

不同全麦粉替代率对冷冻馒头品质的影响研究

吴远宁^{1,2}, 叶文俊^{1,2}, 沈汪洋^{1*}, 周 坚¹, 汪丽萍^{2*}, 李晓宁²,
谭 斌², 刘艳香², 田晓红²

(1. 武汉轻工大学食品科学与工程学院, 武汉 430023;
2. 国家粮食和物资储备局科学研究院粮油加工研究所, 北京 100037)

摘 要: 目的 探讨不同全麦粉替代率对冷冻馒头品质影响的变化规律。**方法** 采用不同比例全麦粉(0、10%、20%、30%、40%、50%、60%、70%、80%、90%、100%)替代小麦粉, 测定了混合粉的湿面筋含量和流变学特性, 对比新鲜馒头, 评价全麦粉替代率对冷冻馒头外观、质构和感官品质的影响。**结果** 随全麦粉替代率增加, 面团湿面筋含量降低、吸水率增大、形成时间延长、稳定时间缩短。随全麦粉替代率的增大, 冷冻和新鲜馒头总体呈现馒头芯和馒头皮亮度下降、比容减小、硬度和咀嚼性增大、弹性和黏聚性降低、整体感官评分下降。相对于新鲜馒头, 冷冻馒头复蒸后亮度下降、比容减小、高径比增大、硬度和咀嚼性增大、感官评分下降。**结论** 全麦粉替代率 20%及以内的冷冻馒头复蒸后品质仍可较为接近新鲜小麦馒头品质。若进一步提升全麦粉替代率, 冷冻馒头复蒸后品质下降显著($P<0.05$), 有必要进一步开展品质改良研究。

关键词: 全麦粉; 冷冻馒头; 品质

Effects of different whole wheat flour substitution rates on the qualities of frozen steamed bread

WU Yuan-Ning^{1,2}, YE Wen-Jun^{1,2}, SHEN Wang-Yang^{1*}, ZHOU Jian¹, WANG Li-Ping^{2*},
LI Xiao-Ning², TAN Bin², LIU Yan-Xiang², TIAN Xiao-Hong²

(1. School of Food Science and Engineering, Wuhan University of Light Industry, Wuhan 430023, China; 2. Grain and Oil Processing Institute, Scientific Research Institute, National Grain and Material Reserve Bureau, Beijing 100037, China)

ABSTRACT: Objective To investigate the changing law of the effects of different substitution rates of whole wheat flour on the qualities of frozen steamed bread. **Methods** Different proportions of whole wheat flour (0, 10%, 20%, 30%, 40%, 50%, 60%, 70%, 80%, 90%, 100%) were used to replace wheat flour, the wet gluten content and rheological characteristics of dough were measured, compared with fresh steamed bread, the effects of whole wheat flour substitution rate on the appearance, texture and sensory quality of frozen steamed bread were evaluated. **Results** With the increase of whole wheat flour substitution rates, the wet gluten content of dough

基金项目: 中央级公益性科研院所基本科研业务费专项(ZX2018)、国家重点研发计划项目(2018YFD0401002)

Fund: Supported by the Fundamental Research Funds for Basic Scientific Research Projects of the Central Public Welfare Research Institutes of China (ZX2018), and the National Key Research and Development Program of China (2018YFD0401002)

*通信作者: 沈汪洋, 博士, 教授, 主要研究方向为食品资源开发及利用。E-mail: whwangyangshen@126.com

汪丽萍, 博士, 研究员, 主要研究方向为粮食加工与安全。E-mail: wlp@ags.ac.cn

*Corresponding author: SHEN Wang-Yang, Ph.D, Professor, Changqing Garden Campus, Wuhan Polytechnic University, Xuefu South Road, Dongxihu District, Wuhan 430023, China. E-mail: whwangyangshen@126.com

WANG Li-Ping, Ph.D, Professor, Institute of Cereal Processing Science and Technology, Academy of National Food and Strategic Reserves Administration, Beiya Garden, Beijijia Town, Changping District, Beijing 100037, China. E-mail: wlp@ags.ac.cn

decreased, the water absorption increased, the formation time increased, the stability time decreased. With the increase of whole wheat flour addition, both frozen and fresh steamed bread showed a decrease in brightness of steamed bread core and steamed bread skin, the specific volume decreased, the hardness and chewiness increased, while springiness and cohesion decreased, and the sensory score decreased. Compared with fresh steamed bread, after re-steaming frozen steamed bread, the brightness decreased, the specific volume decreased, the height diameter ratio increased, the hardness and chewiness increased, and the sensory score decreased. **Conclusion** The quality of frozen steamed bread with whole wheat flour substitution rate of 20% or less can reach the quality of fresh wheat steamed bread. If the substitution rate of whole wheat flour is further improved and the quality of frozen steamed bread decreases significantly ($P<0.05$) after re-steaming, it is necessary to further carry out quality improvement research.

KEY WORDS: whole wheat flour; frozen steamed bread; quality

0 引言

随着现代生活节奏的加快,冷冻食品的市场份额日益增大^[1]。冷冻面制品是冷冻食品中的一类,如冷冻馒头、包子、饺子、馄饨等^[2]。馒头为中国北方的传统主食,多以精制小麦粉为原料。已有的研究表明,长期食用精制谷物食品可能会引发高血压、高血脂、高血糖和肥胖症等慢性病^[3]。由于全谷物食品最大化地保留了谷物的营养,富含膳食纤维、维生素、多酚等多种生物活性物质,具有控制体重、预防心血管疾病、糖尿病和结肠癌等方面的功能,日益引起了人们的关注和喜爱^[4]。全麦粉是一种重要的全谷物食品,已有大量研究将全麦粉添加到面制品中增强其营养特性^[5],并评价其对面团特性和产品品质的影响^[6-7]。冷冻馒头能很大程度上延长馒头的货架期,适应食品工业化的需求,满足人们对方便食品的需求。但冷冻后的馒头口感变差,且冷冻馒头品种单一,营养价值较低^[8]。维持冷冻馒头原有的品质和研发高营养冷冻馒头对冷冻馒头工业化发展具有重要的意义。目前对于全麦粉添加到冷冻馒头中的研究还鲜有报道。本研究主要从馒头的外观、质构和感官品质评价不同全麦粉替代率对冷冻馒头的品质影响,以新鲜馒头为对照,比较二者间的差异,旨在为高营养价值冷冻馒头制品的加工提供依据和参考。

