

硬脂酰乳酸钠对冷冻面团及其烘烤面包品质的影响

唐语轩¹, 蔡勇建¹, 邓欣伦², 赵强忠¹

(1. 华南理工大学食品科学与工程学院, 广东广州 510640)(2. 广州市穗邦生物科技有限公司, 广东广州 511458)

摘要: 将硬脂酰乳酸钠 (Sodium stearoyl lactate, SSL) 加入自制冷冻面团中, 通过测定冷冻面团的流变学特性, 以及冷冻面团烘烤面包的比容、质构特性和感官评分, 研究 SSL 对冷冻面团及其烘烤面包品质的影响。结果显示, 随着 SSL 添加量增加, 冷冻面团弹性模量先升高后降低, 损耗角正切 $\tan\delta$ 先降低后升高, 其中最优 SSL 添加量为 0.20%; 冷冻面团烘烤面包的硬度、咀嚼性先降低后升高, 弹性、回复性、比容和感官评分先升高后降低, 当 SSL 添加量为 0.20% 时, 各指标达到各自的峰值, 说明 SSL 改善了冷冻面团及其烘烤面包的品质。30 d 冷冻储藏期内, 加入 SSL 后, 冷冻面团及其烘烤面包劣变幅度减小, 说明 SSL 改善了其储藏特性。上述结果表明: 加入 SSL 后, 冷冻面团及其烘烤面包的品质及储藏特性得到改善, 且最佳添加量为 0.20%。

关键词: 硬脂酰乳酸钠; 冷冻面团; 面包; 流变特性; 质构特性

文章编号: 1673-9078(2018)09-38-44

DOI: 10.13982/j.mfst.1673-9078.2018.9.007

Effect of Sodium Stearoyl Lactate on the Quality of Frozen Dough and Bread

TANG Yu-xuan¹, CAI Yong-jian¹, DENG Xin-lun², ZHAO Qiang-zhong¹

(1. College of Food Science and Engineering, South China University of Technology, Guangzhou 510640, China)

(2. Guangzhou Wen Bang Biological Technology Co., Ltd, Guangzhou 511458, China)

Abstract: The application of frozen dough is a challenge due to the limitations of its microstructure and baking performance. The frozen dough with good quality was investigated in this work. Sodium stearoyl lactate (SSL) was added into original frozen dough. The rheological properties of frozen dough and the specific volume, texture and sensory score of bread were analysed to evaluate the impact of SSL on their quality. The result showed that, with the increase of the amount of SSL, the qualities of frozen dough and bread were improved. The optimal level of SSL was 0.20%. At this level, the quality of frozen dough was stable during freezing storage. The results will provide a more theoretical basis for the production of high quality frozen dough and its products.

Key words: sodium stearoyl lactate; frozen dough; bread; rheological properties; texture

冷冻面团作为一种发源于欧美烘焙大国的生产技术, 在我国烘焙业上所受关注日益上升。冷冻面团为消费者提供了新鲜面包, 实现了标准化生产, 便于保存和运输; 又减少了重复投资和人力资源的浪费, 能有效控制库存, 减少损耗。然而冷冻面团品质还不够稳定^[1], 主要表现在冷冻面团在冷冻过程中, 由于酵母死亡、面团筋网络遭到破坏^[2], 冷冻面团的持气性能降低, 甚至冻裂和萎缩; 冷冻面团醒发时间延长, 醒发后的面包坯体积小, 影响烘烤后产品的外观形状及口感。冷冻面团技术在日、美、英、法等国家发展

收稿日期: 2017-12-29

基金项目: “十三五”国家重点研发计划重点专项课题 (2016YFD0400803);

国家自然科学基金面上项目 (31571883)

作者简介: 唐语轩 (1993-), 女, 硕士, 研究方向: 食品生物技术

通讯作者: 赵强忠 (1976-), 男, 博士, 教授, 研究方向: 食品生物技术、

乳品科学

十分迅速, 由于第三方冷链物流不发达以及冷冻面团从业人员技术水平要求较高, 我国冷冻面团行业的进一步发展受到限制^[3]。

冷冻面团制作工艺主要有六种: 成型面团冷冻法、烘后制品冷冻法、未成型面团冷冻法、预烘烤制品冷冻法、预醒发面团冷冻法和即烤冷冻面团法^[3]。这六种方法存在着各自的问题, 如生产成本低、设备要求高及储藏期不长等^[4,5], 也存在着共同的问题-最终产品容易结构粗糙、体积小^[6]。乳化剂中的亲水基和亲油基可以调和面团中的水和油, 使面团组织均匀。硬脂酰乳酸钠 (Sodium stearoyl lactate, SSL) 是一种安全无毒、性能优良、广泛应用于烘焙业食品乳化剂, 能促进筋网络形成, 增强面团持气性^[7-9], 从而增加面包体积, 使面包组织柔软、结构细腻。

面团的流变特性决定着其烘焙、蒸煮食品等最终产品的加工品质^[10]。面团流变特性可以表征面团的品

质, 质构特性、比容及感官评分能够评价面包的品质。本文旨在通过添加 SSL 到自制冷冻面团, 依据流变、质构、比容和感官的测定结果, 优化出品质稳定、储藏期长的冷冻面团。

