

DOI: 10.16210/j.cnki.1007-7561.2021.06.011

魏益民, 张磊, 赵博, 等. 小麦粉储藏期面团流变发酵特性的变化[J]. 粮油食品科技, 2021, 29(6): 139-145.

WEI Y M, ZHANG L, ZHAO B, et al. Research on the changes of the dough rheo-fermentation properties of wheat flour during storage[J]. Science and Technology of Cereals, Oils and Foods, 2021, 29(6): 139-145.

小麦粉储藏期面团流变发酵特性的变化

魏益民¹, 张磊¹, 赵博¹, 王旭琳², 吴桂玲²

- (1. 中国农业科学院农产品加工研究所/农业农村部农产品加工重点综合实验室, 北京 100193;
2. 河北金沙河集团产业技术研究院/河北省谷物食品加工技术创新中心, 河北 沙河 054100)

摘要: 传统发酵面制品工业化生产过程中, 小麦粉后熟期对馒头类发酵食品生产工艺及产品特性有明显的影响, 常常造成质量波动。以自制的室内储藏小麦粉为样品, 借助面团流变发酵仪等设备, 定期分析面团流变发酵特性, 以及馒头质量感官评价数据, 确定合理的小麦粉后熟期。结果显示, 小麦粉在储藏过程中, 面团稳定时间增加, 弱化度降低; 流变学特性改善; 发酵流变仪的发酵体积明显降低; 蒸制馒头体积降低, 但馒头感官评价数据的变化趋势不甚明显。F4流变发酵仪测试结果可以反映面团的流变发酵特性; 其面团达到最大高度时所需时间(T1)、最大发酵高度(Hm)和发酵终点高度(h)等参数对馒头制作具有明显地指导意义。建议工业化制作馒头专用小麦粉的储藏期不低于7d。

关键词: 小麦粉; 储藏期; 面团; 流变发酵特性; 馒头质量评价

中图分类号: TS211 文献标识码: A 文章编号: 1007-7561(2021)06-0139-07

网络首发时间: 2021-11-02 16:00:51

网络首发地址: <https://kns.cnki.net/kcms/detail/11.3863.TS.20211101.1800.010.html>

Research on the Changes of the Dough Rheo-fermentation Properties of Wheat Flour during Storage

WEI Yi-min¹, ZHANG Lei¹, ZHAO Bo¹, WANG Xu-lin², WU Gui-ling²

- (1. Institute of Food Science and Technology, Chinese Academy of Agricultural Sciences/Key Laboratory of Agro-Products Processing, Ministry of Agriculture and Rural Affairs, Beijing 100193, China;
2. Institute of Food Industrial Technology of Hebei Jinshahe Group/Hebei Innovation Centre of Cereal and Food Processing Technology, Shahe, Hebei 054100, China)

Abstract: In the industrial production process of traditionally fermented flour products, the influence of a certain storage period of fresh flour on the production process and product features of Chinese steamed bread (CSB) as fermented food is very prominent, and often causing quality fluctuations. In this paper, the lab-milled 3 flours were taken as 3 repeat samples set under the condition of room temperature, with the tools of dough rheo-fermentation instrument and other equipment. Regular analysis on rheo-fermentation and other

收稿日期: 2021-05-19

基金项目: 国家现代农业(小麦)产业技术体系建设专项(CARS-02); 中国农业科学院创新工程(CAAS-ASTIP, 2013-2021); 河北金沙河集团技术合作项目(2007-2021)

Supported by: Chinese Agricultural Research System (No. CARS-02); Innovation Program of Agricultural Science and Technology, Chinese Academy of Agricultural Sciences (No. CAAS-ASTIP, 2013-2021); Technological Cooperation Project of Hebei Jinshahe Group (No. 2007-2021)

作者简介: 魏益民, 男, 1957年出生, 博士, 教授, 研究方向为谷物化学和加工技术研究。E-mail: weiyimin36@126.com.

