

复配泡打粉对冷冻面团和速冻馒头品质的影响

张 印¹, 赵 迪¹, 郭璐楠¹, 吴凤凤¹, 徐学明^{*1,2}

(1. 江南大学 食品学院,江苏 无锡 214122;2. 食品科学与技术国家重点实验室,江南大学,江苏 无锡 214122)

摘要:以玉米淀粉、碳酸氢钠、碳酸钙、磷酸二氢钙、焦磷酸钠、葡萄糖酸内酯等为原料复配了3种泡打粉,测定其pH值等基本性质,研究了3种复配泡打粉对冷冻面团发酵流变学性质、拉伸特性和速冻馒头比容、质构、色度等品质的影响。实验结果表明,3种复配泡打粉均能改善面团冷冻前后发酵流变学性质,增加面团产气量,同时在一定程度也改善了面团拉伸特性,具有一定增筋作用。比容、质构、色度的测定结果显示,复配泡打粉对冷冻2月的馒头比容增加明显,分别增加了3.12%、22.21%、11.26%;无论冷冻前后,添加泡打粉较之空白组,馒头硬度明显减小,弹性明显增加。添加复配泡打粉的馒头亮度下降,黄色增加,冷冻前后变化较小,肉眼不易观察。综合比较,复配泡打粉配方为碳酸氢钠32.7%、玉米淀粉16%、碳酸钙4%、焦磷酸钠47.3%(均为质量分数),对改善冷冻面团和速冻馒头品质效果最佳。

关键词:复配泡打粉;面团发酵流变;拉伸特性;冷冻面团;速冻馒头

中图分类号:TS 232 文献标志码:A 文章编号:1673-1689(2017)10-1040-07

Effect of Compounded Baking Powder on Frozen Dough and Chinese Steamed Bread

ZHANG Yin¹, ZHAO Di¹, GUO Lunan¹, WU Fengfeng¹, XU Xueming^{*1,2}

(1. School of Food Science and Technology, Jiangnan University, Wuxi 214112, China; 2. State Key Laboratory of Food Science and Technology, Wuxi 214122, China)

Abstract: The text compounded 3 kinds of baking powder based on Sodium bicarbonate, corn starch, calcium carbonate and sodium pyrophosphate as raw material. Our study focused on researching its basic properties and its effect on rheological properties, tensile properties of frozen dough and specific volume, texture, color of quick-frozen steamed bread when adding 3‰. The results showed that these 3 kinds of baking powder could improve the rheological properties of dough before and after freezing, and the total gas volume of VT was greatly increased. To some extent, the tensile resistance increased, and the tensile properties of dough were improved. And the results of specific volume, texture, color showed, for frozen steamed bread of 2 months, the specific volume increased significantly compared with blank group, respectively increasing 3.12% and 22.21%, 11.26%. Both before and after freezing, add baking powder made hardness decrease

收稿日期: 2015-09-29

基金项目: 国家自然科学基金项目(31471584); 国家“十二五”科技支撑计划项目(2012BAD37B06)。

* 通信作者: 徐学明(1968—),男,江苏苏州人,工学博士,教授,主要从事食品组分与物性研究。E-mail: xmxu@jiangnan.edu.cn

引用本文: 张印,赵迪,郭璐楠,等. 复配泡打粉对冷冻面团和速冻馒头品质的影响[J]. 食品与生物技术学报,2017,36(10):1040-1046.

obviously and springiness increase significantly. Besides, they also had an obvious effect on color of steamed bread, decreasing in brightness and increasing in yellow. And among the change of color before and after freezing, compound-2 and compound-3 were so small that it was not easy to observe with naked eye. On the whole, the effect of compound-2 is the best among the 3 kinds of compounded baking powder. And its formula is listed as below: Sodium bicarbonate: corn starch: calcium carbonate: sodium pyrophosphate=32.7%:16%:4%:47.3%。

Keywords: compounded baking powder, rheological property, extensible property, frozen dough, steamed bread

冷冻面团技术^[1]是 20 世纪 50 年代发展起来的新型食品加工技术,具有节约成本和劳动力,产品质量易标准化、规模化,消费者能随时吃到新鲜面包等优点。近年来,一些馒头厂开始应用冷冻面团技术实行连锁经营模式,发展前景良好。

