

面粉熟化时间对馒头品质的影响

徐天云, 刘翀, 郑学玲, 卞科

(河南工业大学粮油食品学院, 河南郑州 450001)

摘要: 本文通过测定制粉后放置不同时间不同种类不同系统的面粉所制作的馒头品质指标, 研究面粉熟化时间对馒头品质的影响, 确定面粉的最佳熟化时间段。相关性分析结果显示: 感官评价、亮度及硬度与熟化时间呈正相关; 色度值及红度与熟化时间呈负相关, 黄度、弹性、粘结性及回复性与熟化时间呈显著性负相关。不同种类不同系统制作的馒头品质比较: 中等硬度小麦粉馒头的品质在色泽、感官上优于硬质小麦粉, 但质构特性不如硬质小麦粉; 系统粉比较: 后路粉由于麸皮含量多, 导致色泽发暗, 口感发涩黏牙, 前路粉色泽白亮、口感好, 总粉的弹性、回复性好。方差分析结果显示: 熟化时间对馒头品质的影响极显著, 随时间各个指标的不同水平差异性较大。综合比较得出储藏 40~50 d 左右的面粉所制作的馒头品质最好。

关键词: 面粉熟化; 馒头品质; 感官品质; 质构; 色泽;

文章编号: 1673-9078(2015)6-264-271

DOI: 10.13982/j.mfst.1673-9078.2015.6.042

Influence of Flour Maturation Time on the Quality of Steamed Bread

XU Tian-yun, LIU Chong, ZHENG Xue-ling, BIAN Ke

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

Abstract: The effect of flour maturation time on the quality of Chinese steamed bread was studied, steamed bread was prepared from different flour types and systems in order to optimize the process. Correlation analysis showed that sensory evaluation, L value (lightness) and hardness were positively correlated, while chromaticity and a* value (redness) were negatively correlated with the maturation time. On the other hand, b* value (yellowness), springiness, cohesiveness, and resilience were significantly negatively correlated with the maturation time. As for the effects of different types of flour and systems used, steamed bread made from wheat flour with medium hardness was of superior quality as compared to that from durum wheat flour in terms of sensory quality and color, but inferior in terms of textural properties. The quality of tail flour was poor due to high bran content, while that of head flour was better in terms of color, springiness, and resilience, due to low bran content. Analysis of variance (ANOVA) showed that the influence of maturation time on steamed bread quality was significant, with significant differences among the various indices with time. In conclusion, quality of steamed bread prepared from flour stored for 40 to 50 days was found to be of the highest quality.

Key words: flour maturation; steamed bread quality; sensory evaluation; texture; color

小麦刚磨成面粉, 品质不稳定, 食用品质差, 需要经过一段时间的储藏才能达到品质的稳定和提高, 这被称为“面粉熟化”^[1]。实践发现刚磨出来的面粉制成的面团发粘, 缺乏弹性和韧性, 筋力弱, 面制品的色泽发暗、体积较小, 口感不好, 但将面粉放置一段时间之后, 其烘焙和蒸煮品质得到改善^[2]。一般认为面粉熟化机理是由于新加工的面粉中的半胱氨酸和胱

收稿日期: 2014-09-25

基金项目: 国家自然科学基金资助项目 (31271816); 教育部新世纪优秀人才 (NCET-11-0940); 公益性行业 (农业) 科研专项 (201303070); 河南省小麦产业技术体系建设专项资金资助 (S2010-01-G06)

作者简介: 徐天云 (1989-), 女, 硕士研究生, 研究方向: 谷物加工与品质

通讯作者: 郑学玲 (1972-), 女, 博士, 教授, 研究方向: 谷物加工与品质; 卞科 (1960-), 男, 教授, 研究方向: 农产品储藏与加工

氨酸含有未被氧化的巯基, 而巯基是蛋白酶的激活剂, 搅拌时被激活的蛋白酶强烈分解面粉中的蛋白质, 造成面团工艺性能差^[3~4]。

小麦粉色泽是评价面粉及面制品品质的重要感官指标, 色泽受亮度、黄度及微生物和麸皮的污染等影响^[5,6,7]。面粉及面制品色泽我国常用白度表示, 国际上常用色度和 $L^*a^*b^*$ 三色空间法表示^[8], 其中 L^* 、 a^* 和 b^* 分别为亮度值、红绿度值和黄蓝度值。L 值越大表示样品亮度越高, a^* 为正值代表红色, 负值代表绿色。 b^* 为正值代表黄色, 负值代表蓝色^[9]。研究发现对于面粉及蒸煮类面制品来说, L 越大、 a^* 和 b^* 越接近 0, 色泽越好^[8]。

馒头是我国的传统主食, 据统计馒头用粉量占面粉总消费量的 40% 左右^[10]。馒头的色泽主要受面粉色泽的影响, 面团褐变是影响馒头色泽的主要因素^[11]。

Baik 等^[12]发现, 蛋白质含量高的小麦, 其多酚氧化酶活性也高, 并认为在同一小麦品种间, 面团的褐变受蛋白质影响程度比受多酚氧化酶活性影响程度高, 而在蛋白质含量不同的不同小麦品种间, 面团褐变受多酚氧化酶活性影响更大, 李炜炜^[13]等认为可以由推断蛋白通过影响多酚氧化酶活性的表达来影响面制品的色泽, 但是目前还没有人确切证实这个结论。