1 材料与方法

1.1 材料与试剂

全麦粉(新乡良润全谷物食品有限公司);富强粉(中粮面业营销管理有限公司);干酵母(安琪酵母股份有限公司)。原料粉的基本理化指标如表1。

Mixolab2 混合试验仪[肖邦实业(北京)有限公司];SP60 积分球式分光光度计(美国爱色丽 Grand Rapid 公司);TA-XTPLUS 物性仪(英国 Stable Micro System 公司);JHMZ200 和面机(北京东方孚德技术发展中心);JXFD7 醒

发箱(珠海市博恩科技有限公司);DW-40L508 低温储藏箱(青岛海尔特种电器有限公司);BCD-450ZE9N 电冰箱(合肥美菱股份有限公司);JCKZ 面团成型机(北京市东孚久恒仪器技术有限公司)。

1.2 试验方法

1.2.1 全麦粉替代面粉后混合粉的制备

小麦粉中分别加入 0、10%、20%、30%、40%、50%、60%、70%、80%、90%、100%比例的全麦粉,人工混合均匀,以备下述试验。

1.2.2 湿面筋含量测定

参照 GB/T 5506.1—2008《小麦和小麦粉 面筋含量 第1部分:手洗法测定湿面筋》测定湿面筋含量。

1.2.3 混合粉面团流变学特性的测定

参照 GB/T 37511—2019《粮油检验 小麦粉面团流变学特性测试 混合试验仪法》测定流变学特性。

1.2.4 新鲜馒头和冷冻馒头的制作

新鲜馒头制作工艺参照 GB/T 35991—2018《粮油检验 小麦粉馒头加工品质评价》。按混合粉 200 g、安琪活性干酵母 1.6 g、去离子水(根据混合粉的粉质特性测定结果,加水量为吸水率的 80%)的配方在和面机中搅拌 4 min,直至面团均匀,和好的面团在压片机面辊间距为 0.5 cm 处由上至下辊压 10 次赶气,面团切割成块(65 g)整型,醒发箱[醒发条件:湿度 85%、温度(30±1)℃]中醒发 30 min,最后蒸制 20 min 即可。馒头冷却 1 h 后进行评价分析。

馒头冷冻制作工艺参照宁娜静^[9]的方法。蒸制后的馒头自然冷却 1 h 后自封袋包装,置于-40℃冰柜中冷冻 2 h 后,于-20℃冰箱中冷藏 24 h 后取出,复蒸后冷却 1 h 后进行评价分析。

1.2.5 馒头色泽的测定

采用色度仪对馒头外部(馒头皮)和内部(馒头芯)的色泽进行测定。馒头皮即取馒头顶部,馒头芯即取馒头中心部分切片。

表 1 原料粉的基本理化指标(干基, %)
Table 1 Physical-chemical indexes of raw material powder (dry basis, %)

原料粉	水分/(g/100 g)	脂肪/(g/100 g)	灰分/(g/100 g)	淀粉/(g/100 g)	蛋白/(g/100 g)	膳食纤维/(g/100 g)
全麦粉	10.10±0.06	1.31±0.00	1.55±0.00	66.81±0.45	15.82±0.33	12.02±0.23
富强粉	13.45±0.29	0.68±0.00	0.44±0.00	76.75±0.25	16.30±0.10	3.24±0.59

1.2.6 馒头比容的测定

采用油菜籽等体积置换法测定馒头的体积。用烧杯量取 250 mL 的油菜籽, 倒出油菜籽后将馒头样品放入该烧杯, 接着将倒出的油菜籽缓缓放入, 至总体积达到 250 mL 为止, 剩余油菜籽的体积即为馒头的体积。比容为即体积和质量的比值, 单位为 mL/g。

1.2.7 馒头高径比的测定

馒头的高度和直径用游标卡尺测得, 两者的比值即为馒头的高径比。

1.2.8 馒头芯质构特性测定

馒头芯的质构特性使用质构仪测定。将冷冻后的馒头, 取中心最柔部位的, 切成 1 cm×1 cm×1 cm 的块状样品, 置于工作台上测定馒头的质构。测试程序为 TPA 二次咀嚼模式, 探头型号为 P/36R 柱形探头, 下压速率为 1 mm/s, 压缩比为 50%, 两次压缩间隔的时间为 3.00 s, 触力为 5 g。

1.2.9 馒头感官的测定

参照 GB/T 35991—2018《粮油检验 小麦粉馒头加工品质评价》的方法。评价小组由 10 名经培训的食品专业人员组成, 根据感官评价表从比容、高径比、弹性、表面色泽、表面结构、内部结构、韧性、黏性和食味这些方面对新鲜馒头和冷冻馒头进行感观评定(以小麦馒头为对照)。

1.3 数据处理与分析

所有试验至少重复 3 次。采用 Excel 2010 进行数据统计, 数据用“平均值±标准偏差”表示。用 SPSS 26 和 Origin 2018 进行数据处理和作图。