1 材料与方法

1.1 原料与试剂

高筋粉, 广州南方面粉公司红牡丹特级面包粉; 起酥油, 金燕牌; 耐高糖活性干酵母, 安琪; 硬脂酰乳酸钠 (SSL), 广州市华恭生物科技有限公司; 白砂糖、食盐均为市售。

1.2 仪器与设备

HAAKE MARS III 旋转流变仪, 美国 Thermo Fisher Scientific 公司; TA-XT Plus 质构分析仪, 英国 Stable Micro System 公司; YH-15K 商用发酵箱, 乐创

公司; HM740 和面机, Hauswirt 公司。

1.3 方法

1.3.1 冷冻面团基础配方

根据王晓艳等^[11]的研究及预实验结果, 确定自制冷冻面团基础配方为: 高筋粉 100%, 水 55%, 起酥油 6%, 糖 18%, 盐 1%, 酵母 1%。

1.3.2 冷冻面团制作工艺

采用一次发酵^[12], 后油、后盐法。将搅打好的面团松弛 5 min 后分割为 120 g/个, 编号为 A; 10 g/个, 编号为 B。将面团 A、B 置于温度 38 °C, 湿度 70% 的发酵箱中醒发 1 h 后放入 -18 °C^[13]冰箱冷冻储藏 0 d, 7 d, 14 d, 30 d。

1.3.3 单因素实验

根据 GB 2760 及预实验, 确定单因素实验中 SSL 添加量为 (以面粉质量计), 0.05%, 0.1%, 0.15%, 0.2%, 0.25%。

表 1 面包感官评价标准

Table 1 Sensory evaluation standard of bread

评分项目	评分标准	分值
表皮色泽	金黄色或棕黑色, 颜色均匀	5~10
	洁白、乳白, 颜色均匀	8~10
面包芯色泽	泛黄、灰白, 颜色较为均匀	4~7
	发暗、发黑, 颜色不均匀	0~3
形态	丰满, 对称性好, 平滑无焦斑、气泡	11~15
	丰满度、对称度一般, 平滑无焦斑、气泡	6~10
	塌陷, 不对称, 粗糙	0~4
纹理结构	气孔细密、孔壁薄、切片后不易断裂	11~15
	气孔大、孔壁较薄、切片后易断裂	6~10
	气孔大、孔壁厚、切片后极易断裂	0~5
柔软度	柔软富有弹性, 按下迅速回复	13~15
	柔软, 有弹性, 按下较快回复	10~12
	较柔软, 弹性弱, 按下能回复	5~9
	不柔软, 弹性差, 按下回复慢或不能回复	0~4
咀嚼性	湿润不粘牙, 有嚼劲	11~15
	湿润但粘牙, 有嚼劲	5~10
	不湿润, 发干易掉渣, 无嚼劲难下咽	0~4
口感	有面包香味, 无异味, 味醇厚, 口感细腻	16~20
	无面包香味, 无异味, 味适口, 口感细腻	11~15
	无异味或轻微酸味, 味适中, 口感粗糙	5~10
	有异味, 难入口, 口感粗糙	0~4

1.3.4 面团流变性质测定

将 B 面团解冻 1 h 后, 置于温度 38 °C, 湿度 70% 下的发酵箱中醒发 1 h。取 2 g 面团中间部位置于样品台上, 进行动态应变扫描和动态频率扫描。

动态应变扫描: 选择直径为 35 mm 的平板夹具, 间距为 1 mm, 温度 25 °C, 应变扫描范围为 0.01%~100%, 样品静置时间设为 5 min。通过应变扫描确定样品的线性粘弹区 (Linear Viscoelasticity

Region, LVR)。

动态频率扫描: 参考 Ozulku^[14] 的测试条件, 结合仪器和样品特性, 确定本实验测试条件为: 选择直径为 35 mm 的平板夹具, 应变值为 0.1% (LVR 内), 间距为 1 mm, 温度 25 °C, 频率扫描范围为 0.1~40 Hz, 线性取点 9 个。通过动态频率扫描测定样品的弹性模量, 粘性模量以及损耗角正切 $\tan\delta$ 。

1.3.5 面包比容测定

将 A 面团解冻 1 h 后, 置于温度 38 °C, 湿度 70% 的发酵箱中醒发 1 h, 放入烤箱, 在上火 180 °C, 下火 210 °C 下烘烤 15 min。冷却 6 h 后切成 2 mm 的薄片。用油菜籽排空法测定面包体积, 从而计算出面包比容:

$$P = \frac{V}{m}$$

式中: P 为面包比容, mL/g; V 为面包体积, mL; m 为面包质量, g。

1.3.6 面包质构特性测定

参考毛根武等^[15] 的方法测定面包质构特性。将 1.3.5 中的薄片用 TPA 模式, 选用 P/36R 探头测定其质构特性, 测定条件为:

