

DOI: 10.13652/j.spjx.1003.5788.2022.90054

棕榈油添加量对面团质量的影响

Effect of the amount of palm oil on dough quality

马启昱^{1,2} 刘忠义^{1,2} 付满¹ 刘文星³ 李希宇³MA Qi-yu^{1,2} LIU Zhong-yi^{1,2} FU Man¹ LIU Wen-xing³ LI Xi-yu³

(1. 北部湾大学北部湾特色海产品资源开发与高值化利用实验室, 广西 钦州 535011;

2. 广西大学轻工与食品工程学院, 广西 南宁 530004; 3. 湘潭大学化工学院, 湖南 湘潭 411105)

(1. Laboratory of Development and High-Value Utilization of Beibu Gulf Specialty Seafood Resources, Beibu Gulf University, Qinzhou, Guangxi 535011, China; 2. College of Light Industry and Food Engineering, Guangxi University, Nanning, Guangxi 530004, China; 3. School of Chemical Engineering, Xiangtan University, Xiangtan, Hunan 411105, China)

摘要:目的: 探寻棕榈油在生产馒头、面包、馒头、苏打饼干及冷冻面制品等发酵面团中的应用工艺。方法: 利用旋转流变仪测定棕榈油添加量对面团流变特性的影响, 并通过扫描电镜观察面团微观结构分析棕榈油添加量对面团组分的作用机理。结果: 在小麦粉中分别添加4%, 6%, 8%, 10%, 12% (以小麦粉的总质量为100%计) 的棕榈油, 面团的发酵特性和流变特性发生显著变化。当棕榈油添加量为4%~10%时, 有效地改善了面团发酵特性, 延缓了面团老化速度。但当棕榈油添加量为12%时, 会稀释面筋蛋白, 降低面筋网络结构的稳定性, 增大发酵面团的硬度和黏性。随着棕榈油添加量的增加, 面团的发酵体积、持水性和黏弹性先递增后递减。结论: 添加适量棕榈油有利于面筋网络结构的形成和稳定, 改善面团的发酵及流变特性, 棕榈油添加量为6%~8%时面团发酵效果较好。

关键词: 棕榈油; 面团; 流变特性; 微观结构

Abstract; Objective: This study aimed to explore the reasonable application of palm oil in the production of fermented dough such as Naan, bread, steamed bread, soda biscuits and frozen flour products. **Methods:** The effect of palm oil addition on the rheological properties of fermented dough was measured by rotary rheometer, and the microstructure of dough was observed by scanning electron microscope to analyze the mechanism of palm oil ad-

dition on dough components. **Results:** When palm oil of 4%, 6%, 8%, 10% and 12% were added to wheat flour, the fermentation and rheological properties of dough changed significantly. When the content of palm oil was 4%~10%, the fermentation characteristics of dough were improved effectively, and the aging rate of dough was delayed. However, when palm oil was added to 12%, it would dilute the gluten protein, reduce the stability of the gluten network structure, and increase the hardness and viscosity of the fermented dough. The fermentation volume, water holding capacity and viscoelasticity of the dough increased first and then decreased with the increase of palm oil content. **Conclusion:** Adding proper amount of palm oil can be beneficial to the formation and stability of gluten network structure, and improve the fermentation and rheological properties of dough. The dough fermentation effect is better when the amount of palm oil is 6% to 8%.

Keywords: palm oil; dough; rheological properties; microstructure

面团具有高度黏弹性, 是淀粉、水和蛋白质等其他组分相互作用形成面筋网络结构的结果^[1]。其中, 面筋网络中主要以面筋蛋白作为核心骨架, 淀粉作为填充材料, 而面筋蛋白的组分、含量和结构对面团的流变学特性可产生不同程度的影响。

面团制作过程中, 可以采用多种方法改变其面筋网络结构, 从而改善面团特性。根据面食种类优化的面团配方, 如改良原料粉^[2-3]、调整面筋含量^[4]、添加变性淀粉^[5]和油脂^[6]等, 可以影响面团的质地特性。油脂可以增强面团内部各组分颗粒间的吸附作用和结合作用, 使淀粉与面筋蛋白均匀结合, 形成稳定的内部结构^[7], 面团搅拌时, 油脂会将空气带入内部, 增强面团的持气性, 增大面团发酵体积。油脂的胀润性可减少内部结构摩擦, 使网络结构的孔洞边缘光滑, 提高面团弹性和延展性, 降