2 结果与分析

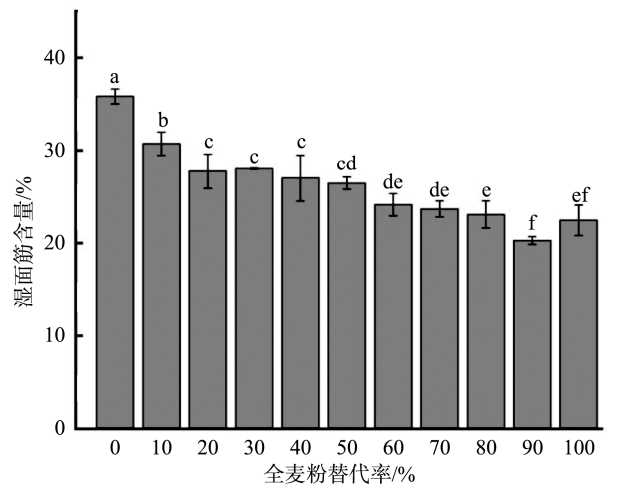
2.1 全麦粉替代率对混合粉湿面筋含量的影响

如图 1, 全麦粉替代率从 0 增加至 90%, 湿面筋含量均显著下降($P<0.05$), 从 35.82%降到 20.28%。一方面全麦粉中的蛋白含量相对小麦粉较低, 随着替代率的增加导致混合粉中小麦面筋蛋白的稀释; 另一方面, 全麦粉中麸皮膳食纤维与面粉中的面筋蛋白竞争水分, 阻碍了面筋网络结构的形成, 导致面筋含量的降低^[10-11]。

2.2 全麦粉替代率对混合粉流变学特性的影响

全麦粉替代率对混合粉流变学特性的影响结果见表 2, 当全麦粉替代率从 50%增至 100%, 面团吸水率随替代率的增大显著增加($P<0.05$), 从 63.75%增加到 65.97%。面团的稳定时间和形成时间可被用于评价面团品质, 与馒头

评分呈显著的正相关^[12-13]。面团的稳定时间与混合粉的面筋强度相关, 稳定时间越长, 表明混合粉面筋网络强, 耐搅拌力好^[14]。当全麦粉替代率在 20%及以内, 面团稳定时间均与对照组无显著差异($P>0.05$); 而当全麦粉替代率大于 20%时, 面团稳定时间从 6.78 min 缩短到 4.53 min。当全麦粉添加量较小时, 对面筋网络的破坏较小; 而随着全麦粉含量的增加, 由于蛋白相对含量减少和膳食纤维的破坏作用, 导致面团质量变差, 稳定时间缩短^[7]。面团形成时间可反映面筋网络结构的形成速度。全麦粉的添加使面团形成时间均高于小麦粉。全麦粉中的膳食纤维会与面筋蛋白之间竞争水, 阻碍了面筋网络的形成。这与上述混合粉面团面筋含量降低的结果一致。蛋白弱化度反映了面团耐机械力作用的程度, 弱化度越高, 则面团越易发生流变, 且加工性能越差。当全麦粉替代率达到 90%~100%, 弱化度为 0.66 Nm, 加工性能较差。回生值反映了面团中淀粉的老化特性, 回生值越低, 越不易老化^[15]。当全麦粉替代率从 0%增至 40%, 回生值从 0.81 Nm 增加到 1.02 Nm, 即制品更易发生回生, 当全麦粉替代率大于 40%时, 回生值下降。



注: 不同小写字母表示组间有显著差异($P<0.05$), 下同。

图 1 全麦粉替代率对混合粉湿面筋含量的影响($n=3$)

Fig.1 Effects of whole wheat flour substitution rates on wet gluten content of mixed flour ($n=3$)

2.3 全麦粉替代率对新鲜馒头和冷冻馒头复蒸色度的影响

色度是判断馒头品质的重要感官标准之一, 影响消费者对制品的评价和印象^[16]。如图 2, 馒头中全麦粉用量

表 2 全麦粉替代率对混合粉面团流变学特性的影响(n=3)
Table 2 Effects of whole wheat flour replacement rates on rheological properties of mixed flour dough (n=3)

全麦粉替代率/%	吸水率/%	形成时间/min	稳定时间/min	弱化度(C1~C2)/Nm	回生值 (C5~C4)/Nm	C4/C3
0	63.97±0.06 ^d	3.38±0.29 ^c	6.93±0.21 ^a	0.72±0.01 ^a	0.81±0.02 ^d	1.00±0.04 ^a
10	64.75±0.07 ^c	3.46±0.01 ^{dc}	7.00±0.28 ^a	0.70±0.02 ^{ab}	0.86±0.01 ^{cd}	0.98±0.03 ^{ab}
20	63.68±0.39 ^d	3.69±0.13 ^{cde}	6.78±0.61 ^{ab}	0.72±0.04 ^a	0.88±0.02 ^{bcd}	0.97±0.01 ^{abc}
30	62.50±0.00 ^f	3.93±0.13 ^{bcd}	6.05±0.07 ^{bc}	0.71±0.01 ^{ab}	0.93±0.01 ^b	0.96±0.00 ^{abcd}
40	62.00±0.00 ^e	3.68±0.01 ^{cde}	5.50±0.28 ^{cd}	0.72±0.01 ^a	1.02±0.04 ^a	1.00±0.06 ^a
50	63.75±0.07 ^d	3.87±0.12 ^{bdce}	5.50±0.28 ^{cd}	0.71±0.01 ^{ab}	0.89±0.01 ^{bcd}	0.94±0.01 ^{bcde}
60	64.85±0.21 ^c	3.64±0.16 ^{cde}	5.15±0.21 ^{de}	0.70±0.02 ^{ab}	0.87±0.03 ^{cd}	0.92±0.00 ^{cdef}
70	65.30±0.20 ^b	4.01±0.21 ^{abc}	4.73±0.61 ^{de}	0.69±0.02 ^{ab}	0.93±0.02 ^{bc}	0.92±0.01 ^{cfg}
80	65.67±0.15 ^{ab}	3.85±0.16 ^{bcde}	4.80±0.44 ^{de}	0.68±0.04 ^{ab}	0.89±0.02 ^{bcd}	0.91±0.00 ^{fig}
90	65.83±0.15 ^a	4.47±0.54 ^a	4.67±0.12 ^c	0.66±0.01 ^b	0.92±0.06 ^{bcd}	0.89±0.02 ^{gh}
100	65.97±0.25 ^a	4.25±0.00 ^{ab}	4.53±0.12 ^c	0.66±0.03 ^b	0.92±0.02 ^{bc}	0.86±0.02 ^h

