

DOI: 10.16210/j.cnki.1007-7561.2020.02.013

青稞全粉与中筋小麦粉复配体系品质特性研究

郭颖, 刘付英, 陈国艳

(云南省粮油科学研究院, 云南省粮油产品质量监督检验测试中心, 云南 昆明 650033)

摘要: 选用青稞全粉作为研究对象, 与中筋小麦粉复配, 检测不同添加量青稞全粉的损伤淀粉特性、粉质特性、糊化特性、溶剂保持力, 并进行相关性分析。研究表明: 随着青稞全粉比例增加, 破损淀粉显著增加 ($P<0.05$), 且与降落数值呈显著负相关; 面团的吸水率呈上升趋势, 当青稞全粉添加量为85%时面团的吸水率达到最大值 73.10%, 吸水率、弱化度显著增加 ($P<0.05$); 不同添加量对混合粉稳定时间的影响不显著; 峰值黏度、最低黏度、最终黏度、衰减值、回生值显著下降 ($P<0.05$), 降落数值与峰值黏度呈极显著正相关; 乳酸溶剂保持力 SRC 显著减少 ($P<0.05$), 湿面筋含量和乳酸溶剂保持力 SRC 呈极显著正相关; 碳酸钠溶剂保持力 SRC、蔗糖溶剂保持力 SRC、水溶剂保持力 SRC 显著增加 ($P<0.05$), 破损淀粉值与碳酸钠溶剂保持力 SRC, 蔗糖溶剂保持力 SRC 与吸水率、蛋白质, 水溶剂保持力 SRC 与蛋白质均呈极显著正相关性。

关键词: 青稞全粉; 中筋小麦粉; 破损淀粉; 粉质特性; 糊化特性; 溶剂保持力

中图分类号: TS213.2 文献标识码: A 文章编号: 1007-7561(2020)02-0079-07

Study on the quality characteristics of a compounded system composed by highland barley flour and medium strength flour

GUO Ying, LIU Fu-ying, CHEN Guo-yan

(Yunnan Grain and Oil Science Research Institute, Yunnan Grain and Oil Product Quality Supervision and Testing Center, Kunming, Yunnan 650033, China)

Abstract: Highland barley flour was selected as the research object and mixed with medium gluten wheat flour in this study. The correlation analysis of highland barley powders with different addition amounts on damaged starch, farino graphical properties, pasting property, solvent retention capacity were studied. The results showed that: with the increase of the proportion of highland barley flour, the damaged starch increased significantly ($P<0.05$), and was negatively correlated with the falling number; the water absorption of dough increased with the addition of 85%, and the maximum water absorption reached 73.10%, the water absorption and weakening degree increased significantly ($P<0.05$); The effect of different additions of highland barley powders on the stabilization time of the mixed powder is not significant; Peak viscosity, minimum viscosity, final viscosity, attenuation value and rebirth value decreased significantly ($P<0.05$), the falling number is positively correlated with peak viscosity; lactic acid SRC was significantly reduced ($P<0.05$), and was positive correlation with wet gluten content; sodium carbonate SRC, sucrose SRC and water SRC increased significantly ($P<0.05$), significant positive correlation was found between damaged

收稿日期: 2019-11-14

作者简介: 郭颖, 1984年出生, 女, 工程师, 研究方向为粮食及油料质量安全。

starch and sodium carbonate SRC, sucrose SRC was positively correlated with water absorption and protein, and water SRC was positively correlated with protein.

Key words: highland barley flour; medium strength flour; damaged starch; farinographical properties; pasting property; solvent retention capacity (SRC)

青稞 (*Hordeum vulgare* L. var. *nudum* Hook. f.), 即裸大麦, 是青藏高原地区人们的主要粮食作物和酿酒原料。青稞作为我国高原特色作物, 其营养结构与现代人“三高两低”的饮食结构需求相契合^[1], 青稞具有高蛋白、高纤维素、高维生素、低脂肪、低糖的营养特点。尤其是所含的 β -葡聚糖量是所有大麦品种中最高的, 是小麦平均含量的 50 倍^[2-4], 生物学界普遍认为 β -葡聚糖具有清肠、调节血糖、降低胆固醇、提高免疫力等四大生理作用, 添加于食品中能显著提高食品的营养功能。若将青稞应用于面制品, 既能提高面制品的营养特性, 又能填补国内目前对其深加工的空白, 为加工产业提供新途径。但青稞同时也存在着口感较差, 面筋含量低, 难于形成面筋网络结构的缺点, 因此需要和小麦粉复配, 开展对青稞全粉与小麦粉复配体系的淀粉损伤特性、粉质特性、糊化特性、溶剂保持力特性的研究尤为重要, 但这方面的研究目前甚少报道。

