

DOI: 10.16210/j.cnki.1007-7561.2024.03.008

周娇, 党斌, 张杰, 等. 不同品种青稞面粉品质评价及面条加工适宜性研究[J]. 粮油食品科技, 2024, 32(3): 84-92.

ZHOU J, DANG B, ZHANG J, et al. Research on evaluation of the quality of different varieties of highland barley flour and the suitability of noodle processing[J]. Science and Technology of Cereals, Oils and Foods, 2024, 32(3): 84-92.

不同品种青稞面粉品质评价及 面条加工适宜性研究

周 娇^{1,2,3}, 党 斌^{2,3}✉, 张 杰^{2,3}, 李 君^{1,2,3}, 马 萍⁴, 杨 静⁴

(1. 青海大学 农牧学院, 青海 西宁 810016;

2. 青藏高原种质资源研究与利用实验室, 青海 西宁 810016;

3. 青海省青藏高原农产品加工重点实验室, 青海 西宁 810016;

4. 青海天佑德科技投资管理集团有限公司, 青海 西宁 810000)

摘 要:为明确青稞面粉营养品质、加工品质与面条食用品质之间的关系,以青海省 21 种青稞面粉为原料,通过相关性分析和聚类分析,筛选出评价青稞面条加工适宜性的关键指标,构建青稞面条加工适宜性评价体系。结果表明,参试青稞面粉的淀粉含量变幅为 69.95%~83.36%,脂肪含量变幅为 0.87%~2.38%,纤维含量变幅为 1.13%~3.69%,蛋白质含量变幅为 6.88%~11.64%。北青 8 号(门源)峰值粘度(2 378.50 mPa·s)最高,昆仑 15 号(都兰)回生值(756.00 mPa·s)最高。昆仑 16 号(贵南)的持水性最好(4.32 g/g),柴青 1 号(都兰)的持油性最高(0.94 g/g)。昆仑 18 号(门源)的透明度最大(28.40%),冻融稳定性最大(77.16%)。青稞面粉的营养品质和加工特性与面条的蒸煮品质和质构特性部分指标存在显著或极显著相关,面粉含水量,总淀粉含量,抗性淀粉含量,面粉 L*值和峰值粘度是评价青稞面条加工适宜性的关键指标,通过构建加工适宜性评价体系,确定了青稞面条加工适宜性评价等级,筛选出北青 9 号(西宁),昆仑 14 号(西宁),昆仑 17 号(门源),柴青 1 号(贵南),昆仑 14 号(贵南),昆仑 15 号(贵南)等 6 个青稞面粉,适宜加工成青稞面条。本研究结果可为青稞面条加工原料的选择提供参考。

关键词: 青稞面粉; 面条; 品质; 加工适宜性

中图分类号: TS201.1;S-3 文献标识码: A 文章编号: 1007-7561(2024)03-0084-09

网络首发时间: 2024-05-09 13:42:45

网络首发地址: <https://link.cnki.net/urlid/11.3863.TS.20240509.1056.012>

Research on Evaluation of the Quality of Different Varieties of Highland Barley Flour and the Suitability of Noodle Processing

ZHOU Jiao^{1,2,3}, DANG Bin^{2,3}✉, ZHANG Jie^{2,3}, LI Jun^{1,2,3}, MA Ping⁴, YANG Jing⁴

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

收稿日期: 2023-11-03

基金项目: 青海省科技厅重大科技专项(2021-NK-A3)

Supported by: Major Science and Technology Project of Qinghai Provincial Department of Science and Technology (No.2021-NK-A3)

作者简介: 周娇,女,1999 年出生,在读硕士生,研究方向为农产品精深加工。E-mail: 1940276552@qq.com

通讯作者: 党斌,男,1980 年出生,博士,副研究员,研究方向为农产品精深加工理论与技术。E-mail: dangbin811@tom.com

2. Laboratory of Qinghai-Tibetan Plateau Germplasm Resource Research and Utilization, Xining, Qinghai 810016, China; 3. Key Laboratory of Agricultural Product Processing on Qinghai-Tibetan Plateau, Xining, Qinghai 810016, China; 4. Qinghai Tiande Science and Technology Investment and Management Group Company Limited, Xining, Qinghai 810000, China)

Abstract: In order to clarify the relationship among nutritional quality of highland barley flour, processing quality and edible quality of noodles, the flour of 21 highland barley varieties in Qinghai Province was used as raw the materials. The key indexes for evaluating the suitability of highland barley noodle processing were screened out through correlation analysis and cluster analysis to construct an evaluation system for the suitability of highland barley noodle processing. The results showed that the contents of starch, fat, the fiber and the protein of highland barley flour were 69.95%~83.36%, 0.87%~2.38%, 1.13%~3.69%, and 6.88%~11.64%, respectively. Beiqing No. 8 (gate) had the highest peak viscosity (2 378.50 mPa·s), and Kunlun No. 15 (Dulan) had the highest regeneration value (756.00 mPa·s). Kunlun No. 16 (Guinan) had the best water holding capacity (4.32 g/g), and Chai Qing No. 1 (Dulan) had the highest oil holding capacity (0.94 g/g). Kunlun No. 14 (Guide) had the largest solubility (27.46%), and Kunlun No. 15 (Dulan) had the largest expansion (9.15%). Kunlun No. 18 (gate) had the greatest transparency (28.40%), and freeze-thaw stability was the largest (77.16%). The nutritional quality and processing characteristics of highland barley noodles were significantly related to the cooking quality and texture characteristics of noodles, flour water content, total starch content, resistant starch content, flour L^* value and peak viscosity were the key indicators to evaluate the suitability of highland barley noodle processing. Through the construction of processing suitability evaluation system, the evaluation level of highland barley noodle processing suitability was determined. Beiqing No. 9 (Xining), Kunlun No. 14 (Xining), Kunlun No. 17 (Menyuan), Chai Qing No. 1 (Guinan) were screened out, while Kunlun No. 14 (Guinan), Kunlun No. 15 (Guinan) and other 6 highland barley flours were suitable for processing into highland barley noodles. The results of this study could provide a theoretical basis for the selection of raw materials for processing highland barley noodles.

