

DOI: 10.12161/j.issn.1005-6521.2025.02.028

青稞品质及其环境因子影响研究进展

王芳¹, 马银花², 祁存英², 熊辉岩¹, 段瑞君^{1,2*}

(1. 青海大学 农牧学院, 青海 西宁 810016; 2. 青海大学 生态环境工程学院, 青海 西宁 810016)

摘要: 该文从感官品质、营养品质、加工品质等方面出发,对青藏高原特有农产品-青稞的品质研究进展进行综述,探讨环境因子对青稞品质影响的研究现状,旨在为青稞品质的保持和提升、青稞品质评价标准的建立以及青稞从“数量安全型”向“品质优良型”的提升转化和高值开发利用等方面提供有效参考。

关键词: 青稞; 感官品质; 营养品质; 加工品质; 环境因子影响

Research Progress on Grain Quality of Highland Barley and Influence of Environmental Factors

WANG Fang¹, MA Yinhu², QI Cunying², XIONG Huiyan¹, DUAN Ruijun^{1,2*}

(1. College of Agriculture and Animal Husbandry, Qinghai University, Xining 810016, Qinghai, China;

2. College of Ecoenvironmental Engineering, Qinghai University, Xining 810016, Qinghai, China)

Abstract: From the perspectives of sensory quality, nutritional quality, and processing quality, this study reviewed the research progress on the quality of the highland barley, a unique agricultural product in the Qinghai-Tibet Plateau. The research status quo of the influence of environmental factors on the quality of the highland barley was discussed. The aim was to provide effective references for quality maintenance and improvement, the establishment of quality evaluation standards, as well as the transformation from 'quantity security' to 'quality excellence' and high-value development and utilization.

Key words: highland barley; sensory quality; nutritional quality; processing quality; environmental factor influence

引文格式:

王芳, 马银花, 祁存英, 等. 青稞品质及其环境因子影响研究进展[J]. 食品研究与开发, 2025, 46(2): 217-224.

WANG Fang, MA Yinhu, QI Cunying, et al. Research Progress on Grain Quality of Highland Barley and Influence of Environmental Factors[J]. Food Research and Development, 2025, 46(2): 217-224.

青稞(*Hordeum vulgare* L. var. *nudum* Hook. f.)为禾本科大麦属作物,是青藏高原最具高原特色和民族特色的农作物。在青藏高原高海拔、强紫外线辐射、季节性干旱和缺氧等极端环境条件下,青稞因耐寒、耐旱、高产、早熟以及适应性广等特点,成为藏区牧民赖以生存的传统粮食作物^[1]。近年来,随着人们生活质量的提升,青稞因其特殊的营养价值而使其营养品质备受关注,日益展现出从区域性粮食作物向健康食源作物的发展趋势^[2]。

农产品品质主要包括农产品外观、营养价值、风味以及加工性能的优越程度^[3],以粮食作物为例,其品质主要包含感官品质、营养品质、加工品质及食味品质。通常认

为提高粮食作物品质是指以加工品质为主要基础,营养品质为品质改良的重要研究方向和作物育种目标^[4]。

本文对青稞品质的主要组成:感官品质、营养品质、加工品质、食味品质以及气候品质等方面的研究进展进行综述,旨在为更深入地对青稞品质进行改良和利用提高提供参考。

1 感官品质

青稞的感官品质评价指标包括青稞籽粒的色泽、表面结构(完整性)、外观(长度、宽度、厚度)等,其中色泽即青稞籽粒的颜色,已成为青稞最重要、最直接的感

基金项目:青海省科技厅科技特派员专项(2023-NK-P73);2023年度青海省“昆仑英才·高端创新创业人才”计划项目;国家自然科学基金项目(32260087)

作者简介:王芳(2000—),女(汉),在读硕士研究生,研究方向:食品生物技术。

*通信作者:段瑞君(1974—),男(汉),教授,博士。

官指标。青稞籽粒颜色主要由颖果果皮和种子糊粉层中的色素决定,可分为白青稞、黑青稞、紫青稞、蓝青稞等^[5]。研究表明,青稞营养成分的高低与青稞籽粒颜色深浅有一定关系,籽粒颜色越深,营养越为丰富。例如黑青稞总酚类化合物含量高于紫青稞和蓝青稞,因此一般认为有色青稞优于白青稞,主要原因是有色青稞中含有天然色素(如花色素苷、酚类等化合物),而有色青稞中抗氧化活性与酚类物质含量呈正相关,同时有色青稞积累更多的必需氨基酸和特殊微量元素成分,其含量均比白青稞高^[6]。此外,不同粒色青稞中营养物质的积累也不同,黑青稞和紫青稞品种的淀粉、膳食纤维

、蛋白质的平均含量均显著高于白青稞^[7],因此富含花色苷的有色青稞,可以作为人们日常生活中谷物的来源,成为预防心血管、高血糖等疾病的健康膳食^[8]。

2 营养品质

粮食作物的营养品质包括常规营养成分和功能成分。青稞籽粒中营养成分包括蛋白质、淀粉、脂质、膳食纤维以及功能活性物质等,其基本营养组成满足现代健康饮食的要求,具体体现在青稞籽粒营养成分的“三高两低”(高蛋白、高纤维、高维生素和低脂肪、低糖)特征,青稞和小麦营养品质对比结果见表1。

表1 小麦和青稞各营养成分含量的比较
Table 1 Nutrient contents comparison between wheat and highland barley