本研究将青稞全粉为研究对象, 将其与中筋小麦粉复配, 研究青稞全粉不同复配体系下淀粉损伤特性、粉质特性、糊化特性、溶剂保持力特性的影响及各指标间的相关性分析, 旨在利用他们之间相关关系, 建立快速筛选青稞小麦粉混合体系相关品质的方法。可为青稞全粉在面制品行业的应用提供依据, 也为新型青稞营养健康产品的研发和推动青稞产业的发展提供新思路。

1 材料与方法

1.1 材料与试剂

青稞全粉市购: 青海新绿康食品有限责任公司; 中筋小麦粉市购: 河南省新乡市新良粮油加工有限责任公司, 其他试剂均为分析纯, 实验用水均为二次去离子水。青稞-小麦粉混合体系按表 1 进行混合, 配制成不同青稞全粉含量混合样品。

表 1 混合粉中青稞全粉的添加比例 %

编号	青稞全粉比例	中筋粉比例
1	0	100
2	10	90
3	25	75
4	40	60
5	55	45
6	70	30
7	85	15
8	100	0

1.2 仪器与设备

SDmatic 损伤淀粉测定仪: 法国肖邦技术公司; Alphatec FN 降落数值系统: 丹麦 FOSS 公司; JFZD 型电子式粉质仪: 北京东方浮德技术发展中心; MJ-II 面筋数量和质量测定仪: 杭州大成光电仪器有限公司; RVA 快速黏度仪: 瑞典 Perten 公司; SRC-CHOPIN 溶剂保持力测定仪: 法国肖邦技术公司。

1.3 方法

1.3.1 破损淀粉的测定

试剂配制: 称量 3.0 g 硼酸和 3.0 g 碘化钾放入反应杯中, 加入 120 mL 水, 滴加 1 滴 0.1 mol/L 硫代硫酸钠溶液; 样品准备: 准确称量待测样品 (1.000±0.005) g 于样品小匙两刻线中间; 测量: 点击测试按钮, 修正样品质量, 蛋白含量和样品含水量, 进行测试; 结果: 测试结束后, 记录结果。每个样品平行进行 3 次测定, 取平均值。

1.3.2 降落数值的测定

根据样品的水分含量, 选择合适的称样量, 加水 25 mL, 快速摇匀样品, 在仪器上输入样品质量、水分含量和该地区的海拔高度, 在 4 s 内快速放入样品进行测定。每个样品平行进行 3 次测定, 取平均值。

1.3.3 粉质特性的测定

参照 GB/T 14614—2006《小麦粉面团的物理特性吸水量和流变学特性的测定粉质仪法》。每个样品平行进行 3 次测定, 取平均值。

1.3.4 湿面筋的测定

参照 GB/T 5506.2—2008《小麦和小麦粉面筋含量第 2 部分：仪器法测定湿面筋》，每个样品平行进行 3 次测定，取平均值。

1.3.5 糊化特性的测定

参照 GB/T 14490—2008《粮油检验谷物及淀粉糊化特性测定黏度仪法》，每个样品平行进行 3 次测定，取平均值。

1.3.6 溶剂保持力的测定

在仪器软件上选定需检测的不同溶剂、面粉数量和离心试管数量，输入面粉水分，称量样品 (5.000±0.005) g 加入样品杯，测定碳酸钠 SRC 时，注射器中吸取 5%碳酸钠溶液 26 mL；测定乳酸 SRC 时注射器中吸取 5%乳酸溶液 27 mL；测定蔗糖 SRC 时，注射器中吸取 50%蔗糖溶液 23 mL；测定水 SRC 时，注射器中吸取水溶液 27 mL。溶液精准自动注入样品管中，试管振荡 28 min 为一个周期，样品管在 1 000 g 离心力下离心 15 min，试管帽会自动从试管上移开，试管会自动倾置 10 min，让溶剂流出，取出样品管并称量其中胶体质量后，仪器计算并显示相应的 SRC 值。每个样品平行进行 3 次测定，取平均值。

