

青稞复配体系与馒头品质研究

张 龔, 陈志成*, 龚号迪
(河南工业大学粮油食品学院 郑州 450001)

摘要 探究在高筋小麦粉中以不同比例添加青稞全粉(QF)与青稞精粉(TPF)后,各复配粉的糊化特性、理化指标、面团流变特性及馒头的感官品质和质构特性。结果表明:QF与TPF添加量增加,对糊化特性产生负面影响,使得面粉更难糊化。QF复配粉的降落数值由370.5s降至300.5s,TPF复配粉的降落数值呈先降低后升高的趋势;QF与TPF复配粉的沉降值分别降低21.94%和20.28%。添加QF使破损淀粉由27.0%增至28.6%,然而,TPF复配粉除了10%添加量的样品外,其余破损淀粉含量无显著性变化。随着QF和TPF添加量的增加,对青稞面团的粉质、拉伸特性均产生显著影响,青稞面团结构逐渐变得松散,不易成形,硬度增加,弹性变差,筋力强度变弱;青稞馒头的感官评分与质构特性也随青稞粉添加量的增加而呈下降趋势。

关键词 青稞复配粉; 糊化特性; 面团流变特性; 馒头品质

文章编号 1009-7848(2022)01-0135-09 **DOI:** 10.16429/j.1009-7848.2022.01.015

馒头作为一种传统的主食,有上千年的食用历史,在我国的膳食结构中占据重要地位^[1-2]。馒头以小麦粉和水为主要原料,添加适量发酵剂蒸制而成,含有许多人体所需的营养物质,包括蛋白质、脂肪、维生素等^[3-4]。因小麦粉的过度精细加工而导致膳食纤维等营养物质摄入不足,许多研究者将麦麸、全麦粉、米糠、杂粮粉等添加至小麦粉中,以改善馒头的营养结构,更有利于人体的营养健康^[5-7]。

青稞是我国高原地区的一种粮食作物,含有 β -葡聚糖、 γ -氨基丁酸等功能因子,青稞中高蛋白、高纤维素、高维生素、低脂肪、低糖的营养结构更加符合现代人的饮食需求^[8-10]。然而,青稞粉的口感较差,面筋含量较低,很难形成面筋网络,从而难以直接制成馒头等主食。如在制作过程中,用青稞粉替代一部分小麦粉,则可达到提高馒头营养特性的目的。

本文将青稞全粉(QF)与脱去10%左右皮层的青稞精粉(TPF)分别以质量分数0%,10%,20%,30%,40%,50%与小麦高筋粉复配,研究其理化特性、面团特性及馒头品质的变化。

收稿日期: 2021-01-09

基金项目: 国家自然科学基金项目(31171789)

作者简介: 张龔(1997—),女,硕士生

通信作者: 陈志成 E-mail: chen_1985@163.com

1 材料与amp;方法

1.1 材料与试剂

青稞,西藏鑫旺生物科技有限公司;高筋小麦粉,日清制粉;硫酸、氢氧化钠、硼酸、碘化钾、硫代硫酸钠、无水乙醇、氯化钠均为分析纯级;酵母,安琪。

1.2 设备与仪器

鼓风干燥箱,南通华泰实验仪器有限公司;柔性剥皮机,河南粮院机械制造有限公司;锤式旋风磨,辽宁赛亚斯科技有限公司;马弗炉,上海帅登仪器有限公司;针式和面机,北京东方孚德技术发展中心;醒发箱,广州赛思达机械设备有限公司;电磁炉,美的公司;分析天平,北京赛多利斯天平有限公司;快速粘度分析仪,PERTEN;降落数值仪,济南科翔实验仪器有限公司;面筋仪,杭州天成光电有限公司;粉质仪、拉伸仪,Brabender公司。

1.3 试验方法

1.3.1 青稞复配粉的制备 将青稞全粉(QF)与脱去10%左右皮层的青稞精粉(TPF)以质量分数0%,10%,20%,30%,40%,50%与小麦高筋粉进行复配,得到不同添加比例的QF复配粉与TPF复配粉。

1.3.2 青稞复配粉糊化特性的测定 参照GB/T 24853-2010《小麦、黑麦及其粉类和淀粉糊化特性测定 快速粘度仪法》^[11]。

1.3.3 青稞复配粉降落数值的测定 参照 GB 10361-2008《小麦、黑麦及其面粉,杜伦麦及其粗粒粉降落数值的测定 Hagberg-Perten 法》^[12]。

1.3.4 青稞复配粉沉淀值的测定 参照 GB/T 15685-2011《粮油检验 小麦沉淀指数测定 SDS 法》^[13]。

1.3.5 青稞复配粉破损淀粉的测定 参照 GB/T 31577-2015《粮油检验 小麦粉损伤淀粉测定 安培计法》^[14]。

1.3.6 青稞复配粉面团流变学特性的测定 粉质特性分析,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》^[15],拉伸特性分析,参照 GB/T 14615-2006《小麦粉 面团的物理特性 流变学特性的测定 拉伸仪法》^[16]。

1.3.7 馒头的制作 参照张慧娟等^[17]的方法,稍作改善。

1) 和面 称取 200 g 样品倒入针式和面机,加入 2 g 干酵母和适量的蒸馏水,搅拌 3 min 后取

出,放入盆中。

2) 醒发 将和好的面团放置于温度为 35 ℃,湿度为 85%的醒发箱内,醒发 1 h。

3) 分割、成型 将醒发好的面团分割成为 2 个质量大约相同的面团,分别放置在轧面机上碾轧 5 次,而后放置在案板上揉搓制成圆形馒头生坯。

4) 二次醒发 将馒头生坯放入醒发箱中,二次发酵 15 min。

5) 蒸制 将馒头生坯沸水上屉蒸制 25 min,关火 5 min 后取出,室温冷却 1 h。

1.3.8 馒头品质评价方法

1) 馒头比容的测定 小米置换法测定馒头的体积,称重后计算馒头的比容。

2) 馒头的感官评价 选择 20 名评价成员,参考 GB/T35991-2018《粮油检验 小麦粉馒头加工品质》^[18]附录 B 对馒头品质进行感官评分。由于添加量为 0%的样品馒头比容为 2.66 mL/g,因此以 2.66 mL/g 为满分。

