

乳酸钠对面包理化特性的影响

楚慧灵¹ 杨旭¹ 陈上海¹ 史苗苗¹ 蒋栋梁² 魏涛¹

(1. 郑州轻工业大学食品与生物工程学院, 河南 郑州 450001; 2. 河南金丹乳酸科技股份有限公司, 河南 周口 466000)

摘要: [目的] 研究乳酸钠对面包品质特性的影响。[方法] 在面包生产过程中添加一定比例的乳酸钠(1.00%, 1.25%, 1.50%), 考察乳酸钠添加量对面包质构、低场核磁、水分活度、比容和保质期的影响, 并进行风味感官评定。[结果] 面包质构指标硬度、咀嚼性和胶黏性均随着乳酸钠添加量的增加呈先上升后下降趋势; 当乳酸钠添加量为 1.25% 时, 面包硬度最低且弹性最高; 面包的持水能力和比容有显著提升。添加 1.25% 乳酸钠后, 面包内部结构更加细腻紧凑, 感官评价各指标分数均最高。添加乳酸钠面包保质期由 3 d 延长到 5 d。[结论] 面包中添加乳酸钠能够改善面包品质, 延长保质期。

关键词: 面包; 乳酸钠; 质构特性; 感官评价; 品质

Effect of sodium lactate on physicochemical properties of bread

CHU Huiling¹ YANG Xu¹ CHEN Shanghai¹ SHI Miaomiao¹ JIANG Dongliang² WEI Tao¹

(1. School of Food and Bioengineering, Zhengzhou University of Light Industry, Zhengzhou, Henan 450001, China;

2. Henan Jindan Lactic Acid Technology Co., Ltd., Zhokou, Henan 466000, China)

Abstract: [Objective] This study aims to study the effect of sodium lactate on quality characteristics of bread. [Methods] A certain proportion of sodium lactate (1.00%, 1.25%, and 1.50%) is added to bread during production. The effects of sodium lactate on texture, low-field nuclear magnetic resonance (NMR), water activity, specific volume, and shelf life of bread are investigated, and the sensory evaluation of flavor is carried out. [Results] The bread texture indices hardness, chewiness, and stickiness increase first and then decrease with the increase of sodium lactate. When the sodium lactate content is 1.25%, the hardness of bread is the lowest, and the elasticity is the highest. The water holding capacity and specific volume of bread are significantly improved. After 1.25% sodium lactate is added, the internal structure of bread is more delicate and compact, and the sensory evaluation index scores are the highest. The shelf life of bread with sodium lactate is extended from 3 days to 5 days. [Conclusion] Adding sodium lactate to bread can improve the quality of bread and prolong its shelf life.

Keywords: bread; sodium lactate; texture properties; sensory evaluation; quality

随着生活节奏加快, 越来越多国人尤其是年轻消费者受国外饮食习惯影响, 使得中国对西点的需求量日益增加^[1]。面包是由小麦粉、水、酵母和油脂等原料经过数个工艺流程后焙烤而成的食品, 蓬松柔软、香气浓郁, 受到越来越多人的喜爱^[2]。但面包在贮藏过程中, 易发生老化, 影响产品的风味及口感, 同时, 易被霉菌、细菌等微生物污染导致腐败变质。因此在实际生产中, 常通过加入改良剂来降低面包芯硬度和水分迁移速率, 从而延缓面

包的老化, 添加山梨酸、脱氢乙酸钠等化学防腐剂达到延长保质期的目的^[3]。但近年来消费者对健康饮食逐渐重视, 天然、安全的添加剂替代传统的改良剂及化学防腐剂是一个值得关注的问题。

酸面团发酵是一种传统而古老的面包发酵剂, 其应用早于酵母发酵。酸面团普遍用于传统面包和糕点的制作^[4]。近年来, 随着人们对自然、健康、美味和营养食品的要求逐渐提高, 传统酸面团面包重新兴起^[5]。酸面团面包

基金项目: 河南省重点研发与推广专项(编号: 222102110337); 河南省重点研发与推广专项(编号: 232102321144)

通信作者: 杨旭(1982—), 男, 郑州轻工业大学副教授, 博士。E-mail: yangxu@zzuli.edu.cn

收稿日期: 2024-12-23 **改回日期:** 2025-07-22

引用格式: 楚慧灵, 杨旭, 陈上海, 等. 乳酸钠对面包理化特性的影响[J]. 食品与机械, 2025, 41(10): 94-99.