properties of the dough, as well as the quality sensory evaluation of Chinese steamed bread (CSB) was conducted to determine a reasonable storage period for fresh wheat flour. The results showed that during the storage processes, the dough stability time increased and the weakening degree decreased, with the dough rheological property improved. The fermentation volume of rheo-fermentometer decreased significantly, so as the volume of the CSB. But the trend of change of the sensory evaluation characteristics of the CSB was not obvious. The test results by instrument Rheo F4 can reflect the rheo-fermentation properties of the dough, wherein rheo-fermentometer, such as the time required for maximum development (T1), maximum development reached by the dough (Hm), and dough development height at final fermentation time (h), have obvious guiding for production of the CSB. We therefore suggest that the flour to be used for the industrial production of CSB should stay in storage for more than 7 days after milling.

Key words: wheat flour; storage; dough; rheo-fermentation property; sensory evaluation of CSD

小麦籽粒磨制成面粉后, 需要储藏一段时间再使用, 这一规范性要求已为小麦粉加工者和使用者所熟知。由于信息技术和物流业的快速发展, 为减少库存和资金流, 小麦粉供应商和用户都在压缩供货和订货时间。馒头等发酵面制品逐步向馒头房、超市, 以及适度规模化车间制作方向发展, 机械初步替代了手工和面、揉制、成型、醒发、蒸制、包装等过程。在此背景下, 发酵面制品馒头制作过程有时会产生产品质量缺陷或问题, 例如, 面团发粘、不起个、回缩等, 当多次发生质量缺陷时, 常常造成客户投诉, 给小麦粉制造商和品牌信誉造成负面影响。另外, 规模化生产还会放大质量缺陷的影响程度。机械化馒头生产工艺对小麦粉质量的稳定性、面团流变发酵特性及易操作性提出了更高的要求。

谷物化学家和食品科学家对小麦粉储藏期的化学、流变学、食品学或添加物特性的变化做过较多的研究^[1-5]。小麦粉储藏过程中, 甘油三酯和甘油二酯的相对含量降低; 甘油一酯和脂肪酸的相对含量增加。储藏过程中, 小麦粉的过氧化值和丙二醛含量均呈现上升趋势; 提取的粗脂肪中饱和、不饱和脂肪酸的组成没有明显的变化^[6]。将小麦粉在不同温度、湿度条件下储藏, 研究其溶剂保持力(碳酸钠、乳酸和蔗糖 SRC)的变化, 结果认为溶剂保持力随着储藏时间的延长都呈现下降趋势^[7]。研究不同类型的小麦粉在 38 °C 和 70% 相对湿度条件下储藏过程部分质量特性的变化, 认为储藏两个星期之后, 样品的淀粉酶活性急剧下降; 面筋吸水量下降, 粉质仪吸水率增加; 吹泡仪 P 值增大, L 值减小, P/L 值增大, 即吹泡

曲线的特征值变化最为明显; 快速粘度仪(RVA)特征黏度值增大^[8]。认为其结果与原料的质量有关, 而因储藏造成质量特性差异小于样品(品种)的差异。用该小麦粉制作馒头的质量在劣变的同时, 样品间存在显著差异。以上研究主要集中在分析小麦粉理化品质特性的变化, 未涉及面团流变发酵特性。而工业化生产馒头必须清楚小麦粉在特定条件下的发酵时间、发酵体积、耐发酵特性等参数, 以便预知和精确地控制馒头制作工艺过程, 稳定生产工艺, 保证产品质量。

本文通过自制小麦粉的室内常温储藏, 测定储藏过程面团的流变学特性, 特别是与面团制作和发酵工艺有关的流变发酵特性, 以及小麦粉储藏期间流变特性、制作馒头质量特性的差异显著性分析, 进一步揭示小麦粉储藏过程面团流变发酵特性的变化, 解释小麦粉后熟期对馒头制作工艺的影响, 以及产生质量缺陷的可能原因。