基金项目: 广东省天然产物绿色加工与产品安全重点实验室开放基金项目(编号: 201610); 北部湾大学高层次人才启动计划项目(编号: 2018KYQD33); 马来西亚棕榈油总署研发计划项目(编号: PROJ062/2018)

作者简介: 马启昱, 女, 广西大学在读硕士研究生。

通信作者: 刘忠义(1964—), 男, 北部湾大学教授, 广西大学硕士生导师, 博士。E-mail: lzly08@126.com

收稿日期: 2021-12-26

低面团硬度和胶着性,显著改善面团的流变学特性^[8]。油脂在淀粉与蛋白质之间还可以形成防止淀粉回生和干燥的油膜,减缓面团老化速度^[9]。

由于不同油脂的自身特性不同,形成的面团的面筋网络结构也不同,因此产生的面团可塑性及稳定性也不同^[10]。棕榈油因其功能特性和相对低廉的价格被广泛应用于食品领域,相比于其他油脂,棕榈油还具有良好的耐高温性、抗氧化性和热稳定性^[11-12],可以减缓烹饪过程中油脂的酸价、过氧化值等理化指标的升高速度,延长食品的货架期,适合生产煎炸、烧烤食品^[13],同时富含类胡萝卜素、多种维生素等生物活性物质,风味独特且营养价值高,甚至可降低患病风险^[14-15]。

研究拟利用旋转流变仪测定棕榈油添加量对发酵面团流变特性的影响,结合面团发酵体积、pH 持水性的变化,探讨棕榈油添加量对面团发酵特性的影响,并通过扫描电镜观察面团微观结构分析棕榈油添加量对面团组分的作用机理,为棕榈油在生产馒头、面包、馒头、苏打饼干及冷冻面制品等的发酵面团中的合理应用提供依据。

1 材料和方法

1.1 材料和试剂

中筋小麦粉:河北金沙河面业集团有限责任公司;

棕榈油:天津市聚龙粮油有限公司;

酵母:安琪酵母股份有限公司。

1.2 仪器和设备

电子天平:ME204E/02 型,梅特勒—托利多仪器(上海)有限公司;

斌创亿醒发箱:YH-6D 型,广厨中西餐厨具(广州)有限公司;

pH 计:ST500/F 型,奥豪斯仪器(上海)有限公司;

旋转流变仪:哈克 MARS III 型,德国赛默飞世尔科技有限公司;

扫描电子显微镜:Zeiss Sigma300 型,德国卡尔·蔡司股份公司。

1.3 试验方法

1.3.1 面团制备 取一定质量的小麦原料粉,加入 0.8% (以小麦粉总质量为 100% 计)的酵母和 30% 的水,将油样分别以 4%,6%,8%,10%,12% 的比例添加至面粉中混匀,揉至表面光滑备用,以未添加任何油样的小麦面团为对照组。

1.3.2 面团发酵体积及 pH 值测定 称取 20 g 面团样品于 50 mL 量筒中,面团表面铺平至 17 mL 处,35℃、相对湿度 80% 的醒发箱中发酵,每隔 20 min 记录面团的发酵体积;同时,取 6 份样品(10 g/份)于同种发酵环境下醒发,每隔 20 min 取出一份溶于 90 mL 煮沸过的室温蒸馏水中,待充分溶解后测量 pH^[16]。

1.3.3 面团持水性测定 参照岳书杭^[5]的方法,按式(1)计算面团失水率。

$$X = \frac{W_2 - W_1}{W_2} \times 100\%, \quad (1)$$

式中:

X——面团的失水率,%;

W₁——冻融后面团的质量,g;

W₂——冻融前面团的质量,g。

1.3.4 面团流变学特性分析 试样醒发 30 min 后,将样品擀成平整均匀的面皮,置于哈克流变仪样板间,取出多余样品。在暴露的样品表面涂一层薄薄的硅油或矿物油以防止测试期间的干燥,松弛 5 min。通过应变扫描测试 0.1%~10.0%,确定样品的线性黏弹性区域,以合适的应变值进行频率扫描^[17]。频率扫描参数:间距 2 mm,应变值 0.5%,温度 25℃,保温时间 60 s,频率扫描范围 0.1~10.0 Hz。