Citation: CHU Huiling, YANG Xu, CHEN Shanghai, et al. Effect of sodium lactate on physicochemical properties of bread[J]. Food & Machinery, 2025, 41(10): 94-99.

营养价值高,具有独特的风味,酸面团中的乳酸菌和酵母菌通过发酵作用生成有机酸、胞外多糖等,改善面团的结构及功能特性^[6]。其中有机酸作为乳酸菌发酵食品代谢过程中生成的产物,主要包括乳酸和乙酸等。有机酸的生成使酸面团的pH值降低,对面包面团体系产生了直接或间接影响^[7]。

乳酸钠可通过增加微生物细胞内酸化和降低水活度发挥其对病原微生物的抗菌作用^[8],对金黄色葡萄球菌、鼠伤寒杆菌和乳酸菌等多种致病菌和腐败菌具有抑制作用^[9]。乳酸钠已被作为食品保鲜剂、调味剂、防冻剂、保湿剂应用于食品行业。乳酸钠作为一种弱有机酸盐,是美国食品药品监督管理局认定的“一般认为安全的添加剂”^[10],乳酸钠分子可破坏细菌细胞膜结构完整性并抑制胞内ATP的正常合成,从而抑制细菌生长^[11]。但目前中国将乳酸钠应用于烘烤面包中的研究尚不多见。研究拟以质构、低场核磁、水分活度、比容、保质期和感官评价为指标,考察乳酸钠添加量对面包理化性质的影响,以期为改善面包品质提供参考。

1 材料与方法

1.1 材料与仪器

1.1.1 材料与试剂

小麦粉:五得利面粉集团有限公司;

食用油、食盐、鸡蛋、白砂糖:市售;

碳酸氢钠、耐高糖酵母、面包改良剂:安琪酵母股份有限公司;

乳酸钠:纯度60%,河南金丹乳酸科技股份有限公司。

1.1.2 主要仪器设备

智能水分活度测量仪:HD-4型,无锡市华科仪器仪表有限公司;

核磁共振成像分析仪:NMI20型,苏州纽迈分析仪器股份有限公司;

英国SMS物性测试仪:TA.XT plusC型,厦门超技仪器设备有限公司。

1.2 方法

1.2.1 面包基本配方及工艺流程

(1) 面包基础配方(以面粉质量计):面粉100%、食用油10%、盐1%、糖3%、碳酸氢钠1%、耐高糖酵母1%、面包改良剂1%、水50%、鸡蛋10%。

(2) 工艺流程:将所有配料加入适量(1.00%,1.25%,1.50%)乳酸钠倒入和面机,高速搅拌20 min;将和好的面团分割成所需质量(400 g)的面团,揉圆静置15 min;将面团放在烤制模具盒(600 g规格)中进行最后发酵(温度35℃,湿度80%);待面团发酵至满盒,于烤箱(上火190℃,下火190℃)烘烤30 min左右,出炉,冷却。

1.2.2 质构测定 面包直接放于探头正中间,表皮面朝上进行测试^[12]。试验参数:探头P/35;测试前速度

1.0 mm/s;测试速度1.7 mm/s;测试后速度10.0 mm/s;探入深度为面包厚度的40%;触发模式为自动触发;触发力0.05 N;数据采集频率250 Hz。

1.2.3 低场核磁 将样品切成20 mm×5 mm×5 mm的面包芯样品条,放入核磁共振专用试管,置于永久磁场中心位置的射频线圈的中心,选择CPMG脉冲序列进行扫描测量。试验参数:回波个数1 000,采样点数166 398,采样频率100.00 kHz,重复扫描次数64,半回波时间0.208 ms^[13]。进入 T_2 反演程序得出样品的水分分布谱图,不同的波峰表示不同水分分布形态,每个峰的积分面积占总峰面积的百分比用 A_1 、 A_2 、 A_3 表示,对应的弛豫时间为 T_{21} 、 T_{22} 、 T_{23} 。

