

不同包装形式对大米-小麦混合粉馒头贮藏品质的影响

马春敏, 付佳宁, 杨杨, 王冰, 边鑫, 张光, 陈之鹏, 张娜

Effects of Different Packing Forms on Storage Quality of Rice-wheat Mixed Flour Steamed Buns

MA Chunmin, FU Jianing, YANG Yang, WANG Bing, BIAN Xin, ZHANG Guang, CHEN Zhipeng, and ZHANG Na

在线阅读 View online: <https://doi.org/10.13386/j.issn1002-0306.2023110155>

您可能感兴趣的其他文章

Articles you may be interested in

木薯全粉对木薯-小麦混合粉加工特性及馒头品质的影响

Effect of Whole Cassava Flour on Processing Properties of Cassava-wheat Composite Flour and Quality Properties of Chinese Steamed Bread

食品工业科技. 2020, 41(7): 18-24 <https://doi.org/10.13386/j.issn1002-0306.2020.07.004>

包装方式对糌粑粉贮藏品质及货架期的影响

Influence of Packaging Method on the Storage Quality and Shelf Life of Zanba

食品工业科技. 2021, 42(22): 321-328 <https://doi.org/10.13386/j.issn1002-0306.2021030335>

脱氧干燥剂与包装方式对丹桂干花贮藏品质的影响

Effects of Deoxidizing Desiccant and Packaging Method on the Storage Quality of Dried *Osmanthus* Flowers

食品工业科技. 2021, 42(8): 215-220 <https://doi.org/10.13386/j.issn1002-0306.2020060039>

红枣粉添加量对面团特性及馒头品质的影响

Effect of Jujube Powder Addition on Dough Characteristics and Steamed Bread Quality

食品工业科技. 2021, 42(5): 177-181,187 <https://doi.org/10.13386/j.issn1002-0306.2020050352>

包装材料对紫米贮藏品质的影响

Effect of Packaging Materials on the Storage Quality of Purple Rice

食品工业科技. 2023, 44(7): 234-243 <https://doi.org/10.13386/j.issn1002-0306.2022060141>

不同改良剂对发芽糙米-小麦面团性质及馒头品质的影响

Influence of Different Improvers on Germination Brown Rice-Wheat Flour Dough Properties and Steamed Bread Quality

食品工业科技. 2023, 44(24): 222-228 <https://doi.org/10.13386/j.issn1002-0306.2023020256>



关注微信公众号, 获得更多资讯信息

马春敏, 付佳宁, 杨杨, 等. 不同包装形式对大米-小麦混合粉馒头贮藏品质的影响 [J]. 食品工业科技, 2024, 45(22): 281-288. doi: 10.13386/j.issn1002-0306.2023110155

MA Chunmin, FU Jianing, YANG Yang, et al. Effects of Different Packing Forms on Storage Quality of Rice-wheat Mixed Flour Steamed Buns[J]. Science and Technology of Food Industry, 2024, 45(22): 281-288. (in Chinese with English abstract). doi: 10.13386/j.issn1002-0306.2023110155

· 贮运保鲜 ·

不同包装形式对大米-小麦混合粉馒头 贮藏品质的影响

马春敏, 付佳宁, 杨杨, 王冰, 边鑫, 张光, 陈之鹏, 张娜*
(哈尔滨商业大学食品工程学院, 黑龙江哈尔滨 150076)

摘要:为探究大米-小麦混合粉馒头的最佳包装形式和贮藏方式, 通过分析馒头中微生物含量、水分含量、质构特性及复蒸后感官特性, 揭示透气包装、脱氧包装和密封包装在 25 °C 和 4 °C 贮藏条件下对大米-小麦混合粉馒头品质的影响。研究发现, 透气包装馒头的水分含量、弹性的下降速率和硬度的上升速率最快, 感官评分最低; 整个贮藏中脱氧包装馒头的水分含量和硬度略小于密封包装馒头, 弹性大于密封包装馒头。在 25 °C 贮藏时透气包装、脱氧包装和密封包装馒头分别在 1、6、3 d 时菌落总数超过 6 lg CFU/g; 2、5、4 d 时霉菌数超过标准 GB/T 21118-2007 200 CFU/g, 1、3、5 d 时出现感官品质劣变。在 4 °C 贮藏时密封包装、脱氧包装和透气包装馒头分别在 8、14、12 d 时菌落总数超过 6 lg CFU/g, 10、12、10 d 时霉菌数超过标准 GB/T 21118-2007 200 CFU/g, 8、12、10 d 时出现感官品质劣变。因此, 采用脱氧包装的低温贮藏形式使馒头具有较好的贮藏品质。

关键词:大米-小麦混合粉, 馒头, 密封包装, 脱氧包装, 透气包装, 贮藏品质

中图分类号: TS206.6

文献标识码: A

文章编号: 1002-0306(2024)22-0281-08

DOI: 10.13386/j.issn1002-0306.2023110155



本文网刊:

Effects of Different Packing Forms on Storage Quality of Rice-wheat Mixed Flour Steamed Buns

MA Chunmin, FU Jianing, YANG Yang, WANG Bing, BIAN Xin, ZHANG Guang,
CHEN Zhipeng, ZHANG Na*

(School of Food Engineering, Harbin University of Commerce, Harbin 150076, China)

Abstract: In order to explore the best packaging form and storage method of rice-wheat mixed steamed bread, the effects of breathable packaging, deoxidized packaging and sealed packaging on the quality of rice-wheat mixed steamed bread were studied by analyzing the microbial content, moisture content, texture characteristics and sensory properties of steamed bread after steaming. The results showed that the moisture content, elasticity and hardness of steamed bun were the fastest, and the sensory score was the lowest. In the whole storage, the moisture content and hardness of deoxidized steamed bread were slightly less than that of sealed steamed bread, and the elasticity was greater than that of sealed steamed bread. When stored at 25 °C, the total number of bacterial colonies in aerated, deoxidized and sealed steamed buns exceeded 6 lg CFU/g at 1, 6 and 3 d, respectively. The mold count exceeded the national standard GB/T 21118-2007 200 CFU/g on days 2, 5 and 4, and the sensory quality deteriorated on days 1, 3 and 5. When stored at 4 °C, sealed, deoxidized and breathable steamed buns were stored at 8, 14 and 12 days, respectively, the total number of colonies exceeded 6 lg CFU/g at 8, 14 and 12 days, the mold count exceeded GB/T 21118-2007 200 CFU/g at 10, 12 and 10 days, and the sensory quality deteriorated at 8, 12 and