然而,冷冻面团制作出的馒头总体品质随面团冻藏期间延长逐渐下降^[2-3],表现为比容变小、质构变差、感官品质降低。这种品质劣变主要归结于两个因素^[4]:一是冷冻过程酵母活性下降,产气能力降低。第二是面筋筋力破坏,持气能力下降。近年来,为解决上述问题,国内外学者进行了一系列研究。日本钟渊株式会社用两倍体的初始酵母菌株进行杂交育种,在第三代杂交菌株中发现了 KKK47,具有良好的抗冻性^[5]。曲敏等^[6]以“肇东”紫花苜蓿干草为原料,利用磷酸盐缓冲溶液法提取一种冰结构蛋白——苜蓿蛋白,能够抑制冰晶生长,具有很好的抗冻活性,能改善质构等性质。徐云峰等^[7]以质量比 2:1 复配大豆磷脂和蔗糖酯处理酵母并应用到冷冻面团体系,发现能够大大缩短醒发时间改善面团品质。Shon 等^[8]发现乳清蛋白和海藻酸钠混合能增大冷冻面团制作面包的比容、质构和感官品质。这些研究均集中于改善酵母活性以提高酵母产气能力,调整面团物性以降低面筋在冻藏中的筋力破坏程度,而对添加泡打粉这种化学产气物质以弥补冷冻面团中酵母产气不足的方法研究很少。

泡打粉是一种常见的膨松剂^[9],由酸性物质、碱性物质、填充物等组成,酸性物质和碱性物质接触水便发生化学反应产气,常温下释放一部分气体,温度升高继续反应产气^[10]。泡打粉是化学反应产气,受低温影响较小,适用于冷冻面团体系。目前,对泡打粉研究主要集中在复配泡打粉应用到蛋糕、油条等。但在冷冻面团体系中的研究鲜有报道。

作者将复配 3 种泡打粉分别添加到冷冻面团中,研究其对面团发酵流变特性和拉伸特性的影响,以期改善酵母产气能力下降的问题,并进一步研究其对成品馒头的比容、质构、色度的影响。期望为采用复配泡打粉改善冷冻面团和速冻馒头品质提供参考。

1 材料与方法

1.1 主要材料

中筋粉:潍坊风筝面粉有限责任公司产品;活性干酵母:安琪酵母股份有限公司产品。

1.2 主要实验仪器与设备

数显电子天平:AB104-N,上海梅特勒-托利多仪器有限公司产品;和面机(SM-25)、醒发箱(SM-32S 型)、切片机(SM-302):新麦机械有限公司产品;发酵流变测定仪:RHEO F3,法国肖邦技术公司产品;拉伸仪:德国 Brabender 公司产品;物性仪:TA.XTPlus,英国 SMS 公司产品;高精度分光测色仪:UltraScan Pro1166,美国 Hunterlab 公司产品。

1.3 实验方法

1.3.1 泡打粉复配及基本性质测定 将碳酸氢钠、玉米淀粉、碳酸钙、磷酸二氢钙、焦磷酸钠、葡萄糖 δ 内酯根据酸性物质的中和值以一定比例混合,复配出 3 种泡打粉,3 种泡打粉在面粉中的添加比例均为质量分数 0.3%^[11-12]。

泡打粉 pH:称取(1.00±0.01) g 复配泡打粉置于 250 mL 烧杯中,加入 100 mL 无 CO₂ 水,盖上表面皿,置于沸水浴中保温 1 h,快速冷却至室温,用 pH 计测定此时溶液的 pH。测定 3 次平行。两次测定绝对值不大于 0.3。

面团 pH:取样品 20 g,加 180 mL 煮沸过的双重蒸馏水溶解,中速振荡 30 min,4 000 r/min 离心

20 min 后取上清液,用 pH 计测 pH 值。

加热减量:称取样品约 5 g,置于 105 ℃烘箱干燥至质量恒定的称量瓶中,精确至 0.000 2 g,移入 60 ℃烘箱干燥 2 h,并于干燥器中冷冻至室温称量。测定 2 次平行,绝对差值不大于 0.1%。