1.2.4 水分活度测定 按GB 5009.238—2016执行。

1.2.5 比容 面包冷却后称重,并用小米置换法测定其体积^[14],按式(1)计算面包比容。

$$C = \frac{V}{M}, \quad (1)$$

式中:

C ——面包比容,mL/g;

V ——面包体积,mL;

M ——面包质量,g。

1.2.6 保质期 通过直接观察法进行测定,面包分别以10个为一组,置于恒温培养箱中(温度25℃,相对湿度45%)直至面包表皮出现明显的霉菌菌落。当10个面包中有3个发生明显霉变,即认为保质期结束^[15]。微生物检测法,面包菌落总数和霉菌总数的检测方法参照覃平^[16]的方法。

1.2.7 感官评价 参照GB/T 20981—2021,请10位具有食品专业背景的专业人员进行感官评定,对面包的形态、组织、色泽、风味和口感等指标进行评分,并将评分进行统计相加,即得到综合评分。评分细则见表1。

1.3 数据处理

试验数据重复3次,用Excel整理数据,IBM SPSS Statistics 22.0软件程序Duncan检验法进行显著性差异分析($P<0.05$),采用Origin 2021软件作图。

2 结果与分析

2.1 对面包质构的影响

面包质构指标包括硬度、咀嚼性、胶黏性、弹性等。面包品质与硬度、咀嚼性及胶黏性等呈负相关趋势,与面包弹性等呈正相关趋势^[17]。不同乳酸钠添加量面包质构结果见表2。添加乳酸钠面包的硬度、咀嚼性和胶黏性均低于空白面包,弹性则随着乳酸钠添加而提高。当乳酸钠添加量为1%时,面包硬度、咀嚼性及胶黏性分别降低了56.36%,51.01%,62.48%。结果表明,添加乳酸钠能够显著降低面包的硬度、咀嚼性和胶黏性,同时延缓弹性降低速率,使面包的抗老化性得到增强,进而改善面包口

表 1 感官评价评分表

Table 1 Sensory evaluation score sheet		
评分指标	评定标准	分值
形态 (30 分)	形状饱满、完整,表面光滑、无坑洞	21~30
	外形完整,但表面稍有破损	11~20
	外形不完整,表面粗糙,破损明显	1~10
组织 (30 分)	结构松散,气孔均匀,组织细腻呈海绵状,无	21~30
	明显大孔洞	
	结构较松散、气孔较均匀、大小不一,无明显	11~20
	大孔洞	
色泽 (20 分)	表皮呈焦黄色,不焦黑,颜色均匀	16~20
	表皮颜色暗黄,颜色稍不均匀	11~15
	表皮焦黑,颜色不均匀	1~10
风味 (10 分)	有明显面包香气,没有其他异味,淡淡酵母味	8~10
	面包香气不浓烈,稍有异味,少许酵母味	4~7
	基本没有面包香气,异味明显,明显酵母味	1~3
口感 (10 分)	软硬适中,不酸,咸甜适中,不粘牙	8~10
	稍微偏硬,略有酸味,略有偏咸或偏甜,不粘牙	4~7
	质地偏硬,偏酸或偏咸、偏甜,粘牙明显	1~3

感。当乳酸钠添加量为 1.5% 时,硬度、咀嚼性和胶黏性均呈轻微上升趋势,说明乳酸钠添加过量会导致面包品质变

差,与唐语轩等^[18]的研究结果相符。原因可能是乳酸钠缓冲作用可以调节面团发酵过程中 pH 值(表 2),促进乳酸菌及酵母菌的发酵过程。随着发酵的进行,面团中水溶性糖含量增加,同时,添加乳酸钠导致面团与水的结合能力提升,进而导致面团的硬度下降,弹性升高。当乳酸钠添加过量时,会抑制发酵过程,硬度、咀嚼性等升高,弹性下降。