小麦				青稞			
营养成分		营养成分组成		营养成分		营养成分组成	
含量	平均值	含量	平均值	含量	平均值	含量	平均值
蛋白质 10%~20% ^[9]	10.36% ^[10]	清蛋白	9% ^[10] ; 18.24% ^[12]	蛋白质	11.31% ^[13] ; 8.96% ^[10] ; 13.83% ^[12] ; 8.14%~15.16% ^[14] ; 8.69%~16.27% ^[15] ; 9.59%~9.63% ^[16]	清蛋白	12.95% ^[17] ; 21.6% ^[10]
		3%~5% ^[11]					
淀粉 60%~70% ^[23]		球蛋白	5% ^[17] ; 16.51% ^[12]			球蛋白	12.73% ^[17] ; 9.50% ^[10]
		醇溶蛋白	40% ^[9] ; 22.68% ^[17]			醇溶蛋白	16.69% ^[10] ; 16.96% ^[17]
		谷蛋白	46% ^[17]			谷蛋白	30.12% ^[10] ; 47.83% ^[22]
		30%~40% ^[11]					
		直链淀粉	20%~30% ^[23]	淀粉	64.12% ^[10] ; 59.89% ^[22] ; 59.79% ^[14] ; 49.14%~68.62% ^[14] ; 40.54%~67.68% ^[25] ; 45.4%~71.1% ^[15]	直链淀粉	19.01% ^[10] ; 23.64% ^[22] ; 27.44% ^[12] ; 20.80% ^[14] ; 20.96% ^[15]
膳食纤维 8.27%~12.1% ^[27]	10.03% ^[27]	支链淀粉	70%~80% ^[23]		59.25% ^[25] ; 57.56% ^[15] ; 59.89% ^[26]	支链淀粉	63.42% ^[15] ; 36.25% ^[22]
		β-葡聚糖	0.44%~0.68% ^[28]	膳食纤维	16% ^[5] ; 16.93% ^[15]	β-葡聚糖	6.57% ^[5] ; 5.74% ^[12] ; 5.03% ^[14] ; 5% ^[15]
脂肪 1.6%~2.7% ^[29]		粗纤维	1.67%~3.05% ^[27]		1.42%~2.4% ^[14] ; 0.86%~9.83% ^[15] ; 1.71%~2.25% ^[16]	粗纤维	2.13% ^[13] ; 2.14% ^[15]

2.1 蛋白质

Yan 等^[30]的研究发现青稞籽粒总蛋白含量平均值 11.31%，总体含量在食物中较高，其 8 种必需氨基酸（尤其是赖氨酸和色氨酸）的含量比小麦、水稻和玉米丰富，是一种优质的植物蛋白^[11,13]，与小麦相比，一般报道青稞籽粒平均蛋白质含量高于小麦平均蛋白质含量^[11,13]，但也有个例低于小麦平均蛋白质含量^[10]，总体来看两者数值接近，出现差异更多的原因与所选材料有关。青稞蛋白质含量主要依赖于品种，并随生长条件而变化，尤其是氮肥的施肥水平和施肥时机。该研究也表明，青稞蛋白质含量（12.85%~14.51%）明显高于皮大麦^[1]。

谷物类蛋白质根据其在不同溶剂的溶解度差异分为清蛋白、球蛋白、醇溶蛋白、麦胶蛋白、谷蛋白以及未被抽提的剩余蛋白质^[31]。面筋蛋白是粮食作物面团形成过程中最重要的蛋白，主要由醇溶蛋白和谷蛋白组成，其中谷蛋白与水结合为面团提供强度和弹性，醇溶蛋白与水结合为面团提供黏性和延伸性^[11]。青稞胚乳的主要贮藏蛋白是籽粒中的醇溶蛋白组分，约占籽粒氮总量的 60%。王洪伟等^[17]的研究表明，青稞醇溶蛋白含量比小麦低，谷蛋白的含量较小麦高，但高分子量谷蛋白亚基含量远远低于小麦，且青稞中醇溶蛋白和谷蛋白中的二硫键和总巯基含量均低于小麦，导致青稞难以形成面团。因此，通常在青稞加工面制品中，添加其它面粉以平衡醇溶蛋白和麦谷蛋白，既能在制作过程中形成面团，又能最大限度地保留其蛋白质营养品质。

2.2 淀粉

淀粉是青稞中最丰富的化学成分，其中直链淀粉约占 65%（按质量计），其他碳水化合物包括糖和非淀粉多糖（ β -葡聚糖和阿拉伯木聚糖）占青稞总干谷物含量的近 80%^[1]。与小麦淀粉相比较，青稞中的淀粉含量变化范围相对较大，且以支链淀粉为主，有利于青稞在加工的过程中保持较高的稳定性及良好的食用性^[13,22-23]，具体如邹弈星等^[22]报道，青稞籽粒中淀粉含量一般为 51.26%~66.70%，平均值 59.89%；其中支链淀粉含量 27.64%~47.96%，直链淀粉含量 14.64%~29.74%；其余报道中总含量和直链淀粉含量差距不大，但支链淀粉含量有的更高，可接近 78%^[13]。

不同来源的淀粉在结构、老化、糊化特性等方面特性不同，对最终的加工品质以及食用品质均有较大的影响。翟会生等^[12]研究了 25 份青稞材料，结果表明不同青稞材料的淀粉与全麦粉的膨胀势存在显著差异，青稞淀粉膨胀势为 10.45~21.03，全麦粉仅为 2.91~16.03，说明青稞籽粒直链淀粉含量越低，膨胀势越高，当直链淀粉含量较低时，面条的黏性、软度、口感、光滑性以及综合评分等较好。顿珠次仁等^[24]研究发现随着温度的提高，青稞淀粉的溶解性和膨胀性均增加，导致其溶解度大于小麦淀粉溶解度，同时同一质量分数下

青稞淀粉透明度大于小麦淀粉透明度。张慧娟等^[32]研究表明，青稞淀粉的析水率为 57.4%，凝胶体表现较硬，容易受到挤压而破碎，小麦淀粉的析水率为 61.5%，因此凝胶体表现较软，但青稞淀粉冻融稳定性比小麦淀粉强。总体来看，青稞面制品适口性好，且具有较强的淀粉冻融稳定性，利于冷冻食品的加工^[17]。

2.3 脂肪

青稞脂质含量为 2.01%~3.09%（平均值为 2.13%），文献[14]、[18]研究结果表明不同产地青稞脂肪含量均值在 1.7% 左右，低于玉米、高粱和燕麦，略低于小麦，但高于水稻，在食物中属于低含量范畴，因此食用青稞能有效预防心血管疾病。青稞的脂肪含量主要集中在胚芽中，中性脂肪、糖脂和磷脂分别占青稞总脂肪的 70%、9% 和 20%^[11]。同时青稞脂肪含有人体所需的亚油酸和亚麻酸两种必需脂肪酸，可以保证人体需要。例如，姚豪颖等^[18]对 13 个不同品种青稞籽粒脂肪酸的组成和含量进行测定分析，结果显示，青稞中含有较丰富的不饱和脂肪酸，亚油酸、亚麻酸是其主要成分，其中不饱和脂肪酸含量超过了 70%，并且不同产地的青稞原料脂肪含量存在差异。马超等^[33]的研究显示，不同部位的青稞材料脂肪含量存在差异，麸皮中含量最高，达到 5.73%，同时麸皮油具有丰富的不饱和脂肪酸。