表 1 馒头的感官评价标准

Table 1 Sensory evaluation standard of steamed bread

项目	得分	评分标准
外部	比容	20 2.66 mL/g 为满分;每少 0.1 mL/g 扣 1 分
	表面结构	15 表皮光滑:10~15 分;表面粗糙,有气泡:5~10 分
	外观形状	10 对称,饱满:5~10 分;不对称,有硬块:1~5 分
内部	内部结构	15 气孔小而均匀:8~15 分;气孔大且不均匀:1~7 分
	弹韧性	15 回复性好,有嚼劲:8~15 分;回复性差,嚼劲差:1~7 分
	黏性	10 咀嚼爽口不粘牙:5~10 分;咀嚼不爽口,发粘:1~5 分
风味	气味	15 具有麦香,无异味:8~15 分;有异味:1~7 分

3) 馒头质构的测定 将青稞馒头样品用切片仪正中竖切,测定质构时,水平放置馒头片,将馒头片中心与质构仪探头中心对准。试验参数:P/36R 探头,操作模式为压力测定,触发类型为 Auto,测试前速度 1.0 mm/s,测试中速度 0.8 mm/s,测试后速度 0.8 mm/s,测试距离 50%,气电感应力 5 g。

1.3.9 数据统计分析 试验均进行 3 次平行,结果采用 SPSS 24.0 进行数据分析与统计,并进行单因素方差分析($P < 0.05$),应用 Origin 8 软件作图。

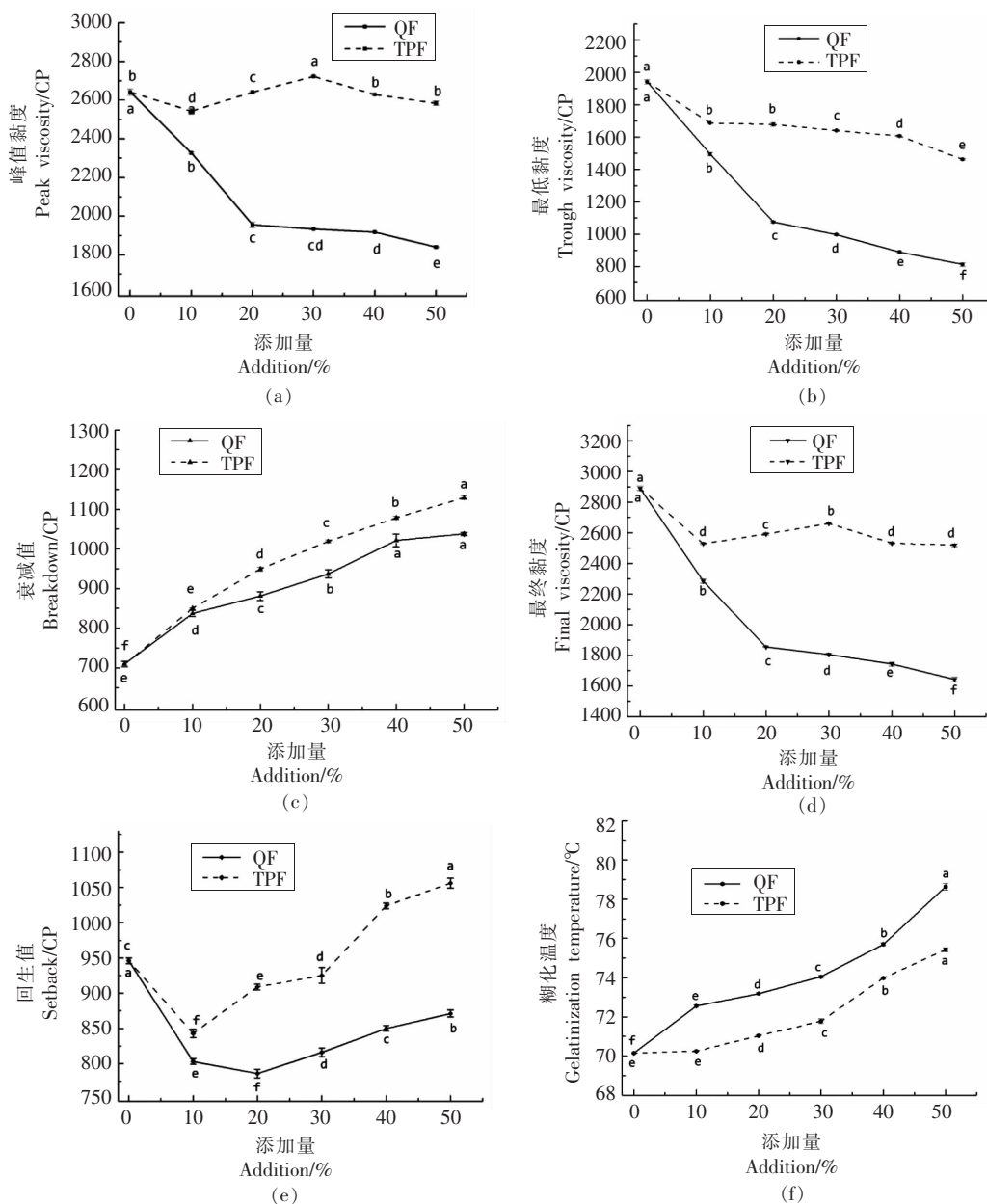
2 结果与分析

2.1 青稞粉添加量对糊化特性的影响

图 1 为青稞复配粉的糊化特性各项指标,研究不同青稞粉添加量及添加 QF 与 TPF 对其的影响。图 1a、1b、1d 中,随着 QF 添加量的增加,复配粉的峰值黏度、最低黏度、最终黏度均呈显著降低的趋势,随着 TPF 添加量的增加,峰值黏度与最终黏度呈先降低后升高,而后又降低的趋势,最低黏度显著下降,青稞粉中淀粉含量较小麦粉中的少,添加量的增加导致其抑制了淀粉的糊化膨胀过程,从而降低了各黏度值;图 1c 中衰减值随着 QF