测前速度: 2 mm/s, 测试速度: 2 mm/s, 应变模式, 形变 50%。一组五次平行。

1.3.7 面包感官评价

感官评价是对面包品质分析的另一种主要方式。评价员通过嗅觉、触觉和味觉等对面包的香气、质地和口感进行分析或描述性评价。由五位专业人士构成感官评价小组, 参考 GB/T 20981 面包 5.1 感官要求确定感官评价标准如表 1。

1.4 数据处理及统计分析

除特殊说明外, 所有数据平行测定三次, 采用 SPSS 22.0 和 Origin 8.6 数据处理和作图。数据以平均值 \pm 偏差表示, 以 $p < 0.05$ 表示数据之间显著性差异。

2 结果与讨论

2.1 SSL 添加量对冷冻面团流变特性的影响

弹性模量可视为衡量样品产生弹性变形难易程度的指标, 其值越大, 样品产生弹性形变所需应力越大^[16]。SSL 对冷冻面团冷冻储藏过程中弹性模量的影响如图 1 所示, 由图 1 可知, SSL 添加量为 0%~0.25% 时, 冷冻面团弹性模量随频率增加而单调增加。添加 SSL 后, 同一频率下冷冻面团的弹性模量增加。SSL 添加量在 0%~0.20% 时, 同一频率下, 冷冻面团的弹性模量随添加量增加而升高。

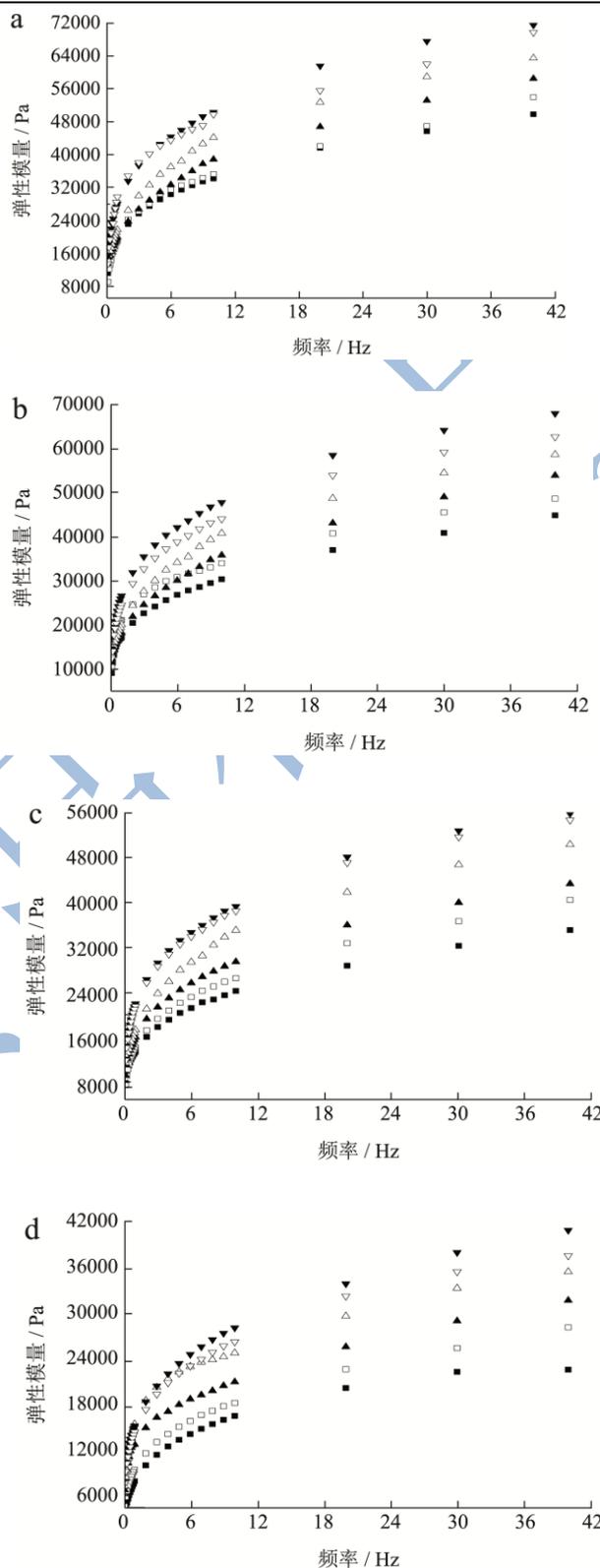


图 1 SSL 添加量对冷冻面团冷冻储藏过程中弹性模量的影响
Fig.1 The impact of SSL on elastic modulus of frozen dough during freezing storage

注: a~d 依次为冷冻储藏 0 d, 7 d, 14 d, 30 d, ■0%, □0.05%, ▲0.10%, △0.15%, ▼0.20%, ▽0.25%。

说明 SSL 能够增强冷冻面团的结构强度, 可能是

因为 SSL 能与面筋分子互相作用形成复合物,使面筋蛋白互相连接起来变成大分子面筋网络^[17],可增强面团的弹性,韧性和持气性,从而可以改善后续产品的品质。当 SSL 添加量达到 0.25%时,弹性模量下降,可能是因为 SSL 添加过多使面团发粘,弱化了面团的面筋网络,会减弱后续醒发时面团的持气性从而影响后续产品的烘焙特性。