脂肪酸值是反映粮食品质劣变程度的一项重要指标。胡敏等^[34]以西藏青稞为原料，研究了 0、25、37 °C 常规储藏和 CO₂ 气调储藏的条件对青稞脂肪酸值以及脂肪酶活力的影响，结果表明，青稞储藏过程中脂肪酸值、脂肪酶活性呈先升后降的趋势，且 0 °C 是青稞贮藏的最佳温度。

2.4 维生素和矿物质

青稞含有多种维生素，包括维生素 B（V_{B1} 0.35 mg/100 g，V_{B2} 0.091 mg/100 g）、维生素 C（57.2~158.1 mg/100 g）和维生素 E（0.85~3.15 mg/100 g）^[1]。青稞中的大多数维生素 E 以 α -生育酚（1.010~1.144 mg/100 g）的形式存在，其次是 γ -生育酚（0.24~0.37 mg/100 g）和 β -生育酚（0.38~0.04 mg/100 g）。与未加工的青稞相比，发酵和发芽使维生素 E 含量增加了 38%^[35]。Do 等^[35]也报道了储存后保持维生素 E 的青稞成为功能性食品的可能性最大，其中大部分矿物质均在麸皮中。Yan 等^[30]采用电感耦合等离子体发射光谱分析了 33 个青稞品种的矿物质组成，铁和硒的含量明显高于其他微量元素，总结了青稞种子中 Cu、Zn、Fe、Se 和 Mg 的含量，分别为 0.99~10.09、20.2~55.9、29.1~65.5、18~87 mg/kg 和 19.6~41.2 mg/kg。

2.5 功能性成分

青稞不仅含有合理的常规营养成分，可以作为原材料进行食品加工，而且许多研究表明，青稞含有 β -葡聚糖、类黄酮化合物以及 γ -氨基丁酸等多种生物功

能成分,在医药和食品方面具有很大的开发潜力^[25]。

膳食纤维由不溶性和可溶性组分组成,它们均可抵抗人类消化酶的消化^[1]。Biel等^[36]发现,青稞膳食纤维含量为18.16%~21.46%,文献^[15]研究结果表明膳食纤维平均值16.93%,高于小麦含量的10.03%。大麦和其他谷类中膳食纤维的主要成分是两种细胞壁多糖(β -葡聚糖和阿拉伯木聚糖),以及果聚糖和抗性淀粉。 β -葡聚糖可分为水溶性 β -葡聚糖和非水溶性 β -葡聚糖,其中水溶性 β -葡聚糖占大多数。青稞是谷类作物中 β -葡聚糖含量最高的农作物,且随品种差异 β -葡聚糖含量不同,其中“藏青25”在谷物中 β -葡聚糖总含量最高,可达到8.62%^[19,37],是小麦 β -葡聚糖含量的几十倍^[28]。 β -葡聚糖作为青稞的主要活性成分,具有降胆固醇、降血糖、提高免疫力等功效^[38],因此青稞被广泛应用于功能性食品,并可作为小麦主粮制品的重要辅料。

酚类化合物是植物次级代谢中产生的一类化合物,具有清除体内自由基和抗氧化活性等功能,此外也有预防心脑血管疾病等多种生物活性功能。青稞酚类物质主要存在于麸皮和胚乳中,有研究表明,酚类化合物含量在青稞籽粒中从外到内逐渐减少^[19,39]。青稞籽粒中含有多种酚类化合物,包括单宁、香豆素、酚酸和黄酮,其中酚酸和黄酮是两种主要酚类化合物。酚酸是青稞中最常见的酚类化学物质,以结合形式存在的比例最大,主要存在于细胞壁化合物中,伴有共轭型和游离型^[40]。青稞中游离型酚酸只占总酚酸浓度的一小部分,包括阿魏酸、香草酸、丁香酸和对香豆酸的衍生物,但它们会影响食物的味道和颜色,并可能对健康有益^[1,41]。黄酮类化合物作为一类重要的酚类化合物,一般分为黄酮和黄酮醇类,如花色素类、儿茶素以及甘草素等。申迎宾等^[39]以3种不同品种的青稞为原料,采用不同的提取溶剂对青稞提取,并对提取物黄酮进行测定,发现60%的乙醇提取时黄酮总量最高,达到60.11 mg/100 g;杨涛等^[37]以9个青稞品种和14个普通大麦品种为研究对象测定籽粒黄酮含量,得出青稞籽粒黄酮总含量是普通大麦的3倍左右。青稞籽粒中的黄酮醇化合物主要是具有强抗氧化活性和营养价值的低聚和聚合黄烷-3-醇。黄烷醇和花青素主要以糖苷形式存在于青稞籽粒的果皮中,如花青素-3-葡萄糖苷、青霉素-3-葡萄糖苷和飞花蓟马素-3-葡萄糖苷。

γ -氨基丁酸(γ -aminobutyric acid, GABA)是一种非蛋白质的功能型氨基酸,存在于小麦、大豆、发芽糙米和其他谷物类中,含量相对较少。作为一种对人体有生理功能的活性物质, GABA具有抗衰老、调节血压、改善肝脏和肾脏功能以及治疗糖尿病等功效^[42]。近年青稞的 γ -氨基丁酸备受关注,张紫晋等^[43]分别研究了不同大麦类型、籽粒颜色与籽粒GABA含量,结果显示,青稞GABA含量高于皮大麦,且GABA含量随

籽粒颜色的加深而增加^[8]。

3 加工品质

作物原料的加工工艺对食物优良品质形成极为重要,以青稞为原料的传统加工产品主要包括糌粑、甜醅和青稞酒等,现代工艺开发产品包括复配面制品,如青稞挂面、青稞面条、青稞馒头及青稞焙烤食品等,但由于加工工艺的发展,现代加工工艺不断引入到传统加工产品中,如青稞啤酒,导致两者区别不再明显。本文从加工工艺出发探讨青稞的加工品质,可分为糌粑、面制品和酿酒加工品质,其中不同加工工艺之间的差异,对青稞原料组成和特性要求不尽相同。