2.2 对面包水分分布和迁移的影响

通过低场核磁测试面包发酵面团中水分的分布情况,可以更好地了解面团揉制中,淀粉和脂质、蛋白质以及其他非淀粉组分之间的水分迁移,有利于确定面团的适用条件^[19]。由表 3 和图 1 可知,添加 1.00% 乳酸钠面包和空白组相比差异不显著。添加 1.25%、1.50% 乳酸钠的面包 T_{21} 、 T_{22} 显著降低,说明随着乳酸钠添加量的增加,面包中氢质子活跃度降低,质子密度增加,即表现为弛豫时间减小。 T_2 间接表明水分子与淀粉的自由度, T_2 值越大表明水分子与面包淀粉结合强度越低,水分越容易排出^[20]。添加乳酸钠面团的结合水与弱结合水流动性降低,更加稳定不易丧失,在一定程度上增强面包的持水力,这是因为面包中水分主要以结合水状态存在^[21]。添加 1.25%、1.50% 乳酸钠的面包 A_{21} 显著降低, A_{22} 显著增加,说明添加 1.25% 和 1.50% 的乳酸钠可能促进了深度结合水转化为弱结合水,但 A_{23} 没有明显增加,自由水比例没有发生明显变化,从而降低淀粉回生速率^[22]。

表 2 乳酸钠添加量对面包质构特性和 pH 的影响†

Table 2 Effect of sodium lactate addition on texture properties and pH of bread					
添加量/%	硬度/N	咀嚼性	胶黏性	弹性/mm	pH
0.00	23.67±4.78 ^a	961.71±142.59 ^a	1 355.34±195.40 ^a	0.89±0.02 ^b	5.62±0.01
1.00	10.33±1.08 ^b	471.13±84.13 ^b	508.58±87.87 ^b	0.92±0.00 ^a	5.66±0.01
1.25	6.49±0.26 ^d	347.43±6.98 ^c	377.65±6.21 ^c	0.94±0.03 ^a	5.71±0.01
1.50	7.38±0.05 ^c	414.53±30.06 ^b	418.03±4.04 ^{bc}	0.93±0.01 ^a	5.73±0.01

† 同列字母不同表示差异显著($P<0.05$)。

表 3 乳酸钠添加量对面包弛豫参数的影响†

Table 3 Effect of sodium lactate addition on relaxation parameters of bread						
添加量/%	T_{21}/ms	T_{22}/ms	T_{23}/ms	$A_{21}/\%$	$A_{22}/\%$	$A_{23}/\%$
0.00	10.72±0.00 ^a	107.23±0.00 ^a	215.44±0.00 ^c	93.47±0.02 ^a	2.05±0.01 ^c	4.48±0.02 ^b
1.00	10.00±0.00 ^b	107.23±0.00 ^a	215.44±0.00 ^c	93.49±0.17 ^a	1.83±0.13 ^d	4.68±0.05 ^a
1.25	0.85±0.03 ^c	11.50±0.00 ^b	231.01±0.00 ^b	12.85±0.04 ^c	82.70±0.10 ^a	4.45±0.08 ^b
1.50	0.81±0.00 ^d	11.50±0.00 ^b	247.71±0.00 ^a	15.37±0.10 ^b	80.08±0.13 ^b	4.54±0.04 ^b

† 同列字母不同表示差异显著($P<0.05$)。

2.3 对面包水分活度的影响

面包中的水分含量包括自由水和结合水,水分活度是指食品中水分存在的状态,即水分与食品结合程度(游离程度),即自由水的含量。由图 2 可知,随着乳酸钠添加量的增加,面包水分活度没有显著性变化,说明乳酸钠添