收稿日期: 2023-11-17

基金项目: 国家重点研发计划 (2021YFD2100902-3); 省“双一流”学科协同创新成果项目 (LJGXCG202080, LJGXCG202083); 中央引导地方科技发展专项项目 (ZY2022B-HRB-12); 黑龙江省重点研发计划揭榜挂帅项目 (2023ZXJ08B03); 黑龙江省青年科技人才托举工程项目 (2022QNTJ010, 2023QNTJ001); 哈尔滨商业大学“青年科研创新人才”培育计划 (2023-KYYWF-1060)。

作者简介: 马春敏 (1992-), 女, 博士, 讲师, 研究方向: 谷物化学利用与研究, E-mail: chunmin_ma@163.com。

* 通信作者: 张娜 (1979-), 女, 博士, 教授, 研究方向: 谷物化学与粮食高值化利用, E-mail: foodzhangna@163.com。

10 days. Therefore, the low-temperature storage form of deoxidized packaging makes the steamed bread have better storage quality.

Key words: rice-wheat mixed powder; steamed bread; sealed packaging; deoxidized packaging; breathable packaging; storage quality

馒头是中国传统主食之一,由酵母发酵后蒸制而成,组织柔软、麦香味浓郁。与其它油炸食品和焙烤食品相比,馒头无油无盐,安全风险问题较少,由于蒸制温度较低,各类热敏性营养成分能够保留,是一种安全、营养、健康的面制品^[1]。小麦粉中含有碳水化合物、蛋白质、脂肪、粗纤维、钙、磷、钾、维生素B₁、维生素B₂及烟酸等营养成分^[2],是制作馒头的重要原料。小麦粉中独特的麦谷蛋白和麦醇溶蛋白能吸水形成其他谷物不具备的面筋蛋白^[3],然而,面筋蛋白是一种过敏源,可能会引发乳糜泻和小麦过敏等麸质不耐症^[4-5]。因此,根据麸质不耐症患者的特殊饮食需要,研发出面筋蛋白含量较低的谷物食品具有重要意义。在传统谷物中,大米蛋白的氨基酸组成模式合理^[6],含有一般谷物中缺少的赖氨酸,消化率也是谷类蛋白中较高的^[7],且低致敏性^[8],是一种优质蛋白^[9]。Rai等^[10]发现用25%大米粉替代小麦粉可用于面包制作,而不会对面包制作质量产生不利影响。因此在传统谷物主食馒头中添加适量大米粉不会改变产品的品质,还可使产品的营养更加均衡。

现代社会消费者对即食方便食品的需求逐年增长,馒头的包装和贮藏方面研究对其实现工业化生产是十分有必要的。合适的包装可以延缓微生物的生长繁殖^[11],减少馒头水分的散失,延缓老化,防止其发生干缩和表皮破损等问题^[12]。Sheng等^[13]采用热真空包装技术,将刚蒸好的馒头直接在无菌条件下进行包装,并使蒸汽在36~48 h后被馒头完全吸收从而形成真空状态,结果表明真空包装后馒头淀粉回生速率减慢并且保质期明显延长。杜云豪^[14]研究表明冷藏后透气包装馒头各项指标均出现劣变,脱氧包装馒头虽比容快速下降但更能有效抑制微生物的生长。馒头表皮极易损失水分而变得干硬,当馒头冷却到室温时应立即进行包装^[15]。因馒头附加值低,其他食品中广泛应用的气调包装、加入防腐剂或杀菌剂、照射紫外线以及臭氧熏蒸等方式会增加生产成本,故实际上很少采用这些方式。目前,市场上大部分馒头都采取密封包装、脱氧包装等简易包装形式在25℃或4℃贮藏。但是,25℃简易贮藏的馒头容易受到环境中及自身的微生物污染而腐败变质,而4℃贮藏馒头口感变硬,复蒸后馒头可能会出现表面收缩、底部分离、起泡、表皮开裂或发白等品质劣变现象^[16]。因此,在低成本条件下,研究馒头的合理包装形式及贮藏条件对馒头产品品质的影响,是目前需要解决的实际问题。

本研究采用大米与小麦的混合粉制得的馒头经密封包装、脱氧包装和透气包装三种包装形式在

25℃和4℃两种温度下贮藏,对贮藏期间馒头的微生物含量、水分含量、质构特性及复蒸后感官品质进行分析,旨在研究包装形式和贮藏方式对大米-小麦混合粉馒头的影响规律,为大米-小麦混合粉馒头产品的开发提供理论和实验依据。

1 材料与方法

1.1 材料与仪器

常新农夫大米 黑龙江省五常金禾米业有限公司;金特精高筋小麦粉 青岛旺光达商贸有限公司;酵母粉 安琪酵母股份有限公司;孟加拉红琼脂培养基 上海博微生物科技有限公司;平板计数琼脂培养基 青岛明月海藻集团有限公司;脱氧剂(50cc) 安徽亿华包装有限公司;无菌均质袋(20×32 cm) 常德比克曼生物科技有限公司;PE包装袋(180×200 mm) 西安佳帮手日用品有限公司;100目分样筛 上海晖创化学仪器有限公司。

YP5002分析天平(精确至0.01 g) 上海佑科仪器仪表有限公司;WK-500B多功能粉碎机 上海新诺仪器设备有限公司;DHG-9203A恒温鼓风干燥箱 上海一恒科学仪器有限公司;HWS-5013恒温恒湿培养箱 天津市宏诺仪器有限公司;Mixolab 2混合试验仪 法国肖邦仪器公司;TA.new plus质构仪 上海瑞玢国际贸易有限公司;HMJ-A20E1和面机 广东小熊电器股份有限公司;C21-SDHCB9E32电磁炉 浙江绍兴苏泊尔生活电器有限公司;OMJ-P32热风循环醒发箱 河北欧美佳食品机械有限公司;BCD-296WT冰箱 青岛海尔集团有限公司;DL-CJ-1ND医用型洁净工作台 北京东联哈尔仪器制造有限公司。