与 TPF 添加量的增加显著上升,是由于青稞淀粉的颗粒膨胀程度小,热糊稳定性差导致^[19];回生值反映产品的老化速率,QF、TPF 复配粉的回生值则均随着其添加量的增加呈先降低后增加的趋势,图 1e 表明添加 30%以上的青稞粉后,复配粉的淀粉更容易老化^[20];图 1f 中,糊化温度的升高趋势则是由于添加青稞粉后,膳食纤维含量增加,淀粉吸

水性降低,阻碍了淀粉的膨胀与糊化。TPF 复配粉的糊化温度低于对应的 QF 复配粉,其余各黏度值均高于 QF 复配粉,是由于 QF 较 TPF 有更多的麸皮,会对糊化特性产生不利影响。总的来说,青稞粉的添加改变了复配粉的糊化特性,QF 与 TPF 的添加对其影响有所不同,而添加 TPF 后,糊化特性的各项指标优于 QF。



注:图中不同小写字母表明具有显著性差异, $P < 0.05$ 。

图 1 青稞粉添加量对糊化特性的影响

Fig.1 Effect of addition of highland barley powder on gelatinization characteristic

2.2 青稞粉添加量对降落数值的影响

如图2所示,随着 QF 添加量的增加,降落数值由 370.5 s 下降至 300.5 s,下降趋势显著,这是由于添加青稞粉后,复配粉中增加了更多的麸皮类物质,而在麸皮中, α -淀粉酶的含量更高,导致降落数值有所下降^[21];而添加 TPF 后,变化趋势为先降低后升高,甚至在添加量为 40%与 50%时,复配粉的降落数值与高筋粉无显著性差异,可能是由于 TPF 中的麸皮较 QF 少,而添加较大比例的 TPF 使得复配粉的酶活性有所降低,对粉及后续产品品质有一定益处。

2.3 青稞粉添加量对沉降值的影响

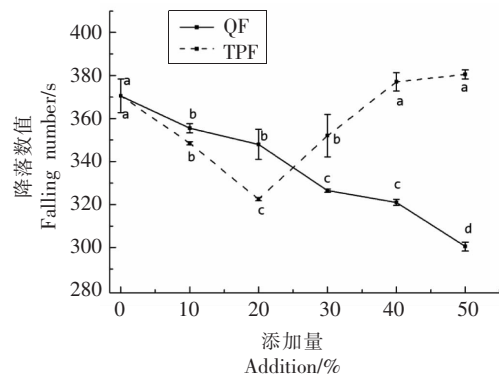
沉降值是反映粉中蛋白质质量的指标,面粉中的面筋强度与沉降值呈正相关,依据蛋白质在乳酸的作用下膨胀力不同,可以测定其面筋强度^[22]。由图3可以看出,添加量分别为 0,10%,20%的沉降值不存在显著性差异,而添加比例超过 30%后,沉降值开始显著性下降,且 QF 复配粉的沉降值总是低于 TPF。这可能是由于随着青稞粉添加量的增加,复配粉中灰分增加,且面筋蛋白含量下降,从而导致沉降值下降,而 TPF 复配粉的面筋指数高于 QF,故 QF 复配粉的沉降值总是低于 TPF。

2.4 青稞粉添加量对破损淀粉的影响

如图4可知,添加不同 QF 的复配粉中破损淀粉含量显著增加,这可能是因为青稞全粉在碾磨过程中受到的机械损伤较为严重,淀粉颗粒被破坏程度较大,因而使得复配粉中破损淀粉含量上升;而添加 TPF 的复配粉中,除 10%的添加量以外,其余样品的破损淀粉含量差异均不显著,这可能是由于脱除 10%左右的皮层后,青稞颗粒的碾磨强度减小,破碎程度降低,从而破损淀粉含量降低。高含量的破损淀粉会降低面团的耐搅拌性和发酵稳定性,对面团的加工品质产生一定影响^[23]。

2.5 青稞粉添加量对面团粉质特性的影响

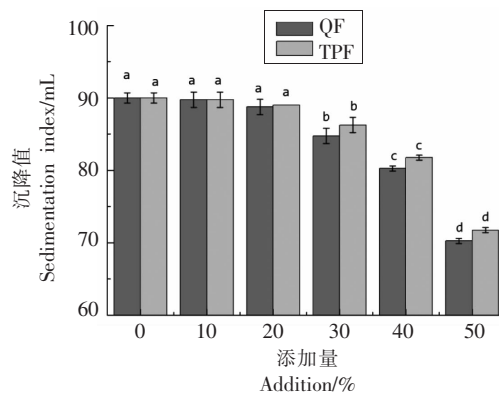
由表2可知,随着 QF 与 TPF 添加量的增加,复配粉面团的吸水率显著增加,而 QF 复配粉吸水率总大于 TPF,这是由于 QF 与 TPF 中的麸皮含量都高于小麦粉,而麸皮中含有大量的膳食纤维,具有很高的吸水能力,由 2.4 节可知,破损淀