研究发现面粉经过熟化之后具有较高的吸水率, 较好的面团揉混特性, 同时可以提高面团的流变学特性, 面团的持气能力也得到提升^[14]。面粉的色泽达到了最佳的状态, 由此制作的馒头色泽较好。此研究的意义是目前小麦加工企业多凭经验判断面粉的熟化, 而缺乏有关面粉熟化的系统研究, 关于磨制后的面粉何时才能达到品质的提高和稳定及不同小麦品种面粉熟化特性的差异有何不同等问题均未找到答案。本实验就是通过对小麦磨制后放置不同时间的面粉进行馒头品质测定, 研究熟化时间对馒头品质的影响, 并找出新磨制面粉达到品质稳定的最佳熟化时间, 为面粉加工企业提供技术指导, 为企业带来更大的经济效益。(说明: 由于本实验所采用的是样品彼此对照, 中等硬度的小麦粉还有中路粉的产生, 所以中等硬度的后路粉各项指标显示均为最差。)

1 材料与方法

1.1 材料

从郑州某面粉厂取加工硬麦时新磨制的 1F1(前路粉)、1F2(后路粉)、1ZF(总粉), 以及加工中等硬度小麦时新磨制的 2F1(前路粉)、2F2(后路粉)、2ZF(总粉)。将小麦粉分装在编织袋, 储存于 23℃, 通风干燥的环境, 每隔 10 天测一次馒头的品质指标。

1.2 仪器

针式和面机, 北京东孚久恒仪器有限公司; 压片机; 北京东孚久恒仪器有限公司; MICGIA 便携式测色仪; 日本佐竹公司; 质构仪, TA-XT2i 型, Stable MicroSystem, 英国。

1.3 实验方法

1.3.1 馒头制作

参照文献^[15]改进: 称取 130 g 面粉, 量取面粉吸水率 80% 的自来水溶解 1.3 g 酵母, 针式和面机和面 4 min, 在压片机上进行 6 次压片, 将压好的面片分割成质量相等的两个面团, 揉成馒头, 放在温度 35℃, 湿度 85% 的醒发箱里醒发 45 min 后蒸锅中蒸煮 20

min。

1.3.2 馒头感官评价

参考 GB/T21118-2007^[16], 按馒头感官及品尝评分标准, 请 7 名感官评价员, 对馒头样品进行品尝评分, 结果取最接近的两个评分的平均值^[17]。

1.3.3 馒头色泽测定

将冷却后的馒头统一选择顶部光滑的外表皮放到色度仪上, 测定外部的 CGV、L、a*、b* 值, 然后再换一个位置测一次, 取两次测定的平均值作为最终的结果。

1.3.4 馒头的质构仪 TPA 实验

使用质构仪的 Pasta Firmness/Stickness Rig 探头, 在压缩模式 (TPA 模式) 下测定馒头的流变性质^[18]。实验参数设定如下: 实验前速度: 3.00 mm/s; 实验速度: 1.00 mm/s; 实验后速度: 1.00 mm/s; 压缩深度: 50%; 间隔时间: 5 s; 压缩次数: 2; 每个样品重复两次, 实验结果取平均值。

1.4 数据处理

数据由 SPSS 16.0 统计软件中的单因素方差及相关性分析。

2 结果与分析

2.1 馒头感官评价

对新磨制的不同种类不同系统的面粉进行三个月的熟化处理, 每隔十天所测得的馒头感官评价总得分结果如表 1 所示。

数据显示: 感官评价总得分先升后降, 在 40~50 d 之间得分较高。新磨制的面粉制作的馒头得分最低, 且馒头发粘, 口感不好, 嚼性低, 这是因为新磨制的面粉没有被氧化, 蛋白酶活性低, 游离巯基没有被氧化成二硫键, 不能使杂乱无章的蛋白质分子相互连接成面筋网络, 蛋白质分子链之间交联少, 不易形成粘弹性很好的面团, 最终馒头品质差。随熟化时间延长, 感官评价总得分增大, 在 40、50 d 感官得分较高, 且稳定, 说明 40~50 d 之间的面粉制作的馒头口感好, 这是因为此时的面粉放置的这段时间经过氧气的充分作用, 各种酶的活性增强, 面团筋力和稳定性得到强化, 馒头品质变好。但继续熟化则会造成馒头品质的下降, 是由于储藏超过一定时间, 面粉会受到污染及一些虫子的侵蚀, 导致面粉品质下降。