Key words: highland barley flour; noodles; quality; processing suitability

青稞，属禾本科大麦属作物，因其籽粒内外稃与颖果分离，籽粒裸露俗称裸大麦^[1]，是青藏高原最具地域特色和文化内涵的农作物^[2]。青稞具有三高两低，即高蛋白、高纤维、高维生素、低脂肪、低糖的成分结构^[3]，富含大量的生物活性物质（黄酮类、多酚类、 β -葡聚糖），具有降胆固醇、降血糖、调节免疫等生理作用^[4]，是一种营养价值非常高的谷物。目前市场上的青稞产品主要有饼干、挂面、甜醅、麦片、青稞酒等。其中青稞主食产品主要以面条为主，由于青稞面粉中面筋蛋白含量低，不易加工成型，因此，通常与小麦粉混合制成面条。

面条作为我国的一种传统面食，制作简单，食用方便，深受消费者们的喜爱。为满足人们对健康饮食的追求，市面上已出现了以各种粗粮（青

稞、糙米、荞麦等）为原料制作的非小麦面条^[5]。有研究表明不同品种青稞面粉会影响面制品的最终品质，刘新红^[6]研究发现青稞籽粒品质，淀粉品质会显著影响青稞面条的食用品质。目前对于青稞面条的研究主要集中在将青稞粉与小麦粉复配，或添加谷朊粉来改善其面条的品质^[7]，但青稞面粉的品质特性是基础，是进行复配的关键。关于复配粉中青稞面粉的选择及其加工面条的品质特性研究鲜见报道。本文以青海省主栽青稞品种的青稞面粉为原料，研究其营养品质和加工品质，并对复配粉制作面条的食用品质及其相互关系进行了研究，筛选出评价青稞面条加工适宜性的关键指标，构建青稞面条加工适宜性评价体系，为青稞面条加工原料的选择提供参考依据，对青稞加工专用品种的选育和青稞面条加工业发展具

有重要意义。

1 材料与方法

1.1 原料与试剂

来自青海省不同种植地区的 21 个青稞为原料(表 1):青海省农林科学院提供;混合粉(小麦粉、谷朊粉、淀粉、大豆分离蛋白):青海新丁香粮油有限责任公司提供。

石油醚、硫酸、硼酸、盐酸、无水乙醇、冰乙酸、氢氧化钠、氢氧化钾、磷酸二氢钠均为分析纯:天津富宇精细化工有限公司;TOTAL STARCH 试剂盒、AMYLOSE/AMYLOPECTIN 试剂盒、RESISTANT ATARCH ASSAY KIT 试剂盒、MIXED-LINKAGE BETA-GLUCAN 试剂盒:Megazyme 公司。

表 1 实验材料
Table 1 Test materials

编号	产地	品种	编号	产地	品种	编号	产地	品种
1	西宁	柴青 1 号	8	门源	北青 8 号	15	贵南	昆仑 15 号
2	西宁	北青 9 号	9	门源	昆仑 14 号	16	贵南	昆仑 16 号
3	西宁	肚里黄	10	门源	昆仑 15 号	17	贵南	昆仑 17 号
4	西宁	昆仑 14 号	11	门源	昆仑 17 号	18	贵德	昆仑 14 号
5	西宁	昆仑 15 号	12	门源	昆仑 18 号	19	贵德	昆仑 15 号
6	西宁	昆仑 18 号	13	贵南	柴青 1 号	20	都兰	柴青 1 号
7	门源	肚里黄	14	贵南	昆仑 14 号	21	都兰	昆仑 15 号

1.2 仪器与设备

Vapodest 50s 型全自动凯氏定氮仪、Fibretherm FT 12 型粗纤维测定仪、SOX 412 Macro 型全自动脂肪提取仪:德国格哈特仪器公司;RVA-TCW 3 快速黏度分析仪:澳大利亚 Macquarie Park 公司;TMS-PRO 物性测定仪:北京盈盛恒泰科技有限责任公司;DHR 流变仪:美国 TA 仪器公司;WSC-S 自动型色差计:上海精科仪器有限公司。

1.3 实验方法

1.3.1 青稞面粉的制备及主要营养成分的测定

面粉的制备:用 LabMill 全自动实验磨粉机按“一皮二心”法磨制。制备好的面粉放入自封袋,在 -18°C 冰箱中保存备用。基本营养成分参照国标测定;总淀粉、直链淀粉、抗性淀粉、 β -葡聚糖含量分别采用 Megzyme 试剂盒测定;破损