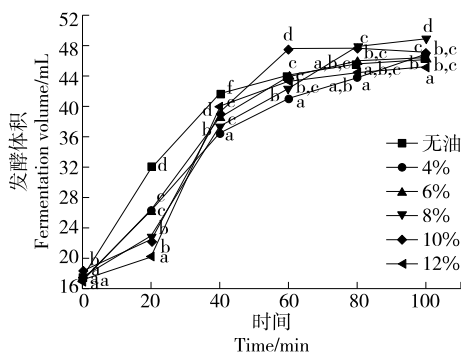
1.3.5 面团微观结构检测 通过电镜观察面团内部面筋形成与油脂和淀粉颗粒的分布情况,将样品冷冻干燥后切取 1 cm³ 喷金处理,置于电镜观察台截面观察^[18]。放大倍数 1 500×;电压 20 kV。

1.3.6 数据处理 采用 IBM SPSS Statistics 25 统计软件进行单因素方差分析(显著性水平为 $P < 0.05$),运用 Origin 2019b 软件对数据作图。

2 结果与讨论

2.1 面团的发酵体积及 pH 值

2.1.1 发酵体积 由图 1 可知,40 min 是面团发酵过程中的重要节点,当发酵时间 < 40 min 时,发酵体积随发酵时间的延长而增大,当发酵时间为 40 min 时,发酵体积虽持续增大,但速度开始放缓。同时,加入油脂的前期发酵体积较未加入油脂的偏小,发酵效果较差,后期逐步持平甚至超过后者。油脂在初始阶段因具有自身黏性,会提高蛋白网络结构的内聚性,使前期体积偏小,但是油脂在混合原辅料过程中可以带入更多的空气,并稳定包裹空气的液膜结构^[19],延长面团持气能力,提高面团耐发性,后期体积就会高于未添加油脂的面团。适量的棕榈油可减少内部颗粒间的摩擦,对面筋网络结构有一定的保护



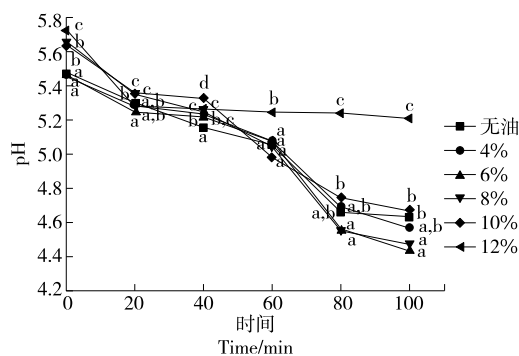
字母不同表示差异显著($P < 0.05$)

图 1 面团发酵体积的变化

Figure 1 Change in volume of dough fermentation

作用,面团蓬松柔软;而过量的棕榈油发酵效果不好,持气性差,一方面可能是因为油脂过多,稀释面筋蛋白,增加面团黏性,降低持气性,另一方面可能是油脂过多,使酵母无法很好接触气泡,不利酵母代谢,从而降低发酵能力。

2.1.2 面团 pH 由图 2 可知,面团 pH 随发酵时间的延长呈下降趋势。pH 变化的主要影响因素包括面团中发酵菌等微生物的活性情况和添加成分的自身特性。添加油脂可以影响面团内部发酵环境,提供营养物质促进微生物代谢,提高发酵效率。发酵前期,发酵环境中营养物质充足,不存在局限因素,微生物发酵效率提高,产酸量随之增大,故 pH 值的下降速度较高。发酵后期,面团中的微生物受到营养物质不足的限制,生长代谢稳定,部分酸类产物被消耗转化为酯类,面团持气性降低,导致 pH 值变化相对缓慢并趋于稳定^[20]。若发酵时间过长,产气量与面筋蛋白的延展限度失衡,会损失气体,使 pH 略微升高,如无油面团的后期发酵。结合发酵体积和 pH 可知,当棕榈油添加量为 6%~8% 时,面团的发酵效果最好。



