剂,可用于制作胶囊、片剂、口服液等高附加值的精深加工产品<sup>[6-7]</sup>。

在青稞生产区,由于青稞产量被过多地强调,以及缺乏品质测试化验,不重视种质资源保存,促使一些食用加工品质优良的原始农家青稞种质资源逐渐丢失;由于产量低、抗性差等原因,致使实用型专用品种培育缺乏突出的品质优良的亲本资源。近年来,青稞育种家通过不断的努力,重视筛选食用型青稞,取得了较好的进展,但是一些专用品种资源不够,如在青稞的高功效成分育种改良方面。本研究选取30份青稞籽粒为材料,对其粗淀粉、粗蛋白、粗纤维、灰分、赖氨酸、 $\beta$ -葡聚糖、粗脂肪、直链淀粉(湿基)、支链淀粉(湿基)共9个品质指标进行测定,通过相关性分析和主成分分析对西藏主推品种及本单位育成的品系青稞材料进行综合评价,为今后青稞资源的合理开发、综合利用提供一定的参考依据。

## 1 材料与方法

### 1.1 试验材料

西藏自治区3个主推优质高产品种(系)为“喜马拉雅22号”“藏青2000”“苏拉青2号”;拉萨市农业科学研究所3个进入西藏自治区区域试验品系为“苏拉青3453”(在2019—2021年西藏自治区区域试验中参试品系产量排名第3名,比全区统一对照“藏青2000”增产2.05%),“苏拉青3472”(在2019—2021年西藏自治区区域试验中参试品系产量排名第2名,比全区统一对照藏青2000增产3.58%)以及“苏拉青3673”(参加2021—2022年西藏自治区区域试验);拉萨市农业科学研究所育成的24个优异高代苗头品系为“LS523”“LS525”“LS528”“LS529”“LS532”“LS542”“LS543”“LS560”“LS66”“LS69”“LS610”“LS611”“LS616”“LS643”“LS653”“LS666”“LS684”“LSZ57”“LSZ60”“LSZ75”“LSZ78”“LSZ100”“LSZ194”“LSZ227”。

### 1.2 试验地概况

拉萨市农业科学研究所位于东经91°22',北纬29°63',平均海拔3 613 m,年降水量为200~510 mm,集中在6—9月,多为夜雨。空气稀薄,气温低,日温差大,冬春干燥,多大风,年无霜期100~120 d。

### 1.3 试验方法

供试验材料在拉萨市农业科学研究所院内试验地种植,试验采用随机区组设计,人工条播,行长6.67 m,宽3 m,每小区12行,3次重复,完熟期单打单收,并自然风干,去除杂质、霉变粒和碎粒,选取籽粒饱满且无病虫害损害的当年收获种子各1 kg用于品质测定。对粗淀粉、粗蛋白、粗纤维、灰分、赖氨酸、 $\beta$ -葡聚糖、粗脂肪、直链淀粉(湿基)和支链淀粉(湿基)含量进行测定。

### 1.4 仪器与设备

品质测定所用主要仪器为石墨电热板(DB-3EFS)、电热鼓风恒温干燥箱(101-1BS)、陶瓷纤维箱式电阻(SX2-4-10LTP)。

### 1.5 数据分析

利用Excel和SPSS软件进行处理和分析。

## 2 结果与分析

### 2.1 青稞籽粒营养品质差异性分析

试验结果看出,30份青稞材料籽粒的粗淀粉含量为319.0~576.0 g/kg,平均值为422.7 g/kg,变异系数为15.55%,品种(系)间差异较大;粗蛋白含量为92.7~171.0 g/kg,平均值为110.5 g/kg,高于小麦、水稻、玉米等,变异系数为14.24%;粗纤维比例为0.80%~4.20%,平均值为1.33%,变异系数为44.30%,品种(系)间差异较大;灰分含量为21.0~32.0 g/kg,平均值为23.5 g/kg,变异系数为10.30%;赖氨酸比例为0.62%~0.83%,平均值为0.71%,变异系数为8.08%,是所测试的30份材料的变异系数最小的指标; $\beta$ -葡聚糖比例为3.12%~7.87%,平均值为4.83%,变异系数为21.86%,品种(系)间差异较大;粗脂肪含量为15.0~20.0 g/kg,平均值为17.2 g/kg,变异系数为9.23%,品种(系)间差异较小;直链淀粉含量为114.0~216.0 g/kg,平均值为165.1 g/kg,变异系数为17.01%,品种(系)间差异较大;支链淀粉含量为125.0~320.0 g/kg,平均值为205.1 g/kg,变异系数为20.54%,品种(系)间差异较大。