淀粉含量参照 GB/T 9826—2008《小麦粉破损淀粉测定 α -淀粉酶法》进行测定。

1.3.2 青稞面粉粉体特性测定

黏度特性参照 GB/T 24853—2010《小麦、黑麦及其粉类和淀粉糊化特性测定》测定。持水性、持油性、透明度和冻融稳定性参考焦昆鹏等^[8]的方法。色度:利用色差计进行测定。

1.3.3 青稞面粉流变学特性测定

参考景新俊^[9]的方法测定样品的流变特性。

1.3.4 青稞面条的制作

青稞面粉 51%,混合粉(小麦粉 33%、谷朊粉 8%、马铃薯淀粉 7%、大豆分离蛋白 1%)49%。混合均匀后,加入 40%的水和面,用保鲜膜覆盖面团,在室温下放置 15 min。通过压面机获得光滑的面片。将面片切成长 30.0 cm、宽 3.5 mm、厚 0.9 mm 的面条,在室温下干燥 12 h,得到青稞面条装入自封袋中于室温下储藏备用。

1.3.5 青稞面条蒸煮品质测定

最佳蒸煮时间、熟断条率、面条干物质吸水率和干物质损失率的测定参照 LS/T 3212—2021《挂面》进行。参考黄一承等^[10]的方法测定面条的质构特性。参考 LS/T3202—1993《面条用小麦粉》进行感官评定。

1.4 数据处理

每组实验重复 3 次,数据以均值 $\pm$ 标准差(Means $\pm$ SD)表示。利用 Excel 和 SPSS 26.0 进行数据处理,采用 Origin2021 软件进行绘图。

2 结果与分析

2.1 不同品种青稞面粉营养品质分析

参试青稞面粉的基本营养品质见表 2。灰分平均含量为 0.92%,变异系数为 19.60%,纤维含量平均为 1.92%,变异系数高达 38.92%。脂肪含量平均为 1.50%,肚里黄(西宁)含量最高。蛋白质含量平均为 8.91%,昆仑 18 号(西宁)含量最高。淀粉含量平均为 77.92%,直链淀粉含量平均为 21.64%,抗性淀粉含量平均为 16.29%。不同青稞面粉间总淀粉含量差异较小,直链淀粉、抗性淀粉差异较大,变异系数分别为 4.32%、17.62%、17.63%。北青 8 号(门源)总淀粉含量

最高, 昆仑 15 号(门源)直链淀粉含量最高, 北青 9 号(西宁)抗性淀粉含量最高。破损淀粉含量均值为 13.82%, 柴青 1 号(贵南)含量最高为 19.02%。 β -葡聚糖含量平均为 2.10%, 都兰的柴青 1 号和昆仑 15 号的 β -葡聚糖含量较高, 分别为 2.73%、2.57%。

表 2 参试青稞面粉营养品质(干基)

Table 2 Nutritional quality of barley flour (dry weight) %

品质性状/%	平均值 $\pm$ 标准差	变幅	变异系数/%
灰分	0.92 $\pm$ 0.18	0.50~1.16	19.60
粗纤维	1.92 $\pm$ 0.75	1.13~3.69	38.92
脂肪	1.50 $\pm$ 0.34	0.87~2.38	22.81
蛋白质	8.91 $\pm$ 1.21	6.88~11.64	13.61
β -葡聚糖	2.10 $\pm$ 0.36	1.47~2.73	16.97
总淀粉	77.92 $\pm$ 3.36	69.95~83.36	4.32
直链淀粉	21.64 $\pm$ 3.81	13.57~27.60	17.62
抗性淀粉	16.29 $\pm$ 2.87	10.60~21.32	17.63
破损淀粉	13.82 $\pm$ 2.14	8.94~19.02	15.48

2.2 不同品种青稞面粉粘度特性分析

不同青稞面粉的粘度特性如表 3 所示。峰值粘度反映的是淀粉分子与水结合后的膨胀性能, 一般峰值粘度越高, 生产出的产品品质越高。青稞面粉的峰值粘度在 1 359.50~2 378.50 mPa·s 范围内变化, 北青 8 号(门源)的峰值粘度, 最低粘度最高, 对应其总淀粉含量也最高。最终粘度表明青稞面粉在熟化冷却后形成凝胶的能力, 反映的是产品的最终状态, 如咀嚼感, 弹性等^[11], 最终粘度的变异系数为 47.81%, 不同样品间差异较大。昆仑 16 号(贵南)的最终粘度最高。

表 3 参试青稞面粉粘度特性

Table 3 Gelatinization characteristics of different varieties of barley flour mPa·s

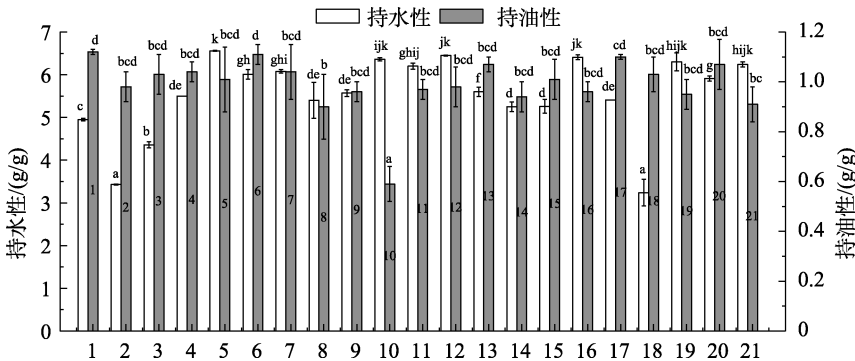
品质性状	平均值 $\pm$ 标准差	变幅	变异系数/%
峰值粘度	1 733.33 $\pm$ 302.98	1 359.50~2 378.50	17.48
最低粘度	1 207.83 $\pm$ 325.68	50.00~1 419.50	26.96
衰减值	526.76 $\pm$ 247.65	163.00~1 395.00	47.81
最终粘度	1 502.04 $\pm$ 427.88	70~2 028.50	28.48
回生值	294.42 $\pm$ 221.33	10.00~756.00	75.17