泡打粉稳定性:复配 3 种泡打粉,在自封袋中精确称取 2.000 0 g,每隔 3 天称重,测定 3 次平行。

1.3.2 冷冻面团及馒头制作 冷冻面团制备:按照中筋粉 100%,水 50%,酵母 0.6%,复配泡打粉 0.3% (均为质量分数)比例称量,酵母溶解在 35 ℃水中,和面机和面,将面团调制至面筋扩展完成阶段,静置 10 min,压面机压面,分割成 80 g/个,滚圆即可。将制备好的面团用保鲜膜封好并放置在-34 ℃冰箱存放 3 h 使面团中心温度达到-18 ℃,然后放在-18 ℃的冰箱内储存。

馒头制作:将制备好的新鲜面团放置在铺有纱布的蒸笼篦子上于醒发箱 37 ℃,相对湿度 83%醒发 40 min,最后冷水蒸制 30 min。对于冷冻不同周期的面团,先 37 ℃,相对湿度 75%解冻醒发 60 min,然后冷水蒸制 30 min。

1.3.3 发酵流变性质测定 面团制作好后保鲜膜密封,立即用 F3 流变发酵测定仪测定。冷冻面团在 25 ℃,相对湿度 75%下解冻 60 min 至面团变软后放入 F3 发酵篮中测定。设定实验条件:实验温度 38 ℃,样品质量 150 g,样品上质量 2 kg 的标准活塞,测试周期 3 h,每个样品至少重复两次操作^[2,13]。

1.3.4 面团拉伸性质 参照 GB/T14615—2006 进行,加 6 g 氯化钠,粉质仪先搅拌 5 min 剪取两个 150 g,放置拉伸仪中醒发 45 min、90 min 和 135 min 测定拉伸曲线。冷冻 2 个月的面团在 30 ℃相对湿度 75%下解冻,当中心温度达到 30 ℃时,将面团条置于托架上,进行拉伸^[14]。

1.3.5 比容测定 蒸制好的馒头冷却 1 h 后,随机取出 4 个馒头,分别称质量,精确到 0.1 g。小米置换法分别测定馒头的体积,精确到 5 mL。

1.3.6 质构测定 馒头蒸制后在室温下冷却 1 h,将馒头在切片机下切成厚度为 10.0 mm 的均匀薄片,选取最中间两片,对其中心位置进行测定。选用 P/25 探头,测定前速度 3.0 mm/s,测定速度 1.0 mm/s,测定后速度 5.0 mm/s,压缩形变 40%。感应力 5 g,两次压缩间隔时间 5 s。测定 4 个平行^[13]。

1.3.7 色度测定 馒头蒸制后室温下冷却 1 h,使

用高精度分光测色仪测定,其中,测定光源 D65,色空间选用 L, a, b 。每个样品平行测定 4 次。结果取平均。 ΔE 表示两对应颜色的差,计算公式如下:

$$\Delta E = \sqrt{(\Delta L)^2 + (\Delta a)^2 + (\Delta b)^2}$$

1.4 数据处理

所有实验结果的差异显著性分析用 SPSS18.0 软件进行,图形则用 Origin 8.5 软件分析,差异显著性定义为 $p < 0.05$ 。

2 结果与讨论

2.1 复配泡打粉基本性质

泡打粉是一种膨松剂,产品 pH 影响泡打粉的产气效果,添加到馒头中也影响馒头的色泽。泡打粉中酸性材料和碱性材料恰好完全反应,残留物只有生成产物为中性盐,pH 接近 7,但这只是理想状态。由表 1 可知,前两种复配泡打粉 pH 接近 7,后一种 pH 小于 7。添加复配泡打粉,面团的 pH 较空白增加。文献报道,面团 pH 在 6.4~6.6 之间时可使馒头制品的比容即蓬松度最好品质最佳^[15],复配-1 的 pH 6.40,复配-2 的 pH 6.41 均在此范围内。理论产气量是根据化学反应方程式计算而来,只能大致判断产气量高低,具体需要实验比较。国标中,泡打粉标况下理论产气量要大于或等于 70,可见复配 3 种均满足国标,且复配-2 产气量较大^[16]。加热减量是维持泡打粉稳定性的一个重要指标。国标中,泡打粉加热减量要小于或等于 1.5%,可见,复配的 3 种均满足条件。