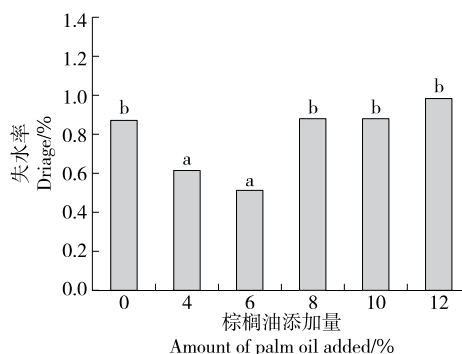
字母不同表示差异显著 ($P < 0.05$)

图 2 面团 pH 的变化

Figure 2 Change in pH of dough

2.2 持水性变化

由图 3 可知,面团的失水率随油脂添加量的增长呈先降低后升高的趋势,当棕榈油添加量为 6% 时,面团的失水率达到最低点,持水性效果最佳。面团发酵过程中,蛋白质分子中的 $-COOH$ 、 $-OH$ 、 $-NH_2$ 等亲水基团充分吸水,通过氢键、静电相互作用、疏水相互作用、范德华力等形成面筋网络,使面团中的部分弱结合水转变为强结合水,稳定网络结构^[21]。因此,当棕榈油添加量为 6% 时,面团内部结构相对稳定。持水性升高可能是添加少量油脂具有润滑作用,使面筋蛋白和淀粉等颗粒表面光滑,促进面团形成过程中原辅料的混合,建立淀粉-脂质-蛋白三元混合体,形成细密的网络结构,加固稳定面团内部框架^[22]。而过多的油脂不利于淀粉等成分与水的充分结合,增大内部分子间形成的空隙,降低结构稳定性,同时添加量过大会稀释面团中各组分,阻碍面筋形



字母不同表示差异显著 ($P < 0.05$)

图 3 面团失水率的变化

Figure 3 Change in water loss rate of dough

成,导致面团持水性降低^[23]。

2.3 流变学特性变化

由图 4 可知,面团的储能模量 (G') 和损耗模量 (G'') 均呈平滑缓慢上升的趋势,且储能模量大于损耗模量,即每种油脂对应面团的弹性大于黏性,类似于固体性质,有较好的黏弹性^[24],有一定的耐形变能力,在一定范围内的变形可以压缩和回复。

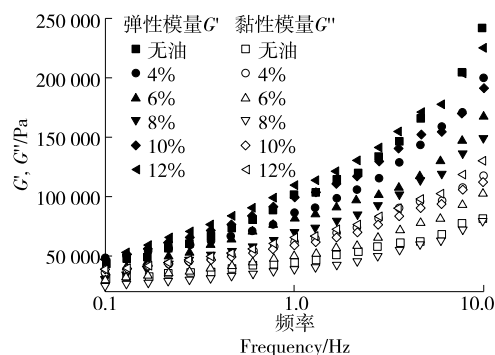


图 4 面团的流变学特性变化

Figure 4 The rheological properties of dough change

通常来说,谷蛋白构成聚合蛋白网络,为面团提供黏性和弹性,而麦胶蛋白是谷蛋白网络的增塑剂,有助于提高面团的黏弹性和延展性。不同类型面筋蛋白的反应和相互作用对面团混合时三维面筋网络的形成至关重要^[25]。棕榈油具有疏水性和游离性,通过非极性基团疏水作用结合淀粉与蛋白,增加蛋白聚集物的分子量,稳定面筋网络结构。与无油面团相比,添加适量油脂的面团弹性较高,是因为添加适量油脂可促进面团组分间的相互作用稳定内部结构,增强面团弹性,当棕榈油添加量 $> 8\%$ 时,其黏弹性比无油面团差,因为过量油脂增大了覆盖表面积,限制了面筋蛋白质胶粒吸水作用,影响面团的水化阶段,阻碍面筋网络的形成,所以过量添加油脂导致面团的弹性降低,黏性增强。

改善面团流变特性的方式有多种,方法不同其作用

机理亦不同。调节面筋含量的方式可直接影响面筋网络的构建;添加变性淀粉,通过引入亲水基团,提高亲水性促进面筋蛋白吸水,加强淀粉分子之间的相互交联,促进面筋网络形成与稳定^[21];而油脂则是利用胀润性和黏稠性等自身特性与蛋白质和淀粉相互作用,稳定面团内部结构,改善制品特性。