注: 同列中不同字母表示差异显著($P<0.05$), 下同。C1 为稠度最大值、C2 为稠度最小值、C3 为峰值黏度、C4 为最低黏度、C5 为最终黏度。

从 0 增至 100%时, 新鲜馒头和冷冻馒头复蒸后的馒头皮、馒头芯亮皮、馒头芯的 L^* 值(亮度)下降, a^* 值(红度)和 b^* 值(蓝度)均有所升高, 即馒头芯和馒头皮的亮度减小、红度和蓝度增加。这与全麦粉本身的色泽有关, 全麦粉麸皮中富含的黄酮类物质会使馒头具有较深的色泽^[17]。相同全麦粉替代率条件下(除个别试验点外), 冷冻馒头复蒸后馒头皮和馒头芯的亮度、红度和蓝度均低于新鲜馒头; 馒头皮的色度变化幅度大于馒头芯。在冷冻冷藏过程中, 馒头中水形成冰晶, 冰晶再结晶形成更大的冰晶, 对面团产生了机械损伤, 馒头表皮出现皱缩和塌坑, 从而导致复蒸后的馒头色度变差^[18]。

2.4 全麦粉替代率对新鲜馒头和冷冻馒头复蒸比容和高径比的影响

馒头的比容是酵母菌产气性和面筋强度共同作用的结果^[19]。比容的大小被用来反映粉质量的好坏, 比容越大, 则制得面食品膨松度好, 口感松软^[20]。如图 3, 新鲜馒头和冷冻馒头全麦粉替代率分别在 20%和 10%及以内, 馒头的比容无显著变化($P>0.05$), 当替代率分别高于 20%和 10%, 全麦馒头的比容开始大幅降低。全麦粉替代率从 0%增至 100%, 新鲜馒头比容从 2.67 mL/g 下降到了 1.39 mL/g; 冷冻馒头复蒸后的比容从 2.58 mL/g 下降到 1.20 mL/g。这可能与全麦粉限制了酵母发酵, 并减弱了包裹气体的面筋网络结构有关, 使馒头在制作过程中面筋蛋白未能充分舒展, 面团体积在蒸制过程中未完全膨胀, 从而导致全麦馒头体积逐渐缩小^[21]。这与李雪杰等^[22]的研究结果一致。不同全麦粉替代率新鲜馒头的高径比范围为 0.59~0.67; 冷冻馒头复蒸后的高径比范围为 0.63~0.72。当全麦粉替代率在 30%

及以内, 其高径比无显著差异($P>0.05$); 当全麦粉替代率在 20%及以内, 冷冻馒头复蒸后的高径比无显著差异($P>0.05$), 当全麦粉替代率大于 20%时, 高径比开始小幅增大, 而 50%和 70%的高径比有所下降。有研究发现, 馒头的蒸制过程中, 竖直方向和横向方向均匀增长, 高径比基本保持不变^[23]。而随全麦粉含量的增加, 馒头本身发酵受到了抑制, 酵母产气能力和面团持气力受阻, 馒头的横向扩张受阻, 故馒头的高径比增加。冷冻使不同全麦粉替代率馒头复蒸后比容下降, 而高径比增大。可能是由于馒头在冷冻过程中水分重结晶, 导致面团持水力下降, 面筋强度降低; 酵母在低温下活性损伤, 产气能力下降且受损的酵母可能释放还原性物质(谷胱甘肽等), 削弱面筋网络结构^[24]。因此, 冷冻馒头复蒸过程中体积增长受到了限制, 且横向扩张受阻。

2.5 全麦粉替代率对新鲜馒头和冷冻馒头复蒸质构的影响

馒头芯的硬度与弹性会对馒头的综合品质影响较大, 一般硬度和咀嚼性与馒头品质负相关, 而弹性和黏聚性则与馒头品质正相关^[25]。如图 4, 全麦粉替代率从 0 增至 100%, 新鲜馒头硬度从 452.06 g 增加到 1820.30 g, 咀嚼性从 366.83 增加到 1183.81, 弹性从 95.51%降低到 84.67%, 黏聚性从 0.85 降低到 0.73; 冷冻馒头复蒸后硬度从 458.33 g 增加到 2050.60 g, 咀嚼性从 376.36 增加到 1367.28, 弹性从 97.2%降低到 87.52%, 黏聚性从 0.85 降低到 0.76。一般认为这种劣变作用主要还是因为全麦粉的加入对面筋蛋白的稀释, 导致面团不能形成较好的三维面筋网络而包裹淀粉。这与王杰琼^[17]和张纷等^[12]的研究一致, 全麦替代率的增加会使馒头芯的硬度增大, 弹性减小。冷冻后的馒头的硬度和