1.2 实验方法

1.2.1 馒头的制作 大米-小麦混合粉馒头制作参考GB/T 20571-2006小麦储存品质判定规则^[17]的馒头制作方法并作修改。大米碎成粉状过100目筛后以质量比为25%的比例与小麦粉充分混匀制得混合粉^[10]。称取2.4 g的酵母粉溶于20 mL 38℃的水中备用。称量200 g混合粉倒入和面机中,加入活化好的酵母溶液。采用Mixolab 2混合实验仪测定混合粉面团的吸水率,补加相当于吸水率80%的水,和面至面团形成后将面团放入醒发箱中进行第一次醒发,醒发时间55 min,醒发温度30℃,相对湿度80%。将醒发好的面团均匀分割成3份,排出面团中的气体,进行第二次醒发^[18],醒发25 min后蒸20 min,取出蒸好的馒头,盖上纱布。

1.2.2 馒头的包装和贮藏 混合粉馒头的包装和贮

藏条件参考杜云豪^[14]的方法并作修改。将制好的馒头立即转移至无菌工作台上,擦干表面水分,冷却 1 h 后进行包装。选择密封包装、脱氧包装、透气包装三种包装形式,密封包装将馒头放入 PE 包装袋中进行密封,使空气和水分无法进入包装袋内部;脱氧包装将馒头放入 PE 包装袋后再加入脱氧剂后再进行封口;将 PE 包装袋底部剪两个 20×25 mm 的透气小孔将馒头放入为透气包装。每个包装袋中均装入一个馒头。包装好后分别在 25 ℃ 培养箱中和 4 ℃ 冰箱中贮藏。

1.2.3 微生物测定

1.2.3.1 菌落总数测定 馒头中的菌落总数按 GB 4789.2-2022 菌落总数测定^[19]中的方法进行测定。取 25 g 样品于含 225 mL 生理盐水的无菌均质袋中,均质 1.5 min,制成 1:10 的样品匀液。根据污染状况,制备适宜稀释度的样品匀液,取 1 mL 于无菌平皿内,生理盐水作对照。将平板计数琼脂培养基倾注平皿,缓慢转动培养皿使其混合均匀。凝固后将平皿翻转,36 ℃ 培养 48 h。菌落数以菌落个数的对数 lg(CFU)/g 表示。

1.2.3.2 霉菌数量测定 馒头中的霉菌数按 GB 4789.15-2016 霉菌和酵母计数^[20]中的霉菌平板计数法进行测定。样品稀释方法与菌落总数测定方法一致^[19-20]。选取稀释后的样品注入平皿并做空白对照后,将 20 mL 冷却至 46 ℃ 的孟加拉红琼脂倾注平皿,混合均匀。琼脂凝固后,正置平板,28 ℃ 培养 5 d,记录稀释倍数并计数霉菌菌落数,菌落数以菌落形成单位(colony-forming units, CFU)表示。

1.2.4 水分含量测定 混合粉馒头的水分含量测定参考 AOAC Official Method 945.15 Moisture in Cereal Adjuncts Air Oven Method^[21]的方法并作修改。将待测馒头样品磨细至颗粒小于 2 mm,称取 2 g 混合粉样品放入已恒重为 m_3 的称量瓶中,精密称量后置于 105 ℃ 干燥箱中,质量为 m_1 ,瓶盖斜支于瓶边,干燥至恒重,质量为 m_2 。按式(1)计算混合粉馒头的水分含量:

$$X = \frac{m_1 - m_2}{m_1 - m_3} \times 100 \quad \text{式 (1)}$$

式中: X 表示混合粉馒头样品的水分含量(g/100 g); m_1 表示称量瓶和样品的质量(g); m_2 表示称量瓶和样品干燥后的质量(g); m_3 表示称量瓶的质量(g); 100 表示单位换算系数。

1.2.5 质构特性测定 大米馒头质构特性测定参考 Graça 等^[22]的方法,将冷却好的大米馒头切成 2×2×2 cm³ 的小方块,然后用质构仪配备的 P36 探头进行 TPA 测定,得到硬度(Hardness)和弹性(Springiness)参数。测试条件:测试前速度为 1 mm/s,压缩过程中的速度为 2.0 mm/s,返回速度为 1 mm/s,压缩比为 50%,两次压缩中间停止时间为 5 s,接触点感应应力为 5.00 g。

1.2.6 感官评价 将贮藏后的混合粉馒头放在蒸锅中,复蒸 10 min,取出馒头后盖上纱布,冷却后进行感官评价。感官评分标准参考 GB/T 35991-2018 小麦粉馒头加工品质评价^[23]并作修改,由 10 名专业人员组成感官评价小组,其中男女各半,年龄 23~25 岁,在饭后 2 h 进行感官评价,每组样品独立重复 3 次,取平均值。评分标准见表 1。

1.3 数据处理

结果用平均值±标准差表示,每组实验重复三次。采用 Graphpad Prism 7.0 软件作图,使用 SPSS 19 软件进行数据统计分析。其中,实验各组之间的差异采用单因素方差分析(One-way ANOVA),显著性分析采用 Duncan 检验,显著性水平设定为 $P < 0.05$ 。

2 结果与分析

2.1 不同包装形式的混合粉馒头在贮藏过程中微生物的变化

相关研究表明,馒头的蒸制过程可以有效杀菌,但由于原料、馒头加工和冷却过程中会引入耐热菌,刚蒸好的馒头的菌落总数一般在 1~2.5 lg CFU/g 之间^[24]。刘长虹^[25]的研究表明,需要在复蒸后再进行食用的馒头的菌落总数测定,小于 6 lg CFU/g 时不会引起细菌性食物中毒,超过 6 lg CFU/g 时会出现