冷冻面团在冷冻储藏期间弹性模量随冷冻储藏时间延长而降低。频率为 40 Hz 时,未添加 SSL 的冷冻面团的弹性模量与冷冻 0 d 相比,冷冻 7 d 后下降 9.9%,14 d 后下降 26.87%,30 d 后下降 54.13%,可见冷冻储藏使面团弹性强度下降,这是因为冷冻储藏过程产生的冰晶破坏了面筋网络结构,可能会影响后续产品的品质。添加 SSL 后冷冻面团弹性模量随冷冻储藏时间的增加而下降的幅度减小,尤其添加 0.20%SSL 的冷冻面团与冷冻 0 d 相比,冷冻 7 d 后弹性模量下降 9.57%,14 d 后下降 21.12%,30 d 下降 43.84%。说明在合适添加范围内,添加 SSL 可以有效抑制面团结构因冷冻储藏带来的伤害,保持面团的结构强度。

损耗和储能模量的比值称为损耗角正切 $\tan\delta$,反映样品粘性弹性比例。冷冻面团的 $\tan\delta$ 越低,其粘性模量与弹性模量的比值越小,面团体系中的高聚物含量越多、交联度越高,面团的加工品质越好^[18]。SSL 对冷冻面团储藏过程中 $\tan\delta$ 的影响如图 2。

由图 2 可知未添加 SSL 的冷冻面团的 $\tan\delta$ 在频率为 0.1~1 Hz 时随频率增加而降低,在频率为 1~10 Hz 时保持稳定,在 10~40 Hz 时随频率增加而升高。添加 SSL 后,冷冻面团的 $\tan\delta$ 值降低,加工品质更好,可能是 SSL 与面筋分子互相作用使面筋蛋白交联度升高,面筋网络结构更加稳定^[19]。SSL 添加量为 0.20% 时 $\tan\delta$ 最低。

2.2 SSL 添加量对冷冻面团烘烤面包比容的影响

面包比容反映的是面团体积膨胀程度,直接影响到成品面包的外形、口感、组织^[20]。SSL 添加量对冷冻面团烘烤面包比容的影响如图 3,由图 3 可知,添加 SSL 后冷冻面团烘烤面包的比容大于未添加样。SSL 添加量为 0%~0.20%时,冷冻面团烘烤面包比容随 SSL 添加量增加而增大,这是由于 SSL 能增强面团的弹性,韧性和持气性,增大面包体积^[21]。SSL 添加量达到 0.25%时比容值稍有减小,说明 SSL 添加量过高可能会影响面包的品质。

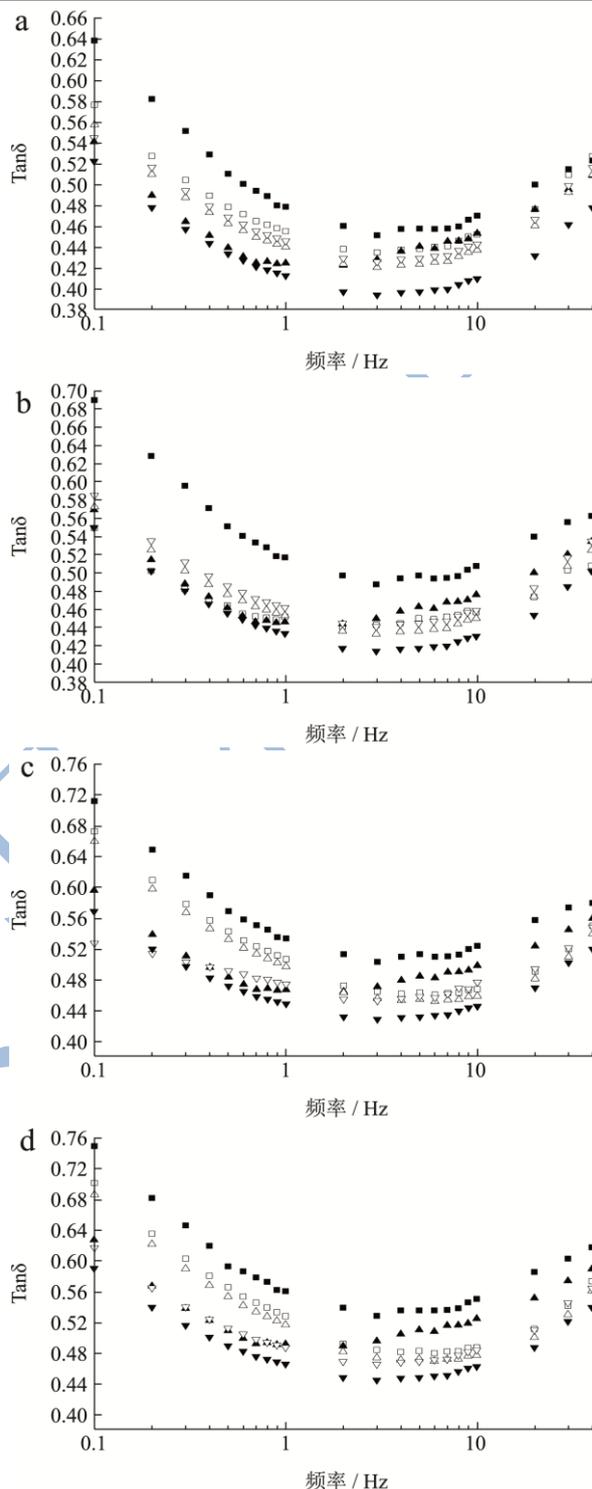


图 2 SSL 添加量对冷冻面团储藏过程中 $\tan\delta$ 的影响
Fig.2 The impact of SSL on $\tan\delta$ of frozen dough during freezing storage