9个品质指标变异系数由大到小依次为粗纤维、 $\beta$ -葡聚糖、支链淀粉、直链淀粉、粗淀粉、粗蛋白、灰分、粗脂肪、赖氨酸。在所测的9个品质指标中赖氨酸的变异系数最小,说明30份青稞材料籽粒赖氨酸含量的差异最小;粗纤维的变异系数最大,说明30份青稞材料籽粒粗纤维含量的差异

最大(表1)。

表1 青稞籽粒营养品质分析

指标 相对值	粗淀粉/(g· kg <sup>-1</sup> )	粗蛋白/(g· kg <sup>-1</sup> )	粗纤维/%	灰分/(g· kg <sup>-1</sup> )	赖氨酸/%	β-葡聚 糖/%	粗脂肪/(g· kg <sup>-1</sup> )	直链淀粉/ (g·kg <sup>-1</sup> )	支链淀粉/(g· kg <sup>-1</sup> )
平均值	422.7±65.8	110.5±15.7	1.33±0.59	23.5±2.4	0.71±0.06	4.83±1.06	17.2±1.6	165.1±28.1	205.1±42.1
范围	319.0~576.0	92.7~171.0	0.80~4.20	21.0~32.0	0.62~0.83	3.12~7.87	15.0~20.0	114.0~216.0	125.0~320.0
变异 系数/%	15.55	14.24	44.3	10.3	8.08	21.86	9.23	17.01	20.54

2.2 青稞籽粒营养品质的相关性分析

对30份青稞材料籽粒的9个营养成分进行相关性分析(表2)可知,不同品质指标之间存在不同程度的相关性,粗淀粉含量与赖氨酸含量呈显著正

相关( $p<0.05$ ),粗淀粉含量与支链淀粉含量呈极显著正相关( $p<0.01$ ),粗蛋白含量与支链淀粉含量呈极显著正相关( $p<0.01$ )。

表2 青稞籽粒营养品质的相关性分析

指标	粗淀粉	粗蛋白	粗纤维	灰分	赖氨酸	β-葡聚糖	粗脂肪	直链淀粉	支链淀粉
粗淀粉	1.000								
粗蛋白	0.192	1.000							
粗纤维	0.301	-0.118	1.000						
灰分	0.021	0.108	0.122	1.000					
赖氨酸	0.385*	0.147	0.082	-0.172	1.000				
β-葡聚糖	-0.016	0.150	-0.100	0.141	-0.294	1.000			
粗脂肪	0.324	0.232	0.004	-0.280	0.140	-0.007	1.000		
直链淀粉	0.347	0.001	-0.161	-0.090	0.122	-0.100	-0.045	1.000	
支链淀粉	0.527**	0.520**	0.100	-0.040	0.217	0.229	0.148	-0.100	1.000

注:“\*”和“\*\*”表示在 $p<0.05$ 和 $p<0.01$ 水平显著相关。

2.3 青稞籽粒营养品质的主成分分析

对不同青稞材料籽粒的粗淀粉、粗蛋白、粗纤维、灰分、赖氨酸、β-葡聚糖、粗脂肪、直链淀粉、支链淀粉含量9个指标测定数据标准化处理后进行主成分分析。通过主成分分析对30份青稞材料籽粒的品质指标进行综合和简化,以特征值大于1为标准,共提取4个主成分。结果显示,前4个主成分的累计贡献率为69.156%,表明前4个主成分包含了青稞籽粒营养品质的绝大部分原始信息。其中第一主成分的贡献率为24.857%,决定第一主成分的主要是粗淀粉和支链淀粉,说明这些指标在青稞品质评价中具有最重要的作用;第二主成分贡献率为17.475%,决定第二主成分的主要是灰分、β-葡聚糖;第三主成分贡献率为14.235%,决定第三主成分的主要是粗纤维、灰分;第四主成分贡献率为12.589%,直链淀粉对其影响最大(表3)。