3.1 糌粑加工品质

糌粑是藏族牧民传统主食之一。在青稞糌粑加工过程中,因有色青稞蛋白质、氨基酸、淀粉含量等均高于白青稞,故原料选择黑青稞和紫青稞较多。青稞原料和加工后的糌粑粉品质检测比较显示,脂肪、脂肪酸值、含沙量、粗纤维等含量呈现显著差异,蛋白质变化较小^[16]。张峰等^[25]研究表明糌粑中含有丰富的矿质元素,保持了青稞籽粒的“三高两低”特点。

糌粑是指将青稞麦粒在一定的温度下焙炒至表皮焦黄均匀,直接磨粉不经过筛而成的炒面(先炒后磨),其加工工艺不同于我国北方制作的炒面(先磨后炒)。磨粉方式也对糌粑加工品质产生直接影响,水磨糌粑比电磨糌粑香味更浓、成团性好、保质期长^[44]。熟化是糌粑加工的关键环节,炒制时间、温度、受热均匀度等因素均影响糌粑加工。

3.2 复配面制品加工品质

青稞面制品加工与青稞粉的蛋白质含量、组成和淀粉的组成密切相关。青稞粉中蛋白质含量高、醇溶蛋白含量较低,导致青稞粉面团筋力弱,另一方面支链淀粉含量较高,在加工中需要与其它面粉配合,提高青稞面制品品质。

青稞面条通常是指以小麦为原材料的面制品,通过加入青稞粉作为营养强化剂,改善面条的风味,增加面条的营养价值,达到拓展和发挥青稞营养价值的加工目的。张慧娟等^[45]将青稞粉添加量提至40%,并加入谷朊粉来补充缺失的面筋蛋白,以碳酸钠、氯化钠、黄原胶作为面条改良剂,改善面条品质。丁捷等^[46]将青稞粉与麦芯粉按照1:6进行混合,所制作的速冻面条的蒸煮、质构特性最佳。党斌等^[47]研究表明,在小麦粉中添加35%青稞粉后,制得的青稞面包饱满、口感较好。

3.3 酿酒加工品质

传统的青稞酒以蒸煮、摊凉后的青稞为原料,加入酒曲发酵而成^[48]。传统的青稞酒以整粒青稞进行蒸煮,使籽粒中淀粉与可发酵性物质均储存在籽粒中,不直接溶解于水中,不易释放出来,以整粒青稞和粉碎后

的青稞对青稞酒出酒的影响做了比较试验,发现粉碎后的原料发酵与整粒相比较,酒精度和出酒率高、香气也较浓郁^[49]。

青稞中丰富的淀粉和蛋白质,使其具有良好的酿造优势,不同原料对青稞酒出酒率、风味及品质影响明显,青稞籽粒的淀粉尤其是支链淀粉含量,是影响青稞酒出酒率的关键因素。金玮璿等^[20]比较了4个不同产区青稞营养成分含量及参照了啤酒、白酒酿造原料间的共性,发现青稞籽粒中淀粉含量均高于高粱和小麦,低于粳米和糯米,在酿造过程中更容易糊化、出酒。但青稞籽粒中富含 β -葡聚糖,造成糖化液黏度过高,不利于过滤,对出酒率造成了一定影响^[26]。游茂兰等^[50]模拟了 β -葡聚糖、淀粉与青稞酒发酵间的关系,发现在一定发酵时间条件下 β -葡聚糖浓度越高,淀粉分解率越低, β -葡聚糖降低了淀粉的分解程度。因此,在青稞酒酿造中应选择高淀粉(尤其支链淀粉含量高)、低蛋白和低 β -葡聚糖的青稞为最佳原料。

4 食味品质

食味品质包括色泽、香气、口感等综合特性,可以通过看、闻、尝等综合结果进行评价,其中最主要的是风味研究。青稞风味一般指籽粒本身的麦香味,也指在青稞加工中形成的风味物质,加工制品最后的风味形成与青稞籽粒的物质组成和本身的风味关系密切。张文会等^[51]通过对隆孜黑青稞、藏青2000等青稞品种的风味物质的比较发现,藏青2000籽粒中醛、酸、酯、醇、呋喃类等含量明显高于隆孜黑青稞,因此在青稞制品加工过程中,应根据需求选择合适的青稞品种。

加工制品的风味,随产品工艺不同而异。以糌粑为例,炒制过程的风味物质对其综合风味的形成十分重要;青稞在炒制过程,蛋白质与糖发生美拉德反应^[52],脂类在高温和氧气条件下也发生变化,共同形成不同风味类型和挥发性物质,赋予了炒制后的青稞粉独特的感官香气^[53]。有研究结果表明青稞品种“昆仑15”籽粒中检测到48种挥发性物质,随着炒制时间的延长,炒制品中挥发性物质增加到60多种^[21]。吡嗪类化合物是决定炒制青稞粉香气最关键的挥发性化合物,主要包括2-甲基吡嗪、2,5-二甲基吡嗪、2,3,5-三甲基-吡嗪、3-乙基-2,5-二甲基吡嗪等。扎西穷达等^[54]测定了糌粑粉风味物质,主要包括己醛、己酸、2-丁基-2-辛烯醛、反-2-辛烯醛、苯甲醛和3-辛烯-2-酮等,这些物质使得青稞糌粑具有果香、脂香和坚果香等不同风味特征。

5 环境因子影响

优质的农产品对气候环境有较高的要求,产地气候条件对农产品的品质产生较大的影响。近年来,我

国多地气象部门开展了农产品气候品质评估或认证工作,以设置认证气候条件指标的方式来建立认证模型,通过评价气候对生产阶段农产品品质的影响来综合评定农产品气候品质等级^[55]。农作物的品质形成受到遗传特性和环境因素的共同影响,其中青稞种植地的环境因素对品质性状起着重要的作用,各种环境因子对品质的影响反映出气候品质的重要性。

青藏高原地处地球“第三极”,环境条件相对恶劣,但对植物来讲,充足的光照和昼夜温差大反而有利于青稞籽粒灌浆等过程,也产生了柴达木高产地区的出现^[56],本文从光照、积温、降雨量和海拔四个方面探讨环境因子对青稞品质的影响。

5.1 光照

光照是光合作用的必要条件,是维持植物生长发育的能量来源。光照通过影响光合产物的合成而影响青稞干物质的形成速率,也直接影响其蛋白质含量。关卫星等^[57]将光照强度类别分为日照充足、日照一般、日照差3个不同等级,发现光照条件好,则青稞籽粒产量高,蛋白质含量随光照强度增大而下降,原因是青稞籽粒产量的提高稀释了蛋白质的含量,光照强度与籽粒蛋白质含量呈负相关。