不同种类的小麦粉制作的馒头比较, 中等硬度的小麦得分比硬质小麦高, 这与李昌文^[19]等的研究结果一致。硬质小麦粉本身面筋蛋白含量多, 面筋较强,

咀嚼比较费力, 总体口感不如中等硬度小麦粉制作的馒头。

感最次, 是由于其本身含有较多的麸屑及灰分, 面筋蛋白含量较少, 持气能力差, 蒸好的馒头发粘, 发不起来, 体积小, 颜色暗, 有异味, 品质差。

系统粉制作的馒头比较, 后路粉的得分最低, 口

表 1 馒头感官评价

Table 1 Sensory evaluation of steamed bread

时间/d	1F1	1F2	1ZF	2F1	2F2	2ZF
0	51.50±3.54 ^f	39.00±5.66 ^e	48.00±2.83 ^d	54.00±5.66 ^f	33.00±1.41 ^g	50.00±0.00 ^e
10	72.00±4.24 ^c	57.50±2.12 ^d	70.00±0.00 ^c	77.50±2.12 ^e	50.00±0.00 ^f	73.50±2.12 ^d
20	83.00±1.41 ^{bc}	64.00±1.41 ^c	81.50±0.71 ^{ab}	87.50±2.12 ^{bcd}	53.50±2.12 ^{ef}	84.00±1.41 ^b
30	87.00±1.41 ^{ab}	70.50±0.71 ^b	83.50±0.71 ^{ab}	88.50±0.71 ^{abc}	59.50±0.71 ^d	84.50±2.12 ^b
40	89.50±3.53 ^a	81.50±0.71 ^a	86.50±2.12 ^a	93.50±2.12 ^a	66.50±2.12 ^a	90.00±0.00 ^a
50	89.50±0.71 ^a	82.50±0.71 ^a	85.00±5.66 ^{ab}	93.50±0.71 ^a	66.00±4.24 ^{ab}	89.50±2.12 ^a
60	85.50±2.12 ^{abc}	81.00±1.41 ^a	86.00±2.83 ^a	92.50±0.71 ^{ab}	65.00±4.24 ^{abc}	86.50±0.71 ^{ab}
70	83.00±1.41 ^{bc}	74.00±1.41 ^b	83.00±2.83 ^{ab}	88.00±0.00 ^{bc}	60.00±0.00 ^{cd}	82.50±3.54 ^b
80	77.00±0.28 ^{de}	70.00±1.41 ^b	79.00±1.41 ^b	82.50±0.71 ^d	58.00±1.41 ^e	85.00±1.41 ^b
90	80.00±0.00 ^{cd}	68.50±3.54 ^{bc}	80.50±2.12 ^{ab}	86.50±0.71 ^{cd}	61.00±1.41 ^{bcd}	78.50±0.71 ^c

注: 同一列不同字母表示显著性差异 (P<0.05, n=2), 结果均是两次平行实验的平均值±标准偏差。

表 2 馒头外部色泽 CGV

Table 2 External color grade value (CGV) of steamed bread

时间/d	1F1	1F2	1ZF	2F1	2F2	2ZF
0	21.31±2.04 ^a	35.01±3.27 ^{ab}	24.99±0.71 ^a	13.14±0.71 ^d	41.05±0.27 ^c	23.41±0.67 ^b
10	16.78±0.08 ^{cd}	33.44±0.26 ^{bc}	20.69±0.83 ^{cd}	14.29±0.04 ^d	44.26±0.30 ^b	22.45±0.51 ^c
20	21.40±0.23 ^a	32.70±0.64 ^{bcd}	20.34±0.02 ^{cde}	18.92±1.02 ^a	45.10±0.41 ^{ab}	24.06±0.60 ^{ab}
30	18.74±0.35 ^b	33.46±0.15 ^{bc}	21.11±0.98 ^c	16.91±0.25 ^{bc}	39.53±0.97 ^f	18.21±0.21 ^f
40	17.75±0.01 ^{bc}	36.39±0.04 ^a	22.63±0.10 ^b	17.64±0.49 ^b	44.73±0.11 ^b	24.42±0.38 ^a
50	19.30±0.08 ^b	34.87±0.23 ^{ab}	19.71±0.52 ^{def}	15.79±0.33 ^c	46.03±0.32 ^a	21.56±0.25 ^d
60	19.27±0.20 ^f	31.30±0.16 ^{cd}	17.45±0.13 ^b	16.27±0.20 ^c	42.38±0.47 ^{cd}	19.77±0.11 ^e
70	16.03±0.10 ^{de}	30.69±0.29 ^d	18.11±0.35 ^{gh}	16.02±0.22 ^c	41.77±0.21 ^{de}	21.37±0.02 ^d
80	14.67±0.37 ^e	35.28±0.20 ^{ab}	19.31±0.39 ^{efg}	13.50±0.37 ^d	42.99±0.37 ^c	18.58±0.47 ^f
90	15.51±0.11 ^{de}	30.22±0.37 ^d	18.84±0.16 ^{fg}	13.61±0.51 ^d	42.51±0.14 ^{cd}	18.46±0.12 ^f

注: 同一列不同字母表示显著性差异 (P<0.05, n=2), 结果均是两次平行实验的平均值±标准偏差。

表 3 馒头外部色泽 L 值

Table 3 External color L value of steamed bread

时间/d	1F1	1F2	1ZF	2F1	2F2	2ZF
0	83.30±0.99 ^f	76.20±1.70 ^{cd}	81.70±0.00 ^d	87.60±0.35 ^a	73.10±0.14 ^b	82.30±0.35 ^{ef}
10	85.70±0.07 ^{cd}	77.00±0.14 ^{bc}	83.60±0.42 ^{bc}	86.90±0.00 ^b	71.50±0.21 ^e	82.70±0.28 ^{de}
20	83.30±0.07 ^f	77.50±0.35 ^{abc}	83.80±0.00 ^{bc}	84.60±0.49 ^c	71.10±0.21 ^e	82.10±0.49 ^f
30	84.70±0.21 ^e	77.10±0.07 ^{bc}	83.50±0.49 ^{bc}	85.60±0.14 ^{cd}	73.90±0.49 ^a	84.90±0.14 ^a
40	85.10±0.00 ^{de}	75.50±0.00 ^d	82.70±0.07 ^{cd}	85.20±0.28 ^d	71.20±0.00 ^e	81.70±0.14 ^f
50	84.40±0.07 ^e	76.30±0.14 ^{cd}	84.10±0.28 ^{bc}	86.20±0.21 ^c	70.50±0.14 ^f	83.20±0.14 ^{cd}
60	89.60±0.07 ^a	78.20±0.07 ^{ab}	85.30±0.00 ^a	85.90±0.14 ^c	72.40±0.28 ^{cd}	84.10±0.00 ^b
70	86.10±0.07 ^{bc}	78.50±0.14 ^a	86.50±1.91 ^a	86.10±0.07 ^c	72.70±0.14 ^{bc}	83.30±0.00 ^c
80	86.80±0.21 ^b	76.10±0.14 ^{cd}	84.40±0.21 ^b	87.40±0.21 ^{ab}	72.10±0.14 ^d	84.70±0.28 ^a
90	86.30±0.00 ^{bc}	78.70±0.14 ^a	84.60±0.07 ^b	87.30±0.28 ^{ab}	72.40±0.07 ^{cd}	84.80±0.07 ^a