加量对面包体系的水分活度影响不大。

2.4 对面包比容的影响

由图 3 可知,添加了乳酸钠与未添加乳酸钠的面包比容相比具有显著性变化。随着乳酸钠添加量的增加,面包比容呈先增加后降低趋势,其中乳酸钠添加量为 1.00%

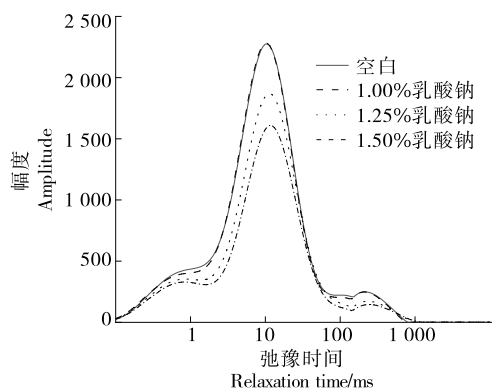


图1 乳酸钠添加量对面包水分分布的影响

Figure 1 Effect of sodium lactate addition on water distribution in bread

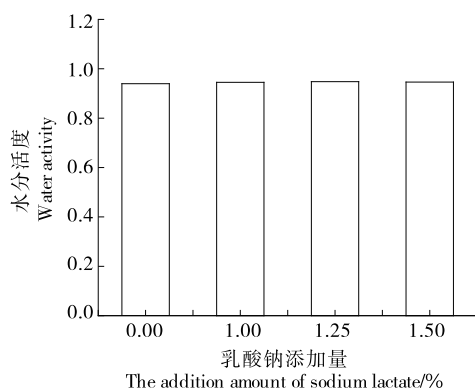


图2 乳酸钠添加量对面包水分活度的影响

Figure 2 Effect of sodium lactate addition on water activity of bread

和1.25%时没有显著性差异,面包比容都较大,当乳酸钠添加量 $>1.25\%$ 时,面包比容降低。原因可能是乳酸钠调节合适pH值促进酵母产生更多的 CO_2 ,同时,乳酸钠较强的吸水能力可改善面团结构,增强面团的锁气能力。添加乳酸钠可促进面筋蛋白的交联从而增强面筋结构和酵

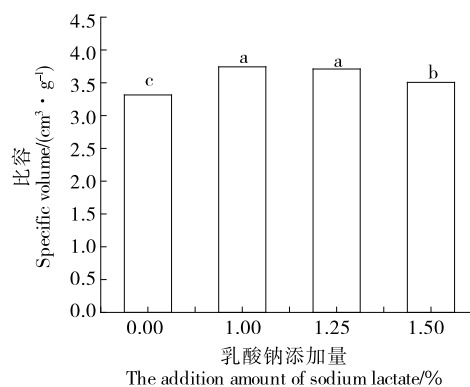


图3 乳酸钠添加量对面包比容的影响

Figure 3 Effect of sodium lactate addition on specific volume of bread

母产气能力^[23]。乳酸钠添加量过多会抑制发酵过程,不利于面筋网状结构形成,导致面包比容下降。当乳酸钠添加量为1.50%时,面包比容值稍有减小,说明乳酸钠添加量过高可能会影响面包的品质,这与Brites等^[24]的研究结果一致。

2.5 对面包保质期的影响

试验发现,放置于 37°C 恒温箱中未添加乳酸钠的面包第3天表面就出现了明显的霉斑,而添加了乳酸钠的面包第5天才出现明显的霉斑,说明添加乳酸钠能一定程度延长面包的保质期。由图4可知,对照组在第3天霉菌菌落总数突然升高,试验组存放第5天,霉菌菌落总数与对照组接近,这与上述直接观察法测得的保质期结果一致。结果表明,添加乳酸钠可明显抑制面包中微生物的生长。姜东辉^[25]研究发现,添加乳酸钠可导致湿面中霉菌和酵母数的增长减缓,货架期可延长至8 d左右。

2.6 对面包感官品质的影响

如图5所示,未添加乳酸钠的面包存在大而稀疏的气孔,而添加了乳酸钠的面包的气孔比较密集均匀,尤其是添加1.25%乳酸钠的,面包内部结构最细腻紧凑。这是因

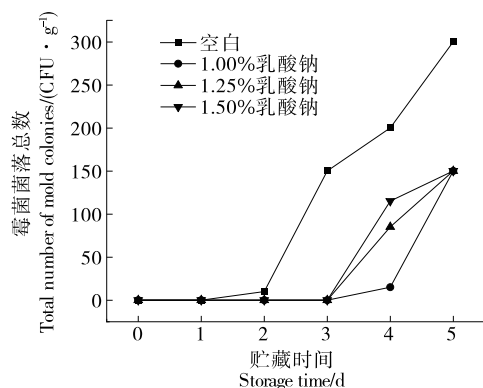
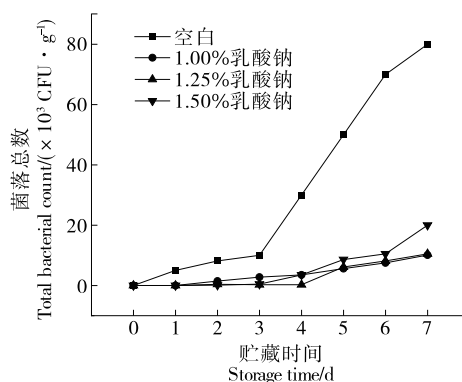