1.3.7 蛋白质的测定

参照 GB/T 5009.5—2016《食品安全国家标准食品中蛋白质的测定》，小麦粉的蛋白质含量换算系数取 5.70。每个样品平行进行 3 次测定，取平均值。

1.4 数据处理

所有试验均重复 3 次，采用 Microsoft Excel 2010 和 SPSS 16.0 进行数据分析（不同字母表示 $P<0.05$ 的显著性差异），结果表示为平均值±标准差。

2 结果与分析

2.1 青稞粉添加量对破损淀粉和降落数值的影响

小麦在加工成面粉的过程中，由于受到磨粉机、松粉机等设备的机械力的作用，胚乳中淀粉颗粒会出现不同程度的破损，破损淀粉含量的多少，会直接影响面粉的品质特性，降落数值是测定酶活性和酶反应程度非常直观的指标，通过测

定降落数值，可以方便地了解到反应体系中的反应程度^[5]。从表 2 和图 1 中可以明显的看出随着青稞全粉含量的增加，破损淀粉值和降落数值呈负相关，且相关系数 $R=-0.938$ ($P<0.05$)，随着青稞全麦粉添加量的增加，混合粉的降落数值不断降低，原因可能是由于混合粉体系的破损淀粉值不断增加，而在反应体系中酶含量恒定的条件下，淀粉对酶反应的敏感性不断增强，使得淀粉更加容易被酶水解成多糖、麦芽糖、葡萄糖等，这可能是造成混合粉体系降落数值呈趋势降低（黏度不断下降）的原因。

表 2 青稞全粉的添加量对破损淀粉值和降落数值的影响

添加量/%	破损淀粉/UCD	降落数值/s
0	24.57±0.12 ^a	301.67±0.58 ^a
10	25.13±0.06 ^b	300.67±1.53 ^a
25	27.47±0.21 ^c	292.00±3.46 ^b
40	28.03±0.15 ^d	286.33±3.79 ^c
55	28.50±0.10 ^e	277.33±2.52 ^d
70	29.70±0.20 ^f	270.00±3.00 ^e
85	30.77±0.15 ^g	260.33±3.21 ^f
100	31.57±0.06 ^h	258.67±3.51 ^f

注：平均值±偏差，不同字母代表同一指标不同青稞全粉混合体系之间的差异显著 ($P<0.05$)。

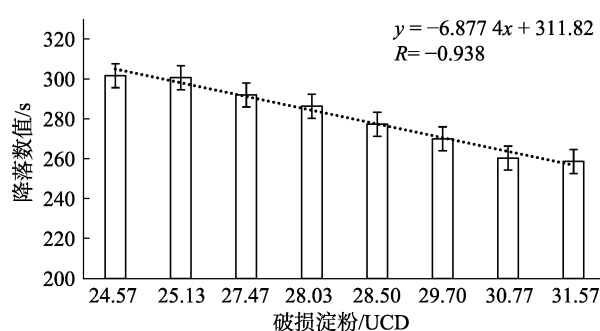


图 1 破损淀粉值和降落数值的相关关系

2.2 青稞粉添加量对面团粉质特性的影响

由表 3 可知，随着青稞全粉添加量的增加面团的吸水率不断增加，当添加量为 85%时吸水率达到最大值 73.10%，原因在于青稞全麦粉的主要成分是膳食纤维，与淀粉、蛋白质相比纤维的吸水能力更强，随着青稞全麦粉比例的增加，其中麸皮含量也增加，导致全麦粉的吸水率不断增加，这与曾维鹏^[6]等的研究结论一致；如图 2 随着青

裸全粉添加量的增加混合粉的吸水率和破损淀粉值含量呈正相关,且相关系数 $R=0.938$ ($P<0.05$),破损淀粉吸水率较未破损淀粉高,其原因是淀粉粒受到损伤时,所能加入的水主要是以间隙水的形式存在,而完整的淀粉粒中,水分子仅进入淀粉晶体区域以外的无定形区域,当晶体区域被打破时(淀粉破损),水分子更易进入整个淀粉粒^[7],因此随着混合粉中破损淀粉值的不断增加,吸水率呈现显著上升趋势。