注: a~d 依次为冷冻储藏 0 d, 7 d, 14 d, 30 d, ■0%, □0.05%, ▲0.10%, △0.15%, ▼0.20%, ▽0.25%。

冷冻面团烘烤面包的比容随冷冻储藏时间延长而减小。添加 SSL 后,冷冻面团烘烤面包比容随冷冻储藏时间延长而减小的幅度减小。当 SSL 添加量为 0.20%时,冷冻面团烘烤面包比容随冷冻储藏时间延

长而减小的幅度最小；而 SSL 添加量达到 0.25% 后由于添加量过高使面团发粘，冷冻面团容易在冷冻及醒发过程中塌陷，导致其烘烤面包比容随冷冻储藏时间延长而急降。

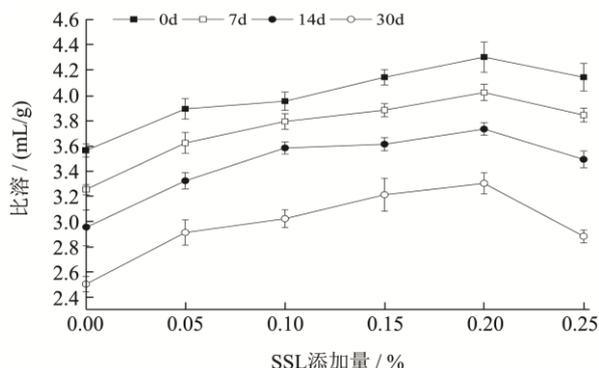


图3 SSL 添加量对冷冻储藏过程中冷冻面团烘烤面包比容的影响

Fig.3 The impact of SSL on the specific volume of bread during freezing storage

2.3 SSL 对冷冻面团烘烤面包质构特性影响

质构特性是衡量面包品质的重要标准。SSL 对冷冻面团烘烤面包质构特性的影响如表 2。

由表 2 可知，添加 SSL 后，冷冻面团烘烤面包的硬度、咀嚼性降低，弹性、回复性升高，总体品质提升。当 SSL 添加量为 0%~0.20% 时，冷冻面团烘烤面包的硬度、咀嚼性随添加量增加而降低，弹性、回

性随添加量增加而升高。

而当 SSL 添加量达到 0.25% 时，冷冻面团烘烤面包的硬度、咀嚼性升高，弹性、回复性降低。SSL 添加量为 0.20% 时，冷冻面团烘烤面包的硬度、弹性、咀嚼性和回复性出现峰值。

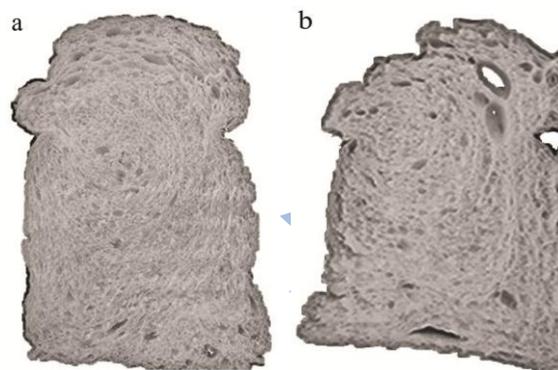


图4 冷冻面团烘烤面包截面图 (30 d)

Fig.4 The sectional views of bread with 0.20% SSL(a) and bread without SSL(b)(30 d)

注：a: 添加 0.20% SSL；b: 未添加 SSL。

冷冻面团烘烤面包的硬度、咀嚼性随冷冻储藏时间延长而升高，弹性、回复性随冷冻储藏时间延长而降低。添加 SSL 后，冷冻面团烘烤面包硬度、咀嚼性随冷冻时间延长而升高的幅度减小，弹性、回复性随冷冻储藏时间延长而降低的幅度减小。在 SSL 添加量为 0.20% 时尤为明显。