图4 乳酸钠添加量对面包菌落总数的影响

Figure 4 Effect of sodium lactate addition on total number of bread colonies



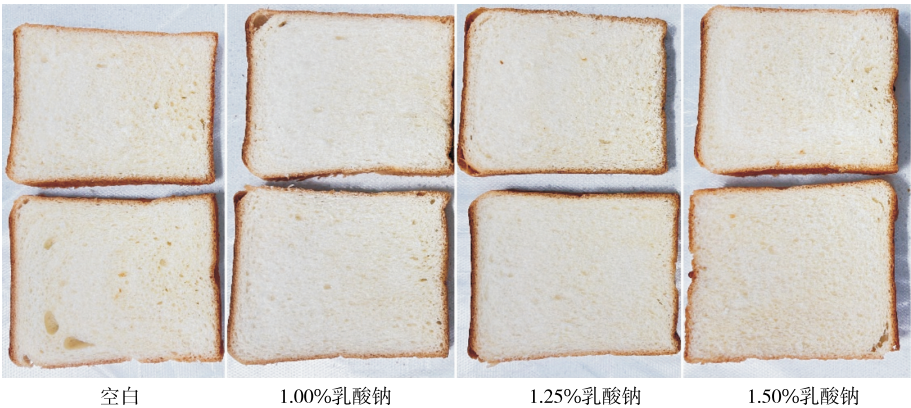


图 5 乳酸钠添加量对面包内部纹理结构的影响

Figure 5 Effect of sodium lactate addition on internal texture of bread

为添加乳酸钠影响了蛋白质-蛋白质相互作用,促进了面筋蛋白的巯基-二硫键交换作用,形成了更加广泛的共价交联,进而形成了稳固连续的面筋网络结构,有助于维持面团较好的持气性,气孔不易破裂塌陷,呈现细腻、均匀、多孔的截面纹理^[26]。

由图 6 可知,乳酸钠添加量为 1.25% 时,面包感官评价各指标(形态、色泽、风味、组织结构和口感)的分数均最高,面包品质最好。根据测试人员的感官评价反馈,添加乳酸钠面包内部组织细腻有弹性,气孔较小且分布均匀,色泽均匀,风味柔和,口感适口。面包感官评价结果与添加乳酸钠面包的比容、质构、水分分布和迁移的试验结果相符。

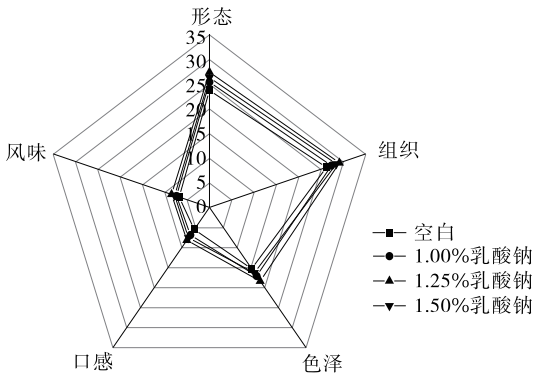


图 6 添加不同量乳酸钠的面包的感官评定图

Figure 6 Sensory evaluation of bread with different sodium lactate addition

3 结论

在面包中添加乳酸钠可改善面包品质,延长面包货架期。当乳酸钠添加量为 1.25% 时,面包硬度最低且弹性较高,面包的持水能力和比容也有显著提升,面包烘焙品质较好。感官评定结果表明,面包内部组织细腻有弹性,

气孔较小且分布均匀,色泽均匀,风味柔和,口感适口。此外,添加乳酸钠能一定程度上延长面包的保质期。

参考文献

[1] 申飞, 梁新红, 汤高奇, 等. 金银花粉对面团特性及面包品质的影响[J]. 食品与机械, 2024, 40(10): 204-209.
SHEN F, LIANG X H, TANG G Q, et al. The effect of adding honeysuckle pollen on dough characteristics and bread quality [J]. Food & Machinery, 2024, 40(10): 204-209.