衰减值, 指的是峰值粘度与最低粘度的差值, 表征青稞面粉的耐剪切性能^[12], 反应了淀粉颗粒破碎的程度^[13]。衰减值越小说明淀粉颗粒热稳定性越好。昆仑 15 号(西宁)的衰减值最低, 其热稳定性最好。回生值是最终粘度与最低粘度之差。参试青稞面粉的回生值变幅为 10.00~756.00 mPa·s, 不同青稞面粉间的回生值存在很大的差异。昆仑 15 号(都兰)的回生值最高, 说明利用都兰昆仑 15 号的产品老化速度最快。

2.3 不同品种青稞面粉的粉体特性

粉体的持水性、持油性与产品品质密切相关, 可作为衡量青稞面粉的重要指标^[14]。由图 1 可以看出不同青稞面粉持水性和持油性差异部分显著 ($P<0.05$), 其中北青 9 号(西宁)和昆仑 14 号(贵德)的持水性、昆仑 15 号(门源)的持油性显著低于其他面粉 ($P<0.05$)。昆仑 15 号(西宁)青稞面粉的持水性和柴青 1 号(都兰)的持油性最高。

透明度反映了淀粉和水结合能力的强弱, 透明度越高, 则淀粉颗粒分散越均匀^[15]。图 2 显示, 昆仑 18 号(门源)面粉透明度显著高于其他面粉



注: 不同字母表示组间差异显著 ($P<0.05$), 下同。

Note: Different letters indicate significant differences between groups ($P<0.05$), the same as below.

图 1 不同青稞面粉的持水性和持油性

Fig.1 Water and oil holding capacities of different barley flours

($P < 0.05$)。面粉的冻融稳定性见图 3。昆仑 18 号(门源)青稞面粉的析水率最大,显著高于其他的青稞面粉($P < 0.05$),冻融稳定性最差,而昆

仑 16 号(贵南)青稞面粉的析水率最低,说明昆仑 16 号(贵南)青稞面粉的低温稳定性好,较适宜制作一些需低温加工或低温保藏的产品。

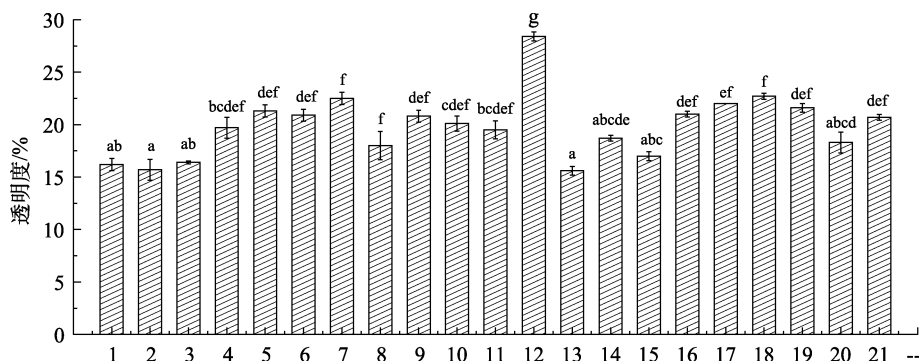


图 2 不同青稞面粉的透明度

Fig.2 Transparency of different barley flours

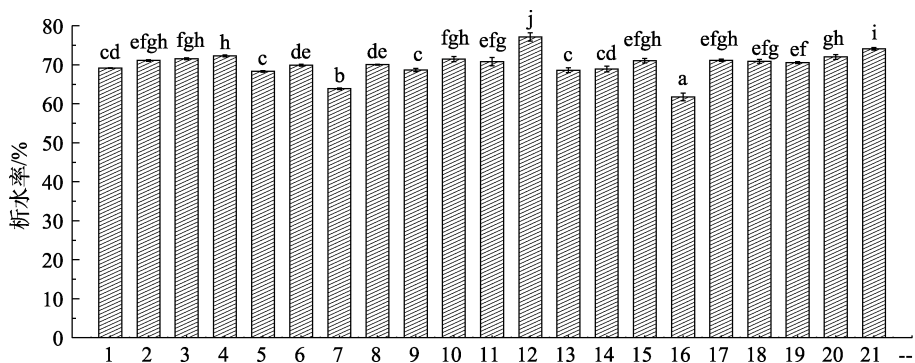


图 3 不同青稞面粉的冻融稳定性

Fig.3 Freeze-thaw stability of different barley flours

2.4 不同品种青稞面粉流变特性分析

由图 4 可知,21 种青稞面粉的表观黏度均随剪切速率的增大而减小,表现出剪切变稀和非牛顿行为,与其他研究结果一致^[16]。21 种样品溶液的 G' 和 G'' 均随着扫描频率的增加而增大(见图 5)。储能模量(G')反应了样品的强度,损耗模量(G'')反应了样品的粘度和流动性。频率较低时,样品的 G' 小于 G'' ,表现为粘性液体,频率较高时,样品的 G' 值大于 G'' 值,样品表现为弹性固体。有研究表明 G' 和 G'' 与面条最佳蒸煮时间、吸水率和蒸煮损失呈强正相关,频率扫描可用于预测面条的蒸煮特性^[17]。