5.2 积温

青稞营养品质指标主要由品种本身遗传特性决定,但不同积温对淀粉、黄酮类化合物和 β -葡聚糖含量影响不显著,对粗蛋白和粗纤维含量有影响,相比于品种本身,积温对青稞营养品质的影响较小。此外,年积温与类黄酮含量呈显著负相关,与 β -葡聚糖含量呈二次相关关系,即 β -葡聚糖含量首先随着年积温的升高而缓慢增加;当年积温超过2800℃时, β -葡聚糖含量下降,说明年积温过高对 β -葡聚糖的合成有一定的抑制作用^[58]。

5.3 降雨量

青稞主要分布在干旱和半干旱地区,降水区域分布不均,6-9月的降雨量占年降雨量的70%以上。研究表明,年降雨量与青稞黄酮含量没有显著相关关系,与 β -葡聚糖呈现二次曲线关系,且随着降雨量的逐渐增加, β -葡聚糖含量先呈现缓慢增加,当降雨量超过600mm时, β -葡聚糖含量缓慢下降,因此推测降雨量过大对 β -葡聚糖的合成有一定抑制作用^[58]。

5.4 海拔

海拔高度是一个非常重要的环境因素,直接影响作物的产量和品质^[29,59-60]。白婷等^[60]选取2个青稞品种分别在5个不同海拔高度下种植,发现在不同海拔高度,粗蛋白、淀粉和可溶性糖含量存在显著差异;蛋白质和粗脂肪含量呈先降低后升高再降低趋势,而籽粒粗纤维呈先升高后降低的趋势。魏娜等^[58]探索了高原环境中青稞功能活性成分的变化,结果表明随着海

拔高度的升高,β-葡聚糖含量呈先增加后减小趋势,海拔在3 580~3 850 m时,β-葡聚糖含量保持了较高水平。此外,研究发现,随海拔高度的升高,青稞GABA含量也呈显著上升,海拔对其具有正向促进作用^[43]。

6 展望

随着人们对青稞营养及健康饮食观念逐渐重视,越来越多的科研人员已经开始了关于青稞籽粒营养品质的分析与改良研究,但是目前关于青稞品质的理论研究大多较为单一,主要集中在营养成分、功能成分的测定与比较等方面,对于各种青稞营养成分的变化积累、与地理环境和气候因子的影响尚无更深入地研究。为逐步提高和保持青稞籽粒品质、完成“数量安全型”向“品质优良型”研究目标的转化,有效并充分发挥青稞品质价值及高值开发与利用,提出以下几点展望。

6.1 加强气候品质评价标准研究和认证

良好的气候条件能孕育出优质的青稞,生态环境条件对青稞品质发挥了关键的作用。目前,多数研究侧重于单个气候因子对单个品质的影响,缺少气候环境对青稞品质的综合定量评价研究。因此,之后研究应该筛选出影响青稞品质的适宜气候综合指标,并进一步构建适合青稞的气候品质评价标准与等级,从而为今后青稞品质的评价提供有效的帮助。

6.2 全方位提升青稞加工品质研究水平,建立完整的青稞品质评价标准

目前,大多数关于青稞的研究均是按照小麦标准进行的,没有专门针对青稞加工品质的评价标准。虽然青稞(裸大麦)和小麦均属于禾本科植物,但分属却为两个不同的属,因此适合小麦加工的标准并不一定适用青稞,须通过全方位提升青稞加工品质研究水平,建立青稞加工品质的评价标准和规范青稞加工的等级,以提高我国青稞的生产加工水平。

6.3 深入研究功能成分积累规律

青稞籽粒中的β-葡聚糖和酚类、黄酮类是青稞中最主要的3种功能成分,对青稞活性物质的研究主要集中在提取工艺的优化、功能和加工方面,更多含量的活性物质的积累规律、影响因素以及适宜的采收期等还应该得到全面系统地研究。目前,青稞收割期以获得高产为主要考量指标,但还应该考虑到青稞籽粒生长发育过程中营养成分和酚类、黄酮类和β-葡聚糖含量等功能性成分的变化规律,为不同加工所需青稞原料提供有力的数据支撑。

参考文献:

- [1] OBADI M, SUN J, XU B. Highland barley: Chemical composition, bioactive compounds, health effects, and applications[J]. Food Research International, 2021, 140: 110065.
- [2] 张勇, 郝元峰, 张艳, 等. 小麦营养和健康品质研究进展[J]. 中国