1 材料与方法

1.1 实验材料

1.1.1 样品来源

在某企业制粉车间生产线上抽取入磨小麦籽粒 10 kg 装入塑料自封袋。重复 III 次。入磨小麦为 2020 年河北冀南地区收购的库存小麦。

1.1.2 样品准备

测定籽粒含水率, 用布勒实验磨粉机(Buhler ALMC)制粉; 出粉率控制在 70.0%, 面粉混合搅匀后, 装入塑料自封袋。

1.1.3 样品储藏

在控温条件下, 室内常温(25 °C)储藏。每

7d 取一次分析样本。实验从 2020 年 9 月 8 日开始, 10 月 10 日结束, 共取样分析 5 次。

1.1.4 馒头制作原料

自制小麦粉, 商业采购的干酵母, 精盐。

1.2 实验方法

1.2.1 小麦粉 α 淀粉酶活性

参照 GB/T 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》, 使用瑞典 Perten 降落数值仪 (Perten FN 1000) 测定^[9]。

1.2.2 小麦粉的粉质参数

参照 GB/T 14614—2019《粮油检验 小麦粉面团流变学特性测试 粉质仪法》, 使用德国 Brabender 粉质仪 (Farinograph-TS 816100) 测定^[10]。

1.2.3 面团的流变发酵参数

参照法国 Chopin F4 流变发酵仪 (Rheo F4) 标准协议测定, 并进行适当修改^[11]。使用粉质仪准备发酵面团。在面钵中加入 300 g 面粉, 2.4 g 酵母, 3.6 g 食盐, 按粉质仪吸水率加水 and 和面。将和好的面团放在发酵篮中, 按照操作规程测定。设定条件为: 315 g 面团, 温度 30 °C, 时间 3 h, 砝码 2 000 g。测定结果生成面团发酵曲线 (图 1) 和气体生成曲线 (图 2)。图 1 中, Hm 为面团发酵最大高度 (mm), h 为面团发酵终点高度 (mm), T1 为面团达到最大高度时所需时间 (min)。图 2 中, H'm 为气体释放曲线最大高度 (mm), Tx 为气体释放曲线最大高度对应的时间 (min)。A1 为面团保持 CO₂ 气体的体积 (mL); A2 为面团释放 CO₂ 气体的体积 (mL) (图 2)^[11-12]。

1.2.4 馒头制作和感官评价

参照 GB/T 35991—2018《粮油检验 小麦粉馒头加工品质评价》, 5 名感官评价员参加馒头的感官评价^[13-14]。

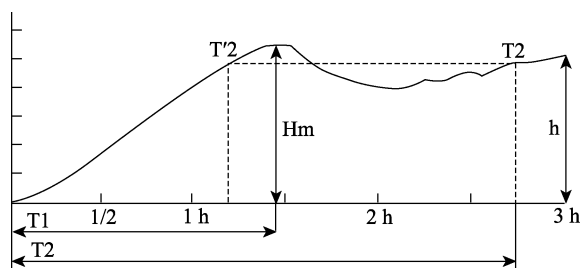


图 1 F4 流变发酵仪面团发酵曲线

Fig.1 The dough fermentation curve by F4 rheofermentometer

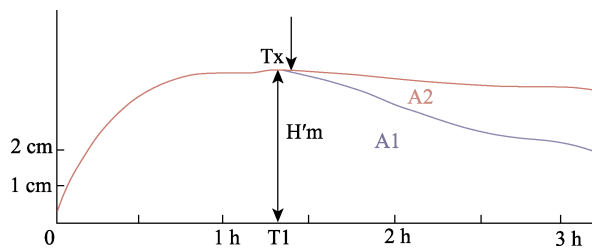


图 2 F4 流变发酵仪气体生成曲线

Fig.2 The gas development of dough by F4 rheofermentometer

1.3 数据分析

分析数据通过 Excel 2010 整理, 绘制图表, 并做储藏时间之间样品差异显著性方差分析 ($P < 0.05$)。

2 结果与分析

2.1 小麦粉理化特性

小麦籽粒磨制面粉的出粉率控制在 70% (表 1)。小麦粉样品的降落数值为 464 s, 面团稳定时间 4.95 min, 为中筋粉, 其它指标均符合商品小麦粉的质量要求。