表 3 青稞全粉的添加量对粉质特性的影响

添加量 /%	吸水率 /%	形成时间 /min	稳定时间 /min	弱化度 /FU
0	61.37±1.55 ^a	3.27±0.14 ^d	4.20±0.10 ^c	92.33±5.52 ^c
10	64.23±0.95 ^b	3.20±0.17 ^d	3.80±0.20 ^d	64.33±2.11 ^a
25	67.40±0.70 ^c	2.73±0.15 ^e	2.47±0.12 ^b	78.00±1.00 ^b
40	71.20±0.44 ^d	2.60±0.10 ^{bc}	2.27±0.35 ^c	88.33±3.51 ^c
55	72.20±0.10 ^{de}	2.40±0.20 ^{ab}	2.30±0.26 ^c	114.67±5.51 ^d
70	72.57±0.57 ^{de}	2.41±0.11 ^{ab}	2.27±0.11 ^c	123.67±2.52 ^c
85	73.10±0.89 ^e	2.33±0.15 ^a	2.33±0.15 ^c	135.00±3.61 ^f
100	72.43±0.50 ^{de}	0.02±0.06 ^d	0.73±0.15 ^a	139.00±1.00 ^f

注:平均值±偏差,不同字母代表同一指标不同青稞全粉混合体系之间的差异显著 ($P<0.05$)。

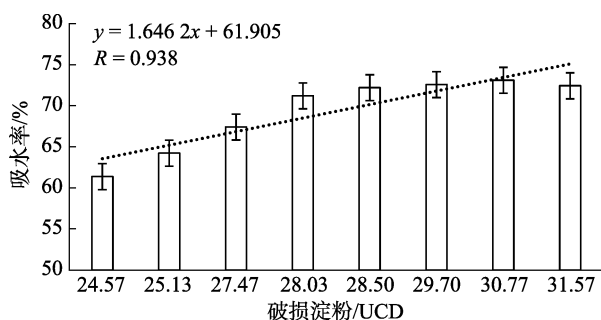


图 2 破损淀粉值和吸水率的相关关系

稳定时间是衡量面粉筋力强度的一个重要指标。稳定时间越长,说明面团的耐搅拌性越强,面团筋力越强,弱化度表明面团在搅拌过程中的破坏速率,即机械搅拌承受力,也代表面团的强度。弱化度越大,表明面团强度越弱^[8-9],由表 3 可知,在青稞全麦粉添加量从 0%~25%时,面团的稳定时间显著下降,可能是因为青稞全粉的添加降低了混合粉中面筋蛋白的含量,面筋蛋白被稀释,破坏了面筋蛋白的网络结构。当添加量在 40%~85%时,稳定时间没有显著性差异,当添加

量在 100%时,稳定时间急剧下降,可能是因为青稞全粉中不含面筋蛋白,面团无法形成面筋网状结构,造成其在机械力作用下稳定性变差,致使稳定时间很短。随着青稞全粉添加量的增加面团的形成时间呈下降趋势,这可能是因为青稞全麦粉不含面筋蛋白,其添加使得混合面粉中面筋强度下降,进而影响面筋网络的形成与扩展,面团网络结构强度变低,从而导致面团形成时间显著减小。而弱化度显著上升,说明面团耐受机械搅拌的承受力逐渐降低,面团韧性变差,面筋变弱,面团不易成型。

2.3 青稞粉添加量对面团湿面筋含量的影响

如图 3 随青稞全粉在混合粉中比例的增加,混合粉面团中的湿面筋含量呈下降趋势,其与小麦粉混合加水后,面絮很松散,容易流失,当青稞全粉添加量达到 50%时,湿面筋含量已经下降到 14.0%,当添加量达到 85%时,湿面筋含量已经迅速下降到 0.8%,比最高值下降了 97.6%。此时已看不到成片的面筋膜,面筋结构受到严重破坏,而青稞全粉的湿面筋含量为 0%,即说明了青稞全粉中基本不含面筋蛋白^[10]。