咀嚼性增大。冷冻和冷冻储存过程中形成的冰晶导致谷蛋白解聚, 谷蛋白-麦醇溶蛋白相互作用减少^[26], 破坏了谷蛋白聚合体间的二硫键, 同时其结构从 β -转角和 α -螺旋转变为 β -折叠^[27]。全麦粉替代率在30%及以内时, 冷冻对全麦馒头质构的影响弱于高全麦粉替代率(40%~100%)的馒头。可能是由于全麦粉由于含有膳食纤维, 膳食纤维一方面破坏了面筋网络的形成; 而另一方面, 膳食纤维具有较好的吸水性, 增强了面团的持水性^[28], 因此, 在较低全麦粉含量的情况下, 对冷冻馒头品质下降有一定阻碍作用。

2.6 全麦粉替代率对新鲜馒头和冷冻馒头复蒸感官评价的影响

不同全麦粉替代率对馒头有口感、外观等产生了不同程度的影响。如图5, 全麦粉替代率从0增至100%, 新鲜

馒头感官评分从92.99下降到52.92。当全麦粉替代率为20%及以内时, 馒头的外观、内部结构、风味都比较好; 当超过20%时, 馒头的感官评分开始大幅下降, 评分均低于80; 未超过40%时, 馒头的感官评分仍有72.25, 受喜爱程度较高, 而冷冻馒头复蒸后在30%全麦粉替代率时感官评价总分只有69.97; 在50%~100%的情况下, 馒头表皮呈深黄棕色, 馒头硬度大, 咀嚼时能感到明显的颗粒, 切割时出现掉渣的现象。随全麦粉替代率的增加, 冷冻馒头复蒸感官评分从85.14下降到51.33, 当替代率超过20%时, 感官评分降到70以下。总的来说, 馒头经冷冻和冷冻储藏, 馒头外观方面, 馒头芯和馒头皮色度下降, 馒头比容减小, 高径比增大; 馒头的质地方面, 馒头芯的硬度和咀嚼性增加^[29]。馒头的感官质地因冷冻和冷藏而降低^[30-31]。

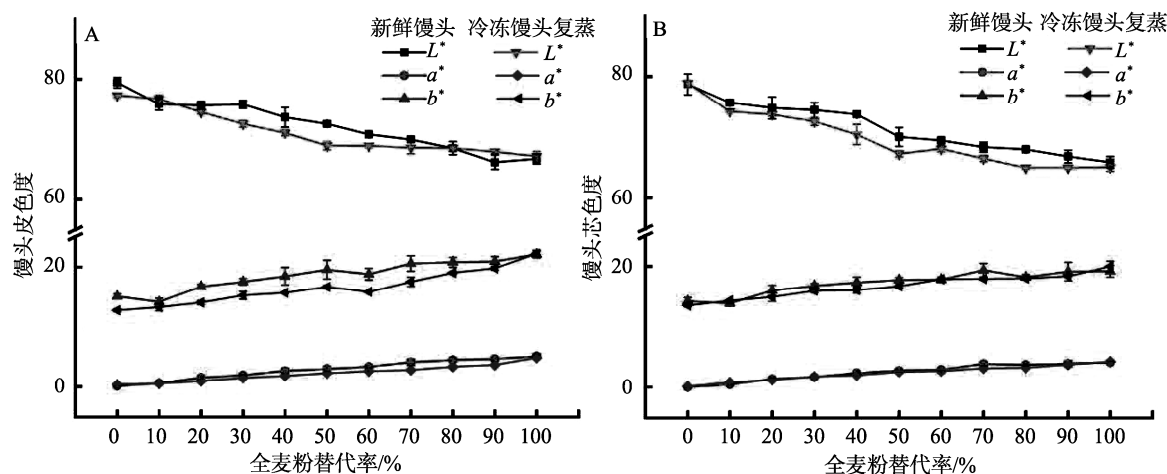


图2 全麦粉替代率对新鲜馒头和冷冻馒头复蒸后的馒头皮(A)和馒头芯(B)色度的影响($n=3$)

Fig.2 Effects of whole wheat flour substitution rates on the color of fresh steamed bread and re-steaming of frozen steamed bread ($n=3$)