表 1 小麦籽粒及其面粉样品的理化特性

Table 1 Physic-chemical properties of wheat kernel and its flour

籽粒含水率 /%	出粉率 /%	面粉含水率 /%	降落数值 /s	面团稳定时间 /min
15.15	70.00	13.11	464.00	4.95

小麦粉在储藏期间降落数值有缓慢升高的趋势, 21 d 达到最大值, 28 d 时又处于刚磨制时的降落数值水平 (表 2)。

表 2 储藏期间小麦面粉的降落数值

Table 2 Falling number of wheat flour during storage

储藏期/d	降落数值 \pm 标准差/s
0	463.83 \pm 12.30c
7	490.67 \pm 6.37b
14	459.50 \pm 6.50c
21	521.50 \pm 13.08a
28	469.50 \pm 6.38c

2.2 粉质参数

粉质仪测定的小麦粉和面参数显示, 随着小麦粉储藏时间的增加, 面团的稳定时间增加, 弱化度降低。小麦粉储藏 28 d 时, 和刚刚磨制的面粉 (4.95 min) 相比, 稳定时间增加了 31.92%, 差异显著 ($P < 0.05$, 图 3); 弱化度从 36.33 BU 降到 28.00 BU, 降低了 22.93%, 但差异不显著 (图

4)。说明随着小麦粉储藏期的延长,小麦粉和空气接触,继续发生氧化,和面过程面团的稳定性提高,弱化度降低。表明储藏一定时间的小麦粉加工过程耐揉性增强,面团稳定性和弱化度得到了明显改善。

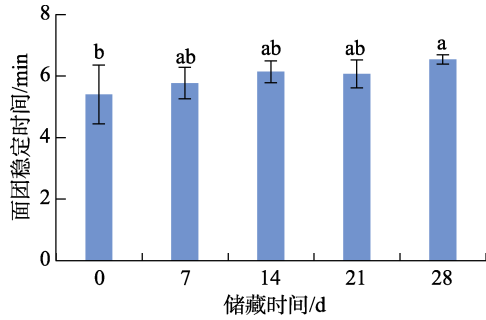


图 3 面粉储藏期面团稳定时间

Fig.3 Dough stability during flour storage

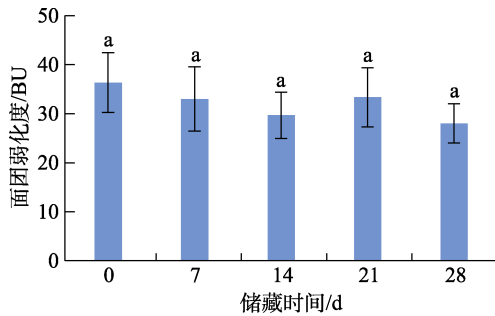


图 4 面粉储藏期面团弱化度

Fig.4 Dough softening during flour storage

2.3 流变发酵参数

F4 流变发酵仪测定的面团流变发酵参数显示,随着小麦粉储藏期的延长,面团发酵最大高度(Hm)有降低的趋势,这一下降比例只有 5.06% (图 5);同时,面团发酵终点高度(h)也下降了 4.07%,但都不到差异显著水平(图 6)。而面团释放的 CO₂ 体积则有显著的下降趋势(图 7)。这说明,在同样的发酵条件下,随着小麦粉储藏期的延长,面团发酵体积有变小的趋势。

在小麦粉储藏期间,面团达到最大发酵体积的时间(T1)在 7 d 和 14 d 时有所缩短,之后和储藏 0 d 相比没有差异(图 8)。面团保持 CO₂ 体积在面粉储藏期间无显著差异,且重复间误差较大(图 9)。面团释放 CO₂ 的体积重复间差异较小,不同储藏期间差异显著(图 10)。在相同的发酵条件下,面团达到最大发酵高度的时间与发酵基质(面粉酶活性和营养物质)有关,即小