注:图中不同小写字母表明具有显著性差异, $P<0.05$ 。

图2 青稞粉添加量对降落数值的影响

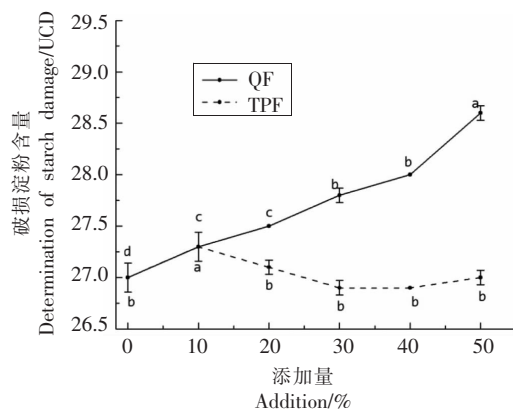
Fig.2 Effect of addition of highland barley powder on the falling number



注:图中不同小写字母表明具有显著性差异, $P<0.05$ 。

图3 青稞粉添加量对沉降值的影响

Fig.3 Effect of addition of highland barley powder on the sedimentation index



注:图中不同小写字母表明具有显著性差异, $P<0.05$ 。

图4 青稞粉添加量对破损淀粉含量的影响

Fig.4 Effect of addition of highland barley powder on the determination of starch damage

粉含量也随着青稞粉添加量的增加而增加,对吸水率的增加也有一定影响,QF 中膳食纤维与破损淀粉含量均高于 TPF,因此,添加较高比例的 QF 复配粉的吸水率高于 TPF。随着添加量的增加,QF 与 TPF 复配粉的形成时间和稳定时间均显著降低,表示复配粉面团的耐搅拌性和面筋网络结构

强度在不断降低,这是由于青稞粉中面筋蛋白含量很低,且高含量的膳食纤维也会对面筋结构起到疏松的作用^[24]。复配粉的弱化度均随添加量的增加而显著增加,也说明了面团的韧性变差,面筋变弱,不易成型,与王婷等^[25]的研究结果相同。

表 2 青稞粉添加量对面团粉质特性的影响

Table 2 Effect of addition of highland barley powder on farinograph properties

添加量/ %	吸水率/%		形成时间/min		稳定时间/min		弱化度/FU	
	QF	TPF	QF	TPF	QF	TPF	QF	TPF
0	69.7 ± 0.23 ^c	69.7 ± 0.23 ^c	18.15 ± 0.06 ^a	18.15 ± 0.06 ^a	13.98 ± 0.23 ^a	13.98 ± 0.23 ^a	47 ± 3.20 ^c	47 ± 3.20 ^c
10	69.7 ± 0.45 ^c	69.7 ± 0.11 ^c	8.33 ± 0.03 ^b	9.33 ± 0.18 ^b	11.45 ± 0.17 ^b	12.17 ± 0.13 ^b	74 ± 1.32 ^d	53 ± 2.21 ^d
20	72.5 ± 0.38 ^d	72.3 ± 0.30 ^d	7.38 ± 0.15 ^c	8.02 ± 0.13 ^c	9.15 ± 0.05 ^c	11.7 ± 0.12 ^c	91 ± 3.73 ^c	58 ± 2.20 ^c
30	75.4 ± 0.33 ^c	74.4 ± 0.43 ^c	6.92 ± 0.08 ^d	7.85 ± 0.07 ^d	8.33 ± 0.21 ^d	11.45 ± 0.04 ^d	94 ± 2.11 ^c	61 ± 0.90 ^c
40	78.5 ± 0.42 ^b	76.7 ± 0.47 ^b	6.63 ± 0.10 ^e	7.35 ± 0.05 ^e	8.24 ± 0.06 ^d	11.27 ± 0.05 ^d	104 ± 1.00 ^b	68 ± 1.12 ^b
50	81.1 ± 0.27 ^a	78.3 ± 0.51 ^a	6.6 ± 0.02 ^e	7.17 ± 0.05 ^e	7.27 ± 0.31 ^e	10.17 ± 0.12 ^e	110 ± 4.50 ^a	86 ± 2.63 ^a

注:同一列中不同字母表示具有显著性差异, $P < 0.05$ 。

2.6 青稞粉添加量对面团拉伸特性的影响

表 3 为添加 QF 与 TPF 后,不同添加比例青稞复配粉面团拉伸特性的测定结果。拉伸曲线面积与延伸度均显著下降,拉伸阻力呈先上升后下降的趋势,拉伸比值在醒发时间为 45 min 和 90

min 时呈上升趋势,而在 135 min 时先上升而后下降,总体来看,添加青稞粉使得面团的拉伸品质降低。拉伸曲线面积表示面团在拉伸时所做的功,也可以表示面团的能量,QF 与 TPF 添加量的增加,使得面团能量下降,而随着醒发时间的延长,其数