表 1 大米-小麦混合粉馒头感官评价标准

Table 1 Rice-wheat mixed flour steamed bun sensory evaluation form

项目	分值	评分标准
比容(mL/g)	20	比容大于或等于2.3得满分20分,每下降0.1扣1分
宽高比	5	小于或等于1.40得最高分5分;大于1.60得最低分0分;在1.40~1.60之间每增加0.05扣1分
弹性	10	手指按压后回弹性好得8~10分;回弹性弱得6~7分;不回弹或按压困难得4~5分
表面光泽	10	颜色明亮均匀得8~10分;颜色稍暗得5~7分;颜色灰暗不均匀得0~4分
表面结构	10	表面光滑且形状饱满得8~10分;表面褶皱且形状不饱满得4~7分;体积萎缩严重且表面褶皱程度大得0~4分
内部结构	20	内部气孔细腻均匀得18~20分;内部有个别气泡得13~17分,边缘与表皮有分离现象扣1分;气孔过于细密、有较多气泡或结构略显粗糙得10~12分;气孔不均匀或结构很粗糙得5~9分
韧性	10	入口咀嚼咬劲强得8~10分;咬劲一般得6~7分;咬劲差,切块时掉渣或咀嚼时口感干硬得4~5分
黏性	10	咀嚼时不黏牙得8~10分;稍黏得6~7分;很黏得4~5分
食味	5	有浓郁的大米香气得4~5分;滋味平淡得1~3分;有异味得0分

感观品质劣变。根据 GB/T 21118-2007 小麦粉馒头^[26] 的规定,馒头的霉菌数量应在 200 CFU/g 以下。

不同包装形式的混合粉馒头在 25℃ 贮藏过程中菌落总数和霉菌数量的变化如图 1 所示。透气包装馒头的菌落总数和霉菌数量的增长速度显著快于脱氧包装和密封包装($P<0.05$)。微生物在透气包装馒头中快速增长,1 d 后菌落总数超出 6 lg CFU/g,2 d 后霉菌数量超过国家标准 200 CFU/g。是由于透气包装馒头直接与空气接触,更容易接触空气中的各种微生物,使其在馒头中生长繁殖,从而菌落总数增加。随着时间的增加,脱氧包装馒头和密封包装馒头的菌落总数和霉菌数量也逐渐增加,说明蒸制时高温虽然能够杀灭霉菌,但是还是有霉菌孢子存活,霉菌孢子通过吸收水分和馒头中的营养物质后进行萌发^[14]。透气包装、脱氧包装、密封包装馒头的菌落总数分别在 1、6、3 d 时超过 6 lg CFU/g。密封包装较脱氧包装馒头的菌落总数增长速率快,1 d 时密封包装菌落总数为脱氧包装的 1.53 倍,2 d 时为脱氧包装的 2.24 倍。透气包装、脱氧包装、密封包装分别在 2、5、4 d 时霉菌数超过国家标准 200 CFU/g,1 d 时密封包装馒头的霉菌数为脱氧包装的 1.17 倍,2 d 时为脱氧包装的 1.34 倍,3 d 时为脱氧包装的 2.57 倍,由此可见,在 25℃ 贮藏时脱氧包装相比于密封包装和透气包装能更好地延缓微生物的繁殖,有效抑制馒头中需氧菌的生长速度。

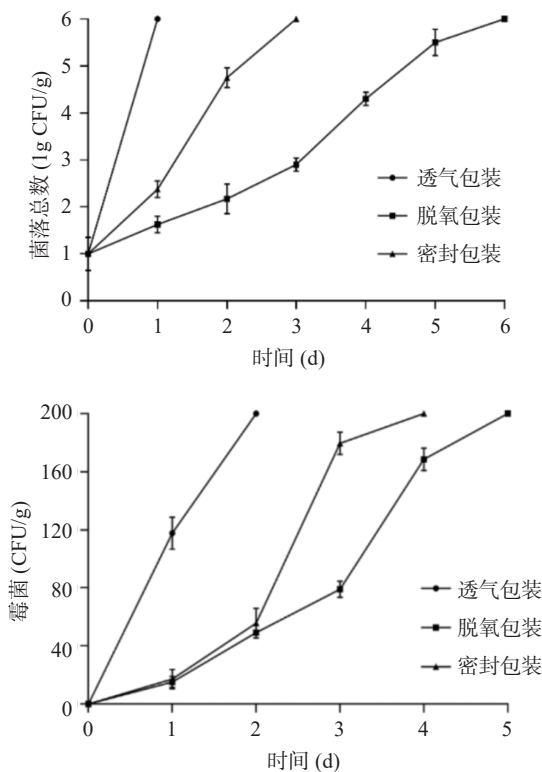


图 1 不同包装形式的混合粉馒头在 25℃ 贮藏过程中菌落总数和霉菌数量的变化

Fig.1 Changes of the total number of colonies and the number of molds of mixed steamed buns with different packaging forms during storage at 25℃

三种包装形式的混合粉馒头在 4℃ 过程中菌落总数和霉菌数量的变化如图 2 所示,4℃ 条件下三种包装形式的混合粉馒头的菌落总数显著低于 25℃ 贮藏的馒头($P<0.05$),说明 4℃ 能够延缓微生物的生长。这可能是由于贮藏温度的下降,导致霉菌孢子和其他菌落萌发变慢。透气包装馒头在贮藏 8 d 时菌落总数超过 6 lg CFU/g,相比于 25℃ 贮藏延长 7 d。在 0~6 d 时脱氧包装与密封包装的微生物生长速率相似,在 10 d 时密封包装菌落总数为脱氧包装馒头的 1.25 倍。因此在 6 d 内保存混合粉馒头时可选择成本较脱氧包装低的密封包装。4℃ 条件下透气包装馒头的霉菌增长速率快于密封包装与脱氧包装馒头,透气包装和密封包装在 4℃ 贮藏 10 d 时霉菌数量超过国家标准 200 CFU/g,脱氧包装在 12 d 时霉菌数量超过国家标准 200 CFU/g。由此可见,采用脱氧包装在 4℃ 贮藏能更好地保存馒头,是延长馒头贮藏时间的一种有效手段。