麦粉理化特性发生了微小变化;同时,这里有可能还存在一定的互作效应。

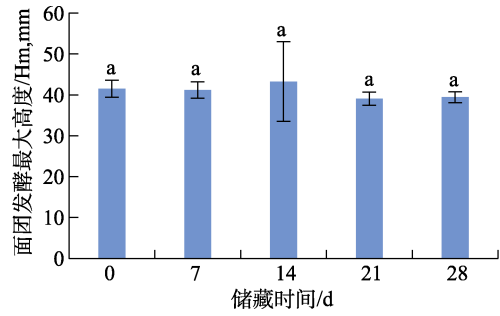


图 5 面粉储藏期面团发酵最大高度

Fig.5 Maximum development height reached by the dough (Hm) during flour storage.

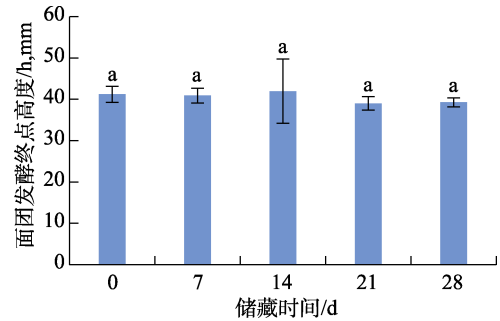


图 6 面粉储藏期面团发酵终点高度

Fig.6 Dough development height (h) at final fermentation time during flour storage