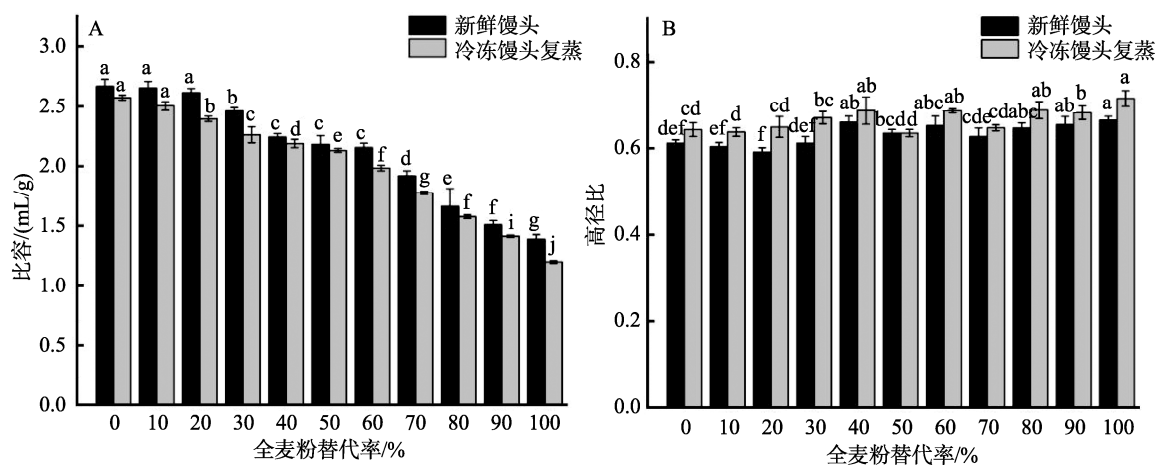
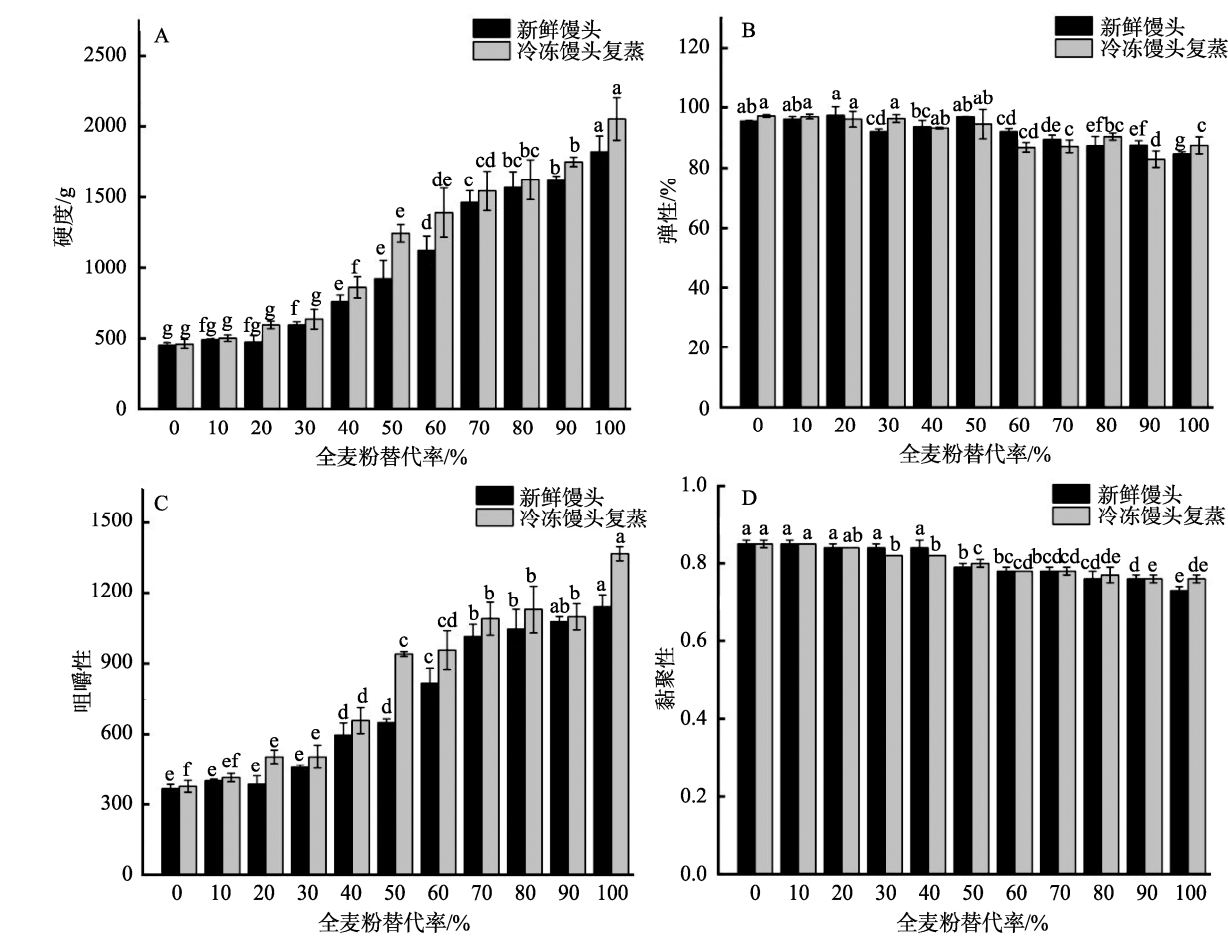


图3 全麦粉替代率对新鲜馒头和冷冻馒头复蒸比容(A)和高径比(B)的影响($n=3$)

Fig.3 Effects of whole wheat flour substitution rates on the specific volumes and height-diameter ratios of fresh steamed bread and re-steaming of frozen steamed bread ($n=3$)



注: A~D 分别为全麦粉替代率对新鲜馒头和冷冻馒头复蒸硬度、弹性、咀嚼性和黏聚性的影响。

图 4 全麦粉替代率对新鲜馒头和冷冻馒头复蒸质构的影响(n=3)

Fig.4 Effects of whole wheat flour substitution rates on texture of fresh steamed bread and re-steaming of frozen steamed bread (n=3)

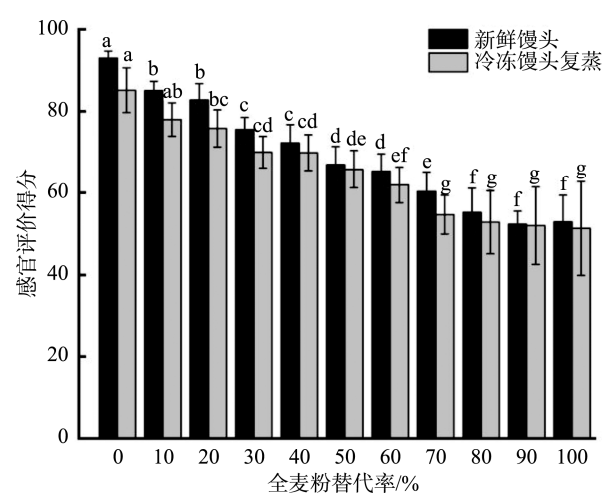


图 5 全麦粉替代率对新鲜馒头和冷冻馒头复蒸感官评价的影响 (n=10)

Fig.5 Effects of whole wheat flour substitution rates on sensory evaluations of fresh steamed bread and re-steaming of frozen steamed bread (n=10)