表 1 复配泡打粉的基本性质

Table 1 Basic properties of compounded baking powder

样品	pH		理论产气量/(mL/g)	加热减量/%
	泡打粉	面团		
复配-1	6.88±0.02 ^a	6.40±0.01 ^a	84.27	1.19±0.01 ^a
复配-2	7.04±0.01 ^b	6.41±0.01 ^a	93.84	1.46±0.01 ^b
复配-3	6.47±0.01 ^c	6.07±0.01 ^b	72.43	0.93±0.01 ^c

注:相同一列中不同字母表示差异显著($p < 0.05$)

泡打粉在存放过程中要注意保持干燥,且原料也要干燥。泡打粉存放中会缓慢产气,质量有一定损失。图 1 显示复配-2 和复配-3 损失率几乎为 0,表现出较好的稳定性,然而复配-1 在存放中损失率逐渐增加,原因可能是复配-1 中含有磷酸二氢钙,这种物质具有一定的吸湿性,容易带结晶水,所以在存放中会缓慢产气造成质量损失。

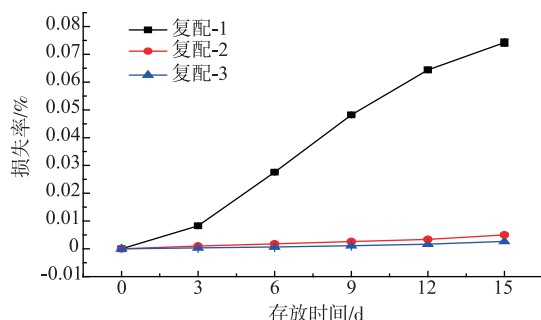


图 1 3 种复配泡打粉损失率随存放时间的变化趋势

Fig. 1 Trend of the 3 kinds of compounded baking powder loss amount along with the time of storage

2.2 复配泡打粉对面团发酵流变性质影响

F3 流变发酵测定仪研究的是面团的发酵流变学特性,能反映面团发酵的产气能力和面团筋持气能力。实验可以得到两种曲线,面团发酵曲线和气体释放曲线,从图 2 中可以得到以下参数: H_m ,面团最大膨胀高度; T_x ,面团出现孔洞时间; H'_m 气体释放曲线最大高度; V_T 上方曲线包围的面积,总产气量; A_1 下方曲线的面积,总持气体积; A_2 气体损失量。 $R=A_1/(A_1+A_2)$

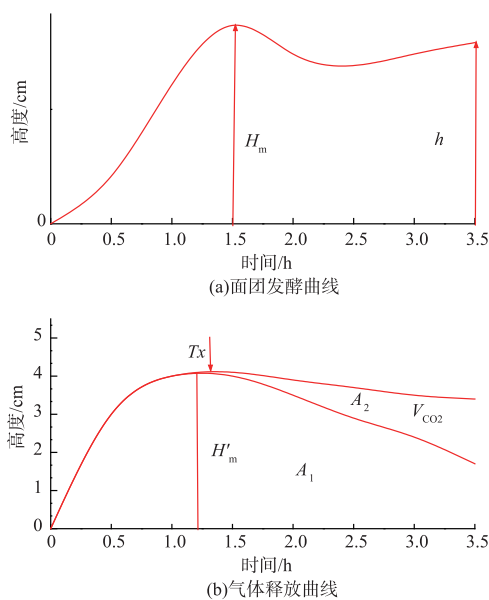


图 2 流变发酵特性典型曲线

Fig.2 Typical curves of rheological properties

由表 2 可以看出, H_m 与馒头比容呈一定的正相关,是酵母产气力和面团筋持气力的综合反映^[15]。无论冷冻前后,添加复配泡打粉 H_m 值均增加,但冷冻 2 月后增加幅度明显变大。加入 3‰ 比例的复配泡打