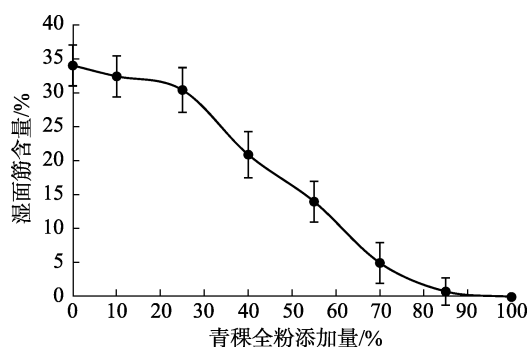


图 3 青稞全粉添加量对混合粉湿面筋的影响

2.4 青稞全粉添加量对面粉糊化特性的影响

糊化主要是淀粉与水共热后,淀粉粒开始破坏,晶体结构消失,淀粉分子彼此牵扯,形成具有黏性的糊状溶液。面粉的糊化特性主要受面粉中淀粉含量、面筋网络结构以及直/支链淀粉比例等因素影响^[11-12]。青稞全粉添加量对面粉糊化特性的影响见表 4,随着青稞全粉添加量的增加混合粉的峰值黏度、最低黏度、最终黏度均呈现显著下降趋势。可能是由于青稞全粉淀粉含量远低

表 4 青稞全粉添加量对面粉糊化特性的影响

添加量/%	糊化温度/	峰值黏度/cp	最低黏度/cp	最终黏度/cp	衰减值/cp	回生值/cp
0	65.10±1.00 ^a	1 418.00±2.00 ^b	915.33±5.51 ^b	1 554.00±5.00 ^b	503.00±6.00 ^b	639.00±4.58 ^b
10	65.50±0.53 ^{ab}	1 303.33±4.93 ^c	789.00±4.00 ^c	1 404.67±4.04 ^c	514.00±4.36 ^c	616.33±3.21 ^c
25	65.23±0.23 ^a	1 154.44±4.00 ^f	699.67±2.52 ^f	1 284.33±5.86 ^f	453.67±3.79 ^f	584.33±4.93 ^f
40	66.30±0.36 ^{bcd}	993.00±3.51 ^e	568.67±6.51 ^e	1 126.00±6.08 ^e	424.00±5.00 ^e	557.00±7.21 ^e
55	66.67±0.32 ^{cd}	892.00±4.36 ^d	510.33±1.52 ^d	1 027.67±6.11 ^d	382.00±5.57 ^d	517.67±5.13 ^d
70	67.13±0.25 ^d	807.67±5.86 ^c	470.33±2.08 ^e	935.00±7.00 ^c	337.67±5.51 ^c	465.00±2.00 ^e
85	67.93±0.50 ^{abc}	737.67±5.51 ^b	424.00±2.02 ^a	864.00±5.00 ^b	314.33±3.11 ^b	440.00±4.36 ^b
100	75.67±0.59 ^e	706.00±3.61 ^a	433.00±2.65 ^b	835.67±5.69 ^a	272.67±3.79 ^a	403.33±3.21 ^a

注：平均值±偏差，不同字母代表同一指标不同青稞全粉混合体系之间的差异显著 ($P<0.05$)。

于小麦粉，青稞全粉的添加导致混合粉的淀粉含量降低，面筋网络包裹淀粉，青稞全粉抑制淀粉的糊化膨胀过程，从而降低淀粉各项糊化黏度^[13]。这与雷宏等^[14]研究发现淀粉添加量与各项黏度值呈显著正相关的结论一致。

糊化温度则呈上升趋势，当青稞全粉添加量达到 100%时，所需糊化温度最高，原因可能是随着青稞全麦粉加入量的提高，大量膳食纤维和淀粉的作用会降低淀粉吸水性，阻碍淀粉颗粒的膨胀和糊化，导致糊化温度不断升高。

衰减与膨胀后淀粉粒的刚性有关，反映淀粉糊的热稳定性，衰减越大，则淀粉糊稳定性越差。回生值则反映了温度降低后淀粉分子重新结晶的程度，即淀粉的成胶能力。回生值越大，表明产品的老化速率越快，货架期也就越短^[15-16]。随着青稞全粉加入量的提高，混合粉的衰减整体呈下降趋势，说明青稞全麦粉增强了混合粉的耐剪切性，有助于维持淀粉结构稳定，减少加热和剪切力对淀粉颗粒的破坏，并且面团更耐搅拌。随着青稞全粉加入量的提高混合粉的回生值显著降低，青稞全粉添加量从 10%~100%的过程中，回生值相对降低 34.6%，原因可能是青稞全粉的直连淀粉含量低于小麦粉，加入青稞全粉以后，混合粉体系的直链淀粉含量不断下降，并阻碍了淀粉分子的重结晶，导致回生值降低。