表 3 青稞粉添加量对面团拉伸特性的影响

Table 3 Effect of addition of highland barley powder on tensile properties

添加量/ %	拉伸曲线面积/cm ²			拉伸阻力/B.U.			延伸度/mm			拉伸比值/B.U.·mm ⁻¹		
	45 min	90 min	135 min	45 min	90 min	135 min	45 min	90 min	135 min	45 min	90 min	135 min
QF												
0	131 ^a	141 ^a	130 ^a	302 ^f	364 ^c	360 ^f	197 ^a	195 ^a	175 ^a	1.5 ^f	1.9 ^e	2 ^f
10	101 ^b	115 ^b	111 ^b	363 ^e	416 ^d	435 ^d	160 ^b	154 ^b	148 ^b	2.1 ^e	2.7 ^d	2.9 ^c
20	89 ^c	92 ^c	85 ^c	376 ^d	470 ^c	448 ^b	140 ^c	125 ^c	124 ^c	2.8 ^d	3.8 ^c	3.6 ^d
30	68 ^d	79 ^d	67 ^d	387 ^c	502 ^a	498 ^a	120 ^d	113 ^d	98 ^d	3.1 ^c	4.4 ^b	5.1 ^c
40	56 ^e	61 ^e	55 ^e	412 ^a	476 ^b	444 ^c	98 ^c	81 ^c	81 ^c	4.2 ^b	5.9 ^a	5.5 ^b
50	44 ^f	51 ^f	41 ^f	396 ^b	472 ^c	394 ^e	76 ^f	76 ^f	63 ^f	5.2 ^a	6.2 ^a	6.2 ^a
TPF												
0	131 ^a	141 ^a	130 ^a	302 ^f	364 ^f	360 ^f	197 ^a	195 ^a	175 ^a	1.5 ^f	1.9 ^f	2.0 ^e
10	104 ^b	121 ^b	120 ^b	329 ^e	427 ^e	450 ^d	165 ^b	158 ^b	151 ^b	2.0 ^e	2.7 ^e	3.0 ^d
20	86 ^c	98 ^c	95 ^c	413 ^d	518 ^d	560 ^c	130 ^c	122 ^c	114 ^c	3.2 ^d	4.3 ^d	4.9 ^c
30	78 ^d	88 ^d	80 ^d	454 ^b	610 ^b	610 ^a	117 ^d	103 ^d	98 ^d	3.9 ^c	5.9 ^c	6.2 ^b
40	64 ^e	68 ^e	61 ^e	478 ^a	618 ^a	604 ^b	95 ^c	85 ^c	79 ^c	5.0 ^b	7.3 ^b	7.7 ^a
50	48 ^f	57 ^f	44 ^f	446 ^c	546 ^c	396 ^c	72 ^f	72 ^f	62 ^f	6.2 ^a	7.6 ^a	6.3 ^b

注:同一列中不同字母表示具有显著性差异, $P < 0.05$ 。

值先增加后减少;拉伸阻力反映了面团的弹性和筋力强度,拉伸阻力的增加,意味着面团逐渐变硬,在制作发酵面制品的过程中,需要一定的延伸阻力来保持CO₂气体。QF复配粉的拉伸阻力随着发酵时间的延长先增加后降低,而TPF复配粉呈现不同的变化;延伸度的显著性降低说明面团的拉伸长度、可塑性变差,且随着醒发时间的延长,延伸度有下降的趋势;QF复配粉的拉伸比例随添加量的增加而显著增加,TPF复配粉的拉伸比例先增加后减小,随着醒发时间的延长,也有一定的增加。

2.7 青稞馒头的感官评定

由表4可以看出,与小麦馒头相比,青稞馒头

的比容逐渐下降,表皮也有一定的皱缩,色泽变暗,添加QF的青稞馒头色泽比添加TPF的深,这是因为添加的TPF已经脱去了部分皮层,使得青稞粉的色泽变浅,精度均上升,从而使得馒头的色泽更浅;添加青稞粉后,面筋蛋白被稀释,面团的持气性逐渐变差,结构、弹韧性等也比小麦馒头差,馒头芯中出现许多较大的气孔且分布不均;而TPF青稞馒头的各项评分与总体品质均高于QF青稞馒头。随着QF与TPF添加量的增加,馒头的比容及各项评分均显著下降,然而由于青稞独特的营养价值,QF添加量为30%以下及TPF添加量为40%以下时,评价成员对青稞馒头的接受度较高。

表4 青稞粉添加量对馒头感官品质影响

Table 4 Effect of addition of highland barley powder on the sensory property of steam bread

添加量/%	比容/分	外观形状	表面结构	弹韧性	黏性	结构	气味	总分
QF								
0	2.67/19.95 ± 0.07 ^a	14.20 ± 0.15 ^a	9.55 ± 0.31 ^a	13.60 ± 0.06 ^a	12.25 ± 0.03 ^a	9.40 ± 0.06 ^a	12.40 ± 0.21 ^a	91.35 ± 0.35 ^a
10	2.38/18.20 ± 0.14 ^b	12.35 ± 0.23 ^b	8.75 ± 0.45 ^b	12.00 ± 0.04 ^b	10.35 ± 0.56 ^b	8.75 ± 0.03 ^b	9.85 ± 0.13 ^b	80.25 ± 0.26 ^b
20	1.95/12.85 ± 0.21 ^c	9.90 ± 0.17 ^c	7.40 ± 0.17 ^c	9.30 ± 0.27 ^c	9.70 ± 0.04 ^c	7.35 ± 0.07 ^c	8.65 ± 0.16 ^c	65.15 ± 0.17 ^c
30	1.90/12.35 ± 0.21 ^c	7.25 ± 0.33 ^d	7.00 ± 0.36 ^d	8.40 ± 0.33 ^d	9.35 ± 0.07 ^c	6.15 ± 0.15 ^d	7.50 ± 0.23 ^d	58.00 ± 0.19 ^d
40	1.75/10.85 ± 0.35 ^d	5.25 ± 0.27 ^e	6.10 ± 0.04 ^e	7.85 ± 0.32 ^e	8.95 ± 0.16 ^d	5.40 ± 0.22 ^e	7.20 ± 0.25 ^e	51.60 ± 0.13 ^e
50	1.62/9.55 ± 0.21 ^e	5.05 ± 0.19 ^e	5.35 ± 0.25 ^f	7.65 ± 0.12 ^e	8.55 ± 0.19 ^e	4.60 ± 0.12 ^f	6.95 ± 0.09 ^f	47.70 ± 0.04 ^f
TPF								
0	2.67/19.95 ± 0.07 ^a	14.20 ± 0.15 ^a	9.55 ± 0.31 ^a	13.60 ± 0.06 ^a	12.25 ± 0.03 ^a	9.40 ± 0.06 ^a	12.40 ± 0.21 ^a	91.35 ± 0.35 ^a
10	2.39/18.30 ± 0 ^b	13.20 ± 0.24 ^b	9.05 ± 0.17 ^b	12.25 ± 0.04 ^b	10.85 ± 0.22 ^b	8.85 ± 0.11 ^b	9.45 ± 0.19 ^b	81.95 ± 0.21 ^b
20	2.01/13.50 ± 0.13 ^c	12.30 ± 0.05 ^c	8.65 ± 0.05 ^c	10.60 ± 0.11 ^c	10.25 ± 0.18 ^c	7.20 ± 0.01 ^c	8.85 ± 0.15 ^c	71.35 ± 0.13 ^c
30	1.94/12.80 ± 0.17 ^d	10.40 ± 0.15 ^d	8.05 ± 0.08 ^d	9.35 ± 0.07 ^d	9.45 ± 0.14 ^d	6.10 ± 0 ^d	7.50 ± 0.11 ^d	63.65 ± 0.28 ^d
40	1.85/11.85 ± 0.18 ^e	8.50 ± 0.21 ^e	7.20 ± 0.04 ^e	8.60 ± 0.15 ^e	9.05 ± 0.02 ^e	5.25 ± 0.04 ^e	7.45 ± 0.04 ^d	57.90 ± 0.07 ^e
50	1.72/10.60 ± 0.22 ^f	7.35 ± 0.26 ^f	6.50 ± 0.12 ^f	8.00 ± 0.05 ^f	8.55 ± 0.33 ^f	4.50 ± 0.32 ^f	7.35 ± 0.07 ^d	52.85 ± 0.16 ^f