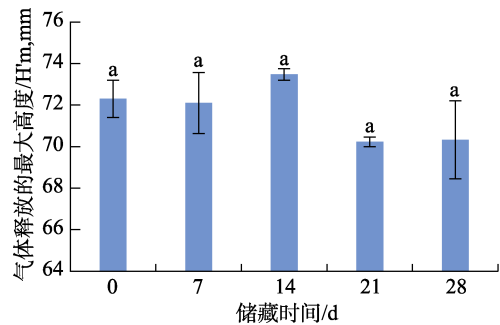


图 7 面粉储藏期气体释放的最大高度

Fig.7 Maximum height at gas releasing (H'm) during flour storage

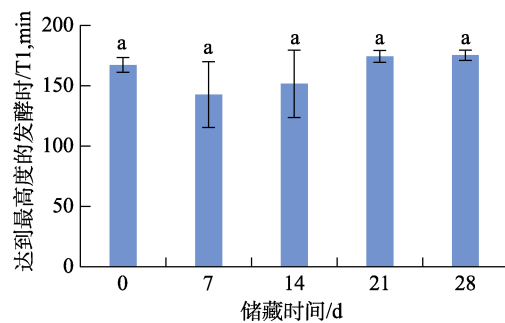


图 8 面粉储藏期面团达到最高度的发酵时间

Fig.8 Time required for maximum development (T1) during flour storage

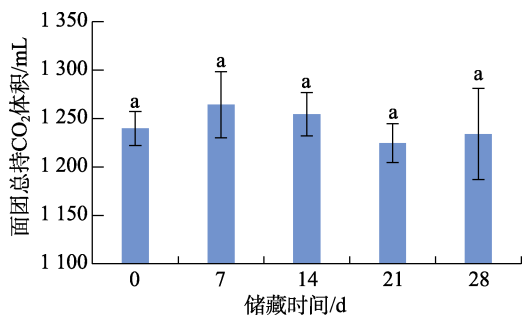


图 9 面粉储藏期面团总持 CO₂ 体积

Fig.9 The dough held CO₂ volume by dough during flour storage

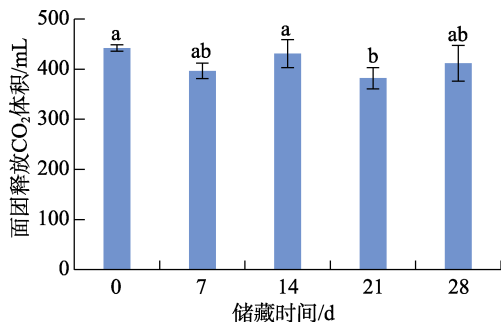


图 10 面粉储藏期面团释放 CO₂ 体积

Fig.10 The dough resesed CO₂ volume by dough during flour storage

2.4 馒头质量特性

小麦粉在储藏过程中，制作馒头体积有变小的趋势，且差异显著（表 3）。馒头质量感官评价结果及用雷达图表示的结果显示，馒头的口感、气味和韧性有随储藏期延长变优的趋势，其它特性变化差异不明显（图 11）。

表 3 馒头体积与面粉储藏期

Table 3 Steam bread and flour storage

储藏日期/d	体积/mL
0	180.00±26.46ab
7	155.00±13.23bc
14	155.00±5.00bc
21	191.67±7.64a
28	146.67±5.77c

3 讨论

3.1 小麦粉储藏期对面团特性及面团制作工艺的影响

馒头机械化制作工艺和手工制作相比，要求小麦粉在和面期间面团软硬度前后相对稳定，压面和成型时不易粘连机械、不变形，保证产品质地均匀，外形感官评价良好，便于机械化操作。面团稳定时间反映的是面粉在和面期间保持一定

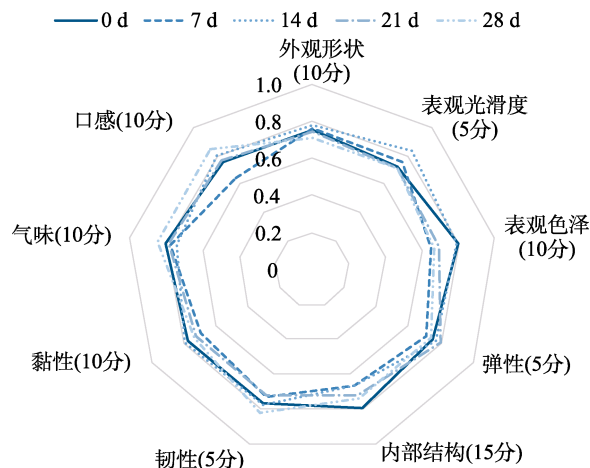


图 11 馒头感官评价结果与面粉储藏期

Fig.11 Sensor evaluation of steam bread and flour storage

稠度（500 BU）的能力（时长），与面团在加工过程中的变形程度有关。弱化度是指面团在和面搅拌过程中，随着时间的推移，面团变软的程度；弱化度过高，馒头在发酵期或蒸制前期易变形。由于机械化制作馒头和面和揉面速度和强度都远远大于手工制作，强度和速度均匀一致，馒头制作过程是在流水线上完成的，在线移动距离和流程相对较长。由此可见，和手工制作馒头相比，机械制作馒头对面团稳定性的要求要高一些，对弱化度的要求小一些^[15]。小麦制粉后，一定的面粉储藏期可减少面团粘性，有利于和面、切割和馒头成型，增加馒头的感官评分。

3.2 小麦粉储藏期对发酵参数及发酵食品质量特性的影响

小麦粉在储藏期间，其理化特性发生了显著的变化。小麦粉溶剂保持力（碳酸钠、乳酸和蔗糖 SRC）随着储藏时间的延长呈现下降趋势^[7]。小麦粉在高温高湿条件下（38 °C，RH70%）储藏两个星期之后，淀粉酶活性急剧下降；面筋吸水量下降，粉质仪吸水率增加^[8]。实验证明，人为地向小麦粉中添加酶制剂、营养素或添加剂，改变面粉理化特性，必然会影响到面团的流变发酵特性^[2,16]。反之，当发酵条件不变时，小麦粉的发酵特性受面粉提供给酵母的营养，面团保持酵母生长产生 CO₂ 气体的能力，以及面团的流变和质构特性影响。淀粉酶活性降低，必然会影响到淀粉的分解，进而影响酵母的碳源代谢。另外，面粉储藏过程因氧化原因，会影响面团的流变特