注: 同一列不同字母表示显著性差异 (P<0.05, n=2), 结果均是两次平行实验的平均值±标准偏差。

表4 馒头外部色泽 a*值

Table 4 External color a* value of steamed bread

时间/d	1F1	1F2	1ZF	2F1	2F2	2ZF
0	0.70±0.07 ^a	3.30±0.00 ^a	1.40±0.07 ^a	0.50±0.00 ^a	4.80±0.07 ^{abc}	1.40±0.00 ^c
10	0.30±0.14 ^d	3.30±0.07 ^a	0.90±0.00 ^b	0.10±0.00 ^b	4.80±0.00 ^{abc}	0.90±0.07 ^h
20	0.30±0.00 ^d	2.90±0.07 ^c	0.80±0.14 ^b	0.10±0.07 ^b	4.80±0.07 ^{abc}	1.00±0.07 ^g
30	0.30±0.00 ^d	2.80±0.00 ^c	1.40±0.49 ^a	0.10±0.07 ^b	4.50±0.14 ^{bc}	1.30±0.07 ^d
40	0.60±0.00 ^{ab}	3.10±0.07 ^b	1.10±0.14 ^{ab}	0.50±0.00 ^a	5.00±0.28 ^a	1.60±0.00 ^a
50	0.60±0.00 ^{ab}	3.30±0.07 ^a	1.00±0.07 ^{ab}	0.20±0.14 ^b	4.90±0.00 ^{ab}	1.50±0.00 ^b
60	0.40±0.14 ^{cd}	3.20±0.00 ^a	1.00±0.00 ^{ab}	0.10±0.07 ^b	4.40±0.07 ^c	1.00±0.00 ^{fg}
70	0.50±0.07 ^{bcd}	2.90±0.00 ^{bc}	0.80±0.14 ^b	0.10±0.14 ^b	4.50±0.00 ^{bc}	1.10±0.00 ^{ef}
80	0.40±0.07 ^{cd}	2.40±0.14 ^d	0.80±0.00 ^b	0.10±0.00 ^b	4.80±0.07 ^{abc}	1.00±0.00 ^{fg}
90	0.50±0.00 ^{abc}	3.00±0.07 ^{bc}	0.90±0.00 ^b	0.20±0.00 ^b	4.50±0.49 ^{bc}	1.20±0.07 ^c

注: 同一列不同字母表示显著性差异 (P<0.05, n=2), 结果均是两次平行实验的平均值±标准偏差。

表5 馒头外部色泽 b*值

Table 5 External color b* value of steamed bread

时间/d	1F1	1F2	1ZF	2F1	2F2	2ZF
0	14.90±0.99 ^b	20.60±0.00 ^b	16.40±0.49 ^{ab}	16.00±0.21 ^a	23.00±0.71 ^{ab}	16.50±0.21 ^a
10	16.20±0.28 ^a	21.50±0.00 ^a	16.60±0.14 ^a	15.90±0.42 ^a	23.80±0.57 ^a	16.20±0.28 ^{ab}
20	14.40±0.42 ^{bc}	19.60±0.07 ^d	15.40±0.07 ^{bc}	14.20±0.21 ^b	22.70±0.14 ^b	15.50±0.28 ^c
30	13.50±0.07 ^{cde}	19.70±0.00 ^{cd}	14.30±0.64 ^{cde}	13.40±0.00 ^c	22.30±0.07 ^{bc}	15.40±0.14 ^c
40	14.00±0.00 ^{bcd}	19.00±0.00 ^e	15.40±0.92 ^{bc}	13.40±0.14 ^c	22.70±0.42 ^b	15.70±0.14 ^{bc}
50	14.20±0.35 ^{bcd}	19.50±0.14 ^d	14.40±0.21 ^{cd}	14.10±0.42 ^b	22.30±0.35 ^{bc}	15.70±0.35 ^{bc}
60	13.40±0.28 ^{de}	19.90±0.00 ^c	14.70±0.28 ^{cd}	13.10±0.42 ^{cd}	21.30±0.21 ^d	14.60±0.00 ^d
70	14.00±0.21 ^{bcd}	18.90±0.21 ^e	13.90±0.92 ^{de}	12.90±0.00 ^{cd}	21.70±0.07 ^{cd}	14.50±0.28 ^d
80	12.80±0.35 ^e	18.20±0.35 ^f	13.10±0.28 ^e	12.60±0.14 ^d	22.30±0.21 ^{bc}	14.10±0.35 ^d
90	13.80±0.14 ^{de}	19.00±0.14 ^e	13.80±0.21 ^{de}	13.50±0.21 ^c	21.20±0.49 ^d	14.30±0.42 ^d

注: 同一列不同字母表示显著性差异 (P<0.05, n=2), 结果均是两次平行实验的平均值±标准偏差。

2.2 馒头外部色泽测定

对新磨制的不同种类不同系统的面粉进行三个月的熟化处理, 每隔十天所测得的馒头外部 CGV、L、a*、b* 结果如表 2~5 所示。

色度值 (CGV) 及 L a* b* 三色空间法是国际上表示色泽的指标, CGV 值小, L 值大说明色泽好。面粉色泽受遗传因素影响, 面粉中的天然黄色素 (叶黄素和类胡萝卜素等) 的含量会影响面粉的色泽, 黄色素含量高, 面制品白度会降低^[20]。