粉,通过生物和化学法共同发酵,产二氧化碳的量必然增加,但起主导作用的仍是酵母,所以,对于新鲜面团 H_m 虽有增加,但增加幅度不是很大。冷冻 2 月后,酵母部分死亡,酵母所起的主导作用减弱。冷冻 2 月后,表中空白组和复配的 3 组的 H_m 均下降,表明产气能力的下降。

H'_m 在一定程度上反映了酵母在面团发酵过程中的产气特性,变化趋势同 H_m 。而 V_T 直接反应酵母和泡打粉产气总和。 R 表征了面团的持气能力。面团冷冻前后,表中 4 个参数均降低,表明面团产气和持气能力均下降。然而,引入复配泡打粉后下降幅度减少。冷冻 2 个月相对未冷冻,表 2 中 4 组样品的 V_T 分别下降了 31.85%、28.66%、27.47%、29.78%, R 分别下降了 3.51%、2.23%、1.69%、1.49%。充分证明了添加泡打粉不仅能增加冷冻面团的产气能力,还可以改善持气能力。新鲜面团泡打粉发酵流变学参数较之空白的提高不如冷冻 2 月的明显。说明了添加泡打粉对冻藏冷冻面团体系品质改善效果明显。

2.3 复配泡打粉对面团拉伸特性影响

拉伸仪可以测定面团拉伸阻力随拉伸长度的变化,拉伸特性能反映面团内部结构的稳定性,面团的筋力,从而反映面团的持气能力。拉伸阻力愈大^[17],冷冻后,4 组拉伸阻力、拉伸曲线面积均下降,最大拉伸比例变化不明显。拉伸阻力和拉伸曲线面积的下降主要是因为冰的结晶和重结晶破坏了面团网络结构,造成筋力减弱。

表 3 和表 4 实验结果表明,添加复配泡打粉,新鲜面团的拉伸阻力有增有减,拉伸曲线面积有所增加。冷冻 2 个月的面团,添加复配泡打粉拉伸阻力较空白大大增加,45 min 时分别增加了 14.2%、19.4%、48.4%,其中复配-3 在 45 min 增加了 48.4%,可见复配泡打粉对面筋的增强有促进作用。拉伸曲线面积也较空白增加。

复配泡打粉中的磷酸盐能在面筋蛋白和淀粉之间进行酯化反应及架桥结合,形成稳定的复合体,加强淀粉与面筋蛋白的结合力,减少淀粉溶出物,从而使面筋筋力增强;其次磷酸盐还对葡萄糖基团有架桥作用,使部分支链淀粉碳链接长,形成淀粉分子的交联,提高拉伸阻力^[18]。

2.4 复配泡打粉对速冻馒头比容的影响

为进一步研究复配泡打粉对冷冻面团体系的

表 2 面团冷冻前后发酵流变学参数

Table 2 Rheological properties of frozen and unfrozen dough

样品		H_w/mm	H'_w/mm	H_v/mL	R
未冷冻	空白	11.04±0.05 ^d	35.9±0.40 ^c	942±6.56 ^c	93.9%±0.005 ^d
	复配-1	11.47±0.07 ^f	36.2±0.35 ^{cd}	977±5.89 ^e	94.1%±0.002 ^d
	复配-2	11.51±0.02 ^f	36.4±0.08 ^f	983±2.08 ^e	94.4%±0.003 ^d
	复配-3	11.22±0.04 ^e	35.1±0.29 ^d	957±4.37 ^f	93.7%±0.005 ^d
冷冻 2 月	空白	7.46±0.03 ^a	24.01±0.31 ^a	642±3.99 ^a	90.6%±0.004 ^a
	复配-1	8.27±0.06 ^c	25.90±0.27 ^b	697±3.06 ^c	92.0%±0.003 ^b
	复配-2	8.34±0.02 ^c	26.38±0.35 ^c	713±4.15 ^d	92.8%±0.003 ^c
	复配-3	7.79±0.04 ^b	24.37±0.34 ^a	672±3.72 ^b	92.3%±0.004 ^{bc}

注:相同一列中不同字母表示差异显著($p<0.05$)