注:同一列中不同字母表示具有显著性差异, $P < 0.05$ 。

2.8 青稞馒头的质构特性

由表5可以看出,随着QF与TPF添加量的增加,馒头的硬度、胶着性、咀嚼度均显著增加,弹性、内聚性、回复性均显著降低,添加青稞粉使得馒头的品质产生变化,而TPF较QF青稞馒头的变化程度低,例如:QF青稞馒头的硬度增加了4 870.33 g,而TPF增加了3 673.7 g,这是由于QF中更高含量的膳食纤维不易被酵母利用,从而使

得面团发酵延展,破坏了面团中面筋网络结构的形成,对馒头质地产生负面影响。

3 结论

1) 随着青稞粉添加量的逐渐增加,复配粉的糊化特性与理化特性有所下降,而TPF复配粉的各项指标均优于QF复配粉。

2) 随着青稞粉添加量的增加,青稞面团的粉

表 5 青稞粉添加量对馒头质构特性的影响

Table 5 Effect of addition of highland barley powder on the texture characteristics of steam bread

添加量/%	硬度/g	弹性	内聚性	胶着性	咀嚼度/g	回复性
QF						
0	1 430.75 ± 42.71 ^f	0.96 ± 0.01 ^a	0.80 ± 0 ^a	1 132.70 ± 33.98 ^f	1 085.92 ± 23.65 ^f	0.43 ± 0.01 ^a
10	2 122.51 ± 32.04 ^e	0.93 ± 0 ^b	0.78 ± 0 ^b	1 663.02 ± 21.45 ^e	1 548.71 ± 13.67 ^e	0.40 ± 0 ^b
20	3 348.07 ± 33.40 ^d	0.92 ± 0.01 ^b	0.76 ± 0.01 ^c	2 546.50 ± 40.13 ^d	2 330.28 ± 69.11 ^d	0.35 ± 0.01 ^c
30	4 179.78 ± 75.75 ^c	0.89 ± 0.01 ^c	0.75 ± 0.01 ^c	3 488.59 ± 36.51 ^c	3 260.82 ± 17.39 ^c	0.35 ± 0.01 ^c
40	5 627.39 ± 14.55 ^b	0.88 ± 0.01 ^{cd}	0.72 ± 0.02 ^d	4 071.71 ± 57.17 ^b	3 612.76 ± 24.77 ^b	0.33 ± 0.01 ^d
50	6 301.08 ± 61.70 ^a	0.87 ± 0.03 ^d	0.71 ± 0 ^d	4 464.36 ± 39.50 ^a	3 924.83 ± 41.43 ^a	0.32 ± 0 ^d
TPF						
0	1 430.75 ± 42.71 ^f	0.96 ± 0.01 ^a	0.80 ± 0 ^a	1 132.70 ± 33.98 ^f	1 085.92 ± 23.65 ^f	0.43 ± 0.01 ^a
10	2 068.32 ± 79.01 ^e	0.94 ± 0 ^b	0.79 ± 0.01 ^b	1 510.28 ± 68.89 ^e	1 432.80 ± 19.44 ^e	0.41 ± 0 ^b
20	3 105.32 ± 17.61 ^d	0.92 ± 0 ^{bc}	0.78 ± 0 ^c	1 987.97 ± 81.23 ^d	1 868.71 ± 13.46 ^d	0.39 ± 0 ^c
30	3 670.06 ± 49.03 ^c	0.92 ± 0.02 ^c	0.77 ± 0 ^c	2 578.90 ± 37.03 ^c	2 690.92 ± 58.51 ^c	0.38 ± 0.01 ^{cd}
40	4 339.10 ± 70.36 ^b	0.90 ± 0.01 ^d	0.76 ± 0 ^d	3 420.33 ± 35.30 ^b	3 318.38 ± 36.75 ^b	0.37 ± 0.01 ^{de}
50	5 104.45 ± 16.83 ^a	0.87 ± 0 ^e	0.75 ± 0 ^e	3 901.74 ± 75.61 ^a	3 737.27 ± 40.96 ^a	0.36 ± 0 ^e