2.5 不同品种青稞面粉面条食用品质分析

青稞面粉面条食用品质分析见表 4。青稞面粉面条的感官评分平均为 80 分。柴青 1 号(西宁)制作的面条的色泽(8.9),表观状态(9.1),光滑

性(4.5)得分最高,柴青 1 号(都兰)的适口性(17.6)最好,昆仑 14 号(西宁)的韧性(19.5)得分最高,昆仑 16 号(贵南)的粘性(21.4)得分最高,昆仑 15 号(都兰)的食味(4.4)最好,柴青 1 号(西宁)的总分(83.6)最高。

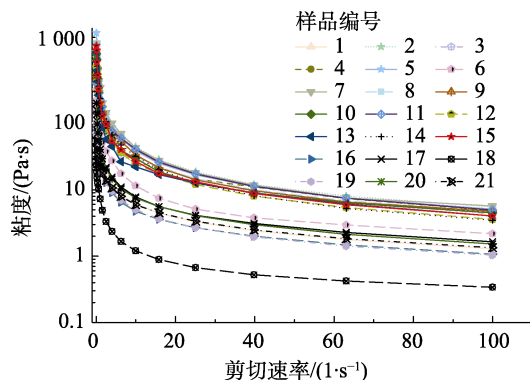
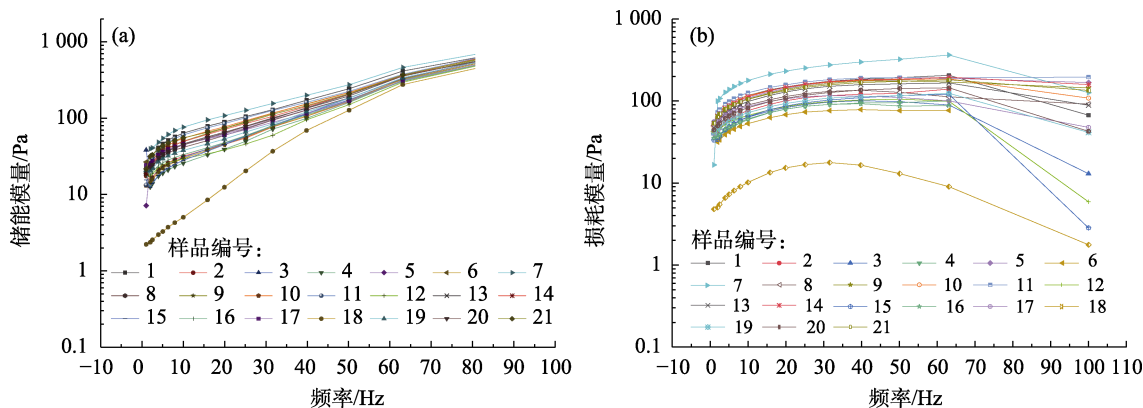


图 4 剪切速率对不同青稞面粉粘度的影响

Fig.4 Effect of shear rate on viscosity of different barley flours



注：(a) 储能模量；(b) 损耗模量。

Note: (a) Energy storage modulus; (b) Loss modulus.

图 5 扫描频率对不同青稞面粉模量的影响

Fig.5 Effect of scanning frequency on modulus of different barley powder

青稞面粉面条的最佳蒸煮时间平均值为 313.05 s, 其中昆仑 16 号(贵南)最佳蒸煮时间最长, 昆仑 15 号(西宁)最佳蒸煮时间最短。青稞面粉面条的平均断条率为 2.74%, 变异系数高达 117.71%, 其中昆仑 15 号(西宁)、昆仑 16 号(贵南)和昆仑 15 号(都兰)断条率分别为 7.94%、8.57%、8.85%, 大于 GB/T 40636—2021《挂面》中规定的断条率($\leq 5\%$)。干物质吸水率和干物质损失率能客观反映面条的蒸煮品质。由表 5 可知, 青稞面粉面条的干物质吸水率平均值为 133.65%, 昆仑 16 号(贵南)的干物质吸水率最高, 昆仑 15

号(门源)干物质吸水率最低。干物质损失率平均为 11.31%, 昆仑 18 号(西宁)(9.82%)和昆仑 17 号(贵南)(9.98%)的干物质损失率低于 GB/T 40636—2021 中规定的烹调损失率($\leq 10\%$)。

昆仑 17 号(贵南)青稞面粉制作的面条硬度、粘附性、胶黏性、咀嚼性最大, 昆仑 15 号(贵南)青稞面粉制作的面条弹性最大, 昆仑 17 号(门源)青稞面粉制作的面条内聚性最强, 昆仑 15 号(门源)青稞面粉制作的面条达到最大拉伸力时所移动的位移最大, 柴青 1 号(都兰)青稞面粉制作的面条断裂所用的拉伸力最大。