此外降落数值和黏度值都可以同时反映青稞全粉复配体系的黏度特征指标，各指标之间的相关关系见表 5。由表可见，降落数值与峰值黏度的相关性更加密切，呈极显著正相关，且相关系

数为 $R=0.973$ ($P<0.01$)。

表 5 降落数值与黏度值的相关性

相关系数	峰值黏度/cp	支撑值黏度/cp	最终黏度/cp
降落数值/s	0.973**	0.941**	0.971**

注：**表示在 $\alpha=0.01$ 水平下显著相关。

2.5 青稞全粉添加量对混合粉溶剂保持力的影响

小麦粉的 SRC 值是指溶剂在小麦粉中经过溶胀和离心后，保留在小麦粉中的质量占小麦粉质量的百分比。基本原理是基于小麦粉中的麦谷蛋白、破损淀粉、戊聚糖这 3 种聚合物能够在特定溶剂中吸收溶胀，形成网状结构，聚合物溶胀越多，在强离心力作用下，网状结构的抵抗力越强，溶剂的保持力值就越高^[17]。这 4 种溶剂保持能力值可反映小麦粉 4 个方面的特性，即 5%乳酸 SRC 值与小麦粉中麦谷蛋白特性相关联，是对小麦粉面筋性质的反应，该值越高说明小麦粉的面筋品质越好、5%碳酸钠 SRC 值与小麦粉中破损淀粉水平相关联，其值高，说明损伤淀粉含量高、50%蔗糖 SRC 值与小麦粉中的戊聚糖及醇溶蛋白的特性高度相关、水 SRC 值反映的是小麦粉的综合特性^[18]。

由表 6 可以看出乳酸 SRC 随着青稞全麦粉添加量的增加逐渐减少，这是由于随着青稞全粉的加入混合粉的面筋含量和品质下降，所以用来反映面筋特性的乳酸 SRC 也降低，如图 4 随着青稞全粉添加量的增加混合粉湿面筋含量和乳酸 SRC 呈极显著的正相关性，相关系数 $R=0.947$ ($P<0.01$)；碳酸钠 SRC 随着青稞全麦粉添加量的增

表 6 青稞全粉添加量对混合粉溶剂保持力的影响

%

添加量/%	水 SRC	碳酸钠 SRC	乳酸 SRC	蔗糖 SRC
0	64.50±0.11 ^a	85.60±0.70 ^a	128.43±0.50 ^d	86.33±1.51 ^a
10	68.10±0.19 ^b	91.87±0.15 ^b	122.17±3.38 ^{cd}	90.32±2.02 ^{ab}
25	73.50±0.40 ^c	107.10±0.98 ^c	115.67±5.29 ^c	98.41±1.51 ^{bc}
40	78.20±0.44 ^d	120.40±0.60 ^d	106.63±4.61 ^b	104.63±2.53 ^{cd}
55	84.83±0.41 ^e	134.60±0.53 ^e	101.27±1.11 ^{ab}	110.32±3.51 ^{de}
70	90.00±0.53 ^f	144.30±0.61 ^f	99.67±0.57 ^{ab}	116.27±1.07 ^e
85	93.57±0.58 ^g	157.90±1.89 ^g	96.90±3.57 ^a	119.67±2.22 ^{ef}
100	100.23±0.98 ^h	168.33±3.21 ^h	95.20±3.02 ^a	127.57±2.88 ^f

加逐渐提高，这是由于随着青稞全粉的加入混合粉的破损淀粉含量逐渐提升，用来反映破损淀粉水平的碳酸钠 SRC 也随之升高，如图 5 随着青稞全粉添加量的增加混合粉破损淀粉值和碳酸钠 SRC 呈极显著的正相关性，相关系数 $R=0.986$ ($P<0.01$)，因此破损淀粉值和碳酸钠 SRC 两者都可以很好的反应混合粉体系的淀粉破损程度。郑学玲等^[19]研究认为，戊聚糖有较高的吸水、持水性以及较高黏度，由于其具有较高的吸水及持水性，使面粉在加水搅拌的过程中易于形成面团，所以如图 6 随着青稞全麦粉添加量的增加用来反