2.4 青稞籽粒营养品质综合评价

由各主成分因子的向量载荷系数和特征值可计算出青稞籽粒的特征向量<sup>[8]</sup>,根据特征向量和标准化后的数据可以得出4个主成分的得分函数表达式:

$$F_1=0.546X_1+0.385X_2+0.136X_3-0.096X_4+0.375X_5+0.010X_6+0.336X_7+0.126X_8+0.506X_9;$$

$$F_2=-0.108X_1+0.367X_2-0.053X_3+0.380X_4-0.369X_5+0.583X_6-0.085X_7-0.340X_8+0.328X_9;$$

$$F_3=0.236X_1-0.231X_2+0.716X_3+0.479X_4+0.070X_5-0.152X_6-0.316X_7-0.144X_8+0.016X_9;$$

$$F_4=0.207X_1+0.086X_2-0.296X_3+0.361X_4-0.012X_5+0.104X_6-0.422X_7+0.736X_8-0.038X_9。$$

以各主成分对应的方差贡献率为权重,可以构建青稞籽粒综合评价模型表达式:

$$F_{\text{综合}}=0.2486F_1+0.1748F_2+0.1424F_3+0.1259F_4。$$

根据以上模型计算出30份青稞材料籽粒的

品质综合得分如表4所示,由表4可看出,30份青稞材料籽粒的综合得分排名前5的由高到低依次为“LS523”“苏拉青 3453”“LS560”“LS653”“LS666”。

表3 4个主成分的向量载荷系数、特征向量及贡献率

指标	向量载荷系数				特征向量			
	主成分1	主成分2	主成分3	主成分4	主成分1	主成分2	主成分3	主成分4
粗淀粉	0.817	-0.136	0.267	0.220	0.546	-0.108	0.236	0.207
粗蛋白	0.576	0.460	-0.262	0.092	0.385	0.367	-0.231	0.086
粗纤维	0.204	-0.067	0.810	-0.315	0.136	-0.053	0.716	-0.296
灰分	-0.144	0.477	0.542	0.384	-0.096	0.380	0.479	0.361
赖氨酸	0.561	-0.463	0.079	-0.013	0.375	-0.369	0.070	-0.012
β-葡聚糖	0.015	0.731	-0.172	0.111	0.010	0.583	-0.152	0.104
粗脂肪	0.502	-0.107	-0.358	-0.449	0.336	-0.085	-0.316	-0.422
直链淀粉	0.189	-0.427	-0.163	0.783	0.126	-0.340	-0.144	0.736
支链淀粉	0.757	0.411	0.018	-0.040	0.506	0.328	0.016	-0.038
特征值	2.237	1.573	1.281	1.133	2.237	1.573	1.281	1.133
贡献率/%	24.857	17.475	14.235	12.589	24.857	17.475	14.235	12.589
累计贡献率/%	24.857	42.332	56.567	69.156	24.857	42.332	56.567	69.156

表4 青稞籽粒的主成分得分及综合评价

品种	各主成分得分				总得分	排名
	F <sub>1</sub>	F <sub>2</sub>	F <sub>3</sub>	F <sub>4</sub>		
“LS523”	3.88	2.01	-1.00	-0.56	1.10	1
“LS525”	1.55	-0.79	-0.56	-0.51	0.10	11
“LS528”	-0.10	-0.72	-0.02	-0.83	-0.26	21
“LS529”	1.08	-1.76	-0.81	-1.07	-0.29	23
“LS532”	0.81	-1.35	-0.80	0.35	-0.10	18
“LS542”	2.90	-1.04	-0.77	0.19	0.45	6
“LS543”	0.89	-1.71	-0.27	0.95	0.00	14
“LS560”	1.67	-1.00	4.27	-1.87	0.62	3
“LS66”	-0.86	0.87	-0.50	1.32	0.03	12
“LS69”	0.75	0.79	-1.54	0.38	0.15	10
“LS610”	-1.18	-1.94	-0.58	0.95	-0.60	27
“LS611”	0.62	-1.34	0.27	0.53	0.03	13
“LS616”	-1.21	0.97	2.02	1.21	0.31	7
“LS643”	0.58	-0.37	0.30	1.34	0.29	8
“LS653”	-0.59	1.94	1.43	1.67	0.61	4
“LS666”	0.67	0.19	1.05	0.97	0.47	5
“LS684”	0.25	-0.45	0.25	-0.77	-0.08	17
“LSZ57”	0.57	0.17	0.96	-0.86	0.20	9