表 2~5 数据显示 CGV、a* 及 b* 在三个月的测试中, 整体呈现下降的趋势, 在 40 d 左右达到稳定, 亮度值 (L) 整体增大, 60 d 左右达到最大值, 随后处于稳定波动状态。新磨制面粉制作的馒头 CGV、a*、b* 值大, L 值小, 色泽差, 是由于新磨制的面粉中的有色色素含量高, 尤其对黄度值的影响最大。经过熟化, 馒头的 CGV、a*、b* 值降低, L 值增大, 是由于氧化

作用使有色色素被氧化, 含量较低。总体来说, 馒头的色泽在 40~50 天之间达到较好的状态, 但继续熟化馒头色泽变差, 是由于多酚氧化酶的含量增多, 活性增大, 造成面粉氧化过度的色泽变差。

不同种类的小麦粉制作的馒头比较, 中等硬度的小麦粉的 CGV、a* 值低, L 及 b* 值高。色泽好, 一般来说硬质麦的硬度大, 加工时易破碎, 导致较多的灰分掺进面粉中, 色泽较差。中等硬度的小麦制粉时剥刮力度小, 胚乳和糊粉层的分离比较彻底, 不会将小麦腹沟中的较多灰分掺进面粉中, 故色泽较好。

系统粉制作的馒头比较, 前路粉馒头色泽最好, 因为前路粉主要来自胚乳的最里层, 淀粉含量高, 色泽好, 而后路粉来自皮层的糊粉层比较多, 麸屑, 灰分等含量高, 色泽最差。

2.3 馒头质构测定

对新磨制的不同种类不同系统的面粉进行三个月

的熟化处理, 每隔十天所测得的馒头的质构结果如表 11-14 所示。此次实验只研究质构品质中的硬度、弹性、粘结性及回复性随熟化时间的变化规律。

表 6 馒头硬度测定结果

Table 6 Hardness of steamed bread

时间/d	1F1	1F2	1ZF	2F1	2F2	2ZF
0	2522.41±92.70 ^b	2875.01±85.17 ^{cd}	1585.53±13.21 ^d	1390.43±100.75 ^{bc}	3143.81±166.25 ^d	1609.68±139.91 ^{de}
10	1882.11±84.96 ^{cd}	4985.24±634.53 ^a	1880.34±16.34 ^{cd}	927.82±70.58 ^e	4474.60±184.54 ^{bc}	1445.42±14.38 ^{ef}
20	1485.93±60.73 ^e	2542.42±258.56 ^d	1500.64±169.22 ^d	1076.88±208.23 ^{de}	2549.83±260.28 ^{de}	968.72±11.38 ^f
30	1579.34±27.75 ^{de}	3334.94±28.69 ^{bc}	1925.61±237.15 ^{cd}	1017.58±84.50 ^{de}	3906.76±156.72 ^c	1854.92±93.41 ^{cd}
40	2883.60±32.59 ^a	4669.93±36.67 ^a	2758.08±133.97 ^{ab}	2852.71±41.58 ^a	5377.61±548.16 ^a	2687.56±51.43 ^{ab}
50	2506.55±250.05 ^b	3719.89±64.25 ^b	2914.88±483.60 ^a	1451.94±145.70 ^{bc}	3101.81±337.43 ^d	2071.96±325.63 ^{cd}
60	1563.81±49.24 ^{de}	3197.76±41.04 ^{bc}	2255.51±126.70 ^{bc}	1222.24±25.95 ^{cd}	2841.98±55.50 ^{de}	2353.78±107.94 ^{abc}
70	1713.98±204.40 ^{cde}	3256.07±27.04 ^{bc}	2248.94±236.68 ^{bc}	1356.16±77.93 ^c	2368.60±152.03 ^e	2267.62±481.49 ^{bc}
80	1565.63±248.17 ^{de}	4677.28±354.39 ^a	1860.28±184.15 ^{cd}	1637.15±40.88 ^b	4596.64±445.13 ^b	2808.05±248.40 ^a
90	1951.36±191.03 ^c	3368.49±339.86 ^{bc}	1560.83±205.73 ^d	1411.87±125.92 ^{bc}	4161.83±32.20 ^{bc}	2022.99±137.88 ^{cd}