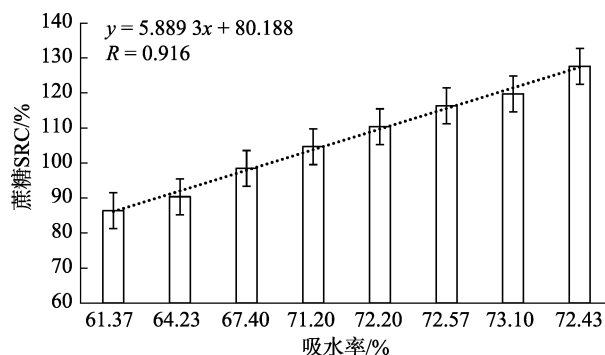


图 6 吸水率和蔗糖 SRC 的相关关系

表 7 不同青稞全粉添加量的蛋白质含量

%

添加量	蛋白质含量
0	11.51±0.11 ^a
10	11.30±0.19 ^b
25	11.42±0.40 ^c
40	11.63±0.44 ^d
55	11.82±0.41 ^e
70	11.95±0.53 ^f
85	12.01±0.58 ^g
100	12.11±0.98 ^h

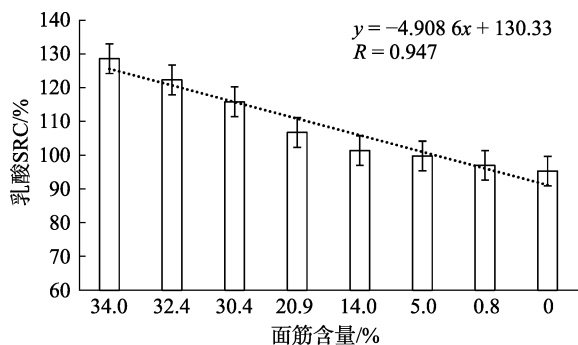


图 4 面筋含量和乳酸 SRC 的相关关系

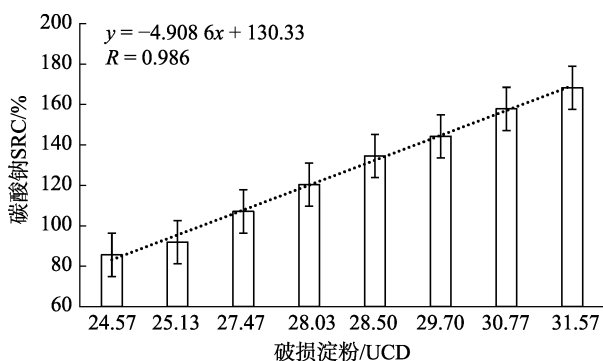


图 5 破损淀粉和碳酸钠 SRC 的相关关系

映戊聚糖的蔗糖 SRC 与吸水率呈极显著的正相关性，相关系数 $R=0.916$ ($P<0.01$)，如表 7 与蛋白质呈极显著的正相关性，相关系数 $R=0.898$ ($P<0.01$)。水 SRC 与蛋白质呈极显著的正相关性，相关系数 $R=0.920$ ($P<0.01$)。这与夏云祥^[20]和高梅^[21]等得出的乳酸 SRC 与湿面筋值、蔗糖 SRC 与吸水率和蛋白质均呈显著正相关、碳酸钠溶液 SRC 可用于判别破损淀粉的结论一致。综上 SRC 法不但能够作为小麦品质评价方法，也能够反映

小麦的各品质特性,是一种新型的小麦品质综合测定方法。

3 结论

青稞全粉添加量对面团的破损淀粉值、降落数值、粉质特性、黏度特性具有显著影响,随着青稞全粉含量的增加,破损淀粉值和降落数值呈显著负相关,且相关系数 $R=-0.938$ ($P<0.05$);混合粉的吸水率显著提高,与破损淀粉值含量呈正相关,且相关系数 $R=0.938$ ($P<0.05$)。青稞添加量的增加对混合粉稳定时间的影响不显著,但弱化度显著上升,面筋变弱,因此在青稞粉加工工艺中,一味地增加青稞粉的添加量,使得混合粉面筋含量下降,可能会导致加工品面团操作性能变差,口感受到一定影响。