表2 SSL 添加量对冷冻面团烘烤面包质构特性的影响

Table 2 The impact of SSL on the texture characteristics of bread

指标*	0	0.05%	0.10%	0.15%	0.20%	0.25%	
硬度	0 d	1090.15±32.58 ^a	922.11±15.51 ^b	834.78±40.81 ^b	649.59±27.89 ^c	539.69±17.09 ^d	634.78±40.81 ^c
	7 d	1183.49±82.62 ^a	988.75±48.99 ^b	888.68±22.26 ^b	706.72±29.87 ^c	621.38±15.03 ^d	788.07±16.09 ^c
	14 d	1412.99±33.66 ^a	1168.80±30.98 ^a	1025.64±28.09 ^b	898.46±32.79 ^c	877.77±35.84 ^c	960.61±19.44 ^{bc}
	30 d	1858.57±66.52 ^a	1489.84±54.24 ^b	1365.89±36.79 ^{bc}	1125.67±36.43 ^c	998.46±32.77 ^d	1214.53±25.52 ^c
弹性	0 d	0.89±0.01 ^b	0.89±0.04 ^b	0.89±0.02 ^b	0.90±0.03 ^b	0.92±0.02 ^a	0.92±0.05 ^a
	7 d	0.87±0.02 ^c	0.87±0.02 ^c	0.90±0.05 ^b	0.90±0.02 ^b	0.91±0.03 ^a	0.90±0.05 ^b
	14 d	0.84±0.02 ^d	0.87±0.03 ^c	0.87±0.01 ^c	0.89±0.01 ^b	0.90±0.05 ^a	0.89±0.01 ^b
	30 d	0.81±0.02 ^d	0.84±0.02 ^c	0.85±0.02 ^c	0.88±0.03 ^b	0.89±0.04 ^a	0.87±0.03 ^b
咀嚼性	0 d	652.81±32.71 ^a	664.16±60.15 ^a	574.64±10.90 ^b	496.45±27.54 ^c	365.56±22.17 ^d	476.25±27.88 ^c
	7 d	702.27±44.24 ^a	670.33±28.02 ^b	555.05±37.86 ^c	508.38±21.89 ^c	409.30±27.80 ^d	529.82±23.80 ^c
	14 d	1007.24±52.69 ^a	892.69±19.14 ^b	697.95±32.72 ^c	609.28±11.09 ^c	589.28±28.91 ^c	643.22±11.06 ^c
	30 d	1204.75±42.54 ^a	1073.84±33.37 ^b	926.26±27.22 ^b	743.22±23.39 ^c	673.25±23.43 ^d	853.72±32.96 ^{bc}
回复性	0 d	0.28±0.03 ^c	0.29±0.04 ^c	0.30±0.04 ^b	0.31±0.03 ^b	0.33±0.02 ^a	0.32±0.04 ^a
	7 d	0.27±0.02 ^d	0.29±0.03 ^c	0.30±0.02 ^b	0.31±0.02 ^b	0.32±0.02 ^a	0.31±0.05 ^b
	14 d	0.26±0.03 ^d	0.27±0.04 ^d	0.28±0.05 ^c	0.29±0.01 ^b	0.30±0.05 ^a	0.29±0.03 ^c
	30 d	0.25±0.01 ^d	0.27±0.01 ^d	0.28±0.03 ^c	0.29±0.01 ^b	0.31±0.03 ^a	0.29±0.02 ^b

注：*不同冷冻储藏时间下的指标；同一行英文字母上标不同表示均值之间存在显著性差异(p<0.05)。

综上可知添加 SSL 可以改善冷冻面团烘烤面包的质构特性及储藏特性。SSL 的最佳添加量为 0.20%，此时冷冻面团烘烤面包的硬度、咀嚼性最低，随冷冻储藏时间延长而升高的幅度最小；弹性、回复性最高，随冷冻储藏时间延长而降低的幅度最小。冷冻储藏 30 d 时，添加 0.20% SSL 与未添加 SSL 的冷冻面团烘烤面包的截面图如图 4 所示，由图 4 可知，添加 0.20% SSL 后冷冻面团烘烤面包结构更均匀细腻，气泡更少。

2.4 SSL 添加量对冷冻面团烘烤面包感官特性的影响

冷冻面团烘烤面包感官评分如表 3，由表 3 可知，添加 SSL 后冷冻面团烘烤面包评分提高，在 SSL 添加量为 0%~0.20% 时，冷冻面团烘烤面包评分随添加量增加而升高。

但当 SSL 添加量达到 0.25% 时冷冻面团烘烤面包评分稍有降低。SSL 添加量为 0.20% 时的冷冻面团烘烤面包评分最高。冷冻面团在冷冻储藏过程中，其烘烤面包感官评分随冷冻储藏时间延长而降低。添加

SSL 后，冷冻面团烘烤面包感官评分随冷冻储藏时间延长而降低的幅度减小。SSL 添加量为 0.20% 时，冷冻面团烘烤面包感官评分下降最少。说明 SSL 可以改善冷冻面团烘烤面包的烘焙性质及储藏性质，提高冷冻面团烘烤面包的口感，与 2.1~2.3 中的研究结果相符。

2.5 相关性分析

冷冻面团及其烘烤面包各指标的相关性分析如表 4。

由表 4 可知 SSL 添加量与弹性模量呈极显著正相关，与弹性、回复性呈显著正相关，与硬度、咀嚼性呈显著负相关，这进一步论证 SSL 有改善冷冻面团品质的作用。感官评分与比容、回复性呈极显著正相关，与弹性呈显著正相关，与硬度、咀嚼性呈显著负相关。面团的弹性模量与面包的质构特性、比容均呈极显著相关性，与 Giannou 等^[22]的研究相符；与面包的感官评分呈正相关但不显著，原因可能是面团弹性模量主要影响面包的物化性质，而感官评价还需综合气味、色泽等因素共同判断。