表 4 青稞面粉面条的食用品质分析

Table 4 Analysis of edible quality of different varieties of barley noodles

	评价指标	平均值 $\pm$ 标准差	变幅	变异系数/%
食用品质	干物质吸水率/%	133.65 $\pm$ 6.84	118.42~148.00	5.11
	干物质损失率/%	11.31 $\pm$ 0.87	9.82~12.55	7.71
	断条率/%	2.74 $\pm$ 3.23	0.00~8.85	117.71
	最佳蒸煮时间/s	313.05 $\pm$ 38.10	251.5~381.5	12.17
	感官评分/分	80.0 $\pm$ 2.1	75.3~83.7	2.60
质构特性	硬度	14.98 $\pm$ 4.34	9.32~24.79	28.97
	粘附性	0.26 $\pm$ 0.17	0.13~0.88	63.65
	内聚性	0.63 $\pm$ 0.02	0.59~0.67	3.33
	弹性	0.57 $\pm$ 0.07	0.45~0.70	12.38
	咀嚼性	5.51 $\pm$ 2.03	2.72~9.75	36.94
	最大拉伸力	0.14 $\pm$ 0.04	0.11~0.20	24.42
	达到最大力时的位移	8.77 $\pm$ 4.35	1.51~16.74	49.66

2.6 青稞面粉品质和面条品质相关性分析

青稞面粉品质与面条品质进行相关性分析, 结果见图 6。面条的熟断条率与面粉的峰值粘度

呈显著正相关($r=0.454^*$), 干物质吸水率与直链淀粉含量呈显著负相关($r=-0.456^*$)。面条硬度与面粉水分含量呈极显著负相关($r=-0.618^{**}$), 与

持油性呈显著正相关 ($r=0.484^*$)。面条粘附性与面粉水分含量呈显著负相关 ($r=-0.505^*$)。面条内聚性与面粉灰分和抗性淀粉含量呈显著正相关 ($r=0.437^*$, $r=0.435^*$), 与 β -葡聚糖含量呈显著性负相关 ($r=-0.511^*$)。面条的弹性、咀嚼性均与面粉水分含量呈显著负相关 ($r=-0.535^*$, $r=-0.596^{**}$)。面条表观状态、光滑性均与面粉 L^* 值呈显著正相关 ($r=0.577^{**}$, $r=0.556^{**}$), 与面粉 b^* 值呈显著正相关 ($r=0.503^*$, $r=0.541^*$)。面条适口性和韧性与总淀粉含量呈显著负相关 ($r=-0.444^*$, $r=-0.499^*$)。

相关系数的大小可以反映面条受面粉影响的

大小。面条与水分的相关系数为 5.436, 与面粉 L^* 值的系数为 5.103。与总淀粉含量的相关系数为 4.763, 与抗性淀粉含量的相关系数为 4.939, 和峰值粘度的相关性系数为 4.464。主要受面粉影响的面条评价指标为干物质吸水率、面条内聚性和面条色泽, 干物质吸水率的相关系数和最大为 5.274。

2.7 青稞面粉面条加工适宜性评价指标筛选

据相关性分析结果, 筛选确定水分、总淀粉、抗性淀粉、面粉 L^* 值、峰值粘度、作为青稞面粉面条适宜性的评价指标, 对相关系数进行归一化处理, 确定权重, 结果如表 5 所示。