[2] 黄笑宇, 刘玉红, 李建科, 等. 橄榄高纤维面包的制作工艺研究[J]. 粮油食品科技, 2023, 31(6): 51-59.
HUANG X Y, LIU Y H, LI J K, et al. Study on the production technology of olive high fiber bread[J]. Science and Technology of Cereals, Oils and Foods, 2023, 31(6): 51-59.

[3] 崔进喜, 杨玉霞, 甘雨鑫, 等. 酸面团延长面包货架期作用机制研究进展[J]. 中国粮油学报, 2024, 39(11): 217-225.
CUI J X, YANG Y X, GAN Y X, et al. Research progress on the mechanism of action of sourdough to extend the shelf life of bread[J]. Journal of the Chinese Cereals and Oils Association, 2024, 39(11): 217-225.

[4] 林倩竹, 陈玥, 於湘, 等. 加工条件及关键组分对烘焙食品品质的影响[J]. 粮油食品科技, 2023, 31(3): 9-14.
LIN Q Z, CHEN Y, YU X, et al. Effects of processing conditions and key components on the quality of baked foods [J]. Science and Technology of Cereals, Oils and Foods, 2023, 31(3): 9-14.

[5] 李晓静, 魏晓博, 程雪, 等. 人肠道乳酸片球菌的分离鉴定及其发酵枸杞汁性能分析[J]. 食品工业科技, 2023, 44(22): 143-151.
LI X J, WEI X B, CHENG X, et al. Isolation and identification of *Pediococcus lactis* in human intestinal tract and its performance analysis of fermented goji berry juice[J]. Science and Technology of Food Industry, 2023, 44(22): 143-151.

[6] GAUCHEZ H, LOISEAU A L, SCHLICH P, et al. Impact of aging on the overall liking and sensory characteristics of sourdough breads and comparison of two methods to determine