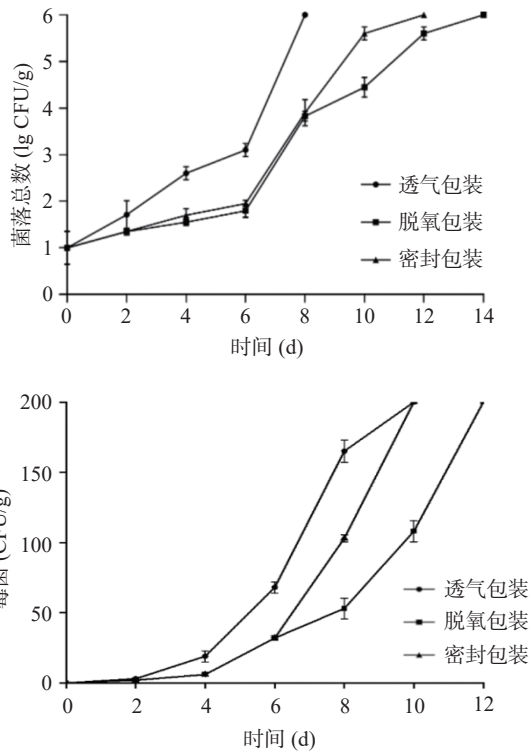


图 2 不同包装形式的混合粉馒头在 4℃ 贮藏过程中菌落总数和霉菌数量的变化

Fig.2 Changes of the total number of colonies and the number of molds of mixed steamed buns with different packaging forms during storage at 4℃

2.2 不同包装形式的混合粉馒头在贮藏过程中水分含量的变化

不同包装形式的混合粉馒头在 25℃ 和 4℃ 贮藏过程中水分含量的变化如图 3 所示。在 25℃ 和 4℃ 贮藏过程中,三种包装形式馒头的水分含量总体均逐渐减少。在 25℃ 贮藏 5 d 与 4℃ 贮藏 12 d 时三种包装馒头水分含量下降至平稳。在 25℃ 贮藏第 5 d 时透气包装、脱氧包装、密封包装馒头水分含

量分别由 44.48% 下降至 34.67%、41.45%、42.36%。在 4 °C 贮藏第 12 d 时透气包装、脱氧包装、密封包装馒头水分含量分别下降至 38.69%、41.33% 和 41.76%。透气包装馒头水分含量下降速率最快, 这是因为透气包装透气性较大, 空气流动更快, 导致馒头皮水分含量迅速下降。水分含量的减少, 导致馒头的弹性较弱和硬度增加^[27], 因此透气包装馒头复蒸后感官品质可能最差。密封包装的保水性在三者之中最佳, 密封的包装环境可以使馒头更好的保持水分, 但由于馒头中的一部分水分会向包装顶空转移, 因此随着时间的推移, 馒头整体水分含量仍呈逐渐下降的趋势。

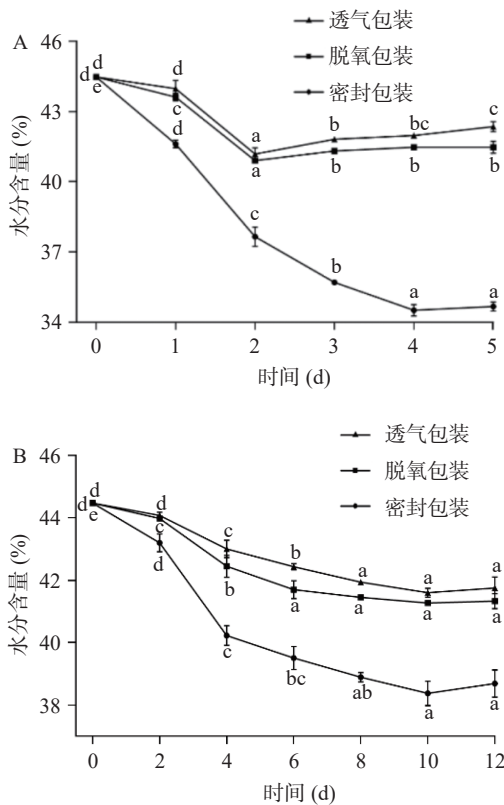


图 3 不同包装形式的混合粉馒头在 25 °C 和 4 °C 贮藏过程中水分含量的变化

Fig.3 Changes of moisture content of mixed steamed buns with different packaging forms during storage at 25 °C and 4 °C
 注: A: 25 °C; B: 4 °C; 同样品中不同的小写字母表示差异性显著 ($P < 0.05$); 图 4-图 6 同。

脱氧包装馒头和透气包装馒头在 25 °C 贮藏 3 d 后整体水分含量略有增加, 第 5 d 时脱氧包装和密封包装馒头水分含量相比于第 3 d 分别上升 0.14% 和 0.56%, 密封包装馒头的水分含量是脱氧包装的 1.02 倍, 但 4 °C 贮藏过程中三种包装馒头的水分含量一直呈现下降趋势。可能是因为微生物生长繁殖会产生少量的水, 而 4 °C 贮藏条件会抑制微生物的生长繁殖。相对较高的水分含量可促进霉菌的生长, 霉菌毒素的产生会引起面包的腐败, 导致对健康的不利影响^[28-29]。密封包装馒头较脱氧包装馒头水分含量多, 其菌落总数和霉菌的生长也快于脱氧包

装馒头。因此, 脱氧包装是包装馒头的最优选择。

2.3 不同包装形式的混合粉馒头在贮藏过程中质构特性的变化

不同包装形式的混合粉馒头在 25 °C 和 4 °C 贮藏过程中硬度的变化趋势如图 4 所示。三种包装形式的混合粉馒头在 25 °C 和 4 °C 贮藏过程中硬度均呈现先迅速上升后逐渐平稳的趋势。在 25 °C 贮藏 2 d 内和 4 °C 贮藏 6 d 内三种包装形式的馒头硬度显著上升, 总体来看, 透气包装馒头的硬度最大, 25 °C 贮藏 2 d 时透气包装馒头硬度是密封包装馒头硬度的 1.10 倍, 脱氧包装馒头硬度的 1.13 倍, 相比于第 0 d 上升 43%, 脱氧包装和密封包装 25 °C 贮藏 2 d 后硬度相比于第 0 d 分别上升 26% 和 29%。结果可能是因为 0~2 d 水分蒸发较快, 直链淀粉分子重结晶速度加快, 馒头老化加快, 导致馒头内部结构更加致密^[21]。第 5 d 时透气包装馒头相比于第 3 d 硬度略有下降, 下降 0.004%, 脱氧包装馒头和密封包装馒头分别上升 0.02% 和 0.001%。三种包装馒头在 4 °C 贮藏 0~6 d 时硬度均呈显著上升趋势, 6~12 d 硬度均趋于平稳, 其中透气包装馒头的硬度最大。4 °C 贮藏 4 d 时透气包装、脱氧包装、密封包装馒头相比于 25 °C 贮藏硬度分别增加 17.7%、14.5%、19.5%。在三种包装形式中, 透气包装馒头的硬度上升速率最快, 这是由于透气包装馒头的水分散失最严重, 老化程度更大。脱氧包装馒头的硬度上升速率小于密封包装馒头, 这也说明脱氧包装更能保护馒头品