2.4 微观结构

由图 5 可知,面团发酵后,淀粉颗粒间出现孔隙,面

筋蛋白覆盖在淀粉颗粒表面,淀粉颗粒借助蛋白质形成连续的面筋基质,进而吸水扩张,发展为松散的海绵状网络结构^[26]。当棕榈油添加量为 6%~8% 时,油脂可均匀分散至面团内部结构中,形成覆盖在大颗粒组分表面的面筋薄膜。油脂使面筋凝胶光滑,结构完整,黑色孔洞减少,降低发酵面团制作过程中的漏气率,蛋白网络被气体充斥呈蜂窝状态,获得较蓬松的体积,因此油脂添加效果呈先优后劣的趋势。

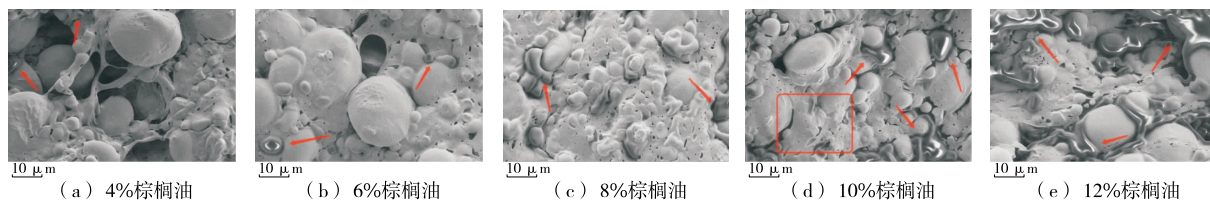


图 5 面团的扫描电镜图

Figure 5 Scanning electron microscopy of the dough (1 500×)

筋凝胶结构中有许多孔洞,是非常脆弱、极易破裂的结构,油脂的均匀分布使面筋表面光滑,减少摩擦,降低面团硬度^[27],增强弹性。然而,过量的油脂面团气孔数量减少,油脂凝集不分散,孔隙变小、结构紧密不均匀,因此过量油脂的面团硬度大且缺少弹性,作用机理一方面可能是过量棕榈油稀释了面团组分,减少了面筋蛋白与淀粉等高聚物分子量,破坏面筋蛋白的有序化构象,降低了聚合物分子间的交联缠结,阻碍二硫键的形成,最终弱化面团微观结构的稳定性和延展性,另一方面是借助自身黏稠性,减少面团的储能模量,增大损耗模量,即提高黏性和硬度,降低柔软度。这从微观角度上解释了不同棕榈油添加量导致面团流变性质产生变化的原因。因此,添加棕榈油可改变面团内部网络结构,改善面团发酵特性和流变学性质,以及面制品的口感品质。

3 结论

试验表明,在小麦粉中分别添加 4%,6%,8%,10%,12% (以小麦粉的总质量为 100% 计) 的棕榈油,随着棕榈油添加量的增加,面团的发酵特性和流变特性发生显著变化。当棕榈油添加量为 4%~10% 时,有助于提高面团的延展性和持水性,加强发酵面团的弹性,降低发酵面团的硬度,形成稳定的面筋结构,有效地改善面团发酵特性,延缓面团老化速度。但是,当棕榈油添加量为 12% 时,会稀释面筋蛋白,降低面筋网络结构的稳定性,增大发酵面团的硬度和黏性。综上,在小麦粉中添加 6%~8% 的棕榈油能够满足生产需要,改善产品品质。该试验只在油脂对发酵面团品质的影响上做了初步研究,尚需探索油脂对其他面团的影响,若能对冷冻面团、烫面面团等面制品进行研究,能更好地说明油脂对面团品质的改