表 3 冷冻面团烘烤面包感官评分

Table 3 Scores of bread

冷冻储藏时间	0	0.05%SSL	0.10%SSL	0.15%SSL	0.20%SSL	0.25%SSL
0 d	90.21±1.20 ^d	91.52±1.00 ^c	93.83±1.77 ^{ab}	93.52±3.62 ^b	94.44±1.89 ^a	91.25±1.78 ^c
7 d	87.26±1.91 ^c	89.48±3.67 ^b	90.22±2.66 ^b	90.57±2.56 ^b	91.24±3.66 ^a	89.45±2.65 ^b
14 d	82.51±2.88 ^d	86.83±2.54 ^{bc}	87.54±2.65 ^b	87.63±3.46 ^b	88.52±2.53 ^a	86.53±3.45 ^c
30 d	74.80±1.43 ^e	78.63±1.46 ^d	80.54±1.59 ^c	81.71±2.34 ^b	84.48±2.38 ^a	82.25±3.34 ^b

注：同一行英文字母上标不同表示均值之间存在显著性差异($p < 0.05$)。

表 4 冷冻面团及其烘烤面包各指标的相关性分析 (14 d)

Table 4 The correlation analysis (14 d)

	SSL	比容	感官评分	弹性模量	Tan δ	硬度	弹性	咀嚼性	回复性
SSL	1	0.82*	0.65	0.93**	-0.69	-0.85*	0.82*	-0.83*	0.86*
比容		1	0.94**	0.95**	-0.35	-0.97**	0.93**	-0.97**	0.99**
感官评分			1	0.79	-0.09	-0.92*	0.85*	-0.87*	0.93**
弹性模量				1	-0.59	-0.94**	0.93**	-0.96**	0.94**
Tan δ					1	0.44	-0.54	0.52	-0.38
硬度						1	-0.92**	0.96**	-0.99**
弹性							1	-0.98**	0.93*
咀嚼性								1	-0.95**
回复性									1

注：*表示存在显著差异 $p < 0.05$ (双端)；**表示存在极显著差异 $p < 0.01$ (双端)。

3 结论

本文研究了 SSL 添加量对冷冻面团及其烘烤面包品质的影响。结果显示，添加 SSL 后，冷冻面团及其

烘烤面包品质随添加量增加先上升后下降，添加量 0.20% 时达到峰值：冷冻面团弹性模量最高，tan δ 最低；冷冻面团烘烤面包的硬度、咀嚼性最低，回复性、弹性最高，比容最大，感官评分最高。在冷冻储藏期

间, 冷冻面团及其烘烤面包品质随冷冻储藏时间延长而下降, 添加 SSL 后能减缓冷冻面团及其烘烤面包品质在冷冻储藏期间的劣变。SSL 添加量为 0.20% 时, 冷冻面团在冷冻储藏期间品质稳定, 保持了冷冻面团烘烤面包的风味。由冷冻面团及其烘烤面包各指标间相关性分析可知, 面团弹性模量与面包的比容、质构特性显著相关, 因而在冷冻面团及其相关产品的产业化生产过程中, 可以尝试通过检测面团特性来预测其烘烤面包的品质。