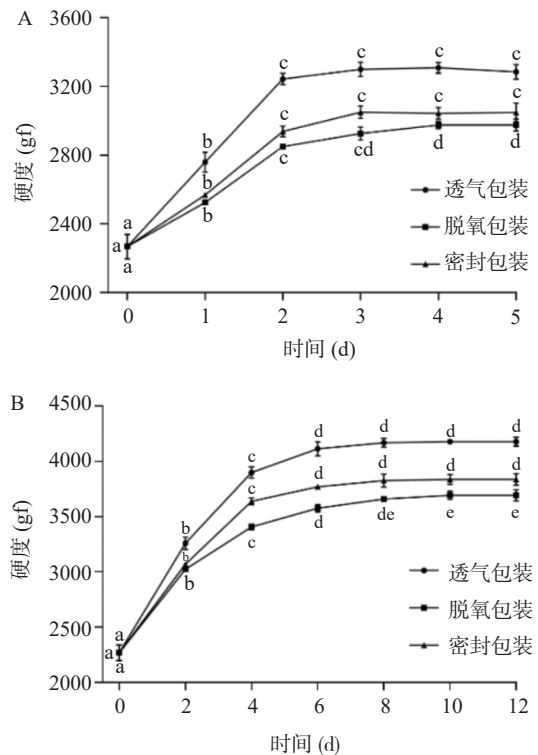


图 4 不同包装形式的混合粉馒头在 25 °C 和 4 °C 贮藏过程中硬度的变化

Fig.4 Changes of hardness of mixed flour steamed buns with different packaging forms during storage at 25 °C and 4 °C

质。在相同贮藏时间下, 25 °C 贮藏馒头的硬度始终低于 4 °C 贮藏馒头, 这可能是因为 4 °C 贮藏会使馒头中直链淀粉分子更容易老化, 从而使馒头的硬度增加^[30-32]。因此, 在 4 °C 下贮藏馒头会加快其硬化速率, 使其提前达到稳定状态; 而在 25 °C 下贮藏馒头可以延缓其硬化速率。由此可见 4 °C 保存相比于 25 °C 保存使馒头硬化速率增加, 对馒头的品质不利。

三种包装形式的馒头在 25 °C 和 4 °C 贮藏过程中的弹性如图 5 所示, 均呈现先快后慢的下降趋势, 在 25 °C 贮藏 2 d 内和 4 °C 贮藏 6 d 内馒头弹性下降速率较快。透气包装、脱氧包装、密封包装馒头 25 °C 贮藏 2 d 时弹性较 0 d 分别下降 17.9%、10.8%、13.6%。在 4 °C 贮藏 6 d 时透气包装、脱氧包装、密封包装馒头的弹性较 0 d 分别下降 43.8%、22.7%、20.6%。影响馒头弹性的主要因素是淀粉的凝胶网络结构, 由于在 0~3 d 淀粉失水速率较快, 从而降低了淀粉体系的凝胶性, 使馒头内部结构更加致密, 弹性降低^[33]。透气包装馒头的弹性下降速率最快, 这是由于透气包装馒头的水分散失最严重, 老化程度更大。脱氧包装馒头的弹性下降速率小于密封包装馒头, 这也说明脱氧包装更能保护馒头品质。在相同贮藏时间下, 25 °C 贮藏馒头的弹性始终高于 4 °C 贮藏馒头, 这是因为 4 °C 贮藏使馒头内部结构更加致密, 从而使馒头的弹性减小。综上所述, 25 °C 贮藏的脱氧包装馒头能更好的保证馒头的柔软度与弹性。

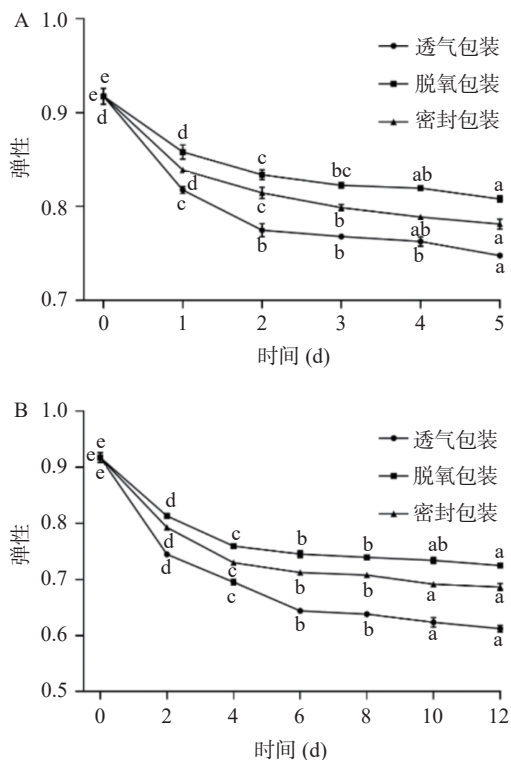


图 5 不同包装形式的大米馒头在 25 °C 和 4 °C 贮藏过程中弹性的变化

Fig.5 Changes of elasticity of rice steamed buns in different packaging forms during storage at 25 °C and 4 °C