- 农业科学, 2016, 49(22): 4284-4298.
- ZHANG Yong, HAO Yuanfeng, ZHANG Yan, et al. Progress in research on genetic improvement of nutrition and health qualities in wheat[J]. Scientia Agricultura Sinica, 2016, 49(22): 4284-4298.
- [3] 汤晓艳, 钱永忠. 我国农产品品质评价工作的发展思考[J]. 农产品质量与安全, 2022(2): 9-12, 28.
- TANG Xiaoyan, QIAN Yongzhong. Thoughts on development of agriculture products quality assessment in China[J]. Quality and Safety of Agro-Products, 2022(2): 9-12, 28.
- [4] OBADI M, QI Y J, XU B. Highland barley starch (Qingke): Structures, properties, modifications, and applications[J]. International Journal of Biological Macromolecules, 2021, 185: 725-738.
- [5] 郭效瑛, 赵曼. 青稞保健功能产品开发研究国内现状[J]. 农产品加工, 2018(20): 57-61, 65.
- GUO Xiaoying, ZHAO Man. Research and development of hullless-barley related health-care function products in China[J]. Farm Products Processing, 2018(20): 57-61, 65.
- [6] BELLIDO G G, BETA T. Anthocyanin composition and oxygen radical scavenging capacity (ORAC) of milled and pearled purple, black, and common barley[J]. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 2009, 57(3): 1022-1028.
- [7] MORRELL P L, GONZALES A M, MEYER K K T, et al. Resequencing data indicate a modest effect of domestication on diversity in barley: A cultigen with multiple origins[J]. The Journal of Heredity, 2014, 105(2): 253-264.
- [8] GUO T L, HORVATH C, CHEN L, et al. Understanding the nutrient composition and nutritional functions of highland barley (Qingke): A review[J]. Trends in Food Science & Technology, 2020, 103: 109-117.
- [9] 曹依宁. 普通小麦主要营养品质及商品特性的生物化学分析[D]. 雅安: 四川农业大学, 2020.
- CAO Yining. Main nutritional quality and commercial characteristics of common wheat biochemical analysis[D]. Ya'an: Sichuan Agricultural University, 2020.
- [10] 刘新红, 党斌, 吴昆仑, 等. 淀粉和蛋白质组成对裸大麦面条食用品质的影响[J]. 江苏农业科学, 2014, 42(5): 205-209.
- LIU Xinhong, DANG Bin, WU Kunlun, et al. Effects of starch and protein composition on the edible quality of naked barley noodles [J]. Jiangsu Agricultural Sciences, 2014, 42(5): 205-209.
- [11] 王怡然, 王金水, 赵谋明, 等. 小麦面筋蛋白的组成、结构和特性[J]. 食品工业科技, 2007, 28(10): 228-231.
- WANG Yiran, WANG Jinshui, ZHAO Mouming, et al. The composition, structure and characteristics of vital wheat gluten[J]. Science and Technology of Food Industry, 2007, 28(10): 228-231.
- [12] 翟会生, 唐珊珊, 潘志芬, 等. 青稞籽粒主要组分对其淀粉膨胀势的影响[J]. 应用与环境生物学报, 2017, 23(2): 193-199.
- ZHAI Huisheng, TANG Shanshan, PAN Zhifen, et al. Effect of main grain components on the starch swelling power of Tibetan hullless barley(*Hordeum vulgare* var. *nudum*)[J]. Chinese Journal of Applied and Environmental Biology, 2017, 23(2): 193-199.
- [13] 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.
- DANG Bin, YANG Xijuan, LIU Haitang. Analysis on status of processing and utilization of highland barley[J]. Grain Processing, 2009, 34(3): 69-71.
- [14] 徐菲, 党斌, 杨希娟, 等. 不同青稞品种的营养品质评价[J]. 麦类作物学报, 2016, 36(9): 1249-1257.
- XU Fei, DANG Bin, YANG Xijuan, et al. Evaluation of nutritional quality of different hullless barleys[J]. Journal of Triticeae Crops, 2016, 36(9): 1249-1257.