善作用。后续可进一步分析油脂物理或化学等性质对面团品质的影响。

参考文献

- [1] LI M, YUE Q, LIU C, et al. Comparative study of rheology and steamed bread quality of wheat dough and gluten: Starch doughs[J]. Journal of Food Processing and Preservation, 2020, 45(2): e15160.
- [2] 李良怡, 吴安琪, 谭玉珩, 等. 南瓜粉对小麦粉品质特性及面团品质的影响[J]. 食品与机械, 2021, 37(5): 183-186, 208.
LI Liang-yi, WU An-qi, TAN Yu-heng, et al. Effects of pumpkin flour on flour properties and dough quality of wheat flour[J]. Food & Machinery, 2021, 37(5): 183-186, 208.
- [3] 胡瀚, 王娅殊, 周文化, 等. 紫薯粉对小麦面团加工特性影响的研究进展[J]. 食品与机械, 2021, 37(8): 217-224.
HU Han, WANG Ya-shu, ZHOU Wen-hua, et al. Research progress on effects of purple sweet potato powder on processing characteristics of wheat dough[J]. Food & Machinery, 2021, 37(8): 217-224.
- [4] 郭兴凤, 张莹莹, 任聪, 等. 小麦蛋白质的组成与面筋网络结构、面制品品质关系的研究进展[J]. 河南工业大学学报(自然科学版), 2018, 39(6): 119-124.
GUO Xing-feng, ZHANG Ying-ying, REN Cong, et al. Studies on the relationship between the composition of wheat protein and the structure of gluten network and the quality of wheat products[J]. Journal of Henan University of Technology (Natural Science Edition), 2018, 39(6): 119-124.
- [5] 岳书杭. 醋酸酯大米淀粉的合成、性质及应用研究[D]. 湘潭: 湘潭大学, 2019: 33-44.
YUE Shu-hang. Synthesis, properties and application of acetate rice starch[D]. Xiangtan: Xiangtan University, 2019: 33-44.
- [6] 马传国, 盖争艳, 姜丽娟. 油脂对面团特性及微观结构的影响[J]. 食品科学, 2012, 33(11): 43-46.
MA Chuan-guo, GAI Zheng-yan, LOU Li-juan. Effect of oil on the