注: 同一列不同字母表示显著性差异 (P<0.05, n=2), 结果均是两次平行实验的平均值±标准偏差。

表 7 馒头弹性测定结果

Table 7 Springiness of steamed bread

时间/d	1F1	1F2	1ZF	2F1	2F2	2ZF
0	0.92±0.01 ^a	0.81±0.00 ^b	0.91±0.01 ^a	0.88±0.01 ^{ab}	0.81±0.04 ^a	0.91±0.01 ^a
10	0.86±0.03 ^b	0.88±0.00 ^{ab}	0.89±0.00 ^a	0.84±0.06 ^{ab}	0.87±0.01 ^a	0.87±0.01 ^{ab}
20	0.89±0.03 ^{ab}	0.87±0.04 ^{ab}	0.88±0.00 ^a	0.87±0.00 ^{ab}	0.85±0.05 ^a	0.88±0.01 ^{ab}
30	0.91±0.05 ^{ab}	0.89±0.01 ^{ab}	0.86±0.04 ^a	0.89±0.00 ^a	0.83±0.03 ^a	0.85±0.04 ^{ab}
40	0.90±0.01 ^{ab}	0.89±0.01 ^{ab}	0.88±0.01 ^a	0.89±0.02 ^a	0.85±0.04 ^a	0.88±0.01 ^{ab}
50	0.91±0.01 ^{ab}	0.88±0.06 ^{ab}	0.89±0.00 ^a	0.85±0.04 ^{ab}	0.86±0.03 ^a	0.88±0.01 ^{ab}
60	0.88±0.01 ^{ab}	0.88±0.06 ^{ab}	0.87±0.01 ^a	0.85±0.01 ^{ab}	0.86±0.03 ^a	0.86±0.01 ^{ab}
70	0.87±0.01 ^{ab}	0.84±0.01 ^{ab}	0.85±0.21 ^a	0.83±0.01 ^{ab}	0.82±0.04 ^a	0.78±0.06 ^{cd}
80	0.88±0.01 ^{ab}	0.90±0.01 ^a	0.86±0.05 ^a	0.84±0.04 ^{ab}	0.85±0.02 ^a	0.84±0.03 ^{bc}
90	0.89±0.01 ^{ab}	0.85±0.03 ^{ab}	0.85±0.04 ^a	0.81±0.04 ^b	0.83±0.01 ^a	0.77±0.03 ^d

注: 同一列不同字母表示显著性差异 (P<0.05, n=2), 结果均是两次平行实验的平均值±标准偏差。

表 8 馒头粘结性测定结果

Table 8 Cohesiveness of steamed bread

时间/d	1F1	1F2	1ZF	2F1	2F2	2ZF
0	0.81±0.01 ^{ab}	0.79±0.00 ^a	0.83±0.00 ^a	0.80±0.01 ^b	0.77±0.01 ^a	0.79±0.00 ^{ab}
10	0.81±0.01 ^{ab}	0.75±0.01 ^b	0.81±0.00 ^b	0.84±0.01 ^a	0.73±0.00 ^{cd}	0.78±0.00 ^b
20	0.81±0.00 ^a	0.79±0.01 ^a	0.82±0.00 ^b	0.79±0.02 ^b	0.76±0.01 ^{ab}	0.81±0.00 ^a
30	0.81±0.00 ^a	0.78±0.00 ^a	0.81±0.01 ^b	0.83±0.01 ^a	0.73±0.01 ^c	0.80±0.01 ^a
40	0.81±0.00 ^{ab}	0.76±0.01 ^b	0.81±0.01 ^b	0.81±0.00 ^b	0.71±0.01 ^d	0.77±0.00 ^c
50	0.78±0.01 ^{bc}	0.75±0.00 ^{bc}	0.78±0.00 ^{cd}	0.79±0.00 ^b	0.73±0.00 ^c	0.80±0.00 ^a
60	0.79±0.00 ^{abc}	0.76±0.01 ^b	0.77±0.00 ^d	0.77±0.01 ^c	0.75±0.00 ^{bc}	0.76±0.01 ^c
70	0.80±0.01 ^{abc}	0.76±0.00 ^b	0.77±0.01 ^d	0.76±0.01 ^c	0.75±0.01 ^{bc}	0.76±0.01 ^c
80	0.80±0.03 ^{abc}	0.74±0.00 ^c	0.77±0.01 ^d	0.75±0.00 ^c	0.71±0.01 ^d	0.72±0.00 ^d
90	0.77±0.00 ^c	0.75±0.01 ^b	0.79±0.01 ^c	0.77±0.00 ^c	0.74±0.00 ^c	0.73±0.00 ^d

注: 同一列不同字母表示显著性差异 (P<0.05, n=2), 结果均是两次平行实验的平均值±标准偏差。

表 9 馒头回复性测定结果

Table 9 Resilience of steamed bread

时间/d	1F1	1F2	1ZF	2F1	2F2	2ZF
0	0.42±0.00 ^{ab}	0.39±0.00 ^{ab}	0.44±0.01 ^a	0.40±0.01 ^b	0.37±0.00 ^a	0.41±0.00 ^a
10	0.42±0.01 ^{abc}	0.35±0.02 ^c	0.42±0.00 ^c	0.45±0.02 ^a	0.32±0.01 ^{cd}	0.38±0.01 ^b
20	0.43±0.00 ^a	0.40±0.00 ^a	0.43±0.01 ^{ab}	0.41±0.02 ^b	0.36±0.01 ^a	0.42±0.00 ^a
30	0.43±0.01 ^a	0.39±0.00 ^{ab}	0.43±0.00 ^{bc}	0.43±0.00 ^a	0.34±0.00 ^b	0.40±0.02 ^{ab}
40	0.40±0.01 ^{bc}	0.35±0.00 ^c	0.40±0.00 ^d	0.40±0.01 ^{bc}	0.28±0.01 ^e	0.35±0.00 ^c
50	0.41±0.00 ^{abc}	0.37±0.01 ^b	0.40±0.00 ^d	0.40±0.01 ^b	0.33±0.00 ^{bc}	0.40±0.01 ^{ab}
60	0.38±0.01 ^d	0.34±0.00 ^c	0.36±0.00 ^f	0.37±0.02 ^{cd}	0.33±0.00 ^{bc}	0.36±0.01 ^c
70	0.40±0.02 ^{bcd}	0.35±0.00 ^c	0.36±0.01 ^f	0.37±0.00 ^d	0.32±0.01 ^{cd}	0.35±0.01 ^c
80	0.40±0.02 ^{cd}	0.31±0.00 ^d	0.37±0.00 ^f	0.35±0.00 ^d	0.31±0.01 ^d	0.31±0.01 ^d
90	0.37±0.00 ^d	0.35±0.01 ^c	0.38±0.00 ^e	0.36±0.00 ^d	0.33±0.00 ^{bc}	0.32±0.00 ^d