注:同一列不同字母表示具有显著性差异, $P < 0.05$ 。

质特性与拉伸特性逐渐变差,面团结构逐渐变得松散,不易成形,硬度增加,弹性变差,筋力强度变弱,而 QF 较 TPF 对面团的影响更强。

3) 青稞馒头的感官品质及质构特性均随着青稞粉添加量的增加而显著下降,添加 TPF 的青稞馒头比添加 QF 的品质更好,在同一添加量下,具有更好的接受度,而且在提高营养价值的前提下,可以适度多添加一定比例的 TPF。

参 考 文 献

- [1] 张国营. 加水量对馒头品质的影响[J]. 面粉通讯, 2005(1): 31-32.
ZHANG G Y. Effect of water addition on steamed bread quality[J]. Flour Milling, 2005(1): 31-32.
- [2] 孙拥军, 彭辉, 安薪憬. 添加玉米粉对馒头品质的影响[J]. 中国农学通报, 2012, 28(3): 295-299.
SUN Y J, PENG H, AN X J. Effect of corn flour on steamed bread quality [J]. Chinese Agricultural Science Bulletin, 2012, 28(3): 295-299.
- [3] 王杰琼. 燕麦和荞麦全粉对面团特性及馒头品质影响的研究[D]. 无锡: 江南大学, 2016.
WANG J Q. Effects of oat and buckwheat flour on dough characteristics and steamed bread quality [D]. Wuxi: Jiangnan University, 2016.
- [4] 胡云峰, 王晓彬, 路敏. 高膳食纤维青稞馒头的研究[J]. 粮食与油脂, 2019, 32(5): 43-47.
HU Y F, WANG X B, LU M. Study on high dietary Fiber barley steamed bread[J]. Cereals & Oils, 2019, 32(5): 43-47.
- [5] 苗宇叶, 姚亚亚, 刘阳星月, 等. 稳定化小麦麸皮回添对小麦粉加工品质的影响[J]. 粮食与油脂, 2019, 32(9): 48-51.
MIAO Z Y, YAO Y Y, LIU Y X Y, et al. Effects of stabilized wheat bran supplementation on wheat flour processing quality[J]. Cereals & Oils, 2019, 32(9): 48-51.
- [6] 陈红. 全麦粉营养特性及其制品的研究进展[J]. 现代面粉工业, 2020, 34(1): 54-55.
CHEN H. Research progress on nutritional properties of whole wheat flour and its products[J]. Modern Flour Milling Industry, 2020, 34(1): 54-55.
- [7] 寇敏. 不同粗杂粮混合粉馒头最佳工艺配方分析[J]. 食品安全导刊, 2020(21): 128-129.
KOU M. Analysis of optimum technological formulation of mixed flour steamed bread with different coarse grains[J]. China Food Safety Magazine, 2020(21): 128-129.
- [8] HAMIT K, RYU G H, BASMAN A, et al. Effects of extrusion variables on the properties of waxy hull-less barley extrudates[J]. Nahrung Food, 2014,

- 48(1): 19-24.
- [9] TIAN M J, SONG J N, LIU P P, et al. Effects of beta glucan in highland barley on blood glucose and serum lipid in high fat-induced C57 mouse[J]. Chinese Journal of Preventive Medicine, 2013, 47(1): 55-58.
- [10] 冯格格, 余永新, 洪思慧, 等. 青稞中主要功效成分最新研究进展[J]. 农产品质量与安全, 2020(2): 82-89.
- FENG G G, SHE Y X, HONG S H, et al. Recent research progress of main functional components in highland barley[J]. Quality and Safety of Agro-Products, 2020(2): 82-89.
- [11] 中华人民共和国国家质量监督检验检疫总局, 中国国家标准化管理委员会. 小麦、黑麦及其粉类和淀粉糊化特性测定 快速粘度仪法: GB/T 24853-2010[S]. 北京: 中国标准出版社, 2010: 1-3.
- General Administration of Quality Supervision, Inspection and Quarantine of the People's Republic of China, Standardization Administration of China. General pasting method for wheat or rye flour or starch. Using the rapid visco analyzer: GB/T 24853-2010[S]. Beijing: Standards Press of China, 2010: 1-3.
- [12] 中华人民共和国国家质量监督检验检疫总局, 中国国家标准化管理委员会. 小麦、黑麦及其面粉, 杜伦麦及其粗粒粉降落数值的测定 Hagberg-Perten 法: GB/T 10361-2008[S]. 北京: 中国标准出版社, 2008: 1-6.
- General Administration of Quality Supervision, Inspection and Quarantine of the People's Republic of China, Standardization Administration of China. Wheat, rye and respective flours, durum wheat and durum wheat semolina. Determination of the falling number according to Hagberg-Perten: GB/T 10361-2008[S]. Beijing: Standards Press of China, 2008: 1-6.
- [13] 中华人民共和国国家质量监督检验检疫总局, 中国国家标准化管理委员会. 粮油检验 小麦沉淀指数测定 SDS 法: GB/T 15685-2011[S]. 北京: 中国标准出版社, 2011: 1-4.
- General Administration of Quality Supervision, Inspection and Quarantine of the People's Republic of China, Standardization Administration of China. Inspection of grain and oils. Determination of sedimentation index of wheat. SDS test: GB/T 15685-2011[S]. Beijing: Standards Press of China, 2011: 1-4.
- [14] 中华人民共和国国家质量监督检验检疫总局, 中国国家标准化管理委员会. 粮油检验 小麦粉损伤淀粉测定 安培计法: GB/T 31577-2015[S]. 北京: 中国标准出版社, 2015: 1-4.
- General Administration of Quality Supervision, Inspection and Quarantine of the People's Republic of China, Standardization Administration of China. Inspection of grain and oils. Determination of damaged starch. Amperometric method: GB/T 31577-2015[S]. Beijing: Standards Press of China, 2015: 1-4.
- [15] 中华人民共和国国家质量监督检验检疫总局, 中国国家标准化管理委员会. 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: GB/T 14614-2006[S]. 北京: 中国标准出版社, 2006: 1-6.
- General Administration of Quality Supervision, Inspection and Quarantine of the People's Republic of China, Standardization Administration of China. Wheat flour. Physical characteristics of doughs. Determination of water absorption and rheological properties using a farinograph: GB/T 14614-2006[S]. Beijing: Standards Press of China, 2006: 1-6.
- [16] 中华人民共和国国家质量监督检验检疫总局, 中国国家标准化管理委员会. 小麦粉 面团的物理特性流变学特性的测定 拉伸仪法: GB/T 14615-2006[S]. 北京: 中国标准出版社, 2006: 1-5.
- General Administration of Quality Supervision, Inspection and Quarantine of the People's Republic of China, Standardization Administration of China. Wheat flour. Physical characteristics of doughs. Determination of rheological properties using an extensograph: GB/T 14615-2006[S]. Beijing: Standards Press of China, 2006: 1-5.
- [17] 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(4): 9.
- ZHANG H J, HUANG L Y, WANG J, et al. Effects of highland barley addition on thermal mechanical properties of dough and quality of steamed bread[J]. Journal of Chinese Institute of Food Science and Technology, 2016(4): 9.
- [18] 中华人民共和国国家质量监督检验检疫总局, 中国国家标准化管理委员会. 粮油检验 小麦粉馒头加工品质评价: GB/T 35991-2018[S]. 北京: 中国标准出