- properties and microstructure of dough[J]. Food Science, 2012, 33(11): 43-46.
- [7] 郭孝源. 油脂对面团及面条品质的影响[D]. 郑州: 河南工业大学, 2013: 1-3.
- GUO Xiao-yuan. Effect of grease on quality of dough and noodles[D]. Zhengzhou: Henan University of Technology, 2013: 1-3.
- [8] MOREIRA R, CHENLO F, TORRES M D. Effect of shortenings on the rheology of gluten-free doughs: Study of chestnut flour with chia flour, olive and sunflower oils[J]. Journal of Texture Studies, 2012, 43(5): 375-383.
- [9] 盖争艳. 专用油脂对蒸煮食品品质的影响[D]. 郑州: 河南工业大学, 2011: 1-5.
- GAI Zheng-yan. Influence of special oil on quality of cooked food[D]. Zhengzhou: Henan University of Technology, 2011: 1-5.
- [10] BRAM P, SEAN M F, JOKE A P, et al. Lipids in bread making: Sources, interactions, and impact on bread quality[J]. Journal of Cereal Science, 2011, 54(3): 266.
- [11] 匡婷, 姬彦羽, 姚梦莹, 等. 棕榈油的热氧化稳定性[J]. 食品工业, 2019, 40(11): 186-191.
- KUANG Ting, JI Yan-yu, YAO Meng-ying, et al. Thermal oxidation stability of palm oil[J]. Food Industry, 2019, 40(11): 186-191.
- [12] 刘宁, 崔俊杰, 金显辰, 等. 不同植物油水包油型乳状液物理特性及氧化稳定性研究[J]. 食品与机械, 2018, 34(3): 44-48.
- LING Ning, CUI Jun-jie, JIN Yu-chen, et al. Physical properties and oxidation stability of oil-in-water emulsions from different plants[J]. Food & Machinery, 2018, 34(3): 44-48.
- [13] 王冉冉, 曹亚楠, 邢亚阁, 等. 棕榈油基烘焙专用脱模剂配方及乳化工艺的研究[J]. 中国粮油学报, 2017, 32(8): 92-97.
- WANG Ran-ran, CAO Ya-nan, XING Ya-ge, et al. Study on formula and emulsification process of special release agent for palm oil baking[J]. Journal of the Chinese Cereals and Oils Association, 2017, 32(8): 92-97.
- [14] 许登峰, 朱航桦, 柳和春, 等. 大豆油及其与棕榈油的调和油对健康成人餐后血脂及氧化应激的影响[J]. 中国粮油学报, 2019, 34(10): 36-41.
- XU Deng-feng, ZHU Hang-ju, LIU He-chun, et al. Effects of soybean oil and its blend with palm oil on lipid and oxidative stress in healthy adults[J]. Journal of the Chinese Cereals and Oils Association, 2019, 34(10): 36-41.
- [15] 李静, 王永, 杨耀东, 等. 棕榈油与常见食用油脂脂肪酸组分的比较分析[J]. 南方农业学报, 2016, 47(12): 2 124-2 128.
- LI Jing, WANG Yong, YANG Yao-dong, et al. Comparative analysis of fatty acid components between palm oil and common edible oil[J]. Journal of Southern Agriculture, 2016, 47(12): 2 124-2 128.
- [16] 王杰琼. 燕麦和荞麦全粉对面团特性及馒头品质影响的研究[D]. 无锡: 江南大学, 2016: 7-12.
- WANG Jie-qiong. Study on the effect of oats and buckwheat flour on the characteristics of dough and the quality of steamed bread[D]. Wuxi: Jiangnan University, 2016: 7-12.
- [17] SANDEEP S, NARPINDER S. Relationship of polymeric proteins and empirical dough rheology with dynamic rheology of dough and gluten from different wheat varieties[J]. Food Hydrocolloids, 2013, 33(2): 342-348.
- [18] WATANABE A, YOKOMIZO K, ELIASSEN A C. Effect of physical states of nonpolar lipids on rheology, ultracentrifugation, and microstructure of wheat flour dough[J]. Cereal chemistry, 2003, 80(3): 281-284.
- [19] TURBIN-ORGER A, VALLE G D, DOUBLIER J L, et al. Foaming and rheological properties of the liquid phase extracted from wheat flour dough[J]. Food Hydrocolloids, 2015, 43: 114-124.
- [20] 艾志录, 聂文静, 邢小龙, 等. 不同地区传统老酵头对面团发酵特性及馒头品质的影响[J]. 食品与发酵工业, 2018, 44(10): 71-78.
- AI Zhi-lu, NIE Wen-jing, XING Xiao-long, et al. Effects of traditional old leavened dough in different regions on the fermentation characteristics of dough and the quality of steamed bread[J]. Food and Fermentation Industries, 2018, 44(10): 71-78.
- [21] 许可, 王宏伟, 苏东民, 等. 发酵时间对面团加工特性及饅饼品质的影响[J]. 中国粮油学报, 2021, 36(10): 1-15.
- XU Ke, WANG Hong-wei, SU Dong-min, et al. Effects of fermentation time on dough processing characteristics and naan quality[J]. Journal of the Chinese Cereals and Oils Association, 2021, 36(10): 1-15.
- [22] 葛瑞宏, 吴文民, 王德志, 等. 专用油脂对冷冻面团焙烤品质的影响[J]. 食品科学, 2010, 31(13): 114-117.
- GE Rui-hong, WU Wen-min, WANG De-zhi, et al. Effect of special oil on baking quality of frozen dough[J]. Food Science, 2010, 31(13): 114-117.
- [23] 岳书杭, 刘忠义, 刘红艳, 等. 复配变性淀粉的性质及其在面团中的应用[J]. 中国粮油学报, 2020, 35(1): 26-32.
- YUE Shu-hang, LIU Zhong-yi, LIU Hong-yan, et al. Properties of compound modified starch and its application in dough[J]. Journal of the Chinese Cereals and Oils Association, 2020, 35(1): 26-32.
- [24] MA M, XIE Y, WANG C. Effect of anthocyanin-rich extract from black soybean coat on wheat dough rheology and noodle texture[J]. Journal of Food Processing and Preservation, 2021, 45(1): e15007.
- [25] OOMS N, DELCOUR J A. How to impact gluten protein network formation during wheat flour dough making[J]. Current Opinion in Food Science, 2019, 25: 88-97.
- [26] 陈洁, 莫松成, 王春, 等. 乳化油脂对面条品质影响的研究[J]. 河南工业大学学报(自然科学版), 2008(3): 4-7.
- CHEN Jie, MO Song-cheng, WANG Chun, et al. Study on the effect of emulsified oil on the quality of noodles[J]. Journal of Henan University of Technology (Natural Science Edition), 2008(3): 4-7.
- [27] WATANABE A, LARSSON H, ELIASSEN A C. Effect of physical state of nonpolar lipids on rheology and microstructure of gluten-starch and wheat flour doughs[J]. Cereal Chemistry, 2002, 79(2): 203-209.