表 3 新鲜面团的拉伸特性

Table 3 Tensile properties of unfrozen dough

样品	拉伸阻力(BU)			拉伸曲线面积/cm ²			最大拉伸比例		
	45 min	90 min	135 min	45 min	90 min	135 min	45 min	90 min	135 min
空白	206±8 ^a	216±11 ^a	252±11 ^a	66±7 ^a	64±4 ^a	70±9 ^a	1.5±0.1 ^a	1.9±0.3 ^a	2.4±0.1 ^a
复配-1	190±8 ^b	218±14 ^a	240±6 ^b	62±5 ^{ab}	63±4 ^a	63±3 ^b	1.5±0.1 ^a	1.8±0.1 ^a	2.0±0.3 ^b
复配-2	178±4 ^c	216±6 ^a	223±8 ^c	59±5 ^b	60±8 ^a	64±4 ^b	1.3±0.2 ^b	1.8±0.1 ^a	1.8±0.2 ^b
复配-3	218±9 ^d	263±9 ^b	290±6 ^d	65±4 ^a	72±6 ^b	76±3 ^c	1.6±0.1 ^a	2.3±0.2 ^b	2.5±0.1 ^a

注:相同一列中不同字母表示差异显著($p<0.05$)

表 4 冷冻 2 月的面团的拉伸特性

Table 4 Tensile properties of frozen dough for 2 months

样品	拉伸阻力(BU)			拉伸曲线面积/cm ²			最大拉伸比例		
	45 min	90 min	135 min	45 min	90 min	135 min	45 min	90 min	135 min
空白	155±7 ^a	251±6 ^a	245±9 ^a	64±5 ^a	76±8 ^a	64±4 ^a	1.2±0.1 ^a	2.1±0.1 ^a	2.1±0.3 ^a
复配-1	177±6 ^b	253±10 ^a	277±9 ^b	76±4 ^b	77±8 ^a	78±3 ^b	1.4±0.2 ^b	2.0±0.1 ^a	2.4±0.2 ^b
复配-2	185±9 ^b	282±13 ^b	285±5 ^c	66±6 ^a	84±6 ^b	78±6 ^b	1.6±0.2 ^c	2.4±0.1 ^b	2.4±0.1 ^b
复配-3	230±11 ^c	277±5 ^c	299±7 ^d	94±7 ^c	75±4 ^a	73±9 ^b	1.7±0.3 ^d	2.3±0.3 ^b	2.6±0.1 ^c

注:相同一列中不同字母表示差异显著($p<0.05$)

影响,作者将复配的 3 种泡打粉以质量分数 0.3% 添加到冷冻面团中制作出馒头,测定冷冻前后馒头的比容、质构和色度变化。图 3 是复配泡打粉对馒头冷冻前后比容的影响。

比容反映了面团的产气能力和馒头的蓬松度。新鲜馒头中,添加泡打粉的比容略大于空白,尤其是冷冻 2 个月之后,比容增加比例很大,分别比空白增加了 3.12%、22.21%、11.26%。冷冻 2 个月后,

比容下降很快,复配-2 减少幅度最小。这主要是因为泡打粉的化学产气辅助酵母生物产气,产气量比空白多,分散在面团网络结构中的气体多,蓬松度增加,宏观上表现为比容增大。而且泡打粉在冷冻状态下不失活,更适用在冷冻面团体系,所以,冷冻 2 个月,泡打粉较之空白比容增加就很明显,尤其是复配-2。比容与产气量呈正相关,比容的变化与上述发酵流变总产气量变化相符。

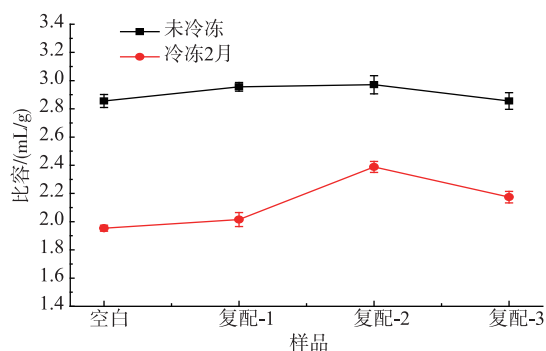


图3 复配泡打粉对馒头冷冻前后比容的影响

Fig. 3 Effect of compounded baking powder on specific volume of Chinese steamed bread