- [15] 白婷, 强小林, 周珠扬, 等. 青藏高原地区青稞品种基本品质现状分析[J]. 粮食加工, 2016, 41(6): 60-63.
BAI Ting, QIANG Xiaolin, ZHOU Zhuyang, et al. Analysis of the basic quality status of highland barley varieties in the Qinghai-Tibet Plateau region[J]. Grain Processing, 2016, 41(6): 60-63.
- [16] 于翠翠, 王波, 张文会. 西藏地区青稞加工前后品质及风味物质分析[J]. 食品工业, 2020, 41(5): 163-166.
YU Cuicui, WANG Bo, ZHANG Wenhui. Analysis of quality and flavor substances of Tibetan highland barley and Zanba[J]. The Food Industry, 2020, 41(5): 163-166.
- [17] 王洪伟, 武菁菁, 阚健全. 青稞和小麦醇溶蛋白和谷蛋白结构性质的比较研究[J]. 食品科学, 2016, 37(3): 43-48.
WANG Hongwei, WU Jingjing, KAN Jianquan. Comparison of structure characteristics of gliadin and glutenin in highland barley and wheat[J]. Food Science, 2016, 37(3): 43-48.
- [18] 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.
YAO Haoyingye, NIE Shaoping, YAN Weiwei, et al. Analysis on nutritional ingredients in Hulless barley from different producing areas[J]. Journal of Nanchang University (Engineering & Technology), 2015, 37(1): 11-15.
- [19] 马寿福, 刁治民, 吴保锋. 青海青稞生产及发展前景[J]. 安徽农业科学, 2006, 34(12): 2661-2662, 2687.
MA Shoufu, DIAO Zhimin, WU Baofeng. Production and development prospect of Qinghai *Hordeum vulgare* L.[J]. Journal of Anhui Agricultural Sciences, 2006, 34(12): 2661-2662, 2687.
- [20] 金玮黎, 张晓蒙, 郝建秦, 等. 不同产区青稞原料成分差异性分析与酿造适用性的分析[J]. 食品与发酵工业, 2018, 44(1): 121-125.
JIN Weiyun, ZHANG Xiaomeng, HAO Jianqin, et al. Macro-nutrition composition and brewing capability of Tibetan hulless barley in different producing areas[J]. Food and Fermentation Industries, 2018, 44(1): 121-125.
- [21] 张文刚, 张垚, 杨希娟, 等. 不同品种青稞炒制后挥发性风味物质 GC-MS 分析[J]. 食品科学, 2019, 40(8): 192-201.
ZHANG Wengang, ZHANG Yao, YANG Xijuan, et al. GC-MS analysis of volatile flavor substances in different varieties of roasted hulless barley[J]. Food Science, 2019, 40(8): 192-201.
- [22] 邹弈星, 潘志芬, 邓光兵, 等. 青藏高原青稞的淀粉特性[J]. 麦类作物学报, 2008, 28(1): 74-79.
ZOU Yixing, PAN Zhifen, DENG Guangbing, et al. Starch properties of naked barley from Qinghai-Tibet Plateau in China[J]. Journal of Triticeae Crops, 2008, 28(1): 74-79.
- [23] 宋韵琳, 蔡剑. 小麦籽粒淀粉理化特性与品质关系及其生理机制研究进展[J]. 麦类作物学报, 2018, 38(11): 1338-1351.
SONG Yunlin, CAI Jian. Correlation between starch physicochemical properties and quality, as well as its physiological mechanism of starch formation in wheat grains[J]. Journal of Triticeae Crops, 2018, 38(11): 1338-1351.
- [24] 顿珠次仁, 张文会, 强小林. 青藏区主要青稞品种淀粉理化特性分析[J]. 食品研究与开发, 2014, 35(4): 14-18.
DUNZHU Ciren, ZHANG Wenhui, QIANG Xiaolin. Physical and chemical properties of starch from major barley species in Tibet[J]. Food Research and Development, 2014, 35(4): 14-18.
- [25] 张峰, 杨勇, 赵国华, 等. 青稞 β -葡聚糖研究进展[J]. 粮食与油脂, 2003, 16(12): 3-5.
ZHANG Feng, YANG Yong, ZHAO Guohua, et al. Advance on beta-glucan from hull-less barley[J]. Cereals & Oils, 2003, 16(12): 3-5.
- [26] 王晓芹, 代宇, 张宿义, 等. 青稞酒酿造研究进展[J]. 酿酒科技, 2015(3): 102-104.
WANG Xiaoqin, DAI Yu, ZHANG Suyi, et al. Research progress in highland barley wine production[J]. Liquor - Making Science & Technology, 2015(3): 102-104.
- [27] 姜小苓, 李淦, 吴晓军, 等. 小麦膳食纤维含量研究及优异资源筛选[J]. 麦类作物学报, 2019, 39(4): 423-429.
JIANG Xiaoling, LI Gan, WU Xiaojun, et al. Study of dietary fiber content in wheat and elite germplasm selection[J]. Journal of Triticeae Crops, 2019, 39(4): 423-429.
- [28] 白沙沙, 赵萌, 于佳立, 等. 不同品种小麦籽粒中 β -葡聚糖含量的比较研究[J]. 中国食物与营养, 2016, 22(12): 69-72.
BAI Shasha, ZHAO Meng, YU Jiali, et al. Content comparison of β -glucan in different varieties of wheat grain[J]. Food and Nutrition in China, 2016, 22(12): 69-72.
- [29] 马甲良, 李春, 田纪春. 基因型与环境对小麦粗脂肪含量的影响及其稳定性分析[J]. 山东农业科学, 2008, 40(2): 1-4.
MA Jialiang, LI Chun, TIAN Jichun. Effect of genotype and environment on content of wheat crude lipid and its stability analysis[J]. Shandong Agricultural Sciences, 2008, 40(2): 1-4.
- [30] YAN W W, YAO H Y Y, NIE S P, et al. Mineral analysis of hulless barley grown in different areas and its β -glucan concentrates[J]. Cogent Food & Agriculture, 2016, 2(1): 1186139.
- [31] 高柳. 黑米蛋白的提取及谷蛋白功能性质和改性研究[D]. 成都: 西华大学, 2019.
GAO Liu. Extraction of black rice protein and functional properties and modification of glutenin[D]. Chengdu: Xihua University, 2019.
- [32] 张慧娟, 王静, 刘英丽, 等. 碱法提取青稞淀粉的理化性质研究[J]. 中国食品学报, 2016, 16(3): 75-80.
ZHANG Huijuan, WANG Jing, LIU Yingli, et al. Studies on physicochemical properties of hull-less barley starch obtained by the alkali extraction method[J]. Journal of Chinese Institute of Food Science and Technology, 2016, 16(3): 75-80.
- [33] 马超, 普布多吉, 蒋思萍. 青稞麸皮油 GC-MS 分析及青稞麸皮 β -葡聚糖含量测定[J]. 西藏科技, 2017(5): 70-72.
MA Chao, PU Buduoji, JIANG Siping. GC-MS analysis of highland barley bran oil and determination of β -glucan content of highland barley bran[J]. Xizang Science and Technology, 2017(5): 70-72.
- [34] 胡敏, 林亲录, 罗章, 等. 青稞储藏过程中与脂质氧化相关的陈化分子机制研究[J]. 粮食与油脂, 2017, 30(2): 22-25.
HU Min, LIN Qinlu, LUO Zhang, et al. Study on the molecular mechanisms for aging associated with lipid oxidation of highland barley during storage[J]. Cereals & Oils, 2017, 30(2): 22-25.
- [35] DO T D T, COZZOLINO D, MUHLHAUSLER B, et al. Antioxidant capacity and vitamin E in barley: Effect of genotype and storage[J]. Food Chemistry, 2015, 187: 65-74.
- [36] BIEL W, JACYNO E. Chemical composition and nutritive value of spring hulled barley varieties[J]. Bulgarian Journal of Agricultural Science, 2013, 19(4): 721-727.
- [37] 杨涛, 闵康, 曾亚文, 等. 青稞和普通大麦全谷物功能成分差异分析[J]. 西南农业学报, 2015, 28(6): 2360-2362.
YANG Tao, MIN Kang, ZENG Yawen, et al. Difference analysis of functional components of whole grains between hull-less barley and normal barley[J]. Southwest China Journal of Agricultural Sciences, 2015, 28(6): 2360-2362.
- [38] AHMAD A, ANJUM F M, ZAHOOR T, et al. Beta glucan: A valuable functional ingredient in foods[J]. Critical Reviews in Food Science and Nutrition, 2012, 52(3): 201-212.
- [39] 申迎宾, 张友维, 黄才欢, 等. 提取溶剂对青稞提取物总酚、黄酮含量及其抗氧化活性的影响[J]. 食品与机械, 2016, 32(11): 133-136.
SHEN Yingbin, ZHANG Youwei, HUANG Caihuan, et al. Effect of different solvents on total phenolic content, total flavonoid content