续表

品种	各主成分得分				总得分	排名
	F <sub>1</sub>	F <sub>2</sub>	F <sub>3</sub>	F <sub>4</sub>		
“LSZ60”	-1.78	0.90	0.47	-0.52	-0.29	24
“LSZ75”	-2.43	0.09	-0.15	-0.17	-0.63	28
“LSZ78”	-0.56	0.64	-0.06	-0.07	-0.04	16
“LSZ100”	-2.15	-2.00	-0.69	0.57	-0.91	30
“LSZ194”	-0.91	0.03	-0.36	-1.07	-0.41	25
“LSZ227”	-0.99	0.84	-0.39	-0.83	-0.26	22
“苏拉青2号”	-1.15	-1.33	-0.49	0.35	-0.54	26
“苏拉青3453”	1.77	1.75	0.12	2.55	1.08	2
“苏拉青3472”	-2.33	0.16	-0.30	-0.54	-0.66	29
“苏拉青3673”	-1.14	1.15	-0.22	-0.59	-0.19	20
“喜马拉雅22号”	0.08	2.33	-1.71	-1.72	-0.03	15
“藏青2000”	-0.69	0.99	0.09	-1.37	-0.16	19

3 结论

30份青稞材料籽粒的9个品质指标的差异性分析结果表明,9个品质均存在不同程度的品种(系)间差异,78%的指标变异系数在10%以上,其中粗纤维含量和β-葡聚糖含量的变异系数分别为44.30%,21.86%,品种(系)间差异较大;赖氨酸含量和粗脂肪含量的变异系数分别为8.08%,9.23%,较为稳定。相关性分析结果表明,不同指标之间存在不同程度的相关性:粗淀粉含量与赖氨酸含量呈显著正相关,粗淀粉含量与支链淀粉含量呈极显著正相关,粗蛋白含量与支链淀粉含量呈极显著正相关,说明一个营养成分含量的增加其余营养成分含量也会相应增加。

主成分分析可以将多个存在相关关系的性状指标在保留大部分信息的基础上,简化为几个彼此独立、相关性较小的综合指标,避免重叠信息的干扰,准确地筛选出综合品质优良的品种<sup>[9]</sup>。主成分分析广泛应用于农业上优良品种的选择和综合性状评价<sup>[10-11]</sup>。本研究利用主成分分析法将30份青稞籽粒的9个品质指标降维成4个主成分,这4个主成分包含了69.156%的原始信息,综合分析4个主成分的主要特征指标和相关性,最终筛选出综合品质排名前5的青稞品种为“LS523”“苏拉青3453”“LS560”“LS653”“LS666”。此结果为西藏自治区选育高品质的青稞资源提供研究依据,为青

稞的生产加工提供基础,对专用型青稞的选育具有重要意义。

参考文献

[1] 邓 鹏,张婷婷,王 勇,等.青稞的营养功能及加工应用的研究进展[J].中国食物与营养,2020,26(2):46-51.

[2] 江春艳,严 冬,谭 进,等.青稞的研究进展及应用现状[J].西藏科技,2010(2):14-16.

[3] 党 君.西北不同地区不同品种青稞营养成分的分析研究[J].黑龙江畜牧兽医,2017(1):157-159.

[4] 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),2015,37(1):11-15.

[5] FAIRBAIRN S L, PATIENCE J F, CLASSEN H L, et al. The Energy Content of Barley Fed to Growing Pigs: Characterizing the Nature of Its Variability and Developing Prediction Equations for Its Estimation [J]. Journal of Animal Science, 1999, 77 (6) : 1502-1512.

[6] 党 斌,杨希娟,刘海棠.青稞加工利用现状分析[J].粮食加工,2009,34(3):69-71.

[7] 刘小娇,王姗姗,白 婷,等.青稞营养及其制品研究进展[J].粮食与食品工业,2019,26(1):43-47.

[8] 李朝峰,杨中宝.SPSS主成分分析中的特征向量计算问题[J].统计教育,2007(3):10-11.

[9] 包九零,乔 光,刘沛宇,等.不同品种大樱桃果实品质的评价[J].华中农业大学学报,2016,35(3):12-16.

[10] 周月霞,范 昱,阮景军,等.燕麦籽粒营养与农艺性状相关性分析[J].作物杂志,2021(2):165-172.

[11] 董星光,田路明,曹玉芬,等.我国南方砂梨主产区主栽品种果实品质因子分析及综合评价[J].果树学报,2014,31(5):815-822.