2.4 不同包装形式的混合粉馒头在贮藏并复蒸后感官评分的变化

不同包装形式的混合粉馒头在 25 °C 和 4 °C 贮藏保存后复蒸的感官评分变化如图 6 所示。馒头的感官评分可以用来表征产品的可接受度, 分值越高代表产品的可接受度越高。当产品的感官评分低于 60 分时视为其已存在非常严重的劣变, 完全不可接受。各种包装混合粉馒头的感官评分均随着贮藏时间的延长而降低。如图 6A 可知, 在 25 °C 贮藏并复蒸后, 透气包装馒头在第 1 d 劣变严重; 密封包装馒头和脱氧包装馒头在 2 d 内仍有一定的食用品质, 但在复蒸后口感很硬。这是因为在 2 d 内水分含量急剧减少, 直链淀粉分子重结晶速度加快, 馒头老化程度大; 在第 3 d 时, 密封包装馒头出现了明显的菌斑, 脱氧包装馒头的表面出现一些色斑和异味; 在第 5 d 时, 脱氧包装馒头的表面粘性更大, 有浓烈的霉腐味道, 此时已完全不能食用。如图 6B 可知, 在 4 °C 贮藏并复蒸后, 三种包装形式的混合粉馒头的感官评分明显好于 25 °C 贮藏的馒头, 这说明 4 °C 贮藏能保证馒头的品质。在复蒸后, 4 °C 贮藏第 8 d 的透气包装馒头劣变严重, 无法食用; 密封包装和脱氧包装馒头分别在第 10、12 d 时腐腐严重, 品质较差。

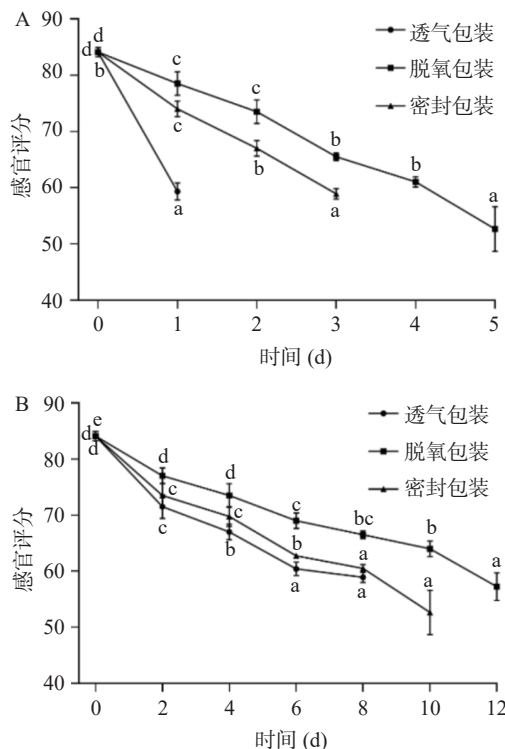


图 6 不同包装形式的混合粉馒头在 25 °C 和 4 °C 贮藏后复蒸的感官评分的变化

Fig.6 Changes of sensory scores of steamed mixed steamed buns with different packages after storage at 25 °C and 4 °C

由此可见, 透气包装、脱氧包装、密封包装这三种包装形式的混合粉馒头在 25 °C 贮藏分别在 1、5、3 d 时出现感观品质劣变, 在 4 °C 贮藏分别在 8、12、10 d 出现感观品质劣变。脱氧包装馒头和 4 °C

贮藏馒头能长时间保存馒头感官品质,说明无氧或低温环境是延长馒头品质的有效手段。

3 结论

综上所述,相同贮藏条件下,透气包装馒头的水分含量和弹性的下降速率和硬度的上升速率最快,不利于馒头的品质与存放。脱氧包装馒头菌落总数最少,霉菌生长速率最慢,水分含量和硬度略小于密封包装馒头,弹性大于密封包装馒头,脱氧包装使馒头品质最佳。三种包装的混合粉馒头的感官评分均随着贮藏时间的延长而降低,4℃贮藏相比于25℃贮藏馒头的感官评分更高,其中脱氧包装馒头复蒸后品质较好。对混合粉馒头进行脱氧包装能减缓微生物污染的同时更好的保证馒头的品质,25℃贮藏下在5d内能较好的保存馒头的品质,4℃贮藏下在12d内能较好的保存馒头的品质。若在6d内保存混合粉馒头时可选择成本较脱氧包装低的密封包装,但品质较脱氧包装差。因此可根据馒头的保藏需求选择合适的包装。本研究对混合粉馒头在贮藏过程中营养成分的变化未深入探究,后续研究中对减少混合粉馒头中营养物质成分损失方面可继续探索。

© The Author(s) 2024. This is an Open Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution License (<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>).

参考文献

- [1] 高雪,孙靖,王俊平.不同品种小麦发酵面团及馒头挥发性物质的差异分析[J].食品安全质量检测学报,2023,14(14):10-18. [GAO X, SUN J, WANG J P. Analysis on the difference of volatile substances in fermented dough and steamed bun of different wheat varieties[J]. Journal of Food Safety and Quality Inspection, 2019, 14(14): 10-18.]
- [2] 王志忠,穆洁,巩东辉,等.钝顶螺旋藻与五种常见食物营养成分对比分析[J].食品与发酵科技,2023,59(4):111-115. [WANG Z Z, MU J, GONG D H, et al. Comparative analysis of the nutritional components of *Spirulina spirulina* and five common foods[J]. Food and Fermentation Science and Technology, 2019, 59(4): 111-115.]
- [3] WIESER H, KOEHLER P, SCHERF K A. Chemistry of wheat gluten proteins: Quantitative composition[J]. *Cereal Chemistry*, 2023, 100(1): 36-55.
- [4] EL KHOURY D, BALFOUR-DUCHARME S, JOYE I J. A review on the gluten-free diet: Technological and nutritional challenges[J]. *Nutrients*, 2018, 10(10): 1410.
- [5] MALALGODA M, SIMSEK S. Celiac disease and cereal proteins[J]. *Food Hydrocolloids*, 2017, 68: 108-113.
- [6] KAUR P, SINGH N, PAL P, et al. Functional, amino acid composition and protein profiling of protein isolates from different pigmented, nonpigmented and improved rice varieties and their effects on starch thermal and dynamic rheological behaviour[J]. *International Journal of Food Science & Technology*, 2022, 57(5): 2932-2943.
- [7] JOYE I. Protein digestibility of cereal products[J]. *Foods*, 2019, 8(6): 199.
- [8] KRUTZ N L, WINGET J, RYAN C A, et al. Proteomic and

bioinformatic analyses for the identification of proteins with low allergenic potential for hazard assessment[J]. *Toxicological Sciences*, 2019, 170(1): 210-222.