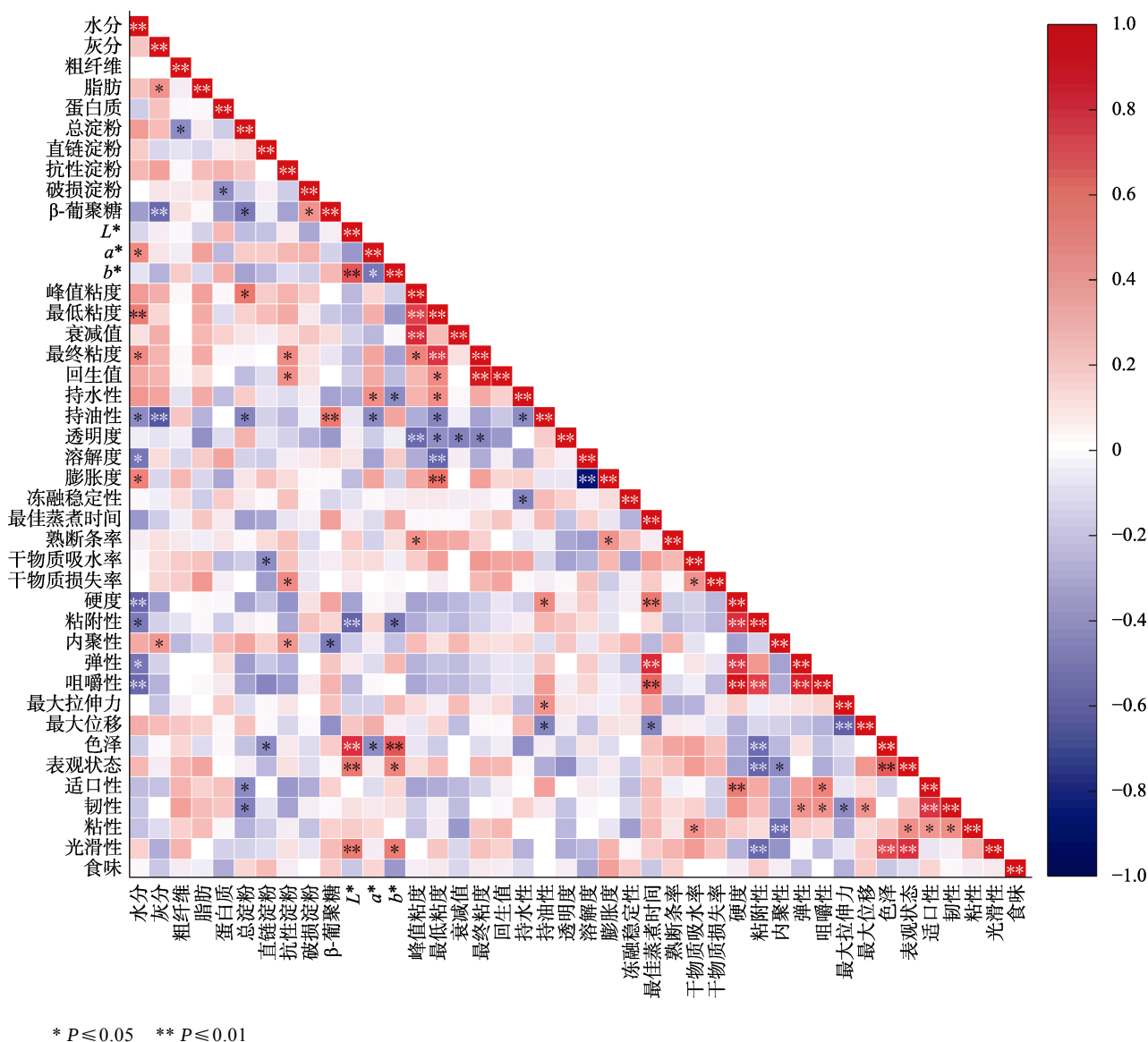


图 6 面粉品质和面条品质相关性图

Fig.6 Correlation between flour quality and noodle quality

表 5 青稞面粉面条适宜性评价指标及其权重

Table 5 Evaluation index of suitability of barley noodles and its weight

评价指标	水分含量/%	总淀粉含量/%	抗性淀粉含量/%	面粉 L^* 值	峰值粘度/ $\text{mPa}\cdot\text{s}$	总计
相关系数	0.047	-0.291	0.247	0.146	0.41	1.141
权重	5	25	21	13	36	100

以 5 个评价指标对 21 个青稞面粉进行聚类分析, 将各指标权重值设为该指标的最高得分, 依次为其他等级赋分, 得到青稞面粉面条加工适宜性评价标准。见表 6。

表 6 青稞面粉面条适宜性评价标准

Table 6 Evaluation criteria for noodles of 21 barley cultivars

等级	水分含量/%		面粉 L^* 值		总淀粉含量/%		峰值粘度/ $\text{mPa}\cdot\text{s}$		抗性淀粉含量/%	
	分级	分值	分级	分值	分级	分值	分级	分值	分级	分值
I	≥ 11.06	5	≥ 87.51	13	≤ 77.50	25	$\geq 2\ 026.17$	36	≥ 18.92	21
II	10.75~11.06	4	86.16~87.51	11	77.50~77.59	20	1 791.00~2 026.17	29	18.34~18.92	17
III	10.57~10.75	3	85.45~86.16	9	77.59~77.77	15	1 652.38~1 791.00	22	16.56~18.34	13
IV	10.28~10.57	2	83.27~85.45	7	77.77~83.36	10	1 537.50~1 652.38	15	15.69~16.56	9
V	≤ 10.28	1	≤ 83.27	5	≥ 83.36	5	$\leq 1\ 537.50$	8	≤ 15.69	5

用以上评价标准对参试青稞面粉面条进行评价, 将 21 个青稞面粉面条分为三类。由表 7 可知, 有 6 个样品属于适宜, 分别是西宁的北青 9 号、昆仑 14 号, 门源的昆仑 17 号, 贵南的柴青 1 号、昆仑 14 号、昆仑 15 号。这六个青稞面粉所制得的面条断条率均小于 GB/T 40636—2021 中规定的断条率, 最佳蒸煮时间均大于 300 s, 耐煮性较好。有 8 个样品属于较适宜, 有 7 个样品属于基本适宜。

表 7 21 个青稞面粉面条适宜性得分及等级

Table 7 Suitability scores and grades of 21 barley noodles

分类	标准	品种个数	品种名称
适宜	≥ 70 分	6	西宁: 北青 9 号、昆仑 14 号; 门源: 昆仑 17 号; 贵南: 柴青 1 号、昆仑 14 号、 昆仑 15 号
较适宜	60~70 分	8	西宁: 柴青 1 号、肚里黄、昆 仑 15 号、昆仑 18 号、 门源: 肚里黄、昆仑 14 号、昆 仑 18 号 贵德: 昆仑 15 号
基本适宜	≤ 60 分	7	门源: 北青 8 号、昆仑 15 号; 贵南: 昆仑 16 号、昆仑 17 号; 贵德: 昆仑 14 号、都兰: 柴青 1 号、昆仑 15 号

3 结论

21 个品种的青稞面粉面条最佳蒸煮时间均在

5 min 左右, 绝大部分青稞面条的断条率和干物质损失率均符合国家标准。青稞面粉的水分含量、面粉 L^* 值、总淀粉含量、抗性淀粉含量和峰值粘度对面条品质的影响较大, 用这 5 个指标构建了青稞面粉面条的评价体系。北青 9 号(西宁)、昆仑 14 号(西宁)、昆仑 17 号(门源)、柴青 1 号(贵南)、昆仑 14 号(贵南)、昆仑 15 号(贵南)等 6 个青稞品种的面粉适宜加工青稞面粉面条。并且这 6 个青稞面粉面条的感官得分分别为 80、81.5、75.3、77.5、80、81.2 分均高于平均分。

参考文献:

[1] 吴舒颖, 高纪儒, 杜艳, 等. 青稞制品加工研究进展[J]. 食品研究与开发, 2021, 42(21): 201-210.
WU S Y, GAO J R, DU Y, et al. Research progress on food processing of highland barley[J]. Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering (Transactions of the CSAE), 2021, 42(21): 201-210.