注：同一列不同字母表示显著性差异 (P<0.05, n=2)，结果均是两次平行实验的平均值±标准偏差。

馒头质构主要反映的是与力学特性有关的质地特性。由表 6~9 显示：硬度变化没有规律，整体增大，40~50 d 之间的硬度在数值上显示最大，随后稳定波动，弹性、粘结性及回复性整体下降，40~50 d 之间达到稳定状态。新磨制的面粉品质不稳定，面粉中的半胱氨酸和胱氨酸含有未被氧化的巯基，而巯基是蛋白酶的激活剂，搅拌时被激活的蛋白酶强烈分解面粉中的蛋白质，造成面团工艺性能差，进而导致馒头的质构品质差。不能形成面筋蛋白网络结构，面团发不起来，馒头发粘，硬度小，而弹性、粘结性及回复性均是质构曲线上面积的比值，刚开始较大，经过熟化，呈下降趋势，但在 40~50 d 之间稳定状态下的数值较大。

不同种类的小麦粉制作的馒头比较，硬质小麦粉馒头质构品质数值上大于中等小麦，这是因为硬麦的面筋含量高，有研究表明面粉中的面筋含量是影响面粉制品品质构的主要因素之一。

系统粉制作的馒头比较，后路粉的硬度高，弹性、粘结性及回复性低，是由于后路粉麸皮含量高，面筋蛋白不足以形成充分的网络结构，产气及持气能力差。

2.4 馒头品质与时间相关性分析

对新磨制的不同种类不同系统的面粉进行三个月的熟化处理，每隔十天所测得的馒头的品质与时间相关性结果如表 10 所示。

表 10 相关性结果显示

Table 10 Correlation results

参数	时间/d						
	1F1	1F2	1ZF	2F1	2F2	2ZF	
感官评价	0.46	0.61	0.58	0.53	0.65*	0.52	
CGV	-0.62	-0.42	-0.74*	-0.19	-0.02	-0.65*	
外部色泽	L	0.62	0.42	0.72*	0.19	0.01	0.64*
	a*	-0.03	-0.49	-0.52	-0.16	-0.41	-0.12
	b*	-0.77**	-0.78**	-0.89**	-0.81**	-0.82**	-0.93**
馒头质构	硬度	0.25	0.10	0.17	0.20	0.81**	0.67*
	弹性	-0.30	-0.21	-0.81**	-0.68*	-0.73*	-0.79**
	粘结性	-0.77**	-0.72*	-0.84**	-0.82**	-0.95**	-0.81**
	回复性	-0.82**	-0.69*	-0.87**	-0.85**	-0.91**	-0.82**

注：*：5%显著相关；**：1%显著相关。

相关性结果显示：馒头的感官评价与时间正相关，相关系数变化范围是0.46~0.65，经过熟化，馒头的口感及风味得到提高，感官评价增大。L值及硬度的正相关系数变化范围比较大，说明种类及系统是影响亮度

和硬度的主要因素，与时间的相关性不明显。CGV、a*、b*值、弹性、粘结性及回复性与熟化时间呈负相关。其中，b*值、弹性、粘结性及回复性呈显著性负相关。色泽的负相关是色素含量降低造成的，质构指标在达

到最佳熟化时间时数值较大,但继续熟化则显著下降,原因可能是面粉品质下降导致的,还需要进一步的验证。这几个显著指标的相关系数来说,中等小麦粉的系数高于硬质的,说明中等小麦粉馒头随熟化时间的变化比较大。

方差分析结果显示:熟化时间梯度对以上指标的显著性影响很大。综合显示得出小麦粉熟化的最佳时间段是 40~50 d。

3 结论

3.1 由经过熟化的面粉制作的馒头品质得到提高和改善,馒头质构及感官评价显示,硬度及感官得分与熟化时间呈正相关,弹性、粘结性及回复性与熟化时间呈显著性负相关。新磨制面粉制作的馒头,发粘,体积较小,没有嚼性,口感很差。经过熟化,面团特性得到改善,馒头品质较好。

3.2 色度值(CGV)、红度(a^*)及黄度(b^*)随熟化时间延长而下降,与熟化时间呈负相关,亮度(L^*)与熟化时间呈正相关。由于新磨制的面粉中含有较多的类胡萝卜素,面粉中的这些天然的色素会影响面粉及面制品的色泽,导致新磨制的面粉制作的馒头的色泽差。经过熟化,面粉中的有色色素被氧化,色泽变亮,变白。达到最佳熟化时间段之后,继续熟化,色泽变差,是由于面粉中的多酚氧化酶的含量增多,导致面制品色泽变差。

3.3 面粉熟化时间对馒头品质的影响是显著的。熟化 40~50 d 之间的面粉制作的馒头各项指标显示最佳,口感、气味很好。40~50 d 是本次研究确定的最佳面粉熟化时间段。