- [9] AMAGLIANI L, O'REGAN J, KELLY A L, et al. Composition and protein profile analysis of rice protein ingredients[J]. *Journal of Food Composition and Analysis*, 2017, 59: 18-26.
- [10] RAI S, KAUR A, SINGH B, et al. Quality characteristics of bread produced from wheat, rice and maize flours[J]. *Journal of Food Science and Technology*, 2012, 49(6): 786-789.
- [11] 刘雨.热包装馒头淀粉老化机理研究[D].西安:陕西师范大学,2020. [LIU Y. Study on aging mechanism of starch in hot-packed steamed buns[D]. Xi'an: Shaanxi Normal University, 2020.]
- [12] 徐淑娅.谷物原辅料成分对热包装馒头品质特性的影响研究[D].西安:陕西师范大学,2022. [XU S Y. Study on effect of raw materials of Grain on quality characteristics of hot-packed steamed buns[D]. Xi'an: Shaanxi Normal University, 2022.]
- [13] SHENG X L, MA Z, LI X P, et al. Effect of water migration on the thermal-vacuum packaged steamed buns under room temperature storage[J]. *Journal of Cereal Science*, 2016, 72.
- [14] 杜云豪.不同发酵方式对冷藏馒头品质的影响研究[D].郑州:河南工业大学,2021. [DU Y H. Study on the influence of different fermentation methods on the quality of refrigerated steamed bread[D]. Zhengzhou: Henan University of Technology, 2021.]
- [15] ZHU F. Influence of ingredients and chemical components on the quality of Chinese steamed bread[J]. *Food Chem*, 2014, 163: 154-162.
- [16] WANG Y, CHEN L, YANG T Y, et al. A review of structural transformations and properties changes in starch during thermal processing of foods[J]. *Food Hydrocolloids*, 2021, 113: 106543.
- [17] 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. GB/T20571-2006 小麦储存品质判定规则[J].北京:中国标准出版社,2006. [General Administration of Quality Supervision, Inspection and Quarantine of the People's Republic of China Standardization Administration. GB/T20571-2006 Wheat storage quality judgment rule[J]. Beijing: Standards Press of China, 2006.]
- [18] 钟雪婷,康建平,张星灿,等.二次发酵改良马铃薯馒头品质的工艺研究[J].粮食与油脂,2021,34(10):113-115. [ZHONG X T, KANG J P, ZHANG X C, et al. Study on the process of improving the quality of potato steamed bread by secondary fermentation[J]. *Food and Oil*, 2021, 34(10): 113-115.]
- [19] 中华人民共和国国家卫生健康委员会. GB 4789.2-2022 菌落总数测定[S].北京:中国标准出版社,2022. [National Health Commission of the People's Republic of China. GB 4789.2-2022 Total colony determination[S]. Beijing: Standards Press of China, 2022.]
- [20] 中华人民共和国国家卫生和计划生育委员会. GB4789.15-2016 霉菌和酵母计数[S].北京:中国标准出版社,2016. [National Health and Family Planning Commission of the People's Republic of China. GB4789.15-2016 Mold and yeast count[S]. Beijing: Standards Press of China, 2016.]
- [21] HELRICH K. Official methods of analysis of the Association of Official Analytical Chemists[M]. Association of Official Analytical Chemists, 1990.
- [22] GRAÇA C, FRADINHO P, SOUSA I, et al. Impact of *Chlorella vulgaris* on the rheology of wheat flour dough and bread texture[J]. *LWT-Food Science and Technology*, 2018, 89.
- [23] 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

- 准化管理委员会. GB/T35991-2018 小麦粉馒头加工品质评价[S]. 北京: 中国标准出版社, 2018. [General Administration of Quality Supervision, Inspection and Quarantine of the People's Republic of China. GB/T35991-2018 wheat flour steamed bun processing quality evaluation[S]. Beijing: Standards Press of China, 2018.]
- [24] 薛丽丽. 马铃薯全粉对北方馒头品质的影响及常温保鲜技术研究[D]. 天津: 天津科技大学, 2017. [XUE L L. Effect of potato whole powder on the quality of steamed bread in North China and its preservation technology at room temperature[D]. Tianjin: Tianjin University of Science and Technology, 2017.]
- [25] 刘长虹. 馒头的微生物指标与安全性[J]. 粮油食品科技, 2007(1): 19-21. [LIU C H. Microbiological indexes and safety of steamed bread[J]. Grain, Oil and Food Science and Technology, 2007(1): 19-21.]
- [26] 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. GB/T 21118-2007 小麦粉馒头[S]. 北京: 中国标准出版社, 2007. [General Administration of Quality Supervision, Inspection and Quarantine of the People's Republic of China Standardization Administration of China. GB/T 21118-2007 Wheat flour steamed bun[S]. Beijing: Standards Press of China, 2007.]
- [27] BOSMANS G M, LAGRAN B, OOMS N, et al. Biopolymer interactions, water dynamics, and bread crumb firming[J]. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 2013, 61(19): 4646-4654.
- [28] ALPERS T, KERPES R, FRIOLI M, et al. Impact of storing condition on staling and microbial spoilage behavior of bread and their contribution to prevent food waste[J]. *Foods*, 2021, 10(1): 76.
- [29] SHI C, MAKTABDAR M. Lactic acid bacteria as biopreservation against spoilage molds in dairy products-A review[J]. *Frontiers in Microbiology*, 2022, 12: 819684.
- [30] JUNGTHEERAPANICH S, TANANUWONG K, ANUNTAGOOL J. Aging kinetics of low amylose rice during storage at ambient and chilled temperatures[J]. *International Journal of Food Properties*, 2017, 20(8): 1904-1912.
- [31] ARLAI A, TANANUWONG K. Storage stability of chilled and frozen starch gels as affected by blended starch formulation, sucrose syrup, and coconut milk[J]. *International Journal of Food Science*, 2022, 1(2022): 9454229.
- [32] MA Y, SUN D W. Hardness of cooked rice as affected by varieties, cooling methods and chill storage[J]. *Journal of Food Process Engineering*, 2009, 32(2): 161-176.
- [33] LI X Y, GUO Y Q, CHEN L R, et al. Texture and bio-functional characteristics of a Chinese steamed bread prepared from lotus root powder partially replacing wheat flour[J]. *Scientific Reports*, 2021, 11(1): 16338.