2.5 复配泡打粉对速冻馒头质构的影响

质构是评价馒头品质的一个非常重要的指标,全质构中硬度和弹性对馒头综合评分贡献最大。由图4、图5知,新鲜馒头添加复配泡打粉后,泡打粉化学产气辅助酵母产气,面团中产气量增加,从而硬度比空白小,弹性比空白大,但差异不明显。冷冻2月后,馒头中酵母部分死亡,产气能力下降,淀粉重结晶及冰晶的破坏,使面筋网络结构破坏,孔隙度减小,硬度变大,弹性变小^[9]。因泡打粉化学反应产气,冷冻2月不受影响,所以添加复配泡打粉硬度和弹性变化小,其中复配-2硬度增加最小,弹性减小最少,所以复配-2对质构的改善效果最佳。

2.6 复配泡打粉对速冻馒头色度的影响

由表5可知,添加复配泡打粉后, L 值略有降低,说明亮度白度下降, b 值增加,说明黄度增加^[15]。添加泡打粉后黄度增加是因为添加泡打粉后面团pH增加,面粉中异黄酮色素变黄。 ΔE 表示两对应颜色的差, ΔE 越小,差异越小^[20]。当 ΔE 在0.5~1.5,

两者存在轻微差异,但肉眼不好判断,如复配-2和复配-3号。当 ΔE 在1.5~3.0,两者有可注意的差别,肉眼可见,如空白和复配-1号。 ΔE 空白组冷冻前后差异最大。

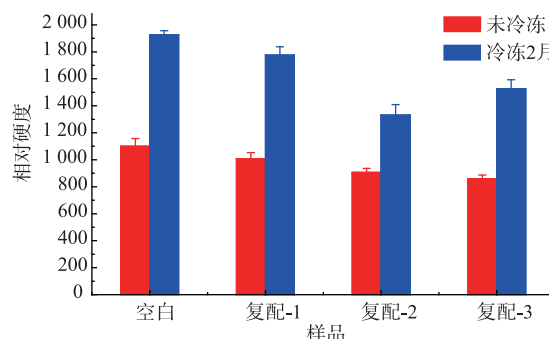


图4 复配泡打粉对馒头冷冻前后硬度的影响

Fig. 4 Effect of compounded baking powder on hardness of Chinese steamed bread

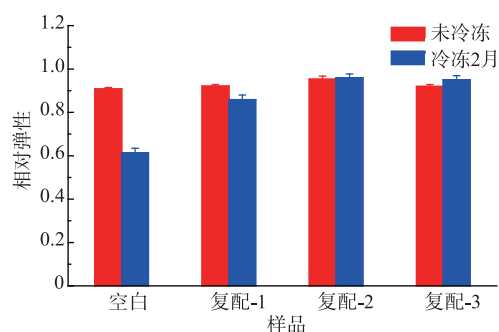


图5 复配泡打粉对馒头冷冻前后弹性的影响

Fig. 5 Effect of compounded baking powder on springiness of Chinese steamed bread

综上所述,采用复配-2号,泡打粉添加量为0.3%时对冷冻面团和由此面团所得馒头的品质改善作用效果最好。

表5 复配泡打粉对馒头冷冻前后色度的影响

Table 5 Effect of compounded baking powder on color of Chinese steamed bread

项目	未冷冻		冷冻2月		ΔE
	L	b	L	b	
空白	83.82±0.27 ^a	15.00±0.14 ^a	82.41±0.67 ^a	16.64±0.16 ^a	2.18
复配-1	83.76±0.22 ^a	15.24±0.19 ^b	82.29±0.24 ^b	16.68±0.22 ^a	2.07
复配-2	82.52±0.18 ^b	15.22±0.56 ^b	82.93±0.43 ^c	16.41±0.36 ^b	1.28
复配-3	82.72±0.60 ^b	15.35±0.22 ^c	81.55±0.58 ^d	16.04±0.16 ^c	1.36

注:相同一列中不同字母表示差异显著($p<0.05$)

3 结 语

复配泡打粉对冷冻面团和速冻馒头品质有一

定改善作用,这种改善程度同复配泡打粉的配方及面团冻藏时间相关。

参考文献:

- [1] GUO Xueyang, JIA Chunli. Application and development advancement of frozen dough technology in China [J]. **Food and Nutrition in China**, 2013, 19(2): 41-44. (in Chinese)
- [2] EL-HADY E A A, EL-SAMAHY S K, BRUMMER J M. Effect of oxidants, sodium-stearoyl-2-lactylate and their mixtures on rheological and baking properties of nonfermented frozen doughs [J]. **LWT-Food Science and Technology**, 1999, 32(7): 446-454.
- [3] RIBOTTA P D, PEREZ G T, LEON A E, et al. Effect of emulsifier and guar gum on micro structural, rheological and baking performance of frozen bread dough[J]. **Food Hydrocolloids**, 2004, 18(2): 305-313.
- [4] MEZIANI S, JASNIEWSKI J, RIBOTTA P, et al. Influence of yeast and frozen storage on rheological, structural and microbial quality of frozen sweet dough[J]. **Journal of Food Engineering**, 2012, 109(3): 538-544.
- [5] 高田勇人. 新的面包酵母和含有该酵母的面团[P]. 中国专利: CN: 1382210A
- [6] QU Min, DONG Zhengting, CHEN Fenglian, et al. Extraction of alfalfa ice structuring proteins and their effect on frozen dough [J]. **Food Science**, 2014, 35(24): 57-62. (in Chinese)
- [7] XU Yunfeng, YANG Na, JIN Zhengyu, et al. Cryoprotective role of combined emulsifiers with soybean lecithin and sucrose ester on baker's yeast[J]. **Journal of Food Science and Biotechnology**, 2011, 30(2): 213-217. (in Chinese)
- [8] SHON J, YUN Y, SHIN M, et al. Effects of milk proteins and gums on quality of bread made from frozen dough [J]. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, 2009, 89(8): 1407-1415.
- [9] LI Yao. The application mechanism of baking powder in the processing of cakes[J]. **Farm Products Processing**, 2008(8): 50-53. (in Chinese)
- [10] FOOT F N. Baking Powder and Other Leavening Agents[M]. Chicago: Spice Mill Publishing Company, 1906.
- [11] LI Weizhao, XU Xilin, JIANG Qingjun, et al. Application of aluminium-free multiple-effect baking powder in wheat flour food production[J]. **Modern Food Science & Technology**, 2012, 28(5): 80-82. (in Chinese)
- [12] TANG Luhong, ZHANG Siyi. Development of continuous gasorganic multiple-effect baking powder [J]. **Food Science**, 2000, 21(2): 32-35. (in Chinese)
- [13] LIU Haiyan, SHANG Shan, WANG Hongzi, et al. Effect of waxy wheat flour on rheological, fermentation and baking properties of frozen dough[J]. **Food Science**, 2012(3): 77-81. (in Chinese)
- [14] 国家卫生部. 面团的物理特性: GB/T14615—2006[S]. 北京: 中国出版社, 2006.
- [15] YANG Jian, ZHAO Kang, ZHOU Junhua. The effect of dough pH on fluffy property of steamed bread [J]. **Science and Technology of Food Industry**, 2002(8): 28-29. (in Chinese)
- [16] ROBINSON C S, BANDEMER S L. The determination of carbon dioxide in baking powder [J]. **Industrial & Engineering Chemistry**, 1922, 14(2): 119-119.
- [17] YUAN Yongli, HUANG Weining, ZHOU Qibo. Effect of food enzymes on rheological and micro structural properties of frozen doughs[J]. **Food & Machinery**, 2006, 22(6): 30-33. (in Chinese)
- [18] BAO Yuru. Study on the phosphate application in the noodles [J]. **Journal of Henan University of Technology (Natural Science Edition)**, 2009, 30(5): 69-72. (in Chinese)
- [19] FENG Junmin, ZHANG Hui, WANG Li. Improvement of frozen noodle quality [J]. **Journal of Food Science and Biotechnology**, 2012, 31(10): 1080-1086. (in Chinese)
- [20] YANG T, BAI Y, WU F, et al. Combined effects of glucose oxidase, papain and xylanase on browning inhibition and characteristics of fresh whole wheat dough[J]. **Journal of Cereal Science**, 2014, 60(1): 249-254.