参考文献

- [1] 邹凤羽,王兰,周惠明.新收获小麦粉熟化作用对其品质影响的研究[J].郑州工程学院学报,2002,23(3):10-12
ZOU Feng-yu, WANG Lan, ZHOU Hui-ming. Study on effects of maturing of new harvested wheat on its quality [J]. Journal of Zhengzhou Institute of Technology, 2002, 23(3): 10-12
- [2] 刘素娟.新收获小麦在不同储藏期间的制粉特性及面制品的影响[D].郑州:河南工业大学,2012
LIU Su-juan. The powder characteristics and the influence of the flour products of new harvest wheat in different storage period [D]. Zhengzhou: Henan University of Technology, 2012
- [3] Bert Lagrain, Kristof Brijs, Jan A.Delcour. Impact of redox agents on the physic-chemistry of wheat gluten proteins during hydrothermal treatment [J]. Journal of Cereal Science. 2006(4): 49-53
- [4] E Pena, A Bernardoa, C Solerb, et al. Do tyrosine crosslinks contribute to the formation of the gluten network in common wheat(*Triticum aestivum* L) Dough [J]. Journal of Cereal Science, 2006(4): 144-153
- [5] 兰静,王乐凯,张守文,等.影响面粉色泽因素的研究[J].麦类作物学报,2004,24(4):75-79
LAN Jing, WANG Le-kai, ZHANG Shou-wen, et al. Study on the factors affecting flour color [J]. Journal of Triticeae Crops, 2004, 24(4): 75-79
- [6] Oh N H, Seib P A, Chung D S. Noodles. III effects of processing variables on quality characteristics of dry noodles [J]. Cereal chemistry, 1985, (62): 437-440
- [7] Moss H J, Miskelly D M, Moss R. The effect of alkaline conditions on the properties of wheat flour dough and cantonese-style noodles [J]. Journal of Cereal Science, 1986, (4): 261-268
- [8] 王培慧.面粉 面片色泽影响因素的研究[D].郑州:河南工业大学,2012
WANG Pei-hui. Study on factors influencing wheat flour and dough sheet [D]. Zhengzhou: Henan University of Technology, 2012
- [9] 郑坤,孙宇,郑学玲,等.系统粉粉色 麸星含量与面片色泽之间的关系[J].河南工业大学学报,2011,32(1):43-47
ZHENG Kun, SUN Yu, ZHENG Xue-ling, et al. Relationship between flour color, bran spece content of system flour and dough sheet color [J]. Journal of Henan University of Technology, 2011, 32(1): 43-47
- [10] 朱克庆.传统主食馒头的工艺生产技术[J].粮食与油脂, 1997, 4:2-5
ZHU Ke-qing. Traditional staple food steamed bread production technology [J]. Journal of Cereals & Oils, 1997, (4): 2-5
- [11] 李军红,蔡静平,黄淑霞,等.影响面团褐变的因素[J].中国粮油学报,2000,15(6):19-22
LI Jun-hong, CAI Jing-ping, HUANG Shu-xia, et al. Study on factors related to browning of dough [J]. Journal of the Chinese Cereals and Oils Association, 2000, 15(6): 19-22
- [12] Baik B K, Czuchajowska Z, Pomeranz Y. Discoloration of dough for oriental noodles [J]. Cereal Chemistry, 1995, 72: 198-205
- [13] 李炜炜,陆启玉.面筋蛋白及其组分含量对鲜湿面条色泽的影响研究[J].食品研究与开发,2012,31(4):157-161
LI Wei-wei, LU Qi-yu. Developments in the relationship of

- gluten and noodle quality [J]. Journal of Food Research and Development, 2012, 31(4): 157-161
- [14] Jelena Tomić, Milica Pojić, Aleksandra Torbica, et al. Changes in the content of free sulphhydryl groups during postharvest wheat and flour maturation and their influence on technological quality [J]. Journal of Cereal Science, 2013, 58: 495-501
- [15] 付苗苗,黄社章,王晓曦.小麦粉品质与馒头质构特性的关系研究[J].河南工业大学学报,2013,34(4):48-51
FU Miao-miao, HUANG She-zhang, WANG Xiao-xi. Study on the relationship between quality of wheat flour and texture property of steamed bread [J]. Journal of Henan University of Technology, 2013, 34(4): 48-51
- [16] 丁长河,戚光册,侯丽芬,等.传统老酵头馒头的品质特性[J].中国粮油学报,2007,22(3):17-20
DING Chang-he, QI Guang-ce, HOU Li-fen, et.al Quality evaluation of steamed bread by traditional fermentation [J]. Journal of the Chinese Cereals and Oils Association, 2007, 22(3): 17-20
- [17] 朱帆,许广文,丁文平.小麦理化性质与馒头品质的相关性研究[J].粮油加工,2002,8:102-105
ZHU Fan, XU Guang-wen, DING Wen-ping. Research of the Physical and Chemical Properties and Quality of Steamed Bread Wheat [J]. Journal of Grain Processing, 2002, 8: 102-105
- [18] 郝春明.全麦粉的制备及其品质特性研究[D].郑州:河南工业大学,2012
HAO Chun-ming. Studies of Preparation and Quality Characteristics of Whole Wheat Flour [D]. Zhengzhou: Henan University of Technology, 2012
- [19] 李昌文,刘延奇.小麦及其面粉品质对馒头品质的影响[J].粮食加工,2008,(2):7-8
LI Chang-wen, LIU Yan-qi. Effect of Wheat Flour Quality on Steamed Bread [J]. Journal of Grain Processing, 2008,(2): 7-8
- [20] 王灵昭,陆启玉,袁传光.用质构仪评价面条质地品质的研究[J].郑州工程学院学报,2003,24(3):29-33
WANG Ling-zhao, LU Qi-yu, YUAN Chuan-guang. Study on the Assessment for Noodle Texture with Texture Analyser [J]. Journal of Zhengzhou Institute of Technology, 2003, 24(3): 29-33