性, 即稳定时间增加(图 3), 从而使达到相同发酵体积的时间增加(图 7)。初步认为, 这两种原因使酵母的活力达到峰值时, 发酵体积有变小的趋势。然而, 进一步分析发酵过程 CO_2 的保持体积(图 9)和释放体积(图 10), 前者在发酵过程的变化不显著; 总体积的变化和面团体积的变化趋势不完全一致。仅从 CO_2 体积的变化很难完全解释以上面团体积有规律的降低现象。这可能与仪器设计的 CO_2 测定方式及敏感度有关, 还有待进一步分析。面团流变发酵仪可为工业化馒头制作提供面团的最佳发酵时间、发酵体积、耐发酵特性等参数, 可用于精确地控制馒头制作工艺参数。可见, 流变发酵参数对馒头的工业化制造具有重要的指导意义。

3.3 小麦粉流变发酵特性测试及馒头质量感官评价存在的问题

有研究指出, 面粉储藏期流变特性变化及馒头质量评价结果与原料的质量有关, 往往储藏期造成质量特性差异小于样品(或品种)差异。这说明储藏对面粉理化特性的影响有一个尺度范围, 或者说在有些情况下影响是有限的^[8]。本实验还存在同一包酵母储藏使用, 或每次使用新酵母发酵能力不同或有差异的问题, 同样存在酵母随储藏期延长活性弱化, 或酵母活性存在批次之间的差异问题。另外, 馒头的实验室制作和感官评价能力, 也是影响实验结果精度的主要问题。小麦粉流变学特性分析的仪器误差, 馒头制作和评价的随机误差一直是本行业, 特别是没有专职实验人员实验室存在的主要问题。本实验为了减少随机误差, 设计了样品的三次重复, 全部分析实验由一人操作, 专门开设了感官评价课程培训专业评价人员, 但某些感官特性的变化趋势仍不够清晰; 或变化趋势明显, 因偶然误差较大, 导致有些储藏期某些特性差异不显著。因此, 有关食品制作实验的差异显著性分析常取 $P < 0.10$ 作为差异显著性判别标准。


4 结论

小麦粉在储藏过程中, 面团稳定时间增加, 弱化度降低, 流变学特性改善, 适宜于机械化加工的能力增强; 小麦粉在储藏过程中, 发酵体积

和馒头体积降低, 馒头感官评价仅显示馒头的口感、气味和韧性有变优的趋势, 其它指标变化趋势不明显; F4 流变发酵仪测试结果可以反映面团的流变发酵特性, 其面团达到最大高度时所需时间(T_1)、最大发酵高度(H_m)和发酵终点高度(h)等参数对馒头制作具有指导意义; 建议工业化制作馒头专用小麦粉的储藏期不低于 7 d。

参考文献:

- [1] HEMERY Y M, FONTAN L, LAILLOU A, et al. Influence of storage conditions and packaging of fortified wheat flour on microbial load and stability of folate and vitamin B12[J]. Food Chemistry, 2020, 5: 100076.
- [2] FAN Z. Influence of ingredients and chemical components on the quality of Chinese steamed bread[J]. Food Chemistry, 2014, 163: 154-162.
- [3] 吴澎, 周涛, 董海洲, 等. 影响馒头品质的因素[J]. 中国粮油学报, 2012, 27(5): 107-111+117.
WU P, ZHOU T, DONG H Z, et al. Influencing factors on Chinese steamed bread[J]. Journal of Chinese Cereals and Oil Association, 2020, 27(5): 107-111+117
- [4] HUANG S D, YUNS-H, QUAIL K, et al. Establishment of flour quality guidelines for northern style Chinese steamed bread[J]. Journal of Cereal Science, 1996, 24(2): 179-185
- [5] SUN R, ZHANG Z M, HU X J, et al. Effect of wheat germ flour addition on wheat flour, dough and Chinese steamed bread properties[J]. Journal of Cereal Science, 2015, 64: 153-158.
- [6] 陈聪聪, 王新伟, 赵仁勇. 不同加工精度小麦粉储藏过程中脂类变化规律[J]. 食品科学, 2020, 41(3): 159-164.
CHEN C C, WANG X W, ZHAO R Y. Changes in lipids of wheat flour samples with different processing degree during storage[J]. Food Science, 2020, 41(3): 159-164.
- [7] 袁建, 宋佳, 贾继荣, 等. 小麦粉储藏期溶剂保持力变化规律研究[J]. 食品科学, 2009, 30(24): 474-479.
YUAN J, SONG J, JIA J R, et al. Changes of solvent retention capacity of wheat flour during storage[J]. Food Science, 2009, 30(24): 474-479.
- [8] 孙辉, 姜薇莉, 田晓红, 等. 小麦粉储藏品质变化规律研究[J]. 中国粮油学报, 2005, 20(3): 77-82.
SUN H, JIANG W L, TIAN X H, et al. Quality changes of wheat flour during storage in controlled condition[J]. Journal of Chinese Cereals and Oil Association, 2005, 20(3): 77-82.
- [9] 国家粮食和物资储备局. 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. 2008-11-04.
National Food and Strategic Reserves Administration. 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: General Administration of Quality Supervision, Inspection and Quarantine of the People's Republic of China; Standardization Administration of China, 2008-11-04.
- [10] 国家粮食和物资储备局. 粮油检验 小麦粉面团流变学特性测试 粉质仪法: GB/T 14614—2019[S]. 北京: 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. 2019-05-18.
- National Food and Strategic Reserves Administration. Grain and oil inspection Rheological properties test of wheat flour dough Farinograph: GB/T 14614 — 2019[S]. Beijing: General Administration of Quality Supervision, Inspection and Quarantine of the People's Republic of China; Standardization Administration of China, 2019-05-18.
- [11] American Association of Cereal Chemists (AACC). Yeast Activity, Gas Production: 89-01.01[S]. Washington, 1999-11-03.
- [12] TANG X J, LIU R S, HUANG W N, et al. Impact of in situ formed exopolysaccharides on dough performance and quality of Chinese steamed bread[J]. LWT-Food Science and Technology, 2018, 96: 519-525.
- [13] 张岩岩, 李雪杰, 张剑, 等. 微波辐照对直接研磨法全麦粉的储藏稳定性与品质的影响[J]. 河南农业大学学报, 2020, 54(3): 506-512.
- ZHANG Y Y, LI X J, ZHANG J, et al. The effect of microwave irradiation on the storage stability and quality of direct grinding whole wheat flour [J]. Journal of Henan Agricultural University, 2020, 54(3): 506-512.
- [14] LIU R, SOLAH V A, WEI Y M, et al. Sensory evaluation of Chinese white salted noodles and steamed bread made with Australian and Chinese wheat flour[J]. Cereal Chemistry, 2019, 96(1): 66-75.
- [15] HUANG S, QUAIL K, MOSS R, et al. Objective methods for the quality assessment of northern-style Chinese steamed bread[J]. Journal of Cereal Science, 1995, 21(1): 49-55.
- [16] 魏益民, 张波, 关二旗, 等. 中国冬小麦品质改良研究进展[J]. 中国农业科学, 2013, 46(20): 4189-4196.
- WEI Y M, ZHANG B, GUAN E Q, et al. Advance in study of quality property improvement of winter wheat in China[J]. Scientia Agricultura Sinica, 2013, 46(20): 4189-4196.
- [17] MA F Y, JI T, BAIK B K. Quality characteristics of northern-style Chinese steamed bread prepared from soft red winter wheat flours with waxy wheat flour substitution[J]. Journal of Cereal Science, 2017, 73: 99-107. 
- 备注:** 本文的彩色图表可从本刊官网 (<http://lyspkj.ijournal.cn>)、中国知网、万方、维普、超星等数据库下载获取。