3 结 论

通过对不同全麦粉替代率的混合粉的湿面筋含量和流变学特性进行研究,并结合馒头的色度、比容、高径比、质构和感官评价,对比不同全麦粉替代率对新鲜馒头及冷冻馒头复蒸后的品质的影响。随全麦粉替代率的增加,面团的面筋网络结构遭到破坏,面团质量变差,表现为吸水率增大、形成时间延长、稳定时间缩短。新鲜馒头和冷冻馒头全麦粉替代率分别在 20%和 10%及以内比容变化不显著;全麦粉替代率均在 30%及以内的馒头硬度和咀嚼性变化不显著;新鲜馒头全麦粉替代率在 40%时,感官评分还有 72.25,而冷冻馒头在 30%时感官评价总分只有 69.97。结果表明随全麦粉替代率的增加,馒头品质总体呈下降的趋势。与新鲜馒头相比,冷冻馒头复蒸后的品质下降。全麦粉替代率 20%及以内的冷冻馒头其品质接近新鲜小麦馒头品质。若进一步提升全麦粉替代率,冷冻馒头复蒸后品质下降,有必要进一步开展品质改良研究。

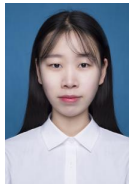
参考文献

- [1] ZHU F. Frozen steamed breads and boiled noodles: Quality affected by ingredients and processing [J]. Food Chem, 2021, 349: 129178.
- [2] 汪星星, 余小林, 胡卓炎, 等. 冷冻面制品的研究现状及改良进展[J]. 粮食与油脂, 2015, 28(7): 5–8.
WANG XX, YU XL, HU ZY, *et al.* Research status and improvement advance on the frozen flour product [J]. Cere Oils, 2015, 28(7): 5–8.
- [3] 符加珂, 李海峰, 胡双, 等. 功能性馒头研究进展[J]. 食品工业科技, 2020, 41(15): 352–356.
FU JK, LI HF, HU S, *et al.* Research progress of functional steamed bread [J]. Food Ind Sci Technol, 2020, 41(15): 352–356.
- [4] 查雅婷. 全谷物食品的营养与产品开发[J]. 食品安全导刊, 2019, 252(27): 69.
CHA YT. Nutrition and product development of whole grain foods [J]. China Food Saf Magaz, 2019, 252(27): 69.
- [5] 袁佐云. 全麦粉抗氧化特性及全麦馒头品质改良研究[D]. 北京: 中国农业科学院, 2016.
YUAN ZY. Antioxidant properties of whole wheat flour and quality improvement of whole wheat steamed bread [D]. Beijing: Chinese Academy of Agricultural Sciences, 2016.
- [6] 郝建宇, 王敏, 曹勇, 等. 麸皮的添加比例对全麦粉流变学特性的影响[J]. 粮油食品科技, 2019, 27(5): 10–13.
HAO JY, WANG M, CAO Y, *et al.* The effect of adding proportion of bran on the rheological properties of whole wheat flour [J]. Sci Technol Cere Oils Foods, 2019, 27(5): 10–13.
- [7] 姬翔. 全麦粉对面粉及面条品质的影响[D]. 郑州: 河南工业大学, 2019.
JI X. The effect of whole wheat flour on the quality of flour and noodles [D]. Zhengzhou: Henan University of Technology, 2019.
- [8] 王春霞. 冷冻馒头的微波加热研究[D]. 上海: 上海理工大学, 2011.
WANG CX. Microwave heating of frozen steamed bread [D]. Shanghai: University of Shanghai for Science and Technology, 2011.
- [9] 宁娜静. 冷冻面团馒头制作关键工艺及品质改良研究[D]. 郑州: 河南工业大学, 2011.
NING NJ. Research on the key technology and quality improvement of frozen dough steamed buns [D]. Zhengzhou: Henan University of Technology, 2011.
- [10] 焦婷婷. 马铃薯全粉冷冻熟制烩面工艺研究[D]. 郑州: 河南工业大学, 2018.
JIAO TT. Study on the technology of frozen cooked noodles made with whole potato flour [D]. Zhengzhou: Henan University of Technology, 2018.
- [11] 安兆鹏, 王然, 赵文哲, 等. 小麦麸皮对面团及面筋蛋白特性的影响[J]. 食品研究与开发, 2018, 39(9): 11–17.
AN ZP, WANG R, ZHAO WZ, *et al.* The effect of wheat bran on dough and gluten properties [J]. Food Res Dev, 2018, 39(9): 11–17.
- [12] 张纷, 赵亮, 靖卓, 等. 藜麦-小麦混合粉面团特性及藜麦馒头加工工艺[J]. 食品科学, 2019, 40(14): 323–332.
ZHANG F, ZHAO L, JING Z, *et al.* Dough characteristics of quinoa-wheat composite flour and optimization of mantou processing [J]. Food Sci, 2019, 40(14): 323–332.
- [13] 卢晓花. 配粉对小麦面粉加工特性的影响[D]. 兰州: 甘肃农业大学, 2011.
LU XH. The effect of flour blending on the processing characteristics of wheat flour [D]. Lanzhou: Gansu Agricultural University, 2011.
- [14] 张庆霞, 谢海燕, 王晓曦. 小麦粉品质与北方馒头品质关系的研究[J]. 粮食加工, 2013, 38(4): 12–16.
ZHANG QX, XIE HY, WANG XX. Study on the relationship between wheat flour quality and northern steamed bread quality [J]. Grain Process, 2013, 38(4): 12–16.
- [15] 崔明敏, 李芳, 刘英. 燕麦-小麦预混和面条粉流变学特性研究[J]. 粮食加工, 2015, 40(1): 38–42.
CUI MM, LI F, LIU Y. Study on rheological properties of oat wheat premixed noodle powder [J]. Grain Process, 2015, 40(1): 38–42.
- [16] 马畅. 马铃薯全粉/小麦粉面团特性及馒头品质研究与改良[D]. 沈阳: 沈阳师范大学, 2021.
MA C. Study and improvement on characteristics of potato flour/wheat flour dough and quality of steamed bread [D]. Shenyang: Shenyang Normal University, 2021.
- [17] 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 JQ. Study on the effects of whole oat and buckwheat flour on dough characteristics and steamed bread quality [D]. Wuxi: Jiangnan University, 2016.
- [18] 陈颖, 李青. 预发酵对冷冻面团成品色度影响的研究[J]. 河南工业大学学报(自然科学版), 2010, 31(3): 38–40.
CHEN Y, LI Q. Study on the effect of pre-fermentation on the chromaticity of frozen dough products [J]. J Henan Univ Technol (Nat Sci Ed), 2010, 31(3): 38–40.
- [19] 张庆. 植物乳杆菌燕麦酸面团发酵过程及其面包烘焙特性研究[D]. 无锡: 江南大学, 2012.
ZHANG Q. Study on fermentation process and bread baking characteristics of oat sour dough with *Lactobacillus plantarum* [D]. Wuxi: Jiangnan University, 2012.
- [20] 李昌文, 刘延奇. 膨松剂对自发粉馒头品质的影响[J]. 粮食与饲料工业, 2007, (8): 12–13.
LI CW, LIU YQ. Effect of bulking agent on the quality of self flour steamed bread [J]. Cere Feed Ind, 2007, (8): 12–13.
- [21] 杨双. 蛋白交联对荞麦馒头品质的影响及作用机制[D]. 无锡: 江南大学, 2018.
YANG S. Effect of protein crosslinking on the quality of buckwheat steamed bread and its mechanism [D]. Wuxi: Jiangnan University, 2018.
- [22] 李雪杰, 张剑, 郑文刚, 等. 小麦麸皮挤压加工对全麦粉面团及馒头的影响[J]. 食品与发酵工业, 2020, 46(5): 181–187.
LI XJ, ZHANG J, ZHENG WG, *et al.* Effects of wheat bran extrusion on whole wheat flour dough and steamed bread [J]. Food Ferment Ind, 2020, 46(5): 181–187.
- [23] 冷进松, 刘长虹, 戴媛. 馒头在蒸制和蒸烤过程中理化及微生物指标的变化[J]. 食品工业科技, 2007, (5): 57–59.
LENG JS, LIU CH, DAI Y. Changes of physical, chemical and microbial indexes of steamed bread during steaming and baking [J]. Food Ind Sci Technol, 2007, (5): 57–59.
- [24] 张洁, 张焜, 苏彤, 等. 冷冻面团馒头品质改良研究进展[J]. 现代面粉工业, 2020, 34(3): 16–19.
ZHANG J, ZHANG W, SU T, *et al.* Research progress on quality