参考文献

- [1] Meziani S, Jasniewski J, Gaiani C, et al. Effects of freezing treatments on viscoelastic and structural behavior of frozen sweet dough [J]. *Journal of Food Engineering*, 2011, 107(3-4): 358-365
- [2] Selomulyo V O, Zhou W. Frozen bread dough: effects of freezing storage and dough improvers [J]. *Journal of Cereal Science*, 2007, 45(1): 1-17
- [3] 楚炎沛. 几种冷冻面团面包的生产技术探讨[J]. *食品工业*, 2003, 6: 20-22
CHU Yan-pei. Several kinds of frozen dough bread production technology [J]. *The Food Industry*, 2003, 6: 20-22
- [4] 于治中, 丁长河, 李里特, 等. 冷冻面团技术及其研究现状[J]. *食品工业科技*, 2008, 4: 308-310
YU Zhi-zhong, DING Chang-he, LI Li-te, et al. Techniques and research status of frozen dough [J]. *Science and Technology of Food Industry*, 2008, 4: 308-310
- [5] 梁万礼, 邹恩坤. 冷冻面团法生产面包的关键工艺讨论[J]. *粮食与食品工业*, 2015, 22(2): 22-25
LIANG Wan-li, ZOU En-kun. Discussion on key technology of bread production by frozen dough method [J]. *Cereal & Food Industry*, 2015, 22(2): 22-25
- [6] 鲍宇茹, 王优优, 王显伦, 等. 乳化剂对冷冻面团品质的影响[J]. *河南工业大学学报(自然科学版)*, 2010, 31(6): 40-44, 49
BAO Yu-ru, WANG You-you, WANG Xian-lun, et al. Effects of emulsifier on the quality of frozen dough [J]. *Journal of Henan University of Technology (Natural Science Edition)*, 2010, 31(6): 40-44, 49
- [7] 高坦, 梁建芬, 张欣哲. 复合品质改良剂对冷冻面团面包品质影响的研究[J]. *食品科技*, 2017, 7: 142-146
GAO Tan, LIANG Jian-fen, ZHANG Xin-zhe. Research on compound improver for frozen dough bread [J]. *Food Science and Technology*, 2017, 7: 142-146
- [8] 樊海涛, 刘宝林, 王欣, 等. 乳化剂对冷冻面团流变学性质的影响研究[J]. *食品工业科技*, 2012, 6: 149-152
FAN Hai-tao, LIU Bao-lin, WANG Xin, et al. Study on effect of emulsifier on the rheological properties of dough [J]. *Science and Technology of Food Industry*, 2012, 6: 149-152
- [9] 滕月斐, 丛琛, 杨磊, 等. 乳化剂影响新鲜及冷冻面团面包品质的研究[J]. *食品科技*, 2011, 7: 130-134
TENG Yue-fei, CONG Chen, YANG Lei, et al. Study on emulsifiers for improved fresh and frozen dough bread quality [J]. *Food Science and Technology*, 2011, 7: 130-134
- [10] 李宁波, 王晓曦, 于磊, 等. 面团流变学特性及其在食品加工中的应用[J]. *食品科技*, 2008, 33(8): 35-38
LI Ning-bo, WANG Xiao-xi, YU Lei, et al. Dough rheology properties and its application in the food processing industry [J]. *Food Science and Technology*, 2008, 33(8): 35-38
- [11] 王晓艳, 荐桂茹, 田颖. 变性淀粉对冷冻面团面包品质的影响[J]. *中国食品添加剂*, 2014, 1: 192-197
WANG Xiao-yan, JIAN Gui-ru, TIAN Ying. Effect of modified starch on the quality of frozen bread dough [J]. *China Food Additives*, 2014, 1: 192-197
- [12] 张守花, 陈银霞, 王显伦. 一次发酵工艺对冷冻面团及馒头品质的影响[J]. *食品研究与开发*, 2016, 37(11): 90-93
ZHANG Shou-hua, CHEN Yin-xia, WANG Xian-lun. Effects of proofing process on frozen dough and the quality of steamed bread [J]. *Food Research and Development*, 2016, 37(11): 90-93
- [13] Akbarian M, Koocheki A, Mohebbi M, et al. Rheological properties and bread quality of frozen sweet dough with added xanthan and different freezing rate [J]. *Journal of Food Science and Technology*, 2016, 53(10): 3761-3769
- [14] Ozulku G, Arıcı M. Characterization of the rheological and technological properties of the frozen sourdough bread with chickpea flour addition [J]. *Journal of Food Measurement & Characterization*, 2017, 11(3): 1-8
- [15] 毛根武, 董德良, 杨瑞征, 等. 面包质构特性测定方法的研究(I)-面包样品制作与质构测试方法探讨[J]. *粮食储藏*, 2010, 39(2): 33-37
MAO Gen-wu, DONG De-liang, YANG Rui-zheng, et al. Bread quality and structure features of determination method of research (I) - bread with qualitative method for testing samples [J]. *Grain Storage*, 2010, 39(2): 33-37
- [16] 杨铭铎, 张玲, 韩春然, 等. 乳清粉对冷冻面团的流变学特性及发酵能力的影响[J]. *现代农业科技*, 2009, 23: 349-350
YANG Ming-duo, ZHANG Ling, HAN Chun-ran, et al. Effects of whey on rheological properties and fermentation capacity of frozen dough [J]. *Modern Agricultural Science and Technology*, 2009, 23: 349-350

- [17] 潘治利,王娜,谢新华,等.乳化剂在馒头中应用效果的研究[J].粮食与饲料工业,2010,4:24-26
PAN Zhi-Li, WANG Na, XIE Xin-hua, et al. The emulsifier in the study of the application effect of the steamed bread [J]. Cereal & Feed Industry, 2010, 4: 24-26
- [18] Ananingsih V K, Gao J, Zhou W. Impact of green tea extract and fungal alpha-amylase on dough proofing and steaming [J]. Food & Bioprocess Technology, 2013, 6(12): 3400-3411
- [19] 高红岩,张守文.硬脂酰乳酸钠对面粉品质特性及馒头品质的影响[J].食品科学,2005,26(1):84-87
GAO Hong-yan, ZHANG Shou-wen. Lactic acid sodium stearoyl influence on flour quality characteristics and quality of steamed bread [J]. Food Science, 2005, 26(1): 84-87
- [20] 胡本琼.面包中比容的测定[J].计量与测试技术,2000,6:39
HU Ben-qiong. The determination of specific volume of bread [J]. Metrology & Measurement Technique, 2000, 6: 39
- [21] 隋欣.添加剂在冷冻面团中的应用[J].食品研究与开发,2010,31(7):187-188
SUI Xin. Additives in the application of frozen dough [J]. Food Research and Development, 2010, 31(7): 187-188
- [22] Giannou V, Tzia C. Frozen dough bread: quality and textural behavior during prolonged storage - prediction of final product characteristics [J]. Journal of Food Engineering, 2007, 79(3): 929-934