随着青稞全粉添加量的增加混合粉的乳酸 SRC 增加逐渐减少,湿面筋含量和乳酸 SRC 有极显著的正相关性,相关系数 $R=0.947$ ($P<0.01$);碳酸钠 SRC 逐渐提高,破损淀粉值和碳酸钠 SRC 有极显著的正相关性,相关系数 $R=0.986$ ($P<0.01$);蔗糖 SRC 与吸水率有极显著的正相关性,相关系数 $R=0.916$ ($P<0.01$),与蛋白质有极显著的正相关性,相关系数 $R=0.898$ ($P<0.01$),水 SRC 与蛋白质有极显著的正相关性,相关系数 $R=0.920$ ($P<0.01$)。SRC 法是一种新型的小麦品质综合测定方法,能综合反映小麦的各品质特性,这也为进一步将青稞全粉应用到面制品中提供理论依据。

参考文献:

- [1] 张慧娟,黄莲燕,王静,等.青稞添加量对面团热机械学性质及馒头品质的影响[J].中国食品学报,2016,16(4):104-112.
- [2] ZHANG G P, WANG J M, CHEN J X. Analysis of β -glucan content in barley cultivars from different locations of China[J]. Food Chemistry, 2002(79): 251-254.
- [3] GONG L X, CHENG J, WU X Q, et al. Determination of arabinoxylans in tibetan hull-less barley bran [J]. Procedia Engineering, 2012(37): 218-222.
- [4] ZHU Y, LI T, FU X, et al. Phenolics content, antioxidant and antiproliferative activities of dehulled highland barley (*Hordeum vulgare* L.)[J]. Journal of Functional Foods, 2015(19): 439-450.
- [5] 王晓曦,王忠诚,曹维让,等.小麦破损淀粉含量与面团流变学特性及降落数值的关系[J].郑州工程学院学报,2001,22(3):53-57.
- [6] 曾维鹏,赵仁勇,任国宝,等.麸皮粒度及添加量对全麦粉品质影响[J].粮食与油脂,2017,30(4):76-79.
- [7] EVERSA D, STEVENS D J. Starch damage[J]. Advances in Cereal Science and Technology, 1984(7): 321-346.
- [8] 陈芳芳,于文滔,刘少伟,等.紫薯粉对面团粉质特性和质构特性的影响[J].食品工业,2014,35(5):170-174.
- [9] 张守文.面包科学与加工工艺[M].北京:中国轻工业出版社,1996.
- [10] 潘牧,彭慧元,邓宽平,等.马铃薯蛋白的研究进展[J].贵州农业科学,2012,40(10):22-26.
- [11] 李娜,张英华.用 RVA 仪分析玉米淀粉的糊化特性[J].中国粮油学报,2011,26(6):20-24.
- [12] SAARA P, LEILA K, LAURA F, et al. Enrichment of biscuits and juice with oat β -glucan enhances postprandial satiety[J]. Appetite, 2014, 75(1): 150-156.
- [13] TORBICA A, HADNADEV M, DAPCEVIC T. Rheological, textural and sensory properties of gluten-free bread formulations based on rice and buckwheat flour[J]. Food Hydrocolloids, 2010, 24(6/7): 626-632.
- [14] 雷宏,王晓曦,曲艺,等.小麦粉中的淀粉对其糊化特性的影响[J].粮食与饲料工业,2010,(10):8-11.
- [15] 姜小苓,李小军,冯素伟,等.蛋白质和淀粉对面团流变学特性和淀粉糊化特性的影响[J].食品科学,2014,35(1):44-49.
- [16] 吕振磊,李国强,陈海华.马铃薯淀粉糊化及凝胶特性研究[J].食品与机械,2010,26(3):22-27.
- [17] 赵君兰.全自动溶剂保持力分析仪及其应用[J].粮食与饲料工业,2017,(8):58-62.
- [18] KWON M, SLADE L, LEVINE H. Solvent retention capacity (SRC) testing of wheat flour: Principles and value in predicting flour functionality in different wheat-based food processes, as well as in wheat breeding-a review[J]. Cereal Chemistry, 2011, 88(6): 537-552.
- [19] 郑学玲,李利民,朱永义,等.戊聚糖在小麦中的分布规律及其与灰分、白度相关性的研究[J].中国粮油学报,2002,17(6):19-22.
- [20] 夏云祥,马传喜,司红起,等.溶剂保持力与小麦部分品质性状的关系[J].中国粮油学报,2009,24(5):7-10.
- [21] 高梅,张国权,倪芳妍,等.微量 SRC 值与小麦品质的关系[J].西北农林科技大学学报,2006,34(12):87-91. 