- and antioxidant activity of highland barley[J]. Food & Machinery, 2016, 32(11): 133-136.
- [40] 朱勇. 青稞酚类化合物组成与抗氧化、抗肿瘤细胞增殖活性研究[D]. 广州: 华南理工大学, 2017.
- ZHU Yong. Phenolic compound profile, antioxidant and antiproliferative activities of highland barley[D]. Guangzhou: South China University of Technology, 2017.
- [41] 郭俊玲, 张杰, 张文刚, 等. 超声波协同萌发处理富集黑青稞多酚的工艺优化及其酚酸组成分析[J]. 食品工业科技, 2023, 44(12): 207-215.
- GUO Junling, ZHANG Jie, ZHANG Wengang, et al. Process optimization of ultrasonic co-germination for enriching black highland barley polyphenols and analysis of phenolic acid composition[J]. Science and Technology of Food Industry, 2023, 44(12): 207-215.
- [42] DIANA M, QUILÉZ J, RAFECAS M. Gamma-aminobutyric acid as a bioactive compound in foods: A review[J]. Journal of Functional Foods, 2014, 10: 407-420.
- [43] 张紫晋, 任益明, 江迪, 等. 不同大麦籽粒 γ -氨基丁酸含量的差异及环境影响[J]. 西南农业学报, 2022, 35(5): 1089-1094.
- ZHANG Zijin, REN Yiming, JIANG Di, et al. Effects of genotype and environment on variation of γ -aminobutyric acid content in barley[J]. Southwest China Journal of Agricultural Sciences, 2022, 35(5): 1089-1094.
- [44] 刘小娇, 王姗姗, 张志薇, 等. 西藏糌粑加工工艺及发展对策分析[J]. 粮食与食品工业, 2019, 26(2): 38-40.
- LIU Xiaojiao, WANG Shanshan, ZHANG Zhiwei, et al. Analysis of processing technology and development strategy of tsamba in Tibet[J]. Cereal & Food Industry, 2019, 26(2): 38-40.
- [45] 张慧娟, 黄莲燕, 张小爽, 等. 青稞面条品质改良的研究[J]. 食品研究与开发, 2017, 38(13): 75-81.
- ZHANG Huijuan, HUANG Lianyan, ZHANG Xiaoshuang, et al. Study on quality improvement of hull-less barley noodles[J]. Food Research and Development, 2017, 38(13): 75-81.
- [46] 丁捷, 唐艳, 黄益前, 等. 青稞粉对速冻面条品质的影响[J]. 粮油食品科技, 2016, 24(4): 27-32.
- DING Jie, TANG Yan, HUANG Yiqian, et al. Effect of highland barley flour on the quality of quick-frozen noodles[J]. Science and Technology of Cereals, Oils and Foods, 2016, 24(4): 27-32.
- [47] 党斌, 安海梅, 杨希娟. 青稞面包加工配方优化[J]. 粮食与油脂, 2015, 28(2): 17-20.
- DANG Bin, AN Haimei, YANG Xijuan. Optimization of the formula of hullless barely bread[J]. Cereals & Oils, 2015, 28(2): 17-20.
- [48] 车富红, 张有香, 赵文娟, 等. 富含营养型牡丹花青稞酒的功效与成分研究[J]. 酿酒, 2017, 44(3): 88-90.
- CHE Fuhong, ZHANG Youxiang, ZHAO Wenjuan, et al. Effect and composition of nutrient rich peony type highland barley wine[J]. Liquor Making, 2017, 44(3): 88-90.
- [49] 任健, 王有芳, 童应凯, 等. 新型青稞酒发酵工艺的研究[J]. 酿酒科技, 2013(11): 21-25.
- REN Jian, WANG Youfang, TONG Yingkai, et al. Study on the fermentation of new-type highland barley wine[J]. Liquor-Making Science & Technology, 2013(11): 21-25.
- [50] 游茂兰, 邓婧, 覃小丽, 等. β -葡聚糖对传统青稞酒发酵的影响[J]. 食品与发酵工业, 2019, 45(10): 149-154.
- YOU Maolan, DENG Jing, QIN Xiaoli, et al. Effects of β -glucan on traditional highland barley wine fermentation[J]. Food and Fermentation Industries, 2019, 45(10): 149-154.
- [51] 张文会, 于翠翠, 陈锋, 等. 三种青稞品质及风味物质比较分析[J]. 粮食加工, 2020, 45(3): 66-68.
- ZHANG Wenhui, YU Cuicui, CHEN Feng, et al. Quality and flavor of three species of highland barley comparative analysis[J]. Grain Processing, 2020, 45(3): 66-68.
- [52] HIDALGO F J, ZAMORA R. Interplay between the Maillard reaction and lipid peroxidation in biochemical systems[J]. Annals of the New York Academy of Sciences, 2005, 1043: 319-326.
- [53] 王峥, 闫孟婷, 郑倩娜, 等. 炒制对青稞糌粑粉品质及贮藏稳定性的影响[J]. 中国调味品, 2023, 48(9): 11-17.
- WANG Zheng, YAN Mengting, ZHENG Qianna, et al. Effect of frying on quality and storage stability of highland barley Zanba flour[J]. China Condiment, 2023, 48(9): 11-17.
- [54] 扎西穷达, 刘吉爱, 李姣, 等. 糌粑中风味物质研究[J]. 食品研究与开发, 2019, 40(5): 53-58.
- ZHA Xiqiongd, LIU Jiai, LI Jiao, et al. Study on the flavor substances of Zanba[J]. Food Research and Development, 2019, 40(5): 53-58.
- [55] 贺楠, 范晓青, 姜燕, 等. 我国农产品气候品质评估工作的思考[J]. 气象科技进展, 2021, 11(5): 182-184.
- HE Nan, FAN Xiaoqing, JIANG Yan, et al. A reflection on climate quality evaluation of agricultural products in China[J]. Advances in Meteorological Science and Technology, 2021, 11(5): 182-184.
- [56] LATSAMY T. 青藏高原不同气候区青稞品质比较研究[D]. 兰州: 兰州交通大学, 2021.
- LATSAMY T. Comparative study on the quality of highland barley in different climatic regions of the Qinghai Tibet Plateau[D]. Lanzhou: Lanzhou Jiaotong University, 2021.
- [57] 关卫星, 杨勇, 董凯宁, 等. 西藏高海拔地区积温与土壤养分对不同青稞新品种(系)产量影响研究初报[J]. 西藏农业科技, 2019, 41(4): 32-36.
- GUAN Weixing, YANG Yong, DONG Kaining, et al. Preliminary study on effect of accumulated temperature and soil nutrients on yield of new highland barley varieties(lines) in high altitude areas of Tibet[J]. Tibet Journal of Agricultural Sciences, 2019, 41(4): 32-36.
- [58] 魏娜, 次顿, 张唐伟. 西藏高原地理与气候因子对青稞功能性成分的影响[J]. 中国农业科技导报, 2018, 20(12): 115-121.
- WEI Na, CI Dun, ZHANG Tangwei. Effects of geography and climatic factors on special nutrients of highland barley in Tibet Plateau[J]. Journal of Agricultural Science and Technology, 2018, 20(12): 115-121.
- [59] 孟亚雄, 赵向田, 马小乐, 等. 海拔对啤酒大麦产量和品质的影响[J]. 麦类作物学报, 2016, 36(9): 1258-1263.
- MENG Yaxiong, ZHAO Xiangtian, MA Xiaole, et al. Effect of altitude on quality and yield of different malting barley varieties[J]. Journal of Triticeae Crops, 2016, 36(9): 1258-1263.
- [60] 白婷, 靳玉龙, 朱明霞, 等. 海拔差异对青稞品质影响的研究[J]. 中国粮油学报, 2019, 34(2): 34-39.
- BAI Ting, JIN Yulong, ZHU Mingxia, et al. Effect of altitude difference on quality of highland barley varieties[J]. Journal of the Chinese Cereals and Oils Association, 2019, 34(2): 34-39.