- improvement of frozen dough steamed bread [J]. *Mod Flour Ind*, 2020, 34(3): 16–19.
- [25] 付苗苗. 面粉中淀粉及其组分对馒头质构特性影响的研究[J]. *食品研究与开发*, 2015, 36(9): 20–23.
- FU MM. Study on the effects of starch and its components in flour on the texture characteristics of steamed bread [J]. *Food Res Dev*, 2015, 36(9): 20–23.
- [26] WANG P, JIN Z, XU X. Physicochemical alterations of wheat gluten proteins upon dough formation and frozen storage-A review from gluten, glutenin and gliadin perspectives [J]. *Trends Food Sci Technol*, 2015, 46(2): 189–198.
- [27] 黄桂东, 黄伟志, 冯结铎, 等. 冻藏时间对冷冻面团馒头品质的影响[J]. *现代食品科技*, 2018, 34(8): 44–51.
- HUANG GD, HUANG WZ, FENG JH, *et al*. Effect of frozen storage time on the quality of frozen dough steamed bread [J]. *Mod Food Sci Technol*, 2018, 34(8): 44–51.
- [28] 王崇崇, 马森, 王晓曦, 等. 小麦麸皮膳食纤维对冷冻面团及馒头品质的影响研究[J]. *粮食与油脂*, 2017, 30(5): 45–49.
- WANG CC, MA S, WANG XX, *et al*. Study on the effect of wheat bran dietary fiber on the quality of frozen dough and steamed bread [J]. *Cere Oils*, 2017, 30(5): 45–49.
- [29] 任顺成, 马瑞萍, 韩素云. 木聚糖酶对冷冻面团和馒头品质的影响[J]. *中国粮油学报*, 2013, 28(12): 17–22.
- REN SC, MA RP, HAN SY. Effect of xylanase on the quality of frozen dough and steamed bread [J]. *Sci Technol Cere Oils Foods*, 2013, 28(12): 17–22.
- [30] 范会平, 李瑞, 郑学玲, 等. 酵母对冷冻面团发酵特性及馒头品质的影响[J]. *农业工程学报*, 2016, 32(20): 298–305.
- FAN HP, LI R, ZHENG XL, *et al*. Effects of yeast on fermentation characteristics of frozen dough and quality of steamed bread [J]. *Trans Chin Soc Agric Eng*, 2016, 32(20): 298–305.
- [31] LIU M, LIU X, LI Y. Soybean peptides' cry protective effects on *Saccharomyces cerevisiae* fermenting power in frozen dough and maintenance of the Chinese steamed bread qualities [J]. *J Food Process Pres*, 2020, 44(8): 1–9.

(责任编辑: 郑 丽 张晓寒)

作者简介



吴远宁, 硕士研究生, 主要研究方向为食品资源开发及应用。

E-mail: 18934607721@163.com



沈汪洋, 博士, 教授, 主要研究方向为食品资源开发及应用。

E-mail: whwangyangshen@126.com



汪丽萍, 博士, 研究员, 主要研究方向为粮食加工与安全。

E-mail: wlp@ags.ac.cn