[2] 梁珠英. 青海省青稞产业发展现状及对策建议[J]. 青海农林科技, 2020(1): 42-45+52.
LIANG Z Y. Development status and countermeasures suggestion of barley industry in Qinghai Province[J]. Science and Technology of Qinghai Agriculture and Forestry, 2020(1): 42-45+52.

[3] 王梦倩, 孙颖, 邵丹青, 等. 青稞的营养价值和功效作用研究现状[J]. 食品研究与开发, 2020, 41(23): 206-211.
WANG M Q, SUN Y, SHAO D Q, et al. Research status of

- nutritional value and efficacy of highland barley[J]. Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering (Transactions of the CSAE), 2020, 41(23): 206-211.
- [4] OBADI M, SUN J, XU B. Highland barley: Chemical composition, bioactive compounds, health effects, and applications [J]. Food Research International, 2021, 140: 110065.
- [5] HODAKA S, MASATSUGU T, YUKIHARU O. Starch digestibility of various Japanese commercial noodles made from different starch sources[J]. Food Chemistry, 2019, 283: 390-396.
- [6] 刘新红. 青稞品质特性评价加工适宜性研究[D]. 西宁, 青海大学, 2014.
- LIU X H. Study on quality evaluation and processing suitability of hulless barley[D]. Xi Ning, Qinghai University, 2014.
- [7] 李晶, 杜艳, 祁兴芳, 等. 谷朊粉对青稞面条品质及面团流变特性的影响[J]. 食品工业, 2020, 41(12): 47-51.
- LI J, DU Y, QI X F, et al. Effect of wheat gluten on the quality of highland barley noodles and the rheological properties of dough[J]. The Food Industry, 2020, 41(12): 47-51.
- [8] 焦昆鹏, 马丽苹, 罗磊, 等. 挤压膨化对山药全粉理化性质、加工特性和淀粉体外消化性的影响[J]. 食品科技, 2022, 47(1): 159-165.
- JIAO K P, MA L P, LUO L, et al. Effects of extrusion on the physicochemical properties, processing properties and starch digestibility in vitro of Chinese yam powder[J]. Food Science and Technology, 2022, 47(1): 159-165.
- [9] 景新俊. 不同热加工对萌动青稞加工特性和营养作用的影响[D]. 郑州, 郑州轻工业大学, 2019.
- JING X J. Effects of different hot processing on process properties and nutritional effect of germinated barley[D]. Zheng Zhou, Zhengzhou University of Light Industry, 2019.
- [10] 黄一承, 陈小宇, 张建, 等. 榆树皮粉对小麦面团和面条理化品质的影响[J]. 食品研究与开发, 2022, 43(17): 57-62.
- HUANG Y C, CHEN X Y, ZHANG J, et al. Effect of elm bark powder on physicochemical properties of wheat dough and noodles[J]. Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering, 2022, 43(17): 57-62.
- [11] 郭爱良, 周湘寒, 姚亚亚, 等. 不同玉米品种理化特性及淀粉品质的研究[J]. 中国粮油学报, 2022, 37(5): 39-47.
- GUO A L, ZHOU X H, YAO Y Y, et al. Study on physicochemical properties and starch quality of different maize varieties[J]. Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering, 2022, 37(5): 39-47.
- [12] 郭慧珍, 党斌, 张杰, 等. 不同磨粉方式对青稞粉品质特性的影响[J]. 核农学报, 2022, 36(5): 988-997.
- GUO H Z, DANG B, ZHANG J, et al. Effect of different milling methods on the quality characteristics of highland barley flour[J]. Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering, 2022, 36(5): 988-997.
- [13] NIE M Z, PIAO C H, LI J X, et al. Effects of different extraction methods on the gelatinization and retrogradation properties of highland barley starch[J]. Molecules, 2022, 27(19): 6254-6254.
- [14] 王丽静. 磨粉方式对苦荞粉品质特性的影响研究[D]. 杨凌, 西北农林科技大学, 2016.
- WANG L J. Effects of milling methods on properties of tartary buckwheat flour[D]. Yang Ling, Northwest A&F University, 2016.
- [15] 白婷, 靳玉龙, 朱明霞, 等. 超声波处理对青稞淀粉理化特性的影响[J]. 中国粮油学报, 2021, 36(9): 60-66.
- BAI T, JIN Y L, ZHU M X, et al. Effects of ultrasonic treatment on physicochemical properties of highland barley starch[J]. Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering, 2021, 36(9): 60-66.
- [16] WANG H R, LI Z G, WANG L L, et al. Different thermal treatments of highland barley kernel affect its flour physicochemical properties by structural modification of starch and protein[J]. Food Chemistry, 2022, 387: 132835.
- [17] YANG Y L, GUAN E Q, ZHANG T J, et al. Comparison of rheological behavior, microstructure of wheat flour doughs, and cooking performance of noodles prepared by different mixers[J]. Journal of Food Science, 2020, 85(4): 956-963. 
- 备注: 本文的彩色图表可从本刊官网 (<http://lspkj.ijournal.cn>)、中国知网、万方、维普、超星等数据库下载获取。