- their sensory shelf life[J]. Journal of Food Science, 2020, 85 (10): 3 517-3 526.
- [7] 沈鑫, 杨海莺, 应欣, 等. 不同酵母对酸面团发酵剂及面包品质和风味的影响[J]. 食品科学 2023, 44(22): 257-266.
SHEN X, YANG H Y, YING X, et al. Effects of different yeasts on sourdough starter and bread quality and flavor[J]. Food Science, 2023, 44(22): 257-266.
- [8] ILHAK O I, GURAN H S. Combined antimicrobial effect of thymol and sodium lactate against *Listeria monocytogenes* and *Salmonella typhimurium* in fish patty[J]. Journal of Food Safety, 2014, 34(3): 211-217.
- [9] LIN L, HU J Y, WU Y, et al. Assessment of the inhibitory effects of sodium nitrite, nisin, potassium sorbate, and sodium lactate on *Staphylococcus aureus* growth and staphylococcal enterotoxin A production in cooked pork sausage using a predictive growth model[J]. Food Science and Human Wellness, 2018, 7(1): 83-90.
- [10] USDA-FSIS. FSIS to increase permissible levels of food ingredients used as antimicrobials and flavoring agents[J]. Federal Register, 2000, 65: 3 121-3 123.
- [11] DE WIT J C, ROMBOUTS F M. Antimicrobial activity of sodium lactate[J]. Food Microbiology, 1990, 7(2): 113-120.
- [12] 刘璐, 李建婷, 刘林培, 等. 响应面法优化运动发酵单胞菌发酵面包工艺[J]. 食品研究与开发, 2023, 44(9): 137-143.
LIU L, LI J T, LIU L P, et al. Optimization of *Zymomonas mobilis* fermentation in bread making by response surface methodology[J]. Food Research and Development, 2023, 44 (9): 137-143.
- [13] HE Y J, GUO J Y, REN G Y, et al. Effects of konjac glucomannan on the water distribution of frozen dough and corresponding steamed bread quality[J]. Food Chemistry, 2020, 330: 127243.
- [14] 宋志强, 戴慧颖, 杨佳茹, 等. 藜麦麸皮不可溶性膳食纤维对面包品质的影响[J]. 食品研究与开发, 2022, 43(21): 8-13.
SONG Z Q, DAI H Y, YANG J R, et al. Effect of quinoa bran insoluble dietary fiber on bread quality[J]. Food Research and Development, 2022, 43(21): 8-13.
- [15] 田红媚, 谢勇, 龙明秀, 等. 氧化魔芋葡甘聚糖对面团特性及面包品质的影响[J]. 食品与发酵工业, 2023, 49(6): 247-253.
TIAN H M, XIE Y, LONG M X, et al. Effect of oxidized konjac glucomannan on dough properties and bread quality[J]. Food and Fermentation Industries, 2023, 49(6): 247-253.
- [16] 覃平. 纳他霉素在焙烤食品中抑菌防腐的研究[D]. 成都: 西华大学, 2015: 21-22.
QIN P. Research natamycin bacteriostatic preservative in bakery[D]. Chengdu: Xihua University, 2015: 21-22.
- [17] 熊添, 刘书锐, 隋勇, 等. 不同品种甘薯生全粉对面条品质的影响[J]. 食品科技, 2023, 48(4): 162-167.
XIONG T, LIU S R, SUI Y, et al. Effect of different varieties of raw sweet potato flour on the quality of noodles[J]. Food Science and Technology, 2023, 48(4): 162-167.
- [18] 唐语轩, 蔡勇建, 邓欣伦, 等. 硬脂酰乳酸钠对冷冻面团及其烘烤面包品质的影响[J]. 现代食品科技, 2018, 34(9): 38-44.
TANG Y X, CAI Y J, DENG X L, et al. Effect of sodium stearyl lactate on the quality of frozen dough and bread[J]. Modern Food Science and Technology, 2018, 34(9): 38-44.
- [19] 彭博, 刘琴, 丁士勇. 山梨糖醇对面包储藏期间品质的影响[J]. 中国粮油学报, 2018, 33(1): 19-25.
PENG B, LIU Q, DING S Y. Effect of sorbitol on bread qualities during storage[J]. Journal of the Chinese Cereals and Oils Association, 2018, 33(1): 19-25.
- [20] 方玲玲. 核磁共振技术应用于葛根淀粉晶体结构与老化特性的研究[D]. 合肥: 安徽农业大学, 2017: 33-35.
FANG L L. Study on the crystal structure and aging characteristics of Pueraria lobata starch by nuclear magnetic resonance[D]. Hefei: Anhui Agricultural University, 2017: 33-35.
- [21] 田梦洋, 田霞, 王志伟, 等. 乳酸菌冻干粉剂发酵全麦面包工艺优化及储藏特性分析[J]. 食品工业科技, 2023, 44(12): 172-184.
TIAN M Y, TIAN X, WANG Z W, et al. Process optimization and storage characteristics analysis of lactic acid bacteria lyophilized powder fermented whole wheat sourdough bread [J]. Science and Technology of Food Industry, 2023, 44(12): 172-184.
- [22] FADDA C, SANGUINETTI A M, DEL CARO A, et al. Bread staling: updating the view[J]. Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety, 2014, 13(4): 473-492.
- [23] 杨连战, 蔡金鑫, 孟宪伟, 等. 复配改良剂对面包烘焙品质及抗老化的影响[J]. 中国粮油学报, 2023, 38(3): 61-67.
YANG L Z, CAI J X, MENG X W, et al. Effects of compound improver on bread baking qualities and anti-aging[J]. Journal of the Chinese Cereals and Oils Association, 2023, 38(3): 61-67.
- [24] BRITES C, TRIGO M J, SANTOS C, et al. Maize-based gluten-free bread: influence of processing parameters on sensory and instrumental quality[J]. Food and Bioprocess Technology, 2010, 3(5): 707-715.
- [25] 姜东辉. 生鲜湿面微生物控制及品质保持研究[D]. 无锡: 江南大学, 2019: 17-18.
JIANG D H. Study on microbial control and quality-keeping of fresh wet noodles[D]. Wuxi: Jiangnan University, 2019: 17-18.
- [26] 王宇. 乳酸化改性面筋蛋白的结构性质研究及其在冷冻生坯面团中的应用[D]. 无锡: 江南大学, 2023: 26-27.
WANG Y. Study on structural property of lactylated wheat gluten and its application in frozen dough[D]. Wuxi: Jiangnan University, 2023: 26-27.