- 版社, 2018: 5.
- General Administration of Quality Supervision, Inspection and Quarantine of the People's Republic of China, Standardization Administration of China. Inspection of grain and oils. Steamed buns of wheat flour processing quality evaluation: GB/T 35991-2018[S]. Beijing: Standards Press of China, 2018: 5.
- [19] TORBICA A, HADNAĐEV M, DAPČEVIĆ T. Rheological, textural and sensory properties of gluten-free bread formulations based on rice and buckwheat flour[J]. Food Hydrocolloids, 2010, 24(6): 626-632.
- [20] 郑学玲, 张玉玉, 张杰. 青稞淀粉和小麦淀粉的理化性质比较研究[J]. 中国粮油学报, 2010, 25(10): 52-56.
- ZHENG X L, ZHANG Y Y, ZHANG J. Comparative study on physicochemical properties of barley starch and wheat starch[J]. Journal of the Chinese Cereals and Oils Association, 2010, 25(10): 52-56.
- [21] 吴青兰, 江昊, 郭鑫, 等. 脱皮率对小麦粉、面团及馒头品质的影响[J]. 粮食与油脂, 2019, 32(10): 46-50.
- WU Q L, JIANG H, GUO X, et al. Effect of peeling rate on quality of wheat flour, dough and steamed bread[J]. Cereals & Oils, 2019, 32(10): 46-50.
- [22] 王崇崇. 粒度对小麦粉及面条品质特性的影响机理研究[D]. 郑州: 河南工业大学, 2018.
- WANG C C. Effect mechanism of Grain size on quality characteristics of wheat flour and noodles[D]. Zhengzhou: Henan University of Technology, 2018.
- [23] 郭颖, 刘付英, 陈国艳. 青稞全粉与中筋小麦粉复配体系品质特性研究[J]. 粮油食品科技, 2020, 28(2): 79-85.
- GUO Y, LIU F Y, CHEN G Y. Study on the quality characteristics of the combination system of barley whole flour and medium gluten wheat flour[J]. Science and Technology of Cereals, Oils and Foods, 2020, 28(2): 79-85.
- [24] 高森森. 不同出粉率对小麦粉营养组分及其蒸煮特性的影响[D]. 郑州: 河南工业大学, 2018.
- GAO S S. Effects of different yield rates on nutrient components and cooking characteristics of wheat flour[D]. Zhengzhou: Henan University of Technology, 2018.
- [25] 王婷, 李文钊, 张强. 青稞粉主要成分及其面团质构特性的研究[J]. 粮食与饲料工业, 2012(7): 41-43.
- WANG T, LI W Z, ZHANG Q. Study on main constituents of highland barley powder and texture characteristics of dough[J]. Cereal & Feed Industry, 2012(7): 41-43.

Studies on the Compound System of Highland Barley and the Quality of Steamed Bread

Zhang Yan, Chen Zhicheng*, Gong Haodi

(College of Food Science and Technology, Henan University of Technology, Zhengzhou 450001)

Abstract The gelatinization characteristics, physicochemical indexes, dough rheological properties and sensory quality and texture characteristics of steamed bread were studied after adding different proportions of highland barley whole flour (QF) and highland barley peeled flour (TPF) in high gluten wheat flour. The results show that: the addition of QF and TPF had a negative effect on the gelatinization characteristics, which made the flour more difficult to gelatinize. The falling value of QF composite powder decreased from 370.5 s to 300.5 s, but the TPF composite powder decreased at first and then increased. The sedimentation value of QF and TPF composite powder were decreased by 21.94% and 20.28%, respectively. The addition of QF increased the damaged starch from 27.0% to 28.6%, but the TPF compound powder was not changed without the additive amount of 10%. With the increase of QF and TPF, the farinograph and tensile properties of highland barley dough were significantly affected. The structure of highland barley dough gradually became loose, not easy to form, hardness increased, elasticity became poor, and muscle strength became weak. Sensory score and texture characteristics of highland barley steamed bread also showed with the increase of barley powder downward trend.

Keywords highland barley compound powder; gelatinization property; dough